

Институт Народногохозяйственного Прогнозирования
Российской Академии Наук (ИНП РАН)

Дашут Евгений Савельевич
Комков Николай Иванович

К качеству электроэнергетической системы РФ (ЭЭС РФ)

(макро-технологический аспект)

Июль 2009

К качеству электроэнергетической системы РФ (макро-технологический аспект)

Работа выполнена в рамках программы Российской Академией Наук "Технологический прогноз развития России", является составной частью коллективной монографии.

Авторы выражают признательность администрации форума www.elektrik.org (в том числе, модераторам) за предоставленную возможность проведения общественного обсуждения обозначенной темы, а так же непосредственно активным участникам форума **Федор, Павел, Roman_D, Dmitry_G, mic61, xxx, Петро РзиА, Михайло, ruff_, Misha_32, Павел В, hysteresis, knes, Гость, AlexPetrov, Евгений, Tchernishev, Flash, Pavel2_, f389, WD, grsl, Slava и др.** за ценное содержание комментариев в обсуждении темы, постановку вопросов, замечания и предложения (*Раздел - Теория электротехники; тема - "Дашь постоянный ток!"*).

Одновременно, авторы выражают благодарность всем посетителям вышеназванной темы - количество просмотревших дискуссионные материалы по теме составляет около 15 тыс. посетителей.

Вместе с тем, подчеркивается, что точка зрения авторов не обязательно совпадает по некоторым вопросам с точкой зрения участников обсуждения - участники могут иметь собственную точку зрения.

Отдельная благодарность за участие **Балаян Галине Григорьевне.**

1 Оглавление

К качеству электроэнергетической системы РФ (макро-технологический аспект).....	2
1 Оглавление	3
2 Постановочная часть.....	4
2.1 Повышение размера потерь энергии при ее транспорте	5
3 Введение	10
4 Характеристика электроэнергии в аспекте жизнедеятельности населения	13
5 Макротехнологическая модель.....	15
5.1 Общие данные	16
5.2 Архитектура сети - электрологистический каркас (ЭЛК).....	17
5.2.1 Вертикальный разрез	17
5.2.2 Горизонтальный разрез.....	19
5.2.3 3D вид.....	21
6 Организация ЭЛК в США	23
7 Электроэнергетическая система РФ	29
8 Модернизация ЭЭС РФ	35
8.1 Воздействие качества напряжения на электроемкость отечественного производства...	37
8.2 Сопоставление отдельных моментов качественного состояния ЭЭС США и РФ на момент принятия решений по де-регуливанию	42
9 Выводы:.....	45

2 Постановочная часть

Совершенствование уровня качества прогнозирования процессов развития экономики предусматривает (наряду с количественным аспектом) проведение качественного аспекта исследуемой макроструктуры (подсистемы), степени ее соответствия существующему и прогнозируемому состоянию общей **концептуальной макро-технологико-экономической модели** (далее, **КМТЭМ**) структуры отечественной экономики (надсистемы).

В данном случае, речь идет о **КМТЭМ** энергосистемы РФ.

В настоящее время, приняты директивные материалы и реализуются мероприятия по развитию энергосистемы РФ до 2020 года. Вместе с тем, существует ряд объективных и субъективных факторов настораживающего характера, заставляющих рассмотреть **КМТЭМ** энергосистемы РФ с точки зрения качественного технологико-экономического аспекта.

С технологической точки зрения, энергосистема представляет собой технологическую цепочку от добычи энергоносителей до процессов производства и распределения электрической энергии конечным пользователям.

В данном случае (точкой начала анализа) рассматривается завершающая стадия энерготехнологической цепочки - процессы производства и распределения электроэнергии конечным потребителям в аспекте потребностей экономики.

Выбор точки начала анализа связан с особенностью электроэнергии. Электроэнергия - специфический товар. Она потребляется практически в каждом технологическом процессе как субъектами рынка, так и домохозяйствами (населением). Однако, потребительский спрос этого продукта прямо связан с его качественными характеристиками. Эти характеристики обозначены соответствующими ГОСТами (величина напряжения, сила тока, размер фазового сдвига и т.д.).

Основные качественные изменения свойств отпускаемой электроэнергии (при равных условиях отпуска) происходит на пути ее транспортировки потребителю - линиях передач. Эта индивидуальная особенность рассматриваемого продукта послужила определением точки начала анализа.

Один из настораживающих факторов при проведении анализа уровня качества существующей **КМТЭМ** в энергетике РФ – неоправданно возросший уровень потерь электроэнергии при ее транспорте потребителю.

2.1 Повышение размера потерь энергии при ее транспорте

Правительство Российской Федерации распоряжением № 215-р от 22.02.2008 одобрило Генеральную схему размещения объектов электроэнергетики до 2020 года и утвердило объем финансирования. Ведущим разработчиком Генеральной схемы выступило ЗАО «Агентство по прогнозированию балансов в электроэнергетике».

Согласно «Генеральной схеме размещения объектов электроэнергетики до 2020 года» намечено построить 38,4 тыс. км высоковольтных линий электропередачи для выдачи мощности с новых объектов электроэнергетики, 27,8 тыс. км высоковольтных линий для усиления межсистемных связей и повышения надежности электроснабжения потребителей.

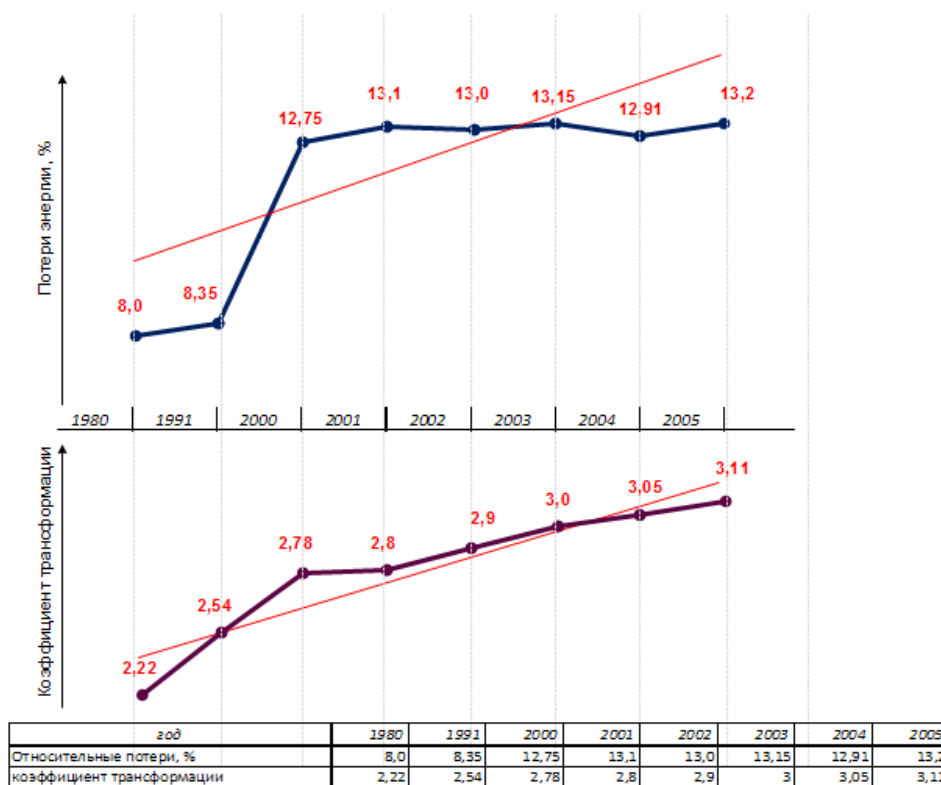
Всего, в соответствии с утвержденным документом, за период 2006—2020 гг. общая потребность в инвестициях для развития электроэнергетики для базового варианта составит в ценах каждого года порядка 20,7 трлн. руб.

Это количественный аспект.

Потери энергии в сети - это объективный затратный фактор. Однако, уровень относительных и абсолютных потерь определяется степенью рациональности ее построения, сокращением количества ступеней трансформации при передаче и распределении электроэнергии от источников к потребителям. Указанное может характеризоваться обобщенным коэффициентом трансформации мощности, т.е. установленной мощностью трансформаторов, приходящейся на один кВт мощности генераторов электростанций. Этот коэффициент выражает количество ступеней трансформации мощности в электрической сети.

Анализ публичных данных со времени ЕЭС СССР (с 1980 года) по настоящее время (2005 год) показывает, что интегральная линия относительных затрат (в %) и значения линии коэффициента трансформации синхронно и взаимосвязано возросло.

(см. обобщающий график.)



Линии тренда на приведенных графиках возрастают практически параллельно. Полученный тренд не соответствует объему промышленного производства за соответствующие годы.

Это настораживающий фактор, так как приведенные значения говорят в первую очередь о низком уровне качества **КМТЭМ** построения энергосистемы РФ.

По данным начальника сектора ФГУП ВЭИ д.т.н. ДОБРУСИНА Л. А., в настоящее время потери электроэнергии в сетевом комплексе ЕЭС России составляют порядка 15 %, то есть находятся на качественном уровне развития электрических сетей таких стран Африки, как Берег Слоновой Кости, Сенегал, Камерун.

В итоге ущерб от низкого качества электроэнергии обходится российской экономике по минимальной оценке около 25 млрд. долларов в год, а в расчете на пять лет превышает объем инвестиционной программы развития электроэнергетики России на 2006–2010 гг. и примерно сопоставим с размером стабилизационного фонда РФ по состоянию на 1 января 2008 года.

Существует мнение, что рост затрат связан с физическим старением линий электропередач. Этот факт имеет место, но не он является системообразующим фактором лавинообразно растущих запросов на инвестирование низкоэффективной **КМТЭМ** построения сети.

Почему?

Относительные потери в электросетях делятся на условно-переменные и условно постоянные. Структура и значения этих потерь применительно к ЕЭС СССР приведены в таблице:

Элементы сети	Потери		
	Переменные	Постоянные	Всего
Линии электропередачи	55	10	65
Подстанции	15	20	35
В том числе:			
трансформаторы	15	12	27
другие элементы		8	8
Итого	70	30	100

Потери в линии передач определяются формулой: $\Delta P_{\text{ном.}} = I^2 R$

где

$P_{\text{ном.}}$ = потери в сети;

I^2 = квадрат тока;

R - сечение проводника;

Со времен ЕЭС СССР количество линий существенно не приросло, даже уменьшилась за счет передачи некоторой их части на баланс бывшим союзным республикам. Сопротивление алюминия (в частности) и линейные потери на ЛЭП (в целом) грубо можно считать величиной постоянной.

Следовательно, величина почти на 100% возросших потерь (а следовательно и затрат) приходится на условно-постоянные потери. Это потери, вызванные проблемами управления (распределения) энергетическими потоками в искусственно созданных энергетических анклавах (энергетических бассейнах). Т.е., происходит деградация функции распределения энергии. К сожалению, именно эта функция является фундаментальной для организации энергосистемы в целом. В соответствии с теорией электротехники, ***энергосистема рассматривается как совокупность узлов, внутри которых ограничения по перетокам мощности отсутствуют и которые соединены между собой системообразующими связями***. Следовательно, в существующей конструкции нарушена системообразующая функция.

Нарушение вышеназванной функции имеет свои системные связи – разрешение (даже, необходимость) работы существующих энергогенерирующих станциях на неэффективных и затратных ***пиковых и полупиковых нагрузках***. При этом, монополю устанавливаемая цена генерирующих компаний учитывает непроизводительные расходы. Более того, в противоречие всей логике разделяет основную и побочную продукцию процесса производства (эл.энергия и отработанный пар) на отдельные производства: производства эл.энергии и производства тепла для

теплоснабжения. Этот уровень также имеет свои системные связи – разрешает прием твердого топлива (уголь) с повышенным уровнем зольности (на экспорт 10%, в энергетику – 23 % и выше, например, Экибастузский уголь – до 43% зольности); учитывает поступающее топливо в тоннах, в лучшем случае, по нижней теплоте сгорания («изобретение» в теплоэнергетике СССР). Системные связи этого уровня опускаются на дополнительный расход произведенной энергии на работу ж/д транспорта, повышение энергоемкости его базы; не стимулирует глубокую переработку топлива в угледобывающих регионах. ***Экологические проблемы – это сопутствующее следствие эксплуатируемой неэффективной энергетической модели в целом.***

Примечательно, что существующее законодательство в области энергосбережения направлено исключительно на потребителя энергии и практически полностью обходит всю энерготехнологическую цепочку.

Вместе с тем, учитывая системный характер связей, необходимо отметить что корректировка ситуации в отдельном узле технологической цепочки энергосистемы (подсистемы) будет неэффективной без корректировки функции надсистемы – в данном случае, системы распределения энергии.

Развитие существующей энергосистемы при таком качественном состоянии:

1. Потребуется значительный инвестиционный поток средств на поддержание ее работоспособности (без существенного улучшения уровня качества);
2. Вступит в противоречие с интересами **КМТЭМ** экономики РФ через:
 - a. Недопустимо высокий уровень тарифов на эл.энергию;
 - b. Ограничения (дополнительная плата) за доступ хозяйствующих субъектов к энергоснабжению (Проблемы подключения);
 - c. Необходимость государственных дотаций как производителям энергии, так и потребителям;
 - d. Социальный протест населения (уже в настоящее время например в ХМАО задолженность населения ЖКХ составляет 2000 руб. на одного жителя, т.е. при – 1,5 млн. населения – 3 млрд. неплатежей)

http://www.admhmao.ru/news/New_gub/2009/march/16.htm#3)

Приведенные доводы подтверждают, что при разработке прогнозных сценариев использовать исключительно количественные методы было бы не совсем корректно.

Необходимо проанализировать всю энерготехнологическую цепочку, сформировать собственную точку зрения на условия обеспечения эффективности ЭЭС и использовать ее в качестве альтернативного подхода при разработке прогнозных сценариев.

На взгляд авторов, крайне важно понять основополагающую функцию **КМТЭМ** построения сети.

***Почему?** На Байкальском экономическом форуме (2008) основным разработчиком Генеральной схемы ЗАО «Агентство по прогнозированию балансов в электроэнергетике» (Кожуховский И.С.) были озвучены «Принципы системы управления развитием в электроэнергетике». Основной заявленный принцип - Прогнозы должны в максимальной мере учитывать интересы и намерения частных энергетических компаний. Такой подход к проектированию надсистемы многое проясняет. Функционирование в неэкономичных **пиковых и полупиковых нагрузках** при гарантированном сбыте произведенной продукции (по ценам, учитывающим непроизводительные затраты) полностью соответствует интересам частных энергетических компаний. Проблема в том, устроит ли это экономику РФ в целом?*

По мнению авторов, логика анализа должна быть следующей:

1. Первый уровень. **КМТЭМ** построения сети энергообеспечения – соответствие основополагающих функций интересам развивающейся экономики;
2. Второй уровень. Внутренняя архитектура построения существующих и возможных моделей, наиболее эффективно обеспечивающих исполнение основополагающих функций;
3. Третий уровень. Инвестиционный. Технологический уровень оборудования. Например, не имеет смысла рассматривать, преимущество прогрессивного инверторного блока на транзисторах при эксплуатации сетей переменного тока.

Вывод:

1) Причина низких экономических показателей электрической сети имеет системный характер и кроется не в отсутствии современных компенсирующих, фильтрокомпенсирующих, фильтросимметрирующих и фазосдвигающих устройств, а в первую очередь, в низкоэффективной (с точки зрения общественного производства) **КМТЭМ** построения сети.

2) Анализ и корректировка **КМТЭМ** построения сети необходима и возможна.

3 Введение

Конец XX, начало XXI века в глобальном плане можно охарактеризовать историческим периодом перехода на новый технологический уровень развития общества (S-образная кривая Форстера). Находясь в точке излома, развивающиеся фундаментальные процессы эволюции технологий сложно оценить, скорректировать, направить эти процессы развития по наиболее эффективному для национальных интересов маршруту.

Тем не менее, наличие, осознание и воздействие этих процессов на уровень развития общества становится очевидным. Используя в разговорной речи термин "развитые страны" мы подразумеваем некий уже фактически существующий уровень технологического разрыва, отставания в технологическом развитии национального общественного производства со странами, принявшими и реализующими обновленную идеологию макротехнологического развития.

Новые научные данные, а вместе с ними и открывающиеся возможности предполагают скрупулезный анализ и планирование во времени новой идеологии технологического развития общественного производства, его качественного состояния.

В этой ситуации, при анализе, прогнозировании и планировании изменений в среднем и долгосрочном периоде крайне важную роль, в дополнении к количественным оценкам, имеет способность оценки качественного аспекта существующих макротехнологий, идеологии построения их архитектуры, технологической модификации и организации под новые условия в перспективе развития. Использование исключительно количественного подхода приведет к существенным ошибкам развития, негативное воздействие которых проявится уже в недалеком будущем. Образно говоря, планирование экономического развития без учета новых качественных факторов можно сравнить с ситуацией, когда, находясь в начале развития эры автомобилестроения мы планировали бы, опираясь на сложившееся представление о передвижении и существующие цены, стратегию модернизации комплекса предприятий по производству уздечек (лошадиной упряжи).

Новая идеология технологического развития - это комплексный системный вопрос, рассмотрение которого выходит за рамки данной статьи. Вместе с тем, необходимо хотя бы отметить ряд крайне важных и зависимых задач, требующих параллельного рассмотрения и решения. Речь идет об организации в новых условиях функции воспроизводства производственного капитала, его

оценки, амортизационной политики (в целом) и ряда других вопросов, в том числе инфраструктурного характера.

Идеология технологического развития подразумевает построение некой оптимальной для новых условий архитектуры макротехнологической модели национального общественного производства. Естественно, что практическая реализация принятой идеологии имеет тесную связь с внешнеторговой деятельностью - реализация собственной продукции является экономической необходимостью каждой экономики. В этой связи можно условно выстроить определения поведенческой деятельности различных экономик и их воздействия на внутренние и внешние рынки, в зависимости от наличия и реализации собственной идеологической конструкции технологического развития:

1. агрессивная экономика - имеет и реализует собственную идеологию технологического развития, дополняя ее развитие рядом внешнеполитических и маркетинговых подходов к организации торговли (например, США, Европа, Япония).
2. развивающаяся экономика - имеет собственную идеологию технологического развития и прилагает активные усилия к ее реализации, противопоставляет агрессивной экономике собственную промышленную и маркетинговую политику, содержащую агрессивные элементы (например, Китай);
3. обороняющаяся экономика - экономика, не имеющая собственной принятой идеологии технологического развития, но пытающаяся защищать собственный суверенитет, в том числе и с переменным успехом интересы собственных производителей.
4. филиальная экономика - экономика, не имеющая собственной принятой идеологии технологического развития и практически полностью подчинившаяся глобальным внешним факторам, т.е. потребностям и интересам экономик высшего уровня. Этому типу экономики не имеет смысла отслеживать функционирование воспроизводственных процессов – производства ориентированы исключительно на фазу эксплуатации, поддерживаются интересами инвесторов. Действия органов государственной власти, с точки зрения устойчивого развития, дезориентированы; качественное состояние правил делового оборота либерально-анархическое; некомпетентность и пассивность объясняется процессами глобализации. Основная парадигма – максимизация прибыли.

Экономику России в рамках приведенной условной классификации можно отнести к "обороняющейся" экономике – это неустойчивое промежуточное состояние между "развивающейся" и "филиальной" типами экономик. С патриотической точки зрения естественно крайне желательно движение вверх, к "развивающейся" экономике. Но это движение необходимо отстаивать.

В новых условиях, идеология технологического развития общественного производства является не потенциальной возможностью, а функциональной обязанностью конкретных министерств. Вместе с тем, практически провалены работы по созданию Национальной Инновационной Системы РФ, ряда значимых отраслевых программ. В большей степени идеология функционирования промышленных министерств принимает пораженческий характер – "Рынок сам рассудит", а безынициативность объясняется происходящими процессами глобализации. Можно наблюдать, как отсутствие собственной идеологии технологического развития и ее реализация на практике подменяется рядом министерств лишь общими лозунгами и словами: инновации, инвестиции, рынок, высокие технологии, энергосбережение и т.д, громкими количественными оценками текущей деятельности.

Например, в настоящее время в одном из регионов реализуется крупный инвестиционный проект по созданию изделий на базе кристаллического кремния. Заложенный в вышеназванном проекте способ получения полупродукта (соединений кремния) жестко ориентирован на получение узкой номенклатуры состояний вещества, поставляемое по проекту импортное оборудование. С точки зрения проекта - возможно это лучшее решение, с точки зрения развития региона - возможно нет. Регион обладает мощным производственным потенциалом, часть из которого выведена на простой.

Изменение макротехнологической конструкции заложенной в базовой модели проекта может позволить с одной стороны - а) обеспечить безусловные поставки заложенного в базовом проекте полупродукта; с другой стороны - б) модифицированная технология могла бы стать "ключевой" для региона, так как позволяет обеспечить широкую гамму новых полупродуктов - начала организации множества инновационных технологических цепочек (инновационных производств) межотраслевого взаимодействия.

Для управляющей компании, ориентированной основными инвесторами на быструю прибыль, модификация заложенной в проект технологии является дополнительной "головной болью". Для региона – напротив, вводятся дополнительные элементы реанимации деловой активности. Возникает противоречие. При более внимательном рассмотрении, логика возникновения

противоречия становится труднообъяснимой - дело в том, что главным инвестором вышеприведенного проекта является государство! Возникает ряд дополнительных вопросов...

Приведенный пример показывает, что уровень анализа задействованных макротехнологических моделей, их модификация, привязка под существующий производственный потенциал и перспективы развития в отечественной промышленности, конкретных регионах - развит пока крайне слабо.

Дополнительным примером можно привести неудачные попытки применения форсайт-подхода без подготовки должного анализа состояния и перспектив развития эксплуатируемых макротехнологических моделей, инструментария их сопровождения.

К сожалению, можно наблюдать, как в настоящее время в крупных вопросах стратегического развития общественного производства ошибочно используются отдельные инструменты качественно иной макромоделей "развитых" стран, действия которых вне полной модели не только ограничены, но и дадут противоположный ожидаемому эффект.

Частным примером реализации такого негативного опыта является осуществляемая в настоящее время **реформа энергосистемы РФ (ЭСС РФ) под эгидой программы "Либерализация рынка электроэнергии"**.

Анализируя сложившуюся ситуацию и намеченные планы можно с большой долей вероятности утверждать, что принятый подход к реформированию ЭСС РФ не только ограничивает экономический рост в настоящее время, но и предопределяет для будущих поколений существенный уровень технологического разрыва с развивающимися экономиками, способствует формирования тренда к состоянию "филиальной" экономики.

4 Характеристика электроэнергии в аспекте жизнедеятельности населения

Производственная сфера жизнедеятельности общества, с точки зрения технолого-экономической модели, может быть представлена следующим образом: это постоянно функционирующая осознанная деятельность, направленная на удовлетворение личных и общественных потребностей путем производства и представления конечной продукции (услуг).

Экономические ресурсы для выполнения конечной продукции ограничены - это природные ресурсы (вещество), накопленный опыт (технологические знания) и энергия.

Вся производственная деятельность представляет собой длинную гирлянду (направленный граф) последовательного преобразования вещества (получение нужного состава, придание геометрической формы, сборки механизма, получения функции и эффекта от механизма и т.д.) с направлением "снизу - вверх" - от природных ресурсов к человеческим потребностям. Энергия и технологические знания - необходимый компонент выполнения любого узла работы в этом графе.

Эффективность выполнения работы оценивается способностью рационального использования ресурсов.

В процессе развития научно-технического прогресса, накопление и использование технологических знаний совершенствует как процессы, так и средства производства: механическая часть устройств заменяется на электрическую, появляются новые конструкционные материалы, конечная продукция наделяется новыми функциями, при этом ее материалоемкость снижается, а энергоемкость, в целом по категории - увеличивается, по изделию - снижается. Это процессы эволюции развития общества, технологических способов (уклада).

В настоящее время электрическая энергия является наиболее компактной, удобной и приоритетной формой использования энергии во всех процессах жизнедеятельности общества. На ее использование опираются основная масса выполненных средств производства и технологических процессов, как промышленных предприятий, так и домашних хозяйств. Важно отметить, что сама по себе электроэнергия не является конечной продукцией, она является необходимым и стратегическим компонентом в процессе выполнения некой условной работы.

Следовательно, с точки зрения жизнедеятельности общества электроэнергия становится социальным и стратегическим ресурсом - человек, (общество) не может обойтись без нее - это необходимый компонент выполнения полезной работы.

Отсюда, учитывая причинно-следственные связи на жизнедеятельность общества в целом, крайне важно справедливо оценивать стоимость электроэнергии, доступ к ее использованию.

С точки зрения экономики в целом с учетом ее глобализации, высокая стоимость э/энергии может одномоментно превратить продукцию целой отрасли (всей системы) в нерентабельную. Это вызовет прекращение движения денежных потоков, в том числе их перераспределение для удовлетворения личных и общественных потребностей. Эффект мультипликатора распространится по всей системе, в том числе и на население.

С точки зрения населения (домашних хозяйств) несправедливое увеличение стоимости э/энергии вызовет резкое сокращение личных доходов (средств существования) за счет увеличения расходной части как на потребляемые продукты (например, продукты питания), так и на услуги (например, ЖКХ, транспорт и т.д.).

С точки зрения системы в целом - любой дисбаланс имеет негативный характер для ее функционирования.

Исходя из вышесказанного можно сформулировать требования к характеристике обращения электроэнергии:

- электроэнергия должна иметь справедливые и доступные цены;
- объем генерируемой энергии должен удовлетворять интересы устойчивого национального развития;
- доступ к ее получению и использованию всеми субъектами национальной экономики должен быть максимально открытым и свободным на всей территории РФ;
- электроэнергия должна обладать определенными качественными характеристиками, обеспечивающими ее рациональное использование приемными устройствами Потребителя.

5 Макротехнологическая модель

(логика технологического функционирования и развития)

Макротехнологическая модель представляет собой системную совокупность принятых инженерных и организационных решений, обеспечивающих за счет исполнения заложенных в них функций возможность производить и реализовывать конечную продукцию.

Направленность инженерных решений объединяет макротехнологическая конструкция, эффективное исполнение заложенных функций обеспечивают соответствующий этой конструкции комплекс организационно-правовых правил (способов) организации деятельности.

Можно сказать, что макротехнологическая конструкция - это системная технологическая цепочка инженерных решений (способов), принятых в рамках определенного технологического уклада (физической сути производства). Узлы технологической цепочки представляют собой комплексы основных, вспомогательных и обслуживающих производственных процессов, выполненных в рамках того же технологического уклада. Наличие технологической цепочки предполагает архитектуру ее построения. Первичной

является идеология построения архитектуры технологической конструкции. Важно, что идеология опирается на доступные технологические знания (опыт) существующего технологического уклада.

Способы организации производства (деятельности в целом) опираются на эксплуатируемую макротехнологическую конструкцию и обеспечивают возможность эффективного исполнения заложенных в базовой конструкции функций. Возможность их изменения ограничена заложенными в конструкцию инженерными решениями по всей иерархии и детализации принятой архитектуры технологической цепочки.

5.1 Общие данные

Электроэнергия – основной энергоноситель обеспечения функционирования различных технологических процессов в обществе в целом, локальных Потребителей.

Характеристиками электроэнергии являются:

- частота (герц),
- сила тока (ампер)
- напряжение (вольт).

Величины этих характеристик с одной стороны - взаимосвязаны фундаментальными физическими законами, с другой – фиксируются принятыми в рамках государственных стандартов номинальными значениями обрабатываемой электроэнергии. В различных странах принятые номинальные значения этих характеристик могут не совпадать, например: частота в США – 60 Гц, в РФ – 50 Гц и т.д.

Приемники электрической энергии Потребителей строго настроены на принятые государственными стандартами номинальные значения этих характеристик.

Обеспечение Поставщиком принятых номинальных значений при предоставлении электроэнергии Потребителю определяет уровень качества электроэнергии.

Снижение уровня качества электроэнергии (ЭЭ) вызывает ее потери (с точки зрения потенциальной возможности выполнения полезной работы) как у Поставщика (увеличение потерь в сети), так и у Потребителя (повышенный расход мощности, электроемкости производства).

Основными процессами в энергообеспечении являются:

- ✓ а) выработка ЭЭ,
- ✓ б) транспорт и распределение,

- ✓ в) предоставление ЭЭ соответствующего уровня качества в точке подключения потребителя (предпродажная подготовка).

С целью снижения потерь и обеспечения должного уровня качества выполняются дополнительные процессы: трансформация, автоматизация, регулирование.

Особенностью электроэнергии является скорость ее транспорта по линиям передачи (приблизительно, скорость света) и ограниченная возможность аккумулирования на пути распределения (работы в этом направлении в разных странах активно ведутся). Эти особенности с одной стороны, подразумевают синхронность подачи в сеть необходимой мощности, с другой стороны, предполагают развитую сеть линий передачи ЭЭ от объектов генерации до потребителя. Множество поставщиков ЭЭ в транспортную сеть вводят дополнительные условия синхронизации синусоиды (переменный ток).

В конструкции транспортной сети должны отсутствовать ограничения по перетокам – это фундаментальная основа функции распределения ЭЭ.

Наличие этих ограничений однозначно влияет на уровень качества организации энергосистемы в сторону ухудшения как системы в целом, так и качества ЭЭ предоставляемой потребителю.

В свете названных особенностей и условий, наличие в электроэнергетической системе (ЭЭС) множества источников генерации энергии, а также размер географического пространства размещения потребителей делают саму конструкцию (архитектуру) сети, условия ее эффективного функционирования – крайне сложной задачей. Непременные условия ее организации высокий уровень а) унификации и стандартизации, б) автоматизации, в) долгосрочное планирование в целях обеспечения государственных интересов (практика показала, что, узко-отраслевые и общественные интересы могут расходиться).

5.2 Архитектура сети - электрологистический каркас (ЭЛК)

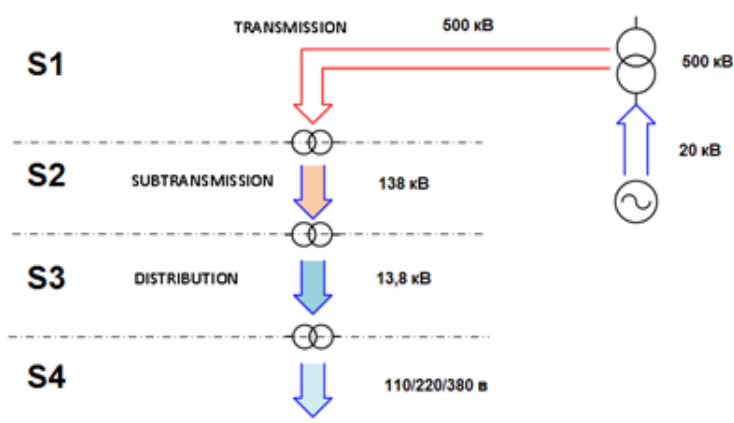
5.2.1 Вертикальный разрез

Вертикальный разрез рассматривает обеспечение одной из основных функций – транспорта электроэнергии от объектов генерации до потребителя.

При обеспечении процесса транспорта электроэнергии по сети возникают потери, связанные с расходом энергии на нагрев проводов (R - активное сопротивление проводника). С целью минимизации этого негативного эффекта применяется процесс трансформации энергии – повышения уровня напряжения до высоковольтного (например, 500 кВ). Повышение напряжения вызывает снижение силы тока, а, следовательно, снижает потери на активное сопротивление. *Этот способ весьма эффективен, так как потери*

пропорциональны квадрату силы тока. Действительно, при повышении напряжения вдвое - на тот же уровень снижается сила тока, что обеспечивает снижение потерь в 4 раза. Например, если напряжение повысить в 10 раз, то потери снизятся в 100 раз.

Повышение напряжения (трансформация) обеспечивает возможность передачи больших объемов мощности от генераторов в распределительную сеть при ограниченном сечении проводника (линии передачи) с минимальными затратами. Таким образом, процесс трансформации можно считать вспомогательным процессом транспорта ЭЭ. Процесс происходит с односторонней направленностью – от генератора к потребителю на многоуровневой основе (см. схему).

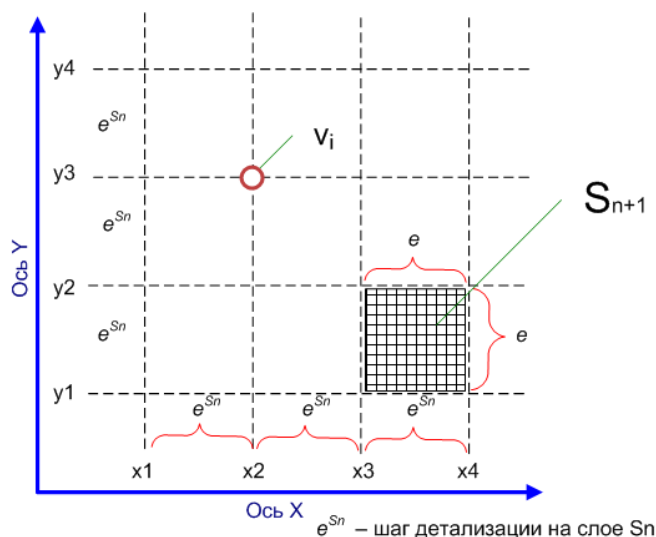


Выработанная электроэнергия подается на повышающую подстанцию, где преобразуется в высоковольтное напряжение и подается на уровень системных линий (**S1**). Основная цель – транспорт больших объемов электроэнергии. При достижении цели – транспорта до нужной зоны приема, энергия направляется на понижающую подстанцию, где ее напряжение снижается до 138 кВ и далее, направляется в распределительную линию (уровень **S2**). Из распределительной линии электроэнергия может быть направлена крупным промышленным потребителям, либо на следующий уровень трансформации (13,8 кВ) и распределения (**S3**). И далее, через дополнительную понижающую подстанцию – на уровень (**S4**) – потребителю (220/380 в).

Условие минимизации потерь предполагает необходимость максимально близко подвести транспортируемую высоковольтную электроэнергию к потребителю. Естественно, это отражается на организации транспортных маршрутов в слоях **S1-S4**. Маршруты на уровне **S1** могут исчисляться тысячами километров, тогда как маршруты на слое **S4** - единицами (1-2 км).

5.2.2 Горизонтальный разрез

Горизонтальный разрез архитектуры ЭЭС раскрывает сущность основного процесса - перераспределения ЭЭ. Функцией этого важнейшего процесса является обеспечение доставки транспортируемой электроэнергии на конкретном географическом пространстве с минимальными потерями множеству потребителей (см. схему).



Слой S_n – с шагом детализации e^{S_n}

Само понятие географического пространства подразумевает организацию процесса распределения электроэнергии в условном слое S на плоскости XY . Процесс распределения ЭЭ осуществляется в обоих направлениях как по оси X , так и по оси Y .

С целью оптимизации возможных маршрутов распределения ЭЭ на плоскости XY в слое S_n вводятся дополнительные оси с шагом детализации e . Пересечения дополнительных осей образуют точки V_i , и далее, сетку замкнутых контуров (в зависимости от расположения линий, это может быть квадрат, треугольник и т.д.). Полученная сеть (сетка) является координационной основой для организации линий электропередач данного слоя. Причем, каждая, сформированная вспомогательными осями координат, ячейка является полным пространством для организации следующего слоя (S_{n+1}). Правило организации структуры одинаково для всех слоев. Шаг детализации e зависит от конкретного свойства слоя. Например, ориентированный на сверхвысокое напряжение (500 кВ) слой S_1 должен иметь шаг детализации равный половине часового пояса географической территории - порядка 500 - 1000 км. Шаг детализации слоя S_3 , ориентированного на низкое напряжение (13,8 кВ) может составлять 3-5 километров. Таким образом, структура организации

распределительной сети подразумевает собой систему вложенных друг в друга сеток с заданным модульным шагом детализации.

С математической точки зрения, слой S_n можно представить в виде связанного графа вида $S_n = (V, E)$, где вершины графа G - элементы множества V (точки пересечения вспомогательных осей). Ребра графа G - элементы множества E – дуга между вершинами вида $e = (v_i, v_j)$, где v_i, v_j смежные вершины множества V .

Путь потенциального маршрута направления энергетического потока при распределении обозначим символом $_{(x)}P$. Такой маршрут можно охарактеризовать, как чередующаяся конечная последовательность вершин и дуг $v_0, e_1, v_1, \dots, e_n, v_n$, где вершина v_0 - начало пути и вершина v_n – конец пути. Особенностью маршрута является то, что каждая дуга исходит из предыдущей вершины и заходит в последующую вершину $e_i = (v_{i-1}, v_i)$, а также то обстоятельство, что маршрут не имеет циклов, а дуги и вершины не повторяются.

Отсюда, в терминах дискретной математики любой условный маршрут транспорта электроэнергии $_{(x)}P$ сам по себе является деревом и ориентированным графом $_{(x)}P G_n = (V, E)$, где $V = \{v_1, \dots, v_n\}$. В этом случае, существует множество вариантов организации маршрута распределения энергетического потока на плоскости XY в рамках графа $S_n = (V, E)$.

Подразумевается, что очерченная осями координат XY плоскость образования слоев, является полным географическим пространством территории конкретной страны.

Необходимость развития вспомогательных осей на оси X определяется географической шириной национального пространства. В том случае, если некая территория располагается на уровне одного часового пояса вводить дополнительные оси нет необходимости - плоскость XY будет представлена прямой линией (например, Великобритания). И напротив - увеличение широты географического пространства потребует необходимость введения дополнительных осей (например, США, Россия и т.д.).

Сформированный таким образом слой (слои) представляет собой концептуальную проектную структуру "электрификационной сетки", которая эффективно исполняет функцию перераспределения электроэнергии и по мере развития электрификации конкретной страны заполняется реальными линиями электропередач данного слоя.

5.2.3 3D вид

Совмещение горизонтального и вертикального разреза позволяют представить общий вид архитектуры построения макротехнологической модели транспорта и распределения электроэнергии - **электрологистический каркас (ЭЛК)**.

Образно, общий вид модели можно представить в виде куба с многоуровневыми и взаимосвязанными слоями, основание которого покрывает всю территорию конкретной страны. Каждый слой имеет свой уровень напряжения и конструкционно состоит из координационной сетки с соответствующим данному слою шагом детализации (e_{Sn}). Точки пересечения линий сетки (вершины V_i) по горизонтали связаны со смежными вершинами, по вертикали, через понижающие подстанции, связаны с нижележащим слоем (S_{n+1}). Причем, проекция этих точек на нижележащий слой является осями координат построения вложенной координационной сетки с соответствующим шагом детализации (e_{Sn+1}).

Необходимость организации уровней S_1 - S_4 вызвана минимизацией издержек при транспорте электроэнергии. На этих уровнях происходит изменение напряжения транспортируемой энергии от сверхвысокого (500 кВ) к низкому (220/380 В).

Организация слоев на уровнях S_1 - S_4 путем введения координационных сеток вызвано необходимостью осуществления процесса распределения электроэнергии.

Логика функционирования процесса распределения на распределительных координационных сетках понятна –

- ✓ а) необходимо как можно ближе к конкретной географической зоне (точке) подвести максимально высокое напряжение и снизить его до потребительских характеристик уже непосредственно перед Потребителем;
- ✓ б) обеспечить эффективность процесса;
- ✓ в) обеспечить полный охват национальной территории.

Безусловно, организация транспорта и распределения электроэнергии через систему замкнутых контуров требует высокого уровня автоматизации. В настоящее время развитыми странами активно разрабатывается инструментарий управления на основе нейро-сетей.

Используемый в описании **ЭЛК** термин "координационных сеток" выбран не случайно. Речь идет об идеологической конструкции макротехнологической модели электроснабжения национальной экономики и развития территорий в долгосрочном (более 100 лет) периоде развития. Это не означает, что все точки

V_i по каждому слою должны быть в реальном времени соединены высоковольтными линиями электропередач - уровень развития территорий на конкретном временном отрезке не равномерен. Однако принятие концептуальной модели подразумевает непреложное и планомерное ее развитие в долгосрочном периоде.

Это означает, что в проектируемом **ЭЛК** все точки V_i имеют конкретные географические координаты, а прокладка новых линий и развитие схемы осуществляется, и будет осуществляться строго по заложенным в архитектуре конструкции принципам и правилам, обеспечивающим планомерное и устойчивое развитие системы и исключаям временные схемы и непроизводительные расходы,.

Наличие национальной модели ЭЛК является элементом государственного строительства конкретной страны, составляющим компонентом концепции устойчивого развития. Электроэнергия - основной ресурс любой потенциальной работы, а, следовательно, факт ее наличия - непреложное условие комплексного и эффективного освоения территорий, жизнедеятельности общества, уровня его благосостояния.

Отсюда, принятие и реализации этой модели является не потенциальной возможностью, а необходимой функцией органов государственной власти. Это мировая практика.

Ниже приведен пример архитектуры **ЭЛК**, реализация которого осуществляется на территории США и электроэнергетическая система РФ. Это позволяет провести аналитический анализ двух моделей для оценки их эффективности.

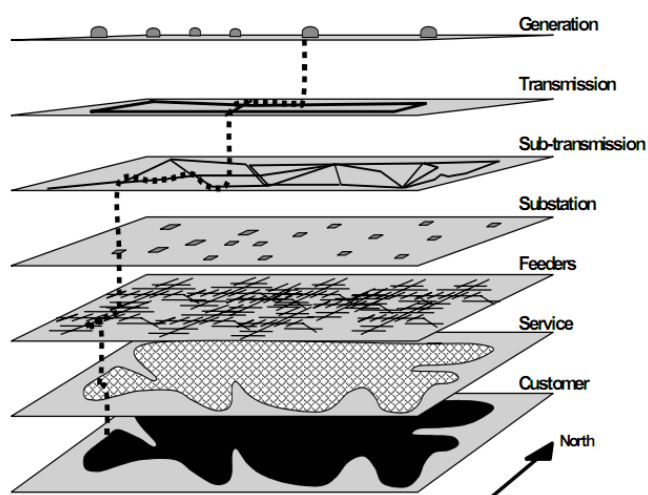


Figure 9.9 A power system is composed of service layers, each performing its function over the entire service area. Power flows down from the top (generation) to the bottom (customer) layers. Power follows a route through all layers on its way to any customer (dotted line).

6 Организация ЭЛК в США

В последнее десятилетие рядом внедренческих организаций активно приводится сравнение российской модели ЭЭС с соответствующей моделью Великобритании. Это сравнение не совсем корректно по причине протяженности географической территории - территория Великобритании находится в одном часовом поясе. В этих условиях, верхний слой ЭЛК S_1 будет представлять собой прямую линию (не сетку), а в объемном виде ЭЛК примет форму не куба, а пирамиды. Это обстоятельство существенно упрощает как всю конструкцию ЭЛК Великобритании, так и способы управления ею.

Более корректным, для анализа отечественной модели, было бы ее сравнение с ЭЛК США. Основная территория США расположена в 6 часовых поясах, что сопоставимо с 10 часовыми поясами основной территории РФ.

В настоящее время ЭЛК США не имеет классической формы единого куба - это связано с разрывами в плоскости национальной географической территории (Аляска) и неравномерностью развития региональных энергетических систем, выравниванием классов напряжений (см. рис).

345 kV	34.5 kV	34.5 kV
500 kV	69 kV	24.9 kV
765 kV	115 kV	13.8 kV
	138 kV	13.2 kV
	230 kV	12.47 kV

United States

В рамках модернизации ЭЛК США осуществляется процесс выравнивания и унификации эксплуатируемых классов напряжений, сопряженного оборудования.

В настоящее время ЭЛК США можно представить не в виде отдельного куба, а совокупности смежных и соединенных друг с другом кубов, уровень S_1 которых настроен от 765 кВ до 345 кВ. Процесс интеграции региональных ЭЛК был завершен к 1985 году. Например, регион Новая Англия (New England) на северо-востоке США на уровне S_1 - S_2 имеет 12 подключений с 3 соседними энергосистемами (при 8000+ миль линий электропередачи, общее производство ЭЭ: 31000 мегаватт, Рекордный пиковый спрос: 25348 мегаватт).

В таблице ниже приведен эволюционный процесс преобразования макротехнологической конструкции энергосистемы США отдельных электрифицированных точек в полномасштабный ЭЛК, совершенствование и развитие которого в рамках реализации государственных интересов осуществляется и в настоящее время.

Динамика качественного развития энергосистемы США

начало	окончание	Качественное состояние системы
1885	1910	Изолированные предприятия
1910	1935	Изолированные системы
1935	1960	Региональные системы (включая сельские)
1960	1985	Интегрированная континентальная система (США, Мексика, Канада) Figure 1.3. The five synchronous systems of North America.
	к 2030	"Умная сеть" на основе высококачественного ЭЛК

На вложенной в таблицу схеме отмечено соединение отдельных энергосистем в единый ЭЛК линиями в т.ч. и постоянного тока (1985 год завершения). В Северной Америке действует целый ряд мощных электропередач и вставок постоянного тока D-D (Западная и Восточные энергосистемы, Квебек, Техас, западная Канада). Одна из них двух цепная ППТ Нельсон Ривер - Виннипег (Канада) общей мощностью 3600 МВт и длиной 930 км. На западном побережье Канады сооружена кабельная ППТ на о-в Ванкувер мощностью 680 МВт, в восточной части страны имеются две ВПТ, служащие для несинхронной связи с энергосистемами северной части США. Одна из них ВПТ Ил-Ривер (320 МВт), другая ВПТ Шатегей (1000МВт). Кроме того, в начале 1990-х годов была введена в работу многоподстанционная ППТ (МППТ) общей длиной 1486 км от ГЭС на р. Ла-Гранд, впадающей в Гудзонов залив, до района г. Виннипег (Канада) и далее в район г. Бостон (США). Передаваемая мощность 2200 МВт. Эта электропередача имеет пять подстанций (три в Канаде и две в США) и является несинхронной управляемой связью между энергосистемами Канады (Квебек) и США (Новая Англия). В США построен ряд передач и вставок постоянного тока. Крупнейшие из них Тихоокеанская ППТ (3100 МВт, 1362 км), Ишермаунтип (1600 МВт, 788 км), Сквер Бьют (500 МВт, 730 км). В США сооружено десять вставок постоянного тока, которые используются для управляемых несинхронных связей энергообъединений.

Важную роль в развитии уровня S_3 оказал принятые по инициативе Ф.Рузвельта в 1935 году законодательные акты США об электрификации сельских поселений. В соответствии с этими актами образованные

коммунальные предприятия получали кредит на 30 лет для электрификации сельских зон. С точки зрения архитектуры ЭЛК важно отметить то обстоятельство, что длина каждой локальной линии слоя S_3 не превышала 1,5 мили, каждая вершина V_i имела более одного маршрута подсоединения, а трансформация напряжения с 13,8 кВ до 220/110 в осуществлялась непосредственно перед Потребителем (5-6 домов).

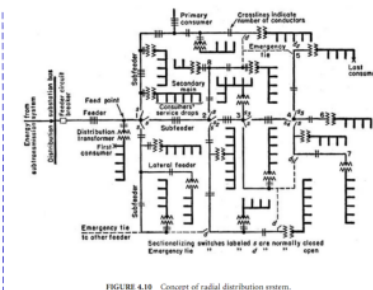
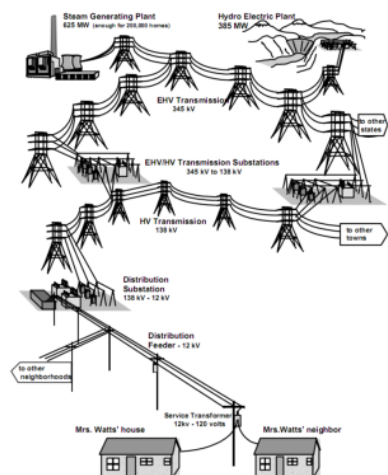


FIGURE 4.10 Concept of radial distribution system.

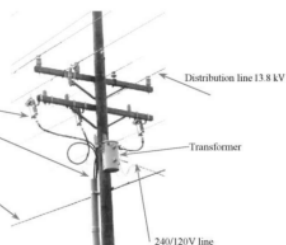
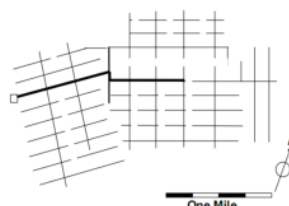


FIGURE 4.13 Service drop.

Таким образом, в результате жесткого государственного управления, сформированный к концу 90-х годов прошлого века ЭЛК покрывал практически всю обжитую территорию США и позволял свободную и многовариантную организацию процесса транспорта и распределения электроэнергии. Это качественное состояние открывало путь к технологическому совершенствованию системы и введению новых организационно - управленческих режимов.

Важно отметить, что к этому периоду ЭЭС имела четкую структурную организацию архитектуры ЭЛК, 99,2% обжитой территории было обеспечено стабильным предложением поставки электроэнергии, существовал избыток предложения выработки электроэнергии над спросом. При этом по официальным данным, уровень потерь в сетях для США составлял 5-7,8%, что соответствует уровню развитых стран.

Что касается способов организации производства (второй компонент макротехнологической модели) то до середины 90-х годов прошлого века энергосистема США находилась под полным государственным контролем и регулированием.

В конце XX века, опираясь на достигнутый качественный уровень ЭЛК, в новейшей истории для развития ЭЭС США была открыта новая реперная точка -

начат процесс совершенствования энергосистемы США – программа "Grid 2030".

Этому обстоятельству способствовало открытие технологической возможности (микротурбины) эффективной генерации электроэнергии в сравнительно малых объемах, другие инновационные решения. До этого времени обоснованно считалось, что эффективным производство электроэнергии может быть лишь на крупных предприятиях, цикл организации которых не предусматривал "коротких денег". Инициатором изменений процесса дерегулирования в США выступил ряд крупных предприятий (в т.ч., Дженерал Моторс).

Суть процесса состояла в том, что опираясь на достигнутый качественный уровень ЭЭС, в ее макротехнологическую конструкцию вводились новые организационные способы (правила), охватывающие как генерацию, так и логистику электроэнергии. Поставленная цель: в интересах государственного строительства на существующих технологических возможностях логистики (качественное состояние ЭЛК) получить за счет конкуренции положительный эффект в виде повышения уровня качества обслуживания и снижения цены на электроэнергию.

Программные цели: "Энергосистема 2030" стимулирует конкурентный североамериканский рынок электроэнергии. Она подключает всех к имеющейся в изобилии, доступной, чистой эффективной и надежной электроэнергии в любое время и в любом месте. Предоставляет наилучшие и самые гарантированные электроэнергетические услуги в мире.

Развитие процесса модернизации энергосистемы осуществлялось в двух направлениях: а) повышения эффективности функционирования ЭЛК и б) разработки перспективы технологического совершенствования ЭЛК.

а) В рамках повышения эффективности функционирования ЭЛК была принята программа отмены госрегулирования возможности производства и распределения электроэнергии. Основная идея - на базе существующих технологических возможностях транспорта и распределения электроэнергии ввести конкуренцию в области генерации и распределения на розничном уровне. Предполагалось, что конкуренция в генерации и на розничном уровне будет способствовать внедрению инноваций, лучшему обслуживанию потребителей и снижению цены на электроэнергию у конечного потребителя. При этом было введено полностью новое понятие - Энергетический Рынок - некий новый инструмент, где конкурентоспособные продавцы электричества

могут предложить свой продукт (мощность) и провести продажи на существующих возможностях ЭЛК.

Для организации рынка и обеспечения возможности реализации государственных целей было введено три основных способа, **Poolco or Agent Buyer** (комбинированный оператор или агент Покупателя (государства), **Bilateral Exchange** (двусторонняя торговля), или **Power Exchange PX** (обмен мощностью). Часто эти способы комбинируются в различные сложные устройства. Используя эти способы органы государственного управления через соответствующее агентство в состоянии существенно влиять на рыночные цены, инвестиционную и инновационную привлекательность вложений в генерацию и распределение электроэнергии.

Опираясь на практически существующие технологические возможности ЭЛК, работа операторов на сформированном рынке электроэнергии практически полностью переориентируются на финансовые функции банковского дела, финансового учета и отслеживания транзакций. Практически, это развитие инструментария сырьевых и фондовых бирж.

б) В рамках технологического совершенствования ЭЛК под существующие условия и возможности XXI века был начат процесс проектирования и комплексной разработки технологической части программы "**Grid 2030**" – макротехнологической конструкции.

План предусматривает технологическое совершенствование и интегрирование существующего ЭЛК в единый классический куб, интегрирующий практически все региональные энергосистемы слоем S_1 , выполненным на сверхпроводниках.

Пакет мер по "Grid 2030" принят по инициативе Президента США Д.Буша: *"Америке необходимо "модернизировать системы подачи электроэнергии ...это необходимо для экономической безопасности ...это необходимо для национальной безопасности". - Президент Джордж В. Буш. 6 февраля 2003 г.*

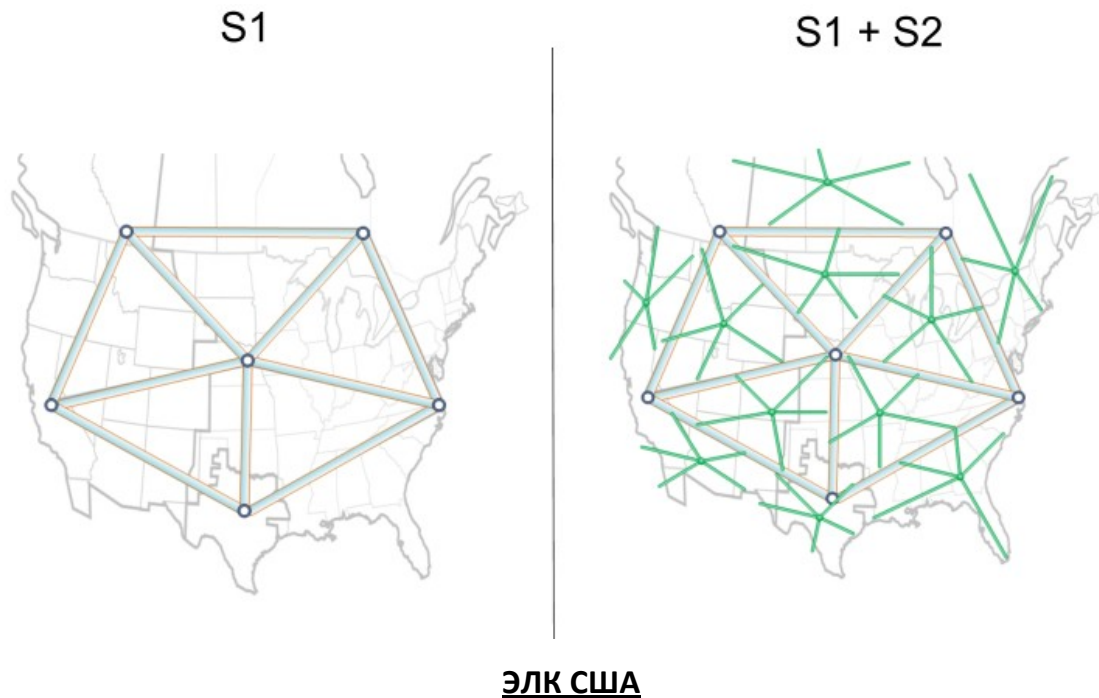
Концепцией программы "**Grid 2030**" принят следующий состав макротехнологической конструкции:

Уровень S_1 - Национальные магистральные линии - Сверхпроводящие, H_2 - HTS, DC-DC, «магистраль» между штатами, соединяющая регионы от одного океана до другого.

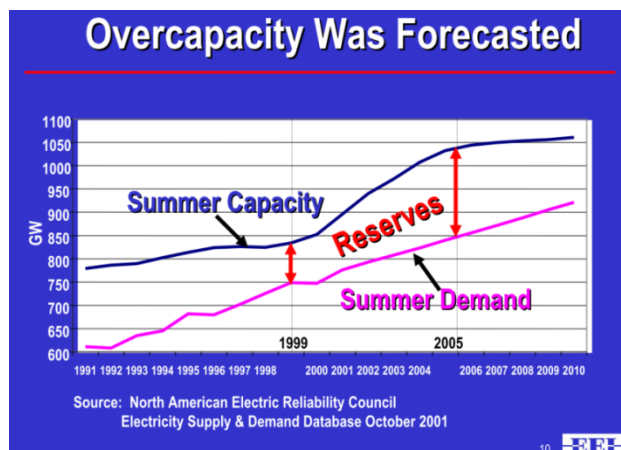
Уровень S_2 - Региональные объединения - Два оператора энергосистем (восток и запад) с модернизированными мощными линиями для передачи электроэнергии на региональном уровне.

Уровень S₃ - Местные энергосистемы - местные распределительные и мини и микро сети с распределенной логикой, энергетическими ресурсами и реагированием спроса

Автоматика – инструментарий на основе нейро-сетей.



За короткое время развитие этого направления принесло положительные результаты с точки зрения совершенствования качественного состояния системы. Реальным был прирост и физических показателей - например, существенно вырос резерв мощностей генерации по отношению к спросу (см. рис.).



Произошли ожидаемые изменения и в ценовых характеристиках предлагаемой электроэнергии. В целом можно отметить, что намеченные меры на существующем временном отрезке показали положительные результаты.

Можно резюмировать, что существующая макротехнологическая модель ЭЭС США имеет высокое качественное состояние, а намеченные планы модернизации соответствуют развивающейся экономике знаний XXI века. В структуру макротехнологической модели входит:

- ✓ а) современный ЭЛК, позволяющий эффективно принимать генерацию и перераспределять ее практически по всей территории США при относительно низких потерях (5-7%);
- ✓ б) современные рыночные способы организации и инициирования деятельности: **Poolco or Agent Buyer** (комбинированный оператор или агент Покупателя (государства), **Bilateral Exchange** (двусторонняя торговля), или **Power Exchange PX** (обмен мощностью).

Важно отметить, что перечисленные способы организации и инициирования необходимой деятельности являются зависимыми от качественного состояния ЭЛК, эксплуатируемой макротехнологической модели в целом.

7 Электроэнергетическая система РФ

В России, растянувшаяся на 10 часовых поясов ЭЭС РФ крайне сложная для восприятия, тем более в техническом исполнении и управлении, система. Как и любая сложная система она имеет множество классификаций, ее описание может занять не один десяток страниц.

С точки зрения определения технологических возможностей под существующие задачи развития национальной экономики необходимо понять идеологию построения и развития существующей архитектуры ЭЭС РФ; сопоставить с базовым ЭЛК; оценить уровень качественного состояния; сопоставить с принятыми планами развития ЭЭС РФ в долгосрочном периоде.

Идеология построения и развития существующей ЭЭС РФ начиная с первой половины XX века опиралась на задачи индустриализации страны в условиях плановой экономики и режима дефицита ресурсов. На тот период времени необходимо было обеспечить генерацию и поставку мощности новым и развивающимся объектам. По сути, это обстоятельство определило "догоняющий" характер развития ЭЭС, ориентацию на мощность в узлах нагрузок. Координируемая Госпланом, в рамках развития социндурии, принималась отраслевая схема развития и размещения отрасли

"Электроэнергетика" на перспективу 15 лет. Под принятую схему обеспечивалось размещение генерирующих мощностей (локальное, либо удаленное) и уже затем разрабатывались схемы электрических сетей. Принципиальным условием для проектирования и построения сети являлось наличие в плане определенного числа пунктов потребления с заданной максимальной мощностью. Корректировка и оптимизация схемы осуществлялась в период от 15 лет (схема в целом) до трех лет (одного года) на отдельных территориальных узлах.

Ориентация проектирования и размещения линий электропередач на конкретные нагрузки крупных промышленных потребителей не могло не сказаться на топологии электрических сетей. Мнимая экономия средств привела к принятию за основу радиальной схемы размещения линий электропередач - сети со сложно-замкнутыми контурами в России не применяются.

Структуру радиальной сети можно представить в виде кольца (отрезка прямой линии) питающей сети с расходящимися по ее окружности лучами распределительных линий, направленных в конкретные районы нагрузок. По длине распределительной сети осуществляются параллельные ответвления на узлы нагрузок либо конкретных промышленных потребителей, либо на питание местных электрических сетей (сформированных по принципу распределительных сетей, но с меньшим уровнем напряжения).

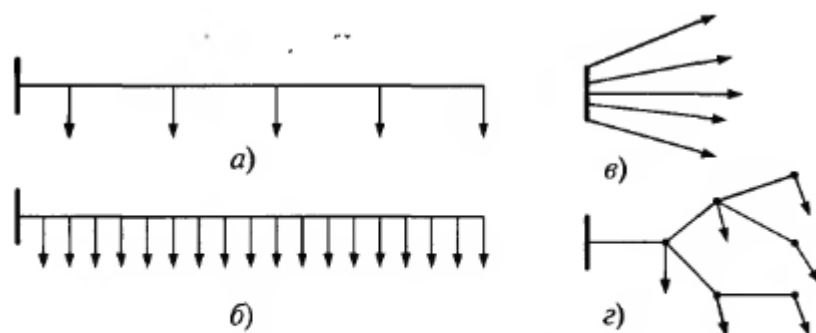


Рис. 2.14. Виды схем: а — магистраль; б — линия с равномерно распределенной нагрузкой; в — радиальная схема; г — радиально-магистральная схема

Питающие линии могли соединяться между собой соединительными линиями, однако пропускная способность этих линий была рассчитана на поддержание необходимого резерва мощностей данной системы в после аварийный период. Распределительные сети не имеют сопряжения со смежными распределительными сетями.

Исходя из топологии радиальной сети можно понять, что возможность осуществления функции распределения электроэнергии жестко ограничена конструкцией самой сети.

С математической точки зрения, в терминах дискретной математики, маршрут транспорта электроэнергии $(x)P$ в условиях радиальной сети сам по себе также является деревом и ориентированным графом $(x)PG_r = (V, E)$, где $V = \{v_1, \dots, v_n\}$, E - дуга между вершинами. Однако вершины V_i в данном случае не являются элементами декартового множества, а представляют собой фиксированную последовательность, что обеспечивает лишь один маршрут распределения электроэнергии на плоскости XY (обслуживаемой территории).

На практике, это обстоятельство известно и учитывается при расчете нагрузок, балансе активной и реактивной мощности, вопросах регулирования напряжения и обеспечения уровня его качества - любая распределительная сеть рассчитывается как локальная сеть с ограниченными возможностями регулирования.

Можно сказать, что существующие распределительные сети имеют ограничения по перераспределению электроэнергии и жесткую зависимость от нагрузок - динамика изменения нагрузок отрицательно влияет на качество электроэнергии.

Таким образом, сложилась жестко заданная структура, которая под фиксированные мощности и планы развития вплоть до 80-х годов прошлого века исправно и достаточно эффективно выполняла свои функции. Уровень потерь в сетях в то время составлял порядка 9,2%.

С переходом на рыночные условия хозяйствования существующая ЭЭС СССР вышла из заданного режима, произошло разбалансирование сложной технической системы. Этому способствовала передача части линий электропередач отделившимся странам бывшего СССР и в значительной степени - изменение нагрузок в распределительных линиях. Часть крупных потребителей либо прекратило неэффективное производство, либо снизило его объемы, а следовательно и электропотребление. Дальнейший рост промышленного производства способствовал развитию (увеличению

протяженности) распределительных и местных линий электропередач в сохранившейся топологии структуры общей сети. Резко ухудшились возможности регулирования напряжения и качества электроэнергии в целом. На промышленных предприятиях изменение качества электроэнергии в худшую сторону отразилось в спровоцированном повышенном электропотреблении.

К концу 90-х годов наметилась некоторая адаптации промышленности РФ к новым экономическим условиям и рост промышленного производства. Однако **существующая архитектура ЭЭС РФ уже физически не могла эффективно сопровождать развитие национальной экономики.** Дисбаланс существующей ЭЭС и локализация отдельных технологических районов привел к значительному росту потерь в сетях и к снижению качества обрабатываемой электроэнергии.

За период 1994 - 2003 год отпуск электроэнергии в сеть по ЭЭС увеличился на 5%, абсолютные потери выросли на 37 %, а относительные — на 31 %. При этом, если в середине 80-х годов XX века потери, в сетях бывшего Минэнерго СССР составляли 9,2 %, то в 2003 году они достигли максимального уровня — 13,15 %. В отдельных региональных энергосистемах относительные потери уже превысили 20 % и более, в некоторых электросетевых предприятиях они достигают 40—50 %.

Дополнительные проблемы для возможных действий по корректировке вносят низкая степень унификации режимов напряжений. В электрических сетях РФ параллельно развиваются две системы напряжений: 110—220—500—1150 кВ и 110-330-750 кВ. В настоящее время для отечественных электрических сетей стандартизованы 4 напряжения менее 1000 В (40, 220, 380 и 660 В) и 12 напряжений выше 1000 В (3, 6, 10, 20, 35, 110, 150, 220, 330, 500, 750, 1150 кВ). Это создает дополнительные проблемы при корректировке ситуации, в частности, трансформации 220/330, 330/500 и 500/750 кВ. Понятно, что такая соединительная подстанция не может обеспечить условия свободного перетока электроэнергии. Дополнительный проблемный вопрос – унификация оборудования, его производство и обслуживание.

Остро встал вопрос дефицита электроэнергии в локальных точках, отсутствие возможности перераспределения электроэнергии внутри самой энергосистемы. Так, например, при наличии существующих системных связей 500 - 220 кВ, дефицит электроэнергии в Свердловской области не мог быть удовлетворен перераспределением свободной электроэнергии из соседних

территорий – доноров: Тюменской, Челябинской и Пермской областей. Вопрос сводился к реконструкции и дополнительной генерации электроэнергии на местных Рефтинской, Троицкой и Пермской ГРЭС.

Что означает исходное состояние существующей системы электроснабжения с точки зрения идеологии проектирования и качественного состояния ЭЭС РФ?

Переход экономики РФ на рыночные отношения предъявил новые требования к архитектуре и идеологии построения ЭЭС, когда понадобились новые функции, под которые эта конструкция не была рассчитана. Речь идет о функции перераспределения (логистике) электроэнергии в плоскости XY - географической территории РФ. Значение функции логистики электроэнергии в существующих условиях радикально изменилось и стало определяющим для оценки соответствия уровня качества существующей ЭЭС задачам развития национальной экономики. Несмотря на то, что в теории организации сетей отсутствие барьеров для свободного перетока электроэнергии является ключевым фактором - существующая архитектура и радиальных в целом, и распределительных сетей, в частности, это условие не обеспечивает.

Это проблема системного характера!

С точки зрения логики развития качества макротехнологической модели электроснабжения, в частности электрологистического каркаса (ЭЛК), существующую энергосистему РФ в целом, ее отдельные территориальные объединения и технологические районы нельзя признать единым целым (несмотря на то, что вся эта конструкция связана одним проводом).

Обратим внимание, термин ЭЛК означает ее электрологистический каркас, логическая конструкция которого обеспечивает оптимальный уровень перераспределения электроэнергии потребителям. Существующая идеологическая конструкция такой каркас не образует.

- ✓ во-первых, множество номиналов напряжений создает множество потенциальных слоев;
- ✓ во-вторых - независимо от уровня напряжения линии электропередач на условных слоях формируют не сетки (где вершины V_i формируют Декартово множество), а значительно протяженные отрезки прямых линий.

Такая архитектура не в состоянии использовать преимущества логики построения ЭЛК.

Таким образом, в объемном виде (в формате ЭЛК) существующую архитектуру ЭЭС РФ можно рассматривать как совокупность локальных вертикально-ориентированных и многоуровневых плоскостей (не объемных фигур) со слабыми горизонтальными связями, опирающихся на горизонтально расположенную плоскость - расширяющееся географическое пятно электрификации конечных потребителей.

В целом, ЭЭС РФ при существующем росте энергонасыщенности процессов жизнедеятельности крайне (предельно) сложная система, рациональное управление которой возможно при высоком (принципиально новом) уровне автоматизации. Объективным ограничением для получения необходимого эффекта от автоматизации является фактическая конфигурация (архитектура) сети. Это объективный факт, причина – экономическая, демографическая и социальная, промышленная политика развития индустриальной (сырьевой) экономики. Сформированные энергетические анклавы в целом и векторные распределительные сети в частности практически (в силу своей изолированности) вводят ограничение на получение положительного эффекта от автоматизации (управления перетоками, напряжением). Высокий коэффициент трансформации, чрезвычайно большие потери, низкое качество напряжения у Потребителя можно отнести к характеристикам действующей системы. Перенапряженные участки ЭЭС не в состоянии обеспечить доступ к электроэнергии растущей экономической активности хозяйствующих субъектов.

Отсюда, существующее состояние ЭЭС с технологической точки зрения не в состоянии обеспечить необходимый уровень качества и динамику собственного развития – это состояние по многим параметрам входит в противоречие с интересами развития экономики и общества в целом. ***Необходима не частичная, а полная (в первую очередь идеологическая) реконструкция системы под новые экономические и социальные задачи развития.***

В сопоставлении с архитектурой ЭЛК США качество энергосистемы РФ находится на уровне середины 60-х годов прошлого столетия!

Крайне важно, что принятая программа развития электроэнергетики "Генеральная схема размещения объектов электроэнергетики до 2020 года" не предусматривает радикальных качественных изменений существующей структуры ЭЭС РФ – она ориентирована на количественный аспект в узко отраслевом представлении. Практически, в настоящее время для будущих поколений закладывается технологический разрыв развития по сравнению с развитыми странами, значимость которого в будущем состоянии образно

можно представить, сравнивая в настоящее время состояние экономик Анголы и США.

С целью демонстрации уже в настоящее время существующего технологического разрыва в энергосистемах РФ и США приведем знакомое понятие "ПЕРЕГРУЗКА СЕТИ", имеющее различное значение в каждой из стран.

- В настоящее время в США понятие перегрузки сети возникает, когда ограничения в системе передачи, называемые "ограничения по передаче", мешают осуществлять наименее дорогостоящие поставки энергии при гарантированном обслуживании потребителей качественной электроэнергией;
- В РФ понятие перегрузки возникает, когда в распределительной сети от потребляемой мощности подключенных потребителей резко падает напряжение (начинает мигать и тускло светиться лампочка накаливания).

8 Модернизация ЭЭС РФ

В конце 90-х годов прошлого века по инициативе США был начат новый этап процесса модернизации макротехнологических моделей ЭЭС развитых стран. Последовательно, в РФ это движение было принято в проработку РАО ЕЭС, с помощью корректировки нормативной и законодательной базы при участии профильного министерства подготовлено и задействовано под программой "Либерализации рынка электроэнергии" в РФ.

Необходимо напомнить, что макротехнологическая модель ЭЭС любой страны состоит из двух компонентов: а) технологической конструкции (ЭЛК) и б) способов (правил) инициирования и организации необходимой деятельности хозяйствующих субъектов, обеспечивающих положительный эффект с точки зрения государства (электроэнергия - стратегический ресурс).

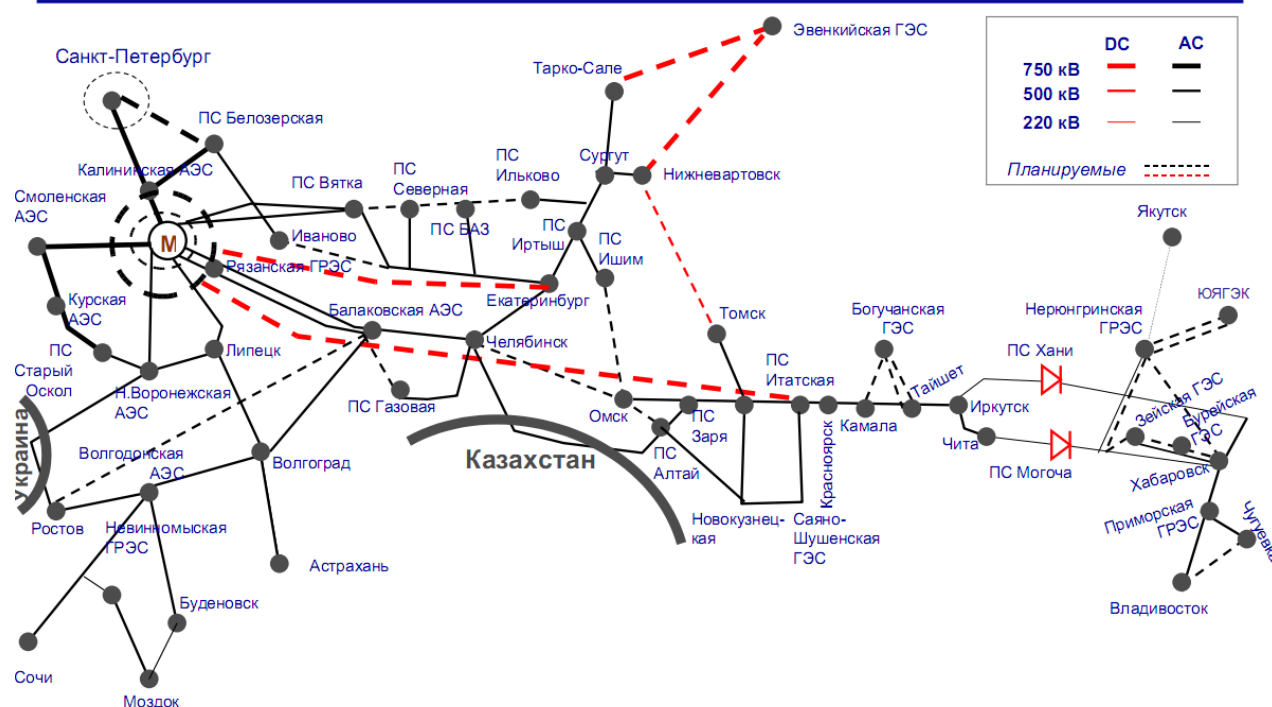
Сутью принятой программой преобразований энергосистемы РФ являлся процесс прямого копирования и переноса способов организации производства ЭЛК развитых стран на существующий уровень качества конструкции энергосистемы РФ.

С организационно-правовой точки зрения, формально управляемая государством РАО ЕЭС разделилась на ряд структур, охватывающих все технологические стадии модели: генерацию, транспорт, распределение. Декларируемая организационно-технологическая деятельность опиралась на те же известные для современного ЭЛК способы: **Poolco or Agent Buyer** (комбинированный оператор или агент Покупателя (государства), **Bilateral Exchange** (двусторонняя торговля), или **Power Exchange PX** (обмен мощностью).

С точки зрения технологического развития энергосистемы, распоряжением Правительства РФ № 215-р от 22.02.2008 была принята **программа "Генеральная схема размещения объектов электроэнергетики до 2020 года"**. Данный правительственный документ имеет несколько страниц текста описания заданных объемов произведенной электроэнергии и планируемых к строительству локальных линий электропередач. Крупные транспортные маршруты приведены на схеме (см. ниже). Вместе с тем, эти многочисленные локальные перечисления совершенно не раскрывают концепцию развития ЭЭС

3. Развитие электрических сетей

3.1 Схема развития основной электрической сети



РФ в XXI веке, суть ее настоящего и будущего качественного состояния.

Не вдаваясь в обилие проектируемых локальных линий электропередач прогнозируемое качественное состояние будущей модели ЭЭС РФ можно в предельно упрощенном виде рассмотреть в предложенном выше формате ЭЛК - электрологистического каркаса 3D проекции.

Существующее качественное состояние ЭЭС РФ (рассматривалось выше) - представляет собой отдельные вертикально-ориентированные плоскости (XZ) со слабыми горизонтальными связями и резко ограниченными возможностями логистики в пространстве XY – географическом пространстве национальной территории.

Проектируемое качественное состояние - принципиально не изменяется, кроме формирования вокруг Москвы и С-Петербурга усеченных пирамид (**S1-S4**), обеспечивающих функции перераспределения (логистики). Необходимый

для эффективного развития электрологистический каркас (ЭЛК) не формируется. Это означает, что кроме локальной территории центра России, существующие проблемы и ограничения переносятся на будущее состояние к 2020 году, как электроэнергетической системы РФ, так и всей экономики.

Существующие модернизационные решения управления ЭЭС можно отнести к действиям, направленным на поддержание существующего качественного состояния системы, только чтобы система не "упала" – возможность ее развития резко ограничены.

В этих условиях говорить об эффективности не представляется возможным, как и приросте производства электроэнергии (куда и зачем, если она не может быть эффективно получена и качественно использована Потребителем).

Существующие и сохраняющиеся ограничения на эффективную организацию обеспечения функции перераспределения по ХУ делает неэффективной деятельность введенного преобразованиями рыночного инструментария – практически все сформированные организации обслуживание ЭЭС РФ.

Нельзя не отметить, что намеченные планы и результаты осуществляемой в настоящее время программы реформирования ЭЭС РФ имеют негативную оценку. Возросшая цена, трудности подключения, латентные платежи (плата за реактивную мощность), низкое качество электроэнергии – все эти факторы отрицательно сказываются на экономическом росте в целом, конкурентоспособности продукции собственных производителей в частности.

Инициирование этой программы с позиции интересов бизнес - структур понятно. Сложно понять логику действий с позиции интересов органов государственного управления, - какие цели преследовались и, главное, какими технологическими возможностями эти цели были подкреплены? Практически были осуществлены действия по импорту инструментария из модели, имеющей качественно иной уровень развития (ЭЛК США).

8.1 Воздействие качества напряжения на электроемкость отечественного производства.

Энергоемкость промышленного производства (соотношение объема потребленной энергии к объему произведенной продукции) – важнейший аналитический показатель. Использование этого показателя имеет

иерархическую структуру: на микроуровне – оценка эффективности конкретных технологических процессов, производств; на макро- уровне - при оценке функционирования промышленности, разработке прогнозных вариантов стратегических программ, динамики производства ВВП, национальной экономики.

В настоящее время показатель энергоемкости отечественного производства высок. Существует мнение, что завышенное потребление энергоресурсов тесно связано с низкой степенью технологичности отечественного производства, спецификой организации основных, вспомогательных и обслуживающих процессов промышленного производства.

Этот факт имеет место.

Вместе с тем, предварительный анализ исследования качественного аспекта технолого-экономической грани производства позволяет вполне обоснованно ввести еще один дополнительный фактор роста электроемкости производства. Более того, оценка воздействия этих факторов позволяет предположить, что существующие показатели электроемкости промышленности завышены на 15-20%, а причина их завышения (негативный фактор) оказывает негативный мульти-эффект на всю экономику.

Речь идет о качестве электроэнергии предоставляемой ЭЭС РФ и потребляемой производителями работ и услуг.

В самом общем виде можно сказать, что производители (приемники электрической энергии) потребляют электрическую энергию для производства продукции, услуг. Соотношение ее потребления к произведенной продукции дает показатель электроемкости производства.

Однако, с технологической точки зрения на микро-уровне вносится корректива – для совершения полезной работы производителям необходима не энергия вообще, а электроэнергия с определенными качественными характеристиками: частота, напряжение, сила тока, амплитуда синусоиды и т.д.

Существует зависимость между качеством электроэнергии и объемом ее потребления к единице условной полезной работы. Эта зависимость определяется фундаментальными физическими законами. Безусловно, качество электроэнергии имеет тесную связь с реальным производством, промышленностью.

Например, при снижении напряжения на 5% от номинального световой поток лампы накаливания снижается до 82,5% (резко падает освещенность), а

люминесцентные лампы перестают работать устойчиво. При повышении напряжения, например, на 5% срок службы лампы снижается до 350 часов вместо нормальных 1000 часов. Мощность нагревательных приборов, вращающий момент асинхронных двигателей и мощность конденсаторов **изменяется пропорционально квадрату, т. е. второй степени напряжения**. Для двигателей, работающих с полной нагрузкой, понижение напряжения приводит к уменьшению частоты вращения, изменению механических характеристик **АД** – зависимость его вращающего момента **М** от скольжения **S** или частоты вращения, уменьшению производительности технологического оборудования, в целом. При значительном снижении напряжения на выводах двигателей, работающих с полной нагрузкой, момент сопротивления механизма может превысить вращающий момент, что приводит к “опрокидыванию” двигателя, т.е. к его остановке.

Даже незначительные изменения напряжения резко ухудшают основные характеристики этих приемников, резко сказываются на производительности и эффективности работы. Снижение уровня напряжения на основных процессах в размере -10% за счет вспомогательных и обслуживающих процессов даст повышенное энергопотребление технологического производства. В зависимости от набора технологий и конфигурации вспомогательных и обслуживающих процессов завышение электропотребления может в целом составлять до 30%.

Такая важнейшая характеристика как уровень отклонения напряжения, определяемое (%) как разность между фактическим и номинальным напряжением, отнесенная к последнему, регулируется соответствующими ГОСТами "Требования к качеству электрической энергии". Например, требования к отклонению напряжения в сетях до 1 кВ (по годам вступления в силу нового ГОСТа) не должно превышать:

1. ГОСТ 13109—67 **±5%**
2. ГОСТ 13109—87 **±5%**
3. ГОСТ 13109—97 **±10%** (действующий)

Рисунок показателей регулирования уровня напряжения в США ($\pm 5\%$)

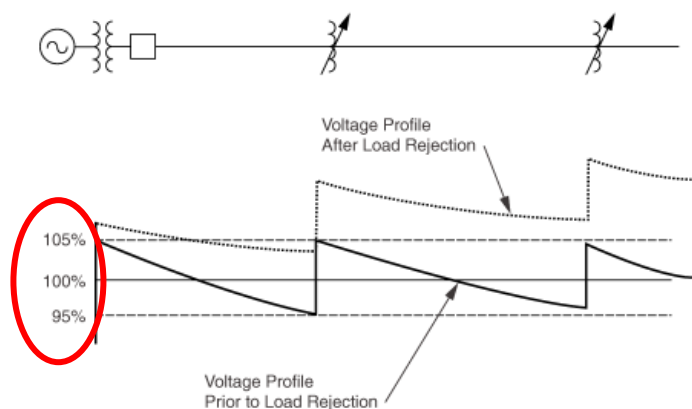


Figure 7.9 Illustration of overvoltage resulting from load rejection on regulators in series.

Из приведенных ГОСТов видно, что в период начала реформирования энергосистемы РФ, в официальные нормативные документы были внесены существенные изменения по снижению качественного уровня электрической энергии. Этот факт вызвал безусловное завышение использования электроэнергии Потребителем при том же объеме выполняемой условной работы, завышение объема продаж у Производителя. Нельзя не отметить, что уровень отклонения напряжения не единственный параметр определяющий качество электрической энергии – возможности потребителя выполнить с учетом приобретенной электроэнергии условную полезную работу.

Негативный фактор на экономику от введения такого стандарта качества электроэнергии многогранен:

1. Увеличилась энергоемкость промышленного производства, резко снизилась экономическая эффективность;
2. Так как учет электроэнергии ведется на входе шин Потребителя, увеличение электроемкости при одном и том же объеме произведенной продукции создало впечатление о резко возросших потерях электроэнергии в сетях Потребителя;
3. Сняло юридическую ответственность энергоснабжающих организаций за уровень качества поставляемой э/энергии и ответственность за объективные убытки Потребителя;
4. Существенно скорректировало инвестиционную обязанность Поставщика электроэнергии по внедрению современных средств регулирования напряжения в сетях 6-10/0,4 кВ.
5. Ограничило возможность производителя по выпуску конкурентоспособной продукции;

Безусловно, ухудшение качества электроэнергии способствовало росту экономических показателей энергетических компаний, с обратной пропорциональной зависимостью к соответствующим показателям компаний общественного производства.

В настоящее время существует объективная необходимость признать принятые значения отклонения напряжения недопустимыми, путем корректировки соответствующих нормативных документов привести последние к справедливым значениям.

Однако, это может послужить лишь начальной точки анализа сложившейся ситуации с производством, распределением и возможностью доступа к такому стратегическому ресурсу как электроэнергия.

Обеспечение уровня качества предоставляемых услуг в целом, и управление уровнем напряжения в частности – одна из функций энергоснабжающей организации. С точки зрения питающей системы, напряжение — важнейший показатель режима всей **электроэнергетической системы (ЭЭС)**, непосредственно влияющий на качество электрической энергии, надежность электроснабжения потребителей и экономичность работы ЭЭС. Существует тесная связь между качеством исполнения функции регулирования напряжения ЭЭС, совокупными потерями электроэнергии в сети и ростом генерирующих мощностей, обеспечивающих покрытие этих потерь.

Отсюда, с точки зрения оценки производительности промышленного производства - его потенциал и возможность роста необходимо рассматривать совместно с качеством всей существующей структуры ЭЭС.

В настоящее время принята программа развития электроэнергетики, опирающаяся на рост объемов производства электроэнергии и либерализацию рынка. В рамках ее реализации приняты ряд законодательных и нормативных актов, регулирующих порядок распределения электроэнергии и условия ее использования Потребителем.

Уже предварительный анализ ситуации позволяет сделать вывод о заложенном в Программу одностороннем, дискриминационном характере развития отечественной энергетики по отношению к промышленному производству в частности, целостности территории страны и национальной экономике в целом.

8.2 Сопоставление отдельных моментов качественного состояния ЭЭС США и РФ на момент принятия решений по де-регуливанию

Для удобства восприятия сопоставим качественное состояние ЭЭС США и РФ на момент принятия решений (выше отмечалось, что ЭЛК Великобритании не может рассматриваться в сопоставлении с ЭЭС РФ по объективным причинам).

- **с точки зрения уровня качества модели**

- ✓ США - Технологическая конструкция ЭЭС США (ЭЛК - электрологистический каркас) на момент принятия решения полностью обеспечивала функцию распределения электроэнергии по всей территории США (сетка, множество вариантов маршрута транспорта, см. выше). Эта физическая основа введения рыночного инструментария была практически реализована в ЭЛК США.
- ✓ РФ - *Технологическая конструкция ЭЭС РФ жестко ограничивает задействование функции распределения и перераспределения электроэнергии (прямая линия с одним маршрутом, слабые региональные связи, см. выше). Практически, отсутствует физическая и технологическая возможность организации эффективного рынка.* Например, уже в настоящее время устройство межрегиональной системной связи D-D позволило бы на 40% снизить себестоимость (а следовательно и цену) генерируемой электроэнергии за счет обеспечения пиковых и полупиковых нагрузок перераспределением электроэнергии из смежных регионов (эффект часовых поясов).

- **с точки зрения объектов генерации**

- ✓ США - введение новых малых объектов генерации электроэнергии на основе микротурбин, другие инновационные решения;
- ✓ РФ - планирование и строительство крупных известных типов электростанций, в т.ч. на бурых углях (зольность 50%). Без химического обогащения и глубокой переработки бурого угля, даже при большом желании, эти решения сложно назвать инновационными.

- **с точки зрения развития каркаса электропередающих сетей:**

- ✓ США - ЭЛК США (сетка) практически реализован и задействован. Существует четкая идеологическая конструкция его развития. Основная масса объема выполнена на бюджетные средства. Нижний уровень сетей сельских коммунальных хозяйств - кредит на 30 лет. Существующее состояние - возможность быстрого подключения

практически любых мощностей на большей части национальной территории.

- ✓ РФ - существующая идеологическая конструкция организации ЭЭС себя исчерпала и не соответствует новым условиям хозяйствования. Новая идеологическая конструкция макротехнологической модели, обеспечивающая долгосрочное устойчивое развитие – **отсутствует**. Необходимо отметить, что принятая "Генеральная схема размещения объектов электроэнергетики до 2020 года" не снимает поставленных вопросов. Принятые планы по модернизации передающих линий лишь продлевают существование низкоэффективной старой системы. Финансирование развития линий электропередач по нежизнеспособной схеме через тарифы и "короткие деньги" перекладывается на потребителей. Возможность подключения и свободного использования электроэнергии - ограничена.
- **с точки зрения введения и использования рыночных способов государственного регулирования:**
 - ✓ США - состояние существующего ЭЛК позволяет применять любые вариации использования инструментов: Poolco or Agent Buyer (комбинированный оператор или агент Покупателя (государства), Bilateral Exchange (двусторонняя торговля), или Power Exchange PX (обмен мощностью).
 - ✓ РФ – технологическое ограничение в существующей ЭЭС функции перераспределения (логистики) электроэнергии делает невозможным введения конкуренции между объектами генерации электроэнергии. Важно понять, что именно для развития этой целевой функции в США были задуманы все организационные изменения в ЭЛК. Развитие и реализация этой функции обеспечивается не законодательными актами и указами президента, а реальной технологической возможностью современного ЭЛК. Любые вариации использования в существующем качественном состоянии ЭЭС РФ будут сведены к рынку "ПРОДАВЦА" (негативный эффект).
- **с точки зрения логики развития системы**
 - ✓ США - идеология и логика развития энергосистемы США опубликована в ряде материалов, в том числе и программе "GRID 2030". Нельзя не отметить, что при всем неприятии внешнеполитического курса США, логика технологического планирования и развития ЭЭС этой страны вызывает уважение;

- ✓ РФ – приверженность количественным оценкам, игнорирование качественного уровня. При отсутствии идеологической конструкции развития энергосистемы, ориентированной на устойчивое развитие всей территории страны и общества в целом - логику принимаемых действий понять сложно. Например, выше было отмечено отсутствие горизонтальных распределительных связей - задействование этих связей крайне необходимо не просто для энергетиков - для национальной экономики, общества. По логике технологического развития, приоритет задействования этой линии очевиден. Однако приоритет энергетиков составляет разработка соединительной линии электропередачи Центральной России с Европой.
- ***с точки зрения цены электроэнергии и значения развития системы для роста национальной экономики***
 - ✓ США - Электроэнергия и экономический рост. “Если энергетическая структура США будет неадекватной или слишком дорогостоящей (как и цена на электроэнергию), она подорвет экономический рост и, следовательно, этот основной вопрос следует рассматривать в первую очередь”. Алан Гринспэн, Председатель, Совет Федерального резерва 25 января 2001г.
 - ✓ РФ – профильное министерство убеждает, что введение новых способов организации деятельности на старой низкокачественной макротехнологической конструкции делает энергосистему адекватной, а стоимость электроэнергии должна быть высокой;

В процессе анализа и оценки качественного состояния макротехнологической модели отечественной энергосистемы, идеологии ее формирования и планов развития в сопоставлении с соответствующей моделью США возникает много вопросов о логике действий органов государственного управления, внятные ответы на которые найти сложно.

Однако можно сделать безусловный вывод о недопустимости копирования и использования отдельных инструментов модели без учета уровня ее качественного состояния.

При одних и тех же целях устойчивого развития каждому уровню качества макротехнологической модели соответствует свой инструментарий - ***эти инструментарии неваимозаменяемые.***

9 Выводы:

1. Новейшая история экономики РФ формировалась под воздействием 2 глобальных факторов: а) изменение идеологии функционирования экономики (от планово-индустриальной к рыночной) и б) переходным периодом изменения технологического уклада (в развитых странах). Воздействие этих факторов не могло не отразиться на макротехнологической конструкции задействованных промышленных моделей (в частности, электроэнергетической системе РФ). Новые условия функционирования в свободном рынке предъявили повышенные требования к реализации функции распределения и перераспределения электроэнергии. К сожалению, в эксплуатируемой макротехнологической модели ЭЭС РФ функция распределения электроэнергии выражена крайне слабо. Ограничения на расширенную реализацию этой функции заложены не плохими линиями электропередач, а идеологией построения архитектуры ЭЭС РФ, индустриальным характером ее направленности, проектированием и исполнением.

2. Электроэнергия - стратегический ресурс, отсюда, идеология проектирования макротехнологической конструкции ЭЭС РФ для работы в новых условиях - один из вопросов государственного строительства. В настоящее время приняты и осуществляются программы реформирования энергосистемы РФ. Однако, проведенные поисковые работы показывают, что а) качественный аспект эксплуатируемого и будущего состояния системы был недостаточно изучен; б) заложенный в программу реформ экстенсивный путь развития не в состоянии сопровождать комфортное развитие национальной экономики в новых условиях; в) предопределяет существенный уровень динамично возрастающего технологического разрыва с развитыми странами; г) препятствует экономическому росту как в настоящее время, так и в будущие периоды.

3. Техничко-методологическая проблема, заложенная в принятом подходе к реформированию ЭЭС РФ, состоит в том, что к макротехнологической модели ЭЭС РФ (с присущим ей уровнем качества) под программой "Либерализация рынка электроэнергии" был применен инструментарий из качественно иной макротехнологической модели развитых стран - эти инструментарии не взаимозаменяемы. Функция физического перераспределения электроэнергии внутри сети ограничена идеологией построения самой конструкции - в индустриальной экономике эта функция в расширенном виде была не нужна.

Негативный эффект от реализации принятого подхода можно наблюдать в настоящее время.

Предварительно проведенные программные исследования показывают, что предлагаемый вариант развития и принятые решения ошибочны; в макротехнологическом аспекте задействованная модель имеет "тупиковое" направление, в экономическом – "удушающий" характер на деловую активность населения (экономики) и бюджеты всех уровней, в средне- и долгосрочном прогнозном периоде – закладывает будущим поколениям существенное отставание от уровня технологического развития развитых стран.

4. Представляется необходимым предложить, спроектировать и задействовать альтернативный вариант реформирования электроэнергетической системы РФ. Критериями разработки альтернативной стратегии должны быть не масса инвестиций и дивидендов вовлеченных структур, а качественный уровень развития и функционирования энергосистемы РФ в новых условиях воздействия внешних факторов, устойчивого развития национальной экономики и обеспечения национальных интересов.

5. Логично, что с целью подготовки предложений должна быть сформирована рабочая группа. Деятельность рабочей группы должна находиться вне сферы влияния структур РАО ЭС.

6. Принятие и становление новой идеологической конструкции макротехнологической модели ЭЭС РФ совмещено с необходимостью поиска решения системных вопросов переходного периода (изменения технологического уклада): реанимации потока процессов воспроизводства производственного капитала, проектирование архитектуры потоков амортизационных отчислений и их инновационное наполнение и т.д.. В этих условиях логично было бы предположить размещение активной точки реализации работ в промышленно-развитых регионах, например, Новосибирская, Иркутская область, Красноярский край. Исследовательскую часть, научное сопровождение, подготовку кадров и развитие темы передать, например, Сибирскому Федеральному Университету.