

# Эксплуатация электрооборудования

А.Н. Козлов

*Лекция 1*

## Эксплуатация электрооборудования

Лекции 36 (акад. час.)	Экзамен 7 семестр (36 час)
Лабораторные занятия 18 (акад. час.)	
Практические занятия 18 (акад. час.)	
Самостоятельная работа 72 (акад. час.)	
Общая трудоемкость дисциплины 180 (акад. час.), 5 (з.е.)	

**РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА**

## Литература:



- Правила технической эксплуатации (ПТЭ) электрических станция и сетей Российской Федерации, СО 153-34.20.501-2003.

## Литература:



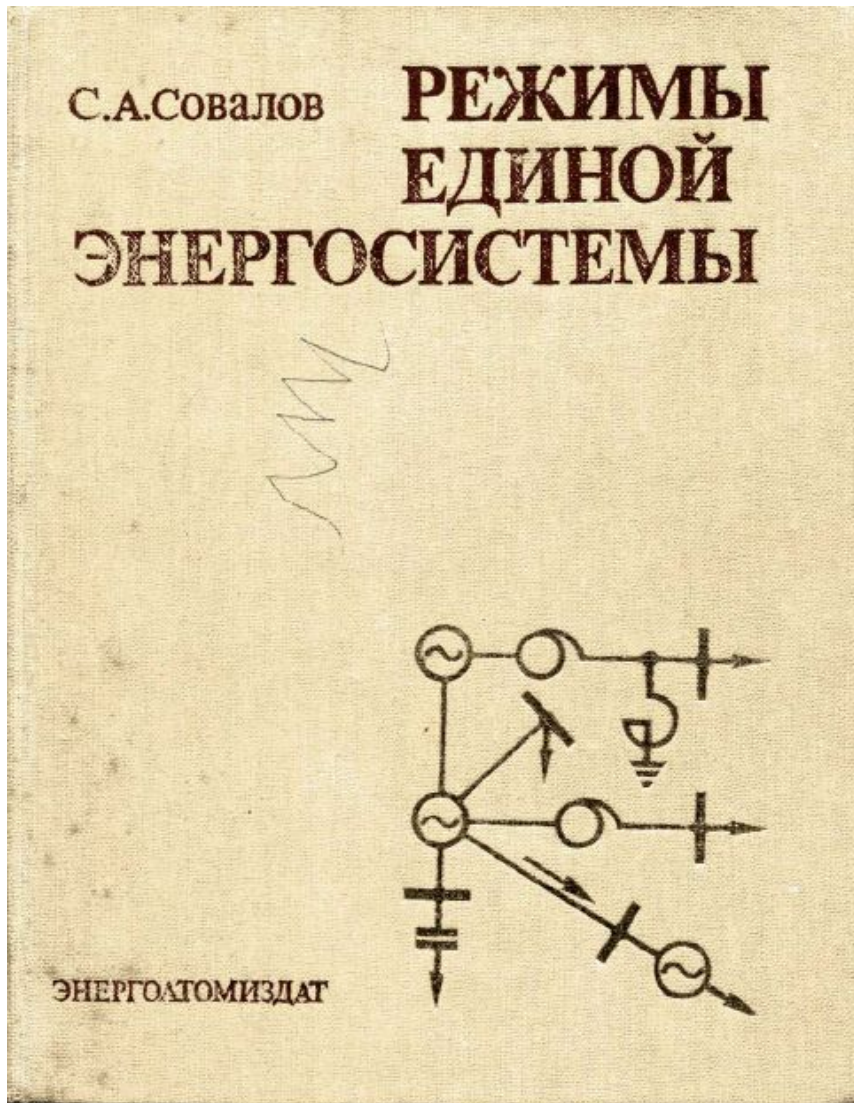
- Пособие для изучения Правил технической эксплуатации электрических станция и сетей (электрическое оборудование)/Под общ. ред. Ф.Л. Когана. – М.: Изд-во ЭНАС, 2002, 356 с.



## Литература:

- Грудинский П.Г., Мандрыкин С.А., Улицкий М.С. Техническая эксплуатация основного электрооборудования станций и подстанций / Под ред. П.И. Устинова. – М.: Энергия, 1974, 576 с.

# Литература:



- Совалов С.А.  
Режимы Единой энергосистемы. – М.: Энергоатомиздат, 1983, 384 с.

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
ЧУВАШСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ имени И. И. УЛЬЯНОВА

**В.Я. Васильева Г.А. Дробиков В.А. Лагутин**

**ЭКСПЛУАТАЦИЯ  
ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЯ  
ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СТАНЦИЙ  
И ПОДСТАНЦИЙ**

Учебное пособие

Чебоксары 2000

# Литература:

- **Васильева В.Я.,  
Дробиков Г.А.,  
Лагутин В.А.  
Эксплуатация  
электрооборудовани  
я электрических  
станций и  
подстанций. Учебное  
пособие. –  
Чебоксары, изд-во  
Чувашского гос. ун-  
та. – 2000, 868 с.**



**Основы эксплуатации электрооборудования** [Электронный ресурс] : метод. указания к практ. занятиям для направления подготовки "Электроэнергетика и электротехника" / АмГУ, Эн.ф.; сост. А. Н. Козлов. - 2-е изд., испр. . - Благовещенск: Изд-во Амур. гос. ун-та, 2017. - 96 с.

Режим доступа:

[http://irbis.amursu.ru/DigitalLibrary/AmurSU\\_Edition/7746.pdf](http://irbis.amursu.ru/DigitalLibrary/AmurSU_Edition/7746.pdf)

**Собственные нужды тепловых, атомных и гидравлических станций и подстанций** [Электронный ресурс] : учеб. пособие для направления подготовки "Электроэнергетика и электротехника"/ АмГУ, Эн.ф.; сост.: А. Н. Козлов, В. А. Козлов, А. Г. Ротачева. - 3-е изд., испр. . - Благовещенск: Изд-во Амур. гос. ун-та, 2017. - 315 с

Режим доступа:

[http://irbis.amursu.ru/DigitalLibrary/AmurSU\\_Edition/9690.pdf](http://irbis.amursu.ru/DigitalLibrary/AmurSU_Edition/9690.pdf)

## Особенности энергетического производства

### 1. Совпадение во времени процессов производства и потребления энергии.

Такое совпадение вызвано невозможностью крупномасштабного коммерческого аккумулирования электроэнергии.

Установленная мощность электростанций должна обеспечивать совокупную максимальную нагрузку потребителей региона с учетом поставок из смежных ЭС. Режим энергопотребления оказывает сильное влияние на издержки энергетического производства. Так, большую часть года установленные мощности электростанций остаются недогруженными.

Генерирующие установки должны находиться в постоянной готовности к несению максимальных нагрузок. Издержки, связанные с поддержанием оборудования в эксплуатации, возмещаются потребителями в виде отдельной платы за мощность независимо от величины энергопотребления за расчетный период.

**Невозможность создания запасов готовой продукции требует:**

- создания резервов генерирующих мощностей,
- необходимой пропускной способности электрических и тепловых сетей,
- запасов топлива на электростанциях.

Величина этих резервов нормируется и включается в стоимость электроэнергии.

Одновременность производства, передачи, распределения и потребления электроэнергии - причина **разграничения** вопросов хозяйственного и оперативного (диспетчерского) управления в Единой энергетической системе (ЕЭС).

**Таким образом, генерирующие компании (ГК) осуществляют энергоснабжение на основе комплекса услуг, к которым относятся:**

- подача электроэнергии (мощности) в заказанных объемах и в определенные периоды времени;
- обеспечение надежности и качества энергоснабжения;
- поддержание готовности оборудования к несению максимальной нагрузки;
- надежное обеспечение теплоснабжения коммунальных и промышленных предприятий (для территориальных генерирующих компаний).

## 2. Непрерывный характер производственного процесса.

Данная особенность оказывает основное влияние на **управление энергетическим комплексом**. Энергетика принадлежит к числу малотрудоемких отраслей экономики в связи с высокой автоматизацией технологических процессов. Численность персонала определяется установленной мощностью электростанций и мало зависит от выработки и передачи энергии (т.е. от режимных факторов).

Тем не менее очевидна особая роль человеческого фактора. Значительная сложность, скорость и опасность процессов, высокая ответственность требуют высокой профессиональной квалификации и психологической устойчивости персонала станций. Важное значение имеет четкое взаимодействие различных подразделений, служб.

### **Существуют две особенности кадровой политики ГК:**

- по уровню оплаты труда производственный персонал ГК занимает одно из ведущих мест в экономике страны;
- требуется регулярно выделять значительные средства на подготовку и повышение квалификации кадров.

### 3. Низкий к.п.д. генерирования электроэнергии и топливоснабжения.

Электроэнергетика относится к топливоемким отраслям. На современных крупных тепловых электростанциях (ТЭС), оборудованных паротурбинными конденсационными блоками, к.п.д. практически не превышает **40%**.  
Переход на парогазовый цикл позволяет повысить к.п.д. до **60%**. Это означает, что около 40% теплоты сгорания топлива выбрасывается в атмосферу.

Основная составляющая производственных затрат ТЭС связана с топливом (**50-70%** себестоимости). Крупная угольная ТЭС потребляет в сутки несколько железнодорожных составов угля. Поэтому на ТЭС необходимо создать **оперативные и страховые запасы основного и резервного топлива**. Существуют основные виды топлива: природный газ, мазут, уголь, торф, попутный нефтяной газ (ПНГ).

Каждый вид топлива имеет свои экономические характеристики, ограничения, риски.

#### 4. Негативное воздействие на окружающую среду.

Энергетическое производство лидирует по негативному воздействию на окружающую среду. Производство теплоты и электроэнергии на ТЭС сопровождается огромным расходом кислорода воздуха, непрерывным выбросом газов, золы и пара.



Суммарные годовые **выбросы** загрязняющих веществ российской ЕЭС в атмосферу составляют порядка 2,5 млн т/год.

**Добыча угля изменяет ландшафт**, а угольный шлак, проблема утилизации которого не решена, образуется в количествах, значительно изменяющих ландшафт. Все это вынуждает ГК осуществлять крупные затраты на сооружение и обслуживание природоохранных устройств, оплату экологических штрафов.

## 5. Взаимозаменяемость и маневренность генерирующих установок.

Установки, вырабатывающие электроэнергию, могут использовать **различные энергоресурсы**: органическое топливо, возобновляемые источники энергии и их комбинации.

**Различные тепловые схемы и циклы выработки**: теплофикационный и конденсационный; паротурбинный, газотурбинный, парогазовый циклы.

При этом генерирующие установки могут различаться единичными мощностями, параметрами пара, системой охлаждения и водоподготовки и т.д.

Данные различия требуют разрабатывать сценарии развития ЭС, **формировать оптимальную структуру** энергетических мощностей исходя из критериев надежности, экономичности и экологичности, распределять нагрузки между агрегатами с целью повышения эффективности и экономичности выработки.

## 6. Высокая капиталоемкость объектов энергетики.

Энергетическое оборудование, установленное на электростанциях, отличается конструктивной сложностью, большой металлоемкостью, высокой степенью автоматизации. В процессе работы оно подвергается воздействию напряжения, высоких температур, давлений, агрессивных веществ и т.д. Поэтому при изготовлении энергетического оборудования применяются дорогостоящие материалы, способные работать в экстремальных условиях достаточно продолжительное время.

Большие информационные потоки, малое время реагирования и опасность производственного процесса требуют немалых вложений в системы автоматизации, обработки и передачи данных на значительные расстояния.

Перечисленные факторы определяют высокую стоимость объектов энергетики. Удельные капиталовложения в проектирование и строительство крупных ТЭС (около 2 ГВт) превышают 1000 долл./кВт. Капитальные ремонты и восстановления после аварий также отличаются значительной стоимостью и продолжительностью.



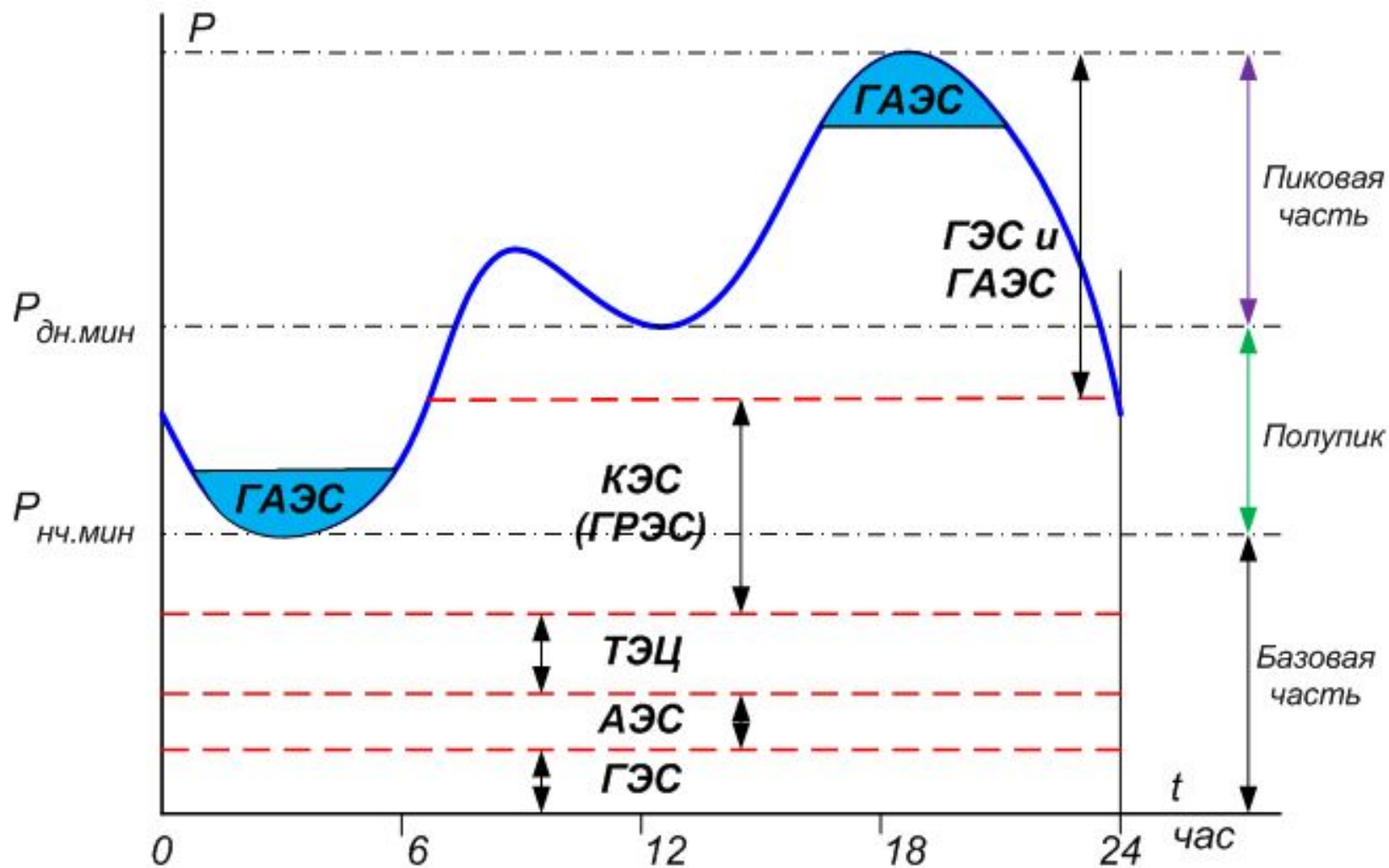
## Энергетика как большая система позволяет:

- Гибко маневрировать резервами мощности при сокращении их суммарного размера и, следовательно, компенсировать последствия непредвиденных ситуаций, включая остановку топливоснабжения;
- Облегчать проведение ремонтов оборудования при сохранении нормального электроснабжения;
- Снижать общее максимальное потребление мощности за счет несовпадения во времени максимальных нагрузок отдельных районов;
- Оптимизировать режим работы системы при использовании электростанций в соответствии с их экономичностью и маневренностью;
- Применять агрегаты, имеющие экономически целесообразную и экологически обоснованную мощность

## Источники электроэнергии:

- Каждая ЭЭС обслуживает территорию, в пределах которой сформировался определенный народнохозяйственный комплекс.
- Мощность, потребляемая в пределах одной ЭЭС, составляет от 1 до 5 тыс. МВт.
- Оптимальной структуры ЭЭС в пределах этой территории добиться трудно («привязка» электростанций отличается от структуры потребления). Поэтому задача решается в пределах бóльших территорий, охватывающих регионы страны.
- Обмен потоками мощности и взаимное резервирование между ЭЭС обеспечивается межсистемными связями (ВЛ СВН и УВН) – объединенные энергосистемы (ОЭС).

# Место электростанций различных типов в общем графике нагрузки электроэнергетической системы



# Основные проблемы планирования и ведения режимов ЭЭС:

- *Выбор нормальных и ремонтных схем электростанций и сетей;*
- *Обеспечение устойчивости параллельной работы электростанций;*
- *Поддержание номинальной частоты в системе;*
- *Экономическое распределение активной мощности при рациональном использовании энергоресурсов:*

$$P_{\text{нагр.макс}} = P_{\text{нагр.потр.}} + P_{\text{соб.нужды}} + \Delta P_{\text{(потери)}}$$

# Основные проблемы планирования и ведения режимов ЭЭС:

- *Регулирование напряжения и распределение потоков реактивной мощности;*
- *Взаимное согласование действия устройств противоаварийной и системной автоматики.*

# Резервирование

$$P_{рез} = P_{уст\Sigma} - P_{нагр.макс}$$

**Резерв** – запас установленной мощности, необходимый для резервирования агрегатов электростанций при их повреждении и при проведении плановых ремонтов.

Различают **вращающийся** (горячий) резерв и **холодный** резерв

# Резервирование

- Исходя из требований устойчивости и надежности работы ЭЭС, с учетом резервной мощности, принимают:

Мощность наиболее мощного агрегата ОЭЭС:

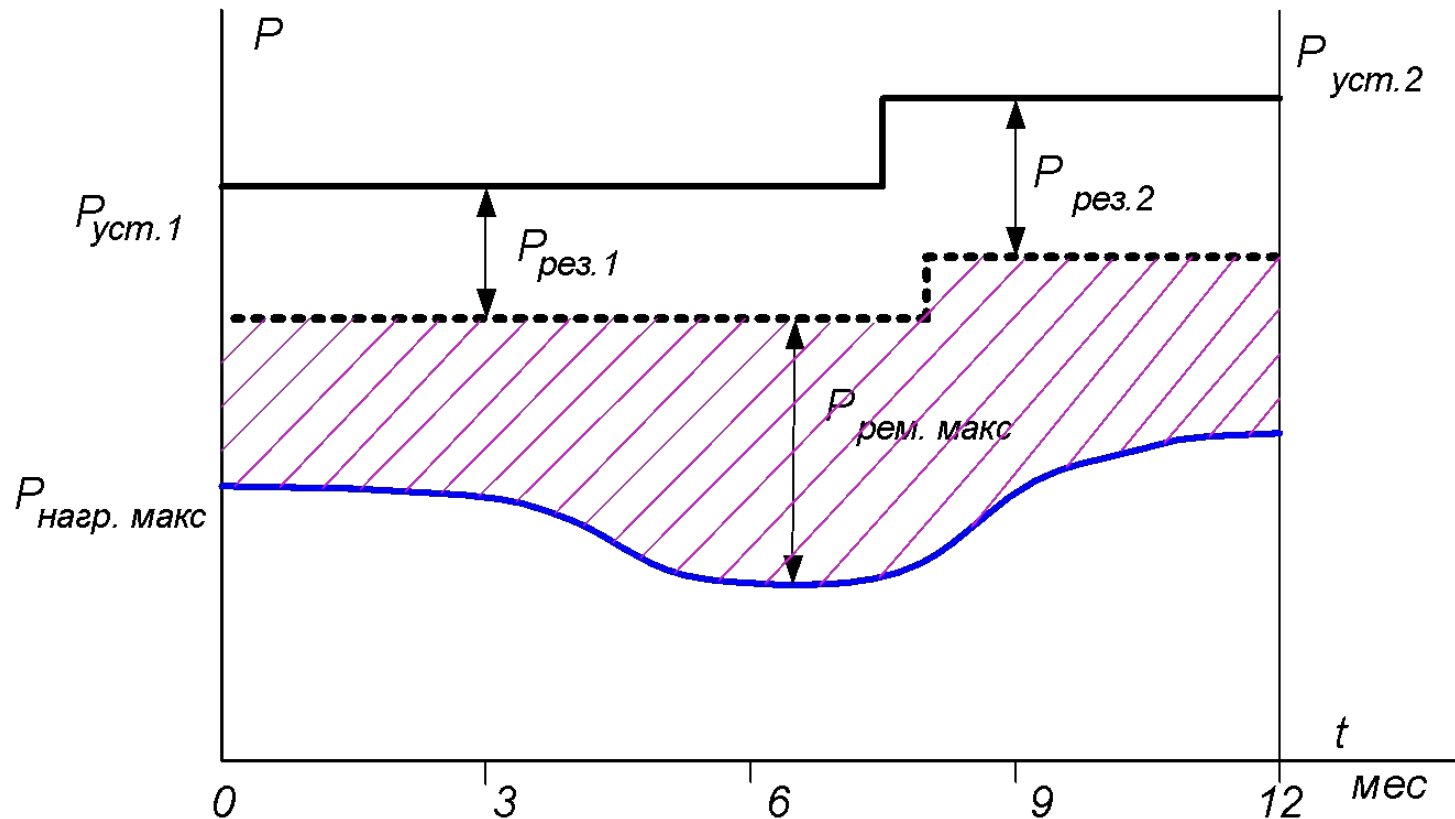
$$P_{\text{агр.макс}} \leq 0,02 P_{\text{уст}\Sigma}$$

Мощность наиболее крупной станции в ОЭЭС:

$$P_{\text{ст.макс}} \leq (0,08 \div 0,12) P_{\text{уст}\Sigma}$$

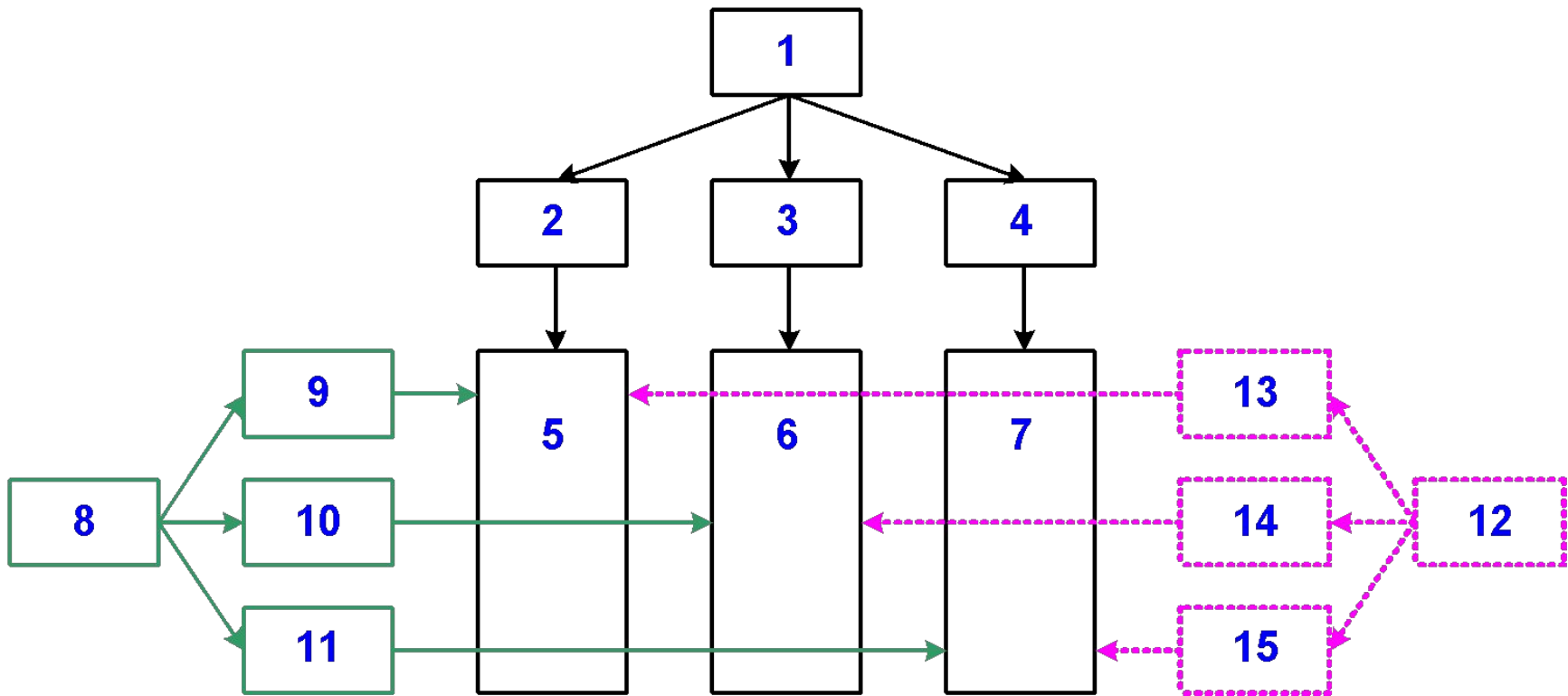
# Ремонт основного электрооборудования ЭЭС

*Должен производиться без ущерба для нормальной работы  
ЭЭС и без перебоев электроснабжения потребителей:*

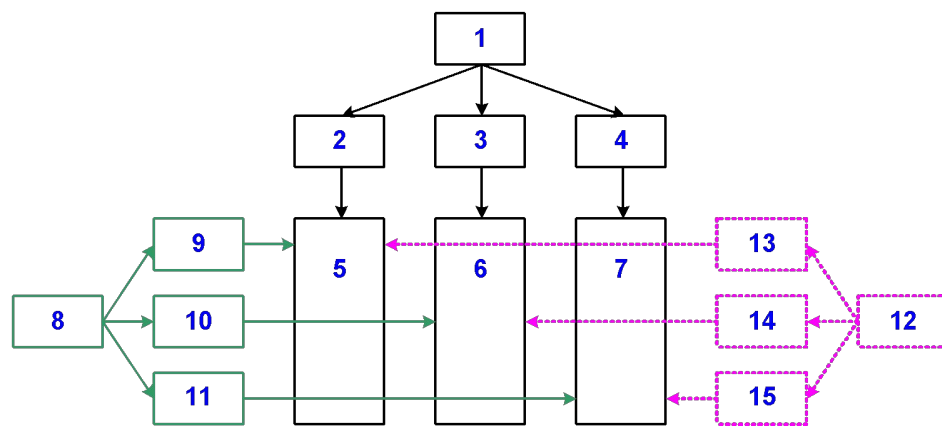




# Иерархическая структура управления энергосистемами



# Административно-хозяйственное управление:



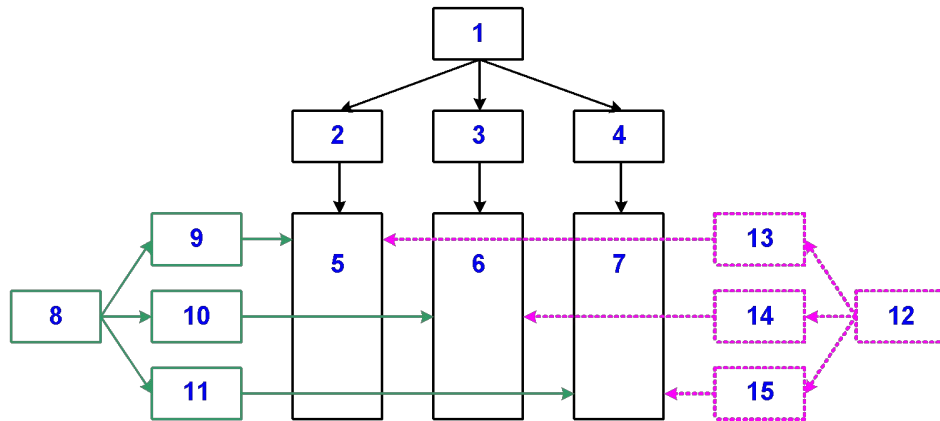
1 – руководитель  
организации

2, 3, 4 – руководители  
предприятий

5, 6, 7 – предприятия

Назначение **хозяйственного управления** – поддержание оборудования в работоспособном состоянии, доставка топлива, запчастей, диагностирование состояния оборудования, организация ремонтов, кадровые вопросы и т.п.

# Оперативное управление:

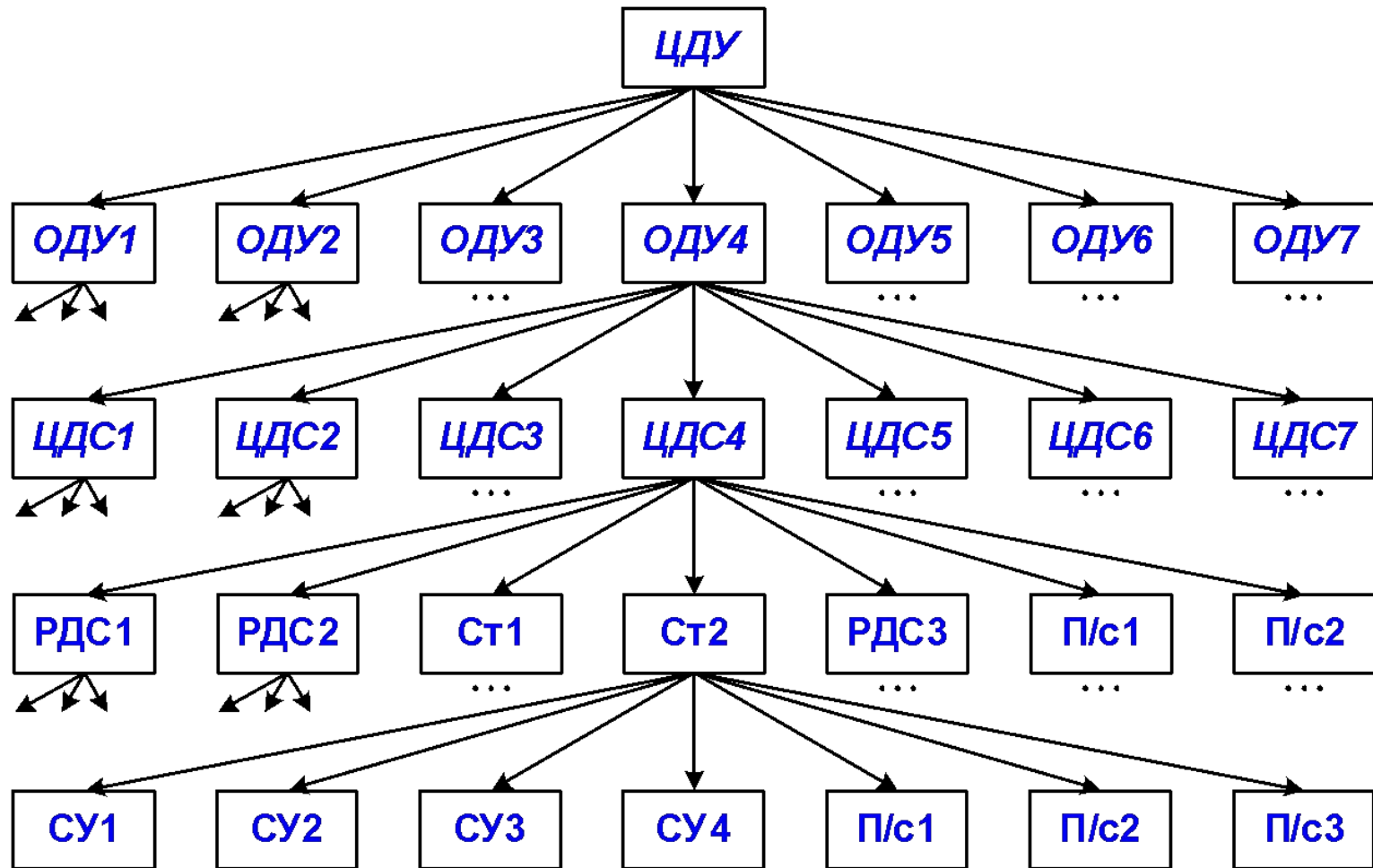


**8 – оперативный  
руководитель организации  
(диспетчер)**

**9, 10, 11 – оперативные  
руководители предприятий  
(начальники смен)**

**Оперативное управление: технологическое**  
планирование режима ЭЭС, управление производством  
и распределением электрической и тепловой энергии,  
выбор состава работающего оборудования и его  
загрузки.

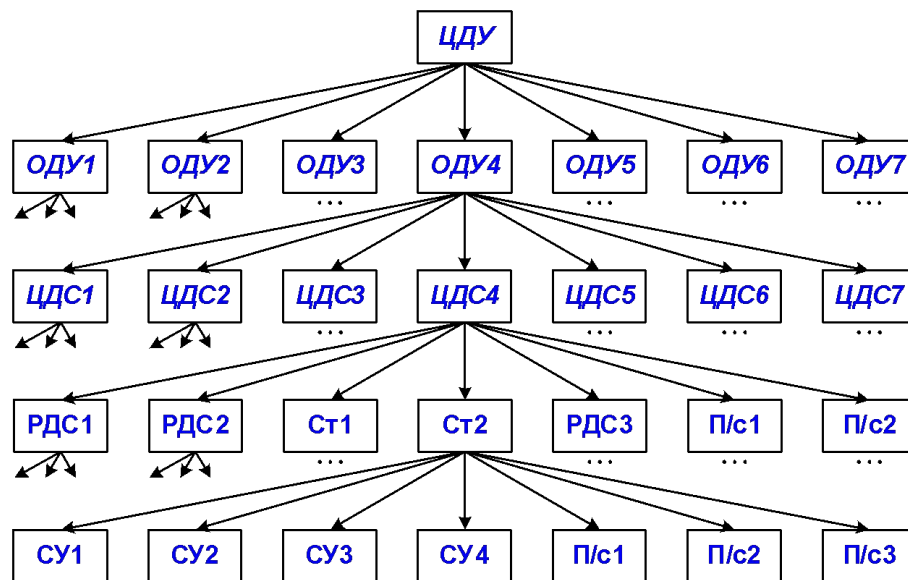
# Иерархическая структура оперативного управления в энергетике



# СОЗДАНИЕ ЕДИНОЙ СТРУКТУРЫ ОПЕРАТИВНО-ДИСПЕТЧЕРСКОГО УПРАВЛЕНИЯ ЕЭС РОССИИ

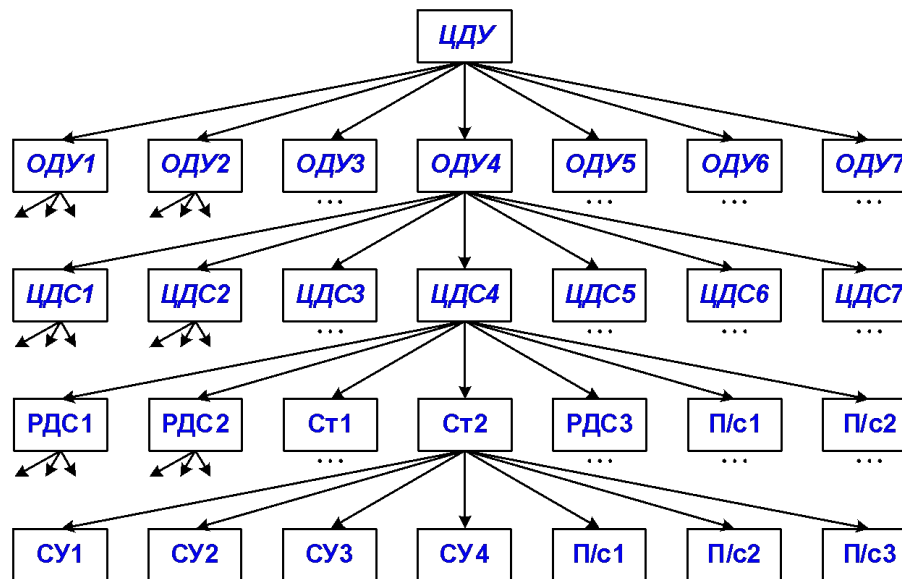
С 21 июля 2002 г. создано 63 филиала ОАО "Системный оператор - ЦДУ ЕЭС"  
7 СО - ОДУ и 56 СО - РДУ.





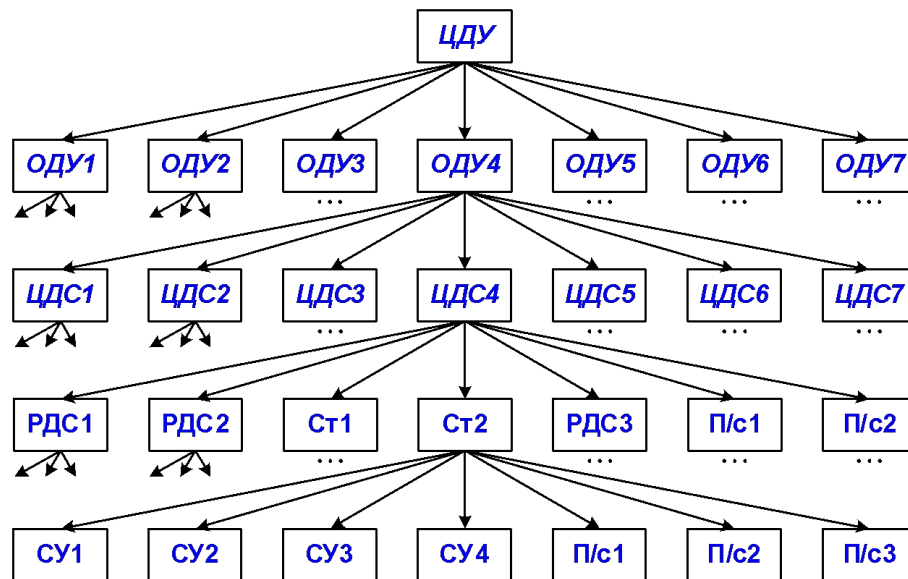
**Системный оператор** (ранее назывался **Центральным диспетчерским управлением - ЦДУ**) осуществляет оперативное управление энергетикой страны через **ОДУ** (объединенные диспетчерские управления), в оперативном ведении которых находится энергетика регионов (управление объединенными энергосистемами регионов - ОЭС).

**ЦДУ** рассматривает межрегиональные вопросы, которые не могут быть решены в рамках **ОДУ**



В каждой ОЭС действуют несколько ЭЭС. Межсистемные проблемы решаются в рамках **ОДУ**

В каждой ЭЭС оперативное управление возглавляет центральная диспетчерская служба (ЦДС) электроэнергетической системы. В сферу управления ЦДС входят районные диспетчерские службы сетевых предприятий (**РДС**), электрические станции (**Ст** – режим задается и контролируется ЦДС, нештатные ситуации «разруливаются» оперативной сменой станции по согласованию с ЦДС) и крупные подстанции (**Пст**), имеющие системное значение.



**ЦДС** занимается вопросами, требующими согласованной работы смежных сетевых предприятий.

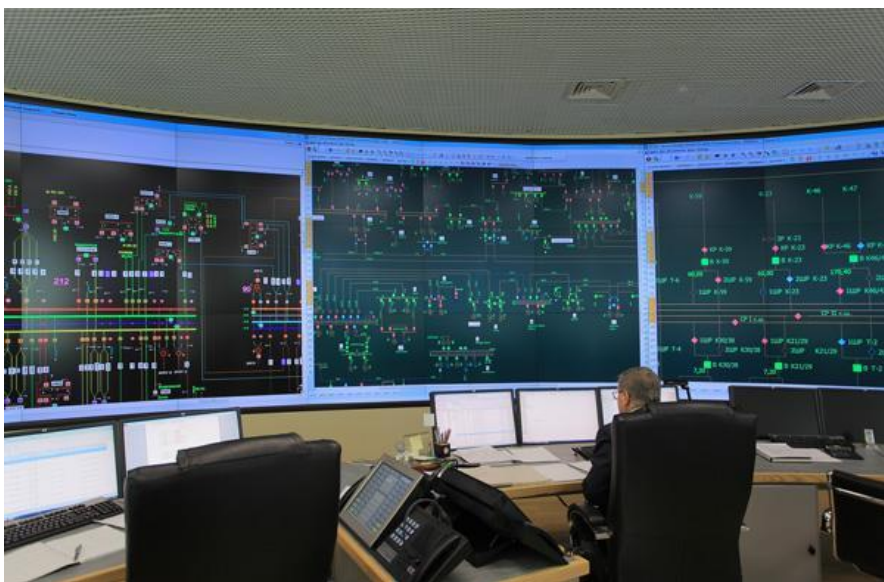
**РДС** согласовывают работу подстанций, входящих в сетевые предприятия, а также сетевых районов.



В итоге каждый уровень оперативного управления имеет дело с ограниченным числом подчиненных звеньев, что обеспечивает хорошую управляемость.

Обязанности, решаемые на каждом уровне, дублируются (перекрываются) на 5-7%, не более. Можно сказать, что вышестоящие уровни управления занимаются **координацией** работы нижестоящих.

В то же время смежные уровни управления могут при необходимости брать на себя (по вертикали) функции друг друга, обеспечивая тем самым технически допустимую работу ЭЭС, пусть и с возможно большим отклонением ее показателей от оптимальных.



Центр управления сетями (ЦУС) АО Ленэнерго



Диспетчерский щит S-2000



Главный щит управления (ГЩУ) ГРЭС



ЦЩУ Бурейской ГЭС

**Диспетчерское технологическое управление должно быть организовано по иерархической структуре, предусматривающей распределение функций технологического управления между уровнями, а также строгую подчиненность нижестоящих уровней управления вышестоящим.**

**Все органы диспетчерского технологического управления, независимо от форм собственности соответствующего субъекта рынка, входящего в состав энергосистемы (ОЭС, ЕЭС), должны подчиняться командам (указаниям) вышестоящего технологического диспетчера.**

**Высшее звено** (ЦДУ ЕЭС) осуществляет круглосуточное оперативное руководство параллельной работой ОЭС и непрерывное регулирование режима ЕЭС.

**Среднее звено** (ОДУ) ведет режим объединения и управляет параллельной работой энергосистем.

**Диспетчерская служба энергосистемы** управляет режимом энергосистемы, обеспечивая согласованную работу всех входящих в нее энергетических объектов.

**Основная ответственность за поддержание нормальной частоты** возлагается на высшего оперативного руководителя ЕЭС - диспетчера ЦДУ ЕЭС.

Диспетчеры ОДУ и энергосистем обеспечивают поддержание заданных соответственно ЦДУ ЕЭС и ОДУ **графиков перетоков мощности** между ОЭС и энергосистемами, выполнение указаний по изменению перетоков в целях поддержания нормальной частоты при изменении баланса мощностей

**Предусматриваются две категории оперативной подчиненности:  
оперативное управление и оперативное вѐдение.**

Термином **оперативное управление** обозначается вид оперативного подчинения, когда операции с тем или иным оборудованием ЭЭС производятся только по распоряжению соответствующего диспетчера (старшего дежурного персонала), в управлении которого это оборудование находится. **В оперативном управлении диспетчера находится оборудование, операции с которым требуют координации действий подчиненного оперативного персонала.**

**Пример:** В **оперативном управлении** диспетчера должна находиться ЛЭП, отключаемая в ремонт персоналом как минимум двух объектов, расположенных по ее концам (диспетчер согласует работу персонала с коммутационной аппаратурой и устройствами противоаварийной автоматики).

Термином **оперативное ведение** обозначается вид оперативной подчиненности, если операции с тем или иным оборудованием ЭЭС выполняются **с ведома (по разрешению)** соответствующего диспетчера, в чьем ведении это оборудование находится.

**Пример:** по **указанию** диспетчера персонал электростанции выполняет пуск (или останов) котла и турбогенератора, **самостоятельно** выполняя весь комплекс необходимых операций.

Выполнение операций с оборудованием в той или иной мере оказывает влияние на работу других объектов энергосистемы (изменение потребляемой или вырабатываемой мощности, снижение надежности электроснабжения, изменение значений напряжения). Следовательно, такие операции должны **предварительно согласовываться**, то есть выполняться с разрешения того диспетчера, который осуществляет оперативное обслуживание данных объектов.

## Еще раз, для сравнения и запоминания:

В **оперативном управлении** старшего работника из числа оперативного персонала должны находиться *оборудование, линии электропередачи, токопроводы, устройства релейной защиты, аппаратура системы противоаварийной и режимной автоматики, средства диспетчерского и технологического управления, операции с которыми требуют координации действий подчиненного оперативного персонала и согласованных изменений режимов на нескольких объектах.*

Операции с указанным оборудованием и устройствами должны производиться **под руководством** старшего работника из числа оперативного персонала.

В **оперативном ведении** старшего работника из числа оперативного персонала должны находиться *оборудование, линии электропередачи, токопроводы, устройства релейной защиты, аппаратура системы противоаварийной и режимной автоматики, средства диспетчерского и технологического управления, операции с которыми не требуют координации действий персонала разных энергетических объектов, но состояние и режим работы которых влияют на режим работы и надежность электрических сетей, а также на настройку устройств противоаварийной автоматики.*

Операции с указанным оборудованием и устройствами должны производиться **с разрешения** старшего работника из числа оперативного персонала.

## ОБЩИЕ ТРЕБОВАНИЯ И ПРАВИЛА ЭКСПЛУАТАЦИИ ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЯ ЭЛЕКТРОСТАНЦИЙ

**Основным показателем** электроэнергетического производства, как и любого другого, является качество продукции.

Качество электроэнергии характеризуют:

- частота, величина ее отклонения от номинального значения;
- напряжение, его колебание и отклонение от номинального значения;
- непрерывность - неплановый перерыв в питании потребителя является аварией, браком в производстве;
- экономичность - себестоимость ЭЭ должна, быть минимальной при обеспечении трех вышеуказанных показателей качества ЭЭ.

Рассмотрим показатели качества ЭЭ подробнее. Частота электроэнергии обеспечивает неизменную частоту вращения двигателей всех потребителей ЭЭ и связанных с двигателями механизмов. Во многих отраслях промышленности даже небольшое отклонение частоты вращения механизмов от номинальной приводит к браку, например, в текстильной, некоторых отраслях химической, радиоэлектронной, полупроводниковой и др. Плохо переносят колебания частоты и производства, связанные с мощными выпрямительными установками на управляемых вентилях.



ГОСТом установлена номинальная **частота** сети 50 Гц при допустимом колебании  $\pm 0,10$  Гц, что составляет 0,20% от номинала.

Однако эта величина уже **устарела**. В некоторых странах стандартом считается стабильность частоты порядка  $\pm 0,01$  Гц, т.е. 0,02%. Причем современные мировые стандарты требуют, чтобы интегральное отклонение частоты за сутки было равно 0. Это вызвано тем, что многие электрические часы и другие механизмы, например, многотарифные электросчетчики, работают от сети, а отклонение частоты даже на 0,01 Гц приводит к погрешности в 1 мин 26 сек за сутки. Отсюда и возникает требование, чтобы интегральное отклонение было равно 0, т.е. на сколько часы убегут вперед ночью, когда частота повышена, на столько они должны отстать за день, когда частота понижена.

От **напряжения** электроэнергии в сети зависят режим работы всех двигателей, качество освещения помещений и устойчивость работы электростанций.

Требования к стабильности напряжения не столь жестки, как требования к частоте: по ГОСТу 13109-67 напряжение на осветительных установках должно поддерживаться с точностью от -2,5 до +5% номинального. На зажимах электродвигателей -5 - +10%, у остальных потребителей  $\pm 5\%$ . Причем, если поддержание частоты тока в сети является обязанностью работников электростанции, то поддержание напряжения в сети у потребителей в большой степени, а иногда и полностью, зависит от режима работы электросети и трансформаторов на подстанциях (п/с). Если в любой момент частота одинакова во всей параллельно работающей энергосистеме, то напряжение в разных ее точках может быть весьма различно и зависеть от местных схем и условий работы п/с. В некоторой степени на уровень напряжения могут влиять и сами потребители ЭЭ, для этого они устанавливают у себя вместо асинхронных двигателей синхронные, которые могут регулировать напряжение в сети, устанавливают батареи конденсаторов, трансформаторы с регулированием под нагрузкой и синхронные компенсаторы.

**Непрерывность** электроснабжения является обязательным условием работы энергетики.

Современное промышленное производство работает зачастую в две и три смены, химические и некоторые другие производства работают непрерывно, и малейший перерыв в питании, например в нефтехимии, может привести к крупной аварии. Не терпят перерыва в подаче электроэнергии также ЭВМ, собственные нужды атомных реакторов и другие потребители.

Непрерывность питания потребителей обеспечивает диспетчерская служба.

**Экономичность** производства ЭЭ - существенный фактор работы энергетики. **Нельзя добиваться качества ЭЭ любой ценой.**

Можно недогрузить электростанции и обеспечить этим стабильность частоты, но это неэкономично, т.к. приведет к перерасходу топлива;

можно установить мощные трансформаторы, и держать напряжение стабильным в высшей степени, но это приведет к неоправданным капвложениям и большим потерям энергии в трансформаторах;

можно повысить надежность электроснабжения, построив большое число ЛЭП, но это омертвляет средства, затраченные на строительство.

Экономический расчет особенно существен сейчас, когда строятся мощные электростанции, когда каждый процент прироста мощности - это миллионы киловатт.

**Культура эксплуатации** электрооборудования - гарантия надежной работы энергетики, гарантия качества электроэнергии.

Под словами «культура эксплуатации» подразумевается: **квалификация** персонала, его высокая теоретическая подготовка, знание и выполнение им ПТЭ и местных инструкций, знание технических параметров оборудования и заводских инструкций. Следует отметить, что качество работы оборудования нигде так не зависит от добросовестности и квалификации персонала, как в энергетике. Поэтому технической учебе уделяется огромное внимание.

Наряду с квалификацией существенное значение имеют **психологические качества работника**. На электростанции не может работать человек с неуравновешенной психикой, такой работник - потенциальный источник аварий. Среди энергетиков бытует поговорка: «Семь раз проверь - один раз включи (или отключи)».


**Недопустимо** работать в энергетике без схем и чертежей.

Работающего на панели вторичной коммутации без схемы, как правило, **дисквалифицируют или строго наказывают**. По памяти можно играть в шахматы, но не проверять схему пофазного АПВ или автосинхронизатора.

Под культурой эксплуатации подразумевают также **своевременные и качественные текущий и капитальный ремонты и профилактические испытания**. Сроки, объемы и составы ремонтов строго регламентированы заводскими и местными инструкциями. Однако и инструкции иногда пересматриваются. Например, выясняется, что при хорошей текущей эксплуатации можно увеличивать межремонтный период, капремонт делать не после одного, а после полутора-трех лет работы оборудования.

Увеличение длительности межремонтного периода должно быть строго обосновано экспериментально и, как правило, **одобрено заводом-изготовителем оборудования**. Хотя завод, изготовивший данный генератор, скажем, 10 лет назад, не несет за его работу ответственности, т.к. гарантийные сроки обычно ограничены 18-ю месяцами, но все же без его согласия ничего не меняют, т.к. завод не только лучше всех знает конструкцию оборудования и качество заложенных материалов, но и накопил опыт работы многих экземпляров данного оборудования на других электростанциях и обобщил его.

Поэтому принято считать, что завод-изготовитель несет моральную ответственность за работу оборудования, и работники электростанций принимают это во внимание. Культура эксплуатации - это и своевременная **реконструкция** действующего оборудования, его **модернизация**. Модернизация не только повышает надежность работы, но может увеличить межремонтный период, повысить номинальную мощность оборудования.



Повышение номинальной мощности оборудования широко практикуется на ГЭС. Обычно после 2-3 лет эксплуатации оборудования выясняется, что в конструкции гидротурбины и гидрогенератора имеются определенные запасы, которые в соответствующих режимах работы можно реализовать, повысив мощность агрегата на 10-20%. Конечно, этому предшествуют кропотливые исследования режимов работы оборудования в целом и отдельных его узлов, в которых участвуют обычно завод-поставщик и научно-исследовательские организации.

Грамотная эксплуатация оборудования предполагает тщательный уход за ним и своевременное устранение мельчайших неполадок. Надо твердо помнить, что в эксплуатации электрооборудования нет мелочей. Любая мелочь может обернуться миллионными убытками и даже человеческими жертвами.



Важное место в уходе за оборудованием отводится его своевременным **профилактическим испытаниям.**

Профилактическими испытаниями (ПИ) называются испытания, которые должны определить работоспособность данного оборудования в заданных условиях в течение заданного срока.

Основное назначение ПИ - выявление скрытых дефектов в оборудовании.

Характерными признаками ПИ являются:

- строгая обязательность (не может быть введено в работу оборудование, предварительно не испытанное или с просроченным очередным испытанием);
- регламентация методики проведения испытаний, схемы испытаний и приборов (этим достигается единообразие испытаний данных аппаратов по всей стране);
- периодичность испытаний.

Основной принцип ПИ изоляции - перегрузка изоляции повышенным напряжением. Считается: если данная изоляция выдержит повышенное напряжение в течение 1 мин, то она выдержит работу с номинальным напряжением в течение одного года или более (смотря по обязательной периодичности ПИ).

Этот принцип проверки изоляции принят в России и других странах Европы. Однако сейчас получает распространение иной способ ПИ изоляции, применяемый в США: изоляция испытывается на заводе-изготовителе в течение длительного времени немного повышенным напряжением. Если изоляция это выдержит, то она будет работать при номинальном напряжении достаточно долго без промежуточных периодических ПИ. Испытания сильно повышенным, например, двойным напряжением, не производят. Но это вопрос не столько методики испытаний, сколько принципов конструкции изоляции.



Вторичные цепи релейной защиты проверяются нагрузкой значительно большим, чем номинальный, током и повышенным напряжением, равным 2 кВ.

В некоторых случаях применяют измерения по специальной схеме или специальных параметров: измерение тангенса диэлектрических потерь в изоляции и переходного сопротивления контактов коммутационных аппаратов. В маслосодержащих аппаратах проверяют масло, предполагая, что если оно в норме, то и сам аппарат работоспособен. Аналогично проводятся проверки элегазового оборудования.

## *Классификация электрооборудования*

- *По климатическому исполнению* с учетом воздействия климатических факторов, воздействующих на электрооборудование при его эксплуатации:
  - *У* - для умеренного климата;
  - *УХЛ* - для умеренного и холодного климата;
  - *ТВ* - для влажного тропического климата;
  - *ТС* - для сухого тропического климата;
  - *Т* - для сухого и влажного тропического климата;
  - *О* – общеклиматическое исполнение.

## *Категория размещения электрооборудования*

*В зависимости от места эксплуатации электрооборудования установлены **пять категорий размещения**:*

- ❖ ***Категория 1*** - на открытом воздухе, т.е. на электрооборудование воздействует дождь, снег и прямые лучи солнца;
- ❖ ***Категория 2*** - под навесом, в палатках, закрытых кузовах и прицепах, металлических помещениях без отопления и теплоизоляции со сравнительно свободным доступом воздуха.

- ❖ **Категория 3** - в закрытых неотапливаемых помещениях с естественной вентиляцией без искусственно регулируемых климатических условий;
- ❖ **Категория 4** – в закрытых отапливаемых и вентилируемых помещениях с искусственно регулируемыми климатическими условиями;
- ❖ **Категория 5** - в неотапливаемых и вентилируемых помещениях с повышенной влажностью (шахтах, подвалах, судовых отсеках), в которых возможна длительное наличие воды или частая конденсация влаги на стенах и потолке.

**ВБП-110III-31,5/2000 УХЛ1** выключатель изготовлен в климатическом исполнении УХЛ, категории размещения 1 по ГОСТ 15150-69;

## Степень защиты электрооборудования

Условное обозначение степени защиты электрооборудования состоит из букв ***IP (International Protection)***, указывающих на международную систему обозначений и двух цифр:

- ❖ ***Первая цифра*** от **нуля до шести** обозначает степень защиты персонала от соприкосновения с движущимися частями электрооборудования и от попадания внутрь оболочек ***твердых посторонних тел и пыли***.
- ❖ ***Вторая цифра*** от **0 до 8** указывает степень защиты оборудования от проникновения внутрь оболочек ***воды***.



Первая цифра	Краткое определение	Вторая цифра	Краткое определение
<b>0</b>	<b>Защита отсутствует</b>	<b>0</b>	<b>Защита отсутствует</b>
<b>1</b>	<b>Защита от проникновения внутрь оболочки руки человека или твердых тел размером более 50 мм</b>	<b>1</b>	<b>Защита от капель воды, вертикально падающих</b>
<b>2</b>	<b>Защита от проникновения пальцев или предметов длиной более 80 мм и твердых тел размером более 12 мм</b>	<b>2</b>	<b>Защита от капель воды воды под углом до 15 градусов (каплезащищенное)</b>

Первая цифра	Краткое определение	Вторая цифра	Краткое определение
<b>3</b>	<b>Защита от проникновения инструмента, проволоки толщиной более 2,5 мм и твердых тел размером более 2,5 мм</b>	<b>3</b>	<b>Защита от дождя, падающего на оболочку под углом 60 градусов от вертикали (дождезащищенные)</b>
<b>4</b>	<b>Защита от проникновения проволоки и твердых тел размером более 1 мм</b>	<b>4</b>	<b>Защита от брызг (брызгозащищенное)</b>
<b>5</b>	<b>Защита от проникновения пыли осуществлена не полностью, однако пыли проникшей в оболочку недостаточно для нарушения работы ЭО (пылезащищенное)</b>	<b>5</b>	<b>Защита от водяных струй (струезащищенное) .Струя воды под любым углом на оболочку не оказывает вредного воздействия на электрооборудование</b>

<b>Первая цифра</b>	<b>Краткое определение</b>	<b>Вторая цифра</b>	<b>Краткое определение</b>
<b>6</b>	<b>Проникновение пыли предотвращено полностью (пыленепроницаемое)</b>	<b>6</b>	<b>Защита от волн (волнозащищенное). При захлестывании волной вода не должна попадать внутрь оболочки.</b>
<b>7</b>	<b>-</b>	<b>7</b>	<b>Защита при погружении электрооборудования в воду на определенное время (водозащищенное)</b>
<b>8</b>	<b>-</b>	<b>8</b>	<b>Защита при погружении в воду на неограниченное время (герметичное)</b>

Распространенные примеры кода IP:

IP21 - Защита от прикосновения рукой (пальцем) со способностью выдерживать вертикальные брызги воды (технически это обычный распределительный шкаф, например навесного исполнения);

IP44 - Защита от прикосновения инструментом/проволокой более 1мм со способностью выдерживать брызги воды со всех направлений (технически это можно представить как уличный выключатель);

IP65 - полная защита от попадания пыли со стойкостью к направленному воздействию струей воды (Фара автомобиля, уличный бокс для узла учета).

*Пример распаечной коробки открытой установки IP65 с гермитичными сальниками и затягивающейся крышкой:*



# НОРМАТИВНО-ТЕХНИЧЕСКАЯ ДОКУМЕНТАЦИЯ В ЭЛЕКТРОУСТАНОВКАХ

## Проектно-техническая документация

- |  |  |
|--|--|
| 1. Генплан   | 4. Проект (однолинейная схема)             |
| 2. Технические паспорта ЭО   | 5. Сертификаты на оборудование и материалы |
| 3. Акты испытаний и наладки ЭО, приемки скрытых работ, разграничения балансовой принадлежности, протоколы измерений, проверки устройств заземления |  |

## Журналы и бланки

- |  |  |  |
|--|--|--|
| 12. Дефектов и неполадок на ЭО             | 18. Оперативный  | 23. Учета присвоения группы I              |
| 13. Выдачи и возврата ключей от ЭУ         | 19. РЗАиТ  | 24. Комплект бланков нарядов-допусков      |
| 14. Учета работ по нарядам и распоряжениям | 20. Регистрации инструктажа на рабочем месте               | 25. Бланки переключений                    |
| 15. Учета расхода ЭЭ                       | 21. По учету противоаварийных и противопожарных тренировок | 26. Учета и содержания средств защиты в ЭУ |
| 16. Кабельный                              | 22. Учета проверки знаний норм и правил работы в ЭУ        |  |
| 17. Учета ЭО                               |  |  |

## Списки работников

- |  |  |
|--|--|
| 6. Имеющих право: выполнения оперативных переключений, ведения оперативных переговоров | 9. Которым даны права: Допускающего Ответственного руководителя работ Производителя работ Наблюдающего |
| 7. Имеющих право единичного осмотра  | 10. Подлежащих проверке знаний на право производства спецработ в ЭУ                                    |
| 8. Имеющих право отдавать распоряжения, выдавать наряды                                | 11. Допущенных к проверке подземных сооружений на загазованность                                       |

## Инструкции

- |   |  |
|---|--|
| 27. По ППБ                                  | 31. По ОТ для работников, обслуживающих электрооборудование ЭУ |
| 28. По ОТ на рабочих местах                 | 32. По предотвращению и ликвидации аварий в ЭУ                 |
| 29. Должностные – по каждому рабочему месту | 33. По выполнению переключений без распоряжения                |
| 30. Производственные – по эксплуатации ЭУ   | 34. По учету ЭЭ и ее экономии                                  |