

## Вклад ВНИИЭ в научно-технический прогресс отечественной электроэнергетики

- Антипов К. М., канд. техн. наук, Москва
- Воротницкий В. Э.<sup>1</sup>, доктор техн. наук, АО “Научно–технический центр Федеральной сетевой компании Единой энергетической системы”, Москва
- Моржин Ю. И., доктор техн. наук, АО “Научно–технический центр Федеральной сетевой компании Единой энергетической системы”, Москва
- Савваитов Д. С., канд. техн. наук, Москва

Всесоюзному научно-исследовательскому институту электроэнергетики (ВНИИЭ) в 2019 г. исполнилось бы 75 лет со дня его основания. На его примере в статье проиллюстрирована роль науки в техническом прогрессе базовой отрасли экономики России.

**Ключевые слова:** электроэнергетика, наука, технический прогресс, история развития.

В 2019 г. исполнилось 75 лет со дня создания Центральной научно-исследовательской электротехнической лаборатории (ЦНИЭЛ), в дальнейшем Всесоюзного научно-исследовательского института электроэнергетики (ВНИИЭ).

Государственный Комитет Обороны (ГКО) СССР 19 июля 1944 г. вынес постановление, в котором была поставлена задача достичь довоенного уровня производства электроэнергии, а затем значительно превзойти его. Для научного обеспечения выполнения этой задачи ГКО постановил создать в системе Народного комиссариата электрических станций СССР (НКЭС) Центральную научно-исследовательскую электротехническую лабораторию, в которой развернуть научно-исследовательские работы в области электрической части энергосистем по восстановлению энергетики на бывшей оккупированной территории и дальнейшему развитию электроэнергетики Советского Союза.

ЦНИЭЛ было поручено решение следующих задач: изучение опыта эксплуатации электрических станций, сетей и энергосистем; совершенствование методов эксплуатации и профилактики электрооборудования электрических станций и сетей, повышение его надёжности и экономичности; разработка новых схем объектов электроэнергетики, новых типов электротехнического оборудования, аппаратуры контроля, автоматики, релейной защиты, телемеханики и связи.

Основную роль в становлении ЦНИЭЛ сыграли Иван Аркадьевич Сыромятников и Сергей Михайлович Гортинский. Особая роль в судьбе института, определении его места и влиянии на научно-технический прогресс в электроэнергетике принадлежит Льву Граздановичу Мамиконянцу.

В период 1944 – 1947 гг. в ЦНИЭЛ были созданы лаборатории: электрических машин, высокого напряжения и систем, электрических сетей, релейной защиты, высокочастотной связи, телемеханики, электрических измерений.

ЦНИЭЛ сравнительно быстро превратилась в ведущий научно-исследовательский институт по решению основных проблем в электроэнергетике: повышения надёжности и устойчивости энергосистем и энергообъединений; освоения высших классов напряжения в энергосистемах; создания и освоения нового электротехнического оборудования электростанций и электрических сетей, продления сроков его службы; разработки автоматизированных систем диспетчерского управления, устройств релейной защиты, систем и средств телемеханики и связи.

Развитие энергетики страны требовало расширения тематики работ лаборатории и, в связи с этим, увеличения численности её сотрудников. Технический уровень и объём выполняемых лабораторией работ уже вышел за рамки понятия лаборатория, поэтому в 1958 г. ЦНИЭЛ была реорганизована во Всесоюзный научно-исследовательский институт электроэнергетики – ВНИИЭ.

В 1963 г. в институте был создан вычислительный центр, выделившийся в 1964 г. в самостоя-

<sup>1</sup> Воротницкий Валерий Эдуардович: el.stantsii@gmail.com



**Иван Аркадьевич Сыромятников**

тельную организацию – Вычислительный центр Главтехуправления (ВЦ ГТУ) Минэнерго СССР.

В 1964 г. было завершено строительство самого мощного в стране испытательного центра в Бескудникове для испытаний высоковольтного оборудования, который в том же

году был выделен из состава института в самостоятельную организацию – Научно-исследовательский центр по испытанию высоковольтной аппаратуры – НИЦ ВВА.

В 1985 г. ВНИИЭ как головной научной организации по проблеме автоматизации в энергетике, созданию систем АСДУ (автоматизированная система диспетчерского управления) для крупных энергообъединений, включая ЕЭС (Единая энергетическая система) СССР, были переданы соответствующие подразделения ЭНИН им. Г. М. Кржижановского и института Энергосетьпроект.

В 1987 г. для расширения научно-исследовательских работ по применению в электроэнергетике силовой электроники и координации работ в отрасли по этой проблеме к ВНИИЭ было присоединено Московское отделение Научно-исследовательского института по передаче электроэнергии постоянным током (МО НИИПТ).

В 1993 г. в ходе реструктуризации, проводимой во всей стране, в том числе в энергетике, институт был преобразован в ОАО “ВНИИЭ”, единственным акционером которого стало РАО “ЕЭС России”.

ЦНИЭЛ – ВНИИЭ (далее институт) за годы своего развития внесли весьма существенный вклад в обеспечение научно-технического прогресса электроэнергетики и, в определённой степени, электротехники, причём не только в их практические аспекты, но и в развитие ряда научных положений в этих областях. Далее приведены некоторые существенные результаты деятельности института, направленные на повышение надёжности и экономичности энергосистем, электрических станций и сетей, освоения электропередач высших классов напряжения в энергосистемах; их электрооборудования, надёжности и качества электроснабжения потребителей.

Практически с самого начала деятельности института в нём начались теоретические и экспериментальные исследования нормальных, аномаль-

ных и переходных режимов синхронных и асинхронизированных машин.

Эти работы проводились по инициативе, под общим руководством и при непосредственном участии П. А. Сыромятникова и Л. Г. Мамиконянца и специалистов созданной ими школы – исследователей и разработчиков в области электрических машин: Л. С. Линдорф, А. А. Хачатуров,

В. А. Цветков, А. П. Чистиков, Ю. А. Шмайн, Ю. М. Элькинд и многие другие.

Исследованиями было показано, что режимы работы синхронных и асинхронизированных машин во всех режимах, как правило, существенно шире, чем это считалось раньше.

На этой основе для повышения надёжности работы энергосистем и надёжности электроснабжения потребителей были выработаны рекомендации, получившие в последующем нормативную силу, по работе машин в аномальных режимах с значительно меньшими, чем было раньше, ограничениями:

расширение допустимой степени несимметрии токов статоров турбо- и гидрогенераторов;

разрешение работы турбогенераторов в течение 15 – 30 мин в асинхронном режиме с выработкой активной мощности (40 – 70% номинальной) при потере возбуждения;

разрешение кратковременной работы в асинхронных режимах с последующей ресинхронизацией выпавших из синхронизма генераторов или при нарушении синхронной работы между отдельными частями энергосистем;

определение условий допустимости осуществления включения синхронных генераторов способом самосинхронизации;

определение пределов допустимости применения несинхронных автоматических повторных включений (АПВ);

рекомендации по осуществлению самозапуска ответственных электродвигателей, включая синхронные;

расширение допустимых пределов применения прямых пусков асинхронных и синхронных двигателей.

Эти и другие положения стали основой многих мероприятий в системе противоаварийного управления энергосистемами, а также мероприятий эксплуатационного характера – работа и ремонт линий электропередачи в неполнофазном режиме,



**Сергей Михайлович Гортинский**

упрощение схем и порядка пуска крупных двигателей и др.

Другими важными, особенно для перспективы и научно-технического прогресса в электроэнергетике, являлись начатые в 1954 г. по инициативе М. М. Ботвинника работы по созданию и использованию в электроэнергетике генераторов и двигателей с продольно-поперечным возбуждением, названных им “асинхронизированными синхронными машинами” (АСМ). Эти работы потребовали развития теории установившихся и переходных процессов таких машин, а также теории управления ими. Следует отметить, что одновременно с работой в институте М. М. Ботвинник уделял много внимания развитию шахмат в СССР и многие годы являлся чемпионом мира по шахматам.

С 1970-х годов основным руководителем и ведущим разработчиком теории и основ практического применения не только АСМ, но и охватывающего эти машины более широкого класса оборудования – электромашинно-преобразовательных комплексов – стал Ю. Г. Шакарян. Эти комплексы представляют собой сочетание синхронных или асинхронных машин с включёнными в цепи роторов или статоров, а иногда и в обе эти цепи преобразователями, создаваемыми на базе современной силовой электроники. В работах активное участие принимали Н. Н. Блоцкий, А. Е. Загорский, И. А. Лабунец, Г. Б. Лазарев, А. П. Лохматов, И. Я. Довганюк, Т. В. Плотникова и многие другие.

Результатами этих работ являются: теория таких комплексов, включая теорию АСМ, теория управления ими; принципы создания комплексов; определение целесообразных областей применения их различных видов; создание совместно с электротехническими заводами и их НИИ электромашинно-вентильных комплексов, уже внедрённых и внедряемых в эксплуатацию.

Существенным вкладом ВНИИЭ в решение проблем энерго- и ресурсосбережения являются исследования и разработки регулируемого по частоте вращения электропривода (ЧРЭП), в основе которого лежит комплекс, состоящий из электродвигателя переменного тока (асинхронный или синхронный) и управляемого полупроводникового преобразователя частоты, включённого либо в цепь статора, либо в цепь ротора (Г. Б. Лазарев).

Электропривод ЧРЭП уже широко внедряется на механизмах с регулируемыми режимами (вентиляторы, насосы) для собственных нужд электростанций и в городском хозяйстве, что позволяет значительно снизить потребление электроэнергии, в ряде случаев до 45%. Так, по данным Мосэнерго, в результате внедрения в 1998 – 2000 гг. 26 приводов мощностью 630 – 4000 кВт экономия электроэнергии составила более 40 млн кВт·ч в год.

К работам института в области электромашинно-преобразовательных комплексов относятся также разработки теории и основ создания тиристорных пусковых устройств для асинхронных

двигателей (А. Е. Загорский), а также пускоостанавливающих устройств для турбогенераторов (Ю. Д. Веницкий).

Проблемы применения тиристорных преобразователей для регулируемых статических устройств компенсации реактивной мощности объектов электрических сетей разрабатывались во ВНИИЭ под руководством и при непосредственном участии В. И. Кочкина и коллектива его учеников и последователей (О. П. Нечаев, А. П. Обязуев, В. К. Фокин и многие другие).

Институт проводил большую работу по формированию требований к вновь разрабатываемому основному электрооборудованию электрических станций и сетей в отношении обеспечения надёжности, экономичности, необходимых эксплуатационных характеристик, ремонтпригодности, управляемости, а также в изучении опыта эксплуатации электротехнического оборудования и разработке на его основе мероприятий по устранению недостатков действующего оборудования, его модернизации.

Разработан ряд новых и усовершенствованы многие ранее известные методы испытаний электрооборудования при его приёмке и в эксплуатации. Совместно с изготовителями и персоналом энергосистем, электрических станций и сетей проведены комплексные испытания основного электрооборудования многих электростанций и подстанций.

В их числе турбогенераторы мощностью 800 – 1200 МВт Рязанской и Костромской ГРЭС, гидрогенераторы мощностью 500 и 600 МВт Красноярской и Саяно-Шушенской ГЭС, двигатели-генераторы мощностью 200 МВт Загорской ГАЭС и многих других электростанций, включая Иовскую ГЭС, Бурштынскую ГРЭС, ТЭЦ-22 Мосэнерго, на которых устанавливались асинхронизированные генераторы.

Важнейшее значение имели также комплексные испытания электрооборудования линий электропередачи 400 – 500 и 750 кВ, а также оборудования для электропередач 1150 кВ.

Всесторонне испытаны многие внедрённые регулируемые по частоте вращения электроприводы.

Институт оказывал большую помощь электростанциям и сетевым объектам в освоении в эксплуатации нового и совершенствовании обслуживания уже установленного электрооборудования.



Лев Гразданович Мамиконянц



Очень значим вклад института с самого начала его создания в совершенствование методов и средств профилактических испытаний генераторов, трансформаторов и электродвигателей. Работы этого направления в 1960-х годах развились в более широкий комплекс исследований и разработок по новому, в то время не только для института, но и для отрасли, направлению – созданию систем, методов и средств технической диагностики электрооборудования энергосистем по аналогии с уже действовавшими подобными системами в некоторых технических отраслях, например в авиации.

Отвлекаясь от календарного порядка выполнения работ по этому циклу, можно отметить, что ими охватывается очень широкий круг вопросов, в частности таких, как: анализ и обобщение опыта эксплуатации и повреждаемости оборудования, изучение причин и характера возникновения и развития типовых дефектов в нём, оценка старения составляющих его элементов; проведение комплексных обследований длительно работающего электрооборудования, оценка возможности его дальнейшей эксплуатации и разработка мероприятий для обеспечения надёжности его последующей работы; разработка автоматизированных систем диагностики, в частности экспертных, включающих в себя контроль в процессе работы (мониторинг) и на выведенном из работы оборудовании; создание информационно-диагностических систем; определение путей перехода на базе технической диагностики от календарно-плановой системы проведения ремонтов к системе ремонтов “по состоянию” и т.п.

Весьма существенным является вклад института в развитие научных основ обеспечения надёжной работы существующих и перспективных воздушных линий электропередачи и подстанций, в частности научное обеспечение создания линий электропередач сверх- (СВН) и ультравысокого напряжения (УВН). Исследования и разработки по этим проблемам были начаты в 1945 г. Их инициатором и научным руководителем был до дня своей смерти в 1992 г. талантливый и широко эрудированный учёный В. В. Бургсдорф, создавший в институте школу творческих учёных и инженеров в области воздушных линий (ВЛ) электропередачи, подстанций и их высоковольтного оборудования. В последующие годы руководителями этого направления деятельности ВНИИЭ являлись Д. С. Савваитов и Л. В. Тимашова.

Эти работы способствовали тому, что впервые в мире электропередачи напряжением 500, 750 и 1150 кВ соорудались в СССР.

Научные и практические разработки в области воздушных линий электропередачи, подстанций и их оборудования высокого напряжения с самого начала организации были и являются комплексными, охватывающими вопросы климатологии, механических и тепломеханических процессов на ВЛ, электрических и электромагнитных явлений при

работе ВЛ и подстанций, включая их влияние на окружающую среду, изоляции и защиты от перенапряжений.

Работы по изучению влияния климатических факторов на надёжность воздушных линий электропередачи проводились под руководством В. В. Бургсдорфа. В дальнейшем этими вопросами занимались воспитанные в институте специалисты: Т. А. Басарская, Т. Н. Голикова, Л. Е. Ломилана, Г. Д. Топоркова и др.

По инициативе института была существенно расширена сеть метрологических станций, ведущих наблюдение за гололёдом и сильными ветрами.

В 1976 г. издана утверждённая Минэнерго СССР и разработанная ВНИИЭ методика построения региональных карт гололёдных и ветровых нагрузок ВЛ. Разработано около двухсот карт климатических нагрузок на ВЛ.

Исследования и разработки в области механики и нагрева проводов ВЛ, также проводящиеся с самого начала деятельности ЦНИЭЛ, охватывают развитие теории и экспериментальных исследований динамики проводов, в частности в расщеплённых фазах, разработку основ методологии и устройств для борьбы с вибрацией и пляской проводов, определение механических характеристик проводов и тросов, включая в последние годы провода с оптоволоконными каналами, определение допустимой токовой нагрузки проводов по условиям ограничения провесов и т.п. Руководителями и ведущими исполнителями этих работ в разные периоды были А. Я. Либерман, Е. П. Никифоров, Д. С. Савваитов, В. А. Шкапцов.

Наиболее обширной группой работ института в области электрических сетей являются исследования и разработки, посвящённые электрическим и электромагнитным процессам. Укрупнённый перечень работ, входящих в эту группу, приведён далее.

Исследованы потери от короны и создаваемые ею и искровыми разрядами на линиях электропередачи и подстанциях СВН и УВН помехи, разработаны мероприятия по их ограничению (Н. П. Емельянов, Э. Н. Журавлев, С. В. Крылов, Л. В. Тимашова и др.).

Определены условия самопогасания мощных электрических дуг в воздушных промежутках на линиях СВН и УВН, на этой основе оценены требуемые паузы при повторных включениях (Н. Н. Беляков, В. С. Рашкес, К. В. Хоециан).

Исследованы условия возникновения различных видов перенапряжений и их уровень (грозовых, коммутационных, феррорезонансных и др.) в электрических сетях и на электростанциях; разработаны мероприятия по их предотвращению и ограничению (Н. Н. Беляков, Б. Б. Бочковский, Л. Д. Зилес, К. И. Кузьмичева, А. С. Майкопар, Н. В. Муравлева, В. С. Рашкес, К. В. Хоециан).

Исследованы и разработаны мероприятия по повышению надёжности работы линейной изоляции, в том числе полимерной (С. В. Крылов).

Исследованы режимы работы коммутационной аппаратуры высокого напряжения, разработаны мероприятия по повышению надёжности её работы, составлены аналитические обзоры по состоянию в нашей стране и в мире техники создания коммутационных аппаратов (Г. Н. Дорф, Г. В. Кузнецов, Н. В. Шилин).

Разработаны системы ёмкостного отбора мощности от линий электропередачи (Д. Н. Булашевич, Г. Н. Дорф, В. Д. Юренков).

Следует особенно подчеркнуть, что институтом внесён весьма существенный вклад в разработку научных основ и практических рекомендаций по созданию и эксплуатации первых в мире линий электропередачи переменного тока 400 – 500, 750 и 1150 кВ. При этом исследования и разработки проведены не только по электрическим, климатическим, но и по механическим проблемам создания таких линий. Институт принял активное участие в комплексных испытаниях этих линий, включая первый участок ВЛ 1150 кВ.

Следует отметить важный вклад ВНИИЭ (Ю. Д. Аронштам, В. О. Фрейеров, А. Н. Демин) в разработку, развитие и широкое внедрение методов акустико-эмиссионного контроля технического состояния (выявления внутренних дефектов) фарфоровых опорно-стержневых изоляторов разъединителей и фарфоровых покрышек вводов выключателей 110 – 220 кВ. Разработанные институтом методики и созданные на их базе приборы принадлежат к числу самых эффективных средств своевременного выявления дефектов фарфора и предотвращения возможных по этой причине аварий в электрических сетях.

ВНИИЭ проведены и проводятся важные исследования и разработки, касающиеся режимов работы энергообъединений, энергосистем и электрических сетей, принципов и методов управления ими, обеспечения надёжности и живучести, автоматического регулирования, разработки методов и средств исследований.

В конце 1940-х годов М. М. Ботвинник обосновал и доказал экспериментально возможность работы линий электропередачи в режиме искусственной устойчивости при использовании так называемого сильного регулирования возбуждения генераторов по углу. Принцип сильного регулирования возбуждения синхронных генераторов получил в дальнейшем широкое распространение в стране на основе регулирования не по углу, а по другим, более простым для использования параметрам (частоте, напряжению и др.), косвенно характеризующим угол.

ВНИИЭ внёс существенный вклад в развитие принципиальных основ противоаварийной автоматики и методов расчёта устойчивости сложных энергосистем и потребителей электроэнергии (М. Г. Портной, Ю. Е. Гуревич, Я. Н. Лугинский, Е. К. Лоханин, Ю. А. Тихонов).

Разработаны методы оптимизации установившихся режимов энергообъединений, энергосистем, электростанций и каскадов ГЭС по активной и реактивной мощностям (В. М. Горнштейн, В. А. Тимофеев, Е. В. Цветков, Т. М. Алябышева, Т. Н. Протопопова).

Большое внимание уделялось и уделяется повышению экономичности передачи и распределения электроэнергии. Под научным руководством и при непосредственном участии В. Э. Воротницкого и Ю. С. Железко выполнен комплекс работ по развитию принципов и методов расчёта, анализа и нормирования, оценки эффективности внедрения мероприятий по снижению потерь электроэнергии на её передачу в электрических сетях всех уровней напряжения от 0,38 до 750 кВ включительно. Разработаны и широко внедрены методики проведения энергетических обследований электросетевых предприятий для выявления резервов снижения потерь электроэнергии в сетях.

Под руководством Я. Т. Загорского выполнен ряд важнейших работ по совершенствованию и развитию метрологического обеспечения электрических измерений и учёта электроэнергии на объектах электроэнергетики. В частности, впервые были разработаны типовые методики выполнения измерений электрической мощности и электроэнергии, которые в дальнейшем стали обязательной метрологической основой для создания и внедрения автоматизированной информационно-измерительной системы контроля и учёта электроэнергии (АИИС КУЭ) на оптовом рынке электроэнергии.

Большое внимание уделялось также вопросам компенсации реактивной мощности, регулирования напряжения и увеличения пропускной способности реконструируемых и новых линий электропередачи. Работы этого направления развились в широкий комплекс проводимых под руководством Ю. Г. Шакаряна и В. И. Кочкина исследований и разработок по созданию и режимам работы гибких передающих систем переменного тока (FACTS), причём не только на базе использования статических управляемых устройств, но и с использованием вращающихся компенсаторов на линиях электропередачи, а также АС-генераторов электростанций, близких к концам электропередач в передающих и приёмных энергосистемах.

Институтом проведены исследования и разработки по таким важным проблемам режимов работы энергообъединений, энергосистем и электрических сетей, как автоматическое регулирование частоты и активной мощности (А. Г. Москалев, И. Б. Копылов и др.), стандартизация и контроль качества электроэнергии (Н. Н. Мельников, Ф. Ф. Карпов, Ю. С. Железко, В. Н. Никифорова и др.), совершенствование методов аналитических и экспериментальных исследований режимов энергосистем (Н. А. Картвелишвили, Н. И. Соколов, В. Ф. Тимченко, В. К. Фокин, А. А. Хачатуров и др.).

др.), надёжность энергосистем и электроснабжения потребителей (Ф. И. Синьчугов, Р. Я. Федосенко, Ю. Е. Гуревич и др.).

Логическим развитием исследований режимов работы энергосистем, принципов управления ими в сочетании с освоением возможностей, предоставляемых быстро развивающейся вычислительной техникой, явилось проведение в институте, начиная с 1970-х годов, широкого круга исследований и разработок по новому для того времени направлению работ – созданию автоматизированных систем управления (АСУ) в электроэнергетике (Ю. И. Моржин).

Основными в этой группе были работы по математическому и информационному обеспечению АСУ разных уровней диспетчерского управления (АСДУ), проводившиеся совместно с ЦДУ ЕЭС СССР, ВЦ ГТУ, институтом Энергосетьпроект и др.

Большой объём работ был проведён по АСУ предприятий и районов электрических сетей – АСУ ПЭС и РЭС (В. Э. Воротницкий), по АСУ технологическими процессами (АСУТП) электрических станций и подстанций, в том числе в отношении системных требований и принципов их реализации.

В результате проведённых работ внесён существенный вклад в развитие методов расчёта стационарных и переходных режимов энергосистем и электрических сетей, в совершенствование методов и средств их анализа и в оптимизацию управления ими.

На базе ЭВМ различных поколений и типов институтом разработано и внедрено математическое обеспечение разных уровней и различных поколений АСДУ и АСУ в электроэнергетике, включая специализированные базы данных, геоинформационные системы и современные средства организации человекомашинного интерфейса. Наиболее важными разработками в этой области являются:

АСДУ нового поколения для энергосистем и крупных предприятий электросетей (ПЭС) с использованием неоднородных вычислительных систем, включая режимно-технологические задачи в режиме реального времени (В. Ф. Жаркин, Ю. А. Тихонов, М. И. Лондер, С. Г. Попов, Ю. И. Моржин, К. М. Митюшкин);

интеллектуальные (экспертные) системы для оперативно-диспетчерского персонала энергосистем и ПЭС (Ю. Я. Любарский);

динамические режимные тренажёры для энергообъединений и энергосистем (М. А. Рабинович);

автоматизированные системы контроля и учёта электроэнергии – АСКУЭ (Я. Т. Загорский, В. М. Щуров).

Институт занимал ведущее место в электроэнергетике по созданию систем сбора, передачи и обработки информации в АСДУ на базе современных средств телемеханики.

Разработанная институтом центральная координирующая система АРЧМ (автоматического регулирования частоты и мощности) с 1990 г. используется в АО “СО ЕЭС” для регулирования частоты в энергосистеме РФ и контроля отечественных межсистемных и межгосударственных потоков электроэнергии (А. М. Машанский).

Оперативно-информационный комплекс (ОИК) “Диспетчер 5”, созданный во ВНИИЭ, с 1985 до 2004 г. являлся главной компьютерной системой обеспечения оперативно-диспетчерского управления в АО “СО ЕЭС” (Г. Л. Кемельмахер, А. Л. Вулис, Г. П. Кутлер).

В 1999 г. в Мосэнерго (крупнейшей в то время энергосистеме РФ) была введена в промышленную эксплуатацию информационно-вычислительная система “ДС-Альфа”, сочетающая традиционные функции ОИК с решением режимно-технологических задач в режиме реального времени с использованием интеллектуальных (экспертных) систем и динамических тренажёров для оперативного персонала (М. И. Лондер).

Активно используются в РФ и странах СНГ разработанные ВНИИЭ комплексы программ оптимизационных и имитационных расчётов для планирования и анализа режимов каскадов ГЭС с учётом требований энергетических и неэнергетических водопользователей (Е. В. Цветков, Т. М. Алябышева, Т. Н. Протопопова, П. С. Абакшин).

Заслуженной известностью пользуется постоянно развивающийся программный комплекс “Энергостат”, предназначенный для прогнозирования и анализа различных параметров, характеризующих работу энергообъединений (Б. И. Маклюев).

Широкое внедрение на предприятиях и в энергосистемах получили разработанные в институте комплексы программ для расчёта, анализа и нормирования потерь электроэнергии в электрических сетях. Эти комплексы программ постоянно развиваются и совершенствуются по мере развития средств АСУ и АСДУ, информационного обеспечения расчётов режимов электрических сетей 0,38 – 750 кВ (Ю. С. Железко, В. Э. Воротницкий, М. А. Калинкина).

Важными, практически используемыми результатами работ института являются комплексы программ с применением аппарата экспертных систем для анализа топологии энергосистем нештатных ситуаций, проработки ремонтных заявок и др. (Ю. Я. Любарский).

По заказу Минтопэнерго, РАО “ЕЭС России” ВНИИЭ провёл разработку унифицированных протоколов обмена информацией в электроэнергетике на базе стандартов МЭК; выпущено 15 стандартов серии ГОСТ Р МЭК 60870.

По АСКУЭ разработан ряд нормативно-технических документов: “Основные положения”, “Типовые технические требования”, “Типовой про-



ект” и т.п. Созданы ТЗ и ТЭО по АСКУЭ ряда конкретных объектов разных уровней (В. М. Щуров).

В связи с возросшим объёмом оснащения объектов электроэнергетики (ПАО “ФСК ЕЭС”, АО “СО ЕЭС”) видеоцифрами активно востребована разработанная ВНИИЭ ситуационная технология отображения состояния энергообъектов (Л. С. Штейнбок).

Важным направлением деятельности института, начиная с 1945 г., является проведение исследований и разработок систем и средств релейной защиты, системной автоматики, связи, обнаружения и определения мест повреждений в электрических сетях, телемеханики, необходимых для обеспечения надёжной работы и эффективного управления энергосистемами, электрическими станциями и их электрооборудованием (К. М. Митюшкин, Г. М. Шалыт).

В области релейной защиты и системной автоматики развиты научные основы создания таких систем и средств для энергообъединений, энергосистем, электрических станций и сетей, включая распределительные сети и их электрооборудование, а также в определённой степени электроустановки потребителей электроэнергии. Созданы более совершенные, чем ранее, защиты генераторов, трансформаторов, линий электропередачи. Особо следует отметить разработку отсутствовавших ранее систем и средств релейной защиты и автоматики для созданных в нашей стране впервые в мире линий электропередачи большой протяжённости 500, 750 и 1150 кВ. Последние несколько лет основное внимание уделяется созданию защит и автоматики на основе микропроцессорной техники.

Основными руководителями и участниками разработок в этой области последовательно были: М. И. Царев, И. Н. Попов, Е. Д. Сапир, Я. С. Гельфанд и в последнее время А. И. Левиуш.

Исследования и разработки в области связи в энергосистемах в основном были направлены на развитие теоретических основ и создание необходимой аппаратуры высокочастотной связи по проводам силовых линий электропередачи. Институт был ведущим разработчиком этой техники в стране. Разработанные в нём системы и аппаратура были освоены промышленностью и до сих пор применяются в электрических сетях, включая сети СВН и УВН. Руководителями и основными разработчиками этих систем и технических средств в институте были Н. А. Ульяновский, Я. Л. Быховский, Г. В. Микуцкий, Л. И. Брауде, В. С. Скитальцев, В. Б. Соколов, Ю. П. Шкарин, М. А. Кальманович.

Силами ЦНИЭЛ и ВНИИЭ были созданы и широко внедрены в энергосистемы разработанные совместно с другими организациями системы и средства определения мест повреждений воздушных и кабельных линий. Работы этого направления активно велись с 1945 до 1980-х годов и возглавлялись В. Л. Бакиновским и Г. М. Шалытом,

являвшихся их основными исследователями и разработчиками. Большой вклад в эти разработки внесли также Я. Л. Быховский, А. П. Осадчий, В. К. Спиридонов, Л. И. Брауде.

Исследования и разработки в области телемеханики в электроэнергетике в институте активно велись с 1946 г. В первые десятилетия деятельности разрабатывались системы и средства телемеханики для электрических сетей и электрических станций. Такие технические средства были освоены промышленностью и широко внедрены в энергосистемы. Разработавшиеся в институте теоретические и практические аспекты создания и применения систем и средств телемеханики для электроэнергетики отражены во многих научно-технических публикациях. Эти работы сегодня стали основой для создания интеллектуальной электроэнергетической системы новой России с применением цифровых техники и технологий.

Институт является автором или соавтором большого числа нормативно-технических документов в электроэнергетике. В их числе “Правила устройства электроустановок”, “Правила технической эксплуатации”, руководящие указания, государственные стандарты, инструкции, противоаварийные и эксплуатационные циркуляры. Сегодня большая часть этих документов требует доработки, которая проводится в недостаточном объёме из-за отсутствия отраслевой политики нормативно-технического обеспечения и необходимого финансирования.

Специалисты института активно и творчески участвовали в международных организациях – Международном совете по большим электроэнергетическим системам (СИГРЭ) и Международной электротехнической комиссии (МЭК).

Научные достижения и широкие связи ВНИИЭ с зарубежными энергетическими компаниями и организациями принесли институту заслуженный авторитет в мире.

За вклад в развитие отечественной электроэнергетики и электротехники многие работники ВНИИЭ награждены Ленинской и Государственной премиями СССР, премиями Правительства СССР и РФ, Академии наук СССР и РФ, отраслевыми наградами и почётными званиями.

#### **Ленинские премии:**

1962 г. – В. В. Бургсдорф – за создание линий электропередачи 500 кВ.

1964 г. – М. И. Царев, Е. Д. Сапир, Г. В. Микуцкий – за разработку и внедрение систем и средств релейной защиты и автоматики линий электропередачи 500 кВ.

#### **Государственные премии:**

1948 г. – И. А. Сыромятников – за разработку методов пофазного ремонта воздушных линий электропередачи.

1950 г. – М. И. Царев, И. И. Соловьев, И. Н. Попов – за разработку новых устройств релейной защиты.

1968 г. – Ю. А. Шмайн – за разработку и внедрение быстродействующих систем возбуждения с управляемыми преобразователями для мощных гидрогенераторов и синхронных компенсаторов.

1978 г. – К. М. Антипов, Н. П. Фуфурин – за создание и внедрение в энергетику комплекса мощных высоковольтных трансформаторов.

1986 г. – В. М. Горнштейн, Л. Г. Мамиконянц, К. Г. Митюшкин – за разработку теории и методов управления режимами электроэнергетических систем и их применение в АСДУ ЕЭС СССР.

2004 г. – Ю. Н. Львов – за создание системы повышения надёжности и живучести ЕЭС России.

#### **Премии Совета министров СССР:**

1979 г. – В. В. Бургсдорф – за создание высокогорной воздушной линии электропередачи 500 кВ.

1980 г. – Л. А. Бибер, Ю. Е. Жданова, Ю. М. Элькин – за комплекс работ по созданию, метрологическому обеспечению и широкому внедрению методов и средств контроля надёжности сооружений и оборудования ГЭС.

#### **Премия им. П. Н. Яблочкова Академии наук:**

1979 г. – Ю. П. Шкарин – за серию трудов по волновым процессам в многопроводных линиях.

1993 г. – Ю. Г. Шакарян – за цикл работ “Теория, проектирование и моделирование машинно-вентильных систем”.

Основной вклад в развитие отечественной электроэнергетики и перечисленные достижения ведущих специалистов института были получены в результате активной государственной поддержки, финансирования и координации со стороны Главтехуправления Министерства энергетики и электрификации СССР, Госкомитета по науке и технике СССР. Исследования и разработки проводились в тесном сотрудничестве и взаимодействии с институтами РАН, вузами, отраслевыми научно-исследовательскими и проектными организациями, предприятиями – производителями электротехнического оборудования, средств релейной защиты, автоматики, связи, телемеханики, учёта электроэнергии.

Для подготовки научных кадров в институте действовала аспирантура по специальности “Электрические станции и электроэнергетические системы”. При институте работал диссертационный совет по защите диссертаций на соискание учёных степеней кандидата и доктора технических наук по трём специальностям: “Электромеханика и электрические аппараты”, “Электротехнические комплексы и системы” и “Электростанции и электроэнергетические системы”.

В 2006 г. произошло слияние ОАО “ВНИИЭ” с ОАО “НИЦ ВВА”, ОАО “РОСЭП” и ОАО “СибНИИЭ” с образованием на основе этого слияния ОАО “Научно-технический центр электроэнергетики”.

При этом ВНИИЭ как самостоятельная организация прекратил своё существование. В 2011 г. ОАО “Научно-технический центр электроэнергетики” было преобразовано в АО “Научно-технический центр Федеральной сетевой компании Единой энергетической системы” (АО “НТЦ ФСК ЕЭС”). Главной задачей этой организации стало решение научно-технических задач, стоящих перед ПАО “ФСК ЕЭС”.

## **Заключение**

За 62 года своей работы институт внёс весьма существенный вклад в научно-технический прогресс отечественной электроэнергетики, в создание и развитие ЕЭС страны, обеспечение её надёжной работы в нормальных, аварийных и послеаварийных режимах.

Созданные с активным участием института программно-технические комплексы и автоматизированные системы управления режимами энергосистем, измерения, учёта и контроля электроэнергии служат основой для решения современных задач цифровой трансформации отрасли, разработки и внедрения интеллектуальных систем управления надёжностью, качеством и экономичностью электроснабжения потребителей.

В 1990-е годы, после развала СССР, коренным образом изменилось отношение к науке вообще и, в наибольшей степени, к отраслевой науке, которая сама по себе не даёт прибыли. Прибыль приносит внедрение достижений отраслевой науки, поэтому она безусловно необходима. В частности, в электроэнергетике она обеспечивает необходимый научно-технический уровень, снижает аварийность, увеличивает надёжность уменьшает ущерб от аварий, потери от недоотпуска электроэнергии, оптимизирует режимы работы энергосистем и повышает в итоге экономичность энергетики.

В 1990-е годы стало нормой принижать уровень развития страны, декларируя её отсталость, в том числе в науке и технике, хотя в отечественной электроэнергетике мы во многом опережали развитые страны по электропередаче высших классов напряжения, по автоматизации энергосистем, регулированию их режимов. Это было и заслугой ВНИИЭ.

Несмотря на нынешние трудности финансирования, вызвавшие сокращение круга решаемых задач, численности персонала, материальной базы научных исследований в отраслевой науке, мы надеемся, что отношение к ней изменится и она снова станет полноценным инициатором и лидером научно-технического прогресса в электроэнергетике страны.