

Лабораторная работа №4 (часть 1)
История развития электротехники.
Период после 1870 г. (основные этапы становления электротехники)

Цель работы: знакомство с историей развития электротехники, с творческим путем наиболее выдающихся ученых, внесших вклад в изучение электрических и магнитных явлений, выявление их закономерностей, создание электротехнических устройств.

Электротехнические устройства не выходили за пределы лабораторий, пока не было у массового потребителя достаточно мощного и экономичного источника электрической энергии. В 1870 г. такой источник был создан. Следующие 15—20 лет прошли как годы зарождения основных электротехнических устройств массового промышленного и бытового назначения, как годы становления новой отрасли техники.

Термин «электротехника» стал употребляться именно после Международной «электротехнической» выставки 1881 г. и последовавшего за ней конгресса электриков.



Основные этапы изучения
электрических и магнитных явлений,
разработки
электротехнических устройств

Контрольные вопросы

Ученые, исследовавшие
электричество и магнетизм,
электротехники, изобретатели,
конструкторы
электротехнических устройств

Использованная литература

Завершение работы

Основные этапы изучения электрических и магнитных явлений, разработки электротехнических устройств

1. Электрическое освещение.
Первые системы электроснабжения

3. Развитие способов
передачи электроэнергии

2. Изобретение трансформатора

4. Зарождение электростанций



Электрическое освещение. Первые системы электроснабжения

1. Зарождение
электрического освещения
(до 1870 г.)

2. Электрическая свеча П.Н.Яблочкова

3. Схема распределения
электрической энергии
П.Н.Яблочкова

4. Электрическая лампа накаливания
А.Н.Лодыгина

5. Электрическая лампа накаливания
Т.А. Эдисона

6. Система электроснабжения
Т.А. Эдисона



Зарождение электрического освещения (до 1870 г.)

Развитие электрического освещения началось в 40-70 гг XIX века по двум направлениям: дуговые лампы и лампы накаливания.

В первых дуговых лампах электрическая дуга горела между угольными электродами, направленными навстречу. Поскольку электроды быстро сгорали, горение ламп было непродолжительным, требовалось перемещение электродов для поддержания постоянного расстояния между ними. Для этой цели создавались механические и электромагнитные регуляторы. Регулятор был самой сложной и дорогой частью дуговой лампы.

Одной из первых по времени (1848 г.) была конструкция дуговой лампы с электромагнитным регулятором французского механика Аршро. Эта лампа была применена для освещения площади перед зданием Адмиралтейства в Петербурге. Большую известность получило применение для иллюминации на Лефортовском плацу в Москве во время торжеств по случаю коронации Александра II десяти дуговых ламп с регуляторами талантливого русского изобретателя Александра Ильича Шпаковского (1823-1881 гг.) в 1856 г. (их называли «электрическими солнцами Шпаковского»).

С 80-х годов дуговые лампы применялись для освещения улиц, площадей, гаваней, больших помещений производственного и общественного назначения; они стали традиционными источниками света в прожекторной и светопроекторной технике.

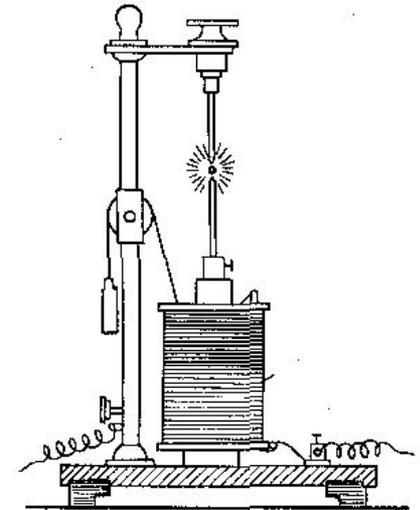
Самая первая лампа накаливания была построена английским физиком У. Деларю (1819— 1889 гг.). В этой лампе накаливалась платиновая спираль, находящаяся в стеклянной трубке.

Следующий шаг был сделан в 1838 г., когда бельгиец Жобар стал накаливать угольные стержни в разреженном пространстве. Эта лампа была дешевле, по срок ее службы был незначительным.

После 1840 г. были предложены многочисленные конструкции ламп накаливания; с телом накала из платины, иридия, угля или графита и т.д.

В 1854 г. по улицам Нью-Йорка разъезжал немецкий эмигрант Генрих Гебель (1818— 1893 гг.), на повозке которого находилась подзорная труба и лампа накаливания. Последняя служила для привлечения публики, которая приглашалась взглянуть через подзорную трубу на кольца Сатурна. Телом накала в лампе Гебеля служило обугленное бамбуковое волокно; нить была помещена в верхнюю часть закрытой барометрической трубки, т.е. в разреженное пространство. Медные проводники подходили к нити накала сквозь стекло. Лампа Гебеля могла гореть в течение нескольких часов.

В 1860 г. Джон В. Сван (1828—1914 гг.) в Англии впервые применил для лампы накаливания обугленные полоски толстой бумаги или бристольского картона, накаливавшиеся в вакууме.



Дуговая лампа Аршро с электромагнитным регулятором

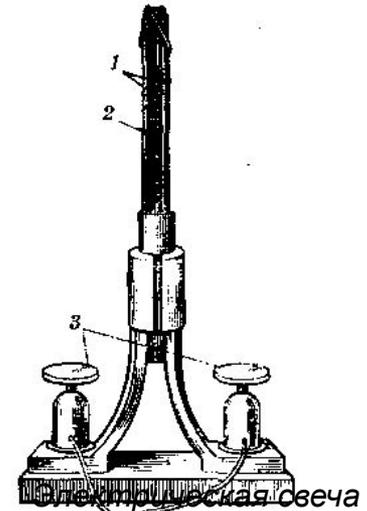


Электрическая свеча П.Н. Яблочкова

Начало широкому практическому применению электрической энергии положила электрическая свеча (1876 г.) [Павла Николаевича Яблочкова](#). Она явилась детонатором, который вызвал бурный рост электротехнической промышленности.

Свеча имеет следующую конструкцию: в держателе с токопроводами укреплялись два параллельных угольных стержня, отделенных один от другого слоем каолина. В верхней части лампы была тонкая проводящая перемычка—запал: когда включали лампу, перемычка сгорала, на ее месте возникала дуга и угли выгорали, уменьшаясь в размерах, как стеариновая свеча. Одна электрическая свеча могла гореть около 2 ч; при установке нескольких свечей в специальном фонаре, оборудованном переключателем для включения очередной свечи вместо перегоревшей, можно было обеспечить бесперебойное освещение в течение более длительного времени.

Изобретение электрической свечи способствовало внедрению в практику переменного тока. В течение всего предшествующего периода электрическая техника базировалась на постоянном токе (телеграфия, гальванотехника, минное дело). Дуговые электрические лампы с регуляторами также питались постоянным током. При этом положительный электрод сгорал быстрее отрицательного, поэтому его приходилось брать большего диаметра. П.Н. Яблочков установил, что для питания свечи лучше применять переменный ток, в этом случае при электродах одинакового диаметра получалась вполне устойчивая дуга. В связи с тем что осветительные установки по системе П.Н. Яблочкова стали подключать к источникам переменного тока, заметно возрос спрос на генераторы переменного тока, которые раньше не находили практического применения. О значении электрической свечи в расширении производства электрических генераторов переменного тока можно судить по следующему примеру: если до появления электрической свечи завод З.Т. Грамма выпускал в течение 1870—1875 гг. по несколько десятков машин в год, то за 1876 г. выпуск генераторов возрос почти до 1000 шт. Заводы изготовляли электрические генераторы, специально предназначенные для установок электрического освещения, и даже мощность машин обозначалась по числу питаемых электрических свечей (например, «шестисвечная машина»).



Электрическая свеча
Яблочкова:
1 — угольные электроды;
2 — изолирующий слой;
3 — зажимы для
подключения к
источнику
электроэнергии



Схема распределения электрической энергии П.Н.Яблочкова

Значительному развитию электротехники способствовала также разработка П. Н Яблочковым эффективных систем «дробления электрической энергии», обеспечивавших возможность включения в цепь, питаемую одним генератором, нескольких дуговых ламп.

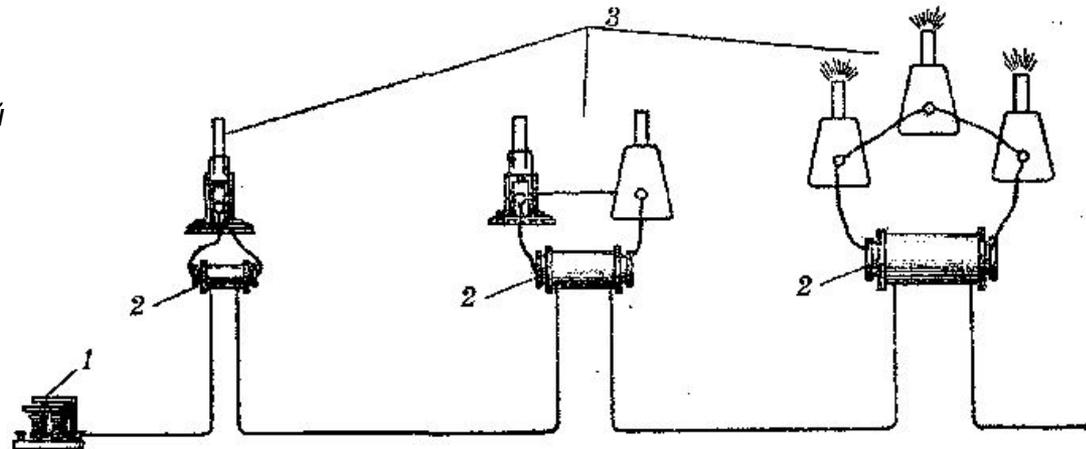
Среди способов «дробления», предложенных П.Н. Яблочковым, два получили практическое применение: секционирование обмотки якоря генератора (в результате получалось несколько независимых цепей, в которые включались свечи) и использование индукционных катушек. Первичные обмотки катушек включались последовательно в цепь, а ко вторичной обмотке в зависимости от ее параметров могли подключаться одна, две свечи и более. Если первичная цепь питалась постоянным током, то предусматривалось включение в нее специального прерывателя для наведения ЭДС во вторичных обмотках катушек.

П.Н.. Яблочков впервые использовал [индукционную катушку](#) в качестве трансформатора. Схема интересна и тем, что в ней впервые получила свое оформление электрическая сеть с ее основными элементами: первичный двигатель — генератор — линия передачи— трансформатор — приемник.

Значение электрической свечи этим не исчерпывается. Изобретение дешевого приемника электрической энергии, доступного для широкого потребителя, потребовало решения еще одной важнейшей электротехнической проблемы — централизации производства электрической энергии и ее распределения. П.Н. Яблочков первым указал на то, что электрическая энергия должна вырабатываться на «электрических заводах» и распределяться подобно тому, как доставляются к потребителям газ и вода.

Схема распределения электрической энергии с помощью индукционных катушек:

- 1 — прерыватель;
- 2 — индукционные катушки;
- 3 — электросвечи

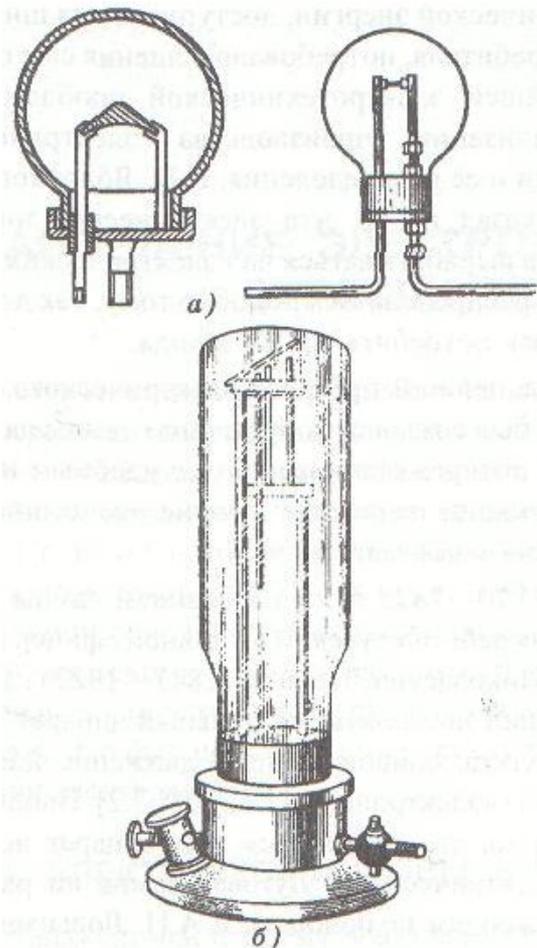


Электрическая лампа накаливания А.Н.Лодыгина

Дальнейший прогресс электрического освещения был связан с использованием лампы накаливания, которая оказалась более удобным источником света, имеющим лучшие экономические и световые показатели.

В 1870—1875 гг., над созданием лампы накаливания работал русский отставной офицер [Александр Николаевич Лодыгин](#) (1847—1923 гг.). Он решил построить летательный аппарат, приводящийся в движение электричеством («электролет»). Для освещения этого аппарата А.Н. Лодыгин стал конструировать лампы накаливания с тонким угольным стерженьком, заключенным в стеклянном баллоне. Стремясь увеличить время горения, Л.Н. Лодыгин предложил устанавливать несколько угольных стерженьков, расположенных так, чтобы при сгорании одного автоматически загорался следующий.

Первая публичная демонстрация ламп А.Н. Лодыгина состоялась в 1870 г., а в 1874 г. он получил «русскую привилегию» (авторское свидетельство) на свою лампу. Затем он запатентовал свое изобретение в нескольких странах Западной Европы. Постепенно он усовершенствовал лампы. Первые лампы работали 30—40 мин, но когда он применил вакуумные колбы, срок службы ламп увеличился до нескольких сотен часов.



*Электрические лампы накаливания
Лодыгина*

*а — с одним угольным стержнем;
б — с несколькими угольными
стержнями разной длины*



Электрическая лампа накаливания Т.А. Эдисона

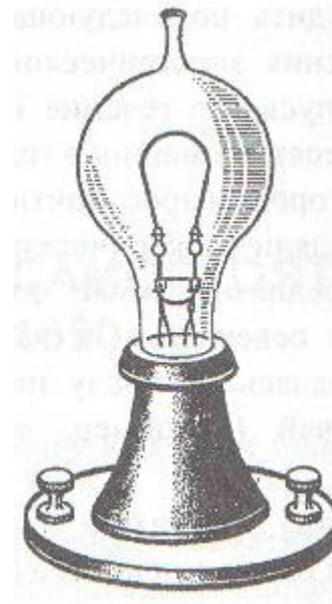
Больше всего славы за электрическую лампу выпало на долю [Т.А. Эдисона](#). Но Т.А. Эдисон не изобрел лампу. Он разработал во всех деталях систему электрического освещения и систему централизованного электроснабжения.

В 1879 г. Т.А. Эдисон заинтересовался проблемой электрического освещения. К этому времени он был уже известен как талантливый телеграфист и изобретатель автоматического счетчика голосов, автор усовершенствований в области многократной телеграфии и телефонного аппарата Белла, изобретатель фонографа.

Т.А. Эдисон хорошо знал изобретения своих предшественников в области электрического освещения посредством ламп накаливания, в том числе и работы А.Н. Лодыгина. Он находился также под впечатлением работ П.Н. Яблочкова.

Эдисон сразу поставил перед собой две задачи: 1) лампа должна создавать умеренную освещенность и 2) каждая лампа должна гореть совершенно независимо от других. Так он пришел к выводу о необходимости иметь нить высокого сопротивления, что позволит включать лампы параллельно (а не последовательно, как до этого поступали с любыми электрическими лампами).

12 апреля 1879 г. Т.А. Эдисон получил первый патент на лампу с платиновой спиралью высокого сопротивления, а затем в январе 1880 г. на лампу с угольными нитями. Он разработал систему откачки баллонов, технологию крепления вводов и угольной нити, и в январе 1880 г. устроил публичную демонстрацию ламп в его научном центре близ Нью-Йорка.



Лампа накаливания Эдисона с цоколем, патроном и выключателем

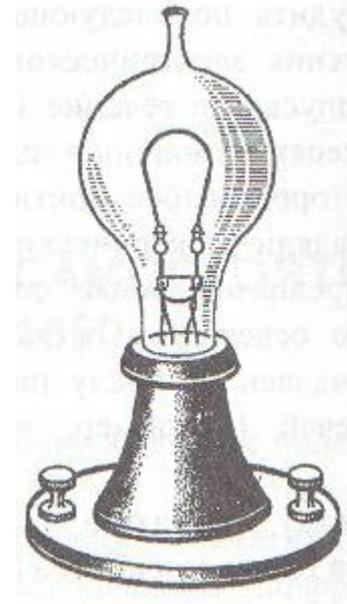


Система электроснабжения Т.А. Эдисона

Для того чтобы система освещения стала коммерческой, Т.А. Эдисон должен был придумать множество устройств и элементов: цоколь и патрон, поворотный выключатель, плавкие предохранители, изолированные провода, крепящиеся на роликах, счетчик электрической энергии. В 1881 г. на Первой Всемирной выставке в Париже лампы Т.А. Эдисона вызвали всеобщий восторг, а сам изобретатель был удостоен высшей награды.

В 1882 г. Т.А. Эдисон построил в Нью-Йорке на Пирльстрит первую центральную электростанцию. Т.А. Эдисон превратил электрическую энергию в товар, продаваемый всем желающим, а электрическую установку — в систему централизованного электроснабжения. Это был первый в истории электротехники пример комплексного решения крупной проблемы, оказавший огромное влияние на развитие материальной и общей культуры человечества.

Уже в 80-е годы XIX в. начинается быстрое развитие электрического освещения, все более расширяющееся массовое производство ламп накаливания, вызвавшее дальнейшее развитие электромашиностроительной промышленности, электроприборостроения, электроизоляционной техники и совершенствование способов производства и распределения электрической энергии.



Лампа накаливания Эдисона с цоколем, патроном и выключателем



Изобретение трансформатора

1. Индукционная катушка –
первый простейший трансформатор

2. Трансформатор Голяра и Гиббса

3. Первые трансформаторы
с замкнутым сердечником



Индукционная катушка – первый простейший трансформатор

Первым простейшим трансформатором с разомкнутым магнитопроводом была индукционная катушка. Ее изобретение в 30—40-х годах XIX в. связано с именами ряда ученых и изобретателей, но наибольшую известность получил немецкий механик [Генрих Румкорф](#) (1803— 1877 гг.), создавший в 1848 г. более совершенную конструкцию, и его именем впоследствии стали называть индукционную катушку. Такие катушки предназначались для получения искрового разряда во вторичной цепи при прерывании постоянного тока в первичной цепи. Впервые катушку Г. Румкорфа применил для дистанционного взрывания мин Б.С. Якоби. В последней трети XIX в. индукционные катушки получили широкое применение в системах зажигания двигателей внутреннего сгорания.

Роль индукционной катушки, превратившейся в аппарат, названный позднее трансформатором, как средства электрического разделения цепей переменного тока, отчетливо осознал П.Н.Яблочков. Даже самым фактом патентования [системы «дробления света»](#) во многих странах он как бы подчеркивал важность нового предложения. Во французском патенте № 115793 от 30 ноября 1876 г. он писал: «Предметом этого изобретения является распределение токов в целях производства электрического света, позволяющее получить, пользуясь цепью, питаемой одним единственным источником электричества, неопределенное число источников света...», «Если я применяю электрический источник переменного тока, общее расположение остается неизменным, но прерыватель становится ненужным...».

Система «дробления света» Яблочкова широко демонстрировалась два раза: на Парижской Международной электротехнической выставке в 1881 г. и на Второй Петербургской электротехнической выставке в 1882 г. (где всю систему смонтировал и экспонировал препаратор Московского университета [Иван Филиппович Усагин](#) (1855—1919 гг.). Бобины, как их тогда называли, имели одинаковое число витков в первичной и вторичной обмотках, а стальной сердечник был разомкнутым и представлял собой стержень, на который наматывались обмотки. На этой же выставке И.Ф. Усагин впервые демонстрировал схему включения во вторичные обмотки индукционных катушек кроме свечей и других приемников: электродвигателя, проволочной нагревательной спирали, дуговой лампы с регулятором. Все эти приемники могли работать одновременно, не мешая друг другу. Этим экспериментом И.Ф. Усагин убедительно доказал универсальность применения переменного тока.



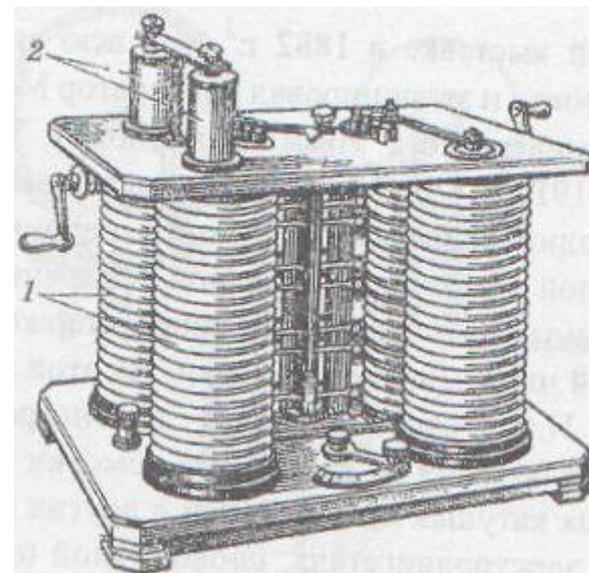
Трансформатор Голяра и Гиббса

В начале 80-х годов становилось все яснее, что система электроснабжения на постоянном токе не имеет перспектив. Из опыта эксплуатации дуговых источников света было установлено оптимальное напряжение 110 В. Радиус электроснабжения не превышал несколько сотен метров. Попытки расширить границы района электроснабжения привели к рождению так называемой трехпроводной системы постоянного тока. Но основным направлением развития электроэнергетики уже в 80-х годах становится система переменного тока.

Новым шагом в использовании трансформаторов с разомкнутым сердечником для распределения электроэнергии явилась система распределения электричества для производства света и так называемой двигательной силы, запатентованная во Франции в 1882 г. английским электротехником [Люсьеном Голяром](#) (1850—1888 г.) и французским электротехником Д. Гиббсом (умер в 1912 г.). Эти трансформаторы предназначались уже не только для «дробления» энергии, но и для преобразования напряжения, т.е. имели коэффициент трансформации, отличный от единицы.

«Вторичный генератор» (как его называли) имел следующую конструкцию: на деревянной подставке укреплялось несколько индукционных катушек, первичные обмотки которых соединялись последовательно. Вторичные обмотки катушек были секционированы, и каждая секция имела два вывода для подключения приемников. Заслуживают внимания выдвигаемые сердечники 2 катушек, с помощью которых регулировалось напряжение на вторичных обмотках.

Трансформаторы с разомкнутым сердечником в 1883 г. были установлены на подстанциях Лондонского метрополитена, а в 1884 г.— на выставке в Турине (Италия).



Внешний вид трансформатора



Первые трансформаторы с замкнутым сердечником

Первые трансформаторы были изобретены в Англии в 1884 г. братьями Джоном и Эдвардом Гопкинсонами. Сердечник этого трансформатора был набран из стальных полос или проволок, разделенных изоляционным материалом, что снижало потери на вихревые токи. На сердечнике помещались, чередуясь, катушки высшего и низшего напряжений.

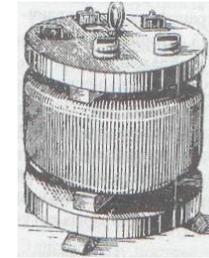
Впервые предложение о параллельном включении обмоток трансформаторов высказал Р. Кеннеди в 1883 г., но всесторонне этот способ соединения обосновал венгерский электротехник [Миклош Дери](#) (1854—1934 гг.), который в 1885 г. получил патент на параллельное включение первичных и вторичных обмоток трансформаторов и показал преимущество такого включения. Независимо от него аналогичный патент в Англии получил С.Ц. Ферранти.

Передача электрической энергии переменным током высокого напряжения оказалась возможной после создания однофазного трансформатора с замкнутой магнитной системой, имевшего достаточно хорошие эксплуатационные показатели. Такой трансформатор в нескольких модификациях (кольцевой, броневой и стержневой) разработали в 1884—1885 гг. венгерские электротехники Миклош Дери, [Отто Блати](#). Передача электрической энергии переменным током высокого напряжения оказалась возможной после создания однофазного трансформатора с замкнутой магнитной системой, имевшего достаточно хорошие эксплуатационные показатели. Такой трансформатор в нескольких модификациях (кольцевой, броневой и стержневой) разработали в 1884—1885 гг. венгерские электротехники Миклош Дери, Отто Блати (1860—1938) и [Карой Циперновский](#) (1853—1942 гг.), впервые предложившие и сам термин «трансформатор». В патентной заявке (февраль 1885 г.) они отмечали важное значение замкнутого шихтованного сердечника, в особенности для мощных силовых трансформаторов.

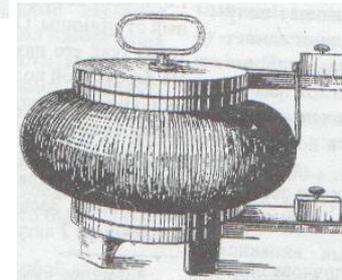
Венгерские инженеры нашли оптимальные соотношения между расходом меди и стали в трансформаторах и обеспечили своей продукции широкий сбыт на мировом электротехническом рынке. В частности, эта фирма осуществила в 1887 г. одну из первых в России установок переменного тока для освещения оперного театра в г. Одессе.

В 1885 г. Фирмой «Вестингауз» был построен первый автотрансформатор, который предложил американский электрик Уильям Стенли.

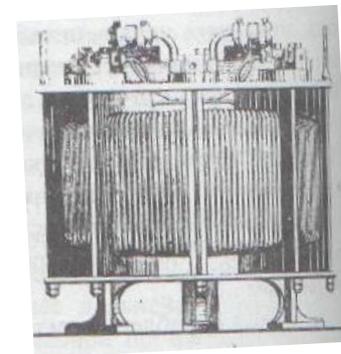
Первые трансформаторы будапештского завода фирмы «Ганц и К0»



Кольцевой



Броневой



Серийный стержневой системы Блати, Дери и Циперновского



Развитие способов передачи электроэнергии

Опыты использования электромагнитного телеграфа привели к мысли о возможности передачи по проводам более значительных количеств энергии. Уже в 40—50-х годах XIX в. в США, Италии и других странах высказываются идеи о создании электрической железной дороги с передачей энергии на расстояние. Однако всеобщую известность получили [опыты французского электрика Ипполита Фонтена](#) (1833—1910 гг.).

Потери мощности и энергии в линии зависят от напряжения, удельного сопротивления провода и его сечения.

Снижение удельного сопротивления проводов практически неосуществимо, так как медь, ставшая основным материалом для изготовления проводов, имеет предельно малое удельное электрическое сопротивление.

Следовательно, имелись только два пути снижения потерь в линии: [увеличение сечения проводов](#)

Потери мощности и энергии в линии зависят от напряжения, удельного сопротивления провода и его сечения.

Снижение удельного сопротивления проводов практически неосуществимо, так как медь, ставшая основным материалом для изготовления проводов, имеет предельно малое удельное электрическое сопротивление.

Следовательно, имелись только два пути снижения потерь в линии: увеличение сечения проводов или [повышение напряжения](#).

Трудности, связанные с электропередачей на постоянном токе, направили мысли ученых на разработку теории и техники переменного тока, [передачу энергии на переменном токе](#).



Опыты И. Фонтена по передаче электроэнергии

В 1873 г. в Вене состоялась международная выставка, с которой и начинается история электропередачи. На этой выставке И. Фонтен демонстрировал обратимость электрических машин. Генератор и двигатель соединялись кабелем длиной несколько больше 1 км. Двигатель приводил в действие насос искусственного декоративного водопада. Этим опытом была продемонстрирована реальная возможность передачи электроэнергии на расстояние (пусть вначале это был всего 1 км).

Вместе с тем И. Фонтен не был убежден в экономической целесообразности электропередачи, так как при включении соединительного кабеля он получил значительное снижение мощности двигателя, большие потери энергии в кабеле. Вот что писал И. Фонтен два года спустя после опытов в Вене: «Тогда, как и теперь, я не верю в возможность электрической передачи больших мощностей на большие расстояния; электрические железные дороги мне казались и кажутся и теперь решением, применять которое можно посоветовать только в совершенно исключительных случаях».



Развитие электропередачи постоянного тока по пути увеличения площади поперечного сечения проводов

В 70-х годах XIX в. развитие способов передачи электроэнергии шло по пути увеличения площади поперечного сечения проводников. В 1874 г. русский военный инженер [Федор Аполлонович Пироцкий](#) (1845—1898 гг.) пришел к выводу об экономической целесообразности производства электрической энергии в тех местах, где она может быть получена с малыми затратами благодаря наличию топлива или гидравлической энергии, и передачи ее по линии к месту потребления. В том же году он приступил к опытам передачи энергии на артиллерийском полигоне Волкова поля (около Петербурга), используя электрическую машину Грамма. Дальность передачи в опытах Ф.А. Пироцкого составляла несколько более 200 м, а затем была увеличена примерно до 1 км.

Для уменьшения потерь в линии Ф.А. Пироцкий предлагал использовать в качестве проводников железнодорожные рельсы, площадь поперечного сечения которых более чем в 600 раз превышала площадь поперечного сечения обыкновенного телеграфного провода. Стремясь проверить свои выводы, он в конце 1875 г. провел опыты передачи электроэнергии по рельсам бездействовавшей ветки Сестрорецкой железной дороги длиной около 3,5 км. Оба рельса изолировались от земли, один из них служил прямым, второй — обратным проводом. Электрическая энергия передавалась от небольшого генератора Грамма к электродвигателю.

[В. Сименс](#), посетив в 1876 г. Ниагарский водопад, сумел правильно оценить энергетические возможности его использования, но утверждал, что для передачи энергии водопада на расстояние 50 км потребуются проводник диаметром 75 мм. Иными словами, как заявил В. Сименс, для изготовления проводов придется использовать целый медный рудник.

Несмотря на нерациональность практического направления, избранного Ф.А. Пироцким, его опыты привлекли внимание к вопросам электропередачи вообще и вызвали ряд новых исследований, приведших к выявлению правильного пути для решения этой проблемы. Предложение же Ф.А. Пироцкого об использовании железнодорожных рельсов для передачи электрической энергии на расстояние нашло свое применение уже при разработке первых проектов городских электрических железных дорог.



Теоретическое обоснование необходимости повышения напряжения для передачи электроэнергии

Путь решения проблем передачи электрической энергии, основанный на повышении напряжения, длительное время осмысливался теоретически. Наиболее обстоятельное исследование этого вопроса выполнили в 1880 г. независимо друг от друга французский инженер (впоследствии академик) [Марсель Дебре](#) и профессор физики Петербургского лесного института [Дмитрий Александрович Лачинов](#) (1842—1902 гг.).

В марте 1880 г. в протоколах Парижской академии наук был опубликован доклад М. Дебре «О коэффициенте полезного действия электрических двигателей и об измерении количества энергии в электрической цепи». Автор доклада — крупный специалист в области электротехники. Он вошел в историю как изобретатель нескольких систем амперметра, ваттметра, аperiодического гальванометра, принципа смешанного (компаундного) возбуждения электрических машин, электромагнитного молота (двигателя возвратно-поступательного движения).

В своем докладе М. Дебре математически доказывал, что КПД установки, состоящей из электродвигателя и линии передачи, не зависит от сопротивления самой линии. Такой вывод показался Дебре парадоксальным, так как ему вначале не удалось установить, что увеличение сопротивления линии не влияет на эффективность электропередачи только при увеличении напряжения передачи.

Эти условия впервые были указаны Д.А.Лачиновым в статье «Электромеханическая работа», опубликованной в июне 1880 г. в первом номере журнала «Электричество». На основе математических выкладок он показал, что в электропередаче «полезное действие не зависит от расстояния» лишь при условии увеличения скорости вращения генератора (т.е. при повышении напряжения в линии так как электродвижущая сила (ЭДС), развиваемая генератором, пропорциональна частоте его вращения). Д.А. Лачинов также установил количественное соотношение между параметрами линии передачи, доказав, что для сохранения КПД передачи при увеличении сопротивления R в n раз необходимо увеличить частоту вращения генератора в n раз: «Если, например,— писал Д.А. Лачинов,— увеличим R в 100 раз, то при передаче того же числа лошадиных сил скорость будет десятерная». К подобным же выводам пришел год спустя М. Дебре.



Развитие электропередачи постоянного тока по пути увеличения напряжения

В 1882 г. М. Депре построил первую линию электропередачи Мисбах — Мюнхен протяженностью 57 км. На одном конце опытной линии в г. Мисбахе была установлена паровая машина, приводившая в действие генератор постоянного тока мощностью 3 л.с, дававший ток напряжением 1,5—2 кВ. Энергия передавалась по стальным телеграфным проводам диаметром 4,5 мм на территорию выставки в г. Мюнхене, где была установлена такая же машина, работавшая в режиме электродвигателя и приводившая в действие насос для искусственного водопада. КПД передачи не превысил 25 %.

В 1885 г. были проведены новые опыты на расстоянии 56 км между г. Крейлем и Парижем. В качестве генераторов постоянного тока высокого напряжения использовались специально построенные машины, дававшие напряжение до 6 кВ. Масса такой машины была около 70 т, мощность около 50 л.с, КПД передачи около 45 %.

Для передачи энергии требовалось получить высокие напряжения, а технические возможности того времени не позволяли строить генераторы постоянного тока высокого напряжения. Примером этого могут служить машины М. Депре, которые часто выходили из строя из-за порчи изоляции. Кроме того, электроэнергию постоянного высокого напряжения нелегко было использовать потребителям: нужно было строить двигатель-генераторную установку для преобразования высокого напряжения в низкое.

Еще один путь использования постоянного тока для электропередачи был намечен в основополагающей работе Д.А. Лачинова. Он предлагал для повышения напряжения соединить последовательно по несколько машин на каждом конце линии. В этом случае каждая в отдельности машина могла быть рассчитана на более низкое напряжение, а следовательно, могла быть более надежной. И. Фонтен первым реализовал практически эту идею, осуществив в 1886 г. передачу, в которой со стороны генератора работали четыре последовательно соединенные машины (по 1500 В), т.е. получил те же 6 кВ, что и у М. Депре, а со стороны приемника — три двигателя суммарной мощностью около 50 л.с. Двигатели могли использоваться непосредственно для привода исполнительных механизмов, могли вращать валы генераторов низкого напряжения, пригодных для целей освещения; КПД этой установки достигал 52 %.



Развитие передачи электроэнергии на переменном токе

Когда основные элементы техники переменного тока (генераторы, трансформаторы) были разработаны, начались попытки осуществить промышленную передачу энергии на переменном токе.

В 1883 г. Л. Голяр осуществил передачу мощности 20 л.с. на расстояние 23 км для питания осветительных установок Лондонского метрополитена. Трансформаторы повышали напряжение до 1500 В. На Туринской выставке в следующем году Л. Голяр осуществил передачу мощности примерно 40 л.с. на 40 км при напряжении 2000 В.

Однако во второй половине 80-х годов XIX в. уже возникла и очень беспокоила инженеров и ученых задача включения двигательной нагрузки в электрическую сеть. Таким образом, и при передаче электроэнергии в однофазных цепях переменного тока возникло противоречие не менее серьезное, чем при электропередаче постоянным током. Напряжение однофазных цепей переменного тока можно легко повышать и понижать с помощью трансформаторов практически в любых желаемых пределах. Следовательно, для передачи электроэнергии затруднений не было. Но однофазные двигатели переменного тока имели совершенно неприемлемые для практики характеристики. В частности, они либо вообще не имели пускового момента (синхронные двигатели), либо пускались с очень большим трудом из-за тяжелых условий коммутации тока (коллекторные двигатели). Поэтому сфера применения однофазных цепей переменного тока должна была ограничиваться почти исключительно электрическим освещением, что не могло удовлетворить требования промышленности.



Зарождение электрических станций

Электростанции, под которыми понимают фабрики по производству электрической энергии, подлежащей распределению между различными потребителями, появились не сразу. В 70-х и начале 80-х годов XIX в. место производства электроэнергии не было отделено от места потребления. Электрические станции, обеспечивавшие электроэнергией ограниченное количество потребителей, назывались [блок-станциями](#). Такие станции иногда называли «домовыми».

Развитие первых электростанций было сопряжено с преодолением трудностей не только научно-технического характера. Так, городские власти запрещали сооружение воздушных линий, не желая портить внешний вид города. Конкурирующие газовые компании всячески подчеркивали действительные и мнимые недостатки нового вида освещения.

Идея централизованного производства электроэнергии была настолько экономически оправданной и настолько соответствовала тенденции концентрации промышленного производства, что первые [центральные электростанции](#) возникли уже в середине 80-х годов XIX в. и быстро вытеснили блок-станции. В последние два десятилетия XIX в. было построено много электростанций постоянного тока, и они долгое время давали значительную долю общей выработки электроэнергии. Мощность таких электростанций редко превышала 500кВт, агрегаты обычно имели мощность до 100 кВт.

Передача электроэнергии осуществлялась на постоянном токе. Расстояние, на которое можно было передать электроэнергию ограничено потерями напряжения и мощности в линиях электропередач. Поскольку скоро все возможности увеличения радиуса электроснабжения (увеличение сечения проводов, снижение напряжения ламп, повышение напряжения, использование аккумуляторных подстанций) при постоянном токе были исчерпаны, а строительство электростанций в центральных районах городов было затруднительно, в 80-х годах XIX в. начинают сооружаться [электростанции переменного тока](#), выгодность которых для увеличения радиуса электроснабжения была бесспорной.

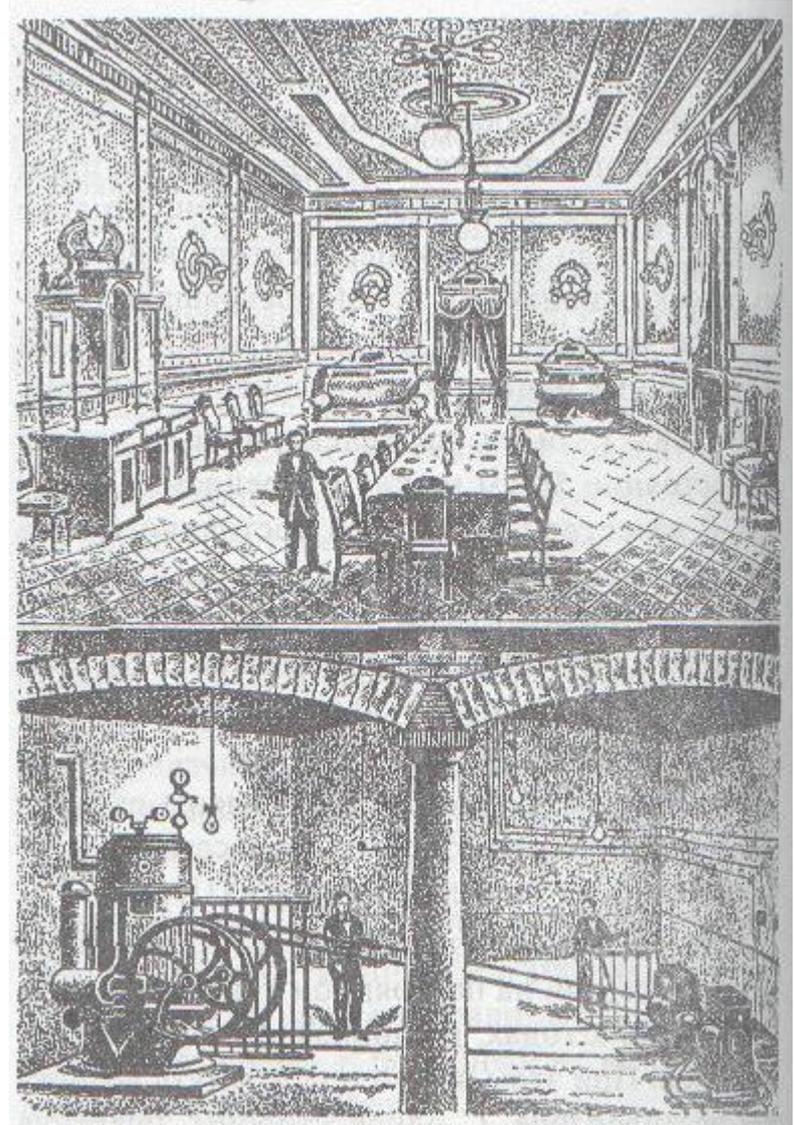
Опыт эксплуатации центральных станций и однофазных сетей показал преимущества переменного тока, но вместе с тем, как уже отмечалось, выявил ограниченность его применения. Однофазная система тормозила развитие электропривода, усложняла его. Так, например, при подключении силовой нагрузки к сети Дептфордской станции приходилось дополнительно помещать на валу каждого синхронного однофазного двигателя еще разгонный коллекторный двигатель переменного тока. Такое усложнение электропривода делало сомнительной возможность его широкого применения.



Блок-станции

На блок-станциях в качестве первичных двигателей применялись в основном поршневые паровые машины и в отдельных случаях двигатели внутреннего сгорания (в то время являвшиеся новинкой), широко использовались локомобили (передвижные паровые двигатели). От первичного двигателя к электрическому генератору делалась ременная передача. Обычно один паровой двигатель приводил в действие один-три генератора; поэтому на крупных блок-станциях устанавливались несколько паровых машин или локомобилей. Для регулировки натяжения ремней электрические генераторы монтировались на салазках.

Впервые блок-станции были построены в Париже для освещения улицы Оперы. В России первой установкой такого рода явилась станция для освещения Литейного моста в Петербурге, созданная в 1879 г. при участии П.Н. Яблочкова.



Блок-станция — электростанция с двумя генераторами (внизу справа) и локомобилем (слева) для освещения одного дома



Центральные электростанции

В связи с тем что в начале 80-х годов массовыми потребителями электроэнергии могли стать только источники света, первые центральные электростанции проектировались, как правило, для питания осветительной нагрузки и вырабатывали постоянный ток.

В 1881 г. несколько предприимчивых американских финансистов под впечатлением успеха, которым сопровождалась демонстрация ламп накаливания, заключили соглашение с Т.А. Эдисоном и приступили к сооружению первой в мире центральной электростанции (на Пирльстрит в Нью-Йорке). В сентябре 1882 г. эта электростанция была сдана в эксплуатацию. В машинном зале станции было установлено шесть генераторов Т. А. Эдисона, мощность каждого составляла около 90 кВт, а общая мощность электростанции превышала 500 кВт. Здание станции и ее оборудование были спроектированы весьма целесообразно, так что в дальнейшем при строительстве новых электростанций развивали многие из тех принципов, которые были предложены Т.А. Эдисоном. Так, генераторы станций имели искусственное охлаждение и соединялись непосредственно с двигателем. Напряжение регулировалось автоматически. На станции осуществлялись механическая подача топлива в котельную и автоматическое удаление золы и шлака. Защита оборудования от токов короткого замыкания осуществлялась плавкими предохранителями, а магистральные линии были кабельными. Станция снабжала электроэнергией обширный по тому времени район площадью 2,5 км². Вскоре в Нью-Йорке было построено еще несколько станций. В 1887 г. работали уже 57 центральных электростанций системы Т.А. Эдисона.

Уже при проектировании первых центральных электростанций столкнулись с трудностями, которые в достаточной степени не были преодолены в течение всего периода господства техники постоянного тока. Радиус электроснабжения определяется допустимыми потерями напряжения в электрической сети, которые для данной сети тем меньше, чем выше напряжение. Именно это обстоятельство заставило строить электростанции в центральных районах города, что существенно затрудняло не только обеспечение водой и топливом, но и удорожало стоимость земельных участков для строительства электростанций, так как земля в центре города была чрезвычайно дорога. Этим, в частности, и объясняется необычный вид нью-йоркских электростанций, на которых оборудование располагалось на многих этажах. Положение осложнялось еще тем, что на первых электростанциях приходилось размещать большое количество котлов, паропроизводительность которых не соответствовала новым требованиям, предъявленным электроэнергетикой.



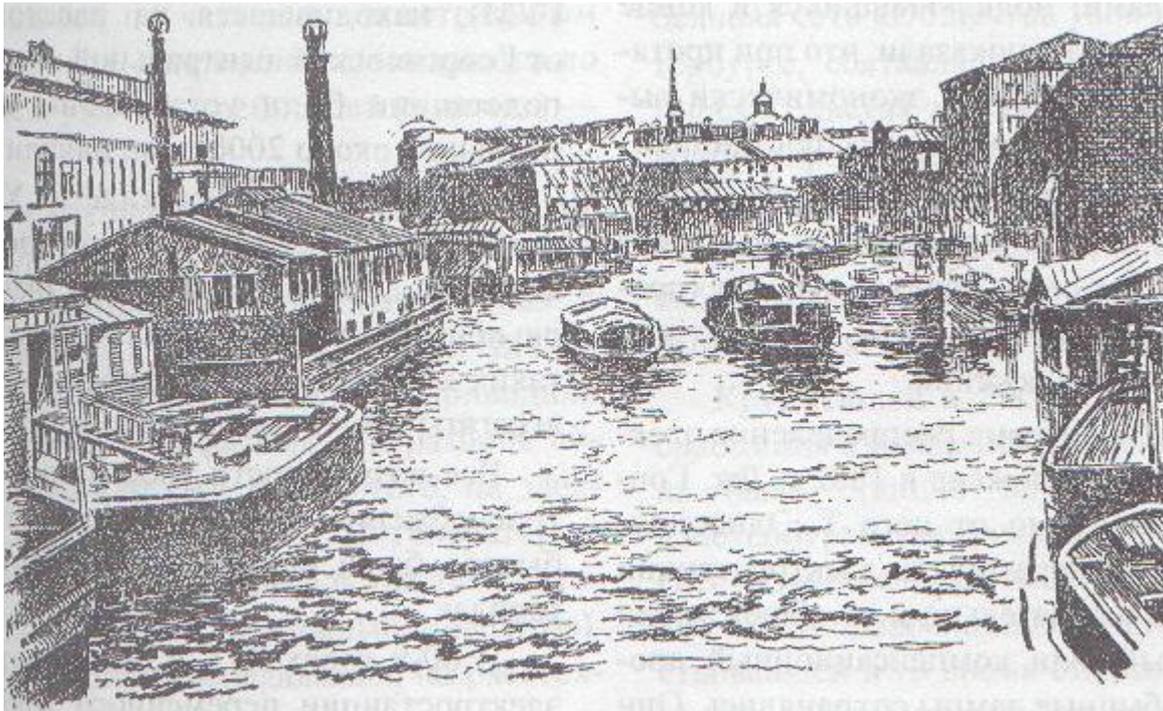
Центральные электростанции

В начале 80-х годов XIX в. первые петербургские электростанции, которые обслуживали район Невского проспекта размещались на баржах, закрепленных у причалов на реках Мойке и Фонтанке. Строители исходили из соображений дешевого водоснабжения, кроме того, при таком решении не нужно было покупать земельные участки, близкие к потребителю.

В 1886 г. в Петербурге было учреждено акционерное «Общество электрического освещения 1886 г.». (сокращенно называлось «Общество 1886 г.»), которое приобрело электростанции на реках Мойке и Фонтанке и построило еще две: у Казанского собора и на Инженерной площади. Мощность каждой из этих электростанций едва превышала 200 кВт.

В Москве первая центральная электростанция (Георгиевская) была построена в 1886 г. тоже в центре города, на углу Большой Дмитровки и Георгиевского переулка. Ее энергия использовалась для освещения прилегающего района. Мощность электростанции составляла 400 кВт.

Ограниченные возможности расширения радиуса электроснабжения привели к тому, что удовлетворить спрос на электроэнергию со временем становилось все труднее. Так, в Петербурге и Москве к середине 90-х годов возможности присоединения новой нагрузки к существующим электростанциям были исчерпаны и встал вопрос об изменении схем сети или даже об изменении рода тока.



Электростанция на р. Фонтанке в Петербурге

Рост потребности в электроэнергии эффективно стимулировал повышение производительности и экономичности тепловой части электрических станций. Вместо поршневых паровых машин стали применяться паровые турбины. Первая турбина на электростанциях России была установлена в 1891 г. в Петербурге (станция на р. Фонтанке). За год до этого испытание турбины было проведено на станции, расположенной на р. Мойке.



Центральные электростанции

Наиболее существенный недостаток электроснабжения постоянным током — слишком малая площадь района, которая может обслуживаться центральной электростанцией. Удаленность нагрузки не превышала нескольких сотен метров. Электростанции стремились расширить круг потребителей своего товара — электроэнергии. Этим объясняются настойчивые поиски путей увеличения площади электроснабжения при условии сохранения уже построенных станций постоянного тока.

Для увеличения радиуса распределения энергии было предложено изменить схему сети: перейти от двухпроводных сетей к многопроводным, т.е. фактически повысить напряжение.

Трехпроводная система распределения электроэнергии была разработана в 1882 г. Дж. Гопкинсоном и независимо от него Т. Эдисоном. При этой системе генераторы на электростанции соединялись последовательно и от общей точки шел нейтральный, или компенсационный провод. При этом обычные лампы сохранялись. Они включались, как правило, между рабочими и нейтральным проводами, а двигатели для сохранения симметрии нагрузки можно было включать на повышенное напряжение (220 В). Практическими результатами введения трехпроводной системы явилось, во-первых, увеличение радиуса электроснабжения примерно до 1200 м, во-вторых, относительная экономия меди (при всех прочих одинаковых условиях расход меди при трехпроводной системе был практически вдвое меньше, чем при двухпроводной).

Для регулирования напряжения в ветвях трехпроводной сети применялись различные устройства: регулировочные дополнительные генераторы, делители напряжения, в частности получившие значительное распространение делители напряжения Михаила Осиповича Доливо-Добровольского, аккумуляторные батареи. Трехпроводная система широко применялась как в России, так и за рубежом. Она сохранилась вплоть до 20-х годов XX в., а в отдельных случаях применялась и позднее.

Максимальный вариант многопроводных систем пятипроводная сеть постоянного тока, в которой применялись четыре последовательно включенных генератора и напряжение, увеличивалось вчетверо. Радиус электроснабжения возрастал всего до 1500 м. Однако эта система не получила широкого применения.

Кроме многопроводных систем для увеличения радиуса электроснабжения сооружались аккумуляторные подстанции. Аккумуляторные батареи были в то время обязательным дополнением каждой электростанции. Они покрывали пики нагрузок. Заряжаясь в дневные и поздние ночные часы, они служили резервом.

Сети с аккумуляторными подстанциями получили некоторое распространение. В Москве, например, в 1892 г. была построена аккумуляторная подстанция в Верхних торговых рядах (ныне ГУМ), находившаяся на расстоянии 1385 м от Георгиевской центральной станции. На этой подстанции были установлены аккумуляторы, питавшие около 2000 ламп накаливания.



Электростанции переменного тока

Если не считать блок-станций переменного тока, построенных в Англии в 1882—1883 гг., то первой постоянно действовавшей электростанцией переменного тока можно считать электростанцию Гровнерской галереи (Лондон). На этой станции, пущенной в эксплуатацию в 1884 г., были установлены два генератора переменного тока В. Сименса, которые через последовательно включенные трансформаторы Л. Голяра и Д. Гиббса работали на освещение галереи. Недостатки последовательного включения трансформаторов и, в частности, трудности поддержания постоянства тока были выявлены довольно быстро, и в 1886 г. эта станция была реконструирована по проекту С.Ц. Ферранти. Генераторы В. Сименса были заменены машинами конструкции С.Ц. Ферранти мощностью 1000 кВт каждая с напряжением на зажимах 2,5 кВ. Трансформаторы, изготовленные по проекту С.Ц. Ферранти, включались в цепь параллельно и служили для снижения напряжения в непосредственной близости от потребителей.

В 1889—1890 гг. С.Ц. Ферранти вновь вернулся к проблеме электроснабжения Лондона с целью обеспечения электроэнергией района лондонского Сити. В связи с высокой стоимостью земельного участка в центре города было решено построить электростанцию в одном из предместий Лондона, в Дептфорде, находящемся в 12 км от Сити. Очевидно, на таком большом расстоянии от места потребления электроэнергии электростанция должна была вырабатывать переменный ток. При сооружении этой установки были применены мощные по тому времени генераторы высокого напряжения (10 кВ) мощностью по 1000 л.с. Общая мощность Дептфордской электростанции составляла около 3000 кВт. На четырех городских подстанциях, питавшихся по четырем кабельным линиям, напряжение понижалось до 2400 В, а затем уже у потребителей (в домах) — до 100 В.

Примером крупной гидроэлектростанции, питавшей осветительную нагрузку в однофазной цепи, может служить станция, построенная в 1889 г. на водопаде вблизи г. Портленда (США). На этой станции гидравлические двигатели приводили в действие восемь однофазных генераторов общей мощностью 720 кВт. Кроме того, на электростанции были установлены 11 генераторов, предназначенных специально для питания дуговых ламп (по 100 ламп на каждый генератор). Энергия этой станции передавалась на расстояние 14 миль (22, 5 км) в г. Портленд.

Характерная особенность первых электростанций переменного тока— изолированная работа отдельных машин. Синхронизация генераторов еще не производилась, и от каждой машины шла отдельная цепь к потребителям. Легко понять, насколько неэкономичными при таких условиях оказались электрические сети, на сооружение которых расходовались колоссальные количества меди и изоляторов.



Электростанции переменного тока

Первая центральная электростанция в Украине построена венгерской фирмой «Ганц и К°» в г. Одессе в 1887 г. Основным потребителем энергии была однофазная система электрического освещения нового театра. Эта электростанция представляла собой для своего времени прогрессивное сооружение. Она имела четыре водотрубных котла общей производительностью 5 т пара в час, а также два синхронных генератора общей мощностью 160 кВт при напряжении на зажимах 2 кВ и частоте 50 Гц. От распределительного щита энергия передавалась по линии длиной 2,5 км до трансформаторной подстанции театра, где напряжение понижалось до 65 В (на которое были рассчитаны лампы накаливания). Оборудование электростанции было столь совершенным для своего времени, что, несмотря на то, что топливом служил привозной английский уголь, стоимость электроэнергии была ниже, чем на более поздних петербургских и московских электростанциях.

В 1887 году началась эксплуатация электростанции постоянного тока в Царском Селе (ныне г. Пушкин). Протяженность воздушной сети в Царском Селе уже в 1887 г. была около 64 км, тогда как два года спустя суммарная кабельная сеть «Общества 1886 г.» в Москве и Петербурге, составляла только 115 км. В 1890 г. Царскосельская электростанция и сеть были реконструированы и переведены на однофазную систему переменного тока напряжением 2 кВ. По свидетельству современников, Царское Село было первым городом в Европе, который был освещен исключительно электричеством.

Крупнейшей в России электростанцией для снабжения однофазной системы переменного тока была станция на Васильевском острове в Петербурге, построенная в 1894 г. инженером Н.В. Смирновым. Мощность ее составляла 800 кВт и превосходила мощность любой существовавшей в то время станции постоянного тока. В качестве первичных двигателей использовались четыре вертикальные паровые машины мощностью 250 л.с. каждая. Применение переменного напряжения 2000 В позволило упростить и удешевить электрическую сеть и увеличить радиус электроснабжения (более 2 км при потере до 3% напряжения в магистральных проводах вместо 17—20% в сетях постоянного тока).



Ученые, исследовавшие электричество и магнетизм,
электротехники, изобретатели, конструкторы
электротехнических устройств

П.Н. Яблочков

А.Н. Лодыгин

Т.А. Эдисон

Б.С. Якоби

Г.-Д. Румкорф

И. Ф. Усагин

Л. Голяр

К. Циперновский

О.Т. Блати

М. Дери

Ф.А. Пироцкий

Д.А. Лачинов

Э.В. Сименс

М. Депре





Яблочков Павел Николаевич (1847— 1894 гг.) - выдающийся российский изобретатель-электротехник, создатель знаменитой «электрической свечи», вызвавшей бурное развитие многих новых отраслей электротехники. Родился в обедневшей помещичьей семье, окончил в 1866 г. Петербургское военно-инженерное училище. Затем получил специальное электротехническое образование в Петербургском техническом гальваническом заведении, готовившем военных инженеров.

Увлечись электрическим освещением, он решил отказаться от ранее существовавших электрических ламп с регулятором расстояния между угольными электродами по мере сгорания вследствие их ненадежности и дороговизны. П.Н. Яблочков пришел к гениально простой конструкции лампы: расположить электроды параллельно, расстояние между ними не изменять и регулятор не нужен. Но находясь в затруднительном денежном положении, он был вынужден покинуть Россию и запатентовать свою «свечу» в Париже.

При поддержке французских предпринимателей П.Н. Яблочкову удалось наладить выпуск простых дешевых ламп, которые называли «русским светом». Лампы освещали площади и помещения больших городов Европы и даже Азии. Имя П.Н. Яблочкова стало известно всему миру. Вскоре П.Н. Яблочков запатентовал несколько систем «дробления» электрической энергии, в том числе посредством индукционных катушек, ставших первыми трансформаторами; он внедрил в практику переменный ток, а в 1879 г. впервые высказал идею о централизованном производстве электрической энергии на «заводах» и распределении ее между потребителями подобно газу и воде.

Его лампы с триумфом демонстрировались на международных выставках, и за особые заслуги он был награжден высшим французским орденом Почетного легиона и почетной медалью Российского технического общества. П.Н. Яблочковым были разработаны различные конструкции электрических генераторов, аккумуляторов и приборов.

Находясь в ореоле славы, П.Н. Яблочков мечтал внедрить свое изобретение в России и заплатил французской компании все свои сбережения за право пользоваться лампой. Неимоверный труд серьезно подорвал здоровье П.Н. Яблочкова, и в 1894 г. в Саратовской гостинице он скончался в расцвете сил.



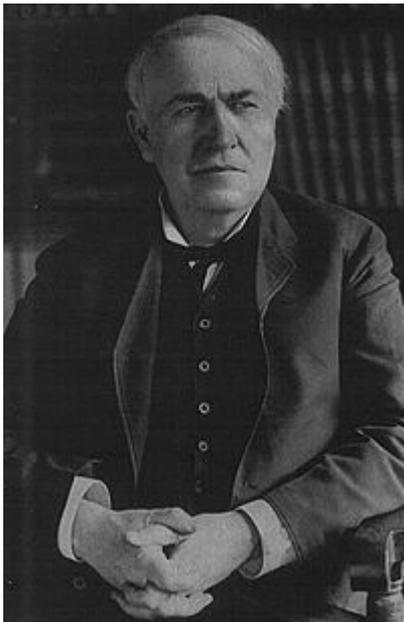


Лодыгин Александр Николаевич (1847-1923 гг.) — выдающийся российский электротехник, создатель одной из первых электрических ламп накаливания. В 1867 г. закончил Московское военное училище, посещал лекции в Санкт-Петербургском университете.

Еще в юности задумался над созданием летательного аппарата и для его освещения компактной лампы накаливания. Летательный аппарат ему осуществить не удалось ни в России, ни в Париже. Но над совершенствованием лампы накаливания он проработал более 5 лет. Первые лампы представляли собой "герметически закупоренный пустой прозрачный сосуд", в котором телом накала служили тонкие стерженьки из ретортного угля. После многих экспериментов он доказал целесообразность помещения внутри стеклянной колбы двух или более угольных стерженьков с тем, чтобы после сгорания одного, автоматически включился второй, горевший более продолжительное время, так как находился в атмосфере инертных газов. Первые публичные опыты Л.Н. Лодыгин произвел в 1870 г. в Санкт-Петербурге. Они доказали возможность применения ламп накаливания для освещения производственных помещений, зданий общественного пользования, угольных копей и даже подводных работ (специальный «подводный фонарь»).

Важность изобретения А.Н.Лодыгина была отмечена Академией наук, присудившей ему в 1874 г. Ломоносовскую премию. Им были получены патенты в крупных странах Европы. Но промышленного производства ламп в России Л.Н. Лодыгину наладить не удалось, и он уехал за границу. В Америке ему удалось изготовить лампу с вольфрамовой нитью и получить несколько патентов. Однако вскоре А.И. Лодыгин заинтересовался проблемами электрометаллургии и создал несколько электропечей. В 1905—1906 гг. под его руководством было построено несколько заводов по производству феррохрома, ферровольфрама и др. Он также принимая участие в строительстве Нью-Йоркского метрополитена.





Эдисон Томас Алва (1847—1931 гг.) — выдающийся американский электротехник-изобретатель. Более 65 лет жизни он посвятил изобретению и внедрению в практику многих десятков оригинальных устройств, приборов и систем в области телеграфии, телефонии, электрического освещения, электроэнергетики, электромашиностроения, приборостроения и кинематографа. Только с 1869 по 1910 г. он получил 1300 патентов в США и 3000 патентов в других странах.

Т.А. Эдисон родился в семье торговца. В 15 лет обучился телеграфному делу. В 1869 г. он запатентовал одно из первых своих изобретений — телеграфный прибор для быстрой передачи информации о смене биржевых курсов и на полученные деньги открыл электротехническую и телеграфную мастерскую. В 1876 г. он построил близ Нью-Йорка специальный научно-производственный центр с хорошо оборудованной лабораторией.

Мировую славу Т.А. Эдисону принесла электрическая лампа накаливания, которую он усовершенствовал в 1879 г., придав ей почти современный вид. Ему принадлежит заслуга в изобретении цоколя и патрона, выключателей и плавких предохранителей, а также счетчика электроэнергии. Он построил первый электроламповый завод, и лампа получила массовое распространение. Т.А. Эдисон создал первую в мире электростанцию общественного пользования в Нью-Йорке (1882 г.) со всем необходимым оборудованием. Он изобрел несколько типов электрических генераторов с шихтованным якорем, сумел усовершенствовать телефон и создал новый аппарат — фонограф, вызвавший интерес во всем мире.

В 1889 г. на Международной электротехнической выставке в Париже Т.А. Эдисон был награжден орденом Почетного легиона и итальянским орденом Короны. Он стоял у истоков кинематографа: в 1889 г. с успехом применил целлулоидную пленку вместо стеклянных пластин и создал киносъёмочную камеру с синхронным озвучиванием изображения.

Т.А. Эдисон был членом многих научных обществ в мире, в том числе почетным членом Академии наук СССР (1930 г.). В 1909 г. в США была учреждена Золотая медаль имени Эдисона.



Румкорф Генрих-Даниил (1803—1877 гг.) — немецкий изобретатель, именем которого названа известная индукционная катушка.

Родился в Ганновере, а в 1840 г. переехал в Париж, где создал собственную мастерскую физических приборов. Им был создан первый в мире переключатель электрической цепи — «коммутатор Румкорфа». Мировую известность принесло ему усовершенствование индукционной катушки, которую до него создавали ряд изобретателей (в 1836—1838 гг. Н. Каллан, Ч. Пейдье). В 1852 г. Г.-Д. Румкорф сконструировал катушку с двумя обмотками. В первичную цепь включались гальваническая батарея и прерыватель вибрационного типа. При этом во вторичной цепи, состоящей из большого числа витков, возникало высокое напряжение, позволявшее получать искровой разряд. Такие катушки широко применялись в электротехнической практике и как простейший трансформатор, и как прибор для дистанционного взрывания электрических мин, а также для генерирования радиоволн и в рентгентехнике.

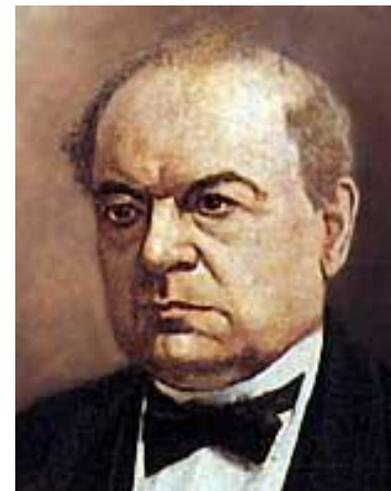


Якоби Борис Семенович (1791—1874 гг.) — выдающийся российский электротехник.

Родился в Потсдаме в семье коммерсанта, получил хорошее домашнее образование, а в 1829 г. окончил Геттингентский университет и получил диплом архитектора. Вскоре он переезжает в Кенигсберг, где знакомится с известными учеными университета математиком Ф. Бесселем и физиком Ф. Нейманом. Дружба с Ф. Нейманом, автором математических исследований проблем электромагнетизма, оказала решающее влияние на всю творческую жизнь Б.С. Якоби.

Изучив работы М. Фарадея, Д. Генри и др., Б.С. Якоби в 1834 г. конструирует электродвигатель с вращательным движением П-образных электромагнитов и оригинальным коммутатором для изменения их полярности. Сообщение о своем изобретении он послал в Парижскую академию наук, и оно было опубликовано. Труды Б. С. Якоби получили высокую оценку, и ему была присуждена в 1835 г. ученая степень доктора философий Кенигсбергского университета. Вскоре Б.С. Якоби получает приглашение занять должность профессора в Дерптском университете, и переезжает в Россию. В хорошо оборудованной физической лаборатории университета он производит ряд успешных экспериментов по усовершенствованию гальванических элементов. Здесь же в 1836 г. он открывает явление гальванопластики, получившей широкое распространение. В 1837 г. Б.С. Якоби переезжает в Санкт-Петербург и начинает работать с академиком Санкт-Петербургской Академии наук Э.Х. Ленцем, оказавшим ему помощь в работе над усовершенствованием двигателя. Б.С. Якоби создал электродвигатель с расположенными в одной плоскости подвижными и неподвижными электромагнитами. Затем на Ижорском заводе был изготовлен более мощный электродвигатель. В 1838 г. первый в мире "электрический бот" Б.С. Якоби — восьмивесельная шлюпка — двигался по Неве против течения со скоростью около трех верст в час.

За большие заслуги в научной деятельности Б.С. Якоби в 1838 г. избирается членом-корреспондентом, а в 1847 г. академиком Петербургской Академии наук. В поисках наиболее надежного электрического генератора Б.С. Якоби в 1842 г. создает магнитоэлектрический генератор, получивший широкое применение для взрывания электрических мин. Продолжая работы П.Л. Шиллинга, Б.С. Якоби в период 1839—1845 гг. конструирует несколько типов телеграфов.





Усагин Иван Филиппович (1855—1919 гг.) — российский физик-самоучка, почти 40 лет проработавший в Московском университете на кафедре физики в качестве механика и лекционного ассистента.

Родился в крестьянской семье в Московской области. Обучался в церковно-приходской школе. Приехав в Москву, поступил в университетские мастерские, занимался самообразованием, изучая устройство многих физических приборов, и с успехом осуществлял лекционное демонстрирование у таких блестящих ученых как А.Г. Столетов, П.Н. Лебедев, Н.А. Умов.

В 1882 г. И.Ф. Усагин продемонстрировал на Всероссийской промышленно-художественной выставке в Москве установку, в которой показал, что предложенный П.Н. Яблочковым способ «дробления энергии» посредством индукционных катушек может быть с успехом использован для питания любого приемника переменного тока: во вторичные обмотки катушек он включал не только электрические свечи, но и электродвигатель, проволочную нагревательную спираль, дуговую лампу с регулятором. В установке И.Ф. Усагина была наглядно продемонстрирована универсальность переменного тока. Он был удостоен почетного диплома, а позднее Московским обществом любителей естествознания, антропологии и этнографии почетной премии.

И.Ф. Усагин также успешно занимался исследованием катодных лучей, создал «электрический выпрямитель тока», занимался изучением фосфоресценции газов при электрических разрядах.



Голяр Люсьен (1850—1888 гг.) - французский электротехник, совместно с Д. Гиббсом в 1882 г. получил французский патент на «вторичный генератор» (как его называли), представлявший собой однофазный трансформатор с разомкнутой магнитной системой. Напряжение на вторичных обмотках могло регулироваться с помощью выдвижных сердечников катушек.

Применение таких трансформаторов позволило осуществить электропередачу переменным током значительных мощностей на большие расстояния. Так, например, на Туринской выставке в 1884 г. была осуществлена передача энергии переменным током напряжением 2000 В на расстояние 40 км. Годом ранее Л. Голяр и Д. Гиббс выполнили установку для Лондонского метрополитена по освещению четырех станций. Общая мощность установки составляла около 15 кВА, напряжение 1500 В, а длина проводки 23 км. В 1885 г. ими была построена электростанция мощностью 160 кВА, энергия передавалась по двум линиям протяженностью 2 км каждая при напряжении 1200 В. В каждой линии последовательно было включено по пять трансформаторов.





Циперновский Карой (1853—1942 гг.) — венгерский электротехник, директор Будапештского отделения электротехнической фирмы «Ганц и К°», профессор Высшего технического училища и член-корреспондент Венгерской академии наук.

Совместно с известными электротехниками О. Блати и М. Дери создал в 1885 г первые однофазные трансформаторы с замкнутыми шихтованными магнитопроводами современного типа: кольцевой, броневой и стержневой. Заслугой изобретателей явилось внедрение трансформаторов в промышленность: их серийно выпускали на электромашиностроительном заводе в Будапеште. В патентной заявке была подчеркнута важность замкнутого шихтованного магнитопровода особенно для мощных трансформаторов. До конца 1887 г. электротехническая фирма «Ганц и К°» построила 24 установки с однофазными трансформаторами общей мощностью около 3000 кВт.

Трансформатор фирмы «Ганц и К°» был установлен на одной из первых русских электростанций переменного тока в Одессе для электрификации нового городского театра (1887 г.). Наиболее мощный трансформатор (1500 кВт) был установлен в Риме в 1886 г.

В 1880 г. К. Циперновский изобрел многополюсную динамоэлектрическую машину с цилиндрическим якорем, позволявшую получать как постоянный, так и переменный ток. Он также успешно занимался вопросами электрического освещения.





Блати Отто Титус (1860—1939 гг.) — венгерский электротехник, создавший в 1885 г. вместе с К. Циперновским и М. Дери однофазные трансформаторы нескольких модификаций (кольцевой, броневой, стержневой) с замкнутым шихтованным магнитопроводом, конструкции которых наиболее близки к современным.

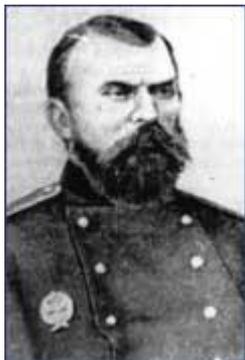
Совместно с М. Дери, О. Блати предложил в 1885 г. использовать в качестве однофазного электродвигателя машину постоянного тока с последовательным возбуждением: при подключении двигателя к однофазной цепи направление магнитного потока будет одновременно изменяться как в обмотке полюсов, так и в обмотке якоря и последний будет вращаться.



Дери Миклош (1854—1934 гг.) — венгерский электротехник, создавший в 1885 г. вместе с К. Циперновским и О. Блати несколько модификаций однофазных трансформаторов (кольцевой, броневой, стержневой) с замкнутыми шихтованными магнитопроводами, конструкция которых наиболее близка к современным. Серийный выпуск таких трансформаторов был осуществлен на электромашиностроительном заводе в Будапеште фирмой «Ганц и К°».

В 1885 г. М. Дери получил первый патент на параллельное включение трансформаторов. В том же году М. Дери совместно с О. Блати предложил использовать в качестве однофазного двигателя машину постоянного тока с последовательным возбуждением.





Пироцкий Федор Аполлонович (1845— 1898 гг.) — российский изобретатель в области электротехники.

Родился в Полтавской губернии в семье небогатого помещика. В 1869 г. поступил в Михайловскую артиллерийскую академию в Петербурге, после окончания которой в 1871 г. начал работать в Главном артиллерийском управлении, где увлекся применением электричества в военном деле.

Побывав в Финляндии, он решил заняться проблемой использования энергии воды для передачи ее в качестве «Двигательной силы» к различным механизмам. В 1874 г. Ф.А. Пироцкий представил свой проект в Главное артиллерийское управление. Не зная о существовании машины З. Грамма, он разработал свою конструкцию генератора и двигателя и предложил соединить их «весьма длинной железной, проволокой, поддерживаемой деревянными столбами». Он также указал на возможность выработки электроэнергии с помощью паровых машин, установленных в местах добычи дешевых каменных углей. Никто до Ф.А. Пироцкого ни в России, ни за рубежом не указывал на экономическую целесообразность производства электроэнергии на тепловых и гидравлических электростанциях и передачи ее на большие расстояния.

В 1876 г. он приобрел машину З. Грамма и начал опыты по передаче электроэнергии по рельсам заброшенной железнодорожной ветки, подсчитав, что сопротивление рельсов значительно меньше, так как их площадь поперечного сечения в 644 раза больше, чем у телеграфной проволоки. Ему удалось передать электроэнергию на расстояние около 1 км, предложив ряд способов изоляции рельсов от земли. Его идея об использовании рельсов для передачи электроэнергии позднее получила реализацию при электрификации железных дорог. В 1880 г. Ф.А. Пироцким впервые был осуществлен опыт приведения в движение по рельсам большого вагона с 40 пассажирами.





Лачинов Дмитрий Александрович (1842— 1902 гг.) - российский физик и электротехник.

В 1859 г. он поступил на физико-математический факультет Петербургского университета и еще до его окончания на два года был направлен в Германию в Гейдельбергский университет, где слушал лекции Г. Кирхгофа, Г. Гельмгольца и других выдающихся физиков.

Более 35 лет проработал доцентом, а затем профессором физики в Петербургском лесном институте, позднее преобразованном в академию. Он был одним из основателей и членом Электротехнического отдела Русского технического общества и одним из редакторов журнала «Электричество».

Д.А. Лачинов был не только видным физиком-теоретиком, но и изобретателем оригинальных электротехнических приборов и устройств. Среди его изобретений можно назвать новый тип гальванического элемента, соединявшего быстроту заряжения с большим значением тока, и «диафаскоп» — медицинский прибор, в котором электрическая дуга использовалась «для освещения внутренних полостей человеческого тела».

В 1878 г., исследуя режимы работы электрических машин постоянного тока, он впервые предложил «шунтовую» обмотку возбуждения.

Наиболее выдающимся достижением Д.А. Лачинова в области электротехники и электрофизики являются его исследования по передаче электрической энергии на большие расстояния (1880 г.). Он заложил основу современной высоковольтной техники. Только спустя год, в августе 1881 г., к открытию закона электропередачи, аналогичного тому, который сформулировал Д.А. Лачинов, пришел известный французский электротехник М. Депре.



Сименс Эрнст Вернер (1816—1892 гг.) — немецкий электротехник и пионер электротехнической промышленности.

Закончил (1834 г.) Любекскую гимназию и поступил в артиллерийское инженерное училище в Берлине, после окончания которого в 1838 г. занялся изобретательской деятельностью и в 1842 г. получил первый патент на метод гальванического золочения и серебрения. Затем он был откомандирован в артиллерийские мастерские в Берлине. Здесь он стал членом Физического общества.

В 1846 г. он усовершенствовал конструкцию стрелочного электрического телеграфа и вместе с механиком И.Г. Гальске основал телеграфную строительную фирму «Сименс и Гальске», занимавшуюся изготовлением не только телеграфных аппаратов, но и различных электромедицинских приборов. В 1849 г. фирма получила правительственный заказ на прокладку первой в Европе дальней телеграфной линии между Берлином и Франкфуртом-на-Майне. Еще в 1847 г. Э.В. Сименс изобрел гуттаперчевый пресс для бесшовной изоляции медного провода. Имя Э.В. Сименса стало широко известно, и заказы на дальние телеграфные линии поступали один за другим. В 1851 г. на Первой Международной промышленной выставке в Лондоне стрелочный телеграф Э.В. Сименса был удостоен высшей награды.



В 1851 г. 75 пишущих телеграфов фирмы «Сименс и Гальске» были поставлены для единственной в то время телеграфной линии между Москвой и Петербургом. А в 1852 г. Э.В. Сименс прибыл в Петербург для переговоров о прокладке телеграфной сети. Вскоре современные автоматические телеграфные линии связали ряд отдаленных городов европейской части России. В 1853 г. телеграфные линии связывали Москву и Севастополь, а также Петербург и Кронштадт, где кабель был проложен через Балтийское море. Для быстрого определения места повреждения линии Э.В. Сименсом был предложен метод многократного использования одного провода, а также усовершенствован якорь динамомшины (1856 г.).

Одним из наиболее значительных вкладов Э.В. Сименса в развитие электромашиностроения явился предложенный им в 1866 г. принцип самовозбуждения, о котором он представил доклад в начале 1867 г. в Берлинскую академию наук. Этот принцип Э.В. Сименс назвал динамоэлектрическим. Необходимо отметить, что принцип самовозбуждения был разработан еще до Э.В. Сименса многими изобретателями и учеными (например, А. Йедликом в 1861 г.), но они не располагали возможностями и средствами для промышленного изготовления таких генераторов.

В 1879 г. он построил первую электротехническую железную дорогу на Берлинской промышленной выставке, усовершенствовал телефон, создал дуговую электропечь (1878 г.), получившую применение в промышленности.

На Первой Международной электротехнической выставке в Париже в 1891 г. фирме Э.В. Сименса была присуждена большая часть почетных дипломов. Э.В. Сименс был одним из основателей Имперского физико-технического института.





Депре Марсель (1843—1918 гг.) — французский электротехник, академик Парижской академии наук, профессор.

После окончания Высшей горной школы в Париже (1866 г.) много лет занимался механикой. Во время франко-прусской войны (1876—1877 гг.) создал прибор для определения скорости полета снаряда, находящегося в стволе орудия.

В конце 70-х годов XIX в. начинает усиленно заниматься электромеханикой и исследует электромагнитные процессы в электрических машинах, создает ряд оригинальных конструкций электродвигателей, электротехнических устройств и приборов: электрический молот, прибор для синхронной передачи движений на расстояние, гальванометр, носящий его имя, и ряд других. М. Депре показал возможность получения постоянного напряжения от машины со смешанным возбуждением.

М. Депре сделал значительный вклад в решение актуальнейшей для того времени проблемы — передачи электроэнергии на большие расстояния. Огромной заслугой М. Депре является то, что он, проявив блестящие способности инженера, впервые в 1882 г. осуществил опытную передачу электроэнергии на расстояние 57 км при напряжении на зажимах генератора 2400 В и КПД линии 20—22 %. Электроэнергия, передаваемая по проводам из Мисбаха в Мюнхен на территорию выставки, приводила в движение электродвигатель, который с помощью насоса подавал воду для искусственного водопада на высоту 2,5 м. И хотя передача работала с перебоями, успех ее был очевиден. В 1883 г. М. Депре построил линию электропередачи Визиль—Гренобль протяженностью 14 км, где КПД был уже около 62 %, а в 1885 г. между Крейем и Парижем была осуществлена электропередача на расстояние 56 км при напряжении 6000 В и мощности в 100 раз больше, чем в первой электропередаче.

Установки М. Депре являлись основополагающими в разработке методов и средств передачи электроэнергии постоянным током высокого напряжения на большие расстояния.



Контрольные вопросы

1. Кем были разработаны первые конструкции электрических ламп, каковы их недостатки?
2. Как усовершенствовал дуговую лампу П.Н. Яблочков? Как назывались его лампы?
3. Как осуществлялось электроснабжение дуговых ламп по проекту П.Н. Яблочкова?
4. Какую конструкцию имела лампа накаливания А.Н. Лодыгина?
5. Каков вклад Т.А. Эдисона в развитие электрического освещения и электроснабжения источников света?
Назовите наиболее известные изобретения Т.А. Эдисона.
6. Что собой представляли первые трансформаторы? Для чего они применялись?
7. Кто первым осуществил передачу электрической энергии? Был ли получен при этом удовлетворительный результат?
8. По каким направлениям велись исследования, направленные на снижение потерь электроэнергии в линиях? Какой путь является наиболее перспективным?
9. Чем отличались блок-станции от центральных электростанций? С какими трудностями столкнулись при осуществлении электроснабжения от центральных электростанций на постоянном токе?
10. Назовите первые электростанции переменного тока. На какие расстояния осуществлялась передача электроэнергии от них?



Использованная литература

- История электротехники / Под ред. И.А. Глебова — М.: Издательство МЭИ, 1999. — 524с.
- История энергетической техники/ Белькинд Л. Д., Веселовский О. Н., Конфедератов И.Я., Шнейберг Я. Л. – М.-Л.: Государственное энергетическое издательство, 1960.

