

Приложение 4  
к приказу ОАО «СО ЕЭС»  
от 12.07.2011 № 200



**ОТКРЫТОЕ АКЦИОНЕРНОЕ ОБЩЕСТВО  
«СИСТЕМНЫЙ ОПЕРАТОР ЕДИНОЙ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ»**

---

Стандарт ОАО «СО ЕЭС»

**СТО 56947007-29.240.30.047-2010**  
(обозначение стандарта)

12.07.2011  
(дата введения)

**Рекомендации  
по применению типовых принципиальных  
электрических схем распределительных устройств  
подстанций 35–750 кВ**

Москва  
2011

## Предисловие

Цели и принципы стандартизации в Российской Федерации установлены Федеральным законом от 27 декабря 2002 г. № 184-ФЗ «О техническом регулировании», правила применения стандарта организации – ГОСТ Р 1.4-2004 «Стандартизация в Российской Федерации. Стандарты организаций. Общие положения».

## Сведения о стандарте

1. РАЗРАБОТАН: ОАО «ФСК ЕЭС», ООО «Инженерный центр «Дальние электропередачи».
2. ИСПОЛНИТЕЛИ: Горюшин Ю.А., канд. техн. наук Гусев С.И., Лобзов Д.Н., доктор техн. наук проф. Шунтов А.В., канд. техн. наук, доц. Балаков Ю.Н., канд. техн. наук Абдурахманов А.М., Федоров В.Е. Общее научное руководство работой выполнил доктор техн. наук проф. Мисриханов М.Ш.
3. ВНЕСЕН: Департаментом технологического развития и инноваций ОАО «ФСК ЕЭС».
4. УТВЕРЖДЕН и ВВЕДЕН В ДЕЙСТВИЕ: приказом ОАО «СО ЕЭС» от 12.07.2011 № 200 .
5. ВВЕДЕН: впервые.

## Оглавление

Введение.....	4
1. Общие требования, предъявляемые к схемам.....	4
2. Паспорта схем.....	5
2.1 Схема блок (линия - трансформатор) с разъединителем .....	6
2.2 Схема блок (линия - трансформатор) с выключателем.....	10
2.3 Схема два блока с выключателями и неавтоматической перемычкой со стороны линий .....	15
2.4 Схема мостик с выключателями в цепях линий и ремонтной перемычкой со стороны линий .....	21
2.5 Схема мостик с выключателями в цепях трансформаторов и ремонтной перемычкой со стороны трансформаторов .....	27
2.6 Схема заход-выход.....	33
2.7 Схема четырехугольник (треугольник) .....	38
2.8 Схема шестиугольник.....	44
2.9 Схема с одной секционированной системой сборных шин.....	50
2.10 Схема с одной секционированной системой сборных шин и с подключением трансформаторов через развилку из выключателей .....	56
2.11 Схема с одной секционированной системой сборных шин и с подключением присоединений через полуторную цепочку.....	62
2.12 Схема с одной секционированной системой сборных шин и с обходной системой шин .....	68
2.13 Схема с одной секционированной системой сборных шин и с обходной системой шин с подключением трансформаторов через развилку из выключателей .....	74
2.14 Схема с двумя системами сборных шин.....	81
2.15 Схема с двумя системами сборных шин и с обходной системой шин.....	88
2.16 Схема с двумя секционированными системами сборных шин и с обходной системой шин .....	95
2.17 Схема трансформаторы - шины .....	102
2.18 Схема трансформаторы - шины с полуторным присоединением линий .....	108
2.19 Полуторная схема.....	113
3. Регламент применения типовых схем подстанций 35 - 750 кВ и критериев их предпочтительного использования.....	119
Приложение 1 Термины и определения, обозначения и сокращения .....	122

## Введение

Настоящие Рекомендации по применению типовых принципиальных электрических схем распределительных устройств подстанций 35 - 750 кВ разработаны в дополнение положений Стандарта организации «Схемы принципиальные электрические распределительных устройств подстанций 35 - 750 кВ. Типовые решения» СТО 56947007-29.240.30.010-2008 в части уточнения критериев выбора, областей применения схем и состава устанавливаемого в распределительных устройствах подстанций оборудования, для формализации процесса выбора, разработки и согласования принципиальных схем подстанций.

### 1 Общие требования, предъявляемые к схемам

Схемы РУ должны удовлетворять ряду требований (критериев). Важнейшие из них: надежность, экономичность, удобство эксплуатации, техническая гибкость, экологическая чистота, компактность, унифицированность.

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

*Экономичность* подразумевает принятие решений с учетом необходимых капитальных вложений и сопутствующих ежегодных издержек производства и сбыта продукции. Принимаемый уровень надежности обосновывается сопоставлением затрат на его повышение с экономическими последствиями из-за ненадежности (например, с ущербом или штрафными санкциями) при расчетных отказах элементов схем.

При обосновании и выборе схем РУ с учетом критериев надежности в качестве расчетных возмущений в полной и ремонтной схемах рассматриваются аварийные возмущения в соответствии с требованиями документа «Методические указания по устойчивости энергосистем» СТО 153-34.20.576-2003 с целью проверки выполнения требований к устойчивости, выявления режимных ограничений и необходимости применения противоаварийного управления.



При анализе режимов следует учитывать параметры электросетевого и генерирующего оборудования, а также возможность применения противоаварийного управления. Выбор схемы РУ должен быть произведен на основании технико-экономических показателей, учитывающих затраты на его сооружение и эксплуатацию и экономические последствия, вызванные аварийными возмущениями. При этом показатели надежности элементов схемы РУ должны быть приняты на основании опыта эксплуатации или в соответствии со стандартами организации.

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

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

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

*Компактность* характеризуется возможностью минимизации площади земли, отчуждаемой под РУ. Это позволяет наиболее рационально решать проблему приобретения земельных участков, которая при обосновании и выборе схем электроустановок нередко является определяющей.

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

Удобство эксплуатации, техническую гибкость и экологическую чистоту следует также рассматривать в контексте соответствующих нормативов безопасности персонала и предельно допустимых параметров воздействия электроустановки на окружающую среду. Техническое решение должно обеспечивать требуемое качество электроэнергетики.

Схемы РУ разрабатываются на основании исходных данных, получаемых в схемах развития энергосистем.

## **2 Паспорта схем**

Приведены унифицированные описания типовых схем (паспорта схем). Паспорт состоит из двух блоков (граф). Первый - перечень показателей, критериев и условий, например, область применения и критерии надежности. Второй блок - комментарии к ним. В представленных ниже описаниях схем отражены преимущественно последствия единичных отказов элементов схем.

## 2.1 Схема блок (линия - трансформатор) с разъединителем

<b>Раздел I. Общие показатели</b>	
1	Наименование схемы Блок (линия - трансформатор) с разъединителем.
2	Номер схемы 35-1; 110-1; 220-1.
3	Область применения Распределительные устройства 35-220 кВ.
4	Тип подстанции Тупиковая.
5	Количество присоединений Один (авто)трансформатор 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.
<b>Раздел II. Условия обоснования и выбора</b>	
7	Основные условия применения <i>а)</i> Тупиковая одностранформаторная 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 <i>а)</i> Не требует ячеек выключателей. <i>б)</i> Занимает минимальные отчуждаемые площади с учетом (п.5) количества присоединений. <i>в)</i> Наиболее дешевая схема с учетом (п.5) количества присоединений.
9	Критерии надежности <i>а)</i> Отказ (авто)трансформатора или линии приводит к обесточиванию стороны низшего и среднего (при наличии) напряжения. Следовательно, схема является недостаточно надежной. Для повышения надежности электроснабжения потребители могут резервироваться по стороне низшего и среднего (при наличии) напряжения. В полном объеме оно нецелесообразно. Поэтому применение рассматриваемой схемы должно быть ограничено.
10	Эксплуатационные критерии <i>а)</i> Простая и наглядная. <i>б)</i> Электромагнитные блокировки и операции с разъединителями просты и однотипны.

11		<p>6) Как следствие (пп. а-б) минимизированы отказы по вине персонала.</p>
12	Техническая гибкость	-
12	Критерии безопасности	<p>а) Электрооборудование, токоведущие части, изоляторы, крепления, ограждения, несущие конструкции, изоляционные и другие расстояния должны быть выбраны и установлены таким образом, чтобы:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 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;</li> <li>- 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;</li> <li>- была обеспечена возможность удобного транспортирования оборудования;</li> <li>- при нарушении нормальных условий работы электроустановки была обеспечена необходимая локализация повреждений, обусловленных действием КЗ.</li> </ul> <p>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.</p> <p>в) Должны быть выполнены требования нормативно-технических документов по электромагнитной совместимости.</p>
		<p><b>Раздел III. Расстановка оборудования</b></p>
13	Расстановка разъединителей	<p>а) Во всех цепях распределительного устройства должна быть предусмотрена установка разъединяющих устройств с видимым разрывом, обеспечивающих возможность отсоединения всех аппаратов (в данном случае - (авто)трансформатора и линии) в каждой цепи со всех ее сторон, откуда может быть подано напряжение.</p> <p>б) Данное требование (п. а) не распространяется на высокочастотные заградители и конденсаторы связи, а также ограничители перенапряжений, устанавливаемые на</p>

		<p>выводах (авто)трансформаторов.</p> <p><i>в)</i> На разъединителях 110 кВ и выше предусматривается привод с дистанционным управлением.</p> <p><i>г)</i> С учетом пп. <i>а</i> и <i>б</i> разъединитель устанавливается в цепи блока между (авто)трансформатором и линией.</p>
14	Расстановка стационарных заземлителей	<p><i>а)</i> 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.</p> <p><i>б)</i> На заземлителях предусматривается привод с дистанционным управлением.</p> <p><i>г)</i> С учетом п. <i>а</i> стационарные заземлители устанавливаются по два комплекта на разъединителе блока.</p>
15	Расстановка трансформаторов тока	-
16	Расстановка трансформаторов напряжения	-
17	Расстановка ограничителей перенапряжений нелинейных (ОПН)	<p><i>а)</i> В цепях (авто)трансформаторов должны быть установлены ОПН без коммутационных аппаратов между ними и защищаемым оборудованием.</p> <p><i>б)</i> 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.</p>
18	Расстановка устройств высокочастотной обработки	<p><i>а)</i> Конденсаторы связи, высокочастотные заградители и фильтры присоединения устанавливаются для подключения высокочастотной аппаратуры РЗА, противоаварийной автоматики и связи. Количество обработанных фаз и тип подключаемой аппаратуры обносится в проекте.</p> <p><i>б)</i> Конденсаторы связи и фильтры присоединения устанавливаются в ячейке воздушной линии до высокочастотного заградителя, т.е. со стороны линии</p>

		<p>электропередачи.</p> <p>6) Высокочастотная аппаратура подключается к линиям электропередачи по схемам: фаза - земля; фаза - фаза одной или двух линий электропередачи; провод - провод расщепленной фазы (при соответствующей их изоляции); трос - земля; два троса - земля; трос - трос. Схемы подключения имеют свои достоинства и недостатки, а также технико-экономические характеристики и определяются при конкретном проектировании (схема фаза - земля получила наибольшее распространение как наиболее простая и экономичная).</p>
--	--	--

## 2.2 Схема блок (линия - трансформатор) с выключателем

<b>Раздел I. Общие показатели</b>	
1	Наименование схемы Блок (линия - трансформатор) с выключателем.
2	Номер схемы 35-3Н; 110-3Н; 220-3Н; 330-3Н; 500-3Н.
3	Область применения Распределительные устройства 35-500 кВ.
4	Тип подстанции Тупиковая или ответвительная.
5	Количество присоединений Один (авто)трансформатор и одна линия.
6	Этапность развития Начальный этап развития более сложных схем. Последующим этапом развития является схема мостиков.
<b>Раздел II. Условия обоснования и выбора</b>	
7	Основные условия применения <i>а)</i> Тупиковая или ответвительная однотрансформаторная подстанция, подключенная к линии, от которой запитаны и другие подстанции.
8	Экономические критерии применения <i>а)</i> Требуется одна ячейка выключателя на два присоединения ((авто)трансформатор и линия). <i>б)</i> Занимает минимальные отчуждаемые площади с учетом (п.5) количества присоединений. <i>в)</i> Наиболее дешевая схема с учетом (п.5) количества присоединений.
9	Критерии надежности <i>а)</i> Отказ (авто)трансформатора или линии приводит к обесточиванию стороны низшего и среднего (при наличии) напряжения рассматриваемой подстанции. Для повышения надежности электроснабжения потребители могут резервироваться по стороне низшего и среднего (при наличии) напряжения. Однако в полном объеме оно нецелесообразно. <i>б)</i> Отказ линии или выключателя какой-либо подстанции приводит к отключению всех (авто)трансформаторов подстанций, подключенных к линии. <i>в)</i> Как следствие (пп. <i>а</i> и <i>б</i> ) схема является недостаточно надежной, и ее следует рассматривать как начальный, временный этап развития подстанции.

10	Эксплуатационные критерии	<p>а) Простая и наглядная.</p> <p>б) Электромагнитные блокировки и операции с разъединителями просты и однотипны.</p> <p>в) Как следствие (пп. а и б) минимизированы отказы по вине персонала.</p>
11	Техническая гибкость	-
12	Критерии безопасности	<p>а) Электрооборудование, токоведущие части, изоляторы, крепления, ограждения, несущие конструкции, изоляционные и другие расстойки должны быть выбраны и установлены таким образом, чтобы:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 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;</li> <li>- при выводе в ремонт какого-либо присоединения, относящегося к нему аппараты, токоведущие части и конструкции могли подвергаться безопасному техническому обслуживанию и ремонту без нарушения нормальной работы соседних цепей;</li> <li>- была обеспечена возможность удобного транспортирования оборудования;</li> <li>- при нарушении нормальных условий работы электроустановки была обеспечена необходимая локализация повреждений, обусловленных действием КЗ.</li> </ul> <p>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.</p> <p>в) Должны быть выполнены требования нормативно-технических документов по электромагнитной совместимости.</p>
<b>Раздел III. Расстановка оборудования</b>		
13	Расстановка разъединителей	<p>а) Во всех цепях распределительного устройства должна быть предусмотрена установка разъединяющих устройств с видимым разрывом, обеспечивающих возможность отсоединения всех аппаратов (выключателей, предохранителей, трансформаторов напряжения, трансформаторов тока и т.д.) в каждой цепи со всех ее</p>

	<p>сторон, откуда может быть подано напряжение.</p> <p><i>б)</i> Данное требование (п. <i>а</i>) не распространяется на высокочастотные заградители и конденсаторы связи, трансформаторы напряжения, устанавливаемые на отходящих линиях, а также ограничители перенапряжений, устанавливаемых на выводах (авто)трансформаторов и шунтирующих реакторов и на отходящих линиях.</p> <p><i>в)</i> Видимый разрыв может отсутствовать в комплектных распределительных устройствах заводского исполнения (в том числе с заполнением элегазом - КРУЭ) с выкатными элементами и/или при наличии надежного механического указателя гарантированного положения контактов.</p> <p><i>г)</i> На разъединителях 110 кВ и выше предусматривается привод с дистанционным управлением.</p> <p><i>д)</i> С учетом пп. <i>а</i> и <i>б</i> разъединители устанавливаются с обеих сторон выключателя при установке трехобмоточного (авто)трансформатора (т.е. возможно питание потребителей со стороны среднего напряжения при отключенной обмотке высшего напряжения). При установке двухобмоточного трансформатора разъединитель со стороны последнего не предусматривается.</p>
14	<p>Расстановка стационарных заземлителей</p> <p><i>а)</i> 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.</p> <p><i>б)</i> На заземлителях предусматривается привод с дистанционным управлением, кроме того в ячейках КРУЭ заземлители со стороны линий должны быть быстродействующими.</p>



	<p>в) С учетом п. а стационарные заземлители устанавливаются по два комплекта на линейном разъединителе. На разъединителе трехобмоточного (автотрансформатора заземляющий нож устанавливается только со стороны выключателя, поскольку в этом случае возможно питание потребителей со стороны среднего напряжения при отключенной обмотке высшего напряжения (автотрансформатора).</p>
<p>15</p> <p>Расстановка трансформаторов тока</p>	<p>а) Трансформаторы тока устанавливаются в каждом присоединении. Наиболее предпочтительными являются встроенные в оборудование трансформаторы тока (трансформаторы тока также необходимы в нейтральных трансформаторов 110 кВ и выше и автотрансформаторов 220 кВ и выше для подключения токовых защит нулевой последовательности).</p> <p>б) При выборе количества вторичных обмоток трансформаторов тока должны учитываться следующие положения:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- для подключения расчетного счетчика используется отдельная вторичная обмотка трансформатора тока, при этом также отдельная обмотка предусматривается для измерений, т.е. отдельно друг от друга и от цепей защит;</li> <li>- основная и резервная защиты должны питаться от разных вторичных обмоток трансформатора тока;</li> <li>- оно должно быть достаточным для присоединения к ним в общем случае основных и резервных защит двух элементов, например, воздушной линии и сборных шин.</li> </ul> <p>в) При установке трансформатора тока с меньшим количеством вторичных обмоток, чем требуется (п. б), возникает необходимость в установке второго дополнительного трансформатора тока. Он устанавливается с другой стороны выключателя.</p>
<p>16</p> <p>Расстановка трансформаторов напряжения</p>	<p>а) Трансформаторы напряжения устанавливаются на блоке.</p> <p>б) Трансформаторы напряжения предусматриваются с тремя вторичными обмотками, одна из которых предназначена для подключения расчетных счетчиков.</p> <p>в) При выборе трансформаторов напряжения необходимо учитывать возможность возникновения феррорезонанса, рекомендуется применять антиферрорезонансные типы трансформаторов напряжения.</p>

		<p>е) На линиях электропередачи 330 кВ и выше для резервирования защит по цепям напряжения устанавливаются два трансформатора напряжения (по обе стороны разъединителя линии).</p>
17	<p>Расстановка ограничителей перенапряжений нелинейных (ОПН)</p>	<p>а) В цепях (авто)трансформаторов 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 (авто)трансформаторов до самого удаленного присоединения, с наибольшим допустимым расстоянием.</p>
18	<p>Расстановка устройств высокочастотной обработки</p>	<p>а) Конденсаторы связи, высокочастотные заградители и фильтры присоединения устанавливаются для подключения высокочастотной аппаратуры РЗА, противоаварийной автоматики и связи. Количество обработанных фаз и тип подключаемой аппаратуры обносится в проекте.  б) Конденсаторы связи и фильтры присоединения устанавливаются в ячейке воздушной линии до высокочастотного заградителя, т.е. со стороны линии электропередачи.  в) Высокочастотная аппаратура подключается к линиям электропередачи по схемам: фаза - земля; фаза - фаза одной или двух линий электропередачи; провод - провод расщепленной фазы (при соответствующей их изоляции); трос - земля; два троса - земля; трос - трос. Схемы подключения имеют свои достоинства и недостатки, а также технико-экономические характеристики и определяются при конкретном проектировании (схема фаза - земля получила наибольшее распространение как наиболее простая и экономичная).</p>

### 2.3 Схема два блока с выключателями и неавтоматической перемычкой со стороны линий

<b>Раздел I. Общие показатели</b>	
1	Наименование схемы
2	Номер схемы
3	Область применения
4	Тип подстанции
5	Количество присоединений
6	Этапность развития
<b>Раздел II. Условия обоснования и выбора</b>	
7	Основные условия применения
8	Экономические критерии применения

Два блока с выключателями и неавтоматической перемычкой со стороны линий.

35-4Н; 110-4Н; 220-4Н.

Распределительные устройства 35-220 кВ.

Тупиковая или ответвительная.

Два (авто)трансформатора и две линии.

Возможно расширение до схемы с одной или двумя системами сборных шин (с обходной системой шин либо без нее). При этом учитываются следующие конструктивные особенности. Под каждое присоединение, включая перемычку, предусматривают отдельную ячейку, аналогично компоновкам схем с одной - двумя системами сборных шин. Каждый участок ошиновки между выключателями и ремонтной перемычкой выполняют в виде отдельной системы или секции системы сборных шин (типовые решения для схем с одной - двумя системами сборных шин). Разъединители со стороны присоединения линий и (авто)трансформаторов устанавливаются под выходными линейными порталами. При поэтапном расширении секционный или шиносоединительный выключатель устанавливается в ячейке перемычки.

а) Тупиковая или ответвительная подстанция с одно- или двухсторонним питанием, подключенная к двухцепной линии, от которой запитаны и другие подстанции.  
 б) В нормальном режиме разъединители в неавтоматической перемычке отключены, остальные разъединители, а также выключатели в схеме включены.

а) Требуется две ячейки выключателей на четыре присоединения (два (авто)трансформатора и две линии).

б) Занимает минимальные отчуждаемые площади с учетом (п.5) количества

	присоединений. в) Наиболее дешевая схема с учетом (п.5) количества присоединений.	
9	Критерии надежности	<p>а) Отказ линии или выключателя приводит к отключению по одному (авто)трансформатору на всех смежных подстанциях, подключенных к данной линии. Рассматриваемые отказы не должны приводить к ограничению электроснабжения потребителей при достаточной нагрузочной способности оставшихся в работе (авто)трансформаторов, а также действию автоматического ввода резерва на стороне низшего и среднего (при наличии) напряжения (авто)трансформатора.</p> <p>б) При трех-четырёх 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.</p> <p>в) Неавтоматическую перемычку со стороны линий следует устанавливать только при наличии технико-экономических обоснований с учетом фактора надежности, поскольку плановые и аварийные простои линий 35-220 кВ непродолжительны, а параметр потока отказов (авто)трансформаторов - один из самых низких среди элементов электрических сетей.</p> <p>г) Является лучшей схемой с позиций надежности и экономичности для тупиковых или ответвительных двухтрансформаторных подстанций при использовании современных элегазовых выключателей с пружинными приводами для подстанций 35-220 кВ.</p>
10	Эксплуатационные критерии	<p>а) Простая и наглядная.</p> <p>б) Электромагнитные блокировки и операции с разъединителями просты и однотипны.</p> <p>в) Как следствие (пп. а и б) минимизированы отказы по вине персонала.</p>
11	Техническая гибкость	-
12	Критерии безопасности	<p>а) Электрооборудование, токоведущие части, изоляторы, крепления, ограждения, несущие конструкции, изоляционные и другие расстояния должны быть выбраны и установлены таким образом, чтобы:</p> <p>- вызываемые нормальными условиями работы электроустановки усилия, нагрев,</p>

	<p>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;</p> <p>- 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;</p> <p>- при нарушении нормальных условий работы электроустановки была обеспечена необходимая локализация повреждений, обусловленных действием КЗ.</p> <p>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.</p> <p>в) Должны быть выполнены требования нормативно-технических документов по электромагнитной совместимости.</p>
<p><b>Раздел III. Расстановка оборудования</b></p>	
<p>13 Расстановка разъединителей</p>	<p>а) Во всех цепях распределительного устройства должна быть предусмотрена установка разъединяющих устройств с видимым разрывом, обеспечивающих возможность отсоединения всех аппаратов (выключателей, предохранителей, трансформаторов напряжения, трансформаторов тока и т.д.) в каждой цепи со всех ее сторон, откуда может быть подано напряжение.</p> <p>б) Данное требование (п. а) не распространяется на высокочастотные заградители и конденсаторы связи, трансформаторы напряжения, устанавливаемые на отходящих линиях, а также ограничители перенапряжений, устанавливаемых на выводах (авто)трансформаторов и на отходящих линиях.</p> <p>в) Видимый разрыв может отсутствовать в комплектных распределительных устройствах заводского исполнения (в том числе с заполнением элегазом - КРУЭ) с выкатными элементами и/или при наличии надежного механического указателя гарантированного положения контактов.</p>

		<p>г) На разъединителях 110 кВ и выше предусматривается привод с дистанционным управлением.</p> <p>д) С учетом пп. а и б разъединители устанавливаются:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- в цепях линий;</li> <li>- с обеих сторон выключателей при использовании трехобмоточных трансформаторов; при установке двухобмоточных трансформаторов разъединитель в его цепи не предусматривается;</li> <li>- два последовательно включенных разъединителя в неавтоматической перемычке (для выполнения их ремонта без полного погашения распределительного устройства).</li> </ul>
14	Расстановка стационарных заземлителей	<p>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.</p> <p>б) На заземлителях предусматривается привод с дистанционным управлением, кроме того в ячейках КРУЭ заземлители со стороны линий должны быть быстросрабатывающими.</p> <p>в) С учетом п. а стационарные заземлители устанавливаются по два комплекта на каждом разъединителе, кроме разъединителей (авто)трансформаторов со стороны перемычки, где установлен один комплект со стороны выключателя.</p>
15	Расстановка трансформаторов тока	<p>а) Трансформаторы тока устанавливаются в каждом присоединении. Наиболее предпочтительными являются встроенные в оборудование трансформаторы тока (трансформаторы тока также необходимы в нейтральных трансформаторов 110 кВ и выше и автотрансформаторов 220 кВ и выше для подключения токовых защит нулевой</p>

		<p>последовательности).</p> <p>б) При выборе количества вторичных обмоток трансформаторов тока должны учитываться следующие положения:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- для подключения расчетного счетчика используется отдельная вторичная обмотка трансформатора тока, при этом также отдельная обмотка предусматривается для измерений, т.е. отдельно друг от друга и от цепей защит;</li> <li>- основная и резервная защиты должны питаться от разных вторичных обмоток трансформатора тока;</li> <li>- оно должно быть достаточным для присоединения к ним в общем случае основных и резервных защит двух элементов, например, воздушной линии и сборных шин.</li> </ul> <p>в) При установке трансформатора тока с меньшим количеством вторичных обмоток, чем требуется (п. б), возникает необходимость в установке второго дополнительного трансформатора тока. Он устанавливается с другой стороны выключателя.</p>
16	Расстановка трансформаторов напряжения	<p>а) Трансформаторы напряжения устанавливаются на каждом блоке.</p> <p>б) Трансформаторы напряжения предусматриваются с тремя вторичными обмотками, одна из которых предназначена для подключения расчетных счетчиков.</p> <p>в) При выборе трансформаторов напряжения необходимо учитывать возможность возникновения феррорезонанса, рекомендуется применять антиферрорезонансные типы трансформаторов напряжения.</p>
17	Расстановка ограничителей перенапряжений нелинейных (ОПН)	<p>а) В цепях (авто)трансформаторов должны быть установлены ОПН без коммутационных аппаратов между ними и защищаемым оборудованием.</p> <p>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.</p> <p>в) Необходимость установки ОПН на линейных присоединениях определяется сравнением расстояний по ошиновке от ОПН у силовых (авто)трансформаторов до самого удаленного присоединения, с наибольшим допустимым расстоянием.</p>

18	Расстановка устройств высокочастотной обработки	<p>а) Конденсаторы связи, высокочастотные заградители и фильтры присоединения устанавливаются для подключения высокочастотной аппаратуры РЗА, противоаварийной автоматики и связи. Количество обработанных фаз и тип подключаемой аппаратуры обносится в проекте.</p> <p>б) Конденсаторы связи и фильтры присоединения устанавливаются в ячейке воздушной линии до высокочастотного заградителя, т.е. со стороны линии электропередачи.</p> <p>в) Высокочастотная аппаратура подключается к линиям электропередачи по схемам: фаза - земля; фаза - фаза одной или двух линий электропередачи; провод - провод расщепленной фазы (при соответствующей их изоляции); трос - земля; два троса - земля; трос - трос. Схемы подключения имеют свои достоинства и недостатки, а также технико-экономические характеристики и определяются при конкретном проектировании (схема фаза - земля получила наибольшее распространение как наиболее простая и экономичная).</p>
----	---	--



## 2.4 Схема мостик с выключателями в цепях линий и ремонтной перемычкой со стороны линий

<b>Раздел I. Общие показатели</b>	
1	Наименование схемы
2	Номер схемы
3	Область применения
4	Тип подстанции
5	Количество присоединений
6	Этапность развития
<p>Мостик с выключателями в цепях линий и ремонтной перемычкой со стороны линий.                      35-5Н; 110-5Н; 220-5Н.                      Распределительные устройства 35-220 кВ.                      Проходная.                      Два (авто)трансформатора и две линии.                      Возможно расширение до схемы с одной или двумя системами сборных шин (с обходной системой шин либо без нее). При этом учитываются следующие конструктивные особенности. Сооружается участок ошиновки между разъединителями перемычки в виде системы сборных шин. В последующем она может преобразовываться в обходную систему шин. 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 системами сборных шин.</p>	
<b>Раздел II. Условия обособования и выбора</b>	
7	Основные условия применения
8	Экономические критерии применения
<p>а) Проходная подстанция с двухсторонним питанием.                      б) В нормальном режиме разъединители в ремонтной перемычке отключены, остальные разъединители, а также выключатели в схеме включены.                      а) Требуется три ячейки выключателей на четыре присоединения (два (авто)трансформатора и две линии).                      б) Занимает минимальные отчуждаемые площади с учетом (п.5) количества присоединений.                      в) Наиболее дешевая схема с учетом (п.5) количества присоединений для заданной конфигурации сети.</p>	

9	Критерии надежности	<p>а) При отказе нормально включенного «среднего» выключателя возможно полное погашение распределительного устройства. При этом теряется транзит мощности через сторону высшего напряжения подстанции. При заданной в п. 7, а 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.</p> <p>Транзит мощности прерывается и при отказе силового (авто)трансформатора. Однако этот перерыв непродолжительный и определяется временем оперативных переключений в схеме. Кроме того, частота отказов (авто)трансформаторов рассматриваемого класса напряжения сравнительно невелика (параметр потока отказов равен <math>0,005 - 0,02</math> 1/год). Поэтому данное событие принимается во внимание при выборе схем лишь при наличии достаточных технико-экономических обоснований с учетом фактора надежности.</p> <p>б) Установка второго последовательно включенного выключателя или переход к схеме четырехугольника для исключения погашения распределительного устройства (п. а) нецелесообразна с технико-экономических позиций с учетом фактора надежности.</p> <p>в) К одной линии с двусторонним питанием рекомендуется подключать не более трех-четыре проходных подстанций, в том числе по условиям надежной работы релейной защиты в части селективности.</p> <p>г) При прочих равных условиях в рассматриваемой схеме, в отличие от схемы мостика с выключателями в цепях трансформаторов и ремонтной перемычкой со стороны трансформаторов, коммутация линий выполняется одним выключателем. Это благоприятно сказывается на надежности распределительного устройства, поскольку коммутация линий электропередачи в нормальных, ремонтных и аварийных режимах осуществляется значительно чаще, чем (авто)трансформаторов.</p> <p>д) С учетом пп. а-г является лучшей схемой с позиций надежности и экономичности для проходных подстанций при использовании современных элегазовых выключателей с пружинными приводами для подстанций 35-220 кВ.</p>
---	---------------------	---

10	Эксплуатационные критерии	<p>а) Простая и наглядная.</p> <p>б) Электромагнитные блокировки и операции с разъединителями просты и однотипны.</p> <p>в) Как следствие (пп. а и б) минимизированы отказы по вине персонала.</p>
11	Техническая гибкость	-
12	Критерии безопасности	<p>а) Электрооборудование, токоведущие части, изоляторы, крепления, ограждения, несущие конструкции, изоляционные и другие расстояния должны быть выбраны и установлены таким образом, чтобы:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 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;</li> <li>- 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;</li> <li>- при нарушении нормальных условий работы электроустановки была обеспечена необходимая локализация повреждений, обусловленных действием КЗ.</li> </ul> <p>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.</p> <p>в) Должны быть выполнены требования нормативно-технических документов по электромагнитной совместимости.</p>
<b>Раздел III. Расстановка оборудования</b>		
13	Расстановка разъединителей	<p>а) Во всех цепях распределительного устройства должна быть предусмотрена установка разъединяющих устройств с видимым разрывом, обеспечивающих возможность отсоединения всех аппаратов (выключателей, предохранителей, трансформаторов напряжения, трансформаторов тока и т.д.) в каждой цепи со всех ее сторон, откуда может быть подано напряжение.</p>

		<p>б) Данное требование (п. а) не распространяется на высокочастотные заградители и конденсаторы связи, трансформаторы напряжения, устанавливаемые на отходящих линиях, а также ограничители перенапряжений, устанавливаемые на выводах (авто)трансформаторов и на отходящих линиях.</p> <p>в) Видимый разрыв может отсутствовать в комплектных распределительных устройствах заводского исполнения (в том числе с заполнением элегазом - КРУЭ) с выкатными элементами и/или при наличии надежного механического указателя гарантированного положения контактов.</p> <p>г) На разъединителях 110 кВ и выше предусматривается привод с дистанционным управлением.</p> <p>д) С учетом пп. а и б разъединители устанавливаются:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- в цепях трехобмоточных (авто)трансформаторов;</li> <li>- в цепях выключателей со стороны линий;</li> <li>- два последовательно включенных разъединителя в ремонтной перемычке (для выполнения их ремонта без полного погашения распределительного устройства).</li> </ul>
14	Расстановка стационарных заземлителей	<p>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.</p> <p>б) На заземлителях предусматривается привод с дистанционным управлением, кроме того в ячейках КРУЭ заземлители со стороны линий должны быть быстросрабатывающими.</p> <p>в) С учетом п. а стационарные заземлители устанавливаются по два комплекта на</p>

		каждом разъединителе, кроме разъединителей трехобмоточных (авто)трансформаторов, где установлен один комплект со стороны выключателя.
15	Расстановка трансформаторов тока	<p>а) Трансформаторы тока устанавливаются в каждом присоединении, а также в ремонтной перемычке. Наиболее предпочтительными являются встроенные в оборудование трансформаторы тока (трансформаторы тока также необходимы в нейтральных трансформаторов 110 кВ и выше и автотрансформаторов 220 кВ и выше для подключения токовых защит нулевой последовательности).</p> <p>б) При выборе количества вторичных обмоток трансформаторов тока должны учитываться следующие положения:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- для подключения расчетного счетчика используется отдельная вторичная обмотка трансформатора тока, при этом также отдельная обмотка предусматривается для измерений, т.е. отдельно друг от друга и от цепей защит;</li> <li>- основная и резервная защиты должны питаться от разных вторичных обмоток трансформатора тока;</li> <li>- оно должно быть достаточным для присоединения к ним в общем случае основных и резервных защит двух элементов, например, воздушной линии и сборных шин.</li> </ul> <p>в) При установке трансформатора тока с меньшим количеством вторичных обмоток, чем требуется (п. б), возникает необходимость в установке второго дополнительного трансформатора тока. Он устанавливается с другой стороны выключателя.</p>
16	Расстановка трансформаторов напряжения	<p>а) Трансформаторы напряжения устанавливаются на каждом линейном присоединении мостика.</p> <p>б) Трансформаторы напряжения предусматриваются с тремя вторичными обмотками, одна из которых предназначена для подключения расчетных счетчиков.</p> <p>в) При выборе трансформаторов напряжения необходимо учитывать возможность возникновения феррорезонанса, рекомендуется применять антиферрорезонансные типы трансформаторов напряжения.</p>
17	Расстановка ограничителей	<p>а) В цепях (авто)трансформаторов должны быть установлены ОПН без коммутационных аппаратов между ними и защищаемым оборудованием.</p>

	перенапряжений нелинейных (ОПН)	<p>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.</p> <p>в) Необходимость установки ОПН на линейных присоединениях определяется сравнением расстояний по ошиновке от ОПН у силовых (авто)трансформаторов до самого удаленного присоединения, с наибольшим допустимым расстоянием.</p>
18	Расстановка устройств высокочастотной обработки	<p>а) Конденсаторы связи, высокочастотные заградители и фильтры присоединения устанавливаются для подключения высокочастотной аппаратуры РЗА, противоаварийной автоматики и связи. Количество обработанных фаз и тип подключаемой аппаратуры обосновывается в проекте.</p> <p>б) Конденсаторы связи и фильтры присоединения устанавливаются в ячейке воздушной линии до высокочастотного заградителя, т.е. со стороны линии электропередачи.</p> <p>в) Высокочастотная аппаратура подключается к линиям электропередачи по схемам: фаза - земля; фаза - фаза одной или двух линий электропередачи; провод - провод расщепленной фазы (при соответствующей их изоляции); трос - земля; два троса - земля; трос - трос. Схемы подключения имеют свои достоинства и недостатки, а также технико-экономические характеристики и определяются при конкретном проектировании (схема фаза - земля получила наибольшее распространение как наиболее простая и экономичная).</p>

2.5 Схема мостик с выключателями в цепях трансформаторов и ремонтной перемычкой со стороны трансформаторов

<b>Раздел I. Общие показатели</b>	
1	Наименование 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 Распределительные устройства 35-220 кВ.
4	Тип подстанции Прокладная.
5	Количество присоединений Два (авто)трансформатора и две линии.
6	Этапность развития Возможно расширение до схемы с одной или двумя системами сборных шин (с обходной системой шин либо без нее). При этом учитываются следующие конструктивные особенности. Сооружается участок ошиновки между разъединителями перемычки в виде системы сборных шин. В последующем она может преобразовываться в обходную систему шин. 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 системами сборных шин.
<b>Раздел II. Условия обоснования и выбора</b>	
7	Основные условия применения а) Прокладная подстанция с двухсторонним питанием при необходимости частых включений-отключений (авто)трансформаторов при неравномерном графике нагрузки для снижения потерь мощности и электроэнергии в (авто)трансформаторах. б) В нормальном режиме разъединители в ремонтной перемычке отключены, остальные разъединители, а также выключатели в схеме включены.
8	Экономические критерии применения а) Требует три ячейки выключателей на четыре присоединения (два (авто)трансформатора и две линии). б) Занимает минимальные отчуждаемые площади с учетом (п.5) количества

		<p>присоединений.</p> <p>б) Наиболее дешевая схема с учетом (п.5) количества присоединений для заданной конфигурации сети.</p>
9	Критерии надежности	<p>а) При отказе нормально включенного «среднего» выключателя возможно полное погашение распределительного устройства. При этом теряется транзит мощности через сторону высшего напряжения подстанции. При заданной в п. 7, а 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 (авто)трансформатора.</p> <p>б) Установка второго последовательно включенного выключателя или переход к схеме четырехугольника для исключения погашения распределительного устройства (п. а) нецелесообразна с технико-экономических позиций с учетом фактора надежности.</p> <p>в) К одной линии с двусторонним питанием рекомендуется подключать не более трех-четыре проходных подстанций, в том числе по условиям надежной работы релейной защиты в части селективности.</p> <p>г) При ремонте секционного выключателя схема позволяет сохранить транзит мощности по присоединенным линиям через ремонтную перемычку, а также сохранить в работе оба (авто)трансформатора при аварийном отключении одной из отходящих линий.</p> <p>д) При прочих равных условиях в рассматриваемой схеме, в отличие от схемы мостика с выключателями в цепях линий и ремонтной перемычкой со стороны линий, коммутация линии выполняется двумя выключателями. Поэтому схему мостика с выключателями в цепях трансформаторов и ремонтной перемычкой со стороны трансформаторов следует использовать в случаях значительной неравномерности графика нагрузки, когда может быть оправданы частые включения-отключения (авто)трансформаторов для снижения потерь мощности и электроэнергии в них.</p> <p>а) Простая и наглядная.</p> <p>б) Электромагнитные блокировки и операции с разъединителями просты и однотипны.</p> <p>в) Как следствие (пп. а и б) минимизированы отказы по вине персонала.</p>
10	Эксплуатационные критерии	



11	Техническая гибкость	-
12	Критерии безопасности	<p>а) Электрооборудование, токоведущие части, изоляторы, крепления, ограждения, несущие конструкции, изоляционные и другие расстояния должны быть выбраны и установлены таким образом, чтобы:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 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;</li> <li>- 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;</li> <li>- при нарушении нормальных условий работы электроустановки была обеспечена необходимая локализация повреждений, обусловленных действием КЗ.</li> </ul> <p>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.</p> <p>в) Должны быть выполнены требования нормативно-технических документов по электромагнитной совместимости.</p>
<b>Раздел III. Расстановка оборудования</b>		
13	Расстановка разъединителей	<p>а) Во всех цепях распределительного устройства должна быть предусмотрена установка разъединяющих устройств с видимым разрывом, обеспечивающих возможность отсоединения всех аппаратов (выключателей, предохранителей, трансформаторов напряжения, трансформаторов тока и т.д.) в каждой цепи со всех ее сторон, откуда может быть подано напряжение.</p> <p>б) Данное требование (п. а) не распространяется на высокочастотные заградители и конденсаторы связи, трансформаторы напряжения, устанавливаемые на отходящих линиях, а также ограничители перенапряжений, устанавливаемых на выводах</p>

		<p>(авто)трансформаторов и на отходящих линиях.</p> <p>б) Видимый разрыв может отсутствовать в комплектных распределительных устройствах заводского исполнения (в том числе с заполнением элегазом - КРУЭ) с выкатными элементами и/или при наличии надежного механического указателя гарантированного положения контактов.</p> <p>е) На разъединителях 110 кВ и выше предусматривается привод с дистанционным управлением.</p> <p>д) С учетом пп. а и б разъединители устанавливаются:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- в цепях линий;</li> <li>- с обеих сторон каждого выключателя;</li> <li>- два последовательно включенных разъединителя в ремонтной перемычке (для выполнения их ремонта без полного погашения распределительного устройства).</li> </ul>
14	Расстановка стационарных заземлителей	<p>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.</p> <p>б) На заземлителях предусматривается привод с дистанционным управлением, кроме того в ячейках КРУЭ заземлители со стороны линий должны быть быстросрабатывающими.</p> <p>в) С учетом п. а стационарные заземлители устанавливаются по два комплекта на каждом разъединителе, кроме разъединителей в цепях выключателя присоединений, где установлен один комплект со стороны выключателя.</p>

15	Расстановка трансформаторов тока	<p>а) Трансформаторы тока устанавливаются в каждом присоединении, а также в ремонтной перемычке. Наиболее предпочтительными являются встроенные в оборудование трансформаторы тока (трансформаторы тока также необходимы в нейтральных трансформаторов 110 кВ и выше и автотрансформаторов 220 кВ и выше для подключения токовых защит нулевой последовательности).</p> <p>б) При выборе количества вторичных обмоток трансформаторов тока должны учитываться следующие положения:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- для подключения расчетного счетчика используется отдельная вторичная обмотка трансформатора тока, при этом также отдельная обмотка предусматривается для измерений, т.е. отдельно друг от друга и от цепей защит;</li> <li>- основная и резервная защиты должны питаться от разных вторичных обмоток трансформатора тока;</li> <li>- оно должно быть достаточным для присоединения к ним в общем случае основных и резервных защит двух элементов, например, воздушной линии и сборных шин.</li> </ul> <p>в) При установке трансформатора тока с меньшим количеством вторичных обмоток, чем требуется (п. б), возникает необходимость в установке второго дополнительного трансформатора тока. Он устанавливается с другой стороны выключателя.</p>
16	Расстановка трансформаторов напряжения	<p>а) Трансформаторы напряжения устанавливаются на каждом линейном присоединении мостика.</p> <p>б) Трансформаторы напряжения предусматриваются с тремя вторичными обмотками, одна из которых предназначена для подключения расчетных счетчиков.</p> <p>в) При выборе трансформаторов напряжения необходимо учитывать возможность возникновения феррорезонанса, рекомендуется применять антиферрорезонансные типы трансформаторов напряжения.</p>
17	Расстановка ограничителей перенапряжений нелинейных (ОПН)	<p>а) В цепях (авто)трансформаторов должны быть установлены ОПН без коммутационных аппаратов между ними и защищаемым оборудованием.</p> <p>б) Для защиты нейтралей обмоток 110 кВ силовых трансформаторов, имеющих изоляцию, пониженную относительно изоляции линейного конца обмотки и</p>

18	Расстановка устройств высокочастотной обработки	<p>допускающую работу с разземленной нейтралью, в ней следует устанавливать ОПН.</p> <p>б) Необходимость установки ОПН на линейных присоединениях определяется сравнением расстояний по ошиновке от ОПН у силовых (авто)трансформаторов до самого удаленного присоединения, с наибольшим допустимым расстоянием.</p> <p>а) Конденсаторы связи, высокочастотные заградители и фильтры присоединения устанавливаются для подключения высокочастотной аппаратуры РЗА, противоаварийной автоматики и связи. Количество обработанных фаз и тип подключаемой аппаратуры обосновывается в проекте.</p> <p>б) Конденсаторы связи и фильтры присоединения устанавливаются в ячейке воздушной линии до высокочастотного заградителя, т.е. со стороны линии электропередачи.</p> <p>в) Высокочастотная аппаратура подключается к линиям электропередачи по схемам: фаза - земля; фаза - фаза одной или двух линий электропередачи; провод - провод расщепленной фазы (при соответствующей их изоляции); трос - земля; два троса - земля; трос - трос. Схемы подключения имеют свои достоинства и недостатки, а также технико-экономические характеристики и определяются при конкретном проектировании (схема фаза - земля получила наибольшее распространение как наиболее простая и экономичная).</p>
----	---	--

## 2.6 Схема заход-выход

<b>Раздел I. Общие показатели</b>	
1	Наименование схемы
2	Номер схемы
3	Область применения
4	Тип подстанции
5	Количество присоединений
6	Этапность развития
<p>Заход-выход. 110-6; 220-6 Распределительные устройства 110 и 220 кВ. Прокладная. Два (авто)трансформатора и четыре линии. Начальный этап развития схемы мостиков, треугольника или другой более сложной схемы при одном (авто)трансформаторе 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.</p>	
<b>Раздел II. Условия обоснования и выбора</b>	
7	Основные условия применения
8	Экономические критерии применения
9	Критерии надежности
<p>а) Проходная подстанция с двухсторонним питанием, подключенная к двухцепной линии. б) В нормальном режиме разъединители в ремонтной перемычке отключены, остальные разъединители, а также выключатели в схеме включены. а) Требуется четыре ячейки выключателей на шесть присоединений (два (авто)трансформатора и четыре линии). б) Занимает минимальные отчуждаемые площади с учетом (п.5) количества присоединений. в) Сравнительно дешевая схема с учетом (п.5) количества присоединений для заданной конфигурации сети. а) При отказе любого выключателя теряется заход-выход только от одной линии, заход-выход от второй линии остается в работе. б) Схему заход-выход целесообразно рассматривать для секционирования двухцепной</p>	

		<p>линии с двухсторонним питанием, к которой подключено более трех ответвительных подстанций по схеме блока для повышения надежности электроснабжения потребителей и работы устройств релейной защиты.</p>
10	Эксплуатационные критерии	<p><i>а)</i> Простая и наглядная.  <i>б)</i> Электромагнитные блокировки и операции с разъединителями просты и однотипны.  <i>в)</i> Как следствие (пп. <i>а</i> и <i>б</i>) минимизированы отказы по вине персонала.</p>
11	Техническая гибкость	<p>(Авто)трансформаторы подключаются к двум источникам питания через развилку выключателей, что является дополнительным преимуществом схем в ремонтных и послеаварийных режимах</p>
12	Критерии безопасности	<p><i>а)</i> Электрооборудование, токоведущие части, изоляторы, крепления, ограждения, несущие конструкции, изоляционные и другие расстояния должны быть выбраны и установлены таким образом, чтобы:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 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;</li> <li>- 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;</li> <li>- при нарушении нормальных условий работы электроустановки была обеспечена необходимая локализация повреждений, обусловленных действием КЗ.</li> </ul> <p><i>б)</i> 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.</p> <p><i>в)</i> Должны быть выполнены требования нормативно-технических документов по электромагнитной совместимости.</p>

<b>Раздел III. Расстановка оборудования</b>	
<p>13</p> <p>Расстановка разъединителей</p>	<p>а) Во всех цепях распределительного устройства должна быть предусмотрена установка разъединяющих устройств с видимым разрывом, обеспечивающих возможность отсоединения всех аппаратов (выключателей, предохранителей, трансформаторов напряжения, трансформаторов тока и т.д.) в каждой цепи со всех ее сторон, откуда может быть подано напряжение.</p> <p>б) Данное требование (п. а) не распространяется на высокочастотные заградители и конденсаторы связи, трансформаторы напряжения, устанавливаемые на отходящих линиях, а также ограничители перенапряжений, устанавливаемых на выводах (авто)трансформаторов и на отходящих линиях.</p> <p>в) Видимый разрыв может отсутствовать в комплектных распределительных устройствах заводского исполнения (в том числе с заполнением элегазом - КРУЭ) с выкатными элементами и/или при наличии надежного механического указателя гарантированного положения контактов.</p> <p>г) На разъединителях 110 кВ и выше предусматривается привод с дистанционным управлением.</p> <p>д) С учетом пп. а и б разъединители устанавливаются:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- в цепях (авто)трансформаторов;</li> <li>- с обеих сторон каждого выключателя;</li> <li>- два последовательно включенных разъединителя в ремонтной перемычке (для выполнения их ремонта без отключения одного (авто)трансформатора).</li> </ul>
<p>14</p> <p>Расстановка стационарных заземлителей</p>	<p>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</p>

		<p>присоединений предусматривается установка двух заземлителей разных разьединителей.</p> <p>б) На заземлителях предусматривается привод с дистанционным управлением, кроме того в ячейках КРУЭ заземлители со стороны линий должны быть быстроедействующими.</p> <p>в) С учетом п. а стационарные заземлители устанавливаются по два комплекта на каждом разьединителе, кроме разьединителей (авто)трансформаторов, где установлен один комплект со стороны (авто)трансформатора.</p>
15	Расстановка трансформаторов тока	<p>а) Трансформаторы тока устанавливаются в каждом присоединении, а также в ремонтной перемычке. 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 для подключения токовых защит нулевой последовательности).</p> <p>б) При выборе количества вторичных обмоток трансформаторов тока должны учитываться следующие положения:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- для подключения расчетного счетчика используется отдельная вторичная обмотка трансформатора тока, при этом также отдельная обмотка предусматривается для измерений, т.е. отдельно друг от друга и от цепей защит;</li> <li>- основная и резервная защиты должны питаться от разных вторичных обмоток трансформатора тока;</li> <li>- оно должно быть достаточным для присоединения к ним в общем случае основных и резервных защит двух элементов, например, воздушной линии и сборных шин.</li> </ul> <p>в) При установке трансформатора тока с меньшим количеством вторичных обмоток, чем требуется (п. б), возникает необходимость в установке второго дополнительного трансформатора тока. Он устанавливается с другой стороны выключателя.</p>
16	Расстановка трансформаторов напряжения	<p>а) Трансформаторы напряжения устанавливаются на каждом плече захода-выхода.</p> <p>б) Трансформаторы напряжения предусматриваются с тремя вторичными обмотками, одна из которых предназначена для подключения расчетных счетчиков.</p>



		<p>в) При выборе трансформаторов напряжения необходимо учитывать возможность возникновения феррорезонанса, рекомендуется применять антиферрорезонансные типы трансформаторов напряжения.</p>
17	<p>Расстановка ограничителей перенапряжений нелинейных (ОПН)</p>	<p>а) В цепях (авто)трансформаторов 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 (авто)трансформаторов до самого удаленного присоединения, с наибольшим допустимым расстоянием.</p>
18	<p>Расстановка устройств высокочастотной обработки</p>	<p>а) Конденсаторы связи, высокочастотные заградители и фильтры присоединения устанавливаются для подключения высокочастотной аппаратуры РЗА, противоаварийной автоматики и связи. Количество обработанных фаз и тип подключаемой аппаратуры обосновывается в проекте.  б) Конденсаторы связи и фильтры присоединения устанавливаются в ячейке воздушной линии до высокочастотного заградителя, т.е. со стороны линии электропередачи.  в) Высокочастотная аппаратура подключается к линиям электропередачи по схемам: фаза - земля; фаза - фаза одной или двух линий электропередачи; провод - провод расщепленной фазы (при соответствующей их изоляции); трос - земля; два троса - земля; трос - трос. Схемы подключения имеют свои достоинства и недостатки, а также технико-экономические характеристики и определяются при конкретном проектировании (схема фаза - земля получила наибольшее распространение как наиболее простая и экономичная).</p>

## 2.7 Схема четырехугольник (треугольник)

<b>Раздел I. Общие показатели</b>	
1	Наименование 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 Распределительные устройства 110-750 кВ.
4	Тип подстанции Прокладная.
5	Количество присоединений Два (авто)трансформатора и две линии.
6	Этапность развития Возможно расширение до схемы трансформаторы-шины с присоединением линий через два выключателя или полупорным присоединением линий, до полупорной схемы в зависимости от выделенных площадей и примененной компоновки, например, одно-, двух-, трехрядного расположения выключателей.
<b>Раздел II. Условия обоснования и выбора</b>	
7	Основные условия применения а) Прокладная подстанция с двухсторонним питанием по двум линиям.
8	Экономические критерии применения а) Требуется четыре ячейки выключателей на четыре присоединений (два (авто)трансформатора и две линии). б) Занимает минимальные отчуждаемые площади с учетом (п.5) количества присоединений. в) Сравнительно дешевая схема с учетом (п.5) количества присоединений для заданной конфигурации сети.
9	Критерии надежности а) При отказе любого выключателя отключается не более одной линии и одного (авто)трансформатора. При этом теряется транзит мощности через сторону высшего напряжения подстанции. При заданной в п. 7, а схеме присоединения подстанции к энергосистеме (двухстороннее питание) потеря транзита не приводит к ограничению электроснабжения потребителей на смежных подстанциях. б) Схема четырехугольника является альтернативой схеме мостика, в которой при отказе

		<p>«среднего» выключателя возможно полное погашение распределительного устройства.</p> <p>б) Схему четырехугольника наиболее предпочтительно использовать для двухтрансформаторных подстанций 500 и 750 кВ с двумя линиями, для подстанций 110-330 кВ эта схема применяется при наличии соответствующих технико-экономических обоснований с учетом фактора надежности.</p>
10	Эксплуатационные критерии	<p>а) Простая и наглядная.</p> <p>б) Электромагнитные блокировки и операции с разъединителями просты и однотипны.</p> <p>в) Как следствие (пп. а и б) минимизированы отказы по вине персонала.</p>
11	Техническая гибкость	<p>(Авто)трансформаторы подключаются к двум источникам питания через развилку выключателей, что является дополнительным преимуществом схем в ремонтных и послеаварийных режимах</p>
12	Критерии безопасности	<p>а) Электрооборудование, токоведущие части, изоляторы, крепления, ограждения, несущие конструкции, изоляционные и другие расстояния должны быть выбраны и установлены таким образом, чтобы:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 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;</li> <li>- 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;</li> <li>- при нарушении нормальных условий работы электроустановки была обеспечена необходимая локализация повреждений, обусловленных действием КЗ.</li> </ul> <p>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.</p> <p>в) Должны быть выполнены требования нормативно-технических документов по</p>

		электромагнитной совместимости.
<b>Раздел III. Расстановка оборудования</b>		
13	Расстановка разъединителей	<p><i>а)</i> Во всех цепях распределительного устройства должна быть предусмотрена установка разъединяющих устройств с видимым разрывом, обеспечивающих возможность отсоединения всех аппаратов (выключателей, предохранителей, трансформаторов напряжения, трансформаторов тока и т.д.) в каждой цепи со всех ее сторон, откуда может быть подано напряжение.</p> <p><i>б)</i> Данное требование (п. <i>а</i>) не распространяется на высокочастотные заградители и конденсаторы связи, трансформаторы напряжения, устанавливаемые на отходящих линиях, а также ограничители перенапряжений, устанавливаемых на выводах (авто)трансформаторов и на отходящих линиях.</p> <p><i>в)</i> Видимый разрыв может отсутствовать в комплектных распределительных устройствах заводского исполнения (в том числе с заполнением элегазом - КРУЭ) с выкатными элементами и/или при наличии надежного механического указателя гарантированного положения контактов.</p> <p><i>г)</i> На разъединителях 110 кВ и выше предусматривается привод с дистанционным управлением.</p> <p><i>д)</i> С учетом пп. <i>а</i> и <i>б</i> разъединители устанавливаются:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- в цепях линий и (авто)трансформаторов;</li> <li>- с обеих сторон каждого выключателя.</li> </ul>
14	Расстановка стационарных заземлителей	<p><i>а)</i> 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</p>

		<p>разъединителей.</p> <p>б) На заземлителях предусматривается привод с дистанционным управлением, кроме того в ячейках КРУЭ заземлители со стороны линий должны быть быстроедействующими.</p> <p>в) С учетом п. а) стационарные заземлители устанавливаются:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- два комплекта на всех разъединителях, расположенных с обеих сторон каждого выключателя;</li> <li>- один комплект на разъединителях в цепях линий и (авто)трансформаторов со стороны указанных присоединений.</li> </ul>
15	Расстановка трансформаторов тока	<p>а) Трансформаторы тока устанавливаются в каждом присоединении. Наиболее предпочтительными являются встроены в оборудование трансформаторы тока (трансформаторы тока также необходимы в нейтральных трансформаторов 110 кВ и выше и автотрансформаторов 220 кВ и выше для подключения токовых защит нулевой последовательности).</p> <p>б) Может предусматриваться дополнительный трансформатор тока 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.</p> <p>б) При выборе количества вторичных обмоток трансформаторов тока должны учитываться следующие положения:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- для подключения расчетного счетчика используется отдельная вторичная обмотка трансформатора тока, при этом также отдельная обмотка предусматривается для измерений, т.е. отдельно друг от друга и от цепей защит;</li> <li>- основная и резервная защиты должны питаться от разных вторичных обмоток трансформатора тока;</li> <li>- оно должно быть достаточным для присоединения к ним в общем случае основных и резервных защит двух элементов, например, воздушной линии и сборных шин.</li> </ul>

		<p>б) При установке трансформатора тока с меньшим количеством вторичных обмоток, чем требуется (п. б), возникает необходимость в установке второго дополнительного трансформатора тока. Он устанавливается с другой стороны выключателя.</p>
16	<p>Расстановка трансформаторов напряжения</p>	<p>а) Трансформаторы напряжения устанавливаются на каждой линии. При автоматическом повторном включении с контролем наличия напряжения или синхронизма трансформаторы напряжения устанавливаются в каждой вершине четырехугольника.</p> <p>б) Трансформаторы напряжения предусматриваются с тремя вторичными обмотками, одна из которых предназначена для подключения расчетных счетчиков.</p> <p>в) При выборе трансформаторов напряжения необходимо учитывать возможность возникновения феррорезонанса, рекомендуется применять антиферрорезонансные типы трансформаторов напряжения.</p> <p>г) На линиях электропередачи 330 кВ и выше для резервирования защит по цепям напряжения устанавливаются два трансформатора напряжения.</p>
17	<p>Расстановка ограничителей перенапряжений (ОПН)</p>	<p>а) В цепях (авто)трансформаторов должны быть установлены ОПН без коммутационных аппаратов между ними и защищаемым оборудованием.</p> <p>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.</p> <p>в) Необходимость установки ОПН на линейных присоединениях определяется сравнением расстояний по ошиновке от ОПН у силовых (авто)трансформаторов до самого удаленного присоединения, с наибольшим допустимым расстоянием.</p>
18	<p>Расстановка устройств высокочастотной обработки</p>	<p>а) Конденсаторы связи, высокочастотные заградители и фильтры присоединения устанавливаются для подключения высокочастотной аппаратуры РЗА, противоаварийной автоматики и связи. Количество обработанных фаз и тип подключаемой аппаратуры обосновывается в проекте.</p> <p>б) Конденсаторы связи и фильтры присоединения устанавливаются в ячейке воздушной линии до высокочастотного заградителя, т.е. со стороны линии электропередачи.</p> <p>в) Высокочастотная аппаратура подключается к линиям электропередачи по схемам:</p>

		<p>фаза - земля; фаза - фаза одной или двух линий электропередачи; провод - провод расщепленной фазы (при соответствующей их изоляции); трос - земля; два троса - земля; трос - трос. Схемы подключения имеют свои достоинства и недостатки, а также технико-экономические характеристики и определяются при конкретном проектировании (схема фаза - земля получила наибольшее распространение как наиболее простая и экономичная).</p>
--	--	---

## 2.8 Схема шестиугольник

<b>Раздел I. Общие показатели</b>	
1	Наименование схемы Шестиугольник.
2	Номер схемы 110-8; 220-8; 330-8.
3	Область применения Распределительные устройства 110-330 кВ.
4	Тип подстанции Узловая.
5	Количество присоединений Два (авто)трансформатора и четыре линии (или другое сочетание присоединений).
6	Этапность развития Возможно расширение до схемы трансформаторы-шины с полупортным присоединением линий и полупортной схемы.
<b>Раздел II. Условия обоснования и выбора</b>	
7	Основные условия применения а) Узловая подстанция с пятью - шестью присоединениями.
8	Экономические критерии применения а) Требуется шесть ячеек выключателей на шесть присоединений. б) Занимает минимальные отчуждаемые площади с учетом (п.5) количества присоединений. в) Сравнительно дешевая схема с учетом (п.5) количества присоединений для заданной конфигурации сети.
9	Критерии надежности а) При отказе любого выключателя теряется, как правило, не более одной линии и одного (авто)трансформатора, двух линий или двух (авто)трансформаторов. 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 шестиугольника является альтернативой схеме заход-выход при секционировании двухцепной линии с двухсторонним питанием, к которой подключено более трех-четырёх ответвительных подстанций по схеме блока для повышения надежности электроснабжения потребителей и работы устройств релейной защиты. В



		<p>схеме шестиугольника 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.</p>
10	Эксплуатационные критерии	<p><i>а)</i> Простая и наглядная.  <i>б)</i> Электромагнитные блокировки и операции с разъединителями просты и однотипны.  <i>в)</i> Как следствие (пп. <i>а</i> и <i>б</i>) минимизированы отказы по вине персонала.</p>
11	Техническая гибкость	<p><i>а)</i> (Авто)трансформаторы подключаются к двум источникам питания через развилку выключателей, что является дополнительным преимуществом схем в ремонтных и послеаварийных режимах.  <i>б)</i> Требуется сложного учета набора различных перетоков мощности в ремонтных и послеаварийных режимах (разрыв кольца) при выборе параметров срабатывания релейной защиты.</p>
12	Критерии безопасности	<p><i>а)</i> Электрооборудование, токоведущие части, изоляторы, крепления, ограждения, несущие конструкции, изоляционные и другие расстояния должны быть выбраны и установлены таким образом, чтобы:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 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;</li> <li>- 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;</li> <li>- при нарушении нормальных условий работы электроустановки была обеспечена необходимая локализация повреждений, обусловленных действием КЗ.</li> </ul> <p><i>б)</i> Напряженность электрического и магнитного полей на маршрутах обхода для осмотра оборудования и на рабочих местах у оборудования, где возможно длительное</p>

		<p>присутствие персонала для проведения профилактических и ремонтных работ, не должна превышать допустимую.</p> <p>б) Должны быть выполнены требования нормативно-технических документов по электромагнитной совместимости.</p>
<b>Раздел III. Расстановка оборудования</b>		
13	Расстановка разьединителей	<p>а) Во всех цепях распределительного устройства должна быть предусмотрена установка разьединяющих устройств с видимым разрывом, обеспечивающих возможность отсоединения всех аппаратов (выключателей, предохранителей, трансформаторов напряжения, трансформаторов тока и т.д.) в каждой цепи со всех ее сторон, откуда может быть подано напряжение.</p> <p>б) Данное требование (п. а) не распространяется на высокочастотные заградители и конденсаторы связи, трансформаторы напряжения, устанавливаемые на отходящих линиях, а также ограничители перенапряжений, устанавливаемых на выводах (авто)трансформаторов и на отходящих линиях.</p> <p>в) Видимый разрыв может отсутствовать в комплектных распределительных устройствах заводского исполнения (в том числе с заполнением элегазом - КРУЭ) с выкатными элементами и/или при наличии надежного механического указателя гарантированного положения контактов.</p> <p>г) На разьединителях 110 кВ и выше предусматривается привод с дистанционным управлением.</p> <p>д) С учетом пп. а и б разьединители устанавливаются:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- в цепях линий и (авто)трансформаторов;</li> <li>- с обеих сторон каждого выключателя.</li> </ul>
14	Расстановка стационарных заземлителей	<p>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 разьединителя с заземлителями или только заземлителя этого разьединителя должны быть</p>

	<p>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.</p> <p>б) На заземлителях предусматривается привод с дистанционным управлением, кроме того в ячейках КРУЭ заземлители со стороны линий должны быть быстродействующими.</p> <p>в) С учетом п. а стационарные заземлители устанавливаются:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- два комплекта на всех разъединителях, расположенных с обеих сторон каждого выключателя;</li> <li>- один комплект на разъединителях в цепях линий и (авто)трансформаторов со стороны указанных присоединений.</li> </ul>
15	<p>Расстановка трансформаторов тока</p> <p>а) Трансформаторы тока устанавливаются в каждом присоединении. 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 для подключения токовых защит нулевой последовательности).</p> <p>б) Может предусматриваться трансформатор тока 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.</p> <p>б) При выборе количества вторичных обмоток трансформаторов тока должны учитываться следующие положения:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- для подключения расчетного счетчика используется отдельная вторичная обмотка трансформатора тока, при этом также отдельная обмотка предусматривается для измерений, т.е. отдельно друг от друга и от цепей защит;</li> <li>- основная и резервная защиты должны питаться от разных вторичных обмоток</li> </ul>

		<p>трансформатора тока;</p> <p>- оно должно быть достаточным для присоединения к ним в общем случае основных и резервных защит двух элементов, например, воздушной линии и сборных шин.</p> <p>б) При установке трансформатора тока с меньшим количеством вторичных обмоток, чем требуется (п. б), возникает необходимость в установке второго дополнительного трансформатора тока. Он устанавливается с другой стороны выключателя.</p>
16	Расстановка трансформаторов напряжения	<p>а) Трансформаторы напряжения устанавливаются на каждой линии. При автоматическом повторном включении с контролем наличия напряжения или синхронизма трансформаторы напряжения устанавливаются в каждой вершине шестиугольника.</p> <p>б) Трансформаторы напряжения предусматриваются с тремя вторичными обмотками, одна из которых предназначена для подключения расчетных счетчиков.</p> <p>в) При выборе трансформаторов напряжения необходимо учитывать возможность возникновения феррорезонанса, рекомендуется применять антиферрорезонансные типы трансформаторов напряжения.</p> <p>г) На линиях электропередачи 330 кВ и выше для резервирования защит по целям напряжения устанавливаются два трансформатора напряжения.</p>
17	Расстановка ограничителей перенапряжений нелинейных (ОПН)	<p>а) В цепях (авто)трансформаторов должны быть установлены ОПН без коммутационных аппаратов между ними и защищаемым оборудованием.</p> <p>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.</p> <p>в) Необходимость установки ОПН на линейных присоединениях определяется сравнением расстояний по ошиновке от ОПН у силовых (авто)трансформаторов до самого удаленного присоединения, с наибольшим допустимым расстоянием.</p>
18	Расстановка устройств высокочастотной обработки	<p>а) Конденсаторы связи, высокочастотные заградители и фильтры присоединения устанавливаются для подключения высокочастотной аппаратуры РЗА, противоаварийной автоматики и связи. Количество обработанных фаз и тип подключаемой аппаратуры обосновывается в проекте.</p>

		<p>б) Конденсаторы связи и фильтры присоединения устанавливаются в ячейке воздушной линии до высокочастотного заградителя, т.е. со стороны линии электропередачи.</p> <p>в) Высокочастотная аппаратура подключается к линиям электропередачи по схемам: фаза - земля; фаза - фаза одной или двух линий электропередачи; провод - провод расщепленной фазы (при соответствующей их изоляции); трос - земля; два троса - земля; трос - трос. Схемы подключения имеют свои достоинства и недостатки, а также технико-экономические характеристики и определяются при конкретном проектировании (схема фаза - земля получила наибольшее распространение как наиболее простая и экономичная).</p>
--	--	--

## 2.9 Схема с одной секционированной системой сборных шин

<b>Раздел I. Общие показатели</b>	
1	Наименование схемы
2	Номер схемы
3	Область применения
4	Тип подстанции
5	Количество присоединений
6	Этапность развития
<b>Раздел II. Условия обоснования и выбора</b>	
7	Основные условия применения
8	Экономические критерии применения

Схема с одной секционированной системой сборных шин.

35-9; 110-9; 220-9.

Распределительные устройства 35-220 кВ.

Узловая.

Два (авто)трансформатора и три линии с возможностью увеличения числа присоединений (т.е. расширения подстанции) свыше шести; при расширении до шести присоединений используется схема шестиугольника. Вопросы расширения подстанции анализируются при выборе схем электрических сетей на перспективу 5-10 лет.

Возможно расширение до схемы с одной секционированной системой сборных шин и с обходной системой шин, а также до схемы с двумя системами сборных шин и с обходной системой шин либо без нее.

а) Наличие попарно резервируемых линий (попарно резервируемые линии, подключенные к различным секциям распределительного устройства; 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) Пункты а и б должны подтверждаться расчетами установившихся режимов при поочередном отключении каждого присоединения, а также секции системы сборных шин. 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.

а) Требуется  $k+1$  ячейку выключателя, где  $k$  - количество присоединений.

б) Занимает минимальные отключаемые площади с учетом (п.5) количества

		<p>присоединений.</p> <p>б) Наиболее дешевая схема с учетом (п.5) количества присоединений.</p> <p>а) При отказе нормально включенного секционного выключателя возможно полное погашение распределительного устройства.</p> <p>б) Установка второго последовательно включенного секционного выключателя для исключения погашения распределительного устройства (п. а) нецелесообразна с технико-экономических позиций.</p> <p>в) Предпочтительна установка двух последовательно включенных секционных выключателей с включением в развилку из них одного присоединения (в том числе и резервируемого) для исключения погашения распределительного устройства при единичном отказе секционного выключателя без увеличения количества выключателей в схеме.</p> <p>г) Является лучшей схемой с позиций надежности и экономичности при использовании современных элегазовых выключателей с пружинными приводами для подстанций 35-220 кВ. То же относится и к КРУЭ.</p>
9	Критерии надежности	
10	Эксплуатационные критерии	<p>а) Простая и наглядная.</p> <p>б) Электромагнитные блокировки и операции с разъединителями просты и однотипны.</p> <p>в) Как следствие (пп. а-б) минимизированы отказы по вине персонала.</p>
11	Техническая гибкость	Жесткая фиксация присоединений по секциям; попарно резервированные присоединения необходимо подключать к разным секциям.
12	Критерии безопасности	<p>а) Электрооборудование, токоведущие части, изоляторы, крепления, ограждения, несущие конструкции, изоляционные и другие расстояния должны быть выбраны и установлены таким образом, чтобы:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 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;</li> <li>- при выводе в ремонт какого-либо присоединения, относящегося к нему аппараты,</li> </ul>

	<p>токоведущие части и конструкции могли подвергаться безопасному техническому обслуживанию и ремонту без нарушения нормальной работы соседних цепей;</p> <p>- при нарушении нормальных условий работы электроустановки была обеспечена необходимая локализация повреждений, обусловленных действием КЗ.</p> <p>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.</p> <p>в) Должны быть выполнены требования нормативно-технических документов по электромагнитной совместимости.</p>
	<p><b>Раздел III. Расстановка оборудования</b></p> <p>13 Расстановка разъединителей</p> <p>а) Во всех цепях распределительного устройства должна быть предусмотрена установка разъединяющих устройств с видимым разрывом, обеспечивающих возможность отсоединения всех аппаратов (выключателей, предохранителей, трансформаторов напряжения, трансформаторов тока и т.д.) в каждой цепи со всех ее сторон, откуда может быть подано напряжение.</p> <p>б) Данное требование (п. а) не распространяется на высокочастотные заградители и конденсаторы связи, трансформаторы напряжения, устанавливаемые на отходящих линиях, а также трансформаторы напряжения емкостного типа, присоединяемые к системе сборных шин, ограничители перенапряжений, устанавливаемых на выводах (авто)трансформаторов и на отходящих линиях.</p> <p>в) Видимый разрыв может отсутствовать в комплектных распределительных устройствах заводского исполнения (в том числе с заполнением элегазом - КРУЭ) с выкатными элементами и/или при наличии надежного механического указателя гарантированного положения контактов.</p> <p>г) На разъединителях 110 кВ и выше предусматривается привод с дистанционным управлением.</p> <p>д) С учетом пп. а и б разъединители устанавливаются:</p>



		<p>- с обеих сторон выключателей в цепях линий, (авто)трансформаторов и секционного выключателя;</p> <p>- в цепях трансформаторов напряжения электромагнитного типа на секциях системы сборных шин.</p>
14	Расстановка стационарных заземлителей	<p><i>а)</i> 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 разьединителя с заземлителями или только заземлителя этого разьединителя должны быть предусмотрены заземлители у других разьединителей на данном участке схемы, расположенные со стороны возможной подачи напряжения. Поэтому на любых участках присоединений и сборных шин предусматривается установка двух заземлителей разных разьединителей.</p> <p><i>б)</i> Каждая секция (система) сборных шин 35 кВ и выше должна иметь два комплекта заземлителей. При наличии трансформаторов напряжения заземление сборных шин следует осуществлять заземлителями разьединителей трансформаторов напряжения.</p> <p><i>в)</i> На заземлителях предусматривается привод с дистанционным управлением, кроме того в ячейках КРУЭ заземлители со стороны линий должны быть быстроедействующими.</p> <p><i>г)</i> С учетом пп. <i>а</i> и <i>б</i> стационарные заземлители устанавливаются:</p> <p>- по два комплекта на линейных разьединителях, в том числе разьединителях (авто)трансформаторов, разьединителях секционных выключателей и разьединителях трансформаторов напряжения, подключенных к секциям системы сборных шин;</p> <p>- по одному комплекту на шинных разьединителях линий и (авто)трансформаторов в сторону выключателей.</p>
15	Расстановка трансформаторов тока	<p><i>а)</i> Трансформаторы тока устанавливаются в каждом присоединении, а также в цепи секционного выключателя. Наиболее предпочтительными являются встроенные в оборудование трансформаторы тока (трансформаторы тока также необходимы в</p>

		<p>нейтралях трансформаторов 110 кВ и выше и автотрансформаторов 220 кВ и выше для подключения токовых защит нулевой последовательности).</p> <p>б) При выборе количества вторичных обмоток трансформаторов тока должны учитываться следующие положения:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- для подключения расчетного счетчика используется отдельная вторичная обмотка трансформатора тока, при этом также отдельная обмотка предусматривается для измерений, т.е. отдельно друг от друга и от цепей защит;</li> <li>- основная и резервная защиты должны питаться от разных вторичных обмоток трансформатора тока;</li> <li>- оно должно быть достаточным для присоединения к ним в общем случае основных и резервных защит двух элементов, например, воздушной линии и сборных шин.</li> </ul> <p>в) При установке трансформатора тока с меньшим количеством вторичных обмоток, чем требуется (п. б), возникает необходимость в установке второго дополнительного трансформатора тока. Он устанавливается с другой стороны выключателя.</p> <p>г) Расстановку трансформаторов тока относительно выключателей присоединений необходимо выполнять так, чтобы выключатели входили в зону дифференциальной защиты шин.</p>
16	Расстановка трансформаторов напряжения	<p>а) Трансформаторы напряжения устанавливаются на каждой секции системы сборных шин, которые могут работать отдельно.</p> <p>б) Трансформаторы напряжения предусматриваются с тремя вторичными обмотками, одна из которых предназначена для подключения расчетных счетчиков.</p> <p>в) При выборе трансформаторов напряжения необходимо учитывать возможность возникновения феррорезонанса, рекомендуется применять антиферрорезонансные типы трансформаторов напряжения.</p> <p>г) На линиях электропередачи 110 кВ и выше предусматривается установка шкафов отбора напряжения или однофазных трансформаторов напряжения для АПВ с контролем наличия напряжения и/или синхронизма, обоснованных проектом.</p>

17	<p>Расстановка ограничителей перенапряжений нелинейных (ОПН)</p>	<p>а) В цепях (авто)трансформаторов 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 трансформаторов напряжения), а также на линейных присоединениях определяется сравнением расстояний по ошиновке от ОПН у силовых (авто)трансформаторов до самого удаленного присоединения, с наибольшим допустимым расстоянием.</p>
18	<p>Расстановка устройств высокочастотной обработки</p>	<p>а) Конденсаторы связи, высокочастотные заградители и фильтры присоединения устанавливаются для подключения высокочастотной аппаратуры РЗА, противоаварийной автоматики и связи. Количество обработанных фаз и тип подключаемой аппаратуры обосновывается в проекте.  б) Конденсаторы связи и фильтры присоединения устанавливаются в ячейке воздушной линии до высокочастотного заградителя, т.е. со стороны линии электропередачи.  в) Высокочастотная аппаратура подключается к линиям электропередачи по схемам: фаза - земля; фаза - фаза одной или двух линий электропередачи; провод - провод расщепленной фазы (при соответствующей их изоляции); трос - земля; два троса - земля; трос - трос. Схемы подключения имеют свои достоинства и недостатки, а также технико-экономические характеристики и определяются при конкретном проектировании (схема фаза - земля получила наибольшее распространение как наиболее простая и экономичная).</p>

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

<b>Раздел I. Общие показатели</b>	
1	Наименование схемы
2	Номер схемы
3	Область применения
4.	Тип подстанции
5	Количество присоединений
6	Этапность развития
<b>Раздел II. Условия обоснования и выбора</b>	
7	Основные условия применения
8	Экономические критерии применения

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

110-9Н; 220-9Н.

Распределительные устройства 110 и 220 кВ.

Узловая.

Два (авто)трансформатора и три линии с возможностью увеличения числа присоединений (т.е. расширения подстанции) свыше шести; при расширении до шести присоединений используется схема шестиугольника. Вопросы расширения подстанции анализируются при выборе схем электрических сетей на перспективу 5-10 лет.

Возможно развитие до аналогичной схемы с обходной системой шин.

а) Наличие попарно резервируемых линий (попарно резервируемые линии, подключенные к различным секциям распределительного устройства; 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) Пункты а и б должны подтверждаться расчетами установившихся режимов при поочередном отключении каждого присоединения, а также секции системы сборных шин. 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

а) Требуется  $k+2$  ячейки выключателей, где  $k$  - количество присоединений, т.е. на одну ячейку больше, чем в схеме с одной секционированной системой сборных шин.

9	Критерии надежности	<p>б) Наиболее дешевая и компактная схема с учетом (п.5) количества присоединений после схемы с одной секционированной системой сборных шин.</p> <p>а) Наличие двух развилки из выключателей для подключения (авто)трансформаторов исключает полное погашение распределительного устройства 110 или 220 кВ при единичном отказе любого выключателя схемы. Поэтому надежность рассматриваемой схемы выше, чем схемы с одной секционированной системой сборных шин.</p> <p>б) С учетом фактора надежности переход от схемы с одной секционированной системой сборных шин (<math>k+1</math> ячейка выключателя) к схеме с одной секционированной системой сборных шин и с подключением (авто)трансформаторов через развилку из выключателей (<math>k+2</math> ячейки выключателей) требует технико-экономических обоснований с учетом фактора надежности для подстанций с высшим напряжением 110 и 220 кВ.</p> <p>в) С учетом фактора надежности схему с одной секционированной системой сборных шин и с подключением (авто)трансформаторов через развилку из выключателей наиболее предпочтительно использовать для распределительных устройств 110 и 220 кВ подстанций с высшим напряжением 500 и 750 кВ, т.е. на стороне среднего напряжения крупных подстанций основной сети энергосистем.</p> <p>Тем самым обеспечивается подключение автотрансформаторов 500 и 750 кВ через два выключателя, как со стороны высшего, так и среднего напряжения.</p>
10	Эксплуатационные критерии	<p>а) Простая и наглядная.</p> <p>б) Электромагнитные блокировки и операции с разъединителями просты и однотипны.</p> <p>в) Как следствие (пп. а-в) минимизированы отказы по вине персонала.</p>
11	Техническая гибкость	<p>а) (Авто)трансформаторы подключаются к двум источникам питания через развилку выключателей, что является дополнительным преимуществом схем в ремонтных и послеаварийных режимах.</p> <p>б) Жесткая фиксация присоединений по секциям; попарно резервированные линии необходимо подключать к разным секциям.</p>
12	Критерии безопасности	<p>а) Электрооборудование, токоведущие части, изоляторы, крепления, ограждения, несущие конструкции, изоляционные и другие расстояния должны быть выбраны и</p>

	<p>установлены таким образом, чтобы:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 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;</li> <li>- при выводе в ремонт какого-либо присоединения, относящиеся к нему аппараты, тоководящие части и конструкции могли подвергаться безопасному техническому обслуживанию и ремонту без нарушения нормальной работы соседних цепей;</li> <li>- при нарушении нормальных условий работы электроустановки была обеспечена необходимая локализация повреждений, обусловленных действием КЗ.</li> </ul> <p><i>б)</i> 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.</p> <p><i>в)</i> Должны быть выполнены требования нормативно-технических документов по электромагнитной совместимости.</p>
	<p><b>Раздел III. Расстановка оборудования</b></p>
<p>13 Расстановка разъединителей</p>	<p><i>а)</i> Во всех цепях распределительного устройства должна быть предусмотрена установка разъединяющих устройств с видимым разрывом, обеспечивающих возможность отсоединения всех аппаратов (выключателей, предохранителей, трансформаторов напряжения, трансформаторов тока и т.д.) в каждой цепи со всех ее сторон, откуда может быть подано напряжение.</p> <p><i>б)</i> Данное требование (п. <i>а</i>) не распространяется на высокочастотные заградители и конденсаторы связи, трансформаторы напряжения, устанавливаемые на отходящих линиях, а также трансформаторы напряжения емкостного типа, присоединяемые к системе сборных шин, ограничители перенапряжений, устанавливаемых на выводах (авто)трансформаторов и на отходящих линиях.</p> <p><i>в)</i> Видимый разрыв может отсутствовать в комплектных распределительных</p>

		<p>устройства заводского исполнения (в том числе с заполнением элегазом - КРУЭ) с выкатными элементами и/или при наличии надежного механического указателя гарантированного положения контактов.</p> <p>г) На разъединителях 110 кВ и выше предусматривается привод с дистанционным управлением.</p> <p>д) С учетом пп. а и б разъединители устанавливаются:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- с обеих сторон выключателей в цепях линий и (авто)трансформаторов;</li> <li>- в цепях трансформаторов напряжения электромагнитного типа на секциях системы сборных шин.</li> </ul>
14	Расстановка стационарных заземлителей	<p>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.</p> <p>б) Каждая секция (система) сборных шин 35 кВ и выше должна иметь два комплекта заземлителей. При наличии трансформаторов напряжения заземления сборных шин следует осуществлять заземлителями разъединителей трансформаторов напряжения.</p> <p>в) На заземлителях предусматривается привод с дистанционным управлением, кроме того в ячейках КРУЭ заземлители со стороны линий должны быть быстроедействующими.</p> <p>г) С учетом пп. а и б стационарные заземлители устанавливаются:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- по два комплекта на линейных разъединителях, в том числе разъединителях (авто)трансформаторов, и на одном из шинных разъединителей развилки выключателей для подключения (авто)трансформаторов, разъединителях трансформаторов напряжения, подключенных к секциям системы сборных шин;</li> <li>- по одному комплекту на шинных разъединителях линий и на одном из шинных разъединителей развилки выключателей для подключения (авто)трансформаторов.</li> </ul>
15	Расстановка	<p>а) Трансформаторы тока устанавливаются в каждом присоединении. Наиболее</p>

трансформаторов тока	<p>предпочтительными являются встроенные в оборудование трансформаторы тока (трансформаторы тока также необходимы в нейтральных трансформаторов 110 кВ и выше и автотрансформаторов 220 кВ и выше для подключения токовых защит нулевой последовательности).</p> <p>б) При выборе количества вторичных обмоток трансформаторов тока должны учитываться следующие положения:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- для подключения расчетного счетчика используется отдельная вторичная обмотка трансформатора тока, при этом также отдельная обмотка предусматривается для измерений, т.е. отдельно друг от друга и от цепей защит;</li> <li>- основная и резервная защиты должны питаться от разных вторичных обмоток трансформатора тока;</li> <li>- оно должно быть достаточным для присоединения к ним в общем случае основных и резервных защит двух элементов, например, воздушной линии и сборных шин.</li> </ul> <p>в) При установке трансформатора тока с меньшим количеством вторичных обмоток, чем требуется (п. б), возникает необходимость в установке второго дополнительного трансформатора тока. Он устанавливается с другой стороны выключателя.</p> <p>г) Расстановку трансформаторов тока относительно выключателей присоединений необходимо выполнять так, чтобы выключатели входили в зону дифференциальной защиты шин.</p>
16 Расстановка трансформаторов напряжения	<p>а) Трансформаторы напряжения устанавливаются на каждой секции системы сборных шин, которые могут работать раздельно.</p> <p>б) Трансформаторы напряжения предусматриваются с тремя вторичными обмотками, одна из которых предназначена для подключения расчетных счетчиков.</p> <p>в) При выборе трансформаторов напряжения необходимо учитывать возможность возникновения феррорезонанса, рекомендуется применять антиферрорезонансные типы трансформаторов напряжения.</p> <p>г) На линиях электропередачи 110 кВ и выше предусматривается установка шкафов отбора напряжения или однофазных трансформаторов напряжения для АПВ с</p>



17	<p>Расстановка ограничителей перенапряжений нелинейных (ОПН)</p>	<p>контролем наличия напряжения и/или синхронизма, обснованных проектом.</p> <p>а) В цепях (авто)трансформаторов должны быть установлены ОПН без коммутационных аппаратов между ними и защищаемым оборудованием.</p> <p>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.</p> <p>в) Необходимость установки ОПН на шинах (в ячейках трансформаторов напряжения, а также на линейных присоединениях определяется сравнением расстояний по ошиновке от ОПН у силовых (авто)трансформаторов до самого удаленного присоединения, с наибольшим допустимым расстоянием.</p>
18	<p>Расстановка устройств высокочастотной обработки</p>	<p>а) Конденсаторы связи, высокочастотные заградители и фильтры присоединения устанавливаются для подключения высокочастотной аппаратуры РЗА, противоаварийной автоматики и связи. Количество обработанных фаз и тип подключаемой аппаратуры обосновывается в проекте.</p> <p>б) Конденсаторы связи и фильтры присоединения устанавливаются в ячейке воздушной линии до высокочастотного заградителя, т.е. со стороны линии электропередачи.</p> <p>в) Высокочастотная аппаратура подключается к линиям электропередачи по схемам: фаза - земля; фаза - фаза одной или двух линий электропередачи; провод - провод расщепленной фазы (при соответствующей их изоляции); трос - земля; два троса - земля; трос - трос. Схемы подключения имеют свои достоинства и недостатки, а также технико-экономические характеристики и определяются при конкретном проектировании (схема фаза - земля получила наибольшее распространение как наиболее простая и экономичная).</p>

2.11 Схема с одной секционированной системой сборных шин и с подключением присоединений через полупотурную цепочку

<b>Раздел I. Общие показатели</b>	
1	Наименование схемы Схема с одной секционированной системой сборных шин и с подключением присоединений через «полупотурную» цепочку.
2	Номер схемы 110-9АН; 220-9АН.
3	Область применения Распределительные устройства 110 и 220 кВ.
4	Тип подстанции Узловая.
5	Количество присоединений Два (авто)трансформатора и три линии с возможностью увеличения числа присоединений (т.е. расширения подстанции) свыше шести; при расширении до шести присоединений используется схема шестиугольника. Вопросы расширения подстанции анализируются при выборе схем электрических сетей на перспективу 5-10 лет.
6	Этапность развития Возможно развитие до схемы трансформаторы-шины с полупотурным присоединением линий или полупотурной схемы.
<b>Раздел II. Условия обоснования и выбора</b>	
7	Основные условия применения <p><i>а)</i> Наличие не более двух нерезервированных линий (включаются в «полупотурные» 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 распределительного устройства; при отключении одной линии ее нагрузка перераспределится на оставшуюся в работе линию), а также линиями, резервируемыми от других подстанций.</p> <p><i>б)</i> Отсутствует необходимость сохранения в работе всех присоединений к каждой секции при ее отключении.</p> <p><i>в)</i> Пункты <i>а</i> и <i>б</i> должны подтверждаться расчетами установившихся режимов при поочередном отключении каждого присоединения, а также секции системы сборных шин. При этом в расчетных ремонтных и послеаварийных режимах в энергосистеме должны обеспечиваться: сохранение статической устойчивости; требуемые уровни</p>

8	Экономические критерии применения	<p>напряжения по узлам сети; допустимые токовые нагрузки проводников и аппаратов</p> <p>а) Требуется <math>k+2</math> ячейки выключателей, где <math>k</math> - количество присоединений.</p> <p>б) Наиболее дешевая и компактная схема с учетом количества присоединений, в том числе резервируемых (п. 7, а). При прочих равных условиях ее использование более предпочтительно по сравнению со схемой с одной секционированной системой сборных шин и с обходной системой шин.</p>
9	Критерии надежности	<p>а) Наличие «полупотранных» цепочек исключает полное погашение распределительного устройства 110 или 220 кВ при единичном отказе любого выключателя схемы. Поэтому схема достаточно надежна.</p>
10	Эксплуатационные критерии	<p>а) Схема менее простая и наглядная, по сравнению со схемами с одной секционированной системой сборных шин (с подключением (авто)трансформаторов через развилку из выключателей или без нее).</p> <p>б) Электромагнитные блокировки и операции с разъединителями не однотипны.</p> <p>в) Требуется жесткой фиксации присоединений линий электропередачи по секциям (снижение гибкости схемы), при этом попарно резервированные присоединения необходимо подключать к разным секциям.</p>
11	Техническая гибкость	<p>а) (Авто)трансформаторы подключаются в схеме через развилку из двух выключателей, что является дополнительным преимуществом схемы в ремонтных и послеаварийных режимах.</p> <p>б) Жесткая фиксация присоединений по секциям; попарно резервированные линии необходимо подключать к разным секциям.</p>
12	Критерии безопасности	<p>а) Электрооборудование, токоведущие части, изоляторы, крепления, ограждения, несущие конструкции, изоляционные и другие расстояния должны быть выбраны и установлены таким образом, чтобы:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 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;</li> </ul>

	<p>- 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;</p> <p>- при нарушении нормальных условий работы электроустановки была обеспечена необходимая локализация повреждений, обусловленных действием КЗ.</p> <p>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.</p> <p>в) Должны быть выполнены требования нормативно-технических документов по электромагнитной совместимости.</p>
	<p><b>Раздел III. Расстановка оборудования</b></p> <p>13 Расстановка разъединителей</p> <p>а) Во всех цепях распределительного устройства должна быть предусмотрена установка разъединяющих устройств с видимым разрывом, обеспечивающих возможность отсоединения всех аппаратов (выключателей, предохранителей, трансформаторов напряжения, трансформаторов тока и т.д.) в каждой цепи со всех ее сторон, откуда может быть подано напряжение.</p> <p>б) Данное требование (п. а) не распространяется на высокочастотные заградители и конденсаторы связи, трансформаторы напряжения, устанавливаемые на отходящих линиях, а также трансформаторы напряжения емкостного типа, присоединяемые к системе сборных шин, ограничители перенапряжений, устанавливаемых на выводах трансформаторов и на отходящих линиях.</p> <p>в) Видимый разрыв может отсутствовать в комплектных распределительных устройствах заводского исполнения (в том числе с заполнением элегазом - КРУЭ) с выкатными элементами и/или при наличии надежного механического указателя гарантированного положения контактов.</p> <p>г) На разъединителях 110 кВ и выше предусматривается привод с дистанционным управлением.</p>

		<p>д) С учетом пп. а и б разъединители устанавливаются:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- с обеих сторон выключателей в цепях линий;</li> <li>- с обеих сторон выключателей, установленных в «полупотранных» цепочках;</li> <li>- в цепях линий и (авто)трансформаторов, подключенных к «полупотранным» цепочкам;</li> <li>- в цепях трансформаторов напряжения электромагнитного типа на секциях системы сборных шин.</li> </ul>
14	Расстановка стационарных заземлителей	<p>а) Стационарные заземлители должны быть размещены так, чтобы были не нужны переносные заземления и чтобы персонал, работающий на тоководущих 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.</p> <p>б) Каждая секция (система) сборных шин 35 кВ и выше должна иметь два комплекта заземлителей. При наличии трансформаторов напряжения заземления сборных шин следует осуществлять заземлителями разъединителей трансформаторов напряжения.</p> <p>в) На заземлителях предусматривается привод с дистанционным управлением, кроме того в ячейках КРУЭ заземлители со стороны линий должны быть быстросрабатывающими.</p> <p>г) С учетом пп. а и б стационарные заземлители устанавливаются:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- по два комплекта на линейных разъединителях, на разъединителях в «полупотранных» цепочках (кроме шинных разъединителей), одном из шинных разъединителей линии на каждой секции, разъединителях трансформаторов напряжения, подключенных к секциям системы сборных шин;</li> <li>- по одному комплекту на шинных разъединителях (кроме одного на каждой секции для их заземления в двух местах - см. выше), выходных разъединителей линий и (авто)трансформаторов, которые включены в «полупотранный» цепочку.</li> </ul> <p>а) Трансформаторы тока устанавливаются в каждом присоединении. Наиболее предпочтительными являются встроенные в оборудование трансформаторы тока</p>
15	Расстановка трансформаторов тока	

	<p>(трансформаторы тока также необходимы в нейтралях трансформаторов 110 кВ и выше и автотрансформаторов 220 кВ и выше для подключения токовых защит нулевой последовательности).</p> <p>б) Может предусматриваться трансформатор тока в цепи линии, подключенной к «полупортной» 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.</p> <p>б) При выборе количества вторичных обмоток трансформаторов тока должны учитываться следующие положения:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- для подключения расчетного счетчика используется отдельная вторичная обмотка трансформатора тока, при этом также отдельная обмотка предусматривается для измерений, т.е. отдельно друг от друга и от цепей защит;</li> <li>- основная и резервная защиты должны питаться от разных вторичных обмоток трансформатора тока;</li> <li>- оно должно быть достаточным для присоединения к ним в общем случае основных и резервных защит двух элементов, например, воздушной линии и сборных шин.</li> </ul> <p>в) При установке трансформатора тока с меньшим количеством вторичных обмоток, чем требуется (п. б), возникает необходимость в установке второго дополнительного трансформатора тока. Он устанавливается с другой стороны выключателя.</p> <p>г) Расстановку трансформаторов тока относительно выключателей присоединений необходимо выполнять так, чтобы выключатели входили в зону дифференциальной защиты шин.</p>
16	<p>Расстановка трансформаторов напряжения</p> <p>а) Трансформаторы напряжения устанавливаются на каждой секции системы сборных шин, которые могут работать отдельно.</p> <p>б) Трансформаторы напряжения предусматриваются с тремя вторичными обмотками, одна из которых предназначена для подключения расчетных счетчиков.</p> <p>в) При выборе трансформаторов напряжения необходимо учитывать возможность</p>

		<p>возникновения феррорезонанса, рекомендуется применять антиферрорезонансные типы трансформаторов напряжения.</p> <p>е) На линиях электропередачи 110 кВ и выше предусматривается установка шкафов отбора напряжения или однофазных трансформаторов напряжения для АПВ с контролем наличия напряжения и/или синхронизма, обснованных проектом.</p>
17	<p>Расстановка ограничителей перенапряжений нелинейных (ОПН)</p>	<p>а) В цепях (авто)трансформаторов должны быть установлены ОПН без коммутационных аппаратов между ними и защищаемым оборудованием.</p> <p>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.</p> <p>в) Необходимость установки ОПН на шинах (в ячейках трансформаторов напряжения), а также на линейных присоединениях определяется сравнением расстояний по ошиновке от ОПН у силовых (авто)трансформаторов до самого удаленного присоединения, с наибольшим допустимым расстоянием.</p>
18	<p>Расстановка устройств высокочастотной обработки</p>	<p>а) Конденсаторы связи, высокочастотные заградители и фильтры присоединения устанавливаются для подключения высокочастотной аппаратуры РЗА, противоаварийной автоматики и связи. Количество обработанных фаз и тип подключаемой аппаратуры обосновывается в проекте.</p> <p>б) Конденсаторы связи и фильтры присоединения устанавливаются в ячейке воздушной линии до высокочастотного заградителя, т.е. со стороны линии электропередачи.</p> <p>в) Высокочастотная аппаратура подключается к линиям электропередачи по схемам: фаза - земля; фаза - фаза одной или двух линий электропередачи; провод - провод расщепленной фазы (при соответствующей их изоляции); трос - земля; два троса - земля; трос - трос. Схемы подключения имеют свои достоинства и недостатки, а также технико-экономические характеристики и определяются при конкретном проектировании (схема фаза - земля получила наибольшее распространение как наиболее простая и экономичная).</p>

## 2.12 Схема с одной секционированной системой сборных шин и с обходной системой шин

<b>Раздел I. Общие показатели</b>	
1	Наименование схемы
2	Номер схемы
3	Область применения
4	Тип подстанции
5	Количество присоединений
6	Этапность развития
<b>Раздел II. Условия обоснования и выбора</b>	
7	Основные условия применения
8	Экономические критерии применения

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

110-12; 220-12.

Распределительные устройства 110 и 220 кВ.

Узловая.

Два (авто)трансформатора и три линии с возможностью увеличения числа присоединений (т.е. расширения подстанции) свыше шести; при расширении до шести присоединений используется схема шестиугольника. Вопросы расширения подстанции анализируются при выборе схем электрических сетей на перспективу 5-10 лет.

Возможно развитие до схемы с двумя системами сборных шин и с обходной системой шин.

### Раздел II. Условия обоснования и выбора

*а)* Наличие нерезервированных присоединений, причем не более одного на секцию, при этом обходная система шин включена в схему плавки гололеда на воздушных линиях. Остальные присоединения должны быть резервированы.

*б)* Отсутствие необходимости сохранения в работе всех присоединений к секции при ее отключении с учетом п. *а*.

*в)* Пункты *а* и *б* должны подтверждаться расчетами установившихся режимов при поочередном отключении каждого присоединения, а также секции системы сборных шин. 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

*г)* В нормальном режиме обходной выключатель не задействован.

*а)* Требуется  $k+2$  ячейки выключателей, где  $k$  - количество присоединений.

*б)* По сравнению со схемой с одной секционированной системой сборных шин:



		<p>- требует установки на каждом присоединении (линии или (авто)трансформаторе) обходного разъединителя, стоимость которого составляет 15-25% стоимости выключателя;</p> <p>- увеличивает отчуждаемые земельные участки за счет обходной системы шин на 20-30% в зависимости от числа присоединений.</p> <p>в) При использовании современных элегазовых выключателей с пружинными приводами обходная система шин, как правило, не окупает себя с позиций снижения потерь мощности и электроэнергии в сети при плановых ремонтах коммутационных аппаратов.</p> <p>г) При отсутствии необходимости плавки гололеда и при прочих равных условиях более предпочтительно использовать схему с одной секционированной системой сборных шин и с подключением ответственных присоединений через «полупорную» цепочку.</p>
9	Критерии надежности	<p>а) При отказе нормально включенного секционного выключателя возможно полное погашение распределительного устройства.</p> <p>б) Установка второго последовательно включенного секционного выключателя для исключения погашения распределительного устройства (п. а) нецелесообразна с технико-экономических позиций с учетом фактора надежности.</p> <p>в) Предпочтительна установка двух последовательно включенных секционных выключателей с включением в развилку из них одного присоединения (в том числе и резервируемого) для исключения погашения распределительного устройства при единичном отказе секционного выключателя без увеличения количества выключателей в схеме.</p>
10	Эксплуатационные критерии	<p>а) Простая и наглядная.</p> <p>б) Электромагнитные блокировки и операции с разъединителями не однотипны.</p>
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

	<p>установлены таким образом, чтобы:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 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;</li> <li>- при выводе в ремонт какого-либо присоединения, относящиеся к нему аппараты, тоководящие части и конструкции могли подвергаться безопасному техническому обслуживанию и ремонту без нарушения нормальной работы соседних цепей;</li> <li>- при нарушении нормальных условий работы электроустановки была обеспечена необходимая локализация повреждений, обусловленных действием КЗ.</li> </ul> <p>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.</p> <p>в) Должны быть выполнены требования нормативно-технических документов по электромагнитной совместимости.</p>
<b>Раздел III. Расстановка оборудования</b>	
<p>13 Расстановка разъединителей</p>	<p>а) Во всех цепях распределительного устройства должна быть предусмотрена установка разъединяющих устройств с видимым разрывом, обеспечивающих возможность отсоединения всех аппаратов (выключателей, предохранителей, трансформаторов напряжения, трансформаторов тока и т.д.) в каждой цепи со всех ее сторон, откуда может быть подано напряжение.</p> <p>б) Данное требование (п. а) не распространяется на высокочастотные заградители и конденсаторы связи, трансформаторы напряжения, устанавливаемые на отходящих линиях, а также трансформаторы напряжения емкостного типа, присоединяемые к системе сборных шин, разрядники и ограничители перенапряжений, устанавливаемых на выводах трансформаторов и шунтирующих реакторов и на отходящих линиях.</p> <p>в) Видимый разрыв может отсутствовать в комплектных распределительных</p>

		<p>устройства заводского исполнения (в том числе с заполнением элегазом - КРУЭ) с выкатными элементами и/или при наличии надежного механического указателя гарантированного положения контактов.</p> <p>г) На разъединителях 110 кВ и выше предусматривается привод с дистанционным управлением.</p> <p>д) С учетом пп. а и б разъединители устанавливаются:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- с обеих сторон выключателей в цепях линий, (авто)трансформаторов, секционного и обходного выключателей, а также обходные разъединители;</li> <li>- в цепях трансформаторов напряжения электромагнитного типа на секциях системы сборных шин.</li> </ul>
14	Расстановка стациоанрных заземлителей	<p>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.</p> <p>б) Каждая секция (система) сборных шин 35 кВ и выше должна иметь два комплекта заземлителей. При наличии трансформаторов напряжения заземления сборных шин следует осуществлять заземлителями разъединителей трансформаторов напряжения.</p> <p>в) На заземлителях предусматривается привод с дистанционным управлением.</p> <p>г) С учетом пп. а и б стационарные заземлители устанавливаются:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- по два комплекта на линейных разъединителях, в том числе разъединителях (авто)трансформаторов, разъединителях трансформаторов напряжения, подключенных к секциям системы сборных шин, на шинных разъединителях обходного выключателя, а также на одном обходном разъединителе присоединения;</li> </ul>

15	Расстановка трансформаторов тока	<p>- по одному комплекту на шинных разъединителях линий и (авто)трансформаторов, а также разъединителях секционного выключателя.</p> <p>а) Трансформаторы тока устанавливаются в каждом присоединении, а также в цепи секционного и обходного выключателей. Наиболее предпочтительными являются встроенные в оборудование трансформаторы тока (трансформаторы тока также необходимы в нейтральных трансформаторов 110 кВ и выше и автотрансформаторов 220 кВ и выше для подключения токовых защит нулевой последовательности).</p> <p>б) При выборе количества вторичных обмоток трансформаторов тока должны учитываться следующие положения:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- для подключения расчетного счетчика используется отдельная вторичная обмотка трансформатора тока, при этом также отдельная обмотка предусматривается для измерений, т.е. отдельно друг от друга и от цепей защит;</li> <li>- основная и резервная защиты должны питаться от разных вторичных обмоток трансформатора тока;</li> <li>- оно должно быть достаточным для присоединения к ним в общем случае основных и резервных защит двух элементов, например, воздушной линии и сборных шин.</li> </ul> <p>в) При установке трансформатора тока с меньшим количеством вторичных обмоток, чем требуется (п. б), возникает необходимость в установке второго дополнительного трансформатора тока. Он устанавливается с другой стороны выключателя.</p> <p>г) Расстановку трансформаторов тока относительно выключателей присоединений необходимо выполнять так, чтобы выключатели входили в зону дифференциальной защиты шин.</p>
16	Расстановка трансформаторов напряжения	<p>а) Трансформаторы напряжения устанавливаются на каждой секции системы сборных шин, которые могут работать раздельно.</p> <p>б) Трансформаторы напряжения предусматриваются с тремя вторичными обмотками, одна из которых предназначена для подключения расчетных счетчиков.</p> <p>в) При выборе трансформаторов напряжения необходимо учитывать возможность возникновения феррорезонанса, рекомендуется применять антиферрорезонансные типы</p>

		<p>трансформаторов напряжения.</p> <p>е) На линиях электропередачи 110 кВ и выше предусматривается установка шкафов отбора напряжения или однофазных трансформаторов напряжения для АПВ с контролем наличия напряжения и/или синхронизма, обособленных проектом.</p>
17	<p>Расстановка ограничителей перенапряжений нелинейных (ОПН)</p>	<p>а) В цепях (авто)трансформаторов должны быть установлены ОПН без коммутационных аппаратов между ними и защищаемым оборудованием.</p> <p>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.</p> <p>в) Необходимость установки ОПН на шинах (в ячейках трансформаторов напряжения), а также на линейных присоединениях определяется сравнением расстояний по ошиновке от ОПН у силовых (авто)трансформаторов до самого удаленного присоединения, с наибольшим допустимым расстоянием.</p>
18	<p>Расстановка устройств высокочастотной обработки</p>	<p>а) Конденсаторы связи, высокочастотные заградители и фильтры присоединения устанавливаются для подключения высокочастотной аппаратуры РЗА, противоаварийной автоматики и связи. Количество обработанных фаз и тип подключаемой аппаратуры обосновывается в проекте.</p> <p>б) Конденсаторы связи и фильтры присоединения устанавливаются в ячейке воздушной линии до высокочастотного заградителя, т.е. со стороны линии электропередачи.</p> <p>в) Высокочастотная аппаратура подключается к линиям электропередачи по схемам: фаза - земля; фаза - фаза одной или двух линий электропередачи; провод - провод расщепленной фазы (при соответствующей их изоляции); трос - земля; два троса - земля; трос - трос. Схемы подключения имеют свои достоинства и недостатки, а также технико-экономические характеристики и определяются при конкретном проектировании (схема фаза - земля получила наибольшее распространение как наиболее простая и экономичная).</p>

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

<b>Раздел I. Общие показатели</b>	
1	Наименование схемы
2	Номер схемы
3	Область применения
4	Тип подстанции
5	Количество присоединений
6	Этапность развития
<b>Раздел II. Условия обоснования и выбора</b>	
7	Основные условия применения

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

110-12Н; 220-12Н.

Распределительные устройства 110 и 220 кВ.

Узловая.

Два (авто)трансформатора и три линии с возможностью увеличения числа присоединений (т.е. расширения подстанции) свыше шести; при расширении до шести присоединений используется схема шестиугольника. Вопросы расширения подстанции анализируются при выборе схем электрических сетей на перспективу 5-10 лет.

-

**Раздел II. Условия обоснования и выбора**

*а)* Наличие резервируемых присоединений, причем не более одного на секцию, при этом обходная система шин включена в схему плавки гололеда на воздушных линиях. Остальные присоединения должны быть резервируемы.

*б)* Отсутствие необходимости сохранения в работе всех присоединений к секции при ее отключении с учетом п. *а*.

*в)* Пункты *а* и *б* должны подтверждаться расчетами установившихся режимов при поочередном отключении каждого присоединения, а также секции системы сборных шин. 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.

*г)* В нормальном режиме обходной выключатель, разъединители обходного выключателя, а также обходные разъединители присоединений отключены. Остальные

8	Экономические критерии применения	<p>выключатели, а также разъединители в схеме включены.</p> <p>а) Требуется <math>k+3</math> ячейки выключателей, где <math>k</math> - количество присоединений.</p> <p>б) По сравнению со схемой с одной секционированной системой сборных шин: - требуется установка на каждом присоединении (линии или (авто)трансформаторе) обходного разъединителя, стоимость которого составляет 15-25% стоимости выключателя;</p> <p>- увеличивает отчуждаемые земельные участки за счет обходной системы шин на 20-30% в зависимости от числа присоединений.</p> <p>в) При использовании современных элегазовых выключателей с пружинными приводами обходная система шин, как правило, не окупает себя с позиций снижения потерь мощности и электроэнергии в сети при плановых ремонтах коммутационных аппаратов. То же относится к КРУЭ.</p> <p>г) При отсутствии необходимости плавки гололеда и при прочих равных условиях более предпочтительно использовать схему с одной секционированной системой сборных шин и с подключением трансформаторов через развилку из выключателей.</p>
9	Критерии надежности	<p>а) Наличие двух развилки из выключателей для подключения (авто)трансформаторов исключает полное погашение распределительного устройства 110 или 220 кВ при единичном отказе любого выключателя схемы. Поэтому надежность рассматриваемой схемы выше, чем схемы с одной секционированной системой сборных шин и с обходной системой шин.</p> <p>б) С учетом фактора надежности переход от схемы с одной секционированной системой сборных шин и с обходной системой шин (<math>k+2</math> ячейка выключателя) к схеме с одной секционированной системой сборных шин и с обходной системой шин с подключением трансформаторов через развилку из выключателей (<math>k+3</math> ячейки выключателей) требует технико-экономических обоснований с учетом фактора надежности для подстанций с высшим напряжением 110 и 220 кВ.</p> <p>в) С учетом фактора надежности схему с одной секционированной системой сборных шин и с обходной системой шин с подключением трансформаторов через развилку из</p>

		<p>выключателей целесообразно использовать для распределительных устройств 110 и 220 кВ подстанций с высшим напряжением 500 и 750 кВ, т.е. на стороне среднего напряжения крупных подстанций основной сети энергосистем.</p> <p>Тем самым обеспечивается подключение автотрансформаторов 500 и 750 кВ через два выключателя, как со стороны высшего, так и среднего напряжения.</p>
10	Эксплуатационные критерии	а) Электромагнитные блокировки и операции с разъединителями не однотипны.
11	Техническая гибкость	Жесткая фиксация присоединений по секциям; попарно резервированные присоединения необходимо подключить к разным секциям.
12	Критерии безопасности	<p>а) Электрооборудование, токоведущие части, крепления, ограждения, несущие конструкции, изоляционные и другие расстояния должны быть выбраны и установлены таким образом, чтобы:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 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;</li> <li>- 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;</li> <li>- при нарушении нормальных условий работы электроустановки была обеспечена необходимая локализация повреждений, обусловленных действием КЗ.</li> </ul> <p>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.</p> <p>в) Должны быть выполнены требования нормативно-технических документов по электромагнитной совместимости.</p>



### Раздел III. Расстановка оборудования

13	Расстановка разьединителей	<p>а) Во всех цепях распределительного устройства должна быть предусмотрена установка разьединяющих устройств с видимым разрывом, обеспечивающих возможность отсоединения всех аппаратов (выключателей, предохранителей, трансформаторов напряжения, трансформаторов тока и т.д.) в каждой цепи со всех ее сторон, откуда может быть подано напряжение.</p> <p>б) Данное требование (п. а) не распространяется на высокочастотные заградители и конденсаторы связи, трансформаторы напряжения, устанавливаемые на отходящих линиях, а также трансформаторы напряжения емкостного типа, присоединяемые к системе сборных шин, ограничители перенапряжений, устанавливаемых на выводах (авто)трансформаторов и на отходящих линиях.</p> <p>в) Видимый разрыв может отсутствовать в комплектных распределительных устройствах заводского исполнения (в том числе с заполнением элегазом - КРУЭ) с выкатными элементами и/или при наличии надежного механического указателя гарантированного положения контактов.</p> <p>г) На разьединителях 110 кВ и выше предусматривается привод с дистанционным управлением.</p> <p>д) С учетом пп. а и б разьединители устанавливаются:</p> <ul style="list-style-type: none"><li>- с обеих сторон выключателей в цепях линий, (авто)трансформаторов, а также обходного разьединителя;</li><li>- в цепях трансформаторов напряжения электромагнитного типа на секциях системы сборных шин;</li><li>- обходных разьединителей всех присоединений.</li></ul>
14	Расстановка стационарных заземлителей	<p>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 разьединителя с заземлителями или только заземлителя этого разьединителя должны</p>

	<p>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.</p> <p>б) Каждая секция (система) сборных шин 35 кВ и выше должна иметь два комплекта заземлителей. При наличии трансформаторов напряжения заземления сборных шин следует осуществлять заземлителями разъединителей трансформаторов напряжения.</p> <p>в) На заземлителях предусматривается привод с дистанционным управлением.</p> <p>г) С учетом пп. а и б стационарные заземлители устанавливаются:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- по два комплекта на линейных разъединителях, в том числе разъединителях (авто)трансформаторов, разъединителях трансформаторов напряжения, подключенных к секциям системы сборных шин и на шинных разъединителях обходного выключателя;</li> <li>- по одному комплекту на шинных разъединителях линий, включая обходные разъединители.</li> </ul>
15	<p>Расстановка трансформаторов тока</p> <p>а) Трансформаторы тока устанавливаются в каждом присоединении, а также в цепи обходного выключателя. Наиболее предпочтительными являются встроенные в оборудование трансформаторы тока (трансформаторы тока также необходимы в нейтральных трансформаторов 110 кВ и выше и автотрансформаторов 220 кВ и выше для подключения токовых защит нулевой последовательности).</p> <p>б) При выборе количества вторичных обмоток трансформаторов тока должны учитываться следующие положения:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- для подключения расчетного счетчика используется отдельная вторичная обмотка трансформатора тока, при этом также отдельная обмотка предусматривается для измерений, т.е. отдельно друг от друга и от цепей защит;</li> <li>- основная и резервная защиты должны питаться от разных вторичных обмоток трансформатора тока;</li> <li>- оно должно быть достаточным для присоединения к ним в общем случае основных и резервных защит двух элементов, например, воздушной линии и сборных шин.</li> </ul>

		<p>в) При установке трансформатора тока с меньшим количеством вторичных обмоток, чем требуется (п. б), возникает необходимость в установке второго дополнительного трансформатора тока. Он устанавливается с другой стороны выключателя.</p> <p>г) Расстановку трансформаторов тока относительно выключателей присоединений необходимо выполнять так, чтобы выключатели входили в зону дифференциальной защиты шин.</p>
16	Расстановка трансформаторов напряжения	<p>а) Трансформаторы напряжения устанавливаются на каждой секции системы сборных шин, которые могут работать раздельно.</p> <p>б) Трансформаторы напряжения предусматриваются с тремя вторичными обмотками, одна из которых предназначена для подключения расчетных счетчиков.</p> <p>в) При выборе трансформаторов напряжения необходимо учитывать возможность возникновения феррорезонанса, рекомендуется применять антиферрорезонансные типы трансформаторов напряжения.</p> <p>г) На линиях электропередачи 110 кВ и выше предусматривается установка шкафов отбора напряжения или однофазных трансформаторов напряжения для АПВ с контролем наличия напряжения и/или синхронизма, обеспокоенных проектом.</p>
17	Расстановка ограничителей перенапряжений нелинейных (ОПН)	<p>а) В цепях (авто)трансформаторов должны быть установлены ОПН без коммутационных аппаратов между ними и защищаемым оборудованием.</p> <p>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.</p> <p>в) Необходимость установки ОПН на шинах (в ячейках трансформаторов напряжения), а также на линейных присоединениях определяется сравнением расстояний по ошиновке от ОПН у силовых (авто)трансформаторов до самого удаленного присоединения, с наибольшим допустимым расстоянием.</p>
18	Расстановка устройств высокочастотной	<p>а) Конденсаторы связи, высокочастотные заградители и фильтры присоединения устанавливаются для подключения высокочастотной аппаратуры РЗА,</p>

	обработки	<p>противоаварийной автоматики и связи. Количество обработанных фаз и тип подключаемой аппаратуры обосновывается в проекте.</p> <p>б) Конденсаторы связи и фильтры присоединения устанавливаются в ячейке воздушной линии до высокочастотного заградителя, т.е. со стороны линии электропередачи.</p> <p>в) Высокочастотная аппаратура подключается к линиям электропередачи по схемам: фаза - земля; фаза - фаза одной или двух линий электропередачи; провод - провод расщепленной фазы (при соответствующей их изоляции); трос - земля; два троса - земля; трос - трос. Схемы подключения имеют свои достоинства и недостатки, а также технико-экономические характеристики и определяются при конкретном проектировании (схема фаза - земля получила наибольшее распространение как наиболее простая и экономичная).</p>
--	-----------	--

## 2.14 Схема с двумя системами сборных шин

<b>Раздел I. Общие показатели</b>	
1	Наименование схемы
2	Номер схемы
3	Область применения
4	Тип подстанции
5	Количество присоединений
6	Этапность развития
<b>Раздел II. Условия обоснования и выбора</b>	
7	Основные условия применения
8	Экономические критерии применения

Схема с двумя системами сборных шин.

110-13; 220-13.

Распределительные устройства 110 и 220 кВ.

Узловая.

Два (авто)трансформатора и три линии с возможностью увеличения числа присоединений (т.е. расширения подстанции) свыше шести; при расширении до шести присоединений используется схема шестиугольника. Вопросы расширения подстанции анализируются при выборе схем электрических сетей на перспективу 5-10 лет.

Возможно развитие до схемы с двумя системами сборных шин и с обходной системой шин, а также до схемы с двумя секционированными системами сборных шин и с обходной системой шин.

### Раздел II. Условия обоснования и выбора

а) Более двух нерезервируемых присоединений на подстанции и, как следствие, необходимость их сохранения в работе при плановом отключении системы сборных шин.

б) В нормальном режиме присоединения по возможности симметрично распределены между системами сборных шин, а шиносоединительный выключатель включен и выполняет секционирующие функции (режим фиксированных присоединений) или отключен по режимным соображениям, в том числе стационарному делению сети для ограничения уровня токов КЗ. При этом один из шинных разъединителей каждого присоединения включен, а другой отключен. Остальные разъединители, а также выключатели в схеме включены.

а) Требуется  $k+1$  ячейку выключателя, где  $k$  - количество присоединений.

б) По сравнению со схемой с одной секционированной системой сборных шин требуется установка на каждом присоединении второго шинного разъединителя, стоимость

		<p>которого составляет 15-25% стоимости выключателя;</p> <p><i>б)</i> Занимает минимальные отчуждаемые площади с учетом (п.5) количества присоединений при килевой установке одного шинного разъединителя на каждом присоединении.</p>
9	Критерии надежности	<p><i>а)</i> При отказе нормально включенного шиносоединительного выключателя возможно полное погашение распределительного устройства.</p> <p><i>б)</i> При оперативных переключениях сборные шины имеют непосредственную электрическую связь на развилках из шинных разъединителей, и при возникновении отказов возможно полное погашение распределительного устройства.</p> <p><i>в)</i> По статистике 20-30% отказов на сборных шинах приводят к полному погашению распределительного устройства, 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 погашению распределительного устройства, составит 0,04 1/год или раз в 25 лет, т.е. надежность данной схемы недостаточно высокая.</p> <p><i>г)</i> По сравнению со схемой с одной секционированной системой сборных шин на порядок увеличивает математическое ожидание недоотпуска электроэнергии потребителям при прочих равных условиях.</p> <p><i>д)</i> Как следствие (пп. <i>б-г</i>) является вынужденным решением, требующим в проектах дополнительного обоснования с режимных позиций.</p>
10	Эксплуатационные критерии	<p><i>а)</i> Электромагнитные блокировки и операции с разъединителями сложны.</p> <p><i>б)</i> Управление разъединителями даже в пределах одной ячейки выключателя не однотипное и громоздкое: пофазное управление разъединителя с килевой установкой и трехфазное - для второго разъединителя.</p> <p><i>в)</i> Следствием пп. <i>а</i> и <i>б</i> является значительное число инцидентов по вине персонала, а также отказов оборудования вследствие большого количества технологических операций при оперативных переключениях.</p>

		<p>г) Не требуется жесткой привязки присоединений по системам сборных шин - высокая эксплуатационная гибкость схемы.</p>
11	Техническая гибкость	Гибкая фиксация присоединений по системам сборных шин.
12	Критерии безопасности	<p>а) Электрооборудование, токоведущие части, изоляторы, крепления, ограждения, несущие конструкции, изоляционные и другие расстояния должны быть выбраны и установлены таким образом, чтобы:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 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;</li> <li>- 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;</li> <li>- при нарушении нормальных условий работы электроустановки была обеспечена необходимая локализация повреждений, обусловленных действием КЗ.</li> </ul> <p>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.</p> <p>в) Должны быть выполнены требования нормативно-технических документов по электромагнитной совместимости.</p>
<b>Раздел III. Расстановка оборудования</b>		
13	Расстановка разьединителей	<p>а) Во всех цепях распределительного устройства должна быть предусмотрена установка разьединяющих устройств с видимым разрывом, обеспечивающих возможность отсоединения всех аппаратов (выключателей, предохранителей, трансформаторов напряжения, трансформаторов тока и т.д.) в каждой цепи со всех ее сторон, откуда может быть подано напряжение.</p> <p>б) Данное требование (п. а) не распространяется на высокочастотные заградители и</p>

		<p>конденсаторы связи, трансформаторы напряжения, устанавливаемые на отходящих линиях, а также трансформаторы напряжения емкостного типа, присоединяемые к системе сборных шин, ограничители перенапряжений, устанавливаемых на выводах (авто)трансформаторов и на отходящих линиях.</p> <p>б) Видимый разрыв может отсутствовать в комплектных распределительных устройствах заводского исполнения (в том числе с заполнением элегазом - КРУЭ) с выкатными элементами и/или при наличии надежного механического указателя гарантированного положения контактов.</p> <p>е) На разъединителях 110 кВ и выше предусматривается привод с дистанционным управлением.</p> <p>д) С учетом пп. а и б разъединители устанавливаются:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- с обеих сторон выключателей в цепях линий и (авто)трансформаторов (шинные и линейные разъединители), а также шиносоединительного выключателя;</li> <li>- в цепях трансформаторов напряжения электромагнитного типа, подключенных к системам сборных шин.</li> </ul>
14	Расстановка стационарных заземлителей	<p>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.</p> <p>б) Каждая секция (система) сборных шин 35 кВ и выше должна иметь два комплекта заземлителей. При наличии трансформаторов напряжения заземления сборных шин следует осуществлять заземлителями разъединителей трансформаторов напряжения.</p> <p>в) На заземлителях предусматривается привод с дистанционным управлением, кроме</p>



15	Расстановка трансформаторов тока	<p>того в ячейках КРУЭ заземлители со стороны линий должны быть быстроедействующими.</p> <p>г) С учетом пп. а и б стационарные заземлители устанавливаются:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- по два комплекта на линейных разъединителях, в том числе разъединителях (авто)трансформаторов, разъединителях шиносоединительного выключателя и разъединителях трансформаторов напряжения, подключенных к системам сборных шин;</li> <li>- по одному комплекту на шинных разъединителях линий и (авто)трансформаторов.</li> </ul> <p>а) Трансформаторы тока устанавливаются в каждом присоединении, а также в цепи шиносоединительного выключателя. Наиболее предпочтительными являются встроенные в оборудование трансформаторы тока (трансформаторы тока также необходимы в нейтральных трансформаторов 110 кВ и выше и автотрансформаторов 220 кВ и выше для подключения токовых защит нулевой последовательности).</p> <p>б) При выборе количества вторичных обмоток трансформаторов тока должны учитываться следующие положения:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- для подключения расчетного счетчика используется отдельная вторичная обмотка трансформатора тока, при этом также отдельная обмотка предусматривается для измерений, т.е. отдельно друг от друга и от цепей защит;</li> <li>- основная и резервная защиты должны питаться от разных вторичных обмоток трансформатора тока;</li> <li>- оно должно быть достаточным для присоединения к ним в общем случае основных и резервных защит двух элементов, например, воздушной линии и сборных шин.</li> </ul> <p>в) При установке трансформатора тока с меньшим количеством вторичных обмоток, чем требуется (п. б), возникает необходимость в установке второго дополнительного трансформатора тока. Он устанавливается с другой стороны выключателя.</p> <p>г) Расстановку трансформаторов тока относительно выключателей присоединений необходимо выполнять так, чтобы выключатели входили в зону дифференциальной защиты шин.</p>
----	----------------------------------	--

16	Расстановка трансформаторов напряжения	<p>а) Трансформаторы напряжения устанавливаются на каждой секции системы сборных шин, которые могут работать раздельно.</p> <p>б) Трансформаторы напряжения предусматриваются с тремя вторичными обмотками, одна из которых предназначена для подключения расчетных счетчиков.</p> <p>в) При выборе трансформаторов напряжения необходимо учитывать возможность возникновения феррорезонанса, рекомендуется применять антиферрорезонансные типы трансформаторов напряжения.</p> <p>г) На линиях электропередачи 110 кВ и выше предусматривается установка шкафов отбора напряжения или однофазных трансформаторов напряжения для АПВ с контролем наличия напряжения и/или синхронизма, обособленных проектом.</p>
17	Расстановка ограничителей перенапряжений нелинейных (ОПН)	<p>а) В цепях (авто)трансформаторов должны быть установлены ОПН без коммутационных аппаратов между ними и защищаемым оборудованием.</p> <p>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.</p> <p>в) Необходимость установки ОПН на шинах (в ячейках трансформаторов напряжения), а также на линейных присоединениях определяется сравнением расстояний по ошине от ОПН у силовых (авто)трансформаторов до самого удаленного присоединения, с наибольшим допустимым расстоянием.</p>
18	Расстановка устройств высокочастотной обработки	<p>а) Конденсаторы связи, высокочастотные заградители и фильтры присоединения устанавливаются для подключения высокочастотной аппаратуры РЗА, противоаварийной автоматики и связи. Количество обработанных фаз и тип подключаемой аппаратуры обособывается в проекте.</p> <p>б) Конденсаторы связи и фильтры присоединения устанавливаются в ячейке воздушной линии до высокочастотного заградителя, т.е. со стороны линии электропередачи.</p> <p>в) Высокочастотная аппаратура подключается к линиям электропередачи по схемам: фаза - земля; фаза - фаза одной или двух линий электропередачи; провод - провод расщепленной фазы (при соответствующей их изоляции); трос - земля; два троса - земля;</p>

		трос - трос. Схемы подключения имеют свои достоинства и недостатки, а также технико-экономические характеристики и определяются при конкретном проектировании (схема фаза - земля получила наибольшее распространение как наиболее простая и экономичная).
--	--	--

## 2.15 Схема с двумя системами сборных шин и с обходной системой шин

<b>Раздел I. Общие показатели</b>	
1	Наименование схемы
2	Номер схемы
3	Область применения
4	Тип подстанции
5	Количество присоединений
6	Этапность развития
<b>Раздел II. Условия обоснования и выбора</b>	
7	Основные условия применения
8	Экономические критерии применения

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

110-13Н; 220-13Н.

Распределительные устройства 110 и 220 кВ.

Узловая.

Два (авто)трансформатора и три линии с возможностью увеличения числа присоединений (т.е. расширения подстанции) свыше шести; при расширении до шести присоединений используется схема шестиугольника. Вопросы расширения подстанции анализируются при выборе схем электрических сетей на перспективу 5-10 лет.

Возможно развитие до схемы с двумя секционированными системами сборных шин и с обходной системой шин.

### Раздел II. Условия обоснования и выбора

а) Более двух нерезервируемых присоединений на подстанции и, как следствие, необходимость их сохранения в работе при плановом отключении системы сборных шин, при этом обходная система шин включена в схему плавки гололеда на воздушных линиях.

б) В нормальном режиме присоединения по возможности симметрично распределены между системами сборных шин, а шиносоединительный выключатель включен и выполняет секционирующие функции (режим фиксированных присоединений) или отключен по режимным соображениям, в том числе стационарному делению сети для ограничения уровня токов КЗ. При этом один из шинных разъединителей каждого присоединения включен, а другой отключен. Остальные выключатели и разъединители в схеме включены. В нормальном режиме обходной выключатель не задействован.

а) Требуется  $k+2$  ячейки выключателей, где  $k$  - количество присоединений.

б) По сравнению со схемой с одной секционированной системой сборных шин и с обходной системой шин требуется установка на каждом присоединении (линии или

		<p>(автотрансформаторе) второго шинного разъединителя, стоимость которого составляет 15-25% стоимости выключателя.</p> <p>б) По сравнению со схемой с двумя системами сборных шин увеличивает отчуждаемые земельные участки за счет обходной системы шин на 20-30% в зависимости от числа присоединений.</p> <p>в) Требуется значительных отчуждаемых площадей и затрат на коммутационное оборудование. За счет этого является одной из наиболее дорогих схем.</p>
9	Критерии надежности	<p>а) При отказе нормально включенного шинное-динительного выключателя возможно полное погашение распределительного устройства.</p> <p>б) При оперативных переключениях сборные шины имеют непосредственную электрическую связь на развилках из шинных разъединителей, и при возникновении отказов возможно полное погашение распределительного устройства.</p> <p>в) По статистике 20-30% отказов на сборных шинах приводит к полному погашению распределительного устройства, 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 погашению распределительного устройства, составит 0,04 1/год или раз в 25 лет, т.е. надежность данной схемы недостаточно высокая.</p> <p>г) По сравнению со схемой с одной секционированной системой сборных шин и с обходной системой шин на порядок увеличивает математическое ожидание недоотпуска электроэнергии потребителям при прочих равных условиях.</p> <p>д) Как следствие (пп. б-г) является вынужденным решением, требующим в проектах дополнительного обоснования с режимных позиций.</p>
10	Эксплуатационные критерии	<p>а) Электромагнитные блокировки и операции с разъединителями сложны.</p> <p>б) Управление разъединителями даже в пределах одной ячейки выключателя не однотипное и громоздкое: пофазное управление разъединителя с килевой установкой и трехфазное - для второго разъединителя.</p>

		<p>в) Большое количество разъединителей и их заземляющих ножей - четыре и пять соответственно на каждом присоединении.</p> <p>г) Следствием пп. а-в является значительное число инцидентов по вине персонала, а также отказов оборудования вследствие большого количества технологических операций при оперативных переключениях.</p>
11	Техническая гибкость	Гибкая фиксация присоединений по системам сборных шин.
12	Критерии безопасности	<p>а) Электрооборудование, токоведущие части, изоляторы, крепления, ограждения, несущие конструкции, изоляционные и другие расстояния должны быть выбраны и установлены таким образом, чтобы:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 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;</li> <li>- 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;</li> <li>- при нарушении нормальных условий работы электроустановки была обеспечена необходимая локализация повреждений, обусловленных действием КЗ.</li> </ul> <p>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.</p> <p>в) Должны быть выполнены требования нормативно-технических документов по электромагнитной совместимости.</p>
<b>Раздел III. Расстановка оборудования</b>		
13	Расстановка разъединителей	а) Во всех цепях распределительного устройства должна быть предусмотрена установка разъединяющих устройств с видимым разрывом, обеспечивающих возможность отсоединения всех аппаратов (выключателей, предохранителей, трансформаторов

	<p>напряжения, трансформаторов тока и т.д.) в каждой цепи со всех ее сторон, откуда может быть подано напряжение.</p> <p><i>б)</i> Данное требование (п. <i>а</i>) не распространяется на высокочастотные заградители и конденсаторы связи, трансформаторы напряжения, устанавливаемые на отходящих линиях, а также трансформаторы напряжения емкостного типа, присоединяемые к системе сборных шин, ограничители перенапряжений, устанавливаемых на выводах (авто)трансформаторов и на отходящих линиях.</p> <p><i>в)</i> Видимый разрыв может отсутствовать в комплектных распределительных устройствах заводского исполнения (в том числе с заполнением элегазом - КРУЭ) с выкатными элементами и/или при наличии надежного механического указателя гарантированного положения контактов.</p> <p><i>г)</i> На разъединителях 110 кВ и выше предусматривается привод с дистанционным управлением.</p> <p><i>д)</i> С учетом пп. <i>а</i> и <i>б</i> разъединители устанавливаются:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- с обеих сторон выключателей в цепях линий, (авто)трансформаторов, шиносоединительного и обходного выключателей;</li> <li>- в цепях трансформаторов напряжения электромагнитного типа, подключенных к системам сборных шин.</li> </ul>
14	<p>Расстановка стационарных заземлителей</p> <p><i>а)</i> 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.</p> <p><i>б)</i> Каждая секция (система) сборных шин должна иметь два комплекта заземлителей.</p>

	<p>При наличии трансформаторов напряжения заземления сборных шин следует осуществлять заземлителями разъединителей трансформаторов напряжения.</p> <p>в) На заземлителях предусматривается привод с дистанционным управлением.</p> <p>г) С учетом пп. а и б стационарные заземлители устанавливаются:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- по два комплекта на линейных разъединителях, в том числе разъединителях (авто)трансформаторов, разъединителях обходного выключателя и разъединителях трансформаторов напряжения, подключенных к системам сборных шин, а также на одном обходном разъединителе присоединения;</li> <li>- по одному комплекту на шинных разъединителях линий и (авто)трансформаторов, на обходных разъединителях указанных присоединений, а также на разъединителях шиносоединительного выключателя.</li> </ul>
<p>15</p> <p>Расстановка трансформаторов тока</p>	<p>а) Трансформаторы тока устанавливаются в каждом присоединении, а также в цепях шиносоединительного и обходного выключателей. Наиболее предпочтительными являются встроенные в оборудование трансформаторы тока (трансформаторы тока также необходимы в нейтральных трансформаторов 110 кВ и выше и автотрансформаторов 220 кВ и выше для подключения токовых защит нулевой последовательности).</p> <p>б) При выборе количества вторичных обмоток трансформаторов тока должны учитываться следующие положения:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- для подключения расчетного счетчика используется отдельная вторичная обмотка трансформатора тока, при этом также отдельная обмотка предусматривается для измерений, т.е. отдельно друг от друга и от цепей защит;</li> <li>- основная и резервная защиты должны питаться от разных вторичных обмоток трансформатора тока;</li> <li>- оно должно быть достаточным для присоединения к ним в общем случае основных и резервных защит двух элементов, например, воздушной линии и сборных шин.</li> </ul> <p>в) При установке трансформатора тока с меньшим количеством вторичных обмоток, чем требуется (п. б), возникает необходимость в установке второго дополнительного трансформатора тока. Он устанавливается с другой стороны выключателя.</p>



		<p>г) Расстановку трансформаторов тока относительно выключателей присоединений необходимо выполнять так, чтобы выключатели входили в зону дифференциальной защиты шин.</p>
16	Расстановка трансформаторов напряжения	<p>а) Трансформаторы напряжения устанавливаются на каждой секции системы сборных шин, которые могут работать отдельно.</p> <p>б) Трансформаторы напряжения предусматриваются с тремя вторичными обмотками, одна из которых предназначена для подключения расчетных счетчиков.</p> <p>в) При выборе трансформаторов напряжения необходимо учитывать возможность возникновения феррорезонанса, рекомендуется применять антиферрорезонансные типы трансформаторов напряжения.</p> <p>г) На линиях электропередачи 110 кВ и выше предусматривается установка шкафов отбора напряжения или однофазных трансформаторов напряжения для АПВ с контролем наличия напряжения и/или синхронизма, обоснованных проектом.</p>
17	Расстановка ограничителей перенапряжений нелинейных (ОПН)	<p>а) В целях (авто)трансформаторов должны быть установлены ОПН без коммутационных аппаратов между ними и защищаемым оборудованием.</p> <p>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.</p> <p>в) Необходимость установки ОПН на шинах (в ячейках трансформаторов напряжения), также на линейных присоединениях определяется сравнением расстояний по ошиновке от ОПН у силовых (авто)трансформаторов до самого удаленного присоединения, с наибольшим допустимым расстоянием.</p>
18	Расстановка устройств высокочастотной обработки	<p>а) Конденсаторы связи, высокочастотные заградители и фильтры присоединения устанавливаются для подключения высокочастотной аппаратуры РЗА, противоаварийной автоматики и связи. Количество обработанных фаз и тип подключаемой аппаратуры обосновывается в проекте.</p> <p>б) Конденсаторы связи и фильтры присоединения устанавливаются в ячейке воздушной линии до высокочастотного заградителя, т.е. со стороны линии электропередачи.</p>

		<p>в) Высокочастотная аппаратура подключается к линиям электропередачи по схемам: фаза - земля; фаза - фаза одной или двух линий электропередачи; провод - провод - расщепленной фазы (при соответствующей их изоляции); трос - земля; два троса - земля; трос - трос. Схемы подключения имеют свои достоинства и недостатки, а также технико-экономические характеристики и определяются при конкретном проектировании (схема фаза - земля получила наибольшее распространение как наиболее простая и экономичная).</p>
--	--	--

## 2.16 Схема с двумя секционированными системами сборных шин и с обходной системой шин

<b>Раздел I. Общие показатели</b>	
1	Наименование схемы
2	Номер схемы
3	Область применения
4	Тип подстанции
5	Количество присоединений
6	Этапность развития
<b>Раздел II. Условия обоснования и выбора</b>	
7	Основные условия применения
8	Экономические критерии применения

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

110-14; 220-14.

Распределительные устройства 110 и 220 кВ.

Узловая.

Значительное количество присоединений: не менее двух-четырех (авто)трансформаторов и 12-14 отходящих линий.

-

### Раздел II. Условия обоснования и выбора

*а)* Более двух нерезервируемых присоединений на подстанции и, как следствие, необходимость их сохранения в работе при плановом отключении системы сборных шин, при этом обходная система шин включена в схему плавки гололеда на воздушных линиях.

*б)* Недопустимость полного погашения распределительного устройства при отказах выключателей и сборных шин по условию сохранения устойчивости энергосистемы (без воздействия противоаварийной автоматики) при указанных расчетных возмущениях.

*в)* В нормальном режиме присоединения по возможности симметрично распределены между системами сборных шин, а шиносоединительные выключатели включены и выполняют секционирующие функции (режим фиксированных присоединений) или отключены по режимным соображениям, в том числе стационарному делению сети для ограничения уровней токов КЗ. При этом один из шинных разъединителей каждого присоединения включен, а другой отключен. Остальные выключатели и разъединители в схеме включены. В нормальном режиме обходные выключатели не задействованы.

*а)* Требуется  $k+6$  ячеек выключателей, где  $k$  - количество присоединений.

*б)* По сравнению со схемой с одной секционированной системой сборных шин и с

	<p>обходной системой шин требует установки на каждом присоединении (линии или (авто)трансформаторе) второго шинного разъединителя, стоимость которого составляет 15-25% стоимости выключателя.</p> <p>б) По сравнению со схемой с двумя системами сборных шин увеличивает отчуждаемые земельные участки за счет обходной системы шин на 20-30% в зависимости от числа присоединений.</p> <p>г) Требуется 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 системами сборных шин и с обходной системой шин необходимо 18 ячеек выключателей. Столько же ячеек требуется для более надежной и экономичной (за счет значительно меньшего количества разъединителей) схемы 3/2.</p>
9	<p><b>Критерии надежности</b></p> <p>а) По сравнению со схемой с двумя системами сборных шин (с обходной системой шин либо без нее) за счет их секционирования исключена потенциальная возможность полного погашения распределительного устройства из-за отказов шиносоединительных выключателей и отказов на развилках из шинных разъединителей. Таким образом, секционирование сборных шин повышает надежность схемы.</p> <p>б) При оперативных переключениях сборные шины имеют непосредственную электрическую связь на развилках из шинных разъединителей, и при возникновении отказов возможно погашение одновременно двух секций обеих систем сборных шин.</p> <p>в) Надежность схемы остается недостаточно высокой. Причина заключается в том, что парно резервируемые линии 110 и 220 кВ располагаются в смежных ячейках распределительного устройства, чтобы исключить их пересечение. Поэтому отказы шиносоединительных выключателей и отказы на развилках из шинных разъединителей могут привести к погашению половины присоединений и соответственно потребителей подстанции.</p> <p>г) По сравнению со схемой с двумя системами сборных шин и с обходной системой шин дополнительная установка двух секционных, шиносоединительного и обходного</p>

		<p>выключателей (всего четыре выключателя) для исключения погашения подстанции, как правило, нецелесообразна с технико-экономических позиций с учетом фактора надежности.</p> <p>д) Как следствие (пп. б-г) является вынужденным решением, требующим в проектах дополнительного обоснования с режимных позиций. В частности, область применения схемы следует ограничить распределительными устройствами 110 и 220 кВ подстанций с высшим напряжением 500 кВ. Тем самым обеспечивается подключение автотрансформаторов 500 кВ через два выключателя, как со стороны высшего, так и среднего напряжения.</p>
10	Эксплуатационные критерии	<p>а) Электромагнитные блокировки и операции с разъединителями сложны.</p> <p>б) Управление разъединителями даже в пределах одной ячейки выключателя не однотипное и громоздкое: пофазное управление разъединителя с килевой установкой и трехфазное - для второго разъединителя.</p> <p>в) Большое количество разъединителей и их заземляющих ножей - четыре и пять соответственно на каждом присоединении.</p> <p>г) Следствием пп. а-в является значительное число инцидентов по вине персонала, а также отказов оборудования вследствие большого количества технологических операций при оперативных переключениях.</p>
11	Техническая гибкость	Гибкая фиксация присоединений по секциям систем сборных шин.
12	Критерии безопасности	<p>а) Электрооборудование, токоведущие части, изоляторы, крепления, ограждения, несущие конструкции, изоляционные и другие расстояния должны быть выбраны и установлены таким образом, чтобы:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 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;</li> <li>- при выводе в ремонт какого-либо присоединения, относящегося к нему аппараты, токоведущие части и конструкции могли подвергаться безопасному техническому</li> </ul>

		<p>обслуживанию и ремонту без нарушения нормальной работы соседних цепей;</p> <p>- при нарушении нормальных условий работы электроустановки была обеспечена необходимая локализация повреждений, обусловленных действием КЗ.</p> <p>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.</p> <p>в) Должны быть выполнены требования нормативно-технических документов по электромагнитной совместимости.</p>
<p><b>Раздел III. Расстановка оборудования</b></p>		
<p>13</p>	<p>Расстановка разъединителей</p>	<p>а) Во всех цепях распределительного устройства должна быть предусмотрена установка разъединяющих устройств с видимым разрывом, обеспечивающих возможность отсоединения всех аппаратов (выключателей, предохранителей, трансформаторов напряжения, трансформаторов тока и т.д.) в каждой цепи со всех ее сторон, откуда может быть подано напряжение.</p> <p>б) Данное требование (п. а) не распространяется на высокочастотные заградители и конденсаторы связи, трансформаторы напряжения, устанавливаемые на отходящих линиях, а также трансформаторы напряжения емкостного типа, присоединяемые к системе сборных шин, ограничители перенапряжений, устанавливаемых на выводах (авто)трансформаторов и на отходящих линиях.</p> <p>в) Видимый разрыв может отсутствовать в комплектных распределительных устройствах заводского исполнения (в том числе с заполнением элегазом - КРУЭ) с выкатными элементами и/или при наличии надежного механического указателя гарантированного положения контактов.</p> <p>г) На разъединителях 110 кВ и выше предусматривается привод с дистанционным управлением.</p> <p>д) С учетом пп. а и б разъединители устанавливаются:</p> <p>- с обеих сторон выключателей в цепях линий, (авто)трансформаторов,</p>

		<p>шиносоединительных, секционных и обходных выключателей;</p> <p>- в цепях трансформаторов напряжения электромагнитного типа на секциях систем сборных шин.</p>
14	<p>Расстановка стационарных заземлителей</p>	<p><i>а)</i> 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.</p> <p><i>б)</i> Каждая секция (система) сборных шин 35 кВ и выше должна иметь два комплекта заземлителей. При наличии трансформаторов напряжения заземления сборных шин следует осуществлять заземлителями разъединителей трансформаторов напряжения.</p> <p><i>в)</i> На заземлителях предусматривается привод с дистанционным управлением.</p> <p><i>г)</i> С учетом пп. <i>а</i> и <i>б</i> стационарные заземлители устанавливаются:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- по два комплекта на линейных разъединителях, в том числе разъединителях (авто)трансформаторов, разъединителях обходных выключателей и разъединителях трансформаторов напряжения, подключенных к системам сборных шин, а также на одном обходном разъединителе присоединения каждой секции систем сборных шин;</li> <li>- по одному комплекту на шинных разъединителях линий и (авто)трансформаторов, на обходных разъединителях указанных присоединений, а также на разъединителях шиносоединительных и секционных выключателей.</li> </ul>
15	<p>Расстановка трансформаторов тока</p>	<p><i>а)</i> Трансформаторы тока устанавливаются в каждом присоединении, а также в цепях шиносоединительных, секционных и обходных выключателей. Наиболее предпочтительными являются встроенные в оборудование трансформаторы тока (трансформаторы тока также необходимы в нейтральных трансформаторов 110 кВ и выше</p>

		<p>и автотрансформаторов 220 кВ и выше для подключения токовых защит нулевой последовательности).</p> <p>б) При выборе количества вторичных обмоток трансформаторов тока должны учитываться следующие положения:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- для подключения расчетного счетчика используется отдельная вторичная обмотка трансформатора тока, при этом также отдельная обмотка предусматривается для измерений, т.е. отдельно друг от друга и от цепей защит;</li> <li>- основная и резервная защиты должны питаться от разных вторичных обмоток трансформатора тока;</li> <li>- оно должно быть достаточным для присоединения к ним в общем случае основных и резервных защит двух элементов, например, воздушной линии и сборных шин.</li> </ul> <p>в) При установке трансформатора тока с меньшим количеством вторичных обмоток, чем требуется (п. б), возникает необходимость в установке второго дополнительного трансформатора тока. Он устанавливается с другой стороны выключателя.</p> <p>г) Расстановку трансформаторов тока относительно выключателей присоединений необходимо выполнять так, чтобы выключатели входили в зону дифференциальной защиты шин.</p>
16	Расстановка трансформаторов напряжения	<p>а) Трансформаторы напряжения устанавливаются на каждой секции системы сборных шин, которые могут работать раздельно.</p> <p>б) Трансформаторы напряжения предусматриваются с тремя вторичными обмотками, одна из которых предназначена для подключения расчетных счетчиков.</p> <p>в) При выборе трансформаторов напряжения необходимо учитывать возможность возникновения феррорезонанса, рекомендуется применять антиферрорезонансные типы трансформаторов напряжения.</p> <p>г) На линиях электропередачи 110 кВ и выше предусматривается установка шкафов отбора напряжения или однофазных трансформаторов напряжения для АПВ с контролем наличия напряжения и/или синхронизма, обоснованных проектом.</p>



17	<p>Расстановка ограничителей перенапряжений нелинейных (ОПН)</p>	<p>а) В цепях (авто)трансформаторов 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 трансформаторов напряжения), а также на линейных присоединениях определяется сравнением расстояний по ошиновке от ОПН у силовых (авто)трансформаторов до самого удаленного присоединения, с наибольшим допустимым расстоянием.</p>
18	<p>Расстановка устройств высокочастотной обработки</p>	<p>а) Конденсаторы связи, высокочастотные заградители и фильтры присоединения устанавливаются для подключения высокочастотной аппаратуры РЗА, противоаварийной автоматики и связи. Количество обработанных фаз и тип подключаемой аппаратуры обосновывается в проекте.  б) Конденсаторы связи и фильтры присоединения устанавливаются в ячейке воздушной линии до высокочастотного заградителя, т.е. со стороны линии электропередачи.  в) Высокочастотная аппаратура подключается к линиям электропередачи по схемам: фаза - земля; фаза - фаза одной или двух линий электропередачи; провод - провод расщепленной фазы (при соответствующей их изоляции); трос - земля; два троса - земля; трос - трос. Схемы подключения имеют свои достоинства и недостатки, а также технико-экономические характеристики и определяются при конкретном проектировании (схема фаза - земля получила наибольшее распространение как наиболее простая и экономичная).</p>

## 2.17 Схема трансформаторы - шины

<b>Раздел I. Общие показатели</b>	
1	Наименование схемы Трансформаторы - шины.
2	Номер схемы 330-15; 500-15; 750-15.
3	Область применения Распределительные устройства 330-750 кВ.
4	Тип подстанции Узловая.
5	Количество присоединений Два автотрансформатора и три - четыре линии.
6	Этапность развития -
<b>Раздел II. Условия обоснования и выбора</b>	
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) Требуется восемь ячеек выключателей на шесть присоединений. б) Наиболее экономичная схема с учетом (п.5) количества присоединений и фактора надежности.
9	Критерии надежности а) При отказе выключателя теряется не более одной линии и одного автотрансформатора, 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 противоаварийной автоматики. Таким образом, схема достаточно надежная. б) Является лучшей схемой с технико-экономических позиций с учетом фактора надежности для распределительных устройств 500 и 750 кВ большинства подстанций (так, 74% подстанций 500 кВ имеют не более двух автотрансформаторов, а 93% - не более четырех линий, при этом около 50% подстанций выполнены по схеме четырехугольника (треугольника) -начальный этап развития схемы трансформаторы -

		шины).
10	Эксплуатационные критерии	<p>а) Сравнительно простая и наглядная.</p> <p>б) Электромагнитные блокировки и операции с разъединителями просты и однотипны.</p> <p>в) Как следствие (пп. а и б) минимизированы отказы по вине персонала.</p>
11	Техническая гибкость	<p>а) Каждая линия подключается через развилку из выключателей, что является дополнительным преимуществом схем в ремонтных и послеаварийных режимах.</p>
12	Критерии безопасности	<p>а) Электрооборудование, токоведущие части, изоляторы, крепления, ограждения, несущие конструкции, изоляционные и другие расстояния должны быть выбраны и установлены таким образом, чтобы:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 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;</li> <li>- 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;</li> <li>- при нарушении нормальных условий работы электроустановки была обеспечена необходимая локализация повреждений, обусловленных действием КЗ.</li> </ul> <p>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.</p> <p>в) Должны быть выполнены требования нормативно-технических документов по электромагнитной совместимости.</p>
<b>Раздел III. Расстановка оборудования</b>		
13	Расстановка разъединителей	<p>а) Во всех цепях распределительного устройства должна быть предусмотрена установка разъединяющих устройств с видимым разрывом, обеспечивающих возможность отсоединения всех аппаратов (выключателей, трансформаторов напряжения,</p>

		<p>трансформаторов тока и т.д.) в каждой цепи со всех ее сторон, откуда может быть подано напряжение.</p> <p>б) Данное требование (п. а) не распространяется на высокочастотные заградители и конденсаторы связи, трансформаторы напряжения, устанавливаемые на отходящих линиях, а также ограничители перенапряжений, устанавливаемых на выводах (авто)трансформаторов и на отходящих линиях.</p> <p>в) Видимый разрыв может отсутствовать в комплектных распределительных устройствах заводского исполнения (в том числе с заполнением элегазом - КРУЭ) с выкатными элементами и/или при наличии надежного механического указателя гарантированного положения контактов.</p> <p>г) На разъединителях 110 кВ и выше предусматривается привод с дистанционным управлением.</p> <p>д) С учетом пп. а и б разъединители устанавливаются:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- в цепях автотрансформаторов и трансформаторов напряжения электромагнитного типа на системах сборных шин;</li> <li>- с обеих сторон каждого выключателя.</li> </ul>
14	Расстановки стационарных заземлителей	<p>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.</p> <p>б) Каждая секция (система) сборных шин 35 кВ и выше должна иметь два комплекта заземлителей. При наличии трансформаторов напряжения заземления сборных шин следует осуществлять заземлителями разъединителей трансформаторов напряжения.</p>

		<p>в) На заземлителях предусматривается привод с дистанционным управлением.</p> <p>г) С учетом пп. а и б стационарные заземлители устанавливаются:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- два комплекта на линейных разъединителях и разъединителях трансформаторов напряжения, подключенных к системам сборных шин;</li> <li>- один комплект на разъединителях в цепях автотрансформаторов со стороны указанных присоединений.</li> </ul>
15	Расстановка трансформаторов тока	<p>а) Трансформаторы тока устанавливаются в каждом присоединении. Наиболее предпочтительными являются встроенные в оборудование трансформаторы тока (трансформаторы тока также необходимы в нейтральных трансформаторов 110 кВ и выше и автотрансформаторов 220 кВ и выше для подключения токовых защит нулевой последовательности).</p> <p>б) Может предусматриваться трансформатор тока 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.</p> <p>в) При выборе количества вторичных обмоток трансформаторов тока должны учитываться следующие положения:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- для подключения расчетного счетчика используется отдельная вторичная обмотка трансформатора тока, при этом также отдельная обмотка предусматривается для измерений, т.е. отдельно друг от друга и от цепей защит;</li> <li>- основная и резервная защиты должны питаться от разных вторичных обмоток трансформатора тока;</li> <li>- оно должно быть достаточным для присоединения к ним в общем случае основных и резервных защит двух элементов, например, воздушной линии и сборных шин.</li> </ul> <p>г) При установке трансформатора тока с меньшим количеством вторичных обмоток, чем требуется (п. в), возникает необходимость в установке второго дополнительного трансформатора тока. Он устанавливается с другой стороны выключателя.</p>

		<p>г) Расстановку трансформаторов тока относительно выключателей присоединений необходимо выполнять так, чтобы выключатели входили в зону дифференциальной защиты шин.</p>
16	Расстановка трансформаторов напряжения	<p>а) Трансформаторы напряжения устанавливаются на каждой системе сборных шин, которая может работать раздельно.</p> <p>б) Трансформаторы напряжения предусматриваются с тремя вторичными обмотками, одна из которых предназначена для подключения расчетных счетчиков.</p> <p>в) При выборе трансформаторов напряжения необходимо учитывать возможность возникновения феррорезонанса, рекомендуется применять антиферрорезонансные типы трансформаторов напряжения.</p> <p>г) На линиях электропередачи 330 кВ и выше для резервирования защит по цепям напряжения устанавливаются два трансформатора напряжения. Два трансформатора напряжения рекомендуются устанавливать на сборных шинах 330 кВ и выше для надежной работы релейной защиты и АИИС КУЭ.</p>
17	Расстановка ограничителей перенапряжений нелинейных (ОПН)	<p>а) В цепях автотрансформаторов должны быть установлены ОПН без коммутационных аппаратов между ними и защищаемым оборудованием.</p> <p>б) Необходимость установки ОПН на шинах (в ячейках трансформаторов напряжения), а также на линейных присоединениях определяется сравнением расстояний по ошиновке от ОПН у силовых автотрансформаторов до самого удаленного присоединения, с наибольшим допустимым расстоянием.</p>
18	Расстановка устройств высокочастотной обработки	<p>а) Конденсаторы связи, высокочастотные заградители и фильтры присоединения устанавливаются для подключения высокочастотной аппаратуры РЗА, противоаварийной автоматики и связи. Количество обработанных фаз и тип подключаемой аппаратуры обосновывается в проекте.</p> <p>б) Конденсаторы связи и фильтры присоединения устанавливаются в ячейке воздушной линии до высокочастотного заградителя, т.е. со стороны линии электропередачи.</p> <p>в) Высокочастотная аппаратура подключается к линиям электропередачи по схемам: фаза - земля; фаза - фаза одной или двух линий электропередачи; провод - провод</p>

	расщепленной фазы (при соответствующей их изоляции); трос - земля; два троса - земля; трос - трос. Схемы подключения имеют свои достоинства и недостатки, а также технико-экономические характеристики и определяются при конкретном проектировании (схема фаза - земля получила наибольшее распространение как наиболее простая и экономичная).
--	--

## 2.18 Схема трансформаторы - шины с полуторным присоединением линий

<b>Раздел I. Общие показатели</b>	
1	Наименование схемы Трансформаторы - шины с полуторным присоединением линий.
2	Номер схемы 220-16; 330-16; 500-16; 750-16.
3	Область применения Распределительные устройства 220-750 кВ.
4	Тип подстанции Узловая.
5	Количество присоединений Два (авто)трансформатора и пять - шесть линий.
6	Этапность развития -
<b>Раздел II. Условия обоснования и выбора</b>	
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) Достаточна экономичная схема с учетом (п.5) количества присоединений.
9	Критерии надежности а) При отказе выключателя со стороны сборных шин теряется не более одной линии и одного (авто)трансформатора, 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 противоаварийной автоматики (на подстанциях 500 и 750 кВ страны имеется, как правило, не более шести линий).
10	Эксплуатационные критерии а) Сравнительно простая и наглядная. б) Электромагнитные блокировки и операции с разъединителями просты и однотипны. в) Как следствие (пп. а и б) минимизированы отказы по вине персонала.
11	Техническая гибкость а) Каждая линия подключается через развилку выключателей, что является дополнительным преимуществом схемы в ремонтных и послеаварийных режимах.



12	Критерии безопасности	<p>а) Электрооборудование, токоведущие части, изоляторы, крепления, ограждения, несущие конструкции, изоляционные и другие расстояния должны быть выбраны и установлены таким образом, чтобы:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 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;</li> <li>- 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;</li> <li>- при нарушении нормальных условий работы электроустановки была обеспечена необходимая локализация повреждений, обусловленных действием КЗ.</li> </ul> <p>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.</p> <p>в) Должны быть выполнены требования нормативно-технических документов по электромагнитной совместимости.</p>
<b>Раздел III. Расстановка оборудования</b>		
13	Расстановка разъединителей	<p>а) Во всех цепях распределительного устройства должна быть предусмотрена установка разъединяющих устройств с видимым разрывом, обеспечивающих возможность отсоединения всех аппаратов (выключателей, трансформаторов напряжения, трансформаторов тока и т.д.) в каждой цепи со всех ее сторон, откуда может быть подано напряжение.</p> <p>б) Данное требование (п. а) не распространяется на высокочастотные заградители и конденсаторы связи, трансформаторы напряжения, устанавливаемые на отходящих линиях, а также ограничители перенапряжений, устанавливаемых на выводах (авто)трансформаторов и на отходящих линиях.</p>

	<p>в) Видимый разрыв может отсутствовать в комплектных распределительных устройствах заводского исполнения (в том числе с заполнением элегазом - КРУЭ) с выкатными элементами и/или при наличии надежного механического указателя гарантированного положения контактов.</p> <p>г) На разъединителях 110 кВ и выше предусматривается привод с дистанционным управлением.</p> <p>д) С учетом пп. а и б разъединители устанавливаются:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- в цепях линий, (авто)трансформаторов и трансформаторов напряжения электромагнитного типа на системах сборных шин;</li> <li>- с обеих сторон каждого выключателя.</li> </ul>
<p>14</p> <p>Расстановка стационарных заземлителей</p>	<p>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.</p> <p>б) Каждая секция (система) сборных шин 35 кВ и выше должна иметь два комплекта заземлителей. При наличии трансформаторов напряжения заземления сборных шин следует осуществлять заземлителями разъединителей трансформаторов напряжения.</p> <p>в) На заземлителях предусматривается привод с дистанционным управлением.</p> <p>г) С учетом пп. а и б стационарные заземлители устанавливаются:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- два комплекта на линейных разъединителях в полукруглых цепочках и разъединителях трансформаторов напряжения, подключенных к системам сборных шин;</li> <li>- один комплект на выходных линейных разъединителях со стороны линий, а также на шинных разъединителях со стороны присоединений.</li> </ul>

15	Расстановка трансформаторов тока	<p>а) Трансформаторы тока устанавливаются в каждом присоединении. Наиболее предпочтительными являются встроенные в оборудование трансформаторы тока (трансформаторы тока также необходимы в нейтральных трансформаторов 110 кВ и выше и автотрансформаторов 220 кВ и выше для подключения токовых защит нулевой последовательности).</p> <p>б) Может предусматриваться трансформатор тока 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.</p> <p>б) При выборе количества вторичных обмоток трансформаторов тока должны учитываться следующие положения:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- для подключения расчетного счетчика используется отдельная вторичная обмотка трансформатора тока, при этом также отдельная обмотка предусматривается для измерений, т.е. отдельно друг от друга и от цепей защит;</li> <li>- основная и резервная защиты должны питаться от разных вторичных обмоток трансформатора тока;</li> <li>- оно должно быть достаточным для присоединения к ним в общем случае основных и резервных защит двух элементов, например, воздушной линии и сборных шин.</li> </ul> <p>в) При установке трансформатора тока с меньшим количеством вторичных обмоток, чем требуется (п. б), возникает необходимость в установке второго дополнительного трансформатора тока. Он устанавливается с другой стороны выключателя.</p> <p>г) Расстановку трансформаторов тока относительно выключателей присоединений необходимо выполнять так, чтобы выключатели входили в зону дифференциальной защиты шин.</p>
16	Расстановка трансформаторов напряжения	<p>а) Трансформаторы напряжения устанавливаются на каждой системе сборных шин, которая может работать раздельно.</p> <p>б) Трансформаторы напряжения предусматриваются с тремя вторичными обмотками,</p>

		<p>одна из которых предназначена для подключения расчетных счетчиков.</p> <p>в) При выборе трансформаторов напряжений необходимо учитывать возможность возникновения феррорезонанса, рекомендуется применять антиферрорезонансные типы трансформаторов напряжения.</p> <p>г) На линиях электропередачи 330 кВ и выше для резервирования защит по цепям напряжения устанавливаются два трансформатора напряжения. Два трансформатора напряжения рекомендуются устанавливать на сборных шинах 330 кВ и выше для надежной работы релейной защиты и АИИС КУЭ.</p> <p>д) На линиях электропередачи 220 кВ предусматривается установка шкафов отбора напряжения или однофазных трансформаторов напряжения для АПВ с контролем наличия напряжения и/или синхронизма, обособленных проектом.</p>
17	<p>Расстановка ограничителей перенапряжений нелинейных (ОПН)</p>	<p>а) В цепях автотрансформаторов должны быть установлены ОПН без коммутационных аппаратов между ними и защищаемым оборудованием.</p> <p>б) Необходимость установки ОПН на шинах (в ячейках трансформаторов напряжения), а также на линейных присоединениях определяется сравнением расстояний по ошиновке от ОПН у силовых автотрансформаторов до самого удаленного присоединения, с наибольшим допустимым расстоянием.</p>
18	<p>Расстановка устройств высокочастотной обработки</p>	<p>а) Конденсаторы связи, высокочастотные заградители и фильтры присоединения устанавливаются для подключения высокочастотной аппаратуры РЗА, противоаварийной автоматики и связи. Количество обработанных фаз и тип подключаемой аппаратуры обособывается в проекте.</p> <p>б) Конденсаторы связи и фильтры присоединения устанавливаются в ячейке воздушной линии до высокочастотного заградителя, т.е. со стороны линии электропередачи.</p> <p>в) Высокочастотная аппаратура подключается к линиям электропередачи по схемам: фаза - земля; фаза - фаза одной или двух линий электропередачи; провод - провод расщепленной фазы (при соответствующей их изоляции); трос - земля; два троса - земля; трос - трос. Схемы подключения имеют свои достоинства и недостатки, а также технико-экономические характеристики и определяются при конкретном проектировании (схема фаза - земля получила наибольшее распространение как наиболее простая и экономичная).</p>

## 2.19 Полупортная схема

<b>Раздел I. Общие показатели</b>	
1	Наименование схемы Полупортная схема
2	Номер схемы 220-17; 330-17; 500-17; 750-17.
3	Область применения Распределительные устройства 220-750 кВ.
4	Тип подстанции Узловая.
5	Количество присоединений Шесть и более
6	Этапность развития -
<b>Раздел II. Условия обоснования и выбора</b>	
7	Основные условия применения <p><i>а)</i> Узловая подстанция с количеством присоединений шесть и более.</p> <p><i>б)</i> Нецелесообразно использовать иные схемы (трансформаторы-шины, трансформаторы-шины с полупортным присоединением линий); например, данная схема имела наибольшую эффективность на подстанции 750 кВ с тремя автотрансформаторами и тремя линиями, на которой с позиций устойчивости недопустимо одновременно терять два автотрансформатора или две линии при отказе выключателя.</p>
8	Экономические критерии применения <p><i>а)</i> Необходимо три выключателя на каждые два присоединения, поэтому схема достаточно затратная и должна требовать обоснования.</p>
9	Критерии надежности <p><i>а)</i> При отказе выключателя со стороны сборных шин теряется не более одной линии или одного (авто)трансформатора, что допустимо с позиций устойчивости.</p> <p><i>б)</i> 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 противоаварийной автоматики.</p>

		<p>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.</p> <p>Необходимость секционирования определяется на основании результатов расчетов электрических режимов с учетом технико-экономических показателей соответствующей схемы РУ.</p>
10	Эксплуатационные критерии	<p>а) Сравнительно простая и наглядная.</p> <p>б) Электромагнитные блокировки и операции с разъединителями просты и однотипны.</p> <p>в) Как следствие (пп. а и б) минимизированы отказы по вине персонала.</p>
11	Техническая гибкость	<p>а) Каждое присоединение подключается через развилку выключателей, что является дополнительным преимуществом схем в ремонтных и послеаварийных режимах.</p>
12	Критерии безопасности	<p>а) Электрооборудование, токоведущие части, изоляторы, крепления, ограждения, несущие конструкции, изоляционные и другие расстояния должны быть выбраны и установлены таким образом, чтобы:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 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;</li> <li>- 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;</li> <li>- при нарушении нормальных условий работы электроустановки была обеспечена необходимая локализация повреждений, обусловленных действием КЗ.</li> </ul> <p>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.</p>

		<p>в) Должны быть выполнены требования нормативно-технических документов по электромагнитной совместимости.</p>
<b>Раздел III. Расстановка оборудования</b>		
13	Расстановка разъединителей	<p>а) Во всех цепях распределительного устройства должна быть предусмотрена установка разъединяющих устройств с видимым разрывом, обеспечивающих возможность отсоединения всех аппаратов (выключателей, трансформаторов напряжения, трансформаторов тока и т.д.) в каждой цепи со всех ее сторон, откуда может быть подано напряжение.</p> <p>б) Данное требование (п. а) не распространяется на высокочастотные заградители и конденсаторы связи, трансформаторы напряжения, устанавливаемые на отходящих линиях, а также ограничители перенапряжений, устанавливаемых на выводах (авто)трансформаторов и на отходящих линиях.</p> <p>в) Видимый разрыв может отсутствовать в комплектных распределительных устройствах заводского исполнения (в том числе с заполнением элегазом - КРУЭ) с выкатными элементами и/или при наличии надежного механического указателя гарантированного положения контактов.</p> <p>г) На разъединителях 110 кВ и выше предусматривается привод с дистанционным управлением.</p> <p>д) С учетом пп. а и б разъединители устанавливаются:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- в цепях линий, (авто)трансформаторов и трансформаторов напряжения электромагнитного типа на системах сборных шин;</li> <li>- с обеих сторон каждого выключателя.</li> </ul> <p>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,</p>
14	Расстановка стационарных заземлителей	

		<p>расположенные со стороны возможной подачи напряжения. Поэтому на любых участках присоединений предусматривается установка двух заземлителей разных разьединителей.</p> <p><i>б)</i> Каждая секция (система) сборных шин 35 кВ и выше должна иметь два комплекта заземлителей. При наличии трансформаторов напряжения заземления сборных шин следует осуществлять заземлителями разьединителей трансформаторов напряжения.</p> <p><i>в)</i> На заземлителях предусматривается привод с дистанционным управлением.</p> <p><i>г)</i> С учетом пп. <i>а</i> и <i>б</i> стационарные заземлители устанавливаются:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- два комплекта на линейных разьединителях в полугорных цепочках и разьединителях трансформаторов напряжения, подключенных к системам сборных шин;</li> <li>- один комплект на выходных линейных разьединителях со стороны присоединений, а также на шинных разьединителях со стороны присоединений.</li> </ul>
15	Расстановка трансформаторов тока	<p><i>а)</i> Трансформаторы тока устанавливаются в каждом присоединении. Наиболее предпочтительными являются встроенные в оборудование трансформаторы тока (трансформаторы тока также необходимы в нейтралах трансформаторов 110 кВ и выше и автотрансформаторов 220 кВ и выше для подключения токовых защит нулевой последовательности).</p> <p><i>б)</i> Может предусматриваться трансформатор тока 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.</p> <p><i>б)</i> При выборе количества вторичных обмоток трансформаторов тока должны учитываться следующие положения:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- для подключения расчетного счетчика используется отдельная вторичная обмотка трансформатора тока, при этом также отдельная обмотка предусматривается для измерений, т.е. отдельно друг от друга и от цепей защит;</li> <li>- основная и резервная защиты должны питаться от разных вторичных обмоток</li> </ul>



		<p>трансформатора тока;</p> <p>- оно должно быть достаточным для присоединения к ним в общем случае основных и резервных защит двух элементов, например, воздушной линии и сборных шин.</p> <p>б) При установке трансформатора тока с меньшим количеством вторичных обмоток, чем требуется (п. б), возникает необходимость в установке второго дополнительного трансформатора тока. Он устанавливается с другой стороны выключателя.</p> <p>г) Расстановку трансформаторов тока относительно выключателей присоединений необходимо выполнять так, чтобы выключатели входили в зону дифференциальной защиты шин.</p>
16	Расстановка трансформаторов напряжения	<p>а) Трансформаторы напряжения устанавливаются на каждой системе сборных шин, которая может работать отдельно.</p> <p>б) Трансформаторы напряжения предусматриваются с тремя вторичными обмотками, одна из которых предназначена для подключения расчетных счетчиков.</p> <p>в) При выборе трансформаторов напряжения необходимо учитывать возможность возникновения феррорезонанса, рекомендуется применять антиферрорезонансные типы трансформаторов напряжения.</p> <p>г) На линиях электропередачи 330 кВ и выше для резервирования защит по цепям напряжения устанавливаются два трансформатора напряжения. Два трансформатора напряжения рекомендуются устанавливать на сборных шинах 330 кВ и выше для надежной работы релейной защиты и АИИС КУЭ.</p> <p>д) На линиях электропередачи 220 кВ предусматривается установка шкафов отбора напряжения или однофазных трансформаторов напряжения для АПВ с контролем наличия напряжения и/или синхронизма, обособленных проектом.</p>
17	Расстановка ограничителей перенапряжений нелинейных (ОПН)	<p>а) В цепях автотрансформаторов должны быть установлены ОПН без коммутационных аппаратов между ними и защищаемым оборудованием.</p> <p>б) Необходимость установки ОПН на шинах (в ячейках трансформаторов напряжения), а также на линейных присоединениях определяется сравнением расстояний по ошиновке от ОПН у силовых автотрансформаторов до самого удаленного присоединения, с</p>

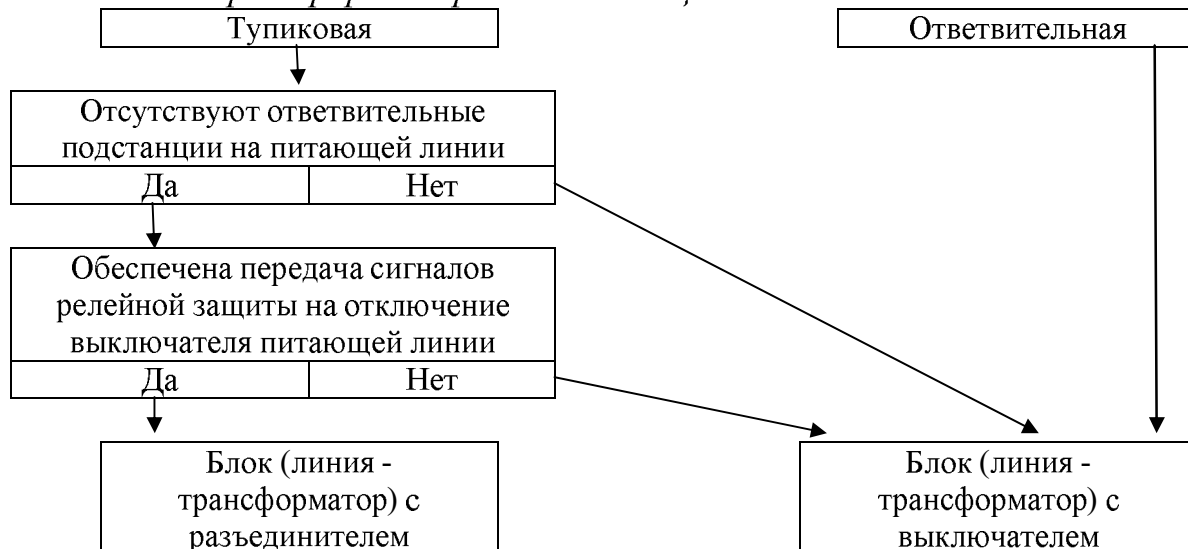
18	Расстановка устройств высокочастотной обработки	<p>наибольшим допустимым расстоянием.</p> <p>а) Конденсаторы связи, высокочастотные заградители и фильтры присоединения устанавливаются для подключения высокочастотной аппаратуры РЗА, противоаварийной автоматики и связи. Количество обработанных фаз и тип подключаемой аппаратуры обосновывается в проекте.</p> <p>б) Конденсаторы связи и фильтры присоединения устанавливаются в ячейке воздушной линии до высокочастотного заградителя, т.е. со стороны линии электропередачи.</p> <p>в) Высокочастотная аппаратура подключается к линиям электропередачи по схемам: фаза - земля; фаза - фаза одной или двух линий электропередачи; провод - провод расщепленной фазы (при соответствующей их изоляции); трос - земля; два троса - земля; трос - трос. Схемы подключения имеют свои достоинства и недостатки, а также технико-экономические характеристики и определяются при конкретном проектировании (схема фаза - земля получила наибольшее распространение как наиболее простая и экономичная).</p>
----	---	---

### 3 Регламент применения типовых схем подстанций 35 - 750 кВ и критериев их предпочтительного использования

Для каждой схемы фиксируется только для нее характерные условия применения.

3.1 Схемы, в которых число выключателей меньше или равно количеству присоединений в схеме; общее количество присоединений не превышает шести:

#### Однотрансформаторная подстанция



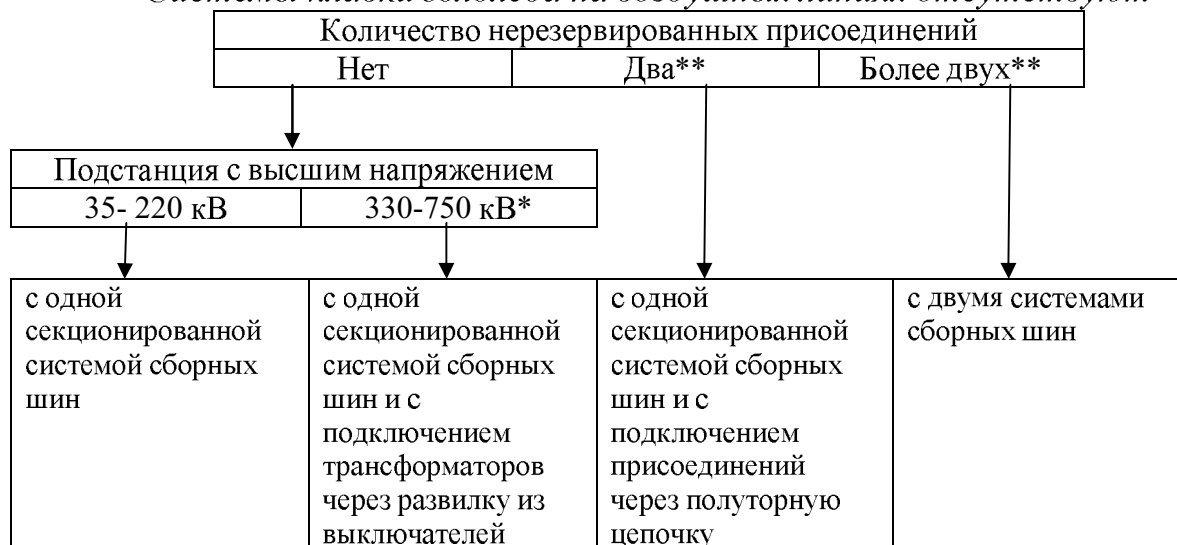
#### Двухтрансформаторная подстанция



Примечание: Способы секционирования двухцепной линии могут быть двух типов. Первый тип - использование схемы заход - выход, второй способ - схемы шестиугольника. В последнем случае параллельные линии имеют непосредственную электрическую связь, что обеспечивает более равномерное естественное потокораспределение активной мощности. Это благоприятно сказывается на потерях мощности и энергии в электрических сетях.

3.2 Схемы 35 - 220 кВ с одной - двумя системами сборных шин с количеством присоединений более шести:

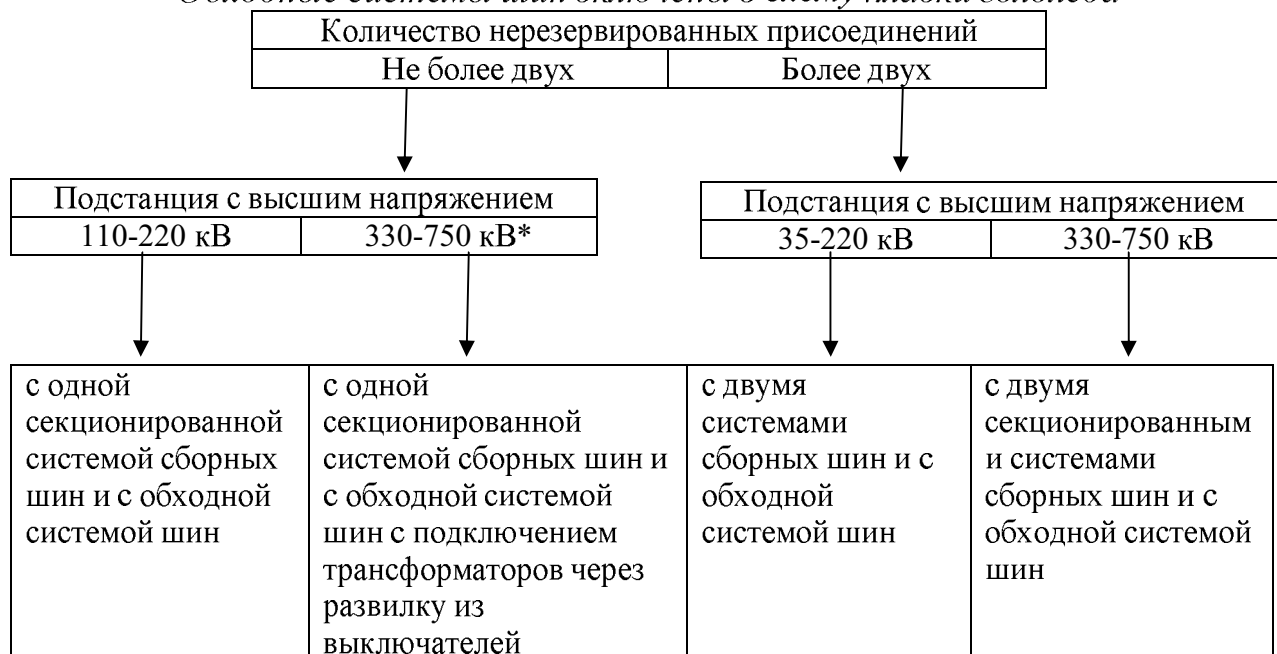
*Системы плавки гололеда на воздушных линиях отсутствуют*



\* РУ 35 - 220 кВ подстанции с высшим напряжением 330 - 750 кВ (т.е. сторона среднего напряжения).

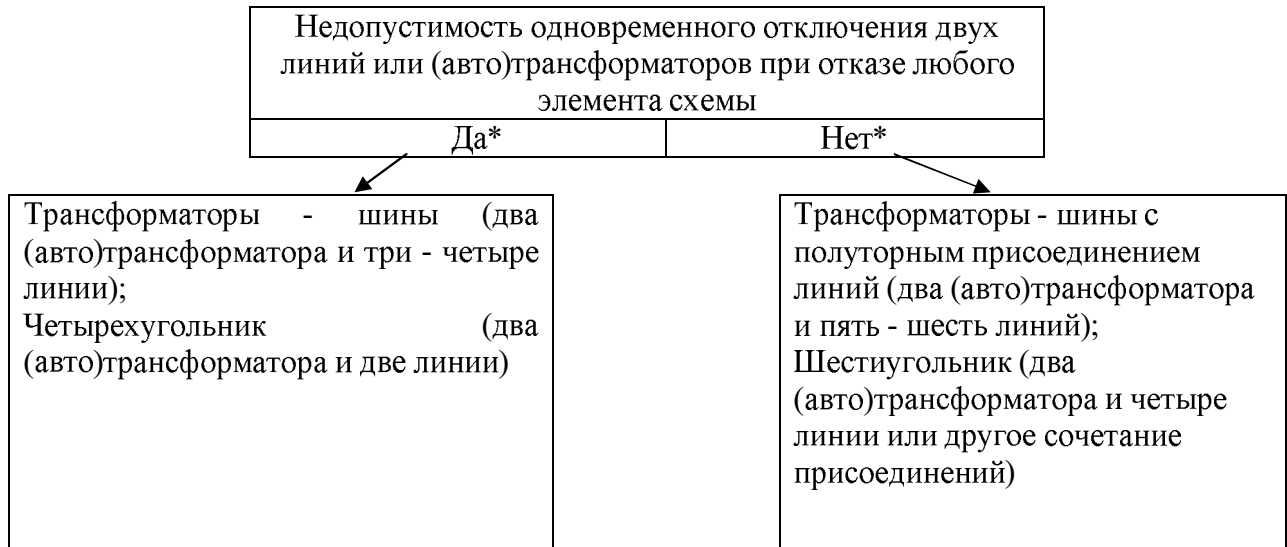
\*\* Для РУ 110 - 220 кВ.

*Обходные системы шин включены в схему плавки гололеда*



\* РУ 35 - 220 кВ подстанции с высшим напряжением 330 - 750 кВ (т.е. сторона среднего напряжения)

### 3.3 Схемы с коммутацией присоединений двумя и более выключателями:



\* При шести и более присоединениях и невозможности или нецелесообразности использования по тем или иным причинам схем трансформаторы - шины, трансформаторы - шины с полуторным присоединением линий или шестиугольник необходимо перейти к рассмотрению наиболее затратной (требующей при прочих равных условиях наибольшего количества ячеек выключателей) полуторной схемы.

## Термины и определения, обозначения и сокращения

## П.1 Стандартизированные термины

№ п/п	Термин	Источник
1.	<b>Воздушная линия электропередачи (ВЛ)</b> – устройство для передачи электроэнергии по проводам, расположенным на открытом воздухе и прикрепленным с помощью изоляторов и арматуры к опорам или кронштейнам и стойкам на инженерных сооружениях (мостах, путепроводах и т.п.)	7 П.2.1.655
2.	<b>Главная электрическая схема подстанции</b> – схема соединений основного оборудования электрической части подстанции с указанием типов и основных электрических параметров оборудования	7 П.2.1.1541
3.	<b>Двухцепная линия электропередачи</b> – линия электропередачи, имеющая два комплекта фазных или разнополярных электрических проводов, расположенных на общих опорах	7 П.2.1.657
4.	<b>Закрытая подстанция</b> – электрическая подстанция, оборудование которой расположено в здании	7 П.2.1.1034
5.	<b>Закрытое распределительное устройство (ЗРУ)</b> – электрическое распределительное устройство, оборудование которого расположено в помещении	7 П.2.1.1718
6.	<b>Замкнутая электрическая сеть</b> – электрическая сеть, каждая линия электропередачи которой входит хотя бы в один замкнутый контур	7 П.2.1.1411
7.	<b>Кабельная линия электропередачи (КЛ)</b> – линия для передачи электроэнергии, состоящая из одного или нескольких, соединенных между собой без коммутационных аппаратов параллельных кабелей с соединительными, стопорными и концевыми муфтами (заделками) и крепежными деталями	7 П.2.1.658
8.	<b>Комплектное распределительное устройство (КРУ)</b> – распределительное устройство, состоящее из шкафов или блоков со встроенным в них аппаратами, устройствами измерения, защиты и автоматики и соединительных элементов, поставляемых в собранном или полностью подготовленном для сборки виде. Примечание: Комплектное распределительное устройство может выполняться, например, как комплектное распределительное устройство для наружной установки (КРУН); как комплектное распределительное устройство с элегазовой изоляцией (КРУЭ) и проч.	7 П.2.1.1715
9.	<b>Комплектная трансформаторная подстанция (КТП)</b> – подстанция, состоящая из шкафов или блоков со встроенным в них трансформатором и другим оборудованием распределительного устройства, поставляемая в собранном или подготовленном для сборки виде	1
10.	<b>Линия электропередачи (ЛЭП)</b> – электроустановка, состоящая из проводов, кабелей, изолирующих элементов и несущих конструкций, предназначенная для передачи электрической энергии между двумя	1

	пунктами энергосистемы с возможным промежуточным отбором по ГОСТ 19431–84	
11.	<b>Магистральная линия электропередачи</b> – линия электропередачи, от которой отходит несколько ответвлений	1
12.	<b>Межсистемная связь [энергосистем]</b> – одна или несколько линий электропередачи, непосредственно соединяющие разные энергосистемы по ГОСТ 21027–75	1
13.	<b>Нормальная схема электрических соединений подстанции</b> – схема электрических соединений подстанции, на которой все коммутационные аппараты и заземляющие ножи изображаются в положении, соответствующем их нормальному коммутационному состоянию	8
14.	<b>Одноцепная линия электропередачи</b> – линия электропередачи, имеющая один комплект фазных или разнополярных электрических проводов	7 П.2.1.662
15.	<b>Обходная система [сборных] шин</b> – система сборных шин, предназначенная для переключения на нее присоединений на время ремонта их коммутационного или другого оборудования	7 П.2.1.1452
16.	<b>Опорная подстанция</b> – электрическая подстанция, с которой дистанционно управляются другие подстанции электрической сети и контролируется их работа	1
17.	<b>Ответвление [от линии электропередачи]</b> – линия электропередачи, присоединенная одним концом к другой линии электропередачи в промежуточной точке	7 П.2.1.956
18.	<b>Открытая подстанция</b> – электрическая подстанция, оборудование которой расположено на открытом воздухе	7 П.2.1.1037
19.	<b>Открытое распределительное устройство (ОРУ)</b> – электрическое распределительное устройство, оборудование которого расположено на открытом воздухе	7 П.2.1.1716
20.	<b>Переключательный пункт линии электропередачи</b> – электрическое устройство, служащее для изменения схемы подключения линии электропередачи	7 П.2.1.993
21.	<b>[Электрическая] Подстанция (ПС)</b> – электроустановка, предназначенная для приема, преобразования и распределения электрической энергии, состоящая из трансформаторов или других преобразователей электрической энергии, устройств управления, распределительных и вспомогательных устройств по ГОСТ 19431–84	1
22.	<b>Принципиальная электрическая схема подстанции</b> – схема, отображающая состав оборудования и его связи, дающая представление о принципе работы электрической части подстанции	7 П.2.1.1543
23.	<b>Присоединение</b> – электрическая цепь (оборудование и шины) одного назначения, наименования и напряжения, присоединенная к шинам распределительного устройства, генератора, щита, сборки и находящаяся в пределах электростанции, подстанции и т.п. Примечание: Электрические цепи разного напряжения одного силового трансформатора (независимо от числа обмоток), одного двухскоростного электродвигателя считаются одним присоединением. В схемах многоугольников, полуторных и т.п. схемах к присоединению линии, трансформатора относятся все коммутационные аппараты и шины, посредством которых эта линия или трансформатор присоединены к распределительному устройству	7 П.2.1.1097

24.	<b>Радиальная линия электропередачи</b> – линия электропередачи, в которую электрическая энергия поступает только с одной стороны	7 П.2.1.663
25.	<b>Радиальная электрическая сеть</b> – электрическая сеть, состоящая из радиальных линий, передающих электрическую энергию от одного источника питания	7 П.2.1.1412
26.	<b>Распределительная электрическая сеть</b> – электрическая сеть, обеспечивающая распределение электрической энергии между пунктами потребления	7 П.2.1.1413
27.	<b>[Электрическое] Распределительное устройство (РУ)</b> – электроустановка, предназначенная для приема и распределения электрической энергии на одном напряжении и содержащая коммутационные аппараты и соединяющие их сборные шины (секции шин), устройства управления и защиты (к устройствам управления относятся аппараты и связывающие их элементы, обеспечивающие контроль, измерение, сигнализацию и выполнение команд)	1
28.	<b>Секционированная система [сборных] шин</b> – система сборных шин, состоящая из нескольких секций	7 П.2.1.1454
29.	<b>Секция [системы сборных] шин</b> – часть системы сборных шин, отделенная от другой ее части коммутационным аппаратом	7 П.2.1.1403
30.	<b>Система [сборных] шин (СШ)</b> – комплект элементов, связывающих присоединения электрического распределительного устройства	7 П.2.1.1450
31.	<b>Системообразующая электрическая сеть</b> – электрическая сеть высших классов напряжения, обеспечивающая надежность и устойчивость энергосистемы как единого объекта	1
32.	<b>Собственные нужды подстанции (СН)</b> – совокупность вспомогательных устройств и относящейся к ним электрической части, обеспечивающая работу подстанции	7 П.2.1.1465
33.	<b>Схема электрических соединений</b> – отображение взаимосвязи элементов электроустановки (графическое изображение электроустановки с помощью условных символов в соответствии с действительным составом электрооборудования и порядком электрических соединений)	7 П.2.1.1532
34.	<b>Трансформаторная подстанция (ТП)</b> – электроустановка, предназначенная для приема, преобразования и распределения энергии и состоящая из трансформаторов, распределительных устройств, устройств управления, технологических и вспомогательных сооружений	7 П.2.1.1043
35.	<b>Тупиковая подстанция</b> – одиночная подстанция, питаемая по одной линии или ответвлением от основной линии	7 П.2.1.1044
36.	<b>Электропередача</b> – совокупность линий электропередачи и подстанций, предназначенная для передачи электрической энергии из одного района энергосистемы в другой	7 П.2.1.1857
37.	<b>Электрическая сеть</b> – совокупность электроустановок для передачи и распределения электрической энергии, состоящая из подстанций, распределительных устройств, токопроводов, воздушных и кабельных линий электропередачи, работающих на определенной территории	7 П.2.1.1410
38.	<b>Электрооборудование</b> – совокупность электрических устройств, объединенных общими признаками Примечание. Признаками объединения в зависимости от задач могут быть: назначения, например, технологическое; условия применения, например, в тропиках; принадлежность объекту, например, станку	7 П.2.1.1853



39.	<b>Электроустановка</b> – совокупность машин, аппаратов и линий и вспомогательного оборудования (вместе с сооружениями и помещениями, в которых они установлены), предназначенных для производства, трансформации, передачи, распределения электрической энергии и преобразования ее в другие виды	7 П.2.1.1883
40.	<b>Электроэнергетическая система</b> – электрическая часть энергосистемы и питающиеся от нее приемники электроэнергии, объединенные общностью процесса производства, передачи, распределения и потребления электрической энергии	7 П.2.1.1885
41.	<b>Энергетическая система (энергосистема)</b> – совокупность электростанций, электрических и тепловых сетей, соединенных между собой и связанных общностью режима в непрерывном процессе производства, преобразования, передачи и распределения электрической энергии и тепловой энергии при общем управлении этим режимом	7 П.2.1.1897
42.	<b>Энергоустановка</b> – комплекс взаимосвязанного оборудования и сооружений, предназначенный для производства, преобразования, передачи, накопления, распределения или потребления энергии	7 П.2.1.1911
43.	<b>Ячейка распределительного устройства электрическая</b> – часть электрической подстанции (распределительного устройства), содержащая всю или часть коммутационной и/или иной аппаратуры одного присоединения	7 П.2.1.1911

**Примечание:**

1. Источники – 1. ГОСТ 24291–90. Электрическая часть электростанции и электрической сети. Термины и определения. 2. ГОСТ 19431–84. Энергетика и электрификация. Термины и определения. 3. ГОСТ 21027–75. Системы энергетические. Термины и определения. 4. ГОСТ 2.701–84. Единая система конструкторской документации. Схемы. Виды и типы. 5. Межотраслевые правила по охране труда (правила безопасности) при эксплуатации электроустановок. РД 153–34.0–03.150–00. М.: Изд-во ЭНАС, 2001. 6. Правила технической эксплуатации электроустановок потребителей. М.: Изд-во ЭНАС, 2003. 7. Стандарт организации ОАО РАО «ЕЭС России». СТО 17330282.27.010.001-2008 «Электроэнергетика. Термины и определения». 8. Положение о порядке оформления и согласования нормальных схем электрических соединений подстанций ОАО «ФСК ЕЭС», 2008 г.

2. Заключенная в квадратные скобки часть термина может быть опущена в документах по стандартизации

## П.2 Нестандартизированные термины

№№ п/п	Термин
1	<b>Ответвительная подстанция</b> – подстанция, присоединяемая к одной или двум проходящим воздушным линиям на ответвлениях
2	<b>Промежуточная подстанция</b> – ответвительная или проходная подстанция
3	<b>Проходная подстанция</b> – подстанция, присоединяемая путем захода одной линии электропередачи с двусторонним питанием
4	<b>Транзитная подстанция</b> – проходная или узловая подстанция, через которые осуществляются перетоки электроэнергии между отдельными точками электрической сети
5	<b>Узловая подстанция</b> – подстанция, имеющая не менее трех питающих линий рассматриваемого напряжения

### П.3 Наименование схем распределительных устройств

№№ п/п	Наименование схемы
1	<b>Блочные схемы:</b>
1.1	Блок (линия – трансформатор) с разъединителем
1.2	Блок (линия – трансформатор) с выключателем
1.3	Два блока с выключателями и неавтоматической перемычкой со стороны линий
2	<b>Схемы мостиков:</b>
2.1	Мостик с выключателями в цепях линий и ремонтной перемычкой со стороны линий
2.2	Мостик с выключателями в цепях трансформаторов и ремонтной перемычкой со стороны трансформаторов
3	<b>Схемы с коммутацией присоединений одним выключателем:</b>
3.1	С одной секционированной системой сборных шин
3.2	С одной секционированной системой сборных шин и с обходной системой шин
3.3	С двумя системами сборных шин
3.4	С двумя системами сборных шин и с обходной системой шин
3.5	С двумя секционированными системами сборных шин и с обходной системой шин
4	<b>Схемы с коммутацией присоединений двумя и более выключателями:</b>
4.1	Треугольник
4.2	Четырехугольник
4.3	Шестиугольник
4.4	Заход–выход
4.5	Трансформаторы–шины с присоединением линий через два выключателя
4.6	Трансформаторы–шины с полуторным присоединением линий
4.7	Полуторная или 3/2

#### П.4 Перечень сокращений:

АИИС КУЭ – автоматизированная измерительно-информационная система коммерческого учета электроэнергии;

АПВ – автоматическое повторное включение;

ВЛ – воздушная линия электропередачи;

КЗ – короткое замыкание;

КРУЭ – комплектное распределительное устройство с элегазовой изоляцией;

ОПН – ограничитель перенапряжений нелинейный;

ОРУ – открытое распределительное устройство;

РЗА – релейная защита и автоматика;

РУ – распределительное устройство;

УРОВ – устройство резервирования при отказе выключателя.