

силовых линий за единицу времени, так что «количество электричества, приводимое в движение, прямо пропорционально числу пересекаемых линий»¹⁾. Положив в основу теории электричества и магнетизма представление об электрических и магнитных силовых линиях, Фарадей тем не менее не конкретизировал, что представляют собой эти силовые линии. Он писал:

«Те, кто в какой-нибудь мере придерживаются гипотезы эфира, могут рассматривать эти линии как потоки, или как распространяющиеся колебания, или как стационарные волюобразные движения, или как состояние напряжения»²⁾.

Экспериментальные открытия Фарадея были, конечно, хорошо известны, и он еще при жизни приобрел огромный авторитет и славу. Однако к его теоретическим взглядам современники в лучшем случае оставались безразличными. Английский физик Эйри писал:

«Я заявляю, что мне трудно себе представить, что кто-нибудь знающий практическое и численное совпадение данных наблюдения с результатами вычисления, основанного на действии на расстоянии, мог хотя бы одно мгновение колебаться между этим простым и точным действием, с одной стороны, и чем-то столь расплывчатым и изменчивым, как линии сил, с другой»³⁾.

Таким образом, основные теоретические представления Фарадея не были восприняты его современниками; первым обратил на них серьезное внимание Максвелл. Он воспринял эти представления, развил их и построил теорию электромагнитного поля.

§ 43. ПЕРВЫЕ ШАГИ В ПРАКТИЧЕСКОМ ПРИМЕНЕНИИ ОТКРЫТИЙ В ОБЛАСТИ ЭЛЕКТРОДИНАМИКИ. РАЗВИТИЕ ТЕХНИКИ ЭКСПЕРИМЕНТА

Первое практическое применение открытия в электродинамике нашли в технике связи. Уже упоминалось, что Ампер высказал идею о возможности использования открытия Эрстеда для построения телеграфа. Идея Ампера была воплощена в жизнь уже в 30-е годы Шиллингом, в 1832 г. — Гауссом и в 1833 г. — Вебером. Приемная часть телеграфа Шиллинга состояла из шести «мультипликаторов» — устройств, представляющих собой астатические системы из двух подвешенных на тонкой нити магнитных стрелок, одна из которых помещалась внутри проволочной катушки. На нити имелся кружок, одна сторона которого была окрашена в белый цвет, а другая — в черный. Был еще седьмой мультипликатор для вызова (рис. 54). К приемному аппарату от передающей станции шло восемь проводов: шесть из них были соединены с первыми шестью мультипликаторами, один был предназначен для обратного тока и один был соединен с вызывным мультипликатором

¹⁾ Фарадей М. Экспериментальные исследования по электричеству. Т. III, с. 481.

²⁾ Там же, с. 720.

³⁾ Из предистории радио. — Сборник оригинальных статей и материалов. Вып. 1. М. — Л., Изд-во АН СССР, 1948, с. 17.

(рис. 55). При нажатии на передающей станции соответствующей клавиши электрический ток поступал в катушку определенного мультипликатора, под его

действием поворачивалась магнитная стрелка, а вместе с ней поворачивался то белой, то черной стороной и кружок на нити. Каждой букве алфавита соответствовала определенная комбинация из черных и белых кружков. Телеграф Шиллинга был применен для связи между Зимним дворцом и зданием Министерства путей сообщения в Петербурге. Через год Гаусс и Вебер построили электромагнитный телеграф другой конструкции, соединивший астрономическую обсерваторию и физическую лабораторию в Геттингене.

Американский физик Генри использовал для приема сигналов электромагнит, который при пропускании электрического тока притягивал специальный рычажок. Используя это устройство, Генри построил телеграф, который действовал на территории Принстонского универ-

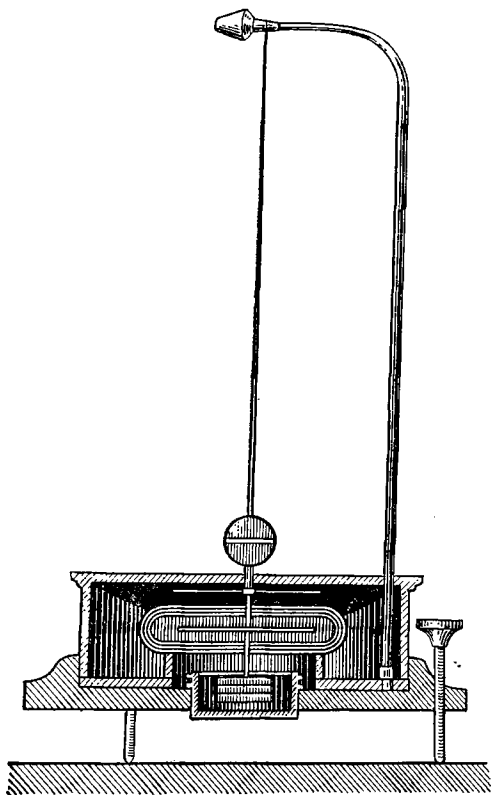


Рис. 54. Мультипликатор Шиллинга

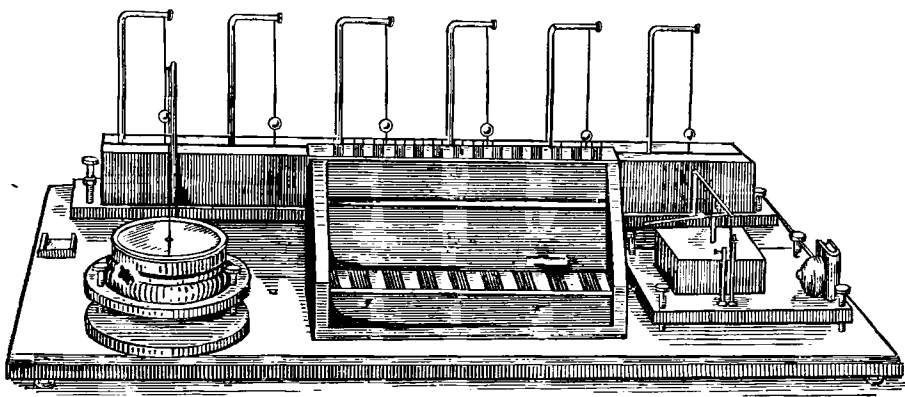


Рис. 55. Общий вид телеграфа Шиллинга

Рис. 56. Телеграф Морзе

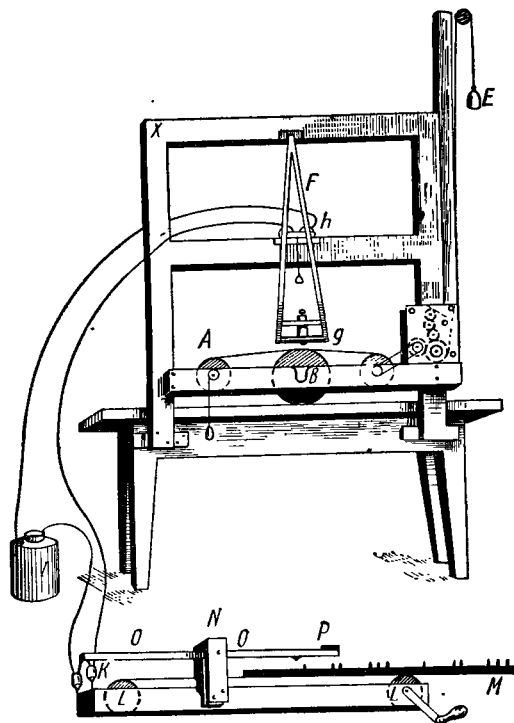
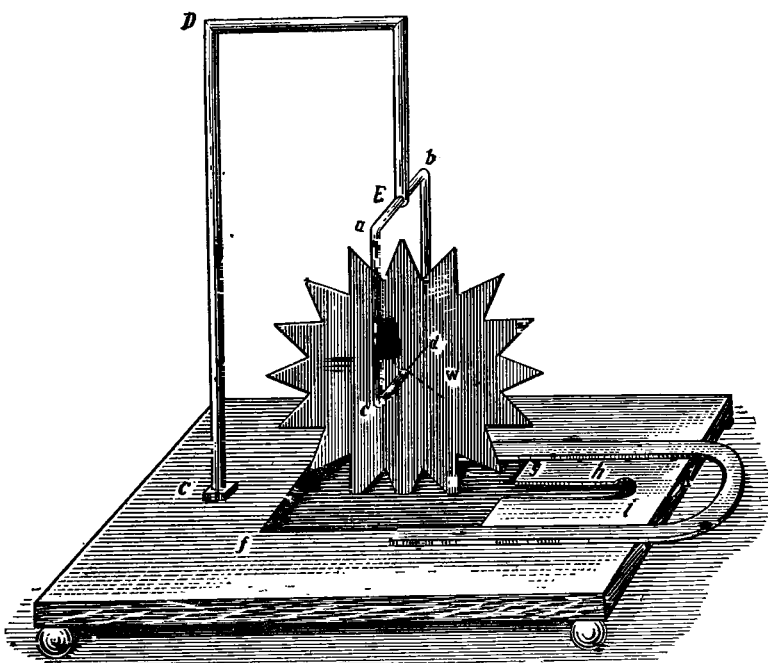


Рис. 57.
«Колесо»
Барлоу



ситета. Этим же принципом приема воспользовался Морзе, который после нескольких лет работы предложил в 1837 г. первую практическую удачную конструкцию телеграфа.

В телеграфе Морзе (рис. 56) при замыкании ключа электрический ток поступал в обмотки электромагнита, который притягивал висящий маятник с закрепленным на конце карандашом. При этом карандаш касался бумажной ленты, непрерывно передвигающейся (с помощью часового механизма) в горизонтальном направлении перпендикулярно плоскости качания маятника. Замыкание ключа на короткое время давало изображение точки на бумажной полосе, а на более длительное время — тире. С помощью комбинации точек и тире Морзе разработал специальный телеграфный код, носящий его имя. В 1844 г. Морзе построил в Америке телеграфную линию между Вашингтоном и Балтиморой. Организуется первая телеграфная компания «Магнитная телеграфная компания».

Помимо телеграфа Морзе в первое время употреблялись и другие конструкции телеграфов. Например, в Европе в 40-х годах применялся так называемый стрелочный телеграф, изобретенный петербургским академиком Борисом Семеновичем Якоби (1801—1874), который впоследствии изобрел буквопечатающий аппарат.

Первая половина XIX в. отмечается также первыми попытками практического применения электричества в качестве движущей силы. В 1822 г. англичанин Барлоу построил прототип электродвигателя — «звездное колесо». Прибор Барлоу (рис. 57) состоял из звездообразного колеса, помещенного между полюсами магнита. Колесо вращалось при пропускании тока.

В 30-х годах были предложены конструкции, в которых электромагнитные явления использовались для получения непрерывного механического движения. Эти приборы, правда, не вышли в основном за рамки лабораторных, хотя конструкторы стремились найти им практическое применение.

В 1834 г. Якоби описал электродвигатель, состоящий из системы железных стержней с проводочными обмотками на неподвижных и вращающихся частях мотора (рис. 58). Электродвигатель Якоби был использован в 1838 г., а затем в 1839 г. для приведения в движение лодки на Неве. Источником питания в двигателе Якоби служили батареи гальванических элементов.

Помимо Якоби в конце 30-х годов ряд изобретателей и в Европе, и в Америке работали над



Борис Семенович Якоби

конструированием применимых на практике электрических двигателей¹⁾. Однако заметную роль в производстве они стали играть уже во второй половине XIX столетия.

Одновременно с появлением электродвигателя возникает задача конструирования электромагнитных генераторов электрического

тока. Прототип генератора электрического тока, основанного на принципе электромагнитной индукции, был построен и описан Фарадеем вместе с первыми опытами по электромагнитной индукции. Этот генератор (рис. 59) состоял из медного диска, вращающегося между полюсами постоянного магнита; при этом в диске индуцировалась э. д. с. Полюсами генератора служили ось диска и неподвижная щетка, имеющая скользящий контакт с краем диска. Начиная с 30-х годов предлагаются разные конструкции электромагнитных генераторов электрического тока. Однако генераторы электрического тока находят практическое применение также только во второй половине XIX в.

Говоря о первых попытках применения электричества на практике, следует упомянуть изобретенную Якоби гальванопластику. В 1837 г. Якоби сообщил о своем изобретении, а в 1839 г. в России применяли гальванопластику при печатании кредитных билетов.

Остановимся теперь кратко на развитии экспериментальной, в частности, измерительной техники. Первыми измерительными при-

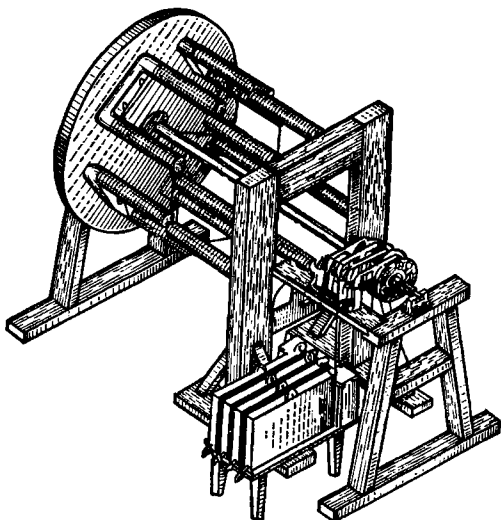


Рис. 58. Электродвигатель Якоби

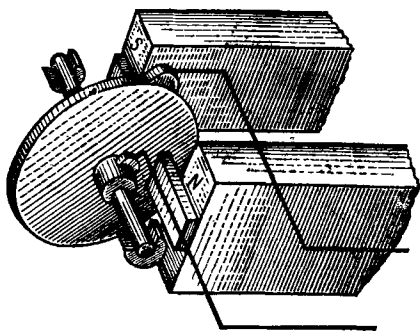


Рис. 59. Диск Фарадея

¹⁾ Подробно об истории развития электродвигателя см. в кн.: Электродвигатель в его историческом развитии. — Документы и материалы. М. — Л., Изд-во АН СССР, 1936.

борами была гальванометры, которые появились уже в начале 20-х годов. Одним из первых был гальванометр немецкого физика Поггендорфа. Он состоял из проволочной катушки, внутри которой помещалась магнитная стрелка. Прибор был снабжен шкалой для количественных отсчетов. В 1825 г. итальянец Нобили сконструировал более совершенный прибор (рис. 60), применив астатическую систему из двух магнитных стрелок с противоположно направленными полюсами. Гальванометр быстро совершенствовался. Для более точных измерений стали применять зеркальный отсчет. В частности, метод зеркального отсчета использовали Гаусс и Вебер в гальванометрах, служивших приемниками в их телеграфе.

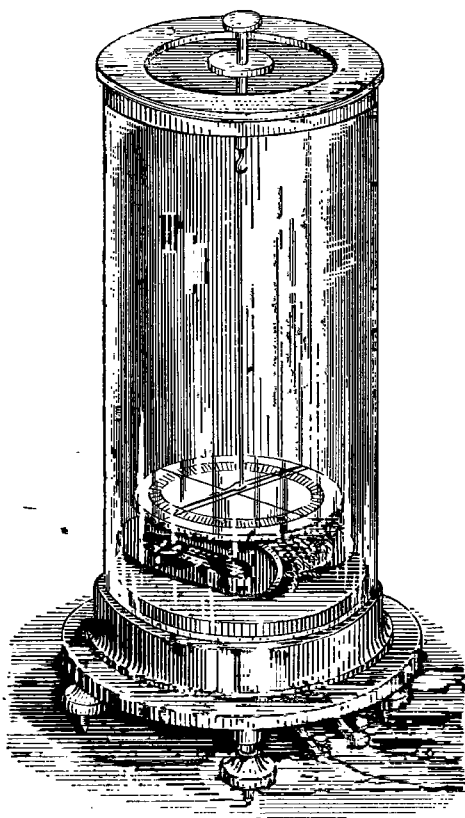


Рис. 60. Гальванометр Нобили

В 1837 г. для измерения силы тока француз Пулье предложил прибор, получивший название тангенс-буссоли (рис. 61). Этот прибор применяли наравне с гальванометром для электрических измерений.

В 1848 г. Вебер построил электродинамометр — прибор для измерения силы тока, состоящий из двух катушек, соединенных последовательно, одна из которых помещалась внутри другой и могла вращаться относительно

первой. При протекании тока внутренняя катушка поворачивалась и по углу поворота определялась сила тока. Электродинамометр применялся для измерения силы постоянного и переменного тока.

В первой половине XIX в. разрабатывают методы измерения сопротивления. В начале 40-х годов были построены первые переменные реостаты с отсчетом (в произвольных единицах) (рис. 62). Якоби предложил единицу сопротивления, изготовил эталон сопротивления и разослал его ряду ученых. Исследованиями в области измерения сопротивления много занимался английский физик Уитстон. Он изобрел так называемый мостик Уитстона, ставший основным прибором для измерения сопротивлений.

Важное значение имело усовершенствование гальванических

элементов. Долгое время единственными гальваническими элементами оставались элементы Вольта. Они были весьма несовершенными, так как их э. д. с. быстро уменьшалась вследствие поляризации электродов. В 1836 г. Даниель построил первый «постоянный» элемент. В 1838 г. свою конструкцию «постоянного» элемента разработал Гров; были предложены и другие конструкции элементов с более или менее постоянной э. д. с.

Несмотря на совершенствование измерительной техники, постоянной системы единиц для электрических и магнитных величин не было. Правда, уже в 30-х годах Гаусс, занимаясь исследованием земного магнетизма, предложил «абсолютную систему» единиц. Однако общепризнанные единицы для электрических и магнитных величин входят в практику только во второй половине XIX в.

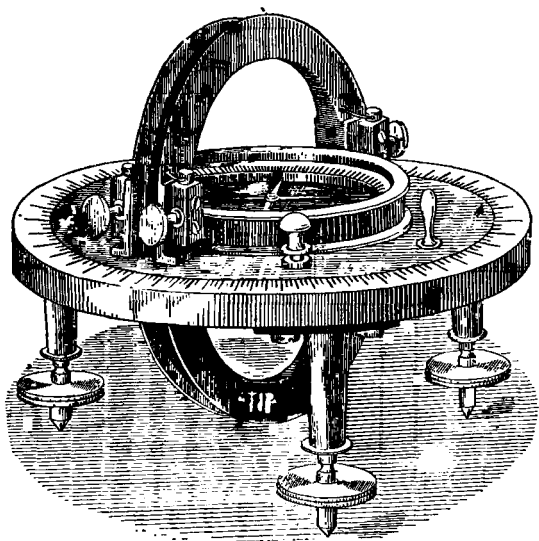


Рис. 61. Тангенс-буссоль

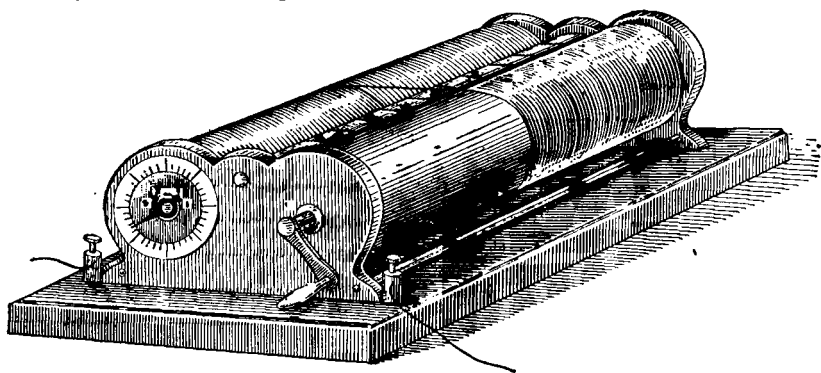


Рис. 62. Переменный реостат Уитстона

В заключение отметим еще некоторые успехи в области электродинамики, достигнутые в первой половине XIX в. Во-первых, это изобретение электромагнита, которое последовало вскоре после открытия Эрстеда и установления возможности намагничивания железа с помощью электрического тока. В 1825 г. англичанин Стерджен начал строить электромагниты, а к 30-м годам уже имелись

довольно мощные электромагниты, способные поднимать большие грузы. Так, например, электромагнит американского физика Генри, сконструированный им в 1832 г., имел подъемную силу, равную двум тоннам. Во-вторых, это открытие термоэлектричества, которое было сделано немецким физиком Зеебеком в 1821 г..

ГЛАВА XI

ИСТОРИЯ УСТАНОВЛЕНИЯ ЗАКОНА СОХРАНЕНИЯ И ПРЕВРАЩЕНИЯ ЭНЕРГИИ

§ 44. ВОЗНИКНОВЕНИЕ ПОНЯТИЯ РАБОТЫ

Понятие работы возникает первоначально в технике как характеристика работоспособности водоподъемных машин, а затем проникает и в механику. Уже в XVIII в. в качестве такой оценки применяют величину, равную количеству воды, которая поднимается на определенную высоту за определенный промежуток времени. Так, например, в руководстве по горному делу Шлаттера, вышедшем в России в 1760 г., используется понятие мощности. Описав водоподъемную паровую машину Ньюкомена, автор пишет:

«Когда оная машина исправно учреждена, то каждый час вышиной на сорок шесть сажен пятьсот восемьдесят ведер воды поднимает»¹⁾.

О работе как о величине, характеризующей действие машины, говорится в механике Котельникова, опубликованной в России в 1774 г. Автор пишет:

«Действие махины, или действующия посредством ея силы, равно тягости, умноженной на перейденный ею путь»²⁾.

В 1783 г. французский инженер, ученый и видный деятель французской революции Лазарь Карно издал сочинение «Опыт о машинах вообще», в котором было введено понятие работы (*Moment d'activité*).

«Если сила P — писал Карно, — движется со скоростью u , и угол, образованный u и P будет ξ то величина $Pcos\xi dt$ где dt — элемент времени, будет названа моментом деятельности (*moment d'activité*) произведенным силой P в течение времени dt »³⁾.

В последующей работе «Основные принципы равновесия и движения» (1803) Карно называет этой величиной просто произведе-

¹⁾ Шлаттер П. Обстоятельное наставление рудному делу. СПб., 1760, с. 168.

²⁾ Котельников С. Книга, содержащая в себе учения о равновесии и движении тел. СПб., 1774, с. 10.

³⁾ Carnot L. Essai sur les machines en général, nouvelle édition, a Dijon, 1786, p. 65.