



УДК 621. 3(09)
DOI: <https://doi.org/10.30932/1992-3252-2020-18-200-210>



КОЛЕСО ИСТОРИИ

Эмилий Христианович Ленц (1804–1865)



Григорьев Николай Дмитриевич – кандидат технических наук, Москва, Россия.*

Николай ГРИГОРЬЕВ

Эмилий Ленц – знаменитый русский физик немецкого происхождения, академик, профессор Петербургского университета, а впоследствии его ректор, доктор филологии, тайный советник... Он участвовал в кругосветном путешествии Коцебу на шлюпе «Предприятие». Ленц известен своими фундаментальными работами по электромагнетизму и изучению теплового действия электрического тока.

Автор закона определения направления индукционного тока (Правило Ленца) и соавтор закона о тепловом воздействии электрического тока (закон Джоуля–Ленца), он провёл ряд значительных исследований по воздействию тока на разнородные проводники, разработал методы расчёта электромагнитов для построения электрических машин.

Ключевые слова: Ленц, история транспорта, закон Джоуля–Ленца, правило Ленца, закон Фарадея–Максвелла–Ленца, баллистический гальванометр, электромагнит, переменный ток.

О его замечательных лекциях по физике и физической географии ходили легенды, они отличались удивительной ясностью и систематичностью.

На протяжении всей своей жизни Ленц занимался исследованиями в области физики. Вклад Ленца в науку сложно переоценить. Эмилий Христианович был исключительно разносторонним учёным. Он был автором учебников по физике для средней школы, работал над гальваническим золочением куполов Храма Спасителя в Москве, над проблемой освещения Невского проспекта в Петербурге. Ленц был физиком в самом широком смысле этого слова. Он никогда не замыкался на «чистой теоретической науке», всегда стремился на практике применить результаты своих открытий.

*Информация об авторе:

Григорьев Николай Дмитриевич – кандидат технических наук, Москва, Россия, 9165688074@yandex.ru.

Статья поступила в редакцию 13.02.2019, принята к публикации 15.01.2020.

For the English text of the article please see p. 206.

29 января 1865 г., 155 лет назад, в Риме в возрасте 60 лет скоропостижно скончался российский учёный немецкого происхождения Эмилий Ленц — один из основоположников электротехники. Ленц — автор правила (1833), названного его именем, учёный экспериментально обосновавший закон Джоуля—Ленца (1842), создавший методы расчёта электромагнитов (совместно с Б. С. Якоби), открывший обратимость электрических машин. С его именем связано открытие закона, определяющего тепловые действия тока, и закона, определяющего направление индукционного тока.

Эмилий Ленц был профессором и ректором Императорского Санкт-Петербургского университета (1863—1865), действительным членом Русского географического общества с 19 сентября (1 октября) 1845 года.

Основоположник современного учения об электрических и магнитных явлениях Эмилий Христианович Ленц [1—10] родился 24 (12 по старому стилю) февраля 1804 г. в г. Дерпт (ныне Тарту, Эстония) в семье обер-секретаря (старшего чиновника) городского магистрата. В 1820 г. он в возрасте 16 лет окончил с отличием гимназию и поступил вначале на естественный факультет Дерптского (ныне Тартуского) университета. Затем по материальным соображениям юноша перевёлся на богословский факультет, но занятия по физике не прекратил. После второго курса студент Ленц участвовал в качестве физика для выполнения наблюдений на море и на суше в 1823—1826 годах в кругосветном путешествии в Атлантическом, Индийском и Тихом океанах на шлюпе «Предприятие» под командованием русского мореплавателя О. Е. Коцебу. Он при помощи сконструированных глубомера и батометра (прибора для взятия проб воды и измерения температур на разных глубинах) изучал физические свойства океанической воды, наблюдал и подробно описывал атмосферные явления и извержение вулканов, исследовал магнитное склонение, разработал циркуляционную теорию морских течений и впервые обозначил задачи физической географии как науки. Всё это послужило началом точных наблюдений в области



океанографии. Им было доказано наличие взаимосвязи между солёностью океанической воды, количеством солнечной радиации и силой ветра: наименее солёная вода на экваторе, так как там больше всего солнечного тепла, а воздух малоподвижен; в этих условиях в процессе испарения микрокапли остаются на поверхности океанической воды, создавая препятствие для воздействия Солнца. В 1827 г. Ленц по материалам океанографических научных исследований после их обработки методом наименьших квадратов и анализа защитил в Германии при Гейдельбергском университете диссертацию на степень доктора философии и переехал в Санкт-Петербург, где непродолжительное время преподавал в школе.

В 1828 г. в Санкт-Петербургскую Академию наук была представлена работа Ленца «О солёности и температурах воды океанов на разных глубинах», за которую его избрали адъюнктом (помощником профессора) Академии по физике. В 1829 г. Академия направила 25-летнего учёного для выполнения магнитных и гравитационных наблюдений в научную экспедицию на гору Эльбрус, где им была рассчитана её высота по показаниям барометра. Ленц организовал изучение магнитных явлений и качаний маятника в Николаевской обсерватории на Кавказе, наблюдал измене-





Императорский Санкт-Петербургский университет.

ния уровня Каспия, установив барометрическим способом, что его уровень на 30,5 м ниже, чем у Чёрного моря, исследовал выход на поверхность горючих газов в районе Баку, где недалеко от города собрал образцы нефти.

В 1830 г. Эмилий Ленц в возрасте 26 лет был избран экстраординарным (сверхштатным) академиком Санкт-Петербургской Академии Наук. В его ведение перешёл физический кабинет, собранный предшественником В. В. Петровым [11], в котором прошла вся последующая деятельность учёного.

В 1831 г. английский физик М. Фарадей открыл и описал явление «Магнитоэлектрической и вольтгаэлектрической индукций», где он приводил различные правила для определения направления индуцированных токов. Ленц в 1833 г., изучив все работы в этой области, установил: *«возникающий в замкнутом контуре индукционный ток имеет такое направление, что созданный им поток магнитной индукции через площадь, ограниченную контуром, стремится компенсировать то изменение первоначального магнитного поля, вследствие которого происходит индукция»*. Это правило, названное его именем, является фундаментальным в теоретической электротехнике [12; 13] и оно вошло во все учебники по электротехнике [14; 15]. В последующем на основании этого правила были получены математические связи для мгновенных значений токов и электродвижущих сил. Немецкий физик Ф. Нейман в 1846 г. при выводе законов электромагнитной индукции воспользовался правилом Ленца. Немецкий физик Г. Л. Гельмгольц в 1847 г. в работе о сохранении энергии также сослался на это правило. Следовательно,

Ленц явился предшественником распространения закона сохранения энергии на область явлений электромагнитной индукции, т.е. обобщения величайшего физического открытия XIX века. В математической форме явление электромагнитной индукции дал в 1873 г. английский физик Д. К. Максвелл. В научной и учебной литературе в настоящее время количественный закон Фарадея—Максвелла—Ленца для мгновенного значения электродвижущей силы e записывается как $e = -d\psi/dt$ (электродвижущая сила пропорциональна скорости изменения магнитного потока ψ , то есть первой производной магнитного потока по времени $d\psi/dt$), где знак минус соответствует правилу Ленца.

Правило Ленца помогло решению задачи о точных измерениях напряжённости и намагничивания железа. Он был одним из первых авторов индукционных измерительных приборов [16; 17] и совместно с русским физиком и электротехником Б. С. Якоби предложил баллистический метод для измерения величины магнитного потока теми индукционными действиями, которые возникают при создании или исчезновении потока. Этот метод был единственным в те годы индикатором тока. Он лежит в основе современного баллистического гальванометра, применяющегося для измерения малых величин при кратковременных импульсах тока, в котором подвижная часть имеет относительно небольшой момент инерции, а результат отсчитывается по наибольшему отклонению указателя.

В формулировке правила Ленца заключена идея принципа эквивалентности (обратимости) электрических машин. Он показал, что магнитоэлектрическая индук-

ция Фарадея связана с электромагнитными силами французского учёного А. М. Ампера. «Положение, посредством которого магнитоэлектрическое явление сводится к электромагнитному, заключается в следующем: если металлический проводник движется поблизости от гальванического тока или магнита, то ток мог бы обусловить его перемещение в противоположную сторону; при этом предполагается, что покоящийся проводник может перемещаться в направлении движения или в противоположном направлении». В работе «О некоторых опытах из области гальванизма» принцип обратимости электрических машин им был сформулирован более чётко: *«Каждый электромагнитный опыт может быть обращён таким образом, что он приведёт к соответствующему магнитоэлектрическому опыту. Для этого нужно только сообщить проводнику гальванического тока каким-либо иным способом то движение, которое он совершает в случае электромагнитного опыта, и тогда в нём возникает ток направления, противоположного направлению тока в электромагнитном опыте»*. Из правила Ленца следует, что, пропуская в подвижных катушках, расположенных между полюсами магнитов, токи, можно добиться их вращения. Наоборот, если в подвижные катушки ток не пускать, а вращать их между полюсами магнита за счёт посторонней силы, то в них возникает индуцированная электродвижущая сила. Следовательно, он первым пришёл к выводу об одинаковом устройстве и обратимости электрических машин, экспериментально превратив генератор в двигатель. У современных коллекторных электрических машин имеются конструктивные различия генераторов и двигателей из-за особенностей их коммутации [18; 19].

Уже через четыре года, в 1834 г., Ленц был избран ординарным (штатным) академиком Санкт-Петербургской АН по физике. Он выполнял также педагогическую работу в Морском кадетском корпусе, в Артиллерийской академии, в Главном педагогическом институте, а в 1835 г. был приглашён на должность ординарного профессора кафедры физики (отделённой от химии) Санкт-Петербургского университета, в 1836 г. возглавил кафедру физики и физической географии. В 1840 г. его из-

брали деканом на втором отделении философского факультета, где он пребывал бессменно на этой должности до избрания ректором университета в 1863 г. Им были написаны многочисленные учебники и пособия по физике, а руководство к физике, составленное для русских гимназий и опубликованное в 1839 г., выдержало 11 изданий.

Английский физик Уильям Стёрджен (В. Стэджен) в 1825 г. изобрёл электромагнит. В то время отсутствовали данные по магнитным свойствам железа. Только в совместных работах Ленца с Борисом Якоби «О законах электромагнитов», «О притяжении электромагнитов» и «О влиянии силы тока на интенсивность возбуждаемых в железе магнетизма» были даны методы расчёта электромагнитов в электрических машинах, которые применялись до установления законов магнитной цепи. В них была установлена пропорциональность действия электромагнита силе тока и числу витков катушки (по современной терминологии числу ампер-витков) [20].

В 1841 г. другой английский физик Джеймс Прескотт Джоуль (Джул) опубликовал работу «О теплоте, выделяемой токами», но в Лондонском Королевском обществе (научное общество Великобритании) она встретила некоторые обоснованные возражения, и от него потребовали дополнительных экспериментальных уточнений. Ленц исследовал тангенс-буссоли (прибор для измерения тока, изобретённый И. Нервандером), проверил справедливость и обосновал современникам закон немецкого физика Г. С. Ома и исследовал нагревательное действие токов, результаты которых доложил в Санкт-Петербургской Академии Наук в 1842 г. («О законах выделения тепла гальваническим током») и в 1843 г. («О выделении тепла в проволоках»). В этих сообщениях им точными и экспериментальными данными были доказаны зависимости сопротивления металлов от температуры и основные положения теплового действия тока, названного законом Джоуля–Ленца: выделяемое током тепло пропорционально сопротивлению проводника, квадрату силы тока, времени и не зависит от каких-либо других его свойств. Это явилось одной из предпосылок установления закона сохра-



нения и превращения энергии. В настоящее время на законе Джоуля—Ленца основан расчёт нагревательных электроприборов, выбор сечений воздушных проводов и жил кабельных линий электропередачи, плавких вставок предохранителей и тепловых расцепителей устройств защиты электроустановок от перегрузки и аварийных режимов короткого замыкания [21; 22].

В 1844 г. Ленц вывел формулу для определения тока в любой из параллельно соединённых ветвей, содержащих источники электродвижущих сил, явившуюся предшественницей двух законов для разветвлённых электрических цепей, открытых в 1847 г. немецким учёным Г. Р. Кирхгофом [12–15].

В 1845 г. Ленц стал Действительным членом Русского географического общества, был избран в Совет и до конца жизни выполнял в нём большую разностороннюю работу. В 1851 г. он опубликовал свой фундаментальный труд «Физическая география», который неоднократно переиздавался в России и за рубежом. В нём им были рассмотрены строение земной коры, происхождение и непрерывное перемещение образующих её пород, влияющее на рельеф материков. Были отмечены три фактора, вызывающих непрерывное изменение поверхности суши: вулканические силы, влияние вод при содействии атмосферы и органические существа, и указаны закономерности суточного и годового хода температуры и давления воздуха, ветровой деятельности, испарения воды, конденсации водяного пара и образования облаков, электрических и оптических явлений в атмосфере. Было объяснено происхождение голубого цвета неба, радуги, кругов около Солнца и Луны. Учёный установил причину небольшого повышения температуры воды с глубиной в зоне к югу от 51 градуса южной широты и отметил, что подобная инверсия должна иметь место и в Северном Ледовитом океане. Тем самым он предвосхитил открытие норвежского исследователя Арктики Ф. Нансена, обнаружившего во время экспедиции в 1893–1896 годах тёплые атлантические воды в глубинных слоях Арктического бассейна. Им также было установлено, что солёность воды в океане мало изменяется с глубиной, а в верхнем слое уменьшается с широтой.

Однако наибольшая солёность наблюдается не в экваториальной зоне, а в районах близ тропиков вследствие сильного испарения. Плотность воды возрастает с широтой и с глубиной из-за уменьшения температуры воды в этих направлениях. Поэтому, по мнению Ленца, в Мировом океане наряду с течениями, вызываемыми ветром и наклоном уровня поверхности дна, должно существовать общее и не менее сильное движение поверхностных вод из тропической зоны в области высоких широт и движение глубинных вод из этих областей в тропическую зону. Такая циркуляция, существование которой было подтверждено последующими наблюдениями, представляет собой одну из важнейших причин водообмена между низкими и высокими широтами. Она и обуславливает поступление холодных вод из Индийского, Атлантического, Тихого и Северного Ледовитого океанов в глубинные слои умеренных и низких широт. Ленц привёл методические указания для определения скоростей течений навигационным способом и высказал мысль о том, что орбиты частиц в ветровых ваннах представляют собой эллипсы. По его предположению главной причиной процессов, происходящих в атмосфере Земли, является солнечная радиация, наибольшая часть энергии которой поглощается океанами, огромными резервуарами влаги и тепла. Она расходуется в основном на испарение воды, вызывая её кругообращение в природе и формируя климат на Земле. Ленц явился основоположником учения о взаимодействии океанов с атмосферой, а его труд «Физическая география», содержащий точные и достоверные океанографические наблюдения, имел большое значение для развития наук о Земле.

В 1846 г. немецкий физик В. Э. Вебер опытным путём установил, что вопреки закону электромагнитной индукции Фарадея электродвижущая сила электрических генераторов при подключении внешней электрической цепи не пропорциональна скорости вращения его вала. Вебер объяснял это тем, что железо магнитной цепи генератора не успевает принять полного намагничивания при быстром изменении электрического поля. Ленц на магнито-электрическом генераторе постоянного

тока собрал большой экспериментальный материал. По работе «О влиянии скорости вращения на индукционный ток, производимый магнитоэлектрическими машинами» он сделал в Санкт-Петербургской АН три сообщения: в 1847, 1853 и 1857 годах. Им было выдвинуто собственное объяснение уменьшению электродвижущей силы, которое в настоящее время называется реакцией якоря при протекании в нём электрического тока. Необходимо учитывать не только токи, индуцируемые во вращающемся якоре электрической машины магнитным полем полюсов, но и токи от самоиндукции в обмотке якоря. Его предложение смещения щёток на некоторый угол относительно нейтральной геометрической линии коллектора с целью ликвидации искрения применяется до сих пор в электрических машинах (генераторах и двигателях) постоянного тока при наличии дополнительных полюсов номинальной мощностью до 300 Вт, а при их отсутствии — мощностью до 1 кВт [23; 24].

В 1853 г. Ленц впервые установил смещение фазы переменного тока относительно фазы синусоидального напряжения, и в 1857 г. он придумал коммутатор, т.е. изобрёл прибор для изучения формы кривой индуктированного переменного тока. Им было определено условие режима полезной максимальной мощности источника электрической энергии, когда внутреннее сопротивление источника и внешней цепи равны между собой. Это условие режима в настоящее время применяется в маломощных электронных устройствах телемеханики, связи, автоматики и управления.

Эмилий Христианович Ленц скоропостижно скончался во время заграничного отпуска и лечения зрения в Риме 10 февраля (29 января по старому стилю) 1865 г. в возрасте 60 лет. Похоронили его в Риме на протестантском кладбище. Им были установлены правило Ленца и закон Джоуля—Ленца, подтверждён закон Ома и ему впервые в электротехнике удалось установить связь между электромагнитными и электродинамическими явлениями [25]. За свои научные труды в области электротехники и геофизики он был избран членом-корреспондентом Академии наук в Турине и в Берлинской академии наук.

Эмилий Ленц всю жизнь прожил в Российской империи, но он так и не выучил русский язык, что ему не помешало стать основателем отечественной школы электротехники.

ЛИТЕРАТУРА

1. Ленц Эмилий Христианович // Новая Российская энциклопедия / Гл. редактор А. Д. Некипелов. — Т. IX (2). — М.: Энциклопедия, 2013. — С. 246–247.
2. Ленц Эмилий Христианович // Советская энциклопедия / Гл. редактор А. М. Прохоров. — Т. 14. — М.: Советская энциклопедия, 1973. — С. 335–336.
3. Ленц Эмилий Христианович // Большая Советская энциклопедия / Гл. редактор Б. А. Введенский. — Т. 24. — М.: Большая Советская энциклопедия, 1953. — С. 570–571.
4. Ленц Эмилий Христианович // Советский энциклопедический справочник / Гл. редактор А. М. Прохоров. — М.: Советская энциклопедия, 1985. — С. 701.
5. Шателен М. А. Русские электротехники второй половины XIX века. — М.-Л.: Государственное энергетическое издательство, 1949. — 379 с.
6. Шателен М. А. Русские электротехники XIX века. — М.: Госэнергоиздат, 1955. — 432 с.
7. Веселовский О. Н., Шнайберг Я. А. Очерки по истории электротехники. — М.: Издательство МЭИ, 1993. — 252 с.
8. Самин Д. К. 100 великих учёных. — М.: Вече, 2000. — 592 с.
9. Истомин С. В. Самые знаменитые изобретатели России. — М.: Вече, 2000. — 469 с.
10. Ржонсницкий Б. Н., Розен Б. Я. Эмилий Христианович Ленц. — М.: Мысль, 1987. — 136 с.
11. Григорьев Н. Д. Пророк в своём отечестве // Мир транспорта. — 2018. — № 3. — С. 236–248.
12. Основы теории цепей. — М.: Энергоатомиздат, 1985. — 528 с.
13. Буртаев Ю. В., Овсянников П. Н. Теоретические основы электротехники. — М.: Энергоатомиздат, 1984. — 552 с.
14. Касаткин А. С., Немцов М. В. Электротехника. — М.: Высшая школа, 2000. — 542 с.
15. Электротехника и электроника / Под ред. В. В. Кононенко. — Ростов-на-Дону, 2004. — 752 с.
16. Электрические измерения / Под ред. А. В. Фремке. — Л.: Энергия, 1973. — 424 с.
17. Электрические измерения / Под ред. Е. Г. Шрамкова. — М.: Высшая школа, 1972. — 518 с.
18. Алексеев А. С. Конструкция электрических машин. — М.-Л.: Госэнергоиздат, 1958. — 428 с.
19. Вольдек А. И. Электрические машины. — Л.: Энергия, 1974. — 840 с.
20. Григорьев Н. Д. Умножение движущих сил // Мир транспорта. — 2014. — № 3. — С. 238–245.
21. Цигельман И. Е. Электроснабжение гражданских зданий и коммунальных предприятий. — М.: Высшая школа, 1982. — 368 с.
22. Григорьев Н. Д. Выбор проводников по нагреву. — М.: Типография МИИТ, 2005. — 59 с.
23. Петров Г. Н. Электрические машины. — Ч. 3. Коллекторные машины постоянного и переменного тока. — М.: Энергия, 1968. — 224 с.
24. Брускин Д. Э., Зорохович А. Я., Хвостов В. С. Электрические машины и микромашины. — М.: Высшая школа, 1971. — 432 с.
25. Рассказы из истории русской науки и техники. — М.: Молодая гвардия, 1957. — 125 с.

