

DOI: 10.34831/EP.2020.1072.11.007

### НИИПТ – НТЦ ЕЭС – НТЦ ЕЭС Противоаварийное управление: 75 лет истории института

- **Кощев Л. А.<sup>1</sup>**, доктор техн. наук, заместитель генерального директора – научный руководитель АО “Научно–технический центр Единой энергетической системы Противоаварийное управление” (АО “НТЦ ЕЭС Противоаварийное управление”), Санкт–Петербург

Приводятся история создания института, развитие его тематики с представлением наиболее значимых работ по каждому тематическому направлению, создание уникальной экспериментальной базы, а также изменения структуры института с его основания в 1945 г. до настоящего времени.

**Ключевые слова:** НИИПТ, НТЦ ЕЭС, НТЦ ЕЭС Противоаварийное управление, электроэнергетическая система, дальние электропередачи постоянным и переменным током, техника высоких напряжений, преобразовательная техника.

За годы своего существования институт переживал серьёзные изменения тематики, структуры и численного состава сотрудников. Будучи созданным для решения конкретной задачи – разработки и внедрения технологии передачи электроэнергии постоянным током, уже в первое десятилетие своего существования превратился в многопрофильный научно-технический центр электроэнергетики.

Наибольшая численность персонала, развитие исследовательской базы и разнообразие тематики были достигнуты к концу 1970-х – середине 1980-х годов. Сформировались четыре (примерно равноценные по объёму выполняемых работ и численности занятых сотрудников) основных направления деятельности: передачи и вставки постоянного тока, техника высоких напряжений, электрические системы, специальная тематика (в основном на базе преобразовательной техники). Показательно, что полученные по работам НИИПТ четыре Государственные премии СССР относятся по одной к каждому из этих направлений.

В 1990-е годы снижалась численность, сужалась и тематика, причём постепенно всё больший вес в объёме работ приобретала “системная” тематика. Эта тенденция сохранилась и в последние два десятилетия, к концу которых институт практически превратился в расширившийся отдел электрических систем, тематика которого определялась вопросами развития энергосистем и управления (главным образом противоаварийного) энергосистемами. Наконец, в самое последнее

время деятельность института сосредотачивается во все большей мере на одном из этих направлений – противоаварийном управлении энергосистемами.

Все эти изменения определялись изменениями, происходившими в электроэнергетике, общественных и экономических отношениях, а также положением института в электроэнергетической отрасли.

Далее в статье рассматриваются происходившие изменения на фоне решаемых институтом задач. При этом использовались материалы ранее опубликованной статьи по истории НИИПТ – НТЦ ЕЭС [1].

После окончания Великой Отечественной войны перед страной встала проблема восстановления хозяйства, разрушенного в ходе военных действий. Одновременно были поставлены задачи по модернизации и созданию новых отраслей промышленности и внедрению новых технических решений в различных областях науки и техники. В электроэнергетике наряду с созданием крупнейших электростанций, объединением энергосистем, освоением новых классов напряжения линий электропередачи предлагалось создать передачи постоянного тока (ППТ) для транспорта больших объёмов электроэнергии на дальние расстояния.

Следует отметить, что ещё на первых этапах проектирования энергосистемы СССР в начале 1930-х годов высказывалась идея об использовании ППТ для передачи электроэнергии на дальние расстояния и связи между секциями единой высоковольтной сети [2]. Эти новаторские идеи получили мировое признание и в последующем были развиты и использованы при создании крупней-

<sup>1</sup> Кощев Лев Ананьевич: ntc@ntcees.ru

ших энергообъединений Северной Америки, Европы, Китая, Индии, Бразилии.

Из немецких публикаций военного времени было известно, что в Германии велись работы по созданию мощных ППТ, которые предполагалось использовать для передачи в Германию электроэнергии от крупных гидроэлектростанций на Днестре и Волге, сооружение которых планировалось в СССР до войны. В качестве пилотного проекта программы создания будущих сверхдальних и сверхмощных ППТ в Германии во время войны сооружалась опытно-промышленная воздушно-кабельная ППТ Эльба – Берлин, которая не была введена в эксплуатацию. Оборудование этой передачи было включено в объём репараций. С участием немецких и советских специалистов, в том числе будущих сотрудников НИИПТ, оборудование преобразовательных подстанций и кабель были демонтированы и перевезены в СССР, где использовались при создании опытно-промышленной ППТ Кашира – Москва.

Для творческого освоения этой техники и последующего проектирования мощных ППТ решением Правительства СССР в октябре 1945 г. был создан Институт по передаче электроэнергии постоянным током высокого напряжения (НИИПТ). В создании и становлении института участвовали многие выдающиеся руководители и ученые – Д. Г. Жимерин, И. И. Угорец, А. Н. Некрасов, А. А. Горев, М. А. Шателен, М. П. Костенко, М. А. Заславский и др.

В первые годы, до перебазирования в Ленинград научным руководителем НИИПТ был назначен чл.-кор. АН СССР К. А. Круг.

НИИПТ быстро (для послевоенного времени) преодолел организационные, кадровые и бытовые трудности периода становления. В первой половине 1950-х годов сформировались основные научные подразделения института, претерпевшие в дальнейшем ряд структурных преобразований (см. рисунок).

Ядро коллектива института составили пришедшие из эксплуатационных, проектных, учебных, научных организаций специалисты различных направлений (Н. Н. Щедрин, Л. А. Сена, Н. А. Воскресенский, С. Г. Ветчинин, А. В. Поссе, А. М. Рейдер, П. П. Острый, И. Н. Шапошников и др.) и молодые энтузиасты (В. И. Емельянов, В. А. Иванченко, Е. М. Берлин, Е. А. Марченко, Д. Е. Кадомский, А. К. Манн, С. С. Шур, А. В. Корсунцев и др.).

С первых дней институт приступил к планомерной работе по созданию ППТ Кашира – Москва, а также теоретическому обоснованию и экспериментальной проверке основных технических решений в области преобразовательной и высоковольтной техники ППТ. Благодаря этим работам уже в 1950 г. была включена в эксплуатацию первая в мире опытно-промышленная ППТ Кашира –

Москва. В первой половине 1950-х годов с использованием опыта, полученного в ходе создания и освоения ППТ Кашира – Москва, были сформулированы основные теоретические положения и разработаны принципы проектирования будущих мощных ППТ.

Созданием в 1947 г. лаборатории техники высоких напряжений (ЛТВН) и в 1953 г. лаборатории электрических систем (ЛЭС) определилось постепенное превращение НИИПТ в многопрофильный исследовательский центр электроэнергетики.

Успехи исследований в области техники высоких напряжений более чем во многих других направлениях определяются возможностями натуральных исследований. ЛТВН НИИПТ первоначально была создана на высоковольтной базе, разработанной под руководством проф. А. А. Горева. В дальнейшем база лаборатории (отдела) получила интенсивное развитие и заняла место в ряду крупнейших мировых исследовательских центров.

При использовании вычислительной техники того времени (расчётные столы, арифмометры и др.) расчёты нормальных и особенно переходных режимов в энергосистемах требовали огромных затрат времени. Вынужденное глубокое эквивалентирование схемы не позволяло получить надёжные результаты для сколь-нибудь сложной энергосистемы. Поэтому уже в первой половине 1950-х годов была создана электродинамическая (физическая) модель энергосистемы (ЭДМ), которая в последующем развивалась и совершенствовалась. ЭДМ сыграла исключительную роль в исследовании режимов и устойчивости при проектировании развития и обеспечении надёжности больших энергосистем.

Очевидно, что важнейшим и наиболее сложным элементом ППТ является преобразователь с системами управления, регулирования и защиты. Основным элементом преобразователя в то время являлся ртутный вентиль. Для исследования физических процессов в ртутных вентилях в НИИПТ была создана крупнейшая в стране лабораторная база.

Таким образом, уже к середине 1950-х годов в НИИПТ был создан уникальный исследовательский комплекс, включающий опытно-промышленную ППТ, высоковольтный центр, ЭДМ, лабораторию ртутных вентилях. Развитию и совершенствованию этой базы все последующие годы уделялось исключительное внимание.

Во второй половине 1950-х годов значительно увеличилась численность и повысилась квалификация сотрудников НИИПТ, что обеспечило развёртывание исследовательских и практических работ по всем направлениям. Вместе с другими исследовательскими, проектными и производственными организациями велись интенсивные работы по созданию ППТ Волгоград – Донбасс, на тот момент самой мощной ППТ в мире. Сотрудники ла-

бораторий режимов, управления, защиты и автоматики, измерительной лаборатории не только разрабатывали эту ППТ, но и участвовали во всех стадиях ее наладки и включении в эксплуатацию в 1962 г.

Сотрудники лаборатории ртутных вентиляей провели исследования и предложили ряд усовершенствований, направленных на повышение стабильности и надёжности работы “ртутников”. Коллективу ЛРВ вместе со специалистами лаборатории управления, защиты и автоматики удалось обеспечить устойчивую работу преобразователей ППТ Кашира – Москва и Волгоград – Донбасс. Преобразователи на подстанции в Донбассе проработали более 50 лет.

Высоковольтные вопросы ППТ исследовались в лаборатории высоковольтной техники. Наряду с этим, а, возможно и прежде всего, в ЛТВН решались различные проблемы, связанные с развитием высоковольтной сети. В 1958 г. ЛТВН возглавил канд. техн. наук Н. Н. Тиходеев, в последующем – академик. Лаборатория под его руководством приобрела всесоюзное значение. Коллективу этого подразделения НИИПТ поручались самые разные задачи государственного уровня – перевод ВЛ Куйбышев – Москва на напряжение 500 кВ, участие в обосновании и создании всех новых классов напряжения (330, 500, 750, 1150 кВ), разработка новых методик, стандартов и руководящих указаний по испытаниям оборудования, обоснование экологических нормативов и др.

В первые годы существования лаборатории электрических систем ей была поручена разработка альтернативных вариантов передачи электроэнергии на дальние расстояния переменным током – с установками продольной компенсации, с подпорными синхронными компенсаторами, в том числе так называемыми компенсированными синхронными компенсаторами. Большое внимание уделялось одному из новых перспективных направлений – “сильному” регулированию возбуждения генераторов и синхронных компенсаторов. В это время началось и в последующем развивалось плодотворное сотрудничество с одним из ведущих специалистов в области “сильного” регулирования – Г. Р. Герценбергом (ВЭИ). Разработки технических решений в области сильного регулирования возбуждения (АРВСД) интенсивно велись в этот период в нескольких организациях. Исследования с использованием ЭДМ НИИПТ давали определённые преимущества ВЭИ в “доводке” и внедрении АРВСД в энергосистемах.

К концу 1950-х – началу 1960-х годов НИИПТ располагал значительным опытом исследований, в основе которого лежали знания, полученные на опытно-промышленной ППТ Кашира – Москва. На мировом, а в ряде случаев и на уровне выше мирового, проводились исследования короны на проводах линий электропередачи, вопросов коор-

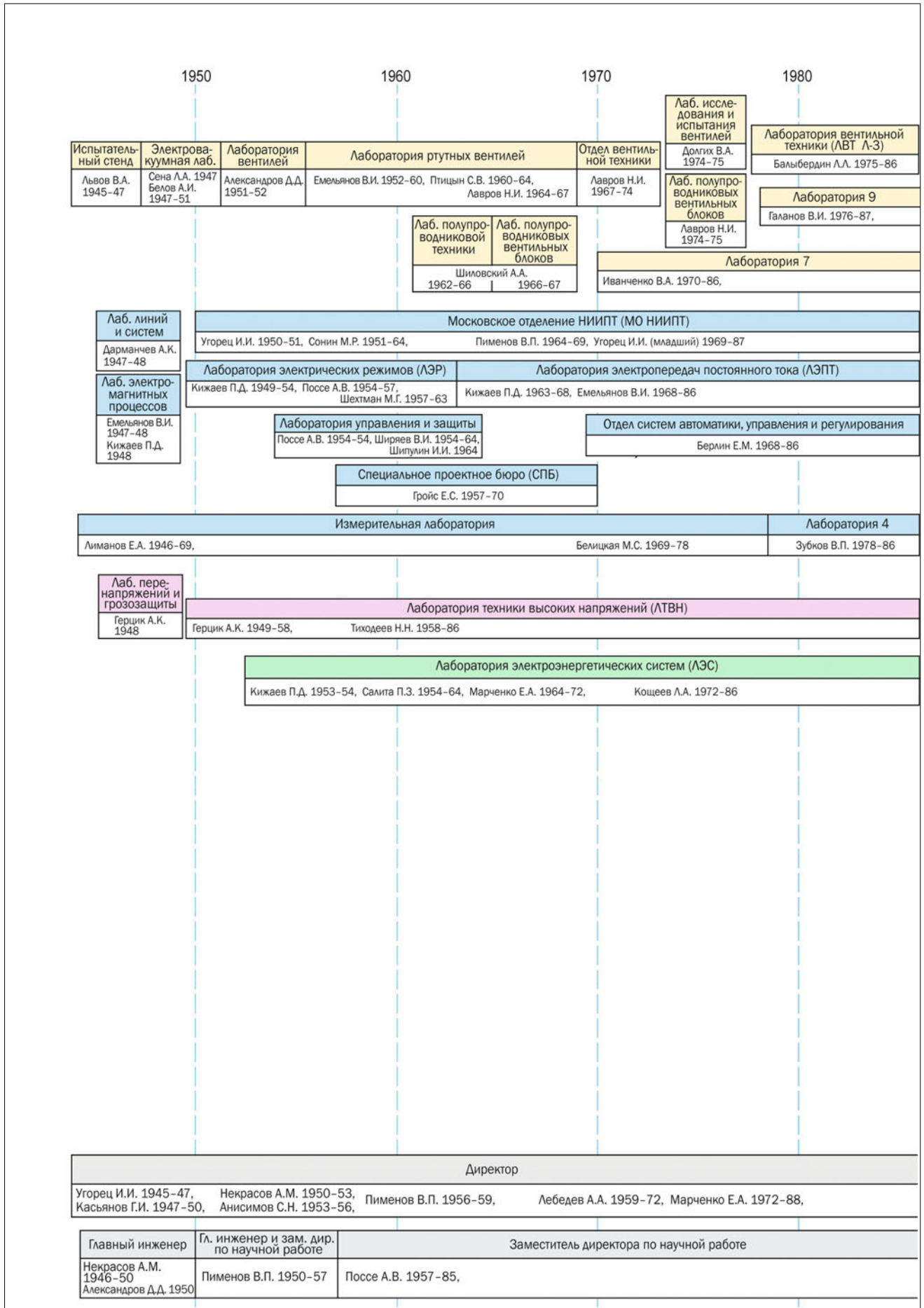
динации изоляции в сетях высших классов напряжения, переходных процессов и устойчивости сложных энергосистем, средств автоматики и регулирования в энергосистемах.

В 1960 – 1970-е годы основной задачей подразделений НИИПТ, связанных с тематикой ППТ, было проектирование ППТ  $\pm 750$  кВ Экибастуз – Центр. Для координации работы НИИПТ с институтом “Энергосетьпроект”, ВЭИ и другими организациями, участвующими в создании этой передачи, в НИИПТ было образовано специальное проектное бюро (Спецпроектбюро).

Первоначально проект разрабатывался в расчёте на использование преобразователей с ртутными вентилями. Однако в связи с успехами мировой науки в области полупроводниковой техники, проект был переориентирован на использование тиристорных преобразователей. При этом большое значение имело творческое сотрудничество с крупными специалистами в этой области – академиком Б. П. Константиновым, доктором техн. наук И. В. Греховым (ФТИ им. Иоффе) и др. В 1970-е годы проектирование ППТ было закончено и начался этап создания принципиально нового оборудования, были построены специальные предприятия и испытательные комплексы. На моделях и стендах НИИПТ велись проверка и корректировка алгоритмов, исследования и испытания некоторых устройств систем управления, регулирования и защиты, высоковольтные испытания оборудования для ВЛ ППТ, а также исследования влияния ППТ на режимы ЕЭС и возможностей управления мощностью ППТ для повышения устойчивости энергообъединения в аварийных режимах.

В 1960-е и 1970-е годы в НИИПТ постепенно наращивалась доля работ, не связанных с ППТ. В значительной мере этому способствовало быстрое развитие электроэнергетических систем в СССР. В планах и проектах развития электроэнергетики большое внимание уделялось исследованию режимов, устойчивости и живучести энергосистем и энергообъединений, в процессе создания которых возникали те или иные нетривиальные условия, требующие специальных исследований.

Для решения таких задач исключительно большое значение приобрела электродинамическая модель (ЭДМ), имевшаяся в распоряжении ЛЭС. Модель обеспечивала возможность исследования не только установившихся режимов и статической устойчивости, но и переходных процессов и динамической устойчивости сложной энергосистемы с включением в состав модели натуральных регуляторов, устройств автоматики и защиты. ЭДМ постоянно развивалась, что обеспечивало возможность проводить исследования одновременно для нескольких энергосистем, а также изучать и совер-







шенствовать различные средства регулирования и автоматики.

В 1960-е годы в лаборатории электрических систем появился вычислительный центр, создание которого знаменовало развитие в институте методов математического моделирования. Характеристикой объёма и интенсивности работ является двух- – трёхсменное использование ЭДМ и круглосуточная работа вычислительного центра. Особо плодотворным в этот период было комплексное использование методов физического и математического моделирования. Вскоре услугами вычислительного центра стали пользоваться все лаборатории института.

Основная часть работ ЛЭС была направлена на решение вопросов надёжности, устойчивости и живучести при эксплуатации и проектировании развития электроэнергетических систем Северо-Запада, Центра, Поволжья, Урала, Сибири, Средней Азии, Единой энергосистемы в целом.

Наряду с этим лаборатории поручались крупные исследовательские работы методического характера в области надёжности и переходных процессов в больших энергосистемах, режимов слабых межсистемных связей и др., а также разработка и совершенствование устройств и систем регулирования и противоаварийной автоматики.

Развитие и объединение энергосистем было тесно связано с созданием линий электропередачи все более высоких классов напряжения. Участие во внедрении каждого нового класса напряжения было этапом в развитии ЛТВН, её лабораторной базы и квалификации сотрудников. За комплекс работ, связанных с внедрением класса напряжения 750 кВ, Н. Н. Тиходеву была присуждена Государственная премия СССР.

В 1979 г. “за успешное внедрение комплекса научных исследований по созданию нового электрооборудования для линии электропередачи напряжением 750 кВ Винница (СССР) – Альбертирша (Венгрия) и обеспечению её устойчивой и надёжной работы” НИИПТ награжден орденом “Знак Почета”. Орденами и медалями награждена и группа сотрудников ЛТВН и ЛЭС.

Сотрудники ЛТВН внесли большой вклад в исследование физических процессов в электроустановках высокого и сверхвысокого напряжения переменного и постоянного тока, в том числе, грозозащиты и защиты от внутренних перенапряжений, коронного разряда, линейной изоляции и изоляции электротехнического оборудования, экранирующих и заземляющих устройств. Эти работы способствовали повышению надёжности электроэнергетики страны и были важны также для разработки и внедрения новых видов электротехнического оборудования. Лаборатория была одним из ведущих научных центров по технике высокого напряжения и обладала уникальными высоковольтными испытательными стендами.

В течение многих лет в НИИПТ велась работа по обеспечению надёжной работы изоляции в районах с загрязнённой атмосферой. Изучался опыт эксплуатации изоляции в таких районах, проводились лабораторные испытания изоляторов различных типов при искусственном загрязнении их с целью определения оптимальной конфигурации. Были выпущены и периодически пересматривались Руководящие указания Минэнерго СССР по выбору и эксплуатации изоляторов в районах с загрязнённой атмосферой (в которых, в том числе, была районирована территория СССР по зонам с различными уровнями загрязнения для выбора внешней изоляции электроустановок), а также нормы при различных видах промышленного загрязнения атмосферы.

В связи с проектированием ППТ Экибастуз – Центр перед ЛТВН стоял целый комплекс задач, связанных с разработкой ВЛ нового класса напряжения  $\pm 750$  кВ, имеющего к тому же множество особенностей, определяемых родом тока. Наряду с проблемами проектирования воздушной линии необходимо было решать вопросы координации изоляции и защиты трансформаторно-реакторного и преобразовательного оборудования, повышения надёжности мощных конденсаторных батарей, снижения экологического влияния и т.д. Этими задачами ЛТВН занималась в тесном сотрудничестве с институтом “Энергосетьпроект”, другими научными организациями и промышленными предприятиями.

В ЛЭС проводились исследования комплекса системных вопросов, связанных с включением в состав энергосистемы мощной ППТ. Наряду с этим лаборатория внесла немалый вклад в развитие собственно тематики постоянного тока – создание первой полномасштабной цифровой модели ППТ с примыкающими энергосистемами, физическая модель многоподстанционной ППТ, исследования эффективности управления ППТ для повышения устойчивости энергосистемы, исследования вопросов компенсации реактивной мощности и многое другое.

Окончательный отказ от использования ртутных вентилях в преобразовательных устройствах обусловил ликвидацию лаборатории ртутных вентилях, а основная часть сотрудников занялась разработкой тиристорных преобразователей. Эта работа выполнялась в отделе вентиляхной техники, созданном в 1967 г., а затем с 1975 по 1986 г. – в лаборатории с тем же названием.

Исследования и разработки в области вентилях и преобразовательной техники не ограничивались рамками передач и вставок постоянного тока. В 1970-е годы была создана вначале одна, а затем и вторая лаборатории преобразовательной техники, которые по заказам правительственных органов занимались разработкой преобразовательных сис-

тем различного, в том числе оборонного, назначения. Разработка и создание одной из таких систем были отмечены Государственной премией СССР, лауреатами которой стали сотрудники НИИПТ В. А. Иванченко и В. С. Волосевич.

В 1980-е годы продолжались работы по созданию ППТ  $\pm 750$  кВ Экибастуз – Центр и одновременно велось эскизное проектирование ещё более протяженных ППТ Сибирь – Урал – Центр и Экибастуз – Урал – Юг. Однако судьба ППТ Экибастуз – Центр печальна. В конце 1980-х годов строительство прекратилось, несмотря на то, что была почти полностью оборудована Экибастузская преобразовательная подстанция и частично – Тамбовская, построено около половины из 2400 км воздушной линии. С распадом СССР все построенные объекты были уничтожены. Первая передача такого класса была включена в эксплуатацию в Китае только 20 лет спустя.

Высшим, практически значимым достижением НИИПТ в области передачи постоянным током следует считать создание вставки постоянного тока (ВПТ) в составе электрической связи с энергосистемой Финляндии. Вставка длительное время была самым крупным объектом такого рода в мире, одним из крупнейших объектов остаётся и до настоящего времени. Создание её было отмечено Государственной премией СССР, одним из лауреатов которой стал сотрудник НИИПТ Л. Л. Бальбердин.

Для Выборгской ВПТ была разработана и внедрена автоматизированная система управления (АСУ), которая находилась в эксплуатации на подстанции около 15 лет. По своим эксплуатационно-техническим характеристикам АСУ ВПТ превосходила аналогичные разработки, имевшиеся в то время в отечественной электроэнергетике. Этому в немалой степени способствовало то, что в основу программно-технического комплекса АСУ ВПТ был положен опыт, полученный отделом при разработке и эксплуатации систем управления для Михайловской подстанции ППТ Волгоград – Донбасс и системы управления для испытательного стенда 500 кВ в Белом Расте.

Проектирование и основная часть работ по реализации ВПТ проводилась во второй половине 1970-х и первой половине 1980-х годов. При этом были использованы многие наработки, полученные в ходе проектирования ППТ Экибастуз – Центр. Мощность вставки наращивалась вплоть до 2000-х годов.

Параллельно со сверхмощной ППТ в НИИПТ велись разработки для электропередачи переменного тока класса напряжения 1150 кВ. Первой передачей этого класса стала передача Экибастуз – Урал, один из участков которой некоторое время работал на номинальном напряжении. В ходе эксплуатации были выявлены определённые конст-

руктивные недостатки, которые постепенно устранялись и, безусловно, эта передача могла бы быть доведена до проектных параметров, но до конца эта работа выполнена не была.

Создание впервые в мире электропередачи переменного тока напряжением 1150 кВ несомненно следует считать одним из крупнейших научно-технических достижений. Одной из основных причин потери интереса к этой уникальной передаче явилось значительное снижение темпов развития электроэнергетики, также как и других отраслей народного хозяйства в те годы. Передача экономически обоснованной мощности 5 – 6 ГВт по единичной линии была недопустима по условиям надёжности, а необходимость развития сети класса напряжения 1150 кВ на обозримую перспективу не просматривалась.

Наряду с работами лабораторий преобразовательной техники наиболее востребованными в 1980-е годы были работы ЛЭС в области обеспечения устойчивости, надёжности и живучести ЕЭС СССР и входящих в нее энергосистем. Особенно много внимания в доперестроечный период уделялось противоаварийной автоматике, на которую в условиях дефицита генерирующих мощностей и отставания в области сетевого строительства возлагалась задача предотвращения тяжёлых системных аварий. Следует сказать, что в целом с этой задачей удавалось справиться, хотя во многих случаях ценой значительных ущербов у потребителей электроэнергии. В лаборатории, а затем – отделе электрических систем продолжались интенсивные исследования в области режимов, в частности, особо напряжённых режимов энергосистем. На ряде электростанций была внедрена усовершенствованная система автоматического регулирования возбуждения, проводились исследования и испытания различных устройств противоаварийной автоматики. Комплексная работа в области противоаварийного управления в сложной многоконтурной энергосистеме закончилась созданием и внедрением в ОЭС Урала централизованной системы противоаварийной автоматики (ЦСПА). За создание этой системы четырьмя сотрудниками НИИПТ (Л. А. Кощеву, Ю. А. Садовскому, П. Я. Кацу, И. А. Богомоловой) вместе с участниками работы от ЦДУ ЕЭС СССР и ОДУ Урала была присуждена Государственная премия СССР.

Признание работ НИИПТ в области исследования и разработки мероприятий по повышению устойчивости и надёжности энергосистем отражено и ведущей ролью в организации Общесоюзных совещаний по устойчивости и надёжности энергосистем СССР, которые проводились регулярно раз в четыре года вплоть до начала 1990-х годов, при участии основных исследовательских, проектных и эксплуатационных организаций. В работе этих совещаний участвовали многие выдающиеся специалисты – Ю. Н. Руденко, В. А. Веников,



С. А. Совалов, В. А. Семенов и др. Совещания проводились под эгидой Главного технического управления Минэнерго СССР, решения этих совещаний принимались во внимание при рассмотрении многих важнейших вопросов развития энергосистем.

В 1990-е годы НИИПТ не избежал трудностей, достигших и другие научные организации – снижение численности и ухудшение кадрового состава по соотношению возрастных категорий, резкое сокращение финансирования и т.д. В начале 1990-х годов были ликвидированы ввиду отсутствия финансирования обе лаборатории специальной преобразовательной техники.

Тематика постоянного тока в 1990-е годы свелась в основном к участию в работах по наращиванию пропускной способности и повышению надежности Выборгской ВПТ. Кроме того в 1990-е и 2000-е годы с разной степенью участия НИИПТ были разработаны, в основном на уровне ТЭО, несколько проектов ППТ, не получивших пока практической реализации:

проект многоподстанционной ППТ Россия – Белоруссия – Польша – Германия с присоединением энергообъединения прибалтийских стран;

совместный с концерном “Марубени” проект воздушно-кабельной ППТ от парогазовой электростанции в центральной части о. Сахалин до Токийской энергосистемы;

эскизный проект многоподстанционной ППТ из района Братска до Тихоокеанского побережья с подключением нескольких сибирских ГЭС и Тугурской приливной электростанции (так называемая шина постоянного тока);

проект воздушно-кабельной ППТ ЛАЭС – Выборг, обеспечивающей выдачу мощности второй очереди ЛАЭС в сторону Финляндии и Санкт-Петербурга.

проект ППТ от Эвенкийской ГЭС в район Урала.

Все эти проекты имеют характерные особенности и отличаются оригинальностью решений как в части схем электропередачи, так и в части конструкции ВЛ. К сожалению, ни один из них пока не получил дальнейшего развития и внедрения.

В последние годы выполнены разработки по предложениям ряда субъектов электроэнергетики – проект реконструкции Волгоградской преобразовательной подстанции, ТЭО вставки постоянного тока для связи с энергосистемой Норвегии, преобразовательные подстанции для кабельной передачи со сверхпроводящим кабелем и др.

В части использования преобразовательной техники наиболее весомой явилась разработка и организация производства устройства плавки голлода на проводах воздушных линий. В отличие от применявшихся ранее, это устройство выполнено на базе тиристорного преобразователя и имеет ряд полезных конструктивных особенностей, что

способствовало его внедрению на ряде объектов электроэнергетики.

Приостановка, а затем и отказ от внедрения линий электропередачи ультравысокого напряжения (1000 кВ переменного и  $\pm 750$  кВ постоянного тока) обусловили существенное снижение интенсивности научных работ в этой области. В связи с жилищной застройкой прилегающей территории открытая часть высоковольтного испытательного комплекса оказалась практически выведенной из эксплуатации. Уникальный открытый полигон для испытаний оборудования сверх- и ультравысокого напряжения последний раз использовался в 2002 г. для новаторских исследований экологических характеристик квадрупольной ВЛ постоянного тока.

Закрытые установки высоковольтной испытательной базы в 1990-е и особенно в 2000-е годы успешно использовались для испытаний новых типов изоляторов воздушных линий, ограничителей перенапряжений, измерительных трансформаторов, кабелей и кабельных муфт. Кроме того, отдел ТВН выполнил ряд работ по усилению грозупорности воздушных линий, в том числе ВЛ 400 и 330 кВ электропередачи Россия – Финляндия, ряда линий в районе Поволжья и на Юге России.

Отдел ТВН участвовал в создании современной нормативно-технической базы, направленной на повышение надежности работы изоляции электроустановок: разработаны стандарты ОАО “ФСК ЕЭС” в области выбора, эксплуатации и методов испытаний внешней изоляции электроустановок. Выполнен большой объем работ по пересмотру составленных ранее и разработке новых карт районирования территории РФ по степеням загрязнения изоляции ВЛ и ОРУ ПС.

В 1990-е годы отдел АСУ переключился с тематики постоянного тока на создание автоматизированных систем управления для магистральных подстанций переменного тока. Были спроектированы и введены в эксплуатацию АСУ различного уровня сложности на десятках подстанций, в том числе на всех подстанциях 1150 кВ и многих подстанциях 500 кВ, а также АСУ электрической части ряда крупных электростанций. В отделе была создана своя исследовательская и испытательная база. В новых экономических условиях на базе отдела АСУ НИИПТ образовалось самостоятельное коммерческое предприятие, на которое замкнулись основные практические работы этого направления. В составе НИИПТ остался отдел АСУ, выполняющий отдельные договорные НИР.

В наибольшей степени востребованными в трудные 1990-е годы оставались работы отдела электрических систем, хотя и его не обошли перемены того периода. Удалось сохранить костяк отдела, были проведены усовершенствования для выполнения испытаний устройств регулирования



и автоматики на ЭДМ. Сохранились, хотя и в значительно меньшем объеме, заказы со стороны министерства, ЦДУ, РАО “ЕЭС России”, появились заказы от иностранных компаний. В частности, следует упомянуть комплексные исследования режимов и устойчивости энергосистемы Китая в связи с созданием крупнейшей в мире ГЭС “Три ущелья”. В ходе этой длившейся более года работы с использованием практически в полном объеме ЭДМ были разработаны технические предложения по системной автоматике и управлению передачами постоянного тока, а также проведено обучение группы китайских специалистов. Стоимость этой работы составила более трети бюджета НИИПТ.

К выполнению отдельных работ удавалось в той или иной мере привлекать и другие отделы института, однако положение последних ухудшалось, прежде всего, в связи с отсутствием новых отечественных объектов постоянного тока и ВЛ ультравысокого напряжения.

В 2000 – 2010-е годы в условиях реконструкции, обновления и ввода новых объектов электроэнергетики начал увеличиваться объем работ отдела электрических систем в области формирования схем, разработки мероприятий по обеспечению устойчивости и надёжности энергосистем и энергообъектов.

Вместе с тем возобновляются поисковые и исследовательские работы в области переходных процессов и устойчивости сложных энергосистем. Разработана новая концепция развития системы противоаварийной автоматики в ЕЭС России [3]. Разработаны алгоритм и программный комплекс ЦСПА нового поколения [4]. При этом удалось отказать от многих допущений, принятых в реализованном ранее алгоритме, обеспечить выбор управляющих воздействий не только по условиям статической устойчивости и загрузки сетей, но и по условиям динамической устойчивости. ЦСПА нового поколения внедрена в ОЭС Востока и начался процесс в ОЭС Урала, Юга и других ОЭС. Разработана и внедрена в ОЭС Северо-Запада система мониторинга запаса устойчивости в текущем режиме (СМЗУ). При создании этой системы использовались многие методические наработки, приобретенные в ходе создания ЦСПА.

Углубляются и совершенствуются методы и средства математического и физического моделирования энергосистем. Физическая модель стала основным полигоном для сертификации и предварительного выбора настроек автоматических регуляторов возбуждения, разрабатываемых россий-

скими и зарубежными фирмами. Исследовательская база дополнена установкой RTDS. Ведутся работы по созданию новой универсальной программы для расчёта переходных процессов в энергосистеме, а также современной программы расчёта токов короткого замыкания и выбора настроек систем релейной защиты.

Развитию системной тематики, особенно в части противоаварийного управления энергосистемами в значительной степени способствовал перевод НИИПТ в 2007 г. под юрисдикцию ЦДУ ЕЭС (Системного оператора)<sup>2</sup>. В 2012 г. НИИПТ переименовался в НТЦ ЕЭС.

Развивается филиальная сеть НИИПТ – НТЦ ЕЭС. Образовываются филиалы и удаленные подразделения в Екатеринбурге и Новосибирске. Изменяется и организационная структура – появляются новые подразделения в результате разделения тематики отдела электрических систем. В частности, создаётся отдел проектирования и развития энергосистем и начинается наращивание объёма работ, связанных с проектированием развития энергосистем, и НТЦ ЕЭС за короткое время становится одной из ведущих организаций отрасли, выполняющих работы по данному направлению. Успешно проводится разработка проектной документации по схемам выдачи мощности и схемам внешнего электроснабжения объектов электроэнергетики. Выполняются разработки схем и программ развития регионов Российской Федерации. Совместно с ОАО “Энергосетьпроект” разрабатываются схемы и программы развития ЕЭС России.

Отделы сгруппировались в два департамента, соответствующие основным направлениям (см. рисунок). Руководителями департаментов в должности заместителя генерального директора становятся А. С. Герасимов и А. А. Лисицын. В Екатеринбургском и Новосибирском подразделениях развивается практически новое для НИИПТ направление, связанное с разработкой прикладного программного обеспечения, в том числе программных комплексов для расчётов электромеханических переходных процессов (RuStab), расчётов токов короткого замыкания и выбора уставок устройств релейной защиты (АРУ РЗА) и др.

В последние годы наряду с традиционными работами в области систем регулирования возбуждения генераторов значительное развитие получили работы по регулированию и автоматике энергоблоков. Необходимость развития этого направления возникла в связи с появлением в энергосистемах энергоблоков иностранного производства, при эксплуатации которых выявлен ряд непредвиденных сложностей. Документация, представляемая изготовителями оборудования, не даёт возможности предопределить поведение оборудования в различных режимах. В связи с этим требуется исследование и составление реальной модели энер-

<sup>2</sup> Создание на базе ОАО “НИИПТ” научно-технического центра системной надёжности и управления режимами ЕЭС определено решением Председателя правления РАО “ЕЭС России” А. Б. Чубайса (распоряжение от 12.12.2005 г. № 294р).

глобока и его системы управления, обеспечивающей воспроизведение поведения энергоблока во всём диапазоне возможных режимов. Эти работы приобрели особую значимость при исследовании режимов и устойчивости изолированных энергосистем. Для этих систем, прежде всего Калининградской энергосистемы, проведён также комплекс работ по созданию специализированной противоаварийной автоматики.

Выполнен ряд работ, связанных с внедрением новых технических решений по управлению потоками мощности с использованием фазоповоротного трансформатора. Это техническое решение было применено на связи с энергосистемой Казахстана и в схеме выдачи мощности от Волжской ГЭС по линиям разного класса напряжения. Выполнена работа по совершенствованию автоматического ввода резерва в системах трубопроводного транспорта.

Продолжились работы по совершенствованию программно-алгоритмических комплексов ЦСПА и расширению объёма внедрения ЦСПА и СМЗУ. Ряд предложений внесён по совершенствованию локальной противоаварийной автоматики, направленных на повышение селективности и специализации локальных устройств.

Всё более широкое внедрение находят разработанные в НТЦ программные комплексы RuStab и АРУ РЗА.

Наряду с исследовательскими работами за последние несколько лет выполнен большой объём работ, связанных с развитием энергосистем.

За последние годы произошли изменения в структуре НТЦ ЕЭС. Отделы постоянного тока, преобразовательной техники и техники высоких напряжений в 2012 г. были преобразованы в ОАО «НИИПТ», а в 2018 г. АО «НИИПТ» окончательно отделился от НТЦ ЕЭС. В 2018 г. самостоятельное акционерное общество образовалось и на базе Московского отделения НТЦ ЕЭС.

Наконец в 2020 г. из НТЦ ЕЭС выделилось АО «НТЦ ЕЭС Противоаварийное управление». В эту организацию вошли все оставшиеся научные отделы НТЦ ЕЭС, поэтому её и следует рассматривать фактическим и юридическим преемником в

ряду НИИПТ – НТЦ ЕЭС – НТЦ ЕЭС Противоаварийное управление.

За рамками краткой исторической справки остались многие события из жизни института, имена талантливых специалистов, их работы. Более полные сведения, относящиеся к отдельным подразделениям и сотрудникам, содержатся в [5 – 11].

## Список литературы

1. Кошечев, Л. А. История НИИПТ – НТЦ ЕЭС: 1945 – 2015 [Текст] / Л. А. Кошечев // Известия НТЦ Единой энергетической системы. – 2015. – № 72. – С. 6 – 19.
2. Технические проблемы Единой высоковольтной сети СССР [Текст]: сб. статей / под ред. В. И. Вейца, И. С. Палицына, И. И. Рубинштейна, Ю. Н. Флаксермана. – М.-Л.: Энергоиздат, 1933.
3. Шульгинов, Н. Г. Концепция противоаварийного управления ЕЭС России [Текст] / Н. Г. Шульгинов, А. В. Жуков, А. Т. Демчук, Л. А. Кошечев, П. Я. Кац, М. А. Эдлин // Электрические станции. – 2010. – № 11.
4. Кошечев, Л. А. ЦСПА на базе алгоритмов нового поколения – очередной шаг в развитии противоаварийного управления в ЕЭС [Текст] / Л. А. Кошечев, Н. Г. Шульгинов // Известия НТЦ Единой энергетической системы. – 2013. – № 68. – С. 7 – 14.
5. Кошечев, Л. А. Малоизвестные страницы из истории НИИПТ (1945–1948) [Текст] / Л. А. Кошечев // Известия НТЦ Единой энергетической системы. – 2019. – № 80. – С. 163 – 169.
6. Соломонок, Е. А. Становление ЛТВН НИИПТ (1948 – 1960) [Текст] / Е. А. Соломонок // Известия НИИ постоянного тока. – 2010. – № 64. – С. 316 – 328.
7. Соломонок, Е. А. Время творческого подъёма ЛТВН НИИПТ (1960 – 1985) [Текст] / Е. А. Соломонок // Известия НИИ постоянного тока. – 2011. – № 65. – С. 235 – 253.
8. Становление и развитие тематики системных исследований в НИИПТ [Текст] // Известия НИИ постоянного тока. – 2011. – № 65. – С. 220 – 234.
9. Научная школа НИИПТ – НТЦ ЕЭС [Текст] // Известия НТЦ Единой энергетической системы – 2014. – № 70. – С. 104 – 110.
10. Балыбердин, Л. Л. Поссе как новатор в теории и практике мощных вентильных преобразователей (к 100-летию со дня рождения) [Текст] / Л. Л. Балыбердин // Известия НТЦ Единой энергетической системы. – 2015. – № 72. – С. 171 – 188.
11. Асанбаев, Ю. А. ОАО «НИИПТ»: Отдел АСУ вчера, сегодня, завтра! [Текст] / Ю. А. Асанбаев, Т. Г. Горелик // Известия НИИ постоянного тока. – 2010. – № 64. – С. 329 – 333.