

Г. Н. Ополева

# **СХЕМЫ И ПОДСТАНЦИИ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ**

## **СПРАВОЧНИК**

*Рекомендовано Сибирским региональным отделением учебно-методического объединения по образованию в области энергетики и электротехники для межвузовского использования в качестве учебного пособия для студентов, обучающихся по направлению подготовки 650900 (140200) «Электроэнергетика» и специальностям 100100 (140204) «Электрические станции», 100200 (140205) «Электроэнергетические системы и сети» и 100400 (140211) «Электроснабжение»*

Москва  
ФОРУМ — ИНФРА-М  
2006

УДК 621.311  
ББК 31.277  
О60

*Рецензенты:*

кафедра электроснабжения и электротехники Иркутского государственного  
технического университета. Зав. кафедрой д. т. н., проф.,  
чл.-корр. РАН *Н. И. Воронин*;  
кафедра электроснабжения с. х. Иркутской государственной  
сельскохозяйственной академии. Зав. кафедрой д. т. н., проф. *И. В. Наумов*;  
к. т. н., доцент Московского энергетического института  
(Технический университет) *А. А. Гремяков*;  
исполнительный директор ОАО «Востоксибсельэнергопроект» *Б. И. Римлянд*;  
начальник технического отдела ОАО «Востоксибсельэнергопроект» *Д. Я. Яценко*

Составители: Кротов С. К.,  
Коваленко П. М.,  
Ловцов С. В.

**Ополева Г. Н.**

О60 Схемы и подстанции электроснабжения: Справочник: Учеб. пособие. — М.:  
ФОРУМ: ИНФРА-М, 2006. — 480 с. — (Высшее образование).

ISBN 5-8199-0254-8 (ФОРУМ)

ISBN 5-16-002581-2 (ИНФРА-М)

Рассматриваются вопросы построения схем электроснабжения, проектирования распределительных и трансформаторных подстанций, передачи электрической энергии. Справочник содержит нормативно-технические материалы, необходимые для проектирования систем электроснабжения промышленных предприятий и городов. Приведены описания и технические данные комплектных трансформаторных подстанций напряжением 10(6)—220 кВ, комплектных распределительных устройств напряжением 10(6)—220 кВ, низковольтных комплектных устройств распределения, самонесущих изолированных проводов, кабелей с СПЭ-изоляциями.

Для студентов электроэнергетических специальностей высших учебных заведений. Может быть полезна инженерно-техническим работникам, занимающимся проектированием и эксплуатацией систем электроснабжения.

УДК 621.311  
ББК 31.277

ISBN 5-8199-0254-8 (ФОРУМ)  
ISBN 5-16-002581-2 (ИНФРА-М)

© Г. Н. Ополева, 2006  
© ИД «ФОРУМ», 2006

## Предисловие

---

В справочнике рассматриваются вопросы проектирования систем электроснабжения промышленных предприятий и городов, трансформаторных подстанций и распределительных устройств различных напряжений, низковольтных устройств распределения электроэнергии, проблемы канализации электрической энергии, даны рекомендации по выбору схем электроснабжения. Кроме того, приведены технические данные комплектных трансформаторных подстанций, комплектных распределительных устройств, в том числе с элегазовой изоляцией, низковольтных устройств распределения электроэнергии, проводов с самонесущими изолированными проводами, кабелей с СПЭ-изоляцией и другая техническая информация, необходимая при проектировании системы электроснабжения.

Разработанные новые материалы и технологии производства позволили создать более совершенные электротехнические устройства, которые по своим характеристикам значительно превосходят ранее созданные, значительно повышают надежность и качество электроустановок, позволяют совершенствовать компоновки распределительных устройств и подстанций, сокращать занимаемую ими площадь, обеспечивают удобство эксплуатации, увеличивают продолжительность межремонтного периода.

За последние годы были освоены и внедрены в производство:

- комплектные распределительные устройства с элегазовой изоляцией напряжением 110 кВ и выше;
- комплектные распределительные устройства выкатного исполнения напряжением 35 кВ;
- комплектные распределительные устройства напряжением 6—20 кВ принципиально новых модульных конструкций (КРУ/TEL, КСО «Аврора» и др.);
- моноблоки с элегазовой изоляцией напряжением 6—20 кВ;
- «реклоузеры» напряжением 6—10 кВ;
- комплектные трансформаторные подстанции модульного типа напряжением до 35 кВ включительно;
- комплектные трансформаторные подстанции в бетонной оболочке напряжением 10(6) кВ;
- кабели с изоляцией из сшитого полиэтилена напряжением до 500 кВ;

- воздушные линии электропередачи напряжением до 1 кВ с самонесущими изолированными проводами;
- линии с изолированными проводами напряжением 6—10 кВ

Сегодня в распределительных устройствах всех напряжений применяются более совершенные вакуумные и элегазовые выключатели, измерительные трансформаторы тока и напряжения новых конструкций на основе литой, полимерной и элегазовой изоляции, современные антиферрорезонансные трансформаторы напряжения, ограничители перенапряжений в фарфоровых и полимерных покрышках. Все это отражено в данном справочнике.

# 1. СХЕМЫ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ ПРОМЫШЛЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ

---

## 1.1. Основные термины и определения

Термины и определения в основном даны в соответствии с Правилами устройства электроустановок [1, 2, 3] в табл. 1.1.1.

Таблица 1.1.1. Термины и определения

Термин	Определение
1. Электроустановка	Совокупность машин, аппаратов, линий и вспомогательного оборудования (вместе с сооружениями и помещениями, в которых они установлены), предназначенных для производства, преобразования, трансформации, передачи, распределения электрической энергии и преобразования ее в другой вид энергии
2. Открытая или наружная электроустановка	Электроустановка, не защищенная зданием от атмосферных воздействий
3. Закрытая или внутренняя электроустановка	Электроустановка, размещенная внутри здания, защищающего от атмосферных воздействий
4. Электроснабжение	Обеспечение потребителей электрической энергией
5. Система электроснабжения	Совокупность электроустановок, предназначенная для обеспечения потребителей электрической энергией
6. Централизованное электроснабжение	Электроснабжение потребителей от энергосистемы
7. Электрическая сеть	Совокупность электроустановок для передачи и распределения электрической энергии, состоящая из подстанций, распределительных устройств, токопроводов, воздушных и кабельных линий электропередачи, работающих на определенной территории
8. Приемник электрической энергии (электроприемник)	Аппарат, агрегат, механизм, предназначенный для преобразования электрической энергии в другой вид энергии
9. Потребитель электрической энергии	Электроприемник или группа электроприемников, объединенных технологическим процессом и размещенных на определенной территории

Продолжение табл. 1.1.1

Термин	Определение
10. Независимый источник питания электроприемника или группы электроприемников	<p>Источник питания, на котором сохраняется напряжение в послеаварийном режиме в регламентированных пределах при исчезновении его на другом или других источниках питания.</p> <p>К числу независимых источников питания относятся две секции или системы шин одной или двух электростанций и подстанций при одновременном соблюдении следующих двух условий:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• каждая из секций или систем шин, в свою очередь, имеет питание от независимого источника питания;</li> <li>• секции (системы) шин не связаны между собой или имеют связь, автоматически отключающуюся при нарушении нормальной работы одной из секции (систем) шин</li> </ul>
11. Подстанция	<p>Электроустройство, служащее для распределения и преобразования электрической энергии, состоящее из трансформаторов или других преобразователей энергии, распределительных устройств, устройств управления и вспомогательных сооружений. Подстанции называются трансформаторными, преобразовательными, распределительными в зависимости от преобладания той или иной функции</p>
12. Распределительное устройство (РУ)	<p>Устройство, предназначенное для приема и распределения электроэнергии и содержащее коммутационные аппараты, сборные и соединительные шины, вспомогательные устройства (компрессорные, аккумуляторные и др.), а также устройства защиты, автоматики и измерительные приборы, входящие в состав трансформаторной или преобразовательной подстанции</p>
13. Открытое распределительное устройство (ОРУ)	<p>РУ, все или основное оборудование которого расположено на открытом воздухе</p>
14. Закрытое распределительное устройство (ЗРУ)	<p>РУ, оборудование которого расположено в здании</p>
15. Комплектное распределительное устройство (КРУ)	<p>РУ, состоящее из полностью или частично закрытых шкафов или блоков со встроенными в них аппаратами, устройствами защиты и автоматики, поставляемое в собранном или полностью подготовленном для сборки виде</p>
16. Распределительный пункт (РП)	<p>РУ, предназначенное для приема и распределения электроэнергии на одном напряжении без преобразования и трансформации, не входящее в состав подстанции</p>
17. Комплектная трансформаторная подстанция (КТП)	<p>Подстанция, состоящая из трансформаторов и блоков (КРУ и других элементов), поставляемых в собранном или полностью подготовленном для сборки виде. Комплектные трансформаторные подстанции или части их, устанавливаемые в закрытом помещении, относятся к внутренним установкам. КТП, устанавливаемые на открытом воздухе, относятся к наружным установкам</p>
18. Узловая распределительная подстанция (УРП)	<p>Центральная подстанция предприятия напряжением 110—220 кВ, получающая электроэнергию от энергосистемы и распределяющая ее на том же напряжении по главным понизительным подстанциям (ГПП) или подстанциям глубокого ввода (ПГВ) по территории предприятия</p>
19. Главная понизительная подстанция (ГПП)	<p>Трансформаторная подстанция, получающая электроэнергию от энергосистемы на напряжениях 35 кВ и выше и распределяющая ее по территории предприятия</p>

Продолжение табл. 1.1.1

Термин	Определение
20. Подстанция глубокого ввода (ПГВ)	Подстанция с первичным напряжением 35 кВ и выше, выполняемая по упрощенным схемам первичной коммутации, получающая питание от энергосистемы или узловой распределительной подстанции данного предприятия и предназначенная для питания отдельного цеха, корпуса, группы цехов предприятия
21. Центральная распределительная подстанция (ЦРП)	Подстанция предприятия, получающая электроэнергию от энергосистемы на напряжении 10(6) кВ и распределяющая ее на том же напряжении по территории предприятия
22. Пристроенная подстанция (пристроенное РУ)	Подстанция (РУ), непосредственно примыкающая (примыкающее) к основному зданию
23. Встроенная подстанция (встроенное РУ)	Закрытая подстанция (закрытое РУ), вписанная (вписанное) в контур основного здания
24. Внутрицеховая подстанция	Подстанция, расположенная внутри производственного здания (открыто или в отдельном закрытом помещении)
25. Столбовая (мачтовая) трансформаторная подстанция	Открытая трансформаторная подстанция, все оборудование которой установлено на конструкциях или опорах воздушных линий на высоте, не требующей ограждения подстанции
26. Токопровод	Устройство, предназначенное для передачи и распределения электроэнергии, состоящее из неизолированных и изолированных проводников и относящихся к ним изоляторов, защитных оболочек, ответвительных устройств, поддерживающих и опорных конструкций
27. Шинопровод	Жесткий токопровод до 1 кВ, поставляемый комплектами секциями
28. Кабельная линия	Линия для передачи электроэнергии или отдельных ее импульсов, состоящая из одного или нескольких параллельных кабелей с соединительными, стопорными муфтами (заделками) и крепежными деталями, а для маслонаполненных линий, кроме того, с подпитывающими аппаратами и системой сигнализации давления масла
29. Кабельная маслонаполненная линия низкого или высокого давления	Линия, в которой длительно допустимое избыточное давление составляет: <ul style="list-style-type: none"> <li>• 0,0245—0,294 МПа — для кабелей низкого давления в свинцовой оболочке;</li> <li>• 0,0245—0,49 МПа — для кабелей низкого давления в алюминиевой оболочке;</li> <li>• 1,08—1,57 МПа — для кабелей высокого давления</li> </ul>
30. Кабельное сооружение	Сооружение, специально предназначенное для размещения в нем кабелей, кабельных муфт, а также маслоподпитывающих аппаратов и другого оборудования, предназначенного для обеспечения нормальной работы маслонаполненных кабельных линий. К кабельным сооружениям относятся: кабельные тоннели, каналы, короба, блоки, шахты, этажи, двойные полы, кабельные эстакады, галереи, камеры, подпитывающие пункты и т. д.
31. Воздушная линия	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.)

Термин	Определение
32. Электропроводка	Совокупность проводов и кабелей с относящимися к ним креплениями, поддерживающими защитными конструкциями и деталями
33. Низковольтное комплектное устройство (НКУ)	Совокупность конструкций, аппаратов и приборов, предназначенных для приема, распределения электрической энергии (НКУ распределения электроэнергии). Может осуществлять функцию управления электроприемниками (НКУ распределения и управления, НКУ управления)
34. Вводное устройство (ВУ)	Совокупность конструкций, аппаратов и приборов, устанавливаемых на вводе питающей линии в здание или его обособленную часть. Вводное устройство, включающее в себя также аппараты и приборы отходящих линий, называется вводно-распределительным (ВРУ)
35. Главный распределительный щит (ГРЩ)	Распределительный щит, через который снабжается электроэнергией всё здание или его обособленная часть. Роль ГРЩ может выполнять ВРУ или щит низкого напряжения подстанции
36. Распределительный шкаф (пункт)	Устройство напряжением до 1 кВ, в котором установлены аппараты защиты и коммутационные аппараты (или только аппараты защиты) для отдельных электроприемников или их групп (электродвигателей, групповых щитков)
37. Групповой щиток	Устройство, в котором установлены аппараты защиты и коммутационные аппараты (или только коммутационные аппараты) для отдельных групп светильников, штепсельных розеток и стационарных электроприемников

## 1.2. Общие требования к системам электроснабжения

Системы электроснабжения промышленных предприятий должны обеспечивать следующее:

- экономичность,
- надежность электроснабжения;
- безопасность и удобство эксплуатации;
- качество электрической энергии;
- гибкость системы (возможность дальнейшего развития),
- максимальное приближение источников питания к электроустановкам потребителей.

Выбор системы электроснабжения промышленного предприятия должен осуществляться на основе технико-экономического сравнения нескольких вариантов.

При создании системы электроснабжения необходимо учитывать категорию приемников электроэнергии. При определении категории следует руководствоваться требованиями ПУЭ [3]. При этом надо избегать необоснованного отнесения электроприемников к более высокой



категории. Электроприемники и отделения цехов разной категории рассматриваются как объекты с разными условиями резервирования.

Надежность электроснабжения потребителя обеспечивается требуемой степенью резервирования. Электроприемники первой и второй категорий должны иметь резервные источники питания. Резервирование необходимо для продолжения работы основного производства в послеаварийном режиме. Питание электроприемников третьей категории не требует резервирования.

В соответствии с ПУЭ для электроприемников первой категории должны предусматриваться два независимых взаимно резервируемых источника питания

В ряде электроприемников первой категории необходимо выявлять наиболее ответственные (особая группа приемников). Для них предусматривается третий независимый источник питания. В качестве третьего источника питания для особой группы и в качестве второго независимого источника питания для остальных электроприемников первой категории могут быть использованы собственные электростанции или электростанции энергосистемы (в частности, шины генераторного напряжения), агрегаты бесперебойного питания, аккумуляторные батареи и т. п. Назначение третьего независимого источника питания — обеспечение безаварийного останова производства. Завышение мощности третьего источника в целях использования его для продолжения работы производства при отключении двух основных независимых источников питания может быть допущено только при выполнении в проекте технико-экономического обоснования.

Схема электроснабжения электроприемников особой группы первой категории должна обеспечивать:

- постоянную готовность третьего независимого источника к включению и автоматическое его включение при исчезновении напряжения на обоих основных источниках питания;
- перевод независимого источника питания в режим горячего резерва при выходе из строя одного из двух основных источников питания (в обоснованных случаях может быть допущено ручное включение третьего независимого источника питания).

Электроприемники второй категории рекомендуется обеспечивать электроэнергией от двух независимых взаимно резервируемых источников питания. Ко второй категории следует относить только такое технологическое оборудование, без которого невозможно продолжение работы основного производства на время послеаварийного режима

Для правильного решения вопросов надежности необходимо различать аварийный и послеаварийный режимы работы. Систему электроснабжения следует строить таким образом, чтобы она в послеаварийном режиме обеспечивала функционирование основных производств предприятия после необходимых переключений. Мощности независимых источников питания в послеаварийном режиме определяются по

степени резервирования системы. При этом используются все дополнительные источники и возможности резервирования.

Схема электроснабжения должна обеспечивать необходимое качество электрической энергии в соответствии с ГОСТ 13109—97 «Нормы качества электрической энергии в системах электроснабжения общего назначения». На промышленных предприятиях могут быть установлены электроприемники с резкопеременными графиками нагрузок (приводы прокатных станов, дуговые электрические печи), однофазные электроприемники (электротермические и сварочные установки, освещение), электроприемники, нарушающие синусоидальность токов и напряжений (преобразователи всех типов, дуговые электрические печи и т. п.). Это приводит к возникновению колебаний напряжения, к нарушению симметрии токов и напряжений, к появлению высших гармонических составляющих токов и напряжений. Снижение качества электрической энергии приводит к дополнительным потерям энергии, уменьшает пропускную способность электрических сетей, приводит к сокращению срока службы электрооборудования, электрических машин, конденсаторных установок и т. д.

Качество электрической энергии может быть достигнуто:

- применением повышенных напряжений в питающих и распределительных сетях и приближением источников питания к электроприемникам (для электроприемников с резкопеременной нагрузкой);
- уменьшением реактивного сопротивления элементов схемы от источников питания до электроприемников с резкопеременной нагрузкой;
- включением на параллельную работу вторичных обмоток трансформаторов, питающих резкопеременную нагрузку;
- применением глубоких вводов напряжением 35 кВ и выше для питания крупных дуговых электропечей, главных электроприводов прокатных станов, преобразовательных установок большой мощности и т. д. или питания таких электроприемников от отдельных линий непосредственно от энергосистемы, ГПП или ПГВ;
- применением симметрирующих устройств, фильтров высших гармоник, быстродействующих синхронных компенсаторов для выравнивания графиков электрических нагрузок и осуществлением других мероприятий, уменьшающих вредное воздействие электроприемников на системы электроснабжения.

Трансформаторные и распределительные подстанции следует максимально приближать к электроустановкам потребителей электроэнергии, сокращая число ступеней трансформации путем внедрения глубоких вводов, повышенных напряжений питающих и распределительных сетей, дальнейшего развития принципа разукрупнения подстанций, внедрения магистральных токопроводов.

### 1.3. Источники питания и пункты приема электрической энергии

Основными источниками питания большинства предприятий являются электростанции (в том числе шины генераторного напряжения), собственные ТЭЦ и районные подстанции энергосистем. Выбор независимых источников питания осуществляет энергоснабжающая организация, которая в технических условиях на присоединение указывает их характеристики.

С начала 90-х годов в энергосистемах наметилась тенденция питания потребителей с шин районных подстанций на напряжениях 110—220 кВ. Это диктуется стремлением гальванически развязать сети генераторов и потребителей для исключения влияния различного рода повреждений в сети потребителя на работу генераторов. На многих строящихся электростанциях вообще не предусматриваются распределительные устройства 6, 10 и 35 кВ, предназначенные для потребителей электроэнергии, вся мощность передается на напряжениях 110 и 220 кВ к ближайшим районным подстанциям. Строительство собственных ТЭЦ на предприятиях также считается невыгодным. Такие решения экономически оправданы для энергокомпаний, но могут существенно снизить надежность электроснабжения потребителей [4].

В соответствии с нормативными требованиями, определенными в ПУЭ [3], питание потребителей первой категории допускается производить от двух секций или систем шин одной районной подстанции. В настоящее время это широко используется при проектировании многих промышленных предприятий, но является недостаточно надежным. Разработчику проекта электроснабжения следует обратить особое внимание на следующие факторы, определяющие бесперебойность питания электроприемников при аварийном отключении одного из независимых источников питания [5]:

- установившееся значение напряжения на оставшемся источнике питания в послеаварийном режиме должно быть не менее 0,9 номинального напряжения;
- при аварийном отключении одного из источников питания и действия релейной защиты и автоматики на оставшемся источнике питания может иметь место кратковременное снижение напряжения. Если значение провала напряжения и его продолжительность таковы, что вызывают отключение электроприемников на оставшемся источнике питания, то эти источники питания не могут считаться независимыми. Значение оставшегося напряжения на резервирующем источнике питания должно быть не менее 0,7 номинального напряжения.

Для повышения надежности электроснабжения предприятий с потребителями первой категории большой мощности необходимо предусматривать два территориально независимых источника питания.

Число независимых источников питания, обеспечивающих электроснабжение предприятия с электроприемниками первой и второй категорий, может быть больше двух (при обосновании), например, при протяженных линиях электропередачи, прокладываемых в неблагоприятных условиях, при недостаточной надежности одного из независимых источников питания и т. д.

Сооружение собственных электростанций (ТЭЦ, ТЭС) целесообразно при следующих обстоятельствах:

- при значительной потребности предприятия в паре и горячей воде;
- при наличии на предприятии отходного топлива (газа и т. п.) и возможности его использования для электростанции;
- при значительной удаленности или недостаточной мощности энергосистемы;
- при наличии особых групп электроприемников с повышенными требованиями к бесперебойности питания, когда собственный источник питания необходим для резервирования электроснабжения.

Мощность собственного источника питания зависит от его назначения и может колебаться в очень широких пределах. Размещение собственной электростанции определяется общей схемой электроснабжения и теплоснабжения предприятия. Неудачное ее расположение может привести к удлинению и удорожанию электрических и тепловых сетей.

Электростанция, используемая в качестве собственного источника питания, должна быть электрически связана с ближайшими электрическими сетями энергосистемы. Связь может осуществляться либо непосредственно на генераторном напряжении, либо на повышенном напряжении через трансформаторы связи.

От источника питания электроэнергия поступает на **пункт приема электроэнергии** — электроустановку, служащую для приема электроэнергии от источника питания и распределяющую (или преобразующую и распределяющую) ее между отдельными цехами и потребителями электроэнергии. Число пунктов приема и их вид зависят от мощности предприятия, территориального расположения нагрузок, требований надежности электроснабжения, очередности строительства предприятия и других факторов.

На промышленных предприятиях пунктами приема электроэнергии могут быть:

- узловые распределительные подстанции напряжением 110 кВ и выше, предназначенные для распределения электроэнергии на крупных предприятиях между подстанциями глубокого ввода;
- главные понизительные подстанции напряжением 35 кВ и выше (одна или несколько);
- подстанции глубокого ввода 35 кВ и выше в случаях, когда их питание осуществляется от подстанций энергосистемы;
- центральные распределительные подстанции или распределительные подстанции при одинаковом напряжении питающей и распределительной сетей предприятия;

- трансформаторные подстанции (ТП) напряжением 6—20 кВ на предприятиях с небольшой электрической нагрузкой.

Условно все предприятия в зависимости от суммарной установленной мощности электроприемников можно разделить на три группы [6]:

- крупные — установленная мощность более 75 МВт;
- средние — установленная мощность от 5 до 75 МВт;
- малые — установленная мощность до 5 МВт.

Для крупных энергоемких предприятий с электрической нагрузкой порядка 100—150 МВт и выше в качестве пунктов приема электроэнергии могут быть использованы узловые распределительные подстанции напряжением 110—500 кВ. Целесообразность сооружения УРП рассматривается совместно с энергоснабжающей организацией в случаях, когда на проектируемом предприятии намечается сооружение нескольких ГПП или ПГВ. При этом учитывается возможность питания от узловых распределительных подстанций других промышленных предприятий и прочих объектов, размещаемых в данном районе. В большинстве случаев узловые распределительные подстанции напряжением 220—500 кВ совмещаются с трансформаторными подстанциями 220—500/110—220 кВ. УРП осуществляют прием и распределение электроэнергии на напряжениях 220—500 кВ, а трансформаторная подстанция — частичную трансформацию электроэнергии и распределение ее по промышленному предприятию и другим потребителям напряжением 110—220 кВ.

При напряжении питающей сети энергосистемы 110 или 220 кВ и целесообразности сооружения узловых распределительных подстанций для питания нескольких ГПП или ПГВ, функции УРП — прием и распределение электроэнергии на напряжении 110—220 кВ без ее трансформации.

Узловые распределительные подстанции чаще всего находятся в ведении энергоснабжающей организации, поэтому они размещаются, как правило, вне площадки промышленного предприятия, но в непосредственной близости от него. В тех случаях, когда узловые распределительные подстанции предназначаются для питания нескольких подстанций глубокого ввода одного предприятия, может быть рассмотрена возможность размещения узловых распределительных подстанций на территории предприятия. В этом случае эксплуатация должна осуществляться персоналом промышленного предприятия.

Для предприятий с электрической нагрузкой, составляющей десятки мегаватт, пунктами приема электроэнергии могут быть главные понизительные подстанции, подстанции глубокого ввода, распределительные подстанции 10(6) кВ.

Число пунктов приема электроэнергии на промышленном предприятии определяется рядом факторов. Системы электроснабжения с одним приемным пунктом следует применять, как правило, при отсутст-

вии специальных требований к надежности питания и при компактном расположении нагрузок.

Системы электроснабжения с двумя пунктами приема следует применять:

- при повышенных требованиях к надежности питания электроприемников первой категории;
- при наличии на объекте двух или более относительно мощных и обособленных групп потребителей;
- при поэтапном развитии предприятия в тех случаях, когда для питания нагрузок второй очереди целесообразно сооружение отдельного приемного пункта электроэнергии;
- при экономической целесообразности.

Системы электроснабжения с тремя и более приемными пунктами требуют технико-экономического обоснования.

#### 1.4. Основные сведения о схемах электроснабжения

Схемы электроснабжения промышленных предприятий должны разрабатываться с учетом следующих основных принципов [5]:

- источники питания должны быть максимально приближены к потребителям электрической энергии;
- число ступеней трансформации и распределения электрической энергии на каждом напряжении должно быть по возможности минимальным;
- схемы электроснабжения и электрических соединений подстанций должны обеспечивать необходимые надежность электроснабжения и уровень резервирования;
- распределение электроэнергии рекомендуется осуществлять по магистральным схемам питания. Радиальные схемы могут применяться при соответствующем обосновании;
- схемы электроснабжения должны быть выполнены по блочному принципу с учетом технологической схемы предприятия. Питание электроприемников параллельных технологических линий следует осуществлять от разных секций шин подстанций, взаимосвязанные технологические агрегаты должны питаться от одной секции шин;
- все элементы электрической сети должны находиться под нагрузкой. Резервирование предусматривается в самой схеме электроснабжения путем перераспределения отключенных нагрузок между оставшимися в работе элементами схемы. При этом используется перегрузочная способность электрооборудования и, в отдельных случаях, отключение неответственных потребителей. Наличие резервных неработающих элементов сети должно быть обосновано;

- следует применять раздельную работу элементов системы электроснабжения: линий, секций шин, токопроводов, трансформаторов. В некоторых случаях, по согласованию с энергоснабжающей организацией, может быть допущена параллельная работа, например, при питании ударных резкопеременных нагрузок, если автоматическое включение резервного питания не обеспечивает необходимое быстродействие восстановления питания с точки зрения самопуска электродвигателей.

В схемах электроснабжения промышленных предприятий следует выделять схемы **внешнего** и **внутреннего электроснабжения**. К схемам внешнего электроснабжения относят электрические сети, связывающие источники питания предприятия с пунктами приема электроэнергии. К схемам внутреннего электроснабжения относят электрические сети от пунктов приема электроэнергии до электроприемников высокого и низкого напряжения.

Схемы электроснабжения промышленных предприятий, как правило, выполняются разомкнутыми и строятся по ступенчатому принципу. Число ступеней распределения электроэнергии на предприятии определяется мощностью и расположением электрических нагрузок на территории предприятия. Обычно применяется не более двух ступеней распределения электроэнергии на одном напряжении. При большем числе ступеней распределения ухудшаются технико-экономические показатели системы электроснабжения и усложняются условия эксплуатации. Распределение электроэнергии выполняется по радиальным, магистральным или смешанным схемам.

**Радиальная схема** — схема, в которой линия электропередачи соединяет подстанцию верхнего уровня с подстанцией нижнего уровня (или устройством распределения электроэнергии, приемником электроэнергии) без промежуточных отборов мощности (рис. 1.4.1, а). Радиальные схемы просты, надежны, в большинстве случаев позволяют использовать упрощенные схемы первичной коммутации подстанции нижнего уровня. Аварийное отключение радиальной линии не отражается на потребителях электроэнергии, подключенных к другим линиям. К недостаткам радиальных схем можно отнести более высокую стоимость по сравнению с магистральными схемами, больший расход коммутационной аппаратуры и цветных металлов.

Радиальные схемы следует применять:

- при сосредоточенных нагрузках;
- для питания мощных электроприемников с нелинейными, резко переменными, ударными нагрузками, отрицательно влияющими на качество электрической энергии;
- при повышенных требованиях к надежности электроснабжения.

При **магистральной** схеме от подстанции верхнего уровня питаются по одной линии электропередачи (магистрале) несколько подстанций нижнего уровня (или устройств распределения электроэнергии). Пре-

имуществами магистральных схем являются лучшая загрузка магистральных линий по току, меньшее число коммутационной аппаратуры, уменьшение расхода цветных металлов и затрат на выполнение электрической схемы. К недостаткам можно отнести усложнение схем первичной коммутации подстанций нижнего уровня, более сложные схемы релейной защиты, низкую надежность электроснабжения.

Магистральные схемы распределения электроэнергии следует применять при распределенных нагрузках и при таком взаимном расположении подстанций (ПГВ, РП, ТП) на территории проектируемого объекта, когда магистрали могут быть проложены без значительных обратных направлений.

Магистральные схемы можно разделить (рис. 1.4.1, б—жс):

- на одиночные магистрали с односторонним питанием;
- на одиночные магистрали с двухсторонним питанием;
- на двойные магистрали с односторонним питанием;
- на двойные магистрали с двухсторонним питанием;
- на кольцевые.

Выбор схемы зависит от территориального размещения нагрузок, их значения, необходимой степени надежности электроснабжения и других особенностей проектируемого предприятия.

Схему электроснабжения промышленного предприятия проще всего представить в виде **структурной схемы электроснабжения**, на которой прямоугольниками показаны источники питания, подстанции и другие устройства распределения электрической энергии с электрическими связями между ними

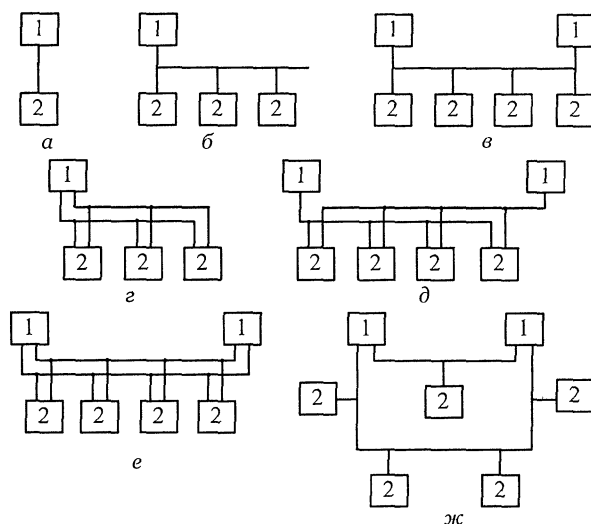


Рис. 1.4.1. Схемы распределения электрической энергии: 1 — подстанция верхнего уровня; 2 — подстанция нижнего уровня; а — радиальная; б — одиночная магистраль с односторонним питанием; в — одиночная магистраль с двухсторонним питанием; г — двойная магистраль с односторонним питанием; д, е — двойные магистрали с двухсторонним питанием; жс — кольцевая



На рис. 1.4.2 представлена структурная схема электроснабжения крупного промышленного предприятия, получающего электрическую энергию от двух источников питания (ИП1, ИП2) по линиям напряжением 110 кВ и выше. Пунктами приема электроэнергии служат узловые распределительные подстанции, от которых электроэнергия передается по радиальным и магистральным схемам к подстанциям глубокого ввода (первая ступень распределения электроэнергии). Такая схема, позволяющая максимально приблизить высшее напряжение непосредственно к электроустановкам потребителей, называется схемой **глубокого ввода**.

Второй ступенью распределения электроэнергии является сетевое звено от РУ 10(6) кВ подстанций глубокого ввода до трансформаторных подстанций или приемников электроэнергии напряжением 10(6) кВ. Применение схем глубокого ввода позволяет во многих случаях отказаться от РП 10(6) кВ, что значительно упрощает схему распределения электроэнергии на этом напряжении.

С шин (напряжением 0,4—0,69 кВ) трансформаторных подстанций электрическая энергия поступает на низковольтные устройства распределения (НКУ), от которых получают питание приемники электрической энергии.

На рис. 1.4.3 представлена структурная схема электроснабжения крупного промышленного предприятия, где объектами приема электроэнергии являются подстанции глубокого ввода. Схема распределения

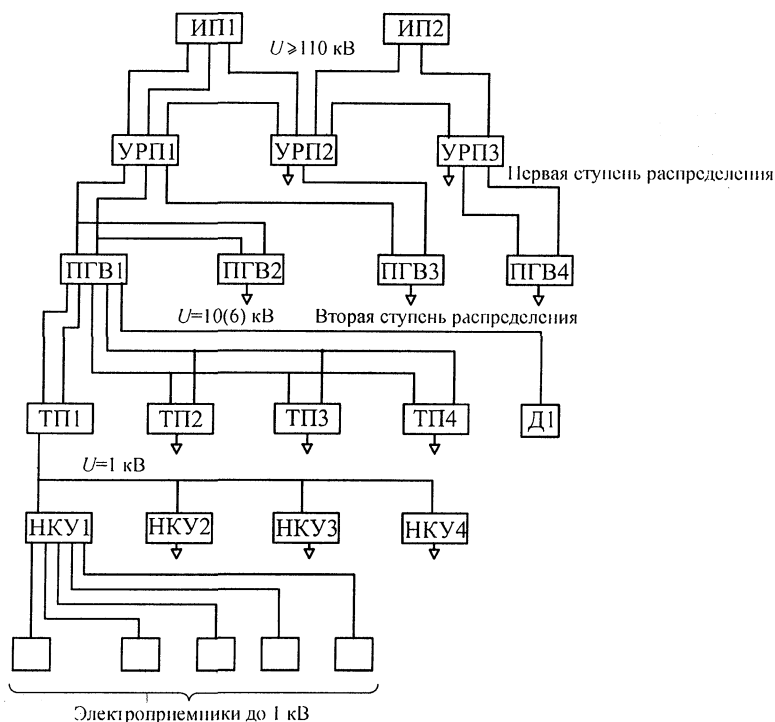


Рис. 1.4.2. Структурная схема электроснабжения крупного промышленного предприятия

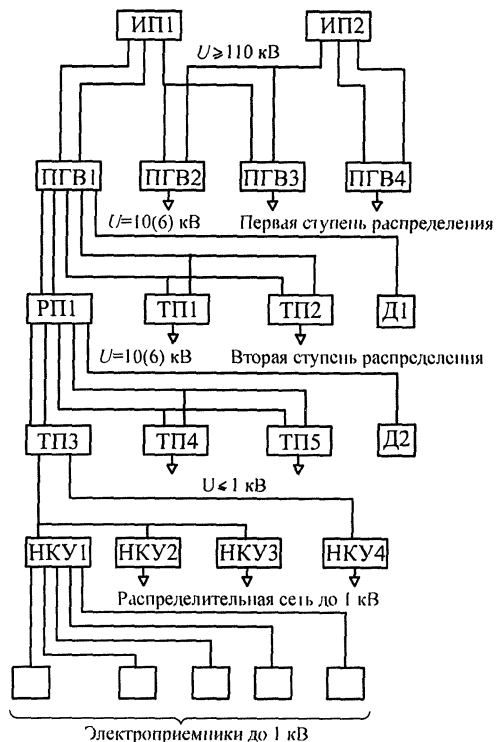


Рис. 1.4.3. Структурная схема электроснабжения крупного промышленного предприятия

электроэнергии на напряжении 10(6) кВ без промежуточных РП будет одноступенчатой. Если возникает необходимость применения промежуточных РП 10(6) кВ, то распределение электроэнергии производится в две ступени: первая — от РУ 10(6) кВ подстанции глубокого ввода до РП; вторая — от РП 10(6) кВ до трансформаторных подстанций и электроприемников. Данная схема может применяться на крупных и средних предприятиях при наличии мощных сосредоточенных нагрузок.

Иной вариант построения схемы электроснабжения представлен на рис. 1.4.4, где приемным пунктом является главная понизительная подстанция напряжением 35—110 кВ и выше. С шин РУ 10(6) кВ ГПП осуществляется питание всех потребителей промышленного предприятия. Распределение электроэнергии на напряжении 10(6) кВ производится, как правило, в две ступени: первая ступень — от РУ 10(6) кВ ГПП до РП; вторая ступень — от РП 10(6) кВ до трансформаторных подстанций и приемников электроэнергии. Данная схема применяется в основном для предприятий средней мощности.

Для крупных промышленных предприятий в схемах, где пунктом приема электроэнергии является главная понизительная подстанция, распределение электрической энергии может производиться на двух напряжениях 110(35) кВ и 10(6) кВ (см. рис. 1.6.3) или в качестве прием-

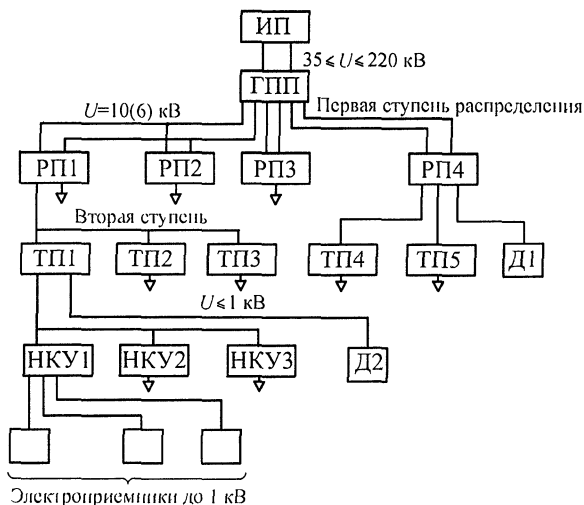


Рис. 1.4.4. Структурная схема электроснабжения промышленного предприятия средней мощности с главной понижающей подстанцией

ных пунктов электроэнергии выступают одновременно ГПП и ПГВ (см. рис. 1.6.2).

При наличии на предприятии собственной электростанции или при незначительном удалении предприятия от источника питания питающая сеть выполняется на напряжении 10(6) кВ. В этом случае приемным пунктом электроэнергии служит, как правило, центральная распределительная подстанция 10(6) кВ (рис. 1.4.5) или одна или несколько распределительных подстанций предприятия. Примером может служить схема электроснабжения Усть-Илимского целлюлозно-бумажного комбината (рис. 1.4.6), где источниками питания служат шины генераторного напряжения 10 кВ ТЭЦ и ТЭС, а электрическая энергия распределяется на территории комбината по двум двухцепным токопроводам 10 кВ.

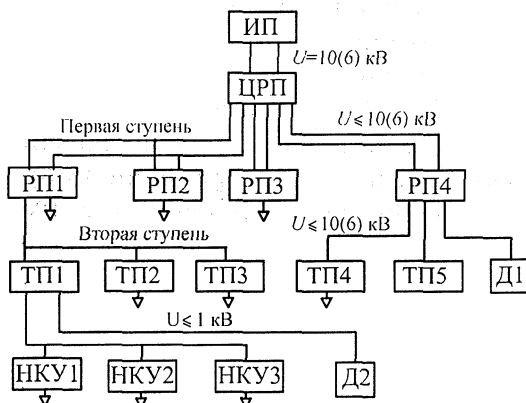


Рис. 1.4.5. Структурная схема электроснабжения промышленного предприятия средней мощности с центральной распределительной подстанцией

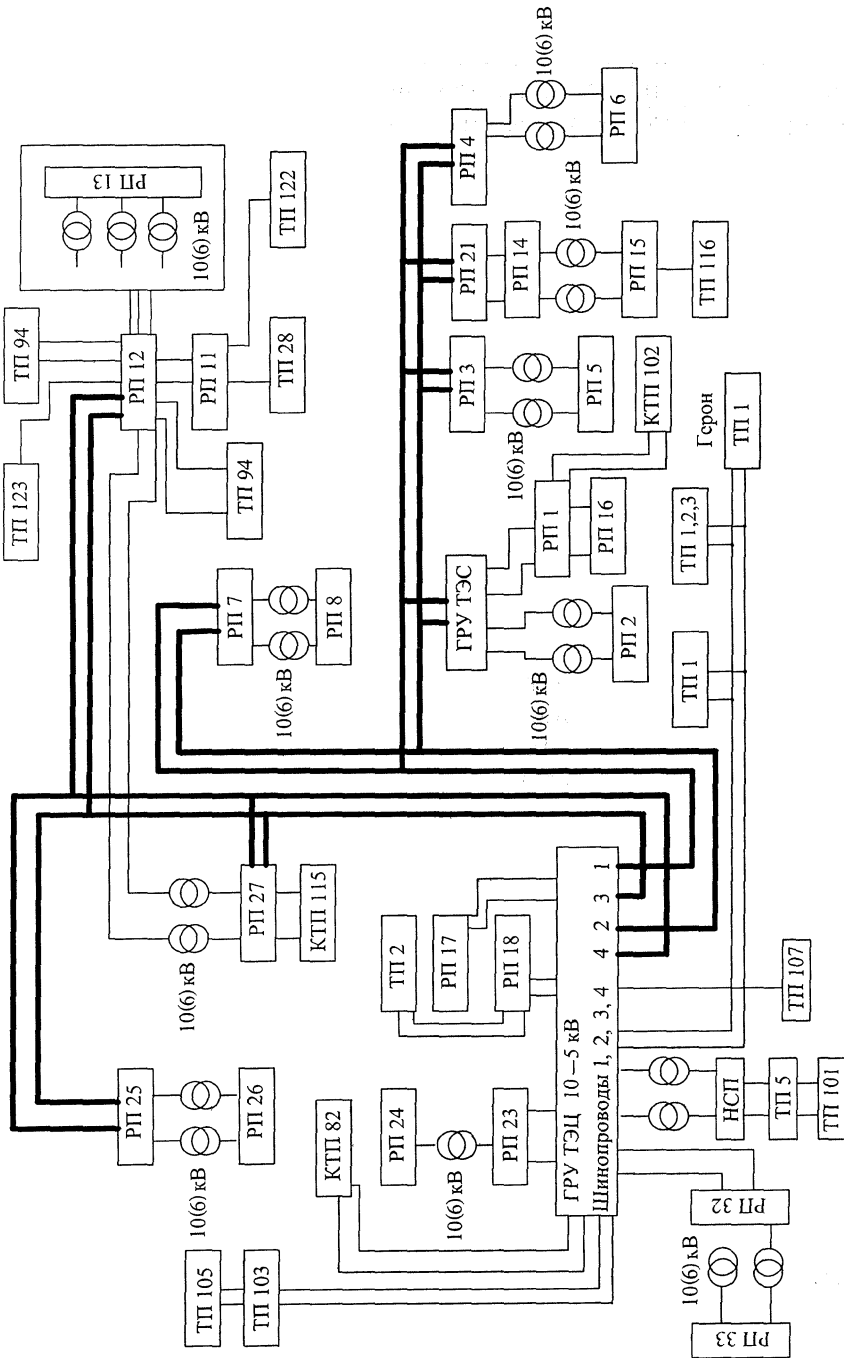


Рис. 1.4.6. Структурная схема электроснабжения Усть-Илимского целлюлозно-бумажного комбината

## 1.5. Выбор напряжения питающих и распределительных сетей

Выбор напряжения **питающих сетей** зависит от напряжений сетей энергосистемы в данном районе, от мощности, потребляемой предприятием, его удаленности от источника питания, числа и мощности электроприемников (электродвигателей, электропечей, преобразователей и пр.). При неоднозначности выбора величины напряжения следует проводить технико-экономическое сравнение различных вариантов. При равенстве или незначительной разнице затрат (5—10 %) предпочтение следует отдавать варианту с более высоким напряжением.

### Рекомендации по выбору напряжения питающих сетей промышленных предприятий

Питание крупных энергоемких предприятий от сетей энергосистемы следует осуществлять на напряжении 110, 220 или 330 кВ. Напряжение 110 кВ — при потребляемой мощности 10—150 МВ·А, напряжение 220 кВ и выше целесообразно применять при потребляемой мощности более 120—150 МВ·А. Напряжение 35 кВ имеет экономические преимущества при передаваемой мощности не более 10 МВ·А. Его применение целесообразно для удаленных насосных станций водозаборных сооружений промышленных предприятий, для распределения электроэнергии на предприятиях указанной мощности с помощью глубоких вводов в виде магистралей, к которым присоединяются трансформаторы 35/0,4 кВ или 35/10(6) кВ, а также для питания мощных электроприемников на предприятиях большой мощности.

Напряжение 10(6) кВ может быть использовано при питании предприятия от собственной электростанции, а также при небольшой потребляемой мощности и небольших расстояниях от предприятия до подстанции энергосистемы

### Рекомендации по выбору напряжений распределительных сетей высокого напряжения

Распределительную сеть энергоемкого производства при сооружении нескольких подстанций глубокого ввода и питания их от УРП рекомендуется выполнять следующим образом:

- первая ступень распределения электроэнергии на напряжении 110 кВ;
- вторая ступень распределения электроэнергии на напряжении 10 кВ.

Напряжение 35 кВ в качестве распределительного может быть применено на энергоемком предприятии с мощными специфическими электроприемниками (электропечи, преобразовательные установки и др.),

для которых целесообразно создание локальной сети 35 кВ, не являющейся сетью общего назначения. Питание этой сети осуществляется либо от трехобмоточных трансформаторов ГПП с обмоткой среднего напряжения 35 кВ, либо от специальных трансформаторов 110(330)/35 кВ.

Напряжение 10 кВ рекомендуется в качестве основного для распределения электроэнергии по территории предприятия.

Использование напряжения в 6 кВ следует ограничивать и применять при следующих обстоятельствах:

- при питании предприятия от собственной электростанции на генераторном напряжении;
- при большом числе электродвигателей небольшой мощности (до 500 кВт);
- при реконструкции или расширении действующего предприятия, ранее запроектированного на данное напряжение.

При наличии на предприятии большого числа двигателей напряжением 6 кВ (более 20 % суммарной потребляемой мощности) целесообразна установка на главной понизительной подстанции трансформаторов с расщепленной обмоткой 110/10(6) кВ. В этом случае на территории предприятия выполняются сети двух напряжений:

- 10 кВ — для питания трансформаторов 10/0,4 кВ;
- 6 кВ — для питания электродвигателей.

Если электродвигатели напряжением 6 кВ составляют менее 20 % общего числа электродвигателей, целесообразна групповая установка трансформаторов 10/6 кВ. Использование в этом случае трансформаторов 110/10/6 кВ приведет к значительному завышению мощности трансформаторов, так как соотношение номинальных мощностей обмоток 100/50/50 %. Если доля двигателей напряжением 6 кВ превышает 80 % суммарной потребляемой мощности, то от выполнения сети 10 кВ можно отказаться.

В начале 60-х годов ГОСТом было введено напряжение 20 кВ. Применение этого напряжения во многих случаях может быть экономически оправданным для питающих и распределительных сетей предприятия, так как позволяет увеличить радиус обслуживания подстанций, уменьшить потери мощности, энергии, напряжения, сократить расход цветных металлов, в ряде случаев сократить число трансформаций напряжения [6]. При проектировании напряжение 20 кВ, как правило, не рассматривается, так как фактически не налажен выпуск электрооборудования на это напряжение.

### **Рекомендации по выбору напряжения в электрических сетях до 1 кВ**

Для распределения электроэнергии в электрических сетях переменного тока до 1 кВ могут применяться напряжения 380 и 660 В.

Напряжение 380 В получило широкое распространение на промышленных предприятиях с большим числом электродвигателей малой и

средней мощности (до 200 кВт). Для питания двигателей мощностью выше 200 кВт используется напряжение 6 кВ. Достоинством использования напряжения 380 В является возможность совместного питания силовой и осветительной нагрузки, к недостаткам можно отнести следующее:

- имеют место большие потери мощности, энергии, напряжения, особенно в протяженных электрических сетях;
- возникает необходимость использования распределительной сети напряжением 6 кВ при наличии на предприятии двигателей мощностью 200—630 кВт.

С 1962 г. напряжение 500 В было заменено на напряжение 660 В. Техничко-экономические расчеты [6, 7] показали целесообразность применения напряжения 660 В. Переход на напряжение 660 В дает следующие преимущества:

- повышается пропускная способность сети и уменьшаются потери энергии в ней;
- увеличивается радиус действия цеховых трансформаторных подстанций, что приводит к увеличению единичной мощности трансформаторов, уменьшению числа трансформаторов и, следовательно, сокращению числа линий и выключателей, питающих трансформаторную подстанцию;
- отпадает необходимость применения напряжения 6 кВ, что значительно упрощает схему электроснабжения;
- повышается предельная мощность двигателей за счет уменьшения тока статора двигателя, что дает экономию на стоимости двигателя и увеличение его КПД на 1,5—2 %.

Напряжение 660 В находит применение во многих отраслях промышленности: горно-добывающей, металлургической, химической, текстильной и др. При проектировании систем электроснабжения напряжение 660 В рекомендуется применять [5]:

- при значительной протяженности сетей низкого напряжения;
- когда основную часть электроприемников составляют низковольтные нерегулируемые электродвигатели мощностью свыше 10 кВт;
- если поставщики технологического оборудования (станков, автоматических линий, прессов, термического и сварочного оборудования, кранов и т. д.) обеспечивают поставку комплектуемого электрооборудования и систем управления на напряжение 660 В.

При выборе напряжения 660 В возникает необходимость установки дополнительных трансформаторов 0,66/0,22 кВ и выполнения электрических сетей на напряжение 220 В для питания люминесцентных ламп, ламп накаливания, тиристорных преобразователей, установок контрольно-измерительных приборов и автоматики (КИПиА), средств автоматизации электродвигателей мощностью до 0,4 кВт и др. Необходимость устройства для одного объекта сетей напряжением 660 и 220 В снижает эффективность использования напряжения 660 В.

Выбор напряжения электрических сетей постоянного тока зависит от требований технологического процесса и величины тока. Для сетей, питающих электроприводы постоянного тока, используются напряжения 220 и 440 В. Для электроприводов постоянного тока с индивидуальными преобразователями используются и более высокие напряжения — 750 и 850 В. Для электролиза применяются напряжения 450 и 850 В.

### **Рекомендации по выбору напряжения осветительных сетей [2]**

Питание силовых и осветительных электроприемников при напряжении 380/220 В рекомендуется производить от общих трансформаторов при условии соблюдения требуемых норм по качеству электрической энергии.

Для питания осветительных приборов общего внутреннего и наружного освещения, как правило, должно применяться напряжение не выше 220 В переменного или постоянного тока. В помещениях без повышенной опасности напряжение 220 В может применяться для всех стационарно установленных осветительных приборов независимо от высоты их установки.

Напряжение 380 В для питания осветительных приборов общего внутреннего и наружного освещения может использоваться при соблюдении следующих условий:

- ввод в осветительный прибор и независимый, не встроенный в прибор, пускорегулирующий аппарат выполняется проводом или кабелем с изоляцией на напряжение не менее 660 В;
- ввод в осветительный прибор двух или трех проводов системы 660/380 В не допускается.

В устройствах освещения фасадов зданий, установленных ниже 2,5 м от поверхности земли или площадки обслуживания, может применяться напряжение до 380 В при степени защиты осветительных приборов не ниже IP54.

Для питания светильников местного стационарного освещения с лампами накаливания должны применяться напряжения: в помещениях без повышенной опасности — не выше 220 В, в помещениях с повышенной опасностью и особо опасных — не выше 50 В. В помещениях с повышенной опасностью и особо опасных допускается для светильников напряжение до 220 В, в этом случае должно быть предусмотрено защитное отключение линии при токе утечки до 30 мА или разделяющий трансформатор.

Для питания светильников местного освещения с люминесцентными лампами может применяться напряжение не выше 220 В. При этом в помещениях сырых, особо сырых, жарких и с химически активной средой применение люминесцентных ламп для местного освещения допускается только в арматуре специальной конструкции. Для питания переносных светильников в помещениях с повышенной опасностью и особо опасных должно применяться напряжение не выше 50 В.



При особо неблагоприятных условиях: опасность поражения электрическим током обусловлена теснотой, неудобным положением работающего, возможностью соприкосновения с большими металлическими хорошо заземленными поверхностями (например, работа в котлах) и в наружных установках для питания ручных светильников, должно применяться напряжение не выше 12 В.

Переносные светильники, предназначенные для подвешивания, настольные, напольные и т. п. приравниваются к стационарным светильникам местного стационарного освещения. Для переносных светильников, устанавливаемых на переставных стойках на высоте 2,5 м и более, допускается применять напряжение 380 В.

## 1.6. Схемы внешнего электроснабжения

Схемы внешнего электроснабжения в значительной степени зависят от характеристик источников питания, числа приемных пунктов, их размещения на территории предприятия, наличия собственной электростанции, мощных электроприемников с резкопеременными, нелинейными, несимметричными нагрузками. Электроснабжение потребителей при имеющейся собственной ТЭЦ достаточной мощности чаще всего осуществляется от шин генераторного напряжения 6 или 10 кВ. В некоторых случаях в схемах внешнего электроснабжения предусматриваются связи источников питания с потребителями на генераторном напряжении 10(6) кВ, особенно для предприятий большой мощности с потребителями первой и второй категорий. Это позволяет существенно повысить надежность электроснабжения потребителей. Для того чтобы исключить влияние различных повреждений на работу генераторов, следует шире применять современные микропроцессорные системы релейной защиты и автоматики, обеспечивающие высокочувствительную многофункциональную диагностику повреждений, локализацию повреждений на отдельных участках сети и предотвращение перерастания локальных аварий в системные.

На промышленных предприятиях с потребителями первой и второй категорий, значительно удаленных от ТЭЦ, целесообразно сооружение собственного независимого источника питания. До последнего времени считалось, что создание собственных источников питания на предприятиях экономически нецелесообразно, за исключением источников питания для потребителей особой группы электроприемников первой категории. Но в условиях рыночной экономики, при постоянном росте тарифов на электроэнергию, собственные источники питания — оправданное решение, позволяющее существенно повысить надежность электроснабжения потребителей первой и второй категорий [4].

Схемы внешнего электроснабжения могут быть кольцевыми, магистральными с односторонним и двухсторонним питанием и радиальными.

Кольцевые питающие сети применяются для крупных металлургических заводов, нефтеперерабатывающих предприятий [10] и др. На рис. 1.6.1 представлена схема кольцевой питающей сети 110 кВ, к которой присоединяются приемные пункты электроэнергии — узловые распределительные подстанции УРП1—УРП4, которые получают питание от двух территориально независимых источников питания: от ТЭЦ и подстанции энергосистемы по линиям 110 кВ. С шин 110 кВ УРП получают питание подстанции глубокого ввода.

На рис. 1.6.2 приведена схема электроснабжения крупного предприятия цветной металлургии, которое получает питание от двух территориально независимых источников питания: подстанции энергосистемы и ТЭЦ по линиям 110 кВ. Пунктами приема электроэнергии являются главная понизительная подстанция предприятия и подстанция электролиза. При построении схемы учитывают то, что преобразовательная подстанция электролиза является источником высших гармоник тока и напряжения. Ее питание осуществляется по отдельной линии 110 кВ от подстанции энергосистемы по схеме глубокого ввода. Для повышения надежности электроснабжения электролиза предусмотрена связь подстанции электролиза с ТЭЦ и ГПП по двухцепному токопроводу 10 кВ.

На рис. 1.6.3 представлена схема питания крупного химического комбината. Источником электрической и тепловой энергии предприятия служит собственная ТЭЦ. Недостающая электроэнергия передается от подстанции энергосистемы по радиальным линиям 220 кВ на приемный пункт — ГПП с автотрансформаторами напряжением 220/110/10 кВ. Для повышения надежности электроснабжения предусмотрена связь ГПП по магистральным линиям 110 кВ с другой подстанцией энергосистемы. Распределение электрической энергии по территории предприятия производится от ГПП на двух напряжениях — 110 и 10 кВ. По радиальным линиям глубокого ввода с шин 110 кВ ГПП получают питание мощные потребители химкомбината: стройбаза, фабрика, завод, остальные потребители получают питание с шин РУ 10 кВ ГПП.

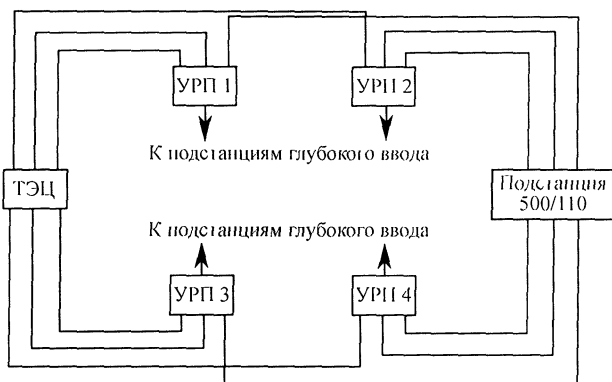


Рис. 1.6.1. Схема внешнего электроснабжения крупного металлургического завода

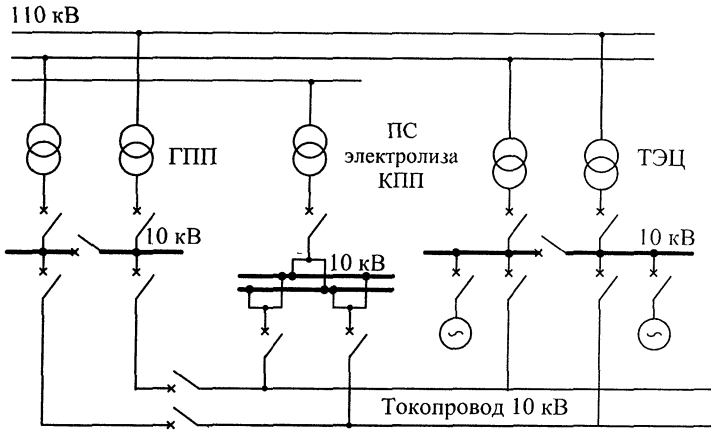


Рис. 1.6.2. Схема внешнего электроснабжения крупного предприятия цветной металлургии

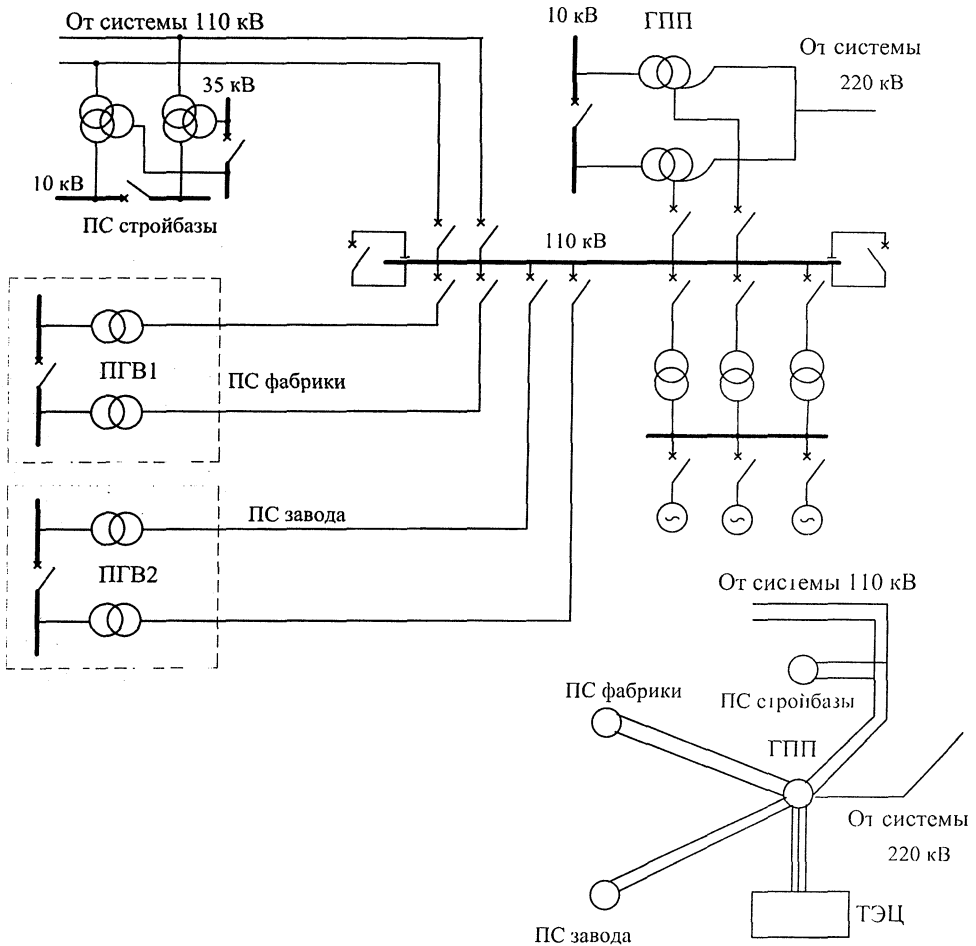


Рис. 1.6.3. Схема внешнего электроснабжения крупного химического комбината

Для предприятий средней мощности применяются радиальные и магистральные схемы питания с одним и более приемными пунктами. В схемах, представленных на рис. 1.6.4, питание предприятия осуществляется радиальными линиями от подстанции энергосистемы и собственной ТЭЦ. Если подстанция энергосистемы расположена на значительном расстоянии от предприятия, то используется схема, в которой питающая сеть выполняется на напряжениях 35, 110 или 220 кВ, а приемным пунктом электроэнергии служит главная понизительная подстанция предприятия (рис. 1.6.4, а). При небольшом расстоянии от подстанции энергосистемы питающая сеть может быть выполнена на напряжение 10(6) кВ, в этом случае приемным пунктом служит центральная распределительная подстанция предприятия (рис. 1.6.4, б).

На рис. 1.6.5 представлены схемы внешнего электроснабжения предприятия при питании его от разных систем (секций) шин районной подстанции энергосистемы с приемными пунктами: главная понизительная подстанция (рис. 1.6.5, а); центральная распределительная подстанция (рис. 1.6.5, б) и подстанции глубокого ввода (рис. 1.6.5, в). При наличии на предприятии электроприемников первой, второй категорий пункты приема электроэнергии должны иметь два трансформатора, две секции шин, запитываемые не менее чем по двум линиям от разных систем (секций) шин подстанции энергосистемы. Предпочтительным является вариант, когда линии выполняются на отдельных опорах и идут по разным трассам.

Выбор пропускной способности питающих линий производится таким образом, чтобы при выходе одной из линий оставшиеся обеспечивали питание электроприемников первой и второй категорий.

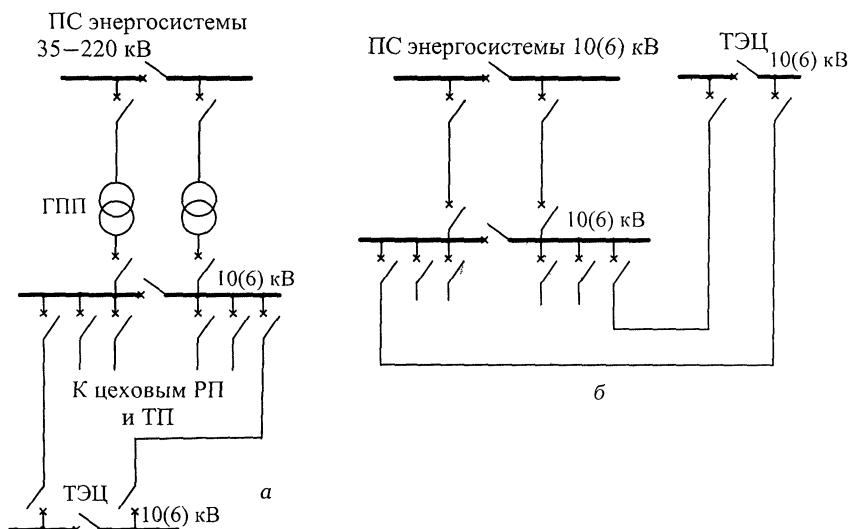


Рис. 1.6.4. Схемы внешнего электроснабжения предприятий средней мощности с приемным пунктом электроэнергии: а — ГПП; б — ЦРП

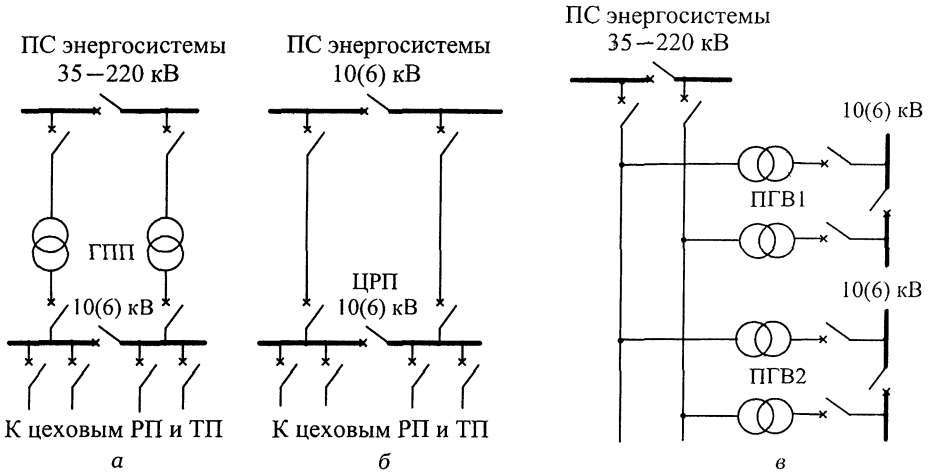


Рис. 1.6.5. Схемы внешнего электроснабжения предприятий средней мощности с приемным пунктом электроэнергии: а — ГПП; б — ЦРП; в — ПГВ

Решение о питании промышленного предприятия от сетей энергосистемы напряжением 35 кВ следует принимать при невозможности питания предприятия на других напряжениях. В зависимости от потребляемой мощности и состава электроприемников в качестве приемных пунктов могут быть применены: трансформаторная подстанция 35/10(6) кВ с трансформаторами мощностью 1,6—10 МВ·А и (или) трансформаторные подстанции 35/0,4 кВ с трансформаторами мощностью до 2,5 МВ·А. Пример выполнения питающей сети по схеме глубокого ввода напряжением 35 кВ приведен на рис. 1.6.6.

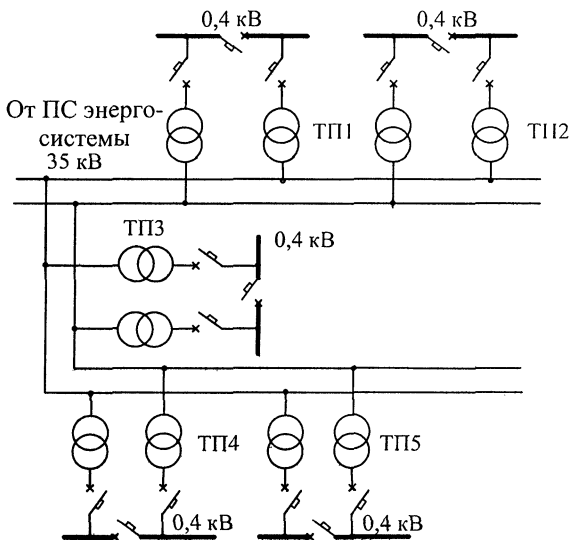


Рис. 1.6.6. Схема глубокого ввода напряжением 35 кВ

Электроснабжение предприятий малой мощности осуществляется, как правило, от сетей энергосистемы напряжением 10(6) кВ. В качестве приемных пунктов могут быть применены: распределительная, распределительно-трансформаторная или трансформаторная подстанции. Питание указанных подстанций осуществляется кабельными или воздушными линиями 6 или 10 кВ по радиальной или магистральной схемам.

### 1.7. Глубокие вводы 35—220 кВ

Глубокие вводы широко применяются в схемах внешнего и внутреннего электроснабжения промышленных предприятий и считаются наиболее прогрессивными схемами электроснабжения. Их применение позволяет [7]:

- расположить подстанции глубокого ввода в крупных узлах потребления электроэнергии (электролизные установки, прокатные станы, азотно-кислородные станции и т. д.);
- исключить промежуточные РП, так как их функции выполняют РУ вторичного напряжения подстанций глубокого ввода;
- использовать упрощенные схемы первичной коммутации ПГВ;
- резко сократить протяженность электрических сетей напряжением 10(6) кВ, а следовательно, уменьшить потери мощности, энергии, напряжения в этих сетях, протяженность кабельных эстакад, число используемой коммутационной и защитной аппаратуры;
- уменьшить емкостные токи в сетях 10(6) кВ, что позволяет во многих случаях обойтись без установок компенсации емкостных токов;
- осуществить питание характерных групп электроприемников с нелинейными, резкопеременными, ударными нагрузками отдельными линиями непосредственно от подстанций глубокого ввода, что позволяет значительно уменьшить влияние данных нагрузок на систему электроснабжения и повысить качество электрической энергии;
- повысить надежность электроснабжения и уменьшить капитальные затраты и эксплуатационные издержки на систему электроснабжения.

Схемы глубоких вводов напряжением 110—220 кВ выполняются воздушными или кабельными линиями, схемы глубоких вводов 330 кВ и выше — воздушными линиями.

Применение воздушных линий целесообразно при невысокой плотности застройки промышленной площадки. В целях снижения отчуждаемой под воздушную линию площади допускается прохождение линий над всеми несгораемыми зданиями и сооружениями, за исключением взрывоопасных установок. При выборе высоты опор воздушной линии должна учитываться возможность прокладки под проводами воз-

душных линий трубопроводов, транспортных и других коммуникаций. В обоснованных случаях может оказаться целесообразным применение специальных опор для увеличения длины пролетов.

Все большее применение в системах электроснабжения предприятий находят кабельные линии напряжением 110—220 кВ. Разработка новых конструкций кабелей и совершенствование технических решений по прокладке кабельных линий способствует их широкому применению.

*Маслонаполненные кабельные линии низкого давления* требуют повышенного внимания со стороны обслуживающего персонала, так как имеют маслосистему, а в отдельных случаях и систему охлаждения, которые считаются ненадежными звеньями кабельных линий. Прокладка данных линий осуществляется в лотках, земле, траншеях, каналах и ниже зоны промерзания, а также с устройством специальных колодцев для муфт. Прокладка маслонаполненных кабелей в тоннелях не рекомендуется из-за значительной стоимости [5].

*Кабельные линии с изоляцией из сшитого полиэтилена (СПЭ-изоляция)* имеют более высокие технико-экономические показатели по сравнению с маслонаполненными кабельными линиями. Это позволило рекомендовать их в качестве основных для применения в сетях 110—220 кВ промышленных предприятий при высокой плотности застройки предприятия [5]. Прокладка кабелей с СПЭ-изоляцией осуществляется в открытых кабельных сооружениях (на технологических и кабельных эстакадах, кабельных галереях). Следует отметить, что передача электрической энергии по кабельным линиям с СПЭ-изоляцией в настоящее время обходится в 7—20 раз дороже, чем по воздушным линиям напряжением 110—220 кВ. При увеличении напряжения разница в стоимости увеличивается. Вместе с тем для прохождения воздушной линии требуется полоса, свободная от застройки и коммуникаций, шириной более 20 м для линий напряжением 110 кВ и более 30 м для линий напряжением 220 кВ, что в условиях промышленного предприятия не всегда допустимо [11]. Применение кабельных линий для питания подстанций глубокого ввода позволяет выполнять распределительные устройства 110—220 кВ подстанций по схеме «линия—трансформатор» без коммутационных аппаратов.

По мере освоения промышленностью производства токопроводов напряжением до 330 кВ с элегазовой изоляцией увеличивается их применение для схем глубоких вводов при высокой плотности застройки промышленной площадки и наличии агрессивной окружающей среды.

**Радиальные схемы глубоких вводов 110—220 кВ** позволяют использовать простейшие схемы первичной коммутации подстанций глубокого ввода — схемы «линия—трансформатор»: без коммутационных аппаратов (глухого присоединения) с разъединителем, предохранителем, выключателем. Примеры выполнения радиальных схем глубоких вводов подстанций ПГВ1 и ПГВ2 показаны на рис. 1.6.3.

При магистральных схемах глубоких вводов отключение магистрали приводит к потере питания всех трансформаторов, подключенных к магистрали. Поэтому используются схемы, позволяющие отключать поврежденный трансформатор на самой подстанции и повторно включать магистраль устройством АПВ. Примеры выполнения магистральных схем глубокого ввода приведены на рис. 1.6.5, в и 1.6.6.

## 1.8. Схемы распределения электроэнергии в сетях 10(6) кВ

В электрических сетях 10(6) кВ применяются радиальные, магистральные и смешанные схемы. Предпочтение отдается магистральным схемам, как более экономичным.

Схема распределения электроэнергии должна быть увязана с технологической схемой объекта следующим образом:

- питание электроприемников разных параллельных технологических потоков предусматривается от разных трансформаторных или распределительных подстанций, магистралей, разных секций шин одной подстанции для того, чтобы при аварии не остановились оба технологических потока;
- в пределах одного технологического потока все взаимосвязанные агрегаты присоединяются к одной подстанции, РП, магистрали, секции шин, чтобы при прекращении питания потока все входящие в его состав электроприемники были одновременно обесточены.

Схемы распределения электроэнергии в сетях 10(6) кВ могут быть одно- и двухступенчатые. Одноступенчатые схемы применяются на малых предприятиях, где распределяемая мощность и токи невелики, а также на энергоемких предприятиях с подстанциями глубокого ввода. В остальных случаях применяются, как правило, двухступенчатые схемы распределения электроэнергии. Применение схем с большим числом ступеней распределения электроэнергии должно иметь технико-экономическое обоснование.

Распределение электроэнергии может осуществляться кабельными, воздушными линиями или токопроводами. Воздушные линии электропередачи на промышленных предприятиях используются сравнительно редко, так как имеют сравнительно малую пропускную способность, что не позволяет осуществить магистральную схему распределения электроэнергии и практически невозможно в условиях промышленного предприятия выполнить несколько параллельно идущих воздушных линий.

Кабельные линии целесообразно использовать при передаче мощности в одном направлении не более 15—20 МВ·А при напряжении 6 кВ и не более 25—35 МВ·А при напряжении 10 кВ [1]. Кабельные сети следует прокладывать открыто в надземных сооружениях: на технологических и кабельных эстакадах, в кабельных частично закрытых



галереях. При невозможности или нецелесообразности выполнения открытой прокладки кабелей напряжением до 35 кВ может быть осуществлена прокладка кабелей в земляных траншеях и в подземных кабельных сооружениях (блоках, каналах, тоннелях).

При передаче мощностей, превышающих 15—20 МВ·А, целесообразно применение токопроводов. Трассы токопроводов выбирают таким образом, чтобы они проходили через зоны размещения основных нагрузок данного предприятия. В настоящее время рекомендуется использовать открытые симметричные гибкие и жесткие токопроводы следующих конструктивных исполнений: жесткий подвесной с трубчатыми шинами и подвесными изоляторами или гибкий с расщепленными проводами.

Жесткие токопроводы следует применять при наличии агрессивной среды, так как на жесткие проводники легче нанести антикоррозийное покрытие. Токопроводы требуют меньшей полосы, свободной от застройки и подземных коммуникаций (отчуждение территории под жесткий токопровод составляет 10 м). Не рекомендуется прокладывать токопроводы в тоннелях и в полностью закрытых галереях из-за существенного увеличения затрат. В настоящее время разработаны токопроводы с трубчатыми шинами из алюминиевого сплава АД31 в исполнении для внутренней установки при нормальной среде и в исполнении для наружной установки для предприятий с сильно загрязненной средой.

Гибкие токопроводы выполняются из нескольких оголенных проводов, закрепленных равномерно по периметру кольца и подвешенных к опоре на подвесных изоляторах. Серьезный недостаток гибких токопроводов — большие габаритные размеры (отчуждение территории под гибкий токопровод составляет 18 м) и недостаточная стойкость к воздействию химически активной среды. Гибкие токопроводы рекомендуется использовать, если одновременно имеет место нестесненная планировка предприятия, позволяющая не учитывать стоимость отчуждаемой под гибкий токопровод территории, и минимальное число (до двух-трех на 1 км) поворотов трассы.

Токопроводы более надежны, они имеют более высокую перегрузочную способность, но характеризуются большим индуктивным сопротивлением по сравнению с линиями, выполненными из большого числа параллельно проложенных кабелей,

**Схемы питания распределительных пунктов 10(6) кВ.** Промежуточные распределительные пункты, получающие питание с шин ГПП, ЦРП, рекомендуется сооружать в цехах или производственных корпусах при наличии высоковольтных электроприемников и нескольких ТП 10(6)/0,4 кВ, а также для удаленных от ГПП или ЦРП потребителей (компрессорных, насосных станций и т. д.). При наличии менее восьми отходящих от распределительных пунктов линий целесообразность сооружения РП должна быть обоснована [5]. Распределительные пункты

следует размещать на границе питаемых ими участков сети таким образом, чтобы не было обратных потоков мощности.

Радиальные схемы для питания РП следует применять:

- при расположении РП в различных направлениях от ГПП, ЦРП;
- при повышенных требованиях к надежности электроснабжения электроприемников, если к РП подключаются в основном электроприемники первой категории.

В остальных случаях следует применять магистральные схемы с односторонним или двухсторонним питанием. Если все распределительные подстанции предприятия получают питание от токопроводов, то применяется схема трансформатор—токопровод без сборных шин на вторичном напряжении ГПП (рис. 1.8.1, а). Для ограничения токов короткого замыкания на ответвлениях от токопроводов к РП могут устанавливаться реакторы.

При наличии на предприятии большого числа двигателей напряжением 6 кВ обмотки трансформаторов ГПП могут быть выполнены на разные напряжения: 6 и 10 кВ. На напряжении 6 кВ получают питание распределительные подстанции, предназначенные для питания электродвигателей, на напряжении 10 кВ — остальные потребители.

Если по токопроводам распределяется только часть электроэнергии, то питание токопроводов выполняется от шин РУ 10(6) кВ ГПП и ПГВ

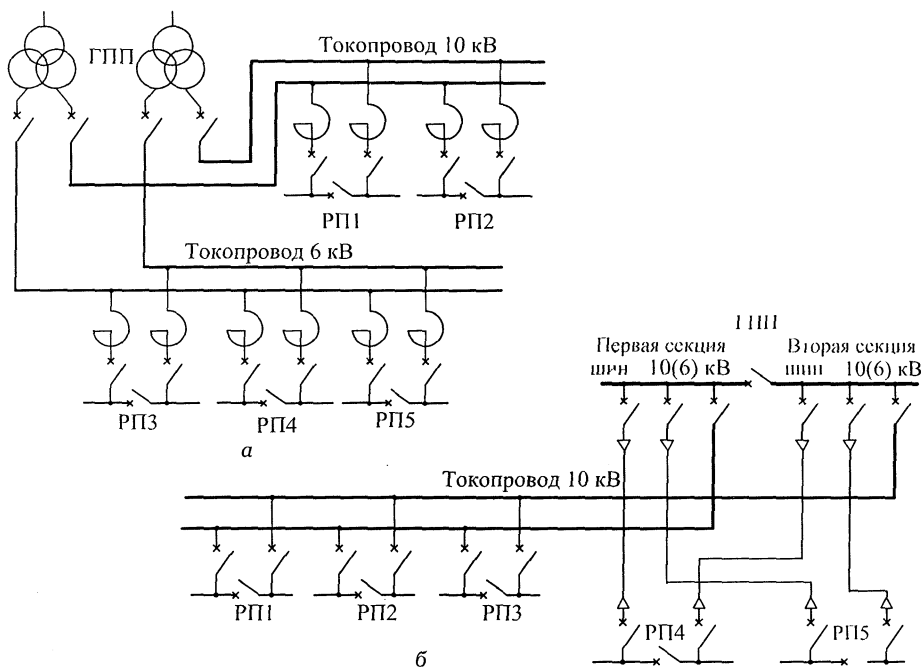
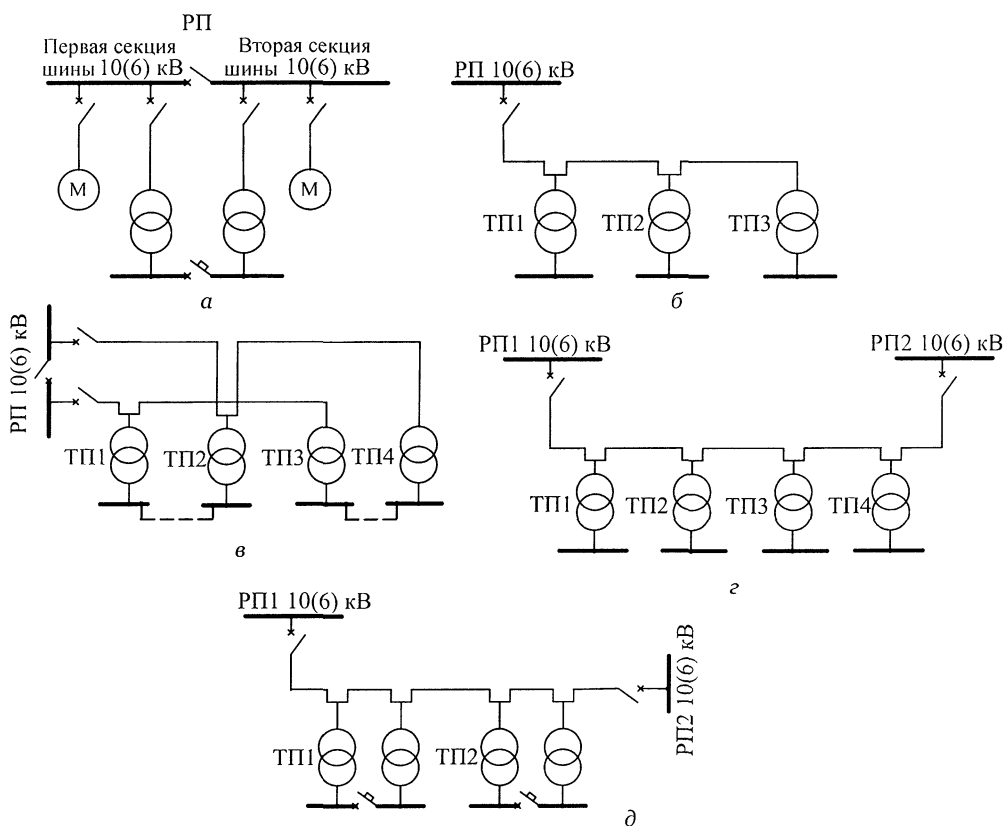


Рис. 1.8.1. Схемы распределения электроэнергии на напряжениях 6 и (или) 10 кВ, выполненные токопроводами: а — без сборных шин на вторичном напряжении ГПП; б — со сборными шинами на вторичном напряжении ГПП

(рис. 1.8.1, б). Распределительные пункты, отдаленные от трассы токопроводов, получают питание от шин РУ 10(6) кВ ГПП или ПГВ кабельными радиальными или магистральными линиями.

**Схемы питания трансформаторных подстанций и электроприемников напряжением 10(6) кВ.** Трансформаторные подстанции и электроприемники могут получать питание от РУ 10(6) кВ ГПП и ПГВ или от распределительных пунктов 10(6) кВ. Для питания трансформаторных подстанций используются практически все схемы (см. рис. 1.4.1).

*Радиальные схемы*, выполненные кабельными линиями (рис. 1.8.2, а), применяются, когда подстанции расположены в различных направлениях от источника питания или предъявляются повышенные требования к надежности электроснабжения. Радиальные схемы используются также для питания индивидуальных приемников электроэнергии 10(6) кВ (двигателей, печей и т. п.). Трансформаторы к радиальным линиям могут подключаться без коммутационных аппаратов («глухое» присоединение) или только через разъединитель, если защита, установленная



**Рис. 1.8.2.** Схемы питания ТП 10(6) кВ: а — радиальная; б — одиночная магистраль с односторонним питанием; в — одиночная магистраль с частичным резервированием по связям вторичного напряжения; г — петлевая для питания однотрансформаторных ТП; д — для питания двухтрансформаторных ТП

в начале радиальной линии, чувствительна при всех повреждениях в трансформаторе.

Для промышленных предприятий могут быть использованы радиальные схемы с присоединением под один выключатель 10(6) кВ двух кабельных линий, идущих к разным подстанциям. В этом случае питание ТП должно предусматриваться не менее чем по двум линиям, отходящим от разных секций шин распределительной подстанции.

*Магистральные схемы* являются основными для питания трансформаторных подстанций и выполняются, как правило, кабельными линиями. К одной магистрали могут быть подключены: не более пяти трансформаторов мощностью 250—630 кВ·А; до трех трансформаторов мощностью 1000 кВ·А или два трансформатора мощностью 1600 кВ·А [5].

При магистральной схеме питания на подстанциях используются более сложные схемы первичных соединений. Для удобства обслуживания и возможности отключения участков магистрали на входе и выходе магистрали к трансформатору устанавливаются шинные накладные, разъединители или выключатели нагрузки. На вводе 10(6) кВ трансформатора устанавливаются разъединитель или выключатель нагрузки с предохранителями. Функции последнего — обеспечить селективную защиту трансформатора. При соответствующем обосновании могут быть установлены высоковольтные вакуумные выключатели.

*Одиночные магистрали с односторонним питанием* (рис. 1.8.2, б) применяются для питания однострановых подстанций, когда можно допустить перерыв в электроснабжении потребителей на время, необходимое для отключения, определения места повреждения и восстановления поврежденного участка магистрали. Для повышения надежности электроснабжения можно предусматривать связи по вторичному напряжению между ближайшими подстанциями, получающими питание от разных магистралей (рис. 1.8.2, в, пунктирная линия). Как правило, такие магистрали прокладываются по разным трассам. При резервировании по вторичному напряжению для части потребителей подстанции (15—20 % общей нагрузки) сохраняется питание при аварии на магистрали.

*Одиночные магистрали с двухсторонним питанием* (рис. 1.8.2, г, д) могут применяться для питания потребителей третьей и частично второй категорий. Данные схемы называются **петлевыми**. Возможны различные варианты работы схемы в нормальном режиме. Если один из источников питания магистрали маломощный, удаленный или неэкономичный, то он может играть роль резервного и включаться (вручную или автоматически) только при отключении магистрали от основного источника питания. Если же оба источника питания равноценны, то в нормальном режиме магистраль получает питание с двух сторон, но в точке токораздела по одной из промежуточных подстанций магистраль замыкается. В точке токораздела могут быть установлены разъединители, в том числе телеуправляемые или высоковольтные выключатели.

Кольцевые магистрали (рис. 1.8.3) рекомендуется применять для питания потребителей третьей, частично — второй категории при соответствующем расположении питаемых ими групп подстанций при единичной мощности трансформаторов не более 630 кВ·А.

Для питания двухтрансформаторных подстанций с электроприемниками первой и второй категорий применяются более надежные схемы распределения электроэнергии — с двойными магистралями. Каждая магистраль получает питание от разных секций шин РУ 10(6) кВ ГПП, ПГВ или РП, которые должны отвечать требованиям независимых источников питания. Трансформаторы на подстанциях в нормальном режиме работают отдельно, секционный автоматический выключатель на 0,4 кВ отключен, а при аварии на магистрали все потребители переключаются на магистраль, оставшуюся в работе. С этой целью автоматически или вручную обслуживающим персоналом включается секционный выключатель.

Примеры выполнения схем с двойными магистралями приведены на рис. 1.8.4. На рис. 1.8.4, а показана схема двойной сквозной магистрали с односторонним питанием, которая широко применяется в про-

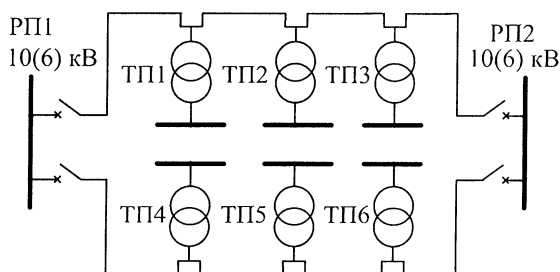


Рис. 1.8.3. Кольцевая схема питания трансформаторных подстанций

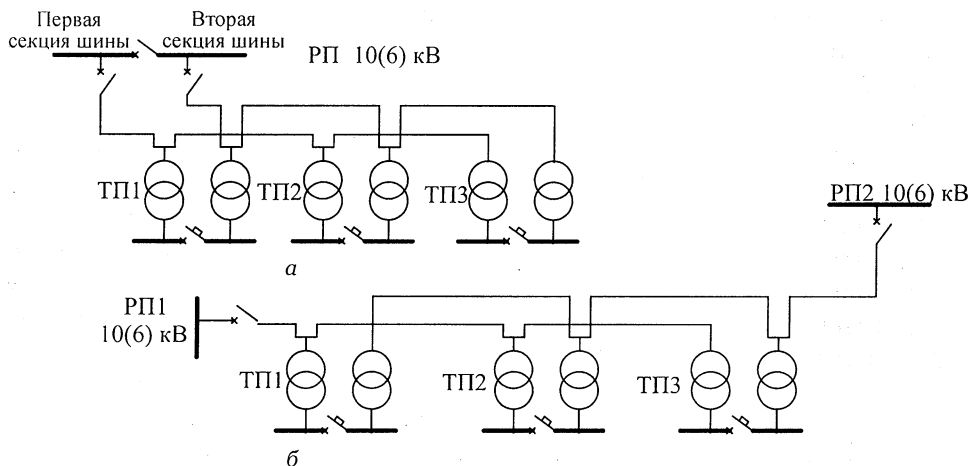


Рис. 1.8.4. Схемы с двойными магистралями: а — двойная сквозная магистраль с односторонним питанием; б — двойная магистраль с двухсторонним питанием

мышленных электрических сетях для питания электроприемников первой и второй категорий. На схеме рис. 1.8.4, б каждая магистраль получает питание от разных территориально удаленных друг от друга распределительных пунктов: РП1 и РП2. Данная схема аналогична схеме двойной сквозной магистрали с односторонним питанием, но является более надежной вследствие территориальной независимости источников питания.

**Схемы питания различных групп потребителей (нелинейных, резкопеременных, несимметричных).** Питание данных потребителей в нормальном режиме работы рекомендуется производить от отдельных секций шин 10(6) кВ. Указанные секции сборных шин рекомендуется подключать к разным ветвям расщепленной обмотки трансформатора, к разным ветвям сдвоенного реактора, к разным трансформаторам. Трансформаторные подстанции 10(6)/0,4 кВ, от которых получают питание осветительные приборы с лампами накаливания, чувствительные к изменениям показателей качества электроэнергии, следует подключать к секции шин 10(6) кВ, не питающей специфической нагрузки.

На рис. 1.8.5 приведена схема питания дуговых сталеплавильных печей. Наиболее мощные дуговые сталеплавильные печи получают питание радиальными линиями от третьей и четвертой секций шин трансформаторов ГПП с расщепленной обмоткой. Печи небольшой мощности получают питание по двухступенчатой радиальной схеме, для чего предусматривается дополнительный распределительный пункт на 10 кВ. В комплект печи входит сама печь и печной трансформатор.

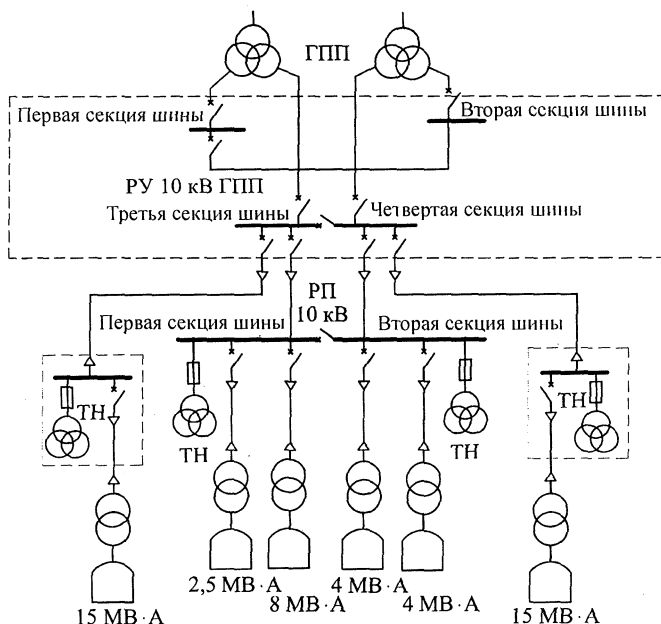


Рис. 1.8.5. Схема питания дуговых сталеплавильных печей

ственной близости от печи устанавливается высоковольтная ячейка с печным выключателем. На предприятиях с мощными дугowymi сталеплавильными печами может выполняться локальная сеть на 35 кВ. Питание этой сети осуществляется от трехобмоточных трансформаторов, или автотрансформаторов с обмоткой среднего напряжения 35 кВ, или от специальных двухобмоточных трансформаторов. С шин 35 кВ по радиальным линиям электроэнергия поступает к печным трансформаторам. К одной секции сборных шин 35 кВ может быть подключено несколько ДСП мощностью 25 и 50 МВ·А. Печи с печными трансформаторами 80 МВ·А подключаются к отдельным секциям сборных шин 35 кВ.

## **1.9. Схемы распределения электроэнергии в сетях напряжением до 1 кВ**

### **1.9.1. Системы заземления электроустановок напряжением до 1 кВ**

Электрические сети напряжением до 1 кВ переменного тока могут выполняться с глухозаземленной или с изолированной нейтралью. До 1995 г. в России электроустановки напряжением до 1 кВ с глухозаземленной нейтралью выполнялись четырехпроводными: три фазы и нулевой проводники, нейтраль трансформатора или другого источника питания присоединялась к земле (заземляющему устройству) через малое сопротивление. Нулевой проводник соединялся с нейтралью трансформатора и выполнял функции нулевого рабочего и нулевого защитного проводников. По принятым в настоящее время стандартам такая система заземления относится к системе TN-C с PEN проводником. Система TN-C получила очень широкое распространение в промышленных, городских и сельских сетях благодаря своему основному преимуществу — наличию двух стандартных напряжений: фазному и линейному. Данная система заземления достаточно проста, экономична, но не обеспечивает должный уровень электробезопасности [12].

С середины 90-х годов в качестве государственных стандартов были приняты международные стандарты [МЭК 364 (ГОСТ Р 50571—94)], требования которых были включены в ПУЭ. Новые требования к выполнению систем заземления привели к существенным изменениям при проектировании электроснабжения жилых, общественных, административных и бытовых зданий. Так, было запрещено использовать систему заземления TN-C. Вместо нее были предложены новые системы: TN-C-S и TN-S, в которых нулевой рабочий и нулевой защитный проводники во всей сети или в ее части работают раздельно.

**Типы систем заземления.** ГОСТ Р 50571.2—94 (МЭК 364-3—93) предусматривает три типа систем заземления электрических сетей: TN, TT, IT. Система TN в зависимости от устройства нулевого рабочего и нулевого защитного проводников разделяется на три вида: TN-C, TN-C-S и TN-S.

В обозначении системы заземления первая буква (I или T) определяет тип заземления нейтрали трансформатора. Буква «I» означает, что нейтраль трансформатора изолирована от земли или связана с землей через сопротивление или разрядник. Буква «T» указывает на прямую связь по меньшей мере одной точки сети (нейтрали трансформатора) с землей. Вторая буква характеризует связь с землей открытых проводящих частей электроустановки. Буква «T» означает прямое соединение открытых проводящих частей<sup>1</sup> электроустановки с землей без связи их с нейтралью трансформатора. Буква «N» указывает на прямое соединение открытых проводящих частей электроустановки с заземленной нейтралью посредством PEN или PE проводников.

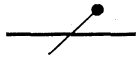
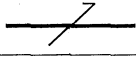

Последующие буквы характеризуют устройство нулевого защитного и нулевого рабочего проводников. Буква «C» означает, что функции нулевого защитного и нулевого рабочего проводников объединены в одном проводнике (PEN проводнике), буква «S» — функции нулевого защитного и нулевого рабочего проводников обеспечиваются отдельными проводниками.

В системах заземления используются следующие нулевые проводники:

- N проводник — нулевой рабочий проводник, который служит для питания однофазных электроприемников и для подключения к нему нулевых точек трехфазных электроприемников;
- PE проводник — нулевой защитный проводник, соединяющий зануляемые части (корпуса) электроприемников с заземленной нейтралью трансформатора или генератора в сетях переменного трехфазного тока или с заземленной средней точкой источника в сетях постоянного тока;
- PEN проводник выполняет функции PE проводника и N проводника. PEN проводник присоединяется к заземленной нейтрали вторичной обмотки трансформатора или генератора, может иметь повторное заземление в других точках сети.

В табл. 1.9.1 приведены условные графические обозначения нулевых рабочих и защитных проводников в соответствии с МЭК 617-11.

Таблица 1.9.1. Условные графические обозначения нулевых рабочих и защитных проводников

Обозначение	Проводник
	Нулевой рабочий проводник (N)
	Нулевой защитный проводник (PE)
	Совмещенный нулевой рабочий и нулевой защитный проводник (PEN)

<sup>1</sup> К открытым проводящим частям электроустановки относятся нетоковедущие части, доступные прикосновению, которые могут оказаться под напряжением при нарушении изоляции токоведущих частей.



**Система TN** — система, в которой нейтраль трансформатора или другого источника питания глухо заземлена (соединена с землей в одной или нескольких точках), а все доступные прикосновению открытые проводящие части электроустановки соединяются с заземленной точкой с помощью PEN или PE и N проводников. Проводимость PEN проводника, идущего от нейтрали трансформатора или генератора, должна быть не менее 50 % проводимости фаз.

В качестве N проводника следует использовать дополнительную жилу провода или кабеля (четвертая жила в сетях переменного трехфазного тока).

В качестве защитных проводников (PEN и PE проводников) должны быть в первую очередь использованы специально предусмотренные для этой цели проводники, в том числе жилы кабелей, изолированные провода в общей оболочке с фазными проводами, стационарно проложенные неизолированные или изолированные проводники. В качестве PEN или PE проводников между нейтралью и щитом распределительного устройства следует использовать: при выводе фаз шинами — шину на изоляторах; при выводе фаз кабелем (проводом) — жилу кабеля (провода).

Допускается использовать в качестве PEN и PE проводников следующие проводники, конструкции и элементы, если они обеспечивают непрерывность цепи заземления и удовлетворяют нормативным требованиям:

- алюминиевые оболочки кабелей;
- металлические конструкции и опорные конструкции шинопроводов;
- стальные трубы электропроводок;
- металлические конструкции зданий или сооружений (фермы, колонны);
- арматуру железобетонных конструкций и фундаментов зданий;
- металлические стационарные открыто проложенные трубопроводы всех назначений, кроме трубопроводов горючих и взрывоопасных веществ и смесей, канализации и центрального отопления.

**Система TN-C** — система TN, в которой нулевой защитный и нулевой рабочий проводники совмещены в одном проводнике на всем ее протяжении (рис. 1.9.1). В настоящее время система TN-C остается основной в питающих и распределительных сетях низкого напряжения промышленных предприятий.

В четырехпроводных сетях переменного трехфазного тока или трехпроводных сетях постоянного тока заземление нейтрали или средней точки источников тока является обязательным. Открытые проводящие части электроустановки должны быть электрически соединены с заземленной нейтралью трансформатора или генератора в сетях переменного тока, с заземленной средней точкой источника питания — в сетях постоянного тока, т. е. должно быть выполнено зануление. Заземление

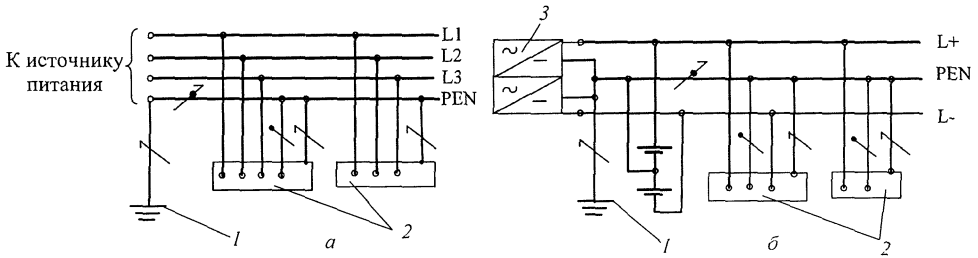


Рис. 1.9.1. Системы TN-C переменного (а) и постоянного (б) тока (нулевой защитный и нулевой рабочий проводники совмещены в одном проводнике): 1 — заземлитель нейтрали (средней точки) источника питания; 2 — открытые проводящие части; 3 — источник питания постоянного тока

корпусов электроприемников без их зануления недопустимо. Зануление предназначено для создания цепи короткого замыкания с малым сопротивлением при пробое одной из фаз на корпус электроустановки и для обеспечения безопасности обслуживающего персонала.

В системе TN-C предусматриваются устройства защиты от сверхтоков (коротких замыканий, перегрузок). Устройства защиты, реагирующие на дифференциальный ток (устройства защитного отключения — УЗО), как правило, не предусматриваются из-за неэффективности их применения.

**Система TN-C-S** является комбинацией систем TN-C и TN-S, в которой PEN проводник используется только в сети общего пользования. В какой-то точке сети PEN проводник разделяется на два проводника: PE и N проводники (рис. 1.9.2). После точки разделения PE и N проводники объединять запрещается, N проводник изолируется от корпуса, предусматриваются отдельные зажимы или шины для PE и N проводников. Разделение PEN проводника в системе TN-C-S обычно осуществляется на вводе в электроустановку (в здание). В точке разделения PEN проводник заземляется на повторный контур заземления.

Стандарты предъявляют следующие требования к PEN проводнику в системе TN-C-S:

- площадь сечения медного проводника должно быть не менее  $10 \text{ мм}^2$ ;

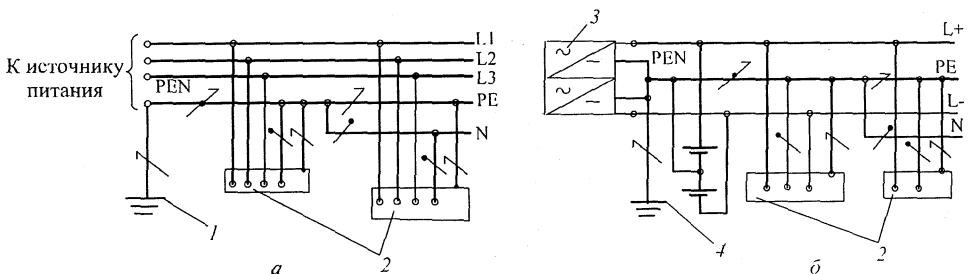


Рис. 1.9.2. Системы TN-C-S переменного (а) и постоянного (б) тока: 1 — заземлитель нейтрали источника переменного тока; 2 — открытые проводящие части; 3 — источник питания; 4 — заземлитель средней точки источника постоянного тока

- площадь сечения алюминиевого проводника должно быть не менее  $16 \text{ мм}^2$ ;
- часть электроустановки с PEN проводником не должна быть оснащена устройствами УЗО, реагирующими на дифференциальный ток.

Устройства защитного отключения в системе могут быть установлены только после разделения PEN проводника со стороны электроприемников. Система TN-C-S является наиболее перспективной для практического применения, так как она позволяет обеспечить более высокий уровень электробезопасности по сравнению с системой TN-C и не требует проводить реконструкцию существующей электрической сети.

**Система TN-S** имеет N и PE проводники, которые работают раздельно по всей системе. В системе TN-S устройство защитного отключения может устанавливаться в любой точке сети. В трехфазных сетях переменного тока для реализации системы TN-S требуется применять пятипроводные линии во всей сети от источника питания до электроприемника. Это делает систему TN-S более дорогой и сложной (рис. 1.9.3).

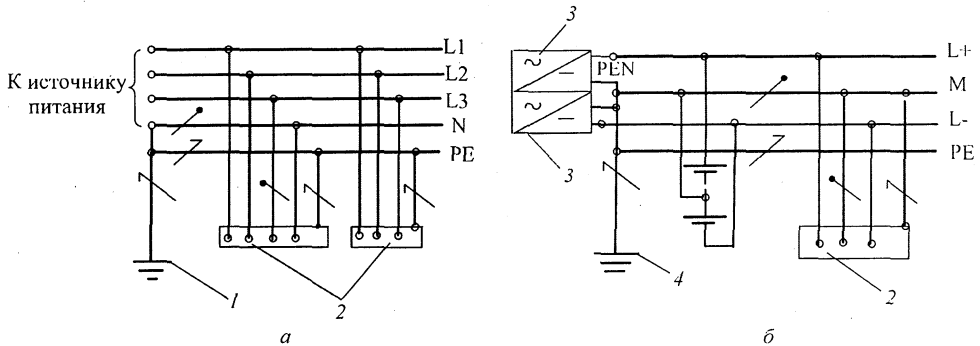


Рис. 1.9.3. Системы TN-S переменного (а) и постоянного (б) тока: 1 — заземлитель нейтрали источника переменного тока; 2 — открытые проводящие части; 3 — источники питания; 4 — заземлитель средней точки источника постоянного тока

**Система IT** — система с изолированной нейтралью (в установках постоянного тока с изолированной средней точкой), в которой нейтраль трансформатора или генератора изолирована от земли или заземлена через приборы или устройства, имеющие большое сопротивление. Открытые проводящие части электроустановки заземлены (присоединены к заземлителю, электрически независимому от заземлителя нейтрали трансформатора или генератора). Систему следует применять при недопустимости перерыва электроснабжения электроприемников. Так как наиболее частые аварии в сетях с глухозаземленной нейтралью — однофазные короткие замыкания, то применение сетей с изолированной нейтралью позволяет не нарушать работу электроприемников в

случае пробоя или нарушения изоляции в одной фазе. Сети с изолированными нейтральными применяются в шахтах, для передвижных установок, торфяных разработок, в отдельных цехах предприятий цветной металлургии и т. д.

Для сетей с изолированной нейтралью заземление корпусов электроприемников является обязательным. Кроме того, должен предусматриваться непрерывный контроль изоляции сети и обеспечена возможность быстрого отыскания замыканий на землю. В сетях системы IT предусматриваются защиты от сверхтоков, защита от замыканий на землю, могут применяться устройства защиты, реагирующие на дифференциальный ток. Защита от замыканий на землю должна действовать на отключение в тех случаях, когда это необходимо для обеспечения безопасности обслуживающего персонала.

**Система TT** — система, в которой нейтраль трансформатора или генератора глухо заземлена, а открытые проводящие части заземлены с помощью заземляющего устройства, электрически независимого от глухозаземленной нейтрали источника питания. Данная система заземления имеет ограниченную область применения. ГОСТ Р 50669—94 рекомендует использовать систему TT при проектировании и монтаже электроустановок зданий из металла (киосков, павильонов).

### 1.9.2. Схемы силовых и осветительных сетей

Электрические сети напряжением до 1 кВ на промышленных предприятиях делятся на сети для электроснабжения электросиловых и осветительных установок. Поэтому электрические сети называют силовыми и осветительными. Питание силовых и осветительных электроприемников при напряжении 380/220 В рекомендуется производить от общих трансформаторов при условии соблюдения требований ГОСТ 13109—97.

При напряжении 660 В возникает необходимость установки дополнительных трансформаторов 660/220 В и выполнения электрических сетей на напряжение 220 В для питания люминесцентных ламп, ламп накаливания, тиристорных преобразователей, установок контрольно-измерительных приборов и автоматики, средств автоматизации электродвигателей мощностью до 0,4 кВт и др.

**Схемы силовых сетей.** В соответствии с [1] и [13] силовые сети принято делить на питающие и распределительные.

*Питающая сеть* — сеть от РУ 0,4—0,69 кВ ТП до низковольтных устройств распределения электроэнергии: распределительных щитов, распределительных пунктов, щитов станций управления и т. д.

*Распределительная сеть* — сеть от низковольтных устройств распределения электроэнергии до электроприемников. Питающие и распределительные сети выполняются по радиальным, магистральным и смешанным схемам.

**Радиальные схемы** распределения электроэнергии (рис. 1.9.4) рекомендуется применять в случае:

- взрывоопасных, пожароопасных и пыльных производств;
- питания индивидуальных электроприемников: электродвигателей, электропечей, электросварочных установок и т. п.;
- для питания низковольтных устройств распределения электроэнергии, если они расположены в разных направлениях от источника питания.

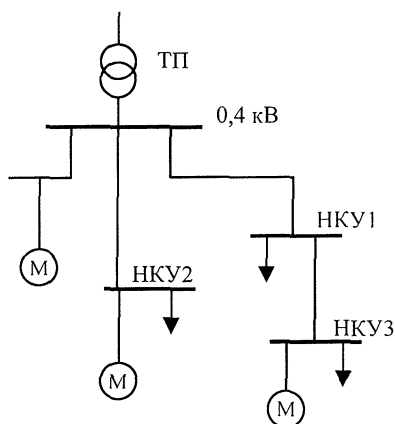


Рис. 1.9.4. Радиальная схема распределения электроэнергии

Электропроводки при радиальных схемах обычно выполняют кабелем или проводами. Недостатком радиальных схем является недостаточная гибкость, при всяких перемещениях технологического оборудования требуется переделка электрических сетей. Кроме того, РУ 0,4—0,69 кВ ТП получаются громоздкими, дорогими, с большим числом коммутационных аппаратов.

**Магистральные схемы** находят применение при нагрузках, распределенных по площади цеха. Выполняются они чаще всего шинпроводами. Данные схемы надежны, универсальны, позволяют производить перестановку производственно-технологического оборудования в цехах без существенного изменения электрических сетей.

По назначению шинпровода могут быть:

- магистральными — для присоединения распределительных шинпроводов, низковольтных комплектных устройств распределения и отдельных мощных электроприемников;
- распределительными — для присоединения электроприемников;
- троллейными — для питания передвижных электроприемников;
- осветительными — для питания светильников и электроприемников небольшой мощности.

В силовых сетях широкое применение нашли комплектные магистральные и распределительные шинпровода серий ШМА и ШРА. Номи-

нальная сила тока магистральных шинопроводов: 630, 1000, 1600, 2500, 4000, 6300 А. Номинальная сила тока ответвлений от магистральных шинопроводов: 160, 250, 400, 630, 1000, 1600, 2500, 4000 А. Номинальная сила тока распределительных шинопроводов: 100, 160, 250, 400, 630 А. Номинальная сила тока ответвлений: 25, 63, 100, 160, 250 и 400 А. Номенклатура ответвительных коробок предусматривает коробки с предохранителями, разъединителями, автоматическими выключателями [14].

Широкое применение получила схема блока «трансформатор—магистраль», выполненная с помощью комплектных магистральных или распределительных шинопроводов. Пример выполнения схемы блока «трансформатор—магистраль» приведен на рис. 1.9.5. В данной схеме распределительное устройство низкого напряжения подстанции либо отсутствует, либо выполняется с небольшим числом отходящих от него линий для питания освещения и некоторых электроприемников. К магистральному шинопроводу подключаются распределительные шинопроводы, НКУ и отдельные электроприемники большой мощности. К распределительным шинопроводам через ответвительные коробки подключаются НКУ и отдельные электроприемники.

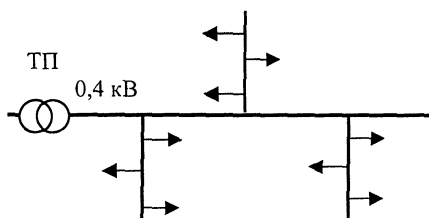


Рис. 1.9.5. Схема блока «трансформатор—магистраль»

Небольшое распределительное устройство низкого напряжения требуется при выполнении магистральной схемы с помощью нескольких распределительных шинопроводов (рис. 1.9.6).

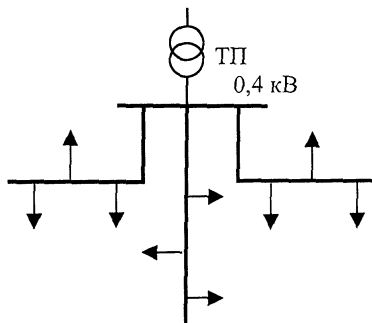


Рис. 1.9.6. Магистральная схема, выполненная распределительными шинопроводами

Примеры выполнения схем питающих и распределительных сетей приведены в табл. 1.9.2—1.9.4.







Таблица 1.9.4. Принципиальная схема распределительной сети, выполненная в соответствии с ГОСТ 21.613—88

Распределительное устройство	Аппарат отходящих линий (ввода): обозначен тип; I <sub>ном</sub> , А	Участок сети 1	Пусковой аппарат: обозначение; тип; I <sub>ном</sub> , А расцепитель или плавкая вставка; уставка теплового реле, А	Участок сети 2	Кабель, провод				Труба		Электроприемники					
					Обозначение	Марка	Количество, число жил, сечение	Длина, м	Обозначение	Длина, м	Обозначение на плане	R <sub>уст</sub> или R <sub>ном</sub> , кВт	I <sub>расч</sub> или I <sub>ном</sub> , I <sub>пуск</sub> , А	Наименование, тип, обозначение чертежа, принципиальной схемы		
ЩР2 ГВ ПР24- -7206-54 380/220 В	A3756Ф 160; 400	Участок сети 1	-	Участок сети 2	1	м270	АПВ	3(1×120)+ +1×70	-	Π270 80	-	40	75	Ввод от МГ1 ШМА4		
	A3716Ф 160; 80		43-КМ1 ПАЕ432		1	43м1	АВВГ	1(3×25+1×16)	25	-	-	-	-	-		
			43-ЯШ1		2	43м2	АВВГ	1(3×25+1×16)	2	-	-	-	-	-	-	
			ЯВЗШ 100		2	43м3	КРПГ	1(3×16+1×10)	7	-	-	43	31	ΔU= =3%	Преобразова- тель свароч.	
	АЕ2046 63; 16		44-КМ1 ПМЕ 122		1	44м1	АПВ	3(1×2,5)	15	-	-	44	2,2	-	Вентилятор вытяжной	
			51-ОФ1		2	44м2	АПВ	3(1×2,5)	5	-	-	-	-	-	-	-
			АП50Б-2МТ 63		1	51м1	АВВГ	1(2×2,5)	10	-	-	-	-	-	-	-
	A3716Ф 160; 40		15ЯУ Я5410 8-6		2	51м2	АВВГ	1(2×2,5)	5	-	-	-	51	0,06	-	Заслонка ПЕ-51
			15ЯК		1	15м1	АПВ	1(19×2,5)	8	-	-	-	-	-	-	-
					2	15м2	АКВВГ	4(1×2,5)	11	-	-	-	-	-	-	-
				-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
				2	15м3	АПВ	3(1×2,5)	6	-	б	15	2,0	-	Двигатель завдвижки		
				-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
				2	15м4	АПВ	7(1×2,5)	14	-	-	15- 581	-	-	Кнопка упра- вления завдвижки		
				-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
				2	15м5	АПВ	10(1×2,5)	20	-	-	15- ВК	-	-	Коробка ко- нечных вык- лючателей, завдвижки		

При разработке принципиальных схем руководствуются следующим:

- принципиальную схему выполняют в однолинейном изображении, при этом PEN проводник (N и PE проводники) отдельной линией (отдельными линиями) не изображают;
- в трехфазных трех-, четырех- и пятипроводных сетях изображение и обозначение фаз указывают только для одно- и двухфазных линий;
- условные графические обозначения электроприемников, пусковых и защитных аппаратов на принципиальной схеме, как правило, не изображают, а указывают над линией их буквенно-цифровое обозначение, типы и технические данные;
- электроприемники, подключаемые непосредственно к питающей магистрали, показывают на принципиальных схемах питающей сети;
- в графе «Магистраль» (см. табл. 1.9.2) указывают буквенно-цифровые обозначения магистрали, тип шинпровода и его номинальный ток (материал и сечение шин — для магистралей нетипового изготовления), напряжение;
- в графе «Распределительное устройство» (см. табл. 1.9.3, 1.9.4) указывают буквенно-цифровое обозначение распределительного пункта или распределительного шинпровода, его координаты по плану расположения электрооборудования (при необходимости), тип (для НКУ — обозначение чертежа общего вида, напряжение, установленную мощность  $P_{уст}$  и расчетный ток —  $I_{расч}$  — для пунктов, соединенных в цепочку).

Для сетей, где целесообразно выполнение принципиальных схем с учетом расположения электротехнологического оборудования в здании, сооружении; для совмещенных сетей силового электрооборудования и электрического освещения; для разветвленных сетей с несколькими напряжениями, частотами и т. д. допускается выполнение схем в произвольной форме.

**Схемы питания подвижных электроприемников.** Для питания электродвигателей подъемно-транспортных устройств (кранов, кран-балок, тельферов, передаточных тележек и др.) применяются троллейные линии, выполненные, как правило, троллейными шинпроводами.

Троллейные шинпровода серии ШТМ выпускаются на номинальные токи 200 и 400 А и предназначены для питания трехфазных и однофазных электроприемников. Каждая секция шинпровода представляет собой стальной короб, имеющий внизу сплошную щель. Внутри короба в пазах изолятора троллея монтируются четыре медных троллея — три фазных и один нулевой.

Питание троллейных сетей может производиться от распределительных устройств 0,4 кВ трансформаторных подстанций, от магистральных, распределительных шинпроводов или от НКУ. В точке подклю-

чения питающей линии к троллейной линии устанавливается коммутационный аппарат.

На рис. 1.9.7 изображены схемы питания троллейных линий [15]. При несекционированной троллейной линии подвод питания лучше осуществлять к средней части троллея, что позволяет уменьшить потери напряжения (рис. 1.9.7, *a*).

При питании от троллейной линии в пролете одного крана ремонтные секции не сооружаются, при питании двух кранов по концам троллейной линии обязательно предусматриваются ремонтные секции, присоединенные к основной троллейной линии с помощью рубильников (рис. 1.9.7, *б*). При питании от троллейной линии в пролете трех и более кранов необходимо устройство нескольких ремонтных секций. Их располагают вдоль троллейной линии и по ее концам (рис. 1.9.7, *в*, *г*). Передача электроэнергии от неподвижной троллейной линии к электродвигателям, установленным на передвигающихся частях механизмов, осуществляется токосъемниками, укрепленными с помощью изоляторов на механизме. Для троллейных линий, имеющих подпитку и секционирование, принципиальные схемы допускается выполнять в произвольной форме.

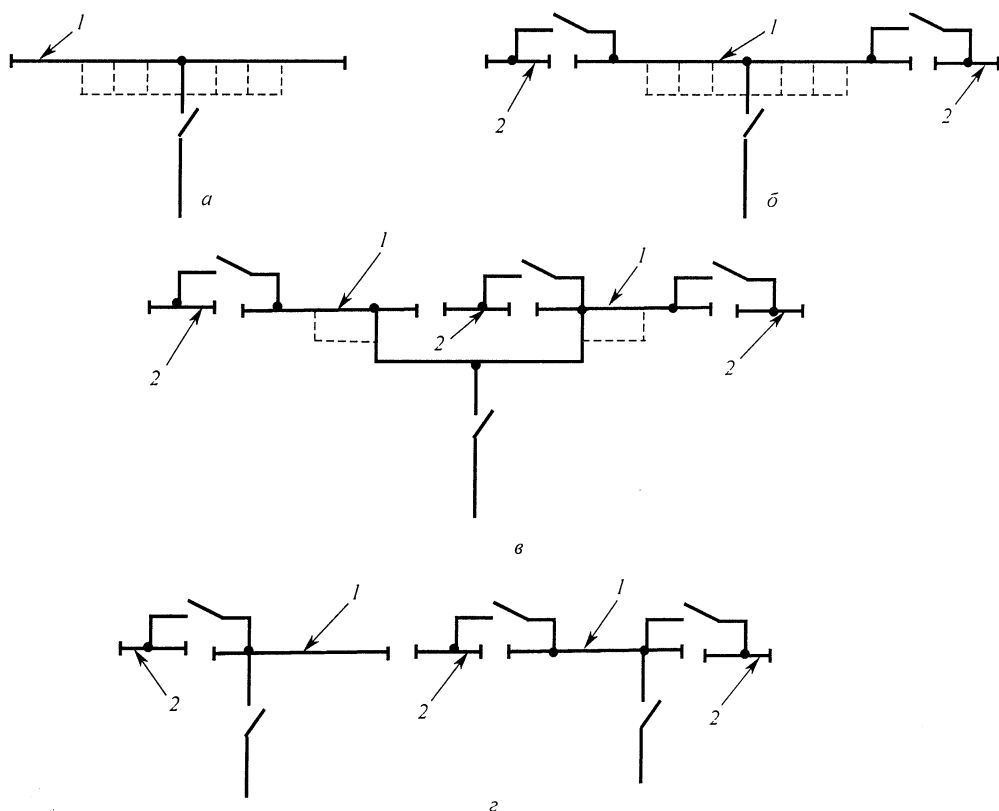


Рис. 1.9.7. Схемы троллейных линий: *a* — несекционированная; *б* — с двумя ремонтными секциями; *в*, *г* — с тремя ремонтными секциями; 1 — троллейная линия; 2 — ремонтные секции

**Схемы сетей электрического освещения.** Установки освещения делятся на внутренние и наружные. Установки внутреннего освещения предназначены для освещения производственных, административных, жилых и общественных зданий и помещений. Установки наружного освещения предназначены для освещения территорий предприятий и учреждений, городов, поселков и т. д.

Установки внутреннего освещения делятся на установки рабочего и аварийного освещения. Рабочее освещение служит для освещения помещений в целом и рабочих поверхностей. Аварийное освещение может быть освещением безопасности и эвакуационным освещением.

Освещение безопасности предназначено для продолжения работы при аварийном отключении рабочего освещения. Светильники рабочего освещения и освещения безопасности должны получать питание от независимых источников питания. Эвакуационное освещение предназначено для обеспечения безопасной эвакуации людей по основным проходам, оснащенным световыми указателями «выход», и предусматривается в производственных помещениях, где может одновременно находиться более двадцати человек.

Электрические сети освещения делятся на питающие, распределительные и групповые сети.

*Питающая осветительная сеть* — сеть от РУ подстанции до вводного устройства (ВУ), вводно-распределительного устройства (ВРУ) или главного распределительного щита (ГРЩ).

*Распределительная сеть* — сеть от ВУ, ВРУ, ГРЩ до распределительных пунктов, щитков и пунктов питания наружного освещения.

*Групповая сеть* — сеть от распределительных пунктов, щитков до светильников, штепсельных розеток и других электроприемников.

**Питающая и распределительная сети освещения.** Питание установок внутреннего освещения рекомендуется выполнять от распределительных устройств подстанций, щитов, магистральных и распределительных шинопроводов самостоятельными линиями, выполненными проводами или кабелями.

Сети наружного освещения могут получать питание от распределительных устройств подстанций, распределительных пунктов и вводно-распределительных устройств и выполняются кабельными или воздушными линиями (с использованием самонесущих изолированных проводов). Линии наружного освещения могут прокладываться на существующих опорах, принадлежащих электросетевым организациям, по опорам контактной сети электрифицированного транспорта (с помощью кабельных линий или самонесущих изолированных проводов), на инженерных сооружениях (мостах, транспортных эстакадах и т. д.).

Питающие и распределительные сети внутреннего и наружного освещения выполняются трехфазными четырех- или пятипроводными в зависимости от используемой системы заземления.

Рабочее освещение рекомендуется питать по линиям, не связанным с силовыми установками. Все виды освещения допускается питать от общих линий с электросиловыми установками или от силовых распределительных пунктов, за исключением сетей в производственных зданиях без естественного освещения. В местах присоединения линий питающей осветительной сети к линии питания электросиловых установок или к силовым распределительным пунктам должны устанавливаться аппараты защиты и управления. Если питающая и распределительная осветительная сети выполняются шинопроводами, групповые щитки могут не предусматриваться. Вместо них могут применяться аппараты защиты и управления для питания групп светильников. Применение для питания рабочего освещения, освещения безопасности и эвакуационного освещения общих групповых щитков не допускается. Для освещения безопасности и эвакуационного освещения допускается использование общих щитков.

На рис. 1.9.8 приведена схема питающей и распределительной сетей внутреннего освещения. С первой секции шин 0,4 кВ двухтрансформаторной подстанции получает питание щит освещения, с шин которого по магистральной или радиальной схемам запитываются групповые щитки рабочего освещения. Щиток аварийного освещения получает питание от второй секции шин 0,4 кВ ТП. Аварийное освещение должно включаться автоматически при аварийном отключении рабочего освещения.

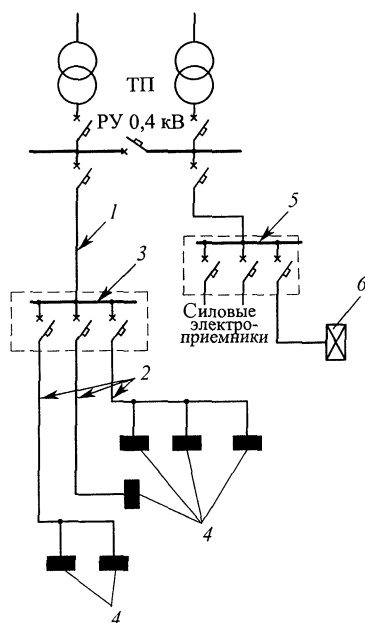


Рис. 1.9.8. Схема питающей и распределительной сети освещения: 1 — питающая сеть; 2 — распределительная сеть; 3 — щит рабочего освещения; 4 — групповые щитки рабочего освещения; 5 — распределительный пункт; 6 — щиток аварийного освещения

На рис. 1.9.9 показана возможность подключения рабочего освещения к головному участку магистрального шинпровода. Питание аварийного освещения в этом случае рекомендуется выполнять от другой ТП или иного независимого источника питания.

Схема перекрестного питания освещения от двух ТП приведена на рис. 1.9.10. Рабочее и аварийное освещение получают питание самостоятельными линиями от разных трансформаторных подстанций. Аварийное освещение в производственных зданиях допускается подключать к распределительным пунктам, шинпроводам, за исключением производственных зданий без естественного освещения.

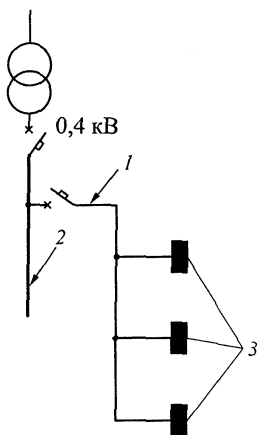


Рис. 1.9.9. Схема питания сети освещения от шинпровода: 1 — питающая сеть; 2 — шинпровод; 3 — групповые щитки рабочего освещения

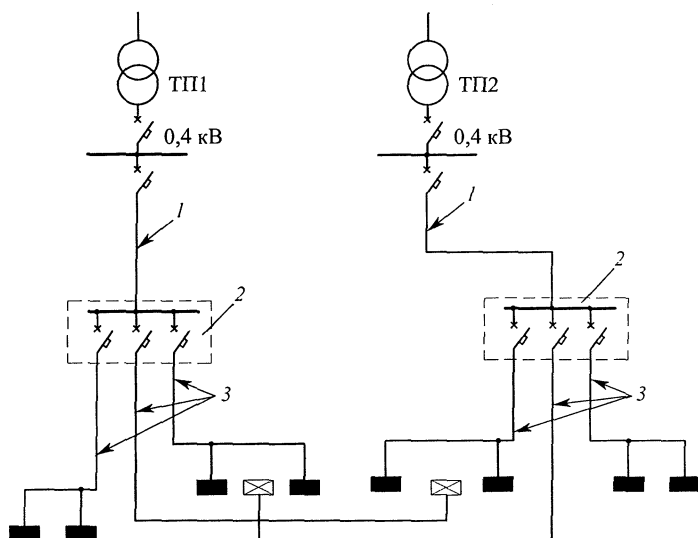


Рис. 1.9.10. Схема перекрестного питания освещения от двух трансформаторных подстанций: 1 — питающая сеть освещения; 2 — щит освещения; 3 — распределительная сеть освещения

В соответствии с ГОСТ 21.608—84 и ГОСТ 21.607—84 принципиальные схемы питающих и распределительных сетей освещения выполняются в однолинейном исполнении, при этом может учитываться расположение электрического оборудования по частям и этажам здания.

Примеры выполнения питающей сети внутреннего и наружного освещения приведены на рис. 1.9.11 и 1.9.12.

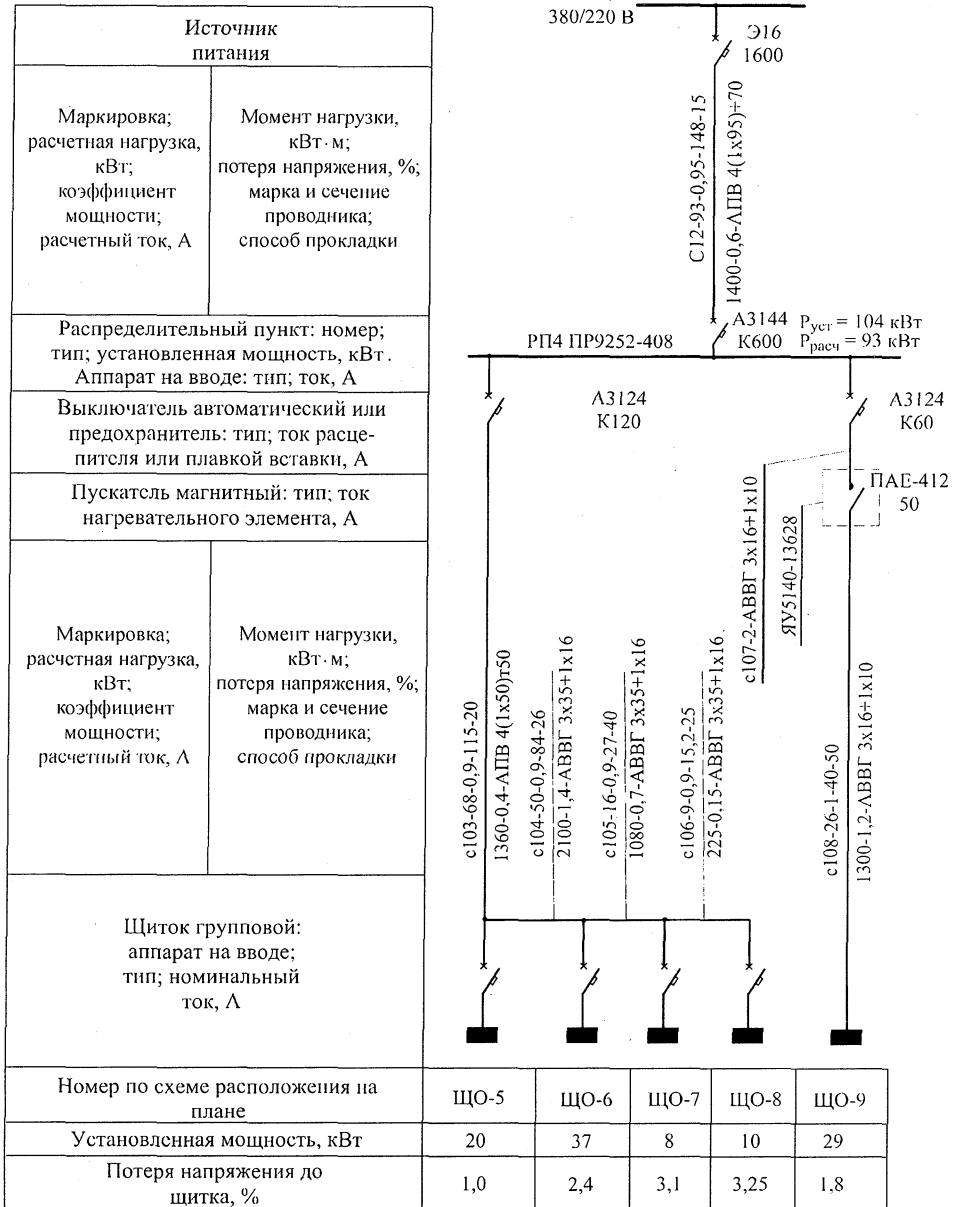


Рис. 1.9.11. Пример оформления принципиальной схемы питающей сети в соответствии с ГОСТ 21.608—84

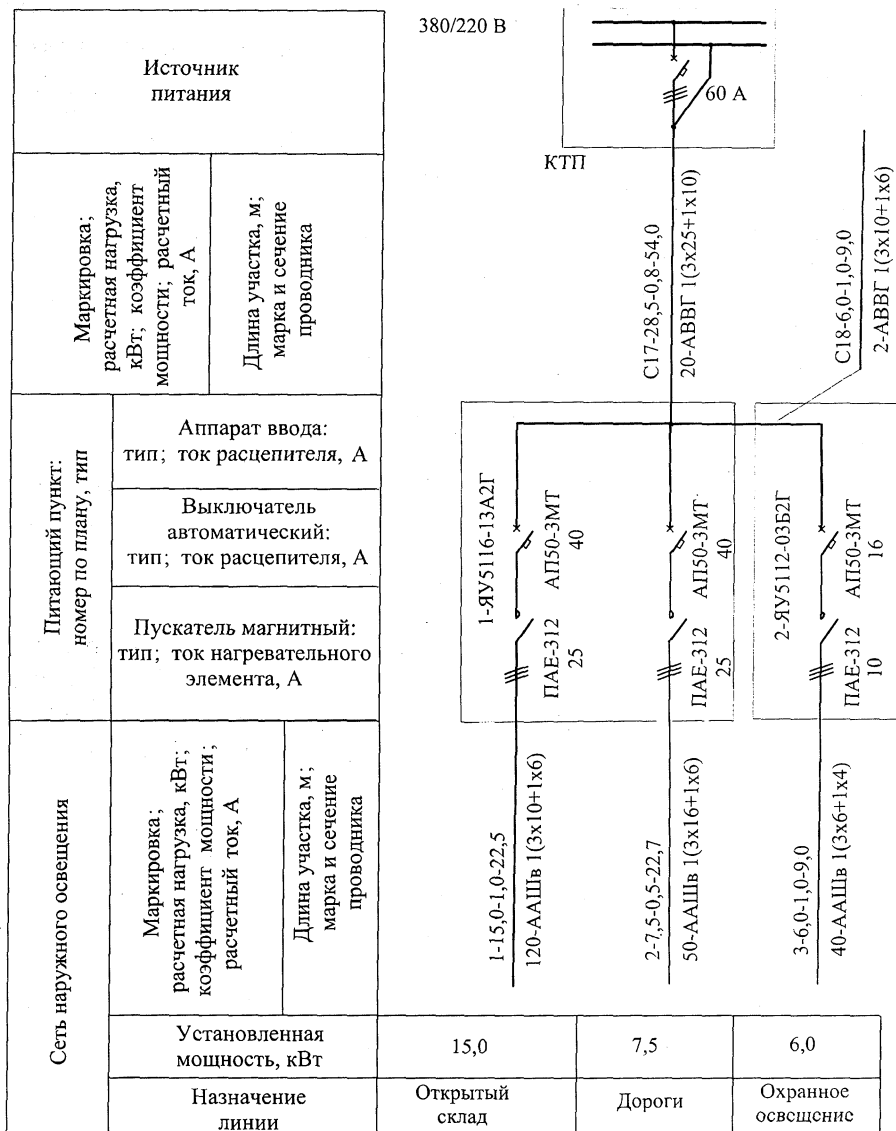


Рис. 1.9.12. Пример оформления принципиальной схемы питания освещения территории в соответствии с ГОСТ 21.607—82

Групповая сеть освещения предназначена для питания отдельных групп светильников, штепсельных розеток и стационарных электроприемников, выполняется в одно-, двух- или трехфазном исполнении. Распределение нагрузки по фазам групповой сети должно быть равномерным.

Число источников света на фазу не должно превышать значений, указанных в табл. 1.9.5. В начале каждой групповой линии должны быть установлены аппараты защиты во всех фазных проводниках. Уста-



Таблица 1.9.5. Число источников света на фазу в зависимости от назначения групповой линии и источника света

Назначение групповой линии	Источники света	Число источников света на фазу, не более
Для питания источников света и штепсельных розеток	Лампы накаливания, лампы ДРЛ, ДРИ, ДРИЗ, Днат	20
Для производственных, общественных, жилых зданий, освещения лестниц, этажных коридоров, холлов, технических подполий и чердаков	Лампы накаливания мощностью до 60 Вт	60
Для питания световых карнизов, световых потолков	Лампы накаливания	60
Для питания световых карнизов, световых потолков, светильников с люминесцентными лампами	Люминесцентные лампы мощностью до 80 Вт	60
То же	Люминесцентные лампы мощностью до 40 Вт	75
» »	Люминесцентные лампы мощностью до 20 Вт	100

новка аппаратов защиты в PEN, PE и N проводниках запрещается. В групповых линиях, питающих лампы мощностью 10 кВт и более, каждая лампа должна иметь самостоятельный аппарат защиты. Применение для аварийного и рабочего освещения общих групповых щитков не допускается.

## **2. СХЕМЫ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ ГОРОДОВ**

---

### **2.1. Основные принципы построения системы электроснабжения города**

Требования, предъявляемые к системам электроснабжения городов, и принципы их построения во многом соответствуют требованиям, перечисленным выше.

Система электроснабжения города формируется десятилетиями. По мере развития города развивается перспективная схема электроснабжения и схема развития электрических сетей города, которые строятся на основе уже существующей системы электроснабжения, с учетом возможностей источников питания, расположения подстанций с первичным напряжением 35 кВ и выше и согласовываются со схемой развития сетей энергосистемы. В генеральном плане города предусматривается территория для объектов электросетевого назначения (площадки подстанций, зона для кабельных линий, коридоры для воздушных линий электропередачи и т. п.).

Вопросы электроснабжения города решаются комплексно, с учетом возможностей использования подстанций и распределительных пунктов системы электроснабжения города для питания промышленных предприятий, расположенных на территории города.

Схема электроснабжения должна предусматривать возможности поэтапного создания за определенный срок и последующего ее развития без кардинального переустройства. При проектировании системы электроснабжения необходимо использовать более простые схемы распределения электрической энергии и применять повышенные напряжения. Подстанции следует максимально приближать к центрам электрических нагрузок районов города, при необходимости применять схемы глубоких вводов напряжением 35 кВ и выше.

Напряжения городских сетей выбираются с учетом: концепции развития города; наименьшего числа ступеней трансформации электрической энергии; технических характеристик источников питания, плотности и величины нагрузок и т. п. В любых случаях следует сокращать число трансформаций электроэнергии. Для большинства городов наиболее целесообразной является система напряжений 110—220/10 кВ, для крупнейших городов 500/220—110/10 кВ или 330/110/10 кВ. В су-

ществующих сетях следует стремиться к переводу сетей напряжением 35 кВ на напряжения 110 или 220 кВ.

Для городских распределительных сетей рекомендуется применять напряжение не ниже 10 кВ. Напряжение 6 кВ во вновь проектируемых сетях применяться не должно. При расширении и реконструкции действующих сетей 6 кВ рекомендуется переводить их на напряжение 10 кВ с использованием установленного оборудования при соответствии его характеристик напряжению 10 кВ.

Напряжение 20 кВ в городских распределительных сетях впервые в России применено в сетях Московской области в 2003 г. Использование этого напряжения должно быть обосновано технико-экономическими расчетами.

Сети до 1 кВ выполняются на напряжение 380 В с глухим заземлением нейтрали. Напряжение 660 В при проектировании городских сетей не применяется.

## 2.2. Структурная схема электроснабжения города

Схему электроснабжения города принято делить на следующие составные части (рис. 2.2.1): электроснабжающая сеть города напряжением 35—220 кВ; питающая электрическая сеть 10(6) кВ; распределительная электрическая сеть 10(6) кВ; и распределительная сеть 380 В.

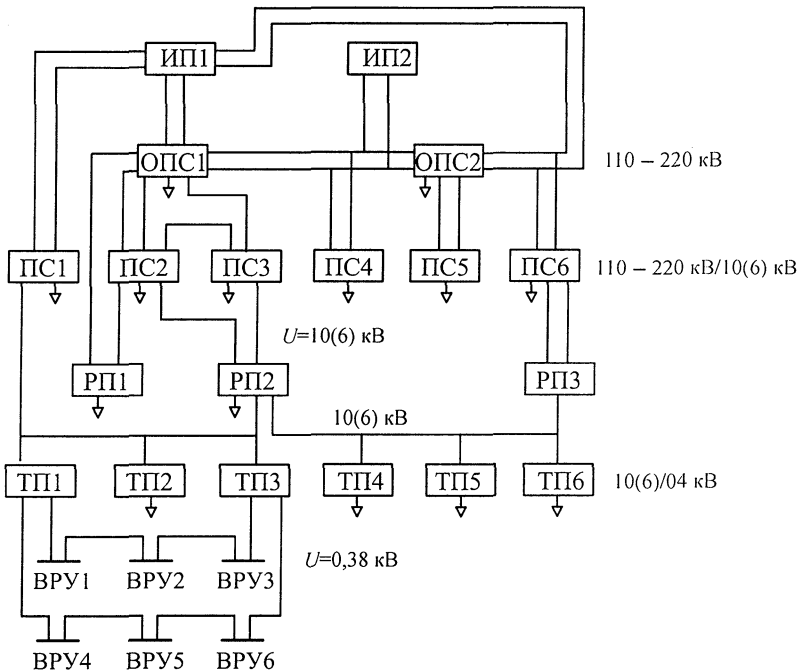


Рис. 2.2.1. Структурная схема электроснабжения крупного города

*Электроснабжающей сетью города* являются линии электропередачи напряжением 35—220 кВ вместе с опорными подстанциями и подстанциями глубокого ввода.

*Опорной подстанцией* (ОПС) называется подстанция, получающая электроэнергию от источника питания и распределяющая ее по кольцевой или магистральной сети по подстанциям глубокого ввода

*Питающая сеть 10(6) кВ* состоит из линий электропередачи от шин 10(6) кВ опорных подстанций или ПГВ до шин 10(6) кВ РП и связей между РП

*Распределительная сеть 10(6) кВ* — сеть от шин 10(6) кВ РП до трансформаторных подстанций 10(6) кВ.

*Распределительная сеть 380 В* — сеть от шин 0,4 кВ ТП до вводных распределительных устройств зданий и сооружений.

### 2.3. Электроснабжающая сеть города

Электроснабжающая сеть города выполняет двойственную роль: с одной стороны, с ее помощью осуществляется параллельная работа источников питания, с другой — электроснабжающая сеть используется для распределения электроэнергии среди районов города. Особенности ее построения определяются местными условиями: технической характеристикой источников питания, размерами города, величиной и плотностью нагрузки.

Для крупных городов электроснабжающая сеть выполняется в виде кольцевой или магистральной сети с двухсторонним питанием. Источниками питания служат подстанции энергосистемы или электрические станции. Кольцевое исполнение линии обеспечивает надежную и гибкую систему электроснабжения города, а также достаточно экономичное развитие электроснабжающей сети с ростом нагрузки отдельных районов города.

Напряжение кольцевой сети определяется размерами города. Для крупных и крупнейших городов сеть выполняется на напряжение 110—220 кВ и выше. Существующие сети напряжением 35 кВ, как правило, переводятся на напряжение 110 кВ.

Кольцевая сеть 110 кВ и выше должна быть связана по сети внешнего электроснабжения не менее чем с двумя территориально удаленными, независимыми источниками питания через разные опорные подстанции. Опорные подстанции рекомендуется располагать в противоположных местах кольцевой сети. Линии связи кольцевой сети с опорными подстанциями должны сооружаться по разным трассам. Пример выполнения электроснабжающей сети города приведен на рис. 2.3.1.

Увеличение пропускной способности кольцевой сети производится либо сооружением дополнительных подстанций, связанных с энерго-

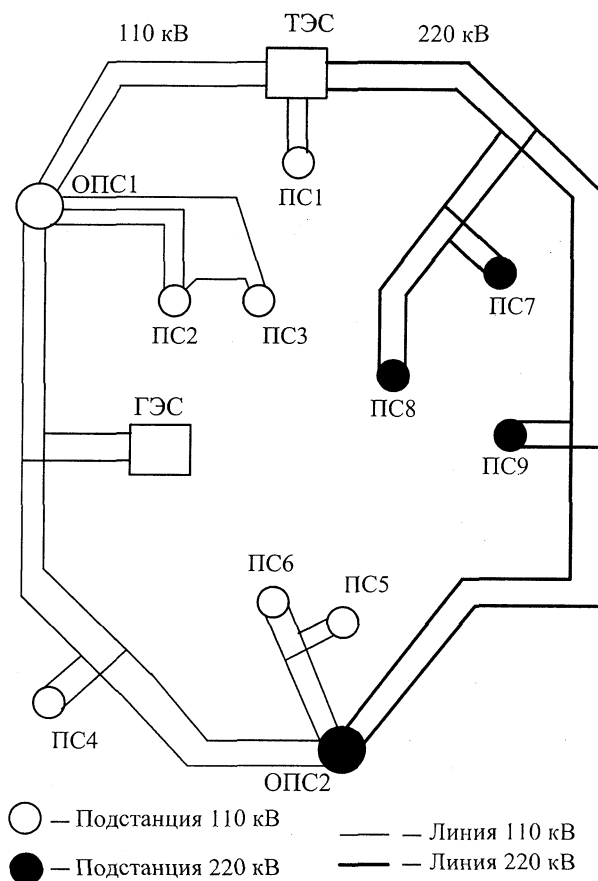


Рис. 2.3.1. Электроснабжающая сеть города

системой, либо усилением отдельных участков кольца за счет дополнительных кольцевых линий или создания новой кольцевой сети более высокого напряжения. К одной линии электропередачи с двухсторонним питанием рекомендуется присоединять не более трех подстанций при условии сохранения питания потребителей при аварийном отключении любого участка линии [19].

Для питания отдельных районов города сооружаются глубокие вводы напряжением 110—220 кВ. В зависимости от местных условий питание подстанций глубокого ввода может предусматриваться от разных секций шин одной или разных опорных подстанций, а также ответвлениями от кольцевой сети с двухсторонним питанием. Подстанции глубокого ввода необходимо выполнять двухтрансформаторными. Допускается применение однотрансформаторных подстанций, если может быть обеспечена требуемая надежность электроснабжения потребителей.

Принципиальные схемы глубоких вводов представлены на рис. 2.3.2. Радиальная схема глубокого ввода (рис. 2.3.2, а) предусмат-

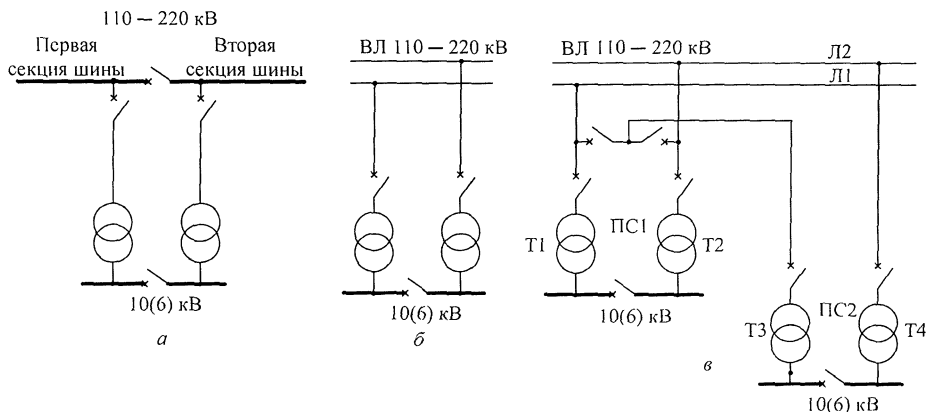


Рис. 2.3.2. Схемы глубокого ввода 110—220 кВ: а — радиальная схема; б — магистральная схема; в — магистральная схема с питанием ТЗ от ПС1

ривает использование на подстанции упрощенных схем первичной коммутации. Магистральная схема питания ПГВ (рис. 2.3.2, б) требует установки на ПГВ коммутационных аппаратов, позволяющих отключать трансформатор при повреждениях в нем. На рис. 2.3.2, в приведена магистральная схема с питанием трансформатора ТЗ подстанции ПС2 от подстанции ПС1. Два выключателя в перемычке подстанции ПС1 позволяют подключать ТЗ к одной из двух линий 110—220 кВ.

Использование глубоких вводов связано с дроблением подстанций 35—220 кВ. При этом увеличивается стоимость сети 35—220 кВ, но резко сокращаются затраты, вкладываемые в сеть 10(6) кВ, за счет уменьшения протяженности сети, снижения числа распределительных подстанций 10(6) кВ, потерь мощности, энергии, напряжения.

Мощность трансформаторов подстанций должна соответствовать [19]: при питании по воздушным линиям электропередачи напряжением 110 кВ не менее 25 МВ·А, по линиям 220 кВ не менее 40 МВ·А; при питании по кабельным линиям 110—220 кВ не менее 40 МВ·А.

## 2.4. Схемы питающих и распределительных электрических сетей 10(6) кВ

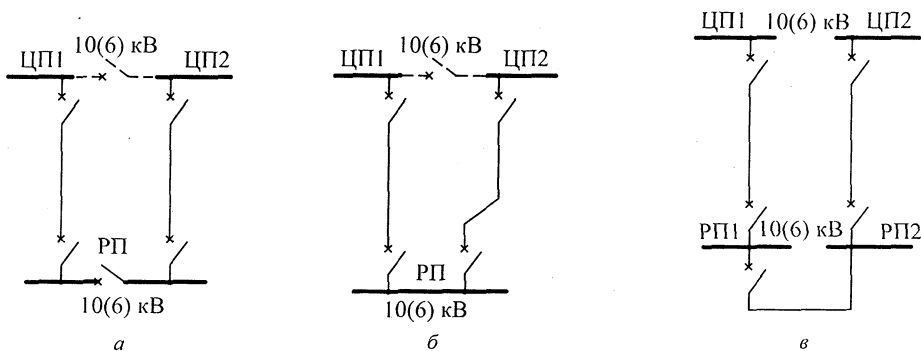
### Схемы питающих электрических сетей 10(6) кВ

Назначение питающих электрических сетей — концентрированная передача мощности в районы, удаленные от подстанций глубокого ввода и опорных подстанций. Питающие электрические сети состоят из распределительных пунктов и линий электропередачи, питающих эти пункты.

Целесообразность сооружения распределительных пунктов должна определяться в каждом конкретном случае технико-экономическими расчетами. Допускается применение распределительных пунктов при нагрузке на их шинах не менее 7 МВт при напряжении 10 кВ, не менее 4 МВт при напряжении 6 кВ [19]. Распределительные пункты на 10(6) кВ обычно выполняются с одной системой шин (секционированной или несекционированной).

Питание распределительных пунктов осуществляется по радиальным схемам от разных секций шин 10(6) кВ опорных подстанций или подстанций глубокого ввода либо от разных подстанций. Шины 10(6) кВ ОПС или ПГВ называют **центром питания (ЦП)**.

На рис. 2.4.1 представлены радиальные схемы питания распределительных пунктов. В схеме питания, показанной на рис. 2.4.1, а, питающие линии могут работать параллельно и раздельно. При параллельной работе линий обеспечивается минимум потерь электроэнергии в питающей сети. Такой режим обеспечивается включенными секционными выключателями на ЦП и РП или питанием обеих линий от одной секции шин ЦП. В последнем случае при повреждении шин прерывается электроснабжение потребителей.



**Рис. 2.4.1.** Радиальные схемы питания РП 10(6) кВ: а — РП с секционированной системой шин при раздельной или параллельной работе питающих линий; б — РП с несекционированной системой шин с резервной питающей линией; в — РП с несекционированной системой шин с резервированием по связям между РП

При раздельной работе линий предполагается режим разомкнутого секционного выключателя на распределительном пункте и в центре питания. Питание потребителей при исчезновении напряжения на одной из секций шин РП восстанавливается путем автоматического включения секционного выключателя. Если на распределительной подстанции используется несекционированная система шин, то резервирование осуществляется путем использования резервной питающей линии (рис. 2.4.1, б) либо путем горизонтальных связей между разными распределительными пунктами (рис. 2.4.1, в). И в том, и в другом случае может предусматриваться устройство АВР.

## Схемы распределительных сетей 10(6) кВ [19]

Для электроснабжения электроприемников первой категории используются следующие схемы (рис. 2.4.2):

- радиальная (рис. 2.4.2, а);
- двухлучевая с односторонним питанием (рис. 2.4.2, б);
- двухлучевая с двухсторонним питанием (рис. 2.4.2, в);
- трехлучевая с двухсторонним питанием (рис. 2.4.2, г).

Во всех вариантах исполнения сети электроснабжение потребителей не прекращается при повреждениях на линии 10(6) кВ или в трансформаторе, так как в схеме предусматривается АВР на секционном выключателе

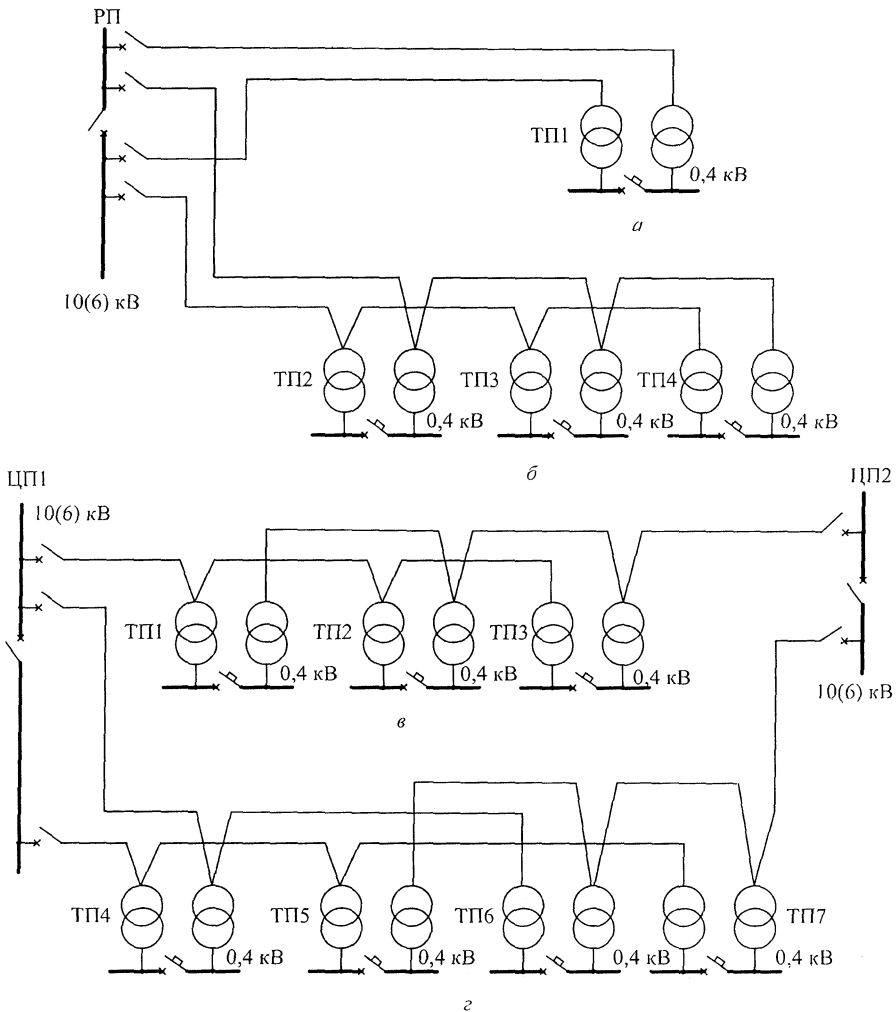


Рис. 2.4.2. Схемы питания трансформаторных подстанций в городских сетях: а — радиальная; б — двухлучевая с односторонним питанием; в — двухлучевая с двухсторонним питанием; г — трехлучевая с двухсторонним питанием



чателе РП 10(6) кВ и на стороне 0,38 кВ ТП. Схемы с АВР называют автоматизированными схемами.

Для электроснабжения электроприемников второй категории применяются петлевые и кольцевые схемы питания. При этом на подстанции устанавливается, как правило, один трансформатор (рис. 2.4.3, а, б). Допускается применение двухлучевых и других автоматизированных схем, рекомендованных для электроприемников первой категории, если их применение приводит к увеличению приведенных затрат на сооружение сети не более чем на 5 %.

Для электроснабжения районов с электроприемниками первой и второй категорий рекомендуется применение комбинированной петлевой и одно- или двухлучевой схемы (рис. 2.4.3, в).

Для районов с электроприемниками третьей категории рекомендуются петлевые схемы.

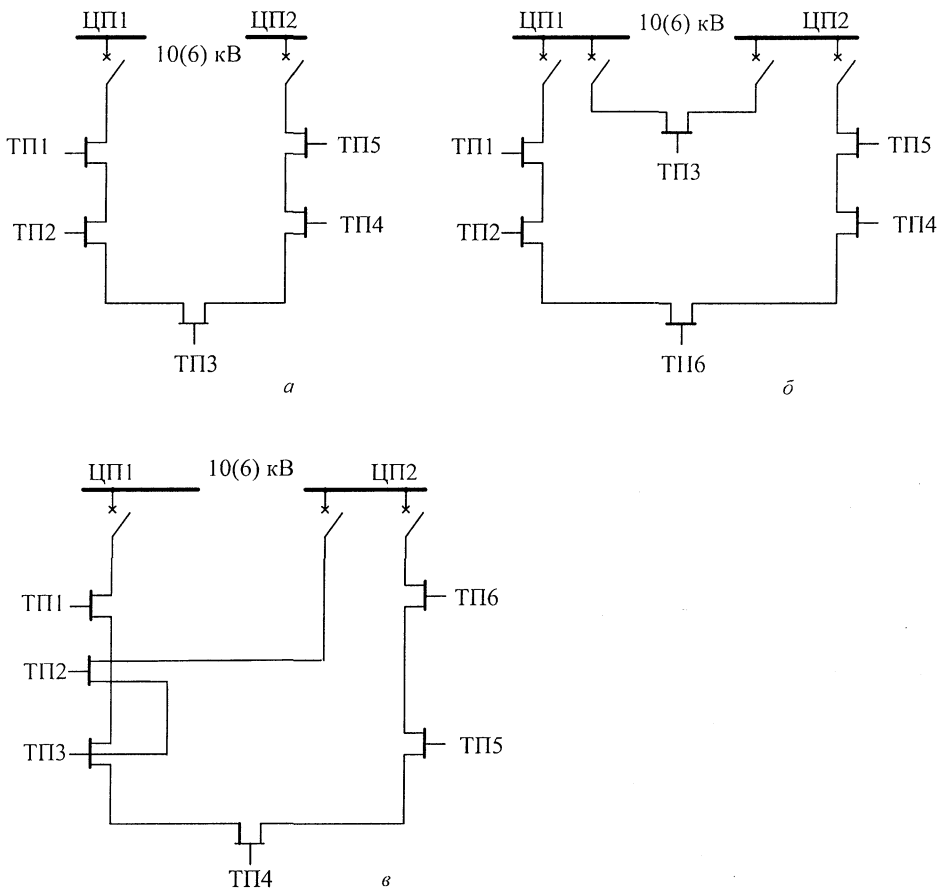


Рис. 2.4.3. Схемы питания трансформаторных подстанций в городских сетях: а — петлевая; б — кольцевая; в — комбинированная петлевая и однолучевая

### Автоматизация распределительной сети 10(6) кВ

В городских электрических сетях для передачи электрической энергии часто применяют воздушные линии. Одним из основных путей повышения надежности работы распределительных воздушных электрических сетей 10(6) кВ является их секционирование и автоматизация. Схема с автоматическим секционированием и резервированием называется **схемой с сетевым АВР**. Традиционно автоматизация электрической сети выполняется с помощью выключателей, устанавливаемых в петлевых и кольцевых сетях в точке токораздела, для чего могут использоваться пункты секционирования, комплектные распределительные ячейки К-112, К-112М и др.

Для этой же цели могут быть применены выключатели-реклоузеры, которые устанавливаются на опоре совместно с устройствами современной релейной защиты и автоматики и соответствующими средствами связи. Выпуск реклоузеров с выключателями ВВ/TEL на номинальный ток 630 А и ток отключения 16 кА освоила фирма «Таврида Электрик».

### 2.5. Схемы электрических сетей на 0,38 кВ

Питание электроприемников первой категории следует осуществлять от разных трансформаторных подстанций, присоединенных к независимым источникам питания (на рис. 2.5.1 этому условию соответствуют вводные распределительные устройства ВЗ, В5). При этом необходимо предусматривать необходимые резервы в пропускной способности элементов схемы в зависимости от нагрузок электроприемников первой категории. На шинах 0,38 кВ двухтрансформаторных ТП и непосредственно у потребителя должно быть предусмотрено АВР (возможные варианты выполнения схем АВР на шинах 0,38 кВ на контакторах и автоматических выключателях показаны на рис. 2.5.2, а, б).

Для электроприемников второй категории рекомендуются к применению петлевые схемы на 0,38 кВ в сочетании с петлевыми схемами на стороне 10(6) кВ. При этом линии 0,38 кВ в петлевых схемах могут присоединяться к одной или разным ТП. Рекомендуется параллельная работа трансформаторов на напряжении 0,38 кВ по схеме «со слабыми» связями или по полузамкнутой схеме при условии обслуживания указанных сетей 0,38 кВ электроснабжающей организацией.

Для электроприемников третьей категории рекомендуется схема одиночной магистрали с односторонним питанием. При применении в сети 0,38 кВ воздушных линий электропередачи резервирование линий может не предусматриваться. При применении кабельных линий должна учитываться возможность использования временных шланговых кабелей.

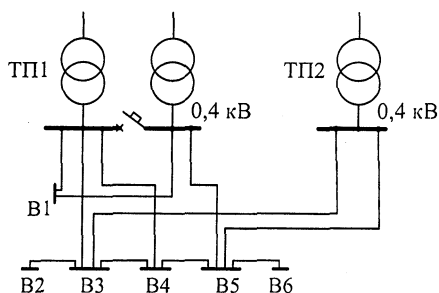
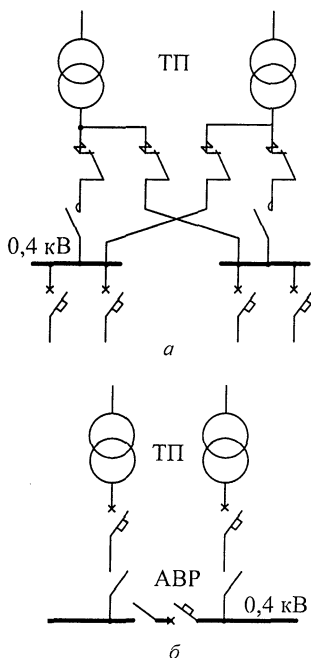


Рис. 2.5.1. Схема распределения электрической энергии

Рис. 2.5.2. Варианты выполнения АВР:  
а — с контакторами; б — с автоматическими выключателями

**Электроснабжение жилых, общественных, административных и бытовых зданий.** Питание электроприемников должно осуществляться от сети 380/220 В с системой заземления TN-S или TN-C-S [3]. На вводе в здание должно быть установлено вводное устройство, вводно-распределительное устройство или главный распределительный щит. В здании может устанавливаться одно или несколько ВУ или ВРУ. При воздушном вводе должны устанавливаться ограничители перенапряжений.

На ВУ, ВРУ на всех вводах питающих линий должны быть установлены аппараты защиты (при необходимости — аппараты управления). На отходящих линиях допускается установка одного аппарата защиты (при необходимости — аппарата управления) для нескольких линий. Электрические цепи в пределах ВУ, ВРУ, ГРЩ, распределительных

пунктов и групповых щитков, а также внутренние электропроводки следует выполнять проводами и кабелями с медными жилами

Во всех зданиях линии групповой сети, прокладываемые от групповых, этажных и квартирных щитков до светильников общего назначения, штепсельных розеток и стационарных электроприемников, должны выполняться трехпроводными (фазный L, нулевой рабочий N и нулевой защитный PE проводники).

**Запрещается объединение нулевых рабочих и нулевых защитных проводников различных групповых линий!**

**Нулевой рабочий и нулевой защитный проводники не допускается подключать к проводникам под общий контактный зажим!**

Минимально допустимые сечения N и PE проводников определяют Правила устройства электроустановок.

**Применение устройств защитного отключения (УЗО) в электроустановках жилых и общественных зданий** позволяет обеспечить высокую степень защиты людей от поражения электрическим током при прямом и косвенном прикосновении и снизить пожарную опасность электроустановок. УЗО реагируют на дифференциальный ток (на разность токов в фазных и нулевом рабочем проводниках в пятипроводной сети и фазном и нулевом рабочем проводниках — в трехпроводной сети).

УЗО представляет собой коммутационный аппарат, который при достижении (превышении) дифференциальным током заданного значения должен приводить к отключению электрической цепи. Необходимость применения УЗО, место установки и номинальный ток срабатывания определяются проектной организацией в соответствии с требованиями заказчика и утвержденными в установленном порядке нормативными документами. Промышленностью выпускаются УЗО в виде самостоятельных аппаратов и в виде дополнительного элемента к автоматическому выключателю. Автоматические выключатели с УЗО называются дифференциальными.

При установке УЗО последовательно в сети (при двух- и многоступенчатой схемах) должны выполняться требования селективности. УЗО, расположенное ближе к источнику питания, должно иметь уставку и время срабатывания не менее чем в три раза большую, чем у УЗО, расположенного ближе к потребителю. В зоне действия УЗО нулевой рабочий проводник не должен иметь соединений с заземленными элементами и нулевым защитным проводником.

Не допускается применять УЗО в четырех проводных трехфазных цепях (система TN-C). В случае необходимости применения УЗО для отдельных электроприемников, получающих питание от системы TN-C, защитный PE проводник электроприемника должен быть подключен к PEN проводнику цепи, питающей электроприемник до защитно-коммутационного аппарата. Примеры выполнения УЗО в квартирах приведены на рис. 2.5.3—2.5.6 [22].

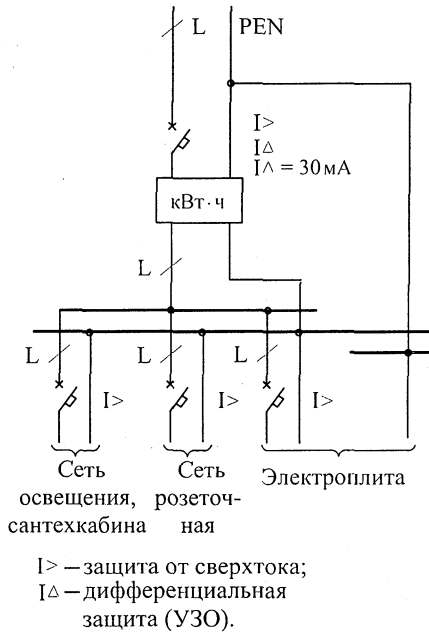


Рис. 2.5.3. Схема электроснабжения квартиры при отсутствии РЕ проводника в розеточной сети для существующего жилого фонда

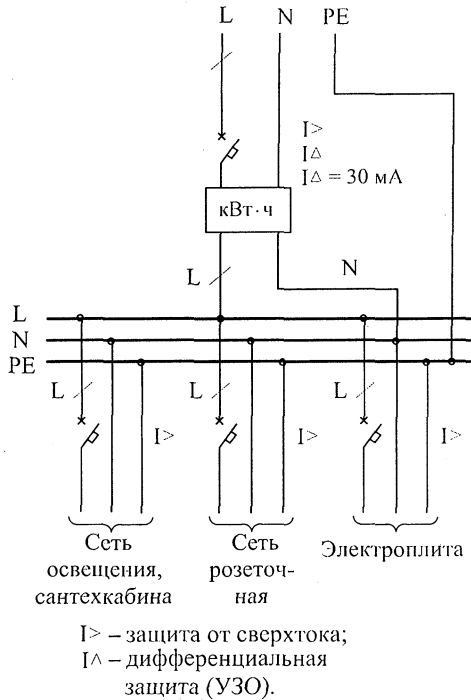


Рис. 2.5.4. Схема электроснабжения квартиры с системой TN-C-S

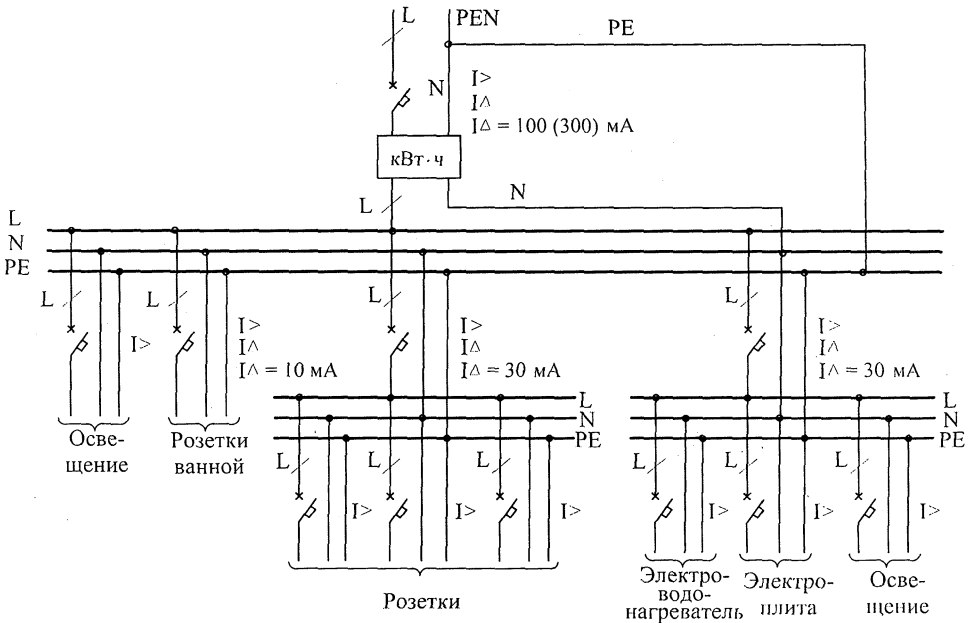


Рис. 2.5.5. Схема электроснабжения квартиры повышенной комфортности с однофазным вводом с системой TN-C-S

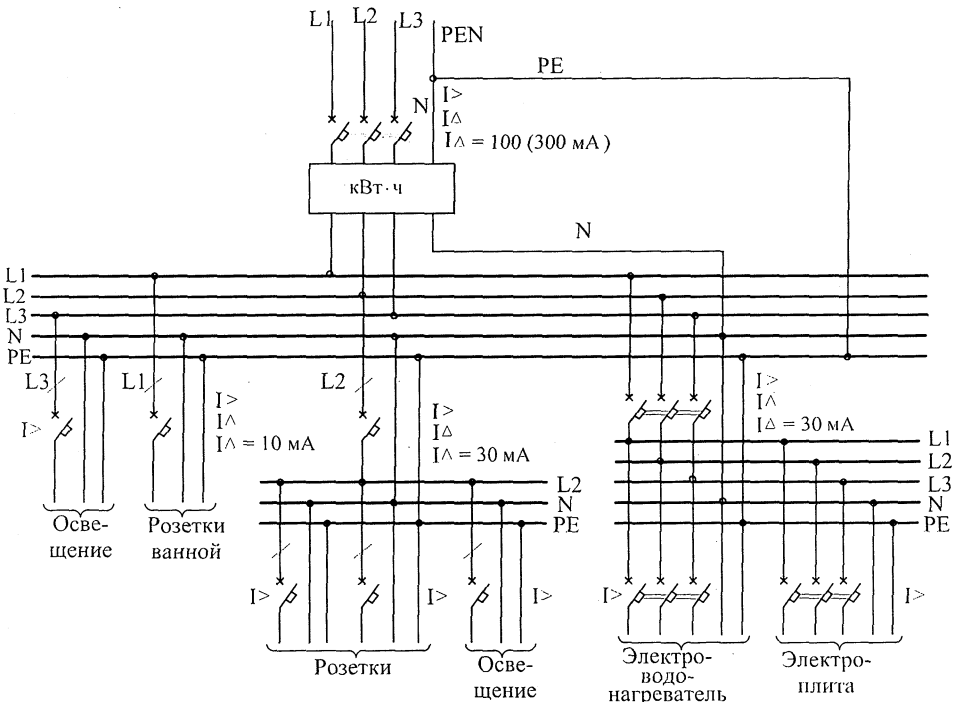


Рис. 2.5.6. Схема электроснабжения квартиры повышенной комфортности с трехфазным вводом с системой TN-C-S

## 3. ПОДСТАНЦИИ СИСТЕМ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ

### 3.1. Классификация подстанций

Функционально подстанции делятся на трансформаторные, преобразовательные и распределительные.

*Трансформаторные подстанции* предназначены для приема, преобразования (тока и напряжения), распределения электрической энергии.

*Преобразовательные подстанции* предназначены для приема, преобразования (частоты, рода тока) и распределения электрической энергии.

*Распределительные подстанции* предназначены для приема и распределения электрической энергии без ее преобразования.

Трансформаторные подстанции по значению в системе электроснабжения делятся на главные понизительные подстанции, подстанции глубокого ввода, трансформаторные подстанции 10(6) кВ (ТП). Последние называются цеховыми подстанциями в промышленных сетях, городскими — в городских сетях.

Распределительные подстанции делятся на узловые распределительные подстанции напряжением 110 кВ и выше; центральные распределительные подстанции (пункты) напряжением 10(6) кВ; распределительные подстанции (пункты) напряжением 10(6) кВ.

В зависимости от способа присоединения подстанции к питающей линии трансформаторные подстанции делятся на тупиковые, проходные, ответвительные.

Если линия питает только одну подстанцию, то подстанция называется тупиковой (рис. 3.1.1, а). К тупиковым подстанциям относятся подстанции, получающие питание по радиальным схемам, и последние подстанции в магистральной схеме с односторонним питанием. Про-

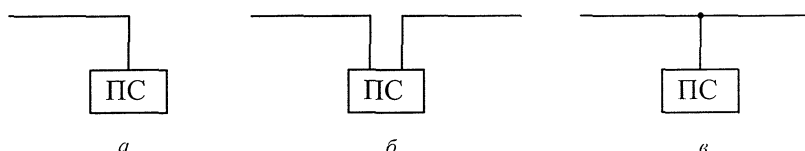


Рис. 3.1.1. Схемы присоединения подстанций к питающей линии  
а — тупиковая, б — проходная, в — ответвительная

ходная подстанция включается в расщепку питающей магистральной линии, т. е. имеется вход и выход питающей линии (рис. 3.1.1, б).

Если подстанция подключается через ответвление от питающей линии, она называется ответвительной (3.1.1, в).

По типу подстанции делятся на открытые и закрытые. Открытой подстанцией называется подстанция с открытой установкой трансформаторов, закрытой — подстанция, все элементы которой (распределительные устройства и трансформаторы) устанавливаются в специальном помещении.

В зависимости от места установки и размещения оборудования подстанции напряжением 10(6) кВ делятся на внутрицеховые, встроенные, пристроенные, отдельно стоящие.

*Внутрицеховой* подстанцией называется подстанция, расположенная внутри здания (открыто или в отдельном закрытом помещении).

*Встроенной подстанцией* называется подстанция, вписанная в контур основного здания.

*Пристроенная подстанция* непосредственно примыкает к основному зданию.

*Отдельно стоящая подстанция* располагается отдельно от производственных и общественных зданий.

В зависимости от числа обмоток трансформатора подстанции могут быть с двух- и трехобмоточными трансформаторами, с расщепленными обмотками низшего напряжения.

## 3.2. Структурные схемы трансформаторных подстанций

Подстанция с двухобмоточными трансформаторами состоит из трех основных узлов: распределительного устройства высшего напряжения (РУВН); силового трансформатора или автотрансформатора<sup>1</sup> (одного или нескольких), распределительного устройства низшего напряжения (РУНН) (рис. 3.2.1, а, в), вспомогательных устройств (компрессорных, аккумуляторных и т. п.), устройств релейной защиты, автоматики, измерения. В подстанциях с трехобмоточными трансформаторами добавляется четвертый узел — распределительное устройство среднего напряжения (РУСН) (рис. 3.2.1, б). В схемах электроснабжения могут применяться трансформаторы с расщепленной обмоткой низшего напряжения (рис. 3.2.1, в, д), что приводит к увеличению секций сборных шин в РУНН. Применение трансформаторов с расщепленной обмоткой низшего напряжения позволяет уменьшить токи короткого замыкания за трансформаторами. С этой же целью на подстанциях могут устанавливаться сдвоенные реакторы (рис. 3.2.1, г, д).

<sup>1</sup> В дальнейшем, если не требуется уточнений, под термином «трансформатор» будет подразумеваться и автотрансформатор.



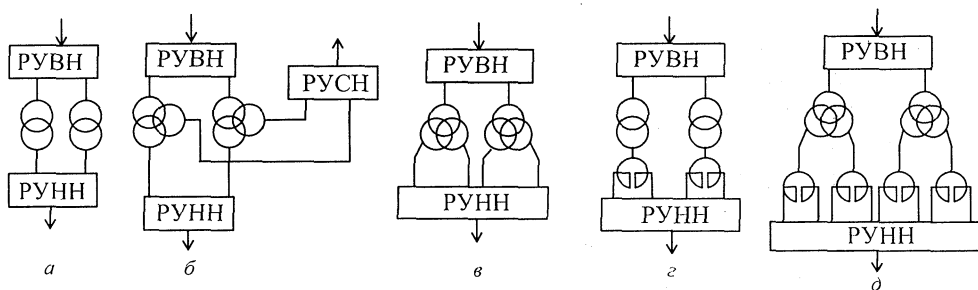


Рис. 3.2.1. Структурные схемы трансформаторных подстанций

Распределительное устройство высокого напряжения подстанции чаще всего выполняет функции приема электрической энергии от линии электропередачи к трансформатору. В отдельных случаях РУВН может выполнять функции приема и распределения электроэнергии (по требованию энергоснабжающей организации или при целесообразности питания от главной понизительной подстанции нескольких подстанций глубокого ввода на напряжениях 110—330 кВ).

Распределительные устройства средних и низших напряжений всегда выполняют функции приема и распределения электроэнергии. Аналогичные функции выполняют и распределительные подстанции. Идентичность функций определяет идентичность схем и конструкций распределительных устройств и распределительных подстанций, поэтому в дальнейшем под термином «распределительное устройство» может подразумеваться и распределительная подстанция.

Распределительные устройства могут быть комплектными, сборными, открытыми и закрытыми. При стесненной городской и промышленной застройке в распределительных устройствах может быть применено электрооборудование с элегазовой изоляцией.

### 3.3. Общие вопросы проектирования подстанций

Проектирование подстанций регламентируется нормативными документами, разработанными институтами Энергосетьпроект и Тяжпромэлектропроект [25] и [26]. Проект подстанции разрабатывается на 5 лет с момента предполагаемого ввода ее в эксплуатацию и с перспективой развития на последующее время (не менее 5 лет).

Проектирование подстанций ведется на основе следующих утвержденных схем:

- схемы развития энергосистемы или электрических сетей города;
- схемы внешнего электроснабжения объекта (промышленного предприятия, микрорайона города и т. д.);
- схемы организации ремонта, технического и оперативного обслуживания;

- схемы развития средств управления общесистемного назначения (СУОН), включающие в себя релейную защиту и автоматику аварийного режима (РЗА), противоаварийную автоматику, а также схемы развития автоматизированных систем диспетчерского управления.

Исходными данными для проектирования служат:

- район размещения подстанции;
- нагрузки на расчетный период и их перспективное развитие с указанием распределения по напряжениям и категориям;
- число присоединяемых линий напряжением 35 кВ и выше, их нагрузки;
- число линий 10(6) кВ и их нагрузки;
- расчетные значения токов однофазного и трехфазного короткого замыкания с учетом развития сетей и генерирующих источников на срок не менее пяти лет, считая от предполагаемого ввода в эксплуатацию;
- уровни и пределы регулирования напряжения на шинах подстанции и необходимость дополнительных регулирующих устройств с учетом требований к качеству электрической энергии;
- режимы заземления нейтралей трансформаторов;
- границы раздела обслуживания объектов различными энергообъединениями и энергопредприятиями и т. д.

При проектировании подстанций решаются следующие задачи:

- выбор площадки для строительства подстанции;
- выбор типа и исполнения подстанций и распределительных устройств (закрытого или открытого типа, комплектная, сборная и т. д.);
- определение схемы электрических соединений распределительных устройств высокого, среднего и низшего напряжений;
- ограничение токов короткого замыкания;
- выбор основного электротехнического оборудования и токоведущих частей;
- ограничение перенапряжений, выбор места установки, числа ограничителей перенапряжений или вентильных разрядников и других защитных средств для ограничения перенапряжений;
- заземление подстанций;
- выбор источников оперативного тока и источников питания собственных нужд подстанции;
- управление, релейная защита, автоматика, сигнализация.

Для трансформаторных подстанций дополнительно решаются следующие задачи:

- выбор числа трансформаторов, определение их мощности, номинальных напряжений, соотношения мощностей обмоток трехобмоточных трансформаторов;

- выбор режимов заземления нейтралей трансформаторов; при необходимости решается вопрос компенсации емкостных токов в электрических сетях 6—35 кВ (выбор места установки, числа и мощности дугогасящих реакторов);
- определение уровней и пределов регулирования напряжения на шинах подстанции, необходимости установки дополнительных регулирующих устройств с учетом требований к качеству электрической энергии.

Основные рекомендации для решения вышеперечисленных вопросов приведены в [25]. Кроме того, Министерством энергетики РФ изданы «Рекомендации по технологическому проектированию подстанций переменного тока с высшим напряжением 35—750 кВ» (Издательство НЦ ЭНАС, 2004 г.).

### 3.4. Распределительные устройства напряжением 6—220 кВ

#### 3.4.1. Основные элементы распределительных устройств

Распределительные устройства всех напряжений, осуществляющие прием и распределение электрической энергии, выполняются со сборными шинами. Распределительные устройства ВН трансформаторных подстанций, предназначенные только для приема электрической энергии (без ее распределения), выполняются без сборных шин по блочным, мостиковым и другим схемам.

Распределительное устройство со сборными шинами состоит из сборных шин, к которым через ответвительные шины подключаются различные присоединения:

- питающие линии (ввод);
- отходящие линии;
- секционирование;
- трансформаторы напряжения;
- трансформаторы для собственного обслуживания;
- заземляющие разъединители сборных шин и др.

**Сборными шинами** называются короткие участки шин жесткой или гибкой конструкции, обладающие малым электрическим сопротивлением, предназначенные для подключения присоединений.

По своему назначению сборные шины делятся на рабочие, резервные и обходные. Рабочая система шин в нормальном режиме находится под напряжением и осуществляет питание всех подключенных к ней присоединений. Резервная система шин служит для питания присоединений подстанции в случае ремонта или ревизии рабочей системы шин. В нормальном режиме резервная система шин находится не под напряжением. Обходная система шин применяется при повышенных требованиях к надежности электроснабжения и позволяет осуществлять кон-

троль и ремонт любого коммутационного аппарата без отключения потребителей. В нормальном режиме обходная система шин не под напряжением.

На всех присоединениях на участках от сборных шин до выключателей, предохранителей, трансформаторов напряжения и т. п., а также на участках, где возможна подача напряжения от других источников напряжения, обязательно устанавливаются разъединители, обеспечивающие видимый разрыв цепи. Указанное требование не распространяется на шкафы КРУ и КРУН с выкатными тележками, высокочастотные заградители и конденсаторы связи, трансформаторы напряжения, устанавливаемые на отходящих линиях, разрядники, устанавливаемые на вводах трансформаторов и на отходящих линиях.

Питающие и отходящие линии подключаются к сборным шинам через разъединители и выключатели. На каждую линию необходим один выключатель, один или два шинных разъединителя (в зависимости от применяемой системы сборных шин) и один линейный разъединитель (рис. 3.4.1, *а*, *б*). Выключатель служит для включения и отключения линии в нормальных и аварийных режимах. Шинный разъединитель предназначен для создания видимого отключения сети и создания безопасных условий для проведения контроля и ремонта выключателя, а также при двух системах шин — для переключения присоединений с одной системы шин на другую без перерыва в работе. Линейный разъединитель предусматривается в присоединениях, где при отключенном выключателе линия может оказаться под напряжением и необходимо видимое отключение линии для безопасного ремонта выключателя.

При использовании комплектных распределительных устройств выкатного исполнения выключатели, трансформаторы напряжения и другое оборудование устанавливаются на выкатных тележках. В этом случае на схеме указываются штепсельные разъемы (рис. 3.4.1, *в*).

В распределительных устройствах обязательно предусматриваются стационарные заземляющие ножи, обеспечивающие заземление аппаратов и ошиновки без применения переносных заземлителей. Распре-

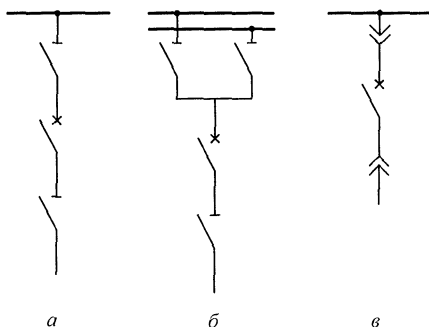


Рис. 3.4.1. Присоединения выключателей к сборным шинам: *а* — с одной системой шин; *б* — с двумя системами шин; *в* — с одной системой шин выкатного исполнения

делительные устройства должны быть оборудованы оперативной блокировкой, исключающей ошибочные действия с разъединителями, выключателями, заземляющими ножами и т. д.

На присоединениях питающих и отходящих линий кроме коммутационных аппаратов устанавливаются трансформаторы тока, на воздушных линиях напряжением 35 кВ и выше — высокочастотные заградители и конденсаторы связи.

Трансформаторы напряжения устанавливаются на каждую систему шин, а если система шин делится на части (секции), то на каждую секцию шин. Трансформаторы напряжения подключаются к сборным шинам через разъединители и предохранители в РУ 6—35 кВ и через разъединители в РУ 110 кВ и выше.

При необходимости в распределительном устройстве предусматриваются трансформаторы для собственного обслуживания, которые служат для питания оперативных цепей, а также освещения технологических и вспомогательных зданий и сооружений подстанции. Трансформаторы для собственного назначения подключаются через предохранители до выключателей ввода, если ТСН используются для питания оперативных цепей, и на сборные шины, если ТСН не используются для питания оперативных цепей.

### 3.4.2. Схемы распределительных устройств напряжением 6—220 кВ со сборными шинами

Применяются следующие схемы распределительных устройств [26]:

- с одной несекционированной системой шин;
- с одной секционированной системой шин;
- с двумя одиночными секционированными системами шин<sup>1</sup>;
- с четырьмя одиночными секционированными системами шин<sup>2</sup>;
- с одной секционированной и обходной системами шин;
- с двумя системами шин;
- с двумя секционированными системами шин;
- с двумя системами шин и обходной;
- с двумя секционированными системами шин и обходной.

**Схема с одной несекционированной системой шин** — самая простая схема, которая применяется в сетях 6—35 кВ (рис. 3.4.2). В сетях 10(6) кВ схему называют **одиночной системой шин**. На отходящих и питающих линиях устанавливается один выключатель, один шинный и один линейный разъединители.

<sup>1</sup> Для РУ 10(6) кВ ПС с двумя трансформаторами с расщепленной обмоткой или с одним трансформатором с расщепленной обмоткой и двумя сдвоенными реакторами.

<sup>2</sup> Для РУ 10(6) кВ ПС с двумя трансформаторами с расщепленной обмоткой и двумя сдвоенными реакторами.

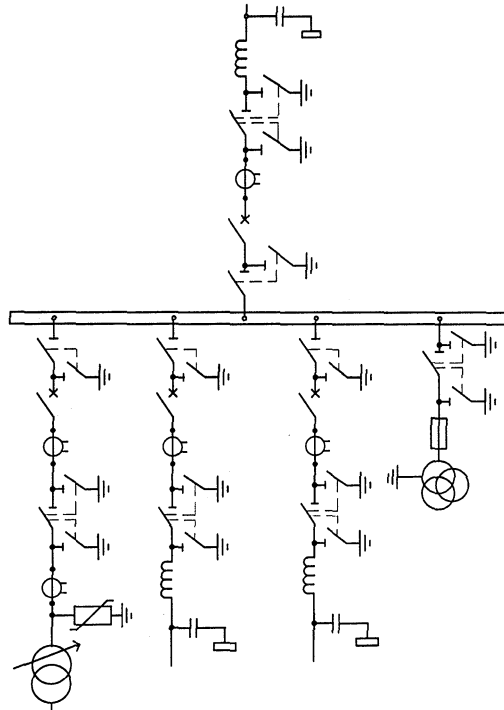


Рис. 3.4.2. Схема с одной системой шин

Недостатки данной схемы:

- в схеме используется один источник питания;
- профилактический ремонт сборных шин и шинных разъединителей связан с отключением распределительного устройства, что приводит к перерыву электроснабжения всех потребителей на время ремонта;
- повреждения в зоне сборных шин приводят к отключению распределительного устройства;
- ремонт выключателей связан с отключением соответствующих присоединений.

**Схема с одной секционированной выключателем системой шин** (рис. 3.4.3) позволяет частично устранить перечисленные выше недостатки предыдущей схемы путем секционирования системы шин, т. е. разделения системы шин на части с установкой в точках деления секционных выключателей. Секционирование, как правило, выполняется так, чтобы каждая секция шин получала питание от разных источников питания. Число присоединений и нагрузка на секциях шин должны быть по возможности равными.

В нормальном режиме секционный выключатель может быть включен (параллельная работа секций шин) или отключен (раздельная работа секций шин). В системах электроснабжения промышленных предприятий и городов предусматривается обычно раздельная работа сек-

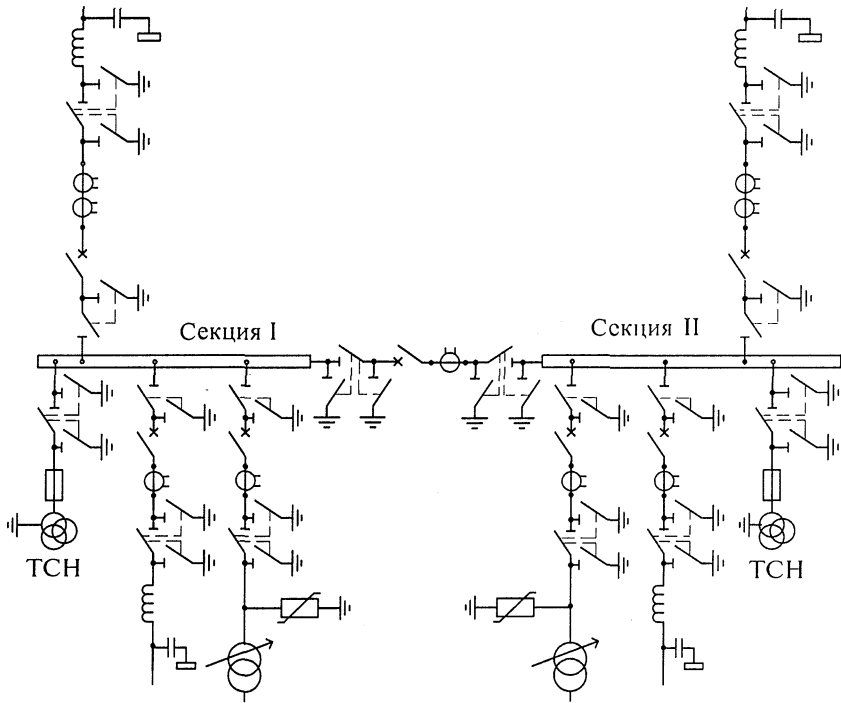


Рис. 3.4.3. Схема с одной секционированной системой шин

ций шин. Данная схема проста, наглядна, экономична, обладает достаточно высокой надежностью, широко применяется в промышленных и городских сетях для электроснабжения потребителей любой категории на напряжениях до 35 кВ включительно. Допускается применять данную схему при пяти и более присоединениях в РУ 110—220 кВ из герметизированных ячеек с элегазовой изоляцией, а также в РУ 110 кВ с выкатными выключателями при условии возможности замены выключателей в эксплуатационный период. В сетях 10(6) кВ эта схема имеет преимущество. По сравнению с одиночной несекционированной системой шин данная схема имеет более высокую надежность, так как при коротком замыкании на сборных шинах отключается только одна секция шин, вторая остается в работе.

Недостатки схемы с одной секционированной выключателем системы шин:

- на все время проведения контроля или ремонта секции сборных шин один источник питания отключается;
- профилактический ремонт секции сборных шин и шинных разъединителей связан с отключением всех линий, подключенных к этой секции шин;
- повреждения в зоне секции сборных шин приводят к отключению всех линий соответствующей секции шин;
- ремонт выключателей связан с отключением соответствующих присоединений.

Вышеперечисленные недостатки частично устраняются при использовании схем с большим числом секций. На рис. 3.4.4 представлена схема РУ 10(6) кВ подстанции с двумя трансформаторами с расщепленной обмоткой или с двумя сдвоенными реакторами. Схема имеет четыре секции шин и называется «**две одиночные секционированные выключателями системы шин**». При наличии одновременно двух трансформаторов с расщепленной обмоткой и двух сдвоенных реакторов применяется схема, состоящая из восьми секций шин, которая называется «**четыре одиночные секционированные выключателями системы шин**» (рис. 3.4.5).

**Схема с одной секционированной выключателем и обходной системами шин** позволяет проводить ревизию и ремонт выключателей без отключения присоединения. В нормальном режиме обходная система шин находится без напряжения, разъединители, соединяющие линии и трансформаторы с обходной системой шин, отключены. В схеме могут быть установлены два обходных выключателя, осуществляющие связь каждой секции шин с обходной. В целях экономии средств ограничиваются одним обходным выключателем с двумя шинными разъединителями, с помощью которых обходной выключатель может быть присоединен к первой или второй секциям шин. Именно эта схема предлагается в качестве типовой для распределительных устройств напряжением 110—220 кВ при пяти и более присоединениях (рис. 3.4.6).

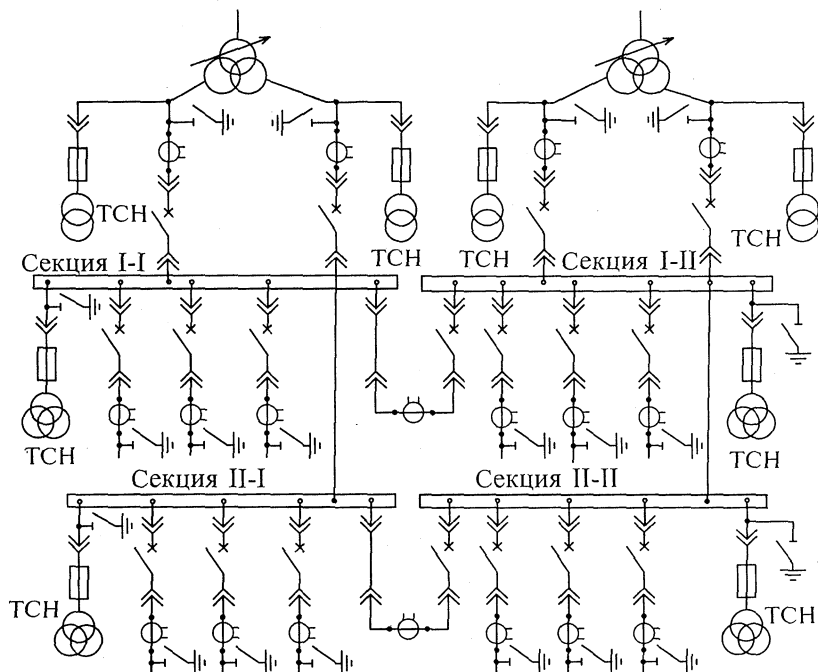


Рис. 3.4.4. Схема с двумя одиночными секционированными системами шин (ТЧН при постоянном оперативном токе подключаются к сборным шинам)



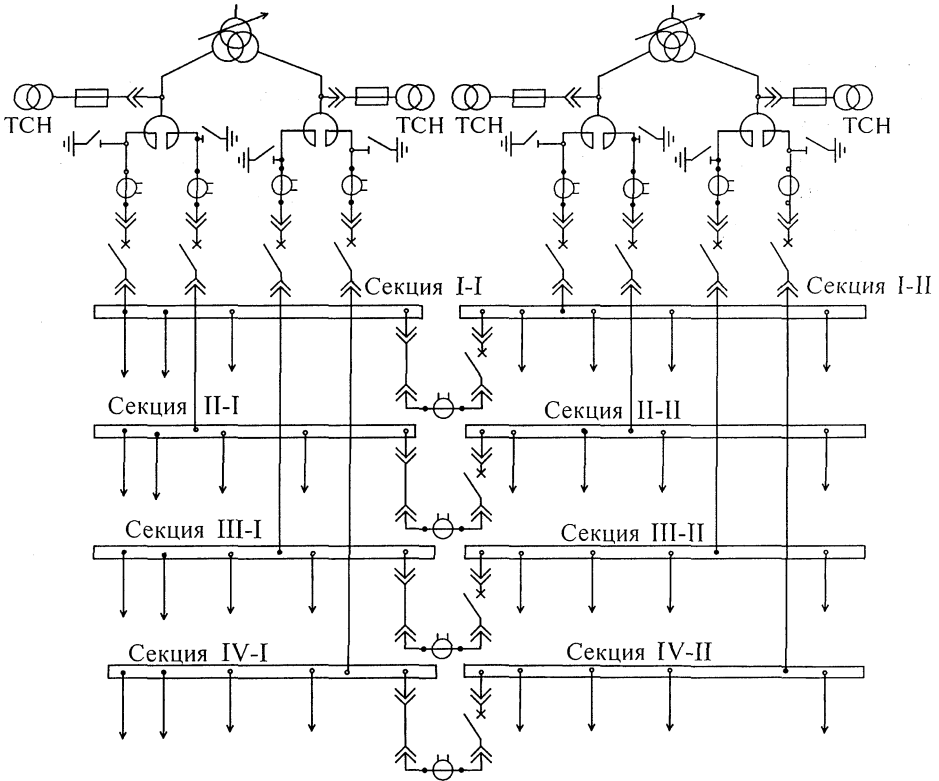


Рис. 3.4.5. Схема с четырьмя одиночными секционированными системами шин

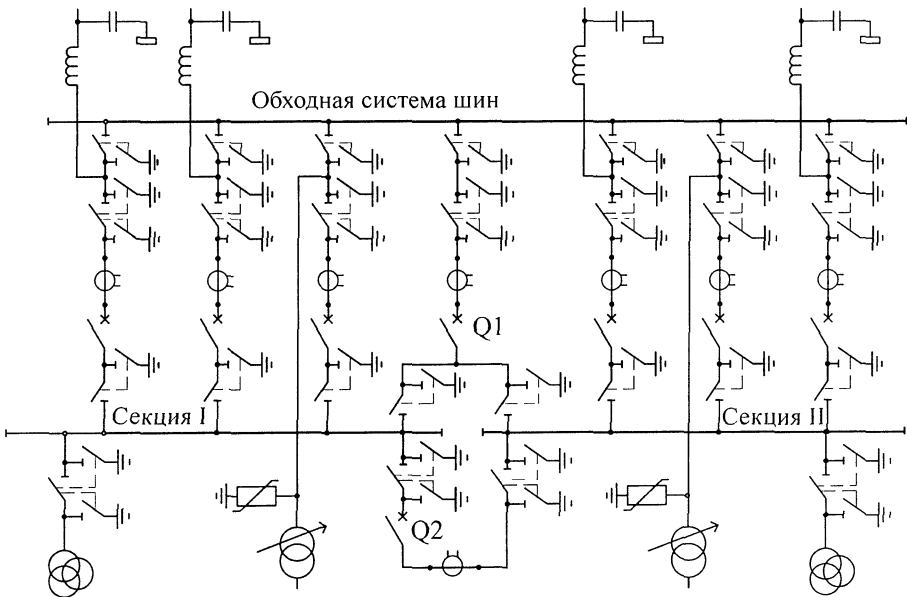


Рис. 3.4.6. Схема с одной секционированной и обходной системами шин с обходным (Q1) и секционным (Q2) выключателями

В схеме с двумя системами сборных шин каждое присоединение содержит выключатель, два шинных разъединителя и линейный разъединитель. Системы шин связываются между собой через шинносоединительный выключатель (рис. 3.4.7). Возможны два принципиально разных варианта работы этой схемы. В первом варианте одна система шин является рабочей, вторая — резервной. В нормальном режиме работы все присоединения подключены к рабочей системе шин через соответствующие шинные разъединители. Напряжение на резервной системе шин в нормальном режиме отсутствует, шинносоединительный выключатель отключен. Во втором варианте, который в настоящее время получил наибольшее применение, вторую систему сборных шин используют постоянно в качестве рабочей в целях повышения надежности электроустановки. При этом все присоединения к источникам питания и к отходящим линиям распределяют между обеими системами шин. Шинносоединительный выключатель в нормальном режиме работы замкнут. Схема называется «две рабочие системы шин».

Схема с двумя системами шин позволяет производить ремонт одной системы шин, сохраняя в рабочем состоянии все присоединения. Для этого все присоединения переводят на одну систему шин путем соответствующих переключений коммутационных аппаратов. Данная схема является гибкой и достаточно надежной.

Недостатки схемы с двумя системами шин:

- при ремонте одной из систем шин на это время снижается надежность схемы;

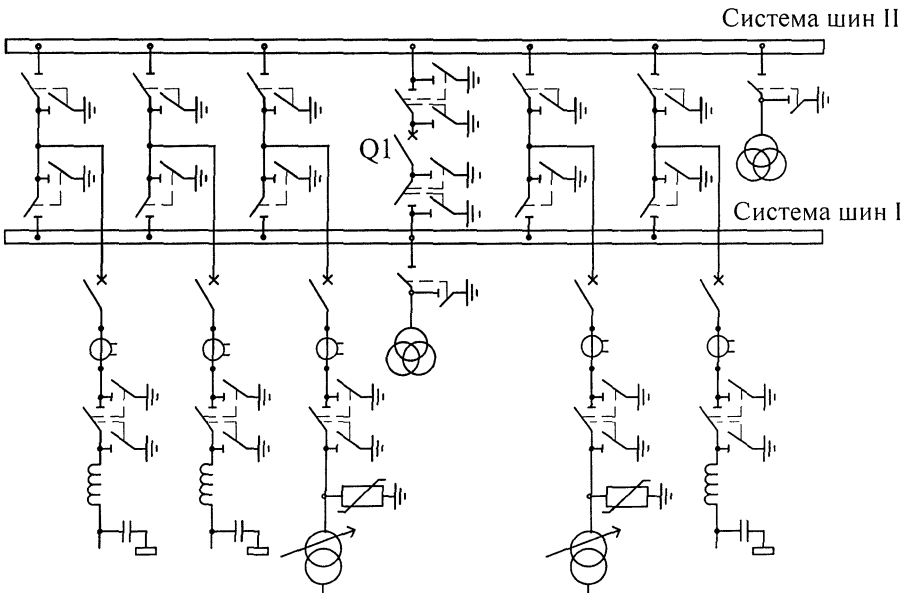


Рис. 3.4.7. Схема с двумя системами шин с шинносоединительным выключателем Q1

- при замыкании в шиносоединительном выключателе отключаются обе системы шин;
- ремонт выключателей и линейных разъединителей связан с отключением на время ремонта соответствующих присоединений;
- сложность схемы, большое число разъединителей и выключателей. Частые переключения с помощью разъединителей увеличивают вероятность повреждений в зоне сборных шин. Большое число операций с разъединителями и сложная блокировка между выключателями и разъединителями приводят к возможности ошибочных действий обслуживающего персонала.

Схему «две рабочие системы шин» допускается применять в РУ 110—220 кВ при числе присоединений от 5 до 15, если РУ выполнено из герметизированных ячеек с элегазовой изоляцией, а также в РУ 110 кВ с выкатными выключателями при условии замены выключателя в удовлетворяющее эксплуатацию время.

В РУ 110—220 кВ при числе присоединений более 15 делят сборные шины на секции с установкой в точках деления секционных выключателей (рис. 3.4.8). При этом должно предусматриваться два шиносоединительных выключателя. Таким образом, распределительное устройство делится на четыре части, связанные между собой двумя секционными и двумя шиносоединительными выключателями. Данная схема называется «**две рабочие секционированные выключателями системы шин**». Она используется при тех же условиях, что и схема «две рабочие системы шин».

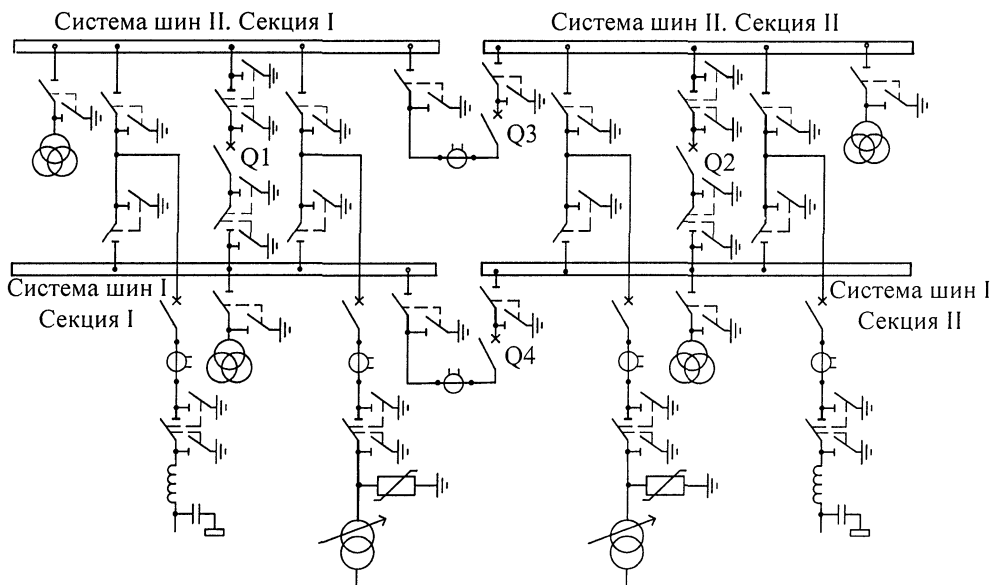


Рис. 3.4.8. Схема с двумя секционированными системами шин с двумя шиносоединительными (Q1, Q2) и двумя секционными (Q3, Q4) выключателями

Схема с двумя системами шин и обходной с шиносоединительным и обходным выключателями обеспечивает возможность поочередного ремонта выключателей без перерыва в работе соответствующих присоединений (рис. 3.4.9). Схема рекомендуется к применению в РУ 110—220 кВ при числе присоединений от 5 до 15. В нормальном режиме работы обе системы шин являются рабочими, шиносоединительный выключатель находится во включенном положении.

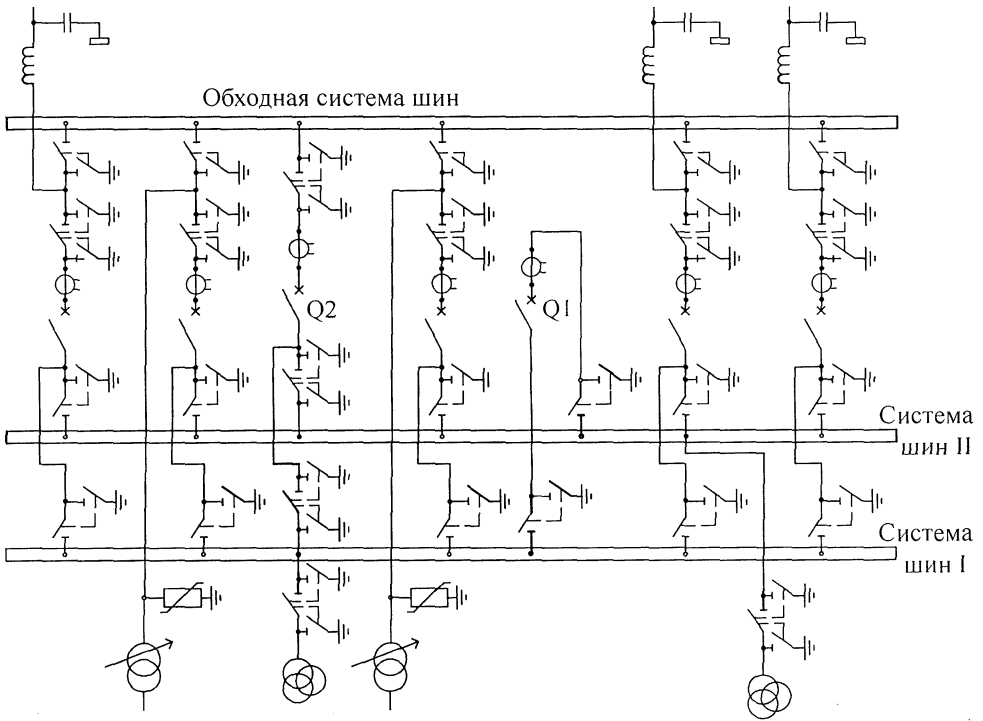


Рис. 3.4.9. Схема с двумя системами шин и обходной с шиносоединительным (Q1) и обходным (Q2) выключателями

При числе присоединений более 15 или более 12 и при установке на подстанции трех трансформаторов мощностью 125 МВ·А и более рекомендуется к применению схема «две рабочие секционированные выключателями и обходная системы шин» с двумя шиносоединительными выключателями и двумя обходными выключателями. Связь между секциями шин обеспечивается через секционные выключатели, которые в нормальном режиме отключены (рис. 3.4.10).

Рекомендации по применению данной схемы распределительных устройств 6—220 кВ приведены в табл. 3.4.1.

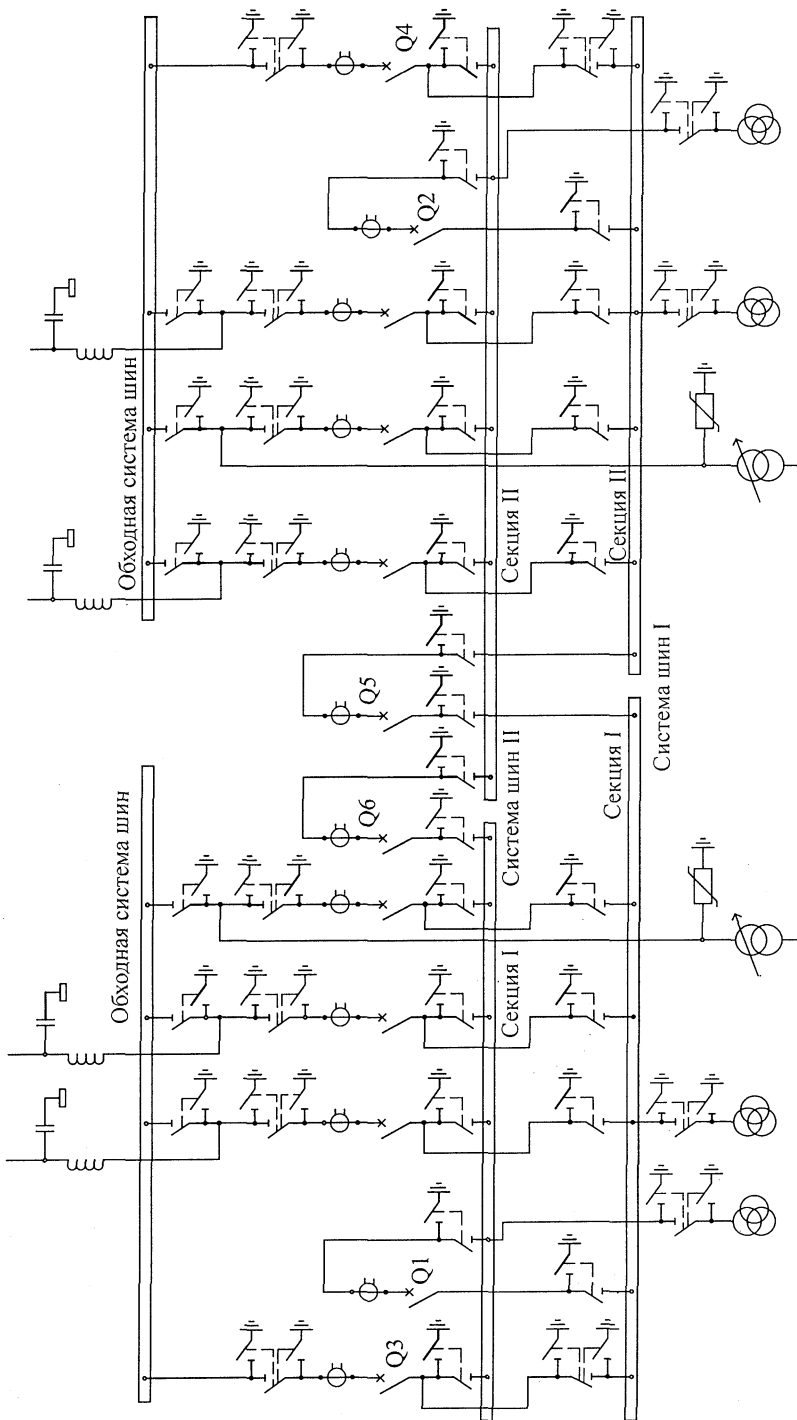


Рис. 3.4.10. Схема с двумя системами шин и обходной с двумя шиносоединительными (Q1, Q2) и двумя обходными (Q3, Q4) выключателями (Q5, Q6 — секционные выключатели)

Таблица 3.4.1. Рекомендации по применению схем распределительных устройств напряжением до 220 кВ включительно

Система сборных шин	Область применения	Номер (номинальное напряжение-индекс схемы по [26])*
Одиночная система шин	В РП, РУ 10(6) кВ при отсутствии присоединений с электроприемниками первой категории или при наличии резервирования их от других РП, РУ	—
Одна рабочая секционированная выключателем система шин	В РП, РУ 10(6) кВ В РП 35 кВ; в РУ ВН и СН 35 кВ. Допускается применять в РУ 110—220 кВ при пяти и более присоединениях, если РУ выполнено из герметизированных ячеек с элегазовой изоляцией, а также в РУ 110 кВ с выкатными выключателями при условии замены выключателя в удовлетворяющее эксплуатацию время	10(6)-1; 35-9
Две одиночные секционированные выключателями системы шин	В РУ 10(6) кВ с двумя трансформаторами с расщепленной обмоткой или с двухобмоточными трансформаторами и двумя сдвоенными реакторами	10(6)-2
Четыре одиночные секционированные системы шин	В РУ 10(6) кВ с двумя трансформаторами с расщепленной обмоткой и с двумя сдвоенными реакторами	10(6)-3
Одна рабочая секционированная выключателем и обходная системы шин	В РУ 110—220 кВ при пяти и более присоединениях	12
Две рабочие системы шин	Допускается применять при числе присоединений от 5 до 15 в РУ 110—220 кВ из герметизированных ячеек с элегазовой изоляцией, а также в РУ 110 кВ с выкатными выключателями при условии замены выключателя в удовлетворяющее эксплуатацию время	—
Две рабочие и обходная системы шин	1. В РУ 10 кВ для энергоемких предприятий с электроприемниками первой категории (например, для предприятий цветной металлургии). 2. В РУ 110—220 кВ при числе присоединений от 5 до 15	13
Две рабочие секционированные выключателями системы шин	Допускается применять при числе присоединений более 15 в РУ 110—220 кВ из герметизированных ячеек с элегазовой изоляцией, а также в РУ 110 кВ с выкатными выключателями при условии замены выключателя в удовлетворяющее эксплуатацию время	—
Две рабочие секционированные выключателем и обходная системы шин с двумя шиносоединительными и двумя обходными выключателями	1. В РУ 110—220 кВ при числе присоединений более 15. 2. В РУ 220 кВ при трех, четырех трансформаторах мощностью 125 МВ·А и более при общем числе присоединений от 12 и более	14

\* Первая цифра означает номинальное напряжение, вторая — индекс схемы.

### 3.4.3. Схемы распределительных устройств напряжением 35 кВ и выше без сборных шин

Применяются следующие схемы распределительных устройств:

- блочные;
- мостиковые;
- заход—выход;
- четырехугольника.

**Блочные схемы.** Блочной схемой называется схема «блок линия—трансформатор» без сборных шин и связей с выключателями между двумя блоками на двухтрансформаторных подстанциях (между двумя блоками может устанавливаться неавтоматическая перемычка из разъединителей). Блочные схемы применяются на стороне ВН тупиковых подстанций напряжением до 500 кВ включительно, ответвительных и проходных подстанций, присоединяемых к одной или к двум линиям, до 220 кВ включительно.

Схемы «блок линия—трансформатор» могут выполняться:

- без коммутационных аппаратов (схема глухого присоединения) или только с разъединителем;
- с отделителем<sup>1</sup>;
- с выключателем.

Схема «блок линия—трансформатор без коммутационных аппаратов» применяется при напряжениях 35—330 кВ и питания подстанции по радиальной схеме. Использование данной схемы целесообразно в случаях, когда подстанция размещается в зоне сильного промышленного загрязнения (рис. 3.4.11, *а*). Для питания трансформаторов следует использовать кабельные линии высокого напряжения, что позволяет исключить воздействие окружающей среды на изоляцию вводов даже при открытой установке трансформаторов.

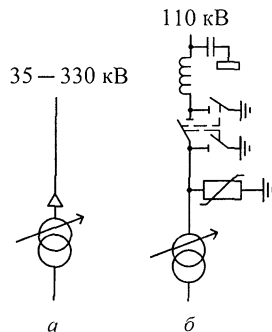


Рис. 3.4.11. Схема «блок линия—трансформатор»: *а* — без коммутационных аппаратов с кабельным вводом (схема глухого присоединения); *б* — с разъединителем

<sup>1</sup> Имеет ограниченное применение в сетях напряжением 110 кВ.

Для защиты трансформатора напряжением 330 кВ любой мощностью, а также трансформатора напряжением 110, 220 кВ мощностью более 25 МВ·А предусматривается передача отключающего сигнала на головной выключатель, который обеспечивает отключение питающей линии в случае повреждения трансформатора. Выбор способа передачи сигнала зависит от длины питающей линии, мощности трансформатора, требований по надежности отключения. При мощности трансформатора 25 МВ·А и менее, а также при кабельном вводе в трансформатор передача отключающего сигнала может не предусматриваться [26].

Схема «блок линия—трансформатор с разъединителем» применяется в тех же случаях, что и предыдущая (рис. 3.4.11, б).

На схемах, приведенных на рис. 3.4.11, для упрощения показан один блок, в случае двухтрансформаторных подстанций число таких блоков удваивается. Перемычка между блоками не предусматривается. Это рекомендуется использовать в условиях интенсивного загрязнения и при ограниченной площади застройки.

Схему «блок линия—трансформатор с отделителем»<sup>1</sup> допустимо применять на напряжении 110 кВ и трансформаторах мощностью до 25 МВ·А при необходимости автоматического отключения поврежденного трансформатора от линии, питающей несколько подстанций (рис. 3.4.12, а). Отделители на стороне ВН подстанций могут применяться как с короткозамыкателями, так и с передачей отключающего сигнала на выключатель головного участка магистрали.

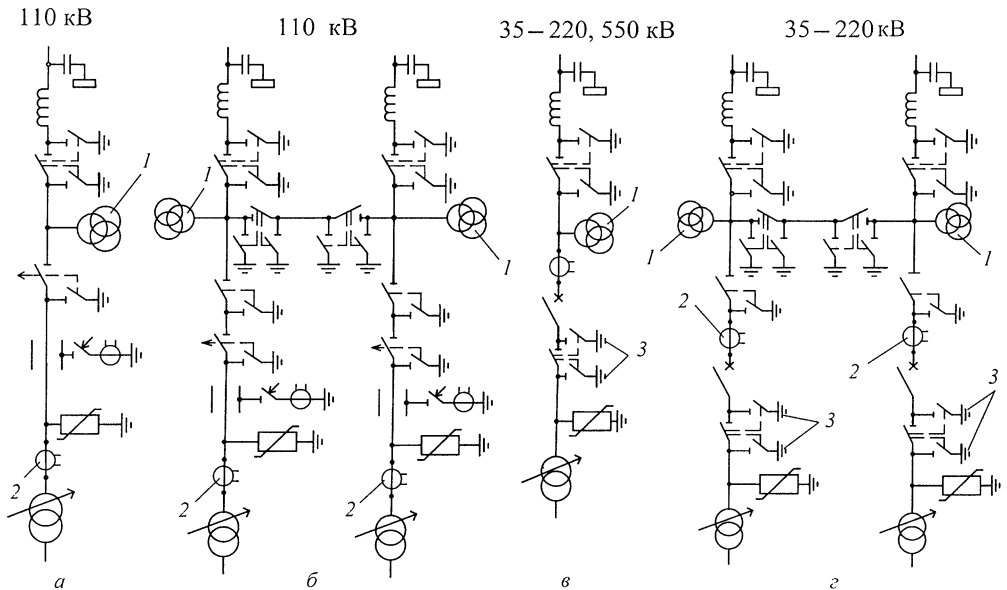
На двухтрансформаторных подстанциях используется схема «два блока линия—трансформатор» с отделителем и неавтоматической переключкой со стороны линий (рис. 3.4.12, б). В нормальном режиме работы один из разъединителей в переключке должен быть разомкнут.

**Запрещается применять схему с отделителем** в случае [26]:

- распределительных устройств, расположенных в районах холодного климата по ГОСТ 15150—69, а также в районах, где часто наблюдается гололед;
- сейсмичности более 6 баллов по шкале MSK-614;
- воздействия отделителя и короткозамыкателя, которое приводит к выпадению из синхронизма синхронных двигателей или нарушению технологического процесса;
- использования подстанции на транспорте и в нефте- и газодобывающей промышленности;
- применения трансформаторов, присоединенных к линиям, имеющим ОАПВ.

<sup>1</sup> В соответствии с «Рекомендациями по технологическому проектированию подстанций переменного тока с высшим напряжением 35—750 кВ» (Издательство НЦ ЭНАС, 2004 г.) при проектировании применять схему с отделителем и короткозамыкателем не рекомендуется, а при реконструкции и техническом перевооружении подстанций предусматривать замену этих аппаратов на выключатели.





**Рис. 3.4.12.** Схема «блок линия—трансформатор»: *а* — с отделителем; *б* — два блока с отделителями и неавтоматической перемычкой со стороны линии; *в* — с выключателем; *г* — два блока с выключателями и неавтоматической перемычкой со стороны линии; 1, 2 — трансформаторы тока и напряжения, установка которых должна быть обоснована; 3 — разъединители, которые устанавливаются при напряжениях 110, 220 кВ и наличии собственного питания

Схема «блок линия—трансформатор с выключателем» применяется на подстанциях напряжением 35—220 и 500 кВ в тех случаях, когда нельзя использовать более простые и дешевые схемы первичной коммутации подстанций (рис. 3.4.12, *в*). На двухтрансформаторных подстанциях напряжением 35—220 кВ применяется схема «блок линия—трансформатор» с выключателем и неавтоматической перемычкой со стороны линии (рис. 3.4.12, *г*). Блочные схемы просты, экономичны, но при повреждениях в линии или в трансформаторе автоматически отключаются линия и трансформатор.

В схеме «мостик» линии или трансформаторы на двух-, трехтрансформаторных подстанциях соединяются между собой с помощью выключателя. Данная схема применяется на стороне ВН 35—220 кВ подстанций при необходимости секционирования выключателем линий или трансформаторов мощностью до 63 МВ·А включительно. На напряжениях 110 и 220 кВ схема мостика применяется, как правило, с ремонтной перемычкой, которая при соответствующем обосновании может не предусматриваться. Ремонтная перемычка позволяет выполнять ревизию любого выключателя со стороны линий или трансформаторов при сохранении в работе линий и трансформаторов. Перемычка обычно не предусматривается при электрификации сельских сетей напряжением 35 кВ.

Схема «мостик с выключателем в перемычке и отделителями в цепях трансформаторов» применяется в тех же случаях, что и блочные схемы с отделителями (рис. 3.4.13).

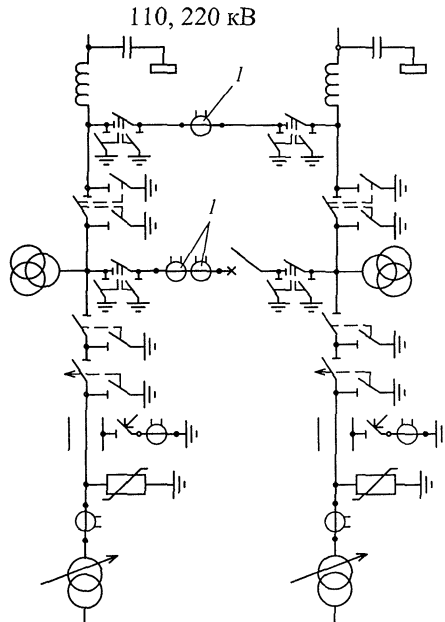
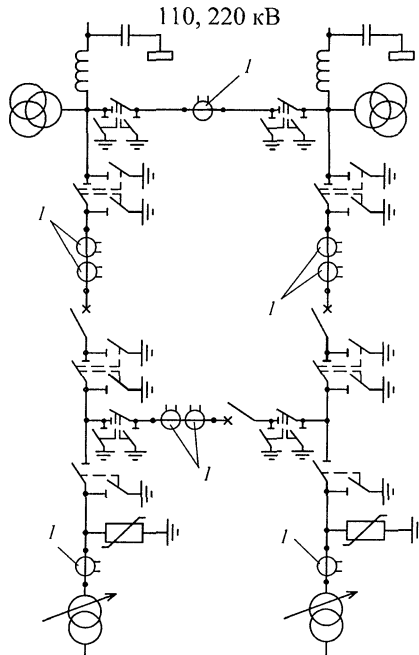


Рис. 3.4.13. Схема «мостик с выключателем в перемычке и отделителями в цепях трансформаторов»: *I* — трансформаторы тока, установка которых должна быть обоснована (индекс схемы — 5 по [26])

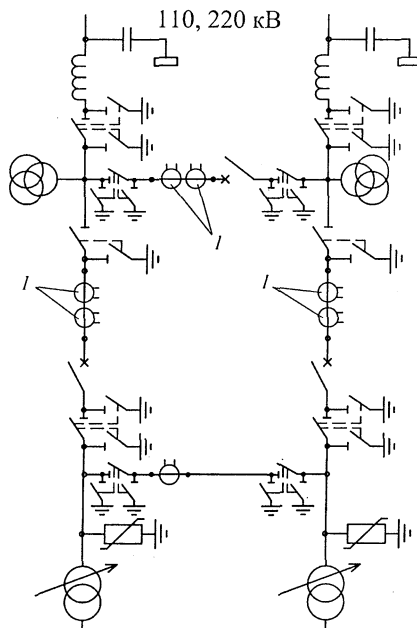
Схема «**мостик с выключателями в цепях линий и ремонтной перемычкой со стороны линий**» может применяться на тупиковых, ответвительных и проходных подстанциях напряжением 35—220 кВ (рис. 3.4.14). На тупиковых и ответвительных подстанциях ремонтная перемычка и перемычка с выключателем нормально разомкнуты. При аварии на одной из линий автоматически отключается выключатель со стороны поврежденной линии и включается выключатель в перемычке, оба трансформатора остаются работающими. В случае аварии на одном из трансформаторов отключение выключателя приводит к отключению трансформатора и питающей линии. Отключение линии при повреждении трансформатора является недостатком данной схемы.

На проходных подстанциях перемычка с выключателем нормально замкнута, через нее осуществляется транзит мощности.

Схема «**мостик с выключателями в цепях трансформаторов и ремонтной перемычкой со стороны трансформаторов**» (рис. 3.4.15) применяется в тех же случаях, что и схема, приведенная на рис. 3.4.14. Особенность данной схемы состоит в том, что при аварии в линии автоматически отключается поврежденная линия и трансформатор. При аварии на трансформаторе после автоматических переключений в работе остаются две линии и два источника питания. Учитывая, что аварийное отключение трансформаторов происходит сравнительно редко, более предпочтительна схема, приведенная на рис. 3.4.14.



**Рис. 3.4.14.** Схема «мостик с выключателями в цепях линий и ремонтной перемычкой со стороны линий»: *I* — трансформаторы тока, установка которых должна быть обоснована (индекс схемы — 5Н по [26])



**Рис. 3.4.15.** Схема «мостик с выключателями в цепях трансформаторов и ремонтной перемычкой со стороны трансформаторов»: *I* — трансформаторы тока, установка которых должна быть обоснована (для напряжения 35 кВ ремонтная перемычка, как правило, не предусматривается) (индекс схемы — 5АН по [26])

Схема «заход—выход» применяется на проходных подстанциях напряжением 110—220 кВ (рис. 3.4.16). В схеме устанавливается два выключателя со стороны линии, которые позволяют отключать поврежденный участок линии. Данная схема может применяться как с ремонтной перемычкой, так и без нее.

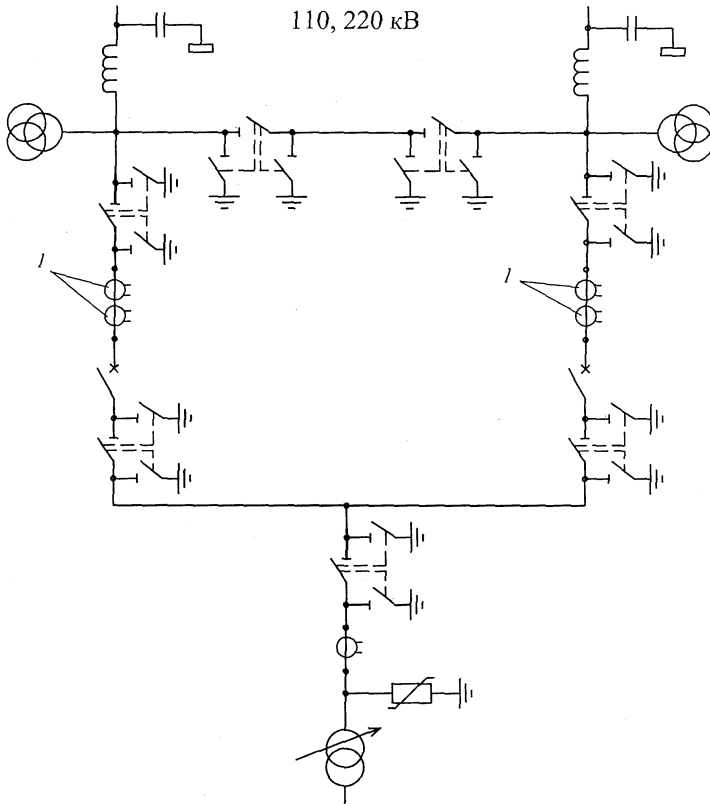


Рис. 3.4.16. Схема «заход—выход»: *I* — трансформаторы тока, установка которых должна быть обоснована (индекс схемы — 6 по [26])

Схема **четырёхугольника** применяется в РУ 110—750 кВ при четырех присоединениях (две линии и два трансформатора) и необходимости секционирования транзитной линии при мощности трансформаторов от 125 МВ·А и более при напряжениях 110—220 кВ и любой мощности при напряжениях 330 кВ и выше (рис. 4.3.17). В схеме со стороны линии установлены через развилку два выключателя, подключаемых к разным трансформаторам. Данная схема обладает более высокой надежностью по сравнению со схемой «мостика», так как авария в линии или в трансформаторе приводит к отключению только поврежденного элемента. Недостаток схемы — при отключении одной из линий трансформаторы получают питание по одной линии от одного источника питания.

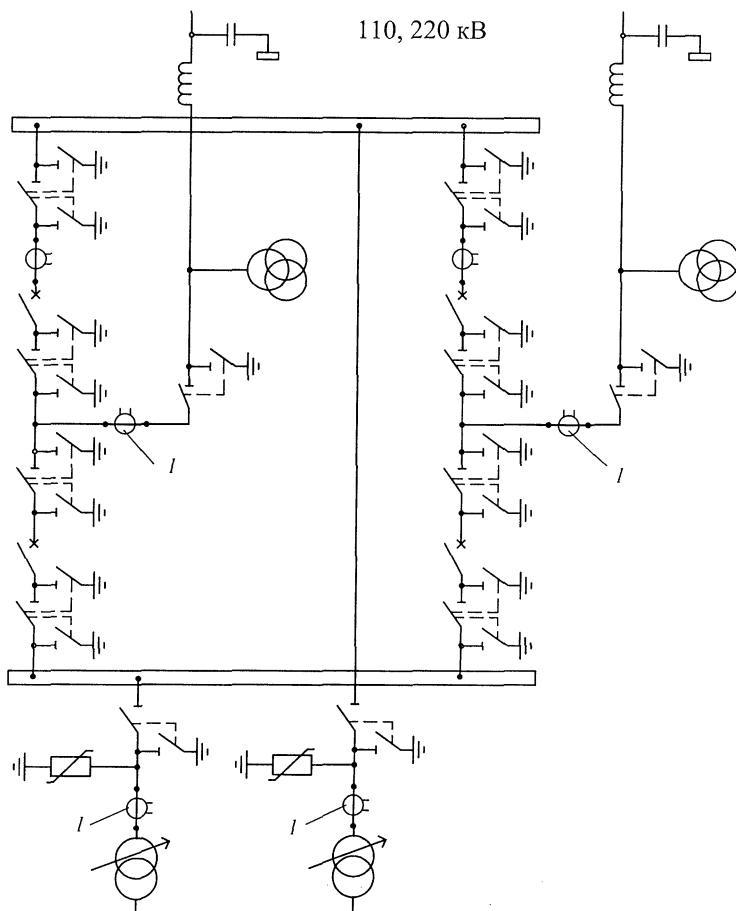


Рис. 3.4.17. Схема четырёхугольника: *I* — трансформаторы тока, установка которых должна быть обоснована (индекс схемы — 7 по [26])

Рекомендации по применению схем приведены в табл. 3.4.2.

Таблица 3.4.2. Рекомендации по применению схем распределительных устройств без сборных шин напряжением 35 кВ и выше трансформаторных подстанций

Схема	Область применения	Индекс схемы (по [26])
<b>Блочные схемы</b>		
Блок линия—трансформатор без коммутационных аппаратов	При напряжениях 35—330 кВ и радиальной схеме питания подстанции в условиях сильного промышленного загрязнения окружающей среды	1
Блок линия—трансформатор с разъединителем	При напряжениях 35—330 кВ и радиальной схеме питания подстанции	1

Окончание табл. 3.4.2

Схема	Область применения	Индекс схемы (по [26])
Блок линия—трансформатор с отделителем	При напряжении 110 кВ и магистральной схеме питания подстанции (кроме проходных) с трансформаторами мощностью до 25 МВ·А (исключения см. раздел 3.4.3)	3
Два блока линия—трансформатор с отделителем и неавтоматной перемычкой	То же	4
Блок линия—трансформатор с выключателем	При напряжении 35—220, 500 кВ на тупиковых и ответвительных подстанциях	3Н
Два блока линия—трансформатор с выключателем и неавтоматной перемычкой со стороны линий	При напряжении 35—220 кВ на тупиковых и ответвительных подстанциях	4Н
<b>Мостиковые схемы</b>		
Мостик с выключателем в перемычке и отделителями в цепях трансформаторов	При магистральной схеме питания и напряжении 110 кВ на подстанциях с трансформаторами мощностью до 25 МВ·А (исключения см. раздел 3.4.3)	5
Мостик с выключателями в цепях линий и ремонтной перемычкой со стороны линий	При напряжениях 35—220 кВ на тупиковых, ответвительных и проходных подстанциях при необходимости секционирования линий и мощности трансформаторов до 63 МВ·А включительно	5Н
Мостик с выключателями в цепях трансформаторов и ремонтной перемычкой в цепях трансформаторов	При напряжении 35—220 кВ на тупиковых, ответвительных и проходных подстанциях при необходимости секционирования трансформаторов при мощности трансформаторов до 63 МВ·А включительно	5АН
<b>Схемы «заход—выход» и четырехугольника</b>		
Заход—выход	На проходных подстанциях при напряжении 110, 220 кВ	6
Четырехугольника	В РУ подстанций при четырех присоединениях и необходимости секционирования транзитных линий и мощности трансформаторов от 125 МВ·А при напряжении 110, 220 кВ и любой мощности при напряжении 330—750 кВ	7

### 3.4.4. Распределительные подстанции и распределительные устройства напряжением 10(6) кВ

Распределительные подстанции напряжением 10(6) кВ в соответствии с ПУЭ называются распределительными пунктами (РП). Последние широко применяются в системах электроснабжения промышленных предприятий, городов, поселков, агропромышленных комплексов. Распределительные пункты, как правило, выполняются с одиночной секционированной или несекционированной системой шин. Распреде-

лительные пункты в системах электроснабжения промышленных предприятий рекомендуется сооружать для удаленных от ГПП потребителей [компрессорных, насосных станций, производственного корпуса с несколькими трансформаторными подстанциями 10(6) кВ]. При числе отходящих линий 10(6) кВ менее восьми целесообразность сооружения РП должна быть обоснована [5].

Для городских сетей целесообразность сооружения РП [19] определяется следующим: нагрузка РП на расчетный срок должна составлять на шинах 10 кВ не менее 7 МВт, на шинах 6 кВ — не менее 4 МВт.

РУ 10(6) кВ трансформаторных подстанций выполняются с одиночной секционированной, двумя или четырьмя одиночными секционированными системами шин (см. табл. 3.4.1). На крупных энергоемких предприятиях с электроприемниками высокой категорийности могут применяться распределительные устройства с двумя рабочими системами шин и двумя рабочими системами шин с обходной.

Распределительные устройства с одиночной системой шин с любым числом секций и распределительные пункты выполняются **комплектными**.

### 3.5. Трансформаторные подстанции напряжением 10(6) кВ

В промышленных электрических сетях трансформаторные подстанции 10(6) кВ называются **цеховыми**. Подстанции могут быть отдельно стоящими, пристроенными, встроенными и внутрицеховыми.

*Отдельно стоящие подстанции* располагаются на территории предприятия на некотором расстоянии от цеха и предназначены для питания одного или нескольких цехов предприятия. Такие подстанции обычно применяются в тех случаях, когда по условиям среды или специфики технологического процесса подстанцию нельзя приблизить к цеху. Например на некоторых взрывоопасных производствах и химических предприятиях, а также в случаях, когда подстанция применяется для питания нескольких цехов небольшой мощности.

*Пристроенные подстанции* применяются в тех случаях, когда по состоянию окружающей среды или специфики технологического процесса подстанцию нельзя расположить внутри цеха.

*Встроенные и внутрицеховые подстанции* можно максимально приблизить к центру электрических нагрузок. Для таких подстанций обычно применяют комплектные трансформаторные подстанции промышленного типа внутренней установки, которые устанавливаются в цехах открыто с использованием простейших сетчатых ограждений.

Цеховые трансформаторные подстанции предназначены для питания силовых и осветительных электроприемников. В случаях, когда вторичное напряжение трансформатора составляет 0,69 кВ, питание осветительных сетей осуществляется от отдельных трансформаторов

Ниже приводятся рекомендации по проектированию цеховых трансформаторных подстанций в соответствии с [5].

**Число трансформаторов цеховой ТП** зависит от требований надежности питания потребителей. Питание электроприемников первой категории следует предусматривать от двух- и трехтрансформаторных подстанций. Трехтрансформаторные подстанции рекомендуется применять в случаях, когда возможно равномерное распределение подключаемой нагрузки по секциям РУНН подстанции.

Двух- и трехтрансформаторные подстанции рекомендуется также применять для питания электроприемников второй категории. При сосредоточенной нагрузке, предпочтение следует отдавать трехтрансформаторным подстанциям. Однотрансформаторные подстанции могут быть применены для питания электроприемников второй категории, если требуемая степень резервирования потребителей обеспечивается линиями низкого напряжения от другого трансформатора и время замены вышедшего из строя трансформатора не превышает сутки.

При сосредоточенной нагрузке электроприемников второй категории значительной мощности может оказаться целесообразным сооружение цеховой ТП, на которой устанавливается несколько полностью загруженных трансформаторов и один резервный трансформатор, способный заменить любой из трансформаторов группы с помощью трансферной системы шин. Использование данной подстанции целесообразно, если число полностью загруженных трансформаторов 6 и более.

Питание отдельно стоящих объектов общезаводского назначения (компрессорных, насосных станций и т. п.) рекомендуется выполнять от двухтрансформаторных подстанций.

Для питания электроприемников третьей категории рекомендуется применять однотрансформаторные подстанции, если перерыв электроснабжения, необходимый для замены поврежденного трансформатора, не превышает сутки. При значительной сосредоточенной нагрузке электроприемников третьей категории вместо двух однотрансформаторных подстанций может быть установлена одна двухтрансформаторная подстанция без устройства АВР с полной загрузкой трансформатора.

**Мощность трансформаторов двух- и трехтрансформаторных подстанций** определяется таким образом, чтобы при отключении одного трансформатора было обеспечено питание требующих резервирования электроприемников в послеаварийном режиме с учетом перегрузочной способности трансформатора.

Значения коэффициентов допустимой перегрузки трансформаторов в послеаварийном режиме и коэффициентов загрузки трансформаторов в нормальном режиме приведены в табл. 3.5.1.

**Выбор единичной мощности трансформаторов** при значительном числе устанавливаемых цеховых трансформаторных подстанций и рассредоточенной нагрузке следует делать на основании технико-экономического расчета. Определяющими факторами при выборе единичной



Таблица 3.5.1. Значения коэффициентов загрузки трансформаторов двух- и трехтрансформаторных подстанций

Коэффициент допустимой перегрузки трансформатора	Коэффициент загрузки трансформатора в нормальном режиме	
	двухтрансформаторная подстанция	трехтрансформаторная подстанция
1,0	0,5	0,666
1,1	0,55	0,735
1,2	0,6	0,8
1,3	0,65	0,86
1,4	0,7	0,93
1,5	0,75	1,0

мощности трансформатора являются затраты на питающую сеть 0,4 кВ, потери мощности в питающей сети и в трансформаторах, затраты на строительную часть ТП.

Если нагрузка равномерно распределена по площади цеха, то выбор единичной мощности трансформатора при напряжении питающей сети 0,4 кВ определяется следующим образом:

- при плотности нагрузки до 0,2 (кВ·А)/м<sup>2</sup> — 1000, 1600 кВ·А;
- при плотности нагрузки 0,2 — 0,5 (кВ·А)/м<sup>2</sup> — 1600 кВ·А;
- при плотности нагрузки более 0,5 (кВ·А)/м<sup>2</sup> — 2500, 1600 кВ·А.

Для энергоемких производств при значительном количестве цеховых ТП рекомендуется унифицировать единичные мощности трансформаторов.

**Схемы соединения обмоток трансформаторов.** Трансформаторы цеховых ТП мощностью 400—2500 кВ·А выпускаются со схемами соединения обмоток «звезда—звезда» с допустимым током нулевого вывода, равным 25 % номинального тока трансформатора, или со схемой «треугольник—звезда» — 75 % номинального тока трансформатора. По условиям надежности действия защиты от однофазных коротких замыканий в сетях напряжением до 1 кВ и возможности подключения несимметричных нагрузок предпочтительным является трансформатор со схемой соединения обмоток «треугольник—звезда».

**Выбор исполнения трансформатора по способу охлаждения обмоток** (масляный, сухой, заполненный негорючим жидким диэлектриком) зависит от условий окружающей среды, противопожарных требований, объемно-планировочных решений производственного здания.

**Распределительное устройство со стороны высокого напряжения подстанции** для КТП промышленного типа выполняется обычно в виде высоковольтного шкафа без сборных шин со встроенными в шкаф коммутационными аппаратами или без них (глухой ввод). Высоковольтный шкаф называется устройством со стороны высшего напряжения подстанции (УВН).

Установка отключающего аппарата перед цеховым трансформатором при магистральной схеме питания обязательна. Глухое присоединение цехового трансформатора может применяться при радиальной схеме питания трансформатора кабельными линиями по схеме блока

«линия—трансформатор», за исключением питания от пункта, находящегося в ведении другой эксплуатирующей организации, а также при необходимости установки отключающего аппарата по условиям защиты. В качестве отключающих аппаратов могут применяться разъединители с предохранителями, выключатели нагрузки, выключатели нагрузки с предохранителями. В последнее время появились УВН с вакуумными выключателями.

При магистральной схеме питания применяются схемы, изображенные на рис. 3.5.1, где на входе и выходе магистрали устанавливаются разъединители, выключатели нагрузки или шинные накладки, а в цепи трансформатора — разъединители с предохранителями, выключатели нагрузки с предохранителями или разъединители с вакуумными выключателями.

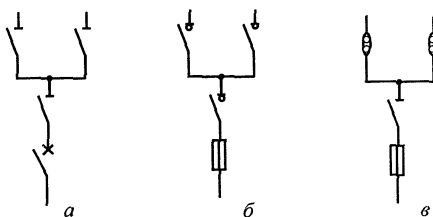


Рис. 3.5.1. Схемы УВН цеховых подстанций при магистральной схеме питания ТП *а* — с разъединителями на вводе и выводе, разъединителем и выключателем в цепи трансформатора, *б* — с выключателями нагрузки на вводе и выводе, выключателем нагрузки и предохранителем в цепи трансформатора, *в* — с шинными накладками на вводе и выводе, разъединителем и предохранителями в цепи трансформатора

**Распределительным устройством со стороны низшего напряжения подстанции** называется устройство для распределения электроэнергии напряжением до 690 В, состоящее из одного или нескольких шкафов со встроенными в них аппаратами для коммутации, управления, измерения и защиты. РУНН двухтрансформаторной подстанции выполняется с одиночной секционированной системой шин с фиксированным подключением каждого трансформатора к своей секции шин через коммутационный аппарат.

В промышленных электрических сетях применяются комплектные трансформаторные подстанции:

- для внутренней установки — КТП промышленного типа;
- для наружной установки — КТП промышленного типа в модульном здании, КТП модульного типа; КТП в бетонной оболочке; КТП городского типа и др.

**В городских электрических сетях** используют:

- отдельно стоящие подстанции;
- подстанции, совмещенные с РП 10(6) кВ;
- встроенные и пристроенные подстанции, которые могут быть установлены в общественных зданиях при условии соблюдения требований ПУЭ, санитарных норм [21].

Не допускается применение встроенных и пристроенных подстанций в спальнях корпусах общественно-образовательных школ, школах-интернатах, учреждениях по подготовке кадров, дошкольных детских учреждениях и др., где уровень звука ограничен санитарными нормами.

Применяются одно- и двухтрансформаторные подстанции с мощностью трансформатора не более 1000 кВ·А. На встроенных и пристроенных подстанциях при применении сухих трансформаторов число трансформаторов не ограничивается. Выбор мощности силовых трансформаторов должен производиться с учетом нагрузочной и перегрузочной способности трансформаторов. Для двухтрансформаторных подстанций с масляными трансформаторами допустимая аварийная перегрузка трансформатора должна приниматься в соответствии с требованиями ГОСТ 14209—97.

Рекомендуемые схемы соединения обмоток трансформаторов:

- «звезда—зигзаг» при мощности трансформаторов до 250 кВ·А;
- «треугольник—звезда» при мощности 400 кВ А и более.

В настоящее время чаще всего применяются подстанции закрытого типа в кирпичных или бетонных зданиях, с силовыми трансформаторами марки ТМ. РУВН выполняется со сборными шинами с камерами КСО-366М, РУНН — с панелями ЩО-70. Принципиальная схема данной подстанции показана на рис. 3.5.2, план подстанции типа К-42 — на рис. 3.5.3. При радиальной схеме питания подстанций применяются более простые схемы на стороне ВН подстанции. В последнее время

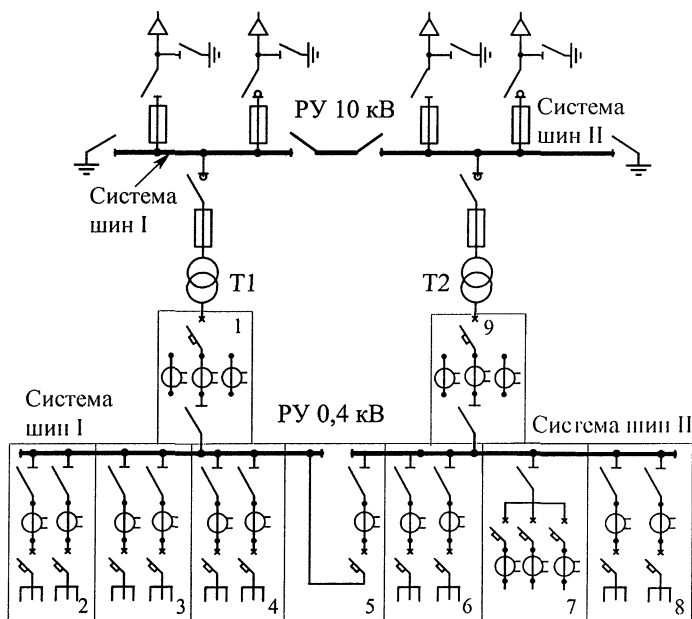


Рис. 3.5.2. Принципиальная схема подстанции РУ 10 кВ с камерами КСО-366М (РУ 0,4 кВ с панелями ЩО 70-1, тонкими линиями выделены панели 0,4 кВ): 1, 9 — вводные панели; 2—4, 6—8 — линейные панели; 5 — секционная панель

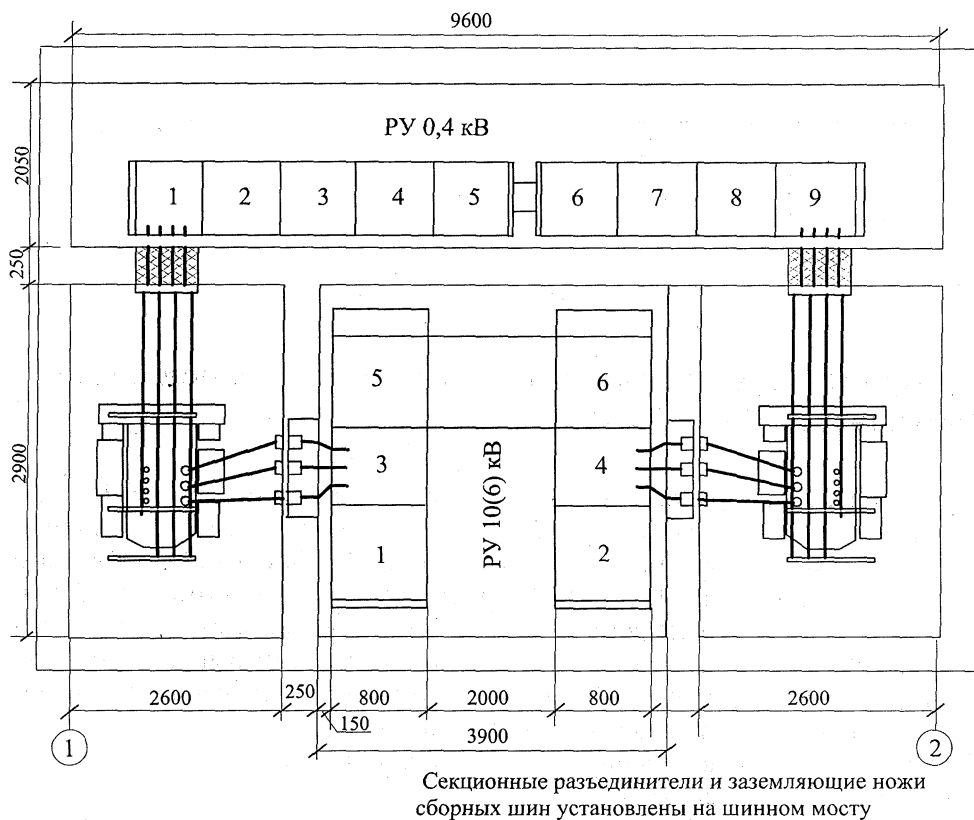


Рис. 3.5.3. План подстанции 10(6)/0,4 кВ типа К-42-630 М5 для схемы, приведенной на рис. 3.5.2. Секционные разъединители и заземляющие ножи установлены на шинном мосту

русские предприятия освоили выпуск комплектных трансформаторных подстанций разных типов, которые могут быть установлены в городских электрических сетях:

- КТП городского типа;
- КТП модульного типа;
- КТП в бетонной оболочке;
- КТП наружного типа и др.

## **4. КОМПЛЕКТНЫЕ ТРАНСФОРМАТОРНЫЕ ПОДСТАНЦИИ**

---

### **4.1. Комплектные трансформаторные блочные подстанции напряжением 35—220 кВ**

Комплектные трансформаторные подстанции блочные (КТПБ) выпускаются на напряжения 35—220 кВ и предназначены для приема, преобразования и распределения электрической энергии переменного тока частотой 50 Гц. Подстанции выпускаются с трехобмоточными и двухобмоточными трансформаторами. Они могут быть стационарными или передвижными на салазках. Данные подстанции выпускаются для нефте- и газодобывающих отраслей, стройиндустрии, горно-добывающей промышленности, где необходима их быстрая установка и демонтаж, возможность перемещения. Конструкция подстанций предусматривает установку высоковольтного электрооборудования без железобетонных элементов. На КТПБ устанавливается один или два силовых трансформатора мощностью от 1 до 125 МВА. Распределительные устройства напряжением 35<sup>1</sup>, 110 и 220 кВ выполняются открытыми. Предусматриваются различные схемы первичных соединений ОРУ: блочные, «мостики», со сборными шинами.

В состав КТПБ входят:

- силовые трансформаторы;
- линейные регулировочные трансформаторы;
- ОРУ на 220, 110, 35(20) кВ;
- КРУН (КРУ) на 10(6) кВ;
- жесткая и гибкая ошиновки;
- кабельные конструкции;
- ОПУ;
- осветительные устройства;
- фундамент;
- грозозащита и заземление;
- ограда.

---

<sup>1</sup> В настоящее время освоен выпуск РУ 35 кВ с комплектными распределительными устройствами выкатного исполнения внутренней установки. В ближайшее время начнется выпуск КТПБ с КРУ на 35 кВ.

ОРУ на все напряжения выполняются из унифицированных транспортельных блоков, состоящих из металлического несущего каркаса со смонтированными на нем высоковольтным оборудованием и элементами вспомогательных цепей.

РУ 10(6) кВ выполняется комплектным наружной установки (КРУН) или в модульных зданиях с КРУ внутренней установки.

В общеподстанционном устройстве (ОПУ) устанавливаются релейные шкафы, в которых располагается вся аппаратура вспомогательных цепей, защиты, управления и сигнализации.

Цепи собственных нужд, вспомогательные цепи, цепи освещения и обогрева прокладываются внутри РУ 10(6) кВ и ОПУ в швеллерах и металлорукавах, наружные цепи — в металлических лотках.

Условия эксплуатации КТПБ (группа условий эксплуатации, климатическое исполнение, категория размещения, тип атмосферы, допустимая степень загрязнения изоляции) указываются в технических условиях в соответствии с ГОСТ 15150—69. Выпускаемые КТПБ не предназначены для работы в сильно загрязненной окружающей среде, при наличии агрессивных газов, испарений, химических отложений, токопроводящей пыли.

Основные технические характеристики КТПБ производства Самарского завода «Электроцит» и Чирчикского трансформаторного завода приведены в табл. 4.1.1—4.1.2. Выпускаются также комплектные распределительные подстанции, предназначенные для передачи электрической энергии на напряжениях 110 и 220 кВ (КРУБ) (табл. 4.1.3).

Таблица 4.1.1. Технические характеристики комплектных трансформаторных подстанций блочных 35—220 кВ с трехобмоточными трансформаторами

Параметр	КТПБ(М)			2КТПБ
	Самарский завод «Электроцит»			Чирчикский трансформаторный завод
Номинальное напряжение на стороне ВН, кВ	220	220	110	110
Номинальное напряжение на стороне СН, кВ	110	35	35	35
Номинальное напряжение на стороне НН, кВ	6 или 10			
Мощность силового трансформатора, МВ А	63—125	25—63	6,3—63	10; 16
Схемы главных электрических соединений	110—220 кВ: 1; 3Н; 4Н; 5Н; 5АН; 6; 7; 12; 13; 14	220 кВ: 1; 3Н; 4Н; 5Н; 5АН; 6; 7; 12; 13; 14 35 кВ: 9; 5Н	110 кВ: 1; 3Н; 4Н; 5Н; 5АН 35 кВ: 9; 5АН	110 кВ: 4Н 35 кВ: 9
Климатическое исполнение	У1; ХЛ1	У1; ХЛ1	У1; ХЛ1	У1; ХЛ1
Тип камер КРУ	К-59; К-63	К-59	К-59 У1 (ХЛ1); К-59 У3; К-63	КРУВ-10

Таблица 4.1.2. Технические характеристики комплектных трансформаторных подстанций блочных 35—220 кВ с двухобмоточными трансформаторами

Параметр	КТПБ(М)			КТПБ(М)Б*	КТПБ, ПКТПБ
Производитель	Самарский завод «Электроцит»				Чирчикский трансформаторный завод
Номинальное напряжение на стороне ВН, кВ	220	110	35	35	35
Номинальное напряжение на стороне НН, кВ	6 или 10 кВ				
Мощность силового трансформатора, МВ·А	32—63	2,5—63	1—16	1—10	1—6,3
Схемы главных электрических соединений на стороне ВН	1; 3Н; 4Н; 5Н; 5АН; 6; 7; 12; 13; 14	1; 3Н; 4Н; 5Н; 5АН	5А; 5Б; 9; 3Н; 4Н; 5АН; 5Н	3Н; 4Н; 5А; 5Б; 5Н; 5АН	3Н; 5 и др.
Климатическое исполнение	У1; ХЛ1	У1; ХЛ1	У1; ХЛ1	УХЛ1	ХЛ1
Тип камер КРУ	К-59У1(ХЛ1); К-59У3; К-63			К-59ХЛ1; К-59БР; ХЛ1	—
Управление разъединителями	Ручное или автоматическое				

\* Применяется там, где необходимы быстрая установка и демонтаж, возможность перемещения подстанции. Конструкция подстанции предусматривает установку высоковольтного электрооборудования без железобетонных элементов.

Таблица 4.1.3. Технические характеристики КРУБ производства Самарского завода «Электроцит»

Параметр	КРУБ на 110 кВ	КРУБ на 220 кВ
Номинальное напряжение, кВ	110	220
Номинальная сила тока сборных шин, А	1000; 2000	1000; 2000
Схемы главных электрических соединений	7; 12; 13; 14	12; 13; 14
Климатическое исполнение по ГОСТ 15150—69	У1; ХЛ1	У1; ХЛ1
Степень загрязнения изоляции по ГОСТ 9920—89	I; II	I; II
Климатический район по ветру и гололеду	I—IV	I—IV
Управление разъединителями	Ручное или автоматическое	

**Комплектные трансформаторные блочные модернизированные подстанции производства ОАО «Самарский завод «Электроцит»** выпускаются на напряжение 35, 110, 220 кВ с различными схемами ОРУ.

КТПБ(М) могут иметь шумозащитные средства, что позволяет устанавливать их в черте города. Возможны варианты с ОПУ заводского исполнения и без ОПУ. Допустимые значения токов короткого замыкания приведены в табл. 4.1.4.

**Оборудование**, устанавливаемое в ОРУ КТПБ(М), приведено в табл. 4.1.5, типы силовых трансформаторов — в табл. 4.1.6, тип оборудования напряжением 10(6) кВ определяется принятой в проекте серий камер КРУ.

Таблица 4.1.4. Допустимые значения токов короткого замыкания для КТПБ(М)

Параметр	ОРУ 220 кВ	ОРУ 110 кВ	ОРУ 35(20) кВ	РУ 10(6) кВ
Сквозной ток короткого замыкания (амплитуда), кА	65; 81*	65; 81*	26	51; 81*
Ток термической стойкости в течение 3 с, кА	25; 31,5*	25; 31,5*	10	20

\* Для ячеек ОРУ и сборных шин с номинальным током 2000 А.

Таблица 4.1.5. Типы оборудования, устанавливаемые в ОРУ КТПБ(М)

ОРУ 35 кВ	ОРУ 110 кВ	ОРУ 220 кВ
<b>Выключатели вакуумные</b>		
ВВС 35II-20/630 УХЛ1 ВБЭТ 35-25 III-630 УХЛ1 ВБН-35II-20/1600 УХЛ1 ВБНТ-35-20/630 У1	—	—
<b>Выключатели элегазовые</b>		
ВГБЭ-35-12,5/630 УХЛ1 ВГБЭП-35-12,5/630 УХЛ1 (Э)	ВГТ-110II-40/2500 У1 ВГБУ-110 У1 ВЭБ-110-II-40/2000 LTV 145D1/B (1YSB4 25250M609) 145PM40 ЗАР1-FG 123 (126) DT1-145F, ВЭБ-110	ВГТ-220II-40/2500 У1 ВГБУ-220 У1  HPL 245/□ В1 242PMR40
<b>Выключатели маломасляные</b>		
ВМУЭ-35Б-25/1250 УХЛ1	ВМТ-110Б-25/1250-2000 УХЛ1	ВМТ-220Б-25/1250 УХЛ1 ВМТ-220Б-40/2000 УХЛ1
<b>Приводы выключателей</b>		
Пружинный, электромагнитный	Пружинный	Пружинный
<b>Разъединители</b>		
РДЗ-2(1П)-35/1000УХЛ1	РДЗ-110/□ УХЛ1 SGF 123 РГ-110/□ УХЛ1 РГ-110II/1000 УХЛ1 РГ-К-110/1000 УХЛ1 РГ-К-110II/1000 УХЛ1	РДЗ-220/□ УХЛ1 SGF 245*
<b>Приводы разъединителей: ручной, двигательный</b>		
<b>Трансформаторы тока</b>		
ТФЗМ-35А-У/(ХЛ1) ТФЗМ-35Б-У/(ХЛ1) ТФМ-35-У1	TG-145 УХЛ1 ТФЗМ-110Б У1(ХЛ1) ТФМ-110-У1(ХЛ1) ТГФ-110-У1(ХЛ1)	ТФЗМ-220Б У1(ХЛ1)



Окончание табл. 4.1.5

ОРУ 35 кВ	ОРУ 110 кВ	ОРУ 220 кВ
<b>Трансформаторы напряжения</b>		
НОМ-35 ЗНОМ-35 НАМИ-35	НКФ-110 СРА 123 СРВ 123	СРА 245
<b>Ограничители перенапряжений</b>		
MWK-41 ОПН-У/TEL-35 ОПН-П-35 ОПН-Ф-35	ОПН-110 ПН ОПН-У/TEL-110  ОПН-110 ОПН-П-110 EXLIM P EXLIM R EXLIM P72-AN 123	ОПН-П-220/□ УХЛ1 ОПН-Ф-220/□ УХЛ1

*Примечания:*

Значок □ означает, что параметр аппарата указывается при проектировании.

Наиболее совершенной по конструкции является КТПБ(М) с разъединителями SGF 123 и SGF 245.

Таблица 4.1.6. Типы силовых трансформаторов

Напряжение, кВ		
35	110	220
ТМГ-□/35	ТМН-□/110/6(10)	ТРДН-32000/220/6(10)
ТД-16000/35/6(10)	ТДН-□/110/6(10)	ТРДН-□/220/6-6
	ТРДН-□/110/6(10)	ТДТН-□/220/35/6(10)
	ТРДН-□/110/6(10)	ТРДЦН-63000/220/10-10
	ТРРДН-□/110/(6-6)(10-10)	ТРДН-32000/220/35У1
	РРДЦН-63000/110/10/10	АТДЦТН-63000/220/110
	ТМТН-□/110/35/6(10)	
	ТДТН-□/110/35/6(10)	
	ТМН-□/110/20	

*Примечания:*

1. Силовые трансформаторы выпускаются исполнений У1, ХЛ1.
2. Значок □ означает, что мощность трансформатора указывается при проектировании.

На подстанциях устанавливаются трансформаторы собственных нужд ТМ-100/35, при необходимости могут быть установлены линейные регулировочные трансформаторы ЛТМ-□/6(10) и однофазные масляные заземляющие дугогасительные реакторы РЗДСОМ.

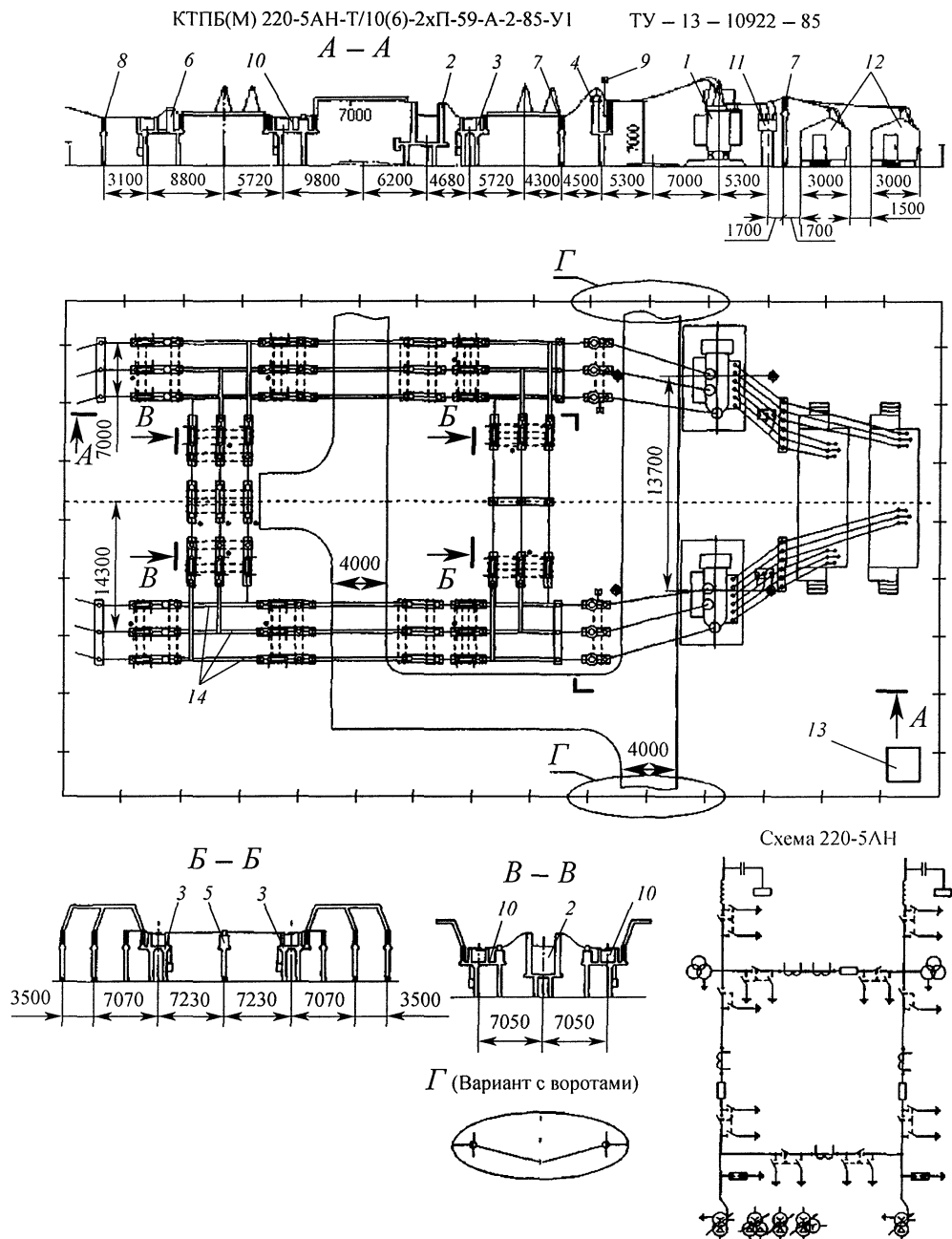
Название схем первичных соединений РУ 10(6)–220 кВ КТПБ(М) и номер рисунка, где она показана, приведены в табл. 4.1.7.

Таблица 4.1.7. Название схемы и номер рисунка, где она приведена

Схема	Название	Номер рисунка
<b>Схемы РУ 6(10) кВ</b>		
10(6)-2 и др.	Две одиночные секционированные выключателем системы шин	—
<b>Схемы ОРУ 35 кВ</b>		
35-5А; 35-5Б	Мостик с выключателями в цепях линий	3.4.14
35-5АН	Мостик с выключателями в цепях трансформаторов	3.4.15
35-3Н	Блок линия—трансформатор с выключателем	3.4.12, в
35-4Н	Два блока с выключателями и неавтоматической перемычкой со стороны линий	3.4.12, г
35-9	Одна рабочая секционированная система шин	3.4.3
<b>Схемы ОРУ 110, 220 кВ</b>		
110-1; 220-1	Блок линия—трансформатор с разъединителем	3.4.11, б
110-3Н; 220-3Н	Блок линия—трансформатор с выключателем	3.4.12, в
110-4Н 220-4Н	Два блока с выключателями и неавтоматической перемычкой со стороны линий	3.4.12, г
110-5Н 220-5Н	Мостик с выключателями в цепях линий и ремонтной перемычкой со стороны линий	3.4.14
110-5АН 220-5АН	Мостик с выключателями в цепях трансформаторов и ремонтной перемычкой со стороны трансформаторов	3.4.15
110-6; 220-6	Заход—выход	3.4.16
220-7	Четырехполюсник	3.4.17
110-12 220-12	Одна рабочая секционированная выключателем и обходная системы шин	3.4.6
110-13	Две рабочие и обходная системы шин	3.4.9
110-14	Две рабочие секционированные выключателями и обходная системы шин с двумя шиносоединительными и двумя обходными выключателями	3.4.10

В РУ 10(6) кВ устанавливаются комплектные распределительные устройства (см. табл. 4.1.1, 4.1.2), выводы линий из РУ 10(6) кВ могут быть воздушными и кабельными. Шкаф ТСН вынесен из общего ряда КРУ (КРУН) и устанавливается рядом с силовым трансформатором. В схеме 10(6)-2 до выключателей ввода подключаются ограничители перенапряжений и трансформаторы собственных нужд. Предусматривается установка ограничителей перенапряжений и на сборные шины.

Для общего освещения территории КТПБ(М) применяются установленные на блоках и порталах ОРУ осветительные установки типа ОУ-2, на каждой из которых установлено четыре светильника мощностью 300 Вт на высоте около 7 м. План и разрезы подстанции КТПБ(М) 220-5АН-Т/10(6)-2х□-59-А-2-85-У1 со схемой 220-5АН с маломасляными выключателями ВМТ-220 приведены на рис. 4.1.1.



**Рис. 4.1.1.** Компоновка КТПБ 220/10(6) кВ: 1 — силовой трансформатор; 2 — группа блоков полюсов выключателя; 3 — группа блоков полюсов разъединителя; 4 — блок разрядников (ОПН); 5 — блок трансформаторов тока; 6 — группа блоков полюсов разъединителя и трансформатора напряжения; 7 — блок опорных изоляторов; 8 — блок приема ВЛ; 9 — установка осветительная; 10 — группа блоков полюсов разъединителя и трансформатора тока; 11 — шкаф ТСН; 12 — КРУ 10(6) кВ; 13 — туалет; 14 — жесткая ошиновка ОРУ 220 кВ

Подстанции трансформаторные комплектные блочные 2КТПБ-10000, 16000/110/6(10)У1 и 2КТПБ-10000, 16000/110/35/6(10)У1.

В табл. 4.1.8 приведены основные технические характеристики КТПБ (схема первичных соединений подстанций на стороне 110 кВ — 110-4Н, на стороне 35 кВ — 35-9). Наименование блоков и их число для схем 110-4Н и 35-9 приведены в табл. 4.1.9.

Таблица 4.1.8. Технические характеристики 2КТПБ-10000/110/6(10)У1, 2КТПБ-10000, 16000/110/35/6(10)У1

Параметр	Значение параметра
Номинальная мощность, кВ·А	10000; 16000
Номинальное напряжение, кВ: на стороне ВН на стороне СН* на стороне НН	110 35 6 или 10
Номинальная частота, Гц	50
Стойкость к токам короткого замыкания главных электрических цепей, кА на стороне ВН: электродинамическая термическая (в течение 3 с) на стороне СН*: электродинамическая термическая (в течение 3 с) на стороне НН: электродинамическая термическая (в течение 3 с)	65 35 26 10 51 20
Схема и группа соединений силового трансформатора	$Y_H/D-11$ ; $Y_H/Y_H/D-0-11^*$
Мощность трансформатора собственных нужд, МВ·А	40; 63; 100; 160; 250
Сочетание напряжений ТСН, кВ	6(10)/0,4
Число отходящих линий на одну секцию РУНН	4; 6*

\* Для 2КТПБ с трансформатором ТДТН.

Таблица 4.1.9. Наименование и число для схем 110-4Н и 35-9 блоков 2КТПБ-10000/110/6(10)У1, 2КТПБ-10000, 16000/110/35/6(10)У1

Наименование блока	Схема	
	110-4Н	110-4Н; 35-9
Блок выключателя ВМТ-110 Б-25/1250 УХЛ1	2	2
Блок разъединителя РДЗ-1-110Б/1000 Н УХЛ1	2	4

Окончание табл. 4.1.9

Наименование блока	Схема	
	110-4Н	110-4Н; 35-9
Блок разъединителя РДЗ-2-110Б/1000 Н УХЛ1	4	4
Блок трансформаторов напряжения НКФ-110-83 У1	2	2
Блок трансформаторов тока ТФЗМ-110 Б У1	2	2
Блок разрядников РВС-110 М	2	2
Блок опорных изоляторов 110 кВ	2	2
Блок ЗОМ-110 Б-1 УХЛ1 и РВС-35 У1	2	2
Распределительное устройство РУ 10 (6) кВ	1	1
Общеподстанционное устройство	1	1
Блок опорных изоляторов 35 кВ	—	4
Блок разрядников РВС-35	—	2
Блок Б35-5: разъединитель РДЗ-2-35/1000Н-УХЛ1 с приводом ПР-0,5-25, ТН НОМ-35 и разрядник РВС-35	—	2
Блок 35-3М: элегазовый выключатель ВГБЭ-35, разъединитель РДЗ-1(2)-35/1000 Н УХЛ1 с приводом ПР-06(05)-2Б УХЛ1	—	3
Силовой трансформатор: ТДН-10000/110-У1 ТДТН-10000,16000/110-У1	2 —	— 2

На рис. 4.1.2 приведена принципиальная схема главных цепей подстанции с трехобмоточными трансформаторами 2КТПБ-10000-16000/110/35/6(10) У1. На стороне 110 кВ предусмотрена схема «два блока с выключателями и ремонтной перемычкой со стороны линий» (схема 110-3Н), на стороне 35 кВ — схема с одной секционированной выключателем системой шин (схема 35-9).

На рис. 4.1.3 представлена принципиальная схема главных цепей подстанции 2КТПБ-10000,16000/110/6(10) У1 со схемой 110-3Н на стороне 110 кВ.

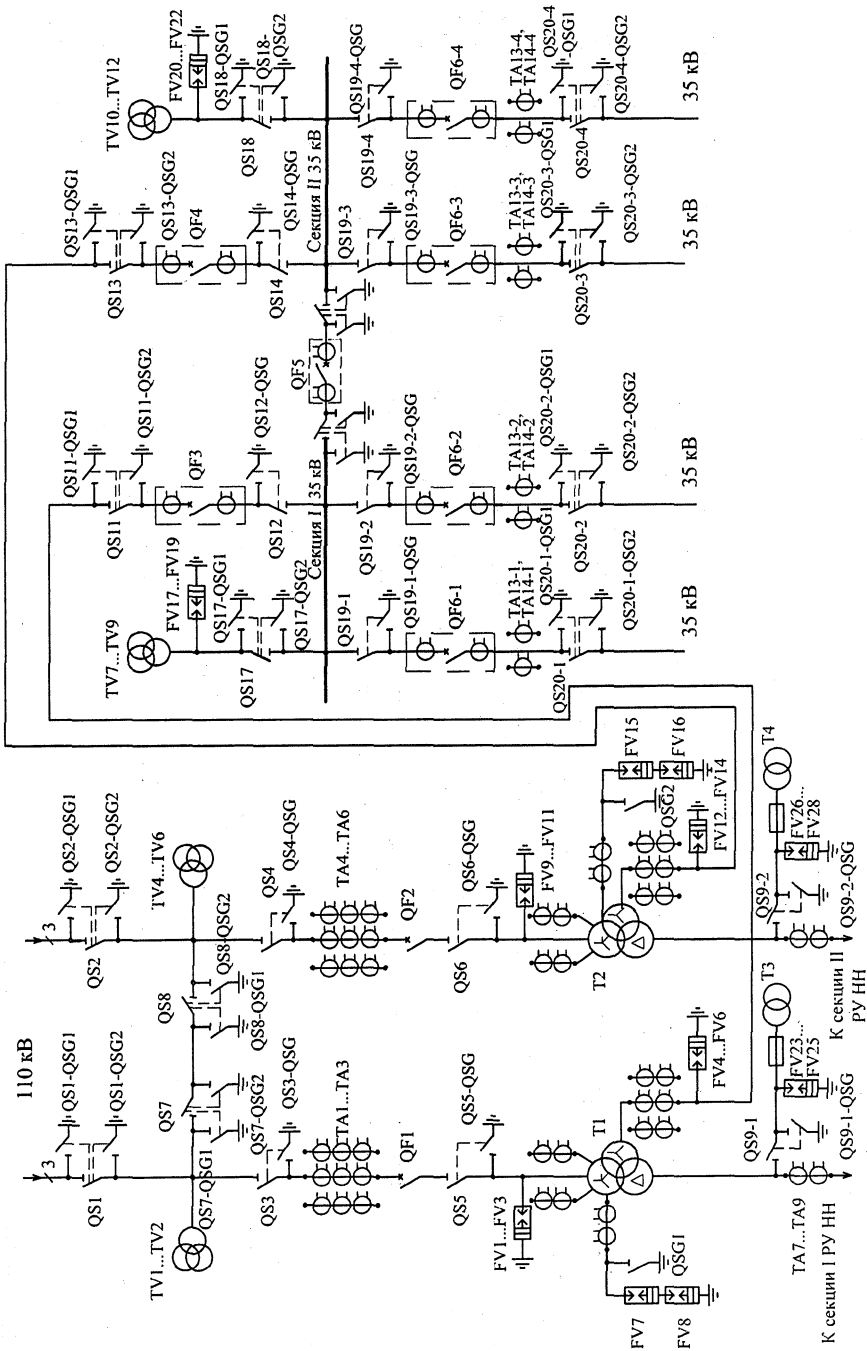


Рис. 4.1.2. (начало, см. стр. 111)

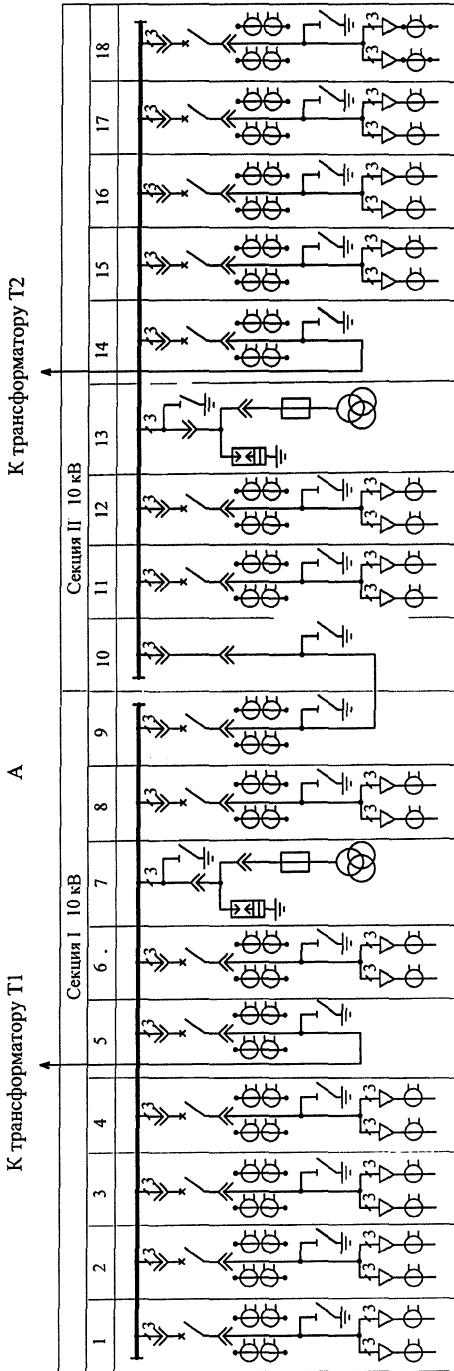


Рис. 4.1.2. Схема электрическая принципиальная главных цепей КТПБ-10000, 16000/110/35/6(10) У1: QF1...QS20 — разъединители; QF1...QF6-4 — выключатели; T1...T4 — трансформаторы напряжения; FV1...FV28 — разрядники; TAI...TA14-4 — трансформаторы тока; T1, T2 — силовые трансформаторы; T3, T4 — трансформаторы собственных нужд; QS1-QSG...QS20-QSG — трансформаторы — разъемники; А — РУНН

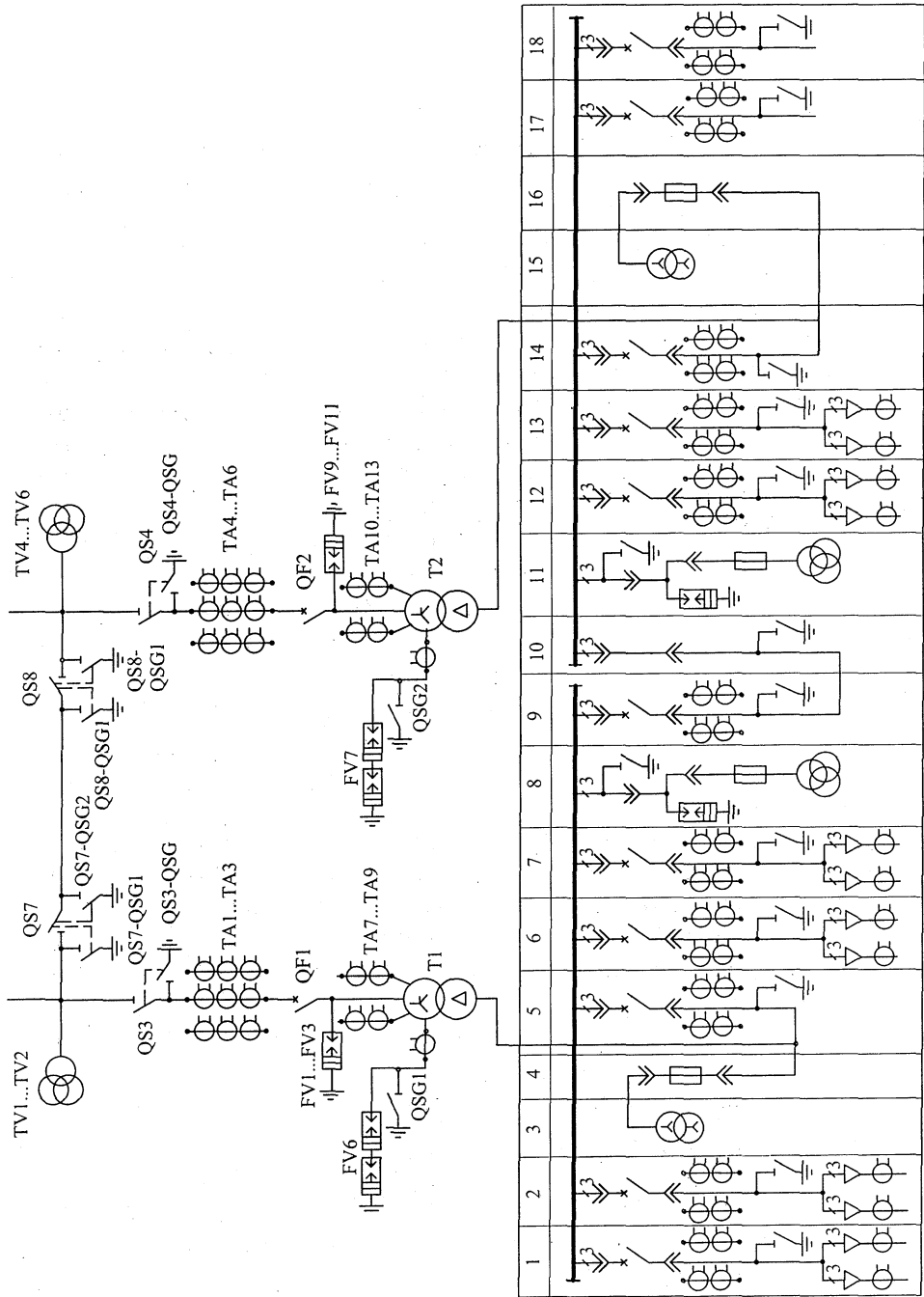


Рис. 4.1.3. Схема электрическая принципиальная главных цепей КТПБ-10000, 16000/110/6(10) У1



## 4.2. Комплектные трансформаторные подстанции модульного типа напряжением 35/10(6) и 10(6)/0,4 кВ

Комплектные трансформаторные подстанции модульного типа (КТПМ) напряжением 35/10(6) и 10(6)/0,4 кВ производит совместное российско-польское предприятие «КРУЭЛТА», учредителями которого являются российская компания «Таврида Электрик» и польская компания «Электробудова». КТПМ применяются в качестве сетевых и потребительских подстанций на нефтегазопромислах, рудниках, карьерах и других объектах, когда необходимо максимально сократить сроки монтажа подстанции, а также обеспечить возможность ее демонтажа и перемещения на новое место. Комплектные трансформаторные подстанции модульного типа (КТПМ) предназначены для использования в качестве переносных или стационарных.

Особенностями данных КТПМ являются возможность быстрого монтажа и продолжительная безаварийная эксплуатация в тяжелых климатических условиях в необслуживаемом режиме. Подстанции оснащаются аппаратурой по требованиям заказчика.

Типовые решения рассчитаны на использование следующих основных компонентов:

- коммутационные аппараты фирм ABB, Siemens, Schneider, Alstom, Tavrida Electric, Moeller, General Electric, Mitsubishi Electric, Terasaki, Holec;
- устройства защиты и приборы учета фирм ABB, Siemens, Schneider, Alstom, Lumel, JM Tronic;
- силовые и измерительные трансформаторы фирм ABB, Siemens, Alstom, Artech, Ritz, Polcontact.

Электрооборудование КТПМ характеризуется высокими показателями электродинамической и термической стойкости, а выключатели рассчитаны на значительные номинальные токи отключения, поэтому КТПМ может служить в качестве ГПП или исполнять функции временного переносного дополнения к существующим мощным подстанциям при их ремонте или подключении к ним дополнительных отходящих линий. КТПМ может использоваться в телекоммуникации и на железных дорогах.

Структура условного обозначения КТПМ:

**КТПМ X/X— X\* X/X XX/XXX УХЛ1,**

где КТП — комплектная трансформаторная подстанция наружной установки;

М — модульное исполнение;

X/X — высшее/низшее номинальные напряжения, кВ;

X\* — исполнение (2 — с двумя трансформаторами, 1 или отсутствие цифры — с одним трансформатором);

X/X — мощность трансформатора, кВ·А/обозначение типа трансформатора (С — сухой; М — масляный с ПБВ; МР — масляный с РПН);

XX/XXX — обозначение схемы главных цепей по стороне высшего напряжения/число и тип отходящих линий на стороне низшего напряжения (К — кабельные, В — воздушные);

УХЛ1 — вид климатического исполнения по ГОСТ 15150—69 и ГОСТ 15543.1—89.

Пример записи обозначения подстанции с номинальными напряжениями 35/6 кВ с двумя сухими трансформаторами мощностью 4000 кВ·А, со схемой главных соединений Т2 на стороне 35 кВ, с 18 отходящими линиями (8 кабельных и 10 воздушных):

КТПМ 35/6-2\*4000/С Т2/10В8К УХЛ1.

**Конструкция.** РУВН и РУНН подстанции выполняются комплектными, выкатного исполнения и размещаются в металлических контейнерах с отдельными входами. Каждый контейнер с размещенным в нем оборудованием является одним модулем подстанции. Это может быть конструкция из неподвижно закрепленных панелей или конструкция с возможностью быстрого демонтажа отдельных боковых панелей. Общая длина контейнера не должна превышать 17 м. Стены и пол контейнера могут иметь теплоизоляцию. В крыше имеются клапаны безопасности распределительного устройства среднего напряжения, естественная или принудительная вентиляция.

Полы контейнера собираются из металлических листов, которые могут быть легко демонтированы для контроля кабельного присоединения. Под полом (кроме ячеек РУ, трансформаторов, пускателей, камер с конденсаторами) может быть размещен слой теплоизоляции из минеральной ваты. По желанию заказчика на пол может стелиться ПВХ покрытие (линолеум) или изоляционный коврик перед камерами распределительного устройства среднего напряжения (рис. 4.2.1).

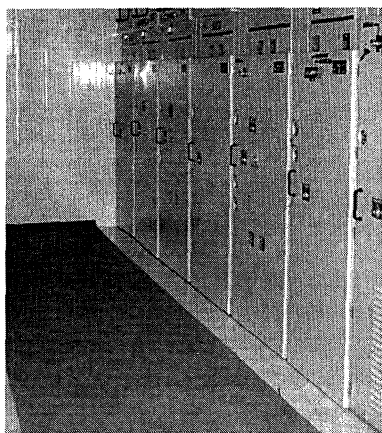


Рис. 4.2.1. Покрытие ПВХ и изоляционный коврик на полу контейнера

Контейнеры могут устанавливаться на раму, на раму и стальной понтон, снабженный транспортными проушинами, что позволяет перемещать подстанцию по земле в любом направлении; на раму с элементами, гасящими вибрацию от самодвижущихся механизмов, например экскаваторов, ленточных транспортеров, бурильных установок и т. д. Примеры различных установок контейнеров приведены на рис. 4.2.2.

В КТПМ могут устанавливаться как сухие в эпоксидной изоляции, так и масляные трансформаторы напряжением до 35 кВ мощностью до 10 000 кВ·А.

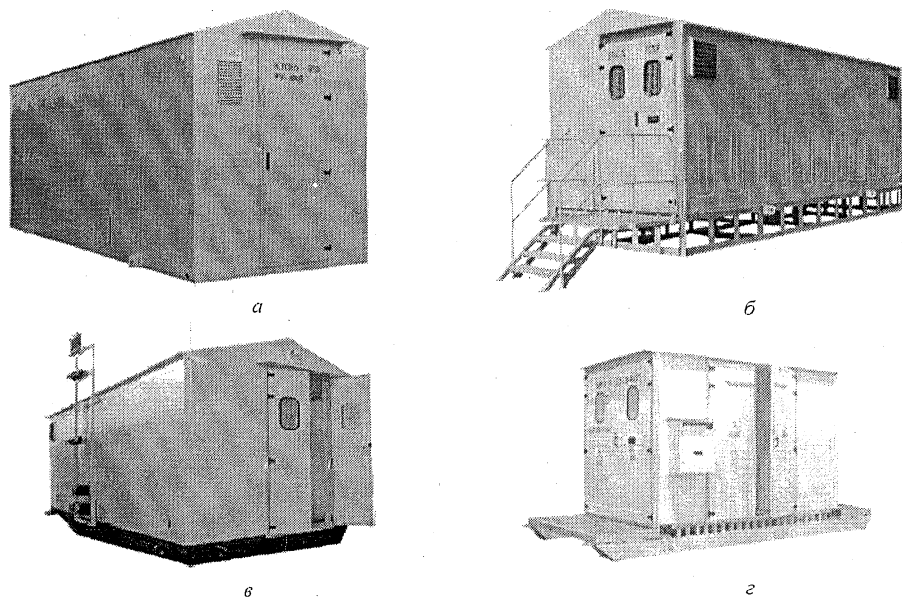


Рис. 4.2.2. Различные установки контейнеров: *а* — на низкой раме; *б* — на высокой раме, снабженной лестницей; *в* — на понтоне с воздушным вводом; *г* — на понтоне с решетчатыми площадками для удобства обслуживания воздушным вводом

Трансформаторы могут быть установлены на открытом воздухе или помещены в камеры различного исполнения: решетчатое металлическое ограждение; трансформаторная камера, реализованная в корпусе ячейки РУ, выделенное помещение (камера для сухого или масляного трансформатора) с доступом изнутри или снаружи (рис. 4.2.3).

Над камерой трансформатора в крыше устанавливаются клапаны безопасности. Трансформаторное помещение оснащается освещением (расположение выключателя в соответствии с требованиями проекта). В камере могут дополнительно размещаться ограничители перенапряжений, предохранители, дополнительная коммутационная аппаратура и т. п.

Двери трансформаторных камер, расположенных рядом с РУ, заблокированы с вводной ячейкой, что повышает безопасность обслуживания станции. Имеется возможность быстрой и удобной замены трансформатора. Если на КТПМ устанавливается масляный трансформатор, то в раме устанавливается стальной масляный поддон емкостью, достаточной для удержания всего объема масла в случае повреждения трансформатора. Поддон снабжен сливным отверстием.

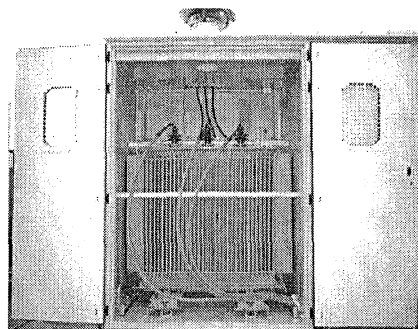


Рис. 4.2.3. Установка силового трансформатора в камере

Выделенные внутри подстанции помещения могут иметь сплошные, сплошные со смотровым окном или сетчатые двери.

Дополнительное оборудование контейнера: система основного и аварийного освещения; вентиляционное оборудование; система обогрева с возможностью регуляции температуры. По желанию заказчика может быть установлена охранный и пожарная сигнализация.

**Комплектные трансформаторные подстанции модульного типа напряжением 35 кВ** выпускаются в климатическом исполнении УХЛ1, основные технические характеристики КТПМ приведены в табл. 4.2.1.

Таблица 4.2.1. Технические характеристики КТПМ напряжением 35 кВ

Параметр	На стороне 35 кВ	На стороне 10(6) кВ
Номинальное напряжение, кВ	35	6; 10
Число силовых трансформаторов	1 или 2	
Номинальная мощность силового трансформатора, кВ А	2500; 4000; 6300; 10 000	
Номинальное напряжение обмоток трансформатора, кВ	35	10,5(6,3)
Диапазон регулирования напряжения	$\pm 2 \times 2,5$	
Группа соединения обмоток трансформатора	Y <sub>H</sub> /D-11	
Номинальный ток сборных шин, А	630	1600
Номинальный ток главных цепей, А	630	1600
Номинальный ток отключения выключателей, кА	16	25
Номинальный ток включения выключателей, кА	40	50
Ток электродинамической стойкости, кА	40	50
Ток термической стойкости (односекундный), кА	16	25
Степень защиты модулей	IP55	

КТПМ имеет следующие функциональные блоки:

- **РУ 35 кВ**, состоящего из одного модуля для однострановых подстанций; одного или двух модулей для двухтрансформаторных подстанций;
- **трансформаторного блока**, состоящего из одного или двух модулей;
- **РУ 10(6) кВ**, состоящего из одного или двух модулей, соединяемых между собой на месте установки.

КТПМ оснащается системами основного и аварийного освещения, обогрева, вентиляции, устройствами микропроцессорной РЗиА и подготовлена к работе в системах телемеханики, телесигнализации, телеизмерений и телеуправления.

**На стороне 35 кВ подстанции предусматриваются следующие схемы:**

- Т1 и Т2 — тупиковая подстанция с вводом питания по воздушной линии с разъединителем (модули Т1.1 и Т1.2) и с вводом питания по воздушной линии с вакуумным выключателем (модули Т2.1 и Т2.2);
- П1 и П2 — проходная подстанция с вводом питания по воздушной линии с разъединителем (модули К.1.1 и К1.2) и с вводом питания по воздушной линии с вакуумным выключателем (модули К2.1 и К2.2).

Схемы Т1, Т2 по сути представляют собой схему мостика с выключателями в цепях трансформаторов или в цепях линий без ремонтной перемычки, с подключением трансформатора собственных нужд на стороне 35 кВ. Схемы П1 и П2 в типовых проектах не применяются.

Типовые исполнения однострансформаторных и двухтрансформаторных КТПМ приведены в табл. 4.2.2, 4.2.3.

Таблица 4.2.2. Типовые исполнения однострансформаторных КТПМ

Мощность трансформатора, кВ А	Тип исполнения	Число линий 35 кВ	Число линий 10(6) кВ		Максимальная мощность БК, кВ А
			воздушных	кабельных	
2500	КТПМ 35/6-1*2500/С Т1/5К	1	—	5	450
	КТПМ 35/6-1*2500/С Т1/3В2К		3	2	
	КТПМ 35/6-1*2500/С Т1/6К		—	6	600
	КТПМ 35/6-1*2500/С Т1/4В2К		4	2	
	КТПМ 35/6-1*2500/С П1/5К	2	—	5	450
	КТПМ 35/6-1*2500/С П1/3В2К		3	2	
	КТПМ 35/6-1*2500/С П1/6К		—	6	600
	КТПМ 35/6-1*2500/С П1/4В2К		4	2	
4000	КТПМ 35/6-1*4000/С Т1/6К	1	—	6	450
	КТПМ 35/6-1*4000/С Т1/4В2К		4	2	
	КТПМ 35/6-1*4000/С Т1/8К		—	8	600
	КТПМ 35/6-1*4000/С Т1/5В3К		5	3	
	КТПМ 35/6-1*4000/С П1/6К	2	—	6	450
	КТПМ 35/6-1*4000/С П1/4В2К		4	2	
	КТПМ 35/6-1*4000/С П1/8К		—	8	600
	КТПМ 35/6-1*4000/С П1/5В3К		5	3	
6300	КТПМ 35/6-1*6300/С Т2/6К	1	—	6	600
	КТПМ 35/6-1*6300/С Т2/4В2К		4	2	
	КТПМ 35/6-1*6300/С Т2/8К		—	8	900
	КТПМ 35/6-1*6300/С Т2/5В3К		5	3	
	КТПМ 35/6-1*6300/С П2/6К	2	—	6	600
	КТПМ 35/6-1*6300/С П2/4В2К		4	2	
	КТПМ 35/6-1*6300/С П2/8К		—	8	900
	КТПМ 35/6-1*6300/С П2/5В3К		5	3	
10 000	КТПМ 35/6-1*10000/М Т2/8К	1	—	8	900
	КТПМ 35/6-1*10000/М Т2/5В3К		5	3	
	КТПМ 35/6-1*10000/М Т2/10К		—	10	1200
	КТПМ 35/6-1*10000/М Т2/6В4К		6	10	
	КТПМ 35/6-1*10000/М П2/8К	2	—	8	900
	КТПМ 35/6-1*10000/М П2/5В3К		5	3	
	КТПМ 35/6-1*10000/М П2/10К		—	10	1200
	КТПМ 35/6-1*10000/М П2/6В4К		6	10	

Таблица 4.2.3. Типовые исполнения двухтрансформаторных КТПМ

Мощность трансформатора, кВ-А	Тип исполнения	Число линий 35 кВ	Число линий 10(6) кВ		Максимальная мощность БК, кВ-А
			воздушных	кабельных	
2500	КТПМ 35/6-2*2500/С Т1/8К	2	—	8	450
	КТПМ 35/6-2*2500/С Т1/6В2К		6	2	
	КТПМ 35/6-2*2500/С Т1/10К		—	10	600
	КТПМ 35/6-2*2500/С Т1/6В4К		6	4	
	КТПМ 35/6-2*2500/С П1/8К	4	—	8	450
	КТПМ 35/6-2*2500/С П1/6В2К		6	2	
	КТПМ 35/6-2*2500/С П1/10К		—	10	600
	КТПМ 35/6-2*2500/С П1/8В2К		6	4	
4000	КТПМ 35/6-2*4000/С Т1/10К	2	—	10	450
	КТПМ 35/6-2*4000/С Т1/8В2К		8	2	
	КТПМ 35/6-2*4000/С Т1/14К		—	14	600
	КТПМ 35/6-2*4000/С Т1/10В4К		10	4	
	КТПМ 35/6-2*4000/С П1/10К	4	—	10	450
	КТПМ 35/6-2*4000/С П1/8В2К		8	2	
	КТПМ 35/6-2*4000/С П1/14К		—	14	600
	КТПМ 35/6-2*4000/С П1/10В4К		10	4	
6300	КТПМ 35/6-2*6300/С Т2/10К	2	—	10	600
	КТПМ 35/6-2*6300/С Т2/8В2К		8	2	
	КТПМ 35/6-2*6300/С Т2/14К		—	14	900
	КТПМ 35/6-2*6300/С Т2/10В4К		10	4	
	КТПМ 35/6-2*6300/С П2/10К	4	—	10	600
	КТПМ 35/6-2*6300/С П2/8В2К		8	2	
	КТПМ 35/6-2*6300/С П2/14К		—	14	900
	КТПМ 35/6-2*6300/С П2/10В4К		10	14	
10 000	КТПМ 35/6-2*10000/М Т2/14К	2	—	14	900
	КТПМ 35/6-2*10000/М Т2/10В4К		10	4	
	КТПМ 35/6-2*10000/М Т2/18К		—	18	1200
	КТПМ 35/6-2*10000/М Т2/12В6К		12	6	
	КТПМ 35/6-2*10000/М П2/14К	4	—	14	900
	КТПМ 35/6-2*10000/М П2/10В4К		10	4	
	КТПМ 35/6-2*10000/М П2/18К		—	18	1200
	КТПМ 35/6-2*10000/М П2/12В6К		12	6	

**Распределительное устройство 35 кВ** выполняется с одной системой шин (на двухтрансформаторных подстанциях одна секционированная выключателем система шин). Питание на сборные шины (на каждую

секцию шин) подается по воздушной линии 35 кВ через разъединитель, установленный на крыше контейнера РУ 35 кВ. Для проходной подстанции предусматривается также отходящая линия (выход) с разъединителем. В распределительном устройстве устанавливаются камеры выкатного исполнения одностороннего обслуживания серии D-40 с выключателями VD4.

Каждая секция КРУ-35 кВ может иметь следующие присоединения:

- ввод с вакуумным выключателем (схема П2, Т2);
- отходящая линия с вакуумным выключателем (для проходной подстанции, схема Т2);
- присоединение к силовому трансформатору с вакуумным выключателем;
- трансформатор напряжения 35 000:  $\sqrt{3}/100$ :  $\sqrt{3}/100$ :3;
- трансформатор собственных нужд сухой мощностью 63 или 100 кВ·А, напряжение на вторичной обмотке 0,4 или 0,231 кВ;
- секционирование, состоящее из двух камер (с выключателем и разъединителем).

В распределительном устройстве 35 кВ предусматриваются также источники питания постоянного тока, щитки стационарного питания 0,4 кВ, сигнальные шкафы системы телемеханики и телеуправления. От трансформатора собственных нужд получают питание цепи освещения, обогрева и собственного обслуживания подстанции. Устройства защиты, измерения, управления и телемеханики получают питание от выпрямительного блока с выходным напряжением 110 В постоянного тока, который подключен к обмотке трансформатора собственных нужд 230 В. Предусмотрено устройство автоматического включения резерва в цепях 220 В трансформаторов собственных нужд и в цепи постоянного тока 110 В. АВР подключает цепи постоянного тока 110 В к аккумуляторной батарее при исчезновении напряжения в цепи 220 В трансформатора собственных нужд.

**Распределительное устройство 10(6) кВ** выполняется в виде одного или двух модулей с камерами с выдвижной неотделяемой частью (metalclad) на токи до 3150 А серии D-12РТ. Возможно однорядное и двухрядное расположение камер. На каждую секцию шин предусматриваются следующие камеры:

- ввода с выключателем;
- с трансформатором напряжения;
- отходящих линий с выключателями (число указано в табл. 4.2.2—4.2.3);
- секционного выключателя и разъединителя (на двухтрансформаторных подстанциях);
- с выключателем для подключения батареи конденсаторов 10(6) кВ;
- с конденсаторными батареями мощностью от 300 до 1200 квар.

В камерах могут устанавливаться выключатели ВВ/TEL, VD4, ЭВОЛИС (подробнее о КРУ серии D-12 «Классика» см. раздел 6 3 4)

Внешний вид однотрансформаторной подстанции 35/10(6) кВ представлен на рис. 4.2.4; варианты четырех- и шестимодульной компоновок подстанции — на рис. 4.2 5; принципиальная схема двухтрансформаторной КТПМ, выполненная по схеме Т1 на стороне 35 кВ на десять отходящих линий, — на рис. 4.2.6.

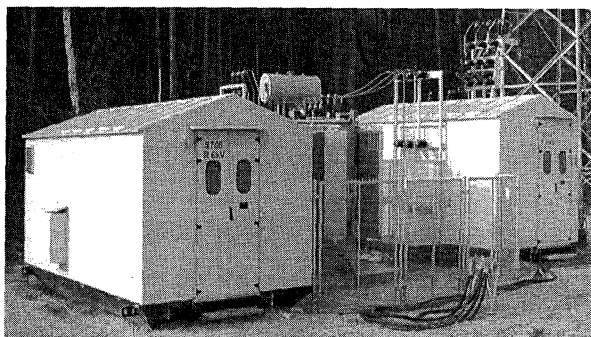


Рис. 4.2.4. Комплектная трансформаторная подстанция модульного типа напряжением 35/10(6) кВ

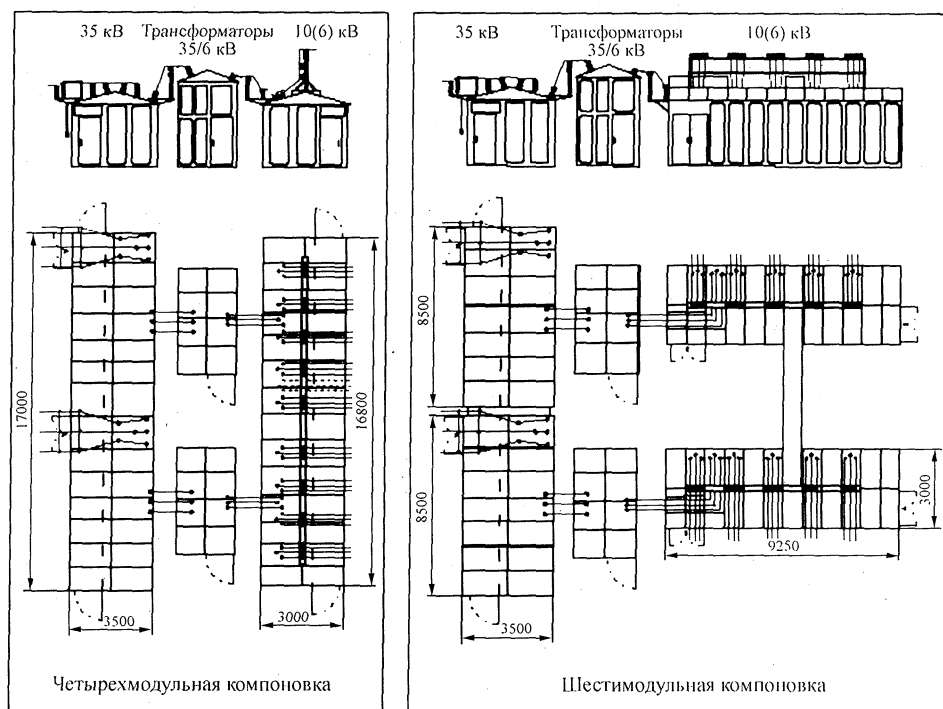


Рис. 4.2.5. Четырехмодульная и шестимодульная компоновки двухтрансформаторной подстанции 35/10(6) кВ



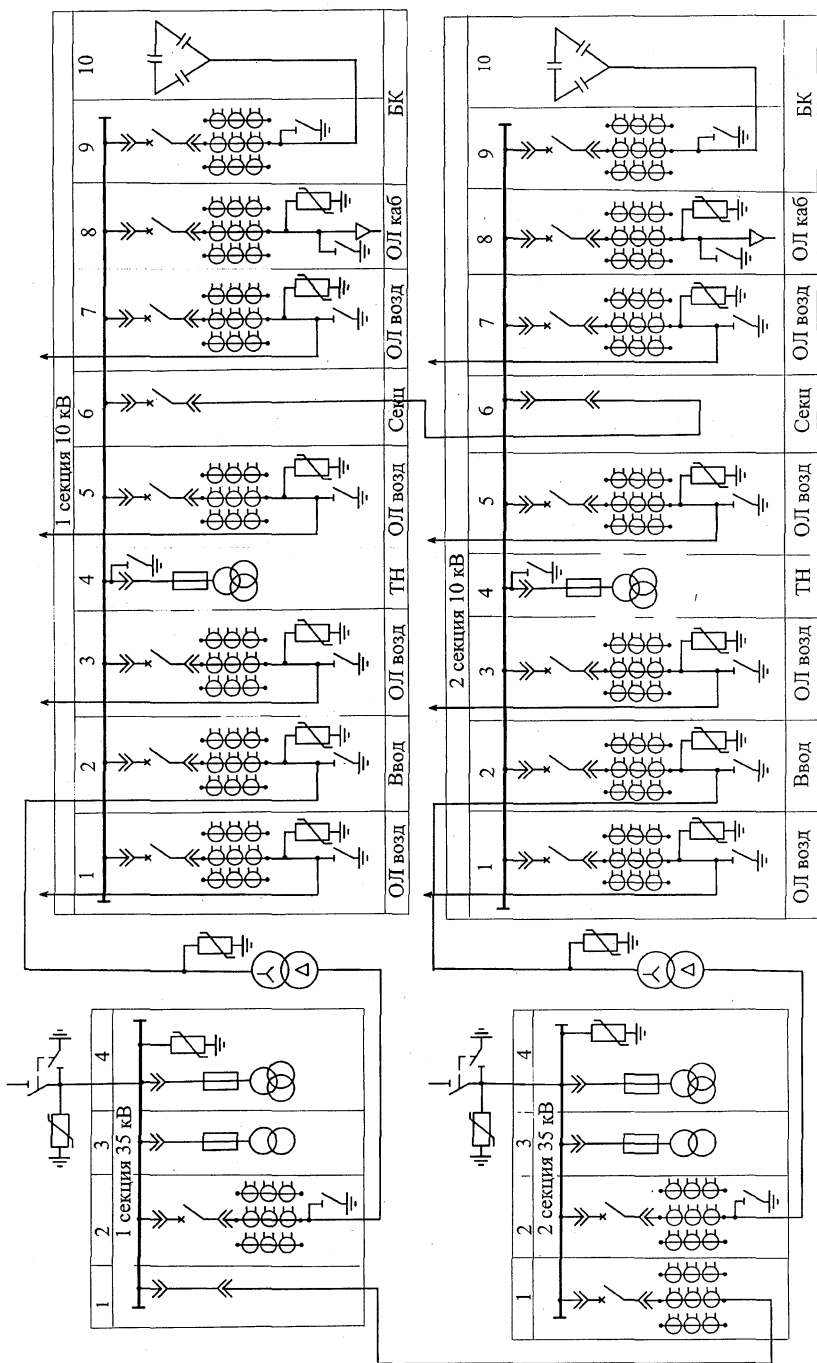


Рис. 4.2.6. Принципиальная однолинейная схема КТПМ 35/10(6) кВ (РУ-35 кВ выполнено по схеме Т1; число воздушных отходящих линий в РУ 10(6) кВ — 8; кабельных — 2; сокращения: возд. — воздушные; каб. — кабельные)

Комплектные трансформаторные подстанции модульного типа напряжением 10(6)/0,4 кВ предназначены для электроснабжения электроустановок и промышленных объектов в нефтяной, горно-добывающей и газовой промышленности трехфазным переменным током промышленной частоты 50 Гц. Технические характеристики КТП приведены в табл. 4.2.4. Подстанции выпускаются в одномодульном (при мощности трансформатора до 1000 кВ·А) и трехмодульном исполнениях. При одномодульном исполнении все основные функциональные элементы подстанции: РУВН, силовые трансформаторы и РУНН размещены в одном модуле (контейнере, рис. 4.2.7). При трехмодульном исполнении РУВН, силовые трансформаторы и РУНН располагаются в трех отдельных контейнерах.

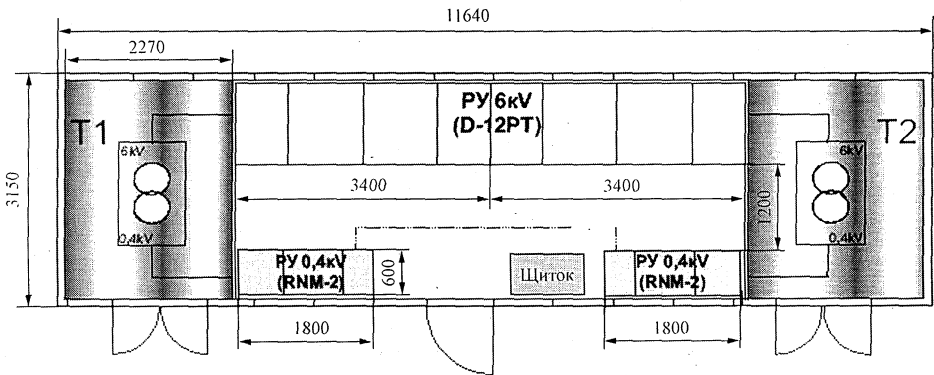


Рис. 4.2.7. Расположение оборудования в КТП одномодульного исполнения

Таблица 4.2.4. Технические характеристики КТП модульного типа 10(6) кВ

Параметр	На стороне 10(6) кВ	На стороне 0,4 кВ
Номинальное напряжение, кВ	6; 10	0,4
Число силовых трансформаторов	1 или 2	
Номинальная мощность силового трансформатора, кВ·А	400; 630; 1000; 1600	
Ток электродинамической стойкости, кА	63	До 200
Ток термической стойкости (односекундный), кА	25	До 90
Степень защиты модулей	IP55	

РУ 10(6) кВ состоит из камер серии D-12PT, в качестве коммутационных аппаратов могут использоваться:

- выключатели нагрузки NAL, NALF;
- контакторы V7, V12;
- вакуумные выключатели серий ВВ/TEL, VD4, ЭВОЛИС.

В одномодульном исполнении восемь камер РУ 10(6) кВ, из них две камеры с плавкими предохранителями к силовым трансформаторам, четыре камеры с выключателями нагрузки с воздушным вводом-выводом и две камеры — с секционными разъединителями. Принципиальная схема РУ 10(6) кВ и внешний вид подстанции приведены на рис. 4.2.8, 4.2.9.

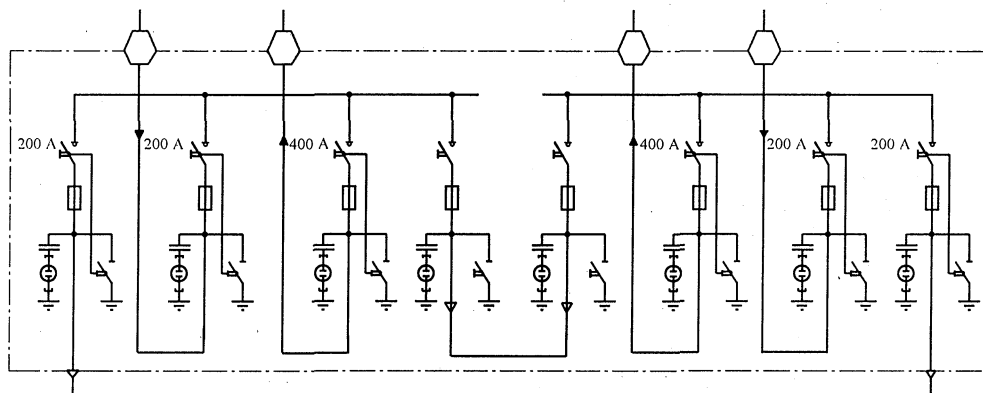


Рис. 4.2.8. Принципиальная схема РУ 10(6) кВ подстанции

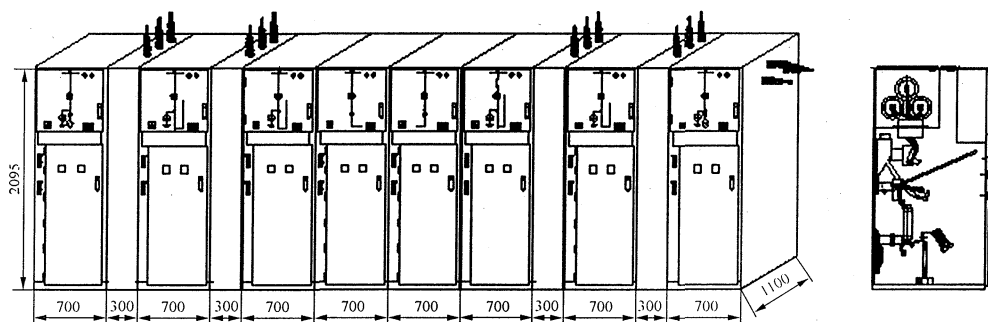


Рис. 4.2.9. Внешний вид РУ 10(6) кВ с камерами серии D-12 РТ и разрез трансформаторной ячейки

РУНН подстанции набирается из шкафов серии RNM-2, которые относятся к низковольтным распределительным устройствам распределения и управления.

Отличительные особенности НКУ серии RNM-2:

- модульная компоновка, позволяющая комплектовать НКУ функциональными блоками аппаратуры в соответствии с требованиями заказчика;
- использование съемных и выдвижных блоков аппаратуры обеспечивает удобство обслуживания НКУ при гарантированной безопасности;

- возможность полного извлечения съемных и выдвижных блоков аппаратуры из шкафа НКУ без снятия напряжения со сборных шин с сохранением степени защиты шкафа;
- минимальные последствия короткого замыкания благодаря разделению шкафа НКУ на отсеки (шинный, аппаратный, кабельный);
- повышенная коррозионная стойкость благодаря использованию современных технологий противокоррозионной защиты;
- высокие электродинамическая и термическая стойкости.

НКУ серии RNM-2 может использоваться в электрических сетях с системами заземления TN-S, TN-C-S, TN-C, TT, IT.

В качестве коммутационных аппаратов используются различные аппараты иностранных фирм-производителей:

- блоки выключатель-предохранитель;
- автоматические выключатели;
- контакторы, магнитные пускатели.

На вводе и отходящих линиях устанавливаются трансформаторы тока. На стороне 0,4 кВ применяется секционирование с устройством автоматического включения резерва. В шкафах секционного выключателя предусмотрено место для установки приборов учета электрической энергии.

Основные технические характеристики шкафов RNM-2 приведены ниже, общий вид представлен на рис. 4.2.10.

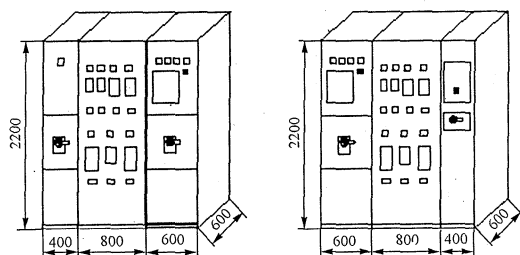


Рис. 4.2.10. Общий вид РУ 0,4 кВ (две секции шкафа соединены кабелем)

#### Технические характеристики НКУ серии RNM-2

Номинальное напряжение, кВ	До 690
Номинальный ток сборных шин, А	До 4000
Номинальный ток распределительных шкафов, А	До 1200
Номинальный ток съемных и выдвижных блоков, А	До 630
Ток электродинамической стойкости (амплитуда), кА	200
Односекундный ток термической стойкости, кА	90
Габаритные размеры, мм:	
длина	600—1000
высота	2200
ширина	400—1200
Масса, кг	400

### 4.3. Комплектные трансформаторные подстанции напряжением 10(6) кВ

#### 4.3.1. Общие сведения

Комплектные трансформаторные подстанции в зависимости от конструктивного исполнения, принципиальных схем и применяемого оборудования могут быть:

- промышленного типа;
- городского типа;
- блочные в бетонной оболочке (БКТПБ);
- модульные (см. раздел 4.2);
- наружного типа;
- киоскового типа;
- универсальные;
- шкафного типа;
- мачтовые и др.

В условном обозначении КТП может указываться тип подстанции: КТПП — промышленного типа, КТПГ — городского типа, КТПН — наружного типа и т. д.

КТП промышленного типа выпускаются для внутренней установки, КТП остальных типов — для наружной установки.

КТП состоят из РУВН, силового трансформатора и РУНН, соединительных элементов высокого и низкого напряжений, шинопроводов (при двухрядном расположении двухтрансформаторных КТП) и других элементов.

РУВН может быть выполнено:

- без сборных шин в виде шкафа (отсека), называемого устройством высокого напряжения (УВН) (типы 1, 5—9);
- со сборными шинами с камерами стационарного исполнения КСО 300 серии, КСО «Аврора» и др. (типы 2, 3—5);
- со сборными шинами с моноблоком на несколько присоединений (тип 3).

Первые пять типов подстанций выполняются одно- и двухтрансформаторными, остальные — только однострансформаторными. Характеристики комплектных трансформаторных подстанций и их основных узлов, определяющие конструктивные особенности подстанций разных типов, приведены в табл. 4.3.1.

Для комплектных трансформаторных подстанций РУВН, ошиновка ввода и сборные шины РУНН выполняются на ток, равный номинальному току силового трансформатора с коэффициентом  $1,3I_{\text{номт}}$  ( $1,4I_{\text{номт}}$  — по специальному заказу) в соответствии с ГОСТ 14695—80. Вышеуказанные условия относятся и к выбору вводного автоматического выключателя.

Таблица 4.3.1. Технические характеристики КТП разных типов

Тип КТП	Исполнение РУВН	Разъединитель ВН на опоре	Мощность силового трансформатора, кВ·А	Исполнение РУНН
Промышленная	Шкаф УВН	—	160—2500	Шафы НН: ввода (ШНВ); линейные (ШНЛ); секционный (ШНС) — на двухтрансформаторной ПС
Городская	Камеры КСО 300 серии и др.	В отдельных случаях	166—630 (1000 по специальному заказу)	Панели ЩРС, ЩО: ввода; линейные; секционная — на двухтрансформаторной ПС
БКТПБ	Камеры «Аврора», моноблок «Падоба»	—	До 1000	Панели НЕВА: ввода; линейные; секционная — на двухтрансформаторной ПС, или другие панели
Модульная	Камеры D12-PT	—	400—1600	Шафы RNM-2: ввода; линейные; секционный — на двухтрансформаторной ПС
Наружной установки	Отсек УВН или камеры КСО 300 серии	—	63—630	Зависит от принятой конструкции КТПН
Киосковая	Отсек УВН	Возможен	100—630	Отсек РУНН
Шафного типа	Шкаф УВН	Возможен	25—250	Шкаф РУНН
Универсальные	Аппараты УВН крепятся на портале	Возможен	25—250	Шкаф РУНН
Мачтовые			25—63	

#### 4.3.2. Комплектные трансформаторные подстанции 10(6) кВ промышленного типа

КТП промышленного типа выпускаются в соответствии с ГОСТ 14695—80 мощностью 100; 160; 250; 400; 630; 1000; 1600 и 2500 кВ·А с одним и двумя трансформаторами внутренней установки. Номинальное напряжение на стороне ВН — 6; 10 кВ, номинальное напряжение на стороне НН — 0,4; 0,69 кВ. Подстанции выпускаются с масляными трансформаторами с нормальной изоляцией, с сухими трансформаторами и трансформаторами, заполненными негорючим жидким диэлектриком — с облегченной изоляцией. Конструкция и исполнение КТП позволяют устанавливать их в производственных цехах без ограждений или с простейшими сетчатыми ограждениями. КТП в модульных зданиях устанавливаются на открытом воздухе.

КТП выпускаются с одним и двумя трансформаторами. Возможно однорядное, двухрядное или на разных уровнях расположение двухтрансформаторных КТП.

КТП состоит из: УВН, силового трансформатора, РУНН, соединительных элементов высокого и низкого напряжений, шинпровода (при двухрядном расположении КТП).

**Устройство со стороны высшего напряжения подстанции** выполняется без сборных шин в виде высоковольтного шкафа или кожуха с кабельным вводом. Как правило, предприятия-изготовители предлагают несколько вариантов схем УВН. Выбор той или иной схемы определяется конкретными условиями проектирования.

На КТП устанавливаются специальные **силовые трансформаторы** типа ТМЗ, ТМФ, ТСЗ, ТСФ, ТНЗ, ТНФ и др., имеющие баки повышенной прочности, боковые выводы, защищенные от прикосновения, с расширителями для масла (ТМФ, ТСФ, ТНФ) и без них (типа ТМЗ, ТСЗ, ТНЗ).

**Распределительное устройство низшего напряжения** выполняется с одиночной системой шин — на однострансформаторных подстанциях и с одиночной секционированной системой шин — на двухтрансформаторных.

РУНН собирается из следующих низковольтных шкафов:

- вводных, один на трансформатор (ШНВ);
- секционного (ШНС — на двухтрансформаторных подстанциях);
- линейных (ШНЛ, число зависит от заказа).

Выпускаются КТП и с панелями ЩО-01.

*Вводные (секционные) шкафы* состоят из ячейки вводного (секционного) выключателя, ячеек отходящих линий, релейного отсека и шинного отсека.

Предусматривается выход шин на магистраль со сборных шин. Секционный автоматический выключатель в нормальном режиме, как правило, отключен. При необходимости может быть предусмотрено устройство АВР.

*Линейные шкафы* состоят из ячеек отходящих линий и шинного отсека.

На стороне 0,4 кВ предусматривается установка измерительных трансформаторов тока. В ячейках вводного выключателя трансформаторы тока устанавливаются в каждой фазе и PEN проводнике, на отходящих линиях трансформаторы тока могут не предусматриваться. Если трансформаторы тока устанавливаются, то их число (от 1 до 3) зависит от схемы шкафов и мощности трансформатора.

В РУНН с изолированной нейтралью, а также с глухозаземленной нейтралью напряжением 0,69 кВ предусматривается ячейка трансформатора собственных нужд, предназначенного для питания цепей управления, АВР и сигнализации.

В качестве защитно-коммутационных аппаратов применяются автоматические выключатели или блоки предохранитель-выключатель. Коммутационно-защитные аппараты имеют выдвигное или стационарное исполнение.

**Комплектные трансформаторные подстанции Хмельницкого трансформаторного завода КТП-250...2500/10/0,4 УЗ** применяются в системах электроснабжения промышленных предприятий в районах с умерен-

ным климатом (от минус 40 до плюс 40 °С для КТП с масляными трансформаторами; от плюс 1 до плюс 40 °С для КТП с сухими трансформаторами).

УВН может быть выполнено в виде шкафа:

- глухого присоединения (короба для кабельного ввода);
- с выключателем нагрузки ВНП с дистанционным отключением;
- с выключателем нагрузки ВНПР с ручным приводом;
- с вакуумным выключателем ВВ/TEL<sup>1</sup> с максимально-токовой защитой.

На КТП устанавливается силовой трансформатор типа ТМЗ или ТСЗ исполнения У1. Схема и группа соединения обмоток: для масляного трансформатора Y/Y<sub>H</sub>-0 или Д/Y-11; для сухого — Д/Y-11.

Основные параметры КТП указаны в табл. 4.3.2.

Таблица 4.3.2. Технические характеристики КТП-250...2500/10/0,4УЗ

Параметр	Мощность трансформатора, кВ·А					
	250	400	630	1000	1600	2500
Номинальное напряжение на стороне ВН, кВ	6—10					
Номинальное напряжение на стороне НН, кВ	0,4	0,4	0,4; 0,69	0,4; 0,69	0,4; 0,69	0,4
Номинальный ток сборных шин, кА:						
УВН	0,25	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4
РУНН	0,4	0,58	0,91	1,45	2,31	3,61
Ток термической стойкости на стороне НН, кА	10	25	25	25	30	40
Ток электродинамической стойкости на стороне НН, кА	25	50	50	50	70	100
Габаритные размеры (ширина × длина × высота), мм						
Шкаф УВН:						
глухого ввода	625 × 430 × 1108				625 × 530 × 700	
с ВНП	880 × 950 × 1925				—	
с ВНПР	880 × 1300 × 2135				—	
с ВВ/TEL	—				880 × 1300 × 2135	
Шкаф РУНН:						
ввода ШНВ	600 × 1050 × 2200				600* × 1350 × 2200	
линейный ШНЛ	600 × 1050 × 2200				600* × 1350 × 2200	
секционный ШНС	600 × 1050 × 2200				600* × 1350 × 2200	
Установка трансформатора (от УВН до РУНН), мм:						
масляного	1780	1880	2074	2275	2570	4175
сухого			2540	2680	3256	

\* 1200 мм для шкафов с выключателем Э40.

<sup>1</sup> Шкафы с высоковольтными выключателями ранее на КТП напряжением 10(6) кВ не применялись.



Однотрансформаторные КТП выпускаются левого или правого исполнения, двухтрансформаторные — однорядного или двухрядного исполнения. Характеристики шкафов УВН, РУНН приводятся в табл. 4.3.3—4.3.5, основные технические характеристики автоматических выключателей приведены в табл. 4.3.6. На рис. 4.3.1, 4.3.2 показаны схемы шкафов УВН и РУНН. Пример оформления принципиальной однолинейной схемы, план и габаритный чертеж КТП с трансформаторами ТМЗ-630 приведены на рис. 4.3.3, 4.3.4. Основные габаритные размеры КТП-250...1000/10/0,4 указаны в табл. 4.3.2.

Таблица 4.3.3. Схема, тип выключателя и масса различных шкафов УВН

Тип	Схема	Тип выключателя	Масса, кг
УВН-ВВ	Рис. 4.3.1, г	ВВ/TEL-630/10/20	500
ШВВ-2	Рис. 4.3.1, в	ВНП-10/630	330
ШВВ-2	Рис. 4.3.1, б*	ВНП-10/630	330
ВВ-1	Рис. 4.3.1, а	—	43

\* Применяется для КТП-1600.

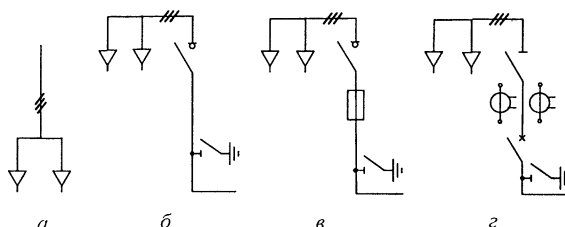


Рис. 4.3.1. Однолинейные схемы главных цепей УВН КТП производства Хмельницкого трансформаторного завода: а — ВВ-1; б — ШВВ-2 (применяется для КТП-1600); в — ШВВ-2; г — УВН-ВВ

Таблица 4.3.4. Технические характеристики шкафов РУНН КТП 630-1000 УЗ

Тип	Назначение	Схема	$I_{н1}$ , А	$I_{н2}$ , А (число отходящих линий)	$I_{н3}$ , А	Масса, кг
<b>Шкафы со стационарными выключателями</b>						
Левый ШНВ-12Л Правый ШНВ-12П*	Вводной 630 кВ·А	Рис. 4.3.2, б	1000	250—400** (1 шт.) 250—630** (1 шт.)	910	330
Левый ШНВ-13Л Правый ШНВ-13П*	Вводной 1000 кВ·А	Рис. 4.3.2, б	1600	250—400** (1 шт.) 250—630** (1 шт.)	1445	350
Левый ШНС-13Л Правый ШНС-13П*	Секционный	Рис. 4.3.2, ж	1000	250—400** (1 шт.) 250—630** (1 шт.)	1445	330
ШНЛ-23	Линейный	Рис. 4.3.2, р	—	250—630** (4 шт.)	1445	260

Окончание табл. 4.3.4

Тип	Назначение	Схема	$I_{н1}$ , А	$I_{н2}$ , А (число отходящих линий)	$I_{н3}$ , А	Масса, кг
<b>Шкафы с выдвижными выключателями</b>						
Левый ШНВ-2П Правый ШНВ-2П*	Вводной 630 кВ·А	Рис. 4.3.2, д	1000	250—400** (1 шт.) 250—630** (1 шт.)	910	350
Левый ШНВ-3П Правый ШНВ-3П*	Вводной 1000 кВ·А	Рис. 4.3.2, д	1600	250—400** (1 шт.) 250—630** (1 шт.)	1445	370
Левый ШНС-2П Правый ШНС-2П*	Секционный	Рис. 4.3.2, м	1000	250—400** (1 шт.) 250—630** (1 шт.)	1445	350
Левый ШНС-3П Правый ШНС-3П*	Секционный	Рис. 4.3.2, н	1000	250—400** (1 шт.) 250—630** (1 шт.)	1445	350
ШНЛ-7	Линейный	Рис. 4.3.2, х	—	250—630** (4 шт.)	1445	280
ШНЛ-8	Линейный	Рис. 4.3.2, л	—	1000 (1 шт.) 250—630** (2 шт.)	1445	310

Примечания:

1.  $I_{н1}$  — номинальный ток вводного (секционного) автомата;  $I_{н2}$  — номинальный ток отходящих линий;  $I_{н3}$  — номинальный ток сборных шин.

2. В верхнем отсеке шкафов устанавливается выключатель отходящей линии на токи не более 400 А.

\* Схема правого шкафа является зеркальным отражением схемы левого шкафа.

\*\* Ток по заказу.

Таблица 4.3.5. Технические характеристики шкафов РУНН КТП 1600—2500 УЗ

Тип	Назначение	Схема	$I_{н1}$ , А	$I_{н2}$ , А (число)	$I_{н3}$ , А	Масса, кг (число подключаемых кабелей)
Левый ШНВ-4П Правый ШНВ-4П*	Вводной 1600 кВ·А	Рис. 4.3.2, г	2500	1000 (1 шт.)	2310	1030 (8)
Левый ШНВ-5П Правый ШНВ-5П*	Вводной 1600 кВ·А	Рис. 4.3.2, а	4000	—	2310	1200 (0)
Левый ШНВ-10П Правый ШНВ-10П*	Вводной 2500 кВ·А	Рис. 4.3.2, а	4000	—	3610	1300 (0)
ШНС-5	Секционный 1600 кВ·А	Рис. 4.3.2, л	1600	1000 (1 шт.)	2310	525 (6)
ШНС-10	Секционный 2500 кВ·А	Рис. 4.3.2, е	2500	—	2310	630 (6)
ШНЛ-10	Линейный	Рис. 4.3.2, ф	—	1600 (2 шт.)	3610	700 (10)
ШНЛ-11	Линейный	Рис. 4.3.2, ф	—	1600 (1 шт.) 1000 (1 шт.)	3610	630 (10)
ШНЛ-12	Линейный	Рис. 4.3.2, ф	—	1000 (2 шт.)	3610	690 (10)
ШНЛ-13	Линейный	Рис. 4.3.2, х	—	250—630** (4 шт.)	3610	420 (10)
ШНЛ-14	Линейный	Рис. 4.3.2, у	—	1000 (1 шт.)	3610	500 (5)

Примечания:

$I_{н1}$  — номинальный ток вводного (секционного) автомата;  $I_{н2}$  — номинальный ток отходящих линий;  $I_{н3}$  — номинальный ток сборных шин.

\* Схема правого шкафа является зеркальным отражением схемы левого шкафа.

\*\* Ток по заказу.

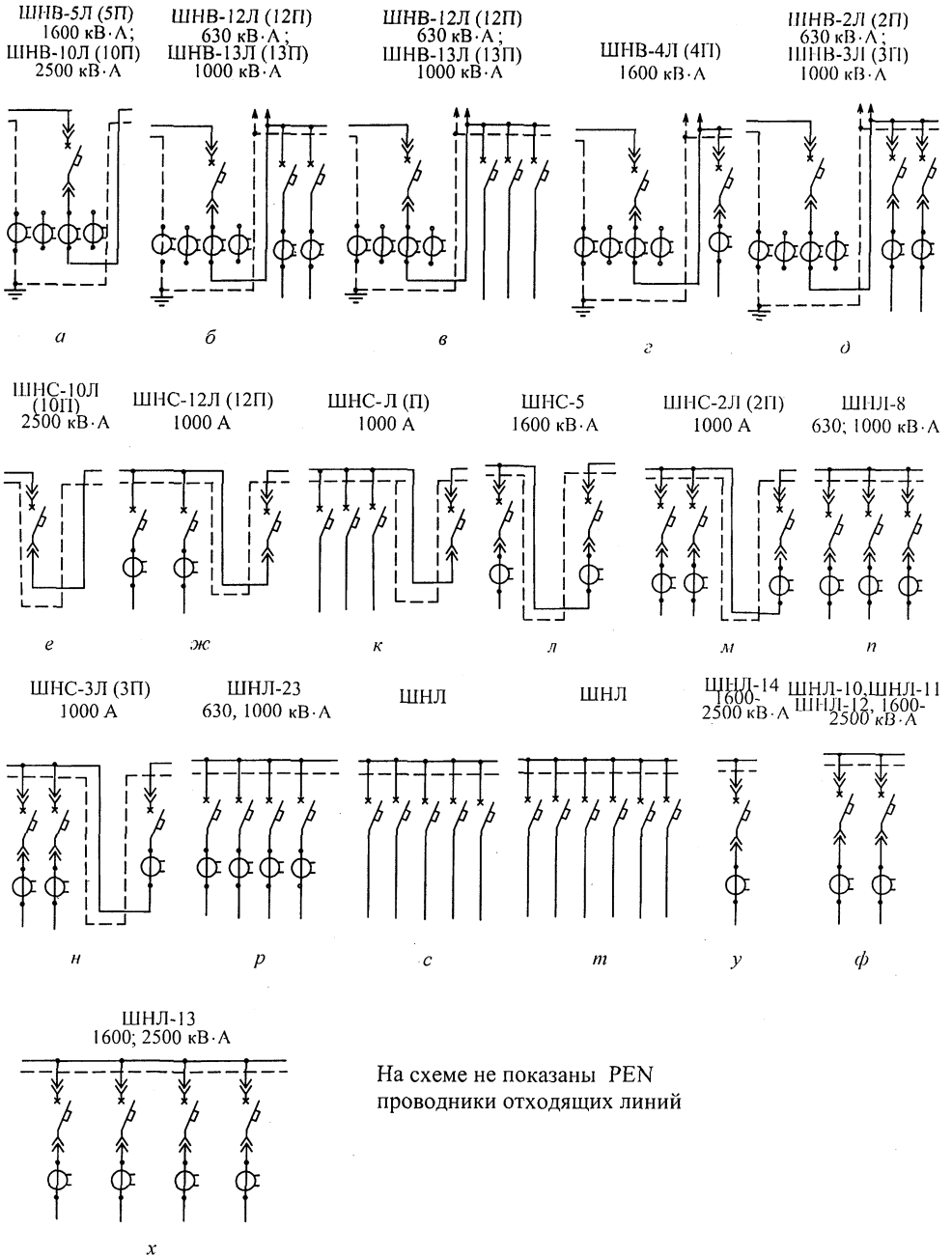


Рис. 4.3.2. Однолинейные схемы главных цепей шкафов РУНН КТП производства Хмельницкого трансформаторного завода

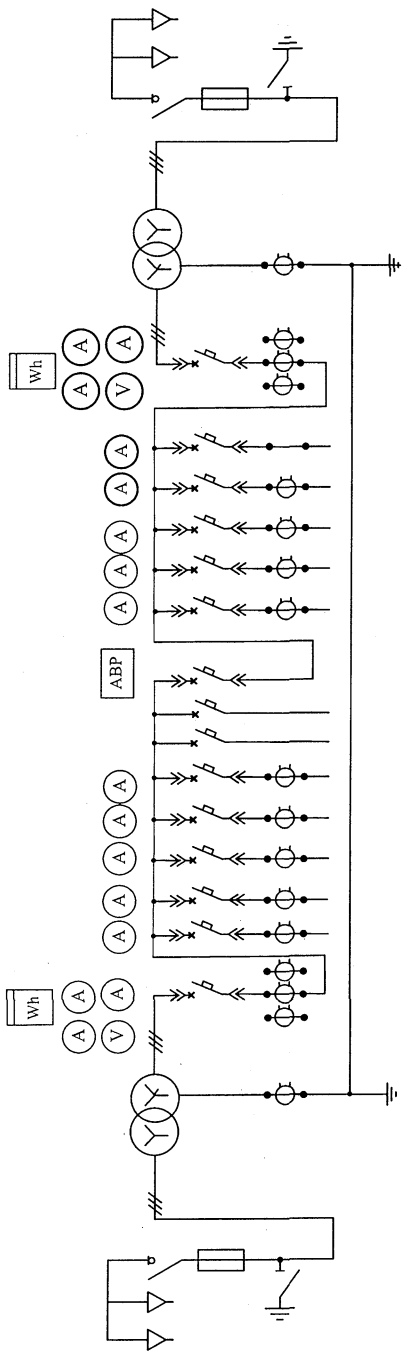
Таблица 4.3.6. Параметры автоматических выключателей

Тип выключателя	$I_{HA}, A$	Тип расцепителя	$I_{HP}, A$	Уставка по току срабатывания расцепителя	Вид установки выключателя	Вид привода
Э 40В	5000	Независимый	4000	1)	Выдвижной	Электродвигатель
Э 25В	2500		2500			
Э 16В	1600		1600			
Э 06В	1000	То же	630 800 1000	1)	То же	Ручной
ВА55-43	1600	Полупроводниковый	1600	2)	» »	Электродвигатель
ВА55-41	1000		1000			
ВА51-39	630	Тепловой и электромагнитный	250 400 630	2500 А 4000 А 6300 А	Выдвижной или стационарный	Ручной
ВА04-36	250		16—250	3)		

*Примечание.* Уставка по току срабатывания расцепителя: 1) — для выключателей при работе в режиме перегрузки 1,3 номинального тока в течение 2 ч с предварительной длительной нагрузкой 0,7 номинального тока; 2) — уставка полупроводникового расцепителя в зоне перегрузки 1,25 номинального тока; 3) — при токе 1,05 номинального расцепитель не должен срабатывать в течение времени менее 1 ч (из холодного состояния), при токе 1,05 номинального расцепитель должен срабатывать в течение 2 ч или 1 ч (из нагретого состояния).

Таблица 4.3.7. Значения размеров КТП-250...1000/10/0,4 УЗ

Тип трансформатора	Тип шкафа ввода	Размеры, мм											
		Н	Н1	L	А	Б	В	Г	Д	Е	Е1	Ж	И
ТМФ-250	ШВВ-2	1770	181	2926	—	653	758	785	1310	550	550	500	—
ТМФ-400	ВВ-1	1770	90	2625	995	—	1030	1180	908	700	700	500	845
	ШВВ-2			3395	—								850
ТМЗ-630	ВВ-1	1585	—	2785	1045	—	1140	1283	1025	850	850	573	900
	ШВВ-2			90	3560								—
ТСЗГЛ-630	ВВ-1	1950	—	3080	1110	—	1370	1820	1185	1080	900	600	—
	ШВВ-2			146	4055								—
ТМЗ-1000	ВВ-1	1670	—	3020	1135	—	1285	1460	1225	874	856	600	985
	ШВВ-2			146	3790								—
ТСЗГЛ-1000	ВВ-1	2180	—	3220	1180	—	1440	1960	1296	1080	900	600	—
	ШВВ-2			346	4195								—



Номер шкафа	—	1	2	3	4	5
Тип шкафа (силового трансформатора)	ШВВ-2УЗ	ШНВ-3УЗЛ	ШНЛ-8УЗ	ШНС-12УЗЛ	ШНЛ-8УЗ	ШНВ-3П
Номера ячеек выключателя	—	1 2 3	4 5 6	7 8	9 10 11 12	13 14 15
	ТМЗ-630	ТМЗ-630	ШНЛ-8УЗ	ШНС-12УЗЛ	ШНЛ-8УЗ	ШНВ-3П
	ТМЗ-630	ТМЗ-630	ШНЛ-8УЗ	ШНС-12УЗЛ	ШНЛ-8УЗ	ШНВ-3П

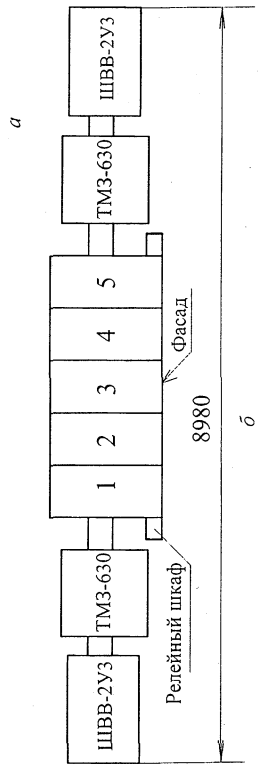
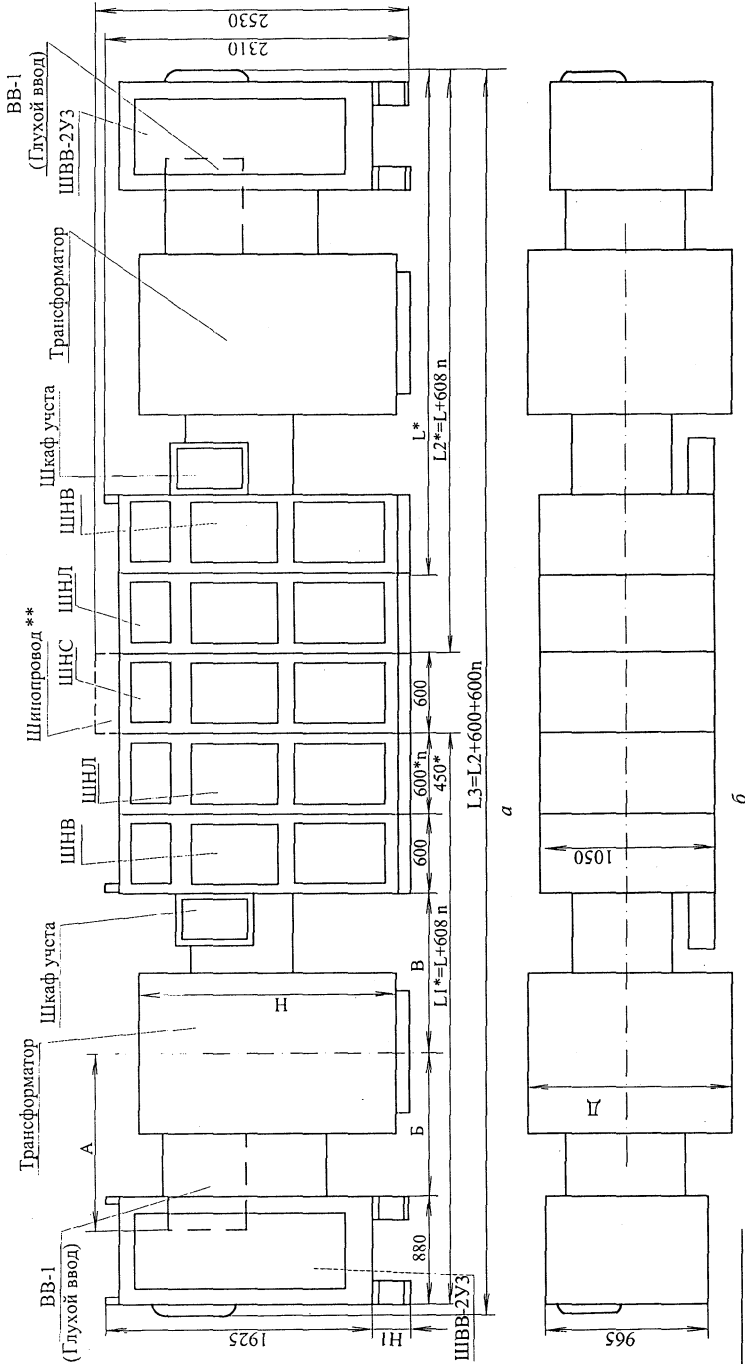


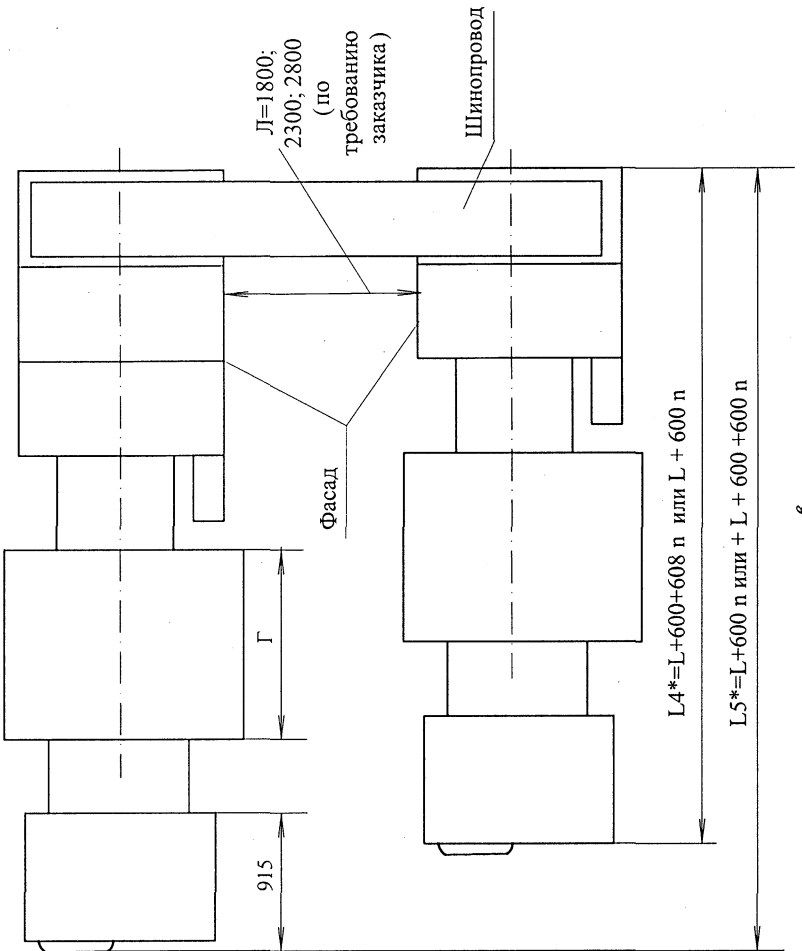
Рис. 4.3.3. 2КТП-630/10/0,4 УЗ производства Хмельницкого трансформаторного завода:  
 а — принципиальная однолинейная схема; б — план



\* Для КТП-250, 400 ширина шкафов ШНЛ 450 мм.

\*\* Шитопровод применяется при двухрядном расположении КТП.

Рис. 4.3.4. (Начало. Продолжение см. стр. 135)



Тип трансформатора	Масса, кг	
	трансформатора	масла
ТМФ-250	1170	340
ТМФ-400	1813	490
ТМЗ-630	2352	576
ТСЗГЛ-630	2500	-
ТМЗ-1000	3242	765
ТСЗГЛ-1000	3150	-
ТМЗ-1600	4600	1100
ТСЗГЛ-1600	4200	-
ТМЗ-2500	5300	1765
ТСЗГЛ-2500	5150	-

Рис. 4.3.4. Габаритные размеры КТП производства Хмельницкого трансформаторного завода: а — вид спереди; б — план КТП при однорядном расположении; в — план КТП при двухрядном расположении (размеры А, Б, В, Н, Н1 см. табл. 4.3.7; L1, L2, L3, L4, L5 определяются заказчиком. и — число шкафов ШНЛ)

Комплектные трансформаторные подстанции мощностью 630—1000 кВ·А напряжением 6—11/0,4—0,69 кВ Чирчикского трансформаторного завода выпускаются климатические исполнения и категории размещения: УЗ и ТЗ по ГОСТ 15150—69 с масляными и сухими трансформаторами. Способы выполнения нейтрали трансформатора на стороне НН — глухозаземленная или изолированная. Основные технические характеристики КТП 630 и 1000 кВ·А приведены в табл. 4.3.8. Параметры шкафов УВН, РУНН приведены в табл. 4.3.9—4.3.10. Схемы шкафов УВН, РУНН и габаритный чертеж представлены на рис. 4.3.5—4.3.8.

Таблица 4.3.8. Технические характеристики КТП 630 и 1000

Параметр	КТП 630	КТП 1000
Частота переменного тока, Гц	50; 60	
Мощность силового трансформатора, кВ·А	630	1000
Номинальное напряжение на стороне ВН: для исполнения УЗ для исполнения ТЗ	6; 10 6; 6,9; 10; 11; 13,2*; 13,8*	
Номинальное напряжение на стороне НН: для исполнения УЗ для исполнения ТЗ	0,4; 0,69 0,4; 0,415; 0,44; 0,48	
Номинальный ток сборных шин, А: УВН РУНН	60 910	100 1450
Ток электродинамической стойкости сборных шин, кА: УВН РУНН	51; 64 50	
Односекундный ток термической стойкости, кА: УВН РУНН	20; 25 25	
Номинальный ток выключателей отходящих линий, А	250; 400; 630	

\* Только для глухого ввода.

Таблица 4.3.9. Технические характеристики шкафов УВН КТП 630, КТП 1000

Тип шкафа	Схема главных цепей	Габаритные размеры (высота × глубина × ширина), мм	Тип выключателя
Глухой ввод	Рис. 4.3.5, а	402 × 625 × 1000	—
ШВВ-2-1	Рис. 4.3.5, б	1169 × 965 × 2078	ВНП-10/630-20; ВНП-10
ШВВ-2-2	Рис. 4.3.5, в	1169 × 965 × 2025	
ШВВ-2-3	Рис. 4.3.5, г	1489 × 965 × 2025	
ШВВ-3	Рис. 4.3.5, д	1200 × 860 × 2510	



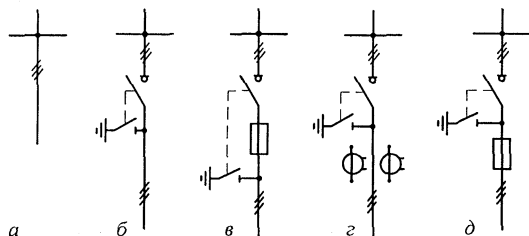
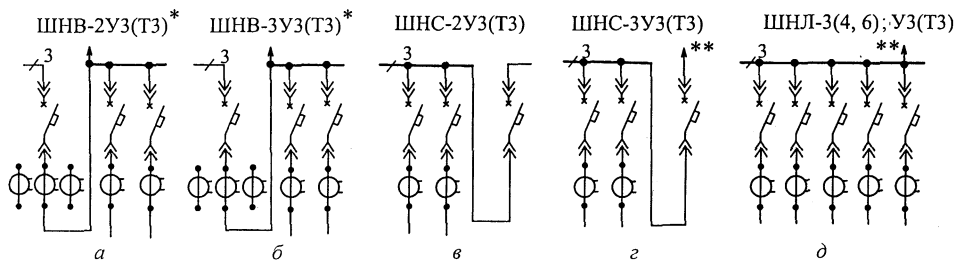


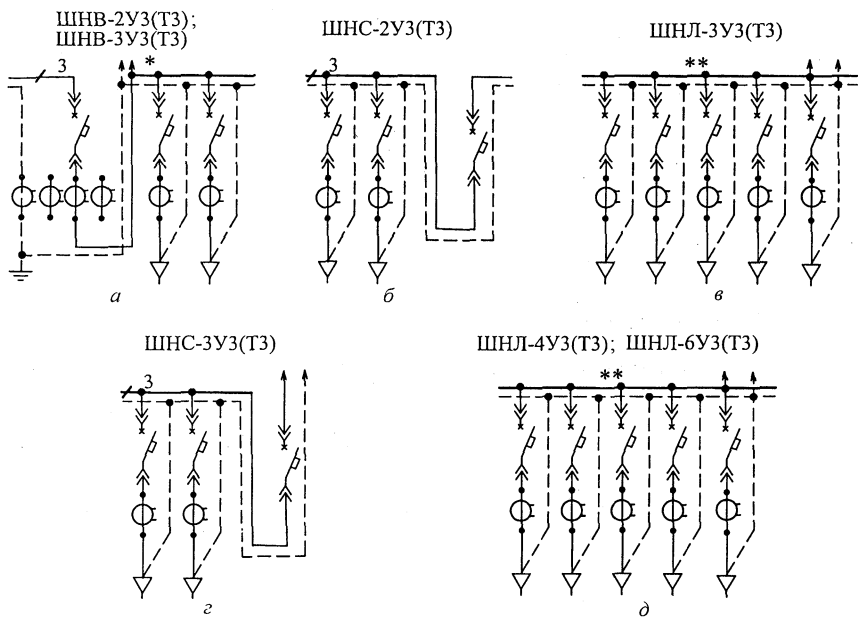
Рис. 4.3.5. Однолинейные схемы главных цепей УВН КТП 630 и КТП 1000 Чирчикского трансформаторного завода: а — ВВ-1; б — ШВВ-2-1; в — ШВВ-2-2; з — ШВВ-2-3; д — ШВВ-3



\* Применяется только для однотрансформаторных КТП.

\*\* Выход шин на шинопровод в двухрядных КТП.

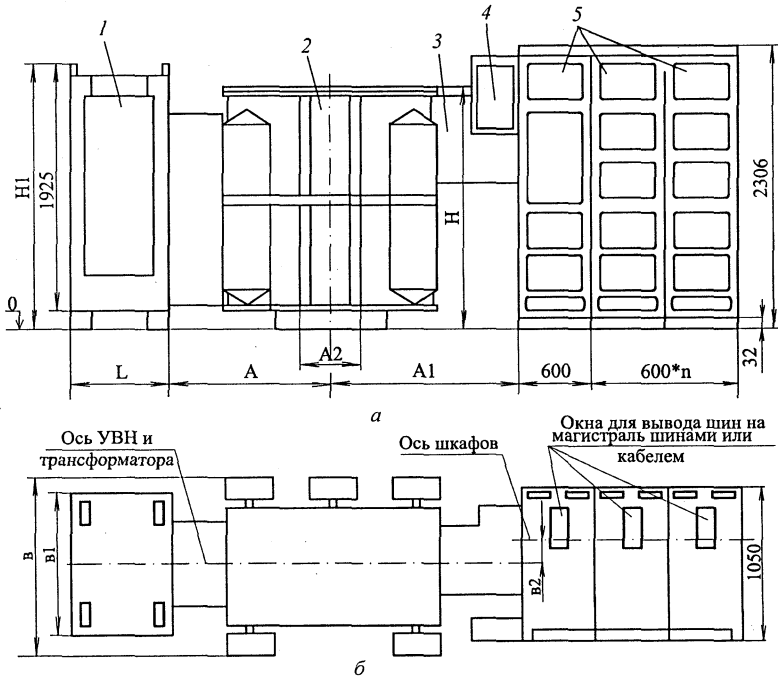
Рис. 4.3.6. Однолинейные схемы главных цепей шкафов РУНН КТП 630 и КТП 1000 с изолированной нейтралью Чирчикского трансформаторного завода



\* Применяется только для однотрансформаторных КТП.

\*\* Выход шин на шинопровод в двухрядных КТП.

Рис. 4.3.7. Однолинейные схемы главных цепей шкафов РУНН КТП 630 и КТП 1000 с глухозаземленной нейтралью Чирчикского трансформаторного завода



Тип трансформатора	Тип шкафа УВН	Размеры, мм									
		A	A1	A2	в	в1	в2	L	L1	H	H1
ТМЗ-630	ШВВ-2 ШВВ-3 ВВ-1	1070	1320	820	1138	965 860	28	880* 1200	- 390	1833	2822 2510
ТСЗА-630	ШВВ-2 ШВВ-3 ВВ-1	1165	1375	880	900	965 860 -	28	880* 1200	- 200	2078	2822 2510 -
ТСЗЛ-630	ШВВ-2 ШВВ-3 ВВ-1	1210	1420	900	1023	965 860 -	28	880* 1200	- 200	2025	2822 2510 -
ТМЗ-1000	ШВВ-2 ШВВ-3 ВВ-1	1040	1380	820	1255	965 860 -	50	880* 1200	- 390	1885	2822 2510 -
ТСЗЛ-1000	ШВВ-2 ШВВ-3 ВВ-1	1250	1460	1000	1073	965 860 -	50	880* 1200	- 200	2078	2822 2510 -
ТСЗУ-1000	ШВВ-2 ШВВ-3 ВВ-1	1295	1480	1000	1000	965 860 -	50	880* 1200	- 200	2025	2822 2510 -

\* Только для глухого ввода

Рис. 4.3.8. Габаритные и установочные размеры однострансформаторной КТП Чирчикского трансформаторного завода: а — вид спереди; б — план КТП; 1 — УВН; 2 — силовой трансформатор; 3 — токоввод; 4 — шкаф учета; 5 — РУНН

Таблица 4.3.10. Параметры шкафов РУНН КТП 630, КТП 1000

Тип шкафа	Тип выключателя		Номинальный ток трансформаторов тока, кА			Размеры (высота × глубина × ширина), мм	Схема	
	вводного или секционного	отходящих линий	на вводе или секционировании	на отходящей линии	в PEN-проводнике			
ШНВ-2 УЗ(ТЗ)	ВА55-41	ВА52-39	1000/5	400/5	800/5	600 × 1050 × 2200	4.3.7, а	
ШНВ-3 УЗ(ТЗ)	ВА55-43	ВА55-39 ВА53-39 ВА51-39						1500/5
ШНС-2 УЗ(ТЗ)	ВА55-41	ВА52-39 ВА55-39	—	400/5 600/5	—		4.3.7, в	
ШНС-2 УЗ(ТЗ)	ВА55-41	ВА53-39 ВА51-39					4.3.7, г	
ШНЛ-3 УЗ(ТЗ)	—	ВА52-39	—	300/5 300/5	—		600 × 1050 × 2200	4.3.7, д
ШНЛ-4 УЗ(ТЗ)	—	ВА52-39 ВА55-39 ВА53-39						—
ШНЛ-6 УЗ(ТЗ)	—	ВА51-39 ВА53-39 ВА52-39 ВА51-39 ВА55-39	—	400/5 600/5 400/5 300/5 200/5	—	600 × 1050 × 2200		4.3.7, ж

**Комплектные трансформаторные подстанции 6(10)/0,4 кВ** ОАО «Самарский завод «Электрощит» выпускаются с масляными и сухими трансформаторами с глухозаземленной и изолированной нейтралью на стороне НН. Климатическое исполнение и категория размещения: УЗ; ТЗ (У1; Т1 — для УВН и шинного моста, по специальному заказу — ТВЗ). Расположение подстанции может быть однорядным, двухрядным, на разных уровнях. Технические характеристики КТП приведены в табл. 4.3.11. Вся номенклатура применяемого оборудования — отечественная. По заказу возможна установка автоматических выключателей производства «Мерлин Жерин» (Франция). Автоматические выключатели выдвигного исполнения.

Таблица 4.3.11. Технические характеристики КТПП

Параметр	Мощность, кВ·А:					
	250	400	630	1000	1600	2500
Номинальное напряжение на стороне ВН, кВ	6; 10					
Наибольшее рабочее напряжение на стороне ВН, кВ	7,2; 12					
Номинальное напряжение на стороне НН, кВ	0,4; 0,69*					
Ток термической стойкости в течение 1 с, кА:	20; 31,5**					
на стороне ВН						
на стороне НН	10	10	20	20	30	40
Ток электродинамической стойкости, кА:	51; 81**					
на стороне ВН						
на стороне НН	25	25	50	50	70	100
Уровень изоляции	Облегченная изоляция					
Масса РУНН из пяти шкафов, кг, не более	2000	Н. д.			4000	6000

\* Специальный заказ.

\*\* По мере наличия серийного производства выключателя нагрузки.

**Устройство и работа КТП.** Ввод КТП со стороны ВН осуществляется непосредственным подключением сверху или снизу высоковольтного кабеля от питающей сети 10(6) кВ через выключатель нагрузки, размещаемый в шкафу УВН. В РУНН КТП применяется схема с одной системой сборных шин (для КТП 2500 используется расщепленная система сборных шин), секционированная с помощью автоматического выключателя.

В УВН (шкаф УВН-СТ) установлены выключатель нагрузки, плавкий предохранитель и заземляющий разъединитель.

На подстанции могут быть установлены силовые трансформаторы ТМФ мощностью 250—400 кВ·А, ТМЗ мощностью 630—2500 кВ·А и ТСЗ мощностью 250—2500 кВ·А.

РУНН состоит из одной, двух или более транспортных групп, каждая группа состоит из нескольких шкафов РУНН. Шкаф разделен на следующие отсеки: отсек выключателей; релейный отсек с аппаратурой управления; отсек автоматики и учета электроэнергии; отсек шин и кабелей, где размещены сборные шины, шинные ответвления для кабельных и шинных присоединений и трансформаторы тока.

Шкафы комплектуются автоматическими выключателями производства Ульяновского завода «Контактор» ВА(51)52-39, ВА55-41, ВА55-43, А3794С. По заказу возможна установка автоматических выключателей производства «Мерлин Жерин» типа М-08, М-12, М-20, М-40, М-63. Технические характеристики шкафов РУНН, параметры автоматических выключателей приведены в табл. 4.3.12, 4.3.13, принципиальные схемы главных цепей шкафов УВН, РУНН показаны на рис. 4.3.9—4.3.12, общий вид КТПП — на рис. 4.3.13.

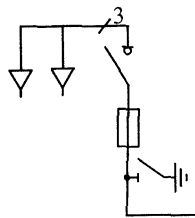


Рис. 4.3.9. Однолинейная схема главных цепей УВН-СТ КТПП производства Самарского завода «Электросит»

КТП могут устанавливаться в блочно-модульном здании (БМ КТП), где поддерживаются условия, соответствующие условиям эксплуатации КТП. БМ КТП выпускаются в климатическом исполнении УХЛ1 по ГОСТ 15150 и представляют собой один или несколько блок-модулей, установленных на фундаменты с полностью смонтированными в пределах блока электрическими соединениями. Пример компоновки КТП в блочно-модульном здании представлен на рис. 4.3.14.

Таблица 4.3.12. Технические характеристики шкафов РУНН, тип и номинальный ток выключателя

Аппарат ввода (секция)	Отходящие линии		Аппарат ввода (секция)	Отходящие линии		Аппарат ввода (секция)	Отходящие линии	
	Выключатель	п		Выключатель	п		Выключатель	п
<b>КТПП 250—1000 кВ-А</b>								
ШНВ-2У3			ШНВ-3У3			ШНВ-2.1У3		
ВА55-41 М12 1000	ВА55-39 630 А А3794С ВА55-41 250—630 А	2	ВА55-43 М-20	ВА53-39 А3794С ВА55-41 250-630 А	2	ВА55-41 1000	ВА55-41 1000	1
ШНВ 3.1 У3			ШНС-2У3			ШНС-3УС		
ВА55-43 1600	ВА55-43 1600 или ВА55-41 1000	1	ВА55-41 М-12 1000 А	ВА53-39 А3794С ВА55-41 250—630 А	2	ВА52-39 630 А	А3794С ВА55-41 250—630 А	2
ШНС-2.1 У3			ШНЛ-3У3			ШНЛ-4У3		
ВА55-41 1000 А ВА55-43 1600 А	ВА55-41 1000 А	1	—	ВА57-35 250 А	6	—	ВА-57-35, 250А ВА52-39, 630 А ВА55-41, 250—630 А	2 2 2
<b>ШНЛ-6У3</b>								
—	А3794С 630 А ВА55-41 250—630 А	6						
<b>КТПП 1600 кВ-А</b>								
ШНВ-11.0 (11.1; 11.2)*			ШНВ-11.3 (11.4; 11.5)*			ШНВ-9.0 (9.1)*		
Э-40В 4000 А	ВА55-41 или ВА53-41 1000 А	1	Э-40 В 4000 А	ВА55-43 или ВА53-43 1600	1	Э-40В 4000 А	—	—
ШНВ-7.0 (7.1; 7.2)*			ШНВ-10.0 (10.1; 10.2)*			ШНС-5.0 (5.1)*		
Э-25В 2500 А	ВА55-41 ВА53-41 1000 А	1	Э-25Э 2500 А	ВА55-43 ВА53-43 1600 А	1	ВА55-43 ВА53-43 1600 А	ВА55-41 или ВА53-41 1000 А	1
ШНС-5.2 (5.3)*			ШНС-6.0 (6.1)*			ШНЛ-6.0 (6.1, 6.2)*		
ВА55-43 ВА53-43 1600 А	ВА55-43 ВА53-43 1600 А	1	Э-25В 2500 А	ВА55-41 ВА53-41 1000 А	1	—	ВА55-41 ВА53-41 1000 А	2
ШНЛ-7.0 (7.1; 7.2)*			ШНЛ-8.0 (8.1; 8.2)*			ШНЛ-9.1		
—	ВА55-43 ВА53-43 1600 А	2	—	ВА55-41 или ВА53-41 1000 А ВА55-43 или ВА53-43 1600 А	1 1	—	ВА55-41 до 630 А	4

Окончание табл. 4.3.12

Аппарат ввода (секция)	Отходящие линии		Аппарат ввода (секция)	Отходящие линии		Аппарат ввода (секция)	Отходящие линии	
	Выключатель	п		Выключатель	п		Выключатель	п
<b>КТПП 2500 кВ-А</b>								
ШНВ-12.0 (12.1)*			ШНВ-12.2 (12.3)*			ШНС-9.0 (9.1; 9.4)*		
Э40В 4000 А	ВА55-41 ВА53-41 1000 А	1	Э40В 4000 А	ВА55-43 ВА53-43 1600 А	1	Э-25В 2500 А	ВА55-41 ВА53-41 1000 А	1
ШНС-9.2 (9.5)*			ШНЛ-14.0 (14.1; 14.2)*			ШНЛ-15.0 (15.1; 15.2)*		
Э-25В 2500 А	ВА55-43 ВА53-43 1600 А	1	—	ВА55-43 ВА53-43 1600 А	2	—	Э25 2500 А ВА55-41 ВА53-41 1000 А	1  1
<i>Примечания:</i> 1. Ток термической стойкости: для шкафов КТПП 1600 кВ-А — 30 кА; для шкафов КТПП 2500 кВ-А — 40 кА. 2. Ток электродинамической стойкости: для шкафов КТПП 1600 кВ-А — 70 кА; для шкафов КТПП 2500 кВ-А — 100 кА. 3. Марка и сечение магистральных шин: для шкафов КТПП 1600 кВ-А — ШМТ 2(100 × 10); для шкафов КТПП 2500 кВ-А — ШМТ 4(100 × 10). 4. Марка и сечение отпаек отходящих фидеров: для шкафов КТПП 1600 и 2500 кВ-А — ШМТ 2(60 × 10), 2(100 × 10).								

\* Шкафы отличаются исполнением отходящих линий (шинами вверх, шинами вниз), наличием выхода со сборных шин вверх на магистраль и др.

Таблица 4.3.13. Параметры автоматических выключателей РУНН КТПП

Тип выключателя	Номинальный ток выключателя, А	Тип расцепителя	Номинальный ток расцепителя, А или о. е.*
А3794С	250; 400; 630	ПП	0,63; 0,8; 1,0
ВА57-35	250	Т	80; 100; 125; 160; 200; 250
ВА53-39; ВА55-41	250; 400; 630	ПП	0,63; 0,8; 1,0
ВА52-39	630	Т	250; 320; 400; 500; 630
ВА53-41; ВА55-41	1000	ПП	0,63; 0,8; 1,0
ВА55-43; ВА 53-43	1600		
Э25В	2500	ПП	1600; 2000; 2500
Э40В	4000	ПП	0,63; 0,8; 1,0
М-08	250; 400; 630		
М-12	1000		
М-20	1600		
М-25	2500	ПП	1600; 2000; 2500
М-40	4000	ПП	0,63; 0,8; 1,0

*Примечания:*

1. ПП — полупроводниковый расцепитель максимального тока; Т — тепловой расцепитель.

2. На вводе и секционировании применяются автоматические выключатели с электромагнитным и ручным приводом, на отходящих линиях — ручной дистанционный привод.

\* Относительные единицы.

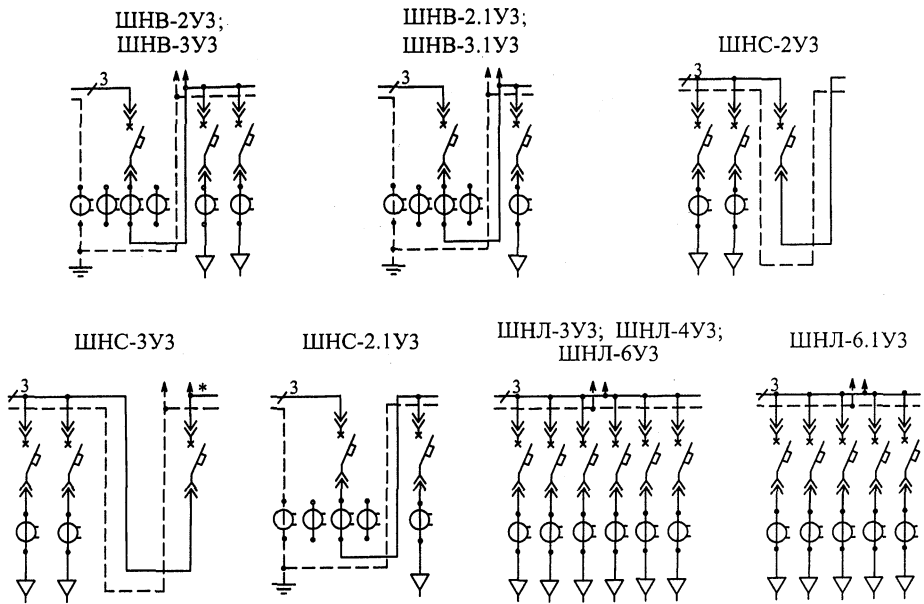
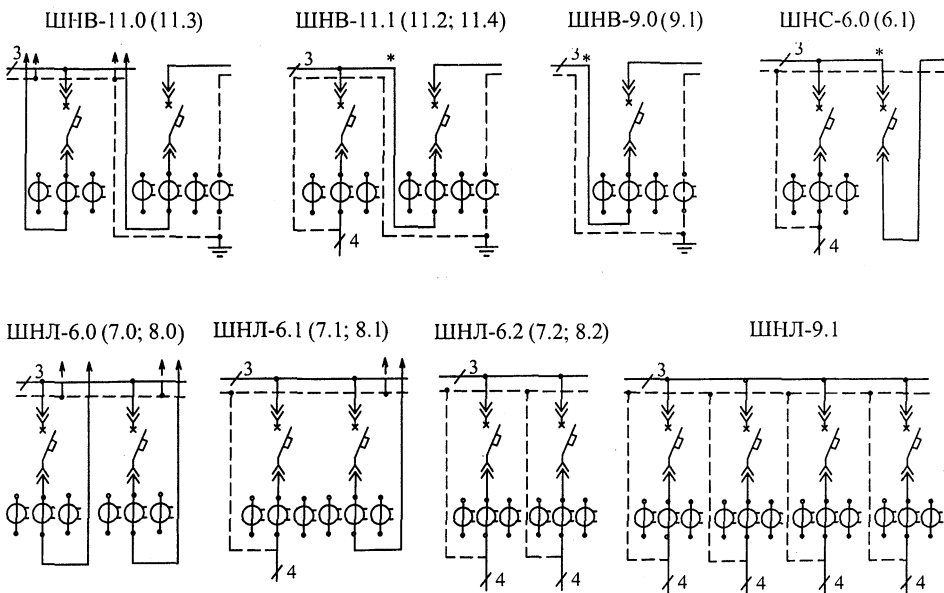
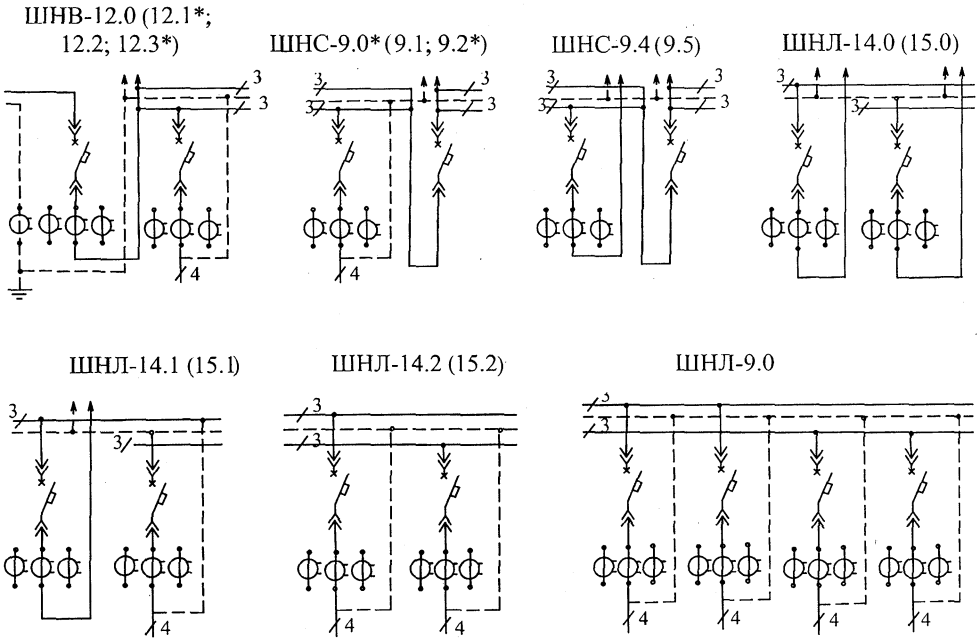


Рис. 4.3.10. Схемы соединений шкафов РУНН КТПП 250—1000 кВ·А производства Самарского завода «Электроштит» (шкафы для КТПП с изолированной нейтралью выполняются без связи с нейтралью)



\* Шкафы с с выходом шин вверх на магистраль.

Рис. 4.3.11. Схемы соединений шкафов РУНН КТПП 1600 кВ·А производства Самарского завода «Электроштит»



\* Шкафы без выхода шин вверх на магистраль.

Рис. 4.3.12. Схемы соединений шкафов РУНН КТПП 2500 кВ·А производства Самарского завода «Электроштит»

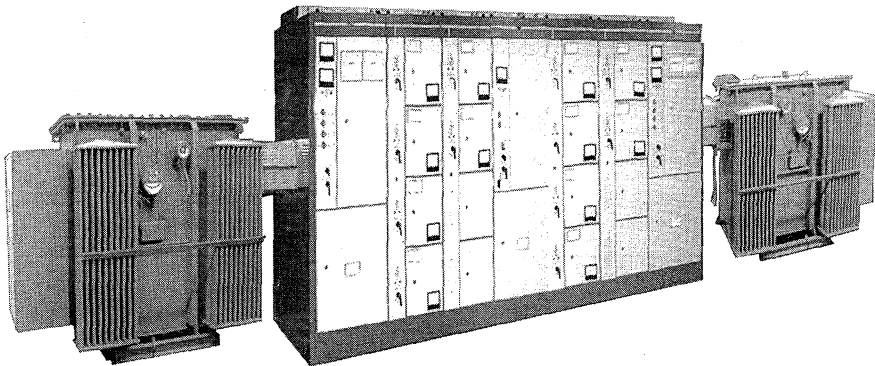
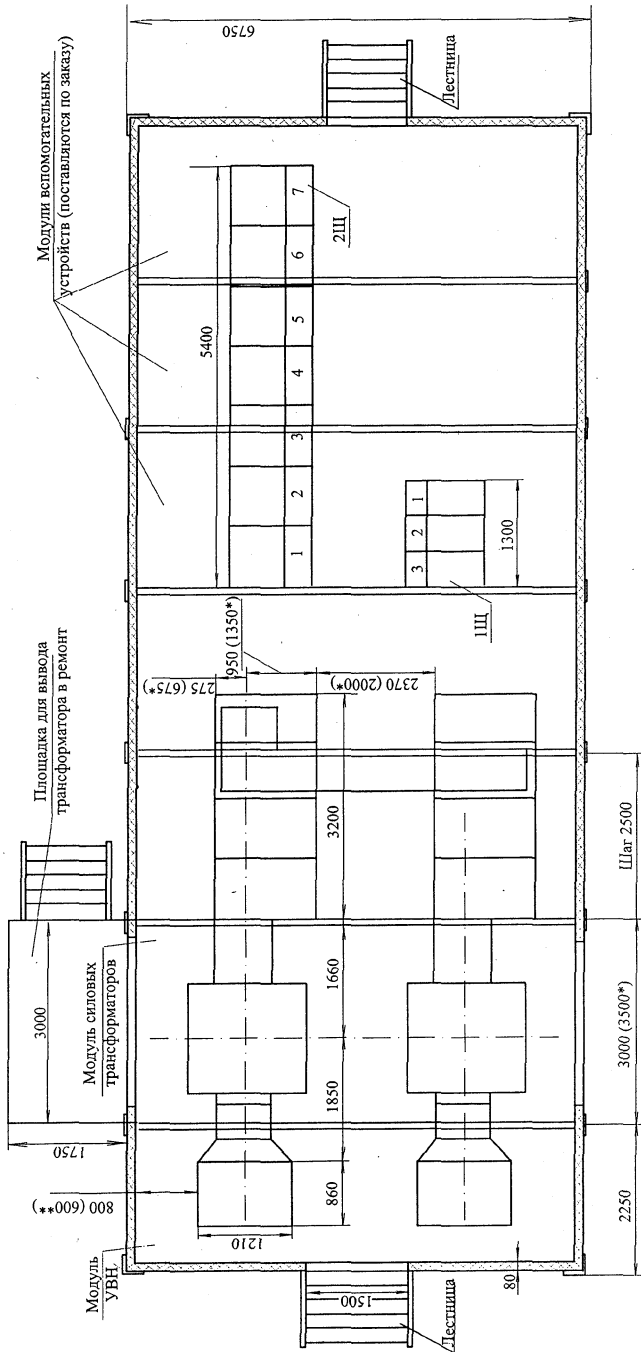


Рис. 4.3.13. Общий вид КТПП производства Самарского завода «Электроштит»





\* Для КТП мощностью 1600 и 2500 кВ·А.

\*\* Для КТП 400 кВ·А.

Рис. 4.3.14. Базовый вариант 2КТП-400-2500/6(10)/0,4 кВ в модульном здании

### 4.3.3. Комплектные трансформаторные подстанции 10(6) кВ городского типа

КТП городского типа предназначены для применения в городских электрических сетях при одно-, двухлучевой, петлевой и других схемах электроснабжения. Выпускаются наружной установки с одним и двумя трансформаторами мощностью до 630 кВ·А (1000 кВ·А — по специальному заказу). На КТПГ применяются силовые трансформаторы с естественным масляным охлаждением марки ТМ или сухие трансформаторы.

Основное отличие КТПГ от КТП промышленного типа — выполнение РУВН со сборными шинами с присоединениями ввода, вывода с выключателями нагрузки. В РУВН устанавливаются камеры КСО 300 серии или другие аналогичные камеры. РУНН выполняется с низковольтными панелями (типа ЩО, ЩРО и др.). Технические характеристики КТП городского типа предприятий «КЭМОНТ» и «АЛЬСТОМ» приведены в табл. 4.3.14.

Таблица 4.3.14. Технические характеристики КТП городского типа

Параметр	КТПГ «КЭМОНТ»	КТПНУ* «АЛЬСТОМ»
Номинальное напряжение, кВ: на стороне ВН на стороне НН	6 или 10 0,4	
Номинальный ток главных цепей на стороне ВН, А	До 630 А	
Номинальная мощность силового трансформатора, кВ·А	До 630 (1000 — по заказу)	63—630 (для однострансформаторной); 250—630 (для двухтрансформаторной)
Число силовых трансформаторов	1 или 2	
Односекундный ток термической стойкости на стороне ВН, кА	20	20; 25
Ток термической стойкости на стороне НН, кА	10; 20	50
Время протекания тока термической стойкости, с	1	0,5
Ток электродинамической стойкости, кА: на стороне ВН на стороне НН	51 25; 50	
Исполнение ввода ВН	Воздушный; кабельный	
Исполнение отходящих линий НН	Кабельные	
Корпус КТП	Металлический	Металлический, «сэндвич»
Климатическое исполнение	У1 (У3 — по заказу)	У1
Степень защиты оболочки по ГОСТ 14254—96	IP34 — для У1 IP21 — для У3	IP34
Вид обслуживания	Периодический	
Тип камер в РУВН	КСО-366; КСО-399	КСО-366; КСО-392; КСО-366М
Тип панелей в РУНН	ЩО-70	ЩО-70-3М

\* КТПНУ — подстанция наружного типа, схемы и оборудование которой аналогичны подстанциям городского типа.

КТП 10(6) кВ для городских сетей производства ОАО «Самарский завод «Электроцит» предназначены для эксплуатации на открытом воздухе, выпускаются климатического исполнения и категории размещения У1.

КТП изготавливается с одним и двумя трансформаторами мощностью 250, 400, 630 кВ·А. На стороне 10(6) кВ однострансформаторная подстанция выполняется с воздушным или кабельным вводом, выводом. Двухтрансформаторная КТПГ — с воздушным или кабельным вводом и кабельным выводом (в двухлучевом варианте). Низковольтные выводы — только кабельные. Технические характеристики КТПГ приведены в табл. 4.3.15.

Таблица 4.3.15. Технические характеристики КТПГ

Параметр	Мощность, кВ·А		
	250	400	630
Номинальное напряжение, кВ: на стороне ВН на стороне НН	6; 10 0,4		
Номинальный ток сборных шин, А: РУВН РУНН	300 910		
Число силовых трансформаторов	1 или 2		
Ток термической стойкости в течение 1 с, кА:  на стороне ВН на стороне НН	20  10   10   20		
Ток электродинамической стойкости, кА:  на стороне ВН на стороне НН	51  25   25   50		
Исполнение ввода (вывода) ВН	Кабельный, воздушный		
Исполнение отходящих линий от РУНН	Кабельные		
Номинальный ток предохранителя ВН, А:  для напряжения 6 кВ для напряжения 10 кВ	50   80   100 31,5   50   80		

**Конструкция.** Однострансформаторная КТПГ состоит из металлического корпуса контейнерного типа, РУВН, РУНН, силового трансформатора, высоковольтного воздушного ввода и разъединителя 10(6) кВ

для КТПГ с воздушным вводом, шкафа уличного освещения (по заказу) и шкафа учета электроэнергии (по заказу).

Двухтрансформаторная КТПГ однолучевого исполнения состоит из двух однострансформаторных подстанций, установленных на расстоянии 600 мм друг от друга, с комплектом элементов для стыковки. При двухлучевом варианте двухтрансформаторной КТПГ ячейка секционного выключателя нагрузки располагается между блок-модулями подстанции. Размеры ячейки (ширина × глубина × высота) 2056 × 963 × 2485 мм, общее расстояние между блок-модулями — 3060 мм.

**РУВН** однострансформаторной подстанции состоит из трех камер: двух камер линий ввода (вывода) с выключателем нагрузки и камеры с выключателем нагрузки и предохранителями для подключения и защиты силового трансформатора. Если РУВН встраивается в здание, то число и набор камер могут быть любыми.

РУВН для двухтрансформаторной подстанции однолучевого исполнения состоит из двух блоков по три камеры в каждом блоке: камеры ввода с выключателем нагрузки, камеры с выключателем нагрузки и предохранителями для подключения и защиты силового трансформатора и секционной камеры с выключателем нагрузки. РУВН для двухтрансформаторной подстанции двухлучевого исполнения состоит из двух блоков и ячейки секционного выключателя нагрузки, устанавливаемой между блок-модулями подстанции. В каждом блоке РУВН установлены две камеры ввода (вывода) с выключателем нагрузки и камера с выключателем нагрузки и предохранителями для подключения и защиты силового трансформатора. Технические характеристики выключателя нагрузки приведены в табл. 4.3.16.

Таблица 4.3.16. Технические характеристики выключателя нагрузки

Параметр	Значения
Номинальное напряжение, кВ	10
Наибольшее рабочее напряжение, кВ	12
Номинальный ток, А	630
Ток термической стойкости, кА	20
Масса, кг, не более	40
Габаритные размеры (длина × ширина × высота), мм	630 × 442 × 480

**РУНН** выполнено в виде блока, представляющего набор вводных, линейных и секционного шкафов (для двухтрансформаторной подстанции), которые разделены на отсеки выключателя, релейной аппаратуры, шин и кабелей. Возможные варианты исполнения схем РУНН для

однотрансформаторных и двухтрансформаторных КТПГ и данные по коммутационно-защитным аппаратам приведены в табл. 4.3.17.

Таблица 4.3.17. Возможные варианты исполнения схем РУНН КТПГ

Аппарат ввода	Аппараты отходящих линий	Исполнение аппаратов отходящих линий	Секционный аппарат	Максимальное число отходящих линий	Учет электроэнергии	Номер варианта
<b>Однотрансформаторные КТПГ</b>						
РЕ-19-41 1000 А	ВА57-35; ВА51-39	Стационарное	—	12	Есть	1
ВА55-41 (выдвижной)						2
ВА55-41 (выдвижной)	ВА57-35; ВА51-39	Выдвижное	—	8	Нет	3
РЕ-19-41 1000 А	БПВ, 4 × 400 А 4 × 250 А	Выдвижное	—	8	Нет	4
<b>Двухтрансформаторные — 2КТПГ</b>						
РЕ-19-41 1000 А	ВА57-35; ВА51-39	Стационарное	РЕ-19-41 1000 А	24	Есть	5
ВА55-41 (выдвижной)	ВА57-35; ВА51-39	Стационарное	ВА55-41 (выдвижной)	20	Есть	6
ВА55-41 (выдвижной)	ВА57-35; ВА51-39	Выдвижное	ВА55-41 (выдвижной)	20	Есть	7
РЕ-19-41 1000 А	БПВ, 8 × 400 А 8 × 250 А	Выдвижное	РЕ-19-41 1000 А	16	Нет	8

Конструкция шкафов РУНН предусматривает возможность установки на отходящих линиях автоматических выключателей на номинальные токи от 16 до 400 А. 2КТПГ выполняется с выдвижными автоматическими выключателями и устройством АВР.

В РУНН предусмотрена установка следующих устройств:

- трансформаторов тока (на вводе — три, на нулевой шине — один для подключения устройств защиты от однофазных коротких замыканий, на отходящих линиях — по одному);
- измерительных приборов (на вводе — амперметры в каждой фазе, вольтметр, счетчики активной и реактивной энергии; на отходящих линиях — амперметры).

**Шкаф учета электрической энергии** может быть двух исполнений: для учета активной энергии, для учета активной и реактивной энергии. В шкафу учета активной энергии устанавливается электронный счетчик

активной энергии, в котором предусмотрен датчик приращения энергии для информационно-измерительных систем учета энергии и телеизмерения мощности. В шкафу учета активной и реактивной энергии устанавливаются электронные счетчики активной и реактивной энергии и резисторы для обогрева.

**Шкаф уличного освещения** подключается к одному из фидеров РУНН. Схема предусматривает возможность автоматического включения вечернего и ночного уличного освещения. В шкафу уличного освещения установлен счетчик активной энергии на токи 50, 63 или 80 А.

В КТПГ предусмотрены следующие защиты:

- от однофазных коротких замыканий в сети 0,4 кВ с действием на отключение вводного выключателя с выдержкой времени;
- защита минимального напряжения, с действием на отключение вводного выключателя с выдержкой времени при исчезновении напряжения на вводе;
- от перегрузки с действием на сигнал.

На двухтрансформаторных КТПГ предусматривается сигнализация при срабатывании защит, АВР, положения выключателей и др.

Габаритные и установочные размеры однострансформаторной и двухтрансформаторных подстанций однолучевого и двухлучевого исполнения представлены на рис. 4.3.16—4.3.18. Вариант конструкции РУНН с выдвжными выключателями (габаритные размеры, мм: 2400 × 2000 × 825) с АВР показан на рис. 4.3.19.

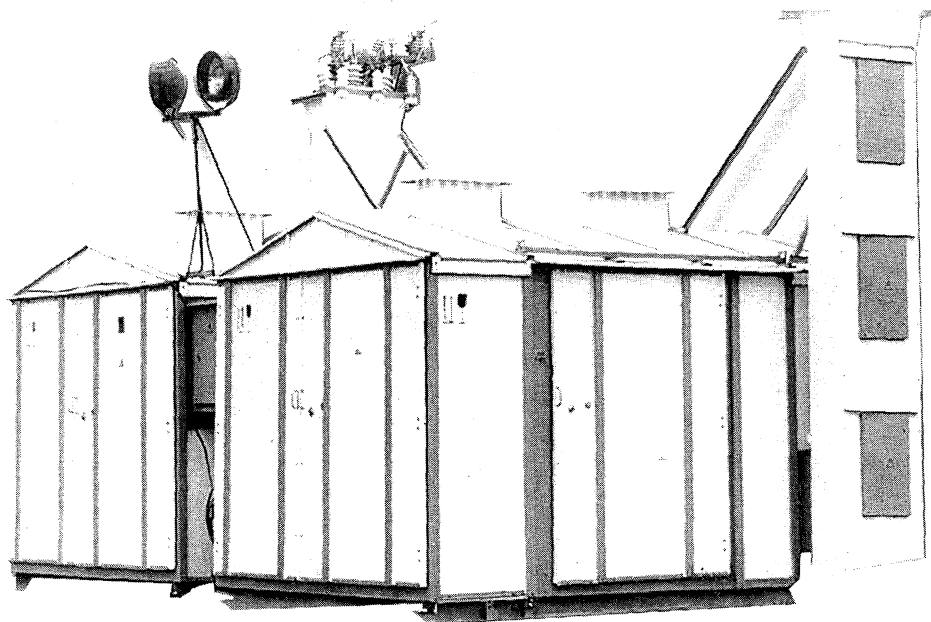
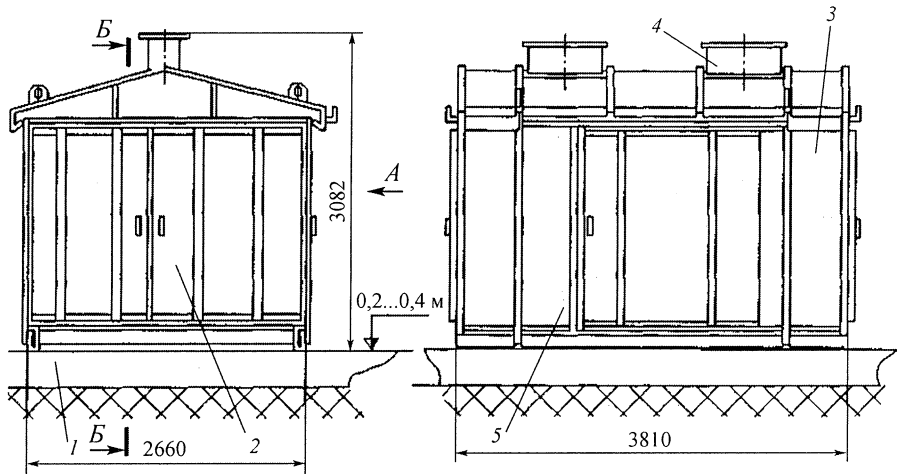
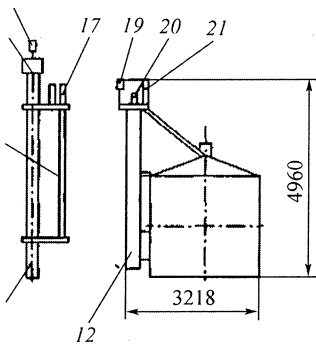


Рис. 4.3.15. Общий вид КТПГ производства ОАО «Самарский завод «Электрощит»

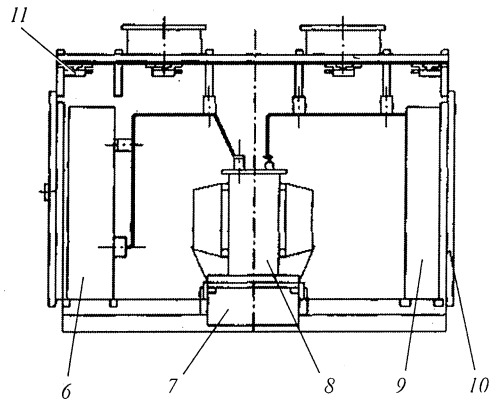
КТПГ с кабельным вводом и выводом УВН



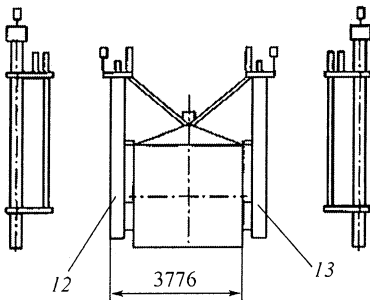
КТПГ с воздушным вводом УВН



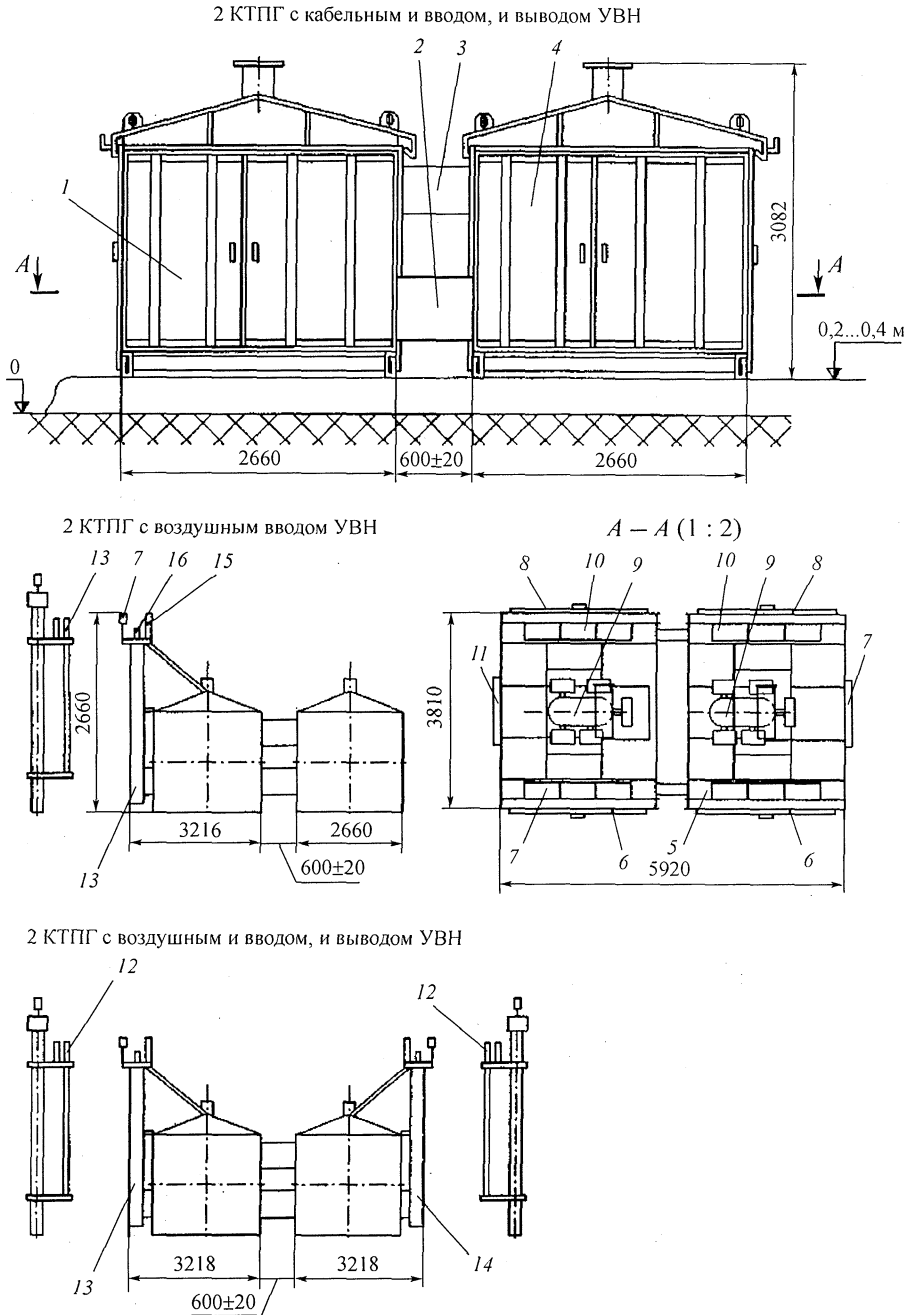
Б – Б



КТПГ с воздушным вводом и выводом УВН



**Рис. 4.3.16.** Общий вид, габаритные и установочные размеры однотрансформаторной КТПГ: 1 — рама основания блок-здания; 2 — дверь отсека УВН; 3 — блок-здание КТПГ; 4 — воздуховод; 5 — дверь отсека силового трансформатора; 6 — блок УВН; 7 — емкость для удержания масла; 8 — силовой трансформатор; 9 — блок РУНН; 10 — дверь отсека РУНН; 11 — светильник; 12 — блок высоковольтного воздушного ввода; 13 — стойка СВ-1; 14 — труба; 15 — кронштейн; 16 — изолятор; 17 — разъединитель; 18 — блок высоковольтного ввода; 19 — изолятор; 20 — проходной изолятор; 21 — разрядник



**Рис. 4.3.17.** Общий вид, габаритные и установочные размеры однолучевой двухтрансформаторной КТПГ: 1, 4 — блок-здание КТПГ; 2 — блок секционной перемычки УВН; 3 — блок секционной перемычки РУНН; 5 — блок УВН; 6 — дверь отсека УВН; 7, 11 — дверь отсека силового трансформатора; 8 — дверь отсека РУНН; 9 — силовой трансформатор; 10 — блок РУНН; 12 — разъединитель ВЛ 10 кВ; 13 — блок высоковольтного воздушного ввода УВН; 14 — блок высоковольтного воздушного вывода; 15 — разрядник; 16 — проходной изолятор; 17 — изолятор



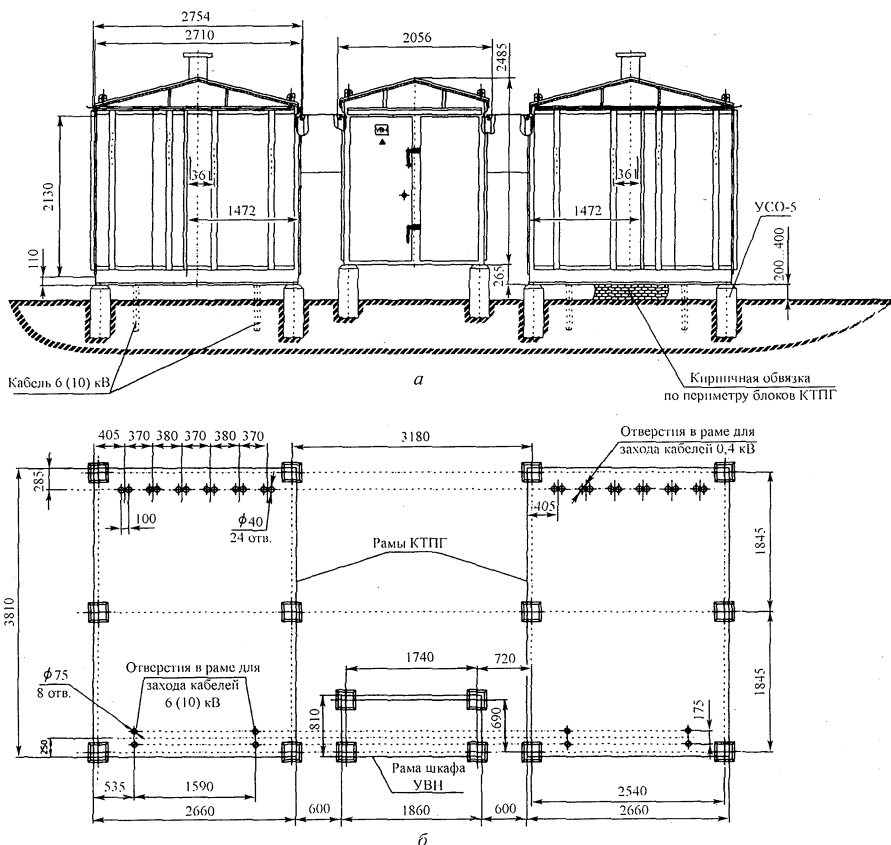


Рис. 4.3.18. Двухтрансформаторная КТПГ двухлучевого исполнения на заглубленном фундаменте: а — общий вид подстанции; б — план фундамента под 2КТПГ с ячейкой секционного выключателя нагрузки, выполненной отдельным модулем

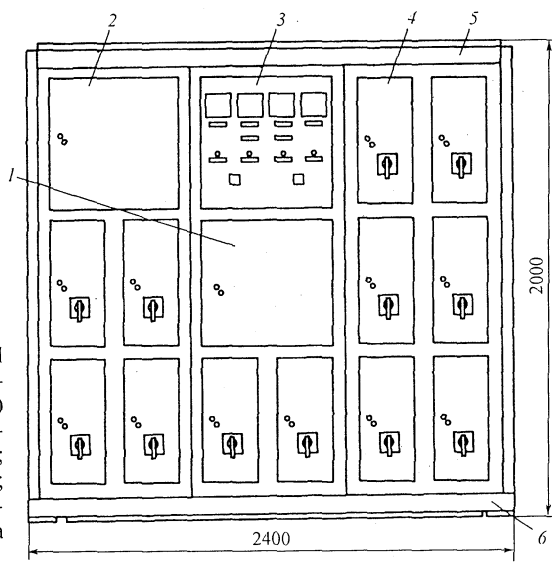
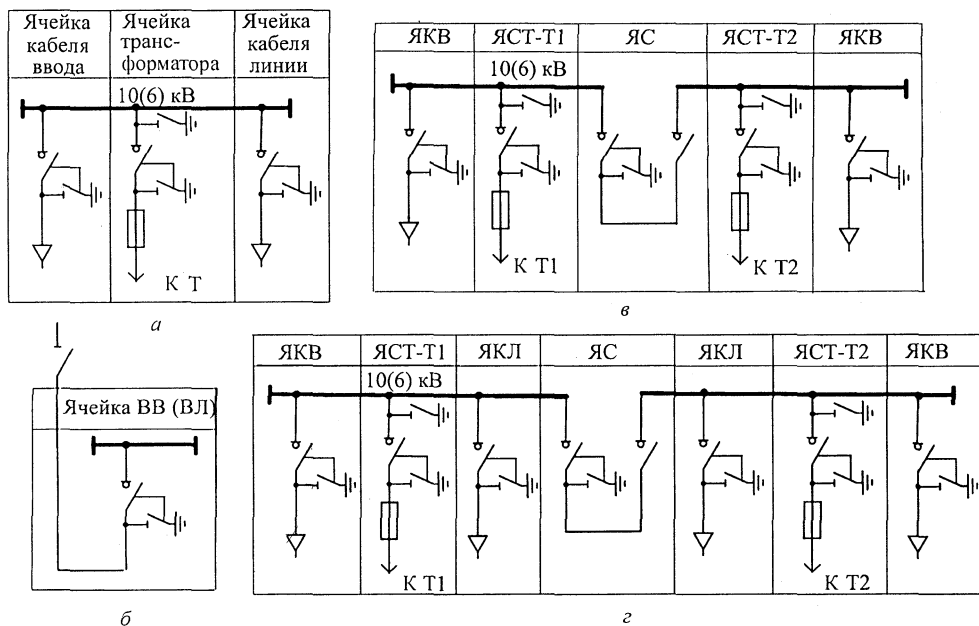


Рис. 4.3.19. Вариант конструкции РУНН с выдвигаемыми выключателями (габаритные размеры, мм: 2400 × 2000 × 825) (исполнение с АВР — неявный ввод резерва): 1 — шкаф выключателя ввода; 2 — шкаф секционного выключателя; 3 — шкаф релейный; 4 — шкаф линейного выключателя; 5 — рама; 6 — рама основания

**Схемы электрических соединений КТПГ и 2КТПГ.** Схемы РУВН КТПГ приведены на рис. 4.3.20, возможные исполнения ввода, вывода даны в табл. 4.3.18. При воздушном вводе подстанция снабжается блоком воздушного ввода и предусматривается установка разъединителя на стойке СВ-1.

Таблица 4.3.18. Исполнения ввода, вывода КТПГ 10(6) кВ

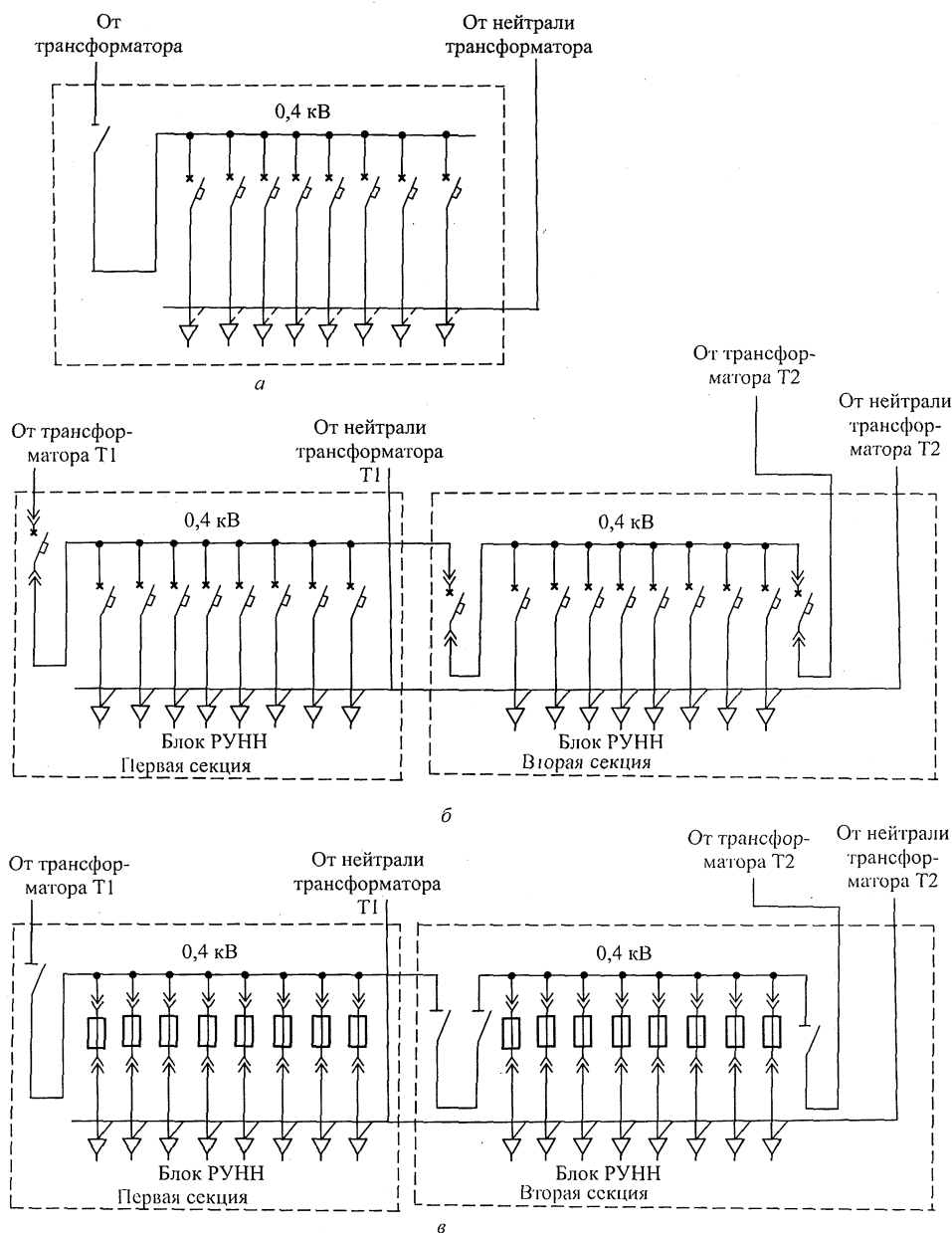
КТПГ	Ввод	Вывод (линии)
КТПГ	Воздушный, кабельный	
2КТПГ однолучевого исполнения	Воздушный, кабельный	
2КТПГ двухлучевого исполнения	Воздушный, кабельный	Кабельный



**Рис. 4.3.20.** Схемы РУВН КТПГ производства Самарского завода «Электрощит»: а — РУВН для однотрансформаторной подстанции с кабельным вводом (выводом); б — схема воздушного ввода (вывода) с разъединителем на стойке и камерой с выключателем на грузки; в — РУВН для двухтрансформаторной КТПГ однолучевого исполнения; г — РУВН для двухтрансформаторного КТПГ двухлучевого исполнения; ЯКВ — ячейка кабельного ввода; ЯСТ — ячейка силового трансформатора; ЯКЛ — ячейка кабельной линии; ЯС — ячейка секционного выключателя

Схемы РУНН по вариантам 1, 6 и 8 (табл. 4.3.17) приведены на рис. 4.3.21; схема по варианту 1 с разъединителем РЕ 19-41 на вводе и стационарными автоматическими выключателями на отходящих линиях — на рис. 4.3.21, а; схема по варианту 6 с выдвижными автоматическими выключателями на вводе и секционировании и стационарными автоматическими выключателями на отходящих линиях — на

рис. 4.3.21, б; схема по варианту 8 с разъединителями на вводе и секционировании типа РЕ 19-41 и с блоками предохранитель-выключатель на отходящих линиях — на рис. 4.3.21, б.



Штриховыми линиями выделены транспортные блоки РУНН, состоящие из трех шкафов. Измерительные приборы и трансформаторы тока на схеме не показаны.

Рис. 4.3.21. Схемы РУНН КТПГ производства Самарского завода «Электроштит» (для вариантов 1, 6, 8 по табл. 4.3.17)

**Установка подстанции.** КТПГ устанавливается на фундаменте высотой 0,2—0,4 м. Примеры выполнения заглубленного фундамента с применением стоек серии УСО-5А для двухлучевой и однолучевой двухтрансформаторных подстанций приведены на рис. 4.3.18, 4.3.22. При установке подстанции на незаглубленном фундаменте применяются стандартные бетонные блоки типа ФБС.

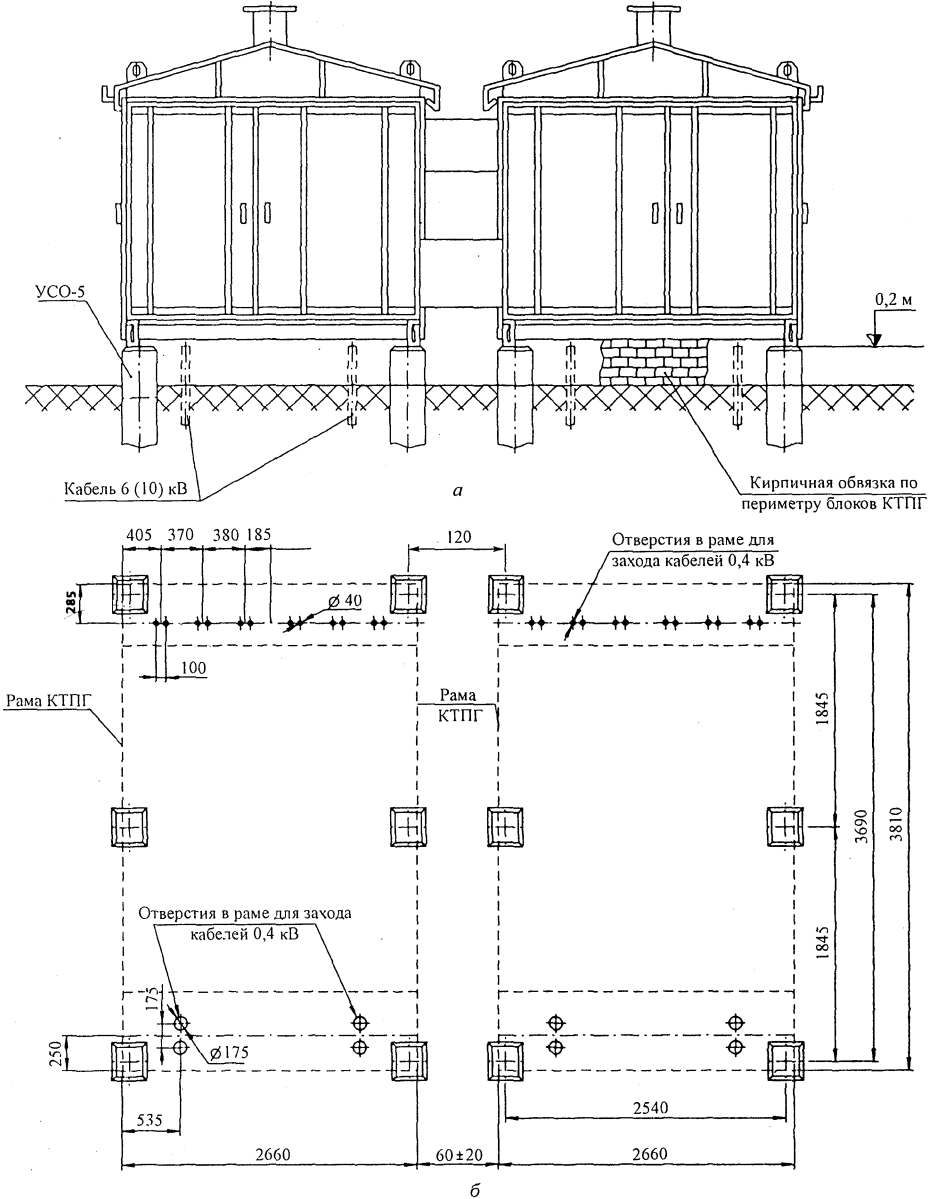


Рис. 4.3.22. Установка 2КТПГ на заглубленном фундаменте:  
а — общий вид подстанции; б — план фундамента под 2КТПГ

#### 4.3.4. Комплектные трансформаторные подстанции 10(6) кВ в бетонной оболочке

Блочные комплектные трансформаторные подстанции в бетонной оболочке (БКТПБ) производятся предприятием ОАО «ПО Элтехника» сравнительно недавно. Предлагаются БКТПБ с различными вариантами комплектации и размещения электротехнического оборудования:

- БКТПБ в бетонном модуле размерами 5000 × 2400 × 2750 мм (длина × ширина × высота);
- БКТПБ в малогабаритном модуле 3000 × 2400 × 2750 мм.

Однотрансформаторную КТП возможно расширить до двухтрансформаторной и более, установив дополнительные модули без проведения лишних строительных работ. Внешний вид двухтрансформаторной БКТПБ представлен на рис. 4.3.23.

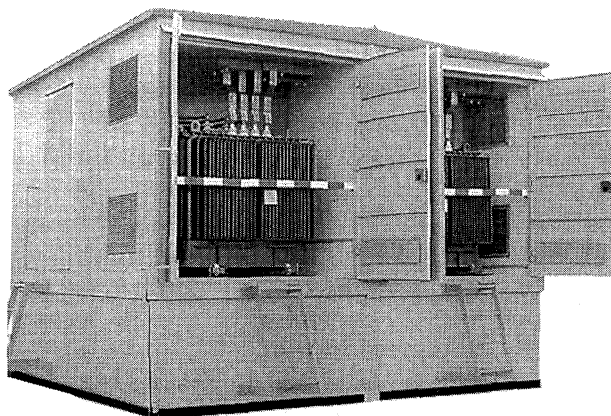


Рис. 4.3.23. Общий вид двухтрансформаторной БКТПБ мощностью 2 × 1000 кВ·А

##### Условия эксплуатации БКТПБ:

- температура окружающего воздуха от минус 60 до плюс 40 °С;
- относительная влажность наружного воздуха до 100 %;
- высота над уровнем моря не более 1000 м;
- окружающая среда невзрывоопасная, не содержащая токопроводящей пыли, агрессивных газов и паров в концентрациях, при которых разрушаются материалы и изоляция, окружающая среда — I и II по ГОСТ 15543.1 и ГОСТ 15150—69.

Бетонная оболочка соответствует требованиям ГОСТ 13015 и относится ко второму уровню ответственности и второму уровню огнестойкости по ГОСТ 12.1.004—91. Марка бетона по морозостойкости — F-50.

Подстанция может быть проходной или тупиковой, внутреннего или наружного обслуживания, с кабельным или воздушным вводом.

КТП *наружного обслуживания* имеет три отсека: отсек силового трансформатора, отсек РУВН и отсек РУНН (рис. 4.3.24, а), которые отделены друг от друга огнестойкими перегородками.

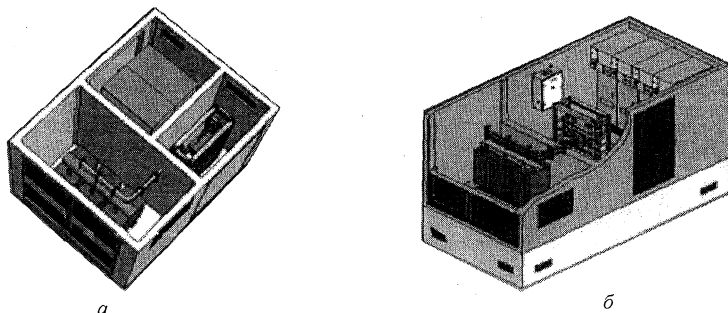


Рис. 4.3.24. БКТПБ наружного (а) и внутреннего (б) обслуживания

КТП *внутреннего обслуживания* разделена на два отсека: отсек силового трансформатора и общий отсек РУВН, РУНН (отсек РУ), разделенные огнестойкой перегородкой (рис. 4.3.24, б).

На подстанции могут быть установлены герметичные масляные или сухие трансформаторы.

**Распределительное устройство высокого напряжения** подстанции может выполняться с камерами КСО «Аврора» или элегазовыми моноблоками «Ладога». В качестве основных коммутационных аппаратов высокого напряжения могут быть использованы выключатели нагрузки или вакуумные выключатели с цифровой релейной защитой.

По желанию заказчика в РУВН возможна установка КРУ серий:

- RM6 компании Schneider Electric;
- 8DJ10 и 8DJ20 фирмы Siemens;
- другое аналогичное оборудование.

**Распределительное устройство низкого напряжения** может комплектоваться стойками с комбинациями разъединитель-предохранитель или панелями «Нева» с автоматическими выключателями.

РУВН с камерами КСО «Аврора» и моноблоками «Ладога», РУНН, выполненное с панелями «Нева», представлены на рис. 4.3.25—4.3.27.

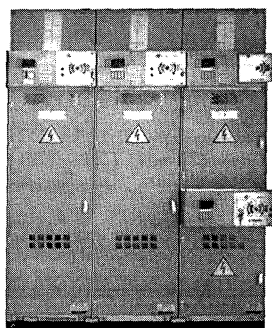


Рис. 4.3.25. РУВН в БКТПБ на ячейках КСО «Аврора»

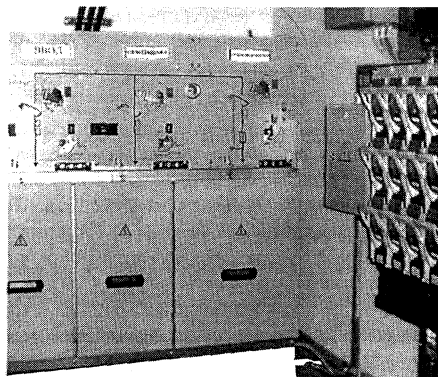


Рис. 4.3.26. РУВН в БКТПБ на моноблоках

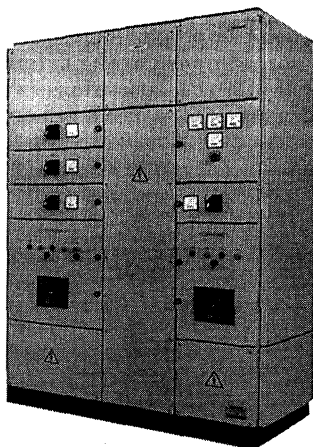


Рис. 4.3.27. РУНН в БКТПБ на панелях «Нева» с автоматическими выключателями

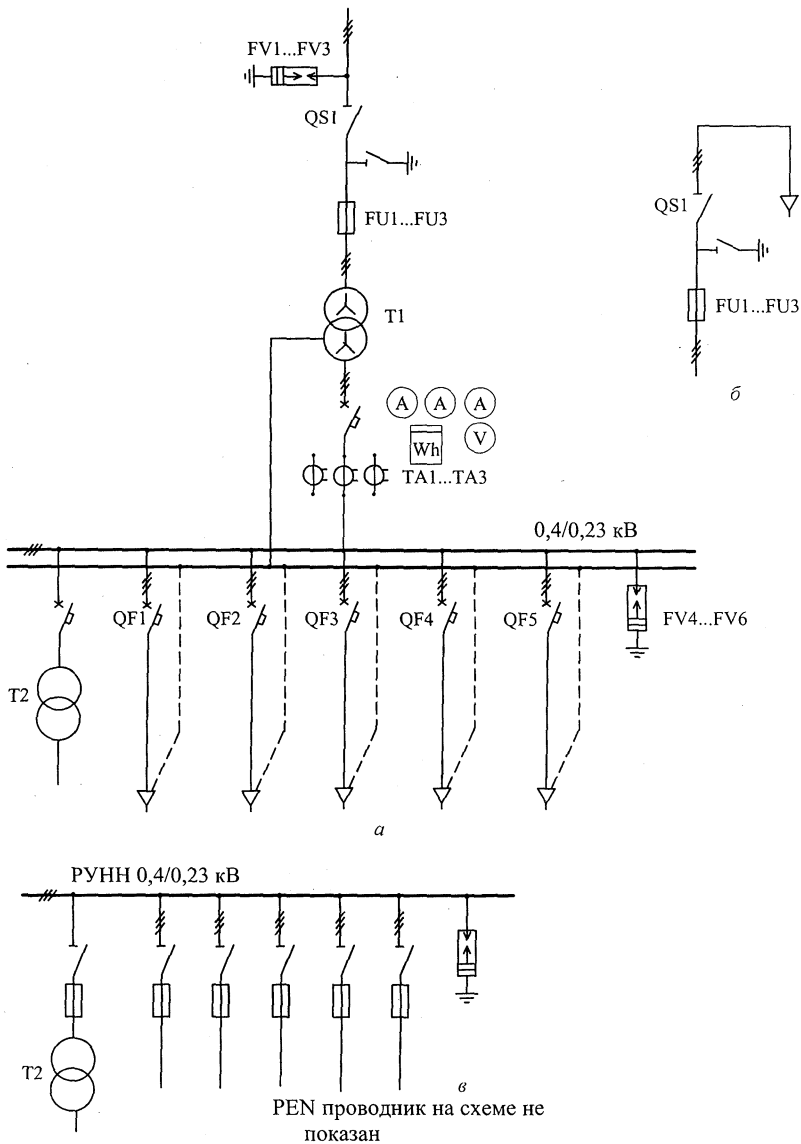
Подключение КТП к воздушным линиям 6(10) кВ и 0,4 кВ осуществляется кабелем. Надежный и герметичный ввод в стены оболочки обеспечивают кабельные уплотнения. Соединение РУВН с трансформатором выполнено одножильными кабелями с негорючей изоляцией. Такими же кабелями или шинами выполняется соединение РУНН с силовым трансформатором. Шины, соединяющие РУНН с силовым трансформатором, проходят через перегородку между отсеками. В местах прохода они закрепляются с помощью герметичных огнестойких шинных уплотнений. Двери, решетки и замки подстанции имеют влагозащищенное исполнение.

Кабели внешнего подключения поставляются в комплекте с КТП вместе с двумя металлическими кабельными лотками-мостиками к опорам воздушных линий 10(6) кВ и 0,4 кВ и с трехфазным комплектом опорных изоляторов для крепления на концевой опоре ВЛ — 10(6) кВ.

#### 4.3.5. Комплектные трансформаторные подстанции 10(6) кВ наружного типа

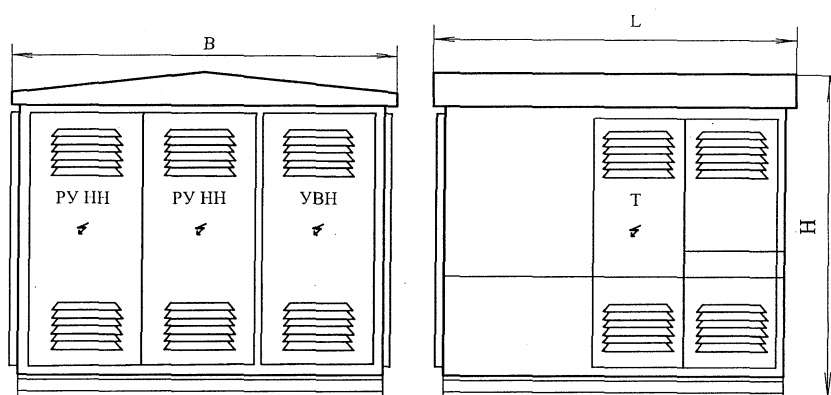
КТП наружного типа (наружной установки) в металлическом контейнере предназначены для электроснабжения промышленных, городских и других объектов. Подстанции изготовлены на основе сварных конструкций из металлических листов и профилей, выпускаются с одним и двумя трансформаторами мощностью от 63 до 630 кВ·А.

Со стороны ВН предусматривается проходная и тупиковая схема. В подстанциях с проходной схемой на стороне ВН могут устанавливаться камеры КСО 300 серии, на стороне НН — панели ЩО-70 (по типу городских КТП). Основные технические характеристики КТП наружного типа приведены в табл. 4.3.19. Схемы и габаритный чертеж КТП-630-10/0,4-02-У1 ЗАО ПО «ИЗНУ» показаны на рис. 4.3.28, 4.3.29.



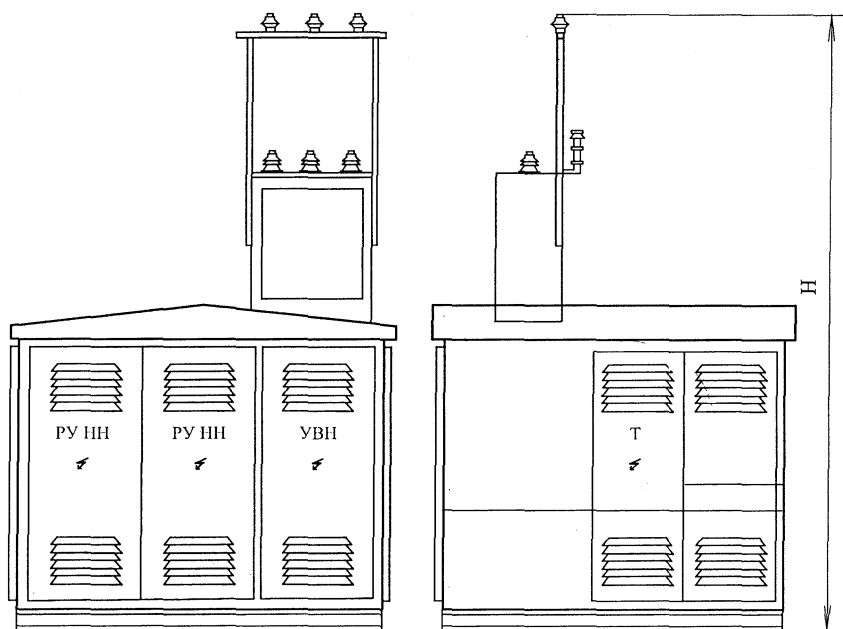
**Рис. 4.3.28.** Однолинейная электрическая принципиальная схема КТП-630/10/0,4-02-У1 наружного типа производства Иркутского завода низковольтных устройств: *а* — с воздушным вводом; *б* — схема УВН с кабельным вводом; *в* — схема РУНН с рубильниками типа РПС; FU1—FU3 — предохранитель; FV1—FV6 — разрядник; Q1 — рубильник; QS1 — разъединитель; QF1—QF5 — автоматический выключатель; T1 — силовой трансформатор; T2 — трансформатор собственных нужд; TA1—TA3 — трансформатор тока





Размер	КТП-630/10(6)	КТП-400/10(6)	КТП-250/10(6)
L	2550	2550	2550
H	2380	2300	2000
B	2800	2800	2300

а



б

Рис. 4.3.29. Габаритные и установочные размеры КТП-630/10/0,4-02-У1 наружного типа Иркутского завода низковольтных устройств: а — с кабельным вводом; б — с воздушным вводом

Таблица 4.3.19. Технические характеристики КТП наружного типа

Параметр	КТПН-10/0,4; КТПНУ-10/0,4	КТП-М	КТПН
Производитель	Фирма «Альстом»	ЗАО ПО «ИЗНУ»	ОАО «Самарский завод «Электроцит»
Мощность силового трансформатора, кВ·А	Однотрансформаторные: 63; 100; 160; 250; 400; 630 Двухтрансформаторные: 250; 400; 630	63; 100; 160; 250; 400; 630	100; 160; 250; 400; 630
Климатическое исполнение	У1	УХЛ1	У1
Номинальное напряжение, кВ: на стороне ВН на стороне НН	6; 10 0,4		
Схема на стороне ВН	Проходная	Тупиковая	Проходная
Ток термической стойкости, кА: на стороне ВН на стороне НН	20; 25 50	16; 20 10; 20	20 10; 20
Время протекания, с	0,5	0,5	3
Ток электродинамической стойкости, кА: на стороне ВН на стороне НН	25; 50 25; 50	16; 20 25; 50	51 25; 50
Исполнение ввода ВН	Воздушный, кабельный		Воздушный
Исполнение отходящих линий	Воздушные, кабельные		Кабельные
Тип шкафов РУВН	КСО-366; КСО-366М; КСО-392	Отсек УВН	Отсек УВН
Тип шкафов РУНН	ЩО-70-3М	Отсек РУНН	Отсек РУНН
Число отходящих линий, не более	По заказу	5	12
Габаритные размеры, мм	Н. д.	Н. д. <sup>1</sup>	2600 × 3000 × 4500

#### 4.3.6. Комплектные трансформаторные подстанции 10(6) кВ типа «киоск», универсальные, мачтовые, шкафные

КТП типа «киоск», универсальные, мачтовые и шкафные выпускаются с одним трансформатором с номинальным напряжением на стороне ВН 10 или 6 кВ, номинальным напряжением на стороне НН — 0,4 кВ. Мощность силового трансформатора:

- от 25 до 630 кВ·А — для подстанций типа «киоск»;
- от 25 до 250 кВ·А — для подстанций универсального и шкафного типа;
- от 25 до 63 кВ·А — для мачтовых подстанций.

Комплектные трансформаторные подстанции 10(6) кВ киоскового типа, универсальные и мачтовые выпускаются предприятием ОАО «Самарский завод «Электроцит» для наружной установки климатического исполнения У1 и УХЛ1. Технические характеристики КТП и электрических аппаратов, применяемых в КТП, приведены в табл. 4.3.20—4.3.22.

<sup>1</sup> Н. д. — нет данных здесь и далее.

Таблица 4.3.20. Технические характеристики КТП

Параметр	КТПК	КТПУ	КТПМ
Номинальное напряжение, кВ: на стороне ВН на стороне НН		6; 10 0,4	
Наибольшее рабочее напряжение, кВ		7,2; 12	
Мощность силового трансформатора, кВ·А	100; 160; 250; 400	25; 40; 63; 100; 160; 250	25; 40; 63
Номинальный ток предохранителя, А: 6 кВ 10 кВ	20; 40; 80 16; 20; 31,5; 40	8; 10; 16; 20; 31,5 5; 8; 10; 16; 20	8; 10; 16 5; 8; 10

Таблица 4.3.21. Технические характеристики электрических аппаратов КТП

Тип подстанции	Ввод на стороне ВН	Ввод на стороне НН	Тип аппаратов отходящих линий
КТПК-630	РЛНД (воздушный и кабельный вводы), ВНП-М-10/630 ПКЭ-108-6, ПКЭ-108-10	Рубильник РЕ19-41	ВА-57-35 или ВА-04-36 ( $I_H = 250$ А); ВА-51-39 ( $I_H = 630$ А)
КТПК-400	РЛНД (воздушный и кабельный вводы) ПКЭ-101, ПКЭ-102	ВА51-39 ( $I_H = 630$ А)	
КТПК-100-250		Рубильник ВР-32-37А	ВА-57-35 или ВА-04-36 ( $I_H = 250$ А)
КТПУ-100-250	РЛНД, ПКЭ-101, ПКЭ-102	Рубильник ВР-32-37А	ВА-57-35 или ВА-04-36 ( $I_H = 250$ А)
КТПУ-25-63	РЛНД, ПКЭ-101, ПКЭ-102	Рубильник ВР-32-37А	АП50БМ2 ( $I_H = 63$ А)
КТПМ-25-63			

Примечание. Автоматические выключатели имеют стационарное исполнение.

Таблица 4.3.22. Число отходящих линий 0,4 кВ и номинальные токи автоматических выключателей

Тип ввода-вывода	КТПК с мощностью трансформатора, кВ·А				
	100	160	250	400	630**
ВК	4 50; 2 × 100; 63*	5 50; 100; 160; 250; 63*	5 50; 160; 160; 250; 63*	5 50; 160; 250; 400; 63*	10 2 × 80; 2 × 100; 2 × 160; 2 × 250; 2 × 400
КК	3 50; 80; 100	3 50; 80; 100	4 80; 160; 100; 250	5 3 × 100; 2 × 250	
ВВ		3 80; 160; 100			
	КТПУ с мощностью трансформатора, кВ·А				
	100		160		250
ВК, ВВ	3 50; 80; 100		3 80; 100; 160		4 80; 100; 160; 250
	КТПМ с мощностью трансформатора, кВ·А				
	25		40		63
ВК ВВ	2 25; 25		2 25; 50		3 40; 40; 63

Примечание. ВК — воздушный ввод 10(6) кВ, кабельный вывод 0,4 кВ; КК — кабельный ввод 10(6) кВ, кабельный вывод 0,4 кВ; ВВ — воздушный ввод 10(6) кВ, воздушный вывод 0,4 кВ.

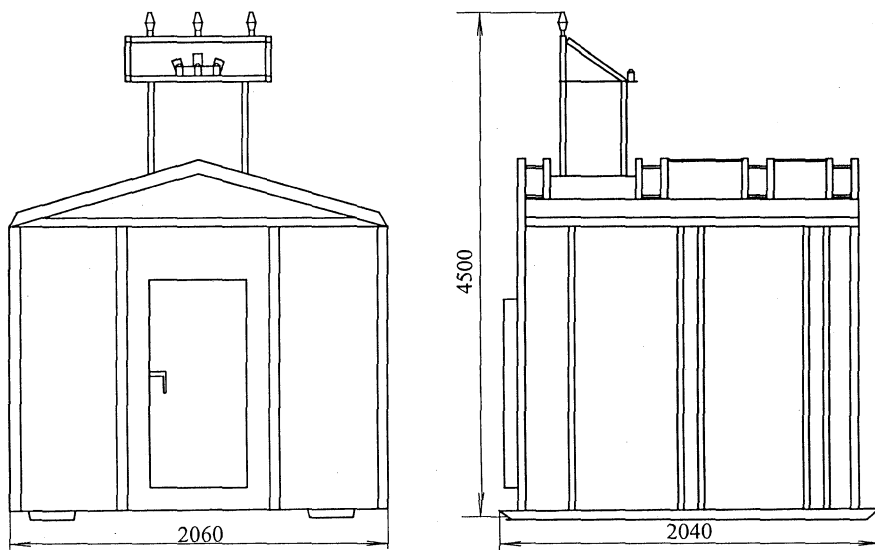
\* Фидер (розетка) для подключения внешних потребителей.

\*\* Максимальное число линий для КТПК-630 — 14 шт., из них 4 шт. с токами 250—630 А и 10 шт. с токами 16—250 А, или все 14 шт. с токами 16—250 А.

### Конструкция подстанций

Подстанция типа «киоск» состоит из отсека УВН, отсека силового трансформатора, отсека РУНН, высоковольтного ввода, разъединителя, основания. УВН и силовой трансформатор заключены в металлический корпус. Общий вид и габаритные размеры КТПК приведены на рис. 4.3.30.

КТПК мощностью 100, 160, 250, 400 кВ·А



КТПК мощностью 630 кВ·А

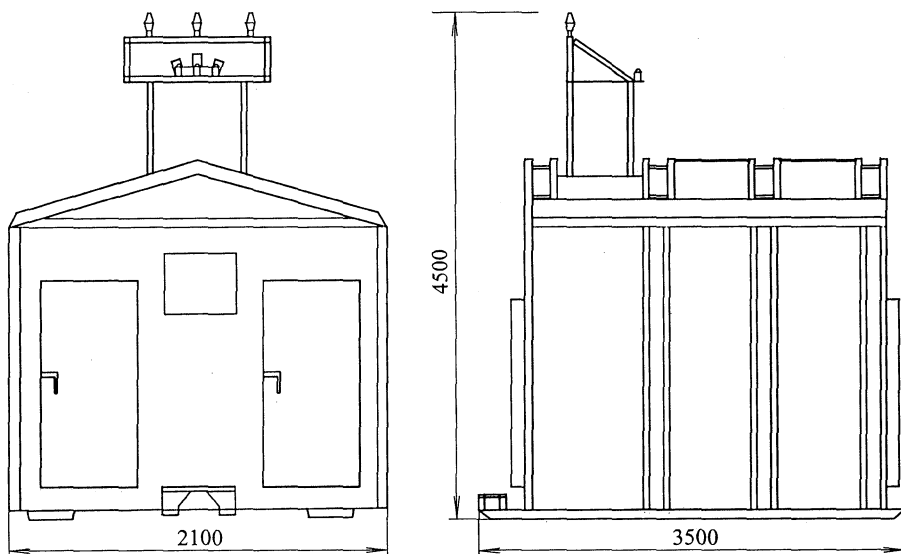


Рис. 4.3.30. Общий вид и габаритные размеры КТПК типа «киоск» производства «Самарского завода «Электрощит»

Подстанция универсальная состоит из УВН, силового трансформатора, РУНН, разъединителя 10(6) кВ. УВН представляет собой металлический портал с приемными высоковольтными изоляторами, предохранителями и разрядниками. УВН и силовой трансформатор размещены в пространственной металлической конструкции, состоящей из траверс, боковин и площадки. Площадка является несущей конструкцией для силового трансформатора. Подъем на площадку осуществляется с помощью лестницы. Шкаф РУНН крепится к боковине металлоконструкции.

Подстанция мачтовая устанавливается на несущей конструкции, которая состоит из двух стоек: стойки железобетонной СВ-105-3,6 опоры воздушной линии 10(6) кВ и стойки типа УСО-1А, соединенных между собой конструкцией из стальных уголков. Кронштейны с оборудованием УВН монтируются на опоре ВЛ 10(6) кВ, силовой трансформатор — на стойке УСО-1А, РУНН — на металлоконструкции, связывающей опору со стойкой.

**Схемы электрических соединений подстанций.** Присоединение подстанций к воздушной линии 10(6) кВ осуществляется через трехполюсный разъединитель с одним заземляющим ножом и приводом. В подстанциях типа КТПК и КТПМ разъединитель с приводом монтируется на опоре воздушной линии 10(6) кВ, в КТПУ установка разъединителя имеет два варианта: на опоре воздушной линии 10(6) кВ и непосредственно на металлоконструкции подстанции. При воздушном вводе 10(6) после разъединителя устанавливаются разрядники или ограничители перенапряжений. При воздушном выводе 0,4 кВ разрядники (ограничители перенапряжений) устанавливаются после рубильника (КТПК 100—400 кВ·А) или на сборные шины (КТПК 630 кВА, КТПУ 25—250 кВ·А). При кабельном вводе, выводе разрядники в схеме не предусматриваются. Перечень оборудования для КТП приведен в табл. 4.3.23. Пример принципиальной однолинейной схемы КТПК (ВК) 400 приведен на рис. 4.3.31, принципиальные схемы других подстанций легко составить, используя данные табл. 4.3.23.

Таблица 4.3.23. Оборудование, устанавливаемое в УВН и РУНН подстанций

Мощность кВ·А	10(6) кВ					0,4 кВ							
	Р	П	ВН	РЗ	ЗР	РВ	АВ	ТТВ	ФР	АОЛ	РЗ СШ	РЗВ	С
КТПК													
100—250 (ВК)	+	+	-	+	+	+	-	+	+	+	-	-	+
100—250 (ВВ)	+	+	-	+	+	+	-	+	-	+	-	-	+
100—250 (КК)	+	+	-	-	+	+	-	+	-	+	+	-	+
400 (ВК)	+	+	-	+	+	-	+	+	+	+	-	-	+
400 (КК)	+	+	-	-	+	-	+	+	-	+	-	-	+
400 (ВВ)	+	+	-	+	+	-	+	+	-	+	-	+	+

Окончание табл. 4.3.23

Мощность кВ·А	10(6) кВ					0,4 кВ							
	Р	П	ВН	РЗ	ЗР	РВ	АВ	ТТВ	ФР	АОЛ	РЗ СШ	РЗВ	С
630 (ВК)	+	+	+	+	+	+	-	+	-	+	-	-	+
630 (КК)	+	+	+	+	+	+	-	+	-	+	-	-	+
630 (ВВ)	+	+	+	-	+	+	-	+	-	+	+	-	+
КТПУ, КТПМ													
25—250 (ВК)	+	+	-	+	+	+	-	-	-	+	-	-	-
25—250 (ВВ)	+	+	-	+	+	+	-	-	-	+	+	-	-

Примечание. В таблице использованы следующие сокращения: Р — разъединитель; П — плавкий предохранитель; ВН — выключатель нагрузки; РЗ — разрядник; ЗР — заземляющий разъединитель; РВ — рубильник на вводе; АВ — автоматический выключатель на вводе; ТТВ — трансформаторы тока в трех фазах, установленные после рубильника; ФР — фидер розетки; АОЛ — автоматы отходящих линий; РЗ СШ — разрядники на сборных шинах; РЗВ — разрядники на вводе (после РВ); С — счетчик активной энергии.

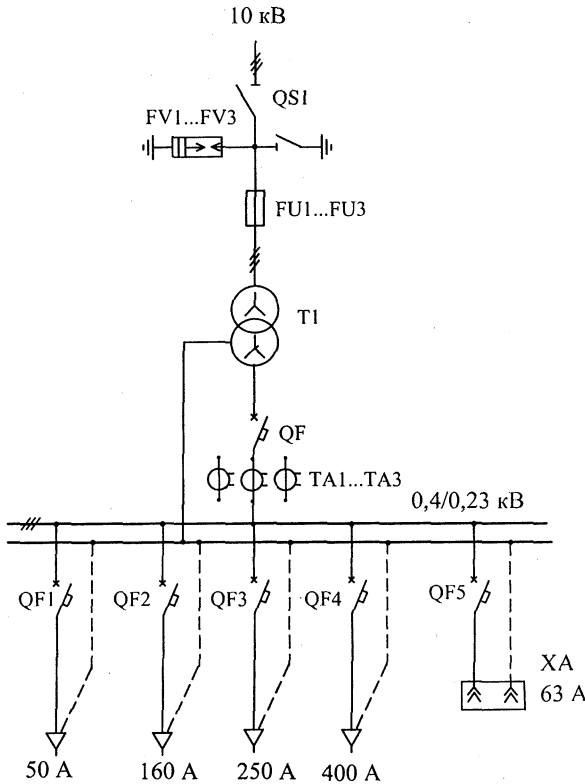


Рис. 4.3.31. Однолинейная электрическая принципиальная схема КТПК (ВК)-400/10/0,4-91-V1 производства Самарского завода «Электроштит»: FU1—FU3 — предохранитель; FV1—FV3 — разрядник; QF — автоматический выключатель; QS1 — разъединитель; QF1—QF5 — автоматический выключатель; T1 — силовой трансформатор; TA1—TA3 — трансформатор тока

**Комплектная трансформаторная подстанция типа «киоск» мощностью 400 кВ·А** Минского электротехнического завода наружной установки климатического исполнения У1 предназначена для электроснабжения промышленных объектов и отдельных населенных пунктов в районах с умеренным климатом. Основные технические характеристики КТП приведены в табл. 4.3.24.

Таблица 4.3.24. Технические характеристики КТП-400

Параметр	Значение
Номинальное напряжение, кВ: на стороне ВН на стороне НН	10 0,4
Номинальная мощность силового трансформатора, кВ·А	400
Тип трансформатора	ТМГ-400/10-У1
Схема и группа соединения обмоток трансформатора	Y/Y <sub>Н</sub> -0 или D/Y <sub>Н</sub> -11
Номинальный ток трансформатора на стороне ВН, А, при напряжении: 6 кВ 10 кВ	38,5 23,1
Номинальный ток плавкой вставки предохранителя на стороне ВН, А, при напряжении: 6 кВ 10 кВ	80 50
Номинальный ток трансформатора на стороне НН, А	577,4
Номинальные токи отходящих линий, А: № 1 № 2 № 3 № 4 № 5 освещения	400 200 160 100 100 16
Уровень изоляции по ГОСТ 1516.1—76	Нормальная
Исполнение ввода 10(6) кВ	Воздушный
Исполнение выводов отходящих линий 0,4 кВ	Кабельные

Принципиальная электрическая схема, габаритные и установочные размеры КТП-400 приведены на рис. 4.3.32, 4.3.33. Подстанция состоит из шкафа УВН, шкафа с трансформатором; шкафа РУНН. Шкафы УВН и РУНН выполняются бескаркасными из тонколистовой стали. Шкаф трансформатора и шкаф РУНН устанавливаются на салазках, шкаф УВН — на крыше шкафа трансформатора (см. рис. 4.3.33).

В шкафу трансформатора установлены: силовой трансформатор с естественным масляным охлаждением и высоковольтные предохранители. Предусмотрена откидывающаяся рама, предназначенная для закатывания и выкатывания трансформатора.

Шкаф РУНН выполнен с двухсторонним обслуживанием, состоит из ячеек, разделенных перегородками. На отходящих линиях 0,4 кВ установлены автоматические выключатели выдвижного исполнения с

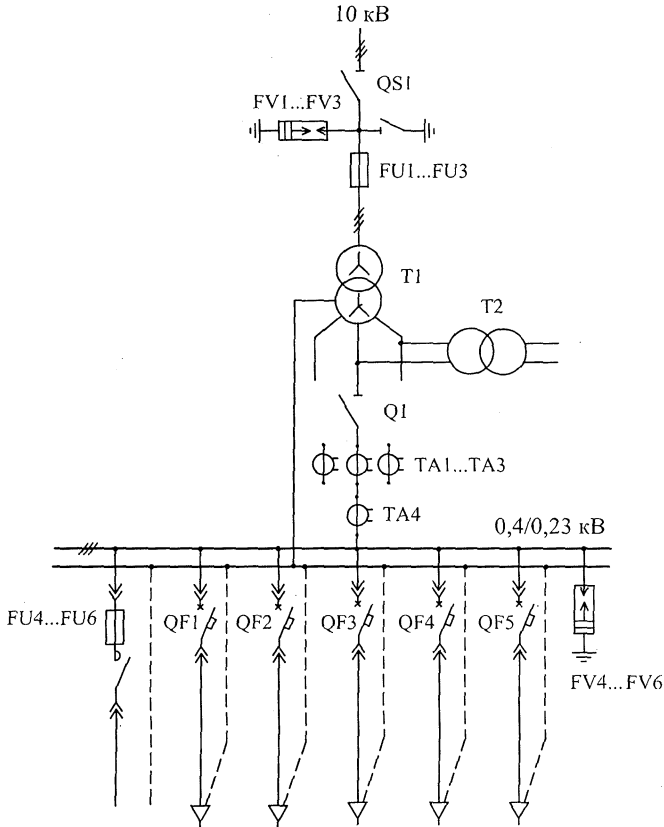


Рис. 4.3.32. Однолинейная электрическая принципиальная схема КТП-400/10/0,4-91-У1 типа «киоск» производства Минского электротехнического завода: FU1—FU6 — предохранитель; FV1—FV6 — разрядник; KM1 — пускатель магнитный; Q1 — рубильник; QS1 — разъединитель; QF1—QF5 — автоматический выдвижной выключатель; T1 — силовой трансформатор; T2 — трансформатор собственных нужд; TA1—TA4 — трансформатор тока

комбинированными расцепителями максимального тока и ручным дистанционным приводом. На выдвижных блоках размещена аппаратура цепей освещения и защиты от перегрузки силового трансформатора. На боковой наружной стенке шкафа РУНН установлен фотодатчик. В шкафах РУНН и трансформатора предусмотрено внутреннее освещение на напряжение не более 42 В от трансформатора собственных нужд.

Для силового трансформатора предусмотрена защита от междуфазных коротких замыканий, выполняемая плавкими предохранителями, и защита от перегрузки, выполняемая токовым реле, установленным на вводе 0,4 кВ. При срабатывании реле отключаются линии № 2 и № 3, остальные линии остаются в работе. Для линии наружного освещения 0,4 кВ предусмотрено ручное и автоматическое (с помощью фотореле) управление. На КТП предусмотрена установка следующих приборов: счетчика активной энергии; вольтметра — для контроля напряжения на сборных шинах и амперметра — для измерения тока на вводе 0,4 кВ.



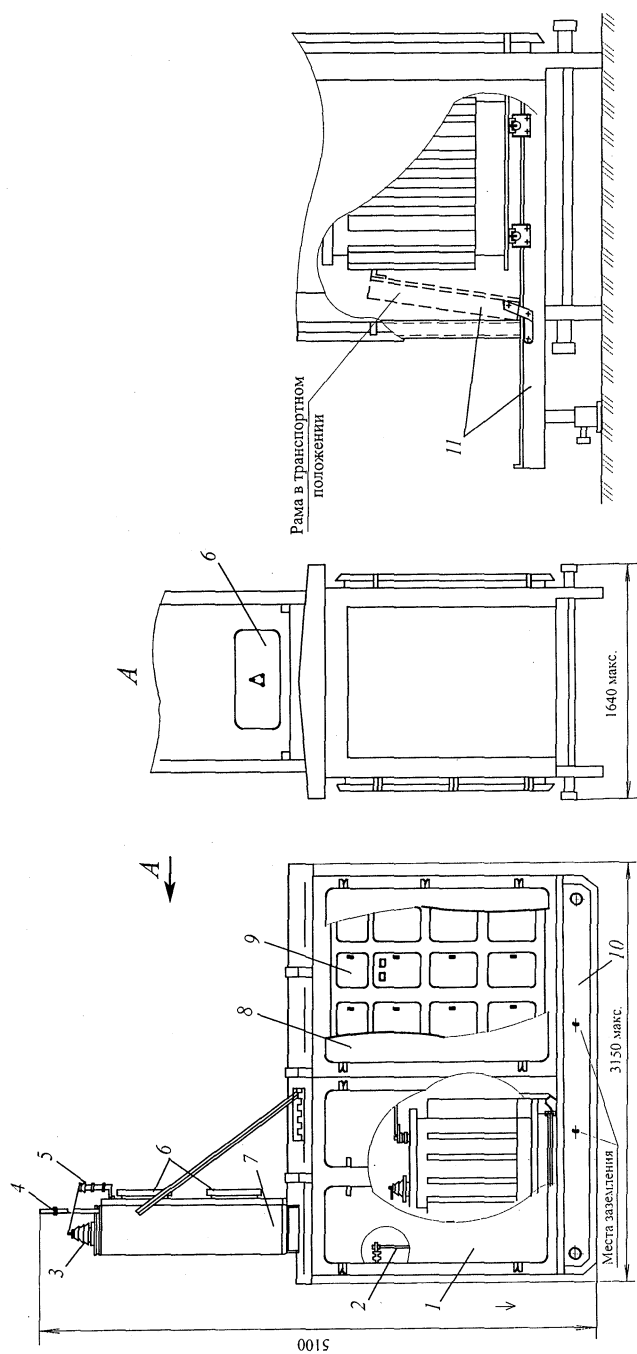


Рис. 4.3.33. Габаритные и установочные размеры КТП типа «киоск» производства Минского электротехнического завода: 1 — шкаф трансформатора; 2 — высоковольтный предохранитель; 3 — проходной изолятор; 4 — проходной изолятор; 5 — приемная траверса; 6 — съемная панель; 7 — шкаф ввода; 8 — шкаф РУНН; 9 — ячейка РУНН; 10 — салазки; 11 — рама для закатывания и выкатывания трансформатора

**Комплектные трансформаторные подстанции КТП 25...250/10/0,4 шкафного типа** предназначены для электроснабжения сельскохозяйственных потребителей и небольших промышленных объектов, относящихся к третьей категории электроснабжения. Подстанции выпускаются с силовыми трансформаторами мощностью от 25 до 250 кВ·А и состоят из: силового трансформатора, устанавливаемого открыто на раме; шкафов УВН и РУНН; кожуха для защиты изоляторов силового трансформатора от механических повреждений и случайного прикосновения к токоведущим частям.

КТП выполняется с воздушным вводом. Шкаф УВН с высоковольтным предохранителем типа ПКТ-101-10 или ПКТ-102-10 устанавливается на высоте 3—4 м над поверхностью земли, что создает определенные неудобства при замене и осмотре предохранителей. Это является существенным недостатком таких подстанций. В шкафу РУНН установлены низковольтные коммутационные аппараты, а также аппараты защиты и учета:

- трансформаторы тока;
- счетчик активной энергии (установлен на вводе 0,4 кВ в КТП мощностью 160—250 кВ·А или на линии наружного освещения — в КТП мощностью 25—100 кВ·А);
- токовые реле (установлены в PEN проводнике на отходящих воздушных линиях);
- фотореле и др.

Основные технические характеристики КТП приведены в табл. 4.3.25, принципиальные схемы подстанций мощностью 25—100 кВ·А и 160—250 кВ·А представлены на рис. 4.3.34, а и 4.3.34, б, габаритный чертеж — на рис. 4.3.35.

Таблица 4.3.25. Технические характеристики КТП-25...250/10/0,4-У1

Типоисполнение КТП	Номинальный ток на стороне ВН				Трансформатор	Номинальный ток на стороне 0,4 кВ				
	Трансформатор при напряжении, кВ		Плавкая вставка предохранителя при напряжении, кВ			Линии				
	6	10	6	10		№ 1	№ 2	№ 3	№ 4	Наружное освещение
КТП-25/10/0,4-У1	2,4	1,44	8	5	36,1	31,5	31,5	—	—	16
КТП-40/10/0,4-У1	3,85	2,31	10	8	57,7	31,5	63	—	—	16
КТП-63/10/0,4-У1	6,06	3,64	16	10	91	40	63	40	—	16
КТП-100/10/0,4-У1	9,62	5,77	20	16	144,3	40	100	80	—	16
КТП-160/10/0,4-У1	15,4	9,25	31,5	20	231	80	160	100	—	16
КТП-250/10/0,4-У1	—	14,45	—	31,5	361	80	160	100	250	16

*Примечание.* Масса КТП (без трансформатора) мощностью 25—160 кВ·А — не более 350 кг, масса КТП мощностью 250 кВ·А — не более 400 кг.

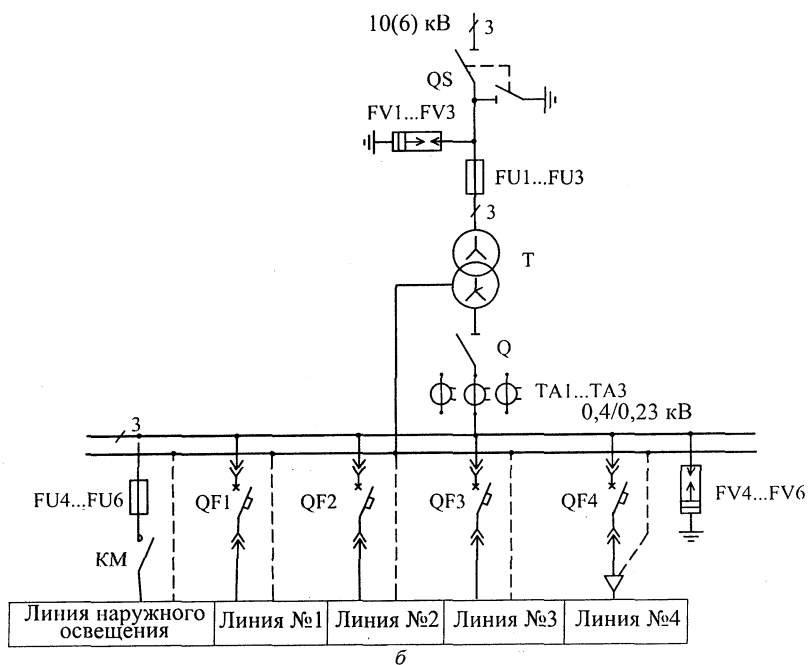
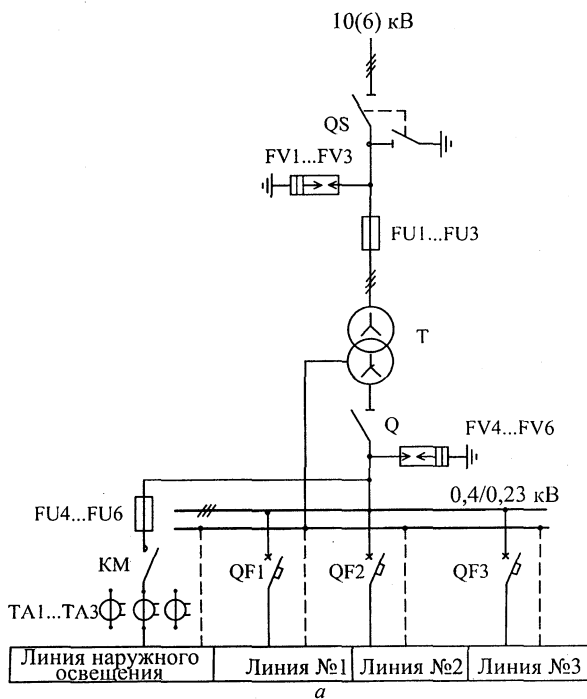


Рис. 4.3.34. Однолинейная электрическая принципиальная схема КТП шкафного типа: *a* — КТП-25—100/10/0,4У1; *б* — КТП-160—250/10/0,4У1; FU1—FU6 — предохранитель; FV1—FV6 — разрядник; Q — рубильник; QS — разъединитель; QF1—QF4 — автоматический выключатель; Т — силовой трансформатор; КМ — магнитный пускатель; ТА1—ТА3 — трансформатор тока

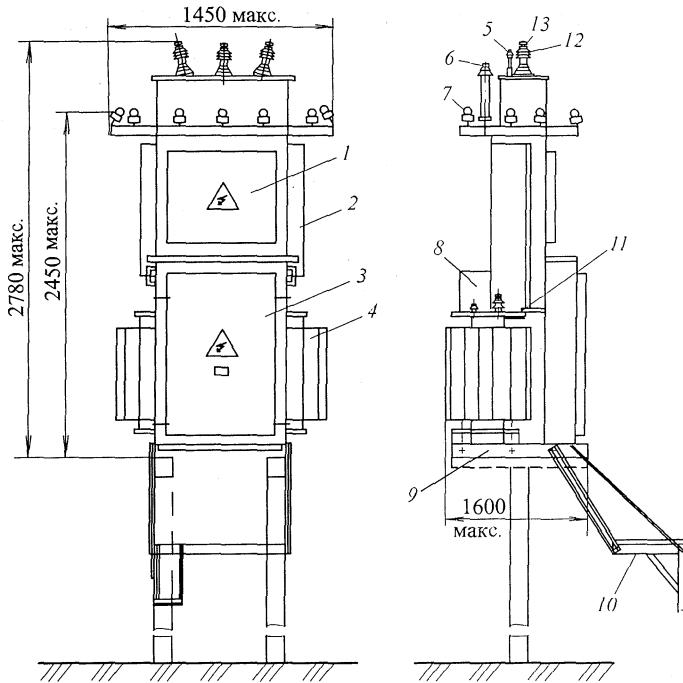


Рис. 4.3.35. Габаритные и установочные размеры КТП-25—250/10/0,4-У1 шкафного типа:  
 1 — шкаф УВН; 2 — короб; 3 — шкаф РУНН; 4 — силовой трансформатор; 5 — штыревой высоковольтный изолятор; 6 — высоковольтный разрядник; 7 — штыревой высоковольтный изолятор; 8 — кожух трансформатора; 9 — площадка для установки силового трансформатора и РУНН; 10 — площадка для обслуживания; 11 — лист; 12 — проходной изолятор; 13 — скобы-зажимы

## **5. КОМПЛЕКТНЫЕ РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫЕ УСТРОЙСТВА С ЭЛЕГАЗОВОЙ ИЗОЛЯЦИЕЙ НАПРЯЖЕНИЕМ 110 кВ И ВЫШЕ**

---

---

Применение комплектных распределительных устройств с элегазовой изоляцией (КРУЭ) позволяет значительно уменьшить площади и объемы, занимаемые распределительным устройством и обеспечить возможность более легкого расширения КРУЭ по сравнению с традиционными РУ. К другим преимуществам КРУЭ можно отнести:

- многофункциональность — в одном корпусе совмещены сборные шины, выключатель, разъединители с заземляющими разъединителями, трансформаторы тока, что существенно уменьшает размеры и повышает надежность ОРУ;
- взрыво- и пожаробезопасность;
- высокая надежность и стойкость к воздействию внешней среды;
- возможность установки в сейсмически активных районах и зонах с повышенной загрязненностью;
- отсутствие электрических и магнитных полей;
- безопасность и удобство эксплуатации, простота монтажа и демонтажа.

Ячейки КРУЭ выполняются, как правило, в трехфазном исполнении и состоят из отдельных элементов, заключенных в герметичную металлическую оболочку цилиндрической или шаровой формы, заполненной элегазом или смесью азота с элегазом. Для сочленения между собой оболочки элементов имеют фланцы и патрубки, контакты и уплотнения.

Ячейки КРУЭ, отдельные модули и элементы допускают возможность компоновки распределительных устройств 110 кВ по любым схемам, рассмотренным в разделе 3. В зависимости от применяемой схемы распределительное устройство может состоять из одной и более ячеек.

**КРУЭ производства АО «Энергомехзавод»** (г. Санкт-Петербург) на напряжения 110—500 кВ. В зависимости от схемы заполнения КРУЭ представляет собой комплекс ряда аппаратов (ячеек, отдельных модулей и изделий, необходимых для подсоединения воздушных и кабельных линий). Ячейки и модули состоят из отдельных элементов, заключенных в герметичную металлическую оболочку цилиндрической или шаровой формы, заполненной элегазом.

По функциональному назначению ячейки КРУЭ могут быть линейные, шиносоединительные, трансформаторов напряжения и секционные, с одной или двумя системами сборных шин. Ячейки, отдельные модули и элементы допускают возможность компоновки КРУЭ по различным электрическим схемам. Ячейки состоят из трех полюсов, шкафов и сборных шин. В шкафах размещена аппаратура цепей сигнализации, блокировки, дистанционного электрического управления, контроля давления элегаза и подачи его в ячейку, питания приводов сжатым воздухом.

Ячейки на номинальное напряжение 110—220 кВ имеют трехполюсное или пополюсное управление, а ячейки на 500 кВ — только пополюсное управление.

В полюс ячейки входят:

- коммутационные аппараты: выключатели, разъединители, заземлители;
- измерительные трансформаторы тока и напряжения;
- соединительные элементы: сборные шины, кабельные вводы («масло—элегаз»), проходные вводы («воздух—элегаз»), элегазовые токопроводы и др.

Различные элементы ячеек по конструкции, условиям эксплуатации, монтажу, ремонту газовой схемы могут быть объединены в отсеки, а по условиям транспортировки — в транспортные блоки. Ячейки или их транспортные блоки заполнены элегазом или азотом при небольшом избыточном давлении.

КРУЭ снабжаются вспомогательным оборудованием и приспособлениями, обеспечивающими их нормальное обслуживание. Технические характеристики КРУЭ напряжением 110—220 кВ приведены в табл. 5.1.1. Общий вид комплектного распределительного устройства приведен на рис. 5.1.1.

**Элегазовые ячейки PASS MO** компании ABB T&D имеют модульную конструкцию, компактны и позволяют объединить в одном модуле силовой выключатель, один или несколько разъединителей и заземлителей, трансформаторы тока, вводы, подсоединяемые к одной или двум системам сборных шин.

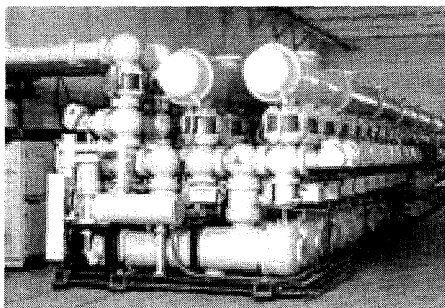


Рис. 5.1.1. КРУЭ на 110 кВ производства АО «Энергомеханический завод» на подстанции Ленэнерго

Таблица 5.1.1. Технические характеристики КРУЭ производства АО «Энергомехзавод»

Параметр	Ячейки		
	ЯГК-110Л23	ЯЭГ-220Л1	ЯЭГ-220ЛО
Номинальное напряжение, кВ	110	220	
Вид и тип привода выключателя	Гидропривод		
Число приводов	1	3	
Номинальный ток, А: сборных шин отводов	3150 2000		
Номинальный ток отключения, кА	40	40—50	50
Число дугогасительных разрывов	1	2	
Климатическое исполнение	УХЛ4		
Утечка элегаза в год, по массе, %, не более	1		
Ток электродинамической стойкости, кА	102	128	
Трехсекундный ток термической стойкости, кА	40	50	
Собственное время отключения, с	0,03±0,005		
Полное время отключения, с, не более	0,05±0,005	0,055±0,005	
Собственное время включения, с	0,07±0,01	0,1	
Механический ресурс, циклов	5000	3000	
Срок службы, лет: до среднего ремонта до капитального ремонта	15 30	15 30	
Дугогасительная среда	SF6		
Давление заполнения элегаза выключателя/других элементов, избыточное, МПа	0,45/0,3	0,6/0,38	
Масса газа, кг	100	700	750
Мощность подогрева шкафа и привода, кг	0,2	0,4	
Ток потребления на зажимах ЭО и ЭВ при номинальном напряжении 220 В, А	2,3		
Масса с приводом, кг	5500	10 710	14 100
Габаритные размеры, мм: ширина глубина высота	1500 3900 2300	4330 4550 5530	4000 10 840 4900

Ячейка PASS MO содержат все оборудование, необходимое для функционирования высоковольтного распределительного устройства наружной установки и позволяет реализовать любые схемы соедине-

ния и выполнить любую компоновку подстанции. Если для управления ячейкой PASS MO используется электронный блок, то дополнительно может быть реализована функция измерения высокого напряжения. Все элементы ячейки, находящиеся под напряжением, заключены в заземляемый алюминиевый корпус, заполненный элегазом или смесью элегаза с азотом. Элементы каждой фазы находятся в отдельном корпусе.

Внешний вид ячейки PASS MO с двойной системой сборных шин и схемы ячейки стандартной конфигурации с одной и двумя системами сборных шин представлены на рис. 5.1.2, 5.1.3. На подстанциях, соб-

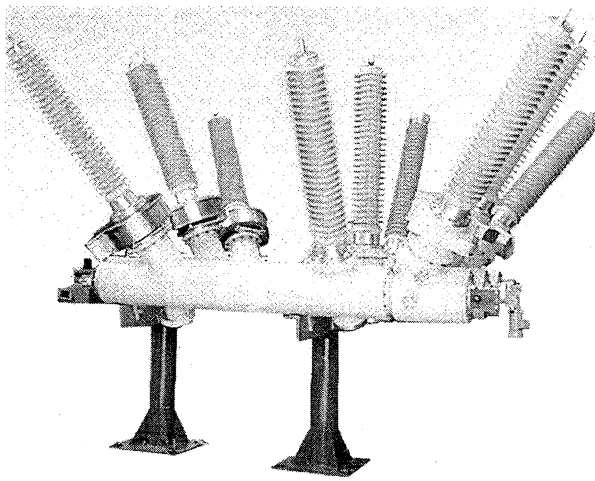


Рис. 5.1.2. Внешний вид ячейки PASS MO с двойной системой шин

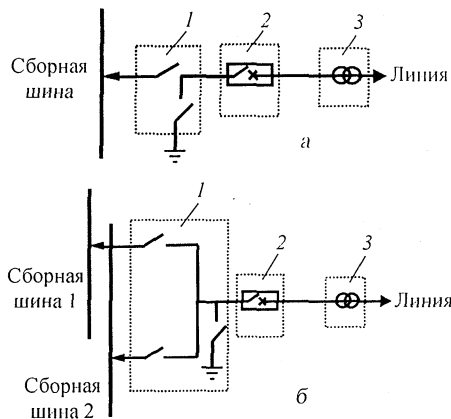


Рис. 5.1.3. Схема ячейки стандартной конфигурации с одной (а) и двумя (б) системами сборных шин: 1 — комбинированный разъединитель-заземлитель; 2 — выключатель; 3 — трансформатор тока



ранных из таких ячеек, отсутствуют традиционные сборные шины, так как они реализованы внутри ячейки.

**Выключатель ячейки PASS MO** (рис. 5.1.4) имеет одну дугогасительную камеру, действующую на основе хорошо отработанного принципа самопогашения дуги. Для отключения тока короткого замыкания используется и энергия самой дуги, за счет чего мощность, потребляемая от приводного механизма, составляет примерно 50 % мощности, потребляемой традиционными выключателями. Выключатель управляется пружинным приводом.

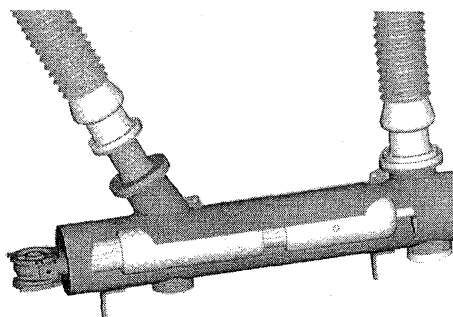


Рис. 5.1.4. Выключатель ячейки PASS MO

**Трехполюсный комбинированный разъединитель-заземлитель** (рис. 5.1.5, 5.1.6) выполнен с круговым движением контакта. По желанию заказчика подвижный контакт может иметь либо три фиксированных положения: подключен к сборной шине ячейки, отключен и заземлен, либо два — подключен к сборной шине и отключен с одновременным заземлением.

Разъединитель состоит из минимального числа деталей, что обеспечивает его высокую надежность. Подобная конструкция применяется

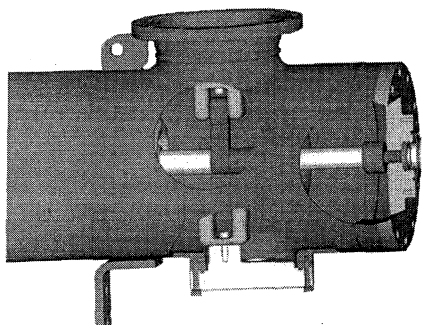


Рис. 5.1.5. Комбинированный разъединитель-заземлитель ячейки PASS MO с одной системой шин (подвижный контакт подключен к сборной шине)

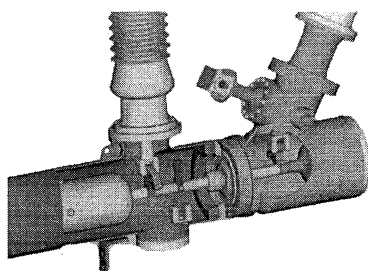


Рис. 5.1.6. Двойной комбинированный разъединитель-заземлитель для применения с двойной системой шин (на рисунке оба разъединителя показаны подключенными к различным сборным шинам)

для ячеек как с одной, так и с двумя системами сборных шин. Кроме того, по желанию заказчика разъединители могут быть установлены со стороны всех вводов ячейки. Возможны также любые комбинации. При всех вариантах исполнения положение всех разъединителей однозначно определяется по внешним указателям, механически связанными с валами разъединителей. Кроме того, в корпусе ячейки имеются специальные окна, позволяющие визуально наблюдать положение контактов разъединителей. Разъединители управляются моторными приводами. При отсутствии рабочего тока возможно ручное управление разъединителями.

**Трансформаторы тока** выполнены на кольцевых магнитопроводах, установленных на вводах. Возможна поставка ячеек с различными комбинациями сердечников для защиты и измерения, имеющих любые классы точности. На каждом вводе может быть размещено до пяти сердечников.

Внешние линии и силовые трансформаторы подсоединяются к ячейкам PASS MO через **полимерные вводы**. Основой ввода служит стеклопластиковая труба, на которую нанесена оболочка из кремний-органической резины, имеющая ребра и образующая внешнюю изоляцию. Внутренний объем ввода сообщается с корпусом ячейки, т. е. заполнен элегазом. Алюминиевые фланцы насаживаются на трубу в горячем состоянии и дополнительно крепятся с помощью специального клея, что обеспечивает механическое соединение, надежно работающее при любых возможных изменениях температуры окружающей среды.

Такие вводы имеют относительно малую массу, не требуют технического обслуживания, устойчивы к любым агрессивным средам и взрывобезопасны.

**Внутренняя изоляция ячейки** обеспечивается благодаря отличным электроизоляционным свойствам элегаза. В однородном электрическом поле при атмосферном давлении прочность элегаза в 2,5 раза выше, чем прочность воздуха. При увеличении давления эта разница существенно увеличивается. Все изоляционные промежутки внутри ячейки сконструированы таким образом, что их электрические поля являются практически однородными, что позволяет наиболее эффективно использовать изолирующие свойства элегаза. Давление при заполнении примерно на 15 % выше номинального. Это гарантирует необходимую плотность элегаза в течение всего срока службы ячейки. После изготовления каждая ячейка тщательно проверяется на отсутствие течей элегаза.

**Корпуса** всех фаз одной ячейки являются сообщающимися сосудами, в которых после заполнения устанавливается единая плотность элегаза. Для контроля за его плотностью ячейка снабжена денсиметром, имеющим две пары контактов, срабатывающих при снижении давления элегаза.

Корпус ячейки снабжается металлической мембраной (разрывным диском) для защиты его от разрушения при возникновении избыточно-

го давления. При повышении давления выше критического мембрана разрывается и происходит сброс давления.

Ячейка монтируется на стальной **опорной конструкции**, защищенной от коррозии методом горячего цинкования. Конструкция спроектирована таким образом, что обеспечивает максимальную устойчивость и прочность при минимальных затратах на строительные работы.

**Связь ячейки с системой управления и защиты подстанции.** Все аппараты PASS MO оснащены вспомогательными контактами, цепи от которых выведены на клеммники в шкаф управления ячейкой. На эти же клеммники выведены вторичные обмотки трансформаторов тока и цепи кнопок управления. При реконструкции подстанции с применением ячеек PASS MO достаточно просто связать ячейки с уже существующей системой управления и защиты подстанции. Необходимо только проложить два контрольных кабеля между ячейкой и пультом управления подстанцией. Ячейка PASS MO поставляется заказчику в практически полностью собранном виде.

Основные показатели ячейки PASS MO:

- количество элегаза в ячейке всего 25 кг на три фазы;
- затраты на техобслуживание ячейки снижены на 38 % по сравнению с традиционной;
- занимаемая площадь распределительного устройства сокращается на 70 %;
- общие эксплуатационные затраты уменьшены на 60 %.

Основные технические характеристики ячейки PASS MO и применяемого электрооборудования приведены ниже.

#### Технические характеристики ячейки PASS MO

Номинальная частота, Гц . . . . .	50
Номинальное напряжение, кВ . . . . .	110; 150
Номинальный ток, А . . . . .	2500
Ток термической стойкости (1 с), кА . . . . .	40
Ток электродинамической стойкости, кА . . . . .	100
Температура окружающей среды, °С:	
минимальное значение . . . . .	-45
максимальное значение . . . . .	+55
Утечка элегаза в год, % . . . . .	<1
Масса, кг:	
с одной системой шин . . . . .	1900
с двумя системами шин . . . . .	2150
с разъединителями у каждого из вводов . . . . .	2300
Давление элегаза при температуре +20 °С, кПа:	
номинальное рабочее давление . . . . .	680/700
давление срабатывания предупредительного сигнала . . . . .	620/660
давление срабатывания аварийного отключения . . . . .	600/640

#### Примечания:

1. Ячейка PASS MO-145 предназначена для применения в сетях с номинальным напряжением 110 кВ, а ячейка PASS MO-170 — в сетях с номинальным напряжением 150 кВ.

2. Значения параметров, записанных через косую черту, относятся к ячейкам PASS MO-145/PASS MO-170.

**Технические характеристики выключателя ячейки PASS MO****Выключатель**

Тип выключателя . . . . .	LTV-D
Число дугогасительных камер . . . . .	1
Номинальный ток отключения, кА . . . . .	40
Номинальный ток включения, кА . . . . .	100
Номинальный отключаемый ток заряда воздушной линии, А . . . . .	63
Номинальный отключаемый ток заряда кабельной линии, А . . . . .	160

**Привод выключателя — пружинный, трехфазный**

Тип привода . . . . .	BLK222
Номинальный цикл . . . . .	0-0,3 с-ВО—1 мин-ВО
Собственное время отключения, мс . . . . .	≤25
Полное время отключения, мс . . . . .	47
Время включения, мс . . . . .	42
Номинальное напряжение цепей управления, В . . . . .	110

В аварийных ситуациях возможно ручное управление приводом.

**Технические характеристики электрооборудования ячейки PASS MO****Разъединитель с моторным приводом\*, общим на три фазы**

Номинальное напряжение цепей управления, В . . . . .	110
Время включения заземлителя, с . . . . .	5,5

**Трансформаторы тока**

Тип . . . . .	С кольцевыми магнитопроводами
Класс точности измерительной обмотки . . . . .	0,2—1 (по заказу)

**Вводы композитные с внешней изоляцией из кремнийорганической резины**

Номинальное напряжение, кВ . . . . .	110/150**
Разрядное расстояние, мм . . . . .	1304/1633**
Длина пути утечки тока, мм . . . . .	4670/5462**
Максимально допустимая статическая нагрузка на вывод, Н . . . . .	1000/1000**

*Примечание.* Положение контактов разъединителя можно наблюдать через специальные окна в корпусе.

\* В аварийных ситуациях возможно ручное управление приводом.

\*\* Значения параметров, записанных через косую черту, относятся к ячейкам PASS MO-145/ PASS MO-170.

**Примеры выполнения компоновок подстанции с ячейками PASS MO.**

На рис. 5.1.7 показан общий вид подстанции с ячейкой PASS MO. Компоновка ОРУ подстанции, выполненная по схеме «мостик» с одной системой шин, показана на рис. 5.1.8. Распределительное устройство состоит из двух линейных, двух трансформаторных ячеек и ячейки «перемычка» и занимает площадь 16 × 22 м.

На рис. 5.1.9 и 5.1.10 показан план и разрезы РУ с одной системой шин, состоящее из шести линейных, двух трансформаторных, секционной и двух резервных ячеек с учетом дальнейшего расширения. Площадь, занимаемая распределительным устройством, 54 × 16 м.

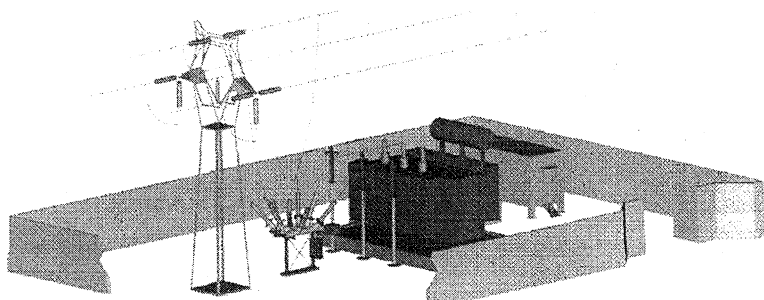


Рис. 5.1.7. Общий вид подстанции с ячейкой PASS MO

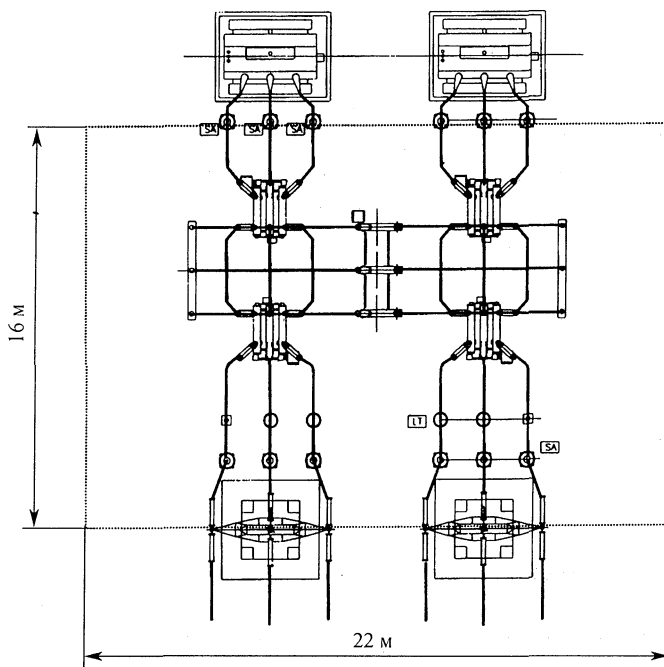


Рис. 5.1.8. Компоновка распределительного устройства, состоящего из пяти ячеек

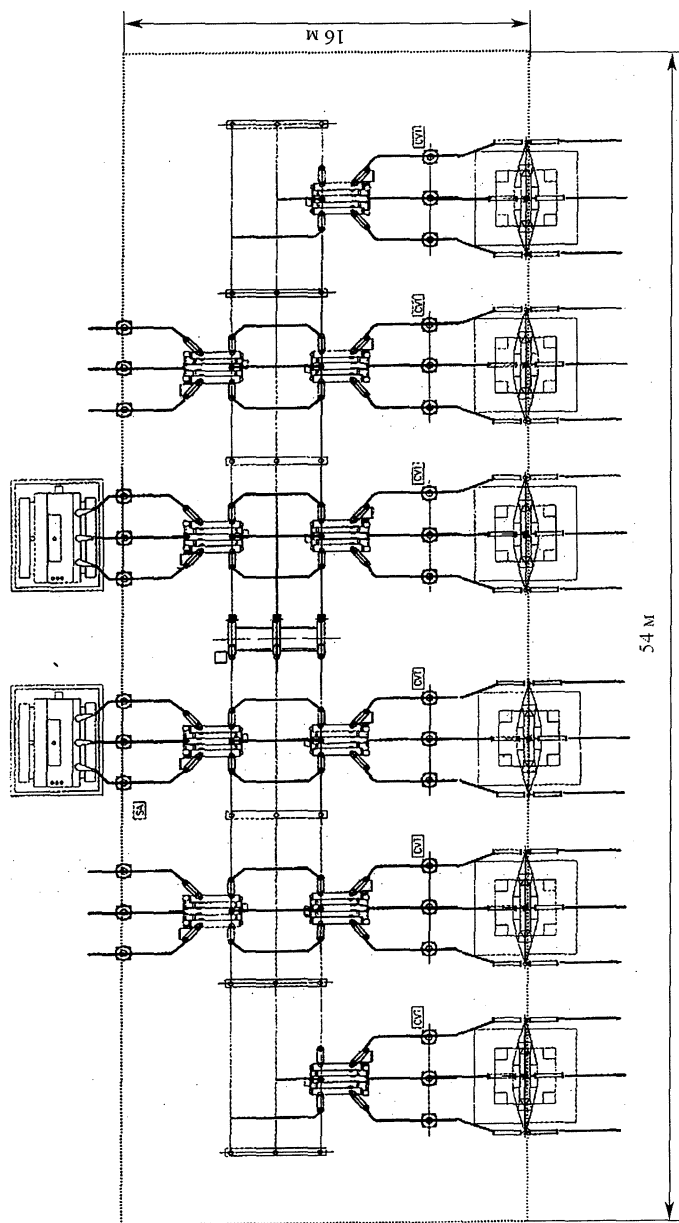


Рис. 5.1.9. Распределительное устройство подстанции с одной системой сборных шин

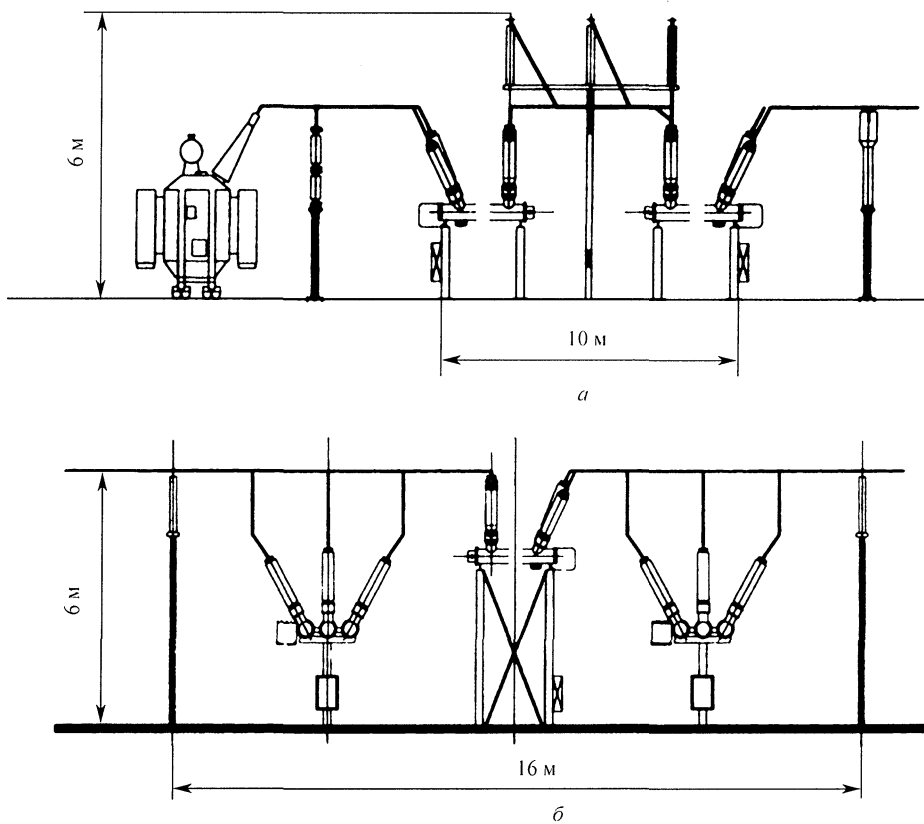


Рис. 5.1.10. Разрезы трансформаторной линейной (а) и секционной (б) ячеек РУ подстанции с одной системой сборных шин

## 6. КОМПЛЕКТНЫЕ РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫЕ УСТРОЙСТВА НАПЯЖЕНИЕМ 6—35 кВ

---

### 6.1. Общие сведения

Комплектные распределительные устройства (КРУ) предназначены для работы в распределительных устройствах сетей трехфазного переменного тока с изолированной или заземленной через дугогасительный реактор нейтралью. КРУ набираются из отдельных камер, в которые встроены электротехническое оборудование, устройства релейной защиты и автоматики, измерительные приборы и т. п. Камеры определенной серии независимо от схемы электрических соединений главной цепи имеют аналогичную конструкцию основных узлов и, как правило, одинаковые габаритные размеры. В зависимости от конструктивного исполнения все КРУ можно разбить на следующие группы:

- стационарного исполнения;
- выкатного исполнения;
- моноблоки, заполненные элегазом.

В комплектных распределительных устройствах *стационарного исполнения* коммутационные аппараты, трансформаторы напряжения, трансформаторы собственных нужд небольшой мощности устанавливаются в камерах неподвижно.

В комплектных распределительных устройствах *выкатного исполнения* вышеперечисленное оборудование устанавливается на выкатных тележках.

Моноблок представляет собой компактное распределительное устройство на три—пять присоединений, заполненное элегазом (выпускаются моноблоки с возможностью расширения), предназначенное для небольших распределительных пунктов и РУВН трансформаторных подстанций 6—20 кВ. Моноблоки имеют принципиально новую конструкцию, использующую современные технологии и аппараты. В России первый элегазовый моноблок «Ладога» выпускается с 2004 г. предприятием ПО «Элтехника».

Комплектные распределительные устройства выпускаются для внутренней (внутри здания, в том числе модульного) и наружной установки.



В последние годы много внимания уделялось созданию малогабаритных комплектных распределительных устройств выкатного и стационарного исполнения. Таким требованиям удовлетворяют камеры КСО-202 (ЧЭАЗ), камеры КРУ/TEL («Таврида Электрик»), камеры К-66, КСО-ЗУЩ (ОАО «Самарский завод «Электрощит»), камеры КСО «Аврора» (ПО «Элтехника») и ряд других.

Предприятия электротехнической промышленности выпускают различные серии комплектных распределительных устройств, в том числе КРУ целевого назначения, с различными техническими характеристиками, габаритными размерами, параметрами оборудования, схемами первичных соединений.

Сравнительная характеристика наиболее современных комплектных распределительных устройств разных групп приведена в табл. 6.1.1.

Таблица 6.1.1. Технические характеристики комплектных распределительных устройств

Параметр	Стационарное исполнение серии		Выкатное исполнение	Моноблоки*
	КСО-300	КСО-200		
Номинальное напряжение, кВ	6; 10		До 35	До 20
Основной коммутационный аппарат	ВН	В	В	(В и ВН)
Номинальный ток сборных шин, А	630	До 1600	До 3150 (4000)	(До 630)
Минимальный номинальный ток выключателя, А	400	630	630	(В-200) (ВН-200)
Электродинамическая стойкость, кА	До 51		До 128	Н. д.
Термическая стойкость, кА	До 20		До 50	(25)
Габаритные размеры камер (моноблока на одно присоединение), мм:				
ширина	500—600	300—750**	От 750***	(ВН — 532) (В — 632)
глубина	800	800**	От 1150***	710
высота	2086	2180—2380**	2300***	1140
Масса, кг	400	350**	600***	135

*Примечания:*

1. Принятые сокращения: В — высоковольтный выключатель; ВН — выключатель нагрузки.

2. Данные в скобках относятся к устройствам зарубежных фирм.

\* Информация по моноблокам приводится по имеющейся у автора информации.

\*\* Информация дана по КСО «Аврора». Наиболее малогабаритными камерами стационарного исполнения являются камеры КРУ/TEL на три присоединения на токи до 630 А (550—850 × 550 × 2000).

\*\*\* Размеры зависят от схемы и номинального тока камеры. В таблице приведены значения для  $I_H$  до 1600 А.

Для каждой серии комплектных распределительных устройств завод-изготовителем предлагается **сетка схем первичных соединений камер** (схемы электрических соединений главных цепей). Для комплектных распределительных устройств принципиально новой модульной конструкции серии КРУ/TEL схемы первичных соединений приводятся не

для камеры, а для модуля, а предприятие-изготовитель предлагает варианты схем типовых камер, составленных из отдельных модулей.

Схемы первичных соединений камер подразделяются на следующие виды: с высоковольтным выключателем (вводы, отходящие линии, секционирование); с выключателем нагрузки или с выключателем нагрузки и предохранителем (вводы, отходящие линии, секционирование); с разъединителями (секционирование); с измерительным трансформатором напряжения и др.

На схеме первичных соединений камер показываются все основные элементы установленного электротехнического оборудования. В камерах, предназначенных для среднего расположения в РУ, т. е. такого, при котором с обеих сторон камеры установлены смежные камеры, сборные шины проходят в обе стороны, что и отображается в схеме. При крайнем положении камеры в распределительном устройстве у сборных шин ставится вертикальная линия, показывающая, что в этом месте сборные шины кончаются. В камерах выкатного исполнения отсек сборных шин в этом месте закрывается металлической заглушкой или перегородкой. Такая же линия ставится при наличии в схеме камер секционирования.

Камеры на напряжение 6 и 10 кВ комплектуются электрооборудованием на номинальное напряжение 10 кВ, трансформаторы напряжения, разрядники, силовые предохранители, трансформаторы собственных нужд устанавливаются на напряжение 6 и 10 кВ.

По новым правилам в комплектных распределительных устройствах должна предусматриваться защита от дуговых коротких замыканий. Существует два наиболее распространенных типа дуговой защиты, которыми оснащаются производимые в России КРУ: фототиристорная и клапанная. Принцип действия первой основан на контроле светового потока, появляющегося в момент возникновения дуги, с помощью фототиристоров. Фототиристорная дуговая защита обладает хорошей чувствительностью и быстроедействием, позволяет локализовать повреждение в начальный момент возникновения дуги, но имеет существенный недостаток — низкую надежность фототиристоров. С развитием производства волоконной оптики стало возможным применение волоконно-оптических кабелей в качестве датчиков обнаружения электрической дуги, что позволило повысить надежность дуговой защиты и улучшить ее характеристики. Современной оптоволоконной защитой оснащены камеры КСО «Аврора».

Клапанная защита реагирует на увеличение давления внутри объема ячейки, возникающего при горении дуги, что приводит к срабатыванию выхлопного клапана. Недостаток клапанной защиты — низкая чувствительность.

Камеры всех серий снабжены блокировками, исключающими ошибочные действия обслуживающего персонала с коммутационными аппаратами, что создает безопасные условия эксплуатации камер.

## 6.2. Комплектные распределительные устройства стационарного исполнения внутренней установки напряжением 10(6) кВ

Комплектные распределительные устройства стационарного исполнения применяются на подстанциях с простыми схемами первичных соединений при небольшом числе присоединений. Они отличаются простотой конструкции, имеют меньшую глубину шкафа, низкие стоимость и металлоемкость по сравнению с КРУ выкатного исполнения.

Вместе с тем имеется ряд технических недостатков:

- открытая незащищенная конструкция камер (сборные шины расположены открыто);
- при выходе из строя коммутационного аппарата присоединение отключается на время, необходимое для его ремонта;
- стационарно установленные выключатели неудобны в техническом обслуживании, существенно увеличивается время, необходимое на контроль и ремонт основного электрооборудования камер;
- в камерах КСО используется одноступенчатая дуговая защита.

Промышленностью выпускаются комплектные распределительные устройства стационарного исполнения внутренней установки:

- **КСО серии 300** с выключателями нагрузки: КСО-366; КСО-366М; КСО-386; КСО-392; КСО-399, КСО-301; КСО-302; КСО-3СЭЩ и др.;
- **КСО серии 200** с высоковольтными выключателями: КСО-285, КСО-292; КСО-10, КСО-298, КСО-2000, КСО-2001, КСО-2СЭЩ, КСО-202, КСО-6(10)-Э1 «Аврора» и др.;
- **серии КРУ/ТЕЛ.**

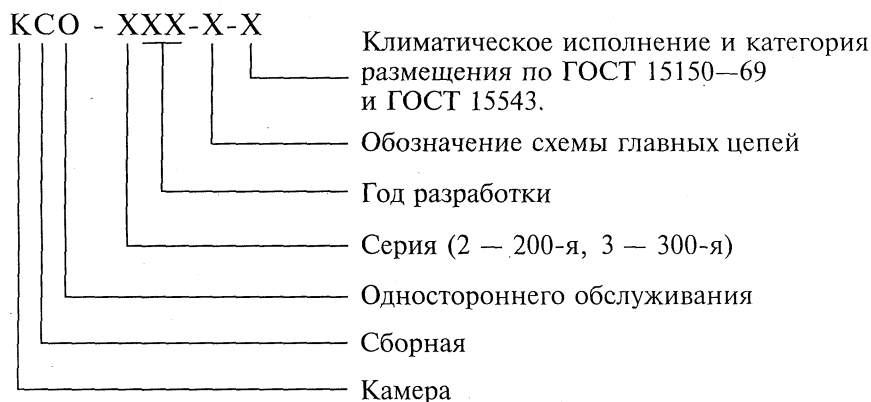
В большинстве выпускаемых в нашей стране камер стационарного исполнения применяются коммутационные аппараты традиционного конструктивного исполнения и аналогичные конструкции ячеек, в которых сборные шины располагаются открыто в верхней части камеры. Для обеспечения безопасности обслуживающего персонала в КСО серии 300 предусматриваются инвентарные перегородки, которые используются для ограждения пространства сборных шин на время производства работ в камере, в КСО серии 200 камера разделяется на отсеки: сборных шин, выключателя, линейного (кабельного), релейной защиты, сигнализации и управления.

Принципиально новые конструкции имеют камеры модульного исполнения **серии КРУ/ТЕЛ** на токи 400 и 630 А. В одной камере КРУ/ТЕЛ устанавливается и соединяется друг с другом несколько модулей (от двух до четырех, до трех модулей с вакуумным выключателем). Один модуль КРУ/ТЕЛ по выполняемым функциям по сути заменяет одну камеру распределительного устройства традиционного ис-

полнения. Камеры имеют небольшие габаритные размеры, медные изолированные сборные шины оригинальной конструкции, оснащаются системой защиты и автоматики, выполненной на основе микропроцессорных реле.

Предприятие ОАО «ПО Элтехника» освоила выпуск камер КСО-6(10)-Э1 «Аврора», которые также имеют значительные преимущества перед традиционными камерами серии КСО. В камерах КСО-6(10)-Э1 используются современные коммутационные аппараты последнего поколения технологически выдвигного исполнения, что позволило значительно сократить габаритные размеры и массу камер и получить существенную экономию путем уменьшения размеров РУ, повысить надежность, эксплуатационную безопасность и срок службы камер.

Обозначение камер стационарного исполнения:



### 6.2.1. Камеры сборные КСО серии 300

Технические характеристики камер КСО серии 300 приведены в табл. 6.2.1.

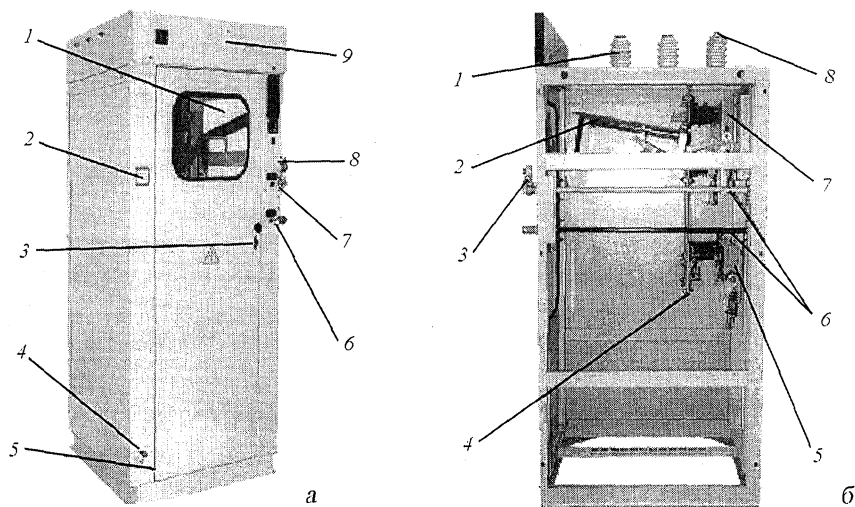
Таблица 6.2.1. Технические характеристики камер КСО серии 300

Параметр	КСО-366	КСО-366М	КСО-386	КСО-399	КСО-3 СЭЩ
Производитель	ЗАО «ПОИЗНУ»	ALSTOM СЭВЗ	ЗАО «ПОИЗНУ»	КЭМОНТ	Н. д.
Назначение	Для приема и распределения электроэнергии на объектах электроснабжения				
Номинальное напряжение, кВ	6,0; 10				
Номинальный ток главных цепей, А	400; 630	400; 630	400; 630	200; 400; 630	630

Окончание табл. 6.2.1

Параметр	КСО-366	КСО-366М	КСО-386	КСО-399	КСО-3 СЭЩ
Производитель	ЗАО «ПОИЗНУ»	ALSTOM СЭВЗ	ЗАО «ПОИЗНУ»	КЭМОНТ	Н. д.
Номинальный ток выключателя нагрузки при $\cos \varphi \geq 0,7$ , А	400	400; 630	630		
Номинальный ток отключения/выключения нагрузки, А	400	400; 630	400; 630	400; 630	630
Номинальный ток камер с предохранителем, А	20; 31,5; 50; 80; 100	16; 20; 31,5; 40; 50; 63; 80; 100; 160 (только 6 кВ)	20; 31,5; 50; 80; 100	20; 32; 40; 50; 80; 100; 160	Н. д.
Ток термической стойкости, кА	10	20	16	10	20
Время протекания тока термической стойкости, с	4	1	1	4	1
Ток электродинамической стойкости, кА	41	51	41	41	51
Тип выключателя нагрузки	ВНРп; ВН; ВНА	ВН	ВНПпМ1; ВНПзМ1	ВНА-10; 3SJ2161 (SIEMENS)	Н. д.
Тип разъединителя	РВ; РВЗ	Р; РВ; РВЗ	РВ; РВЗ	(SIEMENS)	»
Тип предохранителя	ПКТ	ПКТ; ПКН; ПКЭ	ПКТ; ПКН	ПКТ; ПКН	»
Тип трансформатора тока	ТОЛ	ТЛК	ТОЛ	ТОЛ	»
Тип трансформатора напряжения	НОМ; НАМИ	НАМИ; НОМ; ЗНОЛ	3 × ЗНОЛ; НОЭЛ; НОЛ.08	НОМ; НАМИ	»
Тип разрядника	РВО	РВО	РВО	РВО	»
Тип ОПН	—	ОПНР	—	—	»
Габаритные размеры камер (ширина × глубина × высота), мм	500—1000 × 1000 × 2080	1000 × 1000 × 2080	500—800 × 800 × 1900—2550	Н. д.	600 × 800 × 2086

**Камеры КСО-366М** выпускаются климатического исполнения и категории размещения — УХЛ 3 по ГОСТ 15150—69, внутренней установ-



**Рис. 6.2.1.** Камера КСО-366М фирмы ALSTOM: *а* — общий вид (1 — смотровое окно; 2 — выключатель освещения (внутри ячейки); 3 — замок (блокировка, не позволяющая отпирать замок при включенном выключателе нагрузки; 4 — заземление; 5 — степень защиты IP20; 6 — поворотный повышенной безопасности привод заземлителя (пружинный); 7 — поворотный повышенной безопасности привод выключателя нагрузки (пружинный); 8 — поворотная механическая блокировка (замок Генодмана); 9 — поворотная панель клеммника вторичной коммутации); *б* — вид сбоку (1 — опорные изоляторы; 2 — направляющие инвентарной изолирующей перегородки; 3 — оперативная механическая блокировка (замок Генодмана); 4 — подключение кабеля (высота > 500 мм), число до 2 (алюминиевые жилы 180 мм<sup>2</sup>); 5 — сборные шины; 6 — выключатель нагрузки ВН-10 (номинальный ток электродинамической стойкости 51 кА, ток термической стойкости 20 кА, пружинный привод); 7 — поворотные повышенной безопасности приводы выключателя нагрузки и заземлителей; 8 — заземлитель ЗР-10 (номинальный ток электродинамической стойкости 51 кА, термической стойкости 20 кА, пружинный привод)

ки. Камера представляет собой сварную металлическую конструкцию, внутри которой размещена аппаратура главных цепей, на фасаде — приводы выключателей, разъединителей, заземляющих ножей. Включение и отключение выключателей нагрузки обеспечивается в режимах местного и дистанционного управления, а разъединителей и заземлителей в режимах местного управления с помощью съемной рукоятки. Ошиновка камер выполнена шинами из алюминиевого сплава. Камеры могут иметь однорядное и двухрядное расположение. При двухрядном расположении камер поставляются шинные мосты. Схемы первичных соединений камер приведены в табл. 6.2.2, общий вид камеры показан на рис. 6.2.1.

**Камеры сборные серии КСО-399<sup>1</sup>** по своим характеристикам аналогичны камерам КСО-366. Схемы первичных соединений камер приведены в табл. 6.2.3.

<sup>1</sup> Источник. Камеры КСО-399 напряжением 6 и 10 кВ. Техническое описание и инструкция по эксплуатации К399.11.013.ТО.

Таблица 6.2.2. Схемы первичных соединений камер КСО-366М

Схема главных цепей								
Номер схемы	1	1з	2	3	4	5	6	7
Обозначение камеры	1-400 1-630	1з-400 1з-630	2-400 2-630	3н-400 3н-630 3а-400 3а-630	4н-400 4н-630 4а-400 4а-630	5н-400 5н-630 5а-400 5а-630	6н-400 6н-630 6а-400 6а-630	7н-400 7н-630 7а-400 7а-630
Схема главных цепей								
Номер схемы	8	9	10	10з	11	12	13	14
Обозначение камеры	8н-400 8н-630 8а-400 8а-630	9н-400 9н-630 9а-400 9а-630	10-400 10-630	10з-400 10з-630	11-400	12-400	13-400 13-630	14-400
Схема главных цепей								
Номер схемы	21	22	17	18	19	20		
Обозначение камеры	21н-400 21н-630 21а-400 21а-630	22н-400 22н-630 22-400 22-630	17н-400 17н-630 17а-400 17а-630	18-400 18-630	19н-400 19н-630 19а-400 19а-630	20н-400 20н-630 20а-400 20а-630		
Схема главных цепей								
Номер схемы	15	16	Шинный мост					
Обозначение камеры	15-400	16-400 16-630	400 и 630 А					

Примечания:

1. В обозначении камер КСО цифры и буквы означают: 400, 630 — номинальный ток коммутационного аппарата, А ; а — автоматический привод выключателя нагрузки; н — неавтоматический привод выключателя нагрузки.
2. Камеры 14 и 15 применяются для заземления сборных шин в случаях, когда в распределительном устройстве нет камер 1з, 10, 13, 17, 18.
3. Штрихпунктирной линией указано место установки инвентарной перегородки.
4. Направление вывода шин в камерах 17, 18 производится по заказу (влево, вправо, назад).

Таблица 6.2.3. Схемы первичных соединений камер КСО-399

Схема главных цепей					
Номер схемы	1	2	3	4	5
Обозначение камеры	1-600	2-600	3Н-600	4Н-600	5Н-600
Назначение камеры	Отходящая линия	Ввод или отходящая линия	Ввод или отходящая линия	Линия к трансформатору	Линия к трансформатору
Схема главных цепей					
Номер схемы	13		14		15
Обозначение камеры	13-600		14-400		15-400
Назначение камеры	Заземление сборных шин		Заземление сборных шин секций (шинный мост с разъединителями)		

### 6.2.2. Камеры сборные КСО серии 200

Технические характеристики камер КСО серии 200 приведены в табл. 6.2.4.

Таблица 6.2.4. Технические характеристики камер КСО серии 200

Параметр	КСО-292	КСО-298	КСО-2001 МЭШ (Московский завод «Электроштит»)	КРУ/ТЕЛ (Таврида Электрик)	КСО-6(10)-Э1 «Аврора» (ПО «Элтехника»)
Номинальное напряжение, кВ	6,0; 10				
Номинальный ток сборных шин, А	630; 1000; 1600	630; 1000	630; 1000	630	630; 1000
Номинальный ток главных цепей, А	400; 630; 1000; 1600	400; 630; 1000	400; 630; 1000	400; 630	400; 630; 1000
Номинальный ток выключателя, А	630; 1000; 1600	630; 1000	400; 630; 1000	630	400; 630; 1000



Продолжение табл. 6.2.4

Параметр	КСО-292	КСО-298	КСО-2001 МЭЩ (Московский завод «Электрощит»)	КРУ/TEL (Тав- рида Электрик)	КСО-6(10)-31 «Аврора» (ПО «Элтехника»)
Номинальный ток отключения выключателя, кА	20	20	12,5; 20	20	12,5; 20
Номинальный ток выключателя нагрузки при $\cos \varphi \leq 0,7$ , А	400; 630			—	400; 630
Номинальный ток отключения выключателя нагрузки, А	400; 630		1000	—	400; 630
Номинальный ток камер с предохранителями, А	2; 3; 5; 8; 10; 16; 20; 31,5; 40; 50; 63; 80; 100	2; 3; 5; 8; 10; 16; 20; 31,5; 40; 50; 63; 80; 100; 160	2; 3,2; 5; 8; 10; 16; 20; 31,5—160	—	4; 6,3; 10; 16; 20; 25; 31,5; 40; 50; 63; 80; 100
Ток термической стойкости, кА	20	20	12,5; 20	20	12,5; 16; 20
Время протекания тока термической стойкости для камер с выключателями, с	3	3	3	3	2
Ток электродинамической стойкости, кА	51	51	31,5; 51	51	31,5; 40; 51
Тип вакуумного выключателя	ВВТЭ-10 ЗАН5 ВВ/TEL	ВВ/TEL ВВБЭС	ВВ/TEL; ЭВОЛИС; ВБЭМ	ВВ/TEL	ВВ/TEL
Тип элегазового выключателя	—	—	LF1	—	—
Тип маломасляного выключателя	—	—	—	—	—
Тип выключателя нагрузки	—	ВНР; ВНРп; ВНП	ВНП	—	IML
Тип вакуумного контактора	—	—	КВТ-10	—	—
Тип разъединителя	РВ; РВФЗ; РВЗ (с приводом ПР-10)	РВ; РВЗ; РВФЗ (с приводом ПР-10)	РВ; РВЗ; РВФ; РВФЗ (с приво- дом ПР-10)	Фирмы «Тав- рида Элек- трик»	SML, SVR/ti
Тип предохранителя	ПКТ; ПКН	ПКТ; ПКН	ПКТ; ПКН; ПКЭ	—	Фирмы «Sibo»
Тип трансформатора тока	ТОЛ	ТПОЛ	ТОЛ; ТПОЛ; ТЗЛМ; ТДЗЛК-0,66	ТПВ ТСОА ТЗЛМ	ТЗЛМ
Тип трансформатора напряжения	НАМИ; ЗНОЛ	НАМИТ; НОЛ.08	НОМ; НАМИ; ЗНОЛ	У12G	НОЛ; НАМИ
Тип трансформатора собственных нужд	Н. д.	ТМГ-25; ТМГ-40	ТСКС-40; ТМ-25; ОЛС	Н. д.	ТСКС
Тип разрядника	—	РВО; РВРД	РВРД; РВО	—	—

Окончание табл. 6.2.4

Параметр	КСО-292	КСО-298	КСО-2001 МЭЩ (Московский завод «Электрощит»)	КРУ/TEL (Тав- рида Электрик)	КСО-6(10)-31 «Аврора» (ПО «Эптехника»)
Тип ОПН	ОПН	ОПНР	ОПН	ОПН-КРУ/TEL	Н. д.
Тип конденсаторов	—	КС	—	—	—
Устройство РЗА	С электромеханическим устройством		С электромеханическим и микропроцессорным устройством	С микропроцессорным блоком	
Вид управления	Местное, дистанционное			Местное, дистанционное, ТУ	Местное, дистанционное
Климатическое исполнение и категория размещения по ГОСТ 15150—69	УЗ				
Уровень изоляции по ГОСТ 1516.1—76	С нормальной изоляцией				
Вид изоляции	Воздушная			Твердая и воздушная	Воздушная
Наличие изоляции токоведущих шин главных цепей	С неизолированными шинами			С изолированными шинами	Н. д.
Условия обслуживания	С односторонним обслуживанием				
Вид линейных высоковольтных вводов	Кабельные и шинные			Кабельные	
Габаритные размеры камер (ширина × глубина × высота), мм	1000 × 1100 × × 2780	1000—1200 × × 1250 × 2880	750 × 1100 × × 2650	510—850 × × 550 × 2000	300—750 × × 800 × × 2180—2380
Масса, кг, не более	Н. д.	750	420—460	Н. д.	350


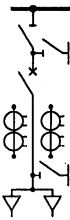
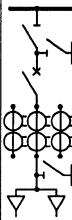
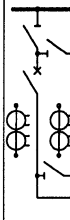
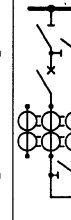
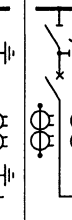

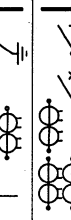
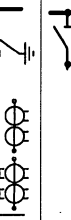
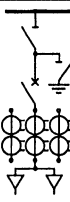
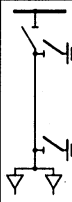
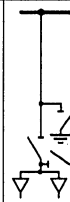
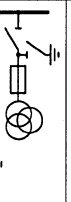

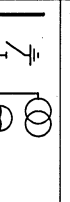
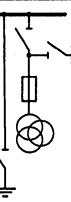
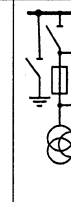
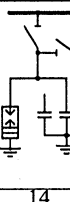

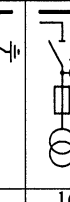
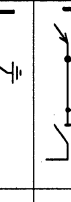

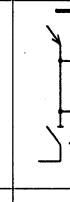
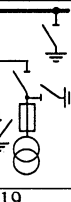
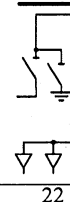
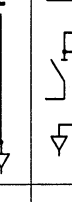

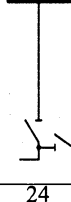
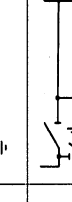
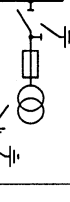
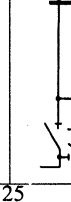
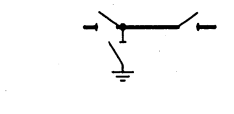
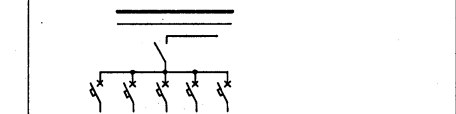
Камеры сборные серии КСО-285<sup>1</sup> изготавливаются взамен снятых с производства камер серии КСО-272. Климатическое исполнение камер УХЛ категории 4 по ГОСТ 15150—69. Схемы первичных соединений приведены в табл. 6.2.5.

#### Основная встраиваемая аппаратура:

- маломасляные выключатели типов: ВПМ-10 с приводом ПЭ-10, ВПМП-10 с приводом ППО-10;
- вакуумные выключатели типа ВВ/TEL;
- разъединители: РВ-10, РВЗ-10, РВФ-10, РВФЗ-10;
- плавкие предохранители ПКТ, ПКН;
- трансформаторы тока ТОЛ-10;
- трансформаторы напряжения: НАМИ-6,10; НОМ-6,10; 3 × ЗНОЛ 6, 10;

<sup>1</sup> Каталог. ЗАО ПО Иркутский завод низковольтных устройств. Иркутск, 2003.

Таблица 6.2.5. Схемы первичных соединений камер КСО-285

Схема главных цепей 								
Номер схемы	1	2	3	4	5	6	7	27
Обозначение камеры	1В-600 1ПВ-600 1Э-600	2В-600 2ПВ-600 2Э-600	3Э-600 3В-600 3ПВ-600 3В-1000 3ПВ-1000 3Э-1000	4Э-600 4В-600 4ПВ-600 4В-1000 4ПВ-1000 4Э-1000	5Э-600 5В-600 5ПВ-600 5В-1000 5ПВ-1000 5Э-1000	6В-600 6ПВ-600 6Э-600 6В-1000 6ПВ-1000 6Э-1000	7В-600 7Э-600 7В-1000 7Э-1000	27-В-600 27-ПВ-600 27-Э-600
Схема главных цепей								
Номер схемы	8	9	12	12	13			
Обозначение камеры	8В-600 8ПВ-600 8Э-600	9-400	12-600 НАМИ	12-600 НАМИ+ +НОМ	13-400 НАМИ	13-400 НАМИ+ +НОМ		
Схема главных цепей								
Номер схемы	14	15	16	18	19	20		
Обозначение камеры	14-400 РВО 14-400 РВРД	15Т-400	16Т-400	18-600 НОМ 18-1000 НОМ	19-600 НОМ 19-1000 НОМ	20-400 НОМ		
Схема главных цепей								
Номер схемы	22	23	24	25				
Обозначение камеры	22-600 22-1000	23-600 23-1000	24-600 24-1000	25-600 НАМИ 25-1000 НАМИ	25-600 НАМИ+НОМ 25-1000 НАМИ+НОМ			
Схема главных цепей								
Номер схемы	26			28				
Обозначение камеры	26-600			28-600				

- заземляющий разъединитель типа ЗР-10;
- разрядники: РВО, РВРД;
- статические конденсаторы типа КС.

#### Технические характеристики камер КСО-285

Номинальное напряжение, кВ	6,0; 10,0
Наибольшее рабочее напряжение, кВ	7,2; 12,0
Номинальный ток главных цепей камер при частоте 50 Гц, А	400; 630; 1000
Номинальный ток сборных шин, А	400; 630; 1000
Номинальный ток отключения выключателя нагрузки, А	400; 630
Ток термической стойкости (1 с), кА	20
Ток электродинамической стойкости главных цепей, кА	51
Габаритные размеры камер (ширина × глубина × высота), мм	1000 × 1382 × 2780

**Камеры сборные серии КСО-298** предназначены для использования взамен камер серий КСО-272, КСО-285, КСО-2УМ. По сравнению с ними КСО-298 имеют меньшие габаритные размеры, что позволяет использовать их для модернизации и расширения на уже существующих площадях РУ.

#### Основная встраиваемая аппаратура:

- высоковольтные выключатели: ВВ/ТЕL-10, ВВБЭС-10 со встроенным электромагнитным приводом, ЭВОЛИС (только в камерах фирмы «Таврида Электрик»);
- выключатели нагрузки: ВНО-10, ВНРп-10 с приводом ПР-17, ПРА-17, ВНП-10 с пружинным приводом;
- разъединители: РВ-10, РВЗ-10, РВФЗ-10 с приводом ПР-10, заземляющий разъединитель ЗР-10;
- плавкие предохранители: ПКТ, ПКН;
- трансформаторы тока ТПОЛ-10, трансформаторы тока нулевой последовательности ТЗЛМ, трансформаторы напряжения: НАМИТ-6,10; НОЛ.08-6,10;
- разрядники: РВО-6,10, РВРД-6,10, ограничители перенапряжений ОПНР-6,10, статические конденсаторы типа КС.

Схемы первичных соединений камер приведены в табл. 6.2.6, общий вид камеры показан на рис. 6.2.2.

**Комплектные распределительные устройства серии КСО-2001 МЭЩ<sup>1</sup>** выпускает ОАО «Московский завод «Электроштит». По своим габаритным и установочно-присоединительным размерам камеры полностью совместимы с камерами КСО серий 272, 285, 292 и могут применяться для расширения существующих подстанций. Конструктивные варианты исполнения: 0, 1 — для замены существующих КСО-2УМ, КСО-272, КСО-285, КСО-292; 2 — для вновь строящихся распределительных устройств.

<sup>1</sup> Источник. Техническое описание распределительного устройства КСО-2001 (ОАО «Московский завод «Электроштит»). Москва, 2003.

Таблица 6.2.6. Схемы первичных соединений камер КСО-298

Схема главных цепей							
Номер схемы	1	2	5	6	8	9	10
Обозначение камеры		2В-630	5В-630 5В-1000	6В-630 6В-1000	8В-630 8В-1000	9-400	10н-400
Схема главных цепей							
Номер схемы	11	12	12	13	13	14	14
Обозначение камеры	11н-400	12-630 НАМИТ	12-630 НАМИТ+ +НОЛ	13-400 НАМИТ, НОЛ	13-400 НАМИТ, НОЛ	14-400, РВО РВРД, ОПН	14-400, РВО РВРД, ОПН
Схема главных цепей							
Номер схемы	14	15	16	18	19	25	25
Обозначение камеры	14-400, РВО РВРД, ОПН КС	15-400 ТМГ-25	16-400 ТМГ-40	18-630 НОЛ 18-1000 НОЛ	19-630 НОЛ 19-1000 НОЛ	25-630, 1000 НАМИТ+НОЛ	25-630, 1000 НАМИТ+НОЛ
Схема главных цепей							
Номер схемы	20	25	22	23	24	28	29
Обозначение камеры	20-400	25-630, 1000 НАМИТ	22-630 22-1000	23-630 23-1000	630 1000	28А, 28-Р	29.1-630 29.1-1000
Схема главных цепей		Номер схемы	26	Схема главных цепей		Номер схемы	27
		Обозначение камеры	26-630 26-1000			Обозначение камеры	27-630

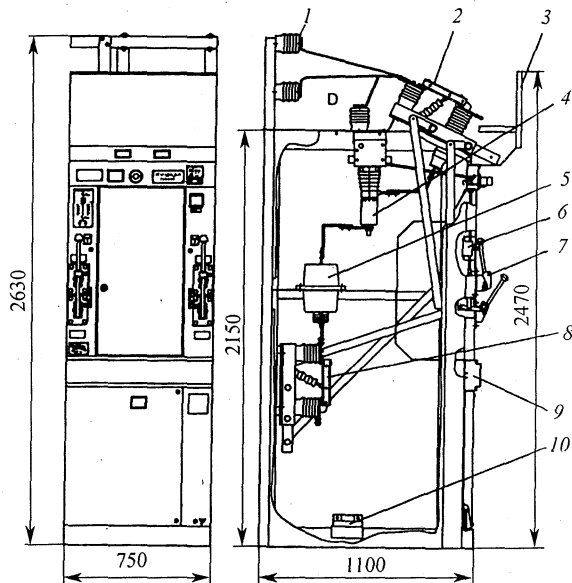


Рис. 6.2.2. Камера КСО-298: 1 — сборные шины; 2 — разъединитель; 3 — защитный экран; 4 — выключатель; 5 — трансформаторы тока; 6 — блокиратор; 7 — приводы разъединителей; 8 — линейный разъединитель; 9 — клеммник; 10 — трансформатор тока нулевой последовательности

В зависимости от схемы главных цепей в камерах КСО-2001 МЭЩ устанавливаются следующие устройства:

- выключатели ВВ/TEL, ВБЭМ (НПП «Контакт», г. Саратов), ЭВОЛИС («Шнейдер Электрик»), LF1;
- выключатели нагрузки ВНП;
- вакуумные контакторы КВТ-10;
- разъединители РВ, РВЗ, РВФ, РВФЗ с приводом ПР-10;
- трансформаторы тока ТОЛ-10, ТПОЛ-10;
- трансформаторы тока нулевой последовательности ТЗЛМ, ТДЗЛК-0,66;
- трансформаторы напряжения НОМ, НАМИ, ЗНОЛ;
- предохранители ПКТ, ПКН, ПКЭ;
- ограничители перенапряжений ОПН-10, ОПН-6;
- трансформаторы собственных нужд ТСКС-40, ТМ-25, ОЛС;
- разрядники РВРД-6У1, РВРД-10У1, РВО-6, РВО-10.

Предприятие предлагает большую номенклатуру схем первичных соединений камер (табл. 6.2.7). По согласованию с проектными организациями возможно расширение номенклатуры схем и перечня встраиваемой аппаратуры.

Схемы вторичных цепей могут строиться на базе использования как электромеханических, так и микропроцессорных систем. Возможна установка следующих серий микропроцессорных систем: SEPAM («Шнейдер Электрик»), Сириус («Альстом»), SPAC (АББ «Автоматизация»), Темп 2501 (ОАО «ВНИИР»), MiCOM («Альстом») и др.

Таблица 6.2.7. Схемы первичных соединений камер КСО-2001 МЭЩ

Схема главных цепей							
Номер схемы	1, 2*	3	4.1	4.2; 4.3**	5.1	5.2; 5.3**	6.1
Назначение	ОЛ		СВ, ШВВ или ОЛ				СВ, ШВ
Номинальный ток, А			630, 1000				
Схема главных цепей							
Номер схемы	6.2	7*; 8	9	10.1	10.2	10.3	11.1
Назначение	В, ОЛ			ОЛ			
Номинальный ток, А	630, 1000			400			
Схема главных цепей							
Номер схемы	12	13.1	13.2	13.3	14.1	14.2	15
Назначение	ТН с КС	ТН с ЗР	ТН		Разрядник	Разрядник +КС	ТСН
Номинальный ток, А	400, 630, 1000	400					
Схема главных цепей							
Номер схемы	16	17.1	17.2	17.3	18.1		
Назначение	ТСН	ОЛ	ОЛ с боковым выводом		ТН		
Номинальный ток, А	400	630; 1000					

\* Трансформаторы тока установлены в трех фазах.

\*\* Камера отходящей линии с перефазировкой.

Окончание табл. 6.2.7

Схема главных цепей						
Номер схемы	18.3	18.4	19	20	21	
Назначение	ТН с СР		ТН	ОЛ		
Номинальный ток, А	630, 1000					
Схема главных цепей						
Номер схемы	22.1	22.2	22.3	22.4	24.1	24.2
Назначение	Кабельная сборка				ШВ	СР
Номинальный ток, А	630, 1000					
Схема главных цепей						
Номер схемы	24.3	24.4	27	28.1	28.2	
Назначение	СР		Резерв	Камера собственных нужд		
Номинальный ток, А	630, 1000					
Схема главных цепей						
Номер схемы	28.3	28.4	28.5	31.1	31.2	
Назначение	Камера собственных нужд				ЗР	
Номинальный ток, А	630, 1000					

Примечание. В таблице используются следующие сокращения: ОЛ — отходящая линия; СВ — секционный выключатель; ШВ — шинный ввод; В — ввод; КС — конденсаторы; ЗР — заземляющий разъединитель; ТН — трансформатор напряжения; ТСН — трансформатор собственных нужд.

Общий вид камеры КСО-2001 приведен на рис. 6.2.3, устройство камеры с вакуумным выключателем показано на рис. 6.2.4. В камерах с вакуумными выключателями предусматривается установка ограничителей перенапряжений.



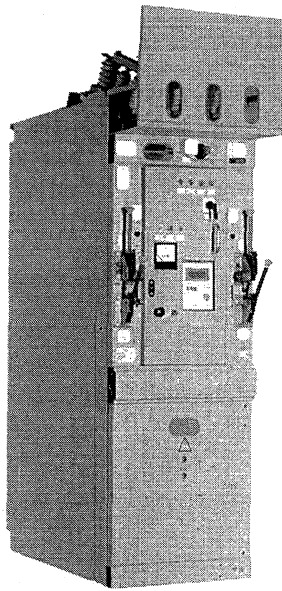


Рис. 6.2.3. Общий вид камеры КСО-2001 МЭЩ

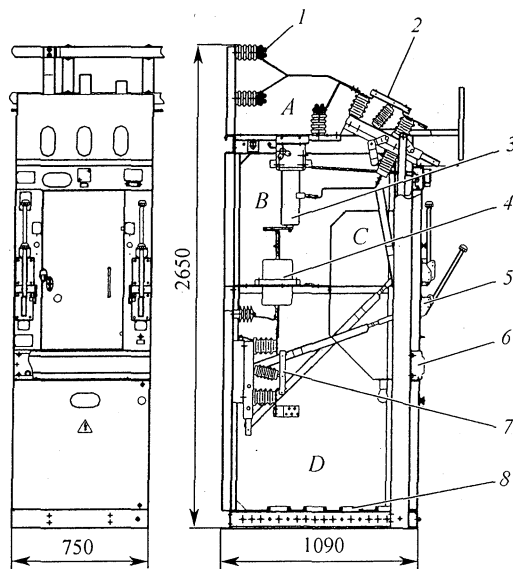


Рис. 6.2.4. Устройство камеры КСО-2001 МЭЩ с вакуумным выключателем ВВ/ТЕЛ: *A* — отсек сборных шин; *B* — высоковольтный отсек; *C* — релейный отсек; *D* — кабельный отсек; 1 — сборные шины; 2 — шинный разъединитель; 3 — вакуумный выключатель; 4 — трансформаторы тока; 5 — приводы; 6 — клеммник; 7 — линейный разъединитель; 8 — трансформатор тока нулевой последовательности

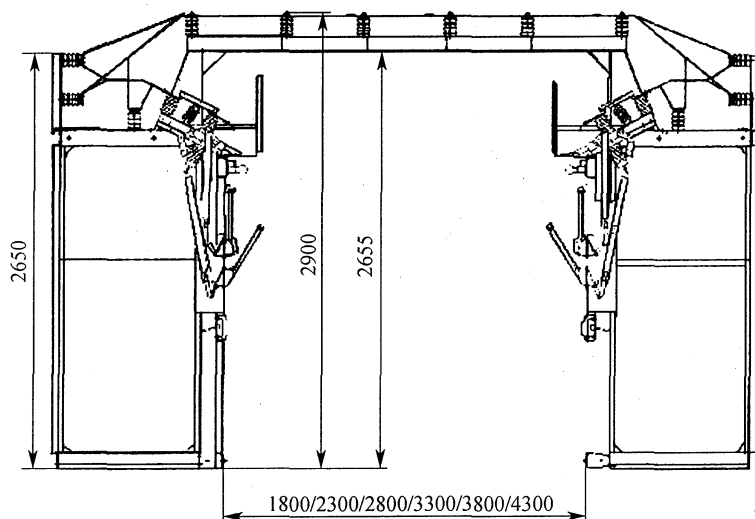


Рис. 6.2.5. Шинный мост без разъединителей распределительного устройства с камерами КСО-2001 МЭЩ

Шинные мосты (при двухрядном расположении камер) выполняются без разъединителей (рис. 6.2.5) и с разъединителями для секционирования сборных шин. Приводы этих разъединителей размещаются на панелях шириной 200 мм, закрепленных между двумя крайними камерами ряда РУ (справа или слева).

### 6.2.3. Комплектные распределительные устройства серии КСО-6(10)-Э1 «Аврора»

КСО «Аврора» — серия модульных ячеек в металлических корпусах с воздушной изоляцией, со стационарными силовыми выключателями, трансформаторами напряжения и тока, воздушными разъединителями и выключателями нагрузки автокомпрессионного типа. При разработке данной серии учитывались все современные требования надежности и безопасности.

Оригинальная конструкция, современные коммутационные аппараты последнего поколения и микропроцессорная релейная защита позволяют применять камеры как на трансформаторных подстанциях вместо камер КСО серии 300, так и в распределительных устройствах с более сложными схемами первичных соединений.

Преимущества КСО «Аврора»:

- высокая надежность, удобство и безопасность технического обслуживания камер;
- высокий коммутационный ресурс применяемых коммутационных аппаратов (табл. 6.2.8);
- изолированные в отдельном отсеке медные сборные шины;

- модульная конструкция и выдвигное исполнение отдельных модулей в камере;
- наличие механической и световой мнемосхемы с индикацией положения аппаратов;
- более высокий срок службы (30 лет), небольшие габаритные размеры и масса.

Таблица 6.2.8. Коммутационный ресурс коммутационных аппаратов

Коммутационный аппарат	Механический ресурс, циклов	Коммутационный ресурс, циклов
Выключатель ВВ/TEL	50 000 (ВО)*	50 000 (ВО, $I_H$ ), 100 (0,60—100 % $I_{\text{нотк}}$ )
Выключатель нагрузки IML	2000 (ВО)	100 (ВО, $I_H$ )
Разъединитель SML и SVR/ $t_i$	2000 (ВО)	

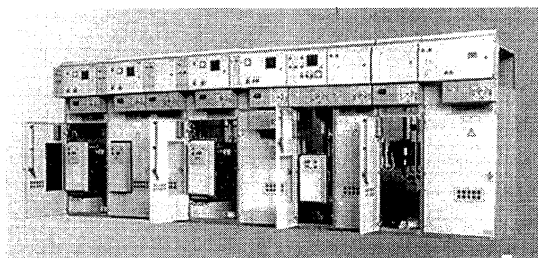
\* ВО — включение-отключение; О — отключение;  $I_H$  — номинальный ток,  $I_{\text{нотк}}$  — номинальный ток отключения.

Камеры снабжаются микропроцессорными блоками релейной защиты типа IPR. Для защиты от дуговых коротких замыканий на задней стенке камеры устанавливаются разгрузочные клапаны. По заказу потребителя камеры могут быть оснащены современной оптоволоконной дуговой защитой, которая обеспечивает селективную сигнализацию поврежденной ячейки с точностью до отсека и отключения вводного и секционного выключателя с запретом на АПВ и АВР. В камерах предусмотрена возможность индикации напряжения 10(6) кВ.

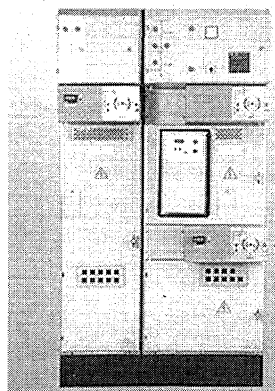
Общий вид распределительного устройства показан на рис. 6.2.6.

**Конструкция и применяемое оборудование.** Камера представляет собой металлоконструкцию, разделенную на три отсека (рис. 6.2.7):

- отсек сборных шин с медными шинами;
- отсек аппаратов и присоединений кабелей с коммутационными аппаратами, ограничителями перенапряжений, трансформаторами напряжения и т. д.;



а



б

Рис. 6.2.6. Общий вид распределительного устройства (а) и камера КСО-6(10)-Э1 «Аврора» (б)

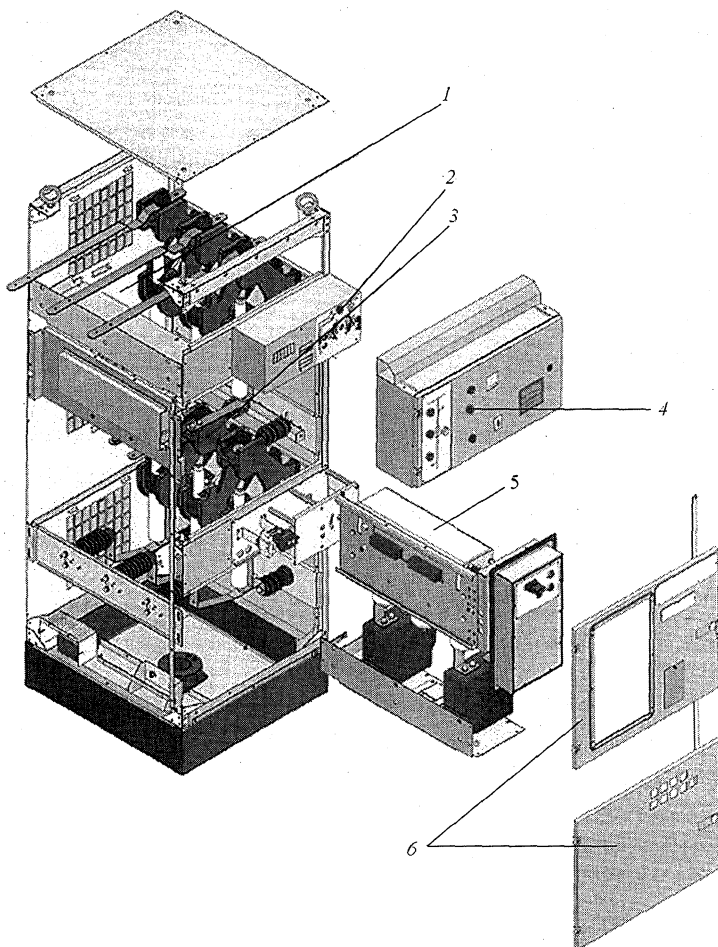


Рис. 6.2.7. Камера КСО-6(10)-Э1 «Аврора»: 1 — отсек сборных шин; 2 — привод разъединителей; 3 — отсек аппаратов и присоединений; 4 — отсек релейной защиты и вторичной коммутации; 5 — блок вакуумного выключателя; 6 — двери

- отсек релейной защиты и вторичной коммутации с микропроцессорным блоком релейной защиты, приборами контроля и учета электроэнергии.

В камерах устанавливается следующее оборудование:

- трехпозиционные выключатели нагрузки ИЛМ и заземляющие разъединители STL («Sarel», Италия);
- предохранители («Siba», Германия);
- конденсаторы для компенсации реактивной мощности СРАКС («ZEZ SILRO», Чехия);
- трансформаторы собственных нужд ТСКС и трансформаторы напряжения НОЛ и НАМИТ;
- трансформаторы тока нулевой последовательности ТЗЛМ.

Приводы выключателей нагрузки, разъединителей и разъединителей-заземлителей располагаются с фасадной стороны камеры.

Номинальные токи предохранителей выбираются в зависимости от номинального напряжения и номинальной мощности трансформаторов (табл. 6.2.9), схемы первичных соединений даны в табл. 6.2.10.

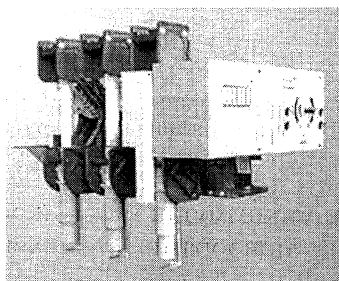
Таблица 6.2.9. Номинальные токи предохранителей

Номинальное напряжение, кВ	Номинальная мощность трансформатора, кВ·А				
	100	160	250	400	630
6	25	31,5	50	63	80
10	16	25	31,5	50	63

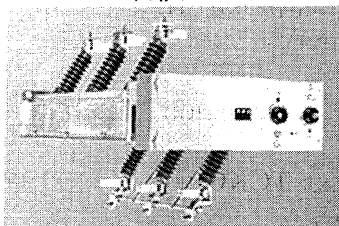
**Коммутационные аппараты фирмы «Sarel»** (рис. 6.2.8). Отличительные особенности выключателей нагрузки и разъединителей по сравнению с традиционными аппаратами, выпускаемыми в нашей стране:

- малое число узлов и деталей;
- трехпозиционные конструкции выключателей нагрузки и разъединителей;
- отсутствие заменяемых вкладышей дугогасительных камер;
- пружинный привод и контактная система, не требующие обслуживания в течение всего срока эксплуатации.

Трехпозиционный разъединитель  
SML ( $I_{н}=400; 630 \text{ A}$ )



Двухпозиционный разъединитель  
SVR/t, ( $I_{н}=1000 \text{ A}$ )



Трехпозиционный выключатель  
нагрузки с предохранителями IMI.  
( $I_{н}=400; 630 \text{ A}$ )

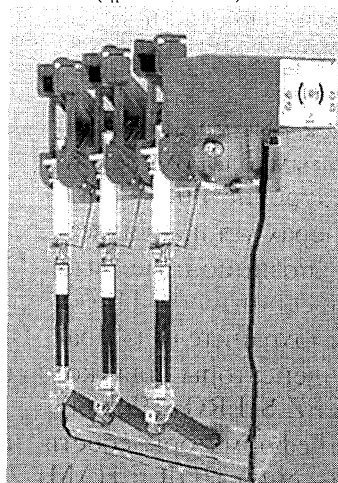


Рис. 6.2.8. Коммутационные аппараты фирмы «Sarel»

Таблица 6.2.10. Схемы первичных соединений камер КСО-6(10)-Э1 «Аврора»

Схема главных цепей							
Номер схемы	1	2	3	3.2	4	5	6
Назначение	Кабельный ввод	Заземл. разъед.	Шинный переход	Кабельный ввод	С выводом шин вправо (влево)		Ввод или ОЛ
Ширина, мм	500	500	300	300	500	500	500
Схема главных цепей							
Номер схемы	7	10	11	12	14	15	17
Назначение	Ввод или ОЛ			С выводом шин вправо (влево)		Ввод или ОЛ	
Ширина, мм	500	750	750	750	750	500	500
Схема главных цепей							
Номер схемы	19		21	22	24		
Назначение	ТН и заземление, разъединение			ТСН	С выводом шин вправо (влево)		
Ширина, мм	750		750	750	500	500	
Схема главных цепей					L = 3300... ... 6000 м		
Номер схемы	30	33	36	37	38		
Назначение	Ввод или ОЛ	Батарея конденсаторов	Ячейка собственных нужд		Шинный мост		
Ширина, мм	500	750	500				

Примечания:

1. Глубина камер — 800 мм.
2. Камеры выполняются в двух габаритах: габарит 1 — высота камеры 2180 мм, габарит 2 — высота камеры — 2380 мм.

Выключатель нагрузки IML — коммутационный аппарат, в основе принципа которого лежит гашение электрической дуги под действием автокомпрессии в воздухе. Он состоит из трех полюсов, установленных на одном валу. На металлическом основании установлены несущие опорные держатели из высокопрочного изоляционного материала, на которых закреплены неподвижные контактные элементы. Дугогасящая система состоит из пары дугогасительных контактов, расположенных коаксиально относительно главных контактов. Верхние части держателей служат одновременно для сборных шин. Выключатели нагрузки с предохранителями автоматически отключаются при перегорании одного из предохранителей.

Разъединитель SML имеет аналогичную конструкцию и отличается только наличием дугогасящего устройства.

Аппараты включают в себя заземляющий разъединитель и являются трехпозиционными, т. е. могут находиться в одном из трех положений: «включено», «отключено», «заземлено». Из положения «включено» выключатель (разъединитель) может быть переведен в положение «заземлено» только через положение «отключено» (рис. 6.2.9). В данных аппаратах применен пружинный привод с ручным или дистанционным управлением.

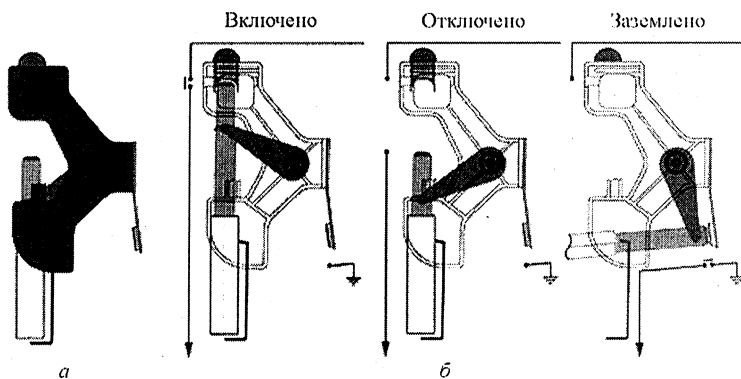


Рис. 6.2.9. Общий вид (а) и положения выключателя нагрузки IML или разъединителя SML (б)

Разъединитель SVR/ $t_i$  — двухпозиционный ротационного типа с отдельно комплектуемым заземляющим разъединителем. Корпус разъединителя изготовлен в виде рамы из стального профильного листа, оцинкованного гальваническим способом, с боковыми пазами для легкой установки в ячейку по направляющим. Направляющие крепятся к обеим боковым стенкам ячейки. При отключении разъединитель своим корпусом и изоляцией подвижных контактов отсекает аппаратный отсек от отсека сборных шин. Подвижные контакты выполнены в виде ротора в изоляционной оболочке из эпоксидного компаунда. Из этого же материала сделаны опорные изоляторы неподвижных контактов.

### 6.2.4. Комплектные распределительные устройства серии КРУ/TEL

Камеры КРУ/TEL выпускаются предприятием «Таврида Электрик» и представляют собой наиболее современные камеры модульной конструкции. Предназначены для комплектования распределительных устройств напряжением 10(6) кВ трансформаторных подстанций и распределительных пунктов общепромышленного и городского назначения. Камеры КРУ/TEL рекомендуется использовать при частых коммутациях электрической сети.

Общий вид камеры представлен на рис. 6.2.10.

Камера КРУ/TEL набирается из отдельных модулей. Модуль КРУ — совокупность оборудования, установленного в камере и выполняющего определенные функции. Номер модуля соответствует номеру его схемы. Совокупность модулей образует камеру КРУ/TEL.

В зависимости от числа подключаемых кабелей модули разделяются на однокабельные и двухкабельные (с возможностью подключения одного или двух кабелей площадью сечением до 240 мм<sup>2</sup> каждый). Для подключения силовых кабелей используются термоусаживаемые концевые кабельные муфты фирмы RAYCHEM (Германия) или иные подобные по согласованию с заказчиком.

В качестве аппаратов, обеспечивающих видимый разрыв главных цепей шкафов КРУ/TEL, применяются разъединители или разъединители-заземлители. В камерах КРУ/TEL используются разъединители, у которых подвижный контакт разъединителя перемещается вдоль вертикальной оси.

#### Описание отдельных модулей

*Модуль 1* — с вакуумным выключателем на ток 400 А показан на рис. 6.2.11. Состав модуля: вакуумный выключатель ВВ/TEL 1, двухпозиционный разъединитель-заземлитель 2, трансформаторы тока проходного типа (до трех групп на фазу), датчик напряжения емкостного типа. Трансформаторы тока и датчик напряжения установлены внутри кожуха 3. Привод 4 выключателя находится сверху.

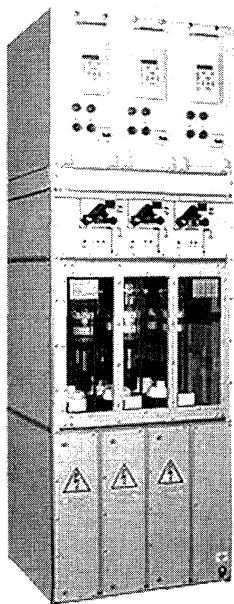


Рис. 6.2.10. Общий вид камеры КРУ/TEL

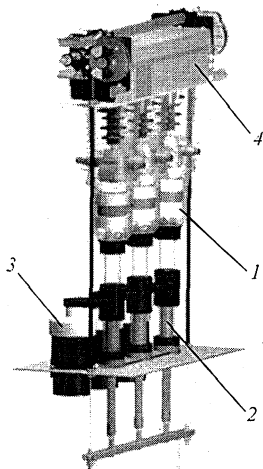


Рис. 6.2.11. Общий вид модуля 1



Модуль 3 (рис. 6.2.12) отличается от модуля 1 наличием трансформаторов напряжения, постоянно подключенных по высокой стороне к кабельной линии, что позволяет иметь информацию о наличии напряжения на кабеле и организовывать АВР с самовозвратом. В состав модуля входят: вакуумный выключатель 1, разъединитель 2, трансформаторы тока, датчик напряжения, трансформаторы напряжения 6 и ограничители перенапряжений 5. Высоковольтный вывод трансформатора напряжения (ТН) через проходной изолятор 4 подключен к изолированному токопроводу 3, соединяющему кабельный приемник 7 с контактом разъединителя.

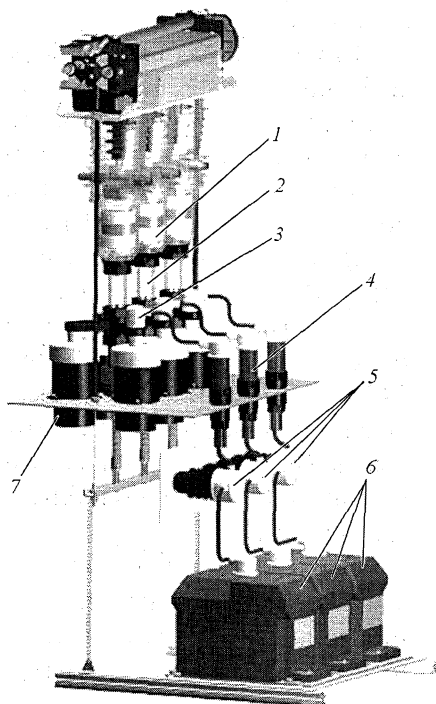


Рис. 6.2.12. Общий вид модуля 3

Модули 6 и 7 — секционные модули: модуль 6 — с секционным выключателем и разъединителем, модуль 7 — с разъединителем (рис. 6.2.13). Модуль 8 — с ограничителями перенапряжений (рис. 6.2.14).

**Конструкция шкафов КРУ/ТЕЛ.** Модули устанавливаются и соединяются друг с другом в шкафу КРУ/ТЕЛ, который представляет собой конструкцию каркасно-панельного типа. Шкаф условно может быть разделен на три отсека, разделенных перегородками: низковольтный, высоковольтный и кабельный. Кроме того, на объекте над шкафом КРУ/ТЕЛ монтируется релейный отсек, в котором устанавливаются блоки управления вакуумным выключателем, реле защиты, клеммные

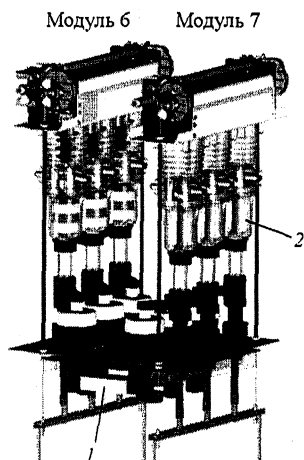


Рис. 6.2.13. Общий вид секционных модулей 6 и 7

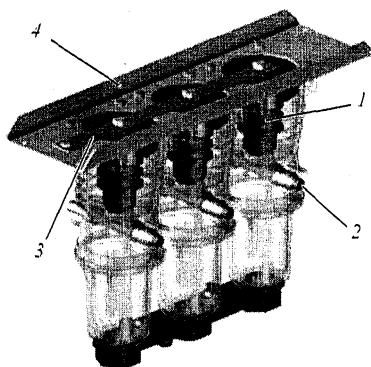


Рис. 6.2.14. Общий вид модуля 8 с ограничителями перенапряжений

колодки, переключатели и другое оборудование цепей вторичной коммутации. Релейный отсек надежно закрепляется на шкафу КРУ/TEL с помощью переходных деталей. Сборные шины в шкафах КРУ/TEL формируются последовательно соединенными отрезками сборных шин, покрытыми твердой изоляцией (рис. 6.2.15).

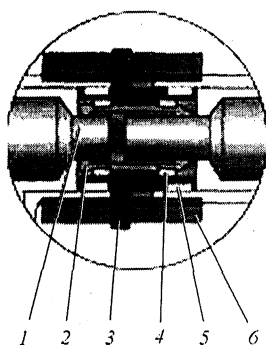


Рис. 6.2.15. Сборные шины КРУ/TEL: 1 — отрезки сборных шин; 2 — контакты цангового типа; 3 — изоляционная втулка; 4 — разрезные пружины; 5 — резиновые уплотнения; 6 — гайка из полимерного материала

#### Электрооборудование, применяемое в шкафах КРУ/TEL:

- высоковольтные выключатели — ВВ/TEL;
- разъединители с вертикальным расположением подвижного и неподвижного контактов (рис. 6.2.16);
- трансформаторы тока: ТПВ («Таврида Электрик»), предназначенные для использования преимущественно в цепях РЗиА, ТСОА («SADTEM», Франция), используемые в целях измерения, технического и коммерческого учета электроэнергии (табл. 6.2.11);

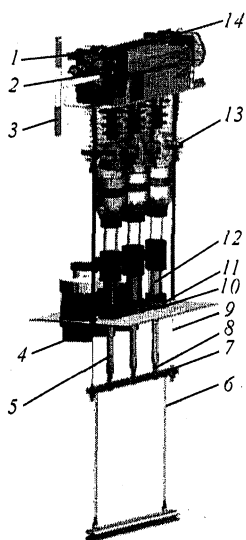


Рис. 6.2.16. Разъединитель: 1 — фиксатор; 2 — вал разъединителя с системой тросов; 3 — рукоятка управления (съемная); 4 — кабельный приемник; 5 — тяговый изолятор; 6 — отключающая пружина; 7 — швеллер; 8 — пружина дополнительного контактного поджатия; 9 — трос; 10 — шина заземления (для разъединителя-заземлителя); 11 — гнездо заземления (для разъединителя-заземлителя); 12 — подвижный контакт разъединителя (разъединителя-заземлителя); 13 — элемент сборных шин модуля; 14 — вал фиксатора

- трансформаторы тока нулевой последовательности типа ТЗЛМ;
- емкостные датчики напряжения для индикации наличия напряжения на сборных шинах; трансформаторы напряжения малогабаритные однофазные Y12G фирмы «SADTEM», Франция.

#### Технические характеристики трансформаторов тока

	ТПВ	ТСОА
Номинальный первичный ток, А	50; 100; 200; 300; 400	
Номинальный вторичный ток, А		1
Номинальная вторичная нагрузка при $\cos \varphi = 1$ , В·А		0,5; 1
Номинальный класс точности при номинальном токе, А:		
50; 100	10P	0,2; 0,5
200; 300; 400	5P; 0,5	0,2; 0,5
Номинальная предельная кратность при номинальном токе:		
50; 100	15	5
200, 300, 400	20	5
Номинальный коэффициент безопасности приборов	20	5

#### Технические характеристики трансформаторов тока нулевой последовательности ТЗЛМ и трансформаторов напряжения Y12G

Трансформатор тока нулевой последовательности ТЗЛМ	
Номинальное напряжение, кВ	0,66
Ток термической стойкости, кА	140
Коэффициент трансформации	30/1
Диаметр окна трансформации, мм	70
Габаритные размеры, мм	154 × 67
Масса, кг, не более	3,3

**Трансформатор напряжения У12Г**Номинальное напряжение первичной обмотки, кВ . . . . .  $6/\sqrt{3}$ ;  $10/\sqrt{3}$ 

Допустимая перегрузка (в долях от номинального):

длительная/в течение восьми часов . . . . . 1,2/1,9

Номинальное напряжение вторичной обмотки, кВ . . . . . 100; 110;  $100/\sqrt{3}$ ;  $110/\sqrt{3}$ 

Класс точности вторичной обмотки . . . . . 0,2; 0,5; 1,0; 3Р

Номинальная мощность вторичных обмоток

при классе точности (одна обмотка/две обмотки), В·А:

0,2 . . . . .  $30/2 \times 10$ 0,5 . . . . .  $100/2 \times 40$ 1,0 . . . . .  $200/2 \times 80$ 

**Формирование главных цепей камер КРУ/TEL.** Подбор модулей в камере может осуществляться заказчиком по схемам, приведенным в табл. 6.2.12. Предприятие «Таврида Электрик» предлагает ряд типовых камер, составленных из разных модулей. Схемы камер даны в табл. 6.2.13. Представленные в табл. 6.2.11 схемы камер не исчерпывают всего их разнообразия. По желанию заказчика могут быть сформированы любые комбинации модулей в пределах камеры КРУ/TEL.

**Релейная защита и автоматика КРУ/TEL.** В систему релейной защиты и автоматики КРУ/TEL может входить следующее оборудование (в соответствии с заказом): отсеки РЗиА, включающие вторичные цепи с реле защиты и автоматики, измерительные приборы; система питания РЗиА; система сбора и передачи информации (SKADA). Кроме того, по дополнительному требованию заказчика могут устанавливаться приборы коммерческого и технического учета электроэнергии или специальные микропроцессорные измерительные центры. РЗиА присоединений может быть выполнена с использованием многих типов микропроцессорных реле отечественного и импортного производства. Типовым вариантом является выполнение системы РЗиА на реле фирмы MICROELTRICA SCIENTIFICA.

Таблица 6.2.11. Технические характеристики типовых шкафов КРУ/TEL

Номер типовой камеры	Номера модулей, составляющих камеру	Назначение камеры	Габаритные размеры, мм (ширина × глубина × высота)
0111	Три модуля № 1	Три отходящие линии	680 × 550 × 2000
0011	Два модуля № 1	Две отходящие линии	510 × 550 × 2000
0296	№: 2, 9, 6	Шкаф ввода с СВ и Р на вводе	680 × 550 × 2000
0496	№: 4, 9, 6	Шкаф ввода с СВ и Р-З на вводе	680 × 550 × 2000
0792	№: 7, 9, 2	Шкаф ввода с СР и Р на вводе	680 × 550 × 2000
0794	№: 7, 9, 4	Шкаф ввода с СР и Р-З на вводе	680 × 550 × 2000
1116	Три модуля № 1, 6	Типовой шкаф для узловой трансформаторной подстанции	850 × 550 × 2000
7111	Три модуля № 1, 7		850 × 550 × 2000
0(10)11	Два модуля № 1, № 10	Шкаф с заземлителем сборных шин и двумя отходящими линиями	680 × 550 × 2000

*Примечание.* В таблице используются сокращения: СВ — секционный выключатель, Р — разъединитель, Р-З — разъединитель-заземлитель, СР — секционный разъединитель.

Таблица 6.2.12. Схемы первичных соединений модулей КРУ/ТЭЛ

Схема главных цепей					
Номер модуля	1	2	3	4	
Назначение модуля	Линия с ОКП	Линия с ДКП	Линия с ДКП, ТН и ОПН	Линия с ДКП	
Схема главных цепей					
Номер модуля	5		6 и 7	8	9
Назначение модуля	Линия с ДКП, ТН и ОПН		Секционные модули	ОПН	ТН и ОПН
Схема главных цепей					
Номер модуля	10	11	12	13	14
Назначение модуля	ЗР	Линия с ОКП, ТН и ОПН	Линия с ОКП, ТН и ОПН	Линия с ОКП	
Схема главных цепей					
Номер модуля	15	16	17		18
Назначение модуля	Линия с ОКП	СР	Секционные модули		Линия с ОКП

Примечание. В таблице используются следующие сокращения: ОКП — однокабельное присоединение; ДКП — двухкабельное присоединение; ЗР — заземляющий разъединитель; ТН — трансформатор напряжения.

Таблица 6.2.13. Схемы типовых шкафов КРУ/ТЕЛ

Схема главных цепей							
	Номер модуля	1	1	1	1	1	1
Номер шкафа	0111			1116			
Схема главных цепей							
	Номер модуля	2	9	6	4	9	6
Номер шкафа	0296			0496			
Схема главных цепей							
	Номер модуля	7	9	2	7	9	4
Номер шкафа	0792			0794			
Схема главных цепей							
	Номер модуля	7	1	1	1	10	1
Номер шкафа	7111			0(10)11			

## **6.3. Комплектные распределительные устройства выкатного исполнения внутренней установки напряжением 10(6) кВ**

### **6.3.1. Общие сведения**

Комплектные распределительные устройства выкатного исполнения предназначены для установки в распределительных пунктах 10(6) кВ, в распределительных устройствах 10(6) кВ трансформаторных подстанций, включая комплектные трансформаторные подстанции с первичным напряжением 35—110 кВ. Основным достоинством КРУ выкатного исполнения является быстрая взаимозаменяемость аппаратов, установленных на выкатной тележке, что особенно важно для крупных и ответственных электроустановок. Отсутствие разъединителей и применение вместо них специальных скользящих контактов штепсельного типа позволяет повысить надежность камер и удобство их технического обслуживания. КРУ выкатного исполнения выпускаются для токов до 3150 А различных серий: К-59, К-63, К-61, К-61М, К-66, К-104М, К-105, К-XXVI, К-XXVII, К-98, КРУ2-10, КМ1-КФ и т. д. Они имеют широкий диапазон схем первичных соединений и применяются на подстанциях со сложными схемами главных соединений, при большом числе присоединений и токах вводного выключателя более 1000 А.

Промышленностью выпускаются КРУ с односторонним и двухсторонним обслуживанием. Применение КРУ одностороннего обслуживания обеспечивает возможность их размещения в помещениях РУ, имеющих меньшую ширину.

Камеры КРУ всех серий имеют жесткую конструкцию, в которую встроены токоведущие части (сборные шины, ответвления), трансформаторы напряжения, трансформаторы тока, ограничители перенапряжений и другое оборудование в соответствии со схемой камеры. Корпус камеры разделен на отсеки: отсек сборных шин, отсек выкатного элемента, линейный отсек, отсек (шкаф) релейной защиты и автоматики.

На выкатных тележках размещаются высоковольтные выключатели, трансформаторы напряжения, предохранители для подключения трансформаторов собственных нужд. В типовых схемах каждой серии предусматривается тележка с разъединителями, роль которых выполняют разъединяющие контакты. В верхней и нижней частях выкатного элемента расположены подвижные разъединяющие контакты, которые при вкатывании элемента в шкаф замыкаются с шинным (верхним) и линейным (нижним) неподвижными контактами. При выкатывании элемента с предварительно отключенным выключателем разъемные контакты отключаются и выключатель при этом будет отключен от сборных шин и кабельных вводов.

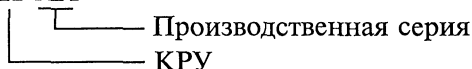
Когда выкатной элемент находится вне корпуса шкафа, обеспечивается удобный доступ к выключателю и его приводу для ремонта, а при необходимости — быстрая замена выключателя другим аналогичным.

В камерах выкатного исполнения в качестве коммутационных аппаратов применяются вакуумные, элегазовые и маломасляные выключатели. Одним из преимуществ элегазовых выключателей является низкий уровень коммутационных перенапряжений, исключающих возможность повреждения изоляции, а также коммутационная способность до 50 кА и электродинамическая стойкость до 128 кА, что позволяет применять их в сетях с большими токами короткого замыкания.

Вся аппаратура РЗиА, управления, измерения и сигнализации устанавливается в отдельном отсеке или в отдельном шкафу, которые размещаются, как правило, сверху корпуса камеры КРУ. Связь вторичных цепей релейного шкафа выполняется с помощью проводов и штепсельных разъемов. Для всех выпускаемых в настоящее время серий камер предусматривается возможность применения микропроцессорных устройств РЗиА.

Номенклатурное обозначение камер:

К-ХХ



Технические характеристики камер выкатного исполнения приведены в табл. 6.3.1, 6.3.2.

Таблица 6.3.1. Технические характеристики КРУ выкатного исполнения

Параметр	К-104М К-104М(С1) (МЭЩ)	К-105 К-105С1 (МЭЩ)	К-63 (Самарский завод «Электрощит»)	К-61М (Самарский завод «Электрощит»)
Назначение	Для приема и распределения электроэнергии на объектах электроснабжения, в схемах собственных нужд электростанций	Для обеспечения вводов и секционирования в РУ с К-104М	Для приема и распределения электроэнергии на объектах электроснабжения	Для приема и распределения электроэнергии в системе собственных нужд электростанций. Для обеспечения вводов и секционирования в РУ с К-63
Номинальное напряжение, кВ	6,0; 10			
Номинальный ток сборных шин, А	1600; 2000; 3150	2000; 3150	1000 <sup>+4</sup> ; 1600; 2000; 3150	2000; 3150
Номинальный ток главных цепей, А	400; 630; 800; 1000; 1250; 1600	2000; 3150	Для УЗ: 630; 1000; 1600 Для ТЗ: 630; 1250	630; 1000; 1600; 2000; 2500; 3150
Номинальный ток выключателя, А	(табл. П.2.8)	(табл. П.2.10)	630—1600	630—3150
Номинальный ток отключения выключателя, кА: вакуумного	12,5; 20; 31,5; 40	31,5; 40	12,5; 20; 31,5 <sup>+5</sup>	31,5; 40



Окончание табл. 6.3.1

Параметр	К-104М К-104М(С1) (МЭЩ)	К-105 К-105С1 (МЭЩ)	К-63 (Самарский завод «Электроцит»)	К-61М (Самарский завод «Элек- троцит»)
элегазового	16; 20; 31,5; 40; 50	31,5; 40; 50	25* <sup>5</sup>	—
Трехсекундный ток термической стойкости, кА	12,5; 20; 31,5; 40; 50	31,5; 40*	12,5; 20; 31,5* <sup>6</sup>	31,5; 40
Ток электродинамической стойкости, кА	41; 51; 81; 128	81; 128*	51; 81* <sup>6</sup>	128
Номинальный ток плавких вставок для шкафов КРУ	80 (при 6 кВ) 20 (при 10 кВ)	—	—	—
Тип вакуумного выключателя	ЭВОЛИС ВД-4	ВД-4	ВБЭМ; ВБПС; ВВЭ-М; ВБКЭ; ВБТЭ; ВВ/TEL; ЭВОЛИС	ВВЭ-М; ЭВОЛИС
Тип элегазового выключателя	LF2, VF <sup>3</sup> ; HD4/GT; ВГП	LF3; HD4/GT	LF-1	LF-2; LF-3
Тип маломасляного выключателя	ВКЭ-М	—	—	—
Тип трансформатора тока	ТЛО-10-50/5-1500; ТОЛ-10-50/5-1500; ТЛК-10-50/5-1500	ТЛШ-10-2000/5-350/5	ТЛК-10 30/5-1500/5	
Тип трансформатора тока нулевой последовательности	ТЛН; ТШН-120; ТЗЛН; ТЗРЛ; ТЗЛЭ-125	—	ТДЛЗ-0,66	
Тип трансформатора напряжения	НАМИТ ЗНОЛ.06 НОЛ.08	ЗНОЛ.06	НАМИТ ЗНОЛ.06 НОЛ.08	
Тип трансформатора собственных нужд	ТСКС; ОЛС	ТСКС	ТСКС; ОЛС	
Тип разрядника	РВО-6; РВО-10	—	РВО	
Тип ограничителя перенапряжений	ОПН-РС/TEL; ОПН-П	—	ОПК-КР/TEL; ОПН-КС/ TEL; ОПН-П	
Устройство РЗА	С электромеханическим или с микропроцессорным устройством			
Климатическое исполнение	УЗ		УЗ, ТЗ	
Вид обслуживания	Двухстороннее			
Исполнение	Для внутренней установки			
Вид управления	Местное, дистанционное			
Размеры камер (ширина × глубина × высота), мм	750 × 1150—2305 × × 2900	1000—1125 × 1480 × × 2340	750 × 1250—1450 × × 2268	800—1125 × × 1400—1600 × 2380
Масса, кг, не более	800	1330	600	950
Срок службы, лет, не менее	25			

\*<sup>1</sup> Токи термической стойкости 40 кА и электродинамической стойкости 128 кА относятся к камерам с элегазовыми выключателями.

\*<sup>2</sup> Для КРУ с трансформаторами тока на номинальные токи менее 600 А термическая и электродинамическая стойкость определяется стойкостью трансформатора тока.

\*<sup>3</sup> Не рекомендуются к применению во вновь проектируемых РУ.

\*<sup>4</sup> КРУ со сборными шинами на ток 1000 А выполняются только на ток электродинамической стойкости 51 кА.

\*<sup>5</sup> В зависимости от типа встраиваемого выключателя параметры тока отключения могут уточняться.

\*<sup>6</sup> Для КРУ с трансформаторами тока на номинальные токи менее 600 А термическая и электродинамическая стойкость определяется стойкостью трансформаторов тока.

Таблица 6.3.2. Технические характеристики КРУ выкатного исполнения

Параметр	К-XXVI	К-XXVII	К-104-КФ	КМ-1КФ
Производитель	(МЭШ)	(МЭШ)	(КЭМОНТ)	(КЭМОНТ)
Назначение	Для приема и распределения электроэнергии на объектах электроснабжения	Для обеспечения вводов и секционирования в РУ с К-XXVI, для отходящих линий с током более 1600 А	Для приема и распределения электроэнергии (применяются, в основном для наружной установки в КРУН К-47 и К-59)	
Климатическое исполнение	УЗ			
Номинальное напряжение, кВ	6,0; 10			
Номинальный ток сборных шин, А	2000; 3150	2000; 3150	630; 800; 1000; 1250; 1600; 2000; 2500	630; 1000; 1600; 2000; 2500
Номинальный ток главных цепей, А	630; 1000; 1600	3150	630; 1000; 1600	630; 1000; 1600
Номинальный ток выключателя, А				
Номинальный ток отключения выключателя, кА:				
вакуумного		—	20; 31,5	20
элегазового	20; 31,5	—	—	—
маломасляного		31,5	—	—
Трехсекундный ток термической стойкости, кА	20; 31,5	31,5	20	20
Ток электродинамической стойкости, кА	51; 81	81	51	51
Тип выключателя:				
вакуумного	ВБЭ	ВБЭ	ЗАН; ВВ/TEL	Н. д.
элегазового	LF-2	HD4	—	Н. д.
маломасляного	ВМПЭ-М		—	—
Устройство РЗА	С электромеханическим или с микропроцессорным устройством		С микропроцессорным устройством	
Вид обслуживания	Одностороннее		Двухстороннее	

Окончание табл. 6.3.1

Параметр	К-XXVI	К-XXVII	К-104-КФ	КМ-1КФ
Производитель	(МЭШ)	(МЭШ)	(КЭМОНТ)	(КЭМОНТ)
Исполнение	Для внутренней установки		Для внутренней и наружной установки	
Вид управления	Местное, дистанционное			
Размеры камер, (ширина × глубина × высота), мм	900 × 1150—2380	1350 (900) × 1650 × 2817	750(1125) × 1300 × 1800 (2240)	750 (1125) × 1300 × 1720 (2040)
Масса, кг	400—1250	680—1800	600	*
Срок службы, лет, не менее	25			

\* В новых проектах не применять.

### 6.3.2. Комплектные распределительные устройства предприятия ОАО «Самарский завод «Электрощит»

Комплектные распределительные устройства серии К-63<sup>1</sup> выпускаются с 2002 г. и предназначены для работы внутри помещения (климатическое исполнение УЗ и ТЗ, тип окружающей среды — II по ГОСТ 15150. Отдельно стоящий шкаф с трансформатором собственных нужд предназначен для работы на открытом воздухе и выпускается климатического исполнения УХЛ1).

КРУ поставляются отдельными камерами с элементами для стыковки камер в распределительное устройство или транспортными блоками до трех камер в блоке со смонтированными в пределах блока соединениями главных и вспомогательных цепей.

Камеры К-63 унифицированы и независимо от схем электрических соединений главной цепи имеют аналогичную конструкцию основных узлов и одинаковые габаритные размеры. Исключение составляют камеры кабельного ввода (вывода) с вводом кабеля в высоковольтный отсек снизу и сверху камеры, глубина этих камер на 200 мм больше по сравнению с другими камерами. В камере предусмотрены: отсек сборных шин (расположен в нижней части камеры), отсек выкатного элемента, линейный отсек. В верхней части камер устанавливаются релейные шкафы со встроенной аппаратурой РЗиА, аппаратурой управления, измерения и сигнализации, клеммниками и цепями вторичных соединений.

Конструкция камеры позволяет подключать не более четырех высоковольтных кабелей сечением  $3 \times 240 \text{ мм}^2$  на ток до 1000 А. Присоединения (вводы, выводы) могут быть как кабельными, так и шинными.

<sup>1</sup> Источник. Устройство комплектное распределительное напряжением 6—10 кВ на токи 630—1600 А серии К-63. Техническая информация ТИ-071. ОАО Самарский завод «Электрощит», 1999.

В состав КРУ в зависимости от заказа могут входить:

- шинные вводы в ближний и дальний ряды распределительного устройства с прямой и обратной фазировкой для подключения воздушных вводов и отходящих линий, а также силового трансформатора внутри РУ;
- шинные мосты между двумя рядами камер, расположенных в одном помещении;
- кабельные блоки для кабельного ввода (вывода) с подсоединением вверху камеры и вне камеры;
- переходные шкафы для стыковки с КРУ других серий и другие элементы.

В камерах К-63 предусмотрена быстродействующая дуговая защита, выполненная на фототиристорах, установленных в высоковольтных отсеках камер: отсеке ввода (вывода), выкатного элемента, сборных шин. Схемы от дуговых замыканий выполнены с блокировкой: по току; по напряжению; по току и напряжению, что исключает ложную работу защиты. Кроме того, отсеки камер оборудованы клапанами избыточного давления, контроль положения которых осуществляется путевыми конечными выключателями, подключенными к соответствующим цепям схем дуговой защиты.

Внешний вид распределительного устройства с камерами серии К-63 и камеры с шинным и кабельным вводом представлены на рис. 6.3.1—6.3.4. Технические характеристики камер серии К-63 и схемы первичных соединений главных цепей приведены в табл. 6.3.1, 6.3.3.

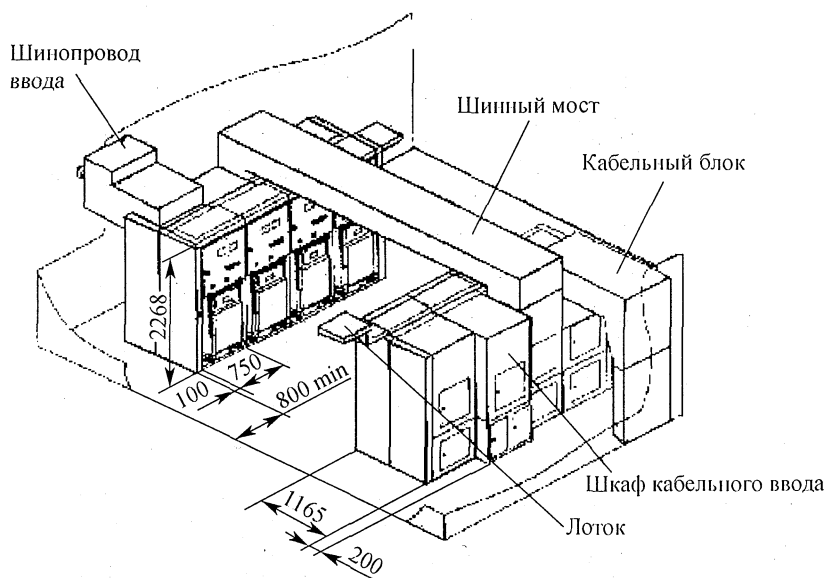


Рис. 6.3.1. Общий вид РУ с камерами К-63

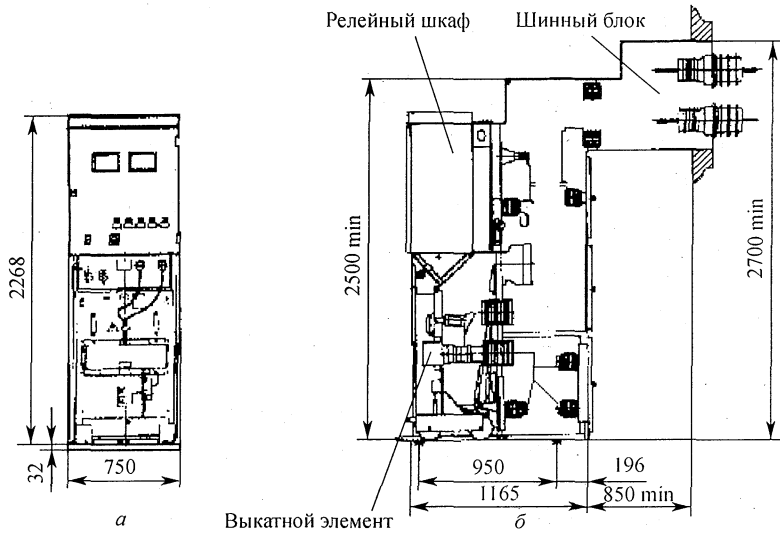


Рис. 6.3.2. Камера К-63 с шинным вводом (выводом):  
*a* — вид спереди; *б* — вид сбоку

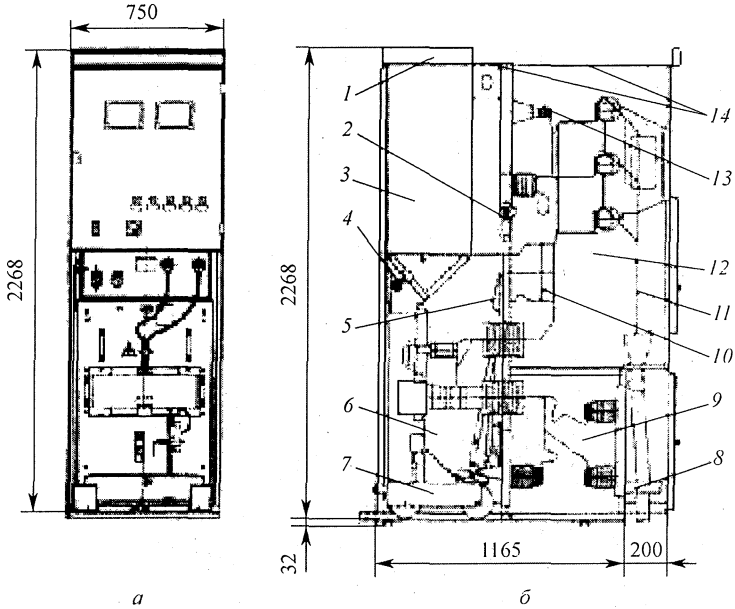


Рис. 6.3.3. Камера К-63 кабельного ввода (вывода) с подключением в камере: *a* — вид спереди; *б* — вид сбоку; 1 — лоток; 2 — заземляющий разъединитель; 3 — релейный шкаф; 4 — блокировочный замок; 5 — шторный механизм; 6 — отсек выкатного элемента; 7 — выкатной элемент с выключателем типа ВВ/ТЕL; 8 — трансформатор тока ТДЗЛ; 9 — отсек сборных шин; 10 — ТТ; 11 — силовой кабель; 12 — отсек ввода; 13 — ОПН; 14 — клапаны разгрузки избыточного давления

Таблица 6.3.3. Схемы первичных соединений камер К-63

Схема главных цепей								
Номер схемы	01, 02*	03, 04*	05	06, 07*	08, 09*			
Назначение	Ввод или отходящая линия		Ввод		В или ОЛ			
Номинальный ток, А	630; 1000; 1600		630	1600	630 — 1600			
Схема главных цепей								
Номер схемы	10, 11*	13	14	15, 16**	17	18	19	
Назначение	В или ОЛ			630—1600		630		
Номинальный ток, А	630-1600		КС	ТСН	СЕКЦ	к ТСН***	к ТСН свыше 250 кВ·А	
Схема главных цепей								
Номер схемы	22	23	24, 25	26	27	31		
Назначение		ТН	ТН и РВО (24) или ОПН (25)	ТН	СЕКЦ			
Номинальный ток, А				630 — 3150	630 — 1600			
Схема главных цепей								
Номер схемы	28	38	39	40	41	42	46	47, 48**
Назначение	СЕКЦ	Ввод		к ТСН до 630 кВ·А		Ввод		ТН
Номинальный ток, А	630 — 1600		80		630 — 1600			

\* Трансформаторы тока установлены в двух фазах.

\*\* Камеры с выводом шин влево (вправо).

\*\*\* Для подключения к ТСН мощностью до 250 кВ·А.

**Примечания:**

1. Более полная сетка схем первичных соединений приведена в информации завода-изготовителя.

2. Для выполнения кабельного ввода (вывода) на ток 1600 А с подключением более четырех кабелей (но не более восьми) используются две камеры, устанавливаемые рядом: первая камера выполняется по схемам 58, 59, 72, 84 или 91, вторая — по схемам 81 или 82. Эти камеры соединяются шинопроводом на ток 1000 А. Число изоляционных кабелей и трансформаторов нулевой последовательности определяются при проектировании.

Окончание табл. 6.3.3

Схема главных цепей							
Номер схемы	49; 50**	51; 52**	53	54	55	56; 57*	
Назначение	Ввод	В или ОЛ	СЕКЦ	ТН	ТН	В или ОЛ	
Номинальный ток, А		630 — 1600			630 — 3150	630 — 1600	
Назначение отпайки		ТН				ТН, ТСН	
Схема главных цепей							
Номер схемы	62	63; 64**	71	86	87	88	89
Назначение		СЕКЦ	ТН	ТСКС 40/10		К ТСН 250 кВ·А	ТН НОЛ 0,8
Номинальный ток, А		630 — 1600					
Схема главных цепей							
Номер схемы	69; 70*	73; 74*	75; 76*	77; 78**	92		
Назначение	В или ОЛ		Ввод		Ввод на 2600 А		
Номинальный ток, А			630; 1000; 1600		1600		
Назначение отпайки		ТН, ТСН		ТН			
Схема главных цепей							
Номер схемы	123	137	138; 139**	140			
Назначение	Секционирование						
Номинальный ток, А	1600						

\* В камерах трансформаторы тока установлены в двух фазах.  
 \*\* Камеры с выводом шин влево (вправо).

3. Для выполнения кабельного ввода на ток более 1600 А рекомендуется использовать две камеры по схемам 60 и 61 или 92 и 93, включенные параллельно с помощью шинопровода на ток 1600 А.

4. Шинный ввод (вывод) на ток более 1600 А можно осуществить с помощью двух камер по схемам 01 и 04, 49 и 52, 76 и 80. Возможны и другие варианты.

5. Камеры ввода с трансформаторами напряжения по схемам 03, 04, 10, 11, 89 изготавливаются с трансформаторами напряжения типа НОЛ.08-6(10) кВ. В остальных ячейках могут устанавливаться трансформаторы напряжения типа НАМИТ-10 или ЗНОЛ.06-6(10).

6. С помощью камер по схемам 25, 26, 46 и 55 можно через шинный мост соединить сборные шины в двух параллельно стоящих рядах КРУ.

7. Заземляющий разъединитель сборных шин должен стоять только в одной камере.

8. Для секционирования сборных шин используются камеры 27 и 31, которые устанавливаются рядом, или 02 и 53, которые устанавливаются в разных рядах и соединяются шинным мостом.

9. Для подключения ТСН мощностью до 250 кВ·А до выключателя ввода используются камеры по схеме 86 или 87. В случае подключения ТСН к сборным шинам используются камеры: по схеме 87 совместно с 25, 26, 42 или 46; камера по схеме 88.

10. В камере по схеме 13 устанавливаются конденсаторы мощностью не более 25 квар на фазу, предназначенные для снижения перенапряжений на сборных шинах.

11. В таблице используются следующие сокращения: В — ввод; ОЛ — отходящая линия; КС — конденсаторы; СЕКЦ — секционирование; КСб — кабельная сборка.

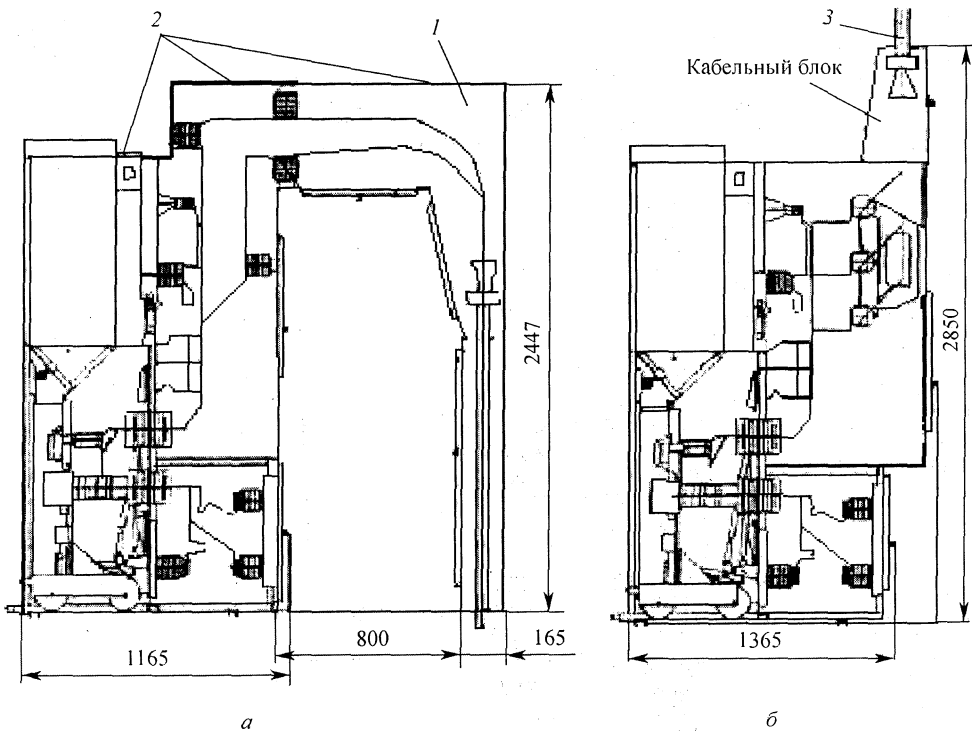


Рис. 6.3.4. Камера К-63 кабельного ввода (вывода) с подключением: а — вне камеры; б — сверху камеры: 1 — кабельный блок; 2 — клапаны разгрузки избыточного давления; 3 — высоковольтный кабель



**Основная встраиваемая аппаратура:**

- типы и параметры высоковольтных выключателей приведены в табл. 6.3.4;
- трансформаторы тока ТЛК-10-30,5-1500/5У3 (табл. 6.3.5);
- трансформаторы тока нулевой последовательности типа ТДЗЛ-0,66 (ОАО «Самарский трансформатор»);
- трансформаторы напряжения: НАМИТ-102УХЛ2 (ОАО «Самарский трансформатор»); ЗНОЛ.06-6(10)У3 и НОЛ.08-6(10) (СЗТТ, г. Екатеринбург);
- трансформаторы собственных нужд ТСКС-40/145/10У3 («Энергия», г. Раменское); ОЛС-0,63-6(10)У2 (СЗТТ, г. Екатеринбург);
- разрядники вентильные типа РВО-6(10)У1, ВЗВА (г. Великие Луки);
- ограничители перенапряжений типа ОПНп-6(10)УХЛ2 («Электрокерамика», г. Санкт-Петербург); ОПН-КС/TEL-6/6 УХЛ2; ОПН-КР/TEL-6(10) УХЛ2 («Таврида Электрик»).

КРУ серии К-63 может устанавливаться в одном распределительном устройстве с КРУ других серий (КМ-1Ф; К-104; КР-10У4) с помощью переходных шкафов как по секционному выключателю, так и по сборным шинам. При необходимости установки шкафов ввода и секционирования на ток 2000—3150 А рекомендуются шкафы ввода серии К-61М производства Самарского завода «Электроштит». Камеры К-61М стыкуются с камерами К-63 без переходных шкафов и могут устанавливаться в любом месте ряда РУ с камерами К-63.

Таблица 6.3.4. Типы и параметры выключателей камер К-63

Выключатель	Номинальный ток, А	Ток термической стойкости, кА
ВВ/TEL-10-12,5-20/630-1000 УХЛ2 («Таврида Электрик» г. Москва)	630; 800; 1000	12,5; 16; 20
ВВЭ-М-10-20-31,5/630-1600 У3 («Элеко», г. Минусинск)	630; 1000; 1600	20; 31,5
ВБПВ-10-20/630-1600 У2 («Элеко», г. Минусинск)	630; 1000; 1600	20; 31,5
ВБЭК-10-20(31,5)/630-1600У2 («Контакт», г. Саратов)	630; 1000; 1600	20; 31,5
ВВКЭ-10-20 (31,5)/630-1600 У3 («НТЭАЗ», г. Н. Тура)	630; 800; 1600	20; 31,5
ВБТЭ-1—20/630-1600 У2 («Электроаппарат», г. Уфа)	630; 1000; 1600	20
Вакуумный выключатель ЭВОЛИС-10-25(31,5)/630-1250 («Шнейдер Электрик»)	630; 1000; 1600 2500; 3150	20; 31,5 31,5
Элегазовый выключатель 1-Р-1-10-25/630-1250 («Мерлин Жерин», Франция)	1250	25

Таблица 6.3.5. Параметры трансформатора тока ТЛК камер К-63

Коэффициент трансформации	Ток термической стойкости, кА	Коэффициент трансформации	Ток термической стойкости, кА
30/5	1,6	400/5; 600/5; 800/5;	16
50/5; 75/5; 100/5; 150/5	4,0	1000/5	31,5
200/5; 300/5	10	1500/5	31,5

**Комплектные распределительные устройства серии К-61М** выпускаются с 2002 г. и предназначены для работы внутри помещения (климатическое исполнение УХЛ3 и Т3 по ГОСТ 15150—69) при тех же условиях, что и камеры К-63. Технические характеристики приведены в табл. 6.3.1, схемы первичных соединений камер серии К-61М — в табл. 6.3.6.

Таблица 6.3.6. Схемы первичных соединений камер К-61М

Схема главных цепей						
Номер схемы	01; 02*	03; 04**	05; 06**	08; 07*	09; 10*	11*; 13
Номинальный ток, А	630 — 3150			1250 — 3150	630 — 3150	
Схема главных цепей						
Номер схемы	12*; 14	15	16	17	18	
Номинальный ток, А	630 — 3150	630 — 1250				
Схема главных цепей						
Номер схемы	19; 20**	21; 22**	23; 24**	25; 26**	29; 30***	31; 32***
Номинальный ток, А	1250; 2000; 3150					2000; 3150
Схема главных цепей						
Номер схемы	35; 36**	37	38	39; 40**	41	42
Номинальный ток, А	1250; 2000; 3150		Н. д.	Н. д.	Н. д.	Н. д.

\* Трансформаторы тока установлены в двух фазах.

\*\* Камеры с выводом шин влево (вправо).

\*\*\* Схемы камер 30, 32, являются зеркальным отражением схем 29, 31 соответственно.

Камеры К-61М унифицированы, имеют аналогичную конструкцию основных узлов и одинаковые габаритные размеры. Исключение составляют камеры кабельного ввода (вывода) (вариант ввода кабеля в высоковольтный отсек снизу и сверху шкафа с присоединением в камере), глубина этих камер на 375 мм (токи 2000—3150 А) и на 200 мм (токи 630—1600 А) больше по сравнению с другими камерами.

#### Основная встраиваемая аппаратура:

- вакуумный выключатель ВВЭ-М-10-40(31,5)/2000-3150 УЗ («Элко», г. Минусинск); элегазовый выключатель LF-2 с номинальным током 630, 1250, 2000 А («Мерлин Жерин», Франция); элегазовый выключатель LF-3 с номинальным током 2500, 3150 А, ток отключения 31,5; 40 кА («Мерлин Жерин», Франция);
- трансформатор тока трехсердечниковый шинный типа ТЛШ-10-1 на токи 2000 и 3000 А (Свердловский завод трансформаторов);
- трансформатор тока ТЛК-10 на токи от 100 до 1500 А (АО «Самарский трансформатор»).

Остальное электрооборудование аналогично камерам К-63.

Присоединения (вводы, выводы) могут быть кабельными и шинными. Конструкция камеры на токи до 1600 А позволяет подключать не более четырех высоковольтных кабелей сечением  $3 \times 240 \text{ мм}^2$ , на токи свыше 1600 А — не более шести кабелей, а в камерах кабельных сборок на токи 2000—3150 А — не более десяти кабелей. Камеры К-63 и К-61М показаны на рис. 6.3.5.

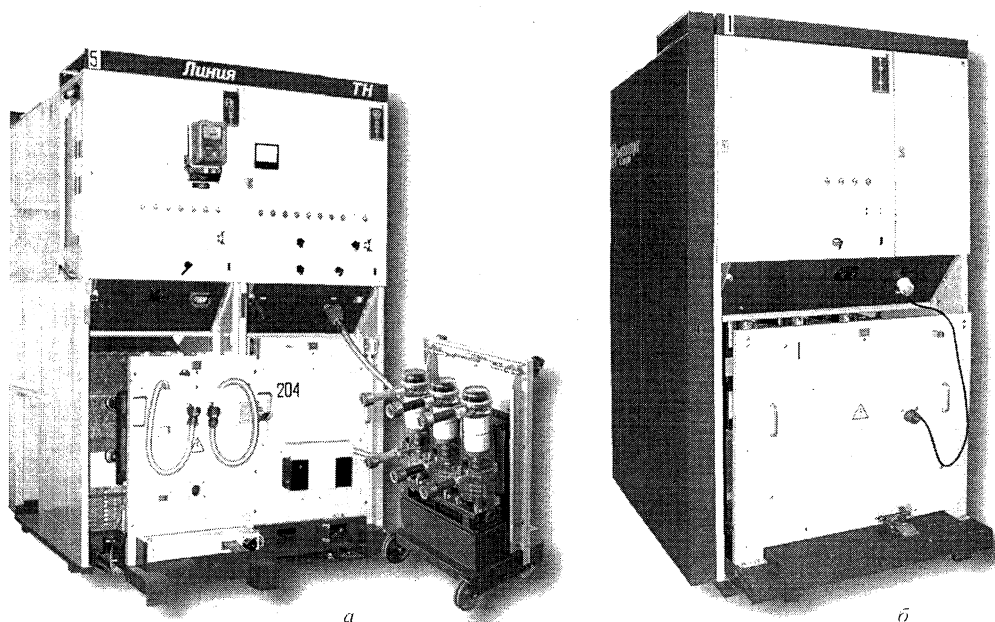


Рис. 6.3.5. Камера К-63 (а) и камера К-61М (б)

**Малогобаритные комплектные распределительные устройства серии К-66<sup>1</sup>** выпускаются Самарским заводом «Электроштит» с 2003 г. и предназначены для работы внутри помещения (климатическое исполнение УЗ и ТЗ по ГОСТ 15150—69). Сейсмостойкость камер — 9 баллов по шкале MSK-64. Могут использоваться для замены камер КСО серий 200 и 300.

*Выкатное исполнение* предусматривается только для камер с выключателями, остальные камеры выполняются *стационарного исполнения*.

При необходимости камеры К-66 могут применяться в составе камер КСО-ЗСЭЩ с выключателями нагрузки. Стыковка камер К-66 и КСО-ЗСЭЩ производится с помощью переходного шкафа шириной 400 мм, входящего в состав камер К-66.

**Типы основного высоковольтного оборудования:**

- выключатели ВБУП-10 или ВБУЭ-10 с пружинным или электромагнитным приводом (выключатель установлен на выкатном элементе);
- выключатели нагрузки ВНА-10;
- разъединители РВ-10У2 и РВЗ-10У2;
- трансформаторы тока типа ТОЛ-10У2;
- трансформаторы напряжения типа ЗНОЛП-10УХЛ2;
- трансформаторы собственных нужд типа ТСКС-40/145-10У3;
- предохранители для трансформаторов напряжения ПКН-001-10У3;
- предохранители типов ПКТ101-6(10)У3; ПКТ102-6(10)У3.

Основные технические характеристики камер К-66 приведены в табл. 6.3.7, схемы первичных соединений камер — в табл. 6.3.8.

Таблица 6.3.7. Технические характеристики камер К-66

Параметр	Значения
Номинальное напряжение, кВ	6—10
Номинальный ток сборных шин, А	1000; 1600
Номинальный ток камер с вакуумными выключателями, А	630; 1000; 1250
Номинальный ток камер с выключателями нагрузки, А	630
Номинальный ток камер с разъединителями, А	630; 1000; 1250
Номинальный ток отключения выключателя, А	20
Номинальный ток отключения выключателя нагрузки, А	630
Трехсекундный ток термической стойкости, кА	20
Ток электродинамической стойкости, кА	51

<sup>1</sup> Источник. ОАО «Самарский завод «Электроштит». Комплектное распределительное устройство напряжением 6—10 кВ серии К-66. Техническая информация ТИ-083. 2001.

Окончание табл. 6.3.7

Параметр	Значения
Тип вакуумного выключателя	ВБУЭ-10; ВБУП-10
Тип выключателя нагрузки	ВНА-10
Номинальный первичный ток встроенных трансформаторов тока, А	50; 100; 150; 200; 300; 400; 600; 800; 1000
Условия обслуживания	Одностороннее
Вид управления	Местное
Уровень изоляции по ГОСТ 1516.1—76	Нормальная, уровень «б»
Вид изоляции	Воздушная
Наличие изоляции токоведущих частей	С неизолированными и изолированными шинами
Вид присоединений	Кабельные, шинные
Номинальное напряжение вспомогательных цепей переменного и постоянного тока, В	220
Габаритные размеры (ширина × глубина × высота), мм	600 × 800 × 2000
Масса, кг, не более	450

Таблица 6.3.8. Схемы первичных соединений камер К-66

Схема главных цепей							
Номер схемы	01	02	03	04	05	06	
Назначение	Ввод или отходящая линия				Секционная камера с выключателем		
Схема главных цепей							
Номер схемы	07	08	09	10	11	12	13
Назначение	Секционная камера с разъединителем	ТН	ТН	ТСН	Камеры для подключения ТСН		

**Конструкция.** Основной конструктивной особенностью камер К-66 является нетрадиционное расположение фаз по глубине камеры (как в КРУ/TEL), что позволило значительно сократить ширину камер. Отличительные особенности камер К-66 по сравнению с камерами традиционной конструкции:

- выводы вертикально расположенных полюсов выключателя являются подвижными контактами разъединителей, которые также расположены вертикально (аналогичное решение использовано в камерах КРУ/TEL);
- уменьшено количество шин до одной на фазу длиной 200 мм;
- отсек релейной защиты и автоматики представляет собой корпус с выдвигаемым приборным контейнером, на дне которого установлена вертикальная панель с релейной аппаратурой.

КРУ серии К-66 поставляются отдельными камерами или транспортными блоками до трех камер в блоке со смонтированными в пределах блока соединениями главных и вспомогательных цепей.

Камера имеет четыре изолированных отсека:

- высоковольтного выключателя;
- трансформаторов тока и кабельной разделки;
- сборных шин;
- релейной защиты.

Присоединения (вводы, выводы) выполняются кабельными. Конструкция камеры позволяет подключать не более двух высоковольтных трехжильных кабелей сечением 240 мм<sup>2</sup> или трех одножильных кабелей сечением до 630 мм<sup>2</sup>. Возможен ввод шинопроводом через боковую стенку крайних камер КРУ или через заднюю стенку камеры.

Выкатной элемент с выключателем может перемещаться как в горизонтальной, так и в вертикальной плоскости. Перемещение выкатного элемента в вертикальной плоскости обеспечивает разрыв главной цепи камеры (рабочее и контрольное положение выкатного элемента). При перемещении в горизонтальной плоскости выкатной элемент может быть перемещен в ремонтное положение. Камеры КРУ оборудованы защитными автоматически закрывающимися шторками при перемещении выкатного элемента из рабочего положения в контрольное.

Схемы вспомогательных цепей могут быть выполнены на переменном и выпрямленном оперативном токе на основе микропроцессорных, электронных и электромеханических устройств. Аппаратура вспомогательных цепей размещается в релейных отсеках камер и в камерах НКУ.

В КРУ серии К-66 применена быстродействующая дуговая защита, выполненная на светочувствительных элементах, установленных в высоковольтных отсеках, в сочетании с клапанами разгрузки избыточного давления.

Общий вид камер К-66 показан на рис. 6.3.6, вариант распределительного устройства с камерами К-66 и КСО-3СЭЩ (стыковка камер осуществляется через переходной шкаф) представлен на рис. 6.3.7.

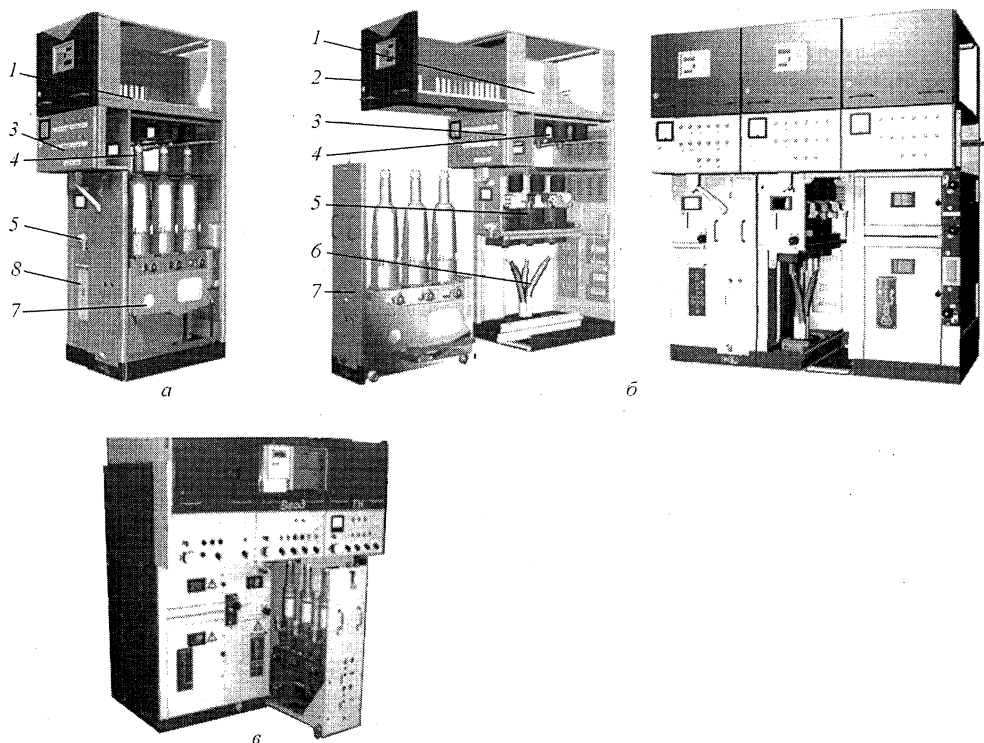


Рис. 6.3.6. КРУ серии К-66: *а* — К-66 со снятой правой стенкой; *б* — доступ в отсек для разделки кабеля; *в* — внешний вид камер К-66; 1 — релейный шкаф; 2 — выдвижная панель; 3 — шкаф сигнализации; 4 — отсек сборных шин; 5 — отсек заземлителя и трансформаторов тока; 6 — отсек ввода кабелей; 7 — съемная панель отсека ввода кабелей; 8 — выкатной элемент с вакуумным выключателем

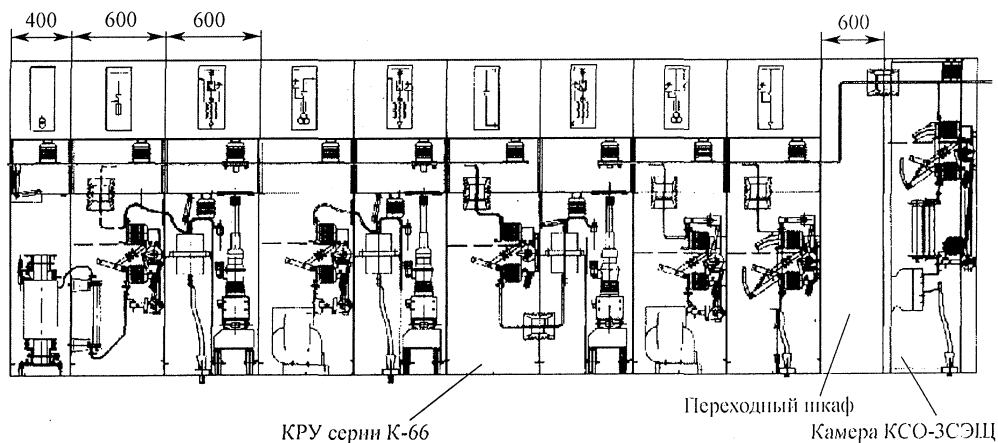


Рис. 6.3.7. Распределительное устройство с камерами К-66 и КСО-3СЭЩ

### 6.3.3. Комплектные распределительные устройства производства ОАО «Московский завод «Электрощит»<sup>1</sup>

Заводом выпускаются КРУ следующих серий:

- двухстороннего обслуживания: К-104 и К-104МС1 на номинальные токи до 1600 А; К-105 и К-105С1<sup>2</sup> на номинальные токи 2000—3150 А;
- одностороннего обслуживания: К-XXVI на номинальные токи до 1600 А; К-XXVII на номинальные токи 2000—3150 А.

КРУ имеют исполнение УЗ по ГОСТ 15150, одинаковые габаритные размеры, жесткую конструкцию, в которую встроены токоведущие части (сборные шины и отпайки), трансформаторы тока, трансформаторы напряжения и др. В верхней части камер устанавливаются релейные шкафы со встроенной аппаратурой РЗиА, управления, измерения, сигнализации, клеммниками и цепями вторичных соединений. На выкатных тележках размещены выключатели, трансформаторы напряжения и др. По требованию заказчика в поставку могут входить: шинные вводы для ближнего и дальнего ряда секций КРУ; шинные мосты между секциями КРУ при двухрядном расположении камер; навесные релейные шкафы, устанавливаемые вне шкафов КРУ.

**Комплектные распределительные устройства серии К-104М и К-104МС1.** Технические характеристики камер приведены в табл. 6.3.1, технические характеристики выключателей — в табл. 6.3.9, схемы первичных соединений камер представлены в табл. 6.3.10. Основное конструктивное отличие камер К-104М и К-104МС1 от камер К-63, К-61М — размещение сборных шин в нижней части камеры. Конструкция камер с шинными и кабельными вводами показана на рис. 6.3.8—6.3.10, варианты размещения камер К-104М в помещении РУ приведены на рис. 6.3.11, 6.3.12.

Дуговая защита отсека сборных шин камер выполнена с помощью дугоуловителей и клапанов разгрузки с концевыми выключателями, установленными по торцам секций КРУ. При открывании клапанов разгрузки контакты концевых выключателей подают сигнал на отключение выключателей ввода. Кроме того, предусмотрена фототиристорная дуговая защита. Фототиристоры устанавливаются в отсеке выключателя (трансформатора напряжения) и в линейном отсеке. Для защиты сборных шин фототиристоры устанавливаются в каждой третьей камере в отсеке сборных шин. При срабатывании фототиристорной защиты сигнал подается на отключение выключателя камеры или вводного (при срабатывании в отсеке сборных шин).

<sup>1</sup> Источник. ОАО «Московский завод «Электрощит». Устройства комплектные распределительные (КРУ) внутренней установки напряжением 6 и 10 кВ. Техническая информация. Изд-е 3-е, дополненное. Москва, 2003.

<sup>2</sup> Буква С в обозначении означает сейсмостойкое исполнение.



Таблица 6.3.9. Технические характеристики выключателей, устанавливаемых в камерах К-104М и К-104МС1

Тип	Завод-изготовитель	Номинальное напряжение, кВ	Номинальный ток, кА	Номинальный ток отключения, кА	Ток электродинамической стойкости, кА	Номинальное напряжение привода, В	
						постоянное	переменное
<b>Элегазовые</b>							
HD4/GT 12.06.20	ООО «АББ Мос-электроцит»	10	630	20	51	110; 220	220
HD4/GT 12.12.20 HD4/GT 12.12.32 HD4/GT 12.12.40	ООО «АББ Мос-электроцит»	10	1250	20 31,5 40	51 81 128	220	220
LF <sub>2</sub>	Шнейдер-Электрик	6, 10	630; 1250; 1600	40; 50	100; 125	110; 220	220
ВГП-6	ФГУП «РФЯЦ-ВНИИЭФ», г. Саратов	6	630; 1600	40	100	110; 220	220
<b>Вакуумные</b>							
ВБПВ-10	АО «Электрокомплекс», г. Минусинск	10	630; 1000; 1600	20; 31,5	50; 80	110; 220	220
ВВЭ-10	АО «Электрокомплекс», г. Минусинск						—
ВБЧЭ-10	АО «Энергетики и экологии» (ЭНЭКО)					220	220
ВБЭК-10	ГНПП «Контакт», г. Саратов				50	110; 220	220
ВБКЭ-10	НТЭАЗ, г. Нижняя Тура				50; 80	220	220
ВВ/TEL	Таврида Электрик	10	630; 1000; 800; 1600	12,5; 20	50	220	220
ЭВОЛИС	Шнейдер-Электрик	6; 10	630; 1250; 1600	25; 31,5	64; 80	110; 220	110; 220
ВБТЭ-М-10	ОАО Уфимский завод «Электроаппарат», г. Уфа	10	630; 1600	20	51	220	—
<b>Маломасляные</b>							
ВКЭ-М-10	НТЭАЗ, г. Нижняя Тура	10	630; 1000; 1600	20; 31,5	50; 80	110; 220	—

Таблица 6.3.10. Схемы первичных соединений камер К-104М и К-104МС1

Схема главных цепей						
Номер схемы	101; 102*	103; 104*	105; 106*	110; 111*	112; 113*	114; 115*
Номинальный ток, А	630; 1000; 1250; 1600					
Схема главных цепей						
Номер схемы	122; 123*	124; 125*	126; 127*	128; 129*	144; 146**	148; 149*
Номинальный ток, А	630; 1000; 1250; 1600				630	630 — 1600
Схема главных цепей						
Номер схемы	155***	160	171; 172**	173; 174*	225	176; 177*
Номинальный ток, А	630		630 — 1600	1000 — 1600	630 — 1600	1000 — 1600
Схема главных цепей						
Номер схемы	178	203	238	251-1	252	255
Номинальный ток, А	1000; 1600	-	1000 — 2000	-	-	-

Окончание табл. 6.3.10

Схема главных цепей						
Номер схемы	261-1	263	263-1	265	269	272
Номинальный ток, А	-		1000—2000	-		-
Схема главных цепей						
Номер схемы	274	275	282-1	284; 285**	292	297
Номинальный ток, А	-		630—1600	-		-
Схема главных цепей						
Номер схемы	302; 303**	305; 306**	428	602; 603**	506; 507**	630; 631
Номинальный ток, А	-		1600—2000	630—1600		

Примечания:

1. Номинальные токи сборных шин: 1000; 1600; 2000; 2500 А.
2. Более подробная сетка схем приводится заводом-изготовителем.
3. Максимальное число подключаемых кабелей в схемах (n):

Номер схемы	101—105	144; 146	144; 146	144; 146	155; 160
n	4(3×240)	2(3×240)	2(3×240)	4(3×240)	2(3×240)
Номер схемы	173—174-2	175	225—238	251; 251-1; 252; 253; 281	
n	4(3×240)	2(3×240)	4(3×240)	2(3×240)	
Номер схемы	292-2; 293; 294		299	308	318
n	4(3×240)		2(3×240)	4(3×240)	1(3×240)
Номер схемы	430; 432; 501—520; 605; 635; 636; 648; 648-1				ГТЭС-4
n	4(3×240)				3(3×240)

\* Камера с трансформаторами тока в трех фазах.

\*\* Камера с выводом шин вправо (влево).

\*\*\* Кабельный ввод сверху не изготавливается.

Таблица 6.3.11. Размеры камер серии К-104М

Размер	Значение размера, мм	Номер рисунка
Ширина	750	6.3.7; 6.3.8
L	1150	Для камер с маломасляными и вакуумными выключателями: 6.3.7, а; 6.3.8; 6.3.9
	1265	Для камер с элегазовыми выключателями VF: 6.3.7, а; 6.3.8; 6.3.9
	1365	Для камер с элегазовыми выключателями VF <sub>2</sub> : 6.3.7, а; 6.3.8; 6.3.9
L <sub>1</sub>	1305	Для камер с маломасляными и вакуумными выключателями: 6.3.7, б
	1435	Для камер с элегазовыми выключателями VF: 6.3.7, б
	1525	Для камер с элегазовыми выключателями VF <sub>2</sub> : 6.3.7, б
L <sub>2</sub>	2100	Для камер с маломасляными и вакуумными выключателями: 6.3.9
	2215	Для камер с элегазовыми выключателями VF: 6.3.9
	2305	Для камер с элегазовыми выключателями VF <sub>2</sub> : 6.3.9
H	2200	6.3.8
	2230	6.3.7, б
	2432	6.3.9
	2900	6.3.7, а

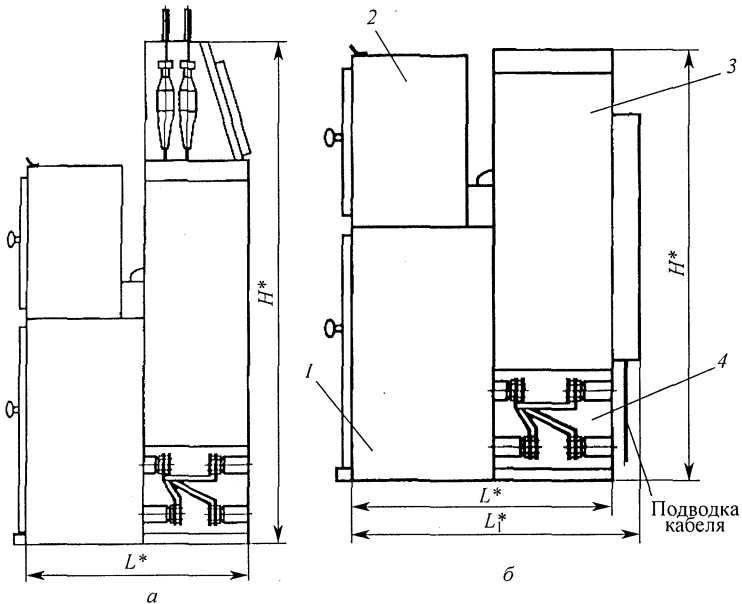


Рис. 6.3.8. Камеры К-104М с кабельными вводами: а — сверху камеры; б — снизу камеры; 1, 4 — отсеки сборных шин; 2 — релейный шкаф; 3 — линейный отсек

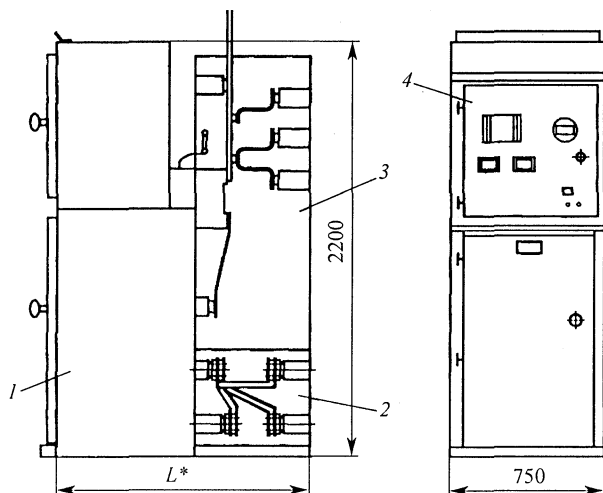


Рис. 6.3.9. Камера К-104М с выключателем и шинным вводом сверху: 1, 2 — отсеки сборных шин; 3 — линейный отсек; 4 — релейный шкаф

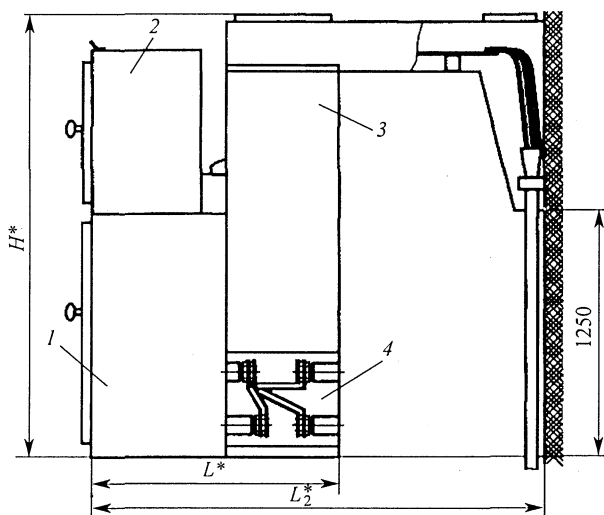


Рис. 6.3.10. Камера К-104М с выключателем и кабельным вводом вне камеры: 1 — отсеки сборных шин; 2 — релейный шкаф; 3 — линейный отсек

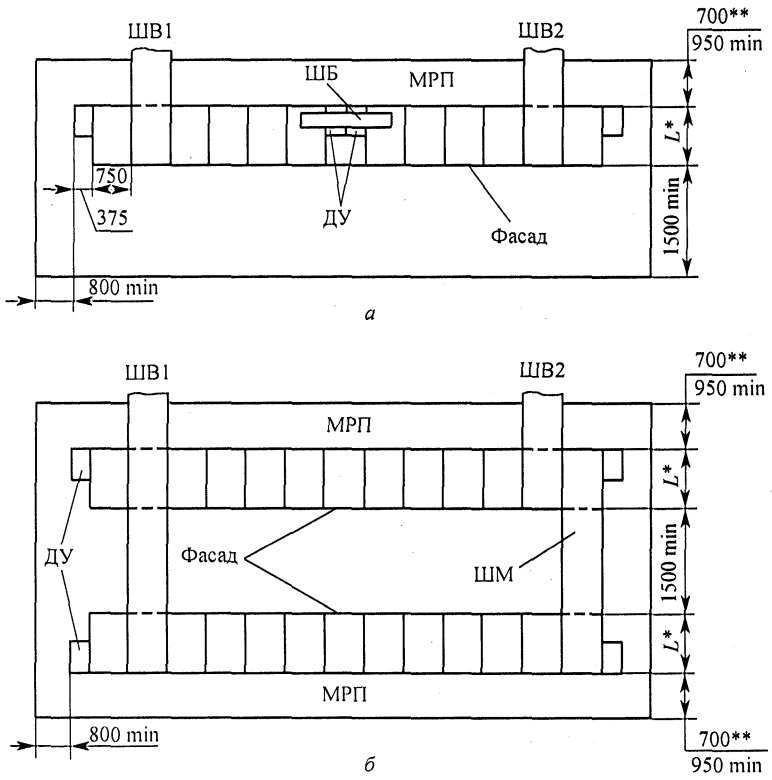


Рис. 6.3.11. Варианты размещения камер серии К-104М в помещении РУ: а — однорядное; б — двухрядное; ДУ — дугоуловители; МРП — монтажно-ремонтный подход; ШВ — шинные вводы; ШМ — шинный мост

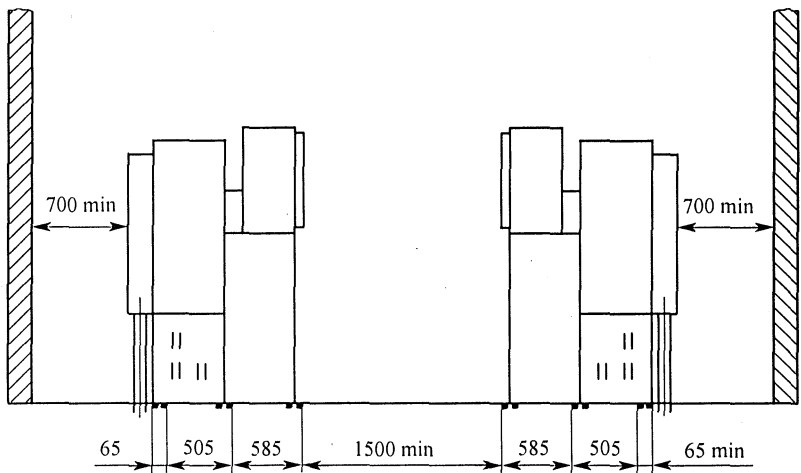


Рис. 6.3.12. Двухрядное размещение камер К-104М с кабельными вводами снизу камеры

**Камеры К-104М специального назначения:**

- для трансформаторных подстанций с трансформаторами мощностью до 630 кВ·А;
- для газотурбинных электростанций мощностью от 1,5 до 9,5 МВ·А;
- с R-C цепями, предназначен для защиты от перенапряжений в сетях 6 и 10 кВ;
- с трансформаторами собственных нужд мощностью 40 кВ·А напряжением 6 и 10 кВ; с низковольтной аппаратурой.

**Комплектные распределительные устройства серии К-105 и К-105С1** предназначены для ввода и секционирования в распределительных устройствах 6 и 10 кВ с камерами К-104М при токах нагрузки, превышающих 1600 А (но не более 3150 А). Данная серия камер применяется также для отходящих линий при токах нагрузки более 1600 А. Основные технические характеристики камер приведены в табл. 6.3.1, параметры выключателей, встраиваемых в камеры К-105 и К-105С1, — в табл. 6.3.13, габаритный чертеж представлен на рис. 6.3.13, схемы первичных соединений камер — в табл. 6.3.14. На рис. 6.3.14 показано двухрядное расположение камер серии К-105 с камерами К-104М в помещении РУ.

Таблица 6.3.12. Технические характеристики выключателей, устанавливаемых в камерах К-105 и К-105С1

Тип	Номинальное напряжение, кВ	Номинальный ток, кА	Номинальный ток отключения, кА	Ток электродинамической стойкости, кА	Номинальное напряжение привода, В	
					постоянное	переменное
<b>Элегазовые</b>						
HD4/GT12.32.40	12	3150	40	128	220	220
LF <sub>3</sub>	6, 10	2500; 3150	31,5; 50	79; 125	110; 220	110; 220
<b>Вакуумные</b>						
ВВЭ-М-10-3150	10	3150	31,5; 40	128	220	—
ВБЭ-10	10	2000; 3150	31,5	80	220	—
ВБЧЭ-10	10	3150	31,5; 40	128	220	—

*Примечание.* Возможна установка других типов выключателей по согласованию с заводом-изготовителем.

Таблица 6.3.13. Размеры камер К-105 и К-105С

Размер	Значение размера, мм	Примечание
M	1000	Для камер с элегазовыми выключателями всех типов
	1125	Для всех остальных выключателей
L	1410	По основанию
L <sub>1</sub>	1450	По основанию с учетом фасадных дверей
L <sub>2</sub>	1480	По глубине камеры
H	2100	Корпус камеры
H <sub>1</sub>	2340	—

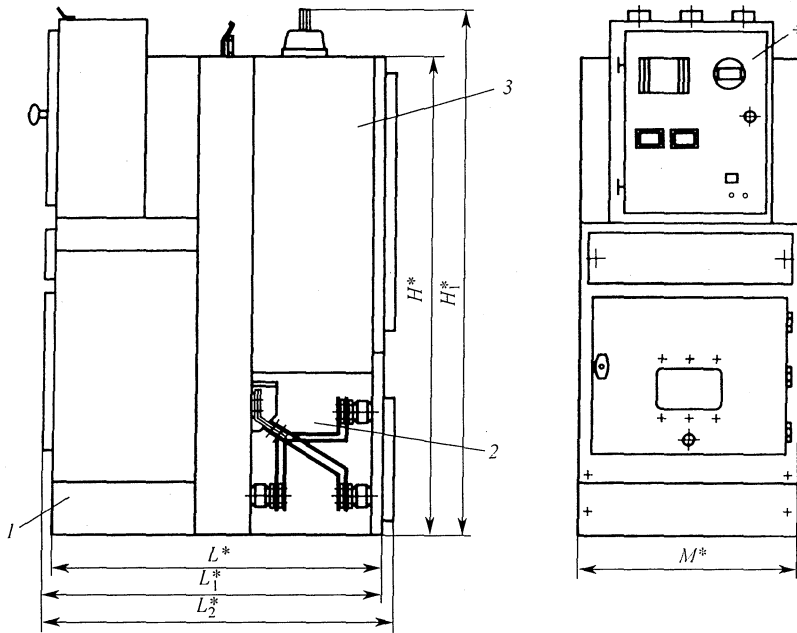


Рис. 6.3.13. Камера К-105 шинного ввода с выключателем: 1 — отсек выкатного элемента; 2 — отсек сборных шин; 3 — линейный отсек; 4 — релейный шкаф

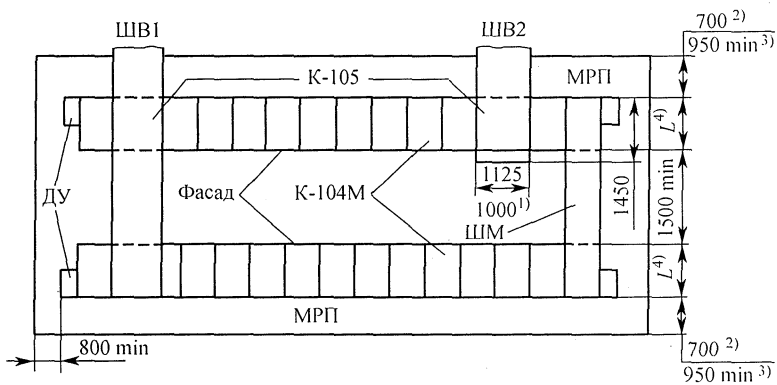


Рис. 6.3.14. Двухрядное расположение камер серии К-105 с камерами К-104 в помещении РУ: 1) — размеры для камер серии К-105 с элегазовыми выключателями; 2) — монтажно-ремонтный проход для камер с кабельными вводами снизу камеры; 3) — монтажно-ремонтный проход для камер с кабельными вводами вне камеры; 4) — размеры для камер К-104М; ДУ — дугоуловители; ШВ1, ШВ2 — шинные вводы; ШМ — шинный мост; МРП — монтажно-ремонтный проход



Таблица 6.3.14. Схемы первичных соединений камер К-105 и К-105С1

Схема главных цепей							
Номер схемы	111	111-1 <sup>1)</sup>	113, 115 <sup>2)</sup>	135	136, 137 <sup>2)</sup>	176	
Схема главных цепей							
Номер схемы	176-1, 176-2 <sup>2)</sup>	176-3 <sup>1)</sup> , 176-4 <sup>1)</sup>	177 <sup>1)</sup>	177-1, 177-2 <sup>1)</sup>	177-3		
Схема главных цепей							
Номер схемы	180	181	182, 183 <sup>2)</sup>	184, 185 <sup>2)</sup>	186, 187 <sup>2)</sup>	186-1	255-1 <sup>3)</sup>
Схема главных цепей							
Номер схемы	269-1 <sup>3)</sup>	428 <sup>4)</sup>	428-1 <sup>5)</sup>	509, 510	513	515, 516	611

<sup>1)</sup> Камера с элегазовыми выключателями на номинальные токи отключения 31,5 и 40 кА.

<sup>2)</sup> Вывод шин вправо (влево). <sup>3)</sup> Камеры шириной 750 мм напряжением 6 кВ.

<sup>4)</sup> Камеры шириной 750 мм при номинальном токе до 2000 А напряжением 10 кВ, при токе - 3150 А — на напряжение 6 кВ. <sup>5)</sup> Камеры шириной 750 мм на напряжение 10 кВ.

Примечания: 1. Номинальный ток камер 2000 и 3150 А.

2. Более подробная сетка схем приведена в информации завода-изготовителя.

3. Максимальное количество подключаемых кабелей в схемах (n):

Номер схемы	182 — 185	186 — 187; 255-1; 269-1(2); 428; 428-1	509; 510
n	10(3×240)	12(3×240)	12(3×240)
Номер схемы	511; 512	518; 524; 525	528; 529
n	12(3×240)	10(3×240)	12(3×240)

Комплектные распределительные устройства серии К-XXVI, К-XXVII одностороннего обслуживания выпускаются с 1977 г. В камерах этих серий сборные шины расположены в верхнем отсеке. Применение камер одностороннего обслуживания обеспечивает возможность их размещения в помещениях РУ, имеющих меньшую ширину.

Камеры К-XXVI выпускаются на токи до 1600 А. Камеры К-XXVII предназначены для ввода и секционирования в распределительных устройствах с камерами К-XXVI при токах, превышающих 1600 А, но не более 3150 А. Могут применяться также для отходящих линий 6 и 10 кВ при токах нагрузки более 1600 А.

Технические характеристики камер К-XXVI, К-XXVII приведены в табл. 6.3.2, камера отходящей линии представлена на рис. 6.3.15, выкатные элементы с вакуумным выключателем ВВ/TEL и элегазовым выключателем VF12 показаны на рис. 6.3.16, однорядное и двухрядное расположение камер — на рис. 6.3.17. Параметры используемых выключателей даны в табл. 6.3.15. Схемы первичных соединений камер К-XXVI и К-XXVII — в табл. 6.3.16, 6.3.17. Вариант стыковки камер серии К-XXVII с камерами серии К-XXVI представлен на рис. 6.3.18, вариант двухрядного расположения камер К-XXVII с камерами серии К-XXVI в одном помещении РУ показан на рис. 6.3.19.

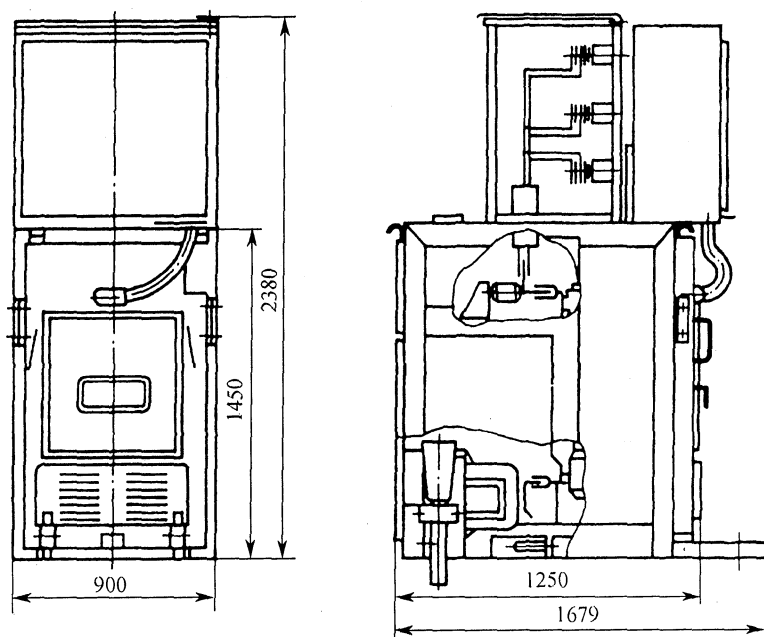


Рис. 6.3.15. Камера отходящей линии КРУ серии К-XXVI

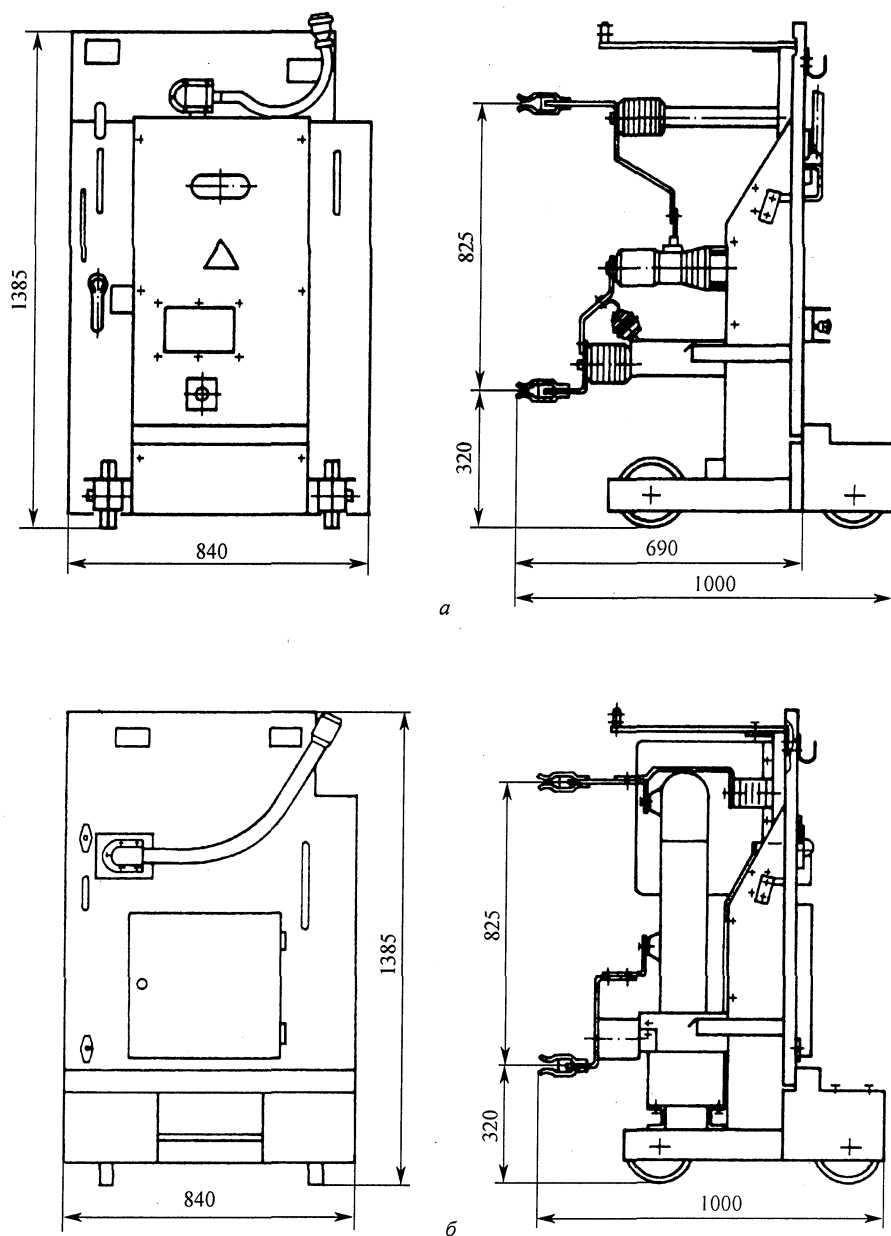


Рис. 6.3.16. Выкатные элементы камер серии К-XXVI с вакуумным выключателем ВВ/TEL (а) и с элегазовым выключателем UF12 (б)

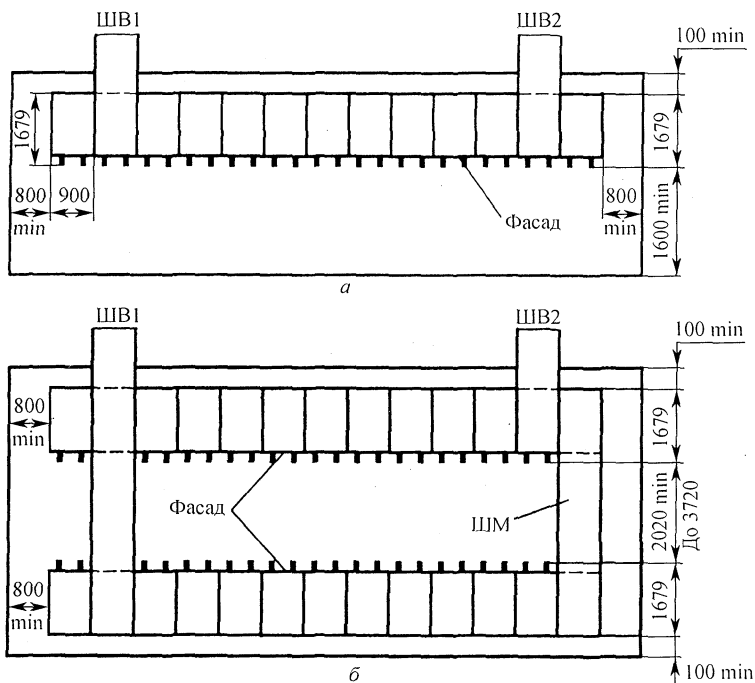


Рис. 6.3.17. Варианты размещения камер серии К-XXVI в помещении РУ: а — однорядное; б — двухрядное; ШВ — шинные вводы; ШМ — шинный мост между двумя рядами камер

Таблица 6.3.15. Технические характеристики выключателей, устанавливаемых в камерах К-XXVI, К-XXVII

Тип	Номинальное напряжение, кВ	Номинальный ток, кА	Номинальный ток отключения, кА	Ток электродинамической стойкости, кА	Номинальное напряжение привода, В	
					постоянное	переменное
<b>К-XXVI элегазовые</b>						
VF-12	10	630; 1250; 1600	16; 20; 31,5	40; 50; 80	220	220
<b>К-XXVI вакуумные</b>						
ВБЭС-10	10	630; 1000; 1600	20; 31,5	50	220	220
ВВТЭ-М-10				50; 80		
ВБЧЭ-10				80		
ВВ/TEL			20	50		
ВБЭ-10	10	2000; 3150	31,5	80	220	—
ЭВОЛИС	6; 10	630; 1250; 1600	25; 31,5	64; 80	110; 220	110; 220
<b>К-XXVI маломасляные</b>						
ВМПЭ-10	10	630; 1000; 1600	20; 31,5	50; 80	220	—
<b>К-XXVII маломасляные</b>						
ВМПЭ-10	10	3150	31,5	80	220	—

Примечание. Возможна установка других типов выключателей по согласованию с заводом-изготовителем.

Таблица 6.3.16. Схемы первичных соединений камер К-XXV1

Схема главных цепей							
Номер схемы	101; 102*	103; 104* (105; 106*)	108 (109)	110; 111*	112; 113* (114; 115*)		
Номинальный ток, А	630; 1000; 1600			630			
Схема главных цепей							
Номер схемы	122; 123* (124; 125*)	126; 127* (128; 129*)	152; 153*	154	159	160	167 (168)
Номинальный ток, А	630; 1000; 1600			630	630—1600	630	630—1600
Схема главных цепей							
Номер схемы	201	202	251	252 (253)	255	263	269
Номинальный ток, А	-	-	-	630	-	-	-
Схема главных цепей							
Номер схемы	272	274	275	276	277	278	
Номинальный ток, А	-	-	-	-	630—1600	-	

Окончание табл. 6.3.16

Схема главных цепей								
Номер схемы	279 (280)	288 (289)	290 (291)	295	301	302	304	602(603)
Номинальный ток, А	-	630—1600	-	630—1600	Трансформатор до 63 кВ·А		6 и 10 кВ	630—1600
Схема главных цепей					*Трансформаторы тока устанавливаются в трех фазах. **Камеры, указанные в скобках, выпускаются с выводом шин вправо.			
Номер схемы	501	604	632	633(634)				
Номинальный ток, А	630—1600							

Таблица 6.3.17. Схемы главных цепей шкафов КРУ серий К-XXVII

Схема главных цепей							
Номер схемы	119	127(129)	140	138 (139)	419(420)	504(505)	507(508)
Схема главных цепей							
Номер схемы	513	515 (516)	517(518)	637 (638)	639 (640)	641 (642)	643 (644)

Примечания: 1. Камеры, указанные в скобках, выпускаются с выводом шин влево (вправо).  
2. Номинальный ток камер 2000, 3150 А.

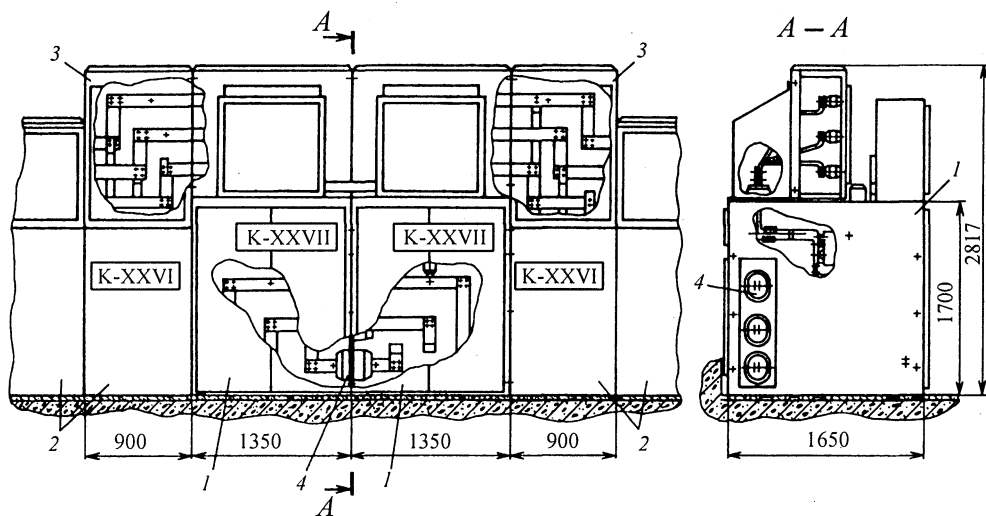


Рис. 6.3.18. Вариант стыковки камер серии К-VII с камерами К-VI: 1 — камеры серии К-VII; 2 — камеры серии К-VI; 3 — отсек сборных шин; 4 — трансформаторы тока

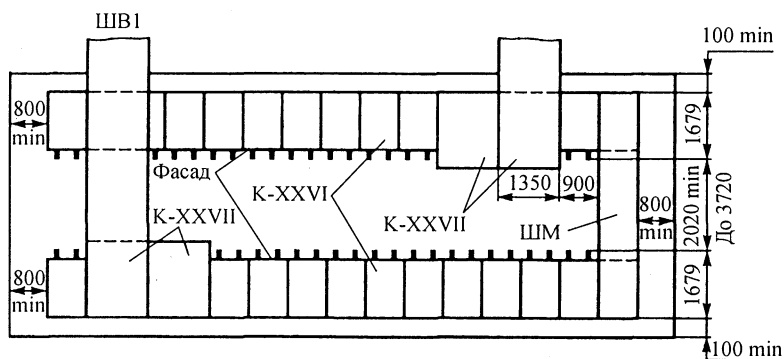


Рис. 6.3.19. Вариант двухрядного размещения камер серии К-XXVII с камерами серии К-XXVI: ШВ — шинные вводы на секцию шин; ШМ — шинный мост между двумя рядами камер

**Комплектные распределительные устройства серии К-XXVIM.** Камеры данной серии отличаются от камер К-XXVI меньшими габаритными размерами и массой, что достигнуто применением в качестве основного коммутационного аппарата вакуумного выключателя типа ВБ-10/20/1600 УХЛ2. Другие типы выключателей не применяются. Основные технические характеристики камер К-XXVIM приведены в табл. 6.3.17. Схемы первичных соединений аналогичны схемам камер К-XXVI.

Камеры серии К-XXVIM устанавливаются непосредственно без переходных шкафов с камерами К-ХII, К-XXVI, К-XXVII. В камерах К-XXVIM могут быть предусмотрены любые виды защит: электромеханические реле, микропроцессорные терминалы типа Сириус, SEPAM, SPAC, Темп-2501, БМРЗ и др. по согласованию с заказчиком.

Таблица 6.3.17. Технические характеристики камер К-XXVIM

Параметр	Значения
Номинальное напряжение, кВ	6; 10
Наибольшее рабочее напряжение, кВ	7,2; 12
Номинальный ток главных цепей, А	630; 1000; 1600
Номинальный ток отключения выключателя, кА	20*
Номинальный трехсекундный ток термической стойкости, кА	20
Номинальный ток электродинамической стойкости, кА	50
Габаритные размеры камеры (ширина × глубина × высота), мм	750 × 1656 × 2500
Масса, кг, не более	720

\* Ток термической стойкости заземляющего разъединителя — 20 кА при времени протекания тока 1 с.

#### 6.3.4. Комплектные распределительные устройства «Классика» серии D-12P

Совместное российско-польское предприятие «КРУЭЛТА» производит комплектные распределительные устройства «Классика» серии D-12P с вакуумными выключателями ВВ/TEL. КРУ этой серии применяются в качестве РУ напряжением 10(6) кВ трансформаторных подстанций, в том числе комплектных и контейнерных напряжением 110/35/10(6) кВ, 110/10(6) кВ, 35/10(6) кВ и 10(6)/0,4 кВ, а также в качестве распределительных пунктов.

КРУ серии D-12P предназначены для работы внутри помещений при следующих условиях:

- высота над уровнем моря до 1000 м;
- верхнее рабочее (эффективное) значение температуры окружающего воздуха не выше плюс 45 °С;
- нижнее рабочее значение температуры окружающего воздуха не ниже минус 25 °С;
- тип окружающей среды — II по ГОСТ 15150–69.

При необходимости применения КРУ в помещениях с температурой окружающего воздуха ниже минус 25 °С в шкафах КРУ предусматривается установка антиконденсатных нагревательных элементов, обеспечивающих нормальные температурные условия работы комплектующей аппаратуры. Нагревательные элементы включаются автоматически при понижении температуры ниже минус 25 °С.

##### Отличительные особенности:

- оригинальная конструкция, обеспечивающая легкий доступ к оборудованию;
- широкий диапазон рабочих параметров (токи от 630 до 4000 А, токи короткого замыкания до 50 кА);



- в сетке схем первичных соединений предусмотрены: камера с конденсаторной батареей для компенсации реактивной мощности и камера отходящей линии с контактором и плавким предохранителем;
- корпус выполнен из высококачественной стали с алюмоцинковым покрытием;
- применена система дуговой защиты с применением концевых выключателей или VAMP (система, реагирующая на вспышку и прирост тока с использованием оптоволоконка);
- продуманная система блокировок.

#### **Основная встраиваемая аппаратура:**

- контакторы V-7, V-12;
- выключатели нагрузки NAL, NALF;
- вакуумные выключатели: ВВ/TEL (630—1600 А, «Таврида Электрик»), VD4 (630—3150 А, «ABB»), EVOLIS (630—2500 А, «Schneider Electric»), HVX, ECA (4000 А, «ALSTOM»);
- заземлители UWEa, UMR («ELEKTROBUDOWA»);
- измерительные трансформаторы тока и напряжения (по требованию заказчика);
- ограничители перенапряжений ОПН/TEL («Таврида Электрик»);
- микропроцессорные устройства РЗиА (по требованию заказчика);
- системы дуговой защиты (по требованию заказчика).

Основные технические характеристики и классификация исполнений КРУ серии D-12PR приведены в табл. 6.3.18, 6.3.19, схемы первичных соединений камер — в табл. 6.3.20. Общий вид распределительного устройства с камерами D-12P представлен на рис. 6.3.20.

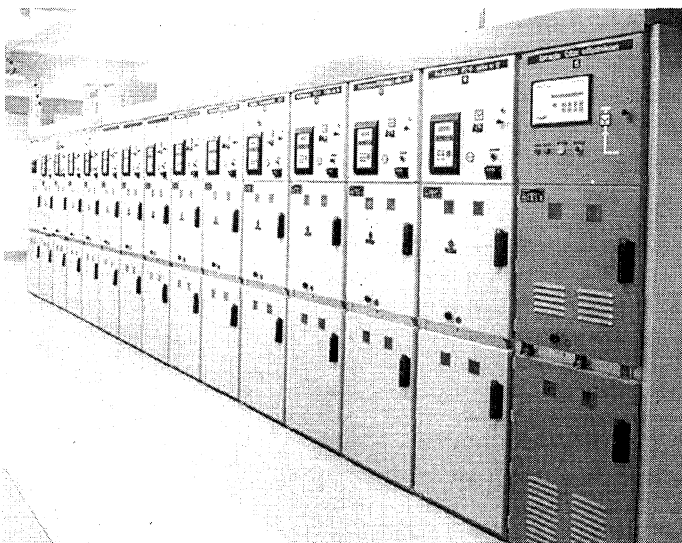


Рис. 6.3.20. Комплектное распределительное устройство серии D-12 напряжением 10(6) кВ на базе камер «Классика»

Таблица 6.3.18. Техническая характеристика камер серии D-12P

Параметр	Значение
Номинальное напряжение, кВ	6,0; 10,0
Наибольшее рабочее напряжение, кВ	12,0
Номинальный ток сборных шин, А	630; 1000; 1250; 1600; 2500; 3150; 4000
Номинальный ток главных цепей, А	630; 1000; 1250*; 1600; 2500*; 3150*
Номинальный ток отключения выключателей, встроенных в КРУ, кА	12,5; 20; 31,5; 40; 50
Ток электродинамической стойкости (амплитуда), кА	До 125
Ток термической стойкости, кА	20; 31,5; 40; 50
Время протекания тока термической стойкости, с: для главных цепей для заземляющих цепей	3 1
Номинальное напряжение вспомогательных цепей, В	До 220**
Габаритные размеры шкафов, мм: ширина глубина высота	600***; 750 1300 2150; 2320
Масса, кг	От 540

\* С выключателями VD4 производства компании АВВ.

\*\* Любое стандартное напряжение постоянного, переменного или выпрямленного тока.

\*\*\* Шкафы шириной 600 мм изготавливаются по специальному заказу.

Таблица 6.3.19. Классификация исполнений КРУ серии D-12P

Признак классификации	Исполнение
Уровень изоляции по ГОСТ 1516.1—76	Нормальный
Изоляция	Воздушная
Изоляция ошиновки	С неизолированными шинами
Вид линейных высоковольтных присоединений	Кабельные и шинные
Наличие выдвижных элементов в камерах	С выдвижными элементами Без выдвижных элементов
Условия технического обслуживания	Одностороннее Двухстороннее*
Оболочка	Сплошная металлическая
Степень защиты оболочек по ГОСТ 14254—96	IP4X
Вид управления	Местное, дистанционное, телемеханическое

\* Изготавливаются по специальному заказу.