

Хольц Альфред

**Динамомашинны и
электродвигатели
постоянного тока**

**Москва
«Книга по Требованию»**

УДК 621.3
ББК 31.352
X75

X75 **Хольц Альфред**
Динамомашинны и электродвигатели постоянного тока / Хольц Альфред – М.:
Книга по Требованию, 2026. – 245 с.

ISBN 978-5-8854-2810-1

Многотомное практическое руководство по прикладной электротехнике
(курс для электрика/электротехника); русское издание — перевод с нем. «Die
Schule des Electrotechnikers», дополнено В. И. Виттом; выходило в Санкт-
Петербурге (1900–1909), 15 томов.

Школа современного электротехника. Т. 4 : Динамомашинны и электродви-
гатели постоянного тока, 1900. - 239,III с.

ISBN 978-5-8854-2810-1

© Издание на русском языке, оформление
«YOYO Media», 2026

© Издание на русском языке, оцифровка,
«Книга по Требованию», 2026

Эта книга является репринтом оригинала, который мы создали специально для Вас, используя запатентованные технологии производства репринтных книг и печати по требованию.

Сначала мы отсканировали каждую страницу оригинала этой редкой книги на профессиональном оборудовании. Затем с помощью специально разработанных программ мы произвели очистку изображения от пятен, клякс, перегибов и попытались отбелить и выровнять каждую страницу книги. К сожалению, некоторые страницы нельзя вернуть в изначальное состояние, и если их было трудно читать в оригинале, то даже при цифровой реставрации их невозможно улучшить.

Разумеется, автоматизированная программная обработка репринтных книг – не самое лучшее решение для восстановления текста в его первозданном виде, однако, наша цель – вернуть читателю точную копию книги, которой может быть несколько веков.

Поэтому мы предупреждаем о возможных погрешностях восстановленного репринтного издания. В издании могут отсутствовать одна или несколько страниц текста, могут встретиться невыводимые пятна и кляксы, надписи на полях или подчеркивания в тексте, нечитаемые фрагменты текста или загибы страниц. Покупать или не покупать подобные издания – решать Вам, мы же делаем все возможное, чтобы редкие и ценные книги, еще недавно утраченные и несправедливо забытые, вновь стали доступными для всех читателей.



Серия Книжный Ренессанс

www.samizday.ru/reprint

t и N провести касательную къ кривой, то эта касательная образуетъ съ положительнымъ направлениемъ оси абсциссъ уголъ τ , опредѣляемый формулой:

$$\operatorname{tg} \tau = \frac{dN}{dt}.$$

Такимъ образомъ, величина угла τ или вѣрнѣе его тангенсъ представляетъ мѣру возбужденной электродвижущей силы e .

Если уголъ $\tau = 0$, что имѣетъ мѣсто въ положеніяхъ I и III, то $e = 0$, во всѣхъ остальныхъ положеніяхъ τ представляетъ острый или тупой уголъ, причемъ слѣдуетъ замѣтить, что въ первомъ случаѣ для острого угла $\operatorname{tg} \tau$ представляетъ положительную величину, во второмъ случаѣ—для тупого угла отрицательную величину. Наибольшая величина угла τ достигается въ положеніяхъ II и IV.

Если для каждой величины угла τ выполнить соответствующую величину e , то можно построить кривую, абсциссы которой выразятъ время t , а ординаты—соответствующія электродвижущія силы e . Такимъ путемъ построена кривая FGNHK изображ. на рис. 3б. Изъ разсмотрѣнія этой кривой мы видимъ, что въ положеніи I электродвижущая сила равна нулю, затѣмъ она постепенно возрастаетъ до наибольшей величины, достигаемой въ положеніи II; при дальнейшемъ вращеніи якоря электродвижущая сила убываетъ, въ положеніи III она опять равна нулю, затѣмъ мѣняетъ свой знакъ, что означаетъ перемѣну направленія тока въ замкнутой цѣпи, возрастаетъ постепенно до отрицательной наибольшей величины, достигаемой въ положеніи IV, а затѣмъ опять убываетъ до нуля въ положеніи I и т. д.

Точно такимъ же образомъ измѣняется въ замкнутой цѣпи и сила тока i , возбужденнаго электродвижущей силой, такъ что кривая FGNHK (рис. 3б) можетъ представлять собою и кривую силы тока.

Изъ разсмотрѣнія кривой силы тока и электродвижущей силы мы видимъ, что токъ постоянно измѣняетъ свою величину; при полномъ оборотѣ якоря токъ дважды проходитъ чрезъ нулевые значенія, въ которыхъ онъ мѣняетъ свое направленіе и дважды достигаетъ своей наибольшей величины прямого (положительнаго) и обратнаго (отрицательнаго) значенія. Такой токъ перемѣнной силы и перемѣннаго направленія называется перемѣннымъ токомъ, въ отличіе отъ постоянного тока, который даютъ гальваническіе элементы и аккумуляторы.

Для опредѣленія моментальнаго направленія тока можетъ служить слѣдующее правило (см. томъ II, глава II), а именно: Если смотрѣть на катушку по направленію силовыхъ линій, то при уменьшеніи числа проходящихъ черезъ катушку силовыхъ линій направленіе тока совпадаетъ съ направлениемъ вращенія часовой стрѣлки, (прямой токъ), а при увеличеніи числа проходящихъ черезъ катушку силовыхъ линій направленіе тока обратно направленію вращенія часовой стрѣлки (обратный токъ).

На путь отъ I къ II число силовыхъ линій, проходящихъ черезъ катушку, уменьшается, такъ что, если смотрѣть на катушку по направленію силовыхъ линій, т. е. снизу вверхъ (рис. 1), то направленіе тока совпадаетъ съ направлениемъ вращенія часовой стрѣлки; если же смотрѣть сверху внизъ, то токъ будетъ казаться протекающимъ по направленію, противоположному вращенію часовой стрѣлки (см. рис. 4, катушку А). Такое направленіе токъ сохраняетъ до положенія III, а затѣмъ во

время перемагниченія катушки отъ III до I токъ протекаетъ по противоположному направлению.

Если на кольцѣ В, котораго мы до сихъ поръ не касались, также намотана катушка изъ оплетанной проволоки, то въ этой катушкѣ возникаютъ электродвижущія силы, стремящіяся возбудить токъ въ направленіи противоположномъ токамъ

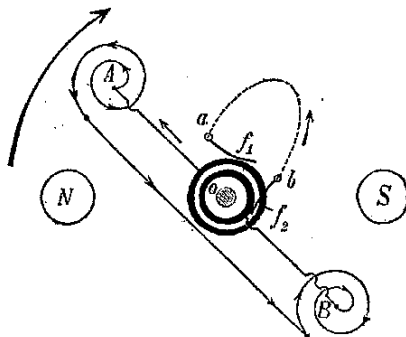


Рис. 4.

катушки А, потому что катушка В всегда опережаетъ (или, что то же отстаетъ) на 180° катушку А. Если желательно, чтобы электродвижущія силы катушекъ суммировались, то катушки слѣдуетъ соединить такъ, какъ схематически показано на рис. 4. Изъ этой схемы видно, что начало катушки А соединяется съ началомъ катушки В, концы же обѣихъ катушекъ присоединяются къ скользящимъ кольцамъ f_1 и f_2 , сидящимъ на одной оси ОО. Эти кольца хорошо изолированы другъ отъ друга, равно какъ и отъ оси. (На рис. 4 одно кольцо для ясности сдѣлано большего диаметра, чѣмъ другое). Вдоль по этимъ кольцамъ скользятъ металлическія плоскія пружины af_1 и bf_2 , укрѣпленные въ точкахъ а и б (ср. также рис. 1).

Вслѣдствіе этого, вращающіеся концы проволокъ обѣихъ катушекъ находятся въ постоянномъ контактномъ соединеніи съ неподвижными точками а и б. Къ точкамъ а и б можно присоединить вѣшную цѣнь, по которой и будетъ протекать переменный токъ, возбуждаемый въ обѣихъ катушкахъ.

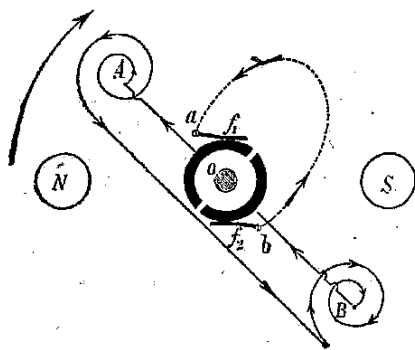


Рис. 5.

Если желательно, чтобы направление тока во вѣшной цѣпи оставалось постояннымъ, то слѣдуетъ применить коммутаторъ, дѣйствіемъ котораго токъ въ цѣпи мѣняетъ свое направленіе въ тотъ моментъ, когда происходитъ перемена направленія тока въ катушкахъ, т. е. когда катушки проходятъ надъ полюсами магнита. Простой коммутаторъ показанъ на рис. 5.

Концы проволокъ обѣихъ катушекъ присоединены къ двумъ изолированнымъ другъ отъ друга полукольцамъ, неизмѣнно связаннымъ съ осью вращенія ОО. Пружинны af_1 и bf_2 установлены такимъ образомъ, что въ моментъ прохода катушекъ надъ полюсами магнита, онѣ приходится какъ разъ въ изолированной промежуткѣ между полукольцами, при всѣхъ же прочихъ положеніяхъ одна пружина прижата къ одному изъ полуколецъ, — другая къ второму полукольцу.

Въ тотъ моментъ, когда токъ въ катушкахъ мѣняетъ свое направленіе, обѣ пружины переходятъ съ одного полукольца на другое, благодаря чему токъ по вѣшней

цѣни протекаетъ постоянно въ одномъ направленіи; при этомъ рис. 3b принимаетъ видъ, показанный на рис. 6, который изображаетъ, конечно, только явленія во вѣншей цѣни. Такой выпрямленный переменный токъ называется пульсирующимъ постояннымъ токомъ. Если пропустить этотъ токъ черезъ вольтметръ, выделяющій мѣдь, то на катодѣ выдѣлится опредѣленное количество мѣди, на основаніи котораго извѣстнымъ способомъ можно будетъ вычислить постоянную силу тока, которая въ тотъ же промежутокъ времени выдѣлитъ такое же количество мѣди, что и пульсирующий токъ. Такимъ

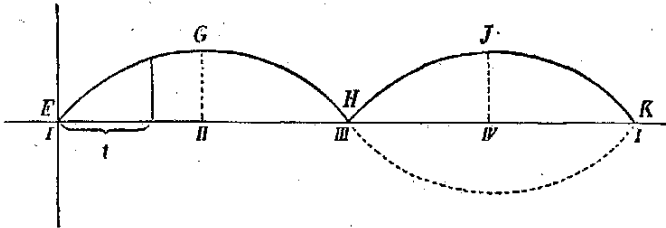


Рис. 6.

образомъ, при помощи вольтметра мы измѣряемъ среднюю величину силы тока въ теченіе времени протеканія тока черезъ приборъ. Если повторимъ отрывки кривыхъ FGH, HIK (рис. 6), изображающіе силы тока въ теченіе каждого полуоборота якоря, равны между собою, — что при равномерномъ вращеніи якоря и имѣетъ мѣсто, — то средняя величина силы тока равна средней величинѣ ея во время полуоборота якоря. Какъ изложено въ томъ II (глава II). Средняя величина силы тока опредѣляется формулой 32, а именно:

$$i_m = \frac{N_2 - N_1}{T} \cdot \frac{\xi}{w} \cdot 10^{-8} \text{ амперъ.}$$

Въ этомъ выраженіи $N_2 - N_1$ изображаетъ измѣненіе числа силовыхъ линій, проходящихъ черезъ катушку во время полуоборота якоря, T — продолжительность полуоборота, ξ — число витковъ обѣихъ катушекъ, w — сопротивленіе всей цѣни, т. е. сопротивленіе обѣихъ катушекъ и вѣншей цѣни. Если N_0 равно наибольшему числу силовыхъ линій, проходящихъ черезъ одну катушку въ положеніи I, то въ положеніи III черезъ ту же катушку будетъ проходить столько же силовыхъ линій, но въ обратномъ направленіи, такъ что:

$$N_2 - N_1 = 2 N_0.$$

Средняя сила тока выразится тогда формулой:

$$i_m = \frac{\xi}{w} \cdot \frac{2 N_0}{10^8 \cdot T} \text{ амперъ.}$$

Вмѣсто T -времени полуоборота удобнѣе ввести въ формулу величину n -число оборотовъ якоря въ секунду. Такъ какъ продолжительность одного полного оборота равна $2 T$, слѣдовательно продолжительность n оборотовъ равна

$$n \cdot 2 T.$$

Такъ какъ это время составляетъ одну секунду, то,

$$2 n T = 1,$$

откуда

$$T = \frac{1}{2 n}.$$

Такимъ образомъ, имѣемъ формулу:

$$(1) \quad \dots \dots \dots i_m = \frac{4 N_0 \xi n}{w \cdot 10^4} \text{ амперъ.}$$

Умножая обѣ части уравненія на w , получимъ среднюю электродвижущую силу

$$(2) \quad \dots \dots \dots E = e_m = \frac{4 N_0 \xi n}{10^8} \text{ вольтъ.}$$

Среднія величины силы тока или электродвижущей силы могутъ быть опредѣлены при помощи гальванометровъ съ постоянными магнитами. Напротивъ электродинамометръ и тепловой вольтметръ даютъ другія показанія. Въ послѣднихъ измѣрительныхъ приборахъ дѣйствующей силой является квадратъ силы тока или электродвижущей силы, такъ что показанія этихъ измѣритель-

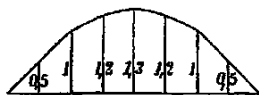


Рис. 7.

ныхъ приборовъ пропорціональны среднимъ величинамъ квадратовъ силъ тока или электродвижущихъ силъ. Указанная сила тока есть, слѣдовательно, корень квадратный изъ средней величины квадратовъ силъ тока.

Разберемъ эти соотношенія на числовомъ примѣрѣ. Пусть на рис. 7 ординаты, проведенныя на равныхъ разстоянiяхъ другъ отъ друга, имѣютъ послѣдовательно значенія:

$$0, 0,5, 1, 1,2, 1,3, 1,2, 1, 0,5, 0.$$

Средняя величина этихъ ординатъ составляетъ:

$$i_m = \frac{0 + 0,5 + 1 + 1,2 + 1,3 + 1,2 + 1 + 0,5 + 0}{9} = \frac{6,7}{9} = 0,7444.$$

Съ другой стороны, корень квадратный изъ среднихъ величинъ квадратовъ ординатъ составитъ:

$$i' = \sqrt{\frac{0^2 + 0,5^2 + 1^2 + 1,2^2 + 1,3^2 + 1,2^2 + 1^2 + 0,5^2 + 0^2}{9}} = 0,885.$$

Такимъ образомъ, гальванометръ (тангенсъ-буссоль) укажетъ бы силу тока въ 0,7444 ампера, а электродинамометръ величину 0,885 ампера.

Если однако включить гальванометръ (тангенсъ-буссоль) и электродинамометръ въ одну цѣпь тока постоянной силы и постояннаго направленiя, то показанiя ихъ будутъ одинаковы, такъ какъ при n равныхъ ординатахъ имѣемъ:

$$i_m = \frac{\sum i}{n} = \frac{n \cdot i}{n} = i$$

и

$$i' = \sqrt{\frac{\sum i^2}{n}} = \sqrt{\frac{n \cdot i^2}{n}} = i$$

Машина, представленная на рис. 1, можетъ быть обращена въ двигатель, т. е. если пропустить черезъ катушки А и В, концы которыхъ соединены съ коммутаторомъ, какъ показано на рис. 5, постоянный токъ, то якорь начнетъ вращаться.

Если рассмотримъ рис. 5 и представимъ себѣ, что зажимы а и б соединены съ гальванической батареей, причемъ зажимъ а соединенъ съ положительнымъ полюсомъ, то въ катушкахъ протекаетъ токъ по тому же направленiю, какъ въ томъ случаѣ, когда вращенiе якоря, рассматриваемаго сверху, совпадало бы съ направленiемъ пра-

щенія часовой стрѣлки. На основаніи извѣстнаго правила, объясненнаго въ тойѣ II, рис. 44, рассматриваемый полюсъ, въ которомъ токъ протекаетъ по направленію вращенія часовой стрѣлки, будетъ южнымъ полюсомъ, слѣдовательно мы смотримъ въ катушкѣ В на южный полюсъ, въ катушкѣ А на сѣверный полюсъ, другіе концы катушки будутъ поему въ А южнымъ полюсомъ и въ В сѣвернымъ полюсомъ, такъ что слѣдов. верхній полюсъ катушки В и нижній полюсъ катушки А будутъ южными, а нижній полюсъ катушки В и верхній полюсъ катушки А будутъ сѣверными полюсами. Но сѣверный полюсъ N магнита притягиваетъ обращенный къ нему южный полюсъ катушки, а потому якорь долженъ вращаться въ сторону, обратную направленію вращенія часовой стрѣлки, т. е. въ сторону противоположную вращенію машины, работающей какъ производитель тока (генераторъ). Въ моментъ прохода катушекъ надъ полюсами магнита измѣняется направленіе тока въ катушкахъ, т. е. противъ сѣвернаго полюса магнита будетъ сѣверный же полюсъ катушки, которые взаимно отталкиваются, и направленіе вращенія не измѣнится.

Если желательнo измѣнить направленіе вращенія электродвигателя, то слѣдуетъ только вмѣсто зажима а соединить зажимъ b съ положительнымъ полюсомъ батарей; слѣдствіе этого, въ якорѣ возбуждаются противоположныя полюсы и направленіе вращенія измѣнится на противоположное.

Здѣсь слѣдуетъ обратить вниманіе на то обстоятельство, что если машина (рис. 1) употребляется какъ производитель тока (генераторъ), то въ якорѣ возбуждаются токи, направленіе которыхъ указано стрѣлками (рис. 5). Эти токи намагничиваютъ сердечники якоря такъ, какъ и токъ, вступающій въ обмотку якоря. Но подъ вліяніемъ этого тока якорь стремится вращаться въ противоположную сторону, такъ что необходимо затратить работу на преодоленіе притяженія магнитовъ. Такимъ образомъ, мы здѣсь получаемъ подтвержденіе закона Ленца, который гласитъ, что при перемѣщеніи проводника въ магнитномъ полѣ, въ проводникѣ индуцируется токъ, стремящійся противодействовать этому перемѣщенію.

Другой производитель тока (изобрѣтенный Сименсомъ), который основанъ на томъ же принципѣ, какъ и вышеописанный, представленъ въ перспективѣ на рис. 8, и въ поперечномъ разрѣзѣ на рис. 9. Якорь (арматура) этой машины представляетъ цилиндръ, составленный изъ отдѣльныхъ кружковъ, перпендикулярныхъ оси его, вырѣзанныхъ изъ листового желѣза, въ которомъ параллельно оси сдѣланы два широкихъ желоба. Въ этихъ желобахъ помѣщается изолированная проволока, по возможности, равномерно намотанная вокругъ цилиндра, въ плоскости параллельной оси цилиндра. Концы этой обмотки опять соединены съ вышеописаннымъ половинчатымъ коммутаторомъ. Послѣдній расположенъ такимъ образомъ, что когда плоскость витковъ перпендикулярна къ силовымъ линіямъ, исходящимъ отъ сильнаго подковообразнаго магнита, каждая изъ пружинокъ а и b (рис. 8) касается одновременно обоихъ полуколецъ.

Какъ уже упомянуто, якорь состоитъ изъ цилиндра, составленнаго изъ отдѣльныхъ кружковъ, вырѣзанныхъ изъ листового желѣза, изолированныхъ другъ отъ друга тонкими бумажными листами. Сплошные желѣзные сердечники не употребляются потому, что при вращеніи металлическихъ массъ въ магнитномъ полѣ въ нихъ, какъ это слѣдуетъ изъ закона Ленца, появляются индукціонныя токи (паразитныя токи) наз. т о к а м и Ф у к о, направленіе которыхъ приблизительно параллельно

оси вращения. Эти индукционные токи препятствуютъ вращенію, (см. томъ II рис. 90) и такъ какъ они не могутъ быть утилизированы, то приходится затратить известную работу на вращеніе якоря, которая сперва перейдетъ въ электрическую, въ видѣ индукціонныхъ токовъ, а затѣмъ въ тепловую, которая получится отъ циркуляціи индукціонныхъ токовъ въ металлической массѣ, вслѣдствіе чего якорь сильно нагревается и

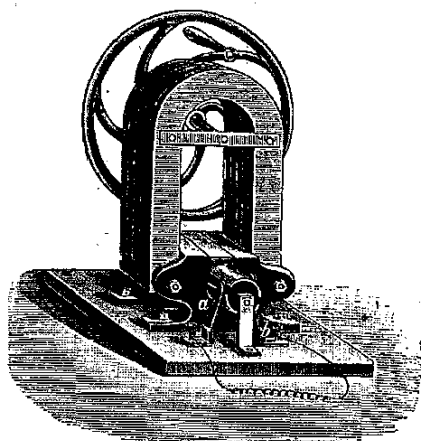


Рис. 8.

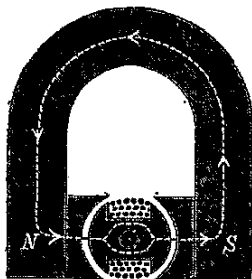


Рис. 9.

появляется опасность перегоранія изоляціи мѣдныхъ проволокъ. По той же причинѣ и якорь, представленный на рис. 1, долженъ быть сдѣланъ не сплошнымъ, а изъ отдѣльныхъ пластинокъ или также проволокъ, представляющихъ нучокъ, параллельный направленію силовыхъ линий. Сказанное относится ко всѣмъ якорямъ динамомашииъ и электродвигателей. Для устраненія индукціонныхъ токовъ Фуко якоря должны быть составлены изъ отдѣльныхъ кружковъ листового желѣза, изолированныхъ другъ отъ друга тонкою бумагою, перпендикулярныхъ къ направленію индукціонныхъ токовъ, слѣд. параллельно направленію силовыхъ линий; дуть силовыхъ линий при этомъ не долженъ быть измѣненъ. Толщина примѣняемаго листового желѣза бываетъ различна. Чѣмъ тоньше листовое желѣзо, тѣмъ болѣе устраняются индукціонные токи, зато тѣмъ дороже обходится якорь. Толщина листового желѣза колеблется отъ 0,5 до 2 мм. Примѣняемое листовое желѣзо должно быть по возможности наиболѣе мягкаго сорта, такъ какъ при этомъ значительно уменьшаются потери на гистерезисъ (см. томъ II, глава I).

Объ рассмотрѣнныя машины даютъ, какъ уже упомянуто, нульснрующій постоянный токъ. Такъ какъ такой токъ непримѣнимъ для многихъ цѣлей практики, то приходится искать формы якоря, который могъ бы дать токъ постоянного направленія и приблизительно постоянной силы. Таковы кольцевые якоря Пачинотти и Грамма и барабанный якорь Гефнеръ-Альтенеха. Рассмотримъ сперва кольцевой якорь.

Между полюсами N и S сильнаго магнита помѣщается кольцо изъ мягкаго желѣза, которое можетъ вращаться вокругъ оси O. Для устраненія индукціонныхъ токовъ кольцо составлено изъ отдѣльныхъ тонкихъ кольцевыхъ дисковъ. Силовыя линіи, исходящія изъ магнитовъ, имѣютъ приблизительно направленіе, указанное на рис. 10 пунктирными линіями. Если помѣстить на кольцо одинъ витокъ изолированной проволоки, то черезъ этотъ замкнутый витокъ будутъ проходить силовыя линіи, причемъ различное

число ихъ при разныхъ положеніяхъ витка на кольцѣ. Такъ, напр., въ положеніи I черезъ замкнутый витокъ проходитъ наибольшее число силовыхъ линий, между тѣмъ какъ въ положеніи II плоскость витка параллельна направленію силовыхъ линий, такъ что силовыя линии совсѣмъ не проходятъ черезъ витокъ; въ положеніи III черезъ витокъ проходитъ опять наибольшее число силовыхъ линий, но уже въ обратномъ направленіи, а въ положеніи IV черезъ витокъ опять совсѣмъ не проходятъ силовыя линии.

До сихъ поръ мы молчаливо предполагали, что замкнутый витокъ перемѣщается по неподвижному кольцу, но мы можемъ также предположить, что витокъ не мѣняетъ своего положенія на кольцѣ, а вращается само кольцо вокругъ оси O, причемъ въ высказанномъ ничего не придется измѣнить, такъ какъ и при вращеніи кольца направленіе силовыхъ линий въ пространствѣ останется то же, что и при неподвижномъ кольцѣ.

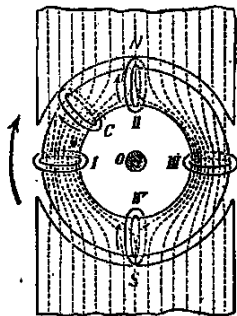


Рис. 10.

Если возьмемъ систему прямоугольныхъ осей координатъ и отложимъ промежутки времени t , потребные для перемѣщенія замкнутого витка изъ положенія I въ разсматриваемое положеніе (предполагая равномерное вращеніе кольца) по оси абсциссъ, а число N силовыхъ линий, проходящихъ черезъ витокъ въ данномъ положеніи—какъ ординаты къ соответствующимъ абсциссамъ, то получится кривая, представленная на рис. 11а. Касательная къ какой нибудь точкѣ С этой кривой образуетъ съ осью абсциссъ уголъ τ ,

Рис. 11а.

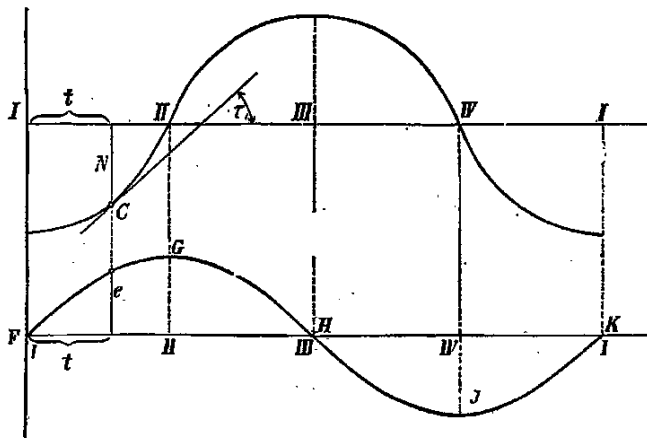


Рис. 11б.

который является мѣриломъ электродвижущей силы, дѣйствующей при данномъ положеніи въ виткѣ. Эта электродвижущая сила выражена ординатой e на рис. 11б. Повторяя это построеніе для различныхъ положеній витка, получимъ различныя точки кривой FGHJK, соединеніе которыхъ даетъ кривую, показывающую законъ измѣненія электродвижущей силы. Изъ разсмотрѣнія кривой видно, что электродвижущая сила, возникаю-

щая въ виткѣ, возрастаетъ при вращеніи якоря отъ положенія I до положенія II, затѣмъ убываетъ до положенія III, въ этомъ положеніи она мѣняетъ свой знакъ и возрастаетъ до положенія IV и, наконецъ, отъ этого положенія опять убываетъ и въ положеніи I она опять равна нулю и т. д.

При перемѣщеніи витка отъ I до II число проходящихъ черезъ него силовыхъ линий убываетъ. Если, поэтому, смотрѣть на витокъ по направленію силовыхъ линий, то направленіе индуцированнаго тока совпадаетъ съ направленіемъ вращенія часовой стрѣлки, какъ это въ положеніяхъ C и II показано стрѣлкой, помѣщенной около витка (рис. 10). Это направленіе тока остается во все время перемѣщенія витка изъ положенія I до положенія III, затѣмъ, во все время перемѣщенія витка изъ положенія III черезъ IV до положенія I, токъ протекаетъ по противоположному направленію.

Если обмотать желѣзное кольцо, равномерно по всей длинѣ, ослетанной мѣдной проволокой и конецъ проволоки соединить съ началомъ, то получится непрерывная, замкнутая на себя обмотка (рис. 12). При вращеніи кольца

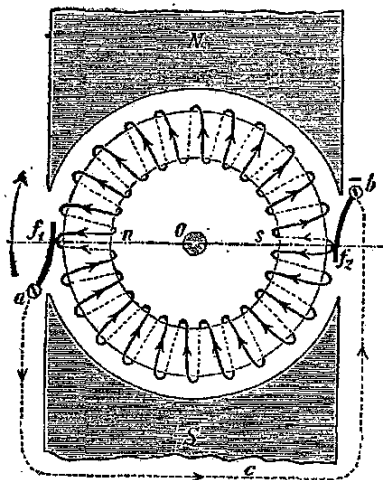


Рис. 12.

въ направленіи вращенія часовой стрѣлки въ отдѣльныхъ виткахъ возникаютъ электродвижущія силы, возбуждающія токи, направленія которыхъ въ отдѣльныхъ виткахъ указаны стрѣлками на рис. 12. Электродвижущія силы въ верхней половинѣ кольца взаимно суммируются, точно такъ же суммируются электродвижущія силы въ нижней половинѣ кольца. Такъ какъ электродвижущія силы для верхней и нижней половины кольца равны по величинѣ, но противоположны по направленію, то электродвижущія силы обѣихъ половинокъ взаимно уравниваются и въ обмоткахъ совсѣмъ не будетъ тока. Если же съ наружной части проволоки витковъ удалить изолирующую оболочку, не уничтожая при этомъ изолировку между отдѣльными витками, и заставить скользить по виткамъ кольца пружины af_1 и bf_2 , то

во внѣшней цѣпи $асб$, соединяющей зажимы a и b , можетъ появиться токъ постоянной силы, равный суммѣ токовъ въ обѣихъ половинахъ кольца.

Вращеніе якоря происходило въ направленіи вращенія часовой стрѣлки; если измѣнить направленіе вращенія, то и электродвижущія силы, а вмѣстѣ съ тѣмъ и возбужденные токи иѣняютъ свое направленіе.

Чтобы уяснить себѣ явленія, происходящія въ обмоткѣ кольцевого якоря, на рис. 13 представлено схематически кольцо, состоящее изъ отдѣльныхъ элементовъ. Девять элементовъ верхней половины ADB кольца соединены между собой послѣдовательно, такъ что ихъ электродвижущія силы взаимно суммируются, точно такъ же соединены элементы нижней половины AFB кольца. Обѣ половины соединены между собой параллельно, одноименные полюсы—т. е. оба положительные и оба отрицательные полюсы—соединены между собой. Если, какъ это и предполагается, электродвижущія силы обѣихъ половинокъ равны между собой, то въ кольцѣ совсѣмъ не будетъ

тока, если щетки А и В не соединены проводникомъ. При соединеніи щетокъ А и В проводникомъ АСВ токѣ изъ обѣихъ половинъ обмотки направляются во вѣдшую цѣнь и даютъ въ послѣдней токѣ, равный суммѣ токовъ въ обѣихъ половинахъ кольца.

Что касается электродвижущей силы, проявляющейся въ видѣ напряженія у зажимовъ а и б (рис. 12), то ее легко вычислить, такъ какъ она представляетъ сумму электродвижущихъ силъ всѣхъ витковъ одной половины кольца. Такъ какъ электродвижущія силы отдѣльныхъ витковъ выражаются ординатами рис. 11 б, то остается опредѣлить сумму всѣхъ ординатъ для отрезка кривой FGH. Эту сумму ординатъ мы получимъ, если умножимъ среднюю величину ординаты, т. е. среднюю величину электродвижущей силы одного витка во время полуоборота кольца на число послѣдовательно соединенныхъ витковъ.

Средняя величина электродвижущей силы одного витка выражается (см. томъ II, глава II) формулой 33, а именно:

$$e_m = \frac{N_2 - N_1}{\frac{T}{2} \cdot 10^8} \text{ вольтъ.}$$

Въ этой формулѣ обозначаетъ:

T —продолжительность одного оборота якоря,

N_1 — число силовыхъ линий, проходящихъ черезъ витокъ въ положеніи I,

N_2 — то же для положенія II (рис. 10).

Если обозначимъ все число силовыхъ линий, проходящихъ черезъ якорь черезъ N_0 , то имѣемъ:

$$N_1 = \frac{N_0}{2} \text{ и } N_2 = -\frac{N_0}{2},$$

слѣдовательно:

$$N_2 - N_1 = -N_0.$$

Такимъ образомъ, средняя электродвижущая сила въ теченіе полуоборота якоря выразится формулой:

$$e_m = \frac{-N_0}{\frac{T}{2} \cdot 10^8}$$

Если n обозначаетъ число оборотовъ якоря въ секунду, то принимая во вниманіе, что T —продолжительность одного оборота, получимъ:

$$nT = 1$$

или

$$T = \frac{1}{n} \text{ и } \frac{T}{2} = \frac{1}{2n},$$

слѣдовательно:

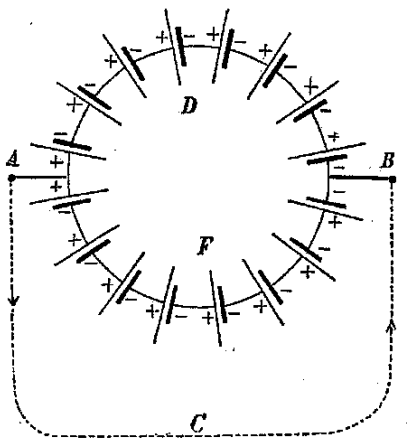


Рис. 13.

$$e_m = \frac{-N_0}{\frac{1}{2n} 10^8} = -\frac{N_0 \cdot 2n}{10^8}.$$

Отрицательный знак можно отбросить, такъ какъ онъ указываетъ намъ только направленіе электродвижущей силы, которое мы определяемъ другимъ путемъ. Дадѣе, если число всѣхъ витковъ на колѣнѣ кольца равно ξ , то число послѣдовательно соединенныхъ витковъ равно $\frac{\xi}{2}$, слѣдовательно электродвижущая сила полного кольца

$$E = \frac{\xi}{2} \cdot e_m = \frac{N_0 2n \cdot \frac{\xi}{2}}{10^8}$$

или

$$(3) \dots \dots \dots E = \frac{N_0 n \cdot \xi}{10^8} \text{ вольтъ.}$$

Способъ опредѣленія напряженія изъ электродвижущей силы указанъ въ томѣ I на стр. 22. Если e обозначаетъ напряженіе у зажимовъ т. е. направленіе между точками a и b (рис. 12) i_a — силу тока, возбужденнаго въ якорѣ, w_a — сопротивленіе якоря, то, какъ извѣстно (см. томъ I, глава III, задачи 125—128).

$$e = E - i_a w_a.$$

Задачи.

1) Кольцевой якорь имѣетъ 210 витковъ и дѣлаетъ 1200 оборотовъ въ минуту. Черезъ якорь проходятъ 1595000 силовыхъ линий. Опредѣлить электродвижущую силу якоря.

Рѣшеніе. Здѣсь $N_0 = 1595000$; $\xi = 210$; $n = \frac{1200}{60} = 20$, слѣдовательно:

$$E = \frac{1595000 \cdot 20 \cdot 210}{10^8} = 67 \text{ вольтъ.}$$

2) Опредѣлить напряженіе у зажимовъ, если якорь даетъ токъ въ 40 амперъ и сопротивленіе якоря $= 0,1$ ома.

Рѣшеніе. Изъ формулы $e = E - i_a w_a$ слѣдуетъ:

$$e = E - i_a w_a = 67 - 40 \cdot 0,1 = 63 \text{ вольтъ.}$$

3) Опредѣлить число силовыхъ линий, которое должно было бы проходить черезъ якорь въ предыдущей задачѣ, чтобы напряженіе у зажимовъ составляло 65 вольтъ.

Рѣшеніе. Изъ формулы $e = E - i_a w_a$ слѣдуетъ:

$$E = e + i_a w_a = 65 + 40 \cdot 0,1 = 69 \text{ вольтъ.}$$

Дадѣе, изъ формулы $E = \frac{N_0 n \xi}{10^8}$ имѣемъ:

$$N_0 = \frac{E \cdot 10^8}{n \cdot \xi} = \frac{69 \cdot 10^8}{\frac{1200}{60} \cdot 210} = 1640000 \text{ силовыхъ линий.}$$

4) Электродвижущая сила кольцевого якоря составляетъ при 1200 оборотахъ въ минуту 67 вольтъ. Опредѣлить электродвижущую силу при 1250 оборотахъ въ минуту.