Наша Энергетика

Давать свет и тепло – эти слова стали девизом многих российских энергокомпаний. И действительно, для России с ее холодным суровым климатом электроэнергия и тепло, которые поступают с электростанций, имеют особое значение. Часто это просто вопрос жизни и смерти. И электроэнергетика вот уже более века обеспечивает надежное и бесперебойное энергоснабжение наших городов и деревень.

За эти годы Наша Энергетика прошла огромный путь – от лампочки Яблочкова и первых электростанций, построенных на подмосковных торфяных болотах, до сверхмощных ГЭС, ГРЭС, АЭС, и самой крупной в мире Единой энергетической системы.

Сегодня Россия вступила в новую эру развития Нашей Энергетики. Также как и почти 100 лет назад от энергетики зависит развитие и процветание нашей страны, будущее наших детей и внуков. Энергетика опять становится решающим рычагом, который сможет поднять экономику страны и позволить России вернуть свое достойное положение в мире. Опираясь на свои знания, технологии и ресурсы, поведут ее вперед «современные боги» – профессиональные энергетики.

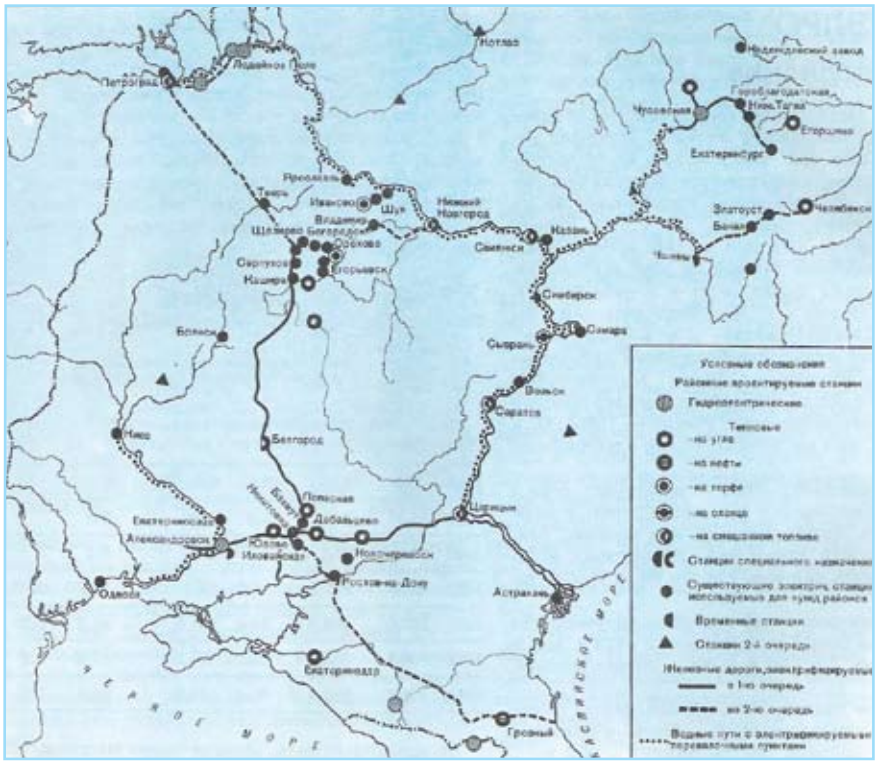
ГОЭЛРО-1

План ГОЭЛРО 1920 г. сыграл в жизни России и Нашей Энергетики огромную роль. Реализация этого плана сформировала всю отечественную экономику и до сих пор в значительной мере ее определяет.

До революции все строившиеся в России электростанции в Москве, Санкт-Петербурге, Киеве, Баку, Риге имели ограниченное (от одного до нескольких десятков) количество потребителей и энергетически связаны между собой не были. Значения величин их напряжения и частот имели колоссальный разброс, поскольку никакого единого подхода при разработке этих станций не существовало.

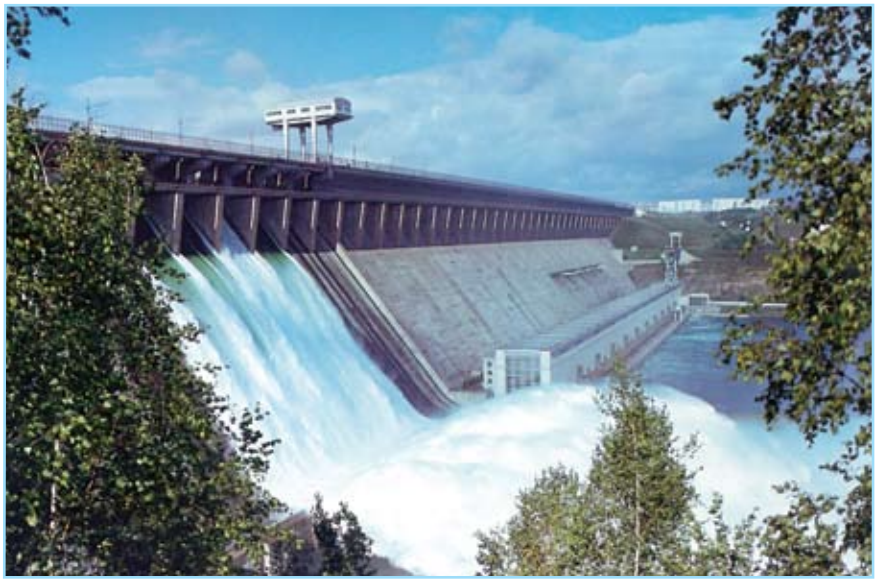
Между тем отечественная электротехническая школа считалась одной из лучших в мире. Деятельность ее координировалась Русским техническим обществом, а также всероссийскими электротехническими съездами. На этих съездах рассматривались как технические, так стратегические проблемы. В частности, вопрос о том, где лучше строить тепловые электростанции: непосредственно в промышленных регионах – с тем, чтобы подвозить к ним топливо, или, напротив, – в месте добычи этого топлива, чтобы затем передавать электроэнергию по линиям электропередач.

Опыт по созданию таких районных станций был впервые реализован под



По плану ГОЭЛРО в течение 10-15 лет необходимо было построить 30 электростанций в Центральной части страны (20 тепловых и 10 ГЭС).

Москвой в 1914 году. Близ Ногинска соорудили электростанцию на торфе «Электропередача», энергия от которой передавалась потребителям в центр Москвы по высоковольтной линии напряжением 70 кВ. Кроме того, впервые в России эту станцию включили параллельно другой. Ею стала работавшая в Москве с 1897 года электростанция на Раушской набережной. В 1915 году на совещании по проблемам использования подмосковного угля и торфа выступил с докладом Г. М. Кржижановский. В его докладе уже содержались все те главные принципы энергостроительства, которые через пять лет стали основой будущего плана ГОЭЛРО.



Братская ГЭС

Большевики, пришедшие к власти после революции, предвидели ту ключевую роль, которую должно было сыграть электричество в социальном преобразовании общества. Поэтому при решении возникшей после октября 1917 года проблемы восстановления и развития хозяйства страны Ленин поставил во главу угла именно электрификацию.

В Государственном плане Электрификации России (ГОЭЛРО) предусматривалось строительство крупных ГРЭС (государственных районных электростанций), которые сконцентрировали бы основную часть генерирующих мощностей, а также централизованное распределение электроэнергии.
И уже на этой базе создать крупную машиностроительную промышленность и электрифицировать железные дороги.

Впервые план ГОЭЛРО предложил экономическое районирование России исходя из соображений близости источников сырья, сложившегося территориального разделения и специализации труда, а также удобного и хорошо организованного транспорта. В результате было выделено семь основных экономических районов: Северный, Центрально-промышленный, Южный, Приволжский, Уральский, Кавказский, а также Западной Сибири и Туркестана.

Уже в 1922 г. вступила в строй Каширская электростанция, использующая подмосковный уголь, а в 1925 г. – Шатурская, на торфе. В районе Петрограда построили Волховскую, Верхне- и Нижнесвирскую ГЭС, в пригороде – ТЭС на торфе. В 1925 г. российская энергетика уже превзошла дореволюционный уровень производства электроэнергии, а после строительства в 1927-1932 гг. первой крупной гидроэлектростанции – ДнепроГЭС (мощность 558 МВт) задачи плана ГОЭЛРО были в основном выполнены.

Создание Единой Энергосистемы Страны

Крупные электростанции, удаленные от потребителя, нуждались в высоковольтных линиях электропередачи. В 1922 г. была введена в эксплуатацию первая в стране ЛЭП с напряжением 110 кВ Кашира-Подольск-Кожухово (КПК), а в 1933 г. принята в эксплуатацию еще более мощная (220 кВ) линия Нижнесвирская ГЭС – Ленинград. С помощью таких линий создавались первые элементы будущей Единой энергосистемы – были соединены электростанции Горького и Иваново, некоторые станции Урала.

Однако война приостановила объединение энергосистем. Была разрушена 61 крупная электростанция. Но часть оборудования удалось эвакуировать, что позволило увеличить производство электроэнергии на Урале, в Сибири и в Средней Азии. А в Чебоксарах был создан центр по разработке и производству электротехнического оборудования.

В послевоенный период советская энергетика продолжала наращивать мощности ГРЭС, ГЭС и осваивала принципиально новые виды топлива, прежде всего – ядерное. В 1954 г.

вошла в строй первая в мире атомная электростанция в подмосковном городе Обнинске.

Тогда же в Нашей Энергетике началась эпоха Петра Степановича Непорожнего. Он был вдохновителем и организатором строительства самых крупных гидроэлектростанций Братской, Красноярской, Саяно-Шушенской и многих других.

Во время его руководства Минэнерго в стране была осуществлена программа строительства мощных атомных электростанций: Нововоронежской, Белоярской, Курской, Смоленской, Ровенской, Запорожской, Кольской, Армянской АЭС. Важную роль приобрела энергетика Урала, ставшего основной энергетической базой страны.

Главное достижение этого времени – создание в стране Единой энергетической системы, одной из наиболее мощных, надежных и экономичных из подобных систем в мире.

Началом формирования Единой энергосистемы принято считать включение 30 апреля 1956 года первой цепи 400 кВ электропередачи Куйбышев – Москва и соединение на параллельную работу энергосистем двух удаленных одна от другой зон Европейской части страны (Центра и Средней Волги). Районные энергосистемы были объединены межсистемными линиями электропередач.

Дальнейшее развитие обусловило необходимость централизованной системы ОДУ. В 1967 году принято решение о создании Центрального диспетчерского управления Единой энергетической системой страны.

Важнейший шаг на пути к завершению формирования ЕЭС был сделан в 1978 году, когда на параллельную работу с европейской частью ЕЭС была включена ОЭС Сибири.

Сегодня ЕЭС – это гигантское объединение, размером с запада на восток 7 тысяч км и с севера на юг – более 3 тысяч км. 99,9% календарного времени система работает устойчиво со стандартной частотой электрического тока в 50 Гц.

Создание целостной единой системы, несмотря на сохраняющуюся проблему слабости сетевых связей между Европейской частью России и Сибирью, между Сибирью и Дальним Востоком, является несомненным достижением советской энергетики. Именно это дает весомую экономию затрат за счет эффективного управления перетоками электрической энергии (мощности) и служит основой повышения надежности системы энергоснабжения в стране. Общее сетевое хозяйство, возможность управления из единого центра является и важнейшим фактором целостности всего государства.

ГОЭЛРО-2

К началу 80-х годов Советский Союз по энерговооруженности был равен

всей остальной Европе и уступал только Соединенным Штатам. Основываясь на мощной энергетической базе, которая к тому же развивалась опережающими темпами, СССР строил всю свою экономику.

Однако, после перестройки, в электроэнергетике России начали проявляться негативные тенденции. На фоне общего спада экономики, электроэнергетика фактически стала донором для других отраслей промышленности.

В 90-х кризис усугубился. Резко уменьшился объем инвестиций, средств не хватало даже на поддержание оборудования в рабочем состоянии. В самых благополучных энергосистемах европейской части России износ основных производственных фондов превысил 50% и стал приближаться к значениям, при которых ремонт оборудования обходится дороже его замены.

Был очень сложный период неплатежей, когда потребители не хотели, а многие просто не могли платить за потребленную электроэнергию. Чтобы как-то решить эту проблему был сформирован ФОРЭМ (Федеральный оптовый рынок электроэнергии и мощности). Тем не менее, все чаще во многих регионах стали случаться большие и мелкие аварии с отключением многих потребителей.

В мае 2005 года произошла крупная системная авария, затронувшая Москву и центр России, которая показала, что дальше откладывать модернизацию уже нельзя.

Поиск средств на обновление Энергетики привел к ее реформе. РАО ЕЭС предложило распродать часть активов государственной энергетики, а на вырученные средства провести модернизацию и техническое перевооружение энергетической отрасли. До сих пор существуют как противники так и сторонники данной реформы, но она произошла.

Реформа была задумана с тем, чтобы конкурентные условия стимулировали бы предприятия повышать эффективность работы, развивать современные технологии, точнее планировать производственную деятельность, повышать надежность работы.

Тепловая генерация передана в частную собственность, сети, АЭС, ГЭС остались в руках государства. Сформированы оптовый и розничный рынки электроэнергии. Все это дало огромный толчок развитию информационных технологий в энергетике, началось внедрение нового современного оборудования.

В начале 2008 г. Правительством РФ утверждена Генеральная схема размещения объектов электроэнергетики до 2020 г. Сделана попытка скоординировать действия по строительству новых электростанций, сетевой инфраструктуры и промышленных объектов. По плану РАО «ЕЭС России» за 12 ближайших лет объем энергетических мощностей в нашей стране должен удвоиться. Инвестиции, запланированные на это, составят более $800 млрд. долларов.

Наша Энергетика

Наша Энергетика – это не только ее история. Это ее настоящее и будущее.

Рост экономики России, повышение спроса на электроэнергию совпали со старением и выходом из строя большого количества оборудования, установленного в 60-80 гг. Недостаток генерирующих мощностей, слабость электросетевого хозяйства тормозят развитие страны.

Срочно необходимы ввод новых мощностей, техническое перевооружение станций, подстанций и сетей.

Нужны новые генераторы, трансформаторы, выключатели, разъединители, кабели, изоляторы, измерительные приборы, устройства защиты и т.п. Все это оборудование должно работать в едином комплексе. Им нужно управлять при помощи систем АСУ ТП, АСДУ, РЗА, АСКУЭ. Все это сделают Наши Энергетики, строители новых станций и подстанций, разработчики энергетического оборудования.

Только это поможет Нашей Энергетике справиться со своей почетной обязанностью – бесперебойно снабжать потребителей теплом, светом и электроэнергией.

Время не ждет

Представьте себе – Ваша жена беременна. И вы все еще отмечаете это радостное событие с друзьями. Но вот, она уже рожает и ее надо везти в роддом. И тут, вы наконец понимаете, что не знаете, куда ехать. Вы понимаете, что сейчас вам надо купить детскую кроватку, коляску, памперсы, ванночку, термометр, бутылочку и еще кучу всяких разных вещей. А еще надо договориться с тещей, с матерью, взять отпуск на работе, где висит важный проект… Вдобавок вы еще узнаете, что у вас будет двойня…

Примерно в таком состоянии находится сегодня Наша Энергетика.

Экономика на подъеме. Объем энергопотребления вышел на уровень конца 80-хх. Предприятия требуют новых подключений. Однако износ энергетического оборудования виден уже невооруженным глазом. Весь запас прочности, заложенный в советское время, израсходован. Все чаще из-за аварий отключаются от энергоснабжения сотни потребителей. Резервные мощности отсутствуют.

А бизнес требует новых ресурсов. Бизнес понял, что его росту стал мешать недостаток электроэнергии. Поэтому промышленные потребители все чаще начинают сами участвовать в строительстве электростанций.

Коммерсанты с финансистами написали красивые планы, наняли менеджеров, и вдруг оказалось, что некому проектировать и строить новые станции. Профессионалы стареют и постепенно покидают отрасль, среднее поколение тянет лямку в коммерческих структурах. А профессия инженера сегодня менее престижна, чем менеджера по продаже сотовых телефонов в ларьке на Авиамоторной.

В оправдание нашим, скажем, что в Европе такая же ситуация. E.On через свой интернет-сайт полгода искал инженера на подстанцию. Так и не нашел.

Рост заказов энергетического оборудования совпал с бумом строительства электростанций по всему миру. В энергетике началось массовое техническое перевооружение. Активно развиваются Китай, Индия, Латинская Америка. Модернизируется Европа.

Нам приходится выкручиваться самим. И у России есть такая возможность.

Мощный технологический задел, который был у советской энергетики и науки, еще не исчерпан. Многие компании готовы на равных бороться с западными предложениями. В некоторых местах России остались сильные научные школы. Сюда приходят наши менеджеры, получившие опыт работы в иностранных компаниях. Это позволяет адаптировать мировые разработки к реальным российским условиям. К ним идет молодое поколение. Появляются новые разработки. Начинается серийный выпуск современного оборудования.

Нашей Энергетике требуются молодые проектировщики, разработчики, монтажники, техники. Они смогут проектировать новые объекты, изготовить новое оборудование, подключить, наладить, запустить в работу новые системы связи, автоматизации, управления.

Время не ждет. Но мы готовы. Кто будет работать, учиться, расти – тот займет достойное место в Нашей Энергетике и российской экономике.

На сайте www.energetika.ru Вы найдете предложения оборудования, услуг, технических решений со стороны различных компаний. А журнал поможет профессионалам передать свое мастерство, знания и опыт новому поколению российских энергетиков.

Главная цель

Модернизация российской электроэнергетики

3 апреля 2008 г. в Москве состоялась конференция, организованная журналом Энергорынок «Ресурсообеспечение инвестиционных программ в энергетике». Конференция была посвящена обсуждению вопросов состояния технической базы электроэнергетики и сможет ли отечественное энергомашиностроение обеспечить модернизацию российской электроэнергетики.

Мы публикуем конспект доклада Аханова Дмитрия Сергеевича, руководителя Федерального агентства по энергетике.

Все материалы конференции Вы найдете на сайте журнала Энергорынок www.e-m.ru и www.energetika.ru.

С 2004 г. стало понятно, что экономический рост, который мы наблюдаем в России в последние годы, исчерпал возможности инфраструктуры, заложенные ранее. И если в 90-е годы мы пытались выйти на уровень потребления советского времени, то сейчас мы уже начинаем потреблять больше и больше с каждым годом. Основываясь на данных по ВВП, мы видим, что рост потребления не менее чем на 4-5 % в год до 2020 году это объективная реальность.

Признание проблемы с обеспечением энергией пришла после холодной зимы 2005-06 года. Тогда в некоторых регионах потребление электроэнергии увеличилось почти на 20%. И хотя в 2007 г рост в среднем составил всего 2%, то в начале 2008 г. при теплой зиме мы уже имеем рост потребления около 8%. Это означает, что недостаток электроэнергии может притормозить развитие экономики. Поэтому государство впервые за 25 лет сформировало свое отношение к преобразованиям в электроэнергетике. И утвержденная генеральная схема размещения объектов электроэнергетики до 2020 года это показывает.

Цели управления энергетикой России:
- Обеспечение инфраструктуры развития национальной экономики
- Обеспечение оперативной и стратегической надежности
- Обеспечение энергетической безопасности страны
- Эффективное использование ресурсов (топливо, люди и пр.)
- Минимизация государственного прямого вмешательства и максимизация частных инициатив (всех видов)
- Эффективное (с точки зрения государства) использование государственной собственности.

Государство поставило для себя задачу повысить энергоэффективность энергетики. И установило приоритеты в своей работе. В первую очередь – это надежность и стабильность энергоснабжения. Второе – это экономика и экология.

Основные направления модернизации отрасли:
- Генерация
- Сети
- Энергомашиностроение
- Кадровый резерв
- Экология.

Экология – новый тренд, который в отечественной энергетике появился недавно и стал уже одним из самых важных приоритетов развития на ближайшие годы. Такая ситуация, когда Россия – одна из ведущих мировых держав находится на предпоследнем месте в мире по энергоэффективности, недопустима. А экология и энергоэффективность – вещи абсолютно связанные.

Генерация

Новый технологический уклад в электроэнергетике – повышение эффективности сжигания топлива: переход на парогазовый цикл, применение технологий сжигания угля в циркулирующем кипящем слое, развитие гидроаккумулирующих и приливных электростанций.

Сегодня подавляющая часть электростанций в европейской части России работает на газе. И мы считаем, что доля угля в выработке электроэнергии обязана увеличиться. Но это очень сложная задача, т.к. одновременно с этим мы пытаемся улучшить экологию.

Принята масштабная программа строительства новых атомных электростанций. К сожалению, серьезных изменений в технологиях использования возобновляемых источников энергии мы не предвидим. И кратного возрастания выработки от них ожидать не приходиться.

Поэтому основные принципы в развитии генерирующих мощностей следующие:

- Повсеместное внедрение ПГУ на газовых станциях
- Увеличение доли угольной генерации на основе современных технологий
- Переход атомной энергетики на оборудование нового поколения
- Максимальное использование гидропотенциала
- Максимальное использование потенциала когенерации и малой гидроэнергетики

Сети

Ключевые направления развития сетевой инфраструктуры:

- Усиление основной сети и межсистемных связей Европа-Урал-Сибирь-Дальний Восток, в том числе с использованием вставок и линий постоянного тока.
- Снижение технологических потерь до уровня развитых стран и полное устранение коммерческих потерь в сетях.
- Повышение управляемости и наблюдаемости сети всех классов напряжения за счет внедрения передовых систем автоматического управления и силовой электроники.

Вводы электросетевых объектов 330 кВ и выше в период до 2020 года

- 24,8 тыс.км ВЛ для выдачи мощности новых и расширяемых общесистемных электростанций
- 22 тыс.км ВЛ для повышения надежности электроснабжения потребителей
- 15,8 тыс.км ВЛ для усиления межсистемных и межгосударственных связей.

Мы рассчитываем, что за 5 лет сетевые компании удвоят имеющиеся у них активы. Это необходимо и для расшивки множества узких мест, которые произошли не только из-за роста количества потребителей. Но, самое главное, происходит изменение структуры потребления. Например, в 70-80-е годы на квартиру требовалось в лучшем случае 4-5 кВт, а сегодня эта цифра составляет уже 20-25 кВт.

Такие изменения происходят во всех крупных городах. Взять, например,

случай с вновь строящейся гостиницей "Москва". Старая гостиница потребляла 2 МВт. Вроде бы не мало. Но новая запросила 40 МВт.

Уровень потребления сегодня очень высок. К тому же в некоторых регионах к потерям примешивается еще и воровство электроэнергии. Снижение потерь – это тот инвестиционный ресурс, который мы можем использовать.

Энергомашиностроение

Безусловно, мы не можем построить современную электроэнергетику у нас в стране, не развивая отечественное энергомашиностроение. Это не только вопросы экономичности, но и энергобезопасности. Невозможно управлять энергетикой на оборудовании, которое использовалось уже несколько десятков лет. И это неправильно, когда отдельные компании, отдельные инвесторы пытаются строить энергообъекты, применяя технические решения 30-50-летней давности.

Модернизация электроэнергетики накладывает большую ответственность на подрядчиков энергетики. До 2020 г. намечается от 4 до 8 раз увеличить инвестиции на энергомашиностроение (оборудование для тепловой генерации, электротехническое оборудование, стройматериалы, проектно-исследовательский комплекс).

Если российское машиностроение упустит такую возможность и не воспользуется своим привилегированным положением, то будущего у российского энергомашиностроения не будет. Для этого предприятия обязаны укоренными темпами вкладывать деньги в свое собственное технологическое развитие, перевооружение и расширение производственной базы.

Потребности в основном энергооборудовании

Прогноз потребности в серийном основном энергетическом оборудовании под инвестиционную программу Холдинга ОАО РАО «ЕЭС России» на 2006-2010 гг. по тепловым электростанциям

Вид оборудования	Штук до 2010 г.	Мощность, паропроиз-ть МВт (МВА), т/час
Паровые турбины	146	23 567
Газовые турбины	133	17 052
Котлоагрегаты	48	45 260
Котлы-утилизаторы	125	32 930
Турбогенераторы	260	44 802
Трансформаторы	156	49 505

Кадры

В условиях модернизации отрасли необходимо привлечение значительного количества квалифицированных кадров.

В период 1990-х и начала 2000-х годов общее состояние экономики страны привело к потере значительного числа профессионалов, задействованных в ходе масштабного строительства в электроэнергетике советского времени.

Мы имеем снижение квалификации существующих проектно-строительных организаций в области энергетики, риск потери знаний ввиду отсутствия налаженной системы преемственности в научно-исследовательских институтах, сложность кратного восполнения кадрового дефицита в новых условиях.

В дефиците профессиональные инженеры, техники, монтажники всех специальностей, механизаторы. Требуется проведение аудита комплектации кадрами необходимой квалификации, потенциала их восполнение на рынке труда, формирования заказа на их подготовку/переквалификацию.

Компании должны направлять своих сотрудников на аттестацию, обучение, повышение квалификации. Вузам тоже следует обратить внимание на требования сегодняшнего дня. Пересмотреть, какие у них идут учебные программы, какими учебниками пользуются студенты. Давать больше материала про парогазовый цикл, а не про паросиловой. Ведь, к примеру, таких специалистов у нас в стране ничтожно мало.

Я призываю и производителей и энергокомпании вкладывать деньги и свое внимание в процесс обучение персонала. Сколько бы мы сегодня ни говорили про модернизацию и инвестиционный бум, знаменитая фраза «Кадры решают все» все еще актуальна.

Дальнее резервирование в релейной защите

Сергей Яковлевич Петров
s_petr@sumail.ru

Согласно отечественным нормам комплексы защит элементов сети должны обеспечивать полноценное ближнее резервирование, используя надежные комплексы защит, системы питания переменным током и напряжением, оперативным постоянным током, отключения выключателей поврежденного элемента и, при отказе хотя бы одного из них, смежных выключателей, обеспечивающих обесточение места КЗ.

Наряду с этим, согласно ПУЭ, к защитам также предъявляется требование обеспечения дальнего резервирования, если таковое возможно осуществить. Таким образом, наряду с выполнением полноценного ближнего резервирования, обладающего высоким быстродействием, необходимо рассмотреть и реализовать возможности обеспечения дальнего резервирования, которое в силу рассредоточенности резервирующих объектов, обладает большей надежностью, чем сосредоточенная система ближнего резервирования и эффективно в экстремальных условиях.

Сегодня следует также учитывать, что невыполнение требований дальнего резервирования защитами данной подстанции, требует усиления ближнего резервирования на других, возможно не соподчиненных, подстанциях/станциях.
Дальнее резервирование в настоящее время обычно рассматривается, как отдельная самостоятельная проблема, хотя ее решение органически связано, как с выбором принципов, так и параметров срабатывания резервных защит.

Последние, согласно отечественной практике, определяются для всех ступеней резервных защит, в том числе и последних, по условию обеспечения «абсолютного» (по времени и чувствительности) согласования со ступенями защит смежных элементов.

Такое согласование обеспечивает селективное действие при отказе ступени по чувствительности, благодаря «переходу» КЗ в область действия следующей ступени, согласованной с соответствующей ступенью предыдущего элемента. Указанный способ согласования последних ступеней, при отказе по чувствительности ступени поврежденной линии, заведомо исключает срабатывание ступени защиты смежной линии, что противоречит требованию дальнего резервирования. Однако он нашел широкое использование, чему способствуют имеющиеся компьютерные программы расчета защит.

Таким образом, использование способа «абсолютного» согласования, обеспечивая селективность, чувствительность и максимальное быстродействие резервных защит в режимах нормального функционирования системы ближнего резервирования, часто не позволяет удовлетворить требования дальнего резервирования, необходимого в экстремальных условиях. В результате реализация возможностей дальнего резервирования в работающей сети, как правило, обуславливает необходимость пересмотра существующих уставок и принципов согласования большого числа защит, зачастую не только данного класса напряжения, что представляет большие трудности.

Сергей Яковлевич Петров – старейший и авторитетнейший релейщик в России – лауреат Ленинской премии

Эффективность функционирования дальнего резервирования оценивается при КЗ на удаленном конце смежного элемента, его отключении от защиты и отказе системы ближнего резервирования другого его конца. В рассматриваемом режиме допускается, согласно отечественным нормам, каскадное отключение ветвей.

Если к поврежденному элементу подключено более одного присоединения, то возникает «мешающий эффект присоединений» (МЭП), – снижение токов и повышение напряжений всех ветвей (без учета нагрузки) при увеличении их числа.

Это обуславливает нежелательное снижение чувствительности токовых и особенно дистанционных защит и является основной причиной , препятствующей осуществление дальнего резервирования. Следует отметить, что действие защиты и отключение ветви, снижая МЭП, способствует каскадному отключению остальных присоединений.

Если данный МЭП исключает действие защит всех ветвей, то представляется целесообразным в некоторых ветвях параметры срабатывания резервирующих ступеней выбрать по условию обеспечения чувствительности, образуя, таким образом, «чувствительные звенья дальнего резервирования» (ЧЗР), отключение которых снижает МЭП до уровня, обеспечивающего каскадное отключение всех ветвей.

Выбор ЧЗР должен производиться с учетом необходимого снижения МЭП и ими могут быть любые элементы объектов энергетики, в том числе, секционные и шиносоединительные выключатели. Изложенное показывает, что эффективное решение проблемы дальнего резервирования требует включения в систему дальнего резервирования защит всех элементов энергосистемы. Указанное уже отмечалось в работах института Энергосетьпроект, выполненных под руководством Д.Д, Левковича. Однако этому вопросу не уделяется необходимое внимание, хотя обеспечение живучести энергетики является задачей всех её звеньев.
Институт Энергосетьпроект выполнил анализ состояния дальнего резервирования существующей системы защит сети ОЭС Северного Кавказа при всех видах КЗ с использованием программы расчетного комплекса «ТКЗ 3000», которая моделирует топологию и параметры сети, электрические величины при различных видах КЗ, параметры защит и их функционирование, в том числе отключение элементов сети. При этом фиксируется время действия отдельных ступеней, а также полное время отключения повреждения.

Согласно расчетам, наиболее неблагоприятное положение имеет место при междуфазных КЗ. Так, при КЗ на ВЛ и за АТ сетей 330 кВ и 500 кВ, дальнее резервирование не обеспечивается примерно в 60:% случаев, а. при КЗ на землю аналогичные показатели составляют примерно 20%. При этом в достаточно большом числе случаев отключение производилось каскадно в течение значительного времени.
Обобщение результатов указанного анализа, а также дополнительных исследований, позволяет сделать вывод ,что при КЗ на землю дальнее резервирование, как правило, может быть обеспечено, если предусматривать специальные ступени токовых зашит нулевой последовательности и, при необходимости, ЧЗР.

Представляется перспективным для токовых органов резервирующих ступеней использовать арифметическую сумму токов нулевой и обратной последовательностей. Это должно существенно повысить чувствительность ступеней и будет полезно для резервирования при двухфазных КЗ. Такие органы, насколько известно, до настоящего времени для указанных целей не применялись, однако их осуществление не представляет сложности.

Обеспечить дальнее резервирование при междуфазных КЗ, которое, как правило, осуществляется дистанционными органами, значительно сложнее, поскольку обычно требуется обеспечение взаимодействия существенно большего числа зашит.

Проблему резервирования сегодня следует решать с учетом использования микропроцессорных терминалов, которые обладают существенно большим техническим совершенством по сравнению с традиционными устройствами защит и в настоящее время достаточно широко внедряются. На отечественном рынке имеется достаточно большой ассортимент микропроцессорных защит различных фирм.

Терминалы всех фирм содержат не менее пяти ступеней дистанционных органов от всех видов КЗ, имеющих четырехугольную характеристику, широкий диапазон независимого регулирования сопротивлений срабатывания по реактивной и активной осям и возможность отстройки от сопротивлений нагрузки путем «вырезания» соответствующей области.

Указанное существенно расширяет возможности осуществления дальнего резервирования, поскольку выбор уставок, необходимых для срабатывания дистанционных органов в области удаленных КЗ, практически не зависит от нагрузки защищаемого элемента.

Терминалы, помимо дистанционной защиты от КЗ на землю, содержат четыре направленные/ненаправленные ступени токовых защит нулевой последовательности с независимыми выдержками времени. При этом, используя при необходимости имеющиеся в терминалах дополнительные функции, можно выполнить пятую ступень. Одновременно в терминалах имеется возможность выполнить некоторые ступени с зависимой характеристикой выдержки времени, вид которой устанавливается пользователем согласно приведенным алгоритмам. Представляется перспективным выполнение резервирующих ступеней с использованием логарифмически зависимой характеристики, алгоритм которой в терминалах фирмы ABB, например, имеет вид:

$$t = 5{,}8 - 1{,}35 \ln \frac{3I_0}{IN}$$

где:
t – время срабатывания ступени, сек;
$3I_0$ – ток нулевой последовательности, протекающий в месте установки защиты;
IN – уставка токового органа.

В отечественной практике токовые защиты с зависимыми характеристиками в сетях высокого и, тем более, сверхвысокого напряжения не используются. Однако указанная характеристика представляет интерес, так как позволяет при определенных условиях обеспечить селективное действие ступеней смежных линий при отсутствии органа направления и одинаковых уставках по току, что весьма существенно для обеспечения дальнего резервирования.

Для некоторой оценки возможностей ступеней рассмотрим условие их согласования на смежных линиях m и n. Выдержки времени этих ступеней tm и tn и их разность Dt определяются как:

$$t_m = 5{,}8 - 1{,}35 \ln \frac{3I_{0m}}{IN_m}$$

$$t_n = 5{,}8 - 1{,}35 \ln \frac{3I_{0n}}{IN_n}$$

$$\Delta t = t_m - t_n = 1{,}35\left(\ln\frac{3I_{0n}}{IN_n} - \ln\frac{3I_{0m}}{IN_m}\right) = 1{,}35\ln\left(\frac{I_{0n}}{I_{0m}}\frac{IN_m}{IN_n}\right)$$

Если принять INm = INn, то ступень селективности Dt не менее 0,4 сек будет иметь место, когда соотношение токов удовлетворяет неравенству:

$$\frac{I_{0n}}{I_{0m}} \geq 1{,}35$$

Указанное соотношение для поврежденной (n) и неповрежденной (m) линий практически всегда удовлетворяется. Согласно отечественной практике на линиях 110 кВ и выше используются трехступенчатые дистанционные защиты от междуфазных КЗ и четырехступенчатые ТЗНП, Микропроцессорные защиты, имеющие большее число ступеней, позволяют осуществлять полноценную замену традиционных зашит, обеспечивая сохранение существующей системы их согласования, а также дальнее резервирование с помощью дополнительных ступеней.

Изложенное показывает наличие достаточно широких возможностей осуществления дальнего резервирования, которое является важным элементом обеспечения живучести ЕЭС. Однако решение проблемы требует разработки методики расчетов, а также руководящих указаний по её использованию, следование которым было бы обязательным для всех звеньев энергетического комплекса.

К 70-летию со дня рождения

6 мая 2008 года исполнилось 70 лет Годе Семёновичу Нудельману.

Года Семенович Нудельман

Г.С. Нудельман родился на Украине, в г. Житомире. Учился на кафедре электрических станций Новочеркасского политехнического института, который окончил с отличием в 1960 году. Своим учителем считает профессора А.Д. Дроздова, основоположника знаменитой новочеркасской школы релейной защиты.

Отечественный центр релестроения располагается в г. Чебоксарах. В 1960 году на Чебоксарский электроаппаратный завод (ЧЭАЗ) было направлено сразу семь выпускников кафедры электрических станций, специализировавшихся в релейной защите. Отбирали тех, кто проявил себя не только в учёбе, но и в научной работе. Одним из них оказался Года Нудельман.

Разработки

В 1961 году в Чебоксарах был создан Чувашский электротехнический научно-исследовательский институт, преобразованный затем во Всесоюзный НИИ релестроения (ВНИИР). Года Нудельман стал сотрудником его релейного отдела со дня основания, а вскоре возглавил лабораторию линейных защит.

С самого начала работы Г.С. Нудельман проявил склонность к выполнению серьёзных исследований, самостоятельность и оригинальность мышления.
За более чем тридцатилетний период работы во ВНИИР под его руководством и при непосредственном участии были разработаны и освоены в производстве многие типы устройств релейной защиты и автоматики (РЗА), а также отдельные типы и серии реле. К числу основных выполненных в тот период работ относятся исследования, связанные с созданием комплексов РЗА объектов 35 – 750 кВ, опытных образцов РЗА линии электропередачи постоянного тока напряжением ±750 кВ и линии электропередачи переменного тока 1150 кВ, проект по созданию первой отечественной микропроцессорной защиты линий. Большой вклад Г.С. Нудельман внёс в создание аппаратуры РЗА для атомных электростанций, в разработку отечественных стандартов и нормативно-технической документации в области РЗА.

Года Семёнович участвовал в работах по ликвидации аварии на Чернобыльской АЭС в 1986 году, где он руководил бригадой специалистов из Чебоксар, проводивших послеаварийное обследование устройств РЗА.

Руководство

В 1991 году в Чебоксарах сложилась реальная угроза развала коллектива разработчиков релейной защиты. В этот критический момент Г.С. Нудельман предпринял все возможные меры для сохранения в отрасли её ведущих специалистов. Он стал одним из инициаторов создания на базе ВНИИР и ЧГУ научно-производственных предприятий, инициировал идею создания в Чебоксарах совместного предприятия, соучредителями которого явились компания АББ – один из ведущих мировых производителей оборудования для электроэнергетики, ЧЭАЗ и ВНИИР. В 1995 году Г.С. Нудельман перешёл на работу в СП «АББ Реле-Чебоксары» (ныне «АББ Автоматизация») в качестве главного специалиста по РЗА, а впоследствии – директора центра инжиниринга. В создании СП он видел единственную возможность выве-

сти российское релестроение на современный уровень, наверстать отставание в области микропроцессорной техники. Время подтвердило его правоту.

Важный, ставший историческим момент: осознание необходимости перехода на микропроцессорную технику пришло к энергетикам России во многом благодаря знакомству с продукцией компании «АББ Автоматизация» и авторитету Г.С. Нудельмана.

В 2006 году Г.С. Нудельман вернулся во ВНИИР уже в качестве генерального директора. За два истекших года годовой оборот института более чем удвоился, определенная заслуга в этом его генерального директора.

Наставничество

Года Семёнович любит работать с молодёжью, он прирождённый преподаватель и воспитатель молодых специалистов. С 1966 года он связан с кафедрой ТОЭ ЧГУ, периодически работая в качестве преподавателя. Создал в коллективе кафедры творческую бригаду изобретателей. Способствовал формированию научной специализации кафедры в области теоретических основ микропроцессорной релейной защиты, регистрации аварийных процессов и локации замыканий в линиях электропередачи. По материалам проведённых на кафедре исследований защищены докторская и 12 кандидатских диссертаций.

В 50х – 80х годах кадровый состав чебоксарского релестроения формировался преимущественно из выпускников НПИ и Ивановского энергетического института. Собственной подготовки релейщиков в Чебоксарах не велось, и в середине 90-х годов возник настоящий кадровый голод. По инициативе Г.С. Нудельмана в 1995 году в ЧГУ была открыта специальность «релейная защита и автоматизация электроэнергетических систем». Выпускающая кафедра ТОЭ и РЗА была создана на базе прежней кафедры ТОЭ, а учебный процесс построен с учётом возможностей чебоксарских предприятий организовать непрерывную стажировку студентов и магистрантов – своих будущих работников. Опыт подготовки специалистов по такой схеме дал положительные результаты. В 2000 – 2003 годах Года Семёнович организовал многомесячную стажировку в шведском отделении АББ студентов и аспирантов ЧГУ. Те, кто прошёл стажировку, стали лидерами нового поколения чебоксарских релейщиков.

Наука

Ещё будучи студентом, Года Семёнович обнаружил талант изобретателя и большие организаторские способности. За почти полвека работы в Чебоксарах эти качества раскрылись в полной мере. Жизнь сложилась таким образом, что за это время сменилось три поколения релейной защиты – электромеханическое, электронное и, наконец, микропроцессорное. Г.С. Нудельман – общепризнанный специалист по всем поколениям и типам защит, и его изобретения касаются их всех. Целый ряд из его ста с лишним изобретений внедрен в серийное производство на ЧЭАЗ и некоторых других заводах. Он награждён золотой медалью ВДНХ СССР и двумя медалями ВВЦ РФ. Автор более 250 научных трудов.

Трудно переоценить вклад Годы Семёновича в становление чебоксарской школы релейной защиты. Как никто другой, он делал и делает всё возможное для консолидации специалистов, работающих на разных предприятиях. Под его редакцией в 1985 и 1990 годах выходили спецвыпуски журнала «Электротехника» со статьями чебоксарских релейщиков. В 1991 году он стал организатором всесоюзной конференции по РЗА в Чебоксарах. В 1996 году при его активном участии создано некоммерческое партнёрство «Чебоксарский центр РЗА», объединившее ВНИИР, ЧЭАЗ, АББ Автоматизацию, ЧГУ, НПП ЭКРА, Бреслер, Динамика. В 1997 году центр провёл международную конференцию по РЗА. Начиная с 1995 года, Г.С. Нудельман регулярно выступает с докладами на международных конференциях и симпозиумах (Power System Protection (Словения), Developments of the PSP (Нидерланды) и др.), на семинарах компании АББ (Вастерас, Швеция). Он является активным участником ставших традиционными российских семинаров «РЗА» и «ЛЭП».

Во многом благодаря инициативе Годы Семёновича, ставшего председателем оргкомитета, в 2007 году в Чебоксарах под эгидой СИГРЭ проведена международная конференция «Релейная защита и автоматика современных энергосистем», собравшая специалистов из 10 стран мира. Г.С. Нудельман утвержден Российским национальным комитетом СИГРЭ председателем исследовательского комитета по релейной защите.

Творчество

Творческая активность и большая работоспособность, образованность, культура, интеллигентность, мудрость и порядочность Годы Семёновича обеспечили ему заслуженный авторитет среди сотрудников института и релейщиков страны.

Года Семёнович наделён поэтическим даром. Вышли два сборника его стихов. Им написан гимн релейщиков, начинающийся словами «релейщики не гонятся за славой». В жизни ему немало помогает развитое чувство юмора, оно придаёт ему особое обаяние.

Коллеги, ученики и многочисленные друзья от всей души поздравляют Году Семёновича со славным юбилеем, желают ему и его семье доброго здоровья и счастья, выражают уверенность в том, что под его руководством молодой и амбициозный коллектив ВНИИР достигнет новых впечатляющих высот.

Релейная Защита и Автоматика

Года Семенович Нудельман
Генеральный директор ВНИИР, nudelman@vniir.ru

Юрий Яковлевич Лямец
преподаватель кафедры Релейной защиты Чувашского государственного университета им. И.Н. Ульянова

Релейная Защита и Автоматика (РЗА) – совокупность устройств, осуществляющих автоматический контроль и управление состоянием электроэнергетической системы.

РЗА реагирует на возникновение повреждений (в первую очередь – коротких замыканий), нарушить поврежденный участок (или элемент), производить автоматические операции, необходимые для восстановления нормального режима, включать сигнализацию для принятия решения оперативным персоналом. РЗА как наука разрабатывает теорию и методы выявления, распознавания и предотвращения аварийных ситуаций на электроэнергетических объектах.

За более чем 100 лет существования РЗА было разработано всего три поколения устройств: электромеханические, статические и микропроцессорные. Первые в России микропроцессорные системы РЗА были разработаны учеными Чувашии. В эксплуатации находится РЗА всех поколений, но в настоящее время происходит процесс интенсивной замены старых устройств микропроцессорными.

История отечественного релестроения началась в 1886г. с основания завода Российского электротехнического общества в Риге. Во время Первой Мировой войны завод был эвакуирован в Харьков, а в начале Великой Отечественной войны в Чувашию. Так образовался Чебоксарский электроаппаратный завод (ЧЭАЗ), на котором в советское время было сосредоточено производство практически всех отечественных устройств РЗА.

Научные исследования и разработки в области РЗА проводились главным образом в московских институтах ВНИИЭ и «Энергосетьпроект», а также в учебных институтах: Московском энергетическом институте (МЭИ), Новочеркасском и Рижском политехнических институтах. Руководили работами видные отечественные ученые (А.М. Федосеев, А.Д. Дроздов, В.Л. Фабрикант). Доработка устройств осуществлялась в конструкторском отделе и релейной лаборатории ЧЭАЗа (под руководством А. М. Бреслера, Г.Ф. Эдельштейна, В.С. Алексеева). В 1960г. в Чебоксарах состоялось Всесоюзное совещание по релейной защите, сыгравшее историческую роль в создании в Чувашии научно – производственного комплекса РЗА. В 1961г. были образованы Чувашский электротехнический научно-исследовательский институт (ЧЭТНИИ), переименованный затем во Всесоюзный (впоследствии Всероссийский) научно-исследовательский, проектно-конструкторский и технологический институт релестроения, и Волжский филиал МЭИ, на базе которого впоследствии был создан Чувашский государственный университет (ЧГУ).

Ведущие специалисты релейного отдела ВНИИР Ю.Н. Алимов, А.М. Дмитренко, Н.А. Дони, С. Б. Евстропов, Л.А. Надель, Г.С. Нудельман, Ф.М. Розенблюм, В.А. Сушко, Э. М. Шнеерсон получили признание среди релейщиков всей страны. Больших успехов в области РЗА добились также специалисты ЧЭАЗ (Г.П. Варганов, В.И. Гринштейн, В. А. Дашкиев, Р.З. Розенблюм) и ЧГУ (Ю.Я. Лямец, В.М. Шевцов и др.).

Рыночная экономика привела к реструктуризации релестроения. В 1991-92г.г. в Чебоксарах были учреждены несколько предприятий, основу которых составили сотрудники ВНИИР. В 1994г. международный электротехнический концерн АББ совместно с ЧЭАЗ и ВНИИР, делегировавшими своих специалистов, учредил совместное предприятие «АББ Реле-Чебоксары» (ныне ООО «АББ Автоматизация»). В 2001г. начал функционировать исследовательский центр (ИЦ) «Бреслер».

В 2002 г. ОАО «ВНИИР» и ещё несколько электротехнических предприятий г. Чебоксары вошли в состав международной компании ABS Holdings. В 1995г. в Чувашском государственном университете открылась специальность «Релейная защита и автоматизация электроэнергетических систем». В 1996г. организации и предприятия Чебоксар, заинтересованные в развитии отрасли, учредили некоммерческое партнерство «Чебоксарский центр релейной защиты и автоматики» (ЧЦ РЗА). В настоящее время столица Чувашии г. Чебоксары – признанный центр отечественного релестроения. Здесь сосредоточено основное производство систем РЗА, действует своя научная школа. Среди чебоксарских релейщиков три доктора и почти сорок кандидатов технических наук, три Заслуженных изобретателя России и более десяти Заслуженных изобретателей Чувашии.

Литература:

1. Атабеков Г.И. Теоретические основы релейной защиты высоковольтных с сетей. М.: Энергоатомиздат, 1957.
2. Шнеерсон Э.М. Цифровая релейная защита. М.: Энергоатомиздат, 2007.
3. Лямец Ю.Я., Нудельман Г.С. и др. Распознаваемость повреждений электропередачи. Ч. 1, 2, 3. – Электричество, 2001, №№ 2,3,11.