



ТОМСКИЙ  
ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ  
УНИВЕРСИТЕТ



ИНЖЕНЕРНАЯ  
ШКОЛА  
ЭНЕРГЕТИКИ

# ЭКСПЛУАТАЦИЯ ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЯ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СТАНЦИЙ

Лекция № 3

---

Преподаватель: Никитин Дмитрий Сергеевич  
доцент ОЭЭ ИШЭ, к.т.н.

**ЭЛЕКТРОХОЗЯЙСТВО ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СТАНЦИЙ  
И ОРГАНИЗАЦИЯ ЭКСПЛУАТАЦИИ  
ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЯ НА ЭЛЕКТРОСТАНЦИЯХ**

# ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СТАНЦИЙ

---

Электрические станции представляют собой сложные технологические комплексы с большим количеством основного и вспомогательного оборудования.

**Электрическая часть электростанции** тесно связана с другими ее частями. Поэтому режимы работы электростанции необходимо рассматривать во взаимосвязи с режимами работы технологического (котельного, турбинного и иного) оборудования.

**Основное электрооборудование** служит для производства, преобразования, передачи и распределения электроэнергии. К основному оборудованию относятся: синхронные генераторы, вырабатывающие электроэнергию (турбо- и гидрогенераторы); сборные шины, предназначенные для приема электроэнергии от генераторов и распределения ее к потребителям; коммутационные аппараты – выключатели и разъединители; электроприемники собственных нужд (насосы, вентиляторы, аварийное электрическое освещение и т. д.).

**Вспомогательное электрооборудование** предназначено для выполнения вспомогательных функций (измерений, сигнализации, управления, защиты и автоматики).

# ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ СХЕМЫ ЭЛЕКТРОСТАНЦИЙ

*ГОСТ 2.701-2008 Единая система конструкторской документации (ЕСКД). Схемы. Виды и типы. Общие требования к выполнению.*

**Схема** – документ, на котором показаны в виде условных изображений или обозначений составные части изделия и связи между ними.

В зависимости от видов элементов и связей, входящих в состав установки, применительно к электрической части электростанций и подстанций схемы разделяют на электрические и энергетические.

**Схема электрическая** – документ, содержащий в виде условных изображений или обозначений составные части изделия, действующие при помощи электрической энергии, и их взаимосвязи.

**Схема энергетическая** – документ, содержащий в виде условных изображений или обозначений составные части энергетических установок и их взаимосвязи.

# ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ СХЕМЫ ЭЛЕКТРОСТАНЦИЙ

ГОСТ 2.701-2008

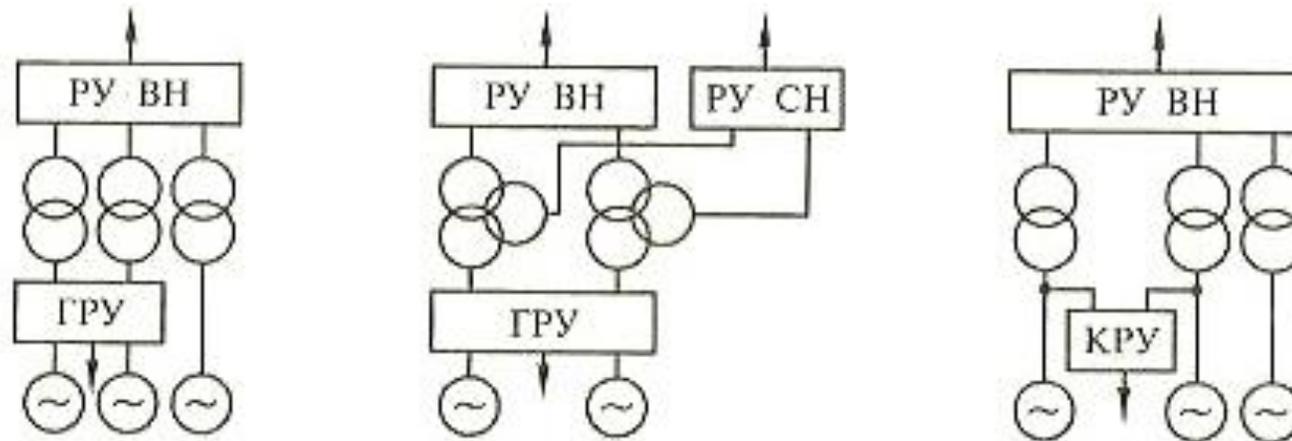
Вид схем – схема электрическая (Э). Типы схем в ГОСТ.

Тип схемы	Определение	Код типа схемы
Схема структурная	Документ, определяющий основные функциональные части изделия, их назначение и взаимосвязи	1
Схема функциональная	Документ, разъясняющий процессы, протекающие в отдельных функциональных цепях изделия (установки) или изделия (установки) в целом	2
Схема принципиальная (полная)	Документ, определяющий полный состав элементов и взаимосвязи между ними и, как правило, дающий полное (детальное) представление о принципах работы изделия (установки)	3
Схема соединений (монтажная)	Документ, показывающий соединения составных частей изделия (установки) и определяющий провода, жгуты, кабели или трубопроводы, которыми осуществляются эти соединения, а также места их присоединений и ввода (разъемы, платы, зажимы и т.п.)	4
Схема подключения	Документ, показывающий внешние подключения изделия	5
Схема общая	Документ, определяющий составные части комплекса и соединения их между собой на месте эксплуатации	6
Схема расположения	Документ, определяющий относительное расположение составных частей изделия (установки), а при необходимости, также жгутов (проводов, кабелей), трубопроводов, световодов и т.п.	7
Схема объединенная	Документ, содержащий элементы различных типов схем одного вида	0

Примечание — Наименования типов схем, указанные в скобках, устанавливаются для электрических схем энергетических сооружений.

# ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ СХЕМЫ ЭЛЕКТРОСТАНЦИЙ

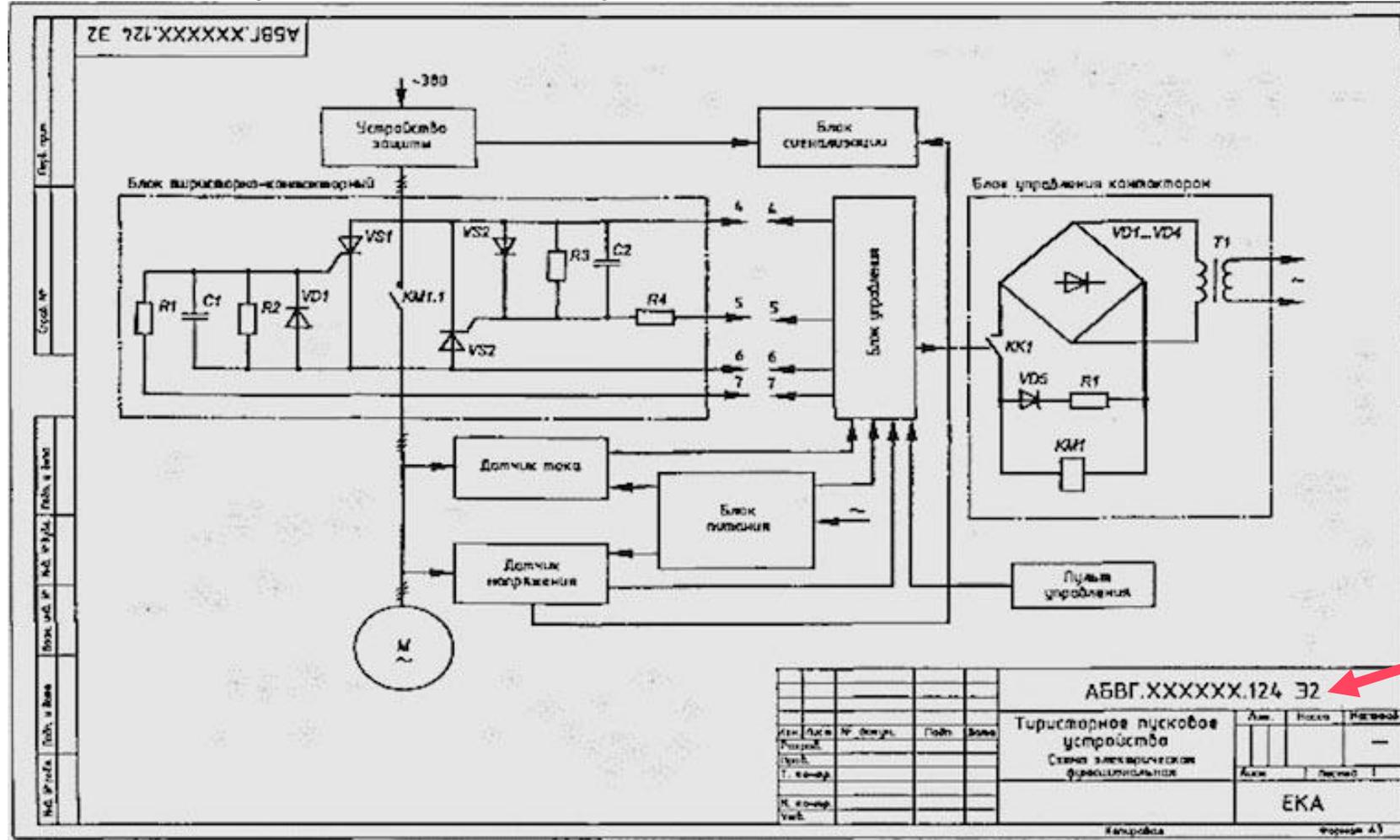
**Схема структурная** определяет основные функциональные части установки, их назначение и взаимосвязи между ними, а также отображает принцип действия установки в самом общем виде. Действительное расположение составных частей на структурной схеме не учитывается и способ связи не раскрывается. Построение схемы должно давать наглядное представление о составе установки и последовательности взаимодействия ее функциональных частей. Функциональные части на схеме изображают в виде условных графических обозначений. Она разрабатывается на начальных стадиях проектирования и предшествует разработке схем других типов.



*Структурные схемы ТЭЦ*

# ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ СХЕМЫ ЭЛЕКТРОСТАНЦИЙ

Схема функциональная разъясняет процессы, протекающие в отдельных функциональных цепях установки или установки в целом.



Функциональная схема тиристорного пускового устройства

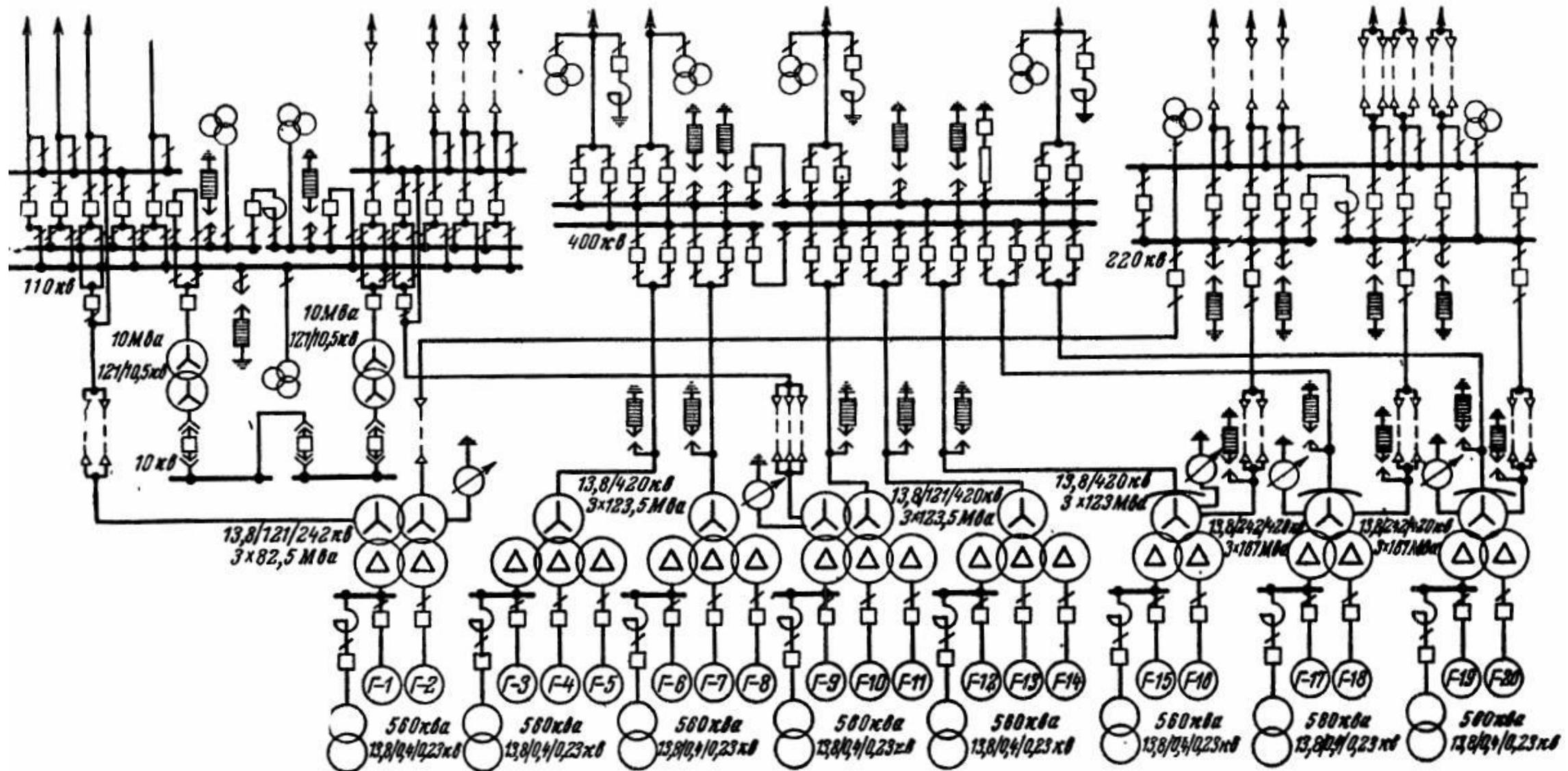
# ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ СХЕМЫ ЭЛЕКТРОСТАНЦИЙ

---

**Схема принципиальная (полная)** определяет полный состав элементов и взаимосвязи между ними и, как правило, дает полное (детальное) представление о принципах работы установки. На практике принципиальные схемы подразделяют на два типа.

Один тип схем отображает первичные (силовые) сети и, как правило, выполняется в однолинейном изображении, так как рассматриваются трехфазные установки переменного тока. Другой тип принципиальных схем отражает вторичные сети (управление приводом, линией, защиту, блокировки, сигнализацию).

# ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ СХЕМЫ ЭЛЕКТРОСТАНЦИЙ



Принципиальная схема электрических соединений Жигулёвской ГЭС

# ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ СХЕМЫ ЭЛЕКТРОСТАНЦИЙ

**Схема соединений (монтажная)** показывает соединения составных частей установки и определяет типы проводов, жгутов, кабелей или трубопроводов, которыми осуществляются эти соединения, а также места их присоединений и ввода (разъемы, платы, зажимы и т.п.).

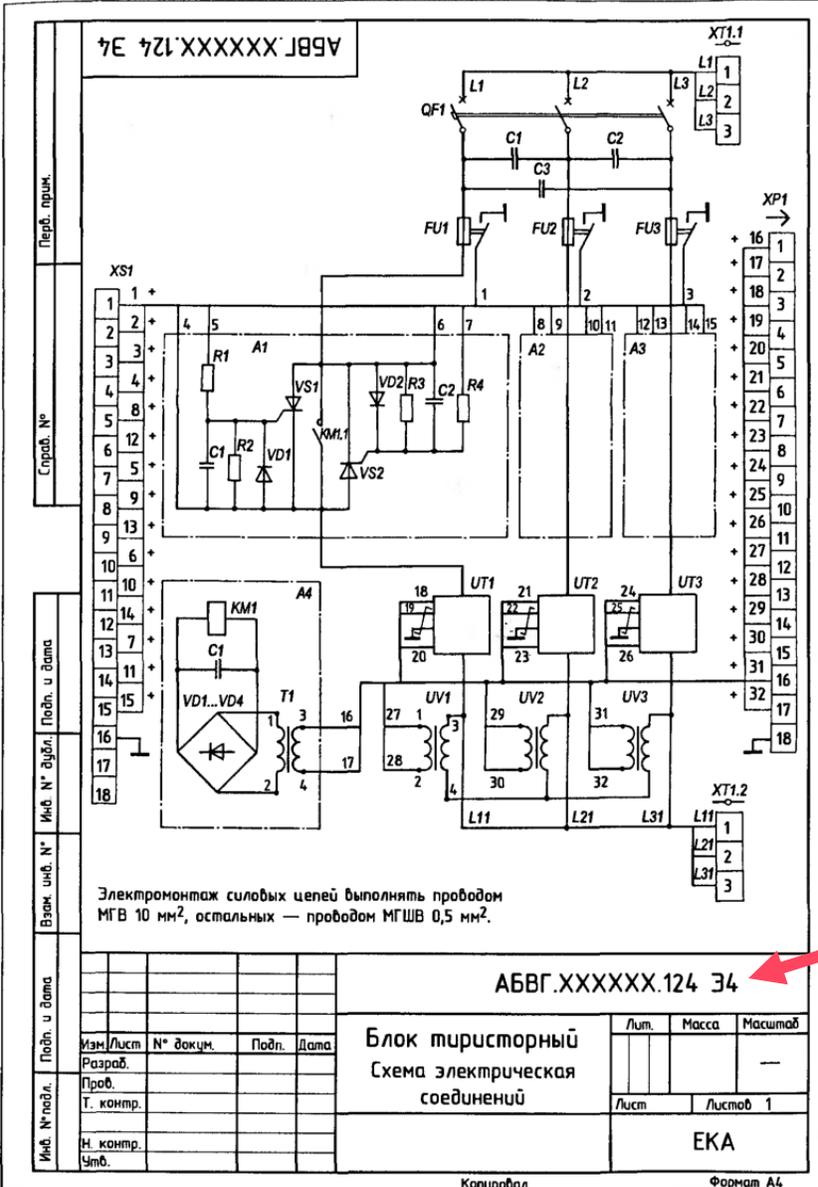
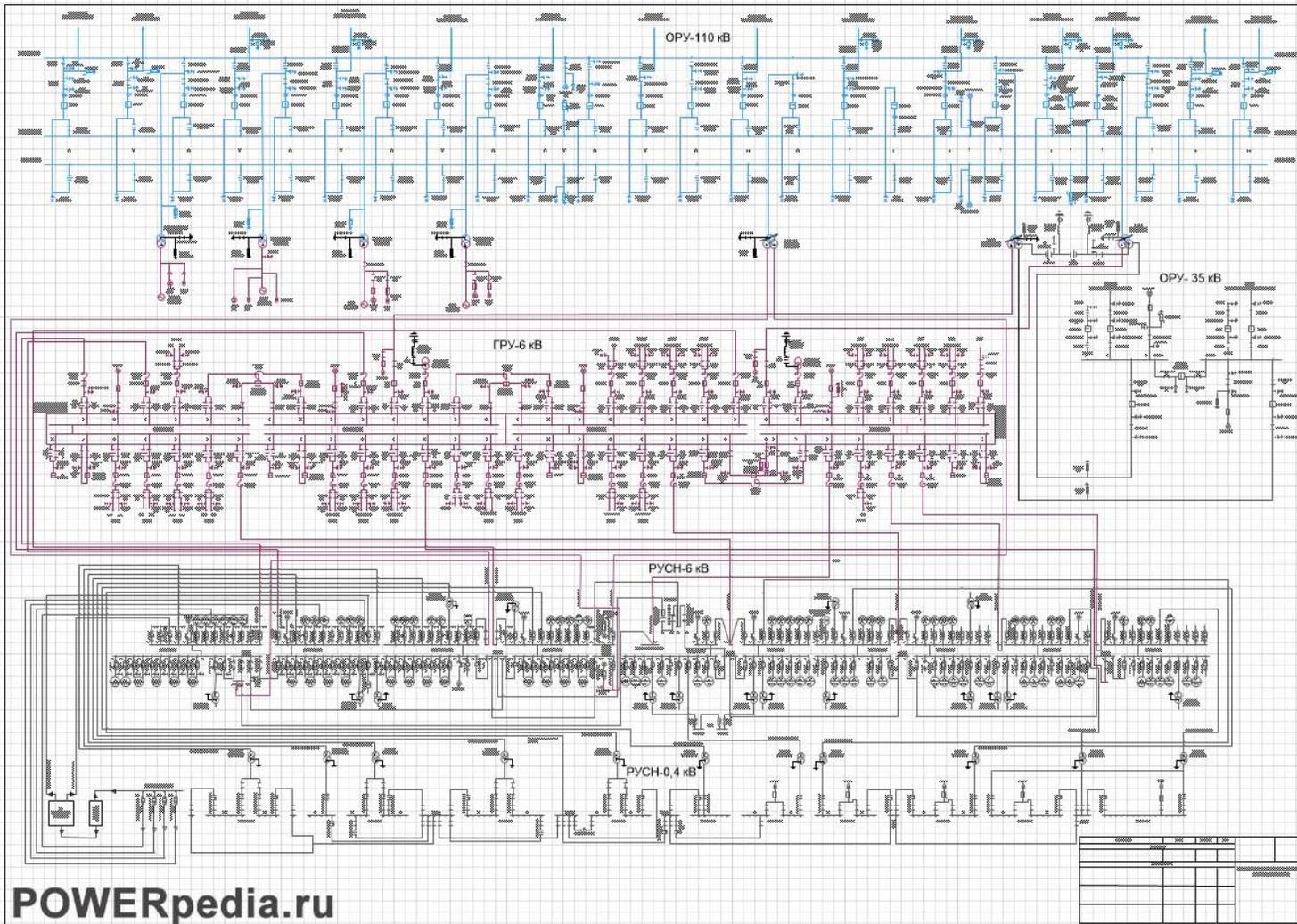


Схема соединений

# ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ СХЕМЫ ЭЛЕКТРОСТАНЦИЙ



Однолинейная схема ТЭЦ (Visio)

**Оперативные схемы** служат для отображения истинного состояния элементов схемы на текущий момент времени и используются в повседневной работе.

Дежурный персонал каждой смены заполняет оперативную схему и вносит в нее необходимые изменения в части положения выключателей и разъединителей, происходящие во время дежурства.

# ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ СХЕМЫ ЭЛЕКТРОСТАНЦИЙ

---

Схема электрических соединений электростанции включает:

- **Главная схема электрических соединений** (схема первичных цепей) представляет собой совокупность основного электрооборудования (генераторы, трансформаторы, линии электропередачи), сборных шин, коммутационной и другой первичной аппаратуры со всеми выполненными между ними соединениями.
- **Схема электрических соединений собственных нужд** – главная схема электрических соединений, относящаяся к потребителям самой электрической станции.
- **Схема вторичных соединений** объединяет электрические схемы цепей управления, релейной защиты и автоматики, контроля состояния оборудования, автоматизированной системы управления и т.п.

Выбор главной схемы является определяющим при проектировании электрической части электростанции, так как он определяет полный состав элементов и связей между ними.

# ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ СХЕМЫ ЭЛЕКТРОСТАНЦИЙ

Все элементы схемы и связи между ними изображаются в соответствии со стандартами Единой системы конструкторской документации (ЕСКД) и ГОСТ в виде условных графических обозначений. При проектировании электроустановки до разработки главной схемы составляется **структурная схема выдачи электроэнергии** (мощности), на которой показываются основные функциональные части электроустановки (распределительные устройства, трансформаторы, генераторы) и связи между ними. Структурные схемы служат для дальнейшей разработки более подробных и полных принципиальных схем, а также для общего ознакомления с работой электроустановки.

**Главная, принципиальная и оперативная схемы** изображаются при отключенном положении всех элементов электроустановки, за исключением оперативной схемы. В некоторых случаях допускается изображать отдельные элементы схемы в рабочем положении. Главные схемы станций выполняют, как правило, в однолинейном изображении, а трехлинейные схемы разрабатываются для отдельных элементов станции, например для цепи генератора, трансформатора, отходящей линии и т.д.

# ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ СХЕМЫ ЭЛЕКТРОСТАНЦИЙ

---

## Графическое оформление

ГОСТ 2.004-88 ЕСКД. Общие требования к выполнению конструкторских и технологических документов на печатающих и графических устройствах вывода ЭВМ.

ГОСТ 2.304-81 ЕСКД. Шрифты чертежные (с Изменениями № 1 – 2).

ГОСТ 2.702-11 ЕСКД. Правила выполнения электрических схем.

ГОСТ Р 56302-14 Единая энергетическая система и изолированно работающие энергосистемы. Оперативно-диспетчерское управление. Диспетчерские наименования объектов электроэнергетики и оборудования объектов электроэнергетики. Общие требования.

ГОСТ Р 56303-14 Единая энергетическая система и изолированно работающие энергосистемы. Оперативно-диспетчерское управление. Нормальные схемы электрических соединений объектов электроэнергетики. Общие требования к графическому исполнению.

# ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ СХЕМЫ ЭЛЕКТРОСТАНЦИЙ

---

## Техническое исполнение

При проектировании обоснование и выбор схем ведется с учетом технических требований, зафиксированных в нормативной документации, которую классифицируют по следующим группам:

- национальные стандарты, которые в настоящее время координируются со стандартами ISO Международной организации по стандартизации, стандартами IEC Международной электротехнической комиссии, стандартами EN Европейского сообщества;
- правила устройства электроустановок (ПУЭ), правила технической эксплуатации электрических станций и сетей (ПТЭ), межотраслевые правила по охране труда при эксплуатации электроустановок и др.;
- нормы технологического проектирования электростанций различного типа, нормы технологического проектирования подстанций и др.;
- разного рода руководящие документы и указания.

## СТРУКТУРНАЯ СХЕМА ЭЛЕКТРОСТАНЦИИ

---

Структурная схема (схема выдачи мощности) любой электростанции определяет распределение генераторов между распределительными устройствами разных напряжений, трансформаторную и автотрансформаторную связь между ними, способ соединения генераторов с блочными трансформаторами, точки подключения пускорезервных и резервных трансформаторов собственных нужд и т.п.

Структурные схемы современных электростанций разного типа строят по **блочному принципу** (за исключением теплоэлектроцентралей с агрегатами мощностью до 63 МВт).

# СТРУКТУРНАЯ СХЕМА ЭЛЕКТРОСТАНЦИИ

Схемы блоков:

*а* – одиночный блок без генераторного выключателя;

*б* – одиночный блок с генераторным выключателем;

*в* – объединенный блок;

*г* – укрупненный блок;

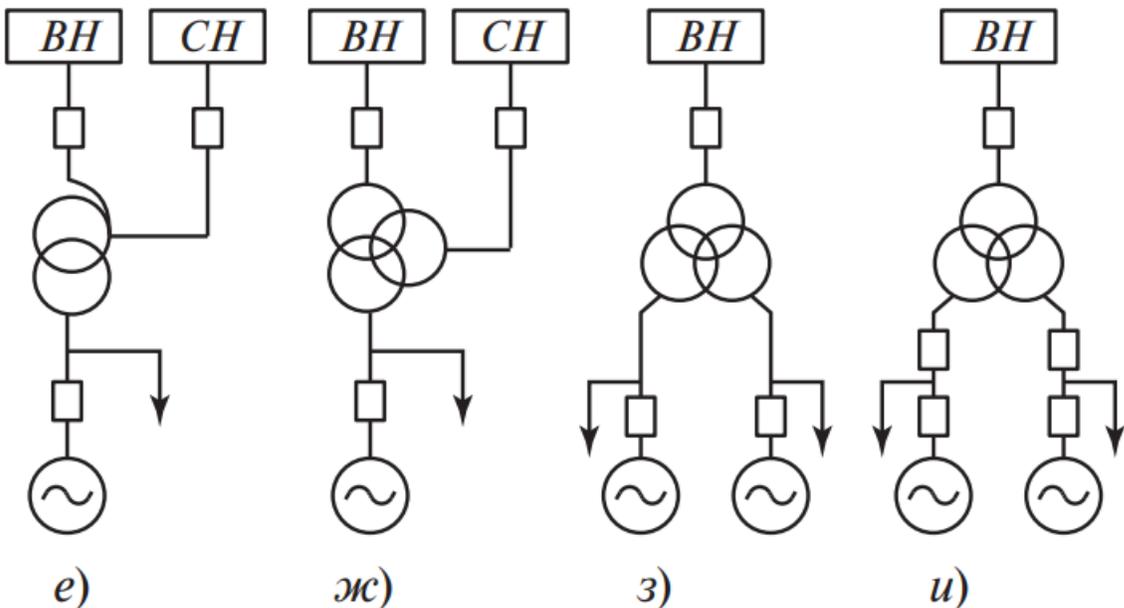
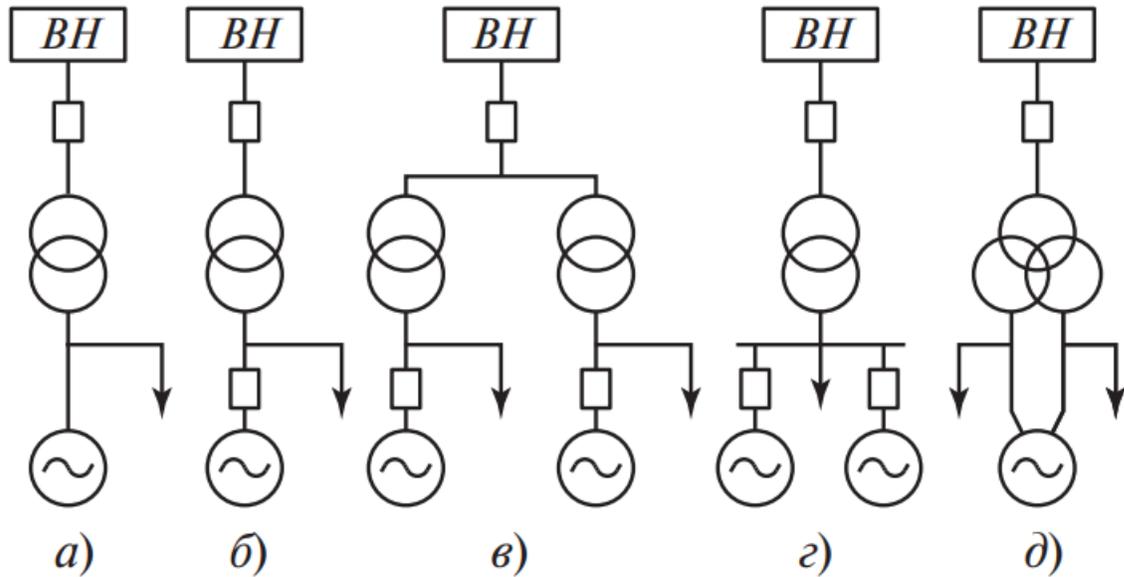
*д* – блок генератора 1200 МВт;

*е* – блок с трехобмоточным автотрансформатором;

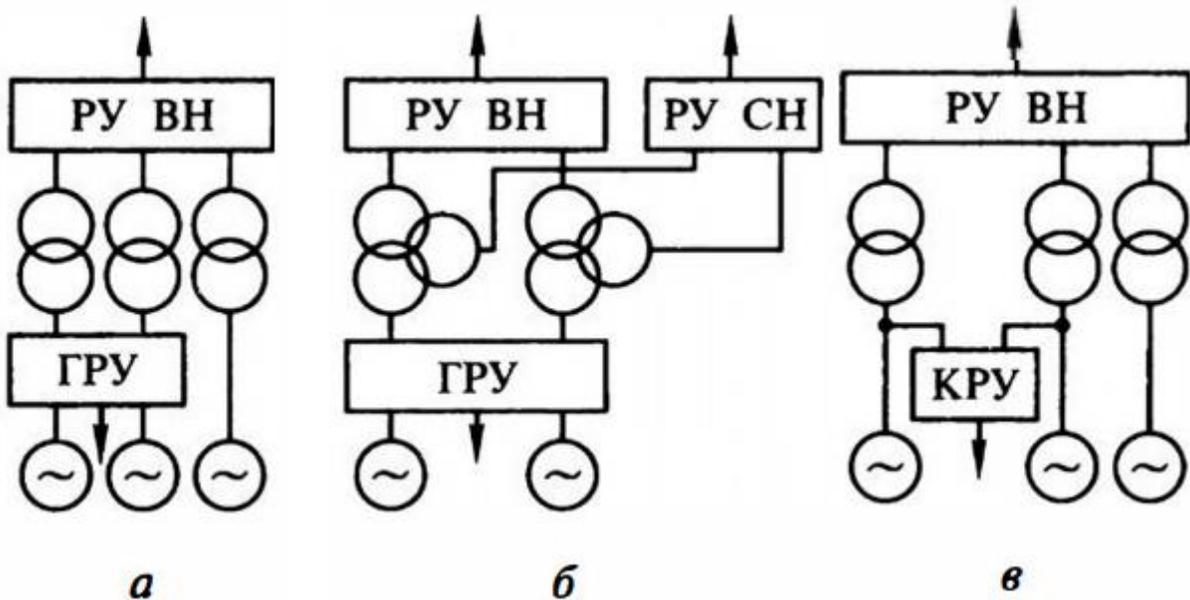
*ж* – блок с трехобмоточным трансформатором;

*з* – блок с двухобмоточным трансформатором с расщепленной обмоткой низшего напряжения;

*и* – объединенный блок с двухобмоточным трансформатором с расщепленной обмоткой низшего напряжения.



## СТРУКТУРНЫЕ СХЕМЫ ТЭЦ



Если ТЭЦ сооружается вблизи потребителей электроэнергии  $U = 6-10$  кВ, то необходимо иметь распределительное устройство генераторного напряжения (ГРУ). Количество генераторов, присоединяемых к ГРУ, зависит от нагрузки 6-10 кВ. На *рис. а* два генератора присоединены к ГРУ, а один, как правило, более мощный, – к распределительному устройству высокого напряжения (РУ ВН). Линии 110-220 кВ, присоединенные к этому РУ, осуществляют связь с энергосистемой.

Если вблизи ТЭЦ предусматривается сооружение энергоемких производств, то питание их может осуществляться по ВЛ 35-110 кВ. В этом случае на ТЭЦ предусматривается распределительное устройство среднего напряжения (РУ СН) (*рис. б*). Связь между РУ разного напряжения осуществляется с помощью трехобмоточных трансформаторов или автотрансформаторов.

При незначительной нагрузке (6-10 кВ) целесообразно блочное соединение генераторов с повышающими трансформаторами без поперечной связи на генераторном напряжении, что уменьшает токи КЗ и позволяет вместо дорогостоящего ГРУ применить комплектное РУ для присоединения потребителей 6-10 кВ (*рис. в*). Мощные энергоблоки 100-250 МВт присоединяются к РУ ВН без отпайки для питания потребителей.

# ЭЛЕКТРИЧЕСКАЯ СХЕМА ТЭЦ

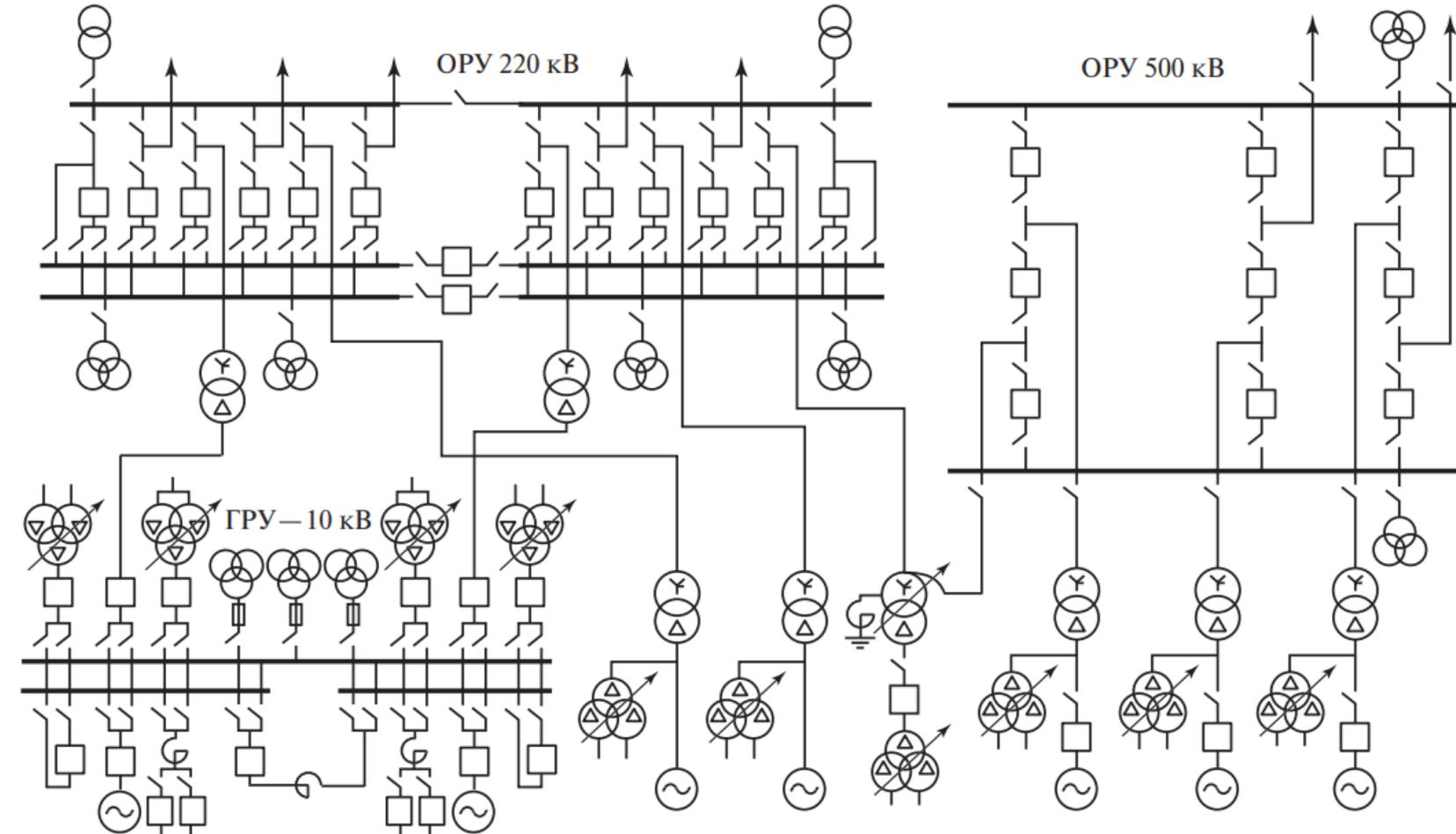


Схема теплоцентрали традиционного исполнения

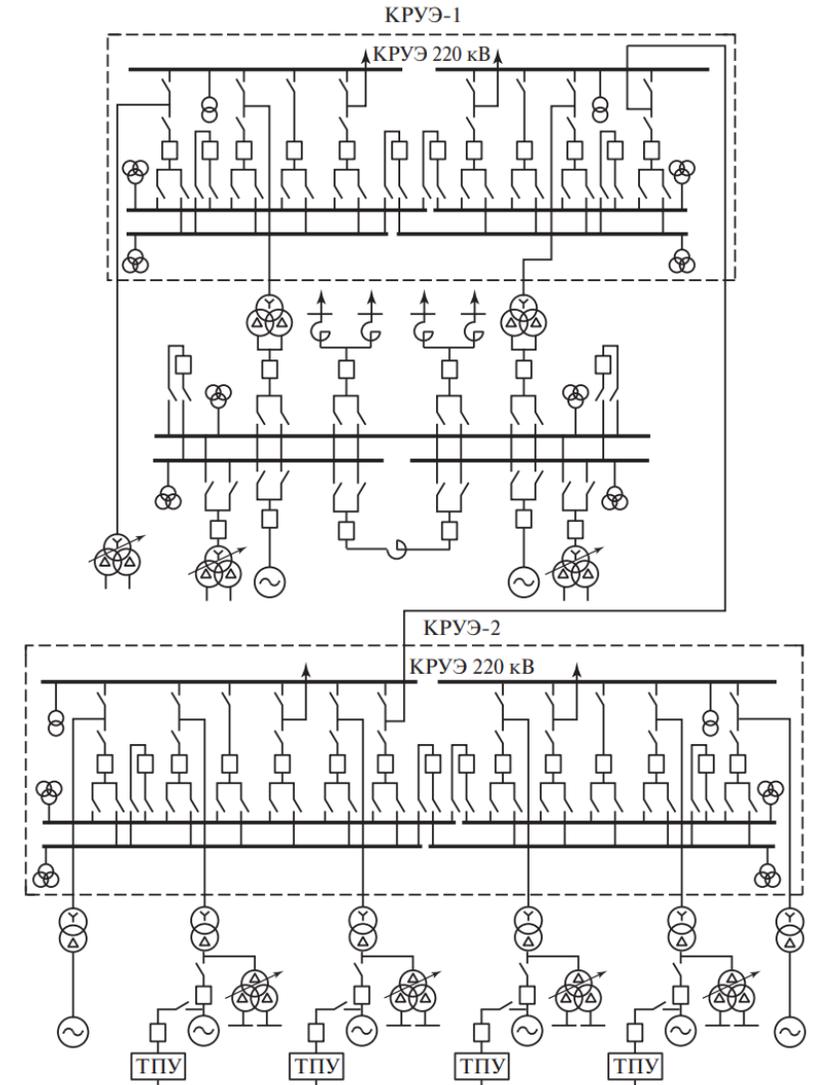
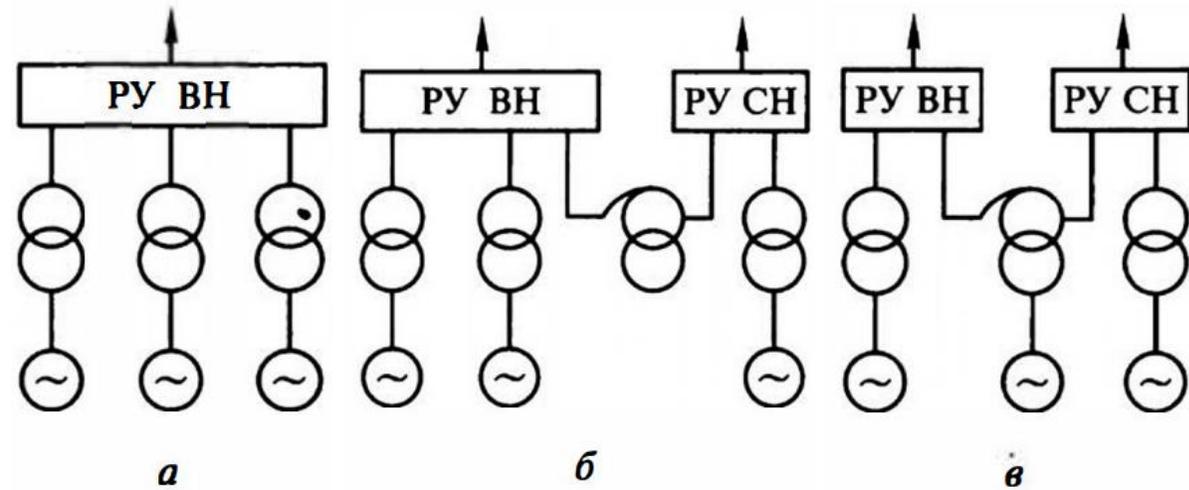


Схема теплоэлектростанции с парогазовыми установками

ТПУ – тиристорное пусковое устройство

# СТРУКТУРНЫЕ СХЕМЫ КЭС, ГЭС, АЭС



Отсутствие потребителей вблизи таких электростанций позволяет отказаться от ГРУ. Все генераторы соединяются в блоки с повышающими трансформаторами.

Параллельная работа блоков осуществляется на высоком напряжении, где предусматривается распределительное устройство (рис. а)

Если электроэнергия выдается на высшем и среднем напряжении, то связь между РУ осуществляется автотрансформатором связи (рис. б) или автотрансформатором, установленном в блоке с генератором (рис. в).



# ЭЛЕКТРИЧЕСКАЯ СХЕМА АЭС

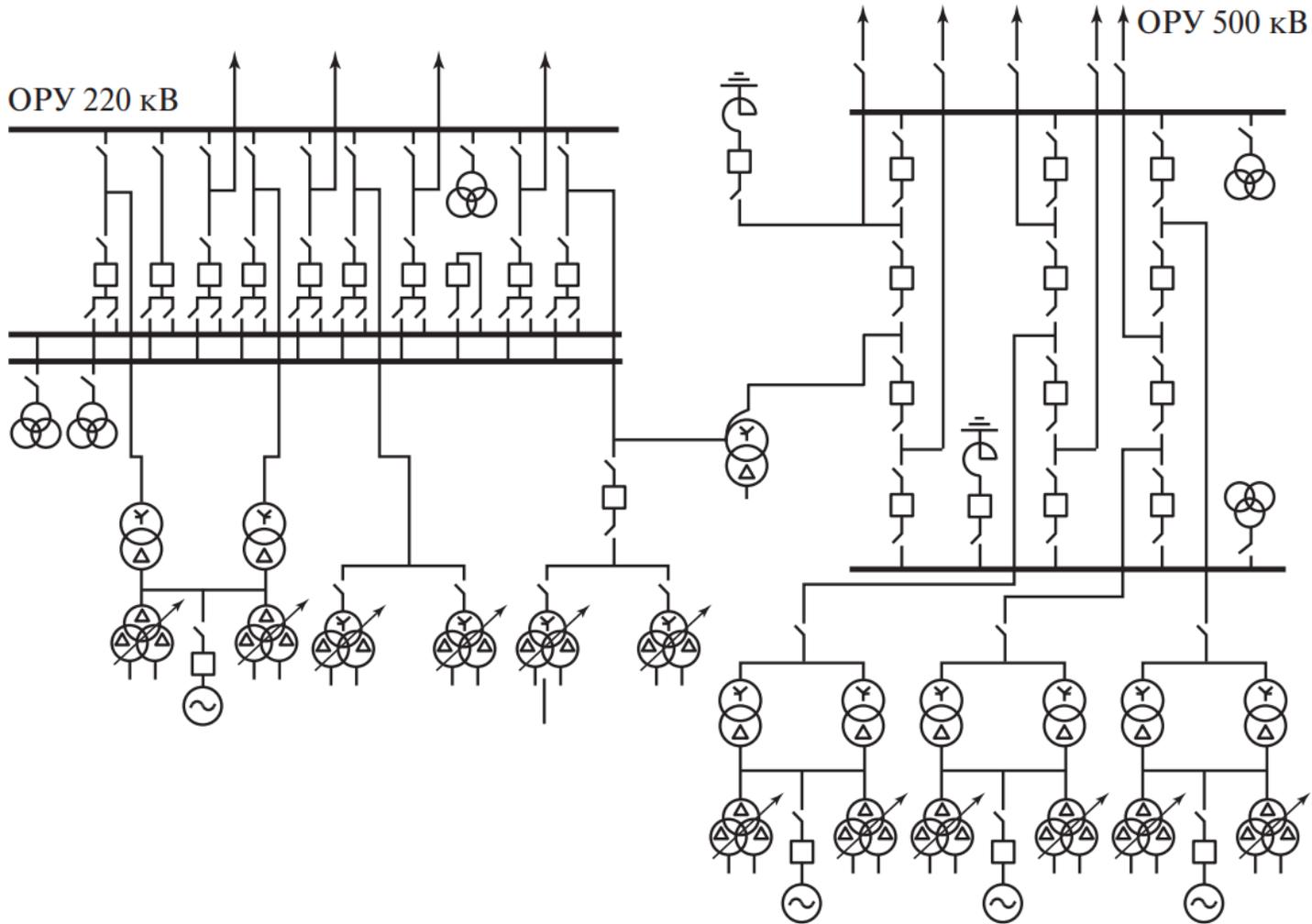


Схема атомной электростанции с реакторами ВВЭР-1000

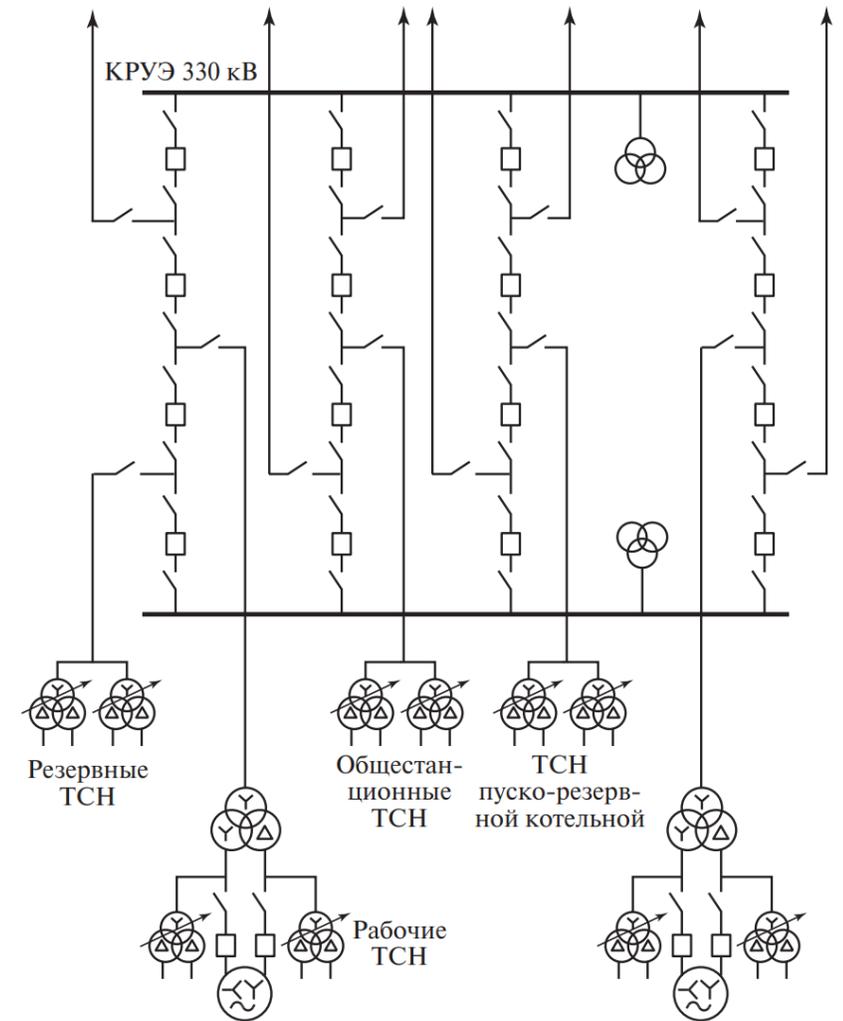


Схема атомной электростанции с реакторами ВВЭР-1200

# ЭЛЕКТРИЧЕСКАЯ СХЕМА ГЭС

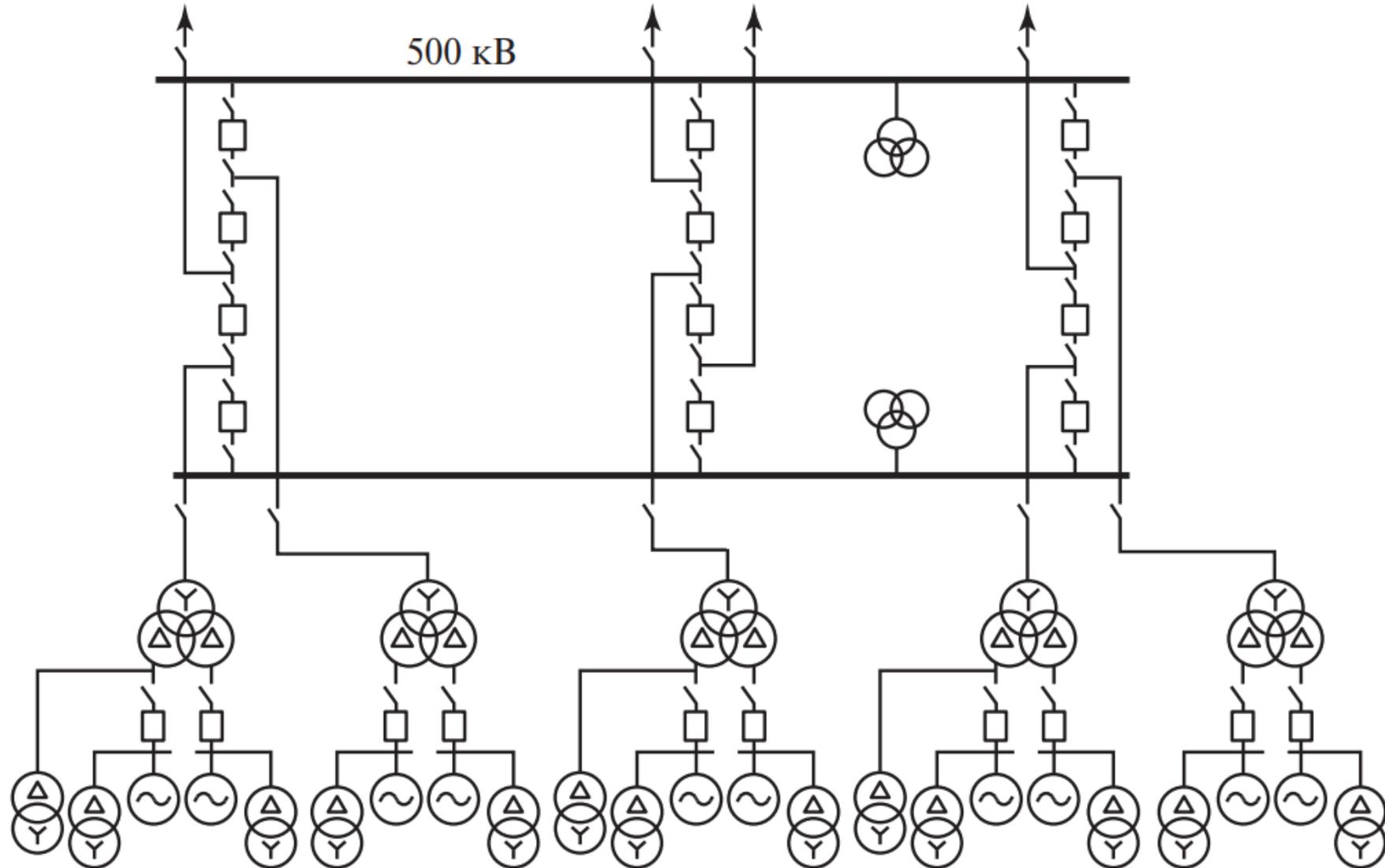


Схема гидроэлектростанции

# ТРЕБОВАНИЯ К ЭЛЕКТРИЧЕСКИМ СТАНЦИЯМ

---

Рационально выполненная современная система выдачи мощности от электрической станции (электроснабжения потребителей электрической энергии) должна удовлетворять техническим и экономическим требованиям, а именно:

- обеспечение **безопасности** работ, как для электротехнического персонала, так и для не электротехнического;
- **надежность** электроснабжения;
- **качество** электрической энергии;
- **экономичность**;
- **экологичность**.

## ТРЕБОВАНИЯ К ЭЛЕКТРИЧЕСКИМ СТАНЦИЯМ

---

Поддержание нормального **качества электроэнергии** означает обеспечение на вводах у потребителей параметров, установленных нормами. При этом определение качества продукции в электроэнергетическом производстве, а именно, качества электрической энергии у потребителя, имеет свои характерные особенности:

- качество энергии проявляется через качество работы электроприемников;
- качество энергии на месте производства не гарантирует её качества в точке присоединения потребителя.

Качество электроэнергии переменного тока характеризуют следующие показатели качества:

- частота и значение ее отклонения от номинального значения;
- напряжение, его колебание и отклонение от номинального значения;
- показатели, характеризующие несинусоидальность формы кривой напряжения, несимметрию и колебания напряжения;
- влияние случайных электромагнитных явлений (молния) и электротехнических процессов.

# ТРЕБОВАНИЯ К ЭЛЕКТРИЧЕСКИМ СТАНЦИЯМ

Показателем КЭ, относящимся к частоте, является **отклонение значения основной частоты напряжения электропитания от номинального значения,  $\Delta f$ , Гц**

$$\Delta f = f_m - f_{\text{ном}},$$

где  $f_m$  - значение основной частоты напряжения электропитания, Гц, измеренное в интервале времени 10 с в соответствии с требованиями ГОСТ 30804.4.30;

$f_{\text{ном}}$  - номинальное значение частоты напряжения электропитания, Гц.

Номинальное значение частоты напряжения электропитания в электрической сети равно 50 Гц. Для указанного показателя КЭ установлены следующие нормы:

**- отклонение частоты в синхронизированных системах электроснабжения не должно превышать  $\pm 0,2$  Гц в течение 95 % времени интервала в одну неделю и  $\pm 0,4$  Гц в течение 100 % времени интервала в одну неделю;**

- отклонение частоты в изолированных системах электроснабжения с автономными генераторными установками, не подключенных к синхронизированным системам передачи электрической энергии, не должно превышать  $\pm 1$  Гц в течение 95 % времени интервала в одну неделю и  $\pm 5$  Гц в течение 100 % времени интервала в одну неделю.

При оценке соответствия электрической энергии нормам КЭ, относящимся к частоте, установленным в настоящем стандарте, должны быть проведены измерения по ГОСТ 30804.4.30, класс А, при этом маркированные данные не учитывают.

## ТРЕБОВАНИЯ К ЭЛЕКТРИЧЕСКИМ СТАНЦИЯМ

Медленные изменения напряжения электропитания (как правило, продолжительностью более 1 мин) обусловлены обычно изменениями нагрузки электрической сети. Показателями КЭ, относящимися к медленным изменениям напряжения электропитания, являются отрицательное  $\delta U_{(-)}$  и положительное  $\delta U_{(+)}$  **отклонения напряжения** электропитания в точке передачи электрической энергии от номинального/согласованного значения, %:

$$\delta U_{(-)} = [(U_0 - U_{m(-)})/U_0] \cdot 100; \quad \delta U_{(+)} = [(U_{m(+)} - U_0)/U_0] \cdot 100,$$

где  $U_{m(-)}$ ,  $U_{m(+)}$  - значения напряжения электропитания, меньшие  $U_0$  и большие  $U_0$  соответственно, усредненные в интервале времени 10 мин в соответствии с требованиями ГОСТ 30804.4.30;  $U_0$  - напряжение, равное стандартному номинальному напряжению  $U_{ном}$  или согласованному напряжению  $U_c$ .

В электрических сетях низкого напряжения стандартное номинальное напряжение электропитания  $U_{ном}$  равно 220 В (между фазным и нейтральным проводниками для однофазных и четырехпроводных трехфазных систем) и 380 В (между фазными проводниками для трех- и четырехпроводных трехфазных систем).

В электрических сетях среднего и высокого напряжений вместо значения номинального напряжения электропитания принимают согласованное напряжение электропитания  $U_c$ .

Для указанных выше показателей КЭ установлены следующие нормы: положительные и отрицательные отклонения напряжения в точке передачи электрической энергии не должны превышать 10 % номинального или согласованного значения напряжения в течение 100 % времени интервала в одну неделю.

## ТРЕБОВАНИЯ К ЭЛЕКТРИЧЕСКИМ СТАНЦИЯМ

**Надежность** – способность электрической станции обеспечивать снабжение потребителей электроэнергией и теплотой при всех режимах работы энергосистемы. Надежность обеспечивается организацией безаварийной работы персонала, своевременным ремонтом оборудования, правильным ведением режима работы оборудования, достаточно высокими темпами развития энергосистемы и т. д.

**Бесперебойность** или непрерывность электроснабжения является обязательным условием наиболее полного удовлетворения потребителей в электрической и тепловой энергии. Любой неплановый перерыв в питании потребителя принято считать аварией, браком в производстве. Нарушение бесперебойности электроснабжения чаще всего имеет место по следующим причинам:

- недостаточный резерв мощности в энергосистеме;
- дефицит электроэнергии, т. е. невозможности по тем или иным причинам выработать на электростанциях нужное ее количество;
- различные аварийные ситуации.

## ТРЕБОВАНИЯ К ЭЛЕКТРИЧЕСКИМ СТАНЦИЯМ

**Экономичность производства электроэнергии** – работа, при которой себестоимость электроэнергии должна быть минимальной при обеспечении аналогичных показателей качества. Она характеризует эффективность использования производственных возможностей энергосистемы и доведение суммарных ежегодных расходов на производство и реализацию электрической энергии и теплоты до оптимального значения. При этом наименьшими должны быть и потери электроэнергии в оборудовании, и размер возможного ущерба у потребителей. Требуемое качество электроэнергии может быть достигнуто неоправданно дорогой ценой, например:

- недогрузить электростанции и обеспечить этим стабильность частоты, но это приведет к перерасходу топлива;
- установить мощные трансформаторы и поддерживать напряжение стабильным в высшей степени, но это приведет к неоправданным капиталовложениям и большим потерям энергии;
- повысить надежность электроснабжения, построив большое число ЛЭП, что также приведет к неоправданным капиталовложениям.

Таким образом, важен всесторонний и грамотный экономический расчет.

# ПОНЯТИЕ ЭКСПЛУАТАЦИИ

---

Требования безопасности, надежность электроснабжения, качество электрической энергии, экономичность и экологичность должны обеспечиваться при как при проектировании, так и при **эксплуатации** электрической части электрических станций.

Технический термин «**Эксплуатация**» включает работу в двух направлениях:

- **техническая эксплуатация** оборудования и сооружений;
- **оперативное управление** работой электрооборудования, энергетических предприятий и энергосистем в целом.

Под **технической эксплуатацией** понимается процесс правильного использования электрической части станции и сетей для производства, передачи и распределения электрической энергии. Прямое участие в этом принимает ремонтный и эксплуатационный персонал предприятий, а также бригады ремонтных заводов, центральных производственных служб, лабораторий и т. д.

Под **оперативным управлением** понимается процесс непрерывного руководства согласованной и наиболее экономичной работой электрических станций и сетей, объединенных в энергосистему.

# ПОНЯТИЕ ЭКСПЛУАТАЦИИ

**Техническая эксплуатация объектов электроэнергетики** должна включать:

- ввод в работу в составе энергосистемы новых, реконструированных, модернизированных, технически перевооруженных объектов электроэнергетики в целом, нового (модернизированного) оборудования и устройств объектов электроэнергетики;
- использование по функциональному назначению линий электропередачи (далее – ЛЭП), оборудования и устройств;
- формирование, использование по назначению, хранение документации, указанной в Правилах;
- оперативно-технологическое управление объектами электроэнергетики;
- ремонт и техническое обслуживание зданий, сооружений, оборудования, устройств, ЛЭП;
- формирование и поддержание в актуальном состоянии базы данных в электронном виде, содержащей техническое описание ЛЭП, оборудования и устройств объектов электросетевого хозяйства, приборов учета электрической энергии, в том числе описание мест установки приборов учета электрической энергии и коды (идентификаторы) точек поставки электрической энергии, на которых установлены приборы учета электрической энергии, с отображением электрической схемы соединения силового оборудования между собой с учетом нормального положения коммутационных аппаратов (далее – информационная модель объекта электросетевого хозяйства), и предоставление содержащихся в ней сведений при осуществлении информационного обмена;
- консервацию, техническое перевооружение, модернизацию и реконструкцию объектов электроэнергетики в части, не относящейся к предмету законодательства РФ о градостроительной деятельности.

## ПОНЯТИЕ ЭКСПЛУАТАЦИИ

Гарантией надёжной и экономичной работы энергетики, гарантией обеспечения требуемого качества электроэнергии является **культура эксплуатации электрооборудования персоналом**:

- профессиональная квалификация персонала, а также его добросовестность и уравновешенность психики;
- его высокая теоретическая подготовка;
- знание и выполнение им установленных норм, правил и инструкций;
- знание технических параметров, заводских циркуляров оборудования, требований эксплуатации; комплектование рабочих мест соответствующей документацией.

Грамотная эксплуатация электрооборудования подразумевает:

- корректный ввод в работу и дальнейший тщательный уход за электрооборудованием, своевременное устранение любых, даже мельчайших неполадок;
- своевременное проведение качественных текущих и капитальных ремонтов и профилактических испытаний электрооборудования;
- своевременную реконструкцию и переоснащение действующего электрооборудования, т.е. его модернизация.

## НАДЕЖНОСТЬ РАБОТЫ ОБОРУДОВАНИЯ ЭЛЕКТРОСТАНЦИИ

При производстве электрической и тепловой энергии возможны **аварии** и **отказы** в работе энергетического оборудования. При возникновении **аварии** нарушается нормальная работа агрегатов электростанции, требуется останов оборудования и проведение восстановительного ремонта. **Отказ** характеризуется нарушением работоспособности оборудования. Нарушения в работе оборудования электростанций могут быть вследствие недостатков конструкции, некачественного изготовления или монтажа, отступлений от регламентированных режимов эксплуатации, выработки ресурса конструкционных материалов.

Контроль за техническим состоянием оборудования схемы выдачи мощности возлагается на **оперативный персонал**, обеспечивающий как контроль за оборудованием в процессе эксплуатации, так и правильные действия в нештатных ситуациях. Так как все виды нарушений и аварий в электрической части электрических станций имеют обширный спектр и всевозможный характер, которые предусмотреть невозможно, действия оперативного персонала в случае возникновения таких нарушений, включая действия по локализации аварийных ситуаций и восстановлению режимов нормальной эксплуатации электрооборудования, регламентируются положениями.

## РЕЖИМЫ РАБОТЫ

---

Различают четыре режима работы электроустановок и их элементов: **нормальный, аварийный, послеаварийный и ремонтный.**

**Аварийный режим** является кратковременным режимом, остальные – продолжительными. Хотя различные аварийные режимы по продолжительности составляют обычно доли процента продолжительности рабочих режимов, но их условия могут оказаться крайне опасными для успешного функционирования электрооборудования. Поэтому оборудование выбирают по расчетным условиям продолжительных рабочих режимов и обязательно проверяют по расчетным условиям аварийных режимов. В ряде случаев проверка электрооборудования по условиям аварийных режимов оказывается определяющей при его выборе. Из возможных аварийных режимов расчетным для выбора электрооборудования обычно является режим **короткого замыкания**, характеризующийся наиболее тяжелыми, но достаточно вероятными условиями, в которых может оказаться электрический аппарат или проводник.

# ПРОИЗВОДСТВЕННАЯ СТРУКТУРА ЭНЕРГООБЪЕКТА

---

**Оперативно-диспетчерский персонал** – это круг лиц, отвечающих за безопасный, надежный и экономичный режим эксплуатации оборудования, находящегося в их оперативном управлении или ведении в соответствии с производственными и должностными инструкциями и безусловным, незамедлительным и обязательным выполнением оперативных распоряжений вышестоящего оперативного персонала.

К оперативно-диспетчерскому персоналу энергообъектов относятся:

- **оперативный персонал** – персонал, непосредственно воздействующий на органы управления энергоустановок и осуществляющий управление и обслуживание энергоустановок в смене;
- **оперативно-ремонтный персонал** – ремонтный персонал с правом непосредственного воздействия на органы управления;
- **оперативные руководители** – персонал, осуществляющий оперативное руководство в смене работой закрепленных за ним объектов (электрических сетей, тепловых сетей, электростанции, энергообъекта) и подчиненного ему персонала.

# ПРОИЗВОДСТВЕННАЯ СТРУКТУРА ЭЛЕКТРОСТАНЦИИ

Производственная структура электростанции устанавливается с учетом ее типа, мощности, вида используемого топлива и технологических особенностей. Основной структурной единицей электростанции является **цех**, возглавляемый начальником. Цеха организуются по принципу обеспечения управления отдельными стадиями энергетического производства. По роли в технологическом процессе различают цеха основного и вспомогательного производства:

**К цехам основного производства** на ТЭС относятся: котельный, турбинный (котлотурбинный), электрический;  
на ГЭС – гидротехнический, машинный и электрический.

**Цеха вспомогательного производства** заняты обслуживанием основных цехов, выполняя работы по ремонту и испытаниям оборудования, снабжая их материалами, запасными частями, инструментом и пр. На ТЭС цехами вспомогательного производства являются: топливотранспортный, химический, централизованного ремонта, тепловой автоматики и измерений. Всеми техническими вопросами эксплуатации на электростанции ведает **главный инженер**, которому подчинены все цеха, лаборатории и производственно-технический отдел (ПТО).

# ПРОИЗВОДСТВЕННАЯ СТРУКТУРА ЭЛЕКТРОСТАНЦИИ

На электростанциях ЕЭС РФ принята система управления, содержащая две ветви:

- оперативное управление;
- административно-хозяйственное управление.

**Оперативное управление** обеспечивает непрерывное управление процессами производства электроэнергии, планирование и прогнозирование энергетического производства, управление аварийными режимами и ситуациями.

Оперативное управление электростанцией с поперечными связями осуществляется **оперативным персоналом**, обслуживающим производственные участки посменно во главе с **дежурным инженером станции (ДИС)** или **начальником смены станции (НС)**, который является старшим по должности лицом в смене. Его распоряжения должны выполняться оперативным персоналом всех цехов немедленно и безоговорочно. В оперативном отношении он подчинен **дежурному диспетчеру энергосистемы** в лице Системного оператора. В административно-техническом отношении начальник смены станции подчинен **главному инженеру станции** и свою работу по технической эксплуатации оборудования проводит под его руководством.

# ПРОИЗВОДСТВЕННАЯ СТРУКТУРА ЭЛЕКТРОСТАНЦИИ

---

Все распоряжения о вводе и выводе из работы, оперативных переключениях, изменениях режима работы генераторов (а следовательно, и турбин), отдаваемые начальнику смены электростанции диспетчером энергосистемы, выполняются непосредственно **дежурным персоналом электрического цеха** (начальником смены электроцеха, старшим дежурным электромонтером).

Начальник смены электростанции отдавая свои распоряжения начальникам смен цехов координирует действия дежурного персонала в процессе оперативного руководства.

Под его руководством проверяются режим работы оборудования, состояние схемы электрических соединений, действие предупредительной и аварийной сигнализации, исправность рабочего и аварийного освещения, состояние зданий и конструкций, а также наличие защитных средств техники безопасности и пожаротушения.

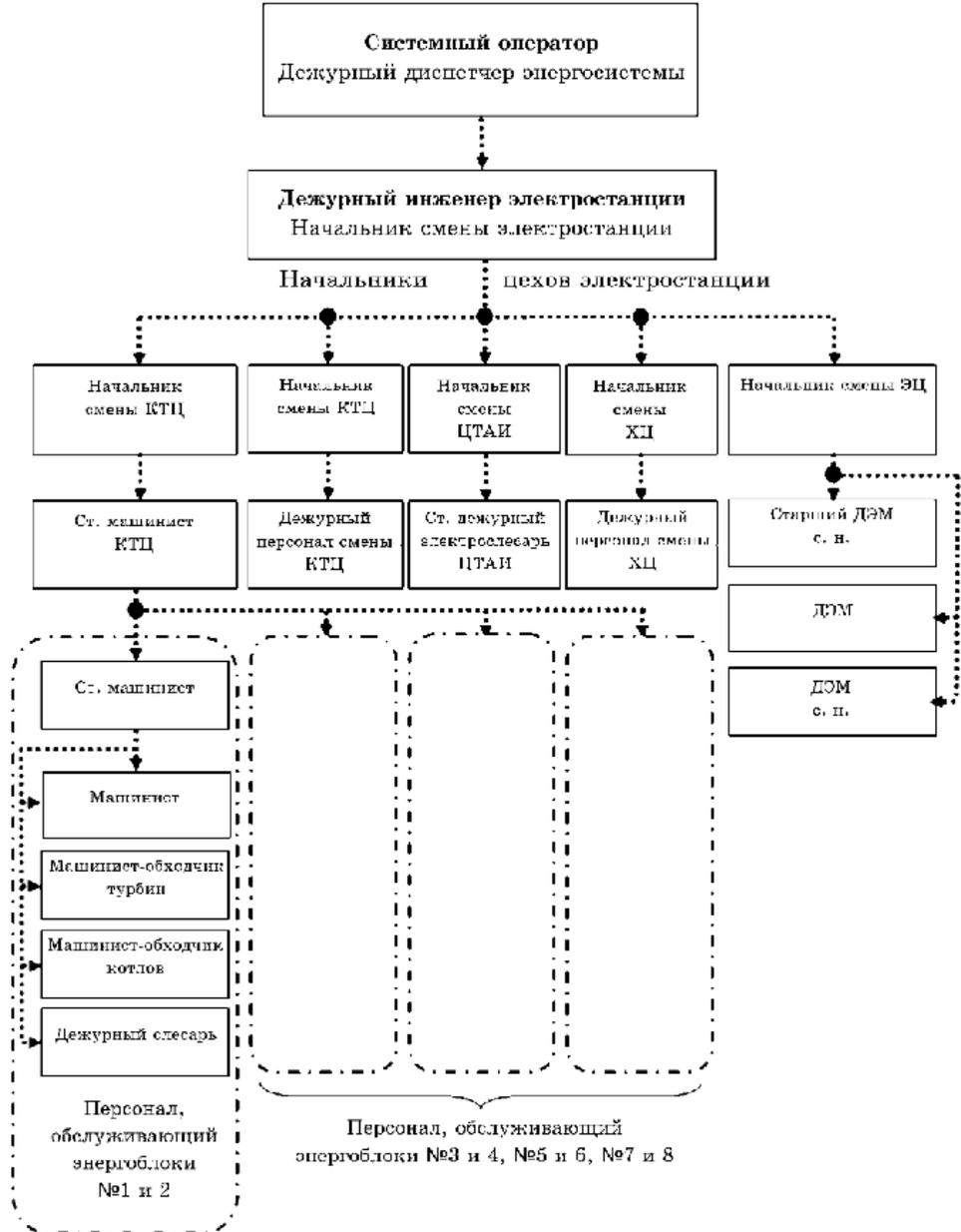
# ПРОИЗВОДСТВЕННАЯ СТРУКТУРА ЭЛЕКТРОСТАНЦИИ

---

В течение всей смены в **обязанности дежурного персонала** входит:

- наблюдение за показаниями измерительных приборов и обеспечение наиболее экономичный и надежный режим работы оборудования;
- пуск и остановка оборудования с разрешения вышестоящего дежурного;
- выполнение оперативных переключений в распределительных устройствах и на щите собственных нужд;
- подготовка рабочих мест и допуск персонала к выполнению ремонтных, профилактических и других работ;
- предупреждение и ликвидация аварии на станции под руководством начальника смены электростанции.

# ПРОИЗВОДСТВЕННАЯ СТРУКТУРА ЭЛЕКТРОСТАНЦИИ



*Схема производственной структуры оперативного управления ТЭС*

## ПРОИЗВОДСТВЕННАЯ СТРУКТУРА ЭЛЕКТРОЦЕХА

---

За электроцехом закрепляются генераторы и все электрическое оборудование электростанции (**электрохозяйство**), включая устройства релейной защиты, электрической автоматики, телемеханики и связи, электроизмерительные приборы.

В его ведении находятся электроремонтная и трансформаторная мастерские, масляное хозяйство и электротехническая лаборатория, занимающаяся испытаниями оборудования и устройств вторичных цепей. Электроцех производит испытание и ремонт электродвигателей всех механизмов, установленных на электростанции, хотя сами механизмы принадлежат персоналу других цехов и эксплуатируются им. Весь персонал цеха делится на **эксплуатационный** и **ремонтный**.

## ПРОИЗВОДСТВЕННАЯ СТРУКТУРА ЭЛЕКТРОЦЕХА

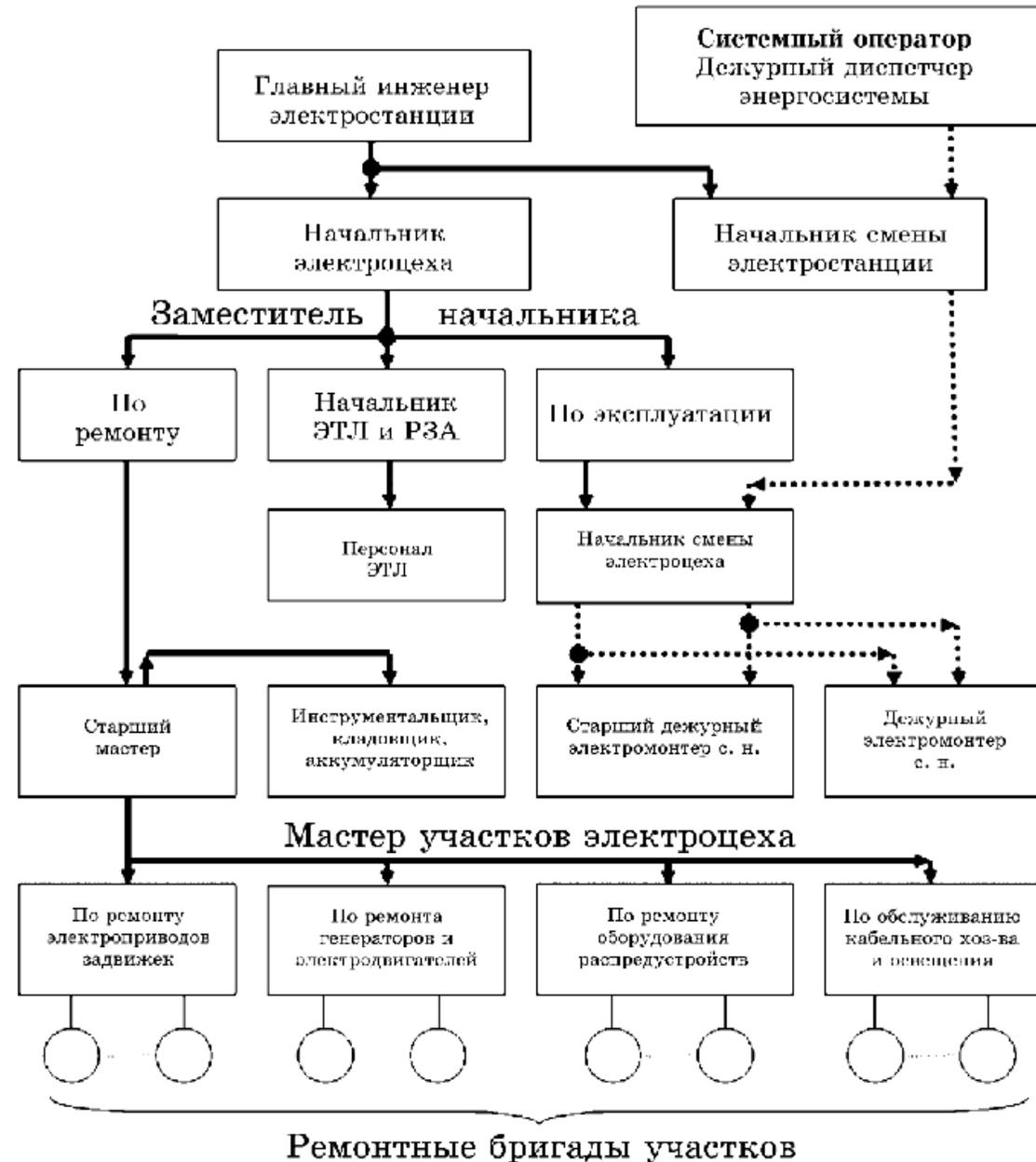
---

**Эксплуатационный персонал** электроцеха состоит из оперативного (дежурного) и общецехового (несменного) персонала (начальник цеха, его заместители, инженеры, техники, рабочие по уборке и др.).

Весь персонал электроцеха административно подчинён начальнику цеха, а дежурный персонал, кроме того, в оперативном отношении подчинён начальнику смены станции.

В структуре электроцеха имеются производственные участки, которые возглавляются **мастерами**. На своём участке мастер руководит работой ремонтных бригад и несёт ответственность за выполнение плана и качество ремонта, соблюдение техники безопасности на участке, использование материалов, рабочей силы, фонда заработной платы. Мастер ведёт первичную документацию.

# ПРОИЗВОДСТВЕННАЯ СТРУКТУРА ЭЛЕКТРОЦЕХА



*Схема производственной структуры электроцеха ТЭС*

# ОБЯЗАННОСТИ ПЕРСОНАЛА

---

## Обязанности дежурного персонала электроцеха

Оперативный персонал электроцеха во время дежурства несёт ответственность за правильное обслуживание и безаварийную работу оборудования на порученном ему участке.

Во время дежурства по заранее составленному графику начальник смены электроцеха и дежурные электромонтеры производят **периодические обходы и осмотры** электрооборудования и производственных помещений.

Кроме того, после коротких замыканий и автоматических отключений оборудования, при сильном дожде и резких изменениях температуры воздуха обязательно производятся **специальные осмотры**. Ночные осмотры выявляют места ненормального коронирования и нагрева контактов. Результаты осмотров сообщаются начальнику смены электростанции, а также регистрируются в **журнале**.

Оперативно-диспетчерский персонал должен периодически и в соответствии с местной инструкцией опробовать действие устройств автоматики, сигнализации, средств связи и телемеханики (СДТУ), а также проверять правильность показаний часов на рабочем месте.

## ОБЯЗАННОСТИ ПЕРСОНАЛА

---

При нарушениях режимов работы, повреждении оборудования, а также при возникновении пожара оперативно-диспетчерский персонал должен немедленно принять меры к восстановлению нормального режима работы или ликвидации аварийного положения и предотвращению развития технологического нарушения, а также сообщить о происшедшем соответствующему оперативно-диспетчерскому и руководящему административно-техническому персоналу по утвержденному списку.

Оборудование, находящееся в оперативном управлении или оперативном ведении вышестоящего оперативно-диспетчерского персонала, не может быть включено в работу или выведено из работы без разрешения вышестоящего оперативно-диспетчерского персонала, за исключением случаев явной опасности для людей и оборудования.

## ОБЯЗАННОСТИ ПЕРСОНАЛА

---

**Оперативные переговоры** должны вестись технически грамотно. Все энергооборудование, присоединения, устройства релейной и технологической защиты и автоматики должны называться полностью согласно установленным диспетчерским наименованиям. Отступление от технической терминологии и диспетчерских наименований категорически не допускается. В **распоряжениях** по изменению режима работы оборудования электростанции, электрической и тепловой сети должны быть указаны необходимое значение изменяемого режимного параметра и время, к которому должно быть достигнуто указанное значение параметра, а также время отдачи распоряжения.

Подчиненный оперативно-диспетчерский персонал, получив распоряжение, должен дословно повторить его текст и получить подтверждение, что распоряжение им понято правильно. Любое отданное или полученное распоряжение или разрешение обязательно записывается в **оперативный журнал**.

При наличии записи на записывающем устройстве, объем записи в оперативный журнал определяется соответствующим административно-техническим руководством.

## ОБЯЗАННОСТИ ПЕРСОНАЛА

---

**Ответственность за невыполнение или задержку выполнения распоряжения** вышестоящего оперативно-диспетчерского персонала несут лица, не выполнившие распоряжение, а также руководители, санкционировавшие его невыполнение или задержку. В случае, если распоряжение вышестоящего оперативно-диспетчерского персонала подчиненному оперативно-диспетчерскому персоналу представляется ошибочным, он должен немедленно доложить об этом лицу, давшему распоряжение. При подтверждении распоряжения оперативно-диспетчерский персонал должен выполнить его.

Распоряжения вышестоящего персонала, содержащие нарушения правила техники безопасности, а также распоряжения, которые могут привести к повреждению оборудования, потере питания собственных нужд электростанции или обесточиванию потребителей непрерывного электроснабжения (потребителями, имеющими аварийную бронь), **выполнять не допускается**. О своем отказе выполнить такое распоряжение оперативно-диспетчерский персонал должен немедленно доложить вышестоящему оперативно-диспетчерскому персоналу, отдавшему распоряжение, и соответствующему административно-техническому руководителю, а также записать в оперативный журнал.

## ОБЯЗАННОСТИ ПЕРСОНАЛА

---

Каждый работник из числа оперативно-диспетчерского персонала, заступая на рабочее место, принимает смену от предыдущего работника, а после окончания работы сдает смену следующему по графику работнику. Уход с дежурства без сдачи смены не допускается.

**При приемке смены** работник из числа оперативно-диспетчерского персонала должен:

- ознакомиться с состоянием, схемой и режимом работы энергоустановок, находящихся в его оперативном управлении и ведении, в объеме, определяемом соответствующими инструкциями;
- получить сведения от сдавшего смену об оборудовании, за которым необходимо вести особо тщательное наблюдение для предупреждения нарушений в работе, и об оборудовании, находящемся в резерве и ремонте;
- выяснить, какие работы выполняются по заявкам, нарядам и распоряжениям на закрепленном за ним участке;
- проверить и принять инструмент, материалы, ключи от помещений, оперативную документацию и документацию рабочего места;
- ознакомиться со всеми записями и распоряжениями за время, прошедшее с его предыдущего дежурства;
- принять рапорт от подчиненного персонала и доложить непосредственному начальнику по смене о вступлении в дежурство и недостатках, выявленных при приемке смены;
- оформить приемку-сдачу смены записью в журнале или ведомости за его подписью и подписью сдающего смену.

# ДОКУМЕНТАЦИЯ НА ЭЛЕКТРОСТАНЦИИ

---

На каждом энергообъекте должен быть утвержденный техническим руководителем **перечень необходимых документов**: инструкций, положений, технологических и оперативных схем для каждого цеха, подстанции, района, участка, службы и лаборатории.

В соответствии с ПТЭ на всем основном и вспомогательном оборудовании энергообъектов должны быть установлены **таблички** с номинальными данными этого оборудования, оно должно быть пронумеровано.

Все **изменения** в энергоустановках, выполненные в процессе эксплуатации, должны быть внесены в инструкции, схемы и чертежи до ввода в работу за подписью ответственного лица с указанием его должности и даты внесения изменения. Информация об изменениях в инструкциях, схемах и чертежах должна доводиться до сведения всех работников (с записью в журнале распоряжений, для которых обязательно знание этих инструкций, схем и чертежей).

## ДОКУМЕНТАЦИЯ НА ЭЛЕКТРОСТАНЦИИ

---

Комплекты необходимых схем должны находиться у диспетчера ЦДУ ЕЭС России, региональных диспетчерских центрах (РДЦ), тепловой и электрической сети, начальника смены электростанции, каждого цеха и энергоблока, дежурного подстанции, района тепловой и электрической сети и мастера оперативно-выездной бригады. Форма хранения схем должна определяться местными условиями.

На все рабочие места должны быть разработаны и утверждены **инструкции**, составленные на основе заводских и проектных данных, типовых инструкций и других нормативно-технических документов опыта эксплуатации и результатов испытаний, а также с учетом местных условий в соответствии с требованиями действующих ПТЭ.

# ДОКУМЕНТАЦИЯ НА ЭЛЕКТРОСТАНЦИИ

---

В инструкциях по эксплуатации оборудования, зданий и сооружений, средств релейной защиты, телемеханики, связи и комплекса технических средств автоматической системы управления (АСУ) по каждой установке должны быть приведены:

- краткая характеристика оборудования установки, зданий и сооружений;
- критерии и пределы безопасного состояния и режимов работы установки или комплекса установок;
- порядок подготовки к пуску;
- порядок пуска, останова и обслуживания оборудования, содержания зданий и сооружений во время нормальной эксплуатации и при нарушениях в работе;
- порядок допуска к осмотру, ремонту и испытаниям оборудования, зданий и сооружений;
- требования по безопасности и охране труда, взрыво- и пожаробезопасности, специфические для данной установки.

# ДОКУМЕНТАЦИЯ НА ЭЛЕКТРОСТАНЦИИ

---

Дежурный персонал станций ведет **оперативную документацию**. К ней относятся следующие документы:

- **оперативный журнал** – для записи в хронологическом порядке оперативных распоряжений и сообщений об их выполнении. В нем фиксируются операции с коммутационными аппаратами и устройствами РЗА, операции по наложению и снятию защитных заземлений, сведения о нарушении режимов работы оборудования. При отсутствии специального журнала в оперативный журнал записывают время начала и окончания работы ремонтным и обслуживающим персоналом;
- **журнал дефектов и неполадок оборудования** – для записи обнаруженных дефектов, устранение которых необходимо и обязательно;
- **журнал релейной защиты, автоматики и телемеханики** – для записи результатов профилактического контроля и восстановления, опробований и проверок вторичных устройств; вместо журнала РЗА рекомендуется применять карту уставок устройств релейной защиты и автоматики, которая хранится на энергообъекте в картотеке и позволяет оперативнее получать сведения об этом устройстве);

# ДОКУМЕНТАЦИЯ НА ЭЛЕКТРОСТАНЦИИ

---

- **журнал распоряжений** – для записи руководящим персоналом распоряжений и указаний, имеющих длительный срок действия;
- **оперативная схема первичных соединений** – для контроля положений коммутационных аппаратов;
- **оперативная схема первичных соединений обслуживаемого участка сети или объекта** – для отражения положения коммутационных аппаратов, соответствующего схеме нормального режима на определенный период суток, а также всех изменений, появившихся в результате выполнения оперативных переключений;
- **суточная ведомость режима работы оборудования** – для периодических записей показаний контрольно-измерительных приборов на щитах управления объекта.

# ДОКУМЕНТАЦИЯ НА ЭЛЕКТРОСТАНЦИИ

---

В помещении расположения оперативного персонала должны быть следующие документы:

- инструкция по производству оперативных переключений;
- должностная инструкция для оперативного персонала;
- правила технической эксплуатации электрических станций и сетей;
- комплект производственных и эксплуатационных инструкций по видам оборудования объектов и сетей;
- перечень работ по техническому обслуживанию оборудования сетей, выполняемых оперативным персоналом во время дежурства при отсутствии оперативной работы;
- журнал распоряжений;
- журнал телефонограмм;
- список телефонов и адресов руководящего и административно-технического персонала ПЭС и РЭС;
- список ответственных лиц потребителей, получающих питание от обслуживаемых сетей, и инструкция о взаимоотношениях с ними оперативного персонала, утвержденная администрацией ПЭС;
- журнал приема и сдачи закрепленного за оперативным персоналом автомобиля с указаниями его технического состояния и оснащенности защитными средствами;
- график дежурства оперативного персонала.

## ДОКУМЕНТАЦИЯ НА ЭЛЕКТРОСТАНЦИИ

---

За состояние технической и оперативной документации и правильность их ведения несет ответственность руководство диспетчерской службы. Указанная оперативная документация предоставляет возможность оперативному персоналу постоянно следить за состоянием схемы электрических соединений, режимом работы оборудования и вести учет ремонтных и эксплуатационных работ.

Оперативная документация, диаграммы регистрирующих контрольно-измерительных приборов, записи оперативно-диспетчерских переговоров и выходные документы, формируемые оперативно-информационным комплексом АСУ, относятся к **документам строгого учета и подлежат хранению** в установленном порядке:

- носители с записями показаний регистрирующих приборов – 3 года;
- записи оперативных переговоров в нормальных условиях – 10 сут, если не поступит указание о продлении срока;
- записи оперативных переговоров при авариях и других нарушениях в работе – 3 мес., если не поступит указание о продлении срока.

## ДЕЙСТВИЯ В НЕШТАТНЫХ СИТУАЦИЯХ

---

Действия оперативного персонала при ликвидации нештатных ситуаций руководствуется основными положениями нормативно-технологической документации, применяемой на данном энергообъекте с учётом требований энергосистемы:

- Инструкция по производству оперативных переключений в электроустановках. Приказ Минэнерго России от 13.09.2018 N 757 (ред. от 01.09.2023) "Об утверждении Правил переключений в электроустановках" (Зарегистрировано в Минюсте России 22.11.2018 N 52754).
- Инструкция по предотвращению и ликвидации технологических нарушений в электрической части электростанций и электрических сетей (ГОСТ Р 58085-2018. ЕЭС и изолированно работающие энергосистемы. ОДУ. Правила предотвращения развития и ликвидации нарушений нормального режима электрической части энергосистем. Нормы и требования; РД 34.20.561-92 Типовая инструкция по предотвращению и ликвидации аварий в электрической части энергосистем).

# НАДЕЖНОСТЬ РАБОТЫ ОБОРУДОВАНИЯ ЭЛЕКТРОСТАНЦИИ

- Инструкция по выделению собственных нужд электростанций РЭС при аварийном снижении частоты (Приказ Министерства энергетики РФ от 12.07.2018 г. N 548 "Об утверждении требований к обеспечению надежности электроэнергетических систем, надежности и безопасности объектов электроэнергетики и энергопринимающих установок "Правила предотвращения развития и ликвидации нарушений нормального режима электрической части энергосистем и объектов электроэнергетики");
- Инструкция по тушению пожаров в электроустановках (типовые инструкции по тушению пожаров на электроустановках, например, АЭС концерна Росэнергоатом);
- Инструкция по восстановлению РЭС после особой системной аварии с полным обесточением потребителей и потерей собственных нужд электростанций (ГОСТ Р 58085-2018. ЕЭС и изолированно работающие энергосистемы. ОДУ. Правила предотвращения развития и ликвидации нарушений нормального режима электрической части энергосистем. Нормы и требования; РД 34.20.561-92 Типовая инструкция по предотвращению и ликвидации аварий в электрической части энергосистем).