

История создания электроэнергетики России

Создание и развитие электроэнергетики России включает 6 стадий, которые тесно связаны с динамикой объемов производства электроэнергии по годам (см. рис. 1).

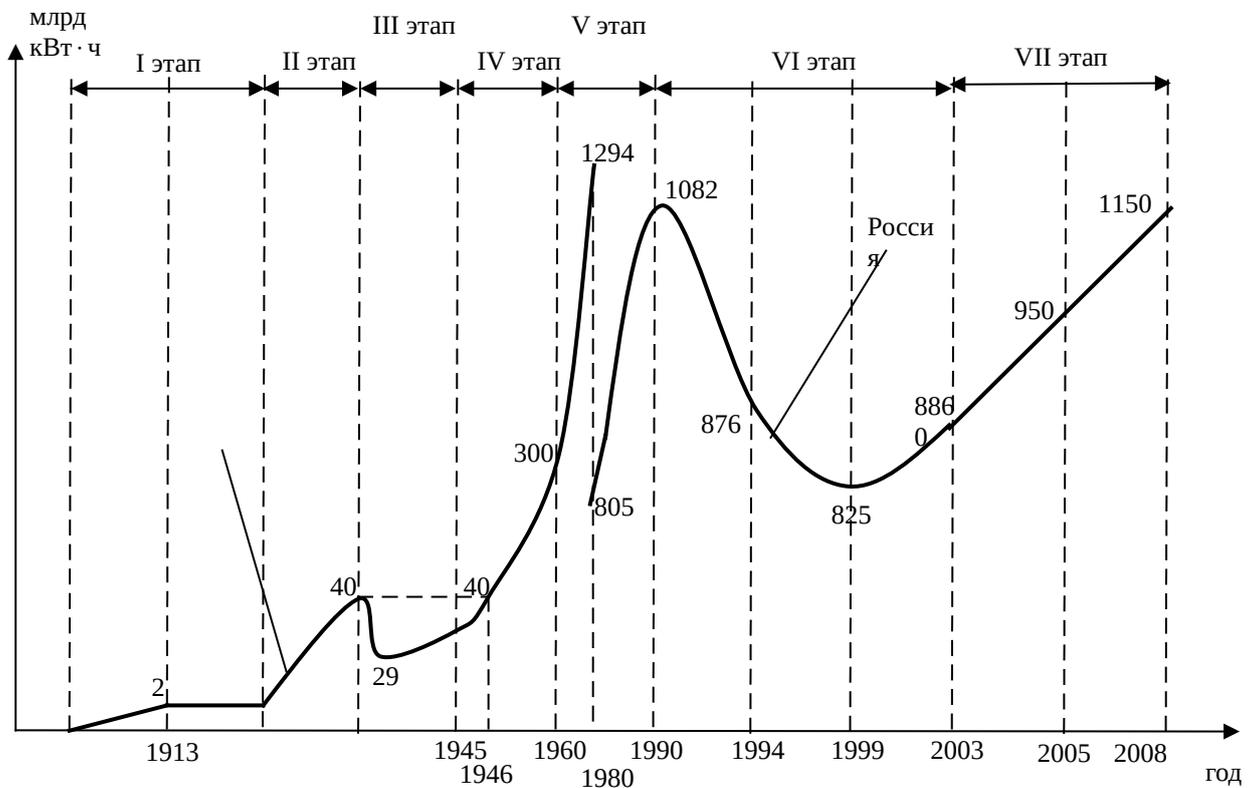


Рис. 1. Динамика объемов производства электроэнергии по годам

1) До 1920 г.

Электростанции, под появились не сразу. В 70-х и начале 80-х годов XIX века место производства электроэнергии не было отделено от места потребления.

Электрические станции, обеспечивавшие электроэнергией ограниченное число потребителей, назывались **блок-станциями**. Нагрузкой для них служили **дуговые лампы, лампы накаливания и электродвигатели**. На таких электрических блок-станциях в качестве первичных двигателей применялись в основном поршневые паровые машины. В отдельных случаях использовались двигатели внутреннего сгорания, в то время являвшиеся новинкой.

Впервые блок-станции были построены в Париже для освещения улицы Оперы. В России первой блок-станцией явилась станция для освещения Литейного моста в Петербурге, созданная в 1879.

Однако идея централизованного производства электроэнергии была настолько экономически оправданной и настолько соответствовала тенденции концентрации промышленного производства, что первые **центральные электростанции (ЦЭС)** возникли уже в середине 80-х годов и быстро вытеснили блок-станции. В связи с тем, что в начале 80-х годов массовыми потребителями электроэнергии могли стать только источники света, первые центральные электростанции проектировались как правило для питания осветительной нагрузки и вырабатывали **постоянный ток**.

В сентябре 1882 г была сдана в эксплуатацию **первая в мире центральная электростанция в Нью-Йорке** с установленной мощностью 540 кВт. Станция снабжала электроэнергией на постоянном токе обширный по тому времени район площадью 2,5 км².

В России первыми ЦЭС считаются электростанции, построенные в **1883 г.** фирмой "Русские заводы Сименс и Гальске", с помощью которых было организовано освещение Невского проспекта в **Петербурге** от двух временных станций. Они размещались на баржах, закрепленных у причалов на реках Мойке и Фонтанке. Строители исходили из соображений дешевого водоснабжения, кроме того, при таком решении не нужно было покупать земельные участки, близкие к потребителю.

В 1886 году было создано акционерное **«общество электрического освещения 1886 г.»**, которое приобрело станции на реках Мойке и Фонтанке и построило еще две: у Казанского собора и на Инженерной площади. Мощность каждой из этих станций едва превышала 200 кВт. Из-за недостатка средств **«Учрежденное "Общество электрического освещения 1886 г." занималось разработкой электрических устройств и аппаратуры для применения в промышленности и быту. Общество существовало вплоть до Октябрьской революции и сыграло значительную роль в индустриальном перевооружении России. Финансовая база этого Общества, монополизировавшего электроснабжение в России, располагало в 1890 году капиталом всего в 3 млн. руб. (в США средства фирмы "Дженерал Электрик" и "Вестингауз" составляли 22 млн. руб.).**

Первой **центральной электростанцией постоянного тока** в Москве является Георгиевская мощностью 403кВт, состоящая из 5-ти паровых машин (пущена в 1888 г.).

- Одесская (с сентября 1887 г.) с динамо-машинами однофазного переменного тока на 2000 В, с сетью протяженностью 1300 м на столбах с изоляторами;

- Царско-Сельская в 1890 году дала **однофазный переменный ток** напряжением 2400 В. Царское Село (ныне г. Пушкин) - **первый город в Европе, который сплошь был освещен электричеством**. Протяженность электросети достигала 64 км;

Уже при проектировании первых центральных электростанций столкнулись с трудностями, которые в достаточной степени не были

преодолены в течение всего периода господства техники постоянного тока. Радиус электроснабжения определяется допустимыми потерями напряжения в электрической сети, которые для данной сети тем меньше, чем выше напряжение. Именно эти обстоятельства заставляли строить электростанции в центральных районах города, что существенно затрудняло не только обеспечение водой и топливом, но и удорожало стоимость земельных участков для строительства станций, так как земля в центре города была чрезвычайно дорога.

Электростанции — предприятия стремились расширить круг потребителей своего товара — электроэнергии. Этим объясняются настойчивые поиски путей увеличения площади электроснабжения при условии сохранения уже построенных станций постоянного тока. Было найдено несколько путей увеличения радиуса распределения энергии.

Первый состоял в применении **трех-, четырех- и пятипроводных система распределения электроэнергии**. Второй предполагал сооружение **аккумуляторных подстанций**. Аккумуляторные батареи были в то время обязательным дополнением каждой электростанции. Они покрывали пики нагрузок. Заряжаясь в дневные и поздние ночные часы, они служили резервом. Аккумуляторные батареи так же, как и на современных электростанциях (где, впрочем, эти батареи выполняют иные функции — питание цепей управления, защиты, автоматики и аварийного освещения), размещались в специальных обширных помещениях.

Для увеличения радиуса электроснабжения аккумуляторные батареи устанавливались на подстанциях в двухпроводных сетях постоянного тока. Эти подстанции сооружались вблизи отдельных потребителей. Группы аккумуляторных батарей, соединенные последовательно, заряжались от центральной станции при двойном напряжении, а при параллельном соединении они питали местную нагрузку.

Сети с аккумуляторными подстанциями получили некоторое распространение. В **Москве**, например, была построена **в 1892 г. аккумуляторная подстанция в Верхних торговых рядах** (ныне ГУМ), находившаяся на расстоянии 1385 м от Георгиевской центральной станции. На этой подстанции были установлены аккумуляторы, питавшие около 2000 ламп накаливания.

В последние два десятилетия XIX века было построено много электростанций постоянного тока, и они долгое время давали значительную долю общей выработки электроэнергии. Мощность таких электростанций редко превышала 500 кВт, агрегаты обычно имели мощность до 100 кВт.

Все возможности увеличения радиуса электроснабжения при постоянном токе довольно быстро были исчерпаны, поэтому в конце 80-х и начале 90-х годов начинают сооружаться **центральные станции однофазного переменного тока**, выгодность которых с точки зрения увеличения радиуса электроснабжения была бесспорной.

Первая такая центральная электростанция построена венгерской фирмой «Ганц и К » **в Одессе в 1887 г.** Основным потребителем энергии была система электрического освещения нового театра. Эта электростанция представляла собой прогрессивное для своего времени сооружение. Она имела 4 водотрубных котла общей производительностью 5 т пара в час, а также два синхронных генератора общей мощностью 160 кВт при напряжении на зажимах 2 кВ и частоте 50 Гц. От распределительного щита энергия поступала в линию длиной 2,5 км, ведущую к трансформаторной подстанции театра, где напряжение понижалось.

В том же году началась эксплуатация электростанции **постоянного тока в Царском Селе (ныне г. Пушкин).** Протяженность воздушной сети в Царском Селе уже в 1887 г. была около 64 км, тогда как два года спустя суммарная кабельная сеть «Общества 1886 г.» в Москве и Петербурге, составляла только 115 км. **В 1890 г. Царскосельская станция** и сеть были реконструированы и переведены на **однофазный переменный ток** напряжением 2 кВ. По свидетельству современников, Царское Село было первым городом в Европе, который был освещен исключительно электричеством.

Крупнейшей в России электростанцией однофазного тока была станция на Васильевском острове в Петербурге, построенная в 1894 г. Мощность ее составляла 800 кВт и превосходила мощность любой существовавшей в то время станции постоянного тока. В качестве первичных двигателей использовались четыре вертикальные паровые машины мощностью 250 лс. каждая. Применение переменного тока напряжением 2000 В позволило упростить и удешевить электрическую сеть и увеличить радиус электроснабжения (более 2 км при потере до 3 % напряжения в магистральных проводах вместо 17—20 % в сетях постоянного тока).

Таким образом, опыт эксплуатации центральных станций и сетей однофазного тока показал преимущества переменного тока, но вместе с тем, выявил ограниченность его применения. **Однофазная система тормозила развитие электропривода, усложняла его.** Так, например, при подключении силовой нагрузки к однофазной сети приходилось дополнительно помешать на валу каждого синхронного однофазного двигателя еще разгонный коллекторный двигатель переменного тока. Легко понять, что такое усложнение электропривода делало весьма сомнительной возможность его широкого применения.

По этой причине в начале 90-х годов XIX века появляются первые ЦЭС трехфазного переменного тока:

- в 1893-94г.г. была пущена **первая в России электростанция трехфазного тока в г. Новороссийск** (обслуживала Новороссийский элеватор);

- первая в России **гидроэлектростанция** пущена в 1896 году на реке Большая Охта (на Охтенском заводе) в г. Петербург, причем довольно большой по тем временам мощности – 300 кВт. Охтенская установка была

одной из первых не только в России, но и во всем мире **центральной электростанцией трехфазного тока** и образцом централизации производства электроэнергии на основе новой техники трехфазного переменного тока;

- в 1896 году Управление Владикавказской железной дороги построило и ввело в эксплуатацию ГЭС «Белый уголь» на реке Подкумок, между Кисловодском и Ессентуками, дававшую электроэнергию для освещения курортов.

- в 1897 году в Москве на Раушской набережной была пущена электростанция мощностью 1470 кВт;

- в 1906 г. была пущена Московская трамвайная электростанция мощностью в 9000 кВт;

- в 1910—1911 гг. в Харькове была построена электростанция мощностью 10 000 кВт;

- в 1914 гг. на торфяных болотах г. Богородск под Москвой (ныне г. Ногинск) была введена в эксплуатацию электростанция «Электропередача» мощностью 15 000 кВт и была осуществлена передача электроэнергии под напряжением 70 кВ на расстояние 70 км.

В начале XX века на электростанциях общественного пользования в России **стали применяться паровые турбины.**

Технико-эксплуатационные показатели русских станций того времени не уступали зарубежным и соответствовали техническим достижениям того времени.

К 1910 г. в России в 38 городах имелись частные и городские электростанции.

В 1913 году в Петербурге, Москве, Баку, Киеве, Одессе, Ростове-на-Дону, Харькове уже эксплуатировались электростанции, вырабатывавшие трехфазный переменный ток.

Несколько быстрее, нежели в конце XIX века осуществлялся процесс электрификации России в начале XX века, и особенно накануне первой мировой войны. **В 1913 году установленная мощность электростанций России составляла 1млн. 100 тыс. кВт (в том числе всех имевшихся ГЭС - 16 тыс. кВт), а выработка электроэнергии около 2 млрд. кВт-час (в Германии - 5, в США - 22,5) - это 8-е место в мире и 6-е в Европе.**

Доля России в суммарном мировом производстве электроэнергии не превышала 5%.

Всего в дореволюционной России было несколько мелких **гидроэлектростанций** на которых вырабатывалось **менее 2% от всей выработки электроэнергии.** Богатейшие гидроэнергетические ресурсы в дореволюционной России почти не использовались, несмотря на благоприятные природные условия, и в тот период не были даже в достаточной мере учтены. Строительство гидроэлектростанций было в самом зачаточном состоянии.

До 1917 года в России имелись лишь две небольшие энергосистемы. Одна из них **кабельная на 20 кВ** питалась **от бакинских электростанций**

"Белый город" и "Биби-Эйбат" мощностью соответственно 36,5 и 11 тыс. кВт. Вторая энергосистема - **московская** - **объединяла Московскую городскую электростанцию (МОГЭС-1 Мосэнерго) и торфяную электростанцию "Электропередача"**.

Созданная в августе 1915 года, **московская энергосистема** стала обеспечивать 20% всей потребности в электроэнергии Москвы. Это энергообъединение, хотя и работало на общую электрическую сеть, однако входящие в нее **электростанции не имели общего плана работ и единого руководства**. Создание московской энергосистемы сразу же выявило экономическое преимущество объединения, так как его работа, например, позволила сэкономить на Московской городской электростанции только за 1 месяц 88 тыс. пудов нефти, что было весьма существенно во время войны.

2) 1920 – 1941 гг.

22 декабря 1920 г. принят план ГОЭЛРО (в рамках программы технического перевооружения СССР). В области развития электроэнергетики план ГОЭЛРО предусматривал:

- восстановление и реконструкцию энергетического хозяйства;
- сооружение за 15 лет 30 новых электрических станций общей мощностью 1750 МВт в различных районах страны.

К 1931 г. план был полностью выполнен, а к 1935 г. перевыполнен: вместо запланированных 30 электростанций было построено 40, при этом их единичная мощность была выше первоначально запланированной.

СССР стал занимать по производству электроэнергии к 1935 г. 3 место в мире (впереди были США и Германия).

К началу Великой отечественной войны Россия почти в 24 раза увеличила годовое производство электроэнергии. К этому времени появились ЛЭП напряжением 220 кВ.

3) 1941 – 1945 гг.

В первый год войны вышли из строя свыше 60 крупных электростанций общей мощностью 5800 МВт или более половины всех мощностей в стране.

Производство электроэнергии снизилось на 40 %. Не смотря на это, за годы войны на востоке страны было введено в действие 3400 МВт новых мощностей.

4) 1945 – 1960 гг.

Основные направления политики развития электроэнергетики:

- а) восстановление разрушенного электроэнергетического хозяйства;
- б) подъем его уровня до уровня ведущих держав за счет развития конденсационных (КЭС) и гидроэлектростанций (ГЭС).

К 1946 г. общая мощность электростанций и производство электроэнергии достигло уровня 1941 г.

В 1954 году была введена в действие первая в мире атомная электростанция (АЭС) мощностью 5 МВт (г. Обнинск).

5) 1960 – 1990 г.

5.1). Характерные признаки этого периода:

- мощное развитие атомной энергетики;
- создание и развитие сетей сверхвысокого напряжения (330 кВ и выше);

-укрупнение электроэнергетических систем и формирование единой энергосистемы (ЕЭС) СССР.

5.2). История создания в стране электрических сетей сверхвысокого напряжения. Формирование ЕЭС СССР.

Начало 50-х годов - появление линий электропередач (ЛЭП) 330 кВ;

1959 г. – появление первой воздушной ЛЭП 500 кВ;

1967 г. – появление опытно-промышленной ЛЭП 750 кВ, на базе опыта эксплуатации которой создана:

1972 г. – первая промышленная линия 750 кВ (Донбасс – Днепр);

1985 г. – появление опытно-промышленной ЛЭП 1150 кВ (после развала СССР перестала функционировать).

Такое развитие электрических сетей позволило перейти к созданию на базе районных энергосистем (РЭС) объединенных энергосистем (ОЭС), а затем к образованию Единой энергосистемы европейской части СССР (ЕЕЭС), а далее и ЕЭС СССР.

К концу 60-х годов в ЕЕЭС входило 7 ОЭС: ОЭС «Северо-запад», ОЭС «Центр», ОЭС «Средняя Волга», ОЭС «Урал», ОЭС «Северный Кавказ», ОЭС «Закавказье», ОЭС «Юг».

В 1972 г. к ЕЕЭС присоединена ОЭС «Казахстан» и начато формирование единой энергосистемы страны (ЕЭС).

1978 г. – к ЕЭС СССР была присоединена ОЭС «Сибирь».

К 1990 г. на территории СССР действовало 95 РЭС, которые при помощи ЛЭП сверхвысокого напряжения были объединены в 11 ОЭС, 9 из них были связаны между собой, образуя ЕЭС СССР. Сюда входило около 900 электростанций с общей мощностью 250 ГВт, что составляло 84,2 % общей мощности всех энергосистем страны. ОЭС «Дальний Восток» и «Средняя Азия» работали изолировано.

ЕЭС СССР в 1978 году подключилась на параллельную работу с ОЭС Европейских стран. Энергосистема страны была также связана с энергосистемами Монголии, Финляндии, Норвегии и Турции.

6) Электроэнергетика страны 1990 – 2003 гг.

После распада СССР большая часть электроэнергетики России вошла в состав образованного в 1992 г. РАО "ЕЭС России", который являлся основным монополистом в этой отрасли. В стране функционировало более 700 ТЭС и ГЭС и 10 АЭС. В составе Единой энергосистемы России параллельно работало 6 ОЭС: ОЭС «Северо-запад», ОЭС «Центр», ОЭС «Средняя Волга», ОЭС «Урал», ОЭС «Северный Кавказ», ОЭС «Сибирь». Энергосистема «Янтарьэнерго» была отделена от России территорией

государств Балтики. ОЭС «Дальнего Востока» работала изолировано. В результате распада СССР потеряны ОЭС «Юг», ОЭС «Закавказье» и ОЭС «Средняя Азия».

Россия к 2002 году занимала второе место в мире по общему производству электроэнергии и третье место по производству электроэнергии на душу населения.

Страна	Общее производство электроэнергии (ГВт·ч)	Производство электроэнергии на душу населения ($\frac{\text{ГВт}\cdot\text{ч}}{\text{чел}}$)
США	4000	14,5
Россия	886	6,1
Германия	551	6,6

Несмотря на это в 90-х годах в России наступил кризис в электроэнергетике. Основные черты спада:

1. Снижение выработки электроэнергии, причем главным образом, за счет снижения выработки на ТЭС (см. рис.2).

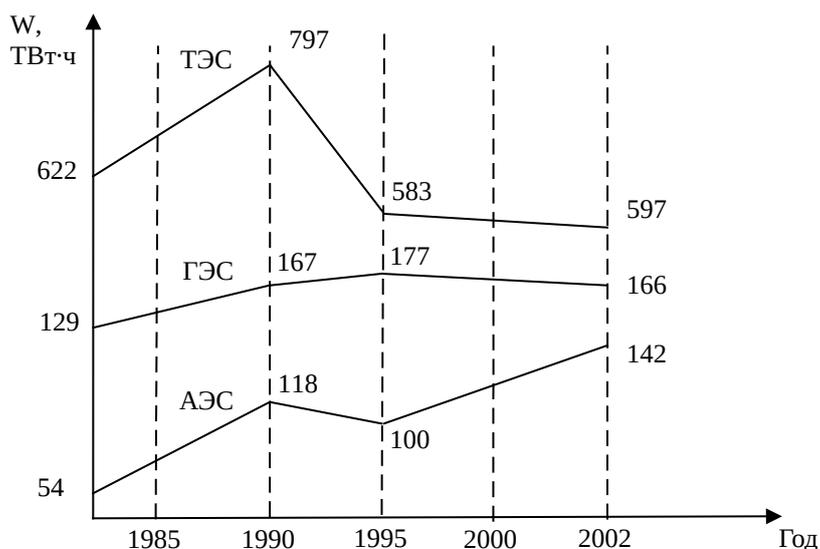


Рис.2. Динамика объемов производства электроэнергии различными видами электростанций по годам

2. Увеличение степени износа основного оборудования ЭС (см. Табл 1 и рис. 3):

Табл.1.

Год	Степень износа
1980	32
1990	41
2000	52

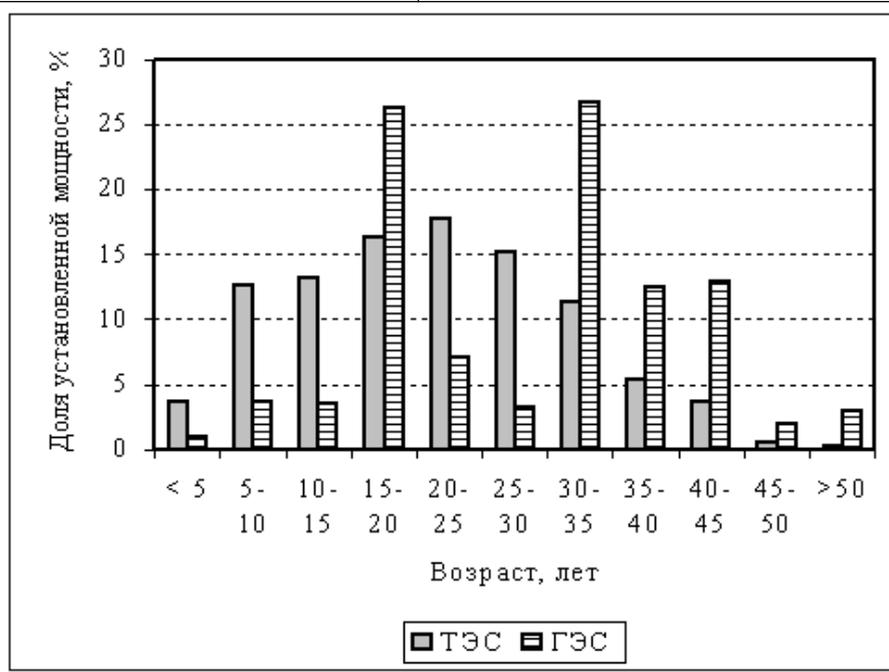


Рис. 3. Возраст ТЭС и ГЭС РАО «ЕЭС России» на конец 1998 г.

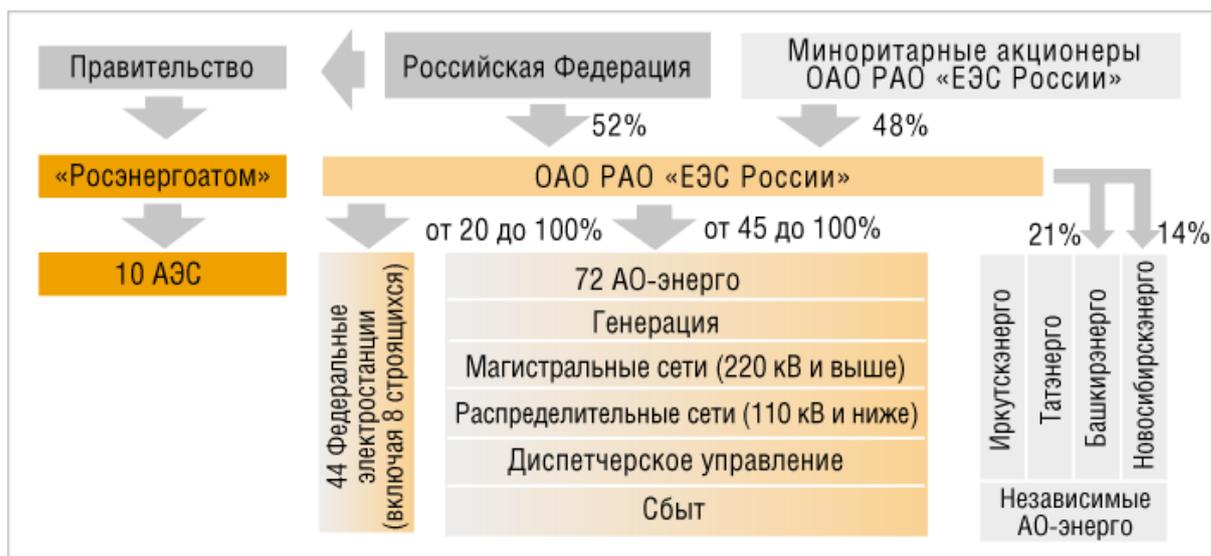
Необходимо было реформировать электроэнергетику с целью создания условий для ее развития на основе стимулирования инвестиций. Реформы были произведены в период с 2003 по 2008 гг.

7) Электроэнергетика страны 2003 – 2008 гг.

В ходе реформы меняется структура отрасли (см. рис. 4): **осуществляется разделение естественно-монопольных (передача электроэнергии, оперативно-диспетчерское управление) и потенциально конкурентных (производство и сбыт электроэнергии, ремонт и сервис) функций**, и вместо прежних вертикально-интегрированных компаний, таких как РАО "ЕЭС России", выполнявших все эти функции, создаются структуры, специализирующиеся на отдельных видах деятельности.

Генерирующие, сбытовые и ремонтные компании стали преимущественно частными и являются конкурентами. В естественно-монопольных сферах, напротив, произошло усиление государственного контроля.

Таким образом, были созданы условия для развития конкурентного рынка электроэнергии, цены которого не регулируются государством, а формируются на основе спроса и предложения, а его участники конкурируют, снижая свои издержки.



а). Структура отрасли в 2000 году



б). Структура отрасли после в 2008 году

Рис. 4. Структура электроэнергетики до и после реформирования (изолированные АО-энерго – "Янтарьэнерго" и "Якутскэнерго")

Сформированные в ходе реформы компании представляют собой предприятия, специализированные на определенных видах деятельности (генерация, передача электроэнергии и другие) и контролируемые соответствующие профильные активы. По масштабу профильной деятельности созданные компании превосходят прежние монополии регионального уровня: новые компании объединяют профильные предприятия нескольких регионов, либо являются общероссийскими.

Так, **магистральные сети (преимущественно сети 220 кВ и выше) перешли под контроль Федеральной сетевой компании (ФСК)**, в состав которой вошли 8 филиалов – магистральных электрических сетей («МЭС Центра», «МЭС Северо-запада», «МЭС Волги», «Юга», «Урала», «МЭС Западной Сибири», «МЭС Сибири» и «МЭС Востока»), которые в свою очередь включают 41 предприятие магистральных электрических сетей (ПМЭС). **Распределительные сети (сети ниже 220 кВ) были интегрированы в 13 межрегиональных распределительных сетевых**

компаниях (МРСК), функции и активы региональных диспетчерских управлений переданы общероссийскому Системному оператору. На 2011 год существовали : ОАО «МРСК Волги»; ОАО «МРСК Северного Кавказа»; ОАО «МРСК Северо-Запада»; ОАО «МРСК Сибири»; ОАО «МРСК Урала»; ОАО «МРСК Центра»; ОАО «МРСК Центра и Приволжья»; ОАО «МРСК Юга»; ОАО «МОЭСК», ОАО «Кубаньэнерго», ОАО «Тюменьэнерго»; ОАО «Ленэнерго»; ОАО «Янтарьэнерго».

Активы генерации также объединяются в межрегиональные компании, причем двух видов: **генерирующие компании оптового рынка (оптовые генерирующие компании – ОГК)** и **территориальные генерирующие компании (ТГК)**. ОГК объединяют электростанции, специализированные на производстве почти исключительно электрической энергии. В ТГК (их всего 14) входят теплоэлектроцентрали (ТЭЦ), которые производят как электрическую, так и тепловую энергию, а также ГРЭС средней и малой мощности. Ивановские ТЭЦ и Ивановская ГРЭС (г. Комсомольск) входят в состав ТГК-6. Шесть из семи ОГК формируются на базе тепловых электростанций, а одна ("РусГидро") – на основе гидрогенерирующих активов. Тепловые ОГК построены по экстерриториальному принципу, в то время как ТГК объединяют станции соседних регионов.

8) Перспективы развития электроэнергетики России

Наиболее актуальными задачами до 2015 гг. являются:

- а) техническое перевооружение существующих электростанций;
- б) ввод новых мощностей;
- в) развитие основной электрической сети ЕЭС России.

На действующих газо-мазутных электростанциях основным направлением стали замена паросиловых установок на парогазовые (ПГУ) и газотурбинные установки (ГТУ).

Сооружение новых ТЭС на газе предполагается осуществлять с надстройками ПГУ и ГТУ.

Изменение перспективной структуры установленных мощностей произойдет в направлении роста доли АЭС и угольных ТЭС. На данный момент структура следующая: установленная мощность АЭС составляет примерно 10 %; ТЭС – 70 %; ГЭС – 20 %; станций, работающих на альтернативных источниках энергии – 0.25 %.

Основная энергетическая сеть ЕЭС России сформирована с использованием двух систем номинальных напряжений: в центральной и восточной части страны – 220,500 кВ; в западных районах – 150,330,750 кВ. На рассматриваемую перспективу высшим останется напряжение 750 кВ. По мере развития сетей 750 кВ сети 330 кВ поменяют свои функции: из системообразующих они перейдут в разряд районных. Увеличение масштабов экспорта электроэнергии предполагается в направлении стран СНГ и Европы.