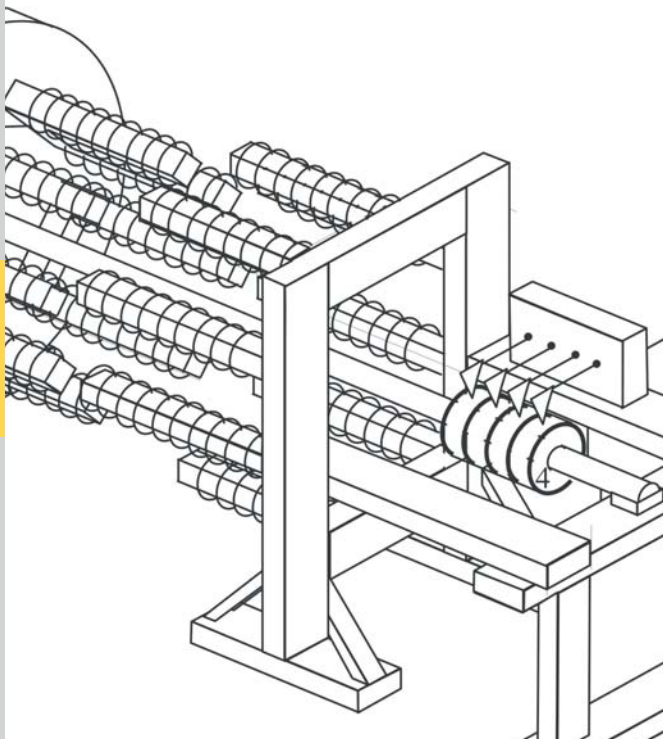




АЛЕКСАНДР МИКЕРОВ,

д. т. н., проф. каф.
систем автоматического управления
СПбГЭТУ «ЛЭТИ»
a.mikerov@gmail.com

В статье рассмотрен первый электродвигатель Б. С. Якоби, который послужил прототипом классической конструкции современного электродвигателя постоянного тока со щеточно-коллекторным узлом, и его модификации, обладавшие достаточной мощностью для того, чтобы приводить в движение шлюпку с гребными колесами.



ПЕРВЫЙ ПРАКТИЧЕСКИ ПОЛЕЗНЫЙ ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЬ ЯКОБИ

Предыдущая статья данного цикла [1] была посвящена первым лабораторным опытам, показавшим способность электрического тока производить механическое вращение или качение. Однако из-за ртутного коммутатора и ничтожной мощности такие устройства было нереально использовать в приводных двигателях. Первый практически полезный электродвигатель, сразу нашедший свое применение, был создан выдающимся электротехником Б. С. Якоби. В настоящей статье рассма-

триваются различные конструкции двигателя, а также другие изобретения этого ученого, прославившего российскую науку.

Борис Семенович Якоби (рис. 1), в молодости Мориц Герман (Moritz Hermann Jacobi), родился в Потсдаме (Пруссия) в семье преуспевающего еврейского банкира [2, 3]. Его старший брат Карл (Carl Jacobi) стал знаменитым математиком, имя которого запечатлено в таких понятиях, как якобиан, матрица Якоби и т. д.

По примеру многих своих современников Мориц принял протестантство с именем Борис и впоследствии в России назывался Борисом Семеновичем (по имени отца Симона). Образование получил сначала в Берлинском университете, а затем и в знаменитом Геттингенском, выпустившись с дипломом архитектора. После преподавал вместе с братом Карлом в Кенигсбергском университете, где заинтересовался электротехникой и попытался создать электрический аналог паровой машины.

В 1834 г. он решительно отверг эту идею, построил действующий «магнитный аппарат» вращательного движения и послал его описание в Парижскую

академию наук, которое, после благоприятного отзыва Ампера и Беккереля, было опубликовано в трудах академии, а затем и в широкой прессе.

Действующий образец этого двигателя, хранящийся в московском Политехническом музее, показан на рис. 2, где 1 — обмотка статора с восемью аксиальными полюсами электромагнитов (возбуждение), 2 — ротор, 3 — обмотка ротора также с восемью полюсами (якорь), 4 — щеточно-коллекторный узел (коммутатор), называемый тогда «жиротропом», с четырьмя металлическими контактными рычагами и коллекторными дисками, 5 — вал, 6 — гальваническая батарея. Двигатель развивал мощность 15 Вт при скорости 40 об/мин [3–5].

Рассмотрим принцип действия двигателя для четырех полюсов, как показано на рис. 3, где четыре неподвижных полюса (1) двух электромагнитов статора намагничены $N - S - N - S$, а полюсы (3) электромагнитов ротора (2) с помощью коммутатора перемагничиваются в зависимости от положения ротора. В положении, показанном на рисунке, угловое положение ротора



РИС. 1. ▶
Борис Семенович Якоби
(1801–1874)

РИС. 2. ►

Электродвигатель Якоби

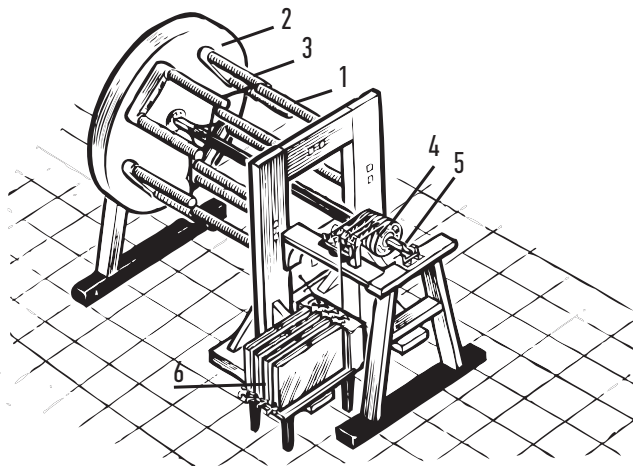
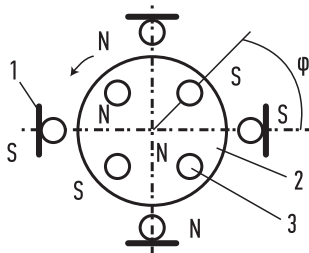


РИС. 3. ►

Принцип действия
электродвигателя Якоби

$\varphi = 45^\circ$, разноименные полюса ротора и статора притягиваются и вращающий момент направлен против часовой стрелки. При повороте ротора до угла $\varphi = 90^\circ$ токи и полюса якоря переключаются на противоположные, что сохраняет знак вращающего момента. Таким образом, двигатель вращается против часовой стрелки.

Это классический электродвигатель постоянного тока последовательного возбуждения со щеточно-коллекторным узлом торцевой конструкции, схема которого в современном начертании имеет вид, показанный на рис. 4, где 1 — обмотка возбуждения, а 2 — якорь со щеточно-коллекторным узлом. Интересно отметить, что щеточно-коллекторный узел двигателя, являющийся, по существу, датчиком положения ротора, реализует принцип обратной связи подобно любой автоматической системе.

РИС. 4. ►

Схема двигателя Якоби

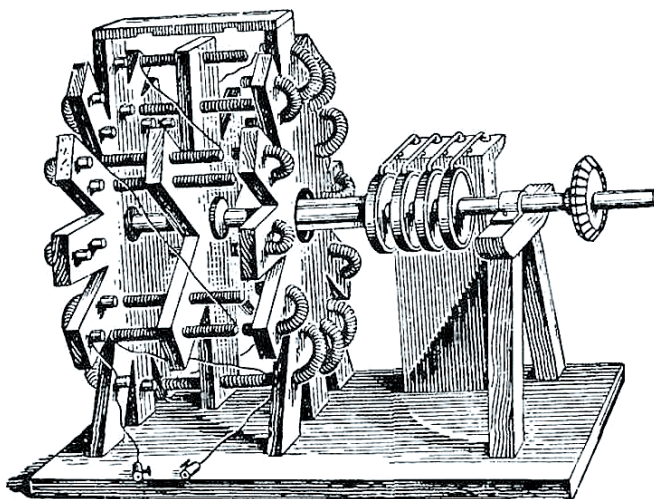
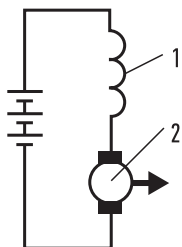


РИС. 5. ►

Второй двигатель Якоби



Публикации о двигателе Якоби имели далеко идущие последствия [2, 3]. Сам он получил степень доктора наук и был приглашен профессором в университет Дерпта, входившего тогда в состав Российской империи (ныне это город Тарту в Эстонии). Профессор этого университета астроном Василий Яковлевич Струве вместе со знаменитым электротехником академиком Павлом Львовичем Шиллингом обратили внимание российского правительства на полезность такого двигателя для судостроения. Император Николай I повелел пригласить профессора Якоби для построения «электрохода», на что было ассигновано 50 000 руб. Для оценки внушительности этой суммы можно вспомнить, что, как следует из поэмы Гоголя «Мертвые души», цена крепостного в те времена составляла 100 руб.

Якоби с энтузиазмом принимает предложение, в 1837 г. переезжает в Петербург, становится российским подданным и все последующие тридцать семь лет верой и правдой служит российской науке и технике в составе Петербургской академии наук.

Для построения «электрохода» была учреждена особая «комиссия для применения электромагнитной силы к движению машин по способу проф. Якоби» во главе с адмиралом Иваном Федоровичем Крузенштерном, куда входили ведущие российские электротехники Эмилий Христианович Ленц и Павел Львович Шиллинг [6]. Была выделена шлюпка длиной 8 м, для которой потребовался электродвигатель гораздо большей мощности. Поэтому Якоби создает второй вариант своего двигателя — больших габаритов и со двоянным статором, обеспечивающим повышение магнитного потока (рис. 5).

Однако мощность и этого варианта в 120 Вт была явно недостаточна, и Якоби меняет всю концепцию двигателя, перейдя к более компактной конструкции с размещением всех электромагнитов в диаметральной плоскости, показанной на рис. 6, где 1 — два электромагнита статора, 2 — четыре электромагнита ротора, 3 — коммутатор [4, 5]. Принцип действия двигателя в точности такой же, как на рис. 3. Диаметрную конструкцию электродвигателя предложил американский изобретатель Томас Дэвенпорт (Thomas Davenport), о котором будет рассказываться в следующей статье.

Первый практически полезный электродвигатель мощностью 15 Вт был создан Б. С. Якоби в 1834 г. в виде коллекторного электродвигателя постоянного тока торцевого типа с питанием от гальванической батареи.

- Путем ряда конструктивных изменений, в том числе переходов к цилиндрической многодвигательной конструкции, мощность электропривода удалось довести до 550 Вт, что позволило установить его в 1838 г. на судне, перевозящем по Неве до 14 пассажиров.
- Помимо этого, академик Якоби прославил отечественную науку изобретением гальванопластики, усовершенствованием телеграфа и применением электричества в минном деле.

Дальнейшее развитие электродвигателей привело к изобретению прототипов большинства современных типов машин постоянного и переменного тока, которые будут рассмотрены в последующих статьях.

Итак, Якоби собирает сорок таких двигателей на двух вертикальных параллельных валах, соединенных коническими передачами с гребными колесами «электрохода». С 1838 г. начинаются его многомесячные испытания с катанием по Неве до 14 пассажиров со скоростью 3 версты в час, как показано на рис. 7. Питание двигателей осуществлялось от 320 усовершенствованных гальванических цинко-платиновых элементов весом в 200 кг, благодаря чему мощность гребного привода была доведена до 550 Вт.

Испытания прошли успешно, и о них появляются восторженные отзывы в печати и в научном мире, в том числе и от Фарадея, приславшего личное письмо, в котором он мечтал установить электродвигатели на океанских лайнерах. Однако экономические расчеты самого Якоби показали, что для этого нужны значительно большие мощности и гигантские батареи. Даже для такого «электрохода» реально требовалось не менее 10 л. с., каждая из которых обходилась бы в 12 раз дороже, чем для паровой машины (по некоторым данным — в 40 раз). «Химическая энергия в настоящее время дороже механической», — с сожалением констатировал Якоби [3, 4]. Поэтому в 1842 г. затея была оставлена.

Лишь в 1891 г. на Неве заработал первый буксир с электротягой, построенный известными электротехниками В. Н. Чиколевым и Р. Э. Класоном для буксировки барж с Охтинского порохового завода [7] (применение паровых буксиров в этом случае было бы взрывоопасным). Однако широко гребные электрические установки начали применяться лишь в XX веке, после создания мощных судовых электрогенераторов.

Вклад Бориса Семеновича в электротехнику этим не ограничился [2, 3, 5, 7]. Самым его выдающимся делом считается изобретение в 1837 г. гальванопластики, которую сразу же стали применять для печатания денежных банкнот (в связи с финансовой реформой), а затем гравюр и других художественных произведений. За это Якоби был награжден золотой медалью Парижской выставки, а в России получил от правительства 25 000 руб. (с условием не патентовать, а широко публиковать изобретение), а затем и научную Демидовскую премию в 5000 руб., от которой он, впрочем, отказался в пользу научного фонда.

К другим его известным изобретениям относятся:

- Усовершенствование телеграфа Шиллинга и установка его в Зимний дворец, а также прокладка первых телеграфных линий: Зимний дворец — Генеральный штаб и Петербург — Царское Село.
- Применение электричества в военном деле. Якоби создал морские мины с электрическим дистанционным детонатором от магнитоэлектрического генератора, которые успешно использовали в 1865 г. во время Крымской войны для обороны Кронштадта и Севастополя.
- Создание новых электроприборов (реостат, эталон Ома и др.).

Кроме того, Якоби вместе с академиком Ленцем открыл явления противо-ЭДС и реакции якоря, а также обратимость электрической машины, т. е. использование двигателей в качестве генераторов и наоборот. В 1840 г. Якоби положил начало электротехническому образованию в России, создав в Кронштадте учеб-

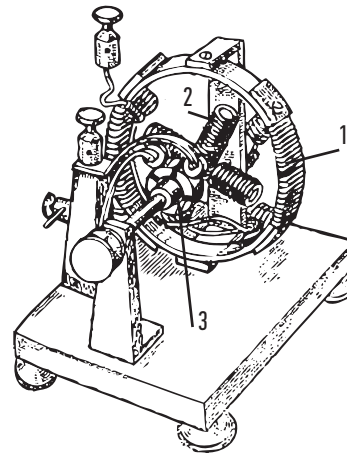


РИС. 6. ◀
Третий двигатель Якоби

ную команду лейб-гвардии саперного батальона, изучавшую употребление гальванизма в военном деле. За «усовершенствования по гальванической части» ему была пожалована пожизненная пенсия. Уже в наше время на 7-й линии Васильевского острова Санкт-Петербурга установили памятную доску: «Здесь жил академик Борис Семенович Якоби. 1801–1874. Выдающийся физик и электротехник. Изобретатель гальванопластики, электрического телеграфа, электрических моторных лодок, электрических мин». ●

ЛИТЕРАТУРА

1. Микеров А. Г. Первые демонстрации электромагнитного вращения. Control Engineering Россия. 2015. № 4.
2. Луцкий Марк. Борис Семенович Якоби (1801–1874). <http://berkovich-zametki.com/2009/Zametki/Nomer3/Lucky1.php>
3. Яроцкий А. В. Борис Семенович Якоби, 1801–1874. М.: Наука. 1988.
4. История электротехники / Под ред. И. А. Глебова. М.: Изд-во МЭИ. 1999.
5. Шателен М. А. Русские электротехники XIX века. М.-Л.: Госэнергоиздат.
6. Хартанович М. Ф. «Электроход» профессора Якоби. Вестник Российской Академии наук. 1998, т. 68, № 7.
7. Иванов Б. И. История развития электротехники в Санкт-Петербурге. СПб.: Наука. 2001.

РИС. 7. ▼
«Электроход» Якоби

