

История появления и развития ЛЭП в России

Первым случаем передачи электрического сигнала на расстояние считается эксперимент, проведенный в середине 18 века аббатом Ж-А Нолле: две сотни монахов Картезианского монастыря по его указанию взялись руками за металлический провод и встали в линию длиной более мили. Когда любознательный аббат разрядил электроконденсатор на провод, все монахи тотчас убедились в реальности электричества, а экспериментатор в скорости его распространения. Разумеется, эти двести мучеников не отдавали себе отчета в том, что образовали собой первую в истории линию электропередачи.

Ф.А. Пироцкий

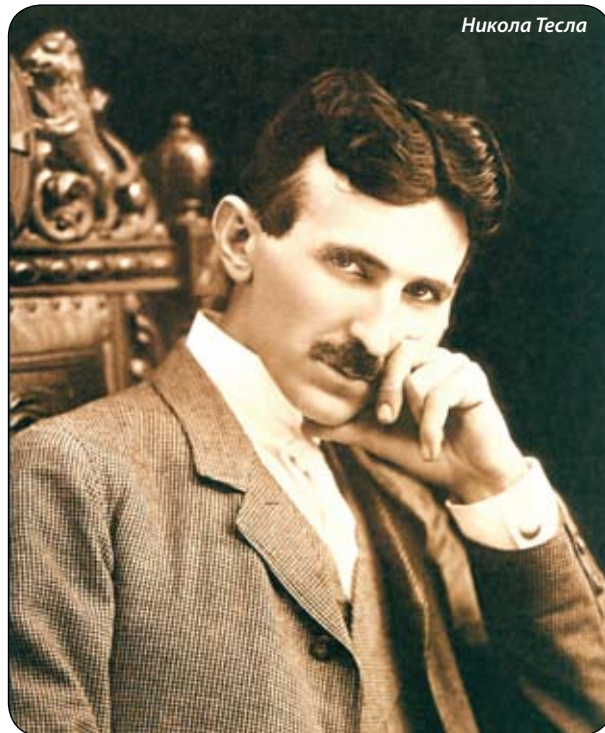


1874 году русский инженер Ф.А. Пироцкий предложил использовать в качестве проводника электрической энергии железнодорожные рельсы. В то время передача электричества по проводам сопровождалась большими потерями (при передаче постоянного тока потери в проводе достигали 75%). Уменьшить потери в линии представлялось возможным при увеличении сече-

ния проводника. Пироцкий провел опыты передачи энергии по рельсам Сестрорецкой железной дороги. Оба рельса изолировались от земли, один из них служил прямым проводом, второй обратным. Изобретатель попробовал использовать идею для развития городского транспорта и пустить по рельсам-проводникам небольшой вагончик. Однако это оказалось небезопасно для пешеходов. Впрочем, гораздо позже такая система нашла развитие в современном метро.

Знаменитый электротехник Никола Тесла мечтал о создании системы беспроводной передачи энергии к любой точке планеты. В 1899 году он взялся за строительство башни для трансатлантической связи, надеясь под прикрытием коммерчески выгодного предприятия реализовать свои электро-

Никола Тесла



технические идеи. Под его руководством была сооружена гигантская радиостанция на 200 кВт в штате Колорадо. В 1905 году прошел пробный пуск радиостанции. По словам очевидцев, вокруг башни сверкали молнии, светилась ионизированная среда. Журналисты утверждали, что изобретатель зажег небо на пространстве в тысячи миль над просторами океана. Однако такая система связи вскоре оказалась слишком дорогостоящей, и амбициозные планы остались нереализованными, лишь породив целую массу теорий и слухов (от «лучей смерти» до Тунгусского метеорита — все приписывалось деятельности Н. Тесла).

Таким образом, самым оптимальным выходом на то время являлись воздушные линии электропередачи. К началу 1890-х годов стало ясно, что дешевле и практичнее возводить электростанции рядом с топливными и гидроресурсами, а не как делалось прежде — рядом с потребителями энергии. Например, первая тепловая электростанция в нашей стране была построена в 1879 г., в тогдашней столице — Петербурге, специально для освещения Литейного моста, в 1890 г. в Пушкино была запущена электро-

В 1890 г. в Пушкино была запущена электростанция однофазного тока, и Царское Село «стало первым городом в Европе, которое сплошь и исключительно было освещено электричеством»

станция однофазного тока, и Царское Село, по свидетельствам современников, «стало первым городом в Европе, которое сплошь и исключительно было освещено электричеством». Однако ресурсы эти зачастую были удалены от крупных городов, традиционно выступавших центрами промышленности. Возникла необходимость передачи электроэнергии на большие расстояния. Теорию передачи одновременно

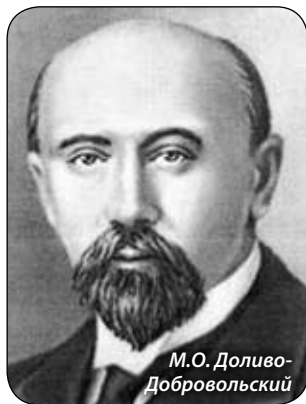


П.Н. Яблочков

разрабатывали русский ученый Д.А. Лачинов, и французский электротехник М. Депре. Созданием трансформаторов в это же время занимался американец Джордж Вестингауз, однако первый в мире трансформатор (с разомкнутым сердечником) создал П.Н. Яблочков, еще в 1876 г. получивший на него патент.

Одновременно с этим встал вопрос о применении переменного или постоянного тока. Данным вопросом так же интересовался создатель дуговой лампочки П.Н. Яблочков, предвещавший большое будущее переменному току высокого напряжения. Эти выводы поддержал другой отечественный ученый — М.О. Доливо-Добровольский.

В 1891 году им была построена первая линия электропередачи трехфазного тока, снизившая потери до 25%. В то время ученый работал на фирму АЕG, принадлежавшую Т. Эдисону. Данной фирме было предложено поучаствовать в Международной электротехнической выставке во Франкфурте-на-Майне, где и решался вопрос дальнейшего использования переменного или постоянного тока. Была организована



М.О. Доливо-Добровольский

международная испытательная комиссия под председательством немецкого ученого Г. Гельмгольца. В число членов комиссии входил русский инженер Р.Э. Классон. Предполагалось, что комиссия проведет испытания всех предложенных систем и даст ответ на вопрос о выборе рода тока и перспективной системы электроснабжения.

М.О. Доливо-Добровольский решил передать посредством электричества энергию водопада на р. Неккар (близ местечка Лауфен) на территорию выставки во Франкфурт. Расстояние между этими двумя пунктами составляло 170 км, хотя до этого момента дальность электропередачи обычно не превышала 15 км. Русскому ученому предстояло всего за один год протянуть ЛЭП на деревянных столбах, создать необходимые двигатели и трансформаторы («индукционные катушки», как их тогда называли), и он блестяще справился с этой задачей в сотрудничестве с швейцарской фирмой «Эрликон». В августе 1891 г. на выставке впервые зажглась тысяча ламп накаливания, питаемых током от Лауфенской гидроэлектростанции. Спустя месяц двигатель Доливо-Добровольского привел в действие декоративный водопад — налицо была своеобразная энергетическая цепь, небольшой искусственный водопад приводился в действие энергией естественного водопада, удаленного от первого на 170 км.

Так была разрешена главная энергетическая проблема конца XIX века — проблема передачи электроэнергии на большие расстояния. В 1893 году инженер А.Н. Щенснович строит первую в мире промышленную электростанцию на этих принципах в Новороссийских мастерских Владикавказской железной дороги.

Провода для ЛЭП первоначально завозились из-за границы, а вот опоры в России уже производились — правда использовались их прежде в основном для телеграфных и телефонных проводов. Но сперва возникли трудности бытового порядка — малограмотное население Российской Империи с подозрением относилось к столбам, украшенным табличками, на которых был нарисован череп.

В 1891 году на основе Телеграфного училища в Санкт-Петербурге создается Электротехнический институт, начавший подготовку кадров для грядущей электрификации страны.

Провода для ЛЭП первоначально завозились из заграницы, однако, довольно быстро их стали производить на Кольчугинском латунном и меднопрокатном заводе, предприятии «Соединенные кабельные заводы» и заводе Подобедова. А вот опоры в России уже производились — правда использовали их прежде в основном для телеграфных и телефонных проводов. Сперва возникли трудности бытового порядка — малограмотное население Российской Империи с подозрением относилось к столбам, украшенным табличками, на которых был нарисован череп.

Массовое строительство ЛЭП начинается с конца XIX века, связано это с электрификацией промышленности. Основная задача, которая решалась на этом этапе — связь электростанций с промышленными районами. Напряжения были небольшими, как правило до 35 кВ, задачи объединения в сети не выдвигалось. В этих условиях задачи легко решались с помощью деревянных одностоечных и П-образных опор. Материал был доступным, дешевым и полностью удовлетворял требованиям времени. Все эти годы конструкции опор и проводов непрерывно совершенствовались.

Для подвижного электротранспорта был известен принцип подземной электрической тяги, использованный для питания поездов в Кливленде и Будапеште. Однако этот способ был неудобным в эксплуатации, и подземные кабельные ЛЭП использовались лишь в городах для уличного освещения и электрообеспечения частных

домов. До сих пор стоимость подземных ЛЭП превышает стоимость воздушных линий в 2-3 раза.

В 1899 году в России состоялся Первый Всероссийский электротехнический съезд. Председателем его стал бывший в то время председателем Императорского Русского Технического Общества, профессор Военно-инженерной академии и Технологического института, Николай Павлович Петров. Съезд собрал свыше пятисот человек, интересующихся электротехникой, в их числе были лица самых разнообразных профессий и с самым различным образованием. Объединяли их либо общая работа в области электротехники, либо общий интерес к развитию электротехники в России. До 1917 года было проведено семь таких съездов, новая власть продолжила эту традицию.

Большевики уделяли огромное внимание электрификации. Например, уже в годы гражданской войны, несмотря на разруху, блокаду и интервенцию, в стране были построены 51 электростанция общей мощностью 3500 кВт



Работники дворцовой электростанции Царского Села 1906 г.

В 1902 г. было осуществлено электроснабжение бакинских нефтепромыслов, ЛЭП передавала электроэнергию напряжением 20 кВ.

В 1912 г. на подмосковном торфянике было начато строительство первой в мире электростанции, работающей на торфе. Идея принадлежала Р.Э. Классону, который воспользовался тем, что уголь, на котором работали преимущественно электростанции того времени, в Москву требовалось привозить. Это повышало цену электроэнергии, и торфяная электростанция с линией передачи в 70 км довольно быстро окупилась. Она существует до сих пор — ныне это ГРЭС-3 в г. Ногинске.

Электроэнергетика в Российской Империи в те годы преимущественно принадлежала иностранным фирмам и предпринимателям, к примеру, контрольный пакет крупнейшего акционерного общества «Общество электрического освещения 1886»,

строившего практически все электростанции до революционной России, принадлежал германской фирме «Сименс и Гальске», уже известной нам по истории кабелестроения (см. «КАБЕЛЬ-news», №9, с. 28–36). Другое АО — «Соединенные кабельные заводы», управлялось концерном AEG. Многие из оборудования завозилось из заграницы. Российская энергетика и ее развитие резко отставали от передовых стран мира. К 1913 г. Российская Империя занимала 8 место в мире по количеству выработанной электроэнергии.

С началом Первой Мировой войны производство оборудования для ЛЭП снижается — фронту требовались другие продукты, которые могли производить те же заводы — телефонный полевой провод, минный кабель, эмалированная проволо-

ка. Часть из этих продуктов впервые была освоена отечественным производством, так как из-за войны были прекращены многие импортные поставки. Во время войны «Электрическое акционерное общество Донецкого бассейна» построило электростанцию мощностью 60 000 кВт и завезло для нее оборудование.

К концу 1916 г. топливный и сырьевой кризис вызывают резкое падение производства на заводах, которое продолжается в 1917 г. После Октябрьской Социалистической революции все заводы и предприятия были национализированы декретом СНК (Совет Народных Комиссаров). По распоряжению ВСНХ (Высшего Совета Народного Хозяйства) РСФСР в декабре 1918 года все предприятия, связанные с производством проводов и линий электропередачи были переданы в распоряжение Отдела электротехнической промышленности. Практически всюду создается коллегиальное управление, в котором участвовали как рабочие, представлявшие «новую власть», так и представители прежнего управленческо-инженерного корпуса. Сразу по приходу к власти, большевики уделили огромное внимание электрификации, например, уже в годы гражданской войны, несмотря на разруху, блокаду и интервенцию, в стране были построены 51 электростанция общей мощностью 3500 кВт.

План ГОЭЛРО, составленный в 1920 году под руководством бывшего петербургского монтера по ЛЭП и кабельным сетям, в будущем академика Г.М. Кржижановского, заставил развиваться все виды электротехники. Согласно ему, должно было быть построено двадцать тепловых и десять гидроэлектрических станций суммарной мощностью 1 миллион 750 тысяч кВт. Отдел электротехнической промышленности в 1921 году был преобразован в Главное управление электротехнической промышленности ВСНХ — «Главэлектро». Первым руководителем «Главэлектро» стал В.В. Куйбышев.

В 1923 году в парке имени Горького открылась «Первая Всероссийская сельскохозяйственная и кустарно-промышленная выставка». По итогам выставки завод «Русскабель» получил диплом первой степени за вклад в электрификацию и изготовление высоковольтного кабеля.

По мере увеличения напряжения и, соответственно утяжеления провода, осуществлялся переход с деревянных на металлические опоры для ЛЭП. В России первая линия на металлических опорах появилась в 1925 году — двухцепная ВЛ 110 кВ, соединившая Москву и Шатурскую ГРЭС.

В 1926 году в Московской энергосистеме была создана первая в стране центральная диспетчерская служба, существующая до сих пор.

В 1928 год в СССР приступили к производству собственных силовых трансформаторов, которые выпускал специализированный Московский трансформаторный завод.

В 30-е годы электрификация продолжается все нарастающими темпами. Создаются крупные электростанции (Днепрогэс, Сталинградская ГРЭС и т.д.), повышаются напряжения передаваемого электричества (например, ЛЭП Днепрогэс-Донбасс работает с напряжением в

По мере увеличения напряжения осуществлялся переход с деревянных на металлические опоры для ЛЭП. В России первая линия на металлических опорах появилась в 1925 г. — двухцепная ВЛ, соединившая Москву и Шатурскую ГРЭС.

Проверка последней гирлянды высокого напряжения I-го агрегата. Монтер испытательной лаборатории В.В. Морозов испытывает плотность опрессованных клемм



© ФотоСоня. Гостев Алексей



Прокладка последних кабелей
высокого напряжения 1-го агрегата.

© ФотоСолнц. Гостев Алексей

154 кВ; а ЛЭП Нижне-Свирская ГЭС — Ленинград с напряжением 220 кВ). В конце 1930-х годов строится линия Москва-Волжская ГЭС, работавшая со сверхвысоким напряжением в 500 кВ. Возникают объединенные энергосистемы крупных регионов. Все это потребовало усовершенствования металлических опор. Их конструкции непрерывно совершенствовались, расширялся ряд типовых опор, был осуществлен массовый переход на опоры с болтовым соединением и решетчатые опоры.

Деревянные опоры в это время так же используются, но их область ограничивается, обычно, напряжениями до 35 кВ. Они связывают в основном непромышленные сельские районы.

В годы предвоенных пятилеток (1929—1940 гг.) созданы крупные энергосистемы на территории страны — на Украине, Белоруссии, в Ленинграде, Москве.

В ходе войны из общей установленной мощности электростанций десять миллионов кВт были выведе-

дены из строя пять миллионов кВт. За годы войны разрушена 61 крупная электростанция, большое количество оборудования вывезено оккупантами в Германию. Часть оборудования была взорвана, часть в рекордные сроки эвакуирована на Урал и Восток страны и введена там в действие для обеспечения работы оборонной промышленности. В годы войны в Челябинске был пущен турбоагрегат мощностью 100 МВт.

Советские энергетики своей героической работой обеспечили работу электростанций и сетей в тяжелые военные годы. Во время продвижения фашистских армий к Москве в 1941 г. была введена в эксплуатацию Рыбинская ГЭС, обеспечившая энергоснабжение Москвы при недостатке топлива. Новомосковская ГРЭС, захваченная гитлеровцами, была разрушена. Каширская ГРЭС снабжала электроэнергией промышленность Тулы, причем одно время работала линия передачи, пересекавшая территорию, захваченную фашистами. Эта ЛЭП была восстановлена энергетиками в тылу германской армии. Волховскую ГЭС, пострадавшую от немецкой авиации, так же ввели обратно в строй. От нее по дну Ладожского озера (по специально проложенному кабелю) в Ленинград всю блокаду поступала электроэнергия.

В 1942 году для координации работы трех районных энергетических систем: Свердловской, Пермской и Челябинской было создано первое Объединенное диспетчерское управление — ОДУ Урала. В 1945 году было создано ОДУ Центра, положившее начало дальнейшему объединению энергосистем в единую сеть всей страны.

После войны энергосети не только чинили и восстанавливали, но и строили новые.

К 1947 году СССР выходит на второе место в мире по производству электроэнергии. На первом месте оставались Соединенные Штаты.

В 50-х годах строятся новые гидроэлектростанции — Волжская, Куйбышевская, Каховская, Южно-уральская.

С конца 50-х годов начинается этап бурного роста электросетевого строительства. Каждую пятилетку протяженность воздушных линий электропередачи удваивалась. Ежегодно строилось более тридцати тысяч километров новых ЛЭП. В это время массово

К 1947 году СССР выходит на второе место в мире по производству электроэнергии. На первом месте оставались Соединенные Штаты.

В 1977 году Советский Союз производил электроэнергии больше, чем все страны Европы вместе взятые — 16% от мирового производства.

внедряются и используются железобетонные опоры для ЛЭП, с «преднапряженными стойками». На них обычно располагались линии с напряжением 330 и 220 кВ.

В июне 1954 года начала работу атомная электростанция в городе Обнинске, мощностью 5 МВт. Это была первая в мире АЭС опытно-промышленного назначения.



АЭС г. Обнинск

За рубежом первая АЭС промышленного назначения была введена в эксплуатацию только в 1956 году в английском городе Колдер-Холле. Еще через год вступила в строй АЭС в американском Шиппинг-порте.

Сооружаются так же ЛЭП высокого напряжения постоянного тока. Первая опытная линия электропередачи такого типа была создана в 1950 г., на направлении Кашира-Москва, длиной 100 км, мощностью 30 Мвт и напряжением 200 кВ. Вторыми на этом пути были шведы. Они соединили в 1954 г. энергосистему острова Готланд по дну Балтийского моря с энергосистемой Швеции посредством 98-ми километровой однополюсной ЛЭП, напряжением 100 кВ и мощностью 20 МВт.

В 1961 г. запущены первые агрегаты крупнейшей в мире Братской ГЭС.

Проведенная в конце 60-х годов унификация металлических опор фактически определила базовое множество конструкций опор, применяемых и до настоящего времени. За последние 40 лет, также как и у металлических опор конструкции железобетонных опор практически не изменились. На сегодняшний день практически все сетевое строительство в России и странах СНГ ведется опираясь на научную и технологическую базу 60-70-х годов.

Мировая практика строительства ЛЭП мало чем отличалась от отечественной до середины 60-х годов. Однако в последние десятилетия наши практики существенно разошлись. На Западе не получил такого распространения железобетон в качестве

Проведенная в конце 60-х годов унификация металлических опор фактически определила базовое множество конструкций опор применяемых и до настоящего времени. За последние 40 лет, также как и у металлических опор, конструкции железобетонных опор практически не изменились.

материала для опор. Там пошли по пути строительства линий на металлических многогранных опорах.

В 1977 году Советский Союз производил электроэнергии больше, чем все страны Европы вместе взятые — 16% от мирового производства.

Путем соединения региональных электросетей создается Единая энергетическая система СССР — самая крупная электроэнергетическая система, которая была затем соединена с энергосистемами стран Восточной Европы и образовала международную энергосистему, получившую название «Мир». К 1990 г. в состав ЕЭС СССР входили 9 из 11 энергообъединений страны, охватывая 2/3 территории СССР, на которых проживало более 90 % населения.



Заместитель секретаря комитета комсомола электромонтажница Лилия Цушко прокладывает силовую кабель.

© фотоСоюз. Гостев Алексей

Следует отметить, что по ряду технических показателей (например, масштабам электростанций и уровням напряжений высоковольтных электропередач) Советский Союз занимал передовые позиции в мире.

В 1980-х годах в СССР была предпринята попытка внедрения в массовое строительство многогранных опор производства Волжского механического завода. Однако, отсутствие необходимых технологий определило конструктивные недостатки этих опор, что и привело к неудаче. К этому вопросу вернулись лишь в 2003 году.

После распада Советского Союза перед энергетиками встали новые проблемы. На поддержание состояния ЛЭП и их восстановление выделялись крайне незначительные средства, упадок промышленности привел к деградации и даже уничтожению многих линий электропередачи. Возникло такое явление, как воровство проводов и кабелей для последующей сдачи их в приемные пункты цветного металла как металлолома. Несмотря на то, что при этом преступном промысле гибнут многие из «добытчиков», а их доход является весьма незначительным, количество таких случаев практически не снижается до сих пор. Вызвано это резким снижением уровня жизни в регионах, так как данным преступлением занимаются в основном маргинализованные лица без работы и места жительства.

Вдобавок, нарушились связи со странами Восточной Европы и бывшими республиками СССР, соеди-

ненными прежде единой энергосистемой. В ноябре 1993 года из-за большого дефицита мощности на Украине был осуществлен вынужденный переход на раздельную работу ЕЭС России и ОЭС Украины, что привело к раздельной работе ЕЭС России с остальными энергосистемами, входящими в состав энергосистемы

«Мир». В дальнейшем параллельная работа энергосистем, входящих в состав «Мира», с центральным диспетчерским управлением в Праге не возобновлялась.

За прошедшие 20 лет физический износ сетей высокого напряжения существенно увеличился и, по оценкам некоторых исследователей, достиг более чем 40%. В распределительных сетях положение еще тяжелее. Это осложняется непрерывным ростом энергопотребления. Происходит и моральное старение оборудования. Большинство объектов по техническому уровню соответствуют своим западным аналогам 20 — 30-летней давности. А тем временем мировая энергетика не стоит на месте, проводятся поисковые работы в области создания новых видов ЛЭП: криогенных, криорезисторных, полуразомкнутых, разомкнутых и т.д.

Перед отечественной электроэнергетикой стоит важнейший вопрос о решении всех этих новых вызовов и задач.

*Екатерина Гусева,
журнал «КАБЕЛЬ-news»*

За прошедшие 20 лет физический износ сетей высокого напряжения существенно увеличился и, по оценкам некоторых исследователей, достиг более чем 40%. В распределительных сетях положение еще тяжелее.

Литература

1. Шухардин С. Техника в ее историческом развитии.
2. Капцов Н. А. Яблочков — слава и гордость русской электротехники.
3. Ламан Н.К., Белоусова А.Н., Кречетникова Ю.И. Заводу «Электропровод» 200 лет. М., 1985.
4. Русский кабельный / Под ред. М.К. Портнова, Н.А. Арской, Р.М. Лакерник, Н.К. Ламан, В.Г. Радченко. М., 1995.
5. Валеева Н.М. Время оставляет след. М., 2009.
6. Горбунов О.И., Ананьев А.С., Перфилов А.Н., Шапиро Р.П.-А. 50 лет научно-исследовательскому проектно-конструкторскому и технологическому кабельному институту. Очерки истории. СПб: 1999.
8. Шитов М.А. Северный кабельный. Л., 1979.
7. Севкабель. 120 лет / под ред. Л. Улиной — СПб., 1999.
9. Кислицын А.Л. Трансформаторы. Ульяновск: УлГТУ, 2001.
10. Турчин И.Я. Инженерное оборудование тепловых электростанций и монтажные работы. М.: «Высшая школа», 1979.
11. Стеклов В. Ю. Развитие электроэнергетического хозяйства СССР. 3 изд. М., 1970.
12. Жимерин Д.Г., История электрификации СССР, Л., 1962.
13. Лычев П.В., Федин В.Т., Поспелов Г.Е. Электрические системы и сети, Минск. 2004 г.
14. История кабельной промышленности // «КАБЕЛЬ-news». №9. С. 28–36