

ВСЕРОССИЙСКИЙ НАУЧНЫЙ СЕМИНАР «ЭНЕРГЕТИЧЕСКАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ РОССИИ»

12 апреля 2006 года в Санкт-Петербургском государственном политехническом университете состоялся Всероссийский научный семинар «Энергетическая безопасность России».

Организаторы этого события: Отделение энергетики, машиностроения, механики и процессов управления РАН, СПбГПУ, Московский энергетический институт, Академия электротехнических наук РФ, редколлегия журналов «Известия РАН. Энергетика» и «Электричество», пригласили к участию в обсуждении предложенной темы известных ученых – специалистов в области энергетики.

В конференц-зале главного здания университета, за «круглым столом», шел разговор о решении проблем, связанных с вопросами повышения надежности и безопасности ЕЭС России, осуществления мероприятий по обновлению энергооборудования «большой энергетики», в том числе с позиций современных взглядов на экологическую безопасность, и в рыночных условиях его функционирования. Научную встречу вели автор настоящей статьи и член-корреспондент РАН ректор СПбГПУ М. П. Федоров. В дискуссии приняли участие акад. РАН Ф. Г. Рутберг, члены-корреспонденты РАН П. А. Бутырин и И. В. Грехов, сотрудники Научно-производственного объединения по исследованию и проектированию энергетического оборудования им. И.И. Ползунова, Санкт-Петербургского государственного политехнического университета, Института электрофизики и электроэнергетики РАН.

Вниманию слушателей было представлено 5 докладов, озаглавленных с имеющимися достижениями в области мероприятий по разработке системы объективных критериев, математических моделей и методов синтеза, гарантирующего энергетическую безопасность России, функционально-алгоритмических, топологических, организационных, технических и

**Юрий Сергеевич
ВАСИЛЬЕВ,
член-корреспондент РАН,
президент Санкт-Петербургского
государственного
политехнического
университета.**



других видов структур крупных управляющих систем для модернизации процессов управления большими энергетическими комплексами в целях обеспечения энергетической безопасности при их проектировании. Настоящий обзор знакомит читателей с аннотациями выступлений участников семинара.

Научную встречу открыл доклад «Проблемы надежности и безопасности единой энергетической системы России в рыночных условиях» член-корреспондент РАН А. Ф. Дьякова (Научный совет РАН по проблемам надежности и безопасности больших систем энергетики, г. Москва). В сообщении была представлена общая картина состояния энергетической системы России с акцентами на особенности ее функционирования в условиях либерализации рынка. Автор подчеркнул, что поддержание баланса генерации и потребления, а также создание необходимого аварийного резерва генерации и пропускной способности сетей – важнейшее требование для устойчивой работы ЕЭС России. Эти же условия должны обязательно соблюдаться при решении вопросов развития энергосистем, при вводе новых энергообъектов или при выводе из эксплуатации устаревших энергомошностей. Отмечена актуальность обеспечения опережающих темпов развития электроэнергетики.

Отмечено, что по прогнозу ОАО РАО «ЕЭС России» для покрытия дефицита необходимо к 2008 году ввести 1,55 ГВт генерирующих мощностей, а к 2009 году – еще 3,15 ГВт. Для реализации поставленных целей необходима программа на государственном уровне, разработанная с учетом рыночных условий, с указанием новых источников генерации, их величины, сроков ввода в эксплуатацию, а также развития сетевого хозяйства для выпуска новых мощностей и обеспечения необходимых перетоков электроэнергии и мощности в соответствующие регионы и с указанием источников инвестирования.

В тепловой энергетике, по словам докладчика, надо более широко использовать высокоэффективные газотурбинные и парогазовые энергетические технологии с применением прежде всего отечественных газовых турбин – 65, 110, 150, 160 МВт и сооружаемых на их базе ПГУ-90, 170, 325, 450 МВт. Автор полагает, что следует проработать предложения по созданию в ближайшие годы на базе отечественного оборудования



ПГУ – 800 и ПГУ – 900 МВт. Это будет важным шагом в ускорении наращивания генерирующих мощностей в ЕЭС.

А. Ф. Дьяков сообщил, что в развитии атомной энергетики предусматривалось продление срока службы действующих энергоблоков до 40–50 лет и строительство новых атомных электростанций с доведением суммарной установленной мощности АЭС к 2010 году до 32 ГВт и к 2020 году – до 52,6 ГВт. Без интенсивного развития атомной энергетики проблему энергетической безопасности страны, надежного энергоснабжения потребителей, особенно в Европейской части России, где доля выработки электроэнергии атомными электростанциями составляет 30 %, а также в зоне Крайнего Севера, в полном объеме не решить. Необходимо заниматься строительством крупных АЭС, в том числе с реакторами на быстрых нейтронах, сооружением малых АЭС, прежде всего, в удаленных и труднодоступных местах, куда из-за нерентабельности транспортной инфраструктуры сложно и крайне дорого обеспечить доставку топлива.

От надежной работы АЭС зависит статическая и динамическая устойчивость ЕЭС, которая, в свою очередь, определяет безопасность АЭС, так как АЭС требуют от ЕЭС, являющейся резервным источником собственных нужд каждой АЭС, обеспечения их базового режима работы, недопущения снижения частоты в энергосистеме. Рассматривая сегодня перспективу роста генерирующих мощностей, мы, по словам докладчика, должны сохранять сложившееся в ЕЭС России оптимальное соотношение в балансе генерации: ТЭС – 69 %; ГЭС – 20 %; АЭС – 11%.

Для снижения предполагаемого дефицита генерирующих мощностей крайне важно осуществлять дополнительные мероприятия по сокращению темпов роста потребления электроэнергии за счет энергосбережения, и от государства требуется проведение более эффективной энергосберегающей политики.

В любой энергосистеме могут произойти отказы оборудования, повреждение линий электропередачи, сброс нагрузки как на электростанцию, так и у потребителя, но это не должно приводить к крупным системным или локальным авариям, к нарушению устойчивости энергосистемы. В сообщении было отмечено, что важнейший принцип формирования ЕЭС – обеспечение ее устойчивости в послеаварийном режиме, при повреждении оборудования в любой точке системы. Отсюда вытекает необходимость разработки и внедрения систем селективного телеуправления электроприемниками (всех групп потребителей электроэнергии) во время аварийной

ситуации. Требуются кардинальное развитие и повышение надежности телекоммуникационной связи, контроля и дистанционного управления энергетическими объектами во всех режимах работы

...По прогнозу ОАО РАО «ЕЭС России» для покрытия дефицита необходимо к 2008 году ввести 1,55 ГВт генерирующих мощностей, а к 2009 году – еще 3,15 ГВт.

энергосистемы, внедрение в необходимом количестве средств релейной защиты и автоматики как ключевого фактора обеспечения системной надежности. Московская авария 25 мая 2005 г. показала, насколько мы отстали в этой сфере энергетики и что ЕЭС России и энергетика страны в целом сегодня стали совсем другими.

Было подчеркнуто, что мы фактически имеем сегодня новую организационную структуру энергетики, новую систему управления ею, новых ее собственников,

...Сложившееся в ЕЭС России оптимальное соотношение в балансе генерации: ТЭС – 69 %; ГЭС – 20 %; АЭС – 11%.

новые источники и формы финансирования развития энергетики, возросшее количество участников процесса производства, передачи, распределения и потребления энергии. Поэтому главная проблема нынешней энергетики состоит в большом отставании процессов адаптации технологической части, нормативно-правовой базы, регламентирующей

ую деятельность отрасли, от темпов реформирования отрасли, от уровня развития рыночных отношений. На этом основании докладчик поделился сообщениями о законодательных и нормативных актах, которыми должна быть определена система развития и использования реактивной мощности в региональных энергосистемах и в ЕЭС в целом, о необходимости незамедлительных совместных

действий государственных органов и энергетических компаний по разработке комплексной системы специализированных технических регламентов и национальных стандартов по обеспечению надежности управления функционированием и развитием электроэнергетики. Должимо о федеральной программе разработки первоочередных стандартов на 2005–2006 гг., предусматривающей разработку 25 национальных стандартов, направленных на обеспечение системной надежности. В их числе: критерии и параметры системной надежности; требования к обеспечению живучести ЕЭС; требования к регулированию частоты, мощности, напряжения и перетоков электроэнергии; требования по обеспечению системной надежности объектов электроэнергетики и потребителями; требования по обеспечению системной надежности при присоединении к сети объектов энергетики и потребителей.

Внимание в докладе было также уделено кадровому обеспечению энергетики России квалифицированным персоналом – необходимости повышения уровня системы подбора, подготовки и переподготовки персонала, обеспечения систематической работы с персоналом, повышения ответственности руководителей энергокомпаний за ее постановку.

В заключение докладчик сообщил, что в настоящее время РАО «ЕЭС России» ставится задача по разработке Программы развития энергетики на период до 2030 года. Научное руководство этой работой будет осуществляться Российской академией наук. Также программой необходимо разработать по всем федеральным округам, а также для Москвы, Санкт-Петербурга и других наиболее энергоемких субъектов Федерации. Для успешной реализации этих программ потребуются крупные инвестиции, в том числе долгосрочные. В связи с этим необходимо ускорить разработку и принятия подзаконных актов, устанавливающих механизмы, стимулирующих инвестиции в энергетику, повышающих ее инвестиционную привлекательность. Государством должна быть создана целая система преференций для инвесторов в эту важнейшую отрасль экономики страны.





Авторы сообщения «О возможности использования авиапроизводных ГТД в «большой» энергетике» В. М. Батенин, В. М. Масленников (Институт высоких температур РАН, г. Москва) рассмотрели несколько схем модификации серийных авиационных двигателей для применения в комплексных установках большой энергетики. Ниже приведено краткое изложение основных пунктов доклада.

Одна из схем предполагает ввод пара в камеру сгорания, что позволяет не только снизить выбросы NO_x , но и поднять мощность ГТД в 2-3 раза. Описан создаваемый в настоящее время на ТЭЦ-28 ОАО Мосэнерго подобный энергоблок МЭС-60 с использованием оригинальных тепловых насосов.

Использование процесса частичного окисления природного газа в сочетании с газотурбинными установками позволяет предложить надстройки к действующим современным паротурбинным блокам типа Т-250, обеспечивающие при минимальных капитальных затратах получение при использовании двигателя АЛ-31СТЭ дополнительной мощности около 80МВт и повышение КПД энергоблока до 45-47%. Приведены результаты конструкторских и проектных проработок применительно к типовой ТЭЦ Мосэнерго.

Дана характеристика перспективного энерготехнологического комплекса на базе процесса частичного окисления природного газа, позволяющего вырабатывать синтетическое жидкое топливо наряду с электроэнергией. При этом стоимость электроэнергии может быть снижена в 2-3 раза. Приведены результаты экспериментальных исследований в обоснование предлагаемой технологии, а также результаты ее реализации с использованием модифицированного поршневого двигателя внутреннего сгорания. Созданный экспериментальный стенд включает в себя генератор синтез-газа на базе двигателя от трактора «Беларусь» и блок каталитического

производства метанола и обеспечивает суточную производительность ~800 л девяностошестипроцентного метанола. Отработаны режимы стабильной работы стенда, создана математическая модель, включающая описание кинетики основных процессов, определяющих работу генератора синтез-газа. Сообщается о создании головной опытно-промышленной установки по переработке попутных нефтяных газов в синтетическое жидкое топливо. Использование процесса частичного окисления топлива позволяет создать полностью автономный энергокомплекс, обеспечивающий себя и необходимую инфраструктуру теплом и электроэнергией.

С математическим аспектом решения проблемы повышения надежности функционирования энергосистем слушателей ознакомил профессор СПбГПУ В. Н. Козлов. В докладе «Энергетическая безопасность и предаварийное управление частотой и активной мощностью ЕЭС России» рассматриваются математические модели для поддержания энергетической безопасности за счет ресурсного обеспечения систем предаварийного управления ограничением перетоков активной мощности по линиям электропередачи энергетических объединений, обеспечивающих сохранение устойчивости параллельной работы энергосистем.

Проблема энергетической безопасности за счет сохранения устойчивости параллельной работы крупных энергетических объединений может быть решена на различных уровнях. В частности, сохранение устойчивости возможно с помощью предаварийных систем совместного ресурсного обеспечения и управления системой ограничения перетоков активной мощности по линиям электропередач крупных объединений. Автором дана математическая формулировка задачи энергетической безопасности совместного ресурсного обеспечения и управления электроэнергией



тическими системами (ЭЭО), использующая обобщенную постановку задач управления по критерию «рациональности-допустимости» или «оптимальности-допустимости», дополняющую известные методы синтеза. Синтез по условиям допустимости выполнен, исходя из требования устойчивости параллельной работы энергосистем ЭЭО к корректировке допустимых режимов линий электропередачи и режимов регулирующих станций. Рациональность обеспечивается целевыми условиями типа неравенств – интервальными целевыми условиями. Ресурсное обеспечение и управление по критерию «оптимальность» реализуется экстремальными целевыми условиями. В обоих случаях определяются предельные по устойчивости режимы линий (ресурсы по линиям) и регулирующие диапазоны станций ЭЭО (ресурсы по диапазонам). Для сформулированной задачи ограничений перетоков профессор В. Н. Козлов показывает, что можно получить систему ограничений задачи математического программирования в виде совместной системы линейных ограничений типа линейных алгебраических равенств и линейных алгебраических двухсторонних неравенств. Для обеспечения корректировок параметров энергетических режимов станций и линий введенные переменные, включенные в функционал с соответствующими весовыми коэффициентами, определяются в процессе решения задач модульного (кусочно-линейного) или квадратичного программирования. При невыполнении условия баланса можно использовать коэффициенты влияния, также описывающие установившиеся режимы объединений. Для описания установившихся режимов объединений можно использовать нелинейные модели кусочно-линейного типа.

Применение модульных целевых функций или квадратичных функций определяет класс задач математического программирования. Первая целевая представляет собой сумму модулей отклонений регули-

руемых координат от заданных значений и соответствует задаче кусочно-линейного программирования. Второй функционал представляет собой сумму квадратов отклонений этих координат от заданных значений, в частности от экономически оптимальных значений. В этом смысле введенные функционалы качественно совпадают, однако отличаются способом учета отклонений от исходных (экономически оптимальных) значений мощностей станций, что способствует энергосбережению. Для решения сформулированных задач математического программирования можно использовать численные и численно-аналитические методы для вычисления и анализа с моделями динамики ЭЭО.

Рассмотренные в докладе модели синтеза обобщают для управления тепловыми многослойными процессами с ограничениями на тепловые режимы оборудования энергосистем. Таким образом, модели совместного определения ресурсов и управлений систем ограничения перетоков могут быть использованы для определения энергобезопасных ресурсов по активной мощности станций и уставки по линиям электропередачи при предаварийном управлении в современных системах управления ЭЭО.

Член-корреспондент РАН Г. Н. Александров (СПбГПУ) в сообщении «Повышение надежности работы электроэнергетических систем России» сообщает, что основными причинами недостаточно высокой надежности работы электроэнергетических систем России являются использование воздушных линий минимальной пропускной способности и неполная компенсация зарядной мощности линий нерегулируемыми шунтирующими реакторами. Это приводит к ограниченным возможностям реагирования электрических сетей на аварийные ситуации и к преждевременному износу основного электроэнергетического оборудования. Широкое применение разработанных в России воздушных линий повышенной пропускной способности и

быстродействующих управляемых реакторов позволит значительно повысить надежность работы электроэнергетической системы России и, следовательно, обеспечить высокую степень энергобезопасности страны.

Сотрудники Объединенного института высоких температур РАН (г. Москва) Н. Н. Баранов и И. И. Климовский выступили с докладом «ПРОБЛЕМЫ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ СОВОЙ СВЯЗИ», осветившим важную проблему экологической безопасности оборудования систем радиосвязи.

Авторы сообщили, что в 2005 г. число пользователей сотовой связи (СС) в РФ достигло 110 млн. человек. При мощности мобильного телефона (МТ) стандарта GSM-900/1800 (основной стандарт РФ) от 0,8 до 2 Вт, суммарная мощность всех МТ в РФ превышает 110 МВт. То есть система СС РФ может рассматриваться как особая энергетическая система с главным фактором воздействия на окружающую среду – электромагнитным полем (ЭМП) (СВЧ-излучением), способным оказать негативное воздействие на здоровье населения РФ. Судя по обзору последних исследований влияния ЭМП МТ на здоровье человека, эти исследования не систематичны и характеризуются большим разбросом экспериментальных результатов.

В 60–70-х годах XX века в СССР проводились систематические долговременные наблюдения за большой группой профессионалов, подвергающихся ежедневному воздействию СВЧ-излучения. Эти наблюдения позволили выделить самостоятельную нозологическую единицу болезни – радиоволновую болезнь (РВБ), которая развивалась у некоторых из наблюдаемых при интенсивностях ЭМП, не превышающих сотых долей милливатта на квадратный сантиметр. Только ЭМП с интенсивностью порядка 1 мкВт/см² не сказывалось на состоянии здоровья.

Основные структуры головного мозга, отвечающие за развитие РВБ, – гипоталамус и гипофиз. Для приведенного значения интенсивности ЭМП и размеров голов-

ного мозга взрослого человека предельно допустимое значение параметра SAR, используемого для оценки степени негативного влияния СВЧ-излучения МТ на здоровье людей, составляет около 1 мВт/кг, то есть в 2000 раз меньше значения SAR, рекомендуемого в настоящее время в качестве безопасного. Использование МТ персоналом различных энергетических объектов должно строго регламентироваться. В местах скопления МТ (городах, деловых центрах и т. п.) их ЭМП способны оказать вредное влияние на здоровье людей, не имеющих МТ.

Сообщение о деятельности Российского фонда фундаментальных исследований (РФФИ) сделал Начальник Управления РФФИ профессор А. В. Кириллин. Материалы семинара опубликованы в виде отдельного сборника.

The All-Russian Scientific Seminar «Power Security of Russia» took place at the ST-Petersburg State Polytechnic University on April 12, 2006. The conversation was held about the solution of the problems related to the issues of increasing the security and reliability of the Uniform Power System of Russia, taking measures for the renewal of the «Big Power Engineering» equipment, taking into consideration the modern view on the ecological security, in the conference room of the University. 5 reports describing the present achievements in the sphere of actions for the development of the system of objective criteria, mathematical models and synthesis methods guaranteeing the power security of Russia, functional and algorithmic, organizational, technical and other types of structures of the major control systems for modernization of the control processes of the big power complexes as the energy security guarantee, were presented to the attention of the audience. The materials of the seminar are published as a separate collection.

