

1) Понятие и особенности антропогенной энергетики.

Антропогенная энергетика — совокупности технологий и средств извлечения и преобразования энергии, созданной человеком сначала для защиты от окружающей среды, а затем и для ее приспособления к своим нуждам. Ныне антропогенная энергетика развилась в крупную сферу человеческой деятельности, где занято не менее 10 % работающего населения Земли. Современное **энергетическое хозяйство** включает всю совокупность предприятий, установок и сооружений, а также связывающих их хозяйственных отношений, которые обеспечивают функционирование и развитие добычи (производства) энергоресурсов и всех цепочек их преобразования до конечных установок потребителей включительно.

2) Основные виды энергии и составляющие энергетического хозяйства.

В зависимости от стадии преобразования различаются:

- *первичная энергия* — энергетические ресурсы, извлекаемые из окружающей среды: минеральное и растительное органическое топливо, механическая энергия воды и ветра, лучевая энергия Солнца, тепло недр Земли, руды делящихся материалов и др.;
- *подведенная энергия* — энергоносители, получаемые потребителями: разные виды жидкого, твердого и газообразного топлива, электроэнергия, пар и горячая вода, разные носители механической энергии, делящиеся материалы и др.;
- *конечная энергия* — форма энергии, непосредственно применяемая в производственных, транспортных или бытовых процессах потребителей: электронная, механическая, световая, тепло разных потенциалов, химическая, звуковая, радиационная и др.

Опираясь на введенные понятия, полезно выделить следующие составляющие энергетического хозяйства:

- **топливно-энергетический комплекс (ТЭК)** — часть энергетического хозяйства от добычи (производства) энергетических ресурсов до получения энергоносителей потребителями;
- **электроэнергетика** — часть ТЭК, обеспечивающая производство и распределение электроэнергии и тепла;
- **централизованное теплоснабжение** — часть ТЭК, обеспечивающая производство и распределение пара и горячей воды от источников общего пользования;
- **теплофикация** — часть электроэнергетики и централизованного теплоснабжения, обеспечивающая комбинированное производство электроэнергии, пара и горячей воды на теплоэлектроцентралях (ТЭЦ) и магистральный транспорт тепла.

3) Роль электроэнергетики в ТЭК

На современном этапе антропогенная энергетика лишь наполовину работает на производственные нужды общества, а другая его половина по-прежнему обеспечивает защиту человека от окружающей среды, его личные транспортные нужды и приготовление пищи. Важно, что эти пропорции отнюдь не вызваны холодным климатом России, поскольку наши повышенные расходы энергии на отопление в конце XX в. уже вполне сопоставимы с затратами энергии на кондиционирование воздуха в жарких странах.

Переходя к характеристике роли электроэнергетики в ТЭК, нужно прежде всего констатировать, что только 15 % конечной энергии используется потребителями в виде

электроэнергии. Еще меньше роль электроэнергетики в транспорте и распределении энергоресурсов: как видно из табл. 2.1, электронный транспорт обеспечивает в пересчете на топливный эквивалент только 1,5 % общего грузооборота энергоресурсов и в перспективе даже при сооружении магистральных линий электропередачи (ЛЭП), в том числе постоянного тока из Сибири в европейскую часть страны, его доля не превысит 2 %. Основные транспортные потоки обслуживают газо-, нефте- и продуктопроводы, кроме того, около 15 % в настоящее время и до 20 % в перспективе приходится на железнодорожные перевозки угля.

В отличие от этого, во внутреннем потреблении первичных энергоресурсов доля электроэнергетики существенно выросла по сравнению с началом 80-х годов и составила в 2000 г. почти 41 %, в том числе 29 % собственно на выработку электроэнергии и 12 % на отпуск пара и горячей воды от ТЭЦ. К 2020 г. электроэнергетика будет расходовать почти 45 % общего потребления первичных энергоресурсов в России, причем на выработку электроэнергии будет приходиться до 32 %.

4) Особенности века электричества. Применение электроэнергии и ее использование в промышленности (электропривод, освещение и прочее)

И все же веком электричества стал не славный своими открытиями XIX, а именно XX век, особенно его первая половина. Но обусловлено это не экспоненциальным ростом генерирующих мощностей и выработки электроэнергии, не увеличением протяженности все более плотно покрывающих планету линий электропередачи и уже тем более не ростом вклада электроэнергетики в валовой выпуск промышленности или внутренний продукт. Все это имело место, но «электрический прорыв» произошел не столько в производственной сфере электроэнергетики (хотя ее создание с полным правом считается гордостью человечества), сколько у потребителей электроэнергии при ее использовании в производственных, транспортных и бытовых процессах.

Первостепенную роль сыграла замена водяных и паровых машин с их сложнейшими системами механического привода (ременные, зубчатые передачи и т.п.) всевозможных станков и рабочих орудий на компактный индивидуальный электропривод, не имеющий практических ограничений по мощности (как сверху, так и снизу) и почти идеально регулируемый по основным режимным параметрам — мощности, скорости и т.д. Массовое применение электропривода всего за одно-два десятилетия перевернуло технологии практически всей производственной сферы, открыло возможности поточного производства, полностью изменило компоновку и экологию промышленных предприятий. Электропривод создал новые возможности на транспорте, сделал экологически приемлемыми массовые внутригородские (трамвай, метро) и пригородные (электрички) перевозки. Электропривод вызвал также огромные преобразования быта людей: создание скоростных лифтов позволило строить высокие здания и со временем полностью изменило планировку городов, а распространение невозможных без него домашних холодильников, стиральных машин и другой бытовой техники сделало малую социальную революцию, высвобождая все больше свободного времени более широким слоям населения.

Не меньшую социальную роль сыграло электроосвещение. Его повсеместное применение почти удвоило суточную норму активной деятельности человека, увеличило время для образования, культуры и развлечений без ущерба для здоровья (особенно зрения) людей.

Но электропривод, освещение, электроотопление, электроплавка и сварка металлов — это всего лишь применение электроэнергии в традиционных энергетических процессах. Подлинные же прорывы дало использование особых физических свойств новой формы энергии. Без них было бы невозможно развитие радио и телефонной связи, появление телевидения, электролиза металлов и, наконец, создание электронных вычислительных машин и всего разнообразия систем управления и информационных технологий. А это алюминиевая промышленность, автомобили и авиация, ядерные и космические технологии, современное машино- и приборостроение и многое другое, без чего нельзя представить себе цивилизацию XX в.

Как это ни странно звучит, но применение электроэнергии благотворно сказалось на экологической обстановке. Отнесение загрязняющих окружающую среду электростанций на десятки и сотни километров от экологически чистых процессов использования электроэнергии вывело основную часть хозяйственной деятельности и быта людей из-под прямого воздействия тех выбросов, которые неизбежны при сжигании органического топлива. Кроме того, замена мелких тепловых двигателей и котельных крупными электростанциями уже в силу одной только концентрации производства резко повысило их КПД, уменьшая при прочих равных условиях количество сжигаемого топлива. Наконец, очистка дымовых газов и другие природоохранные меры на крупном объекте многократно эффективнее и дешевле, чем на тысячах заменяющих его мелких загрязнителях окружающей среды. Трудно даже вообразить, как выглядела бы атмосфера современных (или модифицированных) мегаполисов, если бы их сегодняшние энергетические нужды пришлось обеспечивать, не применяя электроэнергию. Во всяком случае, отошедший в прошлое печально известный лондонский смог показался бы обитателям этих газовых камер небесным эфиром.

5) Значимость развития электростанции хозяйства страны.

Несмотря на официозный лозунг «электрификации народного хозяйства» Россия (СССР) на протяжении всего XX в. заметно отставала по использованию электроэнергии от наиболее развитых стран. Но если, например, в 80-е годы промышленность СССР расходовала почти столько же электроэнергии, как и в США (что при гораздо меньшем выпуске продукции демонстрировало не столько успехи электрификации, сколько низкую эффективность использования энергии), то в бытовой сфере отставание было многократным. Правда, в значительной мере это объяснялось массовым применением электроэнергии для кондиционирования воздуха — недаром в США считается, что только появление кондиционеров сделало возможным процветание южных районов страны.

Поэтому реальная электрификация производственных процессов, сферы услуг и быта людей остается для России одной из самых социально значимых и экономически приоритетных задач. Но основной вклад электроэнергии в модернизацию производства должен смещаться с применения электродвигателей, «лампочки Ильича» в сферу использования ее уникальных физических свойств: развитие электроники, глобальных и локальных систем связи, применение ЭВМ и всевозможных систем управления, т.е. главным образом в сферу информационных технологий. Иными словами, в новых условиях углубление электрификации неразрывно связано с развитием высоких технологий постиндустриального общества и становится необходимым условием их массового применения. Переключение с традиционных на новые области применения электроэнергии становится в наступившем веке повсеместно главным средством позитивного воздействия электроэнергетики на социально-экономическое развитие. Особое значение это имеет для России, где преодоление низкой эффективности использования электроэнергии в традиционных областях позволит интенсивно развивать

их при умеренном увеличении расхода электроэнергии, а основной ее прирост должен обуславливаться развитием высоких технологий так называемой новой экономики. Только при такой перестройке сферы использования электроэнергии будет обеспечен наибольший положительный вклад электроэнергетики в возрождение России.

Вместе с тем, производственная сфера электроэнергетики представляет собой значимую часть экономики России, функционирование и развитие которой оказывает существенное влияние на темпы и пропорции экономического роста. Поэтому интегральный вклад электроэнергетики в социально-экономическое развитие страны необходимо рассматривать в контексте общей энергетической политики, как она определена в Энергетической стратегии Российской Федерации.

6) Первые практические применения электроустановок (конец 19 века)

От первых опытов по электричеству до начала его широкого практического применения в 70—80-х годах XIX в. прошло более 300 лет.

Первые электрические установки были постоянного тока и применялись в телеграфии, освещении, гальванотехнике и минном деле. Они использовали электрохимические источники (например, медно-цинковые батареи) и имели значительные ограничения по мощности.

С разработкой электромашинных источников (генераторов) появились первые электростанции (блок-станции) для питания, в основном, электрического освещения, а также дополнительно — вентиляторов, насосов и подъемников.

Генераторы этих электростанций приводились во вращение поршневыми паровыми машинами, радиус электроснабжения — до 1—1,5 км на постоянном токе. Выдержав конкуренцию с газовыми компаниями, эти станции быстро развивались (в первую очередь, в крупных городах — Париже, Нью-Йорке, Петербурге и др.).

В 90-х годах XIX в. с разработкой трехфазного *синхронного генератора*, *трансформаторов* и асинхронного *двигателя* начался переход на трехфазный переменный ток.

Первый опыт (1891 г.): *электропередача* Лауфен—Франкфурт (протяженность 170 км, напряжение 15 кВ, передаваемая мощность 220 кВт).

В конце XIX в. напряжение электропередач достигло 150 кВ. Электроэнергия быстрыми темпами стала завоевывать ведущие позиции в промышленности, транспорте, быту.

В настоящее время практически повсеместно используются трехфазные системы переменного тока частотой 50 и 60 Гц.

7) Преимущества электроэнергии.

Преимущества электроэнергии:

- *производство* (в основном, преобразование механической энергии в электрическую) — разнообразие используемых ресурсов [гидроэлектростанций (ГЭС), теплоэлектростанций (ТЭС), атомных электростанций (АЭС)], возможности концентрации мощностей и управления их размещением;

- *передача* — возможность надежной и экономичной передачи электроэнергии на большие расстояния;
- *распределение* — простота канализации электроэнергии потребителям независимо от их мощности;
- *потребление* — простота и экономичность преобразования электроэнергии в другие виды энергии (механическую, тепловую, световую), а также существование ряда высокоэффективных электротехнических технологий — электролиз, гальванотехника.

8) Развитие электроэнергетики России в начале 20 века.

В первые годы развития электроэнергетики России все электростанции работали раздельно. Даже электростанции, расположенные в крупных городах (Петербурге, Москве), работали на собственные, не связанные между собой, *электрические сети*, нередко выполненные на различные системы тока — постоянный, однофазный переменный, трехфазный переменный, при различных частотах (20; 40; 42,5; 50 Гц) и различных напряжениях.

В 1913 г. в России было всего 109 км воздушных электрических сетей напряжением выше 10 кВ.

В 1912 г. в 70 км от Москвы на торфяных болотах было начато строительство первой районной электростанции «электропередача»; была также построена *линия электропередачи* напряжением 70 кВ длиной около 70 км до Измайловской подстанции.

9) Преимущество объединения электростанций в энергосистему.

К основным преимуществам такого объединения следует отнести:

- наилучшее использование установленной мощности агрегатов электростанций, повышение их экономической эффективности в целом;
- снижение суммарного максимума нагрузки объединяемых систем;
- уменьшение суммарного необходимого резерва мощности;
- облегчение работы системы при авариях и ремонтах;
- увеличение единичной мощности агрегатов, устанавливаемых на электростанциях и подстанциях.

10) Развитие электроэнергетики России в 20е годы 20века.

Уже в конце 20-х годов научно-исследовательские и проектные организации, заводы начинают создавать отечественное электротехническое оборудование. В это же время была принята единая шкала *номинальных напряжений*: 3, 6, 10, 35, 110 кВ; предполагалось в дальнейшем применение напряжений 220 и 380 кВ.

В 1926 г. была создана диспетчерская служба в Московской энергосистеме, а впоследствии аналогичные службы были созданы в Ленэнерго Уралэнерго и других энергосистемах.

11) Развитие электроэнергетики России в 30е годы 20века

Для 30-х годов XX в. характерно стремительное увеличение темпов электрификации, развития электроэнергетического хозяйства. Значительно уплотнился график

электрической нагрузки; годовое число часов использования мощности всех электростанций в 1940 г. возросло до 4650 против 2720 в 1928 г., а для районных электростанций этот же показатель возрос с 3260 до 5481 часа в год. За этот период изменился характер электростанций — заметно увеличилась единичная мощность агрегатов, увеличился удельный вес электростанций, построенных у источников топлива, увеличилась доля *гидроэлектростанций* в выработке электроэнергии. Это в свою очередь привело к необходимости передачи электроэнергии на дальние расстояния, что, естественно, требовало повышения напряжения. Последнее обусловило значительное развитие электрических сетей для передачи и распределения электроэнергии.

Так, например, мощность Московской энергосистемы к 1935 г. достигла 900 МВт с длиной электрических сетей 110 кВ 1900 км; мощность Уральской энергосистемы, протянувшейся на 1000 км от Соликамска до Магнитогорска, достигла 650 МВт.

Впервые было применено напряжение 220 кВ в Ленинградской энергосистеме, где в 1933 г. была построена электропередача протяженностью 240 км Нижне-Свирская ГЭС — Ленинград. Впоследствии это напряжение было применено и в других энергосистемах, а также при сооружении линий *межсистемных связей*.

Рост мощностей и дальности передачи электроэнергии, необходимость повышения надежности электроснабжения потребовали решения ряда новых технических проблем. Особо важное значение при возрастающей дальности передачи электроэнергии получили вопросы расчетов устойчивости параллельной работы электростанций и способов обеспечения этой устойчивости. На основе глубокого изучения переходных процессов в электрических системах была разработана методика расчетов, проведены исследования в электрических системах. Были изучены вопросы аварийного регулирования турбин, исследованы возможности повышения мощности и дальности передачи при помощи *автоматического регулирования возбуждения синхронных машин*; был создан электронный регулятор напряжения. В эти годы были найдены реальные средства повышения пределов динамической устойчивости: форсировка возбуждения синхронных генераторов, применение *аварийной разгрузки по частоте* (АЧР).

Во второй половине 30-х годов XX в. уже велась разработка вопросов, связанных с возможностью передачи электроэнергии от будущей Куйбышевской ГЭС в район Москвы на напряжении 380—400 кВ; в Ленинграде в Ленинградском энергофизическом институте была построена опытная трехфазная линия 500 кВ, на которой проводились исследования на дальнюю перспективу — использование более высоких напряжений для передачи электроэнергии.

12) Развитие электроэнергетики России в 40-50е годы 20века

В годы Великой Отечественной войны энергосистемам и электрическим сетям, оказавшимся в зоне военных действий, был нанесен огромный ущерб — было разрушено более 10 тыс. км линий электропередачи напряжением более 10 кВ. Но уже в конце 1941 г. начались восстановительные работы, и в 1945 г. общая протяженность электрических сетей превысила довоенный уровень. В 1946—1950 гг. происходит объединение энергетических систем Центра. Для координации и управления объединенными энергосистемами и регулирования потоков мощности было создано *объединенное диспетчерское управление* (ОДУ) Центра, которое в 1959 г. было реорганизовано в объединенное диспетчерское управление *Единой энергетической системы* (ОДУ ЕЭС). Мощность *объединенной энергетической системы* (ОЭС) Центра, в состав которой

входили Московская, Ярославская, Ивановская и Горьковская энергосистемы, достигла в 1959 г. 2183 МВт.

Наибольшее развитие энергосистем и их объединение происходят в 50-х годах XX в. в результате сооружения мощных электростанций на р. Волге, Каме и строительства первых линий электропередачи 400 кВ, переведенных впоследствии на напряжение 500 кВ. В связи с большим ростом уровня энергетики оказалось целесообразным строительство крупных тепловых электростанций с агрегатами большой единичной мощности, что создало необходимые условия для построения крупных объединенных энергосистем

13) Развитие электроэнергетики России в 60-80е годы 20века

Необходимость создания дальних линий электропередачи напряжением 500 кВ и протяженностью более 1000 км потребовала решения новых сложных технических проблем и проведения большого объема научно-исследовательских работ. Особенно большое значение для линий электропередачи этого класса напряжений имели вопросы обеспечения устойчивости параллельной работы, защиты от перенапряжений, короны, надежной работы автоматики и релейной защиты. И эти проблемы решались усилиями ученых и инженеров многих научно-исследовательских институтов, проектных организаций, высших учебных заведений. Были разработаны системы автоматического регулирования с регуляторами «сильного действия» в цепях возбуждения синхронных генераторов. В целях снижения индуктивного сопротивления линии для повышения натуральной мощности и устойчивости передачи разрабатывались вопросы оптимального *расщепления проводов каждой фазы*, что одновременно позволило снизить потери на корону. Для повышения пропускной способности электропередачи были разработаны вопросы применения *продольной емкостной компенсации*, осуществляемой включением в линию батарей конденсаторов. Общая протяженность линий электропередачи 500 кВ к концу 1970 г. составила около 14 тыс. км.

Сооружение крупных электростанций, объединение энергосистем требовали еще большей пропускной способности, чем пропускная способность линий 500 кВ. В связи с этим в ряде ведущих промышленно развитых стран (СССР, США, Канаде) велись интенсивные работы по дальнейшему повышению пропускной способности электропередач и связанному с этим повышению их напряжения.

В 1967 г. была введена в эксплуатацию первая опытно-промышленная электропередача 750 кВ Конаковская ГРЭС — Москва протяженностью 90 км, а уже к 1985 г. протяженность линий электропередачи этого напряжения составила более 6 тыс. км.

Рост мощностей электростанций: тепловых и атомных — до 4 млн кВт, гидроэлектростанций — до 6 млн кВт, увеличение дальности передачи электроэнергии потребовали внедрения линий электропередачи нового класса напряжений переменного тока — 1150 кВ, а также строительства линий электропередачи постоянного тока напряжением 1500 кВ.

Первые линии электропередачи новой ступени напряжения переменного тока 1150 кВ были введены в 1985 г. на участках Экибастузская ГРЭС — Кокчетав — Кустанай.

В результате у нас сложились две шкалы *номинальных напряжений воздушных линий электропередачи* — 110—150—330—750 кВ и 110—220—500—1150 кВ. Каждая последующая ступень в этих шкалах превышает предыдущую примерно в 2 раза, что позволяет повысить пропускную способность линий примерно в 4 раза.

Следует отметить, что повышение номинального напряжения линий электропередачи имеет и экономические преимущества, так как при этом резко снижается удельная (на 1 км) себестоимость передачи электроэнергии и сужается коридор, отводимый под прокладку трасс электропередач. Первая шкала напряжений получила распространение в северо-западных областях России, на Украине и на Северном Кавказе, вторая — в центральных областях и на всей территории России к востоку от Москвы.

В настоящее время линии 110—150—220 кВ используются, главным образом, в районных распределительных сетях для передачи электроэнергии к крупным узлам нагрузки. электропередачи 330—500—750—1150 кВ, по которым может быть передана мощность от 350 до 5000 МВт, решают задачи системного характера. Они используются для создания мощных межсистемных и внутрисистемных связей, передачи электроэнергии от удаленных электростанций, например атомных, в приемные системы.

14) Основные проблемы связанные с передачей и использованием электроэнергии.

Рост пропускной способности и номинального напряжения электропередач давался нелегко. Каждый последующий шаг требовал решения сложных научно-технических задач, и их сложность возрастала по мере роста напряжения линий. К числу основных проблем, требовавших решения, можно отнести следующие:

- потери мощности и энергии на корону, а также радиопомехи, излучаемые линией;
- изоляция и ограничения *перенапряжений*;
- большие сечения проводов при больших передаваемых мощностях;
- компенсация зарядной мощности линий;
- увеличение токов коротких замыканий в связываемых системах;
- повышение пропускной способности электропередач и устойчивости параллельной работы электростанций;
- экология, что связано с возрастанием *напряженности электрического поля* под линией и его отрицательным воздействием на живые организмы;
- разработка коммутационной аппаратуры и многие другие.

15) Развитие электроэнергии в 90е года 20века

В 1994 г. в основном завершился процесс разгосударствления предприятий топливно-энергетического комплекса. При этом государственные предприятия и организации изменили форму собственности и были преобразованы в акционерные общества.

В электроэнергетике было создано Российское акционерное общество энергетики и электрификации (РАО «ЕЭС России»), в уставной капитал которого переданы в качестве государственного вклада:

- основные системообразующие линии электропередачи, образующие единую энергетическую систему России;
- средства управления режимами *электроэнергетических систем*;
- 51 % акций крупнейших электростанций;
- 49 % акций каждого регионального акционерного общества энергетики;
- научно-исследовательские и проектные организации отрасли.

16) Энергетические системы, понятия, состав

В 1994 г. в основном завершился процесс разгосударствления предприятий топливно-энергетического комплекса. При этом государственные предприятия и организации изменили форму собственности и были преобразованы в акционерные общества.

В электроэнергетике было создано Российское акционерное общество энергетики и электрификации (РАО «ЕЭС России»), в уставной капитал которого переданы в качестве государственного вклада:

- основные системообразующие линии электропередачи, образующие единую энергетическую систему России;
- средства управления режимами *электроэнергетических систем*;
- 51 % акций крупнейших электростанций;
- 49 % акций каждого регионального акционерного общества энергетики;
- научно-исследовательские и проектные организации отрасли.

17) Существенные преимущества энергосистем

При этом получают существенные технико-экономические преимущества:

1. Возможность увеличения единичной мощности генераторов и электростанций. Это снижает стоимость 1 кВт установленной мощности, позволяет резко повысить производительность электромашиностроительных заводов при тех же производственных площадях и трудозатратах.
2. Значительное повышение *надежности* электроснабжения потребителей.
3. Повышение экономичности работы различных типов электростанций, при этом обеспечиваются наиболее эффективное использование мощности ГЭС и более экономичные режимы работы ТЭС;
4. Снижение необходимой резервной мощности на электростанциях

18) Определение понятий энергетической системы в соответствии с действующими правилами устройств электроустановок.

В соответствии с действующими «Правилами устройства электроустановок»:

- *энергетической системой* (энергосистемой) называется совокупность электростанций, электрических и тепловых сетей, соединенных между собой и связанных общностью режима в непрерывном процессе производства, преобразования и распределения электрической и тепловой энергии при общем управлении этим режимом;
- *электроэнергетической системой* (ЭЭС) называется электрическая часть энергосистемы и питающиеся от нее приемники электроэнергии, объединенные общностью процесса производства, передачи, распределения и потребления электроэнергии.

19) Первая и важнейшая особенность электроэнергетической системы

Первая и важнейшая особенность электроэнергетической системы заключается в том, что производство электроэнергии, ее распределение и преобразование в другие виды энергии осуществляются практически в один и тот же момент времени. Другими словами,

электроэнергия нигде не аккумулируется. Именно эта особенность превращает всю сложную электроэнергетическую систему, отдельные звенья которой могут быть географически удалены на многие сотни километров, в единый механизм, и приводит к тому, что все элементы системы взаимно связаны и взаимодействуют. Энергия, произведенная в системе, равна энергии, потребленной в ней. Это равенство справедливо для любого короткого промежутка времени, т.е. между мощностями энергосистемы имеется точный баланс.

20) Вторая и третья особенности электроэнергетической системы.

Вторая особенность электроэнергетической системы — это относительная быстрота протекания переходных процессов в ней. Волновые процессы совершаются в тысячные или даже миллионные доли секунды; процессы, связанные с короткими замыканиями, включениями и отключениями, качаниями, нарушениями устойчивости, совершаются в течение долей секунды или нескольких секунд.

Третья особенность электроэнергетической системы заключается в том, что она тесно связана со всеми отраслями промышленности, связью, транспортом и т. п. Эта связь осуществляется гигантской совокупностью разнообразнейших *приемников* электрической системы, получающей питание электроэнергией от современной энергетической системы. Эта особенность энергетической системы резко повышает актуальность обеспечения надежности работы энергосистемы и требует создания в энергетических системах достаточного резерва мощности во всех ее элементах.

21) Первая и важнейшая особенность энергосистемы

Первая особенность. Одновременность процессов производства, распределения и потребления электроэнергии приводит к тому, что нельзя произвести электроэнергию, не имея потребителей для нее, т.е. выработка электроэнергии жестко определяется ее потреблением. Заметим, что преобразование и передача энергии происходят во всех элементах системы с потерями энергии и, следовательно, потребление энергии должно учитывать не только полезное потребление, но и потери энергии в элементах преобразования и передачи. Отсюда вытекает следующее:

- а) снижение выработки энергии на электростанциях против требуемого уровня из-за ремонтов оборудования, аварий и других причин при отсутствии резерва в системе требует снижения количества энергии, отпускаемой потребителю;
- б) временное снижение потребления энергии потребителями из-за ремонта их оборудования, аварий и других причин при отсутствии в системе так называемых потребителей-регуляторов не дает возможности полностью использовать оборудование электростанции в этот период;
- в) небаланс между мощностью электростанций и мощностью, потребляемой в системе, не может существовать. При снижении мощности электростанций одновременно автоматически снижается потребляемая мощность, и наоборот.

22) Вторая и третья особенности энергосистемы

Вторая особенность. Быстрота протекания переходных процессов в электрической системе требует обязательного применения специальных автоматических устройств. Эти устройства, часто весьма быстродействующие, должны обеспечить надлежащую

корректировку переходных процессов в системе. Правильный выбор и настройка всех этих автоматических устройств, к которым относятся аппараты защиты от *перенапряжений*, установки *релейной защиты*, автоматические регуляторы, автоматические выключатели и т. п., немыслимы без учета работы всей системы как единого целого. Все это способствует широчайшему внедрению автоматики в энергетических системах и полной автоматизации отдельных электростанций, подстанций и т. п.

Третья особенность. Связь работы энергосистем со всеми отраслями народного хозяйства предопределяет необходимость своевременного их развития. Рост энергетических систем должен обязательно опережать рост потребления энергии, иначе создание резервов в энергосистемах невозможно. С другой стороны, рост энергетических систем должен быть гармоничным: все элементы системы должны развиваться без каких-либо диспропорций в развитии отдельных элементов.

23) Преимущества объединения энергосистем

- а) уменьшение суммарного резерва мощности;
- б) улучшение использования мощности и энергии гидроэлектростанций одной или обеих систем;
- в) уменьшение суммарного максимума нагрузки объединяемых энергосистем;
- г) взаимопомощь систем в случае неодинаковых сезонных изменений мощности электростанций и, в частности, гидроэлектростанций;
- д) взаимопомощь систем в случае неодинаковых сезонных изменений нагрузки;
- е) взаимопомощь систем в проведении ремонтов. Остановимся на некоторых из этих доводов.

24) Случай объединения энергосистем

Рассмотрим случай объединения двух энергосистем. Уменьшение суммарного совмещенного максимума нагрузки обеих энергосистем обусловлено:

- а) различием в моментах появления пика нагрузки обеих энергосистем; это различие может сильно изменяться в различные периоды года;
- б) различием в моментах появления недельного, месячного или годового максимума.

25) Критерии оценки технико-экономического эффекта, достигающегося объединением энергосистем

При окончательной оценке технико-экономического эффекта, достигаемого объединением энергосистем, необходимо учесть:

- а) стоимость *межсистемной связи*;
- б) наличие потерь энергии в связи;
- в) усложнение регулирования частоты в связи с необходимостью во многих случаях автоматического регулирования или ограничения обменного потока мощности.

26) Влияние режимов энергосистем друг на друга при объединении

- а) резкие изменения режима и даже аварии в одной системе редко отражаются на второй, если мощность связи невелика по сравнению с мощностью объединяемых систем;
- б) при резких изменениях режима слабая связь может легко нарушиться и системы могут разделиться;
- в) последнее обстоятельство требует автоматического ограничения перетоков мощности;
- г) автоматическое регулирование частоты в объединении во многих случаях требует обязательного автоматического регулирования обменного потока мощности.

27) Понятие и характеристики электрической сети

Электрическая сеть как часть электроэнергетической системы обеспечивает возможность выдачи мощности электростанций, ее передачу на расстояние, преобразование параметров электроэнергии (напряжения, тока) на подстанциях и ее распределение по некоторой территории вплоть до непосредственных *электроприемников*.

Электрические сети современных энергосистем характеризуются *многоступенчатостью*, т.е. большим числом трансформаций на пути от источников электроэнергии к ее потребителям. Топологическая структура отдельных звеньев этой многоступенчатой сети достаточно сложна, она насчитывает десятки, а подчас и сотни узлов, ветвей и замкнутых контуров. Наряду со *сложностью конфигурации* характерной особенностью электрических сетей является их *многорежимность*. Под этим понимается не только разнообразие загрузки элементов сети в суточном и годовом разрезе при нормальном функционировании системы, вызываемое естественным изменением во времени нагрузки потребителей, но и обилие режимов, возникающих при выводе различных элементов сети в плановый ремонт и при их аварийных отключениях.

28) Классификация электрических сетей по признакам связанным с номенальным напряжением, шкала стандартных напряжений выше и ниже 1кВ

Классификация электрических сетей по признакам, связанным с номинальным напряжением

Таблица 2.1 Признак	Номинальные напряжения, кВ				
	< 1	3—35	110—220	330—750	1150
Номинальное напряжение	НН	СН	ВН	СВН	УВН
Охват территории	Местные		Районные	Региональные	
Назначение	Распределительные			Системообразующие	
Характер потребителей	Городские, промышленные, сельскохозяйственные			—	

Примечание. Сети напряжением до 1 кВ называются сетями низкого напряжения (НН). Сети напряжением выше 1 кВ, в свою очередь, делятся на сети среднего (СН), высокого (ВН), сверхвысокого (СВН) и ультравысокого (УВН) напряжения

29) Классификация электрических сетей по размерам территории и по назначению

По размерам территории, охватываемой сетью, могут быть выделены так называемые местные ($U_{\text{ном}} \leq 35$ кВ), районные (110—220 кВ) и региональные сети ($U_{\text{ном}} \geq 330$ кВ). Линии электропередачи СВН, являющиеся основой последней категории сетей, служат как для связи отдельных районов и относительно небольших энергосистем в региональных ОЭС, так и для связи между собой крупных объединений.

По назначению различают системообразующие и распределительные сети. Первые осуществляют функции формирования районных энергосистем (РЭС) путем объединения их электростанций на параллельную работу, а также объединение РЭС и ОЭС между собой. Кроме того, они осуществляют передачу электроэнергии к системным подстанциям, выполняющим роль источников питания распределительных сетей.

Распределительной линией считается линия, питающая ряд трансформаторных подстанций или вводы к электроустановкам потребителей. Такие линии и являются основой распределительной сети. Распределительные линии в принципе могут быть выделены в сетях различных номинальных напряжений. В связи с этим не следует отождествлять понятия местных и распределительных сетей, как это делалось ранее. В настоящее время по мере развития сетей СВН верхняя граница этого диапазона в ряде ОЭС сдвинулась в сторону более высоких напряжений, и современные сети 110—220 и даже 330 кВ постепенно приобретают характер распределительных. Так, по мере наложения вновь создаваемой сети 750 кВ на сеть 330 кВ в тех районах, где ранее последняя выполняла функции системообразующей, сети 330 кВ постепенно переходят в разряд распределительных. В будущем аналогичный процесс будет наблюдаться в тех частях ЕЭС России, где линии напряжением 1150 кВ возьмут на себя роль основных связей между ОЭС, в которых сейчас основными являются сети 500 кВ.

30) Классификация эл. сетей по характеру потребителей

Наконец, местные и распределительные сети, согласно табл. 2.1, могут различаться **по характеру подключаемых к ним потребителей**. При этом определенную специфику имеют сети, осуществляющие электроснабжение промышленных предприятий, городов и сельскохозяйственных районов и называемые соответственно промышленными, городскими и сельскими. Так, **сельские электрические сети** характеризуются значительной протяженностью. Они охватывают территории со сравнительно невысокой плотностью нагрузки, годовое число часов использования максимума которой также относительно невелико. Напротив, чисто **промышленные сети**, будучи относительно короткими, снабжают территории с большой плотностью нагрузки, причем, как правило, графики нагрузки промышленных предприятий характеризуются высокой степенью заполненности. В какой-то степени промежуточное положение занимают в этом плане **городские сети**. Сочетание коммунально-бытовых и промышленных потребителей на городских территориях обуславливает значительную неравномерность графиков нагрузок узлов городской сети. Эта неравномерность в ряде случаев (когда основными источниками питания города являются ТЭЦ, работающие по тепловому графику) вызывает необходимость привлечения дополнительных маневренных мощностей, позволяющих системе своевременно и быстро реагировать на резкие спады и подъемы нагрузки.

31) Классификация эл. сетей по роду тока, по конфигурации и по отношению к помещению и по конструктивному выполнению

Сети постоянного тока используются для обеспечения некоторых электротехнологических процессов в промышленности, например в электролизных цехах алюминиевых заводов. На постоянном токе осуществляется электропривод ряда

механизмов и частично электрификация транспорта. Протяженные электропередачи постоянного тока используются чаще всего в качестве межсистемных связей.

С точки зрения **конфигурации** различают **разомкнутые** и **замкнутые сети**. К разомкнутым относятся сети, образованные **радиальными** или **радиально-магистральными** линиями, осуществляющие электроснабжение потребителей от одного источника питания, причем каждый потребитель получает питание с одного направления. К числу замкнутых относятся сети, которые обеспечивают питание потребителей не менее чем с двух сторон. Наиболее простой формой замкнутой сети является одноконтурная (кольцевая) сеть. Питающие сети, как правило, являются сложно-замкнутыми, т.е. имеют большое число контуров.

По отношению к помещению иногда различают **внутренние** и **наружные сети**. И, наконец, **по конструктивному выполнению** сети делятся на **внутренние проводки** (до 1 кВ), **кабельные** (до 500 кВ) и **воздушные** (до 750—1150 кВ) сети. Сети внутри промышленных предприятий иногда частично выполняются закрытыми комплектными токопроводами, прокладываемыми вдоль колонн и стен цехов на высоте, допустимой по условиям производства. Кабельные сети 6—20 кВ в настоящее время являются основой городских и промышленных распределительных сетей. Воздушные сети характерны для электроснабжения сельских потребителей, а также для районных и системообразующих сетей.

32) Первая задача энергетики России

Первая задача — коренное повышение энергетической эффективности экономики с тем, чтобы энергоемкость валового внутреннего продукта (ВВП) сократилась на 30—33 % в период до 2010 г. и еще на 30 % в последующие годы (рис. 3.1). Очень амбициозная задача, но из-за нашей энергетической расточительности даже при ее успешном решении удельная энергоемкость российской экономики в 2020 г. лишь достигнет сегодняшнего среднемирового показателя, но отнюдь не показателей лучших стран.

33) Вторая и третья задачи энергетич. Стратегии России

Вторая коренная задача Энергетической стратегии — как обеспечить ожидаемое наращивание потребления первичных энергоресурсов и их экспорт. При росте энергопотребления с темпом 1,4—1,6 % ежегодно и почти стабильном экспорте энергоресурсов (рост не более чем на 10 % за период) требования к наращиванию производственной базы энергетики на первый взгляд оказываются вполне приемлемыми — 11 % в период до 2010 г. и 23 % за весь период до 2020 г. Но специалисты отлично знают, что в этот период потребуется восстановить до 80 % ресурсной базы и заменить не менее 70 % существующего оборудования, т.е. за это 20-летие произойдет массовое выбытие всего, что создавалось при взлете экономики в 60—80-е годы прошлого века. Восстановление и наращивание производственной базы ТЭК потребует огромных затрат — более 500 млрд долл. за 20-летний период.

Третья задача стратегии — обеспечить энергетическую безопасность, которой грозит стремительное скатывание страны к моногазовой структуре топливно-энергетического баланса. Доля природного газа в энергопотреблении России составляла 40 % в 1990 г. и за последние 10 лет она достигла почти 50 %. Если продолжится та же линия безудержного использования якобы дешевого газа, то возникнет предельно опасная ситуация. Она уже четко обозначилась тем, что 80 % котельно-печного топлива (не включающего светлые

34) Инвестиционные потребности энергетики России, эффективности использования электроэнергии

Главная проблема, которую пришлось решать при разработке Энергетической стратегии — откуда взять средства (источники финансирования) для крупномасштабного энергосбережения, замещения выбывающих и наращивания новых производственных мощностей ТЭК и изменения в интересах энергетической безопасности структуры топливно-энергетического баланса страны. Ответ состоит в неизбежном повышении цен на энергию и в налоговом стимулировании инвестиций.

Речь идет не о ценах на нефть, они более или менее адекватны при сложившейся организации нефтяного рынка, и не о ценах на уголь — они иногда еще превышают разумные уровни, но это только вследствие неразвитости рыночных отношений (парадокс в том, что когда начнется повышение цен газа, то на определенном этапе цены угля упадут, поскольку уголь вынужден будет реально конкурировать с газом, чего сейчас не происходит).

Ценовую политику нужно срочно менять в двух естественных монополиях: в газовой отрасли, дающей половину приходной части топливно-энергетического баланса страны, и в электроэнергетике с централизованным теплоснабжением, на которые приходится 60 % его расходной части.

Проводимая в последние годы государственная политика искусственного сдерживания цен на продукцию естественных монополий в целях поддержки отечественных товаропроизводителей вызвала перекося ценных пропорций, грубо нарушивший объективные экономические соотношения. Подрывая финансовую устойчивость энергетических компаний, перекося цен заставляет их отдавать предпочтение внешним рынкам по сравнению с внутренним и поощряет утечку капитала. Одновременно он лишает экономических стимулов меры по экономии топлива и энергии и порождает перекося в потреблении энергетических ресурсов в пользу искусственно удешевленного природного газа и в ущерб использованию угля и ядерного горючего, имеющих на порядок большие разведанные запасы. Наконец, перекося цен тормозит те направления научно-технического прогресса (экологически чистые угольные и безопасные ядерные технологии, нетрадиционные возобновляемые источники энергии и др.), которые во всем мире признаны перспективными, а при сложившихся в России ценах не оправдываются экономически и поэтому не реализуются.

Главное же, при искусственно заниженных ценах энергетические компании лишаются возможности накопления собственных и тем более — привлечения внешних инвестиций. Между тем, предусмотренное Энергетической стратегией наращивание добычи газа и особенно производства электроэнергии требует инвестиций, соизмеримых и даже превышающих осуществлявшиеся в плановой экономике. Инвестиционные потребности производственной сферы электроэнергетики при благоприятном сценарии развития экономики представлены в табл. 3.5.

Примечание. Источник [7].

Таблица 3.5 Инвестиционные потребности электроэнергетики Показатель	2001—2005 гг.	2006—2010 гг.	2011— 2015гг.	2016— 2020гг.
Капиталовложения, млрд долл. — всего	19—23	39—47	50—64	52—64

В том числе:				
ГЭС и ГАЭС	3,1—3,5	5,5—7	6—7	6—7
АЭС	3—3,8	7,5—8	7—12	6—12
ТЭС	8,8—10,5	18—22	27—33	31—33
Электрические сети и подстанции	4,4—5,2	8—10	10—12	9—12

35) Виды электростанций и их КПД

Тепловые конденсационные электростанции (КЭС) строят по возможности ближе к местам добычи топлива, удобным для водоснабжения. Их выполняют из ряда блочных агрегатов (котел—турбогенератор— повышающий трансформатор) мощностью от 200 до 1200 МВт, выдающих выработанную энергию в сети 110—750 кВ. Особенность агрегатов КЭС заключается в том, что они недостаточно маневренны: подготовка к пуску, разворот, синхронизация и набор нагрузки требуют 3—6 ч. Поэтому для них предпочтительным является режим работы с равномерной нагрузкой в пределах от номинальной до нагрузки, соответствующей техническому минимуму, определяемому видом топлива и конструкцией агрегата. Коэффициент полезного действия КЭС не превышает 40%. Они существенно влияют на окружающую среду — загрязняют атмосферу, изменяют тепловой режим источников водоснабжения.

Теплофикационные электростанции строят вблизи потребителей тепла, при этом используется обычно привозное топливо. Работают эти электростанции наиболее экономично (к. п. д. достигает 70%) при нагрузке, соответствующей тепловому потреблению и минимальному пропуску пара в часть низкого давления турбин и в конденсаторы.

Режим ТЭЦ - суточный и сезонный - определяется в основном потреблением тепла. Станция работает наиболее экономично, если ее электрическая мощность соответствует отпуску тепла. При этом в конденсаторы поступает минимальное количество пара. В периоды максимального спроса на тепло, например, зимой, при расчетной температуре воздуха в часы работы промпредприятий нагрузка генераторов ТЭЦ близка к номинальной. В периоды, когда потребление тепла относительно мало, например, летом, а также зимой при температуре воздуха выше расчетной и в ночные часы электрическая мощность ТЭЦ, соответствующая потреблению тепла, уменьшается. Если энергосистема нуждается в электрической мощности, ТЭЦ должна перейти в смешанный режим, при котором увеличивается поступление пара в части низкого давления турбин и в конденсаторы. Экономичность электростанции при этом снижается.

Радиус действия мощных городских ТЭЦ — снабжения горячей водой для отопления - не превышает 10 км. Загородные ТЭЦ передают горячую воду при более высокой начальной температуре на расстояние до 30 км. Пар для производственных процессов при давлении 0,8 — 1,6 МПа может быть передан не далее чем на 2 - 3 км.

Единичная мощность агрегатов составляет 30—250 МВт. Станции с агрегатами до 60 МВт включительно выполняют в тепломеханической части с поперечными связями по пару и воде, в электрической части— со сборными шинами 6—10 кВ и выдачей значительной части мощности в местную распределительную сеть. Станции с агрегатами 100— 250 МВт выполняют блочного типа с выдачей мощности в сети повышенного напряжения. ТЭЦ, как и КЭС, существенно влияют на окружающую среду.

Атомные электростанции могут быть сооружены в любом географическом районе, в том числе и труднодоступном, но при наличии источника водоснабжения. Количество (по

массе) потребляемого топлива (уранового концентрата) незначительно, что облегчает требования к транспортным связям. АЭС состоят из ряда агрегатов блочного типа, выдающих энергию в сети повышенного напряжения.

В настоящее время наиболее освоены реакторы на тепловых нейтронах. Такие реакторы конструктивно проще и легче управляемы по сравнению с реакторами на быстрых нейтронах. Однако перспективным направлением является использование реакторов на быстрых нейтронах.

На последующем этапе развития атомной энергетики намечается освоение термоядерных реакторов, в которых используется энергия реакций синтеза легких ядер дейтерия и трития.

Единичная мощность ядерных энергоблоков достигла 1500 МВт. В настоящее время считается, что единичная мощность энергоблока АЭС ограничивается не столько техническими соображениями, сколько условиями безопасности при авариях с реакторами.

Агрегаты АЭС, в особенности на быстрых нейтронах, не маневренны, так же как агрегаты КЭС. По условиям работы и регулирования, а также по технико-экономическим соображениям предпочтительным является режим с относительно равномерной нагрузкой. АЭС предъявляют повышенные требования к надежности работы оборудования. Коэффициент полезного действия составляет 35—38%. Практически АЭС не загрязняют атмосферу. Выбросы радиоактивных газов и аэрозолей незначительны, что позволяет сооружать АЭС вблизи городов и центров нагрузки. Трудной проблемой является захоронение или восстановление отработанных топливных элементов. Доля АЭС в выработке электроэнергии составляет 12 %.

Гидроэлектростанции могут быть сооружены там, где имеются гидроресурсы и условия для строительства, что часто не совпадает с расположением потребителей электроэнергии. При сооружении ГЭС обычно преследуют решение комплекса задач, а именно: выработки электроэнергии, улучшения условий судоходства, орошения. Единичная мощность гидроагрегатов достигла 640 МВт. Электрическую часть выполняют по блочным схемам генераторы-трансформаторы с выдачей мощности в сети повышенного напряжения. Гидроагрегаты высокоманевренны: разворот, синхронизация с сетью и набор нагрузки требуют 1—5 мин. При наличии водохранилищ ГЭС может быть целесообразно использована для работы в пиковой части суточного графика системы с частыми пусками и остановами агрегатов. Коэффициент полезного действия ГЭС составляет 85—87%. Станции существенно влияют на водный режим рек, рыбное хозяйство, микроклимат в районе водохранилищ, а также на лесное и сельское хозяйства, поскольку создание водохранилищ связано с затоплением значительных полезных для народного хозяйства площадей.

Гидроаккумулирующие электростанции предназначены для выравнивания суточного графика энергосистемы. В часы минимальной нагрузки они увеличивают ее, работая в насосном режиме (перекачивают воду из нижнего водоема в верхнее водохранилище и запасают энергию); в часы максимальной нагрузки системы агрегаты ГАЭС работают в генераторном режиме, принимая на себя пиковую часть нагрузки. ГАЭС сооружают в системах, где отсутствуют ГЭС или их мощность недостаточна для покрытия нагрузки в часы пик. Их выполняют из ряда блоков, выдающих энергию в сети повышенного напряжения и получающих ее из сети при работе в насосном режиме. Агрегаты высокоманевренны и могут быть быстро переведены из насосного режима в генераторный или в режим синхронного компенсатора. Коэффициент полезного действия ГАЭС 70—75%. Они требуют незначительного количества обслуживающего персонала.

Гидроаккумулирующие станции сооружают там, где имеются источники водоснабжения и местные геологические условия позволяют создать напорное водохранилище.

36) Развитие электрических машин в конце 19 века

ИСТОРИЯ РАЗВИТИЯ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ МАШИН

Основные этапы. Электрические машины изобретены немногим более ста лет назад. В 1831 г. М. Фарадей открыл явление электромагнитной индукции и сформулировал закон электромагнитной индукции. В следующие годы (1833—1834) русский академик

Э. Х. Ленц дал глубокий анализ явлению электромагнитной индукции и в своем «правиле» показал, что это явление и явление Ампера (силовое действие магнитного поля на ток) представляют собой две стороны единого электромагнитного процесса. Из «правила Ленца» вытекает принцип обратимости электрической машины.

В годы, непосредственно следующие за открытиями Фарадея и Ленца, появляются первые модели электромагнитных генераторов постоянного тока. В 1834 г. петербургский академик Б. С. Якоби предложил первый электрический двигатель с вращательным движением. До этого изобретения электрические двигатели имели механическую схему по типу паровой машины с возвратно-поступательным движением.

В семидесятых годах прошлого столетия была открыта возможность электромагнитного возбуждения и самовозбуждения машин. Следующей ступенью в развитии электрических машин явилось изобретение кольцевого, а затем барабанного якоря, что позволило осуществить промышленные модели.

В 1878 г. П. Н. Яблочковым были предложены и изготовлены реальные модели, послужившие прототипом современного синхронного генератора и трансформатора с незамкнутой магнитной цепью. В 1884—1885 гг. Голардс, Гибс, братья Гопкинс и другие инженеры предложили трансформатор с замкнутым магнитопроводом.

Важным этапом в развитии электрических машин является изобретение и разработка М. О. Доливо-Добровольским системы трехфазного тока и осуществление электропередачи на значительное расстояние. В 1889 г. он изобрел трехфазный асинхронный двигатель. В 1890 г. М. О. Доливо-Добровольский предложил конструкцию трехфазного трансформатора. В том же году Броун построил первый трансформатор с масляным охлаждением, получивший в дальнейшем широкое распространение.

В девятисотых годах для генерирования электроэнергии начинают применяться вместо паровых машин паровые турбины, имеющие большую мощность и более высокий к. п. д. Генерирование энергии все более возрастающих мощностей при наличии высокоскоростных паровых турбин удобнее производить мощными быстроходными синхронными машинами трехфазного тока нежели машинами постоянного тока, мощность которых ограничена. Кроме того, удобство трансформации и передачи электрической энергии трехфазного тока на значительные расстояния и преимущества асинхронного двигателя были очевидны. В результате система трехфазного тока быстро получила всеобщее признание и широкое распространение взамен повсеместно используемой ранее системы постоянного тока.

Стремление повысить к. п. д. электрических машин привело к созданию электротехнической легированной стали, имеющей малые удельные потери. Увеличение производства электрических машин привело к разработке более совершенной технологий их изготовления. Все это позволило получить совершенные электрические машины, которые к этому времени в значительной мере вытеснили другие типы двигателей. В результате началась широкая электрификация промышленных предприятий, транспорта, металлургической, каменноугольной и практически всех других видов промышленности.

С 1915 г. начинают использовать короткозамкнутую обмотку для пуска синхронных двигателей, которые характеризуются высоким коэффициентом мощности ($\cos \phi$). В тот же период начинают применять предложенные М. О. Доливо-Добровольским глубоко-пазные и двухклеточные асинхронные двигатели вместо двигателей с фазным ротором. В связи с ростом мощности энергетических систем становится возможным пуск таких короткозамкнутых двигателей непосредственно от сети без специальных приспособлений.

В начале тридцатых годов нашего столетия начинается массовое применение микромашин для бытовых приборов, медицинского оборудования, пищевой и легкой промышленности. Получает распространение однофазный конденсаторный асинхронный микродвигатель. Разрозненные виды микромашин в большинстве случаев выпускались кустарными предприятиями местной промышленности.

С середины тридцатых годов электрические микромашины применяют в системах автоматики и следящего привода. В связи с этим начинается быстрое развитие микродвигателей и тахогенераторов постоянного тока, сельсинов, асинхронных тахогенераторов и исполнительных двигателей.

В сороковых годах проводятся большие работы по созданию электромашинных усилителей, двигателей с полым ротором, и разрабатывается теория исполнительных двигателей автоматических устройств. Улучшение качества магнитных сталей позволило создать машины с постоянными магнитами и гистерезисные микродвигатели с высокими техническими и эксплуатационными показателями.

В пятидесятых годах в связи с ростом вычислительной техники начинают быстро развиваться и совершенствоваться шаговые двигатели импульсного действия. В это же время получают большое распространение магнитные усилители, которые являются более надежными, чем усилители других видов.

С начала шестидесятых годов разрабатываются конструкции малоинерционных двигателей с печатными схемами обмоток.

Количество выпускаемых в Советском Союзе микродвигателей непрерывно увеличивается. В настоящее время их производство составляет несколько десятков миллионов штук в год.

37) Успехи советского электромашиностроения

Успехи советского электромашиностроения. Коммунистическая партия и советское правительство всегда уделяли большое внимание электрификации. Гениальная формула В. И. Ленина: «Коммунизм— это есть Советская власть плюс электрификация всей страны» — показывает, какое большое значение придавал он энергообеспеченности народного хозяйства. Сразу после гражданской войны по инициативе В. И. Ленина был разработан план ГОЭЛРО — первый план электрификации России. В. И. Ленин назвал его второй программой партии. План ГОЭЛРО был успешно осуществлен, и в результате уже в 1931 г. выработка электроэнергии увеличилась в четыре раза по сравнению с дореволюционной.

В настоящее время Коммунистическая партия Советского Союза продолжает уделять огромное внимание электрификации страны. В новой, третьей Программе КПСС, принятой на XXII съезде в 1961 г., говорится: «Электрификация, являющаяся стержнем строительства экономики коммунистического общества, играет ведущую роль в развитии всех отраслей народного хозяйства, в осуществлении всего современного технического прогресса».

Благодаря неустанной заботе Коммунистической партии и Советского правительства наша страна достигла невиданных в мире темпов электрификации. В настоящее время установленная мощность электростанций у нас утраивается за десять лет. Программа КПСС предусматривает доведение годовой выработки электроэнергии до 900—1000 млрд. *квт·ч* к 1970 году и до 2700—3000 млрд *квт·ч* к 1980 г.

Электропромышленность является технической базой электрификации, поэтому интенсивное развитие электроэнергетики требует быстрого увеличения выпуска и усовершенствования электрических машин. Учитывая мощность повышающих и понижающих трансформаторов и то, что не все электрические машины работают одновременно, на каждый киловатт увеличенной установленной мощности электростанций требуется увеличение мощности всех видов электрических машин приблизительно на 10 *квт*.

В дореволюционной России отсутствовала отечественная электропромышленность. Немногие имевшиеся электромашиностроительные заводы являлись филиалами заграничных предприятий, которые в основном занимались лишь сборкой машин. Как правило, на русских электромашиностроительных заводах не было проектных бюро, разрабатывающих новые конструкции.

После Великой Октябрьской социалистической революции были созданы новые мощные электромашиностроительные заводы и восстановлены старые. Советское правительство провело большую работу по подготовке квалифицированных кадров и созданию научно-исследовательских институтов, в результате чего отечественное электромашиностроение уже к тридцатым годам освоило производство крупных электрических машин, а к сороковым — достигло уровня передовых капиталистических стран.

Предусмотренная планом ГОЭЛРО широкая электрификация промышленности требовала большого ассортимента разнообразных электрических машин. Одной из важнейших задач было создание серий, в которых предусматривалась максимальная унификация отдельных узлов и деталей электрических машин разных типов.

В условиях ведения социалистического планового хозяйства разработка единых серий выходит за рамки отдельных заводов и становится возможным создание Всесоюзных единых серий электрических машин. При этом достигается полная взаимозаменяемость однотипных машин, изготовленных разными заводами. Единая серия имеет удобную для нужд промышленности твердую шкалу мощностей с повторяющимися значениями мощности для различных скоростей вращения. Серийные двигатели изготавливаются заводами по единым чертежам, имеют одинаковые установочные размеры и взаимозаменяемые узлы и детали. Централизованное проектирование Всесоюзных единых серий явилось большим прогрессом в электромашиностроении.

Современные мощные объединенные энергетические системы Советского Союза позволяют значительно повысить единичную мощность машины. Увеличение мощности генератора ведет к экономии денежных средств и материальных ресурсов при изготовлении и позволяет значительно снизить капиталовложения при строительстве электростанций и годовые расходы при эксплуатации.

Повышение мощности машины связано с увеличением ее диаметра и длины. При современном состоянии металлургии генераторы мощностью 100 тыс. *квт* имеют предельные габариты по условию механической прочности. Дальнейшее повышение мощности единицы при сохранении габаритов возможно лишь за счет увеличения

электромагнитных нагрузок, что в свою очередь осуществимо лишь путем форсированного охлаждения обмоток ротора и статора. Использование водорода с повышенным давлением вместо охлаждающего воздуха позволяет увеличить мощность машины примерно в 1,3 раза, поэтому в настоящее время наблюдается тенденция к форсированному охлаждению крупных электрических машин. Для большей эффективности применяют непосредственное охлаждение обмоток, при котором проводники обмоток находятся в соприкосновении с охлаждающим агентом — водородом или водой. Это позволяет повысить мощность единичного генератора до 800 тыс. *квт* и более.

Наша электропромышленность изготавливает электрические машины, обладающие высокими техническими показателями самых разнообразных мощностей — от долей ватта до сотен тысяч киловатт. Ведется изготовление машин мощностью 500 тыс. *квт* в единице. В стадии проектирования находятся генераторы мощностью 800 тыс. *квт*. Мощность одного такого генератора соответствует суммарной мощности всех электрических станций дореволюционной России.

Бурно растет производство электрических микродвигателей, создаются и совершенствуются новые виды микромашин. Точность выходных величин у выпускаемых в Советском Союзе микромашин достигает 0,01 % и выше.

За годы Советской власти со времени принятия плана ГОЭЛРО наша электропромышленность достигла невиданных успехов. Мощность одного генератора увеличилась в 1000 раз (с 500 *квт* до 500 000 *квт*). В Советском Союзе создано большое количество электромашиностроительных заводов, конструкторских бюро и научно-исследовательских институтов, разрабатывающих и выпускающих электрические машины, превосходящие во многих случаях по своим показателям машины иностранных фирм.

38) Опыты Фарадея и принцип действия трансформатора

Явление, лежащее в основе действия электрического трансформатора, было открыто английским физиком Майклом Фарадеем в 1831 г. при проведении им основополагающих исследований в области электрической энергии.

В 1831 г. Фарадей показал, что для порождения магнитным полем тока в проводнике необходимо, чтобы поле было переменным. Фарадей изменял напряженность магнитного поля, замыкая и прерывая электрическую цепь, порождающую поле. Тот же эффект достигается, если воспользоваться переменным током, т. е. током, направление которого меняется со временем. Это явление взаимодействия между электрическими и магнитными силами получило название электромагнитной индукции. В трансформаторе обмотка из витков провода, подключенная к источнику питания и порождающая магнитное поле, называется первичной. Другая обмотка, в которой под действием этого поля возникает электродвижущая сила (ЭДС), называется вторичной. Индукция между первичной и вторичной обмоткой взаимна, т. е. ток, протекающий во вторичной обмотке, индуцирует ЭДС в первичной точно так же, как первичная обмотка индуцирует ЭДС во вторичной. Более того, поскольку витки первичной обмотки охватывают собственные силовые линии, в них самих возникает ЭДС. Это явление, называемое самоиндукцией, наблюдается также и во вторичной обмотке. На явлении взаимной индукции и самоиндукции основано действие трансформатора.

Спустя примерно 45 лет появились первые ТС, содержавшие все основные элементы современных устройств. Это событие стало настоящей революцией в молодой тогда области электротехники, связанной с созданием цепей электрического освещения. На рубеже веков электроэнергетические системы переменного тока стали уже общепринятыми, и ТС получил ключевую роль в передаче и распределении электрической энергии. А в дальнейшем он также занял существенное место как в технике электросвязи, так и в радиоэлектронной аппаратуре.

Современные ТС превосходят своих предшественников, созданных к началу XX столетия, по мощности в 500, а по напряжению – в 15 раз; их масса в расчете на единицу мощности снизилась приблизительно в 10 раз, а коэффициент полезного действия близок к 99%.

В своих экспериментах Фарадей опирался на результаты датского физика Ханса Кристиана Эрстеда, который в 1820 г. установил, что ток, проходящий по проводнику, создает вокруг него магнитное поле. Открытие Эрстеда было воспринято с большим интересом, поскольку электричество и магнетизм считались до этого проявлениями совершенно различных и независимых друг от друга сил. И уж если электрический ток мог порождать магнитное поле, то казалось вполне вероятным, что магнитное поле в свою очередь могло порождать электрический ток.

В трансформаторе обмотка из витков провода, подключенная к источнику питания и порождающая магнитное поле, называется первичной. Другая обмотка, в которой под действием этого поля возникает электродвижущая сила (ЭДС), называется вторичной. Индукция между первичной и вторичной обмоткой взаимна, т. е. ток, протекающий во вторичной обмотке, индуцирует ЭДС в первичной точно так же, как первичная обмотка индуцирует ЭДС во вторичной. Более того, поскольку витки первичной обмотки охватывают собственные силовые линии, в них самих возникает ЭДС. Это явление, называемое самоиндукцией, наблюдается также и во вторичной обмотке.

Итак, на явлении взаимной индукции и самоиндукции основано действие трансформатора. Для эффективной работы этого устройства необходимо, чтобы между его обмотками существовала связь и каждая из них обладала высокой самоиндукцией. Этим условиям можно удовлетворить, намотав первичную и вторичную обмотки на железный сердечник так, как это сделал Фарадей в своих первых экспериментах. Железо увеличивает количество силовых линий магнитного поля приблизительно в 10 000 раз. О материалах, обладающих таким свойством, говорят, что они имеют высокую магнитную проницаемость. Кроме того, железный сердечник локализует поток магнитной индукции, благодаря чему обмотки трансформатора могут быть пространственно разделены и все же оставаться индуктивно связанными.

В идеальном трансформаторе все силовые линии проходят через все витки обеих обмоток, и поскольку изменяющееся магнитное поле порождает одну и ту же ЭДС в каждом витке, суммарная ЭДС, индуцируемая в обмотке, пропорциональна полному числу ее витков. Если в трансформаторе не происходит потери энергии, мощность в цепи вторичной обмотки должна быть равна мощности, подводимой к первичной обмотке. Другими словами, произведение напряжения на силу тока во вторичной обмотке должно быть равно произведению напряжения и тока в первичной. Таким образом, токи оказываются обратно пропорциональными отношению напряжений в двух обмотках и, следовательно, отношение токов обратно пропорционально отношению числа витков в обмотках. Такой подсчет мощности справедлив лишь в том случае, если токи и напряжения совпадают по фазе; условие высокой самоиндукции обеспечивает пренебрежимо малую величину токов, не совпадающих по фазе.

Идеальный ТС представляет для инженеров-электриков инструмент, аналогичный рычагу в механике, но вместо преобразований силы и перемещения ТС преобразует напряжение и ток. Вместо отношения плеч силы количественной характеристикой трансформатора является отношение между числом витков в его обмотках. Конечно, идеального трансформатора не существует, но практически реализованные устройства очень близки к идеальным. Железный сердечник является неизменной составной частью всех современных силовых ТС, а медь благодаря своему низкому электрическому сопротивлению была и остается основным материалом, из которого изготавливают провод для обмоток.

После своего открытия Фарадей не стал детально исследовать открытое явление, полагая, что его работу продолжат другие. Однако в действительности оказалось, что в течение нескольких последующих десятилетий устройства, подобные трансформаторам, не нашли широкого практического применения. Особый интерес представляли первые опыты с «индукторами», состоящими из провода, намотанного на железный сердечник, в частности, изучение способности этих устройств порождать искры, когда ток в обмотке прерывался. Среди известных ученых, занимавшихся этим явлением, был американец Джозеф Генри, первый секретарь и директор Смитсоновского института. Впоследствии его именем была названа единица индуктивности.

В этих экспериментах выяснилось, что токи, циркулирующие в сплошных металлических сердечниках, рассеивали энергию. Чтобы свести к минимуму эти так называемые вихревые токи, сердечники стали делать непроводящими в направлении, перпендикулярном магнитным силовым линиям трансформатора. Теперь сердечники представляли собой «связку» изолированных железных проводов.

39) Начало промышленного применения трансформатора

В то время в качестве источников питания для работы с трансформаторами использовались батареи, а чтобы получить необходимые изменения тока, первичная цепь периодически прерывалась и замыкалась. После того как в 60-х годах XIX была изобретена динамо-машина – генератор электрической энергии, также основанный на открытиях Фарадея, – появилась возможность использовать переменный ток. Первый, кто подсоединил ТС к источнику переменного тока, был Уильям Гроув, которому для его лабораторных опытов понадобился источник высокого напряжения. Но этот опыт оставался незамеченным до тех пор, пока Томас Альва Эдисон не начал работать над осуществлением идеи электрического освещения в 1880-х годах.

К этому времени уже существовали электрические лампы с платиновыми нитями накала и лампы на основе электрической дуги, или дугового разряда между двумя электродами. Лампы обоих типов работали неплохо, однако их электрические характеристики накладывали некоторые ограничения на способы их включения в электрическую цепь. В частности, все лампы подключались последовательно, подобно елочным гирляндам, поэтому они загорались и гасли одновременно.

Хотя такой способ был приемлем, например, для уличного освещения, невозможность включать и выключать отдельные лампы в произвольные моменты времени, а также высокое напряжение, необходимое при последовательном соединении большого числа осветительных приборов, препятствовали его применению в жилых домах и на небольших предприятиях. Способ же параллельного соединения, в котором каждая лампа работает в своей собственной цепи, требовал слишком толстых медных проводов для подведения достаточно сильного тока к лампам, имевшим в то время относительно низкое

сопротивление. Одним из главных изобретений Эдисона была лампа накаливания с угольной нитью, открывшей благодаря своему высокому сопротивлению путь к практической реализации систем параллельного подключения осветительных приборов. Используя эти лампы накаливания и генератор постоянного тока, Эдисон в 1882 г. создал в Нью-Йорке первую промышленную систему электрического освещения.

Приблизительно в то же время ТС были впервые применены в системах электрического освещения в Англии. Французский изобретатель Люсьен Х. Голар и английский промышленник Джон Д. Гиббс воспользовались трансформаторами для подсоединения ламп накаливания к осветительной системе на дуговых лампах. Поскольку дуговые лампы соединялись последовательно, первичные обмотки ТС находились в последовательном соединении с дуговыми лампами. В 1882 г. Голар и Гиббс получили патент на свое устройство, названное ими вторичным генератором. Его работу они продемонстрировали в 1883 г. в Англии, а в 1884 г. – в Италии. Вторичный генератор не нашел широкого применения, однако он стимулировал создание других устройств.

Среди тех, кто заинтересовался работой Голара и Гиббса, были три венгерских инженера из будапештской фирмы Ganz and Company. Они присутствовали при демонстрации действия вторичного генератора в Италии и пришли к выводу, что последовательное соединение имеет серьезные недостатки. По возвращении в Будапешт Макс Дери, Отто Т. Блажи и Карл Циперовский сконструировали и изготовили несколько ТС для систем параллельного соединения с генератором. Их ТС (с замкнутыми железными сердечниками, которые значительно лучше подходили для параллельного соединения, чем «связки» железных проводов с открытыми концами) были двух типов. В первом типе провод наматывался на тороидальный сердечник, во втором, наоборот, железные провода сердечника наматывались вокруг тороидальной «связки» проводников.

В мае 1885 г. Дери, Блажи и Циперновски продемонстрировали на национальной выставке в Будапеште свою систему, которую принято считать прототипом современных осветительных систем. Она состояла из 75 параллельно соединенных ТС, подводивших питание к 1067 лампам накаливания Эдисона от генератора переменного тока с напряжением 1350 В. Тс имели тороидальные железные сердечники.

Система Голара и Гиббса произвела также впечатление на американца по имени Джордж Вестингауз. В 80-х годах Вестингауз был уже признанным изобретателем и промышленником. В то время он работал над системой распределения природного газа для освещения. После успехов, достигнутых Эдисоном, Вестингауз заинтересовался новым источником энергии, но сомневался в возможности ее широкого применения. Его скептицизм был в достаточной степени оправданным. В параллельных системах увеличение нагрузки требовало увеличения силы тока, а нагрузка в масштабах целого города потребовала бы колоссальных токов. Однако передача электрической энергии при больших токах неэффективна. Нужно было либо передавать ток по очень толстым медным проводам, либо строить электрические станции в непосредственной близости от потребителя, разбросав множество мелких генераторов по всей территории города.

Многие специалисты искали способы передачи электрической энергии при более высоком напряжении по сравнению с тем, которое требовалось в потребляющих устройствах. В 1884 г. Вестингауз нанял молодого инженера Уильяма Стэнли, у которого возникла идея воспользоваться ТС для решения проблемы передачи электрической энергии. Узнав о работе Голара и Гиббса, он посоветовал Вестингаузу приобрести патенты на ТС. Стэнли был убежден в преимуществах параллельных схем соединения, и к началу лета 1885 г. им уже было создано несколько ТС с сердечниками замкнутой формы.

Вскоре в связи с ухудшившимся состоянием здоровья Стэнли вынужден был уехать вместе со своей лабораторией из промышленного задымленного Питтсбурга. С одобрения Вестингауза он переселился в Грейт-Бэррингтон, шт. Массачусетс, где продолжал работать над трансформаторами. Тем временем Вестингауз, еще не до конца убежденный в эффективности параллельного соединения, экспериментировал с различными комбинациями вторичных генераторов Голара и Гиббса вместе с другим пионером в области электротехники Оливером Б. Шелленбергером.

К декабрю 1885 г. успехи, достигнутые Стэнли, наконец, убедили Вестингауза и он вместе с Шелленбергом и еще одним блестящим инженером Альбертом Шмидом приступил к усовершенствованию трансформатора Стэнли, с тем чтобы он (в отличие от венгерского тороидального устройства) стал простым и дешевым в производстве. Сначала сердечник изготавливался из тонких железных пластин в форме буквы Н. Обмотки из изолированной медной проволоки наматывались на горизонтальную часть сердечника, свободные концы которого замыкались дополнительными слоями железных полосок. Стэнли предложил изготавливать железные пластины в форме буквы Ш, чтобы центральный стержень можно было легко вставлять в заранее намотанную катушку. Ш-образные пластины укладывались в чередующихся противоположных направлениях, а на концы пластин укладывались прямые железные полоски для замыкания магнитной цепи. Эта конструкция трансформатора применяется и в наши дни.

40) Самый мощный российский ТС

В 2007 г. Холдинговой компанией «Электрозавод» (Москва) был изготовлен самый мощный из ранее выпускаемых в РФ ТС – ТЦ-630000/330 мощностью 630 МВА на напряжение 330 кВ, весом около 400 тонн. ТС нового поколения разработан для объектов Концерна «Рос_Энергоатом». Поставка новейшего энергетического оборудования на Курскую АЭС намечена на январь-февраль 2008 г..

Трансформатор разработан на современном техническом уровне с использованием новых конструктивных и технологических решений, современных материалов и опыта передовых фирм. В результате внедрения новейших научно-технических разработок характеристики трансформатора ТЦ-630000/330 значительно превосходят характеристики по ГОСТ. Так, потери холостого хода снижены на 38%, транспортная масса снижена на 22,2%, полная масса – на 14,5%, масса масла – на 12,9%.

По техническим параметрам, надежности, удобству монтажа и эксплуатации ТС находится на современном мировом уровне, отличительной особенностью является его полная взаимозаменяемость с аналогичным оборудованием, установленным на объектах Концерна «Рос_Энергоатом», что значительно позволяет сократить расходы и время по монтажу энергетического оборудования.

41) Состояние электроэнергетической отрасли в настоящее время и основные виды организаций этой отрасли

Состояние отрасли в настоящее время характеризуется нарастанием дефицита генерирующих мощностей и недостаточным уровнем развития электрических сетей.

Мощность электростанций электроэнергетического комплекса России составляет 220,0 млн кВт, в составе [ЕЭС России](#) имеется 468 [ТЭС](#) суммарной мощностью 138,7 млн кВт. Установленная мощность гидроэлектростанций в 2007 году составляла 46 млн кВт.

Установленная мощность 30 энергоблоков в составе 10 действующих [АЭС](#) составляет 23,5 млн кВт.

Протяжённость электрических сетей [ОЭС России](#) напряжением свыше 110 кВ составляет более 442 тыс. километров.

С [1 июля 2008 года](#) в результате реорганизации РАО «[ЕЭС России](#)» были сформированы следующие основные организации электроэнергетической отрасли:

- ОАО «[ФСК ЕЭС](#)» — оказание услуг по передаче электрической энергии (мощности) по сетям, относящимся к [ЕНЭС](#);
- ОАО «[СО ЕЭС](#)» — оказание услуг по диспетчеризации;
- ТГК/ОГК (20 компаний) — выработка электрической энергии (мощности) на тепловых электростанциях;
- ОАО «[РусГидро](#)» — выработка электрической энергии (мощности) на гидроэлектростанциях;
- ОАО «[МРСК Холдинг](#)» — оказание услуг по передаче электрической энергии (мощности) по территориальным распределительным сетям;
- ОАО «[РАО ЭС Востока](#)» — все компании электроэнергетики [Дальнего Востока](#).

В результате завершения структурных преобразований государство обеспечило контроль за естественно-монопольным сектором электроэнергетики:

- более 75 % акций ОАО «[ФСК ЕЭС](#)»;
- 100 % акций ОАО «[СО ЕЭС](#)».

Кроме того, государство сохранило участие в следующих компаниях: более 52 % акций ОАО «[ГидроОГК](#)», ОАО «[Холдинг МРСК](#)» и ОАО «[РАО ЭС Востока](#)».

С [2003](#) по [2007](#) годы в [России](#) наблюдался устойчивый рост производства [электроэнергии](#) со среднегодовым темпом 102,6 %.

В 2006 году в России было построено 1,6 гигаватта энерго мощностей.^[1]

В 2010 году Россия вышла на докризисный уровень производства электроэнергии, произведя 1025 млрд кВтч электроэнергии.^[2] В этом году в России был построен самый большой за последние десять лет объем электроэнергетической мощности — 3,2 гигаватта.^[3]

42) Проблемы электроэнергетической отрасли в настоящее время

Среди накопившихся проблем отрасли следует выделить:

- недостаточные объёмы инвестиций в электроэнергетику и снижение эффективности использования инвестиций, что привело к резкому снижению ввода новых мощностей и угрожающему старению основных фондов, нарастанию дефицита мощности и неудовлетворенного спроса потребителей;
- резкое сокращение научно-технического потенциала энергетики и энергетического машиностроения;
- серьёзное отставание в сфере разработки, освоения и использования новых технологий производства и транспорта электроэнергии; отсутствие механизма, стимулирующего разработку и использование новейших образцов техники;

- существенный рост тарифов на электроэнергию: уровень тарифов приблизился к уровню тарифов в [США](#), при этом цена на [природный газ](#) остаётся ниже среднемировой (в структуре топливоснабжения электростанций газ занимает 70 %);
- низкий уровень внедрения ресурсосберегающих технологий и оборудования, более чем в 1,5 раза увеличились потери электроэнергии в сетях.

43) Перспективы развития электроэнергетики России

Масштабы и темпы развития электроэнергетики страны в рыночных условиях в будут определяться особенностями развития экономики, эффективностью энергоиспользования и динамикой цен на энергоносители.

Прогнозируемый спрос на электроэнергию с учетом энергосбережения к 2010 году оценивается величиной порядка 930 млрд кВт-ч.

Установленная мощность электростанций России к 2010 году оценивается в 232 млн кВт, в том числе АЭС — 25 млн кВт, ГЭС и ГАЭС — около 50 млн кВт, а ТЭС — порядка 157 млн кВт.

Намечаемые вводы генерирующих мощностей на электростанциях с учетом замены оборудования, выработавшего свой ресурс, в период 1999-2010 годов составят около 50 млн кВт. Обновление основных производственных фондов электростанций будет осуществляться прежде всего за счет технического перевооружения и реконструкции оборудования, стоимость которых на 30% ниже стоимости нового строительства. **Экспортный потенциал электроэнергетики России** составляет 40-50 млрд кВт-ч.

Существующая энергетическая база страны при ее надлежащей работоспособности позволяет обеспечить ожидаемую потребность в электроэнергии в целом по России на период до 2010 года и реализовать указанный экспортный потенциал.

Развитие основной электрической сети ЕЭС России в ближайшей перспективе будет связано, в первую очередь, с обеспечением энергетической независимости отдельных регионов России, обеспечением надежной выдачи мощности электростанций и надежного электроснабжения потребителей, а также с усилением межсистемных связей в объеме, повышающем уровень взаимного резервирования объединенных электроэнергетических систем.

Для выдачи мощности электростанций, повышения надежности электроснабжения потребителей и эффективности функционирования формирующегося рынка электроэнергии и мощности потребуются ввод линий электропередачи напряжением 330, 500, 750 и 1150 кВ, сооружение которых намечено или уже частично осуществляется в различных регионах России. Необходимый объем вводов электрических сетей напряжением 330 кВ и выше оценивается величиной более 20 тыс. км.

Намечаемые масштабы развития электроэнергетики потребуют значительных инвестиций, которые за период до 2010 года оцениваются величиной более 70 млрд долл. США.

