



Технические средства оперативно диспетчерского и технологического управления в электроэнергетических системах

Введение к курсу

Канд. техн. наук доцент Ножин Л.Э.

Тел. +7 921 967-92-55, E-mail nozhin.l@gmail.com



Структура оперативно-диспетчерского управления в ЕЭС



Условия нормальной работы энергосистемы

Нормальная работа энергосистем возможна только при четко функционирующей системе оперативно-диспетчерского управления их режимами. Необходимость эффективной системы управления обусловлена следующими важнейшими свойствами энергосистем:

- 1. Значимость производимого продукта** не только в сфере материального производства, но и при обеспечении безопасных и комфортных условий работы и проживания больших групп людей;
- 2. Сложность производственной структуры**, большой объем производимой продукции, разнообразие основного оборудования с разными технико-экономическими характеристиками и, как следствие, возможность ведения допустимых, но не оптимальных режимов с перерасходом энергоресурсов;
- 3. Непрерывность процессов** производства, распределения и потребления электрической энергии;
- 4. Быстрота протекания технологических процессов;**
- 5. Наличие условий повышенной опасности** для здоровья и жизни людей, эксплуатирующих оборудование самих энергосистем.



Задачи оперативно-диспетчерского управления

На каждой ступени диспетчерского управления решаются разные задачи, но все они связаны с обеспечением бесперебойности снабжения потребителя электроэнергией нормативного качества. В соответствии с «Правилами технической эксплуатации электрических станций и сетей» *диспетчерское управление должно обеспечить:*

а) удовлетворение потребности в электрической и тепловой энергии, т. е. соблюдение графика распределения нагрузок между электростанциями в строгом соответствии с программой, учитывающей экономичность и рентабельность работы энергосистемы;

б) бесперебойность электроснабжения потребителей и надежность работы энергосистемы и отдельных ее элементов, для чего диспетчерское управление осуществляет оперативное руководство различными переключениями оборудования в энергосистеме и руководство по ликвидации и предотвращению аварийных ситуаций;

в) качество энергии: частоту и напряжение электрического тока, давление и температуру отпускаемых потребителям пара и горячей воды, удовлетворяющих установленным нормам; для этого диспетчерское управление осуществляет оперативный контроль за качественными показателями работы энергосистемы. Подобные же функции возлагаются на ОДУ в отношении энергетических объединений и на ЦДУ в отношении всей энергетики страны.



Требования к техническим средствам оперативно-диспетчерского управления

Для успешного выполнения указанных функций *диспетчер должен иметь:*

- а) исчерпывающие данные о состоянии оборудования на контролируемых объектах;
- б) полную информацию о режимах работы объектов, вырабатывающих электрическую и тепловую энергию;
- в) необходимые данные о режимах работы определенных участков электрической и тепловой сети;
- г) возможность оперативного вызова для переговоров дежурного персонала контролируемых объектов;
- д) возможность непосредственного вмешательства в технологический процесс выработки и распределения энергии.

Очевидно, что нормальное функционирование энергосистемы невозможно осуществить без массового применения различных технических средств, телекоммуникационно и информационно объединенных в единую автоматизированную (включающую человека-диспетчера) систему диспетчерского и технологического управления (АСДУ).



Принципиальные основы оперативно-диспетчерского управления

Главная особенность Единой электроэнергетической системы России состоит в том, что ЕЭС России представляет собой единый высокоавтоматизированный комплекс, состоящий из нескольких параллельно работающих объединенных энергосистем (ОЭС) и региональных электроэнергетических систем, связанных общим режимом и единой системой технологического (диспетчерского и автоматического) управления.

Основными задачами оперативно-диспетчерского управления в электроэнергетике являются:

- обеспечение баланса производства и потребления электрической энергии;
- безусловное исполнение субъектами электроэнергетики и потребителями электрической энергии с управляемой нагрузкой указаний субъектов оперативно-диспетчерского управления по регулированию технологических режимов работы объектов электроэнергетики (оперативных диспетчерских команд и распоряжений);
- осуществление мер, направленных на обеспечение безопасного функционирования электроэнергетики и предотвращение возникновения аварийных ситуаций;



Принципиальные основы оперативно-диспетчерского управления

- принятие мер, направленных на обеспечение в Единой энергетической системе России нормированного резерва энергетических мощностей;
- обеспечение долгосрочного и краткосрочного прогнозирования объема производства и потребления электрической энергии;
- приоритетность режимов комбинированной выработки электрической и тепловой энергии в осенне-зимний период регулирования режимов работы генерирующего оборудования;
- экономическая эффективность оперативных диспетчерских команд и распоряжений, основанная на оптимизации режимов работы Единой энергетической системы России и технологически изолированных территориальных электроэнергетических систем по критерию минимизации суммарных затрат покупателей электрической энергии;
- ответственность субъектов оперативно-диспетчерского управления и их должностных лиц перед субъектами оптового и розничных рынков за результаты действий, осуществляемых с нарушением законодательства Российской Федерации, порядка оперативно-диспетчерского управления в электроэнергетике и правил оптового рынка, утверждаемых Правительством Российской Федерации.



Что такое оперативно-диспетчерское управление в электроэнергетике (ОДУ)

Цель диспетчерского управления — разработка и ведение режимов энергосистем, обеспечивающих надежное и бесперебойное снабжение потребителей электрической и тепловой энергией требуемого качества при максимальной экономичности работы энергосистемы в целом, создание возможности безопасного обслуживания оборудования энергосистемы.

Подводя итоги сказанному, можно в соответствии с Федеральным законом «Об электроэнергетике» № 35-ФЗ от 26 марта 2003 года определить:

Оперативно-диспетчерское управление в электроэнергетике - комплекс мер по централизованному управлению технологическими режимами работы объектов электроэнергетики и энергопринимающих устройств потребителей электроэнергии, если эти объекты и устройства влияют на электроэнергетический режим работы ЭЭС и включены соответствующим субъектом оперативно-диспетчерского управления в перечень объектов, подлежащих такому управлению.



Главные определения в ОДУ

Технологический режим работы - процесс, протекающий в технических устройствах объекта электроэнергетики или энергопринимающей установки потребителя электроэнергии, и состояние этого объекта или установки (включая параметры настройки системной и противоаварийной автоматики).

Электроэнергетический режим энергосистемы - единый процесс производства, преобразования, передачи и потребления электрической энергии в энергосистеме и состояние объектов электроэнергетики и энергопринимающих установок потребителей электроэнергии (включая схемы электрических соединений объектов электроэнергетики).



Главные определения в ОДУ

- **Объекты электроэнергетики** – имущественные объекты, непосредственно используемые в процессе производства, передачи электроэнергии, оперативно-диспетчерском управлении в электроэнергетике и в сбыте электроэнергии, в том числе объекты электросетевого хозяйства.
- **Потребители электроэнергии с управляемой нагрузкой** – категория потребителей электроэнергии, которые влияют на качество электроэнергии, надежность работы ЕЭС России и оказывают в связи с этим на возмездной договорной основе услуги по обеспечению вывода ЕЭС России из аварийных ситуаций. Эти потребители могут оказывать и иные согласованные с ними услуги по условию договора.



Принцип организации оперативно-диспетчерского управления

Общий принцип организации оперативно-диспетчерского управления исходит из следующего: положения:

Единая энергетическая система России представляет собой единый сложный высокоавтоматизированный технологический комплекс, состоящий из нескольких параллельно работающих объединенных энергосистем (ОЭС) и региональных электроэнергетических систем, связанных общим режимом и единой системой технологического (диспетчерского и автоматического) управления.





Состав ЕЭС России

Единая энергетическая система России (ЕЭС России) состоит из 70 региональных энергосистем, которые, в свою очередь, образуют 7 объединенных энергетических систем: Востока, Сибири, Урала, Средней Волги, Юга, Центра и Северо-Запада. Все

энергосистемы соединены межсистемными высоковольтными линиями электропередачи напряжением 220-500 кВ и выше и работают в синхронном режиме (параллельно). Сетевое хозяйство ЕЭС России насчитывает более 10 700 линий электропередачи класса напряжения 110 – 1150 кВ.

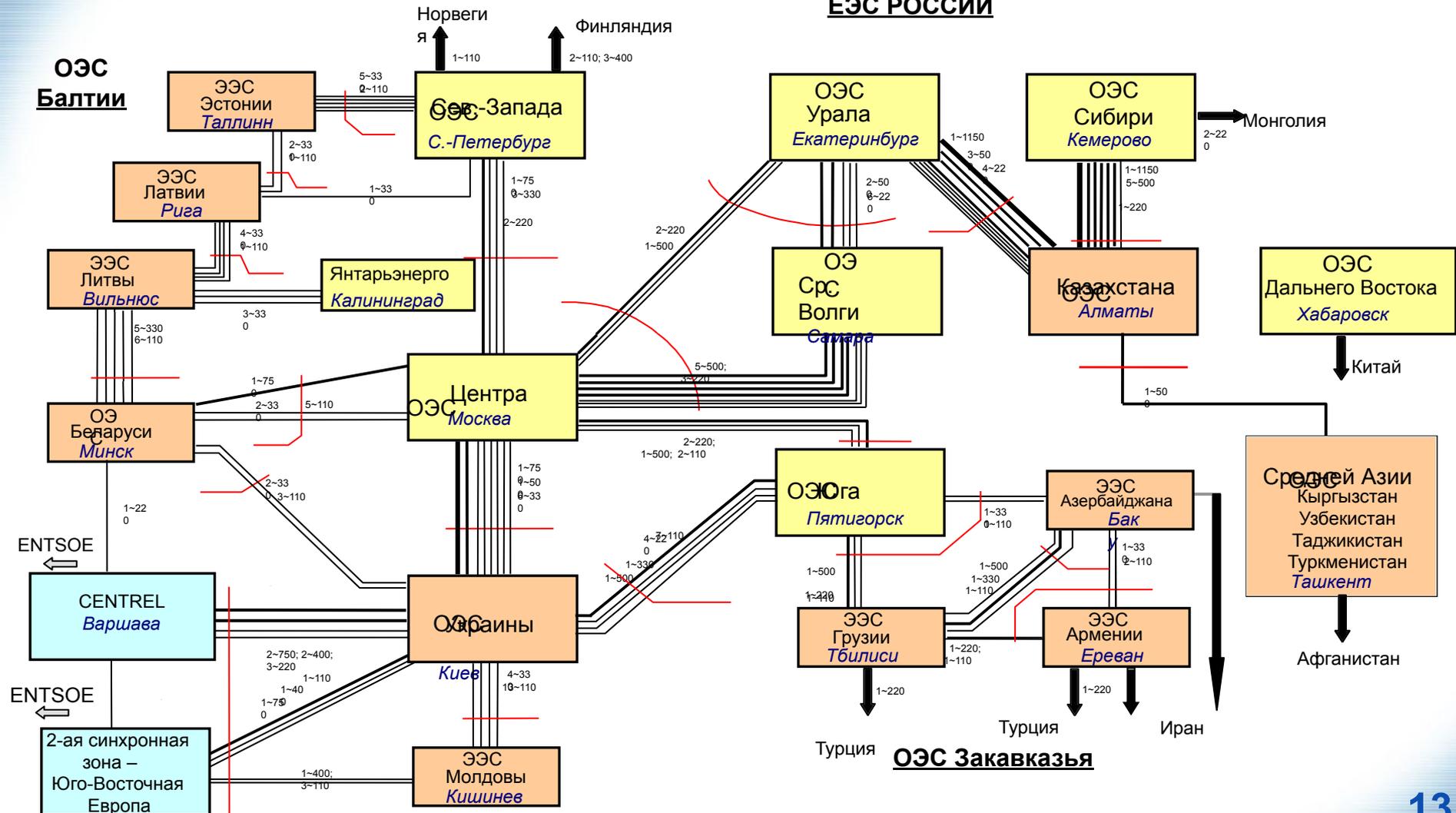
В электроэнергетический комплекс ЕЭС России входит около 700 электростанций мощностью свыше 5 МВт. На 1 января 2017 года общая установленная мощность электростанций ЕЭС России составила 236 343,63 МВт.

Ежегодно все станции вырабатывают около одного триллиона кВт·ч электроэнергии. В 2016 году электростанции ЕЭС России выработали 1 048,5 млрд. кВт·ч (на 2,1% больше, чем в 2015 году)¹²



Состав ЕЭС России

ЕЭС РОССИИ





Оперативно-диспетчерское управление Единой энергетической системой России

ОАО Системный оператор Единой энергетической системы (ОАО «СО ЕЭС») – специализированная организация, которая единолично осуществляет централизованное оперативно-диспетчерское управление в Единой энергетической системе (ЕЭС) России.

В структуру Системного оператора входят:

- Центральное диспетчерское управление (ЦДУ) в структуре Исполнительного аппарата, г. Москва;
- 7 Объединенных диспетчерских управлений (ОДУ);
- 59 Региональных диспетчерских управлений (РДУ).





Системный оператор сегодня

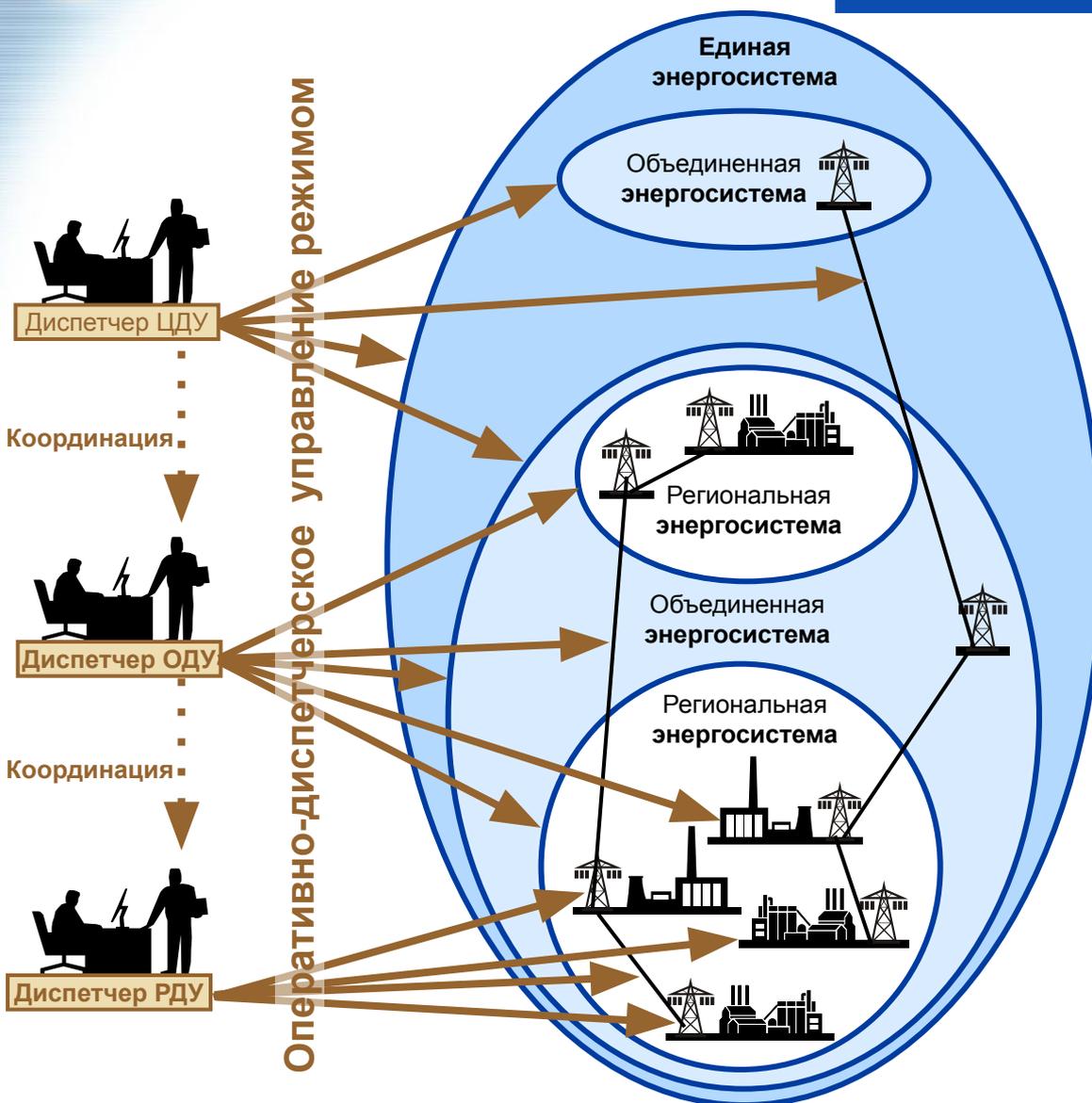
- 57 Диспетчерских центров – Главный диспетчерский центр в Москве, 7 ОДУ и 49 РДУ
- Оперативно-диспетчерское управление всеми объектами в составе ЕЭС России на территории 81 субъекта Российской Федерации в 9 часовых зонах от Дальнего Востока до Калининграда
- Инновационная технологическая корпорация, обладающая значительным научным и интеллектуальным потенциалом
- Координатор внедрения в электроэнергетике современных информационных и телекоммуникационных технологий, систем противоаварийной и режимной автоматики
- Управление параллельной синхронной работой ЕЭС России с энергосистемами 10 государств (Азербайджан, Белоруссия, Грузия, Казахстан, Киргизия, Молдавия, Монголия, Латвия, Литва, Таджикистан, Узбекистан, Украина, Эстония)
- Участник межгосударственных соглашений и комиссий: БРЭЛЛ, КОТК (комиссии по оперативно-технологической координации) в рамках Электроэнергетического совета СНГ, двухсторонних договоров о межграничных электрических связях с Финляндией и Монголией



Основные функции Системного оператора

- В рамках обеспечения надежного функционирования ЕЭС в реальном времени:
 - оперативное управление режимом энергосистем в реальном времени;
 - формирование диспетчерского графика нагрузок электростанций;
 - управление режимами параллельной работы ЕЭС России и энергосистем зарубежных государств;
 - участие в контроле фактического технического состояния объектов энергетики и расследовании нарушений, влияющих на системную надежность ЕЭС;
 - создание и обеспечение функционирования системы резервных диспетчерских центров;
 - развитие и обеспечение функционирования систем автоматического управления режимом и противоаварийной автоматики;
 - анализ устойчивости энергосистемы, расчет допустимых потоков мощности по отдельным сетевым элементам и их группам.
- В рамках технологического обеспечения функционирования оптового рынка электроэнергии и мощности:
 - совершенствование и дальнейшая формализация внутренних деловых процессов, влияющих на участников рынков, с целью повышения эффективности и прозрачности работы рынков;
 - совершенствование нормативной базы и регламентов работы рынков;
 - обеспечение работы оптовых рынков электроэнергии, мощности и системных услуг.
- В рамках обеспечения перспективного планирования и развития энергосистемы:
 - расчет и анализ ожидаемых балансов электроэнергии и мощности;
 - анализ и согласование планов перспективного развития энергетических систем;
 - координация плановых ремонтов оборудования электростанций и сетей;
 - координация и мониторинг инвестиционной деятельности в электроэнергетике.

Уровни полномочий Системного оператора



Центральное диспетчерское управление:

- **Зона диспетчерской ответственности** – территория Российской Федерации, за исключением технологически изолированных энергосистем.
- **Основная задача** – круглосуточное управление режимом Единой энергосистемы России, контроль параметров качества электрической энергии, координация параллельной работы объединенных энергосистем, а также параллельной работы ЕЭС России с зарубежными энергосистемами.

Объединенное диспетчерское управление:

- **Зона диспетчерской ответственности** – территория одного или нескольких федеральных округов.
- **Основная задача** – круглосуточное управление режимом территориального объединения и региональных энергосистем, входящих в его состав, контроль работы электростанций и объектов электросетевого хозяйства, оказывающих существенное влияние на изменение параметров режима в рамках объединенной энергосистемы.

Региональное диспетчерское управление:

- **Зона диспетчерской ответственности** – территория одного или нескольких субъектов Российской Федерации.
- **Основная задача** – круглосуточное управление режимом региональной энергосистемы и согласованной работы всех входящих в нее энергетических объектов.



2. Организация управления в ЕЭС

оперативно-диспетчерского



Задачи оперативно-диспетчерского управления

Тактические задачи в зависимости от их сложности и требуемых ресурсов могут решаться на различных иерархических уровнях, что обеспечивает оперативность принятия решений, а в большинстве случаев и более высокую точность. Для этого в каждой энергосистеме и на каждом энергообъекте (электростанции, электрической сети, тепловой сети и подстанциях с постоянным обслуживающим персоналом) должно быть обеспечено оперативно-диспетчерское управление, задачами которого являются:

- ведение требуемого режима работы;
- производство переключений, пусков и остановов оборудования;
- локализация аварий и восстановление режима работы;
- подготовка к производству ремонтных работ.



Энергетическая система

Основным технологическим звеном энергопроизводства является **электроэнергетическая система (энергосистема)** – совокупность электрических станций, электрических сетей и энергопринимающих устройств потребителей электрической энергии, связанных общностью режима в непрерывном процессе производства, передачи, распределения и потребления электрической энергии в условиях централизованного оперативно-диспетчерского управления в электроэнергетике.

В соответствии с нормативно-техническими документами введем следующие определения:

- **территориальная энергосистема** – энергосистема в пределах территории одного или нескольких субъектов Российской Федерации;
- **объединенная энергосистема** - совокупность нескольких территориальных энергосистем;



Энергорайоны и энергообъекты

- *энергорайон* - часть одной или нескольких территориальных энергосистем; *объекты электроэнергетики* - имущественные объекты, непосредственно используемые в процессе производства, передачи электроэнергии, оперативно-диспетчерскому управлению в электроэнергетике и сбыта электроэнергии, в том числе объекты электросетевого хозяйства;
- *потребители электроэнергии с управляемой нагрузкой* – категория потребителей электроэнергии, которые влияют на качество электроэнергии, надежность работы ЕЭС России и оказывают в связи с этим на возмездной договорной основе услуги по обеспечению вывода ЕЭС России из аварийных ситуаций. Эти потребители могут оказывать и иные согласованные с ними услуги по условию договора;
- *объекты электроэнергетики* - имущественные объекты, непосредственно используемые в процессе производства, передачи электроэнергии, оперативно-диспетчерскому управлению в электроэнергетике и сбыта электроэнергии, в том числе объекты электросетевого хозяйства;



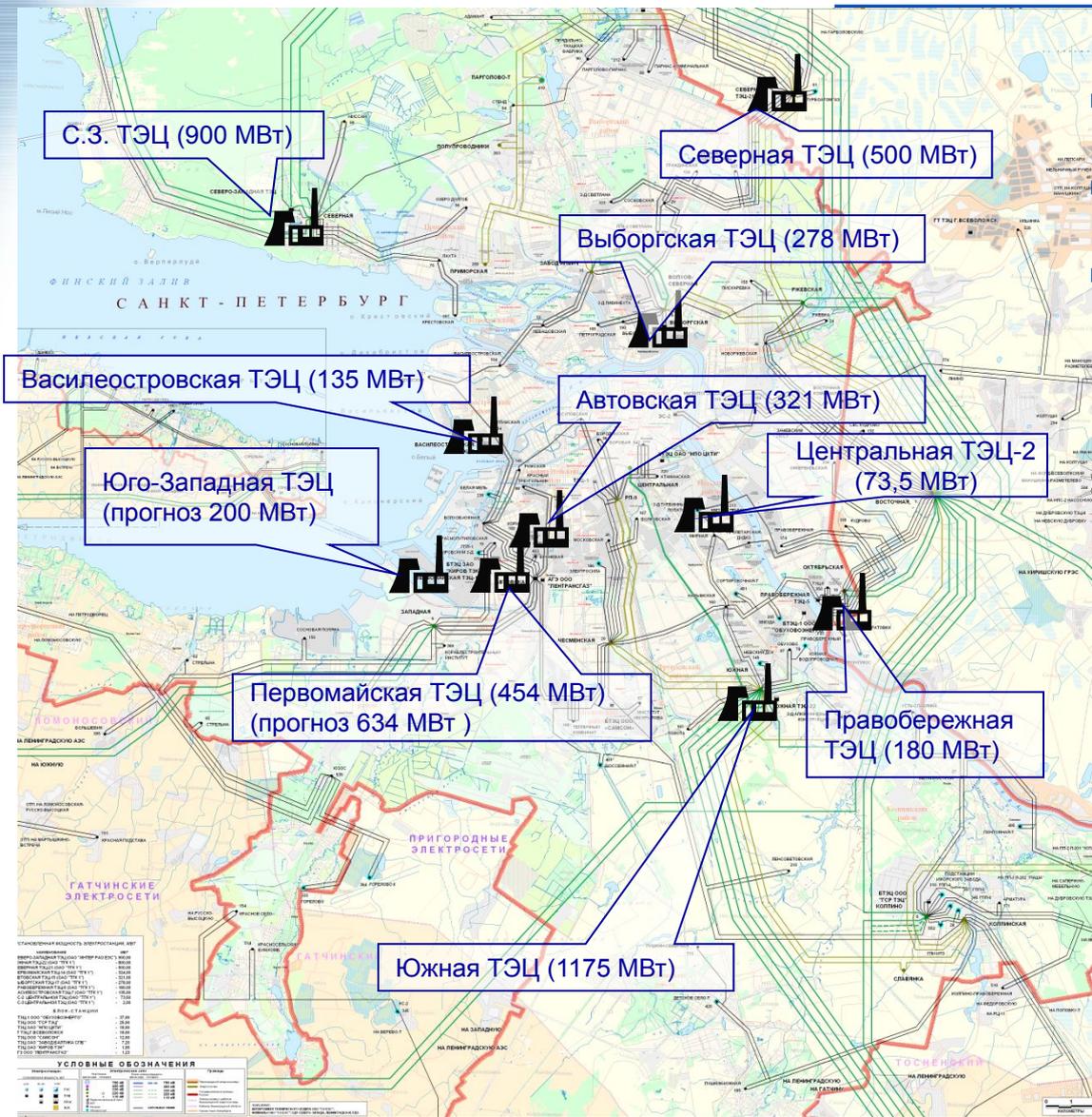
Понятие – «операционная зона»

Операционная зона – это территория, в границах которой расположены объекты электроэнергетики, и энергопринимающие установки потребителей электрической энергии, управление взаимосвязанными режимами которых осуществляет соответствующий диспетчерский центр (ДЦ).

- Пример – операционная зона Ленинградского РДУ – территория Санкт-Петербурга и Ленинградской области
- операционная зона Новгородского РДУ – территория Новгородской и Псковской областей



Операционная зона Ленинградского РДУ – энергосистема г. Санкт-Петербурга и Ленинградской области



- Электрэнергетический комплекс образуют:
- 339 электрических подстанции 110-750 кВ;
- 396 линии электропередачи 110-750 кВ,
- 36 электростанций мощностью 5 МВт и выше;
- Установленная мощность на 01.11.2011г. – 11 486.58 МВт (5,15 % к ЕЭС, 51,26 % к ОЭС)
- Выработка электроэнергии за 2010 г. – 56 716 млн кВт*ч (5,64 % к ЕЭС, 55,95 % к ОЭС)
- Потребление электроэнергии за 2010 г. – 43 393 млн кВт*ч (4,39 % к ЕЭС, 46,8 % к ОЭС)
- Крупные потребители (более 40 МВт) – 17 с суммарной установленной мощностью 6 050 МВт
- Энергокомпании:
 - ОАО «ОГК-6», ОАО «ТГК-1»,
 - ОАО «Концерн Росэнергоатом»,
 - ОАО «ИНТЕР РАО ЕЭС», ОАО «ФСК ЕЭС»,
 - ОАО «Ленэнерго», ОАО «СПбЭС», ОАО «ЛОЭСК»



Субъекты оперативно-диспетчерского управления:

Системный оператор Единой энергетической системы России (СО)- специализированная организация, осуществляющая единоличное управление технологическими режимами работы объектов электроэнергетики и уполномоченная на выдачу оперативных диспетчерских команд и распоряжений, обязательных для всех субъектов оперативно-диспетчерского управления, субъектов электроэнергетики и потребителей электроэнергии с управляемой нагрузкой.

- **Диспетчерский центр (ДЦ)** – структурное подразделение организации-субъекта оперативно-диспетчерского управления, осуществляющее в пределах закрепленной за ним операционной зоны управление электроэнергетическим режимом энергосистемы.
- **Диспетчерский персонал** – работники (диспетчеры), уполномоченные от имени субъекта оперативно-диспетчерского управления отдавать диспетчерские команды подчиненному оперативному персоналу ЦУС и оперативному персоналу энергообъектов по управлению электроэнергетическим режимом



Субъекты оперативно-диспетчерского управления:

Иные субъекты оперативно-диспетчерского управления:

электростанции, крупные подстанции, центры управления сетями сетевых компаний (далее – ЦУС), крупные потребители электроэнергии

- *Центр управления сетями (ЦУС)* - структурное подразделение сетевой компании, уполномоченное на осуществление оперативного управления и оперативного ведения подведомственными объектами электрических сетей в пределах закрепленной за ним зоны эксплуатационной ответственности.
- *Оперативный персонал ЦУС* – работники (диспетчеры) уполномоченные от имени сетевой организации отдавать команды подчиненному оперативному персоналу энергообъектов на осуществление в отношении подведомственных объектов электрических сетей мероприятий, обеспечивающих их эксплуатацию
- *Оперативный персонал энергообъекта* – работники (дежурные), уполномоченные субъектом электроэнергетики на осуществление в отношении принадлежащего ему оборудования объекта электроэнергетики мероприятий, обеспечивающих его эксплуатацию.



Диспетчерское управление/ведение

Для каждого уровня оперативно-диспетчерского управления должны быть установлены две категории управления оборудованием:

- **Диспетчерское управление** – организация управления технологическими режимами и эксплуатационным состоянием объектов электроэнергетики или энергопринимающих установок потребителей электрической энергии, при которой указанные технологические режимы или эксплуатационное состояние изменяются только по диспетчерской команде диспетчера соответствующего ДЦ.
- **Диспетчерское ведение** – организация управления технологическими режимами и эксплуатационным состоянием объектов электроэнергетики или энергопринимающих установок потребителей электрической энергии, при которой указанные технологические режимы или эксплуатационное состояние изменяются только по согласованию с соответствующим ДЦ.



Оперативное управление/ведение

- **Оперативное управление** – организация управления технологическим режимом работы и эксплуатационным состоянием объектов электрических сетей, при которой технологический режим работы или эксплуатационное состояние объектов изменяется по оперативным командам оперативного персонала, уполномоченного соответствующим субъектом электроэнергетики.
- **Оперативное ведение** – организация управления технологическим режимом работы и эксплуатационным состоянием объектов электрических сетей, при которой технологический режим работы или эксплуатационное состояние объектов изменяется с разрешения оперативного персонала, уполномоченного соответствующим субъектом электроэнергетики.



Кто решает кому и чем управлять в энергосистеме?

- Каждый ДЦ в закрепленной за ним *операционной зоне* составляет перечень ЛЭП, оборудования и устройств РЗА в отношении которого ДЦ осуществляет диспетчерское управление (ведение) - перечень объектов диспетчеризации
- *Перечень объектов диспетчеризации* - это основной документ, регламентирующий распределение оборудования по принципу управления и ведения (утверждается главным диспетчером соответствующего ДЦ)
- Все объекты диспетчеризации в Перечне указываются со своими диспетчерскими наименованиями. Для оборудования и ЛЭП, в случае наличия, дополнительно указывается сокращенное диспетчерское наименование
- Информация о включении объектов в перечень объектов диспетчеризации доводится в письменном виде до сведения соответствующих субъектов оперативно-диспетчерского управления и субъектов электроэнергетики.



Диспетчерские команды и распоряжения

Оперативно-диспетчерское управление электроэнергетическим режимом энергосистемы осуществляется посредством диспетчерских команд и диспетчерских распоряжений, а также путем выдачи разрешений.

- *Диспетчерская команда* дается диспетчером вышестоящего диспетчерского центра по каналам связи диспетчеру нижестоящего диспетчерского центра или дежурному работнику. Диспетчерская команда содержит указание совершить (воздержаться от совершения) конкретное действие (действия) по управлению технологическими режимами работы и эксплуатационным состоянием объектов электроэнергетики или энергопринимающих установок потребителей электроэнергии с управляемой нагрузкой.



Диспетчерские команды и распоряжения

- **Диспетчерское распоряжение** дается вышестоящим диспетчерским центром нижестоящему диспетчерскому центру, субъекту электроэнергетики или потребителю электроэнергии с управляемой нагрузкой в виде документа, определяющего *содержание, порядок* и сроки осуществления действий, связанных с управлением технологическими режимами работы и эксплуатационным состоянием объектов электроэнергетики или энергопринимающих установок потребителей электроэнергии с управляемой нагрузкой.
- Оперативно-диспетчерское управление должно производиться по общим правилам и стандартам, что обеспечивает однозначность и согласованность действий персонала множества субъектов управления.



Структура законодательства об электроэнергетике

Конституция РФ

Федеральные законы

Указы Президента РФ

Постановления Правительства РФ

Нормативные правовые акты федеральных органов
исполнительной власти

Раздел 1 Конституции »

Глава 3. Федеративное устройство »

Статья 71 Конституции России

Статья 71 Конституции РФ в действующей редакции на 2017 год:

В ведении Российской Федерации находятся:

.....

и) федеральные энергетические системы, ядерная энергетика, расщепляющиеся материалы; федеральные транспорт, пути сообщения, информация и связь; деятельность в космосе;

Источник: <http://konstrf.ru/71>



Нормативно-техническая документация оперативно-диспетчерского управления

Оперативно-диспетчерское управление электроэнергетическими режимами энергосистем строится на основе следующих основных нормативно-технических документов:

- **«Правила технической эксплуатации электрических станций и сетей», разд. «Оперативно-диспетчерское управление»;**
- **технические регламенты, утв. Федеральными законами;**
- **национальные стандарты, утв. Федеральным агентством по техническому регулированию и метрологии (Росстандарт);**
- **стандарты организации «Системный оператор»;**
- **договоры о присоединении к торговой системе оптового рынка (ОРЭМ), неотъемлемой частью которых является ряд Регламентов ОРЭМ в части оперативно-диспетчерского управления энергосистемами;**
- **и другие нормативно-технические документы (регламенты, методические указания, положения, инструкции, приказы), разрабатываемые ведомствами в области оперативно-диспетчерского управления энергосистемами.**