ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО

ПО ТЕХНИЧЕСКОМУ РЕГУЛИРОВАНИЮ И МЕТРОЛОГИИ

НАЦИОНАЛЬНЫЙ СТАНДАРТ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ГОСТ Р 59279— 2020

Единая энергетическая система и изолированно работающие энергосистемы. Электрические сети

СХЕМЫ ПРИНЦИПИАЛЬНЫЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫХ УСТРОЙСТВ ОТ 35 ДО 750 кВ ПОДСТАНЦИЙ

Типовые решения. Рекомендации по применению

Издание официальное

Москва
Стандартинформ
2021

gost.e-ecolog.ru

Предисловие

1 РАЗРАБОТАН Публичным акционерным обществом «Федеральная сетевая компания Единой энергетической системы» (ПАО «ФСК ЕЭС»), Акционерным обществом «Научно-технический центр Федеральной сетевой компании Единой энергетической системы» (АО «НТЦ ФСК ЕЭС»), Филиалом Акционерного Общества «Научно-технический центр Федеральной сетевой компании Единой энергетической системы» — Сибирский научно-исследовательский институт энергетики (филиал АО «НТЦ ФСК ЕЭС» — СибНИИЭ), Акционерным обществом «Институт Энергосетьпроект»

2 ВНЕСЕН Техническим комитетом по стандартизации ТК 016 «Электроэнергетика»

3 УТВЕРЖДЕН И ВВЕДЕН В ДЕЙСТВИЕ Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 24 декабря 2020 г. № 1375-ст

4 ВВЕДЕН ВПЕРВЫЕ

*Правила применения настоящего стандарта установлены в статье 26 Федерального закона от 29 июня 2015 г. № 162-ФЗ «О стандартизации в Российской Федерации». Информация об изменениях к настоящему стандарту публикуется в ежегодном (по состоянию на 1 января текущего года) информационном указателе «Национальные стандарты», а официальный текст изменений и поправок — в ежемесячном информационном указателе «Национальные стандарты». В случае пересмотра (замены) или отмены настоящего стандарта соответствующее уведомление будет опубликовано в ближайшем выпуске ежемесячного информационного указателя «Национальные стандарты». Соответствующая информация, уведомление и тексты размещаются также в информационной системе общего пользования — на официальном сайте Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии в сети Интернет (*gost.e-ecolog.ru

© Стандартинформ, оформление, 2021

Настоящий стандарт не может быть полностью или частично воспроизведен, тиражирован и распространен в качестве официального издания без разрешения Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии

Содержание

1 Область применения 1
2 Нормативные ссылки 1
3 Термины, определения и сокращения 2
4 Указания по применению схем распределительных устройств от 35 до 750 кВ 3
4.1 Общие положения 3
4.2 Основные требования, предъявляемые к схемам 3
4.3 Общие указания по выбору и применению схем 3
4.4 Обоснование критериев надежности схем 5
4.5 Указания по применению блочных схем 5
4.6 Указания по применению мостиковых схем, схем «заход—выход» и «треугольник» 6
4.7 Указания по применению схем «четырехугольник» и «шестиугольник» 6
4.8 Указания по применению схем со сборными шинами и одним выключателем на присоединение 7
4.9 Указания по применению схем со сборными шинами с двумя и «полутора» выключателями на присоединение 7
4.10 Указания по применению схем для комплектного распределительного устройства с элегазовой изоляцией 8
4.11 Указания по подключению компенсирующих устройств 8
4.12 Указания по установке измерительных трансформаторов 9
4.13 Указания по установке ограничителей перенапряжений 10
4.14 Указания по установке устройств высокочастотной обработки 10
5 Унифицированные описания типовых схем распределительных устройств от 35 до 750 кВ 10
5.1 Схема блок (линия—трансформатор) с разъединителем 11
5.2 Схема блок (линия—трансформатор) с выключателем 13
5.3 Схема два блока с выключателями и неавтоматической перемычкой со стороны линий 16
5.4 Схема «мостик» с выключателями в цепях линий и ремонтной перемычкой со стороны линий 19
5.5 Схема «мостик» с выключателями в цепях трансформаторов и ремонтной перемычкой со стороны трансформаторов 23
5.6 Схема «заход—выход» 26
5.7 Схема «четырехугольник» («треугольник») 29
5.8 Схема «шестиугольник» 32
5.9 Схема с одной секционированной системой сборных шин 35
5.10 Схема с одной секционированной системой сборных шин и с подключением трансформаторов через развилку из выключателей 39
5.11 Схема с одной секционированной системой сборных шин и с подключением присоединений через полуторную цепочку 42
5.12 Схема с одной секционированной системой сборных шин и с обходной системой шин 46
5.13 Схема с одной секционированной системой сборных шин и с обходной системой шин с подключением трансформаторов через развилку из выключателей 50
5.14 Схема с двумя системами сборных шин 53
5.15 Схема с двумя системами сборных шин и с обходной системой шин 57
5.16 Схема с двумя секционированными системами сборных шин и с обходной системой шин 61
5.17 Схема трансформаторы—шины 64

5.18 Схема трансформаторы—шины с полуторным присоединением линий 68
5.19 Полуторная схема 71
6 Типовые схемы распределительных устройств от 35 до 750 кВ. 74
6.1 Схемы распределительных устройств 35 кВ 74
6.2 Схемы распределительных устройств 110 кВ 80
6.3 Схемы распределительных устройств 220 кВ 97
6.4 Схемы распределительных устройств 330 кВ 116
6.5 Схемы распределительных устройств 500 кВ 123
6.6 Схемы распределительных устройств 750 кВ 129
6.7 Примеры подключения компенсирующих устройств к распределительным устройствам 135
Приложение А (обязательное) Условные обозначения 148
Приложение Б (обязательное) Схема 35-9 в исполнении комплектного распределительного устройства (пример). 149
Библиография 150

НАЦИОНАЛЬНЫЙ СТАНДАРТ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Единая энергетическая система и изолированно работающие энергосистемы. Электрические сети

СХЕМЫ ПРИНЦИПИАЛЬНЫЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫХ УСТРОЙСТВ ОТ 35 ДО 750 кВ ПОДСТАНЦИЙ

Типовые решения. Рекомендации по применению

Unified power energy system and isolated power systems. Electrical networks.
Basic circuit diagrams of switchgears at voltages from 35 kV up to 750 kV for substations.
Generic solutions. Application recommendations

Дата введения — 2021—03—01

1 Область применения

Документ устанавливает типовые решения, а также рекомендации по проектированию схем распределительных устройств от 35 до 750 кВ[1)] подстанций и переключательных пунктов переменного тока. Настоящий стандарт распространяется на вновь сооружаемые, расширяемые, а также подлежащие техническому перевооружению и реконструкции распределительные устройства напряжением от 35 до 750 кВ подстанций и переключательных (распределительных) пунктов всех субъектов электроэнергетики и потребителей электрической энергии. Далее под термином «подстанция» подразумевается также переключательный (распределительный) пункт. При соответствующем обосновании допустимо применение нетиповых схем, не приведенных в данном стандарте. Настоящий стандарт рекомендован к применению, в том числе, проектными организациями.

2 Нормативные ссылки

В настоящем стандарте использованы нормативные ссылки на следующие стандарты:

ГОСТ 27.002 Надежность в технике. Термины и определения

ГОСТ 19431 Энергетика и электрификация. Термины и определения

ГОСТ 24291 Электрическая часть электростанции и электрической сети. Термины и определения

ГОСТ Р 54828—2011 Комплектные распределительные устройства в металлической оболочке с элегазовой изоляцией (КРУЭ) на номинальные напряжения 110 кВ и выше. Общие технические условия

ГОСТ Р 57114 Единая энергетическая система и изолированно работающие энергосистемы. Электроэнергетические системы. Оперативно-диспетчерское управление в электроэнергетике и оперативно-технологическое управление. Термины и определения

Примечание — При пользовании настоящим стандартом целесообразно проверить действие ссылочных стандартов в информационной системе общего пользования — на официальном сайте Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии в сети Интернет или по ежегодному информационному указателю «Национальные стандарты», который опубликован по состоянию на 1 января текущего года, и по выпускам ежемесячного информационного указателя «Национальные стандарты» за текущий год. Если заменен ссылочный стандарт, на который дана недатированная ссылка, то рекомендуется использовать действующую версию этого стандарта

[1)] Здесь и далее границы интервалов классов напряжения читаются «от...до... включительно».

Издание официальное

с учетом всех внесенных в данную версию изменений. Если заменен ссылочный стандарт, на который дана датированная ссылка, то рекомендуется использовать версию этого стандарта с указанным выше годом утверждения (принятия). Если после утверждения настоящего стандарта в ссылочный стандарт, на который дана датированная ссылка, внесено изменение, затрагивающее положение, на которое дана ссылка, то это положение рекомендуется применять без учета данного изменения. Если ссылочный стандарт отменен без замены, то положение, в котором дана ссылка на него, рекомендуется применять в части, не затрагивающей эту ссылку.

3 Термины, определения и сокращения

3.1 В настоящем стандарте применены термины по ГОСТ 19431, ГОСТ 24291, ГОСТ Р 57114, ГОСТ 27.002.

3.2 В настоящем стандарте применены следующие сокращения:

АИИС КУЭ — автоматизированная информационно-измерительная система коммерческого учета электроэнергии;

АПВ — автоматическое повторное включение;

АТ — автотрансформатор;

ВЛ — воздушная линия электропередачи;

ВН — высшее напряжение;

ВЧ — высокочастотный;

ЗРУ — закрытое распределительное устройство;

КЗ — короткое замыкание;

КЛ — кабельная линия электропередачи;

КР — компенсационный реактор;

КРУ — комплектное распределительное устройство;

КРУЭ — комплектное распределительное устройство с элегазовой изоляцией;

КТП — комплектная трансформаторная подстанция;

КТПБ — комплектная трансформаторная подстанция блочного типа;

ЛЭП — линия электропередачи;

НН — низшее напряжение;

ОАПВ — однофазное автоматическое повторное включение;

ОВ — обходной выключатель;

ОПН — ограничитель перенапряжений нелинейный;

ОРУ — открытое распределительное устройство,

ОСШ — обходная система шин;

ПА — противоаварийная автоматика;

ПС — подстанция;

РЗА — релейная защита и автоматика;

РПН — регулирование под нагрузкой;

РУ — распределительное устройство;

СН — среднее напряжение,

ССШ — секция системы сборных шин;

СШ — система (сборных) шин,

Т — трансформатор;

ТН — трансформатор напряжения;

ТТ — трансформатор тока;

УШР — управляемый шунтирующий реактор;

ШКБ — шунтовая конденсаторная батарея;

ШР — шунтирующий реактор.

4 Указания по применению схем распределительных устройств от 35 до 750 кВ

4.1 Общие положения

4.1.1 Настоящим стандартом установлено минимальное количество типовых схем РУ (ОРУ, ЗРУ, КРУ, КРУЭ), охватывающих большинство встречающихся в практике случаев проектирования новых и реконструкции действующих ПС и КТП, позволяющих обеспечить надежность ПС и достичь экономичных унифицированных решений.

4.1.2 Применение нетиповых схем, а также любые отступления от типовых схем допускаются при наличии соответствующих технико-экономических обоснований.

4.1.3 Нумерация схем сохранена независимо от класса напряжения.

4.1.4 В настоящем стандарте принята следующая терминология. Для обозначения необходимости выполнения требований применяются слова «должен», «следует», «необходимо» и производные от них. Слова «как правило» означают, что данное требование является преобладающим, а отступление от него должно быть обосновано. Слово «допускается» означает, что данное решение применяется в виде исключения и должно быть обосновано. Слово «рекомендуется» означает, что данное решение является одним из лучших, но не обязательным.

4.2 Основные требования, предъявляемые к схемам

4.2.1 Схемы РУ ПС должны соответствовать следующим требованиям:

4.2.1.1 Обеспечивать коммутацию заданного числа ЛЭП, Т, АТ и компенсирующих устройств с учетом перспективы развития ПС.

4.2.1.2 Обеспечивать электроснабжение потребителей в соответствии с заявленными категориями надежности электроснабжения, а также допустимые параметры электроэнергетического режима в нормальной и ремонтных схемах при нормативных возмущениях.

4.2.1.3 Учитывать необходимость секционирования сети для обеспечения допустимых уровней токов КЗ.

4.2.1.4 Обеспечивать возможность безопасного проведения эксплуатационных работ (оперативное и техническое обслуживание, ремонт) на элементах РУ.

4.2.1.5 Соответствовать требованиям наглядности, удобства эксплуатации, компактности и экономичности.

4.2.2 Схемы РУ должны позволять вывод отдельных выключателей и других аппаратов в ремонт, осуществляемый следующими способами.

4.2.2.1 Для РУ напряжением до 220 кВ включительно, как правило, путем временного отключения присоединения, в котором установлен выводимый для ремонта или обслуживания выключатель, или другой аппарат, если это допустимо по условиям электроснабжения потребителей и обеспечения требуемых параметров электроэнергетического режима в ремонтных схемах; если отключение недопустимо — переводом присоединения на обходной выключатель или использованием схем с подключением присоединений более чем через один выключатель.

4.2.2.2 Для РУ напряжением от 330 до 750 кВ — без отключения присоединений.

4.2.2.3 Для аппаратов, подключенных непосредственно к ЛЭП (Т, АТ) (линейный, трансформаторный разъединитель, ВЧ-заградители, конденсаторы связи, ОПН и др.), — при отключении ЛЭП (Т, АТ).

4.2.3 Сравнение вариантов схем, намеченных к разработке на основании перечисленных требований, и выбор оптимальной производятся на основании технико-экономических расчетов. Из вариантов, обеспечивающих требуемые значения критериев надежности, выбирают наиболее экономичный.

4.3 Общие указания по выбору и применению схем

4.3.1 Приведенные ниже схемы применимы для всех типов РУ (ОРУ, ЗРУ, ОРУ в составе КТПБ, КРУЭ) в соответствии с перечнем схем для каждого класса напряжения.

4.3.2 Число Т (АТ) ВН, устанавливаемых на ПС, принимается, как правило, не менее двух. Они подключаются к разным ССШ.

При расширении ПС число Т (АТ) может возрасти до 3-4 и более.

При установке четырех и более Т (АТ) на ПС допускается, при соответствующем обосновании, присоединение их к РУ на стороне ВН группами из двух Т (АТ) через один выключатель с установкой разъединителя в цепи каждого трансформатора.

4.3.3 При выборе схем РУ необходимо руководствоваться следующими положениями.

4.3.3.1 Схема РУ выбирается с учетом схемы прилегающей сети, ее параметров и перспектив развития, количества присоединяемых ЛЭП и Т (АТ), необходимости секционирования и установки компенсирующих устройств, размера и стоимости земельного участка, природно-климатических условий и других факторов.

Схема РУ разрабатывается с учетом назначения ПС в данной энергосистеме, допустимых значений критериев надежности элементов схемы и условий их резервирования.

4.3.3.2 Основные требования, предъявляемые к схемам РУ заключаются в обеспечении качества функционирования ПС: соответствия критериям надежности, экономичности, наглядности и простоте, возможности безопасного обслуживания, выполнения ремонтов и расширения, компактности и др.

4.3.3.3 Отказ любого выключателя (кроме секционного и шиносоединительного) в РУ от 35 до 110 кВ с секционированными СШ, как правило, не должен приводить к отключению более шести присоединений (за исключением присоединений ШР и УШР), в том числе не более одного Т (АТ), при этом не должно нарушатся более одной цепи транзита.

4.3.3.4 Отказ любого выключателя (кроме секционного и шиносоединительного) в РУ 220 кВ с секционированными СШ, как правило, не должен приводить к отключению более четырех присоединений (за исключением присоединений ШР и УШР), в том числе не более одного Т (АТ), при этом не должно нарушатся более одной цепи транзита и устойчивость работы энергосистемы.

4.3.3.5 Отказ любого выключателя в РУ 330 кВ и выше не должен приводить к отключению более одного Т (АТ) и одной линии, если это допустимо по условиям устойчивости энергосистемы.

4.3.3.6 Отказ любого выключателя в РУ 330 кВ и выше при ремонте другого выключателя не должен приводить к отключению более одного Т (АТ) и двух линий, если при этом обеспечивается устойчивость энергосистемы.

4.3.3.7 Число одновременно отключаемых выключателей в пределах РУ одного напряжения (за исключением присоединений ШР и УШР) должно быть не более:

- при повреждении линии — двух;
- при повреждении АТ напряжением до 500 кВ включительно — четырех, а при напряжении 750 кВ — трех.

4.3.3.8 Обобщенным критерием при выборе схемы РУ объекта является технико-экономически обоснованный уровень надежности электроснабжения потребителей, с учетом коммутации присоединяемых к РУ ЛЭП и Т (АТ) и надежности транзита мощности через РУ ПС, обеспечивающий минимум затрат на строительство и эксплуатацию РУ и ПС в течение жизненного цикла.

4.3.4 При применении типовых схем для конкретной ПС с заданным количеством РУ и ЛЭП разных классов напряжений подлежат определению следующие параметры.

4.3.4.1 Типы, количество и технические параметры основного оборудования.

4.3.4.2 Необходимость и места установки регулирующих, защитных и компенсирующих устройств, измерительных трансформаторов, токоограничивающих и дугогасящих реакторов, а также схемы их присоединения.

4.3.4.3 Режимы нейтралей Т всех классов напряжений.

4.3.4.4 Параметры оборудования ВЧ обработки линий и количество обрабатываемых фаз.

4.3.4.5 Необходимость установки устройств для плавки гололеда на проводах и тросах ВЛ.

4.3.4.6 Вероятностные показатели надежности:

- транзитных перетоков мощности РУ;
- передачи (трансформации) электроэнергии из РУ одного класса напряжения в другое.

4.3.5 Для РУ 150 кВ применяются схемы, рекомендованные для напряжения 110 кВ.

4.3.6 Сборные шины РУ секционируют при большом числе присоединений, для ограничения токов КЗ, при необходимости системного деления сети, для ограничения числа одновременно отключаемых выключателей присоединений.

4.3.7 На ПС с одной группой однофазных АТ и ШР подключение резервной фазы рекомендуется предусматривать с помощью заранее смонтированных перемычек (при снятом напряжении).

4.3.8 Схемы с подключением всех присоединений или части присоединений через два выключателя (номера схем по 6.2—6.6: 6Н, 7, 8, 9Н, 9АН, 12Н, 15, 16, 17) применяются, если по условиям надежности электроснабжения потребителей или сохранения транзита мощности через ПС, к схеме РУ предъявляются требования о недопустимости отключения присоединений (каждого или отдельных) при отключении выключателя присоединения по любой причине, кроме повреждения присоединения.

4.3.8.1 Схемы с двумя СШ и одним выключателем на присоединение (номера схем по 5.14—5.16: 13, 13Н, 14) применяются в РУ от 110 до 220 кВ в случаях, когда имеются присоединения, длительное отключение которых (на все время вывода из работы СШ) недопустимо.

При этом:

- при повреждениях в зоне СШ допускается кратковременное отключение этих присоединений на время оперативных переключений, связанных с переводом присоединений на другую (неповрежденную) СШ;
- подключение этих присоединений через два выключателя экономически нецелесообразно или технически невозможно (например, из-за ограниченности площадки, отведенной под РУ).

4.3.8.2 Схемы с ОСШ — с одной рабочей и ОСШ (схемы 12 и 12Н, по 5.12, 5.13), с двумя рабочими и ОСШ (номера схем по 5.15 и 5.16: 13Н и 14) применяются в РУ от 110 до 220 кВ в следующих случаях:

- когда в РУ имеются присоединения, отключение которых при выводе выключателя из работы (отключении его оперативным персоналом) недопустимо, а подключение этих присоединений через два выключателя экономически нецелесообразно или технически невозможно;
- когда ОСШ необходима для организации схемы устройства плавки гололеда, для районов с загрязненной атмосферой и необходимости периодической очистки изоляции, при других обоснованиях.

4.3.9 Если допускается отключение присоединений при отключении выключателя (автоматическом или оперативным персоналом) на длительное время, то применяются схемы:

- при числе присоединений до четырех включительно — упрощенные (блочные, мостиковые) схемы (номера схем по 5.2—5.5: 3Н, 4Н, 5Н, 5АН);
- при числе присоединений пять и более — схема с одной секционированной выключателем СШ (9) и схемы с одной СШ с секционирующими цепочками из двух или трех выключателей, с подключением ответственных присоединений в секционирующие цепочки (номера схем по 5.10 и 5.11: 9Н, 9АН).

4.3.10 Под условным обозначением двухобмоточного Т на схемах в разделах 5 и 6 следует понимать и другие возможные применительно к конкретной схеме виды Т (АТ).

4.3.11 Для минимизации сроков подключения потребителей допускается поэтапный ввод в работу РУ. Временные схемы поэтапного ввода определяются при конкретном проектировании.

4.4 Обоснование критериев надежности схем

4.4.1 Схемы РУ ПС должны удовлетворять экономически целесообразным значениям критериев надежности, с учетом коммутации присоединяемых к РУ ЛЭП и Т (АТ) и надежности транзита мощности через РУ ПС, расчеты которых осуществляются при необходимости или по требованию Заказчика.

Результаты расчета критериев надежности должны быть использованы при выборе схемы РУ для последующей оценки:

- частоты возможного полного или частичного прекращения передачи электрической энергии и мощности по каждому присоединению ПС в течение года;
- математического ожидания длительности прекращений передачи и перерывов электроснабжения и возможных ущербов в т. ч. от недоотпуска электроэнергии, устойчивости работы энергосистемы, нарушения функционирования подключенных объектов и т.п.

4.4.2 При обосновании и выборе схем рассматриваются расчеты установившихся электроэнергетических режимов для нормальной и основных ремонтных схем, а также при нормативных возмущениях в указанных схемах в соответствии с требованиями [1] с учетом перспективы на пять лет.

4.4.3 В послеаварийных режимах допускается снижение или даже перерыв транзитных перетоков мощности, а также ограничение электроснабжения потребителей при условии сохранения устойчивости в расчетных сечениях и обеспечения допустимых токовых нагрузок оборудования и при наличии технико-экономического обоснования, которое является сопоставлением экономических последствий отказов элементов схемы (например, прямые и косвенные ущербы потребителей, сетевых организаций) с затратами на увеличение пропускной способности схемы, исключающей ограничение электроснабжения потребителей.

4.4.4 Значения критериев надежности элементов схемы [ЛЭП, Т (АТ), выключателей, разъединителей и др.] в том числе: частота (интенсивность) отказов и время восстановления — должны приниматься с учетом опыта эксплуатации электросетевых объектов данного региона и выдаваться Заказчиком.

4.5 Указания по применению блочных схем

4.5.1 Блочные схемы применяются на стороне ВН тупиковых ПС до 500 кВ или ответвительных ПС до 220 кВ включительно.

4.5.2 Схема 1-блок (линия—трансформатор) с разъединителем применяется на напряжении от 35 до 220 кВ при питании линией, не имеющей ответвлений, одного Т и наличии канала связи для передачи сигналов релейной защиты.

4.5.3 Схема 3Н-блок (линия—трансформатор) с выключателем применяется на напряжении до 500 кВ включительно. Схема может быть дополнена другим параллельно установленным выключателем. В таком виде схема рекомендуется и для начального этапа РУ до 750 кВ.

4.5.4 РУ по схемам 1 и 3Н могут развиваться за счет установки, при необходимости, другого аналогичного блока без перемычки на стороне ВН. Такое решение рекомендуется применять при ограниченной площади застройки. Применение однотрансформаторных ПС допускается при обеспечении требуемой надежности электроснабжения потребителей.

4.5.5 Схема 4Н-два блока (линия—трансформатор) с выключателями в цепи Т (АТ) и неавтоматической перемычкой со стороны линий применяется на напряжении от 35 до 220 кВ для тупиковых или ответвительных двухтрансформаторных ПС.

В зависимости от схем сети начальным этапом развития данной схемы возможна схема укрупненного блока (линия + два трансформатора).

При одной линии и двух Т (АТ) разъединители в «перемычке» допускается не устанавливать.

4.6 Указания по применению мостиковых схем, схем «заход—выход» и «треугольник»

4.6.1 Мостиковые схемы применяются на стороне ВН ПС 35, 110 и 220 кВ при четырех присоединениях [2ЛЭП и 2Т (АТ)] и необходимости осуществления секционирования сети.

4.6.2 На напряжении 35, 110 и 220 кВ мостиковые схемы применяются как с ремонтной перемычкой, так и при соответствующем обосновании без ремонтной перемычки.

4.6.3 При необходимости секционирования сети на данной ПС в режиме ремонта любого выключателя предпочтительнее применять схему 5АН, по 5.5 [мостик с выключателями в цепях Т (АТ) и ремонтной перемычкой со стороны Т (АТ)]. Схема 5АН применяется при необходимости частого отключения трансформаторов.

4.6.4 Схемы 5Н, 5АН, в соответствии с 5.4 и 5.5, могут быть применены при установке на первом этапе развития ПС одного Т (АТ). Количество выключателей при этом определяется технической необходимостью.

4.6.5 В схемах 5Н, 6, 6Н, в соответствии с 5.4, 5.6 и 5.7, дополнительные ТТ у силовых трансформаторов устанавливаются при соответствующем обосновании.

4.6.6 Необходимость установки ремонтной перемычки в схемах 5Н и 5АН, в соответствии с 5.4 и 5.5, определяется возможностью отключения одной из ЛЭП в схеме 5Н (одного из Т (АТ) в схеме 5АН) на время ремонта выключателя: если такое отключение ЛЭП по условиям электроснабжения потребителя возможно — перемычка не устанавливается.

4.6.7 Схема «заход—выход» (110-6, 220-6) применяется при соответствующем обосновании на проходных и ответвительных однотрансформаторных ПС на напряжении от 110 до 220 кВ как с ремонтной перемычкой, так и без нее.

4.6.8 Схема 6Н — «треугольник» является более предпочтительной, чем схема «заход—выход». Чаще схема «треугольник» применяется в качестве начального этапа РУ выполняемого по более сложной схеме.

4.6.9 Для ПС с одной ЛЭП и двумя Т (АТ) от 330 до 750 кВ схему «треугольник» возможно применять как начальный этап развития.

4.7 Указания по применению схем «четырехугольник» и «шестиугольник»

4.7.1 Схема «четырехугольник» применяется в РУ напряжением от 110 до 750 кВ для двух трансформаторных ПС, питаемых по двум ЛЭП. В этой схеме каждое присоединение коммутируется двумя выключателями.

4.7.2 В схеме 7 («четырехугольник») на напряжении от 330 до 750 кВ, в соответствии с 5.7, на первом этапе при одном Т (АТ) и одной линии устанавливаются два параллельно включенных выключателя.

В последующем — при одном Т (АТ) и двух линиях или при двух Т (АТ) и одной линии — устанавливаются, как правило, три выключателя.

4.7.3 Этапом перехода к схеме 7 возможна схема «треугольник» с двумя Т (АТ) и одной линией или с двумя линиями и одним Т (АТ) (схема 6Н, по 5.7).

4.7.4 Схема 7 для ПС с четырьмя присоединениями [2ЛЭП+2Т (АТ)] является более предпочтительной, чем схемы «мостик» 5Н и 5АН, по 5.4 и 5.5.

4.7.5 При шести присоединениях применяется схема 8 «шестиугольник», в соответствии с 5.8. Схема рекомендуется для двухтрансформаторных ПС от 110 до 330 кВ с четырьмя ЛЭП. Для РУ от 110 до 330 кВ с пятью присоединениями может быть применена схема «пятиугольник».

4.8 Указания по применению схем со сборными шинами и одним выключателем на присоединение

4.8.1 К схемам со сборными шинами и одним выключателем на присоединение относятся схемы с одной секционированной СШ (номера схем по 5.9—5.13: 9, 9Н, 9АН, 12, 12Н) и схемы с двумя СШ (номера схем по 5.14—5.16: 13, 13Н, 14). Они применяются, как правило, при пяти и более присоединениях.

4.8.2 Схемы с одной секционированной СШ применяются на напряжение от 35 до 220 кВ при парных линиях или линиях, резервируемых от других ПС, а также нерезервируемых, но не более одной на любой из секций. Т. е. данные схемы применяются при отсутствии требования сохранения в работе всех присоединений при выводе в ревизию или ремонт одной из ССШ.

4.8.3 Для повышения надежности РУ, применяется схема 9Н или 9АН, в соответствии с 5.10 и 5.11, с секционированием рабочей СШ по числу Т (АТ) и с подключением каждого Т (АТ) и ответственных линий в секционирующую цепочку из двух или трех выключателей к разным ССШ.

4.8.4 Схемы 12 (одна рабочая секционированная выключателем и ОСШ) и 12Н (одна рабочая секционированная выключателями и ОСШ с подключением каждого трансформатора к обеим секциям рабочей СШ через развилку выключателей), в соответствии с 5.12 и 5.13, применяются и рекомендуются на напряжение от 110 до 220 кВ при пяти и более присоединениях и допустимости потери питания потребителей на время переключения присоединения на ОВ. Схема может быть использована при применении выключателей, для которых период между плановыми ремонтами менее 10 лет, а его продолжительность более суток; в этом случае питание потребителей осуществляется через ОВ.

4.8.5 Схема 13 (две рабочие СШ) и схема 13Н (две рабочие СШ и ОСШ), в соответствии с 5.14 и 5.15, применяется на напряжении от 110 до 220 кВ при числе присоединений от пяти до пятнадцати при повышенных требованиях к надежности питания каждой ЛЭП и при отсутствии возможности отключения всех присоединений ССШ (СШ) на время ревизии и ремонта этой ССШ (СШ).

4.8.6 Схема 14 (две рабочие, секционированные выключателями СШ и ОСШ с двумя шиносоединительными и двумя обходными выключателями), в соответствии с 5.16, может применяться, при соответствующем обосновании, в РУ напряжением от 110 до 220 кВ при 3-4 Т (АТ), при необходимости снижения токов КЗ или других обоснованиях.

4.8.7 Схемы с ОСШ — 12, 12Н, 13Н и 14, в соответствии с 5.12, 5.13, 5.15 и 5.16, рекомендуются для РУ ПС с повышенными требованиями к надежности питания ЛЭП, а также с устройствами для плавки гололеда в районах с загрязненной атмосферой и при необходимости периодической чистки изоляции и др.

4.8.8 При расширении действующих РУ 110, 220 кВ, выполненных по схемам 4Н и 5Н с подключением дополнительно двух-четырех линий рекомендуется выполнение схемы с одной секционированной СШ.

4.8.9 ОСШ может быть секционирована разъединителем или воздушным промежутком с установкой двух обходных выключателей. Целесообразность секционирования ОСШ и рабочих СШ определяется количеством присоединений, имеющимся опытом эксплуатации (ремонтных работ), требуемой надежностью схемы.

4.8.10 Схемы 13, 13Н и 14, в соответствии с 5.14—5.16, характеризуются большим количеством разъединителей, применение данных схем должно быть обосновано. Взамен им применяются схемы от 9 до 12, а также кольцевые схемы 16 и 17 на напряжении 220 кВ.

4.9 Указания по применению схем со сборными шинами с двумя и «полутора» выключателями на присоединение

4.9.1 Схема 15 — трансформаторы—шины с присоединением линий через два выключателя, схема 16 — трансформаторы—шины с «полутора» выключателями на присоединение и схема 17 — с «полутора» выключателями на присоединение применяются в РУ мощных узловых ПС от 220 до 750 кВ (т. к. сохранение в работе ЛЭП указанных напряжений во много раз превышает экономию на стоимости ячеек РУ).

4.9.2 Схема 15 (трансформаторы—шины с присоединением линий через два выключателя) применяется в РУ от 330 до 750 кВ при трех-четырех линиях, и требовании о 100 % резервировании подключения ЛЭП и двух и более Т (АТ).

4.9.3 Схема 16 (трансформаторы—шины с полуторным присоединением линий) применяется в РУ от 220 до 750 кВ при пяти и более линиях, два выключателя и других обоснованиях.

4.9.4 Схема 17 (полуторная) применяется в РУ от 220 до 750 кВ при числе присоединений шесть и более при повышенных требованиях к надежности подключения присоединений.

4.9.5 В РУ по схемам 15, 16, 17 при установке на первом этапе сооружения ПС одного Т (АТ), второй комплект заземляющих ножей на данной СШ устанавливается на другом любом шинном разъединителе, предпочтительнее на разъединителе у ТН.

4.9.6 Схемы 15, 16 и 17 при числе линий более четырех, а также по условиям сохранения устойчивости энергосистемы, проверяются на необходимость секционирования СШ.

4.9.7 В схеме 17 при многорядной компоновке допускается, для экономии площади ОРУ, а так же в КРУЭ, при наличии соответствующих обоснований подключение Т (АТ) и линий без соблюдения чередования их присоединения к СШ (без перекрещивания).

4.9.8 При количестве Т (АТ) более двух присоединение последующих Т (АТ) в схемах 15 и 16 предусматривается аналогично линиям.

4.10 Указания по применению схем для комплектного распределительного устройства с элегазовой изоляцией

4.10.1 Для КРУЭ, как правило, применяются те же схемы, что и для ОРУ. В зависимости от состава оборудования стандартных модулей КРУЭ, возможны отклонения от типовых схем РУ.

4.10.2 Схема с ОСШ для КРУЭ, как правило, не применяется вследствие значительного удорожания последнего. Надежность оборудования КРУЭ достаточно высокая и дополнительное повышение его надежности за счет применения ОСШ нецелесообразно, при условии возможности замены выключателя в течение времени, удовлетворяющего эксплуатацию. Возможность организации цепей плавки гололеда постоянным током с использованием ОСШ КРУЭ необходимо определять при проектировании по согласованию с изготовителями КРУЭ, кабелей 110 кВ и выше.

4.10.3 На линейных вводах и на СШ (ССШ) КРУЭ должны применяться быстродействующие заземлители. Каждая СШ (ССШ) КРУЭ должна иметь по два комплекта быстродействующих заземлителей.

4.10.4 Ячейки КРУЭ конструктивно должны быть выполнены так, чтобы имелась возможность проводить высоковольтные испытания (после монтажа, после ремонта) всей изоляции ячейки КРУЭ, а также отдельно испытания КЛ, не затрагивая изоляцию КРУЭ. Для проведения высоковольтных испытаний изоляции КРУЭ как правило должна быть предусмотрена возможность отключения ТН и ОПН без их демонтажа.

4.10.5 В случаях присоединения силовых Т (АТ) к КРУЭ элегазовыми токопроводами следует предусматривать разъемное контактное соединение в выделенном газоизолированном объеме для возможности проведения испытаний.

4.10.6 Допускается, при соответствующем обосновании, ТН подключать к СШ без разъединителя.

4.10.7 При подключении нескольких рядом расположенных ВЛ, присоединяемых к КРУЭ, возможны различные варианты: использование элегазовых токопроводов, вертикальное расположение вводов «элегаз-воздух» вне здания КРУЭ, применение линейного портала или разнесение ячеек КРУЭ внутри здания, для увеличения длины фронта подключения ВЛ по зданию и другие решения. Для уменьшения площади, занимаемой зданием КРУЭ, допускается присоединение ВЛ к КРУЭ через кабельные заходы, переходные пункты и образование кабельно-воздушной линии.

4.10.8 При построении схемы РУ на базе КРУЭ следует учитывать расположение оболочек и перегородок для смежных отсеков в соответствии с ГОСТ Р 54828—2011 (5.20.2). При оценке надежности электрической схемы при проведении ремонтных работ следует учитывать особенности секционирования газоизолированных объемов.

4.11 Указания по подключению компенсирующих устройств

4.11.1 Необходимость установки компенсирующих устройств, их тип и схема подключения определяются в схеме развития энергосистемы и при конкретном проектировании.

4.11.2 На напряжение от 35 до 220 кВ в РУ устройства компенсации реактивной мощности, как правило, подключаются как линейные присоединения, либо при соответствующем обосновании к СШ (ССШ).

4.11.3 Для подключения ШР и УШР применяются схемы с подключением их к ВЛ или к СШ РУ, а для обеспечения, кроме того, успешного ОАПВ (зависит от параметров сети) применяются схемы с включением КР в нейтраль ШР. Шунтирующий реактор к шинам подключается через выключатель. Подключение ШР к ВЛ без выключателя допускается при наличии обоснования.

4.11.4 При выборе средств регулирования напряжения следует исходить из того, что на всех ПС от 35 до 750 кВ устанавливаются Т (АТ) с устройством РПН.

4.11.5 Подключение ШКБ, как правило, должно выполняться через токоограничивающий реактор для снижения толчковых токов при включении.

4.11.6 Выключатели в цепях ШР и ШКБ должны быть оснащены устройствами синхронизированной коммутации.

4.12 Указания по установке измерительных трансформаторов

4.12.1 В схемах присоединения ЛЭП через развилку выключателей допускается установка ТТ на ЛЭП между линейным разъединителем ЛЭП и развилкой ошиновки на разъединители выключателей.

4.12.2 При выборе типа и количества ТН следует руководствоваться следующими положениями.

4.12.2.1 Следует предотвращать возможный феррорезонанс напряжений в РУ от 110 до 500 кВ с ТН электромагнитного типа. Применение ТН электромагнитного типа определяется на основании технико-экономического сравнения, учитывающего возможные мероприятия по устранению феррорезонанса. Не допускается установка на ЛЭП двух ТН электромагнитного типа.

4.12.2.2 В РУ от 330 до 750 кВ необходимо устанавливать на каждой ЛЭП два ТН — по одному с каждой стороны линейного разъединителя для выполнения полного дублирования цепей напряжения от каждого ТН до панелей (шкафов) РЗА. При неисправности одного из ТН нагрузка неисправного ТН переключается на исправный ТН.

4.12.2.3 В РУ 110 и 220 кВ по схемам «треугольник», «четырехугольник», «мостик» следует устанавливать один ТН на каждой ЛЭП. Питание нагрузки ТН одной линии резервируется от ТН другого присоединения данного РУ.

4.12.2.4 На каждой СШ в РУ от 330 до 750 кВ рекомендуется устанавливать по два комплекта ТН с четырьмя обмотками. В РУ от 110 до 220 кВ количество ТН на шинах определяется расчетом исходя из обеспечения условий их работы в требуемом классе точности.

4.12.2.5 В схемах *n*-угольников рекомендуется для осуществления АПВ с контролем наличия напряжения и синхронизма при отключениях соответствующего присоединения устанавливать ТН в каждой вершине.

4.12.2.6 В случае установки на ВЛ двух ТН они устанавливаются с разных сторон ВЧ-заградителя. До заградителя со стороны ВЛ предпочтительна установка ТН емкостного типа.

4.12.2.7 В схемах «мостик» рекомендуется предусматривать ТН в узлах, к которым подключена линия.

4.12.2.8 В схемах РУ 110—750 кВ при подключении стороны АТ к РУ более чем через один выключатель необходимо предусматривать установку ТН на участке ошиновки данной стороны АТ между вводом АТ и разъединителем.

4.12.2.9 ТН электромагнитного типа к сборным шинам присоединяются через разъединители, либо через разъемное контактное соединение (для РУ в исполнении КРУ). ТН емкостного типа присоединяется к сборным шинам без разъединителя. ТН на отходящих линиях устанавливаются без разъединителей (для КРУЭ с учетом 4.10.7).

4.12.2.10 При установке на ЛЭП ТТ и ТН рекомендуется, при соответствующем обосновании применение комбинированных ТТ и ТН.

4.12.2.11 Количество информационных выходов (потоков) электронных ТН и ТТ, как правило, принимается в соответствии с требованиями по выбору количества вторичных обмоток (кернов) для электромагнитных ТН и ТТ для типовых схем с учетом резервирования. В зависимости от структуры информационной сети ПС, возможны отклонения от требований по количеству измерительных обмоток типовых схем РУ.

4.13 Указания по установке ограничителей перенапряжений

При выборе ОПН необходимо иметь в виду следующие положения.

4.13.1 Для защиты от перенапряжений на схемах показаны ОПН. Установка ОПН на приведенных схемах показана условно. Необходимость и место установки ОПН определяется при проектировании.

4.13.2 Для всех классов напряжений в цепях Т (АТ) и ШР должны быть установлены ОПН.

4.13.3 Необходимость установки ОПН на шинах от 35 до 220 кВ и их количество определяются сравнением расстояний по ошиновке от ОПН у силовых Т (АТ) до самого удаленного присоединения, с наибольшим допустимым расстоянием по [2] и характеристиками ОПН.

4.13.4 Необходимость установки ОПН для защиты оборудования от коммутационных перенапряжений в ячейках ЛЭП 330 кВ и выше определяется расчетом.

4.13.5 Для защиты оборудования КРУЭ от грозовых перенапряжений ОПН устанавливается снаружи КРУЭ между вводом ВЛ в КРУЭ и последней опорой. Установка ОПН со стороны Т (АТ, ШР) может осуществляться как снаружи, так и внутри КРУЭ в цепи присоединения Т (АТ) до коммутационного аппарата. Необходимость установки дополнительных ОПН на шинах КРУЭ определяется расчетом в зависимости от мест расположения и расстояний от остальных ОПН до защищаемого оборудования, параметров ОПН и количества отходящих от шин присоединений.

4.13.6 При устройстве кабельных вставок, соединенных с ВЛ, ОПН устанавливаются в местах перехода КЛ в ВЛ. При наличии в месте перехода коммутационного аппарата ОПН устанавливается между коммутационным аппаратом и кабельной вставкой. Необходимость установки ОПН по обоим концам вставки определяется ее длиной, параметрами ОПН и наличием других ОПН на ПС.

4.13.7 Неиспользуемые обмотки НН и СН силовых Т (АТ), а также обмотки, временно отключенные от шин РУ, должны быть соединены в звезду или треугольник и защищены ОПН, включенными между вводами каждой фазы и землей. Защита неиспользуемых обмоток не требуется, если к ним постоянно присоединена КЛ длиной не менее 30 м, имеющая заземленную оболочку или броню.

4.14 Указания по установке устройств высокочастотной обработки

4.14.1 Конденсаторы связи (либо используются установленные емкостные ТН), ВЧ-заградители и фильтры присоединения устанавливаются для подключения ВЧ аппаратуры в целях передачи сигналов и команд устройств РЗА и связи. Количество обработанных фаз и тип подключаемой аппаратуры обосновывается в проектной документации.

4.14.2 Конденсаторы связи и фильтры присоединения устанавливаются в ячейке ВЛ до ВЧ-заградителя, т. е. со стороны ЛЭП.

4.14.3 Схемы подключения ВЧ аппаратуры определяются при проектировании. Организация ВЧ каналов связи по тросам для передачи сигналов и команд РЗА не допускается.

5 Унифицированные описания типовых схем распределительных устройств от 35 до 750 кВ

Описания типовых схем РУ от 35 до 750 кВ состоят из двух блоков (граф). Первый — перечень показателей, критериев и условий, например, область применения и критерии надежности. Второй блок — комментарии к ним (таблицы 1—19).

В представленных ниже описаниях схем отражены преимущественно последствия единичных отказов элементов схем.

Условные обозначения, применяемые в схемах — в соответствии с приложением А (рисунок А.1).

5.1 Схема блок (линия—трансформатор) с разъединителем

Таблица 1

№ п/п	Наименование показателя	Описание
	Общие показатели	
1	Наименование и эскиз схемы	Блок (линия—трансформатор) с разъединителем 
2	Номер схемы	35-1; 110-1; 220-1
3	Область применения	РУ от 35 до 220 кВ
4	Тип подстанции	Тупиковая
5	Количество присоединений	Один Т (АТ) и одна линия
6	Этапность развития	Возможно расширение практически до любой схемы. Первым этапом расширения является схема блока (линия—трансформатор) с выключателем или схема «мостиков»
	Условия обоснования и выбора	
7	Основные условия применения	Тупиковая однотрансформаторная подстанция, подключаемая к линии, которая не имеет ответвительных подстанций. При этом обеспечивается надежная передача управляющих воздействий релейной защиты на отключение выключателя питающей линии
8	Экономические критерии применения	а) Не требует ячеек выключателей. б) Занимает минимальные отчуждаемые площади с учетом (пункт 5) количества присоединений. в) Наиболее дешевая схема с учетом (пункт 5) количества присоединений
9	Критерии надежности	Отказ Т (АТ) или линии приводит к обесточиванию стороны НН и СН (при наличии). Следовательно, схема является недостаточно надежной. Для повышения надежности электроснабжения потребители могут резервироваться по стороне НН и СН (при наличии). В полном объеме оно нецелесообразно. Поэтому применение рассматриваемой схемы должно быть ограничено
10	Эксплуатационные критерии	а) Простая и наглядная. б) Оперативные блокировки и операции с разъединителями просты и однотипны. в) Как следствие [перечисления а) и б)] минимизированы отказы по вине персонала
11	Техническая гибкость	—

Окончание таблицы 1

№ п/п	Наименование показателя	Описание
12	Критерии безопасности	а) Электрооборудование, токоведущие части, изоляторы, крепления, ограждения, несущие конструкции, изоляционные и другие расстояния должны быть выбраны и установлены таким образом, чтобы: - вызываемые нормальными условиями работы электроустановки усилия, нагрев, электрическая дуга или иные сопутствующие ее работе явления (искрение, выброс газов и т. п.) не могли причинить вред обслуживающему персоналу, а также привести к повреждению оборудования и возникновению КЗ; - при выводе в ремонт какого-либо присоединения, относящиеся к нему аппараты, токоведущие части и конструкции могли подвергаться безопасному техническому обслуживанию и ремонту без нарушения нормальной работы соседних цепей; - была обеспечена возможность удобного транспортирования оборудования; - при нарушении нормальных условий работы электроустановки была обеспечена необходимая локализация повреждений, обусловленных действием КЗ. б) Напряженность электрического и магнитного полей на маршрутах обхода для осмотра оборудования и на рабочих местах у оборудования, где возможно длительное присутствие персонала для проведения профилактических и ремонтных работ, не должна превышать допустимую. в) Должны быть выполнены требования нормативно-технических документов по электромагнитной совместимости
Расстановка оборудования		
13	Расстановка разъединителей	а) Во всех цепях РУ должна быть предусмотрена установка разъединяющих устройств с видимым разрывом, обеспечивающих возможность отсоединения всех аппаратов [в данном случае — Т (АТ) и линии] в каждой цепи со всех ее сторон, откуда может быть подано напряжение. б) Данное требование [перечисление а)] не распространяется на ВЧ-заградители и конденсаторы связи, а также ограничители перенапряжений, устанавливаемые на выводах Т (АТ). в) На разъединителях 110 кВ и выше предусматривается привод с дистанционным управлением. г) С учетом перечислений а) и б) разъединитель устанавливается в цепи блока между Т (АТ) и линией
14	Расстановка стационарных заземлителей	а) Стационарные заземлители должны быть размещены так, чтобы были не нужны переносные заземления, и чтобы персонал, работающий на токоведущих частях любых участков присоединений, был защищен заземлителями со всех сторон, откуда может быть подано напряжение. б) На заземлителях предусматривается привод с дистанционным управлением. в) С учетом перечисления а) стационарные заземлители устанавливаются по два комплекта на разъединителе блока
15	Расстановка ТТ	Наиболее предпочтительными являются встроенные в оборудование трансформаторы тока (трансформаторы тока также необходимы в нейтралях трансформаторов 110 кВ и выше и автотрансформаторов 220 кВ и выше).
16	Расстановка ТН	—
17	Расстановка ОПН	а) В цепях Т (АТ) должны быть установлены ОПН без коммутационных аппаратов между ними и защищаемым оборудованием. б) Для защиты нейтралей обмоток 110 кВ силовых трансформаторов, имеющих изоляцию, пониженную относительно изоляции линейного конца обмотки и допускающую работу с разземленной нейтралью, в ней следует устанавливать ОПН

5.2 Схема блок (линия—трансформатор) с выключателем

Таблица 2

№ п/п	Наименование показателя	Описание
	Общие показатели	
1	Наименование и эскиз схемы	Блок (линия—трансформатор) с выключателем 
2	Номер схемы	35-3Н; 110-3Н; 220-3Н; 330-3Н; 500-3Н
3	Область применения	РУ от 35 до 500 кВ
4	Тип подстанции	Тупиковая или ответвительная
5	Количество присоединений	Один Т (АТ) и одна линия
6	Этапность развития	Начальный этап развития более сложных схем. Последующим этапом развития является схема «мостик» или «многоугольник»
	Условия обоснования и выбора	
7	Основные условия применения	Тупиковая или ответвительная однотрансформаторная подстанция, подключенная к линии, от которой запитаны и другие подстанции
8	Экономические критерии применения	а) Требует одну ячейку выключателя на два присоединения [Т (АТ) и линия]. б) Занимает минимальные отчуждаемые площади с учетом (пункт 5) количества присоединений. в) Наиболее дешевая схема с учетом (пункт 5) количества присоединений
9	Критерии надежности	а) Отказ Т (АТ) или линии приводит к обесточиванию стороны НН и СН (при наличии) рассматриваемой подстанции. Для повышения надежности электроснабжения потребители могут резервироваться по стороне НН и СН (при наличии). Однако в полном объеме оно нецелесообразно. б) Отказ линии или выключателя какой-либо подстанции приводит к отключению всех Т (АТ) подстанций, подключенных к линии. в) Как следствие [перечисления а) и б)] схема является недостаточно надежной, и ее следует рассматривать как начальный, временный этап развития подстанции
10	Эксплуатационные критерии	а) Простая и наглядная. б) Оперативные блокировки и операции с разъединителями просты и однотипны. в) Как следствие [перечисления а) и б)] минимизированы отказы по вине персонала
11	Техническая гибкость	—

Продолжение таблицы 2

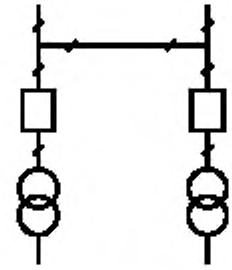
№ п/п	Наименование показателя	Описание
12	Критерии безопасности	а) Электрооборудование, токоведущие части, изоляторы, крепления, ограждения, несущие конструкции, изоляционные и другие расстояния должны быть выбраны и установлены таким образом, чтобы: - вызываемые нормальными условиями работы электроустановки усилия, нагрев, электрическая дуга или иные сопутствующие ее работе явления (искрение, выброс газов и т. п.) не могли причинить вред обслуживающему персоналу, а также привести к повреждению оборудования и возникновению КЗ; - при выводе в ремонт какого-либо присоединения, относящиеся к нему аппараты, токоведущие части и конструкции могли подвергаться безопасному техническому обслуживанию и ремонту без нарушения нормальной работы соседних цепей; - была обеспечена возможность удобного транспортирования оборудования; - при нарушении нормальных условий работы электроустановки была обеспечена необходимая локализация повреждений, обусловленных действием КЗ. б) Напряженность электрического и магнитного полей на маршрутах обхода для осмотра оборудования и на рабочих местах у оборудования, где возможно длительное присутствие персонала для проведения профилактических и ремонтных работ, не должна превышать допустимую. в) Должны быть выполнены требования нормативно-технических документов по электромагнитной совместимости
		Расстановка оборудования
13	Расстановка разъединителей	а) Во всех цепях РУ должна быть предусмотрена установка разъединяющих устройств с видимым разрывом, обеспечивающих возможность отсоединения всех аппаратов (выключателей с ТТ, предохранителей, ТН и т. д.) в каждой цепи со всех ее сторон, откуда может быть подано напряжение. б) Данное требование [перечисление а)] не распространяется на ВЧ-заградители и конденсаторы связи, ТН, устанавливаемые на отходящих линиях, а также ограничители перенапряжений, устанавливаемых на выводах Т (АТ) и ШР и на отходящих линиях. в) Видимый разрыв может отсутствовать в комплектных РУ заводского исполнения (в том числе с заполнением элегазом—КРУЭ) с выкатными элементами и/или при наличии надежного механического указателя гарантированного положения контактов. г) На разъединителях 110 кВ и выше предусматривается привод с дистанционным управлением. д) С учетом перечислений а) и б) разъединители устанавливаются с обеих сторон выключателя при установке трехобмоточного Т (АТ) (т. е. возможно питание потребителей со стороны среднего напряжения при отключенной обмотке ВН). При установке двухобмоточного трансформатора разъединитель со стороны последнего не предусматривается
14	Расстановка стационарных заземлителей	а) Стационарные заземлители должны быть размещены так, чтобы были не нужны переносные заземления, и чтобы персонал, работающий на токоведущих частях любых участков присоединений, был защищен заземлителями со всех сторон, откуда может быть подано напряжение. На случай отключения в процессе ремонта разъединителя с заземлителями или только заземлителя этого разъединителя должны быть предусмотрены заземлители у других разъединителей на данном участке схемы, расположенные со стороны возможной подачи напряжения. Поэтому на любых участках присоединений предусматривается установка двух заземлителей разных разъединителей.

Окончание таблицы 2

№ п/п	Наименование показателя	Описание
14	Расстановка стационарных заземлителей	б) На заземлителях предусматривается привод с дистанционным управлением, кроме того в ячейках КРУЭ заземлители со стороны линий должны быть быстродействующими. в) С учетом перечисления а) стационарные заземлители устанавливаются по два комплекта на линейном разъединителе. На разъединителе трехобмоточного Т (АТ), заземляющий нож устанавливается только со стороны выключателя, поскольку в этом случае возможно питание потребителей со стороны среднего напряжения при отключенной обмотке ВН Т (АТ)
15	Расстановка ТТ	а) ТТ устанавливаются в каждом присоединении. Наиболее предпочтительными являются встроенные в оборудование ТТ [ТТ также необходимы в нейтралях трансформаторов 110 кВ и выше и Т (АТ) 220 кВ и выше]. б) При выборе количества вторичных обмоток ТТ должны учитываться следующие положения: - для подключения приборов коммерческого и/или технического учета электроэнергии используется отдельная вторичная обмотка ТТ, при этом также отдельная обмотка предусматривается для средств измерений (не входящих в АИИС КУЭ), т. е. отдельно друг от друга и от цепей защит; - основная и резервная защиты должны питаться от разных вторичных обмоток ТТ; - количество вторичных обмоток ТТ должно быть достаточным для присоединения к ним в общем случае основных и резервных защит двух элементов, например, ВЛ и СШ. в) При установке ТТ с меньшим количеством вторичных обмоток, чем требуется [перечисление б)], возникает необходимость в установке второго дополнительного ТТ
16	Расстановка ТН	а) ТН устанавливают на блоке. б) ТН предусматриваются с тремя вторичными обмотками, одна из которых предназначена для подключения приборов коммерческого и/или технического учета электроэнергии. в) При выборе ТН необходимо учитывать возможность возникновения феррорезонанса, рекомендуется применять антиферрорезонансные типы ТН. г) На ЛЭП 330 кВ и выше для резервирования защит по цепям напряжения устанавливаются два ТН (по обе стороны разъединителя линии)
17	Расстановка ОПН	а) В цепях Т (АТ) должны быть установлены ОПН без коммутационных аппаратов между ними и защищаемым оборудованием. б) Для защиты нейтралей обмоток 110 кВ силовых трансформаторов, имеющих изоляцию, пониженную относительно изоляции линейного конца обмотки и допускающую работу с разземленной нейтралью, в ней следует устанавливать ОПН. в) Необходимость установки ОПН на линейных присоединениях определяется сравнением расстояний по ошиновке от ОПН у силовых Т (АТ) до самого удаленного присоединения, с наибольшим допустимым расстоянием

5.3 Схема два блока с выключателями и неавтоматической перемычкой со стороны линий

Таблица 3

№ п/п	Наименование показателя	Описание
		Общие показатели
1	Наименование и эскиз схемы	Два блока с выключателями и неавтоматической перемычкой со стороны линий 
2	Номер схемы	35-4Н; 110-4Н; 220-4Н
3	Область применения	РУ от 35 до 220 кВ
4	Тип подстанции	Тупиковая или ответвительная
5	Количество присоединений	Два Т (АТ) и две линии
6	Этапность развития	Возможно расширение до схемы с одной или двумя СШ (с ОСШ либо без нее). При этом учитываются следующие конструктивные особенности. Под каждое присоединение, включая перемычку, предусматривают отдельную ячейку, аналогично компоновкам схем с одной-двумя СШ. Каждый участок ошиновки между выключателями и ремонтной перемычкой выполняют в виде отдельной СШ или ССШ (типовые решения для схем с одной-двумя СШ). Разъединители со стороны присоединения линий и Т (АТ) устанавливаются под выходными линейными порталами. При поэтапном расширении секционный или шиносоединительный выключатель устанавливается в ячейке перемычки
		Условия обоснования и выбора
7	Основные условия применения	Тупиковая или ответвительная подстанция с одно- или двухсторонним питанием, подключенная к двухцепной линии, от которой запитаны и другие подстанции
8	Экономические критерии применения	а) Требует две ячейки выключателей на четыре присоединения [два Т (АТ) и две линии]. б) Занимает минимальные отчуждаемые площади с учетом (пункт 5) количества присоединений. в) Наиболее дешевая схема с учетом (пункт 5) количества присоединений

Продолжение таблицы 3

№ п/п	Наименование показателя	Описание
9	Критерии надежности	а) Отказ линии или выключателя приводит к отключению по одному Т (АТ) на всех смежных подстанциях, подключенных к данной линии. Рассматриваемые отказы не должны приводить к ограничению электроснабжения потребителей при достаточной нагрузочной способности оставшихся в работе Т (АТ), а также действии автоматического ввода резерва на стороне НН и СН (при наличии) Т (АТ). б) При трех-четырех и более ответвительных подстанций, подключенных к линиям с двухсторонним питанием, рекомендуется рассмотреть целесообразность секционирования этих линий за счет использования на одной из подстанций соответствующей схемы, например, «заход—выход». в) Неавтоматическую перемычку со стороны линий следует устанавливать только при наличии технико-экономических обоснований с учетом фактора надежности, поскольку плановые и аварийные простои линий от 35 до 220 кВ непродолжительны, а параметр потока отказов Т (АТ) — один из самых низких среди элементов электрических сетей. г) Является лучшей схемой с позиций надежности и экономичности для тупиковых или ответвительных двухтрансформаторных подстанций при использовании современных элегазовых (вакуумных) выключателей для подстанций от 35 до 220 кВ
10	Эксплуатационные критерии	а) Простая и наглядная. б) Оперативные блокировки и операции с разъединителями просты и однотипны. в) Как следствие [перечисления а) и б)] минимизированы отказы по вине персонала
11	Техническая гибкость	—
12	Критерии безопасности	а) Электрооборудование, токоведущие части, изоляторы, крепления, ограждения, несущие конструкции, изоляционные и другие расстояния должны быть выбраны и установлены таким образом, чтобы: - вызываемые нормальными условиями работы электроустановки усилия, нагрев, электрическая дуга или иные сопутствующие ее работе явления (искрение, выброс газов и т. п.) не могли причинить вред обслуживающему персоналу, а также привести к повреждению оборудования и возникновению КЗ; - при выводе в ремонт какого-либо присоединения, относящиеся к нему аппараты, токоведущие части и конструкции могли подвергаться безопасному техническому обслуживанию и ремонту без нарушения нормальной работы соседних цепей; - при нарушении нормальных условий работы электроустановки была обеспечена необходимая локализация повреждений, обусловленных действием КЗ. б) Напряженность электрического и магнитного полей на маршрутах обхода для осмотра оборудования и на рабочих местах у оборудования, где возможно длительное присутствие персонала для проведения профилактических и ремонтных работ, не должна превышать допустимую. в) Должны быть выполнены требования нормативно-технических документов по электромагнитной совместимости

Продолжение таблицы 3

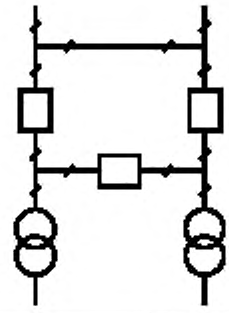
№ п/п	Наименование показателя	Описание
		Расстановка оборудования
13	Расстановка разъединителей	а) Во всех цепях РУ должна быть предусмотрена установка разъединяющих устройств с видимым разрывом, обеспечивающих возможность отсоединения всех аппаратов (выключателей с ТТ, предохранителей, ТН, и т. д.) в каждой цепи со всех ее сторон, откуда может быть подано напряжение. б) Данное требование [перечисление а)] не распространяется на ВЧ-заградители и конденсаторы связи, ТН, устанавливаемые на отходящих линиях, а также ограничители перенапряжений, устанавливаемых на выводах Т (АТ) и на отходящих линиях. в) Видимый разрыв может отсутствовать в комплектных РУ заводского исполнения (в том числе с заполнением элегазом—КРУЭ) с выкатными элементами и/или при наличии надежного механического указателя гарантированного положения контактов. г) На разъединителях 110 кВ и выше предусматривается привод с дистанционным управлением. д) С учетом перечислений а) и б) разъединители устанавливаются: - в цепях линий; - с обеих сторон выключателей при использовании трехобмоточных Т (АТ); при установке двухобмоточных трансформаторов разъединитель в его цепи не предусматривается; - два последовательно включенных разъединителя в неавтоматической перемычке (для выполнения их ремонта без полного обесточения РУ)
14	Расстановка стационарных заземлителей	а) Стационарные заземлители должны быть размещены так, чтобы были не нужны переносные заземления и чтобы персонал, работающий на токоведущих частях любых участков присоединений, был защищен заземлителями со всех сторон, откуда может быть подано напряжение. На случай отключения в процессе ремонта разъединителя с заземлителями или только заземлителя этого разъединителя должны быть предусмотрены заземлители у других разъединителей на данном участке схемы, расположенные со стороны возможной подачи напряжения. Поэтому на любых участках присоединений предусматривается установка двух заземлителей разных разъединителей. б) На заземлителях предусматривается привод с дистанционным управлением, кроме того в ячейках КРУЭ заземлители со стороны линий должны быть быстродействующими. в) С учетом перечисления а) стационарные заземлители устанавливаются по два комплекта на каждом разъединителе, кроме разъединителей Т (АТ) со стороны перемычки, где установлен один комплект со стороны выключателя
15	Расстановка ТТ	а) ТТ устанавливаются в каждом присоединении. Наиболее предпочтительными являются встроенные в оборудование ТТ (ТТ также необходимы в нейтралях трансформаторов 110 кВ и выше и АТ 220 кВ и выше). б) При выборе количества вторичных обмоток ТТ должны учитываться следующие положения: - для подключения приборов коммерческого и/или технического учета электроэнергии используется отдельная вторичная обмотка ТТ, при этом также отдельная обмотка предусматривается для средств измерений (не входящих в АИИС КУЭ), т. е. отдельно друг от друга и от цепей защит; - основная и резервная защиты должны питаться от разных вторичных обмоток ТТ; - оно должно быть достаточным для присоединения к ним в общем случае основных и резервных защит двух элементов, например, ВЛ и СШ. в) При установке ТТ с меньшим количеством вторичных обмоток, чем требуется [перечисление б)], возникает необходимость в установке второго дополнительного ТТ

Окончание таблицы 3

№ п/п	Наименование показателя	Описание
16	Расстановка ТН	а) ТН устанавливают на каждом блоке. б) ТН предусматриваются с тремя вторичными обмотками, одна из которых предназначена для подключения приборов коммерческого и/или технического учета электроэнергии. в) При выборе ТН необходимо учитывать возможность возникновения феррорезонанса, рекомендуется применять антиферрорезонансные типы ТН
17	Расстановка ОПН	а) В цепях Т (АТ) должны быть установлены ОПН без коммутационных аппаратов между ними и защищаемым оборудованием. б) Для защиты нейтралей обмоток 110 кВ силовых трансформаторов, имеющих изоляцию, пониженную относительно изоляции линейного конца обмотки и допускающую работу с разземленной нейтралью, в ней следует устанавливать ОПН. в) Необходимость установки ОПН на линейных присоединениях определяется сравнением расстояний по ошиновке от ОПН у силовых Т (АТ) до самого удаленного присоединения, с наибольшим допустимым расстоянием

5.4 Схема «мостик» с выключателями в цепях линий и ремонтной перемычкой со стороны линий

Таблица 4

№ п/п	Наименование показателя	Описание
	Общие показатели	
1	Наименование и эскиз схемы	«Мостик» с выключателями в цепях линий и ремонтной перемычкой со стороны линий 
2	Номер схемы	35-5Н; 110-5Н; 220-5Н
3	Область применения	РУ от 35 до 220 кВ
4	Тип подстанции	Проходная
5	Количество присоединений	Два Т (АТ) и две линии
6	Этапность развития	Возможно расширение до схемы с одной или двумя СШ (с ОСШ либо без нее). При этом учитываются следующие конструктивные особенности. Сооружается участок ошиновки между разъединителями перемычки в виде СШ. В последующем она может преобразовываться в ОСШ. Под каждое присоединение, а также под секционный выключатель предусматриваются отдельные ячейки, установленные в один ряд. Остальное оборудование и порталы устанавливаются по привязкам компоновки схемы с одной-двумя СШ

Продолжение таблицы 4

№ п/п	Наименование показателя	Описание
	Условия обоснования и выбора	
7	Основные условия применения	Проходная подстанция с двухсторонним питанием
8	Экономические критерии применения	а) Требует три ячейки выключателей на четыре присоединения (два Т (АТ) и две линии). б) Занимает минимальные отчуждаемые площади с учетом (пункт 5) количества присоединений. в) Наиболее дешевая схема с учетом (пункт 5) количества присоединений для заданной конфигурации сети
9	Критерии надежности	а) При отказе нормально включенного «среднего» выключателя возможно полное обесточение РУ. При этом теряется транзит мощности через сторону ВН подстанции. При заданной в перечислении а), пункт 7 схеме присоединения подстанций к энергосистеме (двухстороннее питание) потеря транзита не приводит к ограничению электроснабжения потребителей на смежных подстанциях. Транзит мощности будет потерян и при отказе выключателя в цепи линии. Транзит мощности прерывается и при отказе силового Т (АТ). Однако этот перерыв непродолжительный и определяется временем оперативных переключений в схеме. Кроме того, частота отказов Т (АТ) рассматриваемого класса напряжения сравнительно невелика (параметр потока отказов равен 0,005 — 0,02 1/год). Поэтому данное событие принимается во внимание при выборе схем лишь при наличии достаточных технико-экономических обоснований с учетом фактора надежности. б) Установка второго последовательно включенного выключателя или переход к схеме «четырехугольник» для исключения обесточения РУ [перечисление а)] нецелесообразна с технико-экономических позиций с учетом фактора надежности. в) К одной линии с двусторонним питанием рекомендуется подключать не более трех-четырех проходных подстанций, в том числе по условиям надежной работы релейной защиты в части селективности. г) При прочих равных условиях в рассматриваемой схеме, в отличие от схемы «мостик» с выключателями в цепях трансформаторов и ремонтной перемычкой со стороны трансформаторов, коммутация линий выполняется одним выключателем. Это благоприятно сказывается на надежности РУ, поскольку коммутация ЛЭП в нормальных, ремонтных и аварийных режимах осуществляется значительно чаще, чем Т (АТ). д) С учетом перечислений а) и г) является лучшей схемой с позиций надежности и экономичности для проходных подстанций при использовании современных элегазовых (вакуумных) выключателей для подстанций от 35 до 220 кВ
10	Эксплуатационные критерии	а) Простая и наглядная. б) Оперативные блокировки и операции с разъединителями просты и однотипны. в) Как следствие [перечисления а) и б)] минимизированы отказы по вине персонала
11	Техническая гибкость	—

Продолжение таблицы 4

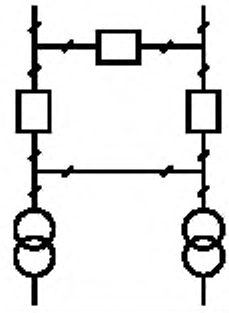
№ п/п	Наименование показателя	Описание
12	Критерии безопасности	а) Электрооборудование, токоведущие части, изоляторы, крепления, ограждения, несущие конструкции, изоляционные и другие расстояния должны быть выбраны и установлены таким образом, чтобы: - вызываемые нормальными условиями работы электроустановки усилия, нагрев, электрическая дуга или иные сопутствующие ее работе явления (искрение, выброс газов и т. п.) не могли причинить вред обслуживающему персоналу, а также привести к повреждению оборудования и возникновению КЗ; - при выводе в ремонт какого-либо присоединения, относящиеся к нему аппараты, токоведущие части и конструкции могли подвергаться безопасному техническому обслуживанию и ремонту без нарушения нормальной работы соседних цепей; - при нарушении нормальных условий работы электроустановки была обеспечена необходимая локализация повреждений, обусловленных действием КЗ. б) Напряженность электрического и магнитного полей на маршрутах обхода для осмотра оборудования и на рабочих местах у оборудования, где возможно длительное присутствие персонала для проведения профилактических и ремонтных работ, не должна превышать допустимую. в) Должны быть выполнены требования нормативно-технических документов по электромагнитной совместимости
		Расстановка оборудования
13	Расстановка разъединителей	а) Во всех цепях РУ должна быть предусмотрена установка разъединяющих устройств с видимым разрывом, обеспечивающих возможность отсоединения всех аппаратов (выключателей с трансформаторами тока, предохранителей, ТН и т. д.) в каждой цепи со всех ее сторон, откуда может быть подано напряжение. б) Данное требование [перечисление а)] не распространяется на ВЧ-заградители и конденсаторы связи, ТН, устанавливаемые на отходящих линиях, а также ограничители перенапряжений, устанавливаемые на выводах Т (АТ) и на отходящих линиях. в) Видимый разрыв может отсутствовать в комплектных РУ заводского исполнения (в том числе с заполнением элегазом—КРУЭ) с выкатными элементами и/или при наличии надежного механического указателя гарантированного положения контактов. г) На разъединителях 110 кВ и выше предусматривается привод с дистанционным управлением. д) С учетом перечислений а) и б) разъединители устанавливаются: - в цепях Т (АТ); - в цепях выключателей с обеих сторон; - два последовательно включенных разъединителя в ремонтной перемычке (для выполнения их ремонта без полного обесточения РУ)

Окончание таблицы 4

№ п/п	Наименование показателя	Описание
14	Расстановка стационарных заземлителей	а) Стационарные заземлители должны быть размещены так, чтобы были не нужны переносные заземления, и чтобы персонал, работающий на токоведущих частях любых участков присоединений, был защищен заземлителями со всех сторон, откуда может быть подано напряжение. На случай отключения в процессе ремонта разъединителя с заземлителями или только заземлителя этого разъединителя должны быть предусмотрены заземлители у других разъединителей на данном участке схемы, расположенные со стороны возможной подачи напряжения. Поэтому на любых участках присоединений предусматривается установка двух заземлителей разных разъединителей. б) На заземлителях предусматривается привод с дистанционным управлением, кроме того в ячейках КРУЭ заземлители со стороны линий должны быть быстродействующими. в) С учетом перечисления а) стационарные заземлители устанавливаются по два комплекта на каждом разъединителе, кроме разъединителей Т (АТ), где установлен один комплект со стороны трансформатора
15	Расстановка ТТ	а) ТТ устанавливаются в каждом присоединении, а также в ремонтной перемычке. Наиболее предпочтительными являются встроенные в оборудование ТТ (ТТ также необходимы в нейтралях трансформаторов 110 кВ и выше и АТ 220 кВ и выше). б) При выборе количества вторичных обмоток ТТ должны учитываться следующие положения: - для подключения приборов коммерческого и/или технического учета электроэнергии используется отдельная вторичная обмотка ТТ, при этом также отдельная обмотка предусматривается для средств измерений (не входящих в АИИС КУЭ), т. е. отдельно друг от друга и от цепей защит; - основная и резервная защиты должны питаться от разных вторичных обмоток ТТ; - оно должно быть достаточным для присоединения к ним в общем случае основных и резервных защит двух элементов, например, ВЛ и СШ. в) При установке ТТ с меньшим количеством вторичных обмоток, чем требуется [перечисление б)], возникает необходимость в установке второго дополнительного ТТ
16	Расстановка ТН	а) ТН рекомендуется устанавливать на каждом линейном присоединении мостика. б) ТН предусматриваются с тремя вторичными обмотками, одна из которых предназначена для подключения приборов коммерческого и/или технического учета электроэнергии. в) При выборе ТН необходимо учитывать возможность возникновения феррорезонанса, рекомендуется применять антиферрорезонансные типы ТН
17	Расстановка ОПН	а) В цепях Т (АТ) должны быть установлены ОПН без коммутационных аппаратов между ними и защищаемым оборудованием. б) Для защиты нейтралей обмоток 110 кВ силовых трансформаторов, имеющих изоляцию, пониженную относительно изоляции линейного конца обмотки и допускающую работу с разземленной нейтралью, в ней следует устанавливать ОПН. в) Необходимость установки ОПН на линейных присоединениях определяется сравнением расстояний по ошиновке от ОПН у силовых Т (АТ) до самого удаленного присоединения, с наибольшим допустимым расстоянием

5.5 Схема «мостик» с выключателями в цепях трансформаторов и ремонтной перемычкой со стороны трансформаторов

Таблица 5

№ п/п	Наименование показателя	Описание
		Общие показатели
1	Наименование и эскиз схемы	«Мостик» с выключателями в цепях трансформаторов и ремонтной перемычкой со стороны трансформаторов 
2	Номер схемы	35-5АН; 110-5АН; 220-5АН
3	Область применения	РУ от 35 до 220 кВ
4	Тип подстанции	Проходная
5	Количество присоединений	Два Т (АТ) и две линии
6	Этапность развития	Возможно расширение до схемы с одной или двумя СШ (с ОСШ либо без нее). При этом учитываются следующие конструктивные особенности. Сооружается участок ошиновки между разъединителями перемычки в виде СШ. В последующем она может преобразовываться в ОСШ. Под каждое присоединение, а также под секционный выключатель предусматриваются отдельные ячейки, установленные в один ряд. Остальное оборудование и порталы устанавливаются по привязкам компоновки схемы с одной-двумя СШ
		Условия обоснования и выбора
7	Основные условия применения	Проходная подстанция с двухсторонним питанием при необходимости частых включений—отключений Т (АТ) при неравномерном графике нагрузки для снижения потерь мощности и электроэнергии в Т (АТ)
8	Экономические критерии применения	а) Требует три ячейки выключателей на четыре присоединения (два Т (АТ) и две линии). б) Занимает минимальные отчуждаемые площади с учетом (пункт 5) количества присоединений. в) Наиболее дешевая схема с учетом (пункт 5) количества присоединений для заданной конфигурации сети

Продолжение таблицы 5

№ п/п	Наименование показателя	Описание
9	Критерии надежности	а) При отказе нормально включенного «среднего» выключателя возможно полное обесточение РУ. При этом теряется транзит мощности через сторону ВН подстанции. При заданной в перечислении а), пункт 7 схеме присоединения подстанций к энергосистеме (двухстороннее питание) потеря транзита не приводит к ограничению электроснабжения потребителей на смежных подстанциях. Транзит мощности будет потерян и при отказе выключателя в цепи Т (АТ). б) Установка второго последовательно включенного выключателя или переход к схеме «четырехугольник» для исключения обесточения РУ [перечисление а)] нецелесообразны с технико-экономических позиций с учетом фактора надежности. в) К одной линии с двусторонним питанием рекомендуется подключать не более трех-четырех проходных подстанций, в том числе по условиям надежной работы релейной защиты в части селективности. г) При ремонте секционного выключателя схема позволяет сохранить транзит мощности по присоединенным линиям через ремонтную перемычку, а таюке сохранить в работе оба Т (АТ) при аварийном отключении одной из отходящих линий. д) При прочих равных условиях в рассматриваемой схеме, в отличие от схемы «мостик» с выключателями в цепях линий и ремонтной перемычкой со стороны линий, коммутация линии выполняется двумя выключателями. Поэтому схему «мостик» с выключателями в цепях трансформаторов и ремонтной перемычкой со стороны трансформаторов следует использовать в случаях значительной неравномерности графика нагрузки, когда могут быть оправданы частые включения—отключения Т (АТ) для снижения потерь мощности и электроэнергии в них
10	Эксплуатационные критерии	а) Простая и наглядная. б) Оперативные блокировки и операции с разъединителями просты и однотипны. в) Как следствие [перечисления а) и б)] минимизированы отказы по вине персонала
11	Техническая гибкость	—
12	Критерии безопасности	а) Электрооборудование, токоведущие части, изоляторы, крепления, ограждения, несущие конструкции, изоляционные и другие расстояния должны быть выбраны и установлены таким образом, чтобы: - вызываемые нормальными условиями работы электроустановки усилия, нагрев, электрическая дуга или иные сопутствующие ее работе явления (искрение, выброс газов и т. п.) не могли причинить вред обслуживающему персоналу, а также привести к повреждению оборудования и возникновению КЗ; - при выводе в ремонт какого-либо присоединения, относящиеся к нему аппараты, токоведущие части и конструкции могли подвергаться безопасному техническому обслуживанию и ремонту без нарушения нормальной работы соседних цепей; - при нарушении нормальных условий работы электроустановки была обеспечена необходимая локализация повреждений, обусловленных действием КЗ. б) Напряженность электрического и магнитного полей на маршрутах обхода для осмотра оборудования и на рабочих местах у оборудования, где возможно длительное присутствие персонала для проведения профилактических и ремонтных работ, не должна превышать допустимую. в) Должны быть выполнены требования нормативно-технических документов по электромагнитной совместимости

Продолжение таблицы 5

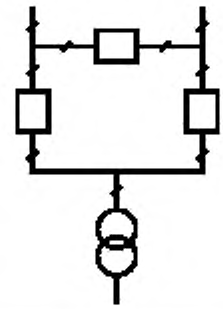
№ п/п	Наименование показателя	Описание
		Расстановка оборудования
13	Расстановка разъединителей	а) Во всех цепях РУ должна быть предусмотрена установка разъединяющих устройств с видимым разрывом, обеспечивающих возможность отсоединения всех аппаратов (выключателей с трансформаторами тока, предохранителей, ТН и т. д.) в каждой цепи со всех ее сторон, откуда может быть подано напряжение. б) Данное требование [перечисление а)] не распространяется на ВЧ-заградители и конденсаторы связи, ТН, устанавливаемые на отходящих линиях, а также ограничители перенапряжений, устанавливаемых на выводах Т (АТ) и на отходящих линиях. в) Видимый разрыв может отсутствовать в комплектных РУ заводского исполнения (в том числе с заполнением элегазом—КРУЭ) с выкатными элементами и/или при наличии надежного механического указателя гарантированного положения контактов. г) На разъединителях 110 кВ и выше предусматривается привод с дистанционным управлением. д) С учетом перечислений а) и б) разъединители устанавливаются: - в цепях линий; - с обеих сторон каждого выключателя; - два последовательно включенных разъединителя в ремонтной перемычке (для выполнения их ремонта без полного обесточения РУ)
14	Расстановка стационарных заземлителей	а) Стационарные заземлители должны быть размещены так, чтобы были не нужны переносные заземления, и чтобы персонал, работающий на токоведущих частях любых участков присоединений, был защищен заземлителями со всех сторон, откуда может быть подано напряжение. На случай отключения в процессе ремонта разъединителя с заземлителями или только заземлителя этого разъединителя должны быть предусмотрены заземлители у других разъединителей на данном участке схемы, расположенные со стороны возможной подачи напряжения. Поэтому на любых участках присоединений предусматривается установка двух заземлителей разных разъединителей. б) На заземлителях предусматривается привод с дистанционным управлением, кроме того в ячейках КРУЭ заземлители со стороны линий должны быть быстродействующими. в) С учетом перечисления а) стационарные заземлители устанавливаются по два комплекта на каждом разъединителе, кроме разъединителей в цепях выключателя присоединений, где установлен один комплект со стороны выключателя
15	Расстановка ТТ	а) ТТ устанавливаются в каждом присоединении, а также в ремонтной перемычке. Наиболее предпочтительными являются встроенные в оборудование ТТ [ТТ также необходимы в нейтралях трансформаторов 110 кВ и выше и Т (АТ) 220 кВ и выше]. б) При выборе количества вторичных обмоток ТТ должны учитываться следующие положения: - для подключения приборов коммерческого и/или технического учета электроэнергии используется отдельная вторичная обмотка ТТ, при этом также отдельная обмотка предусматривается для средств измерений (не входящих в АИИС КУЭ), т. е. отдельно друг от друга и от цепей защит; - основная и резервная защиты должны питаться от разных вторичных обмоток ТТ; - оно должно быть достаточным для присоединения к ним в общем случае основных и резервных защит двух элементов, например, ВЛ и СШ. в) При установке ТТ с меньшим количеством вторичных обмоток, чем требуется [перечисление б)], возникает необходимость в установке второго дополнительного ТТ

Окончание таблицы 5

№ п/п	Наименование показателя	Описание
16	Расстановка ТН	а) ТН рекомендуется устанавливать на каждом линейном присоединении «мостик». б) ТН предусматриваются с тремя вторичными обмотками, одна из которых предназначена для подключения приборов коммерческого и/или технического учета электроэнергии. в) При выборе ТН необходимо учитывать возможность возникновения феррорезонанса, рекомендуется применять антиферрорезонансные типы ТН
17	Расстановка ОПН	а) В цепях Т (АТ) должны быть установлены ОПН без коммутационных аппаратов между ними и защищаемым оборудованием. б) Для защиты нейтралей обмоток 110 кВ силовых трансформаторов, имеющих изоляцию, пониженную относительно изоляции линейного конца обмотки и допускающую работу с разземленной нейтралью, в ней следует устанавливать ОПН. в) Необходимость установки ОПН на линейных присоединениях определяется сравнением расстояний по ошиновке от ОПН у силовых Т (АТ) до самого удаленного присоединения, с наибольшим допустимым расстоянием

5.6 Схема «заход—выход»

Таблица 6

№ п/п	Наименование показателя	Описание
Общие показатели		
1	Наименование и эскиз схемы	«Заход—выход» 
2	Номер схемы	110-6; 220-6
3	Область применения	РУ 110 и 220 кВ
4	Тип подстанции	Проходная
5	Количество присоединений	Один Т (АТ) и две линии
6	Этапность развития	Начальный этап развития схемы «мостик», «треугольник» или другой более сложной схемы при одном Т (АТ) и двух линиях. Также используется на двухтрансформаторных подстанциях в виде двух не связанных между собой «заходов—выходов» и в этом случае является законченным этапом развития схемы

Продолжение таблицы 6

№ п/п	Наименование показателя	Описание
		Условия обоснования и выбора
7	Основные условия применения	Проходная подстанция с двухсторонним питанием, подключенная к двухцепной линии
8	Экономические критерии применения	а) Требует две ячейки выключателей на три присоединения [один Т (АТ) и две линии]. б) Занимает минимальные отчуждаемые площади с учетом (пункт 5) количества присоединений. в) Сравнительно дешевая схема с учетом (пункт 5) количества присоединений для заданной конфигурации сети
9	Критерии надежности	а) При отказе любого выключателя теряется «заход—выход» линии и питание трансформатора. б) Схему «заход—выход» целесообразно рассматривать для секционирования двухцепной линии с двухсторонним питанием, к которой подключено более трех ответвительных подстанций по схеме блока для повышения надежности электроснабжения потребителей и работы устройств релейной защиты
10	Эксплуатационные критерии	а) Простая и наглядная. б) Оперативные блокировки и операции с разъединителями просты и однотипны. в) Как следствие [перечисления а) и б)] минимизированы отказы по вине персонала
11	Техническая гибкость	Т (АТ) подключаются к двум источникам питания через развилку выключателей, что является дополнительным преимуществом схемы в ремонтных и послеаварийных режимах
12	Критерии безопасности	а) Электрооборудование, токоведущие части, изоляторы, крепления, ограждения, несущие конструкции, изоляционные и другие расстояния должны быть выбраны и установлены таким образом, чтобы: - вызываемые нормальными условиями работы электроустановки усилия, нагрев, электрическая дуга или иные сопутствующие ее работе явления (искрение, выброс газов и т. п.) не могли причинить вред обслуживающему персоналу, а также привести к повреждению оборудования и возникновению КЗ; - при выводе в ремонт какого-либо присоединения относящиеся к нему аппараты, токоведущие части и конструкции могли подвергаться безопасному техническому обслуживанию и ремонту без нарушения нормальной работы соседних цепей; - при нарушении нормальных условий работы электроустановки была обеспечена необходимая локализация повреждений, обусловленных действием КЗ. б) Напряженность электрического и магнитного полей на маршрутах обхода для осмотра оборудования и на рабочих местах у оборудования, где возможно длительное присутствие персонала для проведения профилактических и ремонтных работ, не должна превышать допустимую. в) Должны быть выполнены требования нормативно-технических документов по электромагнитной совместимости

Продолжение таблицы 6

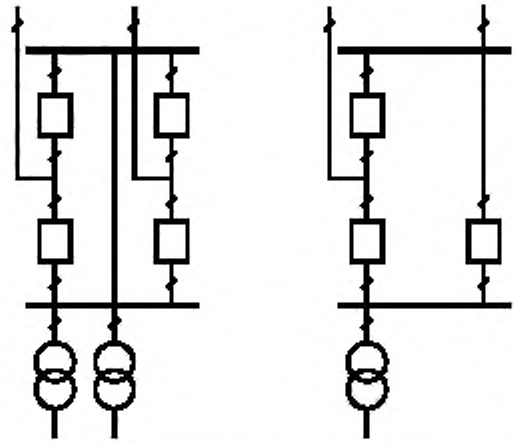
№ п/п	Наименование показателя	Описание
		Расстановка оборудования
13	Расстановка разъединителей	а) Во всех цепях РУ должна быть предусмотрена установка разъединяющих устройств с видимым разрывом, обеспечивающих возможность отсоединения всех аппаратов (выключателей с ТТ, предохранителей, ТН и т. д.) в каждой цепи со всех ее сторон, откуда может быть подано напряжение. б) Данное требование [перечисление а)] не распространяется на ВЧ-заградители и конденсаторы связи, ТН, устанавливаемые на отходящих линиях, а также ограничители перенапряжений, устанавливаемых на выводах Т (АТ) и на отходящих линиях. в) Видимый разрыв может отсутствовать в комплектных РУ заводского исполнения (в том числе с заполнением элегазом—КРУЭ) с выкатными элементами и/или при наличии надежного механического указателя гарантированного положения контактов. г) На разъединителях 110 кВ и выше предусматривается привод с дистанционным управлением. д) С учетом перечислений а) и б) разъединители устанавливаются: - в цепях Т (АТ); - с обеих сторон каждого выключателя; - два последовательно включенных разъединителя в ремонтной перемычке [для выполнения их ремонта без отключения одного Т (АТ)]
14	Расстановка стационарных заземлителей	а) Стационарные заземлители должны быть размещены так, чтобы были не нужны переносные заземления, и чтобы персонал, работающий на токоведущих частях любых участков присоединений, был защищен заземлителями со всех сторон, откуда может быть подано напряжение. На случай отключения в процессе ремонта разъединителя с заземлителями или только заземлителя этого разъединителя должны быть предусмотрены заземлители у других разъединителей на данном участке схемы, расположенные со стороны возможной подачи напряжения. Поэтому на любых участках присоединений предусматривается установка двух заземлителей разных разъединителей. б) На заземлителях предусматривается привод с дистанционным управлением, кроме того в ячейках КРУЭ заземлители со стороны линий должны быть быстродействующими. в) С учетом перечисления а) стационарные заземлители устанавливаются по два комплекта на каждом разъединителе, кроме разъединителей Т (АТ), где установлен один комплект со стороны Т (АТ)
15	Расстановка ТТ	а) ТТ устанавливаются в каждом присоединении, а также в ремонтной перемычке. Наиболее предпочтительными являются встроенные в оборудование ТТ (ТТ также необходимы в нейтралях трансформаторов 110 кВ и выше и АТ 220 кВ и выше). б) При выборе количества вторичных обмоток ТТ должны учитываться следующие положения: - для подключения приборов коммерческого и/или технического учета электроэнергии используется отдельная вторичная обмотка ТТ, при этом также отдельная обмотка предусматривается для средств измерений (не входящих в АИИС КУЭ), т. е. отдельно друг от друга и от цепей защит; - основная и резервная защиты должны питаться от разных вторичных обмоток ТТ; - оно должно быть достаточным для присоединения к ним в общем случае основных и резервных защит двух элементов, например, ВЛ и СШ. в) При установке ТТ с меньшим количеством вторичных обмоток, чем требуется [перечисление б)], возникает необходимость в установке второго дополнительного ТТ

Окончание таблицы 6

№ п/п	Наименование показателя	Описание
16	Расстановка ТН	а) ТН устанавливают на каждом плече «захода-выхода». б) ТН предусматриваются с тремя вторичными обмотками, одна из которых предназначена для подключения приборов коммерческого и/или технического учета электроэнергии. в) При выборе ТН необходимо учитывать возможность возникновения феррорезонанса, рекомендуется применять антиферрорезонансные типы ТН
17	Расстановка ОПН	а) В цепях Т (АТ) должны быть установлены ОПН без коммутационных аппаратов между ними и защищаемым оборудованием. б) Для защиты нейтралей обмоток 110 кВ силовых трансформаторов, имеющих изоляцию, пониженную относительно изоляции линейного конца обмотки и допускающую работу с разземленной нейтралью, в ней следует устанавливать ОПН. в) Необходимость установки ОПН на линейных присоединениях определяется сравнением расстояний по ошиновке от ОПН у силовых Т (АТ) до самого удаленного присоединения, с наибольшим допустимым расстоянием

5.7 Схема «четырехугольник» («треугольник»)

Таблица 7

№ п/п	Наименование показателя	Описание
	Общие показатели	
1	Наименование и эскиз схемы	«Четырехугольник» («треугольник») 
2	Номер схемы	110-7; 220-7; 330-7; 500-7; 750-7 (110-6Н; 220-6Н; 330-6Н; 500-6Н; 750-6Н)
3	Область применения	РУ от 110 до 750 кВ
4	Тип подстанции	Проходная
5	Количество присоединений	Один или два Т (АТ) и две линии

Продолжение таблицы 7

№ п/п	Наименование показателя	Описание
6	Этапность развития	Возможно расширение до схемы трансформаторы—шины с присоединением линий через два выключателя или полуторным присоединением линий, до полуторной схемы в зависимости от выделенных площадей и примененной компоновки, например, одно-, двух-, трехрядного расположения выключателей
	Условия обоснования и выбора	
7	Основные условия применения	Проходная подстанция с двухсторонним питанием по двум линиям
8	Экономические критерии применения	а) Требует четыре (три) ячейки выключателей на четыре (три) присоединения [два или один Т (АТ) и две линии]. б) Занимает минимальные отчуждаемые площади с учетом (пункт 5) количества присоединений. в) Сравнительно дешевая схема с учетом (пункт 5) количества присоединений для заданной конфигурации сети
9	Критерии надежности	а) При отказе любого выключателя отключается не более одной линии и одного Т (АТ). При этом теряется транзит мощности через сторону ВН подстанции. При заданной [перечисление а), пункт 7] схеме присоединения подстанций к энергосистеме (двухстороннее питание) потеря транзита не приводит к ограничению электроснабжения потребителей на смежных подстанциях. б) Схема «четырехугольник» является альтернативой схеме «мостик», в которой при отказе «среднего» выключателя возможно полное обесточение РУ. в) Схему «четырехугольник» наиболее предпочтительно использовать для двухтрансформаторных подстанций 500 и 750 кВ с двумя линиями; для подстанций от 110 до 330 кВ эта схема применяется при наличии соответствующих технико-экономических обоснований с учетом фактора надежности
10	Эксплуатационные критерии	а) Простая и наглядная. б) Оперативные блокировки и операции с разъединителями просты и однотипны. в) Как следствие [перечисления а) и б)] минимизированы отказы по вине персонала
11	Техническая гибкость	Т (АТ) подключаются к двум источникам питания через развилку выключателей, что является дополнительным преимуществом схемы в ремонтных и послеаварийных режимах
12	Критерии безопасности	а) Электрооборудование, токоведущие части, изоляторы, крепления, ограждения, несущие конструкции, изоляционные и другие расстояния должны быть выбраны и установлены таким образом, чтобы: - вызываемые нормальными условиями работы электроустановки усилия, нагрев, электрическая дуга или иные сопутствующие ее работе явления (искрение, выброс газов и т. п.) не могли причинить вред обслуживающему персоналу, а также привести к повреждению оборудования и возникновению КЗ; - при выводе в ремонт какого-либо присоединения, относящиеся к нему аппараты, токоведущие части и конструкции могли подвергаться безопасному техническому обслуживанию и ремонту без нарушения нормальной работы соседних цепей; - при нарушении нормальных условий работы электроустановки была обеспечена необходимая локализация повреждений, обусловленных действием КЗ. б) Напряженность электрического и магнитного полей на маршрутах обхода для осмотра оборудования и на рабочих местах у оборудования, где возможно длительное присутствие персонала для проведения профилактических и ремонтных работ, не должна превышать допустимую. в) Должны быть выполнены требования нормативно-технических документов по электромагнитной совместимости

Продолжение таблицы 7

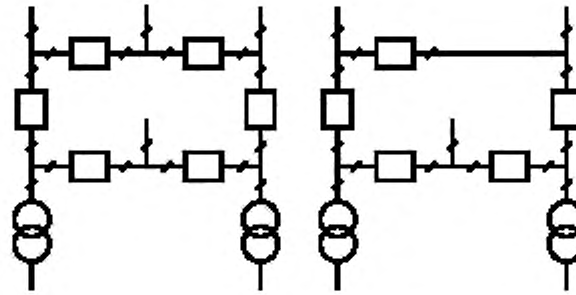
№ п/п	Наименование показателя	Описание
		Расстановка оборудования
13	Расстановка разъединителей	а) Во всех цепях РУ должна быть предусмотрена установка разъединяющих устройств с видимым разрывом, обеспечивающих возможность отсоединения всех аппаратов (выключателей с ТТ, предохранителей, ТН и т.д.) в каждой цепи со всех ее сторон, откуда может быть подано напряжение. б) Данное требование [перечисление а)] не распространяется на ВЧ-заградители и конденсаторы связи, ТН, устанавливаемые на отходящих линиях, а также ограничители перенапряжений, устанавливаемых на выводах Т (АТ) и на отходящих линиях. в) Видимый разрыв может отсутствовать в комплектных РУ заводского исполнения (в том числе с заполнением элегазом—КРУЭ) с выкатными элементами и/или при наличии надежного механического указателя гарантированного положения контактов. г) На разъединителях 110 кВ и выше предусматривается привод с дистанционным управлением. д) С учетом перечислений а) и б) разъединители устанавливаются: - в цепях линий и Т (АТ); - с обеих сторон каждого выключателя
14	Расстановка стационарных заземлителей	а) Стационарные заземлители должны быть размещены так, чтобы были не нужны переносные заземления и чтобы персонал, работающий на токоведущих частях любых участков присоединений, был защищен заземлителями со всех сторон, откуда может быть подано напряжение. На случай отключения в процессе ремонта разъединителя с заземлителями или только заземлителя этого разъединителя должны быть предусмотрены заземлители у других разъединителей на данном участке схемы, расположенные со стороны возможной подачи напряжения. Поэтому на любых участках присоединений предусматривается установка двух заземлителей разных разъединителей. б) На заземлителях предусматривается привод с дистанционным управлением, кроме того в ячейках КРУЭ заземлители со стороны линий должны быть быстродействующими. в) С учетом перечисления а) стационарные заземлители устанавливаются: - два комплекта на всех разъединителях, расположенных с обеих сторон каждого выключателя; - один комплект на разъединителях в цепях линий и Т (АТ) со стороны указанных присоединений
15	Расстановка ТТ	а) ТТ устанавливаются в каждом присоединении. Наиболее предпочтительными являются встроенные в оборудование ТТ (ТТ также необходимы в нейтралях трансформаторов 110 кВ и выше и АТ 220 кВ и выше). б) Может предусматриваться дополнительный ТТ в цепи линии, для организации АИИС КУЭ, так как при его отсутствии включение на сумму токов двух измерительных трансформаторов повышает суммарную погрешность измерений электроэнергии. Последнее ведет к невозможности получения класса точности измерений выше, чем у контрагентов. в) При выборе количества вторичных обмоток ТТ должны учитываться следующие положения: - для подключения приборов коммерческого и/или технического учета электроэнергии используется отдельная вторичная обмотка ТТ, при этом также отдельная обмотка предусматривается для средств измерений (не входящих в АИИС КУЭ), т. е. отдельно друг от друга и от цепей защит; - основная и резервная защиты должны питаться от разных вторичных обмоток ТТ;

Окончание таблицы 7

№ п/п	Наименование показателя	Описание
15	Расстановка ТТ	- оно должно быть достаточным для присоединения к ним в общем случае основных и резервных защит двух элементов, например, ВЛ и СШ. г) При установке ТТ с меньшим количеством вторичных обмоток, чем требуется [перечисление б)], возникает необходимость в установке второго дополнительного ТТ. Он устанавливается с другой стороны выключателя
16	Расстановка ТН	а) ТН устанавливают на каждой линии. При АПВ с контролем наличия напряжения или синхронизма ТН устанавливаются в каждой вершине «четырехугольник». б) ТН предусматриваются с тремя вторичными обмотками, одна из которых предназначена для подключения приборов коммерческого и/или технического учета электроэнергии. в) При выборе ТН необходимо учитывать возможность возникновения феррорезонанса, рекомендуется применять антиферрорезонансные типы ТН. г) На ЛЭП 330 кВ и выше для резервирования защит по цепям напряжения устанавливаются два ТН
17	Расстановка ОПН	а) В цепях Т (АТ) должны быть установлены ОПН без коммутационных аппаратов между ними и защищаемым оборудованием. б) Для защиты нейтралей обмоток 110 кВ силовых трансформаторов, имеющих изоляцию, пониженную относительно изоляции линейного конца обмотки и допускающую работу с разземленной нейтралью, в ней следует устанавливать ОПН. в) Необходимость установки ОПН на линейных присоединениях определяется сравнением расстояний по ошиновке от ОПН у силовых Т (АТ) до самого удаленного присоединения, с наибольшим допустимым расстоянием

5.8 Схема «шестиугольник»

Таблица 8

№ п/п	Наименование показателя	Описание
	Общие показатели	
1	Наименование и эскиз схемы	«Шестиугольник» («Пятиугольник») 
2	Номер схемы	110-8; 220-8; 330-8
3	Область применения	РУ от 110 до 330 кВ
4	Тип подстанции	Узловая

Продолжение таблицы 8

№ п/п	Наименование показателя	Описание
5	Количество присоединений	Два Т (АТ) и четыре линии (или другое сочетание присоединений)
6	Этапность развития	Возможно расширение до схемы трансформаторы—шины с полуторным присоединением линий и полуторной схемы
	Условия обоснования и выбора	
7	Основные условия применения	а) Узловая подстанция с пятью-шестью присоединениями
8	Экономические критерии применения	а) Требует шесть ячеек выключателей на шесть присоединений. б) Занимает минимальные отчуждаемые площади с учетом (пункт 5) количества присоединений. в) Сравнительно дешевая схема с учетом (пункт 5) количества присоединений для заданной конфигурации сети
9	Критерии надежности	а) При отказе любого выключателя теряется, как правило, не более одной линии и одного Т (АТ), двух линий или двух Т (АТ). б) При анализе возможности применения схемы необходимо выполнить оценку возможных режимных ограничений при возникновении аварийных возмущений в схеме при ремонте одного из выключателей и/или присоединений. в) Схема «шестиугольник» является альтернативой схеме «заход—выход» при секционировании двухцепной линии с двухсторонним питанием, к которой подключено более трех-четырех ответвительных подстанций по схеме блока для повышения надежности электроснабжения потребителей и работы устройств релейной защиты. В схеме «шестиугольник» на две ячейки выключателей больше, чем в схеме «заход—выход». Однако схема «шестиугольник» обеспечивает более равномерное распределение потоков мощности по участкам двухцепной линии, что снижает потери мощности и энергии в электрической сети. Данный критерий следует учитывать при технико-экономическом сравнении этих схем
10	Эксплуатационные критерии	а) Простая и наглядная. б) Оперативные блокировки и операции с разъединителями просты и однотипны. в) Как следствие [перечисления а) и б)] минимизированы отказы по вине персонала
11	Техническая гибкость	а) Т (АТ) подключаются к двум источникам питания через развилку выключателей, что является дополнительным преимуществом схемы в ремонтных и послеаварийных режимах. б) Требует сложного учета набора различных перетоков мощности в ремонтных и послеаварийных режимах (разрыв кольца) при выборе параметров срабатывания релейной защиты
12	Критерии безопасности	а) Электрооборудование, токоведущие части, изоляторы, крепления, ограждения, несущие конструкции, изоляционные и другие расстояния должны быть выбраны и установлены таким образом, чтобы: - вызываемые нормальными условиями работы электроустановки усилия, нагрев, электрическая дуга или иные сопутствующие ее работе явления (искрение, выброс газов и т. п.) не могли причинить вред обслуживающему персоналу, а также привести к повреждению оборудования и возникновению КЗ; - при выводе в ремонт какого-либо присоединения, относящиеся к нему аппараты, токоведущие части и конструкции могли подвергаться безопасному техническому обслуживанию и ремонту без нарушения нормальной работы соседних цепей; - при нарушении нормальных условий работы электроустановки была обеспечена необходимая локализация повреждений, обусловленных действием КЗ.

Продолжение таблицы 8

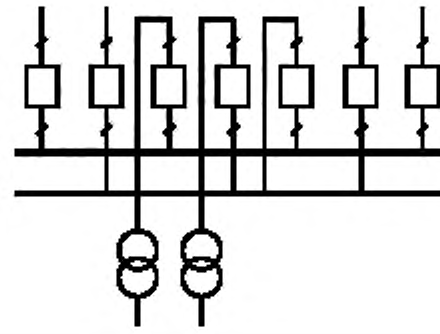
№ п/п	Наименование показателя	Описание
12	Критерии безопасности	б) Напряженность электрического и магнитного полей на маршрутах обхода для осмотра оборудования и на рабочих местах у оборудования, где возможно длительное присутствие персонала для проведения профилактических и ремонтных работ, не должна превышать допустимую. в) Должны быть выполнены требования нормативно-технических документов по электромагнитной совместимости
Расстановка оборудования		
13	Расстановка разъединителей	а) Во всех цепях РУ должна быть предусмотрена установка разъединяющих устройств с видимым разрывом, обеспечивающих возможность отсоединения всех аппаратов (выключателей с ТТ, предохранителей, ТН и т. д.) в каждой цепи со всех ее сторон, откуда может быть подано напряжение. б) Данное требование [перечисление а)] не распространяется на ВЧ-заградители и конденсаторы связи, ТН, устанавливаемые на отходящих линиях, а также ограничители перенапряжений, устанавливаемых на выводах Т (АТ) и на отходящих линиях. в) Видимый разрыв может отсутствовать в комплектных РУ заводского исполнения (в том числе с заполнением элегазом—КРУЭ) с выкатными элементами и/или при наличии надежного механического указателя гарантированного положения контактов. г) На разъединителях 110 кВ и выше предусматривается привод с дистанционным управлением. д) С учетом перечислений а) и б) разъединители устанавливаются: - в цепях линий и Т (АТ); - с обеих сторон каждого выключателя
14	Расстановка стационарных заземлителей	а) Стационарные заземлители должны быть размещены так, чтобы были не нужны переносные заземления и чтобы персонал, работающий на токоведущих частях любых участков присоединений, был защищен заземлителями со всех сторон, откуда может быть подано напряжение. На случай отключения в процессе ремонта разъединителя с заземлителями или только заземлителя этого разъединителя должны быть предусмотрены заземлители у других разъединителей на данном участке схемы, расположенные со стороны возможной подачи напряжения. Поэтому на любых участках присоединений предусматривается установка двух заземлителей разных разъединителей. б) На заземлителях предусматривается привод с дистанционным управлением, кроме того в ячейках КРУЭ заземлители со стороны линий должны быть быстродействующими. в) С учетом перечисления а) стационарные заземлители устанавливаются: - два комплекта на всех разъединителях, расположенных с обеих сторон каждого выключателя; - один комплект на разъединителях в цепях линий и Т (АТ) со стороны указанных присоединений
15	Расстановка ТТ	а) ТТ устанавливаются в каждом присоединении. Наиболее предпочтительными являются встроенные в оборудование ТТ (ТТ также необходимы в нейтралях трансформаторов 110 кВ и выше и АТ 220 кВ и выше). б) Может предусматриваться ТТ в цепи линии, для организации АИИС КУЭ, так как при его отсутствии включение на сумму токов двух измерительных трансформаторов повышает суммарную погрешность измерений электроэнергии. Последнее ведет к невозможности получения класса точности измерений выше, чем у контрагентов. в) При выборе количества вторичных обмоток ТТ должны учитываться следующие положения:

Окончание таблицы 8

№ п/п	Наименование показателя	Описание
15	Расстановка ТТ	- для подключения приборов коммерческого и/или технического учета электроэнергии используется отдельная вторичная обмотка ТТ, при этом также отдельная обмотка предусматривается для средств измерений (не входящих в АИИС КУЭ), т. е. отдельно друг от друга и от цепей защит; - основная и резервная защиты должны питаться от разных вторичных обмоток ТТ; - оно должно быть достаточным для присоединения к ним в общем случае основных и резервных защит двух элементов, например, ВЛ и СШ. г) При установке ТТ с меньшим количеством вторичных обмоток, чем требуется [перечисление б)], возникает необходимость в установке второго дополнительного ТТ. Он устанавливается с другой стороны выключателя
16	Расстановка ТН	а) ТН устанавливают на каждой линии. При АПВ с контролем наличия напряжения или синхронизма ТН устанавливаются в каждой вершине «шестиугольник». б) ТН предусматриваются с тремя вторичными обмотками, одна из которых предназначена для подключения приборов коммерческого и/или технического учета электроэнергии. в) При выборе ТН необходимо учитывать возможность возникновения феррорезонанса, рекомендуется применять антиферрорезонансные типы ТН. г) На ЛЭП 330 кВ и выше для резервирования защит по цепям напряжения устанавливаются два ТН
17	Расстановка ОПН	а) В цепях Т (АТ) должны быть установлены ОПН без коммутационных аппаратов между ними и защищаемым оборудованием. б) Для защиты нейтралей обмоток 110 кВ силовых трансформаторов, имеющих изоляцию, пониженную относительно изоляции линейного конца обмотки и допускающую работу с разземленной нейтралью, в ней следует устанавливать ОПН. в) Необходимость установки ОПН на линейных присоединениях определяется сравнением расстояний по ошиновке от ОПН у силовых Т (АТ) до самого удаленного присоединения, с наибольшим допустимым расстоянием

5.9 Схема с одной секционированной системой сборных шин

Таблица 9

№ п/п	Наименование показателя	Описание
Общие показатели		
1	Наименование и эскиз схемы	Схема с одной секционированной СШ 

Продолжение таблицы 9

№ п/п	Наименование показателя	Описание
2	Номер схемы	35-9[1]; 110-9; 220-9
3	Область применения	РУ от 35 до 220 кВ
4	Тип подстанции	Узловая
5	Количество присоединений	Два Т (АТ) и три линии с возможностью увеличения числа присоединений (т. е. расширения подстанции) свыше шести; при расширении до шести присоединений используется схема «шестиугольник». Вопросы расширения подстанции анализируются при выборе схем электрических сетей на перспективу от 5 до 10 лет
6	Этапность развития	Возможно расширение до схемы с одной секционированной СШ и с ОСШ, а также до схемы с двумя СШ и с ОСШ либо без нее
	Условия обоснования и выбора	
7	Основные условия применения	а) Наличие попарно резервируемых линий (попарно резервируемые линии, подключенные к различным секциям РУ; при отключении одной линии ее нагрузка перераспределится на оставшуюся в работе линию), а также линий, резервируемых от других подстанций. б) Отсутствует необходимость сохранения в работе всех присоединений к каждой секции при ее отключении. в) Перечисления а) и б) должны подтверждаться расчетами установившихся режимов при поочередном отключении каждого присоединения, а также ССШ. При этом в расчетных ремонтных и послеаварийных режимах в энергосистеме должны обеспечиваться: сохранение статической устойчивости; требуемые уровни напряжения по узлам сети; допустимые токовые нагрузки проводников и аппаратов
8	Экономические критерии применения	а) Требует $k + 1$ ячейку выключателя, где k — количество присоединений. б) Занимает минимальные отчуждаемые площади с учетом (пункт 5) количества присоединений. в) Наиболее дешевая схема с учетом (пункт 5) количества присоединений
9	Критерии надежности	а) При отказе нормально включенного секционного выключателя возможно полное обесточение РУ. б) Установка второго последовательно включенного секционного выключателя для исключения обесточения РУ [перечисление а)] нецелесообразна с технико-экономических позиций. в) Предпочтительна установка двух последовательно включенных секционных выключателей с включением в развилку из них одного присоединения (в том числе и нерезервируемого) для исключения обесточения РУ при единичном отказе секционного выключателя без увеличения количества выключателей в схеме. г) Является лучшей схемой с позиций надежности и экономичности при использовании современных элегазовых (вакуумных) выключателей для подстанций от 35 до 220 кВ. То же относится и к КРУЭ
10	Эксплуатационные критерии	а) Простая и наглядная. б) Оперативные блокировки и операции с разъединителями просты и однотипны. в) Как следствие [перечисления а), б)] минимизированы отказы по вине персонала

[1] Пример схемы 35-9 в исполнении комплектного распределительного устройства — см. в приложении Б (рисунок Б.1).

Продолжение таблицы 9

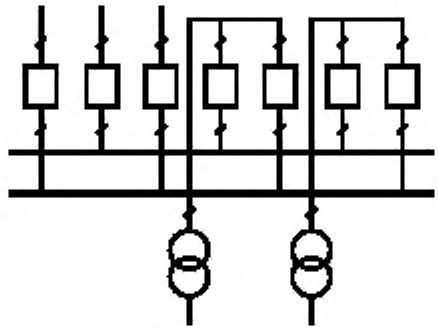
№ п/п	Наименование показателя	Описание
11	Техническая гибкость	Жесткая фиксация присоединений по секциям; попарно резервированные присоединения необходимо подключать к разным секциям
12	Критерии безопасности	а) Электрооборудование, токоведущие части, изоляторы, крепления, ограждения, несущие конструкции, изоляционные и другие расстояния должны быть выбраны и установлены таким образом, чтобы: - вызываемые нормальными условиями работы электроустановки усилия, нагрев, электрическая дуга или иные сопутствующие ее работе явления (искрение, выброс газов и т. п.) не могли причинить вред обслуживающему персоналу, а также привести к повреждению оборудования и возникновению КЗ; - при выводе в ремонт какого-либо присоединения, относящиеся к нему аппараты, токоведущие части и конструкции могли подвергаться безопасному техническому обслуживанию и ремонту без нарушения нормальной работы соседних цепей; - при нарушении нормальных условий работы электроустановки была обеспечена необходимая локализация повреждений, обусловленных действием КЗ. б) Напряженность электрического и магнитного полей на маршрутах обхода для осмотра оборудования и на рабочих местах у оборудования, где возможно длительное присутствие персонала для проведения профилактических и ремонтных работ, не должна превышать допустимую. в) Должны быть выполнены требования нормативно-технических документов по электромагнитной совместимости
	Расстановка оборудования	
13	Расстановка разъединителей	а) Во всех цепях РУ должна быть предусмотрена установка разъединяющих устройств с видимым разрывом, обеспечивающих возможность отсоединения всех аппаратов (выключателей с ТТ, предохранителей, ТН и т. д.) в каждой цепи со всех ее сторон, откуда может быть подано напряжение. б) Данное требование [перечисление а)] не распространяется на ВЧ-заградители и конденсаторы связи, ТН, устанавливаемые на отходящих линиях, а также ТН емкостного типа, присоединяемые к СШ, ограничители перенапряжений, устанавливаемых на выводах Т (АТ) и на отходящих линиях. в) Видимый разрыв может отсутствовать в комплектных РУ заводского исполнения (в том числе с заполнением элегазом—КРУЭ) с выкатными элементами и/или при наличии надежного механического указателя гарантированного положения контактов. г) На разъединителях 110 кВ и выше предусматривается привод с дистанционным управлением. д) С учетом перечислений а) и б) разъединители устанавливаются: - с обеих сторон выключателей в цепях линий, Т (АТ) и секционного выключателя; - в цепях ТН электромагнитного типа на ССШ
14	Расстановка стационарных заземлителей	а) Стационарные заземлители должны быть размещены так, чтобы были не нужны переносные заземления, и чтобы персонал, работающий на токоведущих частях любых участков присоединений и сборных шин, был защищен заземлителями со всех сторон, откуда может быть подано напряжение. На случай отключения в процессе ремонта разъединителя с заземлителями или только заземлителя этого разъединителя должны быть предусмотрены заземлители у других разъединителей на данном участке схемы, расположенные со стороны возможной подачи напряжения. Поэтому на любых участках присоединений и сборных шин предусматривается установка двух заземлителей разных разъединителей. б) Каждая секция СШ 35 кВ и выше должна иметь два комплекта заземлителей. При наличии ТН заземление сборных шин следует осуществлять заземлителями разъединителей ТН.

Окончание таблицы 9

№ п/п	Наименование показателя	Описание
14	Расстановка стационарных заземлителей	в) На заземлителях предусматривается привод с дистанционным управлением, кроме того в ячейках КРУЭ заземлители со стороны линий должны быть быстродействующими. г) С учетом перечислений а) и б) стационарные заземлители устанавливаются: - по два комплекта на линейных разъединителях, в том числе разъединителях Т (АТ), разъединителях секционных выключателей и разъединителях ТН, подключенных к ССШ; - по одному комплекту на шинных разъединителях линий и Т (АТ) в сторону выключателей
15	Расстановка ТТ	а) ТТ устанавливаются в каждом присоединении, а также в цепи секционного выключателя. Наиболее предпочтительными являются встроенные в оборудование ТТ (ТТ также необходимы в нейтралях трансформаторов 110 кВ и выше и АТ 220 кВ и выше). б) При выборе количества вторичных обмоток ТТ должны учитываться следующие положения: - для подключения приборов коммерческого и/или технического учета электроэнергии используется отдельная вторичная обмотка ТТ, при этом также отдельная обмотка предусматривается для средств измерений (не входящих в АИИС КУЭ), т. е. отдельно друг от друга и от цепей защит; - основная и резервная защиты должны питаться от разных вторичных обмоток ТТ; - оно должно быть достаточным для присоединения к ним в общем случае основных и резервных защит двух элементов, например, ВЛ и СШ. в) При установке ТТ с меньшим количеством вторичных обмоток, чем требуется [перечисление б)], возникает необходимость в установке второго дополнительного ТТ. Он устанавливается с другой стороны выключателя. г) Расстановку ТТ относительно выключателей присоединений необходимо выполнять так, чтобы выключатели входили в зону дифференциальной защиты шин
16	Расстановка ТН	а) ТН устанавливают на каждой ССШ, которые могут работать раздельно. б) ТН предусматриваются с тремя вторичными обмотками, одна из которых предназначена для подключения приборов коммерческого и/или технического учета электроэнергии. в) При выборе ТН необходимо учитывать возможность возникновения феррорезонанса, рекомендуется применять антиферрорезонансные типы ТН. г) На ЛЭП 110 кВ и выше предусматривается установка шкафов отбора напряжения или однофазных ТН для АПВ с контролем наличия напряжения и/или синхронизма, обоснованных проектной документацией
17	Расстановка ОПН	а) В цепях Т (АТ) должны быть установлены ОПН без коммутационных аппаратов между ними и защищаемым оборудованием. б) Для защиты нейтралей обмоток 110 кВ силовых трансформаторов, имеющих изоляцию, пониженную относительно изоляции линейного конца обмотки и допускающую работу с разземленной нейтралью, в ней следует устанавливать ОПН. в) Необходимость установки ОПН на шинах (в ячейках ТН), а также на линейных присоединениях определяется сравнением расстояний по ошиновке от ОПН у силовых Т (АТ) до самого удаленного присоединения, с наибольшим допустимым расстоянием

5.10 Схема с одной секционированной системой сборных шин и с подключением трансформаторов через развилку из выключателей

Таблица 10

№ п/п	Наименование показателя	Описание
		Общие показатели
1	Наименование и эскиз схемы	Схема с одной секционированной СШ и с подключением трансформаторов через развилку из выключателей 
2	Номер схемы	110-9Н; 220-9Н
3	Область применения	РУ 110 и 220 кВ
4	Тип подстанции	Узловая
5	Количество присоединений	Два Т (АТ) и три линии с возможностью увеличения числа присоединений (т. е. расширения подстанции) свыше шести; при расширении до шести присоединений используется схема «шестиугольник». Вопросы расширения подстанции анализируются при выборе схем электрических сетей на перспективу 5—10 лет
6	Этапность развития	Возможно развитие до аналогичной схемы с ОСШ
		Условия обоснования и выбора
7	Основные условия применения	а) Наличие попарно резервируемых линий (попарно резервируемые линии, подключенные к различным секциям РУ; при отключении одной линии ее нагрузка перераспределится на оставшуюся в работе линию), а также линий, резервируемых от других подстанций. б) Отсутствует необходимость сохранения в работе всех присоединений к каждой секции при ее отключении. в) Перечисления а) и б) должны подтверждаться расчетами установившихся режимов при поочередном отключении каждого присоединения, а также ССШ. При этом в расчетных ремонтных и послеаварийных режимах в энергосистеме должны обеспечиваться: сохранение статической устойчивости; требуемые уровни напряжения по узлам сети; допустимые токовые нагрузки проводников и аппаратов
8	Экономические критерии применения	а) Требует $k + 2$ ячейки выключателей, где k — количество присоединений, т. е. на одну ячейку больше, чем в схеме с одной секционированной СШ. б) Наиболее дешевая и компактная схема с учетом (пункт 5) количества присоединений после схемы с одной секционированной СШ

Продолжение таблицы 10

№ п/п	Наименование показателя	Описание
9	Критерии надежности	а) Наличие двух развилок из выключателей для подключения Т (АТ) исключает полное обесточение РУ 110 или 220 кВ при единичном отказе любого выключателя схемы. Поэтому надежность рассматриваемой схемы выше, чем схемы с одной секционированной СШ. б) С учетом фактора надежности переход от схемы с одной секционированной СШ (k + 1 ячейка выключателя) к схеме с одной секционированной СШ и с подключением Т (АТ) через развилку из выключателей (k + 2 ячейки выключателей) требует технико-экономических обоснований с учетом фактора надежности для подстанций с высшим напряжением 110 и 220 кВ. в) С учетом фактора надежности схему с одной секционированной СШ и с подключением Т (АТ) через развилку из выключателей наиболее предпочтительно использовать для РУ 110 и 220 кВ подстанций с высшим напряжением 500 и 750 кВ, т. е. на стороне среднего напряжения крупных подстанций основной сети энергосистем. Тем самым обеспечивается подключение АТ 500 и 750 кВ через два выключателя, как со стороны ВН, так и СН
10	Эксплуатационные критерии	а) Простая и наглядная. б) Оперативные блокировки и операции с разъединителями просты и однотипны. в) Как следствие [перечисления а) и б)] минимизированы отказы по вине персонала
11	Техническая гибкость	а) Т (АТ) подключаются к двум источникам питания через развилку выключателей, что является дополнительным преимуществом схемы в ремонтных и послеаварийных режимах. б) Жесткая фиксация присоединений по секциям; попарно резервированные линии необходимо подключать к разным секциям
12	Критерии безопасности	а) Электрооборудование, токоведущие части, изоляторы, крепления, ограждения, несущие конструкции, изоляционные и другие расстояния должны быть выбраны и установлены таким образом, чтобы: - вызываемые нормальными условиями работы электроустановки усилия, нагрев, электрическая дуга или иные сопутствующие ее работе явления (искрение, выброс газов и т. п.) не могли причинить вред обслуживающему персоналу, а также привести к повреждению оборудования и возникновению КЗ; - при выводе в ремонт какого-либо присоединения, относящиеся к нему аппараты, токоведущие части и конструкции могли подвергаться безопасному техническому обслуживанию и ремонту без нарушения нормальной работы соседних цепей; - при нарушении нормальных условий работы электроустановки была обеспечена необходимая локализация повреждений, обусловленных действием КЗ. б) Напряженность электрического и магнитного полей на маршрутах обхода для осмотра оборудования и на рабочих местах у оборудования, где возможно длительное присутствие персонала для проведения профилактических и ремонтных работ, не должна превышать допустимую. в) Должны быть выполнены требования нормативно-технических документов по электромагнитной совместимости
Расстановка оборудования		
13	Расстановка разъединителей	а) Во всех цепях РУ должна быть предусмотрена установка разъединяющих устройств с видимым разрывом, обеспечивающих возможность отсоединения всех аппаратов (выключателей с ТТ, предохранителей, ТН и т. д.) в каждой цепи со всех ее сторон, откуда может быть подано напряжение.

Продолжение таблицы 10

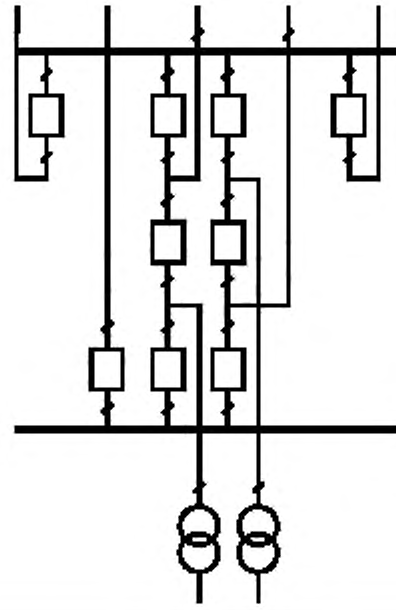
№ п/п	Наименование показателя	Описание
13	Расстановка разъединителей	б) Данное требование [перечисление а)] не распространяется на ВЧ-заградители и конденсаторы связи, ТН, устанавливаемые на отходящих линиях, а также ТН емкостного типа, присоединяемые к СШ, ограничители перенапряжений, устанавливаемых на выводах Т (АТ) и на отходящих линиях. в) Видимый разрыв может отсутствовать в комплектных РУ заводского исполнения (в том числе с заполнением элегазом—КРУЭ) с выкатными элементами и/или при наличии надежного механического указателя гарантированного положения контактов. г) На разъединителях 110 кВ и выше предусматривается привод с дистанционным управлением. д) С учетом перечислений а) и б) разъединители устанавливаются: - с обеих сторон выключателей в цепях линий и Т (АТ); - в цепях ТН электромагнитного типа на ССШ; - в цепях Т (АТ)
14	Расстановка стационарных заземлителей	а) Стационарные заземлители должны быть размещены так, чтобы были не нужны переносные заземления, и чтобы персонал, работающий на токоведущих частях любых участков присоединений и сборных шин, был защищен заземлителями со всех сторон, откуда может быть подано напряжение. Поэтому на любых участках присоединений и сборных шин предусматривается установка двух заземлителей разных разъединителей. б) Каждая секция СШ 35 кВ и выше должна иметь два комплекта заземлителей. При наличии ТН заземления сборных шин следует осуществлять заземлителями разъединителей ТН. в) На заземлителях предусматривается привод с дистанционным управлением, кроме того в ячейках КРУЭ заземлители со стороны линий должны быть быстродействующими. г) С учетом перечислений а) и б) стационарные заземлители устанавливаются: - по два комплекта на линейных разъединителях, в том числе разъединителях Т (АТ) в развилке со стороны Т (АТ), на одном из шинных разъединителей развилок выключателей для подключения Т (АТ), разъединителях ТН, подключенных к ССШ; - по одному комплекту на шинных разъединителях линий, разъединителях Т (АТ) и на одном из шинных разъединителей развилок выключателей для подключения Т (АТ)
15	Расстановка ТТ	а) ТТ устанавливаются в каждом присоединении. Наиболее предпочтительными являются встроенные в оборудование ТТ (ТТ также необходимы в нейтралях трансформаторов 110 кВ и выше и АТ 220 кВ и выше). б) При выборе количества вторичных обмоток ТТ должны учитываться следующие положения: - для подключения приборов коммерческого и/или технического учета электроэнергии используется отдельная вторичная обмотка ТТ, при этом также отдельная обмотка предусматривается для средств измерений (не входящих в АИИС КУЭ), т. е. отдельно друг от друга и от цепей защит; - основная и резервная защиты должны питаться от разных вторичных обмоток ТТ; - оно должно быть достаточным для присоединения к ним в общем случае основных и резервных защит двух элементов, например, ВЛ и СШ. в) При установке ТТ с меньшим количеством вторичных обмоток, чем требуется [перечисление б)], возникает необходимость в установке второго дополнительного ТТ. Он устанавливается с другой стороны выключателя. г) Расстановку ТТ относительно выключателей присоединений необходимо выполнять так, чтобы выключатели входили в зону дифференциальной защиты шин

Окончание таблицы 10

№ п/п	Наименование показателя	Описание
16	Расстановка ТН	а) ТН устанавливают на каждой ССШ, которые могут работать раздельно. б) ТН предусматриваются с тремя вторичными обмотками, одна из которых предназначена для подключения приборов коммерческого и/или технического учета электроэнергии. в) При выборе ТН необходимо учитывать возможность возникновения феррорезонанса, рекомендуется применять антиферрорезонансные типы ТН. г) На ЛЭП 110 кВ и выше предусматривается установка шкафов отбора напряжения или однофазных ТН для АПВ с контролем наличия напряжения и/или синхронизма, обоснованных проектной документацией
17	Расстановка ОПН	а) В цепях Т (АТ) должны быть установлены ОПН без коммутационных аппаратов между ними и защищаемым оборудованием. б) Для защиты нейтралей обмоток 110 кВ силовых трансформаторов, имеющих изоляцию, пониженную относительно изоляции линейного конца обмотки и допускающую работу с разземленной нейтралью, в ней следует устанавливать ОПН. в) Необходимость установки ОПН на шинах (в ячейках ТН, а также на линейных присоединениях определяется сравнением расстояний по ошиновке от ОПН у силовых Т (АТ) до самого удаленного присоединения, с наибольшим допустимым расстоянием

5.11 Схема с одной секционированной системой сборных шин и с подключением присоединений через полуторную цепочку

Таблица 11

№ п/п	Наименование показателя	Описание
Общие показатели		
1	Наименование и эскиз схемы	Схема с одной секционированной СШ и с подключением присоединений через полуторную цепочку 

Продолжение таблицы 11

№ п/п	Наименование показателя	Описание
2	Номер схемы	110-9АН; 220-9АН
3	Область применения	РУ 110 и 220 кВ
4	Тип подстанции	Узловая
5	Количество присоединений	Два Т (АТ) и три линии с возможностью увеличения числа присоединений (т. е. расширения подстанции) свыше шести; при расширении до шести присоединений используется схема «шестиугольник». Вопросы расширения подстанции анализируются при выборе схем электрических сетей на перспективу от 5 до 10 лет
6	Этапность развития	Возможно развитие до схемы трансформаторы—шины с полуторным присоединением линий или полуторной схемы
	Условия обоснования и выбора	
7	Основные условия применения	а) Наличие не более двух нерезервированных линий (включаются в полуторные цепочки), т. е. при отключении такой линии подстанции, подключенные к ней, обесточиваются. Остальные линии должны быть попарно резервируемыми (попарно резервируемые линии, подключенные к различным секциям РУ; при отключении одной линии ее нагрузка перераспределится на оставшуюся в работе линию), а также линиями, резервируемыми от других подстанций. б) Отсутствует необходимость сохранения в работе всех присоединений к каждой секции при ее отключении. в) Перечисления а) и б) должны подтверждаться расчетами установившихся режимов при поочередном отключении каждого присоединения, а также ССШ. При этом в расчетных ремонтных и послеаварийных режимах в энергосистеме должны обеспечиваться: сохранение статической устойчивости; требуемые уровни напряжения по узлам сети; допустимые токовые нагрузки проводников и аппаратов
8	Экономические критерии применения	а) Требует $k+2$ ячейки выключателей, где k — количество присоединений. б) Наиболее дешевая и компактная схема с учетом количества присоединений, в том числе нерезервируемых [перечисление а), пункт 7]. При прочих равных условиях ее использование более предпочтительно по сравнению со схемой с одной секционированной СШ и с СШ
9	Критерии надежности	Наличие полуторных цепочек исключает полное обесточение РУ 110 или 220 кВ при единичном отказе любого выключателя схемы. Поэтому схема достаточно надежна
10	Эксплуатационные критерии	а) Схема менее простая и наглядная, по сравнению со схемами с одной секционированной СШ (с подключением Т (АТ) через развилку из выключателей или без нее). б) Оперативные блокировки и операции с разъединителями не однотипны. в) Требует жесткой фиксации присоединений ЛЭП по секциям (снижение гибкости схемы), при этом попарно резервированные присоединения необходимо подключать к разным секциям
11	Техническая гибкость	а) Т (АТ) подключаются в схеме через развилку из двух выключателей, что является дополнительным преимуществом схемы в ремонтных и послеаварийных режимах. б) Жесткая фиксация присоединений по секциям; попарно резервированные линии необходимо подключать к разным секциям

Продолжение таблицы 11

№ п/п	Наименование показателя	Описание
12	Критерии безопасности	а) Электрооборудование, токоведущие части, изоляторы, крепления, ограждения, несущие конструкции, изоляционные и другие расстояния должны быть выбраны и установлены таким образом, чтобы: - вызываемые нормальными условиями работы электроустановки усилия, нагрев, электрическая дуга или иные сопутствующие ее работе явления (искрение, выброс газов и т. п.) не могли причинить вред обслуживающему персоналу, а также привести к повреждению оборудования и возникновению КЗ; - при выводе в ремонт какого-либо присоединения, относящиеся к нему аппараты, токоведущие части и конструкции могли подвергаться безопасному техническому обслуживанию и ремонту без нарушения нормальной работы соседних цепей; - при нарушении нормальных условий работы электроустановки была обеспечена необходимая локализация повреждений, обусловленных действием КЗ. б) Напряженность электрического и магнитного полей на маршрутах обхода для осмотра оборудования и на рабочих местах у оборудования, где возможно длительное присутствие персонала для проведения профилактических и ремонтных работ, не должна превышать допустимую. в) Должны быть выполнены требования нормативно-технических документов по электромагнитной совместимости
		Расстановка оборудования
13	Расстановка разъединителей	а) Во всех цепях РУ должна быть предусмотрена установка разъединяющих устройств с видимым разрывом, обеспечивающих возможность отсоединения всех аппаратов (выключателей с ТТ, предохранителей, ТН и т.д.) в каждой цепи со всех ее сторон, откуда может быть подано напряжение. б) Данное требование [перечисление а)] не распространяется на ВЧ-заградители и конденсаторы связи, ТН, устанавливаемые на отходящих линиях, а также ТН емкостного типа, присоединяемые к СШ, ограничители перенапряжений, устанавливаемых на выводах трансформаторов и на отходящих линиях. в) Видимый разрыв может отсутствовать в комплектных РУ заводского исполнения (в том числе с заполнением элегазом—КРУЭ) с выкатными элементами и/или при наличии надежного механического указателя гарантированного положения контактов. г) На разъединителях 110 кВ и выше предусматривается привод с дистанционным управлением. д) С учетом перечислений а) и б) разъединители устанавливаются: - с обеих сторон выключателей в цепях линий; - с обеих сторон выключателей, установленных в полуторных цепочках; - в цепях линий и Т (АТ), подключенных к полуторным цепочкам; - в цепях ТН электромагнитного типа на ССШ
14	Расстановка стационарных заземлителей	а) Стационарные заземлители должны быть размещены так, чтобы были не нужны переносные заземления и чтобы персонал, работающий на токоведущих частях любых участков присоединений и сборных шин, был защищен заземлителями со всех сторон, откуда может быть подано напряжение. На случай отключения в процессе ремонта разъединителя с заземлителями или только заземлителя этого разъединителя должны быть предусмотрены заземлители у других разъединителей на данном участке схемы, расположенные со стороны возможной подачи напряжения. Поэтому на любых участках присоединений и сборных шин предусматривается установка двух заземлителей разных разъединителей.

Продолжение таблицы 11

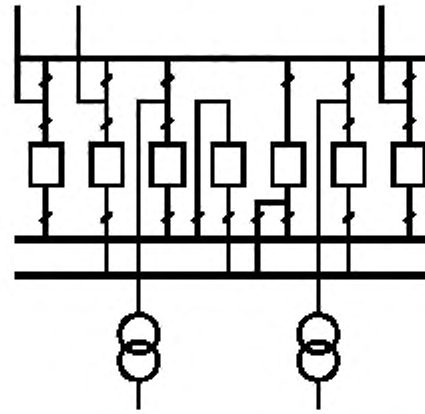
№ п/п	Наименование показателя	Описание
14	Расстановка стационарных заземлителей	б) Каждая секция СШ 35 кВ и выше должна иметь два комплекта заземлителей. При наличии ТН заземления сборных шин следует осуществлять заземлителями разъединителей ТН. в) На заземлителях предусматривается привод с дистанционным управлением, кроме того в ячейках КРУЭ заземлители со стороны линий должны быть быстродействующими. г) С учетом перечислений а) и б) стационарные заземлители устанавливаются: - по два комплекта на линейных разъединителях, на разъединителях в полуторных цепочках (кроме шинных разъединителей), одном из шинных разъединителей линии на каждой секции, разъединителях ТН, подключенных к секциям СШ; - по одному комплекту на шинных разъединителях (кроме одного на каждой секции для их заземления в двух местах — см. выше), выходных разъединителях линий и Т (АТ), которые включены в полуторную цепочку
15	Расстановка ТТ	а) ТТ устанавливаются в каждом присоединении. Наиболее предпочтительными являются встроенные в оборудование ТТ (ТТ также необходимы в нейтралях трансформаторов 110 кВ и выше и АТ 220 кВ и выше). б) Может предусматриваться ТТ в цепи линии, подключенной к полуторной цепочке для организации АИИС КУЭ, так как при его отсутствии включение на сумму токов двух измерительных трансформаторов повышает суммарную погрешность измерений электроэнергии. Последнее ведет к невозможности получения класса точности измерений выше, чем у контрагентов. в) При выборе количества вторичных обмоток ТТ должны учитываться следующие положения: - для подключения приборов коммерческого и/или технического учета электроэнергии используется отдельная вторичная обмотка ТТ, при этом также отдельная обмотка предусматривается для средств измерений (не входящих в АИИС КУЭ), т. е. отдельно друг от друга и от цепей защит; - основная и резервная защиты должны питаться от разных вторичных обмоток ТТ; - оно должно быть достаточным для присоединения к ним в общем случае основных и резервных защит двух элементов, например, ВЛ и СШ. г) При установке ТТ с меньшим количеством вторичных обмоток, чем требуется [перечисление б)], возникает необходимость в установке второго дополнительного ТТ. Он устанавливается с другой стороны выключателя. д) Расстановку ТТ относительно выключателей присоединений необходимо выполнять так, чтобы выключатели входили в зону дифференциальной защиты шин
16	Расстановка ТН	а) ТН устанавливают на каждой ССШ, которые могут работать раздельно. б) ТН предусматриваются с тремя вторичными обмотками, одна из которых предназначена для подключения приборов коммерческого и/или технического учета электроэнергии. в) При выборе ТН необходимо учитывать возможность возникновения феррорезонанса, рекомендуется применять антиферрорезонансные типы ТН. г) На ЛЭП 110 кВ и выше предусматривается установка шкафов отбора напряжения или однофазных ТН для АПВ с контролем наличия напряжения и/или синхронизма, обоснованных проектной документацией

Окончание таблицы 11

№ п/п	Наименование показателя	Описание
17	Расстановка ОПН	а) В цепях Т (АТ) должны быть установлены ОПН без коммутационных аппаратов между ними и защищаемым оборудованием. б) Для защиты нейтралей обмоток 110 кВ силовых трансформаторов, имеющих изоляцию, пониженную относительно изоляции линейного конца обмотки и допускающую работу с разземленной нейтралью, в ней следует устанавливать ОПН. в) Необходимость установки ОПН на шинах (в ячейках ТН), а также на линейных присоединениях определяется сравнением расстояний по ошиновке от ОПН у силовых Т (АТ) до самого удаленного присоединения, с наибольшим допустимым расстоянием

5.12 Схема с одной секционированной системой сборных шин и с обходной системой шин

Таблица 12

№ п/п	Наименование показателя	Описание
	Общие показатели	
1	Наименование и эскиз схемы	Схема с одной секционированной СШ и с ОСШ 
2	Номер схемы	110-12; 220-12
3	Область применения	РУ 110 и 220 кВ
4	Тип подстанции	Узловая
5	Количество присоединений	Два Т (АТ) и три линии с возможностью увеличения числа присоединений (т. е. расширения подстанции) свыше шести; при расширении до шести присоединений используется схема «шестиугольник». Вопросы расширения подстанции анализируются при выборе схем электрических сетей на перспективу 5—10 лет
6	Этапность развития	Возможно развитие до схемы с двумя СШ и с ОСШ

Продолжение таблицы 12

№ п/п	Наименование показателя	Описание
		Условия обоснования и выбора
7	Основные условия применения	а) Наличие нерезервированных присоединений, причем не более одного на секцию, при этом ОСШ включена в схему плавки гололеда на ВЛ. Остальные присоединения должны быть резервированы. б) Отсутствие необходимости сохранения в работе всех присоединений к секции при ее отключении с учетом перечисления а). в) Перечисления а) и б) должны подтверждаться расчетами установившихся режимов при поочередном отключении каждого присоединения, а также секции СШ. При этом в расчетных ремонтных и послеаварийных режимах должны обеспечиваться: сохранение статической устойчивости в энергосистеме; требуемые уровни напряжения по узлам сети; допустимые токовые нагрузки проводников и аппаратов
8	Экономические критерии применения	а) Требует $k + 2$ ячейки выключателей, где k — количество присоединений. б) По сравнению со схемой с одной секционированной СШ: - требует установки на каждом присоединении [линии или Т (АТ)] обходного разъединителя, стоимость которого составляет 15—25 % стоимости выключателя; - увеличивает отчуждаемые земельные участки за счет ОСШ на 20—30 % в зависимости от числа присоединений. в) При использовании современных элегазовых (вакуумных) выключателей ОСШ, как правило, не окупает себя с позиций снижения потерь мощности и электроэнергии в сети при плановых ремонтах коммутационных аппаратов. г) При отсутствии необходимости плавки гололеда и при прочих равных условиях более предпочтительно использовать схему с одной секционированной СШ и с подключением ответственных присоединений через полуторную цепочку
9	Критерии надежности	а) При отказе нормально включенного секционного выключателя возможно полное обесточение РУ. б) Установка второго последовательно включенного секционного выключателя для исключения обесточения РУ [перечисление а)] нецелесообразна с технико-экономических позиций с учетом фактора надежности. в) Предпочтительна установка двух последовательно включенных секционных выключателей с включением в развилку из них одного присоединения (в том числе и нерезервируемого) для исключения обесточения РУ при единичном отказе секционного выключателя без увеличения количества выключателей в схеме
10	Эксплуатационные критерии	Оперативные блокировки и операции с разъединителями не однотипны
11	Техническая гибкость	Жесткая фиксация присоединений по секциям; попарно резервированные присоединения необходимо подключать к разным секциям
12	Критерии безопасности	а) Электрооборудование, токоведущие части, изоляторы, крепления, ограждения, несущие конструкции, изоляционные и другие расстояния должны быть выбраны и установлены таким образом, чтобы: - вызываемые нормальными условиями работы электроустановки усилия, нагрев, электрическая дуга или иные сопутствующие ее работе явления (искрение, выброс газов и т. п.) не могли причинить вред обслуживающему персоналу, а также привести к повреждению оборудования и возникновению КЗ; - при выводе в ремонт какого-либо присоединения, относящиеся к нему аппараты, токоведущие части и конструкции могли подвергаться безопасному техническому обслуживанию и ремонту без нарушения нормальной работы соседних цепей;

Продолжение таблицы 12

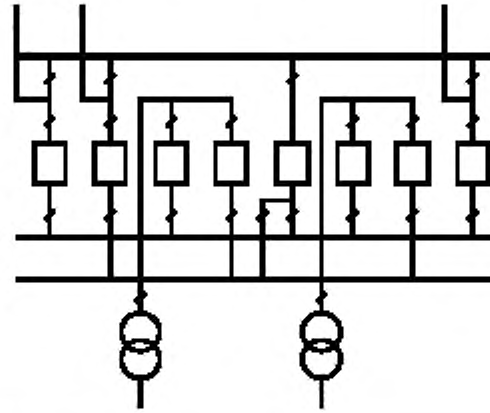
№ п/п	Наименование показателя	Описание
12	Критерии безопасности	- при нарушении нормальных условий работы электроустановки была обеспечена необходимая локализация повреждений, обусловленных действием КЗ. б) Напряженность электрического и магнитного полей на маршрутах обхода для осмотра оборудования и на рабочих местах у оборудования, где возможно длительное присутствие персонала для проведения профилактических и ремонтных работ, не должна превышать допустимую. в) Должны быть выполнены требования нормативно-технических документов по электромагнитной совместимости
	Расстановка оборудования	
13	Расстановка разъединителей	а) Во всех цепях РУ должна быть предусмотрена установка разъединяющих устройств с видимым разрывом, обеспечивающих возможность отсоединения всех аппаратов (выключателей с ТТ, предохранителей, ТН и т. д.) в каждой цепи со всех ее сторон, откуда может быть подано напряжение. б) Данное требование [перечисление а)] не распространяется на ВЧ-заградители и конденсаторы связи, ТН, устанавливаемые на отходящих линиях, а также ТН емкостного типа, присоединяемые к СШ, разрядники и ограничители перенапряжений, устанавливаемых на выводах трансформаторов и ШР и на отходящих линиях. в) Видимый разрыв может отсутствовать в комплектных РУ заводского исполнения (в том числе с заполнением элегазом—КРУЭ) с выкатными элементами и/или при наличии надежного механического указателя гарантированного положения контактов. г) На разъединителях 110 кВ и выше предусматривается привод с дистанционным управлением. д) С учетом перечислений а) и б) разъединители устанавливаются: - с обеих сторон выключателей в цепях линий, Т (АТ), секционного и обходного выключателей, а также обходные разъединители; - в цепях ТН электромагнитного типа на ССШ
14	Расстановка стационарных заземлителей	а) Стационарные заземлители должны быть размещены так, чтобы были не нужны переносные заземления, и чтобы персонал, работающий на токоведущих частях любых участков присоединений и сборных шин, был защищен заземлителями со всех сторон, откуда может быть подано напряжение. На случай отключения в процессе ремонта разъединителя с заземлителями или только заземлителя этого разъединителя должны быть предусмотрены заземлители у других разъединителей на данном участке схемы, расположенные со стороны возможной подачи напряжения. Поэтому на любых участках присоединений и сборных шин предусматривается установка двух заземлителей разных разъединителей. б) Каждая секция СШ 35 кВ и выше должна иметь два комплекта заземлителей. При наличии ТН заземления сборных шин следует осуществлять заземлителями разъединителей ТН. в) На заземлителях предусматривается привод с дистанционным управлением. г) С учетом перечислений а) и б) стационарные заземлители устанавливаются: - по два комплекта на линейных разъединителях, в том числе разъединителях Т (АТ), разъединителях ТН, подключенных к ССШ, на шинных и обходном разъединителях обходного выключателя, а также на одном обходном разъединителе присоединения; - по одному комплекту на шинных разъединителях линий и Т (АТ), а также разъединителях секционного выключателя

Окончание таблицы 12

№ п/п	Наименование показателя	Описание
15	Расстановка ТТ	а) ТТ устанавливаются в каждом присоединении, а также в цепи секционного и обходного выключателей. Наиболее предпочтительными являются встроенные в оборудование ТТ (ТТ также необходимы в нейтралях трансформаторов 110 кВ и выше и АТ 220 кВ и выше). б) При выборе количества вторичных обмоток ТТ должны учитываться следующие положения: - для подключения приборов коммерческого и/или технического учета электроэнергии используется отдельная вторичная обмотка ТТ, при этом также отдельная обмотка предусматривается для средств измерений (не входящих в АИИС КУЭ), т. е. отдельно друг от друга и от цепей защит; - основная и резервная защиты должны питаться от разных вторичных обмоток ТТ; - оно должно быть достаточным для присоединения к ним в общем случае основных и резервных защит двух элементов, например, ВЛ и СШ. в) При установке ТТ с меньшим количеством вторичных обмоток, чем требуется [перечисление б)], возникает необходимость в установке второго дополнительного ТТ. Он устанавливается с другой стороны выключателя. г) Расстановку ТТ относительно выключателей присоединений необходимо выполнять так, чтобы выключатели входили в зону дифференциальной защиты шин
16	Расстановка ТН	а) ТН устанавливают на каждой ССШ, которые могут работать раздельно. б) ТН предусматриваются с тремя вторичными обмотками, одна из которых предназначена для подключения приборов коммерческого и/или технического учета электроэнергии. в) При выборе ТН необходимо учитывать возможность возникновения феррорезонанса, рекомендуется применять антиферрорезонансные типы ТН. г) На ЛЭП 110 кВ и выше предусматривается установка шкафов отбора напряжения или однофазных ТН для АПВ с контролем наличия напряжения и/или синхронизма, обоснованных проектной документацией
17	Расстановка ОПН	а) В цепях Т (АТ) должны быть установлены ОПН без коммутационных аппаратов между ними и защищаемым оборудованием. б) Для защиты нейтралей обмоток 110 кВ силовых трансформаторов, имеющих изоляцию, пониженную относительно изоляции линейного конца обмотки и допускающую работу с разземленной нейтралью, в ней следует устанавливать ОПН. в) Необходимость установки ОПН на шинах (в ячейках ТН), а также на линейных присоединениях определяется сравнением расстояний по ошиновке от ОПН у силовых Т (АТ) до самого удаленного присоединения, с наибольшим допустимым расстоянием

5.13 Схема с одной секционированной системой сборных шин и с обходной системой шин с подключением трансформаторов через развилку из выключателей

Таблица 13

№ п/п	Наименование показателя	Описание
	Общие показатели	
1	Наименование и эскиз схемы	Схема с одной секционированной СШ и с ОСШ, с подключением трансформаторов через развилку из выключателей 
2	Номер схемы	110-12Н; 220-12Н
3	Область применения	РУ 110 и 220 кВ
4	Тип подстанции	Узловая
5	Количество присоединений	Два Т (АТ) и три линии с возможностью увеличения числа присоединений (т.е. расширения подстанции) свыше шести; при расширении до шести присоединений используется схема «шестиугольник». Вопросы расширения подстанции анализируются при выборе схем электрических сетей на перспективу от 5 до 10 лет
6	Этапность развития	—
	Условия обоснования и выбора	
7	Основные условия применения	а) Наличие нерезервируемых присоединений, причем не более одного на секцию, при этом ОСШ включена в схему плавки гололеда на ВЛ. Остальные присоединения должны быть резервируемы. б) Отсутствие необходимости сохранения в работе всех присоединений к секции при ее отключении с учетом перечисления а). в) Перечисления а) и б) должны подтверждаться расчетами установившихся режимов при поочередном отключении каждого присоединения, а также ССШ. При этом в расчетных ремонтных и послеаварийных режимах должны обеспечиваться: сохранение статической устойчивости в энергосистеме; требуемые уровни напряжения по узлам сети; допустимые токовые нагрузки проводников и аппаратов

Продолжение таблицы 13

№ п/п	Наименование показателя	Описание
8	Экономические критерии применения	а) Требует $k + 3$ ячейки выключателей, где k — количество присоединений. б) По сравнению со схемой с одной секционированной СШ: - требует установки на каждом присоединении (кроме присоединений, подключенных через развилку выключателей) обходного разъединителя, стоимость которого составляет 15—25 % стоимости выключателя; - увеличивает отчуждаемые земельные участки за счет ОСШ на 20—30 % в зависимости от числа присоединений. в) При использовании современных элегазовых (вакуумных) выключателей ОСШ, как правило, не окупает себя с позиций снижения потерь мощности и электроэнергии в сети при плановых ремонтах коммутационных аппаратов. То же относится к КРУЭ. г) При отсутствии необходимости плавки гололеда и при прочих равных условиях более предпочтительно использовать схему с одной секционированной СШ и с подключением трансформаторов через развилку из выключателей
9	Критерии надежности	а) Наличие двух развилок из выключателей для подключения Т (АТ) исключает полное обесточение РУ 110 или 220 кВ при единичном отказе любого выключателя схемы. Поэтому надежность рассматриваемой схемы выше, чем схемы с одной секционированной СШ и с ОСШ. б) С учетом фактора надежности переход от схемы с одной секционированной СШ и с ОСШ ($k + 2$ ячейка выключателя) к схеме с одной секционированной СШ и с ОСШ с подключением трансформаторов через развилку из выключателей ($k + 3$ ячейки выключателей) требует технико-экономических обоснований с учетом фактора надежности для подстанций с высшим напряжением 110 и 220 кВ. в) С учетом фактора надежности схему с одной секционированной СШ и с ОСШ с подключением трансформаторов через развилку из выключателей целесообразно использовать для РУ 110 и 220 кВ подстанций с высшим напряжением 500 и 750 кВ, т. е. на стороне среднего напряжения крупных подстанций основной сети энергосистем. Тем самым обеспечивается подключение АТ 500 и 750 кВ через два выключателя, как со стороны ВН, так и СН
10	Эксплуатационные критерии	Оперативные блокировки и операции с разъединителями не однотипны
11	Техническая гибкость	Жесткая фиксация присоединений по секциям; попарно резервированные присоединения необходимо подключать к разным секциям
12	Критерии безопасности	а) Электрооборудование, токоведущие части, изоляторы, крепления, ограждения, несущие конструкции, изоляционные и другие расстояния должны быть выбраны и установлены таким образом, чтобы: - вызываемые нормальными условиями работы электроустановки усилия, нагрев, электрическая дуга или иные сопутствующие ее работе явления (искрение, выброс газов и т. п.) не могли причинить вред обслуживающему персоналу, а также привести к повреждению оборудования и возникновению КЗ; - при выводе в ремонт какого-либо присоединения, относящиеся к нему аппараты, токоведущие части и конструкции могли подвергаться безопасному техническому обслуживанию и ремонту без нарушения нормальной работы соседних цепей; - при нарушении нормальных условий работы электроустановки была обеспечена необходимая локализация повреждений, обусловленных действием КЗ. б) Напряженность электрического и магнитного полей на маршрутах обхода для осмотра оборудования и на рабочих местах у оборудования, где возможно длительное присутствие персонала для проведения профилактических и ремонтных работ, не должна превышать допустимую. в) Должны быть выполнены требования нормативно-технических документов по электромагнитной совместимости

Продолжение таблицы 13

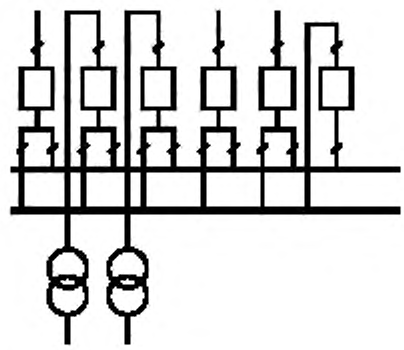
№ п/п	Наименование показателя	Описание
		Расстановка оборудования
13	Расстановка разъединителей	а) Во всех цепях РУ должна быть предусмотрена установка разъединяющих устройств с видимым разрывом, обеспечивающих возможность отсоединения всех аппаратов (выключателей с ТТ, предохранителей, ТН и т. д.) в каждой цепи со всех ее сторон, откуда может быть подано напряжение. б) Данное требование [перечисление а)] не распространяется на ВЧ-заградители и конденсаторы связи, ТН, устанавливаемые на отходящих линиях, а также ТН емкостного типа, присоединяемые к СШ, ограничители перенапряжений, устанавливаемых на выводах Т (АТ) и на отходящих линиях. в) Видимый разрыв может отсутствовать в комплектных РУ заводского исполнения (в том числе с заполнением элегазом—КРУЭ) с выкатными элементами и/или при наличии надежного механического указателя гарантированного положения контактов. г) На разъединителях 110 кВ и выше предусматривается привод с дистанционным управлением. д) С учетом перечислений а) и б) разъединители устанавливаются: - с обеих сторон выключателей в цепях линий, Т (АТ), а также обходного выключателя; - в цепях ТН электромагнитного типа на ССШ; - обходных разъединителей всех присоединений
14	Расстановка стационарных заземлителей	а) Стационарные заземлители должны быть размещены так, чтобы были не нужны переносные заземления, и чтобы персонал, работающий на токоведущих частях любых участков присоединений и сборных шин, был защищен заземлителями со всех сторон, откуда может быть подано напряжение. На случай отключения в процессе ремонта разъединителя с заземлителями или только заземлителя этого разъединителя должны быть предусмотрены заземлители у других разъединителей на данном участке схемы, расположенные со стороны возможной подачи напряжения. Поэтому на любых участках присоединений и сборных шин предусматривается установка двух заземлителей разных разъединителей. б) Каждая секция СШ 35 кВ и выше должна иметь два комплекта заземлителей. При наличии ТН заземления сборных шин следует осуществлять заземлителями разъединителей ТН. в) На заземлителях предусматривается привод с дистанционным управлением. г) С учетом перечислений а) и б) стационарные заземлители устанавливаются: - по два комплекта на линейных разъединителях, в том числе разъединителях Т (АТ), разъединителях трансформаторов напряжения, подключенных к ССШ на шинных и обходном разъединителях обходного выключателя, на обходном разъединителе одного из присоединений; - по одному комплекту на шинных разъединителях линий, включая обходные разъединители
15	Расстановка ТТ	а) ТТ устанавливаются в каждом присоединении, а также в цепи обходного выключателя. Наиболее предпочтительными являются встроенные в оборудование ТТ (ТТ также необходимы в нейтралях трансформаторов 110 кВ и выше и АТ 220 кВ и выше). б) При выборе количества вторичных обмоток ТТ должны учитываться следующие положения: - для подключения приборов коммерческого и/или технического учета электроэнергии используется отдельная вторичная обмотка ТТ, при этом также отдельная обмотка предусматривается для средств измерений (не входящих в АИИС КУЭ), т. е. отдельно друг от друга и от цепей защит;

Окончание таблицы 13

№ п/п	Наименование показателя	Описание
15	Расстановка ТТ	- основная и резервная защиты должны питаться от разных вторичных обмоток ТТ; - оно должно быть достаточным для присоединения к ним в общем случае основных и резервных защит двух элементов, например, ВЛ и СШ. в) При установке ТТ с меньшим количеством вторичных обмоток, чем требуется [перечисление б)], возникает необходимость в установке второго дополнительного ТТ. Он устанавливается с другой стороны выключателя. г) Расстановку ТТ относительно выключателей присоединений необходимо выполнять так, чтобы выключатели входили в зону дифференциальной защиты шин
16	Расстановка ТН	а) ТН устанавливают на каждой ССШ, которые могут работать раздельно. б) ТН предусматриваются с тремя вторичными обмотками, одна из которых предназначена для подключения приборов коммерческого и/или технического учета электроэнергии. в) При выборе ТН необходимо учитывать возможность возникновения феррорезонанса, рекомендуется применять антиферрорезонансные типы ТН. г) На ЛЭП 110 кВ и выше предусматривается установка шкафов отбора напряжения или однофазных ТН для АПВ с контролем наличия напряжения и/или синхронизма, обоснованных проектной документацией
17	Расстановка ОПН	а) В цепях Т (АТ) должны быть установлены ОПН без коммутационных аппаратов между ними и защищаемым оборудованием. б) Для защиты нейтралей обмоток 110 кВ силовых трансформаторов, имеющих изоляцию, пониженную относительно изоляции линейного конца обмотки и допускающую работу с разземленной нейтралью, в ней следует устанавливать ОПН. в) Необходимость установки ОПН на шинах (в ячейках ТН), а также на линейных присоединениях определяется сравнением расстояний по ошиновке от ОПН у силовых Т (АТ) до самого удаленного присоединения, с наибольшим допустимым расстоянием

5.14 Схема с двумя системами сборных шин

Таблица 14

№ п/п	Наименование показателя	Описание
Общие показатели		
1	Наименование и эскиз схемы	Схема с двумя СШ 

Продолжение таблицы 14

№ п/п	Наименование показателя	Описание
2	Номер схемы	110-13; 220-13
3	Область применения	РУ 110 и 220 кВ
4	Тип подстанции	Узловая
5	Количество присоединений	Два Т (АТ) и три линии с возможностью увеличения числа присоединений (т. е. расширения подстанции) свыше шести; при расширении до шести присоединений используется схема «шестиугольник». Вопросы расширения подстанции анализируются при выборе схем электрических сетей на перспективу 5—10 лет
6	Этапность развития	Возможно развитие до схемы с двумя СШ и с ОСШ, а также до схемы с двумя секционированными СШ и с ОСШ
Условия обоснования и выбора		
7	Основные условия применения	Более двух нерезервируемых присоединений на подстанции и, как следствие, необходимость их сохранения в работе при плановом отключении СШ
8	Экономические критерии применения	а) Требует k+1 ячейку выключателя, где k — количество присоединений. б) По сравнению со схемой с одной секционированной СШ требует установки на каждом присоединении второго шинного разъединителя, стоимость которого составляет 15—25 % стоимости выключателя. в) Занимает минимальные отчуждаемые площади с учетом (пункт 5) количества присоединений при килевой установке одного шинного разъединителя на каждом присоединении
9	Критерии надежности	а) При отказе нормально включенного шиносоединительного выключателя возможно полное обесточение РУ. б) При оперативных переключениях сборные шины имеют непосредственную электрическую связь на развилках из шинных разъединителей, и при возникновении отказов возможно полное обесточение РУ. в) По статистике 20—30 % отказов на сборных шинах приводят к полному обесточению РУ, при этом параметр потока отказов, приводящих к данному событию, составляет 0,001—0,004 1/год на одно присоединение. Таким образом, на крупных системных подстанциях, например, 500 кВ, имеющих на стороне 110 или 220 кВ в среднем 10 присоединений параметр потока отказов, приводящих к полному обесточению РУ, составит 0,04 1/год или раз в 25 лет, т. е. надежность данной схемы недостаточно высокая. г) По сравнению со схемой с одной секционированной СШ на порядок увеличивает математическое ожидание недоотпуска электроэнергии потребителям при прочих равных условиях. д) Как следствие [перечисления б) и г)] является вынужденным решением, требующим в проектной документацией дополнительного обоснования с режимных позиций
10	Эксплуатационные критерии	а) Оперативные блокировки и операции с разъединителями сложны. б) Управление разъединителями даже в пределах одной ячейки выключателя не однотипное и громоздкое: пофазное управление разъединителя с килевой установкой и трехфазное — для второго разъединителя. в) Следствием [перечисления а) и б)] является значительное число инцидентов по вине персонала, а также отказов оборудования вследствие большого количества технологических операций при оперативных переключениях. г) Не требуется жесткой привязки присоединений по СШ — высокая эксплуатационная гибкость схемы
11	Техническая гибкость	Гибкая фиксация присоединений по СШ

Продолжение таблицы 14

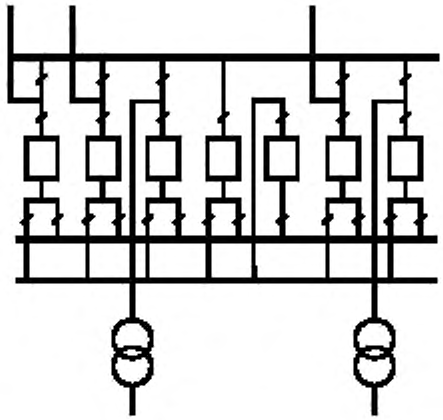
№ п/п	Наименование показателя	Описание
12	Критерии безопасности	а) Электрооборудование, токоведущие части, изоляторы, крепления, ограждения, несущие конструкции, изоляционные и другие расстояния должны быть выбраны и установлены таким образом, чтобы: - вызываемые нормальными условиями работы электроустановки усилия, нагрев, электрическая дуга или иные сопутствующие ее работе явления (искрение, выброс газов и т. п.) не могли причинить вред обслуживающему персоналу, а также привести к повреждению оборудования и возникновению КЗ; - при выводе в ремонт какого-либо присоединения, относящиеся к нему аппараты, токоведущие части и конструкции могли подвергаться безопасному техническому обслуживанию и ремонту без нарушения нормальной работы соседних цепей; - при нарушении нормальных условий работы электроустановки была обеспечена необходимая локализация повреждений, обусловленных действием КЗ. б) Напряженность электрического и магнитного полей на маршрутах обхода для осмотра оборудования и на рабочих местах у оборудования, где возможно длительное присутствие персонала для проведения профилактических и ремонтных работ, не должна превышать допустимую. в) Должны быть выполнены требования нормативно-технических документов по электромагнитной совместимости
	Расстановка оборудования	
13	Расстановка разъединителей	а) Во всех цепях РУ должна быть предусмотрена установка разъединяющих устройств с видимым разрывом, обеспечивающих возможность отсоединения всех аппаратов (выключателей с ТТ, предохранителей, ТН и т. д.) в каждой цепи со всех ее сторон, откуда может быть подано напряжение. б) Данное требование [перечисление а)] не распространяется на ВЧ-заградители и конденсаторы связи, ТН, устанавливаемые на отходящих линиях, а также ТН емкостного типа, присоединяемые к СШ, ограничители перенапряжений, устанавливаемых на выводах Т (АТ) и на отходящих линиях. в) Видимый разрыв может отсутствовать в комплектных РУ заводского исполнения (в том числе с заполнением элегазом—КРУЭ) с выкатными элементами и/или при наличии надежного механического указателя гарантированного положения контактов. г) На разъединителях 110 кВ и выше предусматривается привод с дистанционным управлением. д) С учетом перечислений а) и б) разъединители устанавливаются: - с обеих сторон выключателей в цепях линий и Т (АТ) (шинные и линейные разъединители), а также шиносоединительного выключателя; - в цепях ТН электромагнитного типа, подключенных к СШ
14	Расстановка стационарных заземлителей	а) Стационарные заземлители должны быть размещены так, чтобы были не нужны переносные заземления и чтобы персонал, работающий на токоведущих частях любых участков присоединений и сборных шин, был защищен заземлителями со всех сторон, откуда может быть подано напряжение. На случай отключения в процессе ремонта разъединителя с заземлителями или только заземлителя этого разъединителя должны быть предусмотрены заземлители у других разъединителей на данном участке схемы, расположенные со стороны возможной подачи напряжения. Поэтому на любых участках присоединений и сборных шин предусматривается установка двух заземлителей разных разъединителей. б) Каждая секция СШ 35 кВ и выше должна иметь два комплекта заземлителей. При наличии ТН заземления сборных шин следует осуществлять заземлителями разъединителей ТН

Окончание таблицы 14

№ п/п	Наименование показателя	Описание
14	Расстановка стационарных заземлителей	в) На заземлителях предусматривается привод с дистанционным управлением, кроме того в ячейках КРУЭ заземлители со стороны линий должны быть быстродействующими. г) С учетом перечислений а) и б) стационарные заземлители устанавливаются: - по два комплекта на линейных разъединителях, в том числе разъединителях Т (АТ), разъединителях шиносоединительного выключателя и разъединителях ТН, подключенных к СШ; - по одному комплекту на шинных разъединителях линий и Т (АТ)
15	Расстановка трансформаторов тока	а) ТТ устанавливаются в каждом присоединении, а также в цепи шиносоединительного выключателя. Наиболее предпочтительными являются встроенные в оборудование ТТ (ТТ также необходимы в нейтралях трансформаторов 110 кВ и выше и АТ 220 кВ и выше). б) При выборе количества вторичных обмоток ТТ должны учитываться следующие положения: - для подключения приборов коммерческого и/или технического учета электроэнергии используется отдельная вторичная обмотка ТТ, при этом также отдельная обмотка предусматривается для средств измерений (не входящих в АИИС КУЭ), т. е. отдельно друг от друга и от цепей защит; - основная и резервная защиты должны питаться от разных вторичных обмоток ТТ; - оно должно быть достаточным для присоединения к ним в общем случае основных и резервных защит двух элементов, например, ВЛ и СШ. в) При установке ТТ с меньшим количеством вторичных обмоток, чем требуется [перечисление б)], возникает необходимость в установке второго дополнительного ТТ. Он устанавливается с другой стороны выключателя. г) Расстановку ТТ относительно выключателей присоединений необходимо выполнять так, чтобы выключатели входили в зону дифференциальной защиты шин
16	Расстановка ТН	а) ТН устанавливают на каждой ССШ, которые могут работать раздельно. б) ТН предусматриваются с тремя вторичными обмотками, одна из которых предназначена для подключения приборов коммерческого и/или технического учета электроэнергии. в) При выборе ТН необходимо учитывать возможность возникновения феррорезонанса, рекомендуется применять антиферрорезонансные типы ТН. г) На ЛЭП 110 кВ и выше предусматривается установка шкафов отбора напряжения или однофазных ТН для АПВ с контролем наличия напряжения и/или синхронизма, обоснованных проектной документацией
17	Расстановка ОПН	а) В цепях Т (АТ) должны быть установлены ОПН без коммутационных аппаратов между ними и защищаемым оборудованием. б) Для защиты нейтралей обмоток 110 кВ силовых трансформаторов, имеющих изоляцию, пониженную относительно изоляции линейного конца обмотки и допускающую работу с разземленной нейтралью, в ней следует устанавливать ОПН. в) Необходимость установки ОПН на шинах (в ячейках ТН), а также на линейных присоединениях определяется сравнением расстояний по ошиновке от ОПН у силовых Т (АТ) до самого удаленного присоединения, с наибольшим допустимым расстоянием

5.15 Схема с двумя системами сборных шин и с обходной системой шин

Таблица 15

№ п/п	Наименование показателя	Описание
Общие показатели		
1	Наименование и эскиз схемы	Схема с двумя СШ и с ОСШ 
2	Номер схемы	110-13Н; 220-13Н
3	Область применения	РУ 110 и 220 кВ
4	Тип подстанции	Узловая
5	Количество присоединений	Два Т (АТ) и три линии с возможностью увеличения числа присоединений (т. е. расширения подстанции) свыше шести; при расширении до шести присоединений используется схема «шестиугольник». Вопросы расширения подстанции анализируются при выборе схем электрических сетей на перспективу 5—10 лет
6	Этапность развития	Возможно развитие до схемы с двумя секционированными СШ и с ОСШ
Условия обоснования и выбора		
7	Основные условия применения	Более двух нерезервируемых присоединений на подстанции и, как следствие, необходимость их сохранения в работе при плановом отключении СШ, при этом ОСШ включена в схему плавки гололеда на ВЛ
8	Экономические критерии применения	а) Требует k+2 ячейки выключателей, где k — количество присоединений. б) По сравнению со схемой с одной секционированной СШ и с ОСШ требует установки на каждом присоединении [линии или Т (АТ)] второго шинного разъединителя, стоимость которого составляет 15—25 % стоимости выключателя. в) По сравнению со схемой с двумя СШ увеличивает отчуждаемые земельные участки за счет ОСШ на 20—30 % в зависимости от числа присоединений. г) Требует значительных отчуждаемых площадей и затрат на коммутационное оборудование. За счет этого является одной из наиболее дорогих схем

Продолжение таблицы 15

№ п/п	Наименование показателя	Описание
9	Критерии надежности	а) При отказе нормально включенного шиносоединительного выключателя возможно полное обесточение РУ. б) При оперативных переключениях сборные шины имеют непосредственную электрическую связь на развилках из шинных разъединителей, и при возникновении отказов возможно полное обесточение РУ. в) По статистике 20—30 % отказов на сборных шинах приводит к полному обесточению РУ, при этом параметр потока отказов, приводящих к данному событию, составляет 0,001—0,004 1/год на одно присоединение. Таким образом, на крупных системных подстанциях, например 500 кВ, имеющих на стороне 110 или 220 кВ в среднем 10 присоединений параметр потока отказов, приводящих к полному обесточению РУ, составит 0,04 1/год или раз в 25 лет, т. е. надежность данной схемы недостаточно высокая. г) По сравнению со схемой с одной секционированной СШ и с ОСШ на порядок увеличивает математическое ожидание недоотпуска электроэнергии потребителям при прочих равных условиях. д) Как следствие [перечисления б) и г)] является вынужденным решением, требующим в проектной документацией дополнительного обоснования с режимных позиций
10	Эксплуатационные критерии	а) Оперативные блокировки и операции с разъединителями сложны. б) Управление разъединителями даже в пределах одной ячейки выключателя не однотипное и громоздкое: пофазное управление разъединителя с килевой установкой и трехфазное — для второго разъединителя. в) Большое количество разъединителей и их заземляющих ножей — четыре и пять соответственно на каждом присоединении. г) Следствием [перечисления а) и в)] является значительное число инцидентов по вине персонала, а также отказов оборудования вследствие большого количества технологических операций при оперативных переключениях
11	Техническая гибкость	Гибкая фиксация присоединений по СШ
12	Критерии безопасности	а) Электрооборудование, токоведущие части, изоляторы, крепления, ограждения, несущие конструкции, изоляционные и другие расстояния должны быть выбраны и установлены таким образом, чтобы: - вызываемые нормальными условиями работы электроустановки усилия, нагрев, электрическая дуга или иные сопутствующие ее работе явления (искрение, выброс газов и т. п.) не могли причинить вред обслуживающему персоналу, а также привести к повреждению оборудования и возникновению КЗ; - при выводе в ремонт какого-либо присоединения, относящиеся к нему аппараты, токоведущие части и конструкции могли подвергаться безопасному техническому обслуживанию и ремонту без нарушения нормальной работы соседних цепей; - при нарушении нормальных условий работы электроустановки была обеспечена необходимая локализация повреждений, обусловленных действием КЗ. б) Напряженность электрического и магнитного полей на маршрутах обхода для осмотра оборудования и на рабочих местах у оборудования, где возможно длительное присутствие персонала для проведения профилактических и ремонтных работ, не должна превышать допустимую. в) Должны быть выполнены требования нормативно-технических документов по электромагнитной совместимости

Продолжение таблицы 15

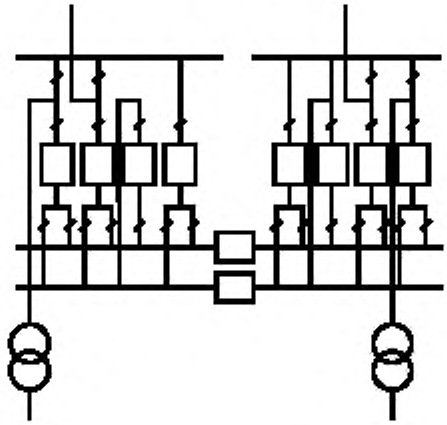
№ п/п	Наименование показателя	Описание
		Расстановка оборудования
13	Расстановка разъединителей	а) Во всех цепях РУ должна быть предусмотрена установка разъединяющих устройств с видимым разрывом, обеспечивающих возможность отсоединения всех аппаратов (выключателей с ТТ, предохранителей, ТН и т. д.) в каждой цепи со всех ее сторон, откуда может быть подано напряжение. б) Данное требование [перечисление а)] не распространяется на ВЧ-заградители и конденсаторы связи, ТН, устанавливаемые на отходящих линиях, а также ТН емкостного типа, присоединяемые к СШ, ограничители перенапряжений, устанавливаемых на выводах Т (АТ) и на отходящих линиях. в) Видимый разрыв может отсутствовать в комплектных РУ заводского исполнения (в том числе с заполнением элегазом—КРУЭ) с выкатными элементами и/или при наличии надежного механического указателя гарантированного положения контактов. г) На разъединителях 110 кВ и выше предусматривается привод с дистанционным управлением. д) С учетом перечислений а) и б) разъединители устанавливаются: - с обеих сторон выключателей в цепях линий, Т (АТ), шиносоединительного и обходного выключателей, а также со стороны ОСШ; - в цепях ТН электромагнитного типа, подключенных к СШ
14	Расстановка стационарных заземлителей	а) Стационарные заземлители должны быть размещены так, чтобы были не нужны переносные заземления и чтобы персонал, работающий на токоведущих частях любых участков присоединений и сборных шин, был защищен заземлителями со всех сторон, откуда может быть подано напряжение. На случай отключения в процессе ремонта разъединителя с заземлителями или только заземлителя этого разъединителя должны быть предусмотрены заземлители у других разъединителей на данном участке схемы, расположенные со стороны возможной подачи напряжения. Поэтому на любых участках присоединений и сборных шин предусматривается установка двух заземлителей разных разъединителей. б) Каждая секция СШ должна иметь два комплекта заземлителей. При наличии ТН заземления сборных шин следует осуществлять заземлителями разъединителей ТН. в) На заземлителях предусматривается привод с дистанционным управлением. г) С учетом перечислений а) и б) стационарные заземлители устанавливаются: - по два комплекта на линейных разъединителях, в том числе разъединителях Т (АТ), разъединителях обходного выключателя (в том числе обходной) и разъединителях ТН, подключенных к СШ, а также на одном обходном разъединителе присоединения; - по одному комплекту на шинных разъединителях линий и Т (АТ), на обходных разъединителях указанных присоединений, а также на разъединителях шиносоединительного выключателя

Окончание таблицы 15

№ п/п	Наименование показателя	Описание
15	Расстановка ТТ	а) ТТ устанавливаются в каждом присоединении, а также в цепях шиносоединительного и обходного выключателей. Наиболее предпочтительными являются встроенные в оборудование ТТ (ТТ также необходимы в нейтралях трансформаторов 110 кВ и выше и АТ 220 кВ и выше). б) При выборе количества вторичных обмоток ТТ должны учитываться следующие положения: - для подключения приборов коммерческого и/или технического учета электроэнергии используется отдельная вторичная обмотка ТТ, при этом также отдельная обмотка предусматривается для средств измерений (не входящих в АИИС КУЭ), т. е. отдельно друг от друга и от цепей защит; - основная и резервная защиты должны питаться от разных вторичных обмоток ТТ; - оно должно быть достаточным для присоединения к ним в общем случае основных и резервных защит двух элементов, например, ВЛ и СШ. в) При установке ТТ с меньшим количеством вторичных обмоток, чем требуется [перечисление б)], возникает необходимость в установке второго дополнительного ТТ. Он устанавливается с другой стороны выключателя. г) Расстановку ТТ относительно выключателей присоединений необходимо выполнять так, чтобы выключатели входили в зону дифференциальной защиты шин
16	Расстановка ТН	а) ТН устанавливают на каждой ССШ, которые могут работать раздельно. б) ТН предусматриваются с тремя вторичными обмотками, одна из которых предназначена для подключения приборов коммерческого и/или технического учета электроэнергии. в) При выборе ТН необходимо учитывать возможность возникновения феррорезонанса, рекомендуется применять антиферрорезонансные типы ТН. г) На ЛЭП 110 кВ и выше предусматривается установка шкафов отбора напряжения или однофазных ТН для АПВ с контролем наличия напряжения и/или синхронизма, обоснованных проектной документацией
17	Расстановка ОПН	а) В цепях Т (АТ) должны быть установлены ОПН без коммутационных аппаратов между ними и защищаемым оборудованием. б) Для защиты нейтралей обмоток 110 кВ силовых трансформаторов, имеющих изоляцию, пониженную относительно изоляции линейного конца обмотки и допускающую работу с разземленной нейтралью, в ней следует устанавливать ОПН. в) Необходимость установки ОПН на шинах (в ячейках ТН), также на линейных присоединениях определяется сравнением расстояний по ошиновке от ОПН у силовых Т (АТ) до самого удаленного присоединения, с наибольшим допустимым расстоянием

5.16 Схема с двумя секционированными системами сборных шин и с обходной системой шин

Таблица 16

№ п/п	Наименование показателя	Описание
		Общие показатели
1	Наименование и эскиз схемы	Схема с двумя секционированными СШ и с ОСШ 
2	Номер схемы	110-14; 220-14
3	Область применения	РУ 110 и 220 кВ
4	Тип подстанции	Узловая
5	Количество присоединений	Значительное количество присоединений: не менее двух—четырех Т (АТ) и 12—14 отходящих линий
6	Этапность развития	—
		Условия обоснования и выбора
7	Основные условия применения	а) Более двух нерезервируемых присоединений на подстанции и, как следствие, необходимость их сохранения в работе при плановом отключении СШ, при этом ОСШ включена в схему плавки гололеда на ВЛ. б) Недопустимость полного обесточения РУ при отказах выключателей и сборных шин по условию сохранения устойчивости энергосистемы (без воздействия ПА) при указанных расчетных возмущениях
8	Экономические критерии применения	а) Требует $k + 6$ ячеек выключателей, где k — количество присоединений. б) По сравнению со схемой с одной секционированной СШ и с ОСШ требует установки на каждом присоединении [линии или Т (АТ)] второго шинного разъединителя, стоимость которого составляет 15—25 % стоимости выключателя. в) По сравнению со схемой с двумя СШ увеличивает отчуждаемые земельные участки за счет ОСШ на 20—30 % в зависимости от числа присоединений. г) Требует значительных отчуждаемых площадей и затрат на коммутационное оборудование. За счет этого является одной из наиболее дорогих схем. Например, при 12 присоединениях в схеме с двумя секционированными СШ и с ОСШ необходимо 18 ячеек выключателей. Столько же ячеек требуется для более надежной и экономичной (за счет значительно меньшего количества разъединителей) схемы 3/2

Продолжение таблицы 16

№ п/п	Наименование показателя	Описание
9	Критерии надежности	а) По сравнению со схемой с двумя СШ (с ОСШ либо без нее) за счет их секционирования исключена потенциальная возможность полного обесточения РУ из-за отказов шиносоединительных выключателей и отказов на развилках из шинных разъединителей. Таким образом, секционирование сборных шин повышает надежность схемы. б) При оперативных переключениях сборные шины имеют непосредственную электрическую связь на развилках из шинных разъединителей, и при возникновении отказов возможно обесточение одновременно двух секций обеих СШ. в) Надежность схемы остается недостаточно высокой. Причина заключается в том, что попарно резервируемые линии 110 и 220 кВ располагаются в смежных ячейках РУ, чтобы исключить их пересечение. Поэтому отказы шиносоединительных выключателей и отказы на развилках из шинных разъединителей могут привести к обесточению половины присоединений и соответственно потребителей подстанции. г) По сравнению со схемой с двумя СШ и с ОСШ дополнительная установка двух секционных, шиносоединительного и обходного выключателей (всего четыре выключателя) для исключения обесточения подстанции, как правило, нецелесообразна с технико-экономических позиций с учетом фактора надежности. д) Как следствие [перечисления б) и г)] является вынужденным решением, требующим в проектной документацией дополнительного обоснования с режимных позиций. В частности, область применения схемы следует ограничить РУ 110 и 220 кВ подстанций с высшим напряжением 500 кВ. Тем самым обеспечивается подключение АТ 500 кВ через два выключателя, как со стороны ВН, так и СН
10	Эксплуатационные критерии	а) Оперативные блокировки и операции с разъединителями сложны. б) Управление разъединителями даже в пределах одной ячейки выключателя не однотипное и громоздкое: пофазное управление разъединителя с килевой установкой и трехфазное — для второго разъединителя. в) Большое количество разъединителей и их заземляющих ножей — четыре и пять соответственно на каждом присоединении. г) Следствием [перечисления а) и в)] является значительное число инцидентов по вине персонала, а также отказов оборудования вследствие большого количества технологических операций при оперативных переключениях
11	Техническая гибкость	Гибкая фиксация присоединений по ССШ
12	Критерии безопасности	а) Электрооборудование, токоведущие части, изоляторы, крепления, ограждения, несущие конструкции, изоляционные и другие расстояния должны быть выбраны и установлены таким образом, чтобы: - вызываемые нормальными условиями работы электроустановки усилия, нагрев, электрическая дуга или иные сопутствующие ее работе явления (искрение, выброс газов и т. п.) не могли причинить вред обслуживающему персоналу, а также привести к повреждению оборудования и возникновению КЗ; - при выводе в ремонт какого-либо присоединения, относящиеся к нему аппараты, токоведущие части и конструкции могли подвергаться безопасному техническому обслуживанию и ремонту без нарушения нормальной работы соседних цепей; - при нарушении нормальных условий работы электроустановки была обеспечена необходимая локализация повреждений, обусловленных действием КЗ. б) Напряженность электрического и магнитного полей на маршрутах обхода для осмотра оборудования и на рабочих местах у оборудования, где возможно длительное присутствие персонала для проведения профилактических и ремонтных работ, не должна превышать допустимую. в) Должны быть выполнены требования нормативно-технических документов по электромагнитной совместимости

Продолжение таблицы 16

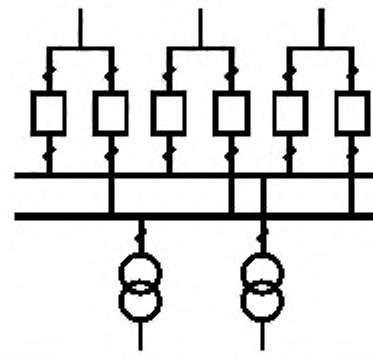
№ п/п	Наименование показателя	Описание
		Расстановка оборудования
13	Расстановка разъединителей	а) Во всех цепях РУ должна быть предусмотрена установка разъединяющих устройств с видимым разрывом, обеспечивающих возможность отсоединения всех аппаратов (выключателей с ТТ, предохранителей, ТН и т. д.) в каждой цепи со всех ее сторон, откуда может быть подано напряжение. б) Данное требование [перечисление а)] не распространяется на ВЧ-заградители и конденсаторы связи, ТН, устанавливаемые на отходящих линиях, а также ТН емкостного типа, присоединяемые к СШ, ограничители перенапряжений, устанавливаемых на выводах Т (АТ) и на отходящих линиях. в) Видимый разрыв может отсутствовать в комплектных РУ заводского исполнения (в том числе с заполнением элегазом—КРУЭ) с выкатными элементами и/или при наличии надежного механического указателя гарантированного положения контактов. г) На разъединителях 110 кВ и выше предусматривается привод с дистанционным управлением. д) С учетом перечислений а) и б) разъединители устанавливаются: - с обеих сторон выключателей в цепях линий, Т (АТ), шиносоединительных, секционных и обходных выключателей, а также со стороны ОСШ; - в цепях ТН электромагнитного типа на ССШ
14	Расстановка стационарных заземлителей	а) Стационарные заземлители должны быть размещены так, чтобы были не нужны переносные заземления и чтобы персонал, работающий на токоведущих частях любых участков присоединений и сборных шин, был защищен заземлителями со всех сторон, откуда может быть подано напряжение. На случай отключения в процессе ремонта разъединителя с заземлителями или только заземлителя этого разъединителя должны быть предусмотрены заземлители у других разъединителей на данном участке схемы, расположенные со стороны возможной подачи напряжения. Поэтому на любых участках присоединений и сборных шин предусматривается установка двух заземлителей разных разъединителей. б) Каждая секция СШ 35 кВ и выше должна иметь два комплекта заземлителей. При наличии ТН заземления сборных шин следует осуществлять заземлителями разъединителей ТН. в) На заземлителях предусматривается привод с дистанционным управлением. г) С учетом перечислений а) и б) стационарные заземлители устанавливаются: - по два комплекта на линейных разъединителях, в том числе разъединителях Т (АТ), разъединителях обходных выключателей (в том числе обходной) и разъединителях ТН, подключенных к СШ, а также на одном обходном разъединителе присоединения каждой ССШ; - по одному комплекту на шинных разъединителях линий и Т (АТ), на обходных разъединителях указанных присоединений, а также на разъединителях шиносоединительных и секционных выключателей
15	Расстановка ТТ	а) ТТ устанавливаются в каждом присоединении, а также в цепях шиносоединительных, секционных и обходных выключателей. Наиболее предпочтительными являются встроенные в оборудование ТТ (ТТ также необходимы в нейтралях трансформаторов 110 кВ и выше и АТ 220 кВ и выше). б) При выборе количества вторичных обмоток ТТ должны учитываться следующие положения: - для подключения приборов коммерческого и/или технического учета электроэнергии используется отдельная вторичная обмотка ТТ, при этом также отдельная обмотка предусматривается для средств измерений (не входящих в АИИС КУЭ), т. е. отдельно друг от друга и от цепей защит;

Окончание таблицы 16

№ п/п	Наименование показателя	Описание
15	Расстановка ТТ	- основная и резервная защиты должны питаться от разных вторичных обмоток ТТ; - оно должно быть достаточным для присоединения к ним в общем случае основных и резервных защит двух элементов, например, ВЛ и СШ. в) При установке ТТ с меньшим количеством вторичных обмоток, чем требуется [перечисление б)], возникает необходимость в установке второго дополнительного ТТ. Он устанавливается с другой стороны выключателя. г) Расстановку ТТ относительно выключателей присоединений необходимо выполнять так, чтобы выключатели входили в зону дифференциальной защиты шин
16	Расстановка ТН	а) ТН устанавливают на каждой ССШ, которые могут работать раздельно. б) ТН предусматриваются с тремя вторичными обмотками, одна из которых предназначена для подключения приборов коммерческого и/или технического учета электроэнергии. в) При выборе ТН необходимо учитывать возможность возникновения феррорезонанса, рекомендуется применять антиферрорезонансные типы ТН. г) На ЛЭП 110 кВ и выше предусматривается установка шкафов отбора напряжения или однофазных ТН для АПВ с контролем наличия напряжения и/или синхронизма, обоснованных проектной документацией
17	Расстановка ОПН	а) В цепях Т (АТ) должны быть установлены ОПН без коммутационных аппаратов между ними и защищаемым оборудованием. б) Для защиты нейтралей обмоток 110 кВ силовых трансформаторов, имеющих изоляцию, пониженную относительно изоляции линейного конца обмотки и допускающую работу с разземленной нейтралью, в ней следует устанавливать ОПН. в) Необходимость установки ОПН на шинах (в ячейках ТН), а также на линейных присоединениях определяется сравнением расстояний по ошиновке от ОПН у силовых Т (АТ) до самого удаленного присоединения, с наибольшим допустимым расстоянием

5.17 Схема трансформаторы—шины

Таблица 17

№ п/п	Наименование показателя	Описание
	Общие показатели	
1	Наименование и эскиз схемы	Трансформаторы—шины 

Продолжение таблицы 17

№ п/п	Наименование показателя	Описание
2	Номер схемы	330-15; 500-15; 750-15
3	Область применения	РУ от 330 до 750 кВ
4	Тип подстанции	Узловая
5	Количество присоединений	Два АТ и три-четыре линии
6	Этапность развития	—
Условия обоснования и выбора		
7	Основные условия применения	а) Узловая подстанция с количеством присоединений до шести. б) По условиям устойчивости энергосистемы недопустима одновременная потеря двух или более линий
8	Экономические критерии применения	а) Требует восемь ячеек выключателей на шесть присоединений. б) Наиболее экономичная схема с учетом (пункт 5) количества присоединений и фактора надежности
9	Критерии надежности	а) При отказе выключателя теряется не более одной линии и одного АТ, что допустимо с позиций устойчивости. Поэтому схему предпочтительно использовать в основных сетях 500 и 750 кВ с позиций сохранения устойчивости в энергосистеме при расчетных возмущениях (в том числе при единичном отказе любого элемента схемы), которые не должны сопровождаться работой ПА. Таким образом, схема достаточно надежная. б) Является лучшей схемой с технико-экономических позиций с учетом фактора надежности для РУ 500 и 750 кВ большинства подстанций (так, 74% подстанций 500 кВ имеют не более двух АТ, а 93% — не более четырех линий, при этом около 50% подстанций выполнены по схеме «четырехугольник» («треугольника») — начальный этап развития схемы трансформаторы–шины)
10	Эксплуатационные критерии	а) Сравнительно простая и наглядная. б) Оперативные блокировки и операции с разъединителями просты и однотипны. в) Как следствие [перечисления а) и б)] минимизированы отказы по вине персонала
11	Техническая гибкость	Каждая линия подключается через развилку из выключателей, что является дополнительным преимуществом схемы в ремонтных и послеаварийных режимах
12	Критерии безопасности	а) Электрооборудование, токоведущие части, изоляторы, крепления, ограждения, несущие конструкции, изоляционные и другие расстояния должны быть выбраны и установлены таким образом, чтобы: - вызываемые нормальными условиями работы электроустановки усилия, нагрев, электрическая дуга или иные сопутствующие ее работе явления (искрение, выброс газов и т. п.) не могли причинить вред обслуживающему персоналу, а также привести к повреждению оборудования и возникновению КЗ; - при выводе в ремонт какого-либо присоединения, относящиеся к нему аппараты, токоведущие части и конструкции могли подвергаться безопасному техническому обслуживанию и ремонту без нарушения нормальной работы соседних цепей; - при нарушении нормальных условий работы электроустановки была обеспечена необходимая локализация повреждений, обусловленных действием КЗ.

Продолжение таблицы 17

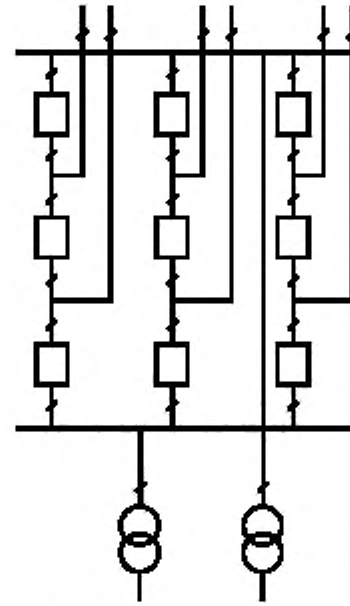
№ п/п	Наименование показателя	Описание
12	Критерии безопасности	б) Напряженность электрического и магнитного полей на маршрутах обхода для осмотра оборудования и на рабочих местах у оборудования, где возможно длительное присутствие персонала для проведения профилактических и ремонтных работ, не должна превышать допустимую. в) Должны быть выполнены требования нормативно-технических документов по электромагнитной совместимости
Расстановка оборудования		
13	Расстановка разъединителей	а) Во всех цепях РУ должна быть предусмотрена установка разъединяющих устройств с видимым разрывом, обеспечивающих возможность отсоединения всех аппаратов (выключателей с ТТ, ТН и т. д.) в каждой цепи со всех ее сторон, откуда может быть подано напряжение. б) Данное требование [перечисление а)] не распространяется на ВЧ-заградители и конденсаторы связи, ТН, устанавливаемые на отходящих линиях, а также ограничители перенапряжений, устанавливаемых на выводах Т (АТ) и на отходящих линиях. в) Видимый разрыв может отсутствовать в комплектных РУ заводского исполнения (в том числе с заполнением элегазом—КРУЭ) с выкатными элементами и/или при наличии надежного механического указателя гарантированного положения контактов. г) На разъединителях 110 кВ и выше предусматривается привод с дистанционным управлением. д) С учетом перечислений а) и б) разъединители устанавливаются: - в цепях АТ и ТН электромагнитного типа на СШ; - с обеих сторон каждого выключателя
14	Расстановка стационарных заземлителей	а) Стационарные заземлители должны быть размещены так, чтобы были не нужны переносные заземления, и чтобы персонал, работающий на токоведущих частях любых участков присоединений, был защищен заземлителями со всех сторон, откуда может быть подано напряжение. На случай отключения в процессе ремонта разъединителя с заземлителями или только заземлителя этого разъединителя должны быть предусмотрены заземлители у других разъединителей на данном участке схемы, расположенные со стороны возможной подачи напряжения. Поэтому на любых участках присоединений предусматривается установка двух заземлителей разных разъединителей. б) Каждая секция СШ 35 кВ и выше должна иметь два комплекта заземлителей. При наличии ТН заземления сборных шин следует осуществлять заземлителями разъединителей ТН. в) На заземлителях предусматривается привод с дистанционным управлением. г) С учетом перечислений а) и б) стационарные заземлители устанавливаются: - два комплекта на линейных разъединителях и разъединителях ТН, подключенных к СШ; - один комплект на разъединителях в цепях АТ со стороны указанных присоединений

Окончание таблицы 17

№ п/п	Наименование показателя	Описание
15	Расстановка ТТ	а) ТТ устанавливаются в каждом присоединении. Наиболее предпочтительными являются встроенные в оборудование ТТ (ТТ также необходимы в нейтралях трансформаторов 110 кВ и выше и АТ 220 кВ и выше). б) Может предусматриваться ТТ в цепи линии, для организации АИИС КУЭ, так как при его отсутствии включение на сумму токов двух измерительных трансформаторов повышает суммарную погрешность измерений электроэнергии. Последнее ведет к невозможности получения класса точности измерений выше, чем у контрагентов. в) При выборе количества вторичных обмоток ТТ должны учитываться следующие положения: - для подключения приборов коммерческого и/или технического учета электроэнергии используется отдельная вторичная обмотка ТТ, при этом также отдельная обмотка предусматривается для средств измерений (не входящих в АИИС КУЭ), т. е. отдельно друг от друга и от цепей защит; - основная и резервная защиты должны питаться от разных вторичных обмоток ТТ; - оно должно быть достаточным для присоединения к ним в общем случае основных и резервных защит двух элементов, например, ВЛ и СШ. г) При установке ТТ с меньшим количеством вторичных обмоток, чем требуется [перечисление б)], возникает необходимость в установке второго дополнительного ТТ. Он устанавливается с другой стороны выключателя. д) Расстановку ТТ относительно выключателей присоединений необходимо выполнять так, чтобы выключатели входили в зону дифференциальной защиты шин
16	Расстановка ТН	а) ТН устанавливают на каждой СШ, которая может работать раздельно. б) ТН предусматриваются с тремя вторичными обмотками, одна из которых предназначена для подключения приборов коммерческого и/или технического учета электроэнергии. в) При выборе ТН необходимо учитывать возможность возникновения феррорезонанса, рекомендуется применять антиферрорезонансные ТН, устойчивые или неподверженные феррорезонансу. г) На ЛЭП 330 кВ и выше для резервирования защит по цепям напряжения устанавливаются два ТН. Два ТН рекомендуется устанавливать на сборных шинах 330 кВ и выше для надежной работы релейной защиты и АИИС КУЭ
17	Расстановка ОПН	а) В цепях АТ должны быть установлены ОПН без коммутационных аппаратов между ними и защищаемым оборудованием. б) Необходимость установки ОПН на шинах (в ячейках ТН), а также на линейных присоединениях определяется сравнением расстояний по ошиновке от ОПН у силовых АТ до самого удаленного присоединения, с наибольшим допустимым расстоянием

5.18 Схема трансформаторы–шины с полуторным присоединением линий

Таблица 18

№ п/п	Наименование показателя	Описание
	Общие показатели	
1	Наименование и эскиз схемы	Трансформаторы—шины с полуторным присоединением линий 
2	Номер схемы	220-16; 330-16; 500-16; 750-16
3	Область применения	РУ от 220 до 750 кВ
4	Тип подстанции	Узловая
5	Количество присоединений	Два Т (АТ) и пять—шесть линий
6	Этапность развития	—
	Условия обоснования и выбора	
7	Основные условия применения	а) Узловая подстанция с количеством присоединений до восьми. б) По условиям устойчивости энергосистемы допустима потеря одновременно двух линий при отказе любого выключателя в схеме
8	Экономические критерии применения	а) Требует девять ячеек выключателей на восемь присоединений. б) Достаточно экономичная схема с учетом (пункт 5) количества присоединений
9	Критерии надежности	а) При отказе выключателя со стороны сборных шин теряется не более одной линии и одного Т (АТ), что допустимо с позиций устойчивости. б) При отказах выключателей «среднего» ряда одновременно отключаются две линии. Поэтому для основных сетей энергосистем 500 и 750 кВ необходима проверка сохранения устойчивости в энергосистеме при данных расчетных возмущениях, которые не должны сопровождаться работой ПА (на подстанциях 500 и 750 кВ страны имеется, как правило, не более шести линий)

Продолжение таблицы 18

№ п/п	Наименование показателя	Описание
10	Эксплуатационные критерии	а) Сравнительно простая и наглядная. б) Оперативные блокировки и операции с разъединителями просты и однотипны. в) Как следствие [перечисления а) и б)] минимизированы отказы по вине персонала
11	Техническая гибкость	Каждая линия подключается через развилку выключателей, что является дополнительным преимуществом схемы в ремонтных и послеаварийных режимах
12	Критерии безопасности	а) Электрооборудование, токоведущие части, изоляторы, крепления, ограждения, несущие конструкции, изоляционные и другие расстояния должны быть выбраны и установлены таким образом, чтобы: - вызываемые нормальными условиями работы электроустановки усилия, нагрев, электрическая дуга или иные сопутствующие ее работе явления (искрение, выброс газов и т. п.) не могли причинить вред обслуживающему персоналу, а также привести к повреждению оборудования и возникновению КЗ; - при выводе в ремонт какого-либо присоединения, относящиеся к нему аппараты, токоведущие части и конструкции могли подвергаться безопасному техническому обслуживанию и ремонту без нарушения нормальной работы соседних цепей; - при нарушении нормальных условий работы электроустановки была обеспечена необходимая локализация повреждений, обусловленных действием КЗ. б) Напряженность электрического и магнитного полей на маршрутах обхода для осмотра оборудования и на рабочих местах у оборудования, где возможно длительное присутствие персонала для проведения профилактических и ремонтных работ, не должна превышать допустимую. в) Должны быть выполнены требования нормативно-технических документов по электромагнитной совместимости
Расстановка оборудования		
13	Расстановка разъединителей	а) Во всех цепях РУ должна быть предусмотрена установка разъединяющих устройств с видимым разрывом, обеспечивающих возможность отсоединения всех аппаратов (выключателей с ТТ, ТН и т.д.) в каждой цепи со всех ее сторон, откуда может быть подано напряжение. б) Данное перечисление а) не распространяется на ВЧ-заградители и конденсаторы связи, ТН, устанавливаемые на отходящих линиях, а также ограничители перенапряжений, устанавливаемых на выводах Т (АТ) и на отходящих линиях. в) Видимый разрыв может отсутствовать в комплектных РУ заводского исполнения (в том числе с заполнением элегазом—КРУЭ) с выкатными элементами и/или при наличии надежного механического указателя гарантированного положения контактов. г) На разъединителях 110 кВ и выше предусматривается привод с дистанционным управлением. д) С учетом перечислений а) и б) разъединители устанавливаются: - в цепях линий, Т (АТ) и ТН электромагнитного типа на СШ; - с обеих сторон каждого выключателя

Продолжение таблицы 18

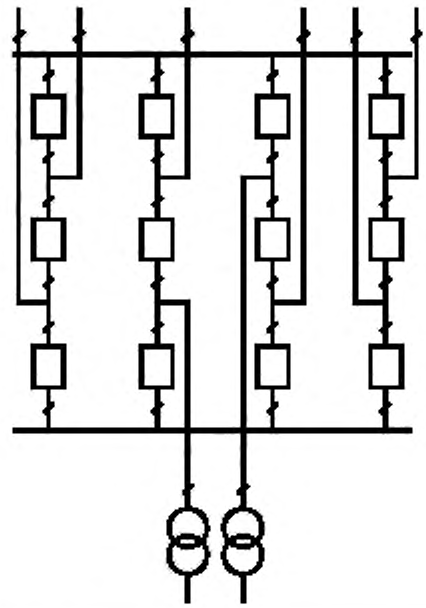
№ п/п	Наименование показателя	Описание
14	Расстановка стационарных заземлителей	а) Стационарные заземлители должны быть размещены так, чтобы были не нужны переносные заземления и чтобы персонал, работающий на токоведущих частях любых участков присоединений, был защищен заземлителями со всех сторон, откуда может быть подано напряжение. На случай отключения в процессе ремонта разъединителя с заземлителями или только заземлителя этого разъединителя должны быть предусмотрены заземлители у других разъединителей на данном участке схемы, расположенные со стороны возможной подачи напряжения. Поэтому на любых участках присоединений предусматривается установка двух заземлителей разных разъединителей. б) Каждая секция СШ 35 кВ и выше должна иметь два комплекта заземлителей. При наличии ТН заземления сборных шин следует осуществлять заземлителями разъединителей ТН. в) На заземлителях предусматривается привод с дистанционным управлением. г) С учетом перечислений а) и б) стационарные заземлители устанавливаются: - два комплекта на линейных разъединителях в полуторных цепочках и разъединителях ТН, подключенных к СШ; - один комплект на выходных линейных разъединителях со стороны линий, а также на шинных разъединителях со стороны присоединений
15	Расстановка ТТ	а) ТТ устанавливаются в каждом присоединении. Наиболее предпочтительными являются встроенные в оборудование ТТ (ТТ также необходимы в нейтралях трансформаторов 110 кВ и выше и АТ 220 кВ и выше). б) Может предусматриваться ТТ в цепи линии, для организации АИИС КУЭ, так как при его отсутствии включение на сумму токов двух измерительных трансформаторов повышает суммарную погрешность измерений электроэнергии. Последнее ведет к невозможности получения класса точности измерений выше, чем у контрагентов. в) При выборе количества вторичных обмоток трансформаторов тока должны учитываться следующие положения: - для подключения приборов коммерческого и/или технического учета электроэнергии используется отдельная вторичная обмотка ТТ, при этом также отдельная обмотка предусматривается для средств измерений (не входящих в АИИС КУЭ), т.е. отдельно друг от друга и от цепей защит; - основная и резервная защиты должны питаться от разных вторичных обмоток ТТ; - оно должно быть достаточным для присоединения к ним в общем случае основных и резервных защит двух элементов, например, ВЛ и СШ. г) При установке ТТ с меньшим количеством вторичных обмоток, чем требуется [перечисление б)], возникает необходимость в установке второго дополнительного ТТ. Он устанавливается с другой стороны выключателя. д) Расстановку ТТ относительно выключателей присоединений необходимо выполнять так, чтобы выключатели входили в зону дифференциальной защиты шин
16	Расстановка ТН	а) ТН устанавливают на каждой СШ, которая может работать раздельно. б) ТН предусматриваются с тремя вторичными обмотками, одна из которых предназначена для подключения приборов коммерческого и/или технического учета электроэнергии. в) При выборе ТН необходимо учитывать возможность возникновения феррорезонанса, рекомендуется применять антиферрорезонансные типы ТН.

Окончание таблицы 18

№ п/п	Наименование показателя	Описание
16	Расстановка ТН	г) На ЛЭП 330 кВ и выше для резервирования защит по цепям напряжения устанавливаются два ТН. Два ТН рекомендуется устанавливать на сборных шинах 330 кВ и выше для надежной работы релейной защиты и АИИС КУЭ. д) На ЛЭП 220 кВ предусматривается установка шкафов отбора напряжения или однофазных ТН для АПВ с контролем наличия напряжения и/или синхронизма, обоснованных проектной документацией
17	Расстановка ОПН	а) В цепях АТ должны быть установлены ОПН без коммутационных аппаратов между ними и защищаемым оборудованием. б) Необходимость установки ОПН на шинах (в ячейках ТН), а также на линейных присоединениях определяется сравнением расстояний по ошиновке от ОПН у силовых АТ до самого удаленного присоединения, с наибольшим допустимым расстоянием

5.19 Полуторная схема

Таблица 19

№ п/п	Наименование показателя	Описание
Общие показатели		
1	Наименование и эскиз схемы	Полуторная схема 
2	Номер схемы	220-17; 330-17; 500-17; 750-17
3	Область применения	РУ от 220 до 750 кВ
4	Тип подстанции	Узловая
5	Количество присоединений	Шесть и более

Продолжение таблицы 19

№ п/п	Наименование показателя	Описание
6	Этапность развития	–
Условия обоснования и выбора		
7	Основные условия применения	а) Узловая подстанция с количеством присоединений шесть и более. б) Нецелесообразно использовать иные схемы (трансформаторы—шины, трансформаторы—шины с полуторным присоединением линий); например, данная схема имела наибольшую эффективность на подстанции 750 кВ с тремя АТ и тремя линиями, на которой с позиций устойчивости недопустимо одновременно терять два АТ или две линии при отказе выключателя
8	Экономические критерии применения	Необходимо три выключателя на каждые два присоединения, поэтому схема достаточно затратная и должна требовать обоснования
9	Критерии надежности	а) При отказе выключателя со стороны сборных шин теряется не более одной линии или одного Т (АТ), что допустимо с позиций устойчивости. б) При отказах выключателей «среднего» ряда одновременно отключаются два присоединения, поэтому для основных сетей энергосистем 500 и 750 кВ необходима проверка сохранения устойчивости в энергосистеме при данных расчетных возмущениях, которые не должны сопровождаться работой ПА. в) Секционирование сборных шин в схеме 3/2 осуществляется в целях недопущения снижения максимально допустимых перетоков активной мощности в контролируемых сечениях и обеспечения надежности функционирования подстанции при возникновении аварийных возмущений. Необходимость секционирования определяется на основании результатов расчетов электрических режимов с учетом технико-экономических показателей соответствующей схемы РУ
10	Эксплуатационные критерии	а) Сравнительно простая и наглядная. б) Оперативные блокировки и операции с разъединителями просты и однотипны. в) Как следствие [перечисления а) и б)] минимизированы отказы по вине персонала
11	Техническая гибкость	Каждое присоединение подключается через развилку выключателей, что является дополнительным преимуществом схемы в ремонтных и послеаварийных режимах
12	Критерии безопасности	а) Электрооборудование, токоведущие части, изоляторы, крепления, ограждения, несущие конструкции, изоляционные и другие расстояния должны быть выбраны и установлены таким образом, чтобы: - вызываемые нормальными условиями работы электроустановки усилия, нагрев, электрическая дуга или иные сопутствующие ее работе явления (искрение, выброс газов и т. п.) не могли причинить вред обслуживающему персоналу, а также привести к повреждению оборудования и возникновению КЗ; - при выводе в ремонт какого-либо присоединения, относящиеся к нему аппараты, токоведущие части и конструкции могли подвергаться безопасному техническому обслуживанию и ремонту без нарушения нормальной работы соседних цепей; - при нарушении нормальных условий работы электроустановки была обеспечена необходимая локализация повреждений, обусловленных действием КЗ. б) Напряженность электрического и магнитного полей на маршрутах обхода для осмотра оборудования и на рабочих местах у оборудования, где возможно длительное присутствие персонала для проведения профилактических и ремонтных работ, не должна превышать допустимую. в) Должны быть выполнены требования нормативно-технических документов по электромагнитной совместимости

Продолжение таблицы 19

№ п/п	Наименование показателя	Описание
		Расстановка оборудования
13	Расстановка разъединителей	а) Во всех цепях РУ должна быть предусмотрена установка разъединяющих устройств с видимым разрывом, обеспечивающих возможность отсоединения всех аппаратов (выключателей с ТТ, ТН и т. д.) в каждой цепи со всех ее сторон, откуда может быть подано напряжение. б) Данное требование [перечисление а)] не распространяется на ВЧ-заградители и конденсаторы связи, ТН, устанавливаемые на отходящих линиях, а также ограничители перенапряжений, устанавливаемых на выводах Т (АТ) и на отходящих линиях. в) Видимый разрыв может отсутствовать в комплектных РУ заводского исполнения (в том числе с заполнением элегазом—КРУЭ) с выкатными элементами и/или при наличии надежного механического указателя гарантированного положения контактов. г) На разъединителях 110 кВ и выше предусматривается привод с дистанционным управлением. д) С учетом перечислений а) и б) разъединители устанавливаются: - в цепях линий, Т (АТ) и ТН электромагнитного типа на СШ; - с обеих сторон каждого выключателя
14	Расстановка стационарных заземлителей	а) Стационарные заземлители должны быть размещены так, чтобы были не нужны переносные заземления и чтобы персонал, работающий на токоведущих частях любых участков присоединений, был защищен заземлителями со всех сторон, откуда может быть подано напряжение. На случай отключения в процессе ремонта разъединителя с заземлителями или только заземлителя этого разъединителя должны быть предусмотрены заземлители у других разъединителей на данном участке схемы, расположенные со стороны возможной подачи напряжения. Поэтому на любых участках присоединений предусматривается установка двух заземлителей разных разъединителей. б) Каждая секция СШ 35 кВ и выше должна иметь два комплекта заземлителей. При наличии ТН заземления сборных шин следует осуществлять заземлителями разъединителей ТН. в) На заземлителях предусматривается привод с дистанционным управлением. г) С учетом перечислений а) и б) стационарные заземлители устанавливаются: - два комплекта на линейных разъединителях в полуторных цепочках и разъединителях ТН, подключенных к СШ; - один комплект на выходных линейных разъединителях со стороны присоединений, а также на шинных разъединителях со стороны присоединений
15	Расстановка ТТ	а) ТТ устанавливаются в каждом присоединении. Наиболее предпочтительными являются встроенные в оборудование ТТ (ТТ также необходимы в нейтралях трансформаторов 110 кВ и выше и АТ 220 кВ и выше). б) Может предусматриваться ТТ в цепи линии, для организации АИИС КУЭ, так как при его отсутствии включение на сумму токов двух измерительных трансформаторов повышает суммарную погрешность измерений электроэнергии. Последнее ведет к невозможности получения класса точности измерений выше, чем у контрагентов. в) При выборе количества вторичных обмоток ТТ должны учитываться следующие положения: - для подключения приборов коммерческого и/или технического учета электроэнергии используется отдельная вторичная обмотка ТТ, при этом также отдельная обмотка предусматривается для средств измерений (не входящих в АИИС КУЭ), т. е. отдельно друг от друга и от цепей защит; - основная и резервная защиты должны питаться от разных вторичных обмоток ТТ;

Окончание таблицы 19

№ п/п	Наименование показателя	Описание
15	Расстановка ТТ	- оно должно быть достаточным для присоединения к ним в общем случае основных и резервных защит двух элементов, например, ВЛ и СШ. г) При установке ТТ с меньшим количеством вторичных обмоток, чем требуется [перечисление б)], возникает необходимость в установке второго дополнительного ТТ. Он устанавливается с другой стороны выключателя. д) Расстановку ТТ относительно выключателей присоединений необходимо выполнять так, чтобы выключатели входили в зону дифференциальной защиты шин
16	Расстановка ТН	а) ТН устанавливают на каждой СШ, которая может работать раздельно. б) ТН предусматриваются с тремя вторичными обмотками, одна из которых предназначена для подключения приборов коммерческого и/или технического учета электроэнергии. в) При выборе ТН необходимо учитывать возможность возникновения феррорезонанса, рекомендуется применять антиферрорезонансные типы ТН. г) На ЛЭП 330 кВ и выше для резервирования защит по цепям напряжения устанавливаются два ТН. Два ТН рекомендуется устанавливать на сборных шинах 330 кВ и выше для надежной работы релейной защиты и АИИС КУЭ. д) На ЛЭП 220 кВ предусматривается установка шкафов отбора напряжения или однофазных ТН для АПВ с контролем наличия напряжения и/или синхронизма, обоснованных проектной документацией
17	Расстановка ОПН	а) В цепях АТ должны быть установлены ОПН без коммутационных аппаратов между ними и защищаемым оборудованием. б) Необходимость установки ОПН на шинах (в ячейках ТН), а также на линейных присоединениях определяется сравнением расстояний по ошиновке от ОПН у силовых АТ до самого удаленного присоединения, с наибольшим допустимым расстоянием

6 Типовые схемы распределительных устройств от 35 до 750 кВ

Ниже приведены типовые схемы РУ от 35 до 750 кВ, а также схемы подключения устройств компенсации реактивной мощности (таблицы 20—26). В схемах количество присоединений принято условно.

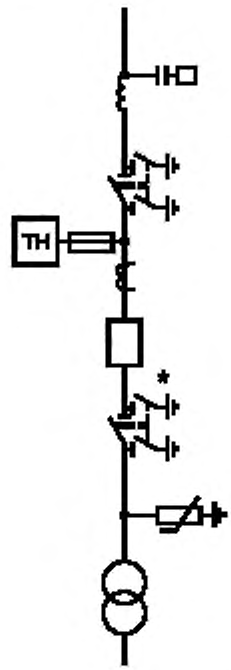
6.1 Схемы распределительных устройств 35 кВ

Таблица 20

№ п/п	Наименование схемы	Номер схемы	Номер рисунка
1	Блок (линия—трансформатор) с разъединителем	35-1	Рисунок 1
2	Блок (линия—трансформатор) с выключателем	35-3Н	Рисунок 2
3	Два блока (линия—трансформатор) с выключателями и неавтоматической перемычкой со стороны линий	35-4Н	Рисунок 3
4	«Мостик» с выключателями в цепях линий и ремонтной перемычкой со стороны линии	35-5Н	Рисунок 4
5	«Мостик» с выключателями в цепях трансформаторов и ремонтной перемычкой со стороны трансформаторов	35-5АН	Рисунок 5
6	Одна рабочая секционированная выключателем СШ	35-9	Рисунок 6

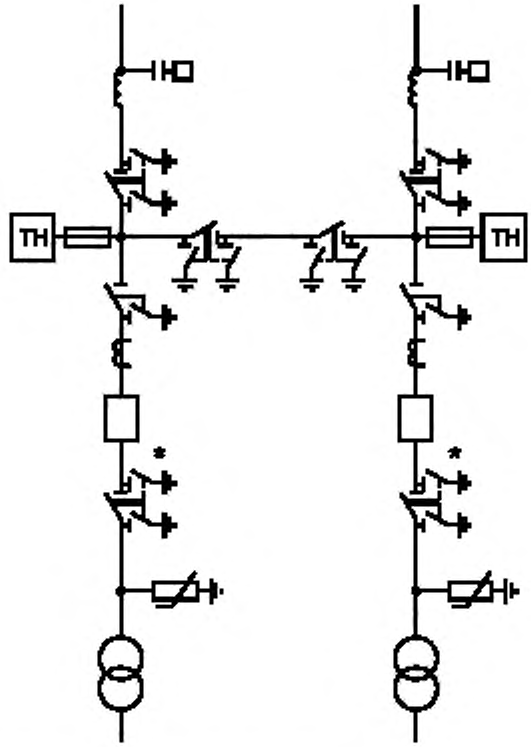


Рисунок 1 — Схема 35-1. Блок (линия—трансформатор) с разъединителем



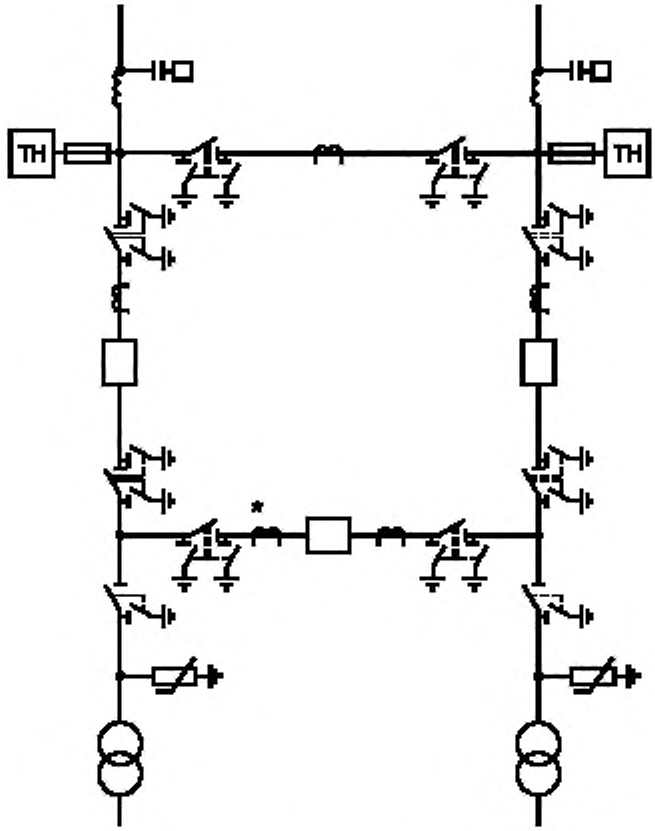
Примечание — Необходимость установки оборудования, отмеченного «*», определяется при конкретном проектировании.

Рисунок 2 — Схема 35-3Н. Блок (линия—трансформатор) с выключателем



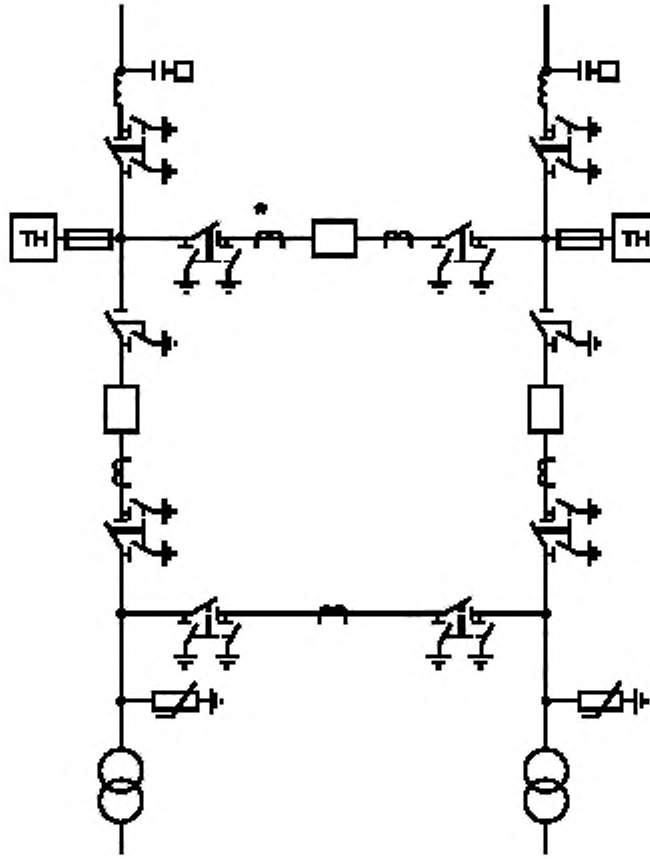
Примечание — Необходимость установки оборудования, отмеченного «*», определяется при конкретном проектировании.

Рисунок 3 — Схема 35-4Н. Два блока (линия—трансформатор) с выключателями и неавтоматической перемычкой со стороны линий



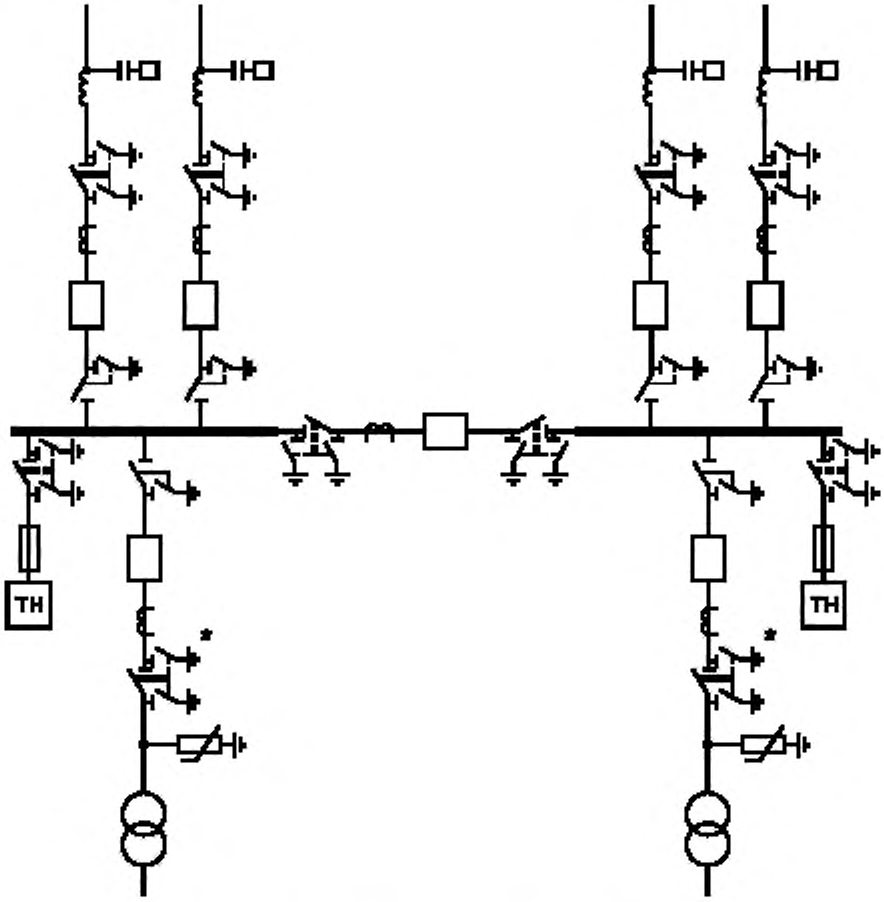
Примечание — Необходимость установки оборудования, отмеченного «*», определяется при конкретном проектировании.

Рисунок 4 — Схема 35-5Н. «Мостик» с выключателями в цепях линий и ремонтной перемычкой со стороны линии



Примечание — Необходимость установки оборудования, отмеченного «*», определяется при конкретном проектировании.

Рисунок 5 — Схема 35-5АН. «Мостик» с выключателями в цепях трансформаторов и ремонтной перемычкой со стороны трансформаторов



Примечание — Необходимость установки оборудования, отмеченного «*», определяется при конкретном проектировании.

Рисунок 6 — Схема 35-9. Одна рабочая секционированная выключателем СШ

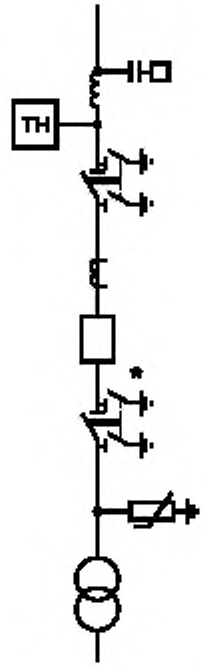
6.2 Схемы распределительных устройств 110 кВ

Таблица 21

№ п/п	Наименование схемы	Номер схемы	Номер рисунка
1	Блок (линия—трансформатор) с разъединителем	110-1	Рисунок 7
2	Блок (линия—трансформатор) с выключателем	110-3Н	Рисунок 8
3	Два блока (линия—трансформатор) с выключателями и неавтоматической перемычкой со стороны линий	110-4Н	Рисунок 9
4	«Мостик» с выключателями в цепях линий и ремонтной перемычкой со стороны линий	110-5Н	Рисунок 10
5	«Мостик» с выключателями в цепях трансформаторов и ремонтной перемычкой со стороны трансформаторов	110-5АН	Рисунок 11
6	«Заход—выход»	110-6	Рисунок 12
7	«Треугольник»	110-6Н	Рисунок 13
8	«Четырехугольник»	110-7	Рисунок 14
9	«Шестиугольник»	110-8	Рисунок 15
10	Одна рабочая секционированная выключателем СШ	110-9	Рисунок 16
11	Одна рабочая секционированная СШ с подключением трансформаторов через развилку из выключателей	110-9Н	Рисунок 17
12	Одна рабочая секционированная СШ с подключением ответственных присоединений через полуторную цепочку	110-9АН	Рисунок 18
13	Одна рабочая секционированная выключателем и обходная СШ	110-12	Рисунок 19
14	Одна рабочая секционированная выключателями и обходная СШ с подключением трансформаторов к обеим секциям шин через два выключателя	110-12Н	Рисунок 20
15	Две рабочие СШ	110-13	Рисунок 21
16	Две рабочие и обходная СШ	110-13Н	Рисунок 22
17	Две рабочие секционированные выключателями и обходная СШ с двумя обходными и двумя шиносоединительными выключателями	110-14	Рисунок 23

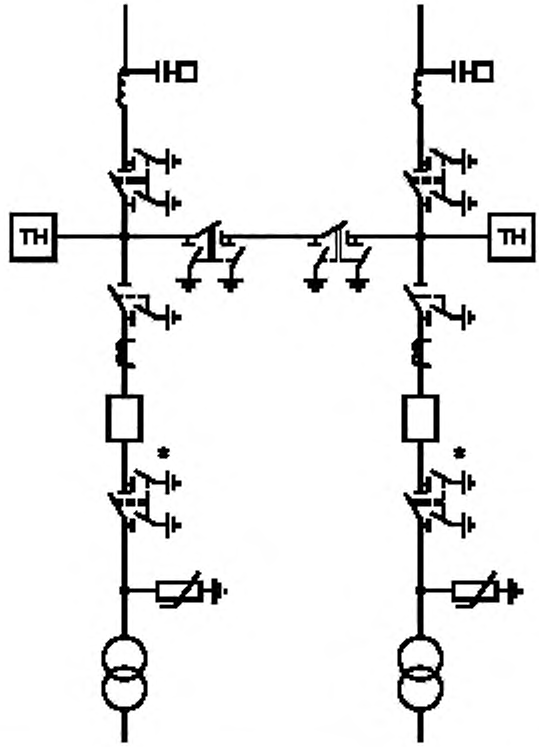


Рисунок 7 — Схема 110-1. Блок (линия—трансформатор) с разъединителем



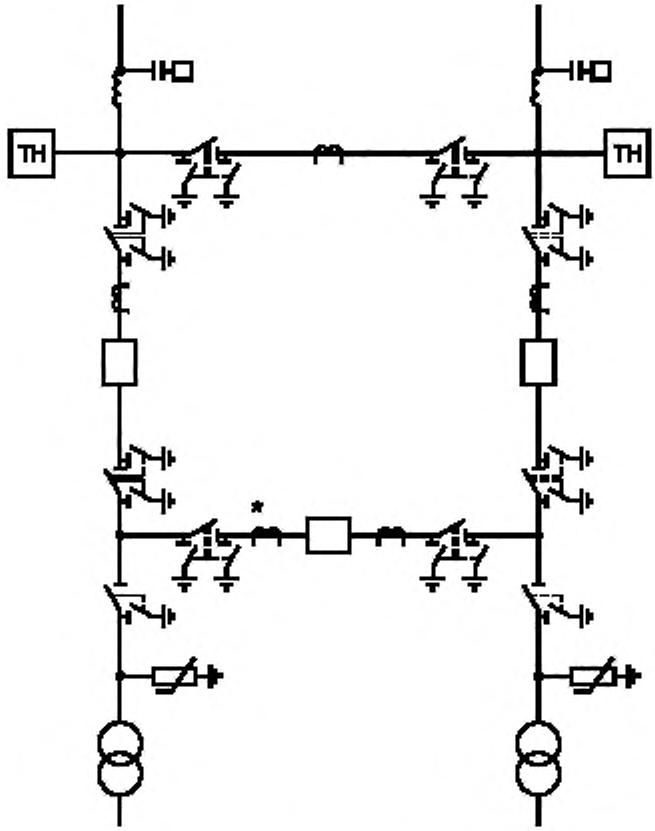
Примечание — Необходимость установки оборудования отмеченного «*», определяется при конкретном проектировании.

Рисунок 8 — Схема 110-3Н. Блок (линия—трансформатор) с выключателем



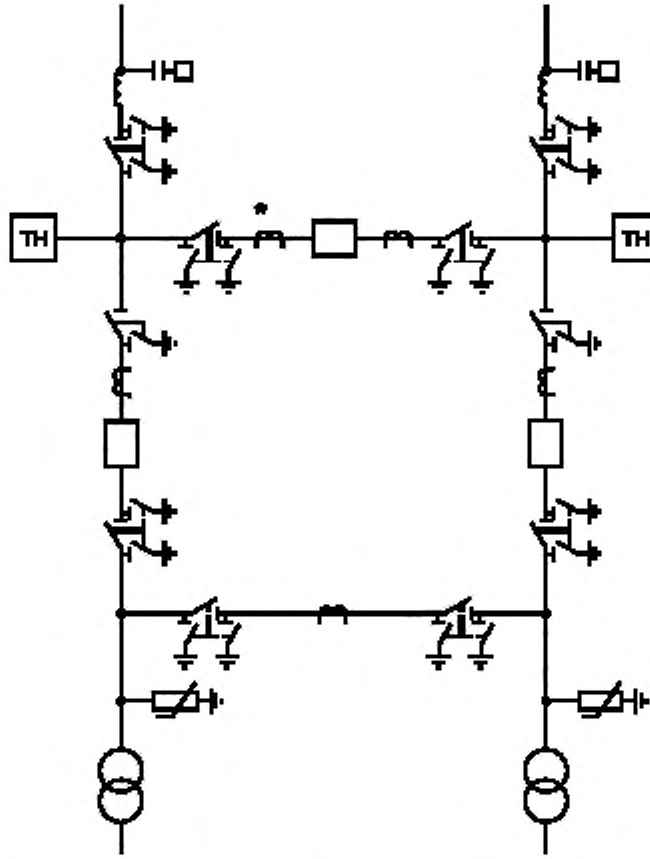
Примечание — Необходимость установки оборудования отмеченного «*», определяется при конкретном проектировании.

Рисунок 9 — Схема 110-4Н. Два блока (линия—трансформатор) с выключателями и неавтоматической перемычкой со стороны линий



Примечание — Необходимость установки оборудования, отмеченного «*», определяется при конкретном проектировании.

Рисунок 10 — Схема 110-5Н. «Мостик» с выключателями в цепях линий и ремонтной перемычкой со стороны линий



Примечание — Необходимость установки оборудования, отмеченного «*», определяется при конкретном проектировании.

Рисунок 11 — Схема 110-5АН. «Мостик» с выключателями в цепях трансформаторов и ремонтной перемычкой со стороны трансформаторов

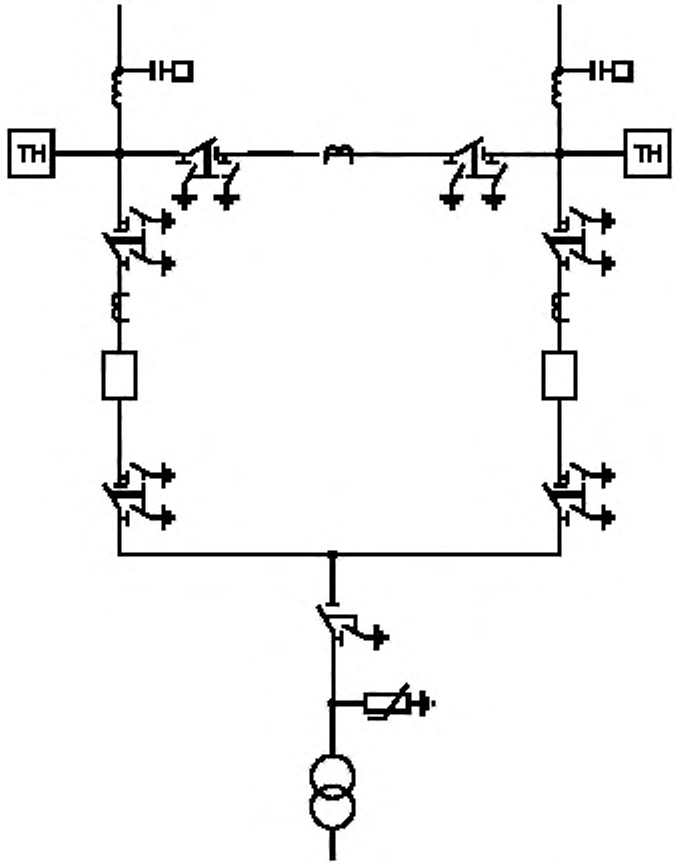
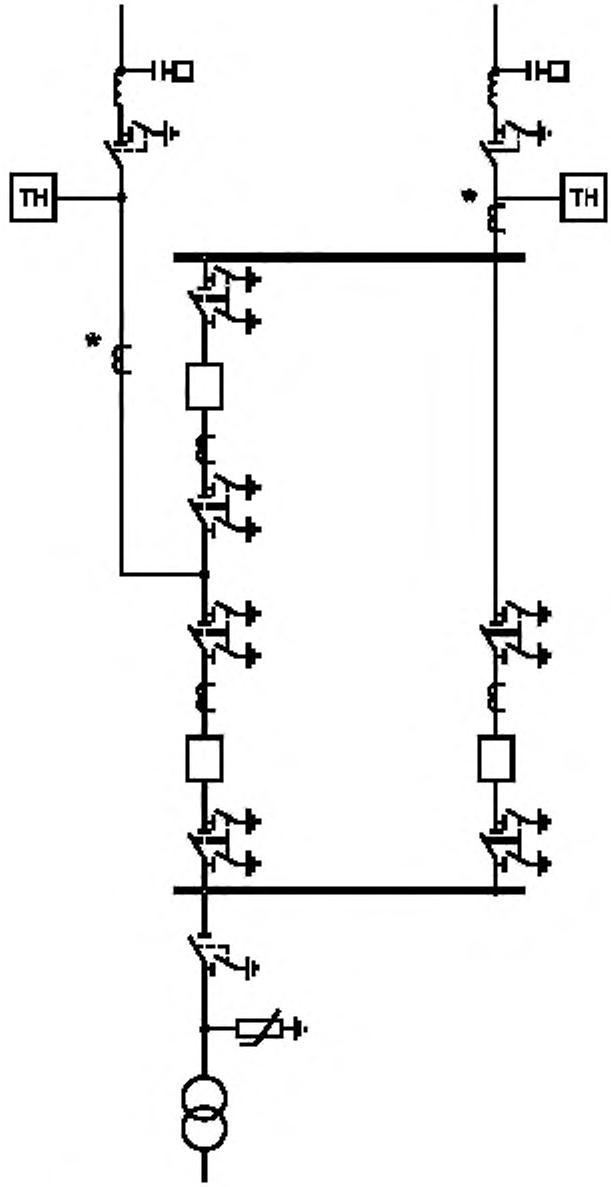
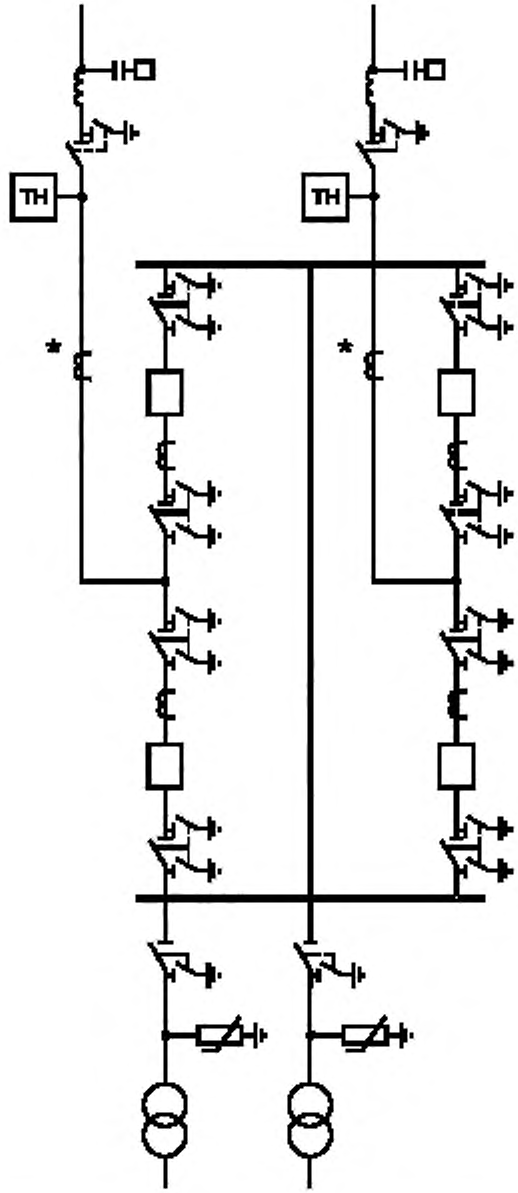


Рисунок 12 — Схема 110-6. «Заход—выход»



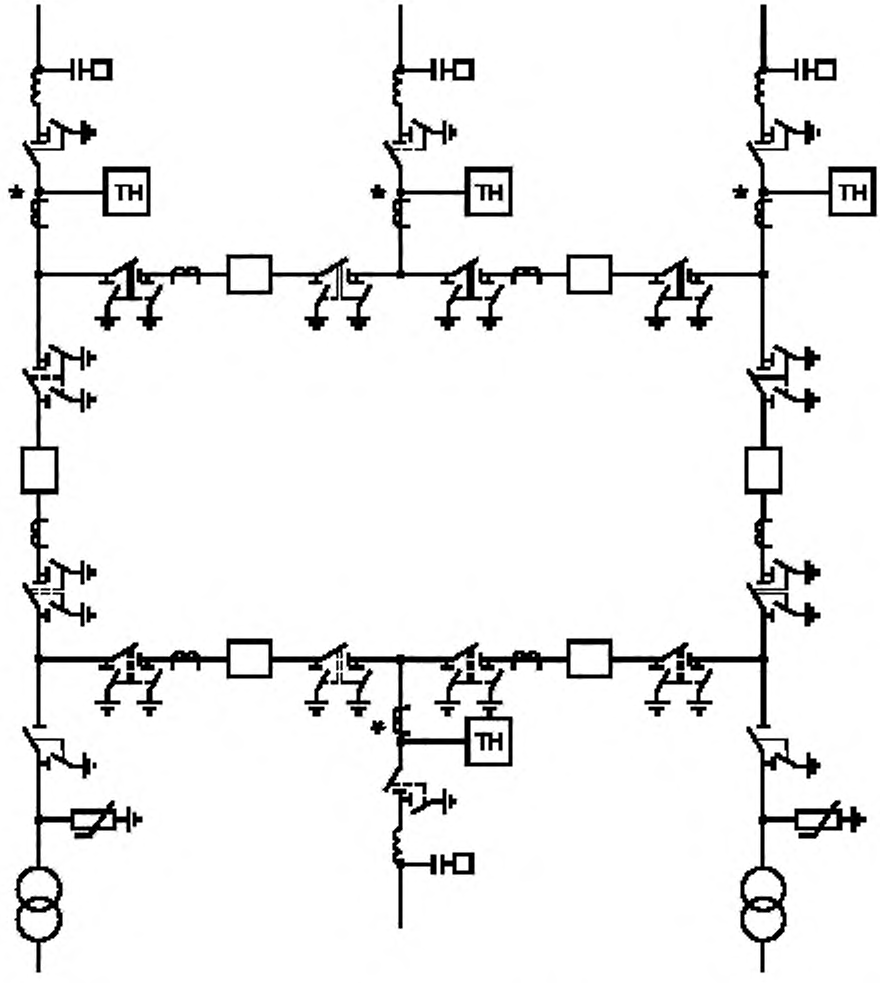
Примечание — Необходимость установки оборудования, отмеченного «*», определяется при конкретном проектировании.

Рисунок 13 — Схема 110-6Н. «Треугольник»



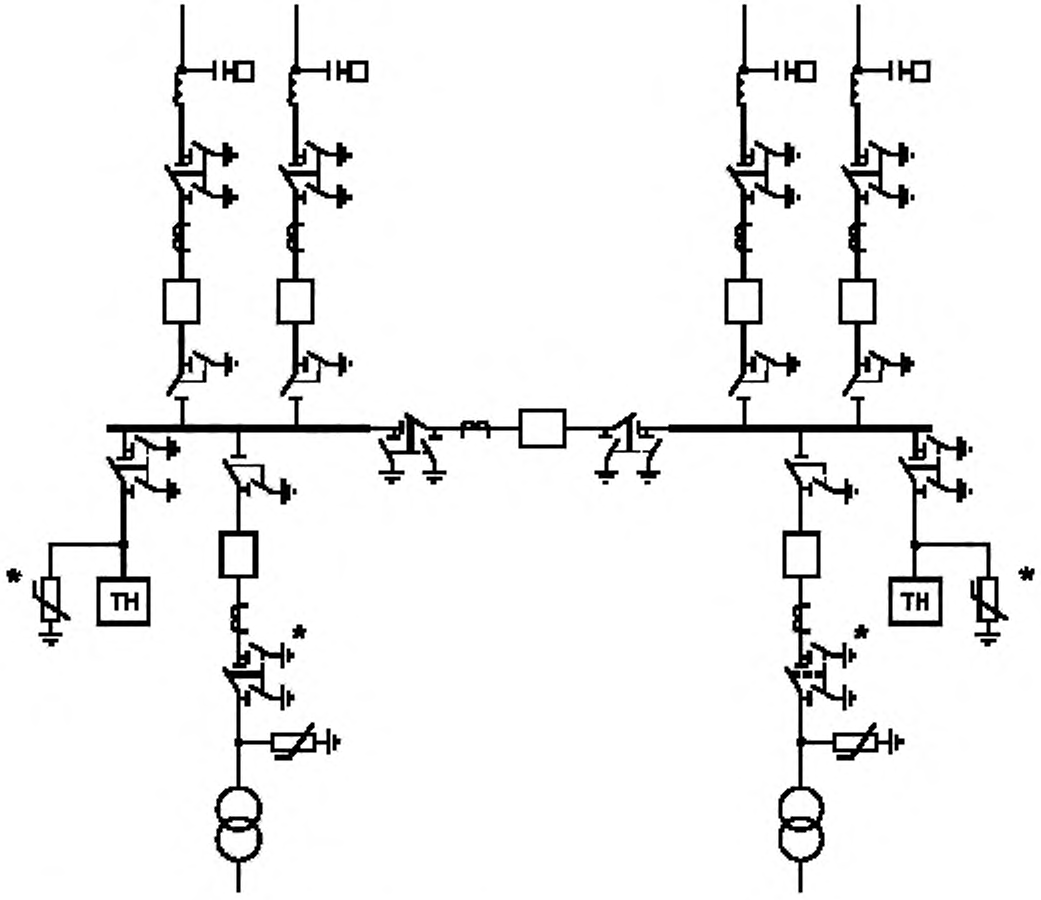
Примечание — Необходимость установки оборудования, отмеченного «*», определяется при конкретном проектировании.

Рисунок 14 — Схема 110-7. «Четырехугольник»



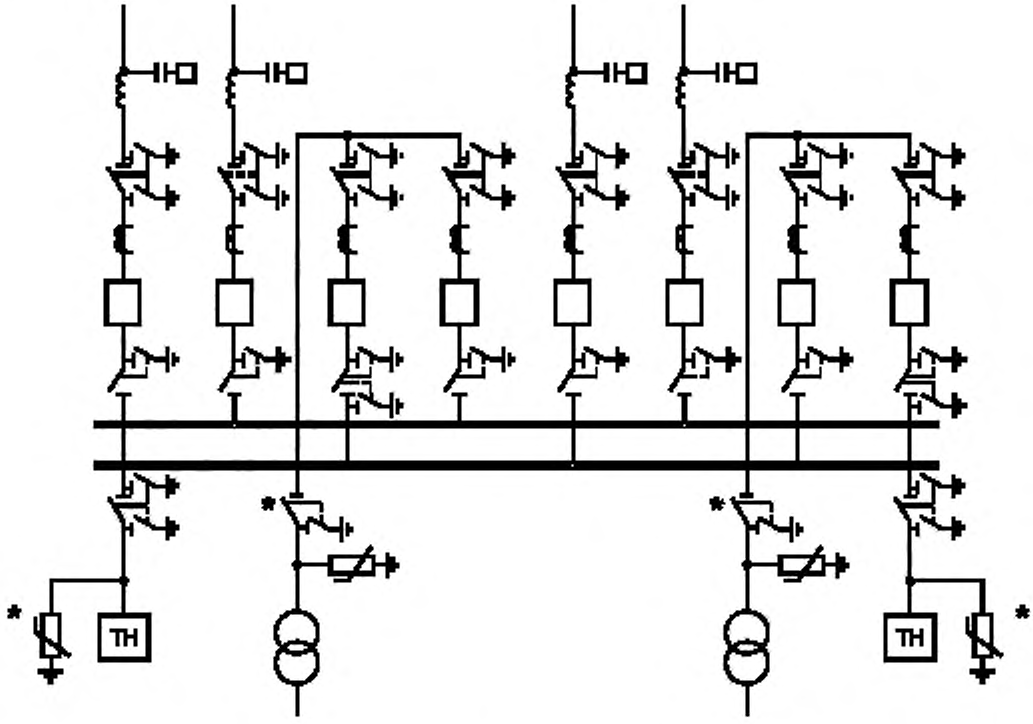
Примечание — Необходимость установки оборудования, отмеченного «*», определяется при конкретном проектировании.

Рисунок 15 — Схема 110-8. «Шестиугольник»



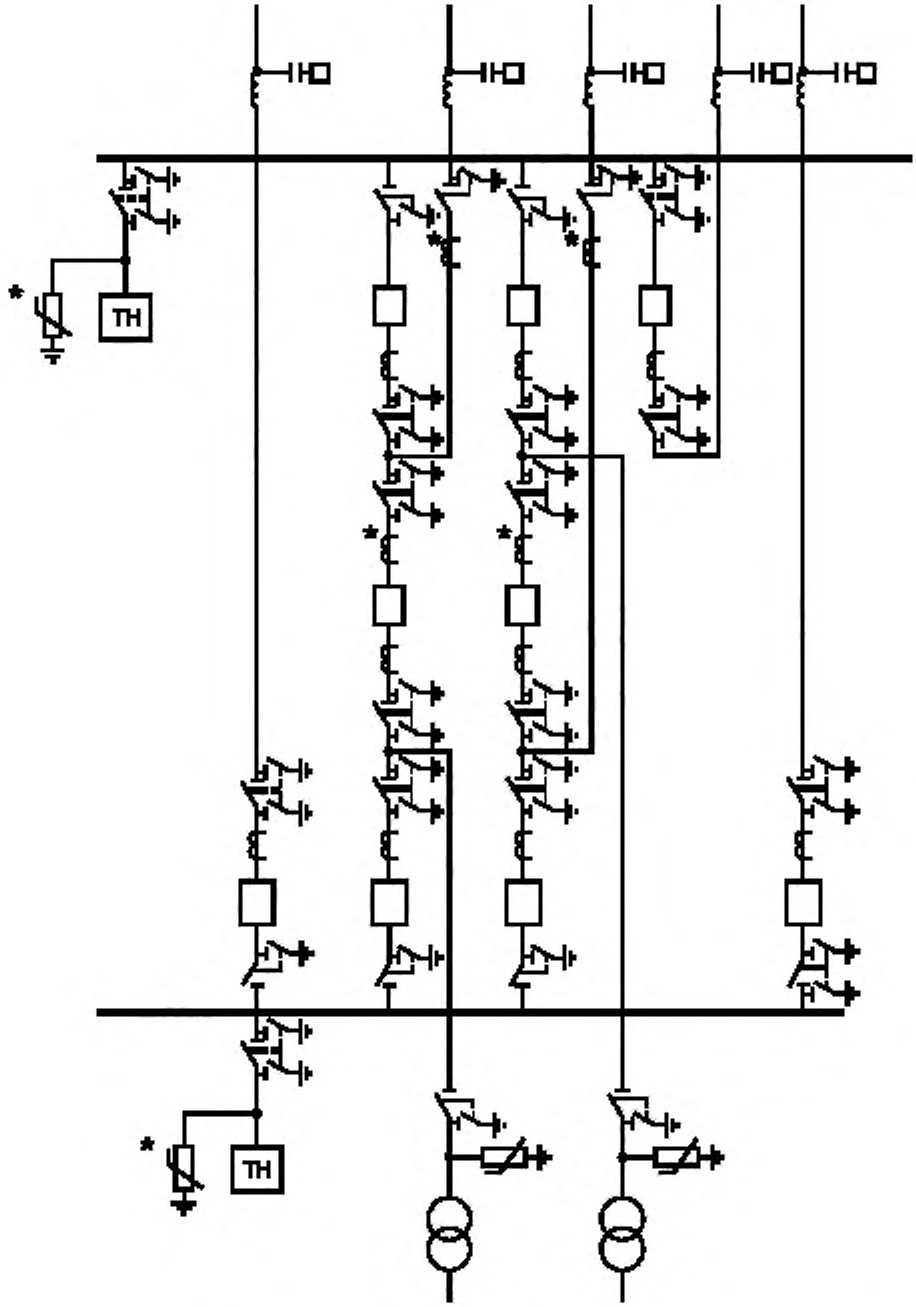
Примечание — Необходимость установки оборудования, отмеченного «*», определяется при конкретном проектировании.

Рисунок 16 — Схема 110-9. Одна рабочая секционированная выключателем СШ



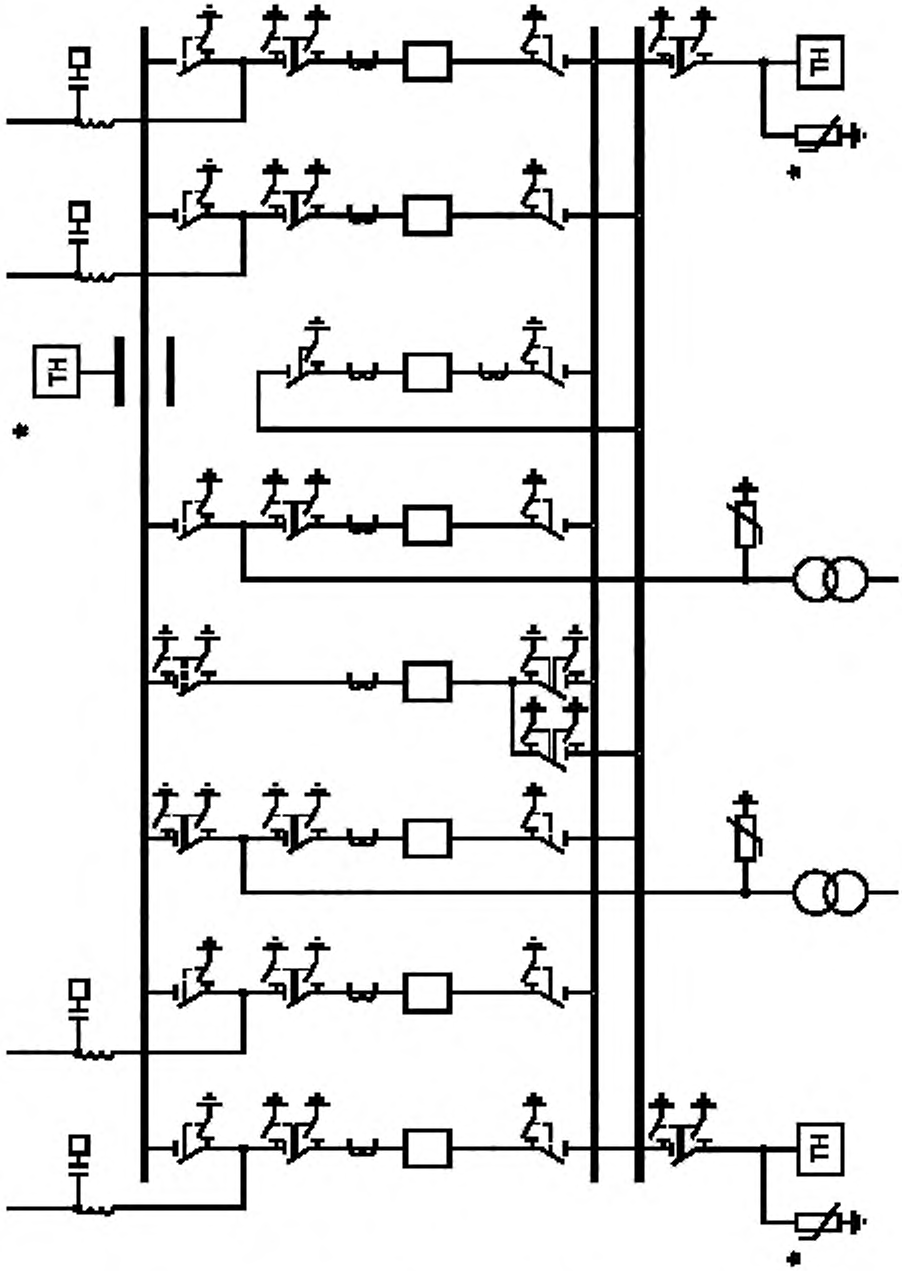
Примечание — Необходимость установки оборудования, отмеченного «*», определяется при конкретном проектировании.

Рисунок 17 — Схема 110-9Н. Одна рабочая секционированная СШ с подключением трансформаторов через развилку из выключателей



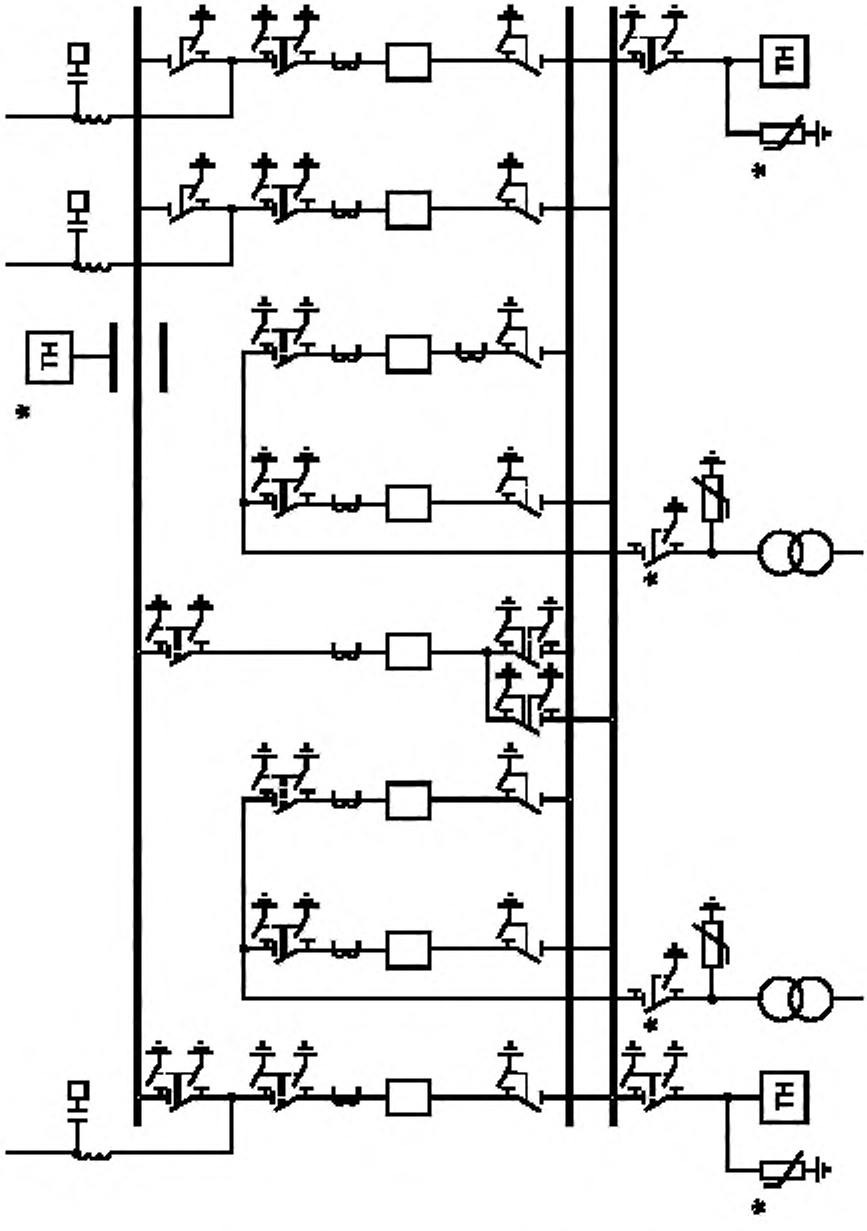
Примечание — Необходимость установки оборудования, отмеченного «*», определяется при конкретном проектировании.

Рисунок 18 — Схема 110-9АН. Одна рабочая секционированная СШ с подключением ответственных присоединений через полуторную цепочку



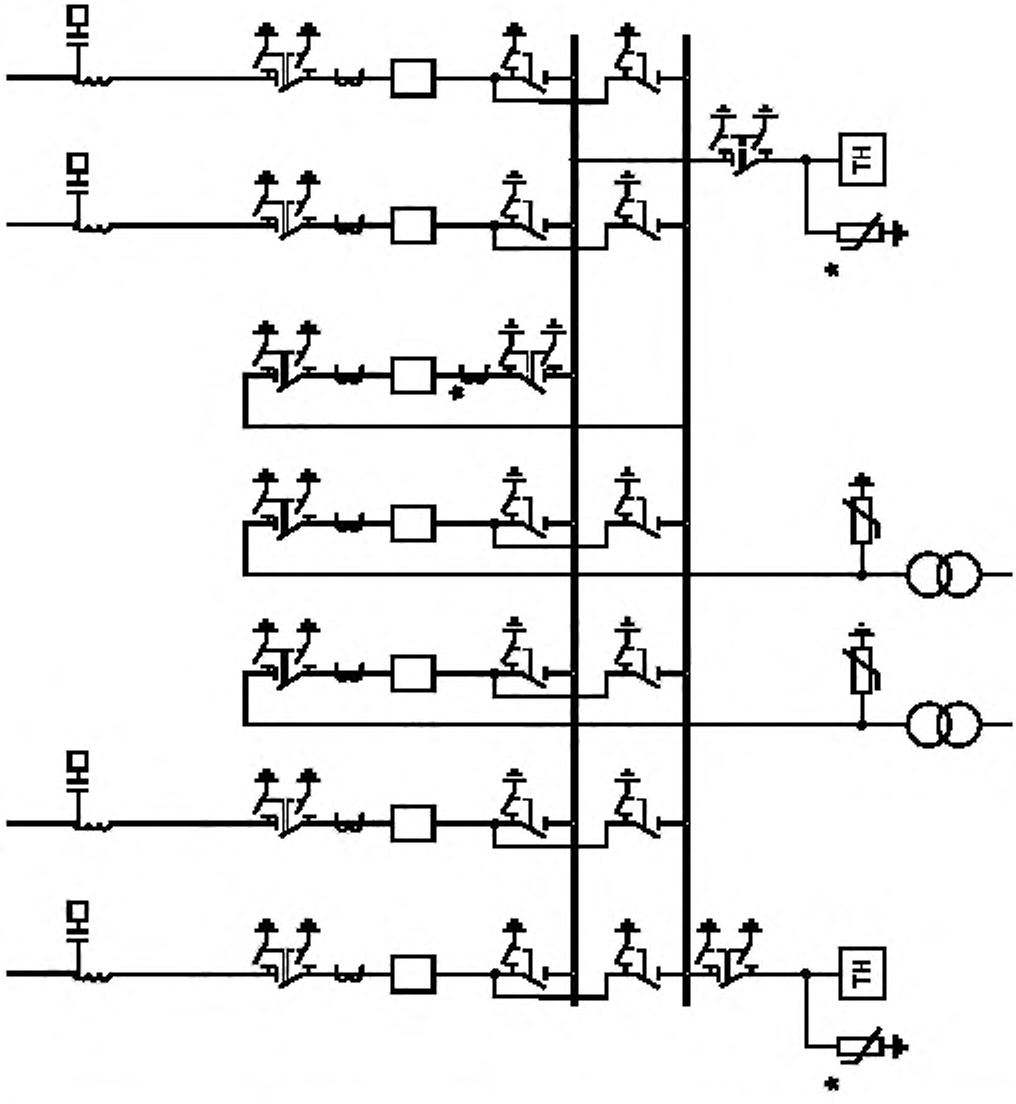
Примечание — Необходимость установки оборудования, отмеченного «*», определяется при конкретном проектировании.

Рисунок 19 — Схема 110-12. Одна рабочая секционированная выключателем и обходная СШ



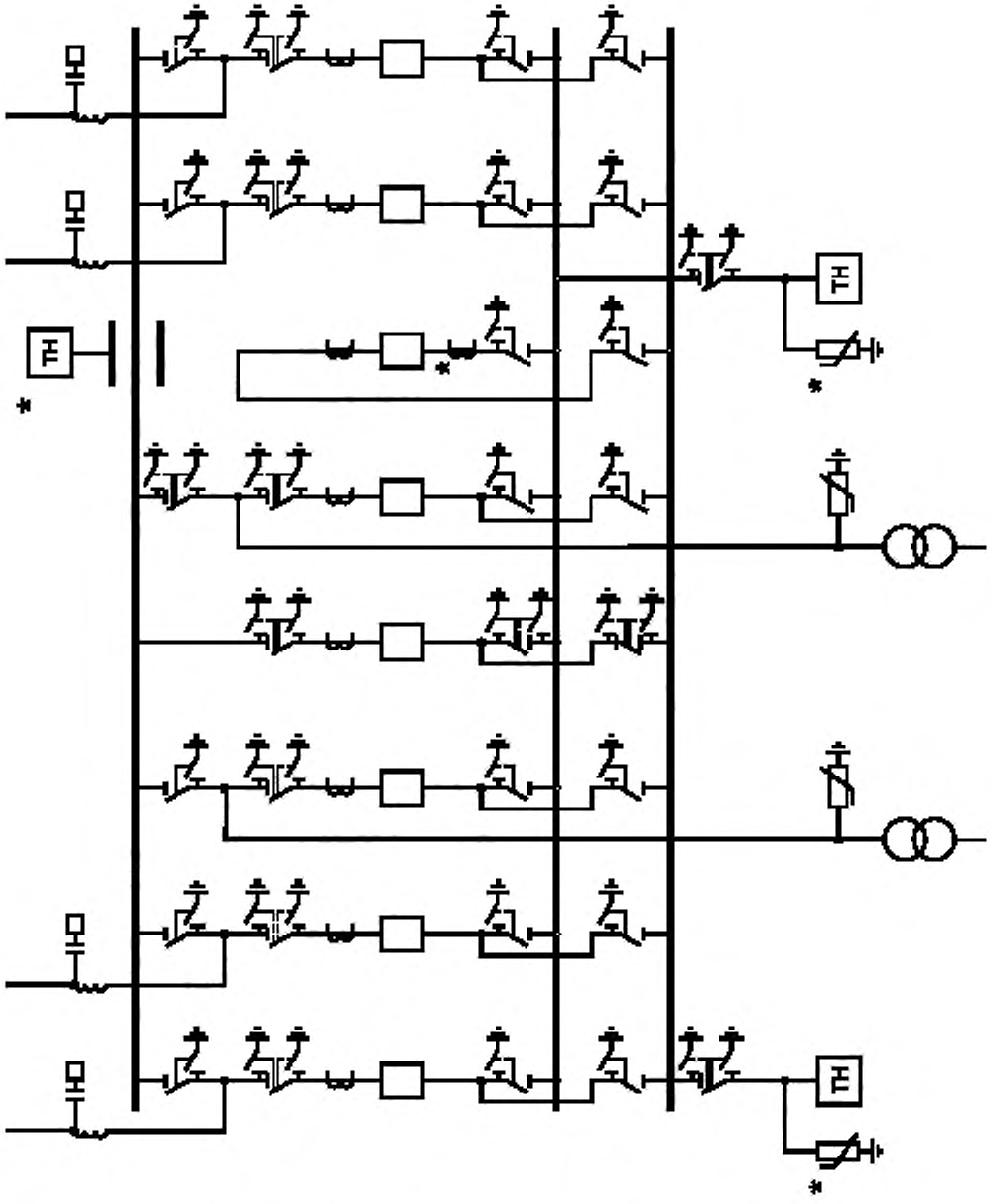
Примечание — Необходимость установки оборудования, отмеченного «*», определяется при конкретном проектировании.

Рисунок 20 — Схема 110-12Н. Одна рабочая секционированная выключателями и обходная СШ с подключением трансформаторов к обеим секциям шин через два выключателя



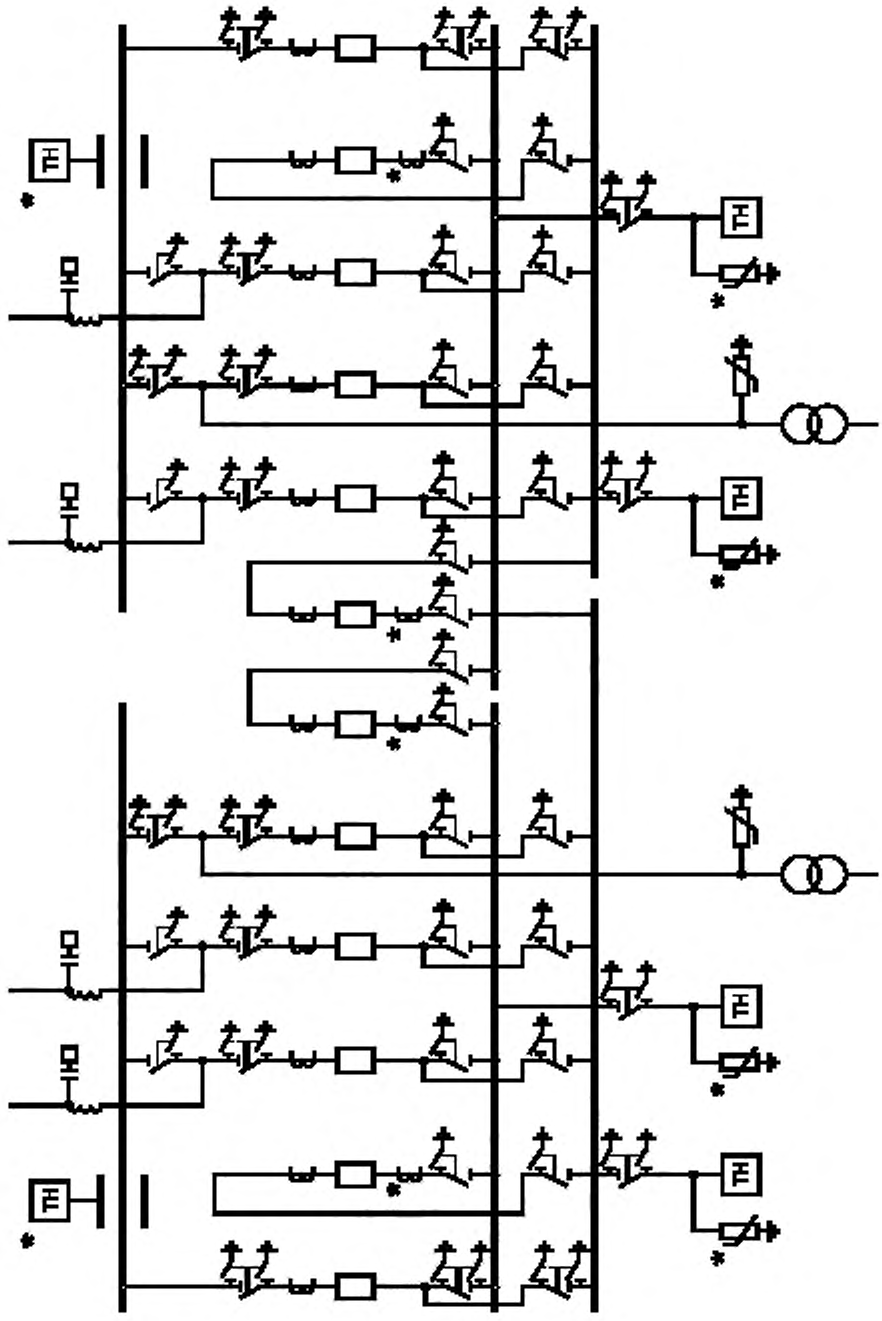
Примечание — Необходимость установки оборудования, отмеченного «*», определяется при конкретном проектировании.

Рисунок 21 — Схема 110-13. Две рабочие СШ



Примечание — Необходимость установки оборудования, отмеченного «*», определяется при конкретном проектировании.

Рисунок 22 — Схема 110-13Н. Две рабочие и обходная СШ



Примечание — Необходимость установки оборудования отмеченного «*», определяется при конкретном проектировании.

Рисунок 23 — Схема 110-14. Две рабочие секционированные выключателями и обходная СШ с двумя обходными и двумя шиносоединительными выключателями

6.3 Схемы распределительных устройств 220 кВ

Таблица 22

№ п/п	Наименование схемы	Номер схемы	Номер рисунка
1	Блок (линия—трансформатор) с разъединителем	220-1	Рисунок 24
2	Блок (линия—трансформатор) с выключателем	220-3Н	Рисунок 25
3	Два блока (линия—трансформатор) с выключателями и неавтоматической перемычкой со стороны линий	220-4Н	Рисунок 26
4	«Мостик» с выключателями в цепях линий и ремонтной перемычкой со стороны линий	220-5Н	Рисунок 27
5	«Мостик» с выключателями в цепях трансформаторов и ремонтной перемычкой со стороны трансформаторов	220-5АН	Рисунок 28
6	«Заход—выход»	220-6	Рисунок 29
7	«Треугольник»	220-6Н	Рисунок 30
8	«Четырехугольник»	220-7	Рисунок 31
9	«Шестиугольник»	220-8	Рисунок 32
10	Одна рабочая секционированная СШ	220-9	Рисунок 33
11	Одна рабочая секционированная СШ с подключением трансформаторов через развилку из выключателей	220-9Н	Рисунок 34
12	Одна рабочая секционированная СШ с подключением ответственных присоединений через полуторную цепочку	220-9АН	Рисунок 35
13	Одна рабочая секционированная выключателем и обходная СШ	220-12	Рисунок 36
14	Одна рабочая секционированная выключателями СШ с подключением трансформаторов через развилку из выключателей	220-12Н	Рисунок 37
15	Две рабочие СШ	220-13	Рисунок 38
16	Две рабочие и обходная СШ	220-13Н	Рисунок 39
17	Две рабочие секционированные выключателями и обходная СШ с двумя обходными и двумя шиносоединительными выключателями	220-14	Рисунок 40
18	Трансформаторы–шины с полуторным присоединением линий	220-16	Рисунок 41
19	Полуторная схема	220-17	Рисунок 42

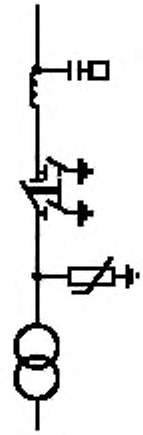
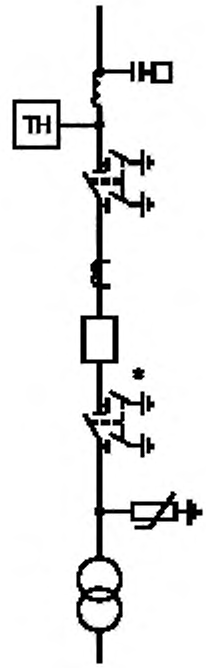
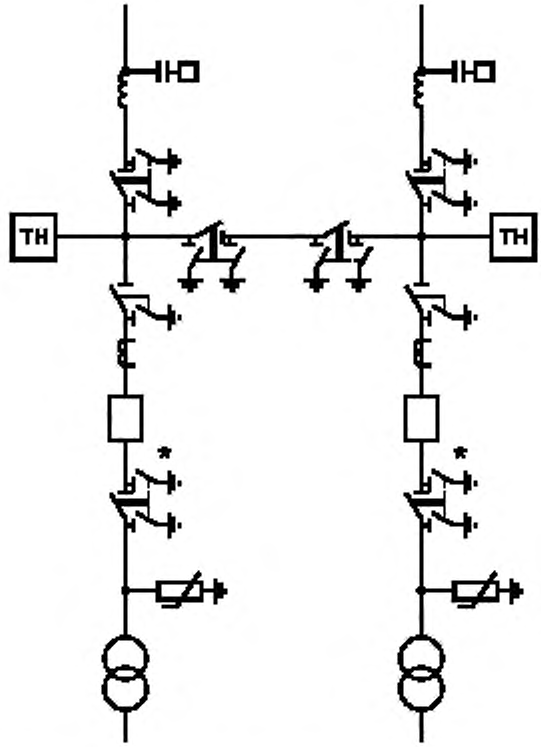


Рисунок 24 — Схема 220-1. Блок (линия–трансформатор) с разъединителем



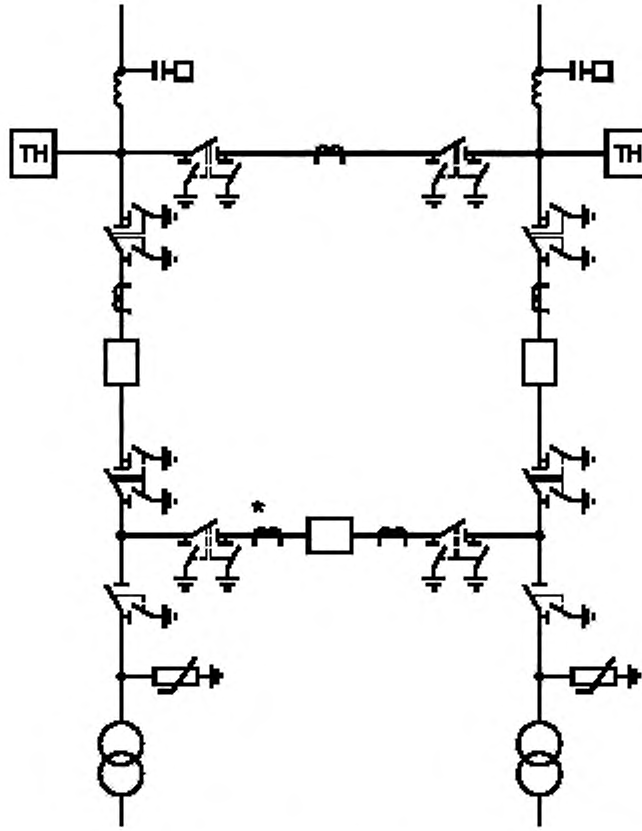
Примечание — Необходимость установки оборудования, отмеченного «*», определяется при конкретном проектировании.

Рисунок 25 — Схема 220-3Н. Блок (линия—трансформатор) с выключателем



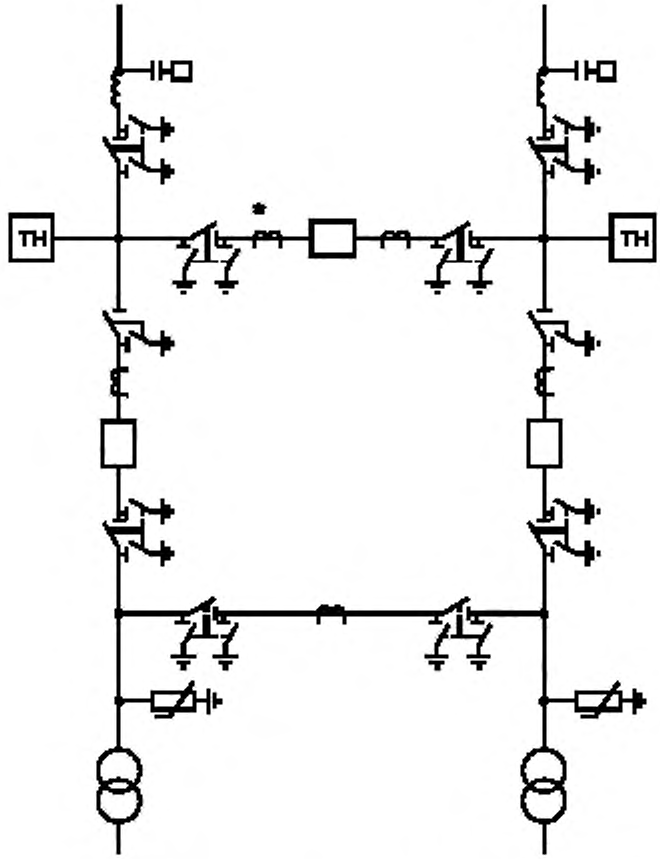
Примечание — Необходимость установки оборудования, отмеченного «*», определяется при конкретном проектировании.

Рисунок 26 — Схема 220-4Н. Два блока (линия—трансформатор) с выключателями и неавтоматической перемычкой со стороны линий



Примечание — Необходимость установки оборудования, отмеченного «*», определяется при конкретном проектировании.

Рисунок 27 — Схема 220-5Н. «Мостик» с выключателями в цепях линий и ремонтной перемычкой со стороны линий



Примечание — Необходимость установки оборудования, отмеченного «*», определяется при конкретном проектировании.

Рисунок 28 — Схема 220-5АН. «Мостик» с выключателями в цепях трансформаторов и ремонтной перемычкой со стороны трансформаторов

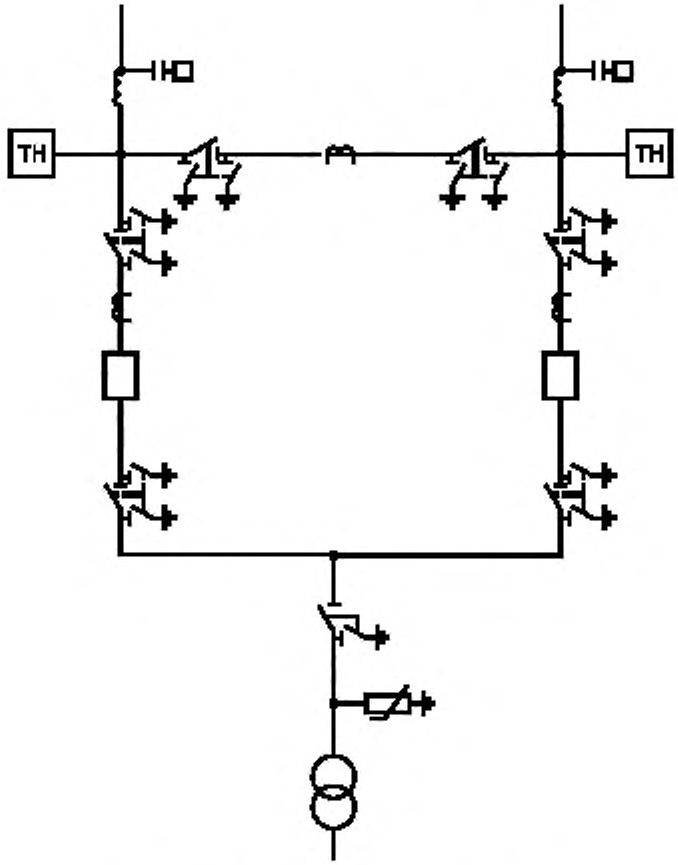
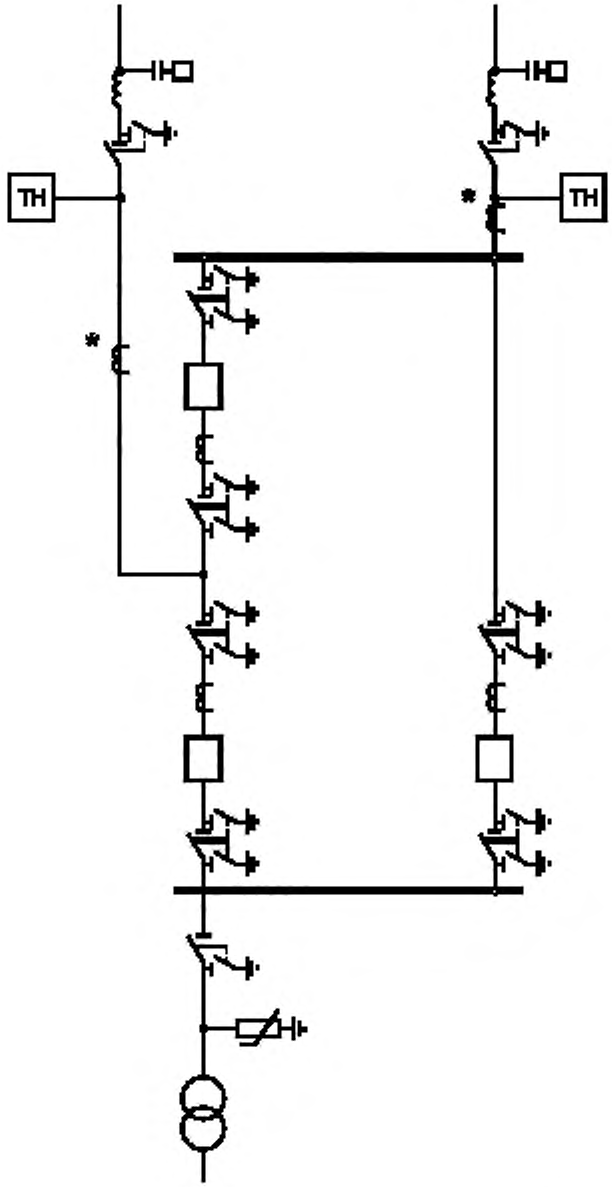
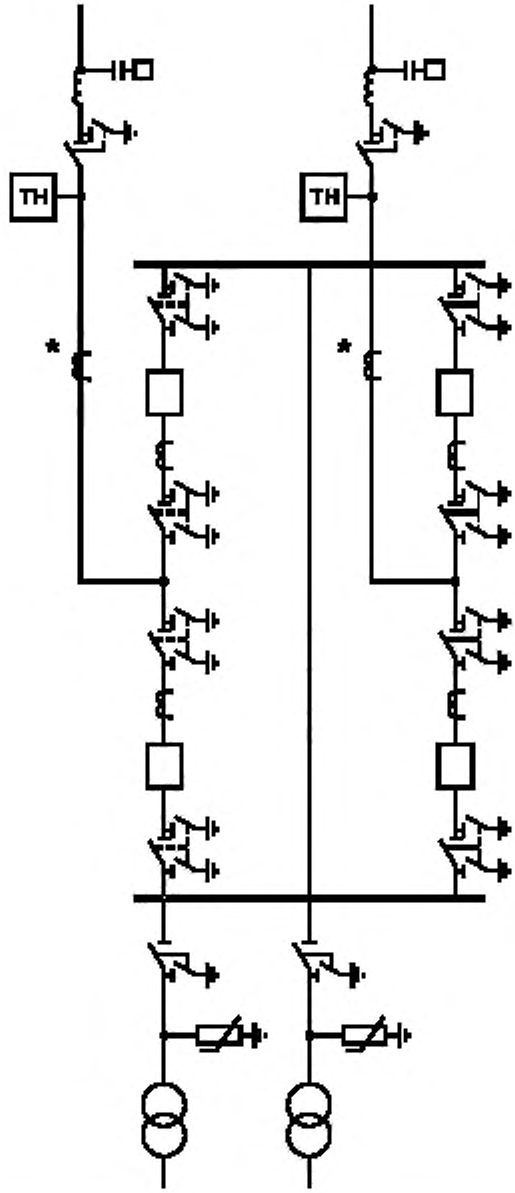


Рисунок 29 — Схема 220-6. «Заход—выход»



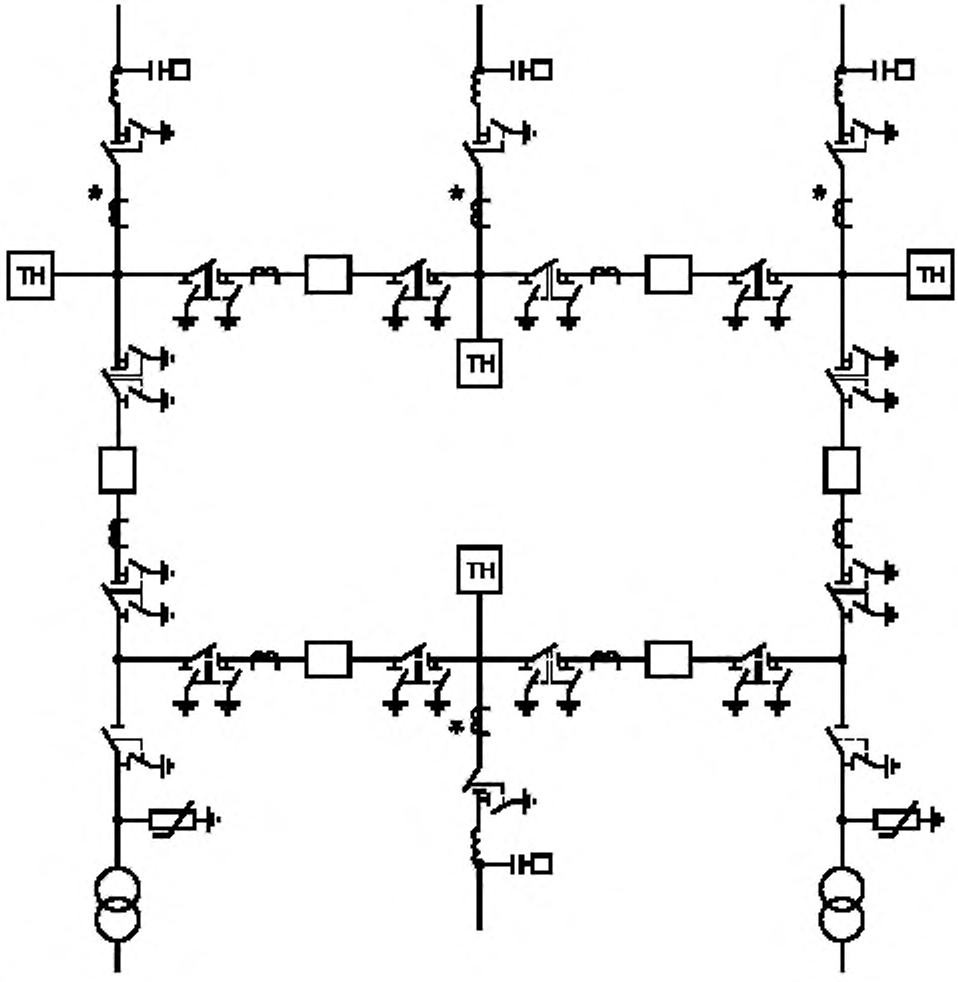
Примечание — Необходимость установки оборудования отмеченного «*», определяется при конкретном проектировании.

Рисунок 30 — Схема 220-6Н. «Треугольник»



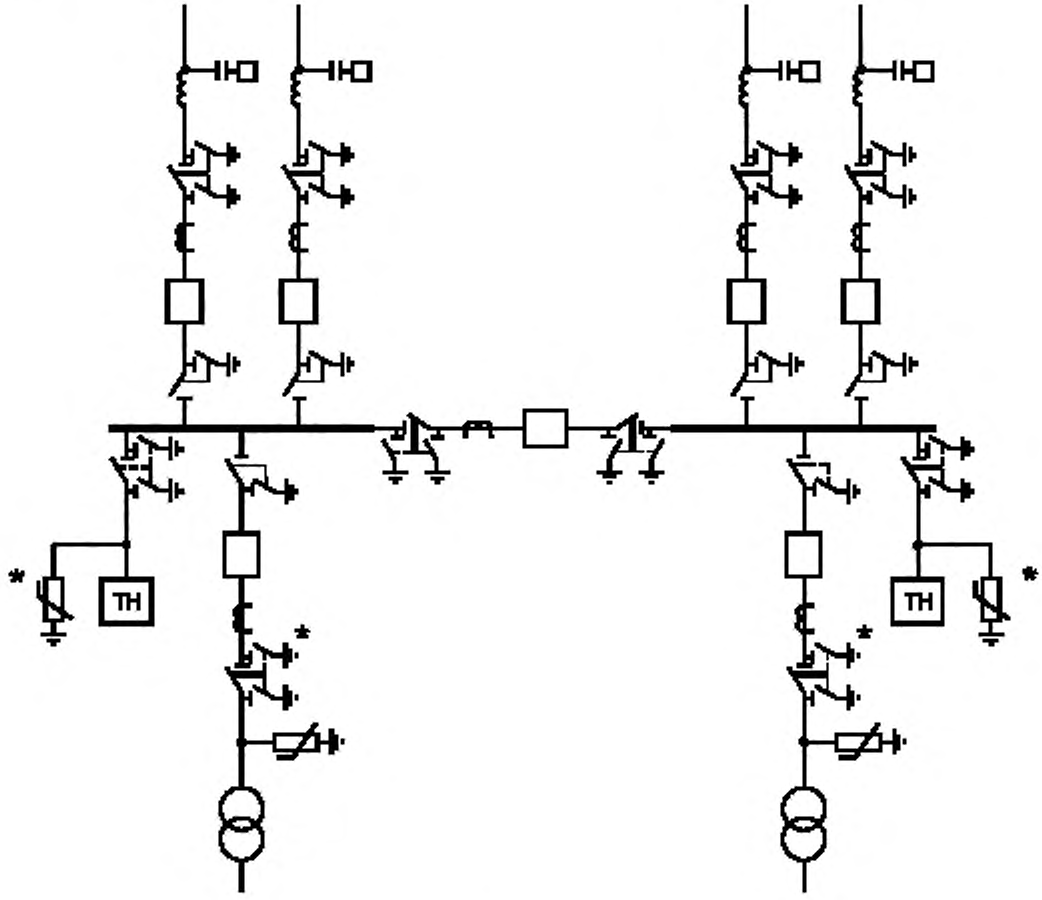
Примечание — Необходимость установки оборудования, отмеченного «*», определяется при конкретном проектировании.

Рисунок 31 — Схема 220-7. «Четырехугольник»



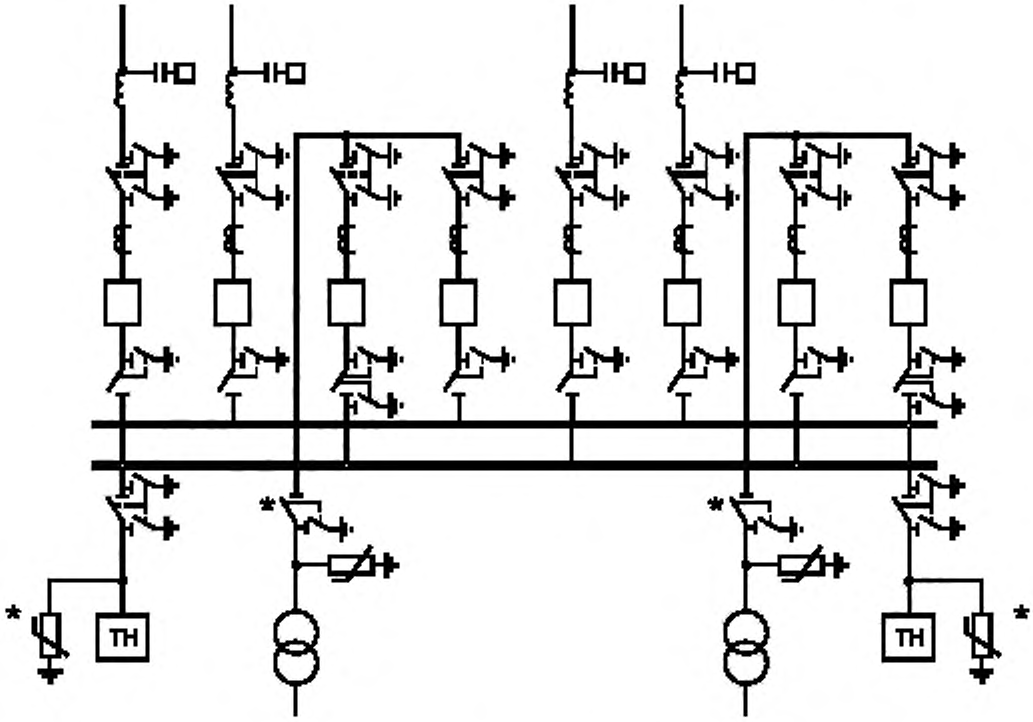
Примечание — Необходимость установки оборудования отмеченного «*», определяется при конкретном проектировании.

Рисунок 32 — Схема 220-8. «Шестиугольник»



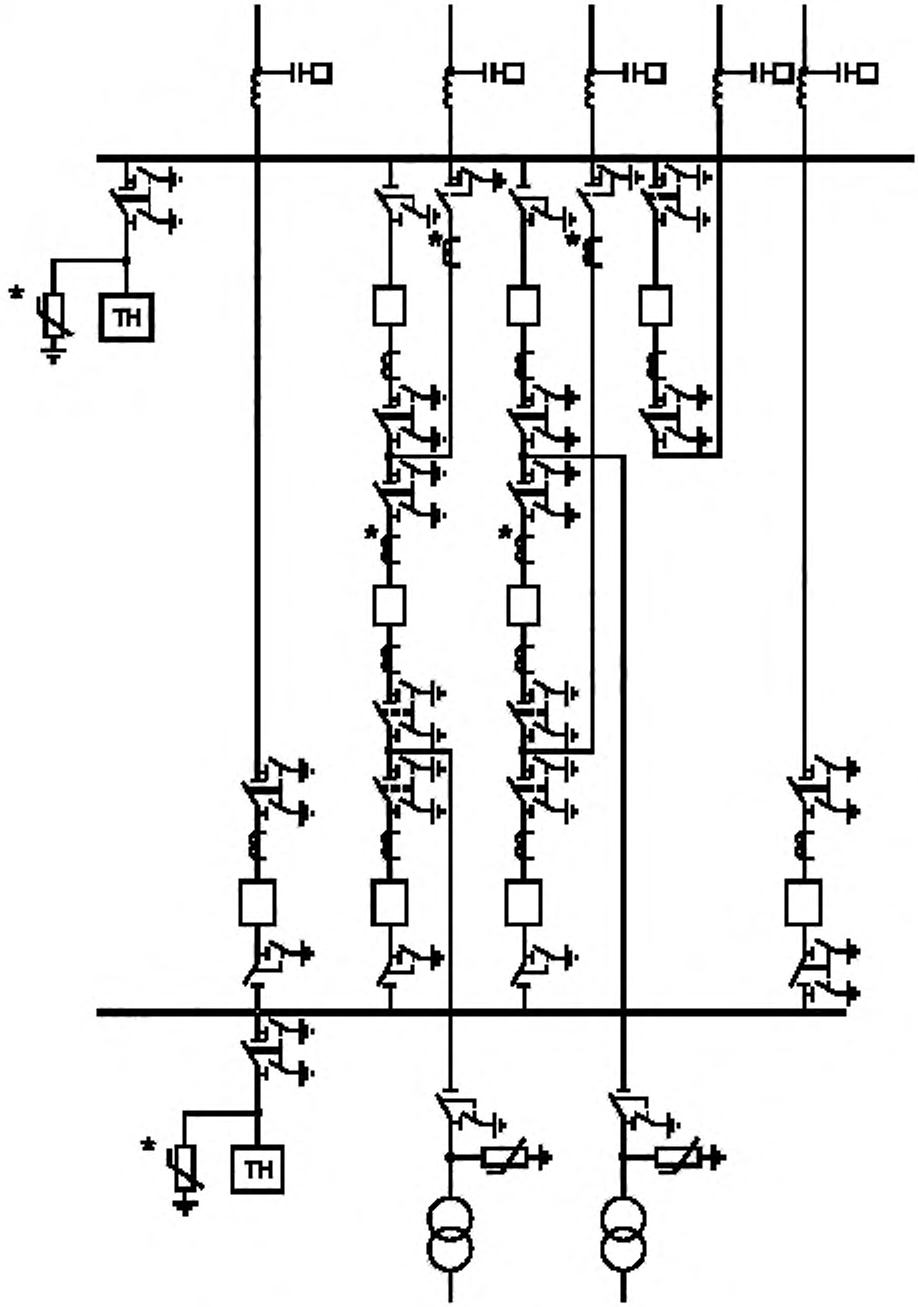
Примечание — Необходимость установки оборудования, отмеченного «*», определяется при конкретном проектировании.

Рисунок 33 — Схема 220-9. Одна рабочая секционированная СШ



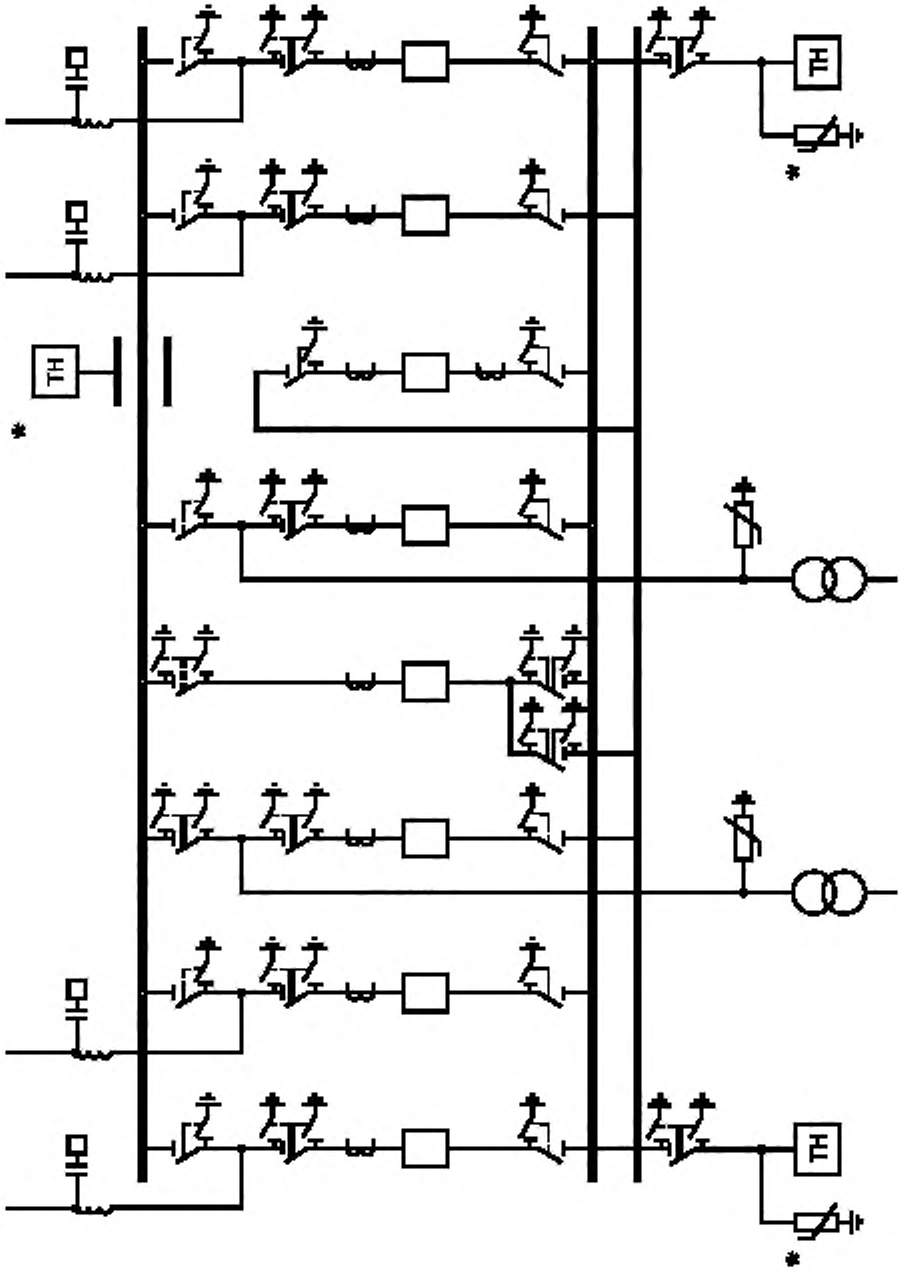
Примечание — Необходимость установки оборудования, отмеченного «*», определяется при конкретном проектировании.

Рисунок 34 — Схема 220-9Н. Одна рабочая секционированная СШ с подключением трансформаторов через развилку из выключателей



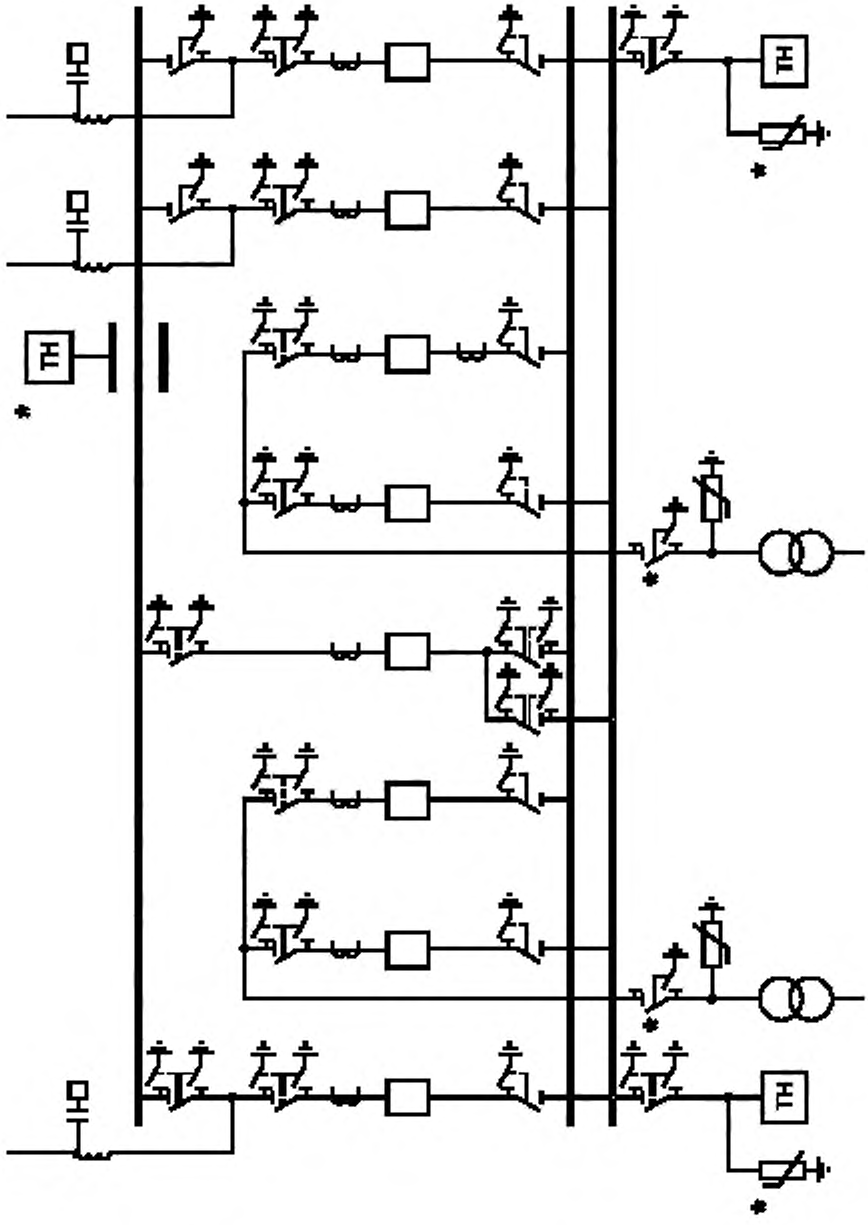
Примечание — Необходимость установки оборудования, отмеченного «*», определяется при конкретном проектировании.

Рисунок 35 — Схема 220-9АН. Одна рабочая секционированная СШ с подключением ответственных присоединений через полуторную цепочку



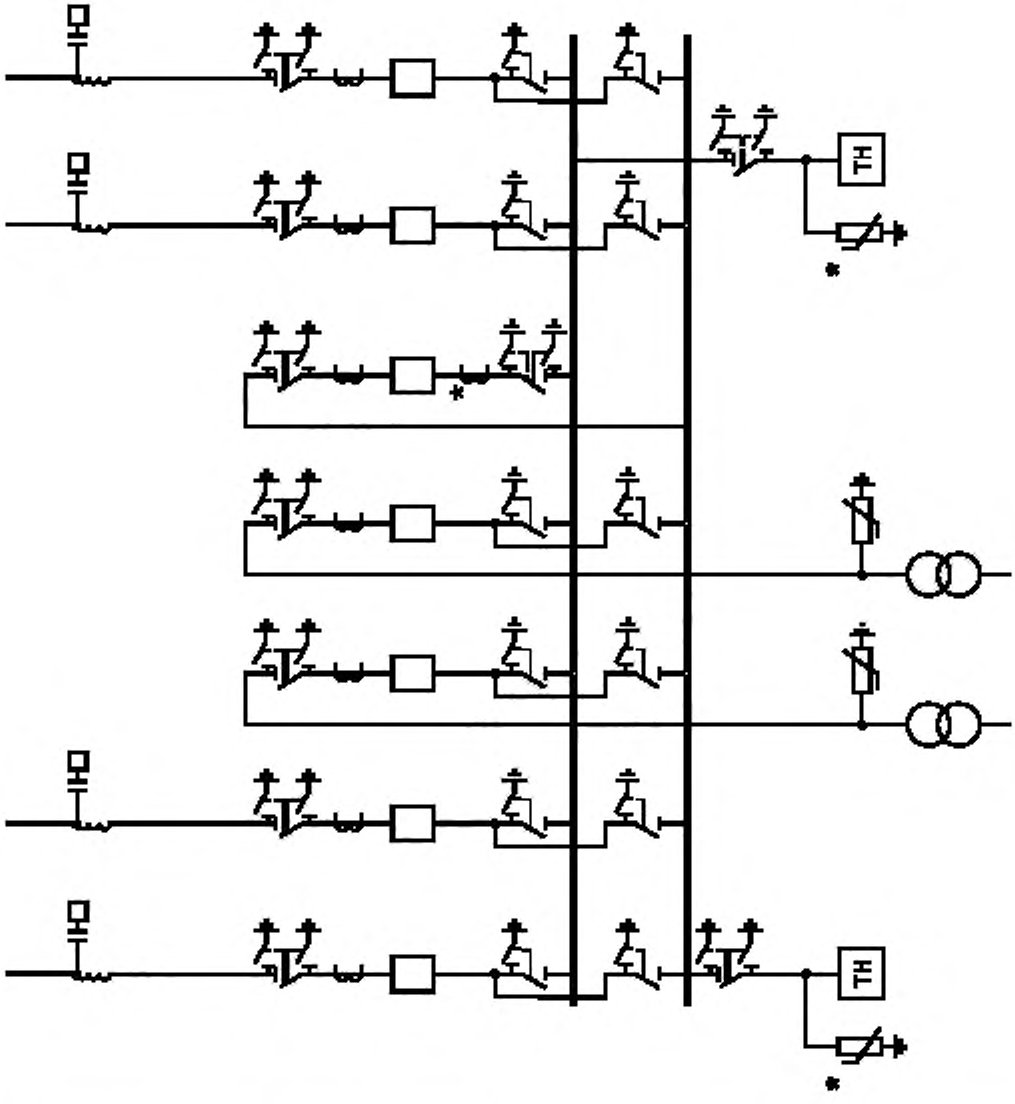
Примечание — Необходимость установки оборудования, отмеченного «*», определяется при конкретном проектировании.

Рисунок 36 — Схема 220-12. Одна рабочая секционированная выключателем и обходная СШ



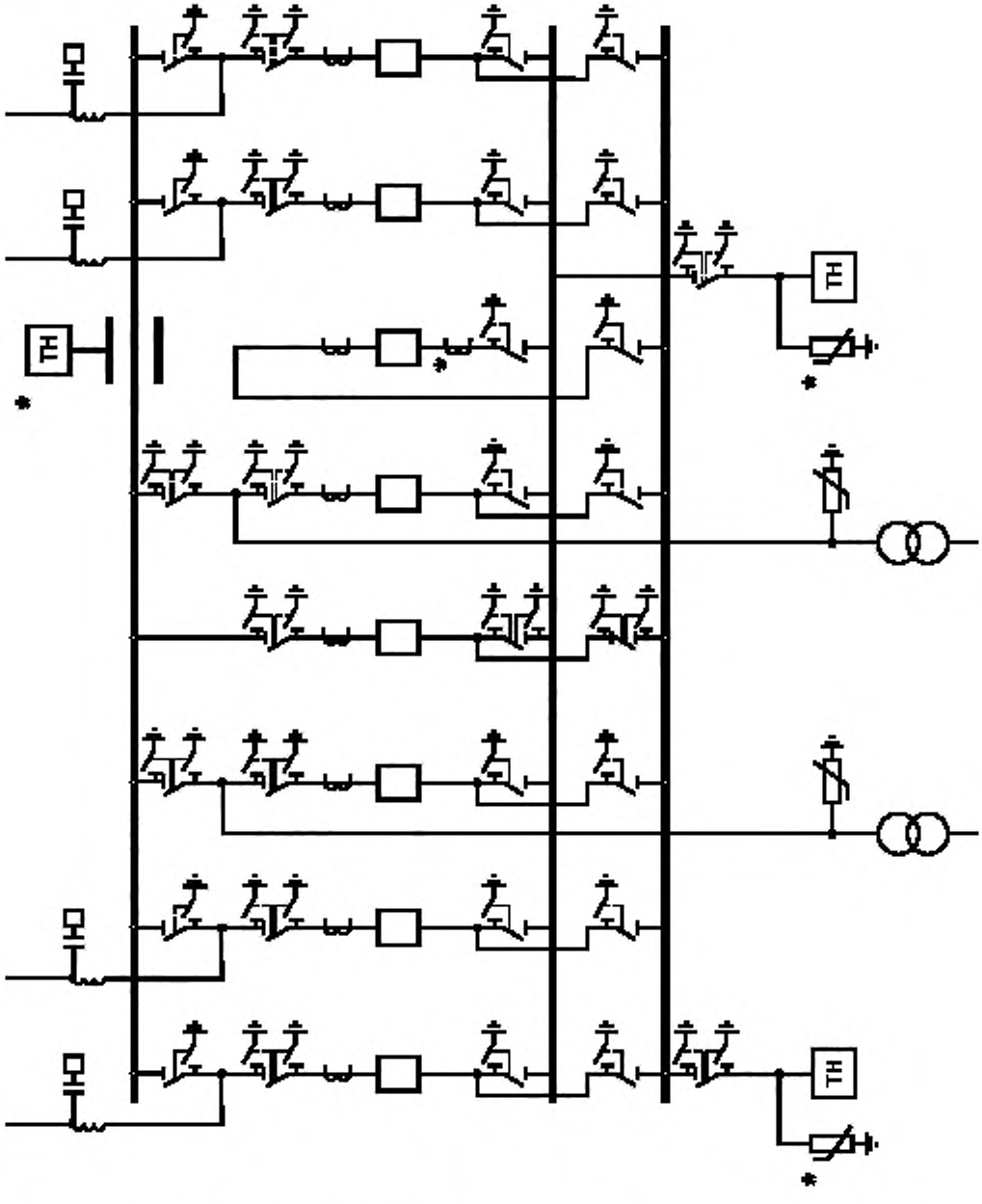
Примечание — Необходимость установки оборудования, отмеченного «*», определяется при конкретном проектировании.

Рисунок 37 — Схема 220-12Н. Одна рабочая секционированная выключателями СШ с подключением трансформаторов через развилку из выключателей



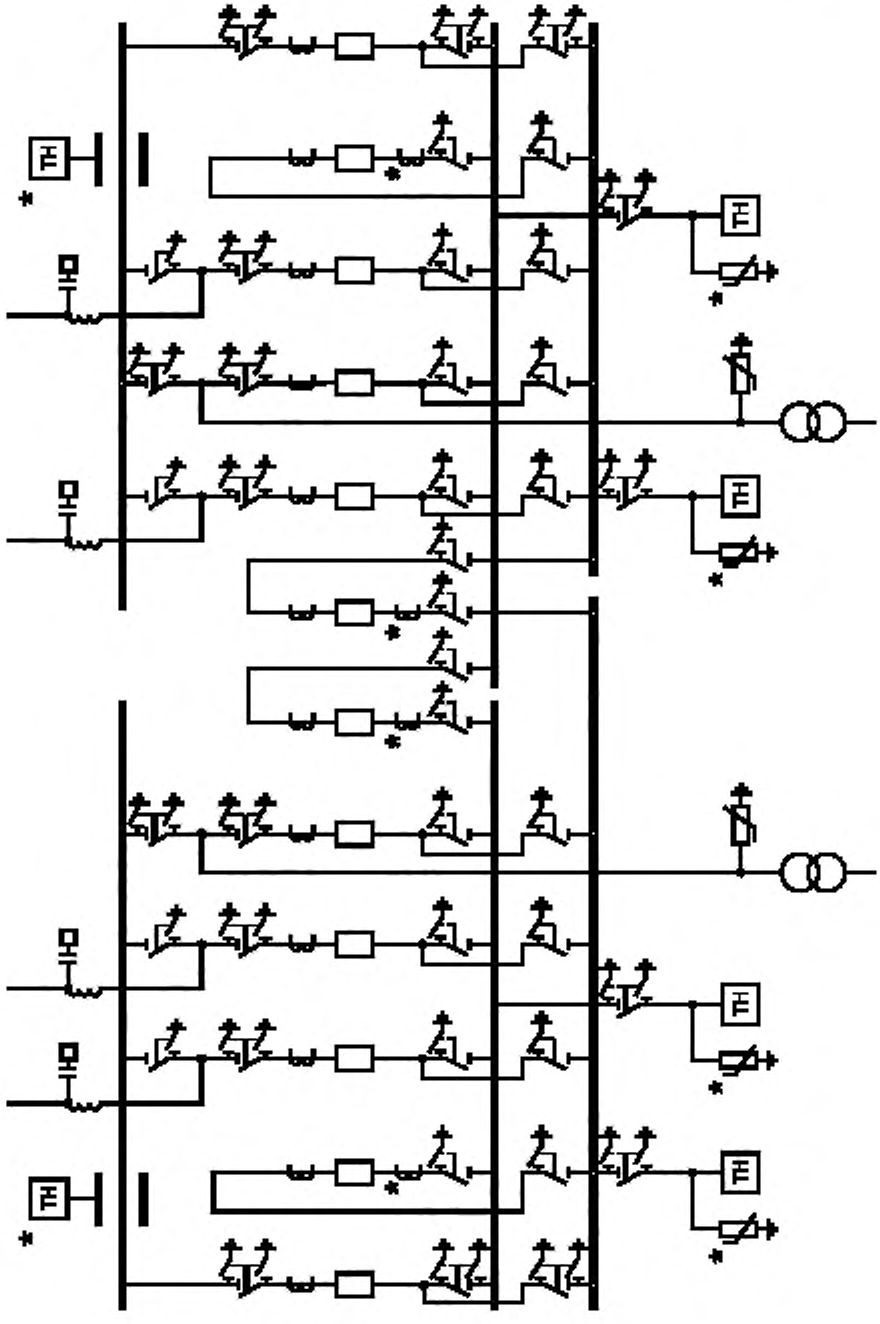
Примечание — Необходимость установки оборудования, отмеченного «*», определяется при конкретном проектировании.

Рисунок 38 — Схема 220-13. Две рабочие СШ



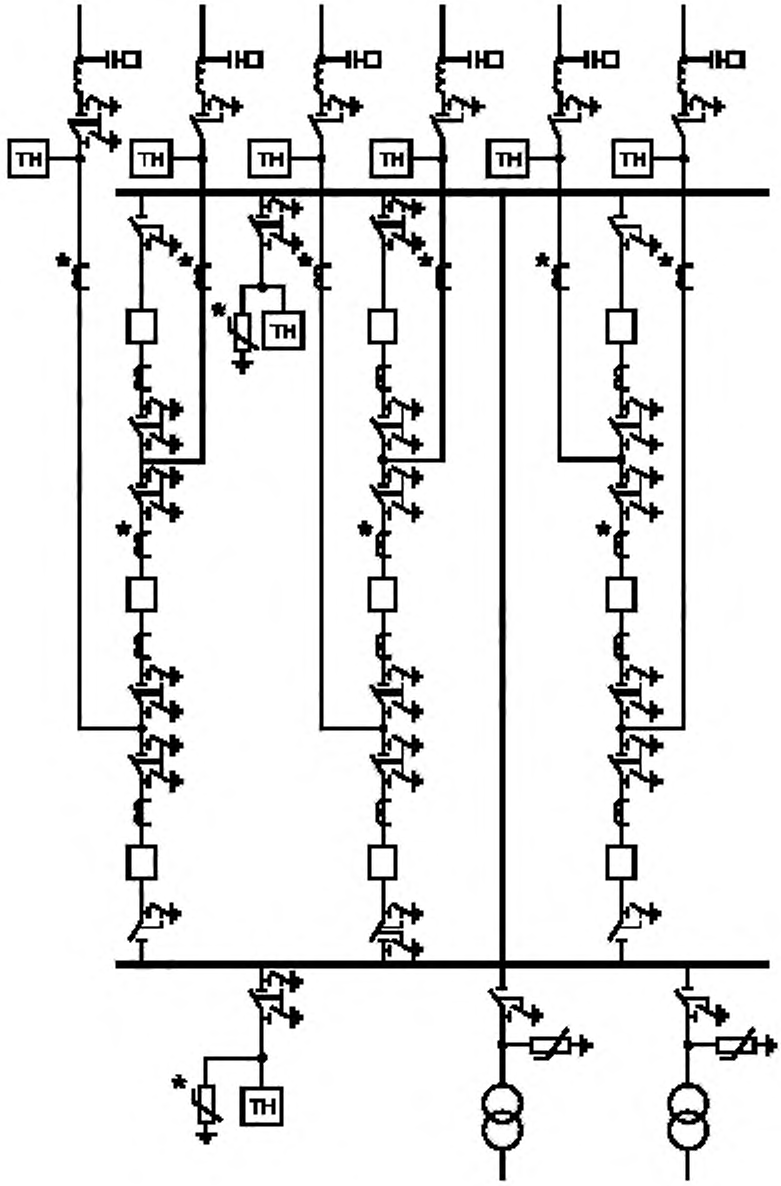
Примечание — Необходимость установки оборудования, отмеченного «*», определяется при конкретном проектировании.

Рисунок 39 — Схема 220-13Н. Две рабочие и обходная СШ



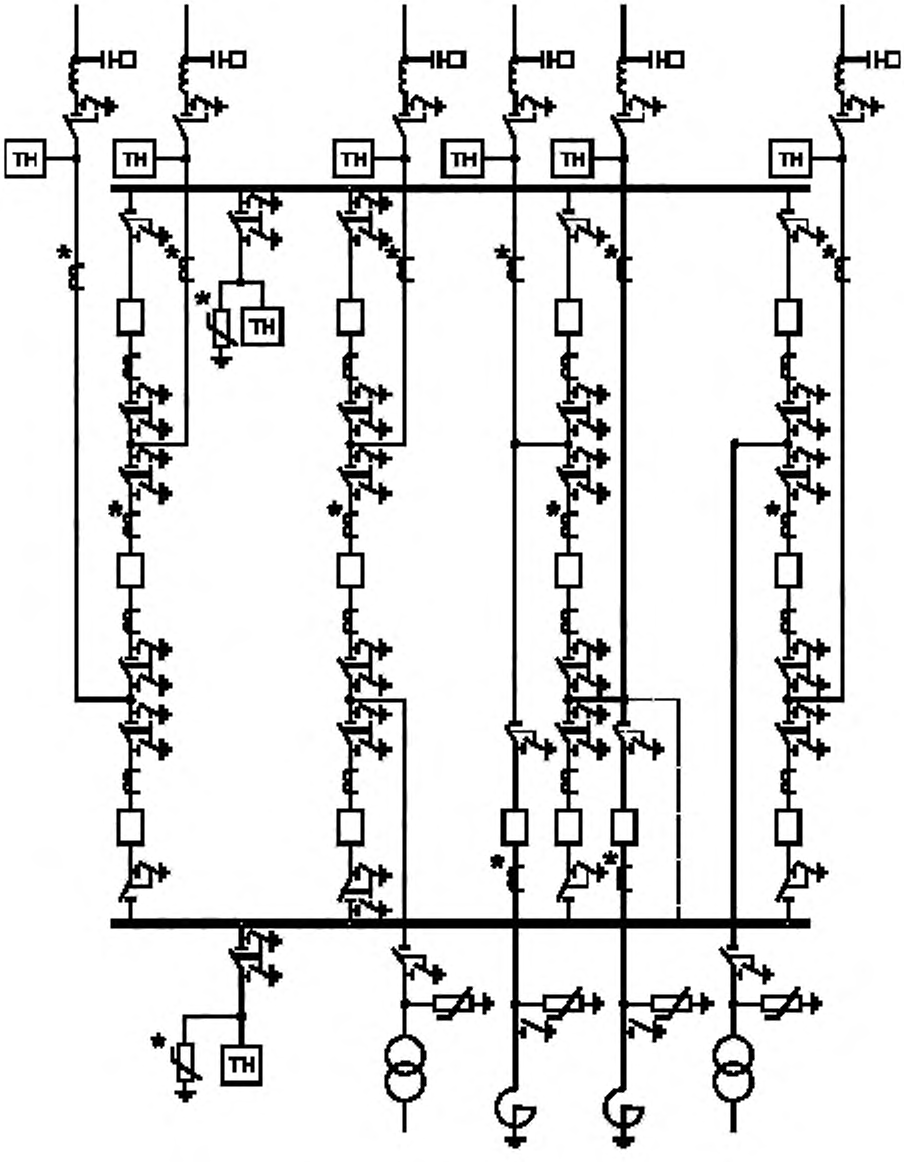
Примечание — Необходимость установки оборудования, отмеченного «*», определяется при конкретном проектировании.

Рисунок 40 — Схема 220-14. Две рабочие секционированные выключателями и обходная СШ с двумя обходными и двумя шиносоединительными выключателями



Примечание — Необходимость установки оборудования, отмеченного «*», определяется при конкретном проектировании.

Рисунок 41 — Схема 220-16. Трансформаторы—шины с полуторным присоединением линий



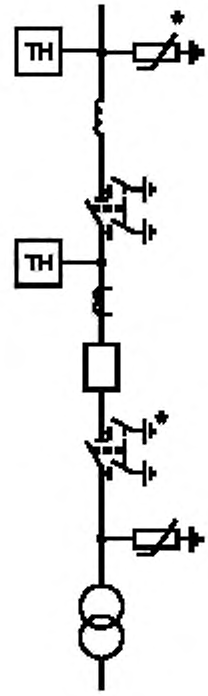
Примечание — Необходимость установки оборудования, отмеченного «*», определяется при конкретном проектировании.

Рисунок 42 — Схема 220-17. Полуторная схема

6.4 Схемы распределительных устройств 330 кВ

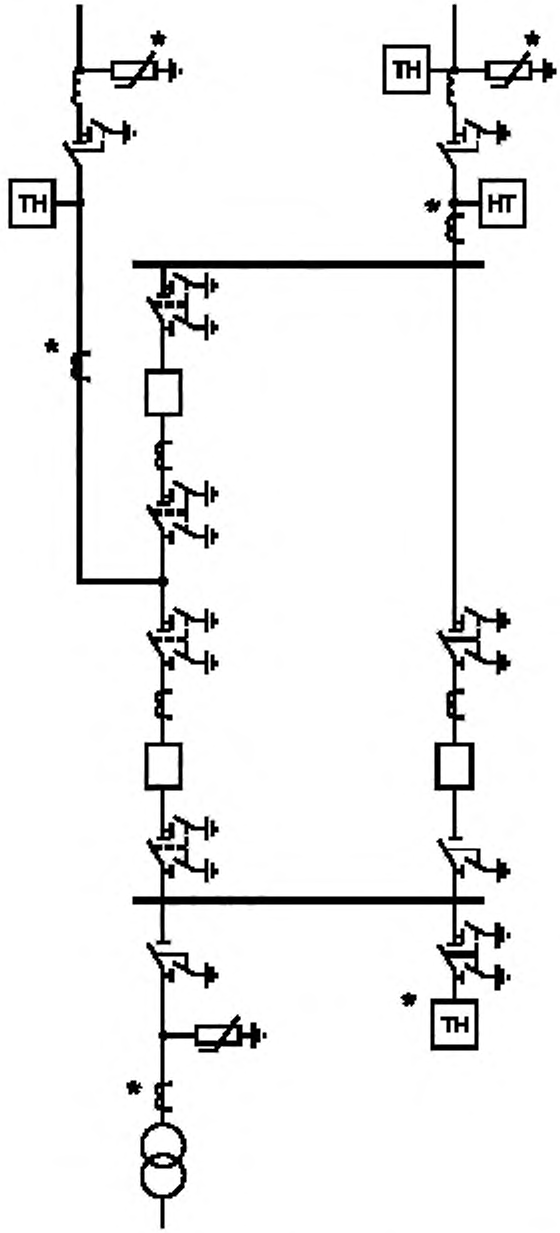
Таблица 23

№ п/п	Наименование схемы	Номер схемы	Номер рисунка
1	Блок (линия—трансформатор) с выключателем	330-3Н	Рисунок 43
2	«Треугольник»	330-6Н	Рисунок 44
3	«Четырехугольник»	330-7	Рисунок 45
4	«Шестиугольник»	330-8	Рисунок 46
5	Трансформаторы—шины с присоединением линий через два выключателя	330-15	Рисунок 47
6	Трансформаторы—шины с полуторным присоединением линий	330-16	Рисунок 48
7	Полуторная схема	330-17	Рисунок 49



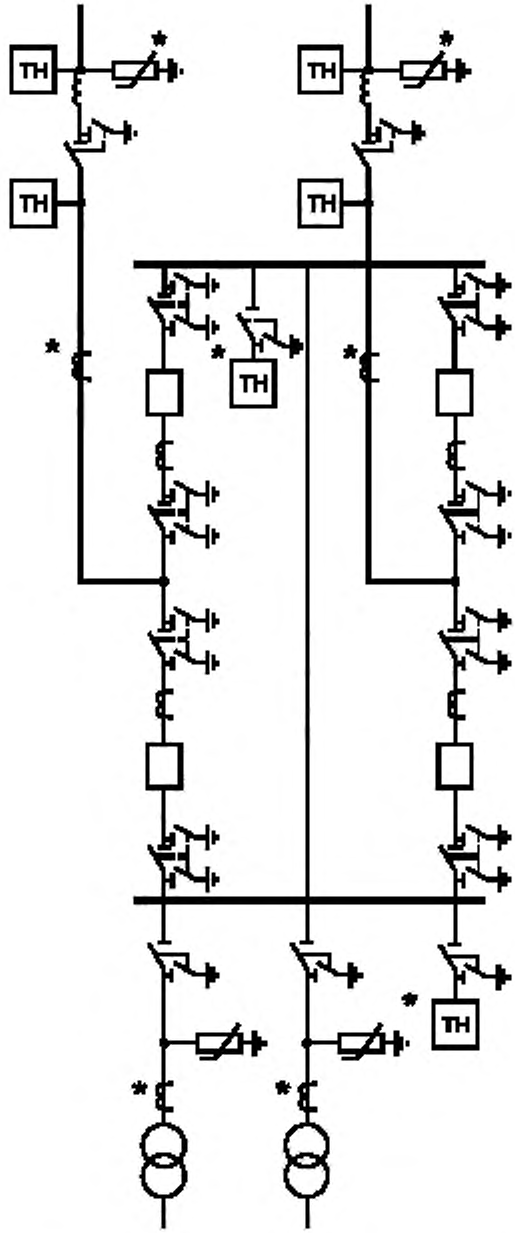
Примечание — Необходимость установки оборудования, отмеченного «*», определяется при конкретном проектировании.

Рисунок 43 — Схема 330-3Н. Блок (линия—трансформатор) с выключателем



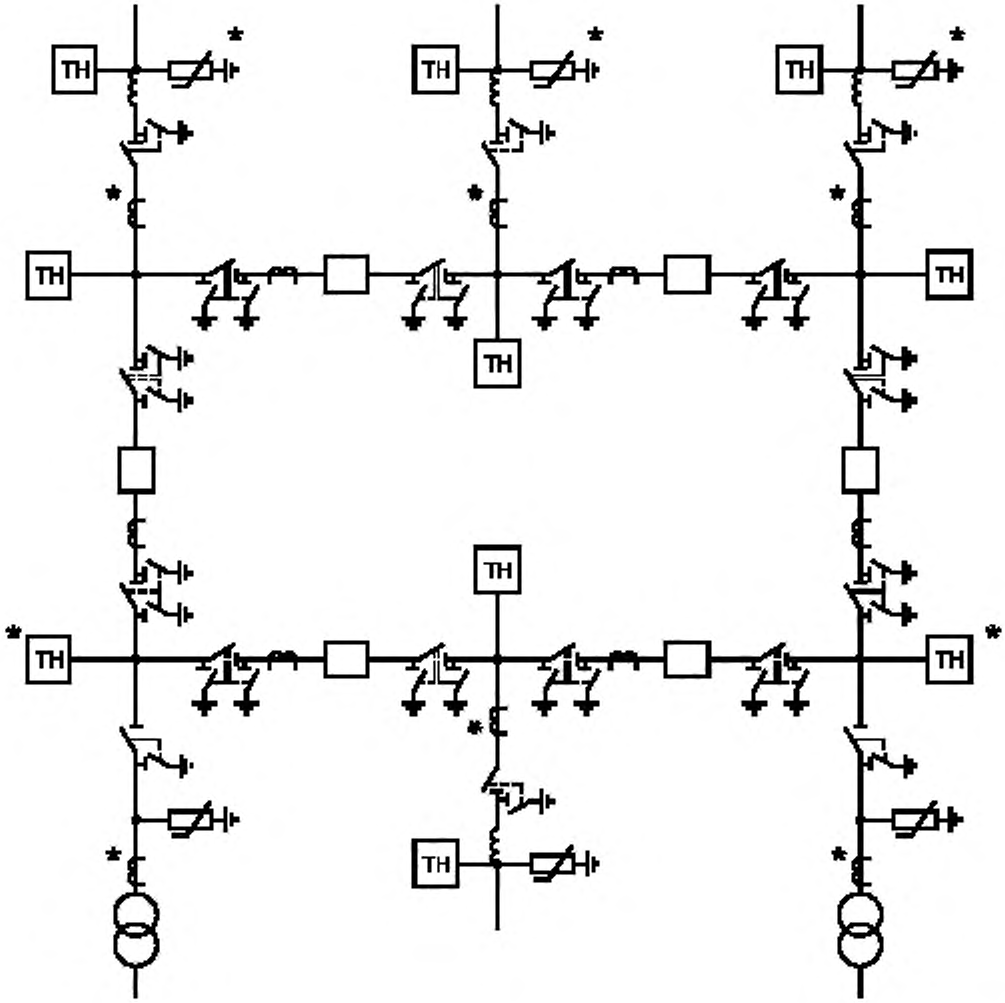
Примечание — Необходимость установки оборудования, отмеченного «*», определяется при конкретном проектировании.

Рисунок 44 — Схема 330-6Н. «Треугольник»



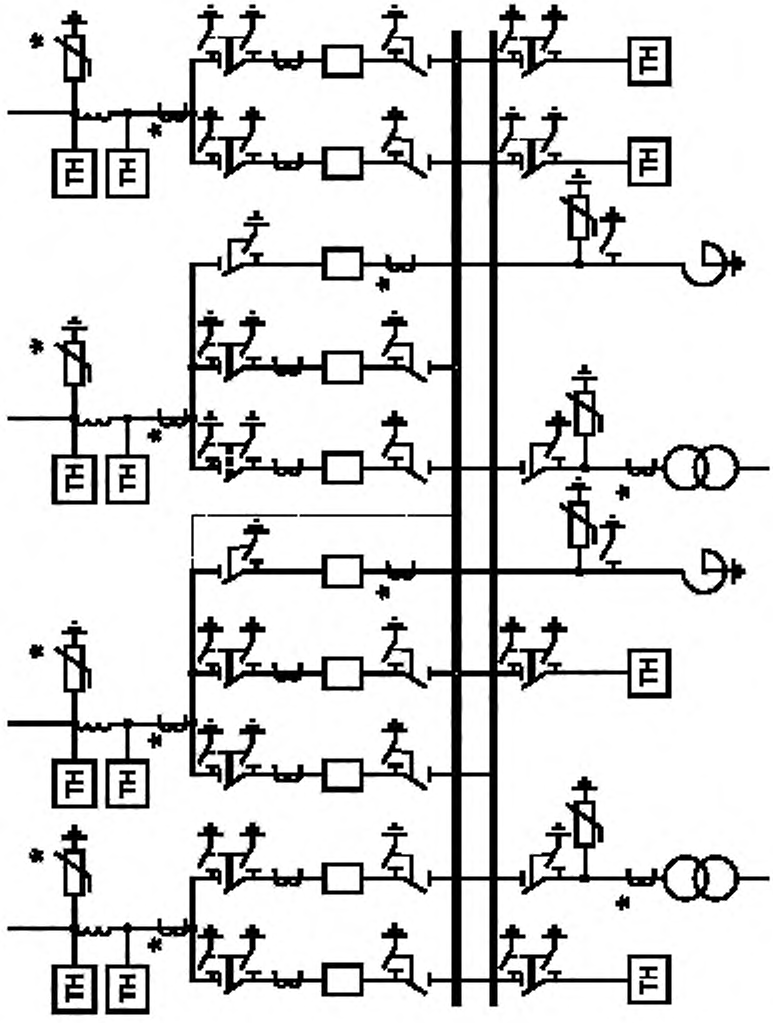
Примечание — Необходимость установки оборудования, отмеченного «*», определяется при конкретном проектировании.

Рисунок 45 — Схема 330-7. «Четырехугольник»



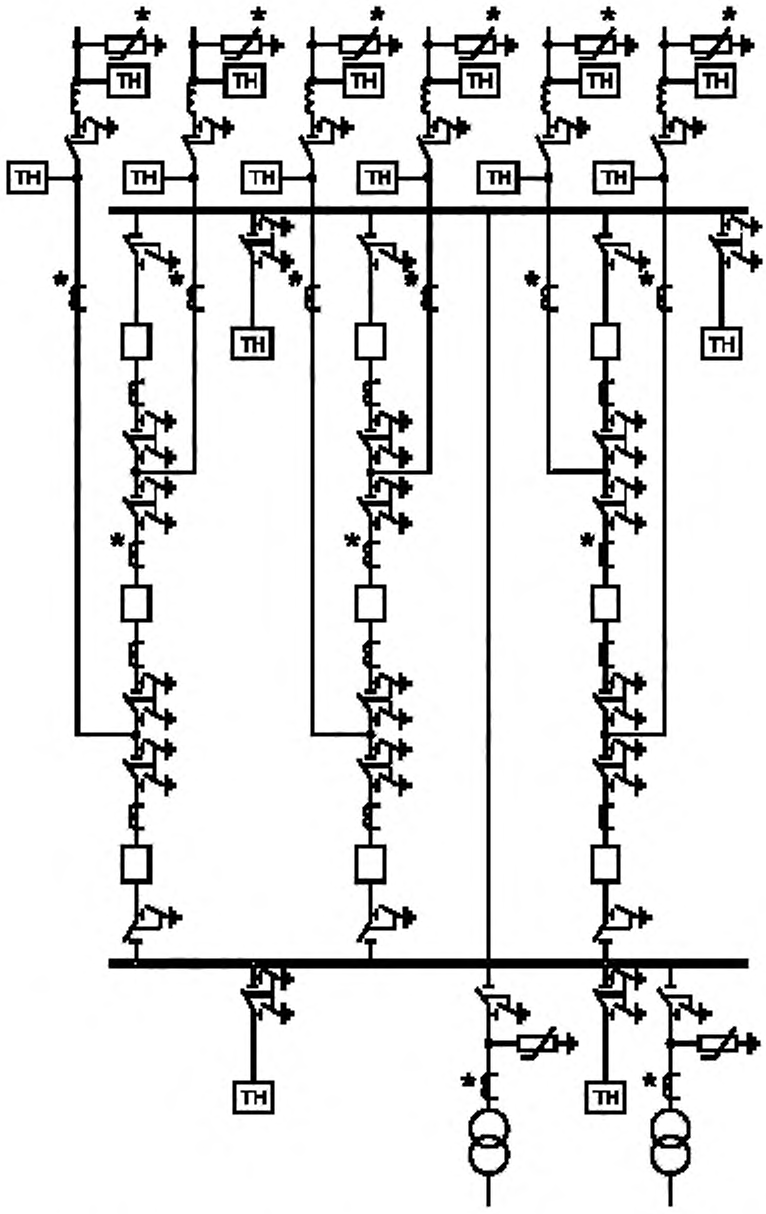
Примечание — Необходимость установки оборудования, отмеченного «*», определяется при конкретном проектировании.

Рисунок 46 — Схема 330-8. «Шестиугольник»



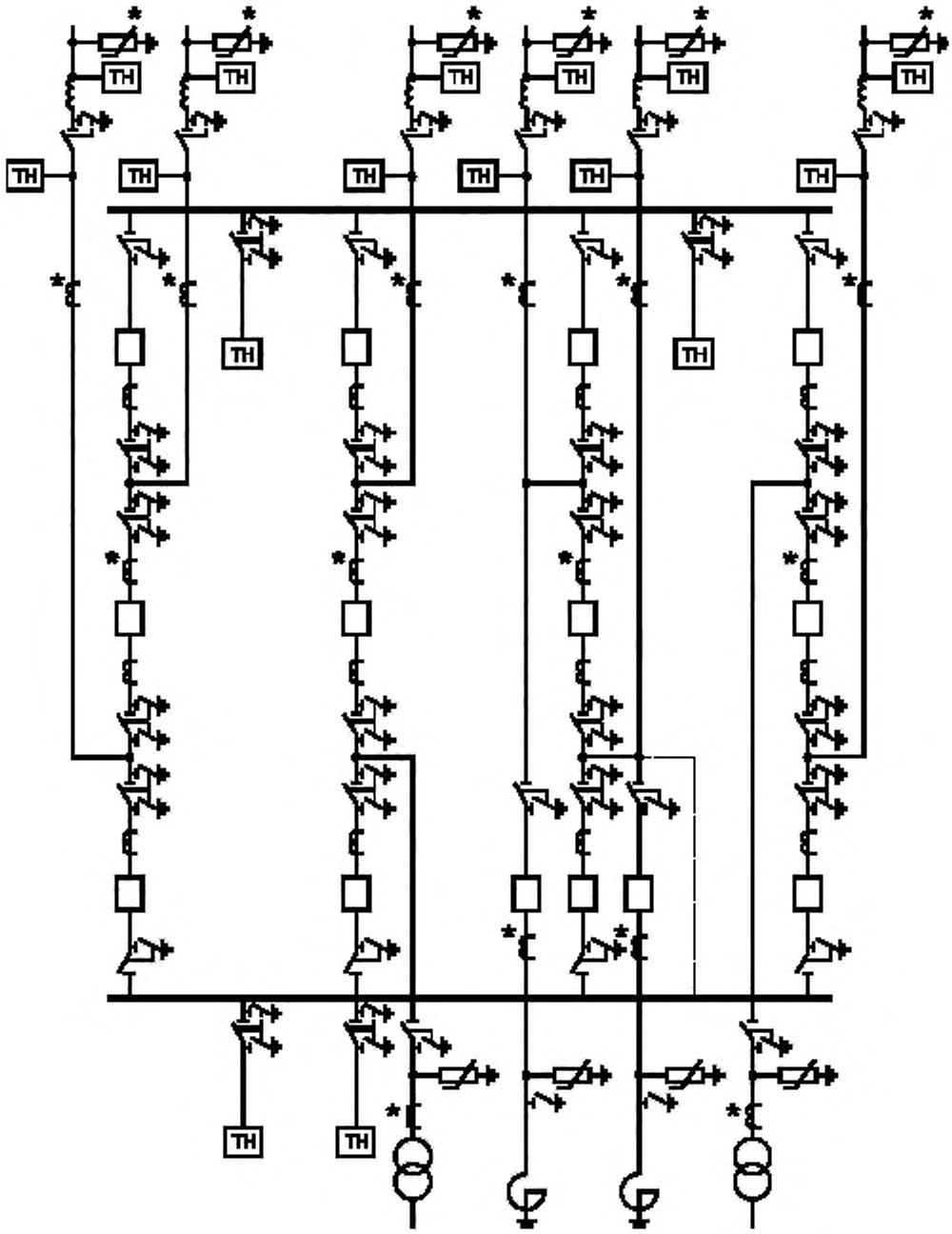
Примечание — Необходимость установки оборудования, отмеченного «*», определяется при конкретном проектировании.

Рисунок 47 — Схема 330-15. Трансформаторы—шины с присоединением линий через два выключателя



Примечание — Необходимость установки оборудования отмеченного «*», определяется при конкретном проектировании.

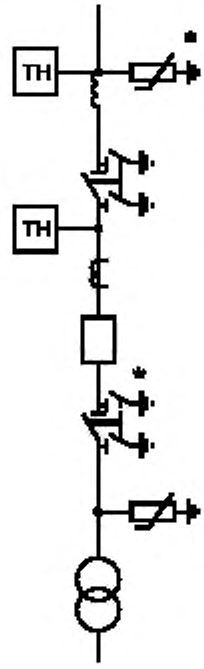
Рисунок 48 — Схема 330-16. Трансформаторы—шины с полуторным присоединением линий


ТН
ТН
ТН

6.5 Схемы распределительных устройств 500 кВ

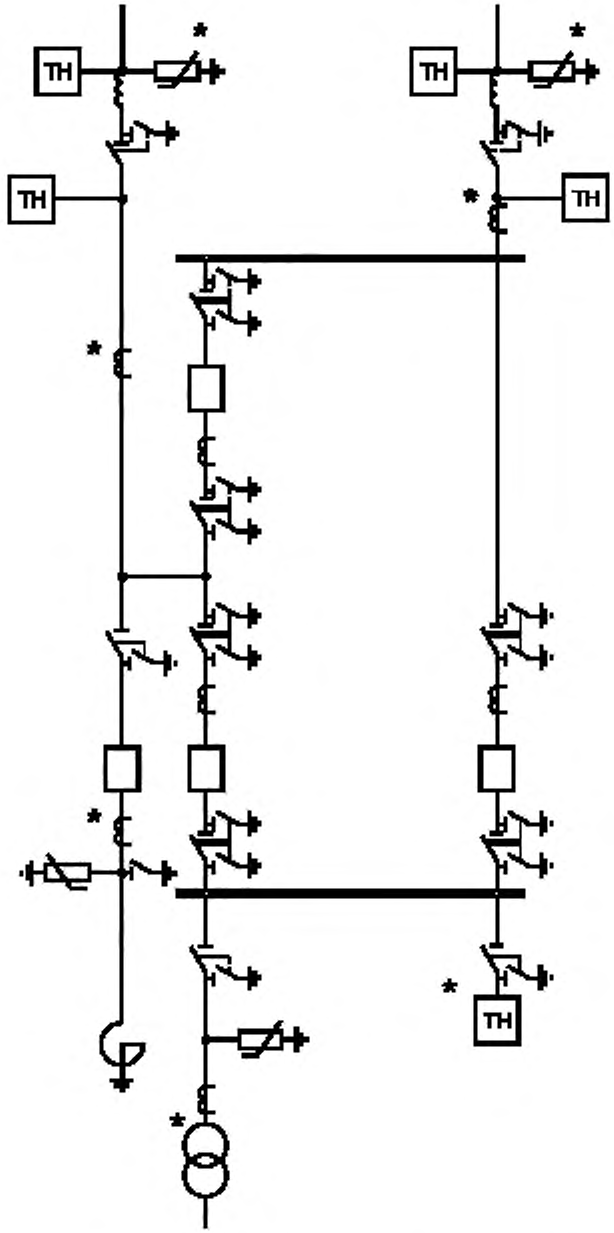
Таблица 24

№ п/п	Наименование схемы	Номер схемы	Номер рисунка
1	Блок (линия—трансформатор) с выключателем	500-3Н	Рисунок 50
2	«Треугольник»	500-6Н	Рисунок 51
3	«Четырехугольник»	500-7	Рисунок 52
4	Трансформаторы—шины с присоединением линий через два выключателя	500-15	Рисунок 53
5	Трансформаторы—шины с полуторным присоединением линий	500-16	Рисунок 54
6	Полуторная схема	500-17	Рисунок 55



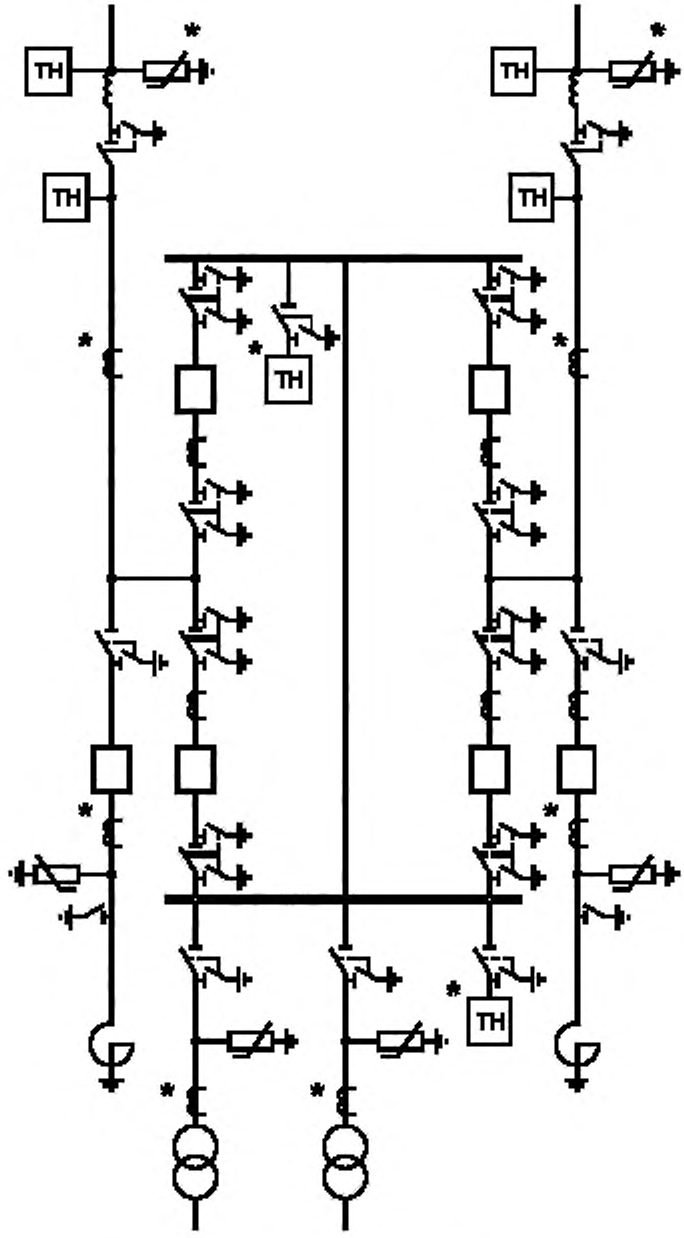
Примечание — Необходимость установки оборудования, отмеченного «*», определяется при конкретном проектировании.

Рисунок 50 — Схема 500-3Н. Блок (линия–трансформатор) с выключателем



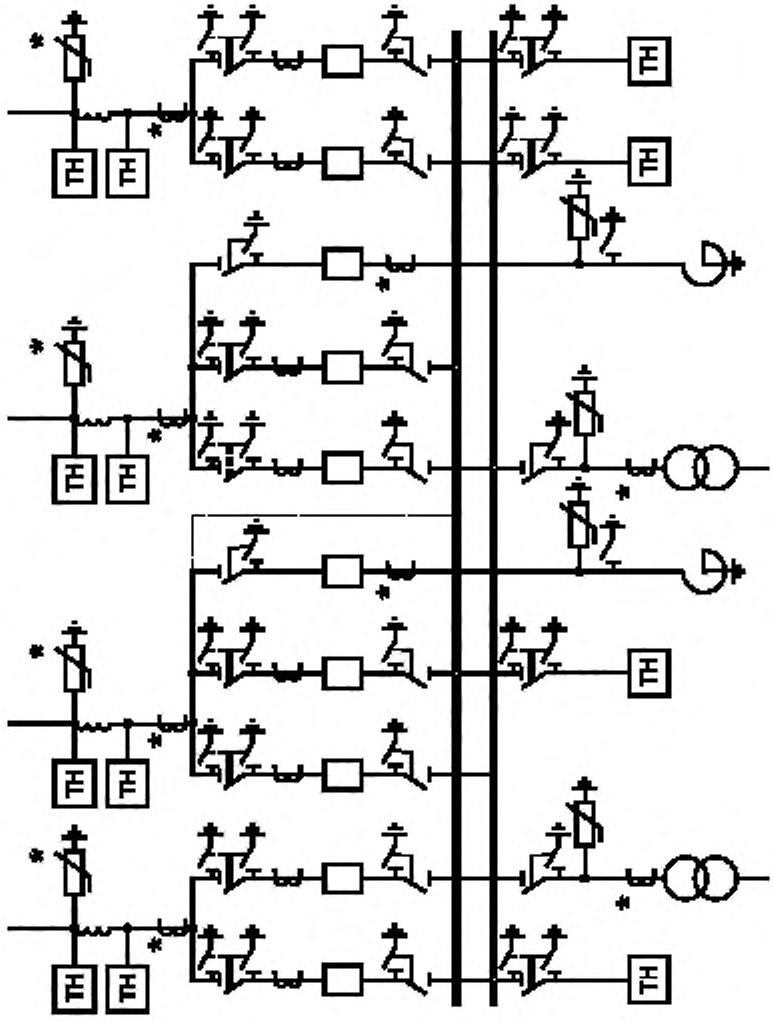
Примечание — Необходимость установки оборудования, отмеченного «*», определяется при конкретном проектировании.

Рисунок 51 — Схема 500-6Н. «Треугольник»



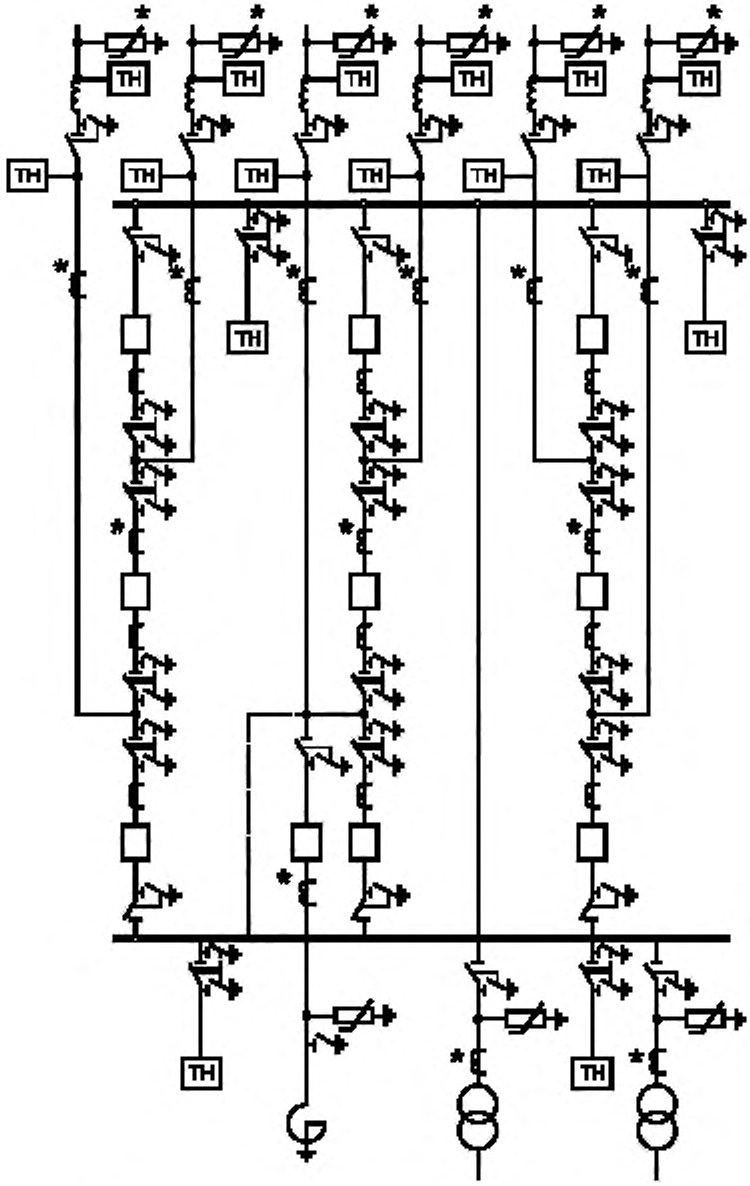
Примечание — Необходимость установки оборудования, отмеченного «*», определяется при конкретном проектировании.

Рисунок 52 — Схема 500-7. «Четырехугольник»



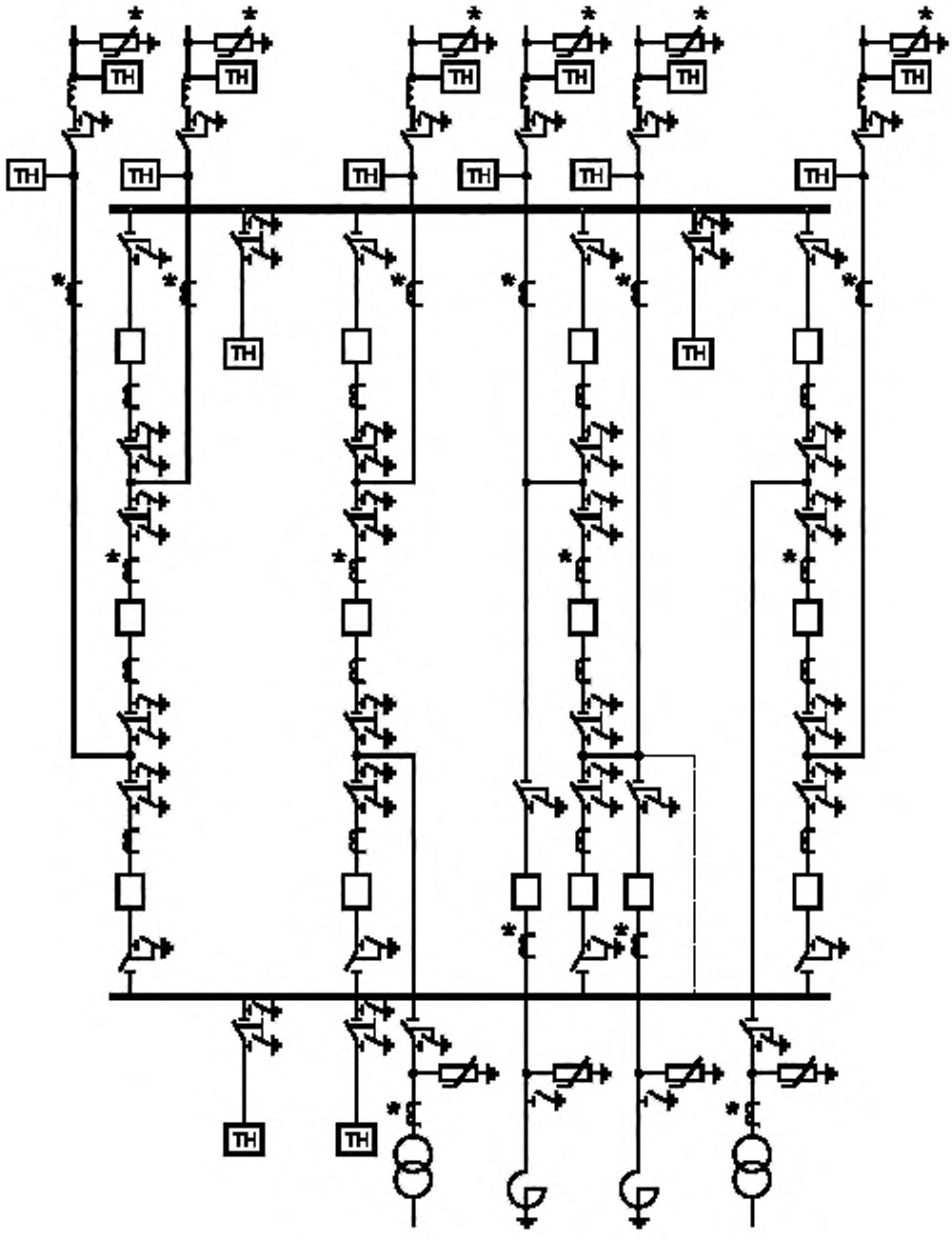
Примечание — Необходимость установки оборудования, отмеченного «*», определяется при конкретном проектировании.

Рисунок 53 — Схема 500-15. Трансформаторы—шины с присоединением линий через два выключателя



Примечание — Необходимость установки оборудования, отмеченного «*», определяется при конкретном проектировании.

Рисунок 54 — Схема 500-16. Трансформаторы—шины с полуторным присоединением линий



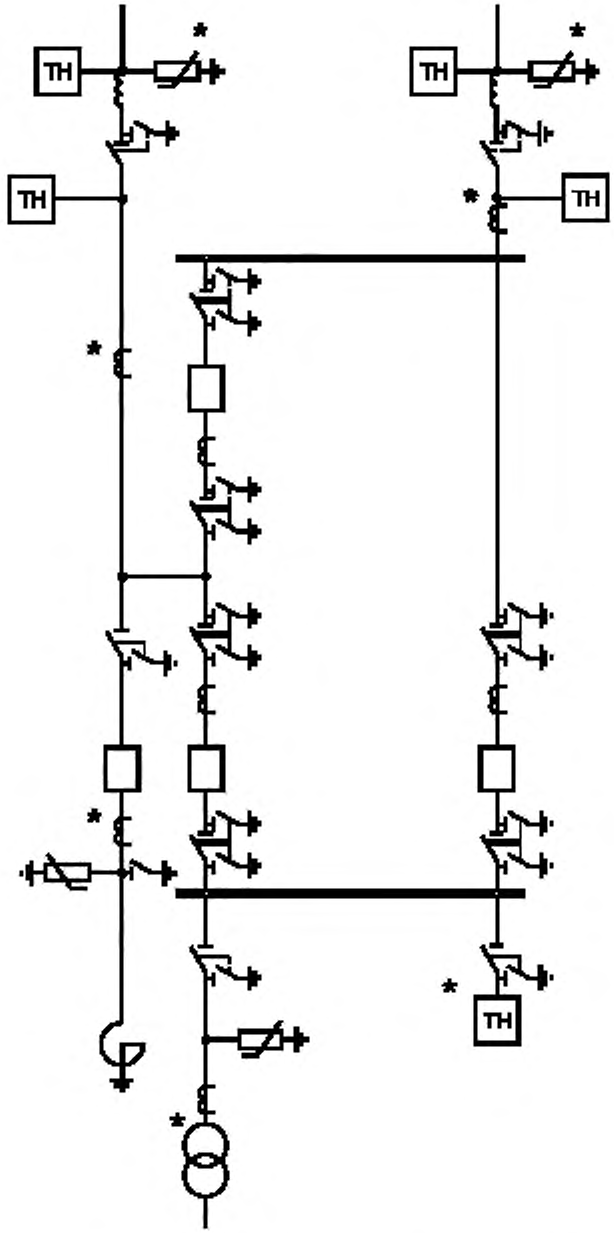
Примечание — Необходимость установки оборудования, отмеченного «*», определяется при конкретном проектировании.

Рисунок 55 — Схема 500-17. Полуторная схема

6.6 Схемы распределительных устройств 750 кВ

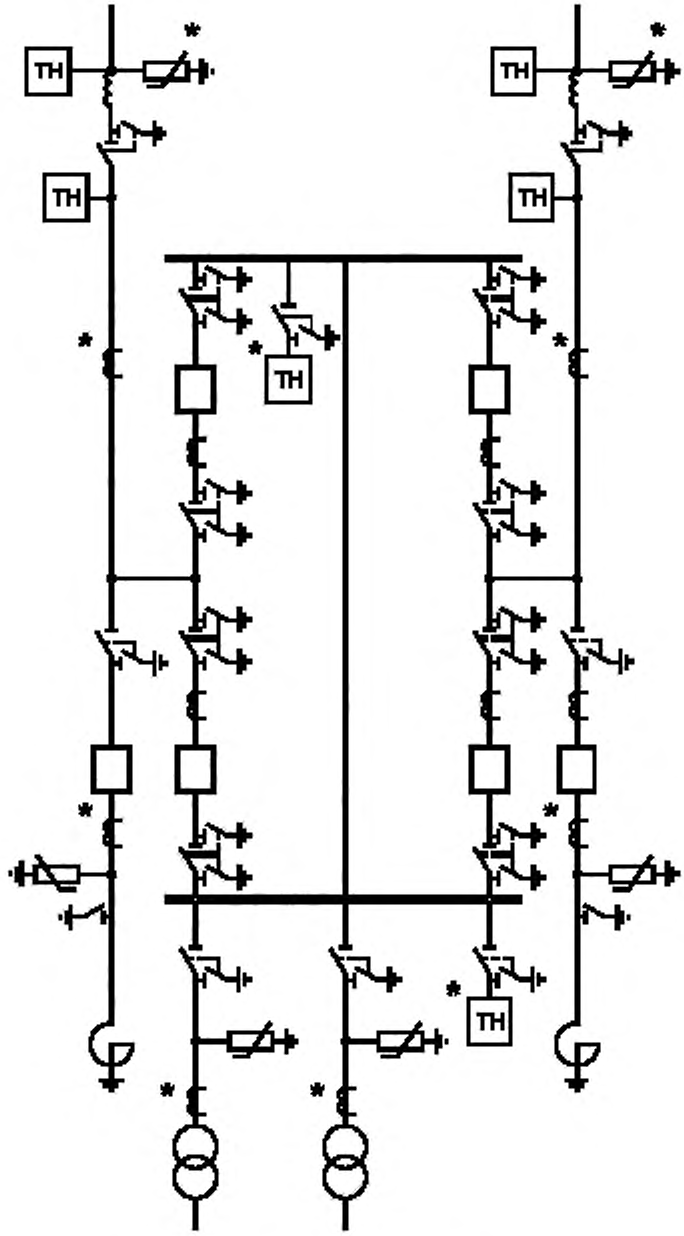
Таблица 25

№ п/п	Наименование схемы	Номер схемы	Номер рисунка
1	«Треугольник»	750-6Н	Рисунок 56
2	«Четырехугольник»	750-7	Рисунок 57
3	Трансформаторы—шины с присоединением линий через два выключателя	750-15	Рисунок 58
4	Трансформаторы—шины с полуторным присоединением линий	750-16	Рисунок 59
5	Полуторная схема	750-17	Рисунок 60



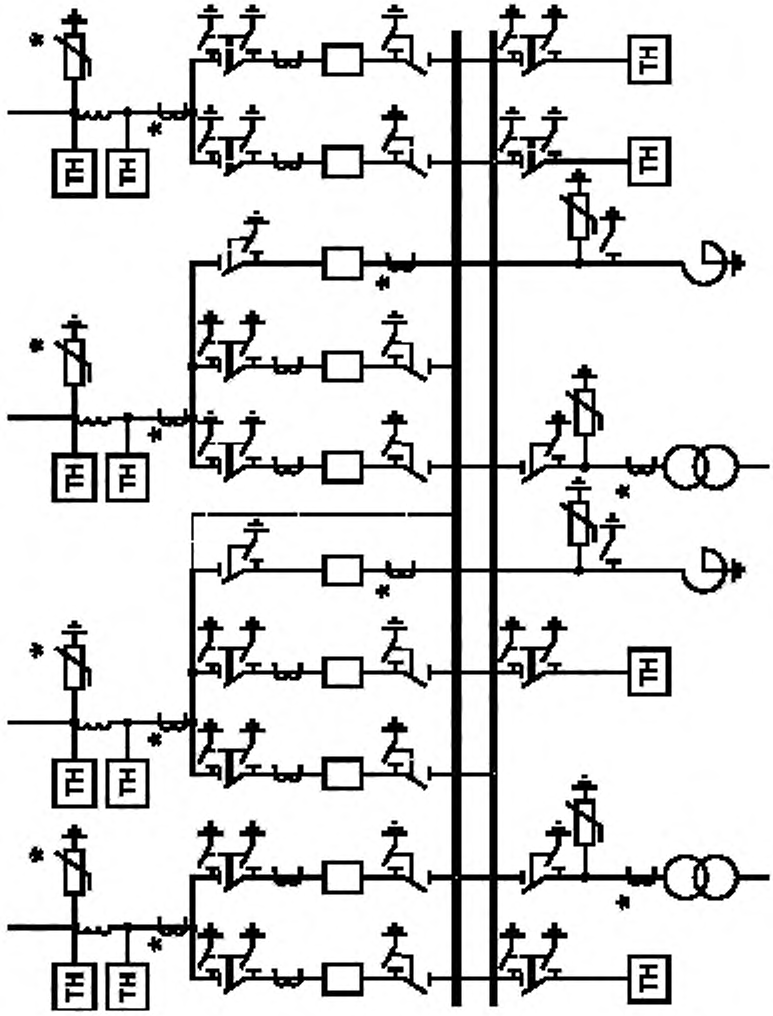
Примечание — Необходимость установки оборудования, отмеченного «*», определяется при конкретном проектировании.

Рисунок 56 — Схема 750-6Н. «Треугольник»



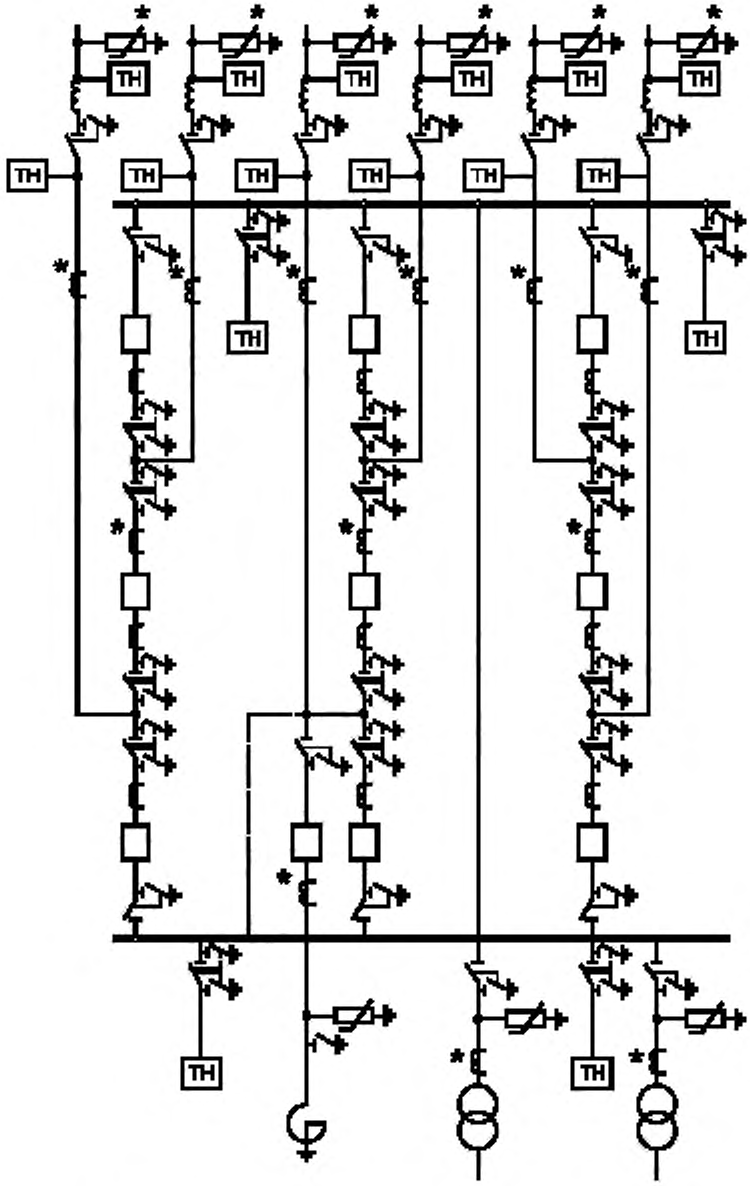
Примечание — Необходимость установки оборудования, отмеченного «*», определяется при конкретном проектировании.

Рисунок 57 — Схема 750-7. «Четырехугольник»



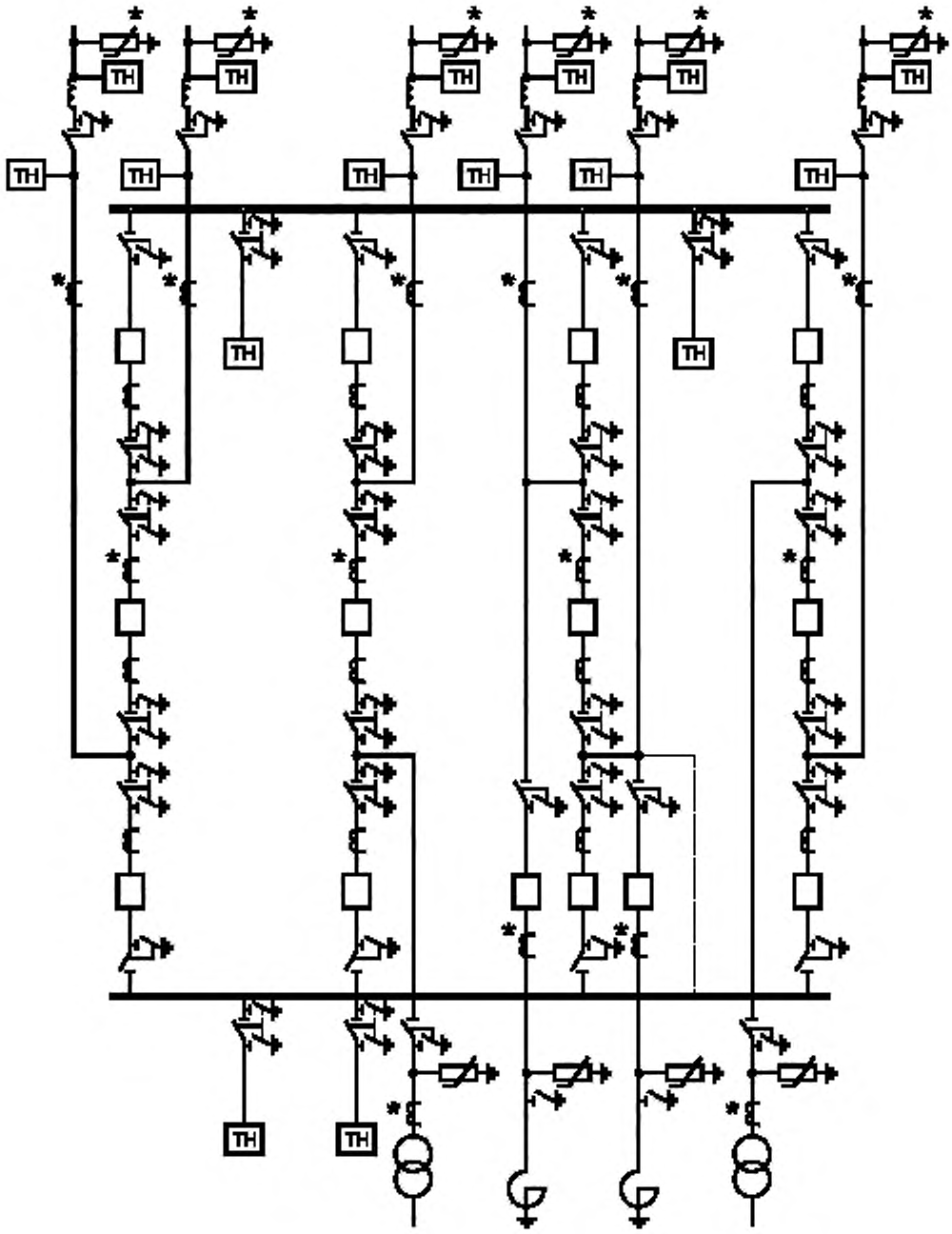
Примечание — Необходимость установки оборудования, отмеченного «*», определяется при конкретном проектировании.

Рисунок 58 — Схема 750-15. Трансформаторы—шины с присоединением линий через два выключателя



Примечание — Необходимость установки оборудования, отмеченного «*», определяется при конкретном проектировании.

Рисунок 59 — Схема 750-16. Трансформаторы—шины с полуторным присоединением линий



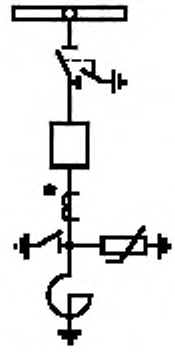
Примечание — Необходимость установки оборудования, отмеченного «*», определяется при конкретном проектировании.

Рисунок 60 — Схема 750-17. Полуторная схема

6.7 Примеры подключения компенсирующих устройств к распределительным устройствам

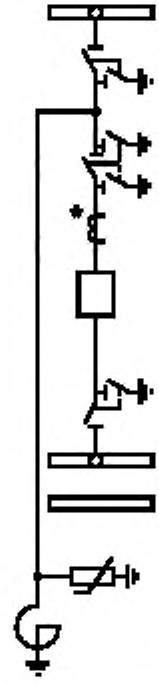
Таблица 26

№ п/п	Наименование схемы	Номер схемы	Номер рисунка
1	Подключение ШР (УШР) к шинам РУ	—	Рисунок 61
2	Подключение ШР (УШР) к РУ по схеме 12 (12Н)	—	Рисунок 62
3	Подключение ШР (УШР) к РУ по схеме 13	—	Рисунок 63
4	Подключение ШР (УШР) к РУ по схеме 13Н (14)	—	Рисунок 64
5	Подключение ШР (УШР) к РУ по схеме 16 (17)	—	Рисунок 65
6	Подключение комплектной конденсаторной установки 35 кВ к шинам РУ	—	Рисунок 66
7	Подключение ШКБ к шинам РУ	—	Рисунок 67
8	Подключение ШКБ к РУ по схеме 12 (12Н)	—	Рисунок 68
9	Подключение ШКБ к РУ по схеме 13	—	Рисунок 69
10	Подключение ШКБ к РУ по схеме 13Н (14)	—	Рисунок 70
11	Подключение ШКБ к РУ по схеме 16 (17)	—	Рисунок 71
12	Подключение ШР к обмотке низкого напряжения АТ	—	Рисунок 72
13	Подключение ШР (УШР) к ВЛ через выключатель	—	Рисунок 73
14	Подключение ШР (УШР) с компенсационным реактором к ВЛ через выключатель	—	Рисунок 74



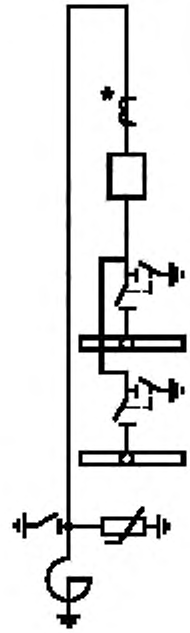
Примечание — Необходимость установки оборудования, отмеченного «*», определяется при конкретном проектировании.

Рисунок 61 — Подключение ШР (УШР) к шинам РУ



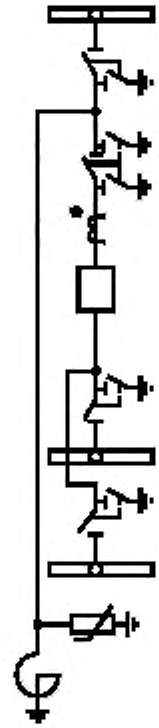
Примечание — Необходимость установки оборудования, отмеченного «*», определяется при конкретном проектировании.

Рисунок 62 — Подключение ШР (УШР) к РУ по схеме 12 (12Н)



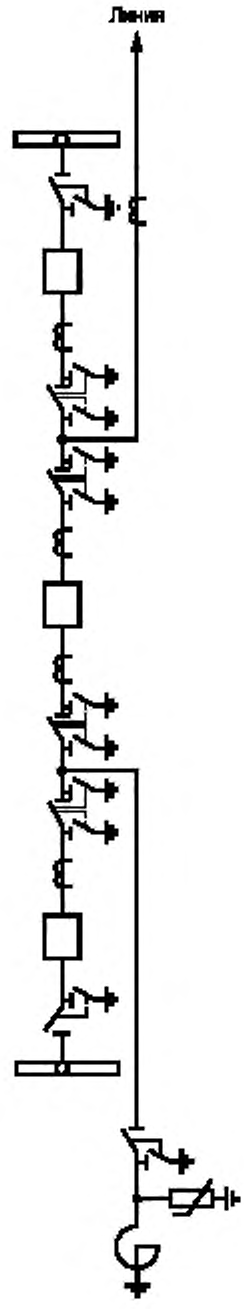
Примечание — Необходимость установки оборудования, отмеченного «*», определяется при конкретном проектировании.

Рисунок 63 — Подключение ШР (УШР) к РУ по схеме 13



Примечание — Необходимость установки оборудования, отмеченного «*», определяется при конкретном проектировании.

Рисунок 64 — Подключение ШР (УШР) к РУ по схеме 13Н (14)



Примечание — Оборудование, устанавливаемое в линии, условно не показано.

Рисунок 65 — Подключение ШР (УШР) к РУ по схеме 16 (17)

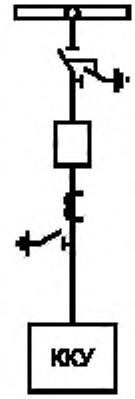
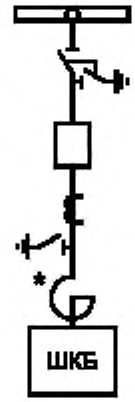
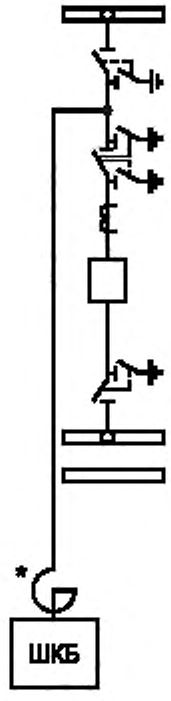


Рисунок 66 — Подключение комплектной конденсаторной установки 35 кВ к шинам РУ



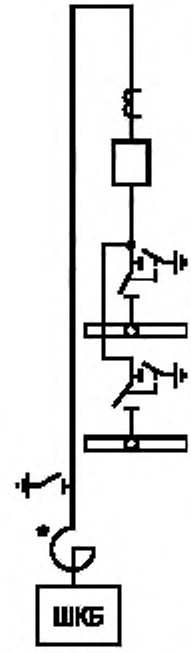
Примечание — Необходимость установки оборудования, отмеченного «*», определяется при конкретном проектировании.

Рисунок 67 — Подключение ШКБ к шинам РУ



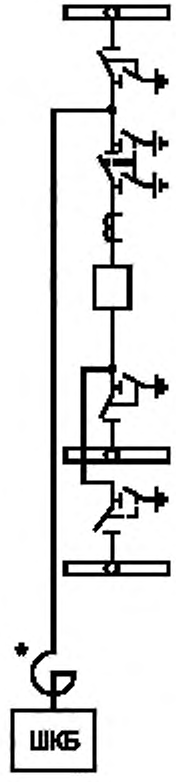
Примечание — Необходимость установки оборудования, отмеченного «*», определяется при конкретном проектировании.

Рисунок 68 — Подключение ШКБ к РУ по схеме 12 (12Н)



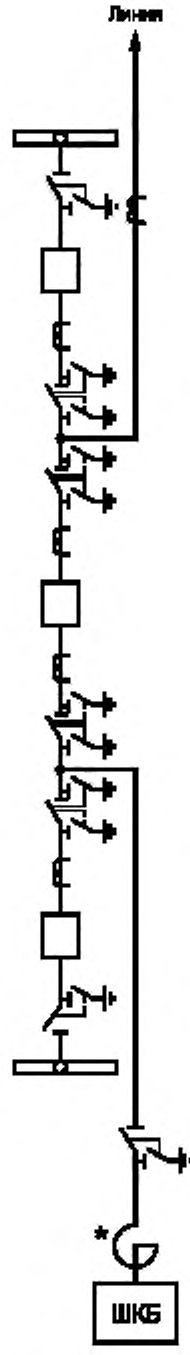
Примечание — Необходимость установки оборудования, отмеченного «*», определяется при конкретном проектировании.

Рисунок 69 — Подключение ШКБ к РУ по схеме 13



Примечание — Необходимость установки оборудования, отмеченного «*», определяется при конкретном проектировании.

Рисунок 70 — Подключение ШКБ к РУ по схеме 13Н (14)



Примечание — Необходимость установки оборудования, отмеченного «*», определяется при конкретном проектировании. Оборудование, устанавливаемое в линии, условно не показано.

Рисунок 71 — Подключение ШКБ к РУ по схеме 16 (17)

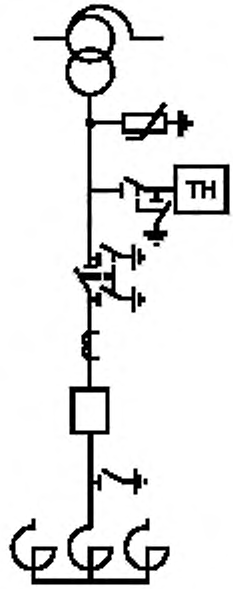
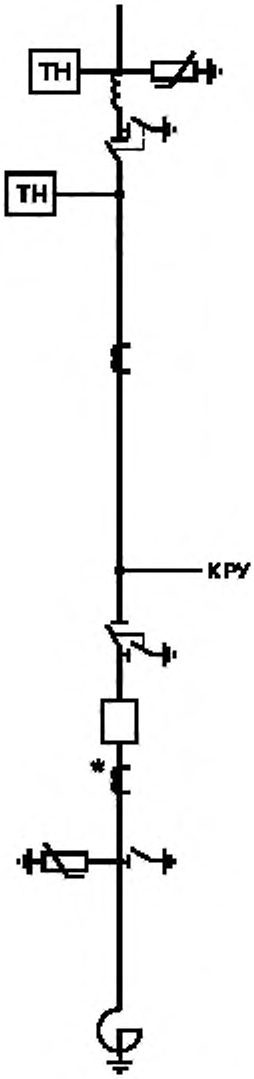
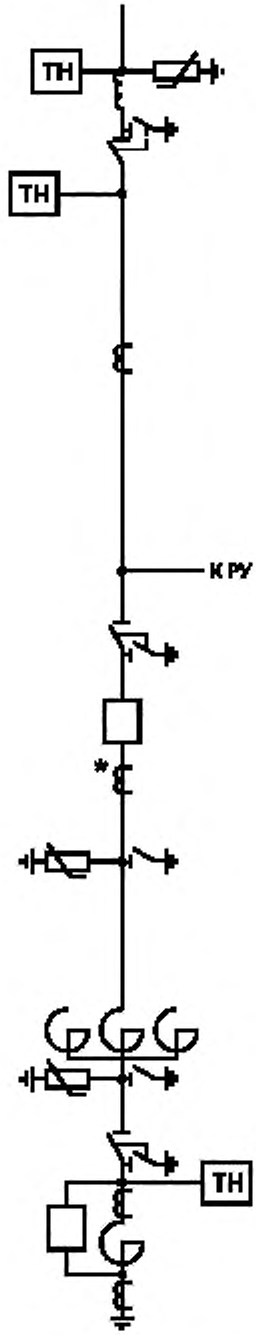


Рисунок 72 — Подключение ШР к обмотке низкого напряжения АТ



Примечание — Необходимость установки оборудования, отмеченного «*», определяется при конкретном проектировании.

Рисунок 73 — Подключение ШР (УШР) к ВЛ через выключатель

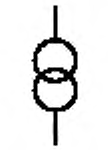


Примечание — Необходимость установки оборудования, отмеченного «*», определяется при конкретном проектировании.

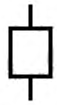
Рисунок 74 — Подключение ШР (УШР)
с компенсационным реактором к ВЛ через выключатель

Приложение А
(обязательное)

Условные обозначения



— Трансформатор



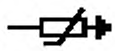
— Выключатель



— Разъединитель с двумя заземляющими ножами



— Разъединитель с одним заземляющим ножом



— Нелинейный ограничитель перенапряжений



— Трансформатор тока



— Трансформатор напряжения



— Высокочастотный заградитель



— Конденсатор связи



— Шунтирующий реактор



— Шунтовая конденсаторная батарея



— Заземлитель

Рисунок А.1 — Условные обозначения

Приложение Б
(обязательное)

Схема 35-9 в исполнении комплектного распределительного устройства (пример)

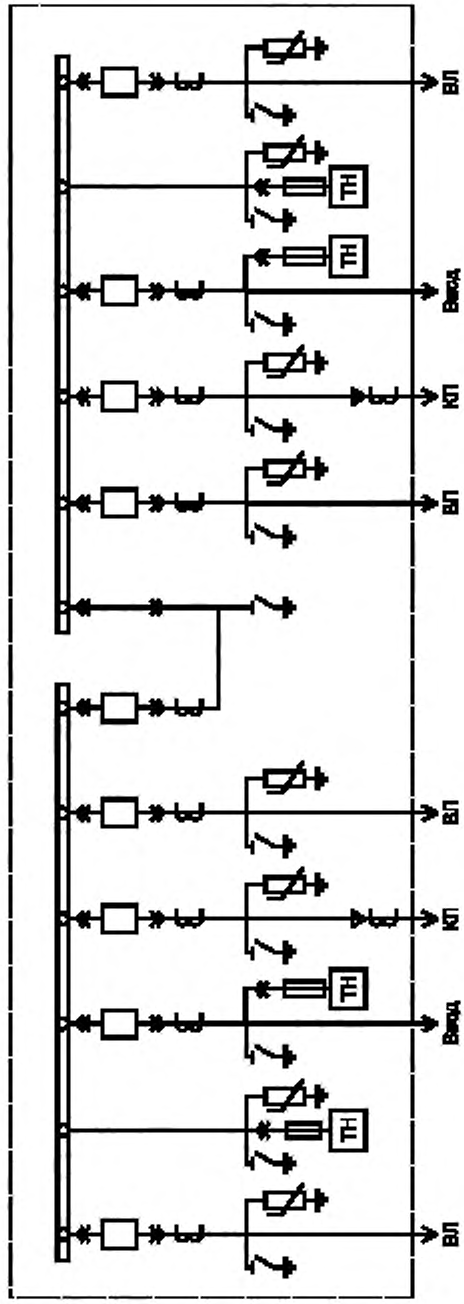


Рисунок Б.1 — Схема 35-9 в исполнении комплектного распределительного устройства (пример)

Библиография

[1] Приказ Минэнерго России от 3 августа 2018 г. № 630 «Об утверждении требований к обеспечению надежности электроэнергетических систем, надежности и безопасности объектов электроэнергетики и энергопринимающих установок «Методические указания по устойчивости энергосистем»

[2] Правила устройства электроустановок (все действующие разделы ПУЭ-6 и ПУЭ-7) (утверждены приказом Минэнерго России от 8 июля 2002 г. № 204)

УДК 621.3:006.354 ОКС 27.010

Ключевые слова: схемы принципиальные, подстанция, распределительное устройство

Редактор *Д.А. Кожемяк*
Технический редактор *И.Е. Черепкова*
Корректор *С.В. Смирнова*
Компьютерная верстка *Е.А. Кондрашовой*

Сдано в набор 25.12.2020. Подписано в печать 19.01.2021. Формат 60×84¼. Гарнитура Ариал.
Усл. печ. л. 17,67. Уч.-изд. л. 14,14.

Подготовлено на основе электронной версии, предоставленной разработчиком стандарта

Создано в единичном исполнении во ФГУП «СТАНДАРТИНФОРМ»
для комплектования Федерального информационного фонда стандартов,
117418 Москва, Нахимовский пр-т, д. 31, к. 2.
www.gostinfo.ru gost.e-ecolog.ru

gost.e-ecolog.ru