

# Электродинамические “вечные двигатели”

**Геннадий Ивченков**

**kashey@kwic.com**

Современная физика учит, что КПД любых машин, включая и электродинамические, больше единицы не бывает, так как это нарушает закон сохранения энергии. Но это относится только к замкнутым системам, и если система сообщается с некой средой, то она не является замкнутой и в некоторых случаях появляется возможность извлекать энергию из этой среды. Это относится и к электромашинам, в частности, потому, что ЭДС электрогенераторов создается и лоренцевым и фарадеевым механизмами, в то время, как электродинамическое сопротивление – только лоренцевым (сила Ампера).

## 1. Введение

Результаты исследования физических особенностей магнитного поля и механизмов индукции и силового взаимодействия источников магнитного поля (1) позволяют предположить возможность уменьшения момента сопротивления ротора, вызванного током нагрузки вследствие того, что это сопротивление создается только лоренцевыми силами (силами Ампера), в то время, как индукция наводится обоими, фарадеевым и лоренцевым механизмами. Кроме того, электродинамические системы не являются замкнутыми, так как они напрямую взаимодействуют со средой - одной из составляющих эфира, деформациями которой являются электрические и магнитные поля (2). Это создает предпосылки для извлечения энергии из этой среды, что создает условия для появления дисбаланса выработанной электрической мощности и мощности, приложенной к ротору электромотора. В этом случае КПД таких машин может превысить 1. Необходимо отметить, что это свойство, вроде бы, находится в принципиальном противоречии с фундаментальными основами “официальной физики”. Но это соответствовало бы истине, если бы “официальной физике” все источники энергии и природа полей были достоверно известны. В то же время очевидно, что эта “физика” находится в плену догм и совершенно ничего не знает (и знать не хочет) об истинной природе полей и среды, в которой они функционируют и распространяются. В этом легко убедиться, ознакомившись с “Теорией поля” двух “великих советских физиков” Ландау и Лифшица, где вся электродинамика сведена к СТО.

## 2. Особенности баланса и преобразования энергии в гравитационном, электрическом и магнитном полях

Любая реальная частица (не квазичастица) **имеет массу и заряд** – это фундаментальное свойство материи. Если же у частицы заряд отсутствует (как у нейтрона), то он у реальной частицы каким либо образом скомпенсирован или же это квазичастица. Если же частица не имеет ни массы ни заряда, то это однозначно квазичастица (как фотон или фонон) – то есть порция некой волны (хотя формально у квазичастицы может быть фиктивная масса).

Согласно современным представлениям, баланс энергии системы, состоящей из носителей электрических и магнитных полей должен рассматриваться совместно для механической энергии носителей поля (имеющих массу) и для энергии поля.

Причем, согласно закону сохранения энергии в замкнутой системе, суммарная энергия системы, состоящая из механической и электромагнитной, должна быть постоянной и не зависящей от положения и кинетики тел, носителей этих полей. Следовательно, суммарная энергия замкнутой системы должна оставаться постоянной:  $W_{\Sigma} = const$ . Изначально это относилось к механической системе (для которой этот принцип и был предложен). Впоследствии этот принцип был перенесен и на систему, элементы (тела) которой являются носителями (возбудителями) поля (то есть, на электрические и магнитные поля). **Таким образом, суммарная энергия системы, которая включает механическую энергию носителей (тел, имеющих массу) и энергию полей, должна при всех возможных переходах оставаться постоянной.** То есть

$W_{\Sigma} = W_{pot} + W_{kin} + W_{field} = const$ . **Если же это соотношение не соблюдается, то система не является замкнутой и каким-то образом обменивается энергией с внешним источником.**

Здесь необходимо отметить, что масса заряженных частиц в уравнения электродинамики не входит и непосредственно механика заряженных частиц (материальных тел) здесь не участвует. При динамическом взаимодействии зарядов (источников электрического и магнитного полей) производится энергия (и сила) согласно законам электродинамики. Статическое и динамическое взаимодействие зарядов вызывает силы, приложенные уже к материальным телам – носителям зарядов (в частности, к электронам). Таким образом электродинамическая энергия взаимодействия зарядов передается материальным телам, имеющим массу заряженным частицам, изменяя их конфигурацию и, соответственно, их механическую кинетическую и потенциальную энергию.

Далее, вышеупомянутое движение носителей поля (заряженных частиц) вызывает изменение конфигурации зарядов и, соответственно, энергии полей. То есть, энергия полей и механическая энергия их носителей связаны, но не непосредственно, а через взаимодействие зарядов.

Кроме того, среда, в которой функционируют электрические и магнитные поля (эфир) реально существует и согласно предположениям автора данной статьи, основанным на экспериментальных данных (в частности на экспериментах с униполярными электромашинами), эфир (вакуум, физический вакуум) состоит, как минимум, из двух составляющих (2):

- “светоносной”, являющейся поляризуемым диэлектриком, которая ретранслирующей электромагнитное излучение и на роль которой, в

частности, подходят аннигилировавшие пары электрон – позитрон (так называемые “виртуальные частицы”), Эта составляющая “перехватывает” переменное электрическое (или магнитное) поле (в дальней зоне радиоантенны) и ретранслирует его в виде электромагнитного излучения. Эта среда имеет дискрет, так как состоит из комбинации реальных заряженных частиц.

- “тонкой составляющей эфира” – некоей фундаментальной среды, ответственной за электромагнитные преобразования, деформациями которой являются электрические и магнитные поля. Имеет ли эта среда дискрет, или нет – вопрос открытый. Но если он есть, то он намного меньше, чем у “светоносной” составляющей.

## 2.1 Несколько замечаний по поводу гравитационного поля

Хотя гравитационное поле не является предметом данной статьи, но, так как оно является одним из трех известных в настоящее время полей, то представляется необходимым кратко остановиться не его особенностях, вообще-то повторяя то, что известно из классической механики.

Рассмотрим баланс энергии для случая гравитационного поля. В гравитационном поле роль “гравитационного заряда” играет масса. Предположим, имеется замкнутая система, состоящая из двух равных и неподвижных тел (масс), находящихся на некотором расстоянии друг от друга. Каждое из тел обладает своей энергией гравитационного поля и механической энергией (в данном случае, потенциальной), вызванной взаимным притяжением этих двух масс:

$W_{\Sigma} = W_{mech} + W_{field}$ . Позволим этим телам притянуться. Тела начнут ускоряться сближаться. При этом потенциальная энергия начнет переходить в кинетическую, а так как в гравитационном поле для механической энергии строго соблюдается принцип сохранения, то механическая энергия останется постоянной:

$$W_{mech} = W_{pot} + W_{kin} = const.$$

Но что при этом происходит с энергией гравитационного поля системы  $W_{field}$ ?

Очевидно, что она не изменяется, то есть преобразование форм механической энергии никак не сказывается на энергии гравитационного поля системы. То есть, энергия поля составляющих этой системы и системы в целом не меняется. При полном совмещении масс потенциалы их полей складываются и суммарная энергия

гравитационного поля остается неизменной:  $W_{field} = \sum_1^N W_i = const$ .

Что же дальше происходит с механической энергией этих масс? При совмещении двух масс (источников поля) потенциальная энергия полностью переходит в кинетическую, переходящую при упругом ударе в потенциальную энергию сжатия (как у пружины) или, при неупругом ударе, в пластическую деформацию сжатия и далее в тепловую. При переходе в энергию сжатия (упругий центральный удар) начинается колебательный процесс (тела расходятся на исходное расстояние и, затем, снова сходятся и т.д.). Эти колебания в замкнутой системе, когда нет диссипации энергии, могут продолжаться вечно. При переходе же кинетической энергии в тепловую, система размыкается и энергия уходит вне системы (в вакууме

- на излучение), но, опять же, суммарная энергия гравитационного поля остается неизменной.

**Таким образом, систему (без диссипации), состоящую из гравитирующих тел можно считать замкнутой:  $W_{\Sigma} = W_{pot} + W_{kin} + W_{field} = const$ . При этом**

**механическая энергия и энергия поля существуют отдельно и механическая энергия может переходить из одного вида в другой, а энергия гравитационного поля никак не связана с механической энергией, она никуда не переходит и не меняется при любых преобразованиях системы.**

В случае неупругого удара кинетическая энергия, опять же, переходит в тепловую, система “открывается” и теряет механическую энергию, которая постепенно в процессе обмена с окружающей средой становится равной нулю, что никак не сказывается на энергии гравитационного поля, которая остается неизменной (система остается только с энергией поля:  $W_{\Sigma} = W_{field}$ ). В итоге кинетическая энергия безвозвратно теряется и эта система, фактически «проваливается в потенциальную яму». Так как антигравитация (к сожалению) не существует, то гравитационное поле является “саморазгоняющимся” и вся Вселенная, в конце концов, должна провалиться в общую “черную дыру”.

**Таким образом, в замкнутой системе (без диссипации), состоящей из двух гравитирующих масс суммарная механическая энергия сохраняется (гамильтониан  $H = const$ ), но гравитационное поле в этом процессе фактически не участвует. Энергия же гравитационного поля является суммой гравитационных полей данных масс и никак не реагирует на изменение механической энергии, то есть, гравитационное поле только создает условие для процесса обмена механической энергии тел, само в этом не участвуя. Переход механической энергии тел в энергию поля и наоборот отсутствует.**

Кроме того, как показывает практика и эксперименты, гравитационное поле (к сожалению) никак не связано с электрическим и магнитным полями и, соответственно, вызывается какой-то другой составляющей эфира, не связанной (или очень слабо связанной) с “тонкой составляющей”.

## **2.3 Энергия электрического поля и механическая энергия взаимодействия системы зарядов**

### **2.3.1 Кратко об электромагнитном взаимодействии**

Электрический заряд  $q$  (так же как и масса), как известно, является скалярной величиной, имеет знак (+ или -) и создает электрическое поле с напряженностью  $E$ , которое является статической деформацией “тонкой составляющей эфира” (2, 4). Поле электрических зарядов 3-х мерно и имеет центральную симметрию.

**При движении в лабораторной системе координат (относительно эфира) электрический заряд вызывает динамическую деформацию “тонкой составляющей эфира” (2, 4) (что-то вроде ударной волны) - магнитное поле с индукцией  $B$ , которое является 2-х мерным (набор двумерных поверхностей, нормалью к которым является вектор  $B$ ) и имеет цилиндрическую симметрию, где**

осью цилиндра является вектор скорости  $V$  (2, 3). Направление же вдоль вектора  $V$  является вырожденным и в этом направлении отсутствуют силовое и индукционное взаимодействие. Магнитное поле на “свой” заряд не действует.

**При ускорении заряда он вызывает вторичное электрическое поле – фарадееву индукцию, деформацию “тонкой составляющей эфира”, похожую на статическую, но, в отличии от деформации, вызванной неподвижным зарядом, она имеет направленность и в проводящей среде создает вихревые токи (2, 3, 4).** Это поле действует и на собственный заряд, вызывая его торможение (что-то вроде электромагнитной инерции) и, в некоторых случаях, электромагнитное излучение.

При взаимодействии проводников с током действует только сила Лоренца (она же сила Ампера) так как кулоновы силы в проводнике скомпенсированы. В то же время, фарадеев и лоренцев механизмы являются принципиально разными (5). Причем, лоренцев механизм наводит ЭДС в проводнике (даже незамкнутом) и вызывает силовое взаимодействие между проводниками (сила Ампера), а фарадеев только наводит ЭДС в замкнутом контуре, не создавая никаких сил. При взаимодействии же движущихся свободных зарядов действуют совместно кулоновы и лоренцевы силы, причем их соотношение меняется при движении зарядов (6).

Далее в статье рассматривается взаимодействие статических и динамических полей зарядов. Опять же, **механическая масса заряженных частиц (носителей зарядов) в уравнения электродинамики (в отличии от гравитационного поля – там масса является как бы “гравитационным зарядом”) не входит и никакого влияния на электрические и магнитные поля не оказывает, хотя электродинамические силы оказывают непосредственное силовое воздействие на носители зарядов.**

### 2.3.1.1 Несколько замечаний об уравнениях Максвелла

Как известно, система уравнений Максвелла состоит из четырех уравнений (3). Первое и второе уравнения – это закон индукции Фарадея и закон полного тока с токами смещения. А вот третье и четвертое уравнения – это моделирование электрического смещения и магнитной индукции некими потоками (через замкнутую поверхность), что является грубой имитацией (моделированием) реальных процессов некими потоками идеальной жидкости (теорема Гаусса). Впрочем, и в первые два уравнения “залезло” это моделирование (теорема Стокса). Очевидно, что физически не существует, например, “магнитного потока” – изолинии индукции  $B$  никуда не текут и не может быть потока изолиний. В то же время, эта химера (магнитный поток), пришедшая из ранних представлений о магнетизме (узоры “магнитных силовых линий”), оказалась очень удачной, несмотря на полное несоответствие реальной физической сущности электромагнетизма (так же, как и тепловой поток, пришедший из теории флогистона). На основе “магнитного потока” сконструированы электромашин и есть даже закон Кирхгофа для магнитной цепи. Но любая химера всегда имеет ограниченную область применения и обязательно даст ошибку.

Далее, нужно отметить, что уравнения Максвелла “очень повезло”, так как они фактически имеют дело только с фарадеевой индукцией. Дело в том, что лоренцева

индукция формально (численно) совпадает с фарадеевой если считать, что за движущимся проводником тянется некий контур, увеличивающий площадь при движении (школьное объяснение лоренцевой индукции). Это совпадение позволило формально ввести в систему уравнений и лоренцеву индукцию. В то же время, уравнения Максвелла не имеют никакого (физического) отношения к лоренцеву механизму. В частности, они описывают только индукцию, но не описывают силовое взаимодействие зарядов и токов.

Кроме того, возможно существует некий источник энергии (сток и исток), присутствующий в магнитном поле или в “тонкой составляющей эфира”. На это, в частности, указывают результаты наблюдений магнитного поля (магнитосферы) Земли, где “магнитные силовые линии “схлопываются” с выделением “магнитной энергии” или расходятся. (10). Это, кстати, свидетельствует и о проблемах с применимостью теоремы Стокса в электродинамике.

### 2.3.2 Баланс энергии для неподвижной системы зарядов

Рассмотрим баланс энергии для электрического заряда. Для точечного заряда известно выражение:

$\varphi = \frac{1}{4\pi\epsilon_0 R} q$  (3). Таким образом потенциальная энергия, которой обладает

единичный заряд в поле данного (точечного) заряда, пропорционально величине заряда  $\varphi \propto q$ , обратно пропорциональна расстоянию до заряда. Эта потенциальная энергия может быть как положительная, так и отрицательная (3), так как заряды имеют знак. Кроме того, эта потенциальная энергия была выведена как работа по перемещению единичного заряда в данную точку (3). Это значит, что энергия поля определялась на основе силового взаимодействия зарядов и, следовательно, электрическая энергия поля в данной точке и его потенциальная энергия в этой точке тождественно равны.

Совершенно очевидно, что при совмещении разноименных зарядов поле этой системы зарядов взаимно компенсируется и его потенциальная энергия равна нулю:

$\varphi_{\Sigma} = \varphi_{+} + \varphi_{-} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0 R} (q - q) = 0$ . Кроме того, сила взаимодействия зарядов также

стремится их совместить. Таким образом, совмещение зарядов противоположных знаков (“разноименных”) является устойчивым состоянием с нулевой энергией. Электрические поля компенсируются и силовое взаимодействие зарядов равно нулю. Это, кстати, является очень важным явлением и, в частности, электрически скомпенсированные частицы являются одной из составляющих эфира.

При расхождении же центров зарядов, вызванным каким-либо воздействием, возникает сила, возвращающая их обратно в совмещенное положение. С точки зрения сохранения энергии здесь наблюдается следующая картина: по мере совмещения разноименных зарядов производится работа (заряды притягиваются и, таким образом, поле производит механическую работу для имеющих массу носителей зарядов), при этом энергия электрического поля падает. То есть, это выглядит как переход механической энергии (работы) в энергию

**электрического поля и наоборот.** При совмещении разноименных зарядов, взаимпроникающие заряженные частицы (такие, как частица и античастица) проскакивают точку компенсации и система носителей зарядов начинает совершать колебательное движение (6), период которых зависит от массы носителей. При расхождении зарядов опять возникает электрическое поле и, соответственно, уменьшается кинетическая энергия носителей зарядов в соответствии с принципом сохранения энергии. Все бы это идеально соответствовало бы принципу сохранения, но при колебаниях заряды испытывают ускорение, взаимодействуют с “тонкой составляющей эфира” (4) и испускают электромагнитное излучение. В частности, при аннигиляции электронов и позитронов колебания системы в течении очень короткого времени вступают в резонанс с некой средой (по-видимому, со “светоносной составляющей эфира”), система испускает один (один или два гамма-кванта ?) и колебания успокаиваются. То есть механическая энергия в виде гамма-кванта уходит из системы. Для системы электрон – позитрон **кулонова энергия при удалении зарядов друг от друга в бесконечность и энергия излученного при аннигиляции гамма-кванта тождественно равны (7)** и, соответственно, **положение “о переходе массы в энергию” неверно** (у аннигилировавших пар остается их масса).

**Получается, что система двух зарядов не замкнута и она энергетически общается с окружающей средой.**

При наложении электрического поля система совмещенных зарядов поляризуется (вакуум – поляризующийся диэлектрик) (9). А при наложении переменного электрического поля система начинает колебаться, что вызывает вторичную электромагнитную волну. Это и дает возможность ретранслировать электромагнитное излучение (7), а также создает запаздывание за счет инерции пар, что и определяет “скорость света”  $c$ .

При совмещении одноименных зарядов, опять же, прикладывается механическая работа, которая, вроде бы, переходит в энергию электрического поля,

усиливая его:  $\varphi_{\Sigma} = \varphi_{+} + \varphi_{+} = \frac{2q}{4\pi\epsilon_0 R}$ . Но очевидно, что суммарная энергия поля

зарядов остается постоянной – каждый заряд приносит энергию поля с собой как в гравитационном поле. Но в гравитационном поле массы притягивают друг друга, а одноименные заряды в электрическом поле – отталкивают друг друга (что-то вроде антигравитации).

Таким образом, при совмещении одноименных зарядов система сжимается как пружина и приложенная механическая работа переходит в потенциальную (механическую) энергию системы. Если заряды освободить, то они разлетятся с испусканием электромагнитного излучения из за ускорения зарядов. Это уносит механическую энергию системы и получается, что система не замкнутая. То есть, в данном случае принцип сохранения также формально соблюдается, но до момента взаимодействия со средой (“тонкой составляющей эфира”). При этом все частицы с одноименными зарядами, в отличии от частиц – античастиц, не могут быть полностью совмещены, но в некоторых условиях при их совмещении начинают действовать внутриаомные силы и начинается реакция синтеза (например, для двух положительно заряженных протонов).

Таким образом, в системе электрических зарядов (при отсутствии излучения) формально соблюдается баланс суммарной энергии (механической энергии и энергии поля).

**В то же время, энергия электрического поля системы разноименных зарядов может меняться при изменении конфигурации системы, в частности, обнуляться,** что, по видимому, означает и компенсацию деформации эфира. (в отличии от гравитационного, “саморазгоняющегося” поля, которое, опять же, вообще не имеет разноименных зарядов и где масса играет роль заряда).

**В системе же одноименных зарядов суммарная энергия электрического поля зарядов не меняется при изменении конфигурации системы.**

Но, при изменении конфигурации системы заряженные частицы в большинстве случаев движутся относительно друг друга и, в процессе движения, заряды взаимодействуют со средой (“тонкой составляющей эфира”), которая при ускорении зарядов вызывает фарадееву индукцию и, в некоторых случаях, электромагнитное излучение (4), уносящее механическую энергию заряженных частиц из системы, которая переходит в излучение электромагнитной волны. В то же время, наоборот, если подвергнуть систему электромагнитному излучению, то возможно увеличить механическую энергию заряженных частиц.

Таким образом получается, что **система зарядов как бы “плавает” в “тонкой составляющей эфира” и, соответственно, она не являются замкнутой, а открыта ее влиянию.**

### **2.3.3 Энергия магнитного поля и механическая энергия взаимодействия движущейся системы зарядов**

#### **2.3.3.4 Баланс энергии в системе проводников с током**

Рассмотрим баланс энергии для проводников с током (магнитов, рамок с током). Кулоновы силы здесь не учитываются, так как проводники электрически нейтральны.

В данном случае картина с точки зрения принципа сохранения получается парадоксальная - совмещение проводников (рамок с током) с равными, но противоположно направленными токами полностью компенсирует магнитное поле. То есть, по мере совмещения проводников с противоположными токами, энергия поля уменьшается (за счет компенсации), в то время, как на преодоление силы расталкивания затрачивается работа, которая, по идее, должна перейти в энергию поля.

И наоборот, проводники с одинаковым направлением токов притягиваются до совмещения, поля проводников складываются, а энергия суммарного поля увеличивается в 4 раза ( $W \propto B^2$ ), и при этом еще производится работа.

**Очевидно, что и в этом случае с точки зрения закона (принципа) сохранения следовало бы ожидать взаимоперехода механической энергии носителей и энергии магнитного поля, но в данном случае все происходит наоборот, что является очевидным парадоксом.**

Как было сказано выше, согласно принципу сохранения энергии суммарная энергия замкнутой системы (включая энергию поля) должна являться постоянной



и при изменениях в системе, вызванных внутренними силами, должно происходить только перераспределение ее между разными формами. В случае системы, состоящей из двух рамок с током (магнитов) суммарная энергия должна включать механическую энергию (потенциальную и кинетическую) носителей (магнитов) и энергию магнитного поля (опять же, энергия электростатического поля в этом случае равна нулю, так как проводники электрически нейтральны). Логично было бы предположить, что, например, уменьшение механической энергии носителей системы в процессе изменения конфигурации системы должно привести к увеличению энергии магнитного поля и наоборот. Но, очевидно, что система, состоящая из двух отталкивающихся рамок с током (магнитов) при их совмещении сжимается как пружина и приложенная работа должна перейти в какую-то форму энергии (в пружине она переходит в потенциальную энергию деформации материала пружины). В данном случае следовало ожидать, что эта энергия перейдет в энергию магнитного поля (энергия магнитного поля в единице объема определяется по формуле  $W = \frac{1}{2\mu_0} B^2$  (3)), но при совмещении магнитов поле

полностью скомпенсировано, т.е. оно исчезает! Вопрос, куда переходит работа, затраченная на совмещение магнитов? По видимому, в потенциальную энергию, но чего? Аналогичная история получается при совмещении притягивающихся магнитов. В этом случае вырабатывается кинетическая энергия, которая должна привести магниты в «энергетическую яму» с минимальной суммарной энергией (как в случае электрического заряда), но энергия поля при совмещении, вместо того чтобы упасть до нуля, возрастает в 4 раза ( $W \propto B^2$ ). Очевидно, что такое поведение магнитного поля является парадоксальным. Кроме того, это, опять же, свидетельствует о наличии некоего источника энергии (стока и истока), присутствующего в «тонкой составляющей эфира». На это, в частности, указывают результаты наблюдений магнитного поля (магнитосферы) Земли, где «магнитные силовые линии «схлопываются» с выделением «магнитной энергии» или расходятся. (10). Это также свидетельствует и о проблемах с применимостью теоремы Стокса в электродинамике.

**Таким образом, с достаточным основанием можно предположить, что система, включающая в себя источники магнитного поля является открытой.** На это, в частности, указывает тот факт (экспериментально доказано), что магнитное и электрические поля не принадлежат носителю, а являются деформациями некой среды («тонкой составляющей эфира»), непосредственно взаимодействуя с ней (2).

## 2.4 Краткое обобщение

Из вышеприведенного анализа можно сделать вывод, что поля только создают условия для получения и перераспределения механической энергии тел – носителей этих полей.

В случаях электрического и магнитного поля изменение положения и кинетики носителей этих полей в системе может сказываться на суммарной энергии поля системы, что свидетельствует о том, что системы источников полей не являются замкнутыми и, опять же, как бы «плавает» в «тонкой составляющей эфира» и

обмениваются с ней энергией. Эта среда может забирать энергию системы, хранить ее и отдавать обратно.

Связь псевдо-замкнутой системы со средой можно проиллюстрировать следующим образом:

Предположим, что некая замкнутая механическая система находится в шаре, который плавает по морю и находится в гравитационном поле Земли. Эта механическая система, находясь она в космосе, являлась бы замкнутой и ее энергия (при отсутствии трения) не выходила бы наружу и внешняя энергия также не поступала бы в систему, меняя ее суммарную энергию. Но, в данном случае среда взаимодействует с системой и, в частности, может увеличить ее энергию за счет волн на море (что и используется на практике).

**Так или иначе, но картина получается парадоксальная, так как, опять же, энергия поля, согласно современным воззрениям, должна являться неотъемлемой частью энергии системы, а она ей не является (механика и электродинамика – отдельно!).**

Рассматривая полный баланс энергии в системе ( $W_{\Sigma} = W_{mech} + W_{field}$ ) можно сделать следующие выводы:

- 1. Только в гравитационном поле (при отсутствии диссипации) соблюдается полный баланс энергий :**

$W_{\Sigma} = W_{mech} + W_{gravfield} = const$ . Механическая энергия взаимодействия элементов системы (масс) полностью сбалансирована (что приводится как пример баланса энергий в классической механике), так как при совмещении двух источников поля (двух масс) вырбатывается кинетическая энергия (переходящая при ударе в тепловую или, при упругом ударе, в деформацию сжатия):  $W_{pot} + W_{kin} = const$ . В то же время энергия гравитационного поля системы, потенциальная энергия которого была использована для разгона масс, не изменяется никак  $W_{gravfield\Sigma} = \Sigma W_{gravfieldi}$ , так как при полном совмещении масс суммарное поле усиливается в два раза (при двух равных массах), то есть суммарная энергия поля системы не меняется и никакого взаимоперехода механической энергии в энергию поля нет.

- 2. В электрическом поле формально наблюдается взаимопереход механической энергии взаимодействующих носителей зарядов и энергии поля и для системы зарядов соблюдается баланс энергии.**

При этом, взаимопереход идет в «правильном направлении» и стремится сохранить баланс суммарной энергии системы. Состоянием же с минимальной (нулевой?) энергией поля является совмещение двух противоположных зарядов:

$W_{\Sigma} = W_{mech}(r) + W_{elfield}(r) \approx const$ . При этом искажения эфира компенсируются и поле не обнаруживается. Примером такого состояния является аннигиляция электрона и позитрона, при которой заряды (и магнитные моменты) полностью компенсируют друг друга и система становится практически ненаблюдаемой (остается только масса). В то же время, **система не является замкнутой при ускоренном движении зарядов**, например, при колебательном процессе системы зарядов, при котором механическая энергия уносится электромагнитной волной.

- 3. В магнитном поле баланс суммарной энергии не соблюдается ни качественно, ни количественно.**

Взаимопереход энергии (механической и поля) идет в «противоположном направлении» стремясь усилить дисбаланс суммарной энергии системы. В частности, при совмещении проводников с током, текущим в противоположном направлении, прикладывается работа, которая должна перейти в потенциальную энергию чего-то, например, поля, но происходит наоборот – поле обнуляется! Параллельные проводники с направленным в одну сторону током, притягиваются, вырабатывается энергия, а поле при этом усиливается. То есть, если предположить, что все формы энергии в системе контуров с током известны, то принцип сохранения энергии в такой замкнутой системе не соблюдается.

**Из вышесказанного можно сделать вывод, что взаимовлияние механической энергии и энергии поля в электрическом и магнитном полях является с точки зрения принципа сохранения энергии парадоксальным, что в наибольшей степени относится к магнитному полю, где “все наоборот”.** Выражаясь проще, механическая энергия взаимодействия носителей зарядов и энергия полей ведут себя самостоятельно, причем если гравитационному полю безразлично, что происходит с гравитирующими телами, то электрические и магнитные поля реагируют на изменение в системе, но эта реакция является весьма странной и не соответствующей ни принципу сохранения ни здравому смыслу.

Из этого также следует вывод, что **использование формул и операторов, взятых из классической механики (например, лагранжиана), основанных на принципе сохранения, при описании электрических и магнитных явлений совершенно неприемлимо**, так как может привести к ошибке.

Кроме того получается, что магнитное и гравитационное поля стремятся к «саморазгону». То есть к неограниченному усилению, причем эта тенденция является «устойчивым состоянием». Это выглядит нелогично, так как устойчивым состоянием системы, по видимому, должно быть состояние, при котором возмущения среды, вызванные системой, стремятся к минимуму.

**Исходя из принципа, что электрическое и магнитное поля являются деформациями некой среды (тонкой структуры эфира или “темной энергии”) (2), то носители этих полей однозначно взаимодействуют с этой средой и система носителей полей не является замкнутой.** Далее логично предположить, что это может дать возможность получать энергию от этой среды так же, как и в вышеприведенном примере с механической системой, плывущей по волнам.

### 3. Баланс энергии в электромашинах

Как было сказано в предыдущих разделах, в замкнутой системе тел, являющихся носителями электрического или магнитного полей наблюдается нарушение баланса суммарной энергии (которая включает в себя механическую энергию и энергию поля). В таких системах наблюдаются странные и парадоксальные переходы форм механической энергии в энергию полей, нарушающие принцип сохранения энергии замкнутых систем. Данный парадокс означает либо неполное знание о составляющих энергии таких систем, либо то, что эти системы не являются замкнутыми и каким-то, неизвестным пока образом, обмениваются энергией с окружающей средой.

Это также означает, что теоретически этот дисбаланс может быть использован для выработки так называемой «свободной энергии», то есть энергии, извлеченной из неизвестных пока источников. В частности, известно, что электродинамическое сопротивление в генераторах под нагрузкой вызывается только силой Лоренца (она же сила Ампера), в то время, как индукция наводится и фарадеевым и лоренцевым механизмами.

Нужно отметить, что (выражаясь простыми словами) фарадеев и лоренцев генераторы отличаются тем, что в фарадеевых генераторах магнит вращается относительно неподвижной статорной обмотки, а в лоренцевых – катушка ротора вращается вокруг магнита. Казалось бы – “все относительно” и работа электричества и работа сопротивления должны быть одинаковыми и в том и в другом случаях. Но, как показывает практика (в частности униполярные генераторы), это не так и эти два механизма наведения ЭДС являются принципиально разными (5). Тем более, что работа электродинамического сопротивления вызывается только лоренцевым механизмом.

### **В поисках возможности получения “свободной энергии” рассмотрим баланс энергии в лоренцевых и фарадеевых электрогенераторах.**

Коэффициент полезного действия (КПД) электромашин определяется как отношение полезной работы к потерям, то есть к работе, затраченной на выполнение полезной работы. Для генераторов – это отношение выработанной электроэнергии к механической работе, потраченной на преодоление сопротивления ротора под нагрузкой:

$$\eta = \frac{A_{el}}{A_{mech}} .$$

В эту работу входит как работа на преодоление сил Ампера, вызванных током нагрузки, так и механические потери, такие как трение в подшипниках и аэродинамическое сопротивление.

Для электрогенераторов, имеющих качественные подшипники, наибольший вклад в потери вносят силы Ампера. Для электромоторов, наоборот, силы Ампера производят полезную работу, а противо-ЭДС, вызванная движением проводников с током, вместе с потерями в активном сопротивлении обмотки и трением в подшипниках, производит работу сопротивления.

Из справочников известно, что у фарадеевых генераторов, таких, какие стоят на электростанциях, КПД очень высокий (до 0.99). Кстати, интересно, эти 0.99 получены ли с учетом подмагничивания? Дело в том, что на электростанциях для подмагничивания роторов генераторов (которые являются мощными электромагнитами) стоит специальный генератор постоянного тока, который, естественно, потребляет энергию, которая может входить в общий баланс энергии. И что будет, если ротор генератора - электромагнит заменить постоянным магнитом?

Далее, в контура синхронных (фарадеевых) электромашин в большом количестве входят параллельные оси вращения элементы, без которых, к сожалению, нельзя обойтись, но которые и создают электродинамическое сопротивление. Вполне возможно, что при оптимизации контуров и уменьшения длины радиальных элементов можно получить больший КПД.

В данной работе, в целях упрощения анализа, сопротивлением в подшипниках и прочими потерями не электродинамического характера пренебрегаем.

Как было сказано выше, согласно общепризнанному закону (принципу) сохранения энергии, КПД электромашин в идеальном случае должен быть тождественно равен единице, а, с учетом механических потерь, соответственно, быть меньше единицы. Надо отметить, что для классических механических систем этот закон строго соблюдается и математический анализ приводит к тождественному равенству. В электродинамических же машинах классическая механика работает совместно с электромагнетизмом, природа которого до сих пор не известна. Следовательно, возникает необходимость исследования баланса энергий в электродинамике, в частности в электродинамических машинах.

При проведении этого анализа автор, не изобретая новых, использовал проверенные практикой основополагающие формулы электромагнетизма. Также, в этом анализе автор избегал использовать интегральные выражения и законы, типа теорем Стокса и Гаусса, которые были выведены для случая моделирования магнитного поля вихревым потоком идеальной жидкости, что является грубейшей имитацией (химерой) и совершенно не соответствует реальной физической сущности магнитного поля.

В данной статье при анализе работы электромашин не учитывалась работа, потраченная на подмагничивание, так как необходимость в подмагничивании ротора не является фундаментальной и подмагничивание можно избежать, заменив электромагнит ротора на постоянные магниты.

### **3.1 Баланс энергии в лоренцевых электромашинах**

Лоренцевыми электромашинами являются электромашин, у которых ЭДС вырабатывается за счет лоренцевого механизма – силового воздействия магнитного поля на движущиеся заряды (1). К лоренцевым машинам относятся все электромашин, у которых магнит неподвижен, а ротор, содержащий многовитковую обмотку, вращается, например, генераторы и моторы постоянного тока. К ним также относятся униполярные машины, являющиеся наиболее характерными представителями лоренцевых машин. К этим генераторам сейчас обращено особое внимание в связи с необычностью их работы. В частности, им приписывается свойство вырабатывать энергию без сопротивления, то есть обеспечивать КПД больше единицы.

Рассмотрим баланс энергий в элементе лоренцевого генератора. В частности, в классическом униполярном генераторе (вращающемся или линейном) проводник движется в однородном магнитном поле перпендикулярно магнитным силовым линиям. В проводнике за счет смещения зарядов (лоренцева сила) наводится ЭДС и, если его замкнуть на нагрузку, то в нем начинает течь ток, вызывающий появление силы Ампера. Подробно униполярные машины описаны в (1).

Рассмотрим теперь связь сил сопротивления ротора и мощности, выработанной униполярным генератором. Предположим, что элемент проводника

$\Delta l$  движется в однородном поле перпендикулярно линиям индукции  $B$  со скоростью  $V$  (см. Рис. 2).

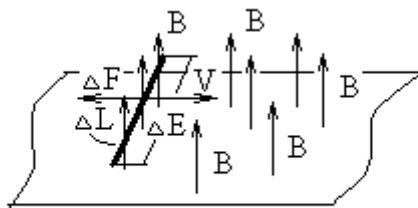


Рис. 2

В нем наводится лоренцева ЭДС  $\Delta E$  и, при закорачивании проводника через нагрузку с сопротивлением  $R$ , в нем течет ток нагрузки  $I$ . Это значит, что:

$$dE = BVdl, I = \frac{dE}{R} = \frac{1}{R} BVdl \text{ и } dA_{el} = P_{el}dt = \frac{(dE)^2}{R} dt = \frac{(BVdl)^2}{R} dt$$

При протекании тока нагрузки к участку проводника  $\Delta l$  приложена сила сопротивления  $\Delta F$  (сила Ампера), направленная в сторону, противоположную вектору  $V$ :

$$dF = BIdl, I = \frac{dE}{R} = \frac{1}{R} BVdl, dF_l = BIdl = \frac{1}{R} B^2V(dl)^2 \text{ и } dA_m = dF_l dx = \frac{1}{R} B^2V(dl)^2 dx$$

Тогда КПД будет:

$$\eta = \frac{dA_{el}}{dA_m} = \frac{(BVdl)^2 dt}{B^2V(dl)^2 dx} = \frac{B^2V^2 dt}{B^2V dx} = \frac{B^2V^2}{B^2V^2} \equiv 1$$

Это значит, что  $A_{el} \equiv A_m$ . То есть работа, выработанная генератором,

ТОЖДЕСТВЕННО равна работе, потраченной на сопротивление движению. Следовательно, на основе лоренцевых машин НЕЛЬЗЯ СДЕЛАТЬ ВЕЧНЫЙ ДВИГАТЕЛЬ! Физический смысл здесь очевиден – ЭДС и сила сопротивления у лоренцевых машин неразделимы и создаются за счет одного и того же механизма – лоренцевой силы. При этом направление ЭДС определяется по «правилу правой руки», а направление силы – по «правилу левой руки», то есть вектор скорости проводника и сила, вызванная током нагрузки, направлены в противоположные стороны и, вопреки утверждению некоторых авторов, не разгоняют ротор, а тормозят его в полном соответствии с современной трактовкой принципа сохранения энергии.

То же относится и к униполярному мотору. Когда на мотор подается напряжение (на ось и край диска), в диске течет ток, который создает силу Ампера (следствие силы Лоренца) и диск начинает вращаться. При этом в нем наводится лоренцева ЭДС, направленная встречно приложенному напряжению. Суммарное напряжение приложенное к диску уменьшается и ток падает по мере возрастания скорости вращения диска до тех пор, пока скорость вращения не достигнет максимума. Это относится к режиму холостого хода, когда ротор мотора не нагружен механически.

Если ротор нагружен, то мотор должен создать крутящий момент, который в установившемся режиме должен быть равен моменту нагрузки. То же относится и к линейному мотору.

Сила, приложенная в линейном моторе к элементу проводника  $dl$  (поле однородное) будет равна:

$$dF = BIdl.$$

Противо-ЭДС, наведенная в том же элементе проводника  $dl$  при его движении будет равна:

$$dE = BVdl.$$

Тогда механическая мощность произведенная мотором будет равна:

$dP_m = dFV = BVIdl$ . И электрическая мощность:  $dP_{el} = dEI = BVIdl$ . То есть, механическая мощность, произведенная мотором будет тождественно равна электрической мощности, потребляемой мотором.

Здесь, правда, нужно отметить, что этот вывод основан на анализе единичного элемента проводника, а не контура в целом.

### 3.2 Баланс энергии в синхронных (фарадеевых) электромашинах

Как было отмечено в работе (1), при любом изменении напряженности магнитного поля, в частности, при движении источника неоднородного поля, в пространстве возникает электрическое поле и, если там помещен проводящий контур, то в нем наводится ЭДС. Особенности данных электромашин были подробно рассмотрены в работе (1). Одним из способов получения фарадеевой индукции является перемещение неоднородного источника магнитного поля относительно неподвижного проводника (контура). Соответственно, перемещение магнита может быть вращательным или поступательным (см. Рис. 2).

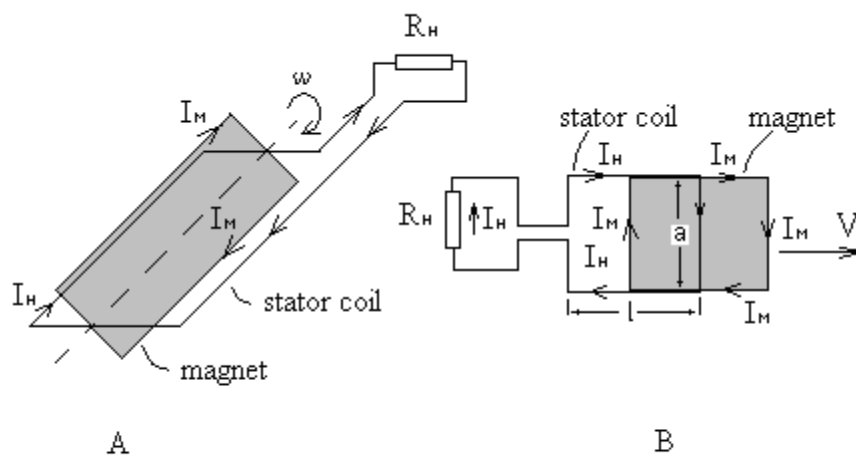


Рис. 3

В первом случае магнит вращается с угловой скоростью  $\omega$  внутри неподвижного контура (Рис. 3А), во втором – линейно смещается со скоростью  $V$  по осям X или

Y, а в третьем удаляется по оси Z. В первом и третьем случаях статорный контур не содержит тангенциальных проводников (проводников, направленных вдоль вектора скорости), а во втором тангенциальные проводники составляют большую часть контура. В частности, генераторы «тангенциальной индукции», описанные в (1), относятся ко второму случаю (Рис. 3В). Соответственно и механизм наведения ЭДС в этих двух случаях также будет несколько отличным (см. в следующих разделах).

Рассмотрим баланс мощности в случае смещения прямоугольного магнита относительно проводящей рамки, нагруженной сопротивлением R.

Предположим, что длина рамки ( $l$ ) намного больше ее ширины ( $a$ ). В этом случае и магнит и рамка с током создают практически однородное по длине поле

( $\frac{dB}{dx} \approx const$ ). Выдвижение магнита из рамки в направлении  $x$  (вдоль длины  $l$ ) со

скоростью  $V$  наводит в рамке ЭДС:

$$E = -\frac{d\Phi}{dt} = -\frac{d(B_{cp} a(l - Vt))}{dt} = B_{cp} aV \quad [3.2.1],$$

где  $a$  – ширина рамки,  $l$  – ее длина.

В проводниках рамки потечет ток нагрузки  $I_H = \frac{B_{cp} aV}{R}$ , который вызовет

появление силы Ампера в поперечном «эквивалентном проводнике» магнита ( $a$ ), препятствующей выдвигению магнита из рамки:

$F = \frac{B_{cp}^2 a^2 V}{R}$ , а мощность, потраченная при движении на преодоление этой силы

составит:

$$P_{mech} = FV = \frac{B_{cp}^2 a^2 V^2}{R} \quad [3.2.2].$$

При этом электрическая мощность, выработанная в рамке составит:

$$P_{el} = \frac{E^2}{R} = \frac{B_{cp}^2 a^2 V^2}{R} \quad [3.2.3].$$

Таким образом, получается, что мощности тождественно равны и теоретический КПД равен единице!

Вроде бы все хорошо сходится, но при этом забывают про второй «эквивалентный проводник» магнита и взаимодействие всех проводников рамки и магнита, которые тоже участвуют в создании ЭДС и силовом взаимодействии магнита и рамки. Здесь нужно не забывать, что магнитное поле не исчезает за пределами рамки и магнита, что должно вызывать силовое взаимодействия «эквивалентного проводника» магнита с проводником рамки даже тогда, когда магнит вышел за рамку. В то же время, согласно Фарадею, только магнитный поток, пересекающий рамку вызывает ЭДС, а магнитное поле за пределами рамки в этом не участвует. В то же время, магнитное поле за пределами рамки «ничем не хуже» того, что внутри рамки. Тем более, поле внутри замкнутой рамки не скомпенсировано, а, наоборот, является суммой полей проводников (с одним знаком).

Далее, магнитный поток, вызванный током нагрузки, протекающим в рамке, складывается с магнитным потоком магнита, так как при выдвигении магнита токи



в магните и рамке, согласно принципу Ленца, совпадают по направлению. Кроме того, ЭДС наводится во всех проводниках рамки, а не только в поперечных, в то время как формула для ЭДС, наведенной в данном случае (выдвижение магнита из рамки) формально совпадает с формулой для лоренцевой ЭДС, наведенной в движущемся поперечном проводнике (но там она реально наводится в этом движущемся проводнике).

Таким образом, приведенный выше вывод является чисто формальным, не отражающим реальный механизм наведения ЭДС и силового взаимодействия проводников и, кроме того, неправильным, не учитывающим вышеприведенные факторы. В таком случае, так как магнитное поле в данной системе создается системой проводников с токами (магнитные поля отдельных проводников, согласно принципу суперпозиции, складываются в точке пространства) и силовое взаимодействие осуществляется между проводниками, то для нахождения реального баланса энергии (мощности) необходимо рассматривать взаимодействие проводников, составляющих магнит и рамку, между собой отдельно.

## 4. Детальный анализ баланса энергии в фарадеевых и лоренцевых электромашинах

### 4.1 Фарадеев генератор с вращающимся магнитом

Анализируемый генератор является классическим фарадеевым (синхронным) генератором, применяющимся в энергетике. Он состоит из рамки статора и ротора – магнита, вращающегося внутри рамки (см. рис. 3).

Рассмотрим связь сил сопротивления ротора и мощности, выработанной фарадеевым генератором (рис. 3А). Так как в данном анализе источником магнитного поля в генератора является постоянный магнит, то работа затраченная на подмагничивание ротора не учитывается при анализе.

#### 4.1.1 Определим работу фарадеева генератора

Как известно, постоянный магнит можно заменить эквивалентным контуром - рамкой с током. Поэтому при анализе принималось, что магнитное поле ротора (магнита) создает рамка с эквивалентным током. Опять же, работа подмагничивания не учитывается (вращается постоянный магнит, а не электромагнит). Кроме того, силовое воздействие магнита с рамкой статора полностью определяется взаимодействием проводников с током (в случае постоянного магнита – взаимодействием его эквивалентных проводников) согласно закону Ампера (1).

В данном генераторе постоянный магнит (или рамка с постоянным током) вращается со скоростью  $\omega$  (см. рис 3). В неподвижном контуре, являющимся статором, наводится фарадеева ЭДС  $E = -\frac{d\Phi}{dt}$ .

Предположим, что контур статора имеет такие же размеры как магнит (или рамка с постоянным током) –  $l \times 2a$ . При расчете индукции и магнитного потока рамки ротора (магнита) использовалось выражение для длинных (бесконечных) проводников, так как интегрирование выражения, учитывающего размеры

проводников, получается крайне громоздким и сложным для анализа. Краевыми эффектами (в частности, неоднородностью  $B$  на краях проводников  $l$ ) пренебрегаем. При этом в использованных в данном расчете выражениях для индукции и силы взаимодействия для бесконечных проводников был выбран коэффициент 1.8 вместо 2, который учитывает конечный размер проводников.

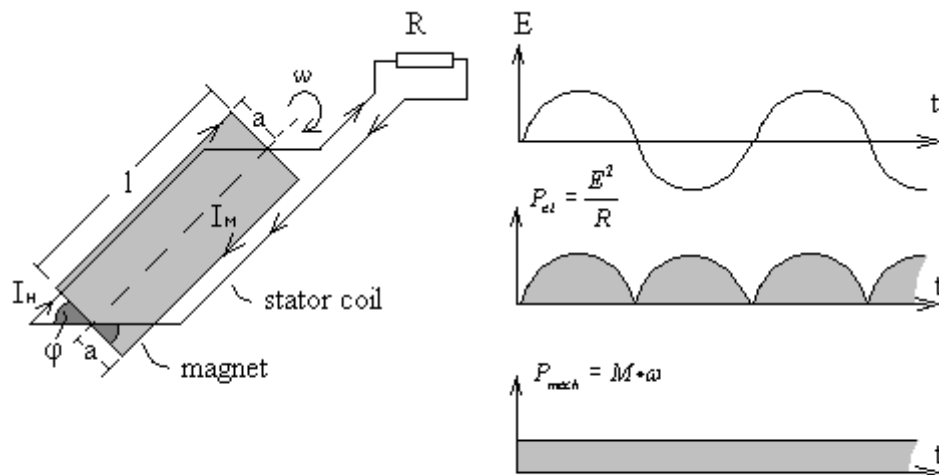


Рис. 4

Таким образом, магнит, в «эквивалентном контуре» которого, течет ток  $I_m$ , вращается и в рамке наводится ЭДС  $E$  и течет ток нагрузки  $I_H = \frac{E}{R}$ . Опять же, вместо вращающегося постоянного магнита может быть использована вращающаяся рамка с текущим в ней постоянным током  $I_m$ . Уравнение для момента сил, основанное на так называемом «магнитном моменте» рамки ( $\vec{M} = \vec{p}_m \times \vec{B}_{coil}$ , (3)) здесь не работает, так как поле в статорном контуре – неоднородное. В этом случае необходимо непосредственно определить момент силы, создаваемый силовым взаимодействием эквивалентных проводников магнита (или проводников рамки с постоянным током) с проводниками неподвижного статорного контура. Так как проводники  $l$  и  $a$  рамки и магнита – параллельны и то в приближении можно воспользоваться формулами для силы взаимодействия длинных параллельных проводников с током (опять же, с коэффициентом 1.8), рассматривая взаимодействие каждого проводника магнита с каждым проводником рамки.

При вращении магнита относительно рамки в положении, когда плоскости магнита и рамки совпадают ( $\varphi = 0$ ,  $\cos \varphi = 1$ ), весь магнитный поток, создаваемый магнитом, пересекает поверхность рамки, а когда плоскости рамки и магнита перпендикулярны друг другу ( $\varphi = 90$ ,  $\cos \varphi = 0$ ) поток, пересекающий рамку равен нулю, причем, не потому, что магнитные потоки от эквивалентных проводников

магнита на пересекают рамку, а потому, что они компенсируют друг друга (см. рис. 5).

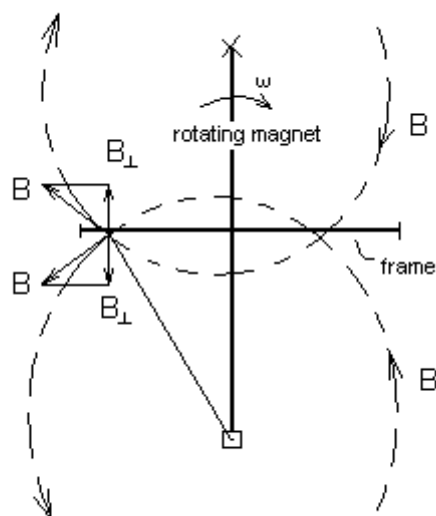


Рис. 5

Магнитный поток, создаваемый прямоугольной рамкой размерами  $x$  и  $y$  определяется как  $\Phi = \int_S B_{xy} ds$ .

В частном случае, когда  $B = \text{const}$  по всей поверхности рамки и вектор  $B$  перпендикулярен плоскости рамки, то  $\Phi = SB = 2alB$ .

Или в реальном случае, когда магнитное поле с индукцией  $B$  создается всеми эквивалентными проводниками магнита, и продольными и поперечными:

$$\Phi = \int_S B_{xy} ds \approx 2 \int_{x_1}^{x_2} B_x dx + 2 \int_{y_1}^{y_2} B_y dy \quad [4.1.1.1].$$

Этот поток пересекает рамку с размерами  $(y_2 - y_1) \times (x_2 - x_1)$  в случае, когда рамка совпадает с магнитом, то есть когда угол поворота магнита относительно рамки равен нулю. В этом случае весь магнитный поток, создаваемый магнитом, пересекает рамку.

Кроме того, нужно не забывать, что, функция  $B$  от  $x$  - дробно-линейная. Поэтому магнитный поток нельзя найти умножением индукции в центре рамки на ее площадь:  $\Phi \neq B_{x_{cp}, y_{cp}} S$  или  $\Phi \neq B_{x_{cp}, y_{cp}} \Delta x \Delta y$ , где  $B_{x_{cp}, y_{cp}}$  - величина индукции в

центре рамки, определяемая по формуле  $B_{x_{cp}, y_{cp}} = 8 \frac{\mu_0}{4\pi} I_m \frac{\sqrt{x^2 + y^2}}{xy}$  (3).

В данном анализе для некоторого упрощения выводов принимается, что  $B_y \approx \text{const}$  вдоль проводника  $y$ . Тогда  $B_x \approx 1.8 \frac{\mu_0}{4\pi} \frac{I_m}{x}$ , где  $x$  - расстояние от проводника,  $I_m$  - эквивалентный ток магнита, а упомянутый коэффициент 1.8

отражает некоторое уменьшение индукции от реальных проводников конечной длины по сравнению с бесконечными проводниками (см. раздел выше).

Таким образом, магнитное поле создается двумя продольными (осевыми) проводниками 1-5 и 2-6 неподвижного магнита (или рамки с током 1-5-6-2) и двумя радиальными проводниками 1-2 и 5-6 (см. рис.)

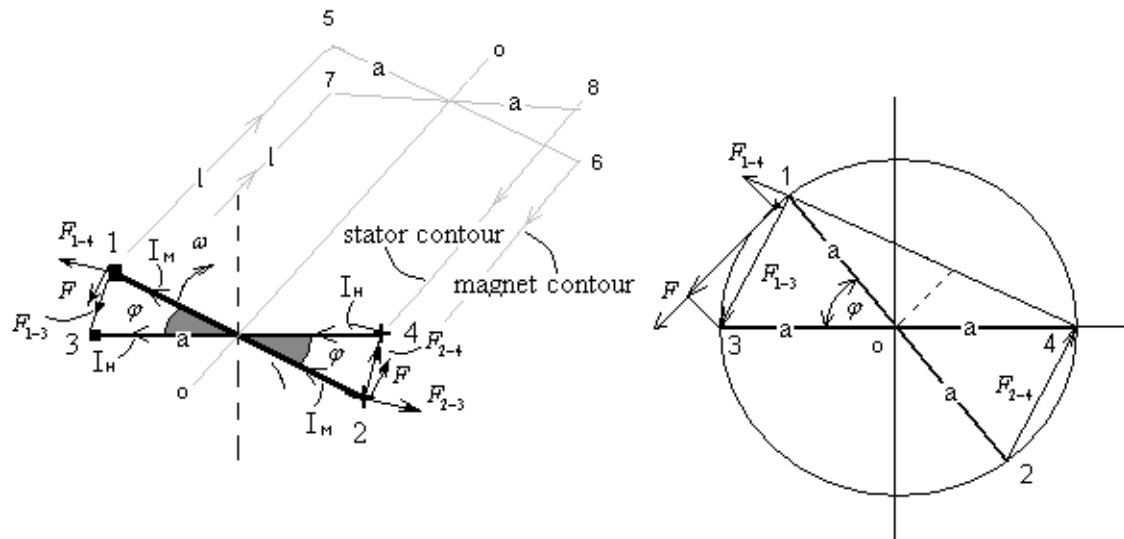


Рис. 6

Магнитный поток, создаваемый одним продольным эквивалентным проводником магнита длиной  $l$  в случае, когда угол между плоскостью магнита и рамки равен нулю будет равен  $\Phi \approx 1.8 \frac{\mu_0}{4\pi} I_m l \int_{x_1}^{x_2} \frac{dx}{x}$ . Тогда магнитный поток,

создаваемый магнитом от двух продольных проводников 1-5 и 2-6 его эквивалентного контура длиной  $l$  (так как поля складываются) и пересекающий рамку с размерами  $l \times 2a$  будет равен:

$$\Phi_{\Sigma 1-5, 2-6} \approx 3.6 \frac{\mu_0}{4\pi} I_m l \int_{\delta}^{2a} \frac{dx}{x} = 3.6 \frac{\mu_0}{4\pi} I_m l \ln \frac{2a}{\delta} \quad [4.1.1.2]$$

Соответственно, магнитный поток от радиальных проводников 1-2 и 5-6 длиной  $2a$ :

$$\Phi_{\Sigma 1-2, 5-6} \approx 3.6 \frac{\mu_0}{4\pi} I_m 2a \int_{\delta}^l \frac{dx}{x} = 3.6 \frac{\mu_0}{4\pi} I_m 2a \ln \frac{l}{\delta} \quad [4.1.1.3],$$

где  $l \times 2a$  – размеры магнита и рамки,  $\delta$  – зазор между магнитом и рамкой ( $\delta \ll l$  и  $\delta \ll a$ ).

Введение величины зазора  $\delta$  необходимо, так как  $\ln \frac{1}{0} \rightarrow \infty$ . Кроме того, между магнитом и рамкой физически должен быть зазор, иначе они не смогут вращаться относительно друг друга.

И, так как магнит вращается относительно рамки, то магнитный поток, пересекающий рамку - переменный. Тогда суммарный магнитный поток, пересекающий рамку, будет равен:  $\Phi_{\Sigma} = 3.6 \frac{\mu_0}{4\pi} I_m a \left( \frac{l}{a} \ln \frac{2a}{\delta} + 2 \ln \frac{l}{\delta} \right) \cos \varphi$

Следовательно, ЭДС, наводимая в рамке, будет равна:

$$E_{\Phi} = \frac{d\Phi}{dt} = -3.6 \frac{\mu_0}{4\pi} I_m \omega a \left( \frac{l}{a} \ln \frac{2a}{\delta} + 2 \ln \frac{l}{\delta} \right) \sin \varphi \quad [4.1.1.4],$$

где  $\frac{d\varphi}{dt} = \omega$

Мощность, вырабатываемая данным генератором будет равна:

$$P = \frac{E^2}{R} = 13 \frac{1}{R} \left( \frac{\mu_0}{4\pi} I_m a \right)^2 \left( \frac{l}{a} \ln \frac{2a}{\delta} + 2 \ln \frac{l}{\delta} \right)^2 \omega^2 \sin^2 \varphi, \text{ (рис. 4)} \quad [4.1.1.5]$$

И работа, произведенная генератором на нагрузке R за полный оборот магнита - ротора ( $2\pi$ ) будет равна:

$$A_{el} = 13 \frac{1}{R} \left( \frac{\mu_0}{4\pi} I_m a \right)^2 \left( \frac{l}{a} \ln \frac{2a}{\delta} + 2 \ln \frac{l}{\delta} \right)^2 \omega^2 \int_0^{2\pi} \sin^2 \varphi dt \quad [4.1.1.6]$$

или

$$A_{el} = 13 \frac{1}{R} \left( \frac{\mu_0}{4\pi} I_m a \right)^2 \left( \frac{l}{a} \ln \frac{2a}{\delta} + 2 \ln \frac{l}{\delta} \right)^2 \omega \int_0^{2\pi} \sin^2 \varphi d\varphi, \text{ так как } dt = \frac{d\varphi}{\omega}, \text{ то}$$

$$\int_0^{2\pi} \sin^2 \varphi d\varphi = \frac{1}{2} \varphi - \frac{1}{4} \sin 2\varphi = \frac{2\pi}{2} - 0 - \frac{0}{4} + 0 = \pi \text{ и тогда}$$

$$A_{el} = 13 \frac{1}{R} \left( \frac{\mu_0}{4\pi} I_m a \right)^2 \left( \frac{l}{a} \ln \frac{2a}{\delta} + 2 \ln \frac{l}{\delta} \right)^2 \omega \left( \frac{\varphi}{2} - \frac{1}{4} \sin 2\varphi \right)_0^{2\pi} = 13 \frac{1}{R} \left( \frac{\mu_0}{4\pi} I_m a \right)^2 \left( \frac{l}{a} \ln \frac{2a}{\delta} + 2 \ln \frac{l}{\delta} \right)^2 \omega \pi \quad [4.1.1.7]$$

## 4.1.2 Определим работу электродинамического сопротивления

Электродинамическое сопротивление во всех случаях (и фарадеевом и лоренцевом) создается только лоренцевым механизмом (он же сила Ампера). Механическая мощность для вращательного движения определяется по формуле:

$$P_{mech} = M_{\Sigma\Sigma} \omega = M_{\Sigma\Sigma} \frac{d\varphi}{dt}, \text{ где } M - \text{ момент силы, а } \omega - \text{ угловая скорость вращения}$$

ротора. Работа сил электродинамического сопротивления вращению ротора (магнита, рамки с током) будет определяться по формуле  $dA = M_{\varphi} d\varphi$  и

$$A_{mech} = \int_0^{2\pi} M_{\varphi} d\varphi.$$

### 4.1.1.1 Определим момент сопротивления от продольных проводников

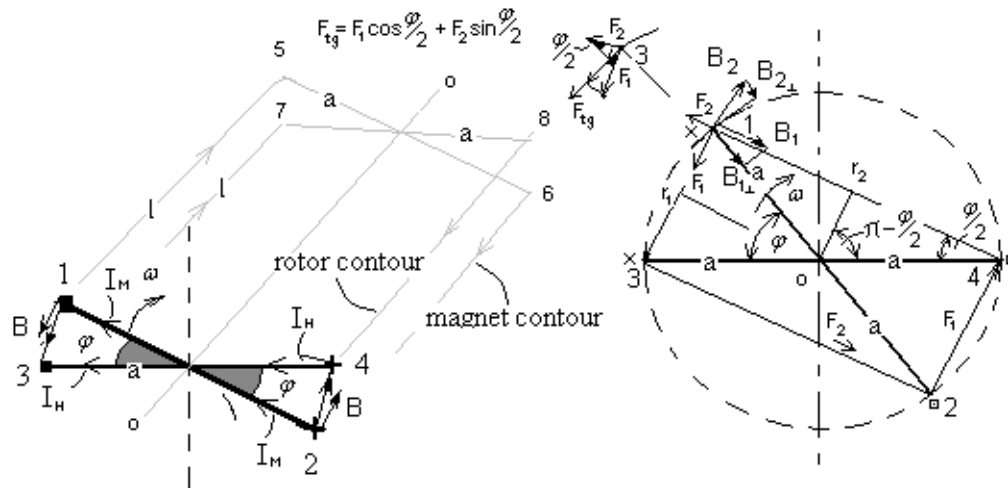


Рис. 7

Рассмотрим силы и момент сопротивления, создаваемый продольными проводниками 1-5, 3-7, 4-8, 2-6 и радиальными проводниками 1-2, 3-4, 5-6, 7-8 (см. Рис. 5). Проводники контура 3-4-8-7, в которых течет ток нагрузки, взаимодействуют с «проводниками эквивалентного контура» постоянного магнита 1-5-6-2 (или проводниками рамки с постоянным током) притягивая (1-5, 3-7, 2-6, 4-8) и отталкивая их (1-5, 4-8, 2-6, 3-7), которые действуют в одном направлении, создавая момент сопротивления вращению  $M = F_{tg} 2a$ .

Тангенциальная сила от продольных проводников, создающая момент сопротивления будет равна:

$$F_{tg} = F_{1-3} \cos \frac{\varphi}{2} + F_{1-4} \sin \frac{\varphi}{2} \quad (\text{см. рис.5})$$

Сила притяжения или отталкивания продольных проводников определяется по закону Ампера (для длинных проводников) как:

$$F \approx 1.8 \frac{\mu_0}{4\pi} \frac{I_m I_H}{r} l, \text{ где, опять же, фигурирует коэффициент } 1.8, \text{ учитывающий}$$

конечный размер проводников. При этом расстояния до проводников  $r$  будут равны:

$$R_{1-3} = 2a \sin \frac{\varphi}{2} \text{ и } R_{1-4} = 2a \cos \frac{\varphi}{2}$$

Первая сила - сила притяжения проводников 1-5 и 3-7 будет равна:

$$F_1 = F_{1-3} = 1.8 \frac{\mu_0}{4\pi} \frac{I_m I_H}{2a \sin \frac{\varphi}{2}} l \text{ и тангенциальная сила от проводников 1-3}$$

$$F_{1tg} = F_{1-3} \cos \frac{\varphi}{2} = 1.8 \frac{\mu_0}{4\pi} I_m I_H \frac{1}{2} \frac{l}{a} \frac{\cos \frac{\varphi}{2}}{\sin \frac{\varphi}{2}} = 1.8 \frac{\mu_0}{4\pi} I_m I_H \frac{1}{2} \frac{l}{a} \operatorname{ctg} \frac{\varphi}{2}$$

И вторая сила - сила отталкивания проводников 1-5 и 4-8 будет равна:

$F_2 = F_{1-4} \approx 1.8 \frac{\mu_0}{4\pi} \frac{I_m I_H}{2a \cos \varphi/2} l$  и тангенциальная сила от проводников 1-4

$$F_{2tg} = F_{1-4} \sin \frac{\varphi}{2} \approx 1.8 \frac{\mu_0}{4\pi} I_m I_H \frac{1}{2} \frac{l}{a} \frac{\sin \varphi/2}{\cos \varphi/2} = 1.8 \frac{\mu_0}{4\pi} I_m I_H \frac{1}{2} \frac{l}{a} tg \varphi/2.$$

Тогда суммарная тангенциальная сила (создающая момент силы) от одного продольного проводника будет равна:

$$F_{tg\Box} = 0.9 \frac{\mu_0}{4\pi} I_m I_H \frac{l}{a} \left( \frac{1}{tg \varphi/2} + tg \varphi/2 \right) = 1.8 \frac{\mu_0}{4\pi} I_m I_H \frac{l}{a} \frac{1}{\sin \varphi} \quad [4.1.1.8]$$

Момент сопротивления вращению, создаваемый одним проводником длиной  $l$  на плече  $a$  равен  $M_{\Box} = F_{tg\Box} a = 1.8 \frac{\mu_0}{4\pi} I_m I_H l \frac{1}{\sin \varphi}$  и, соответственно, двумя продольными

$$\text{проводниками } M_{\Sigma\Box} = 3.6 \frac{\mu_0}{4\pi} I_m I_H l \frac{1}{\sin \varphi} \quad [4.1.1.9]$$

Так как  $I_H = I_{amp} \sin \varphi$ , то **момент сопротивления от продольных проводников, вносящих основной вклад в электродинамическую работу сопротивления, постоянный, не зависящий от угла поворота**

**ротора:**  $M = \frac{\mu_0}{4\pi} 4I_m I_{amp} l = const$  (рис. 4).

Кроме того, если генератор инвертировать (все электромашины можно инвертировать, кроме асинхронных моторов – комбинацию трансформатора с синхронным мотором), то генератор становится синхронным мотором, крутящий момент которого создается, опять же, лоренцевыми силами. Крутящий момент у такой машины является постоянным ( см. рис. 4). При этом необходимо синхронизовать частоту тока с частотой вращения ротора. Эти моторы применяются крайне редко, так как создание крутящего момента посредством лоренцевой силы не является эффективным и это является второстепенным (побочным) назначением фарадеевых машин.

#### 4.1.1.2 Определим момент сопротивления от радиальных проводников:

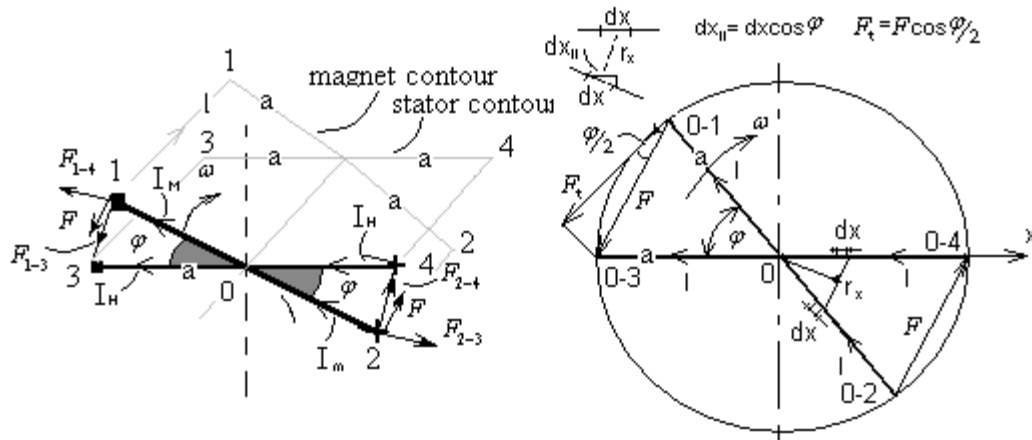


Рис. 8

Кроме сил электродинамического сопротивления, действующие на продольные проводники, есть также электродинамические силы сопротивления, действующие и на радиальные проводники.

Сила, действующая на элемент длины проводника  $dx$ , параллельного длинному

проводнику с током  $I_m$  равна  $dF = 1.8 \frac{\mu_0}{4\pi r} I_m I_H dx_{\square}$ .

Так как рамка повернута на угол  $\varphi$  относительно магнита, то сила притяжения, приложенная к элементу  $dx$  определяется как:

$dF = 1.8 \frac{\mu_0}{4\pi} \frac{I_m I_H}{r_x} \cos \varphi dx$ , где  $I_m$  - ток в эквивалентном контуре магнита (или рамки

ротора),  $I_H$  - ток нагрузки в рамке статора ( $I_H = \frac{E_{\varphi}}{R}$ ) и  $dx_{\square} = dx \cos \varphi$ .

Проводники 1-2 и 3-4 притягиваются и, таким образом, создают сопротивление вращению.

Расстояние между участками  $dx$  на расстоянии  $x$  от оси будет равно:

$$r_x = 2x \sin \frac{\varphi}{2}.$$

Тогда сила, действующая на элемент  $dx$  на расстоянии  $x$  от оси (см. рис. 5) будет

$$dF = 0.9 \frac{\mu_0}{4\pi} I_m I_H \frac{\cos \varphi dx}{\sin \frac{\varphi}{2} x} \quad [4.1.1.2.1]$$

Тангенциальная сила  $F_{tg}$ , действующая на участок  $dx$  будет  $dF_{tg} = dF \cos \frac{\varphi}{2}$

$$dF_{tg} = dF \cos \frac{\varphi}{2} = 0.9 \frac{\mu_0}{4\pi} I_m I_H \frac{\cos \varphi dx}{\sin \frac{\varphi}{2} x} \cos \frac{\varphi}{2} = 0.9 \frac{\mu_0}{4\pi} I_m I_H \frac{\cos \varphi dx}{\operatorname{tg} \frac{\varphi}{2} x}$$

при  $x=0 \rightarrow a$ .

Момент сопротивления, создаваемый участком  $dx$  на расстоянии  $x$  будет равен:



$$dM_{ig} = dF_{ig\Sigma}x = 0.9 \frac{\mu_0}{4\pi} I_m I_H \frac{\cos \varphi}{\operatorname{tg} \frac{\varphi}{2}} dx \text{ или } dM_{ig\perp} = 0.9 \frac{\mu_0}{4\pi} I_m I_H \frac{1 + \cos \varphi}{\operatorname{tg} \varphi} dx$$

Тогда момент, создаваемый одним радиальным проводником длиной  $a$  будет:

$$M_{ig\perp} = 0.9 \frac{\mu_0}{4\pi} I_m I_H \frac{1 + \cos \varphi}{\operatorname{tg} \varphi} a, \text{ всего таких проводников 4 (две боковые стороны}$$

длиной  $2a$ ).

**Тогда суммарный момент сопротивления радиальных проводников будет:**

$$M_{rad} = 3.6 \frac{\mu_0}{4\pi} I_m I_H a \frac{\cos \varphi (1 + \cos \varphi)}{\sin \varphi}$$

$$\text{При этом } M_{\Sigma} = 3.6 \frac{\mu_0}{4\pi} I_m I_H l \frac{1}{\sin \varphi}$$

**И суммарный момент электродинамического сопротивления от всех проводников будет равен:**

$$M_{\Sigma\Sigma} = 3.6 \frac{\mu_0}{4\pi} I_m I_H a \left( \frac{l}{a} \frac{1}{\sin \varphi} + \frac{1 + \cos \varphi}{\sin \varphi} \cos \varphi \right) = 3.6 \frac{\mu_0}{4\pi} I_m I_H a \frac{\frac{l}{a} + \cos \varphi + \cos^2 \varphi}{\sin \varphi}$$

или

$$M_{\Sigma} = 3.6 \frac{\mu_0}{4\pi} I_m I_H a \left( \frac{l}{a} \frac{1}{\sin \varphi} + \frac{\cos \varphi (1 + \cos \varphi)}{\sin \varphi} \right) \text{ или}$$

$$M_{\Sigma\varphi} = 3.6 \frac{\mu_0}{4\pi} I_m I_H a \frac{\frac{l}{a} + \cos \varphi (1 + \cos \varphi)}{\sin \varphi} \quad [4.1.1.2.2]$$

### 4.1.1.3 Теперь определим работу электродинамического сопротивления фарадеева генератора

Ток нагрузки  $I_H$ , текущий в рамке статора, закороченной на некое сопротивление  $R$ , определяется как:

$$I_H = 3.6 \frac{1}{R} \frac{\mu_0}{4\pi} I_m \omega a \left( \frac{l}{a} \ln \frac{2a}{\delta} + 2 \ln \frac{l}{\delta} \right) \sin \varphi.$$

$$\text{Тогда } M_{\Sigma\varphi} = 13 \left( \frac{\mu_0}{4\pi} I_m a \omega \right)^2 \left( \frac{l}{a} \ln \frac{2a}{\delta} + 2 \ln \frac{l}{\delta} \right) \left( \frac{l}{a} + \cos \varphi (1 + \cos \varphi) \right) \text{ и}$$

$$dA_{mech\Phi} = M_{\Sigma\Sigma} d\varphi = 13 \frac{1}{R} \left( \frac{\mu_0}{4\pi} a I_m \right)^2 \left( \frac{l}{a} + \cos \varphi (1 + \cos \varphi) \right) \left( \frac{l}{a} \ln \frac{2a}{\delta} + 2 \ln \frac{l}{\delta} \right) \omega d\varphi \text{ или}$$

$$A_{mech} = 13 \frac{1}{R} \left( \frac{\mu_0}{4\pi} a I_m \right)^2 \left( \frac{l}{a} \ln \frac{2a}{\delta} + 2 \ln \frac{l}{\delta} \right) \omega \int_0^{2\pi} \left( \frac{l}{a} + \cos \varphi + \cos^2 \varphi \right) d\varphi,$$

$$\text{так как } \int_0^{2\pi} \left( \frac{l}{a} + \cos \varphi + \cos^2 \varphi \right) d\varphi = \left[ \frac{l}{a} \varphi + \sin \varphi + \frac{1}{2} \varphi + \frac{1}{4} \sin 2\varphi \right]_0^{2\pi}, \text{ то}$$

$$A_{\text{mech}\Phi} = 13 \frac{1}{R} \left( \frac{\mu_0}{4\pi} a I_m \right)^2 \left( 2 \frac{l}{a} \ln \frac{2a}{\delta} + 2 \ln \frac{l}{\delta} \right) \omega \left( 2 \frac{l}{a} + 1 \right) \pi \quad [4.1.1.3.1]$$

#### 4.1.1.4 Теперь определим КПД фардеева генератора

Работа электричества (полезная работа):

$$A_{\text{el}\Phi} = 13 \frac{1}{R} \left( \frac{\mu_0}{4\pi} I_m a \right)^2 \left( \frac{l}{a} \ln \frac{2a}{\delta} + 2 \ln \frac{l}{\delta} \right)^2 \omega \pi$$

Работа сопротивления:

$$A_{\text{mech}\Phi} = 13 \frac{1}{R} \left( \frac{\mu_0}{4\pi} a I_m \right)^2 \left( 2 \frac{l}{a} \ln \frac{2a}{\delta} + 2 \ln \frac{l}{\delta} \right) \left( 2 \frac{l}{a} + 1 \right) \omega \pi$$

Тогда КПД будет равен:

$$\eta = \frac{\left( \frac{l}{a} \ln \frac{2a}{\delta} + 2 \ln \frac{l}{\delta} \right)^2}{2 \left( \frac{l}{a} \ln \frac{2a}{\delta} + \ln \frac{l}{\delta} \right) \left( 2 \frac{l}{a} + 1 \right)} \quad [4.1.1.4.1]$$

Проведем анализ:

$$\eta \approx \frac{\left( \frac{l}{a} \ln \frac{2a}{\delta} + 2 \ln \frac{l}{\delta} \right)^2}{2 \left( \frac{l}{a} \ln \frac{2a}{\delta} + \ln \frac{l}{\delta} \right) \left( 2 \frac{l}{a} + 1 \right)} = \frac{(3+4.6)^2}{2 \times 5.3 \times 3} = \frac{57}{31.8} = 1.8 \text{ при } \frac{l}{a} = 1 \text{ и } \frac{a}{\delta} = 10$$

$$\eta \approx \frac{\left( \frac{l}{a} \ln \frac{2a}{\delta} + 2 \ln \frac{l}{\delta} \right)^2}{2 \left( \frac{l}{a} \ln \frac{2a}{\delta} + \ln \frac{l}{\delta} \right) \left( 2 \frac{l}{a} + 1 \right)} = \frac{(6+6)^2}{2 \times 9 \times 5} = \frac{144}{90} = 1.6 \text{ при } \frac{l}{a} = 2 \text{ и } \frac{a}{\delta} = 10$$

$$\eta \approx \frac{\left( \frac{l}{a} \ln \frac{2a}{\delta} + 2 \ln \frac{l}{\delta} \right)^2}{2 \left( \frac{l}{a} \ln \frac{2a}{\delta} + \ln \frac{l}{\delta} \right) \left( 2 \frac{l}{a} + 1 \right)} = \frac{(12+7.4)^2}{2 \times 15.7 \times 9} = \frac{376}{283} = 1.33 \text{ при } \frac{l}{a} = 4 \text{ и } \frac{a}{\delta} = 10$$

$$\eta \approx \frac{\left( \frac{l}{a} \ln \frac{2a}{\delta} + 2 \ln \frac{l}{\delta} \right)^2}{2 \left( \frac{l}{a} \ln \frac{2a}{\delta} + \ln \frac{l}{\delta} \right) \left( 2 \frac{l}{a} + 1 \right)} = \frac{(24+8.8)^2}{28.4 \times 17} = \frac{1076}{965} = 1.11 \text{ при } \frac{l}{a} = 8 \text{ и } \frac{a}{\delta} = 10$$

$$\eta \approx \frac{\left( \frac{l}{a} \ln \frac{2a}{\delta} + 2 \ln \frac{l}{\delta} \right)^2}{2 \left( \frac{l}{a} \ln \frac{2a}{\delta} + \ln \frac{l}{\delta} \right) \left( 2 \frac{l}{a} + 1 \right)} = \frac{(60+10.6)^2}{2 \times 65.3 \times 41} = \frac{4984}{5354} = 0.93 \text{ при } \frac{l}{a} = 20 \text{ и } \frac{a}{\delta} = 10$$

$$\eta \approx \frac{\left(\frac{l}{a} \ln \frac{2a}{\delta} + 2 \ln \frac{l}{\delta}\right)^2}{2 \left(\frac{l}{a} \ln \frac{2a}{\delta} + \ln \frac{l}{\delta}\right) \left(2 \frac{l}{a} + 1\right)} = \frac{(300 + 13.8)^2}{2 \times 307 \times 201} = \frac{98480}{123414} = 0.8 \text{ при } \frac{l}{a} = 100 \text{ и } \frac{a}{\delta} = 10$$

или

$$\eta \approx \frac{\left(\frac{l}{a} \ln \frac{2a}{\delta} + 2 \ln \frac{l}{\delta}\right)^2}{2 \left(\frac{l}{a} \ln \frac{2a}{\delta} + \ln \frac{l}{\delta}\right) \left(2 \frac{l}{a} + 1\right)} = \frac{(370 + 15.2)^2}{2 \times 370 \times 201} = \frac{148373}{148740} \approx 1 \text{ при } \frac{l}{a} = 100 \text{ и } \frac{a}{\delta} = 20$$

В приведенном расчете отношение длины радиального провода к зазору берется равным  $\frac{a}{\delta} = 10$ . То есть при длине радиального проводника в 10 см, зазор равен 1

см. В случае длинных радиальных проводников при зазоре в 1 см отношение  $\frac{a}{\delta}$

может быть больше, например,  $\frac{a}{\delta} = 20$  при длине радиального проводника 20 см.

#### 4.1.1.5 Выводы

**КПД фарадеева генератора заметно больше 1 и сильно зависит от отношения  $\frac{a}{\delta}$ , чем оно больше, тем КПД больше. КПД падает до значений порядка 1 при**

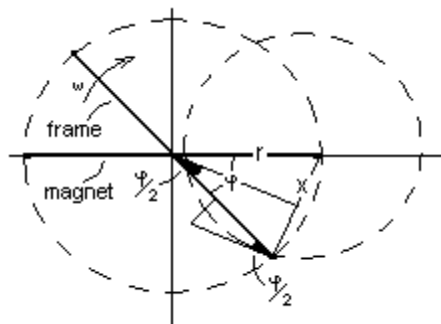
**возрастании  $\frac{l}{a}$ , то есть, при удлиннении рамки, что логично, так как**

**увеличивается сопротивление от продольных проводников.**

В данном анализе работа, затраченная на подмагничивание ротора (в случае, когда ротор является электромагнитом) не учитывалась.

## 4.2 Лоренцев генератор с вращающейся рамкой и неподвижным магнитом

Рассмотрим лоренцев генератор в котором рамка вращается вокруг магнита. Опять же, магнит считаем постоянным и работа подмагничивания не учитывается.



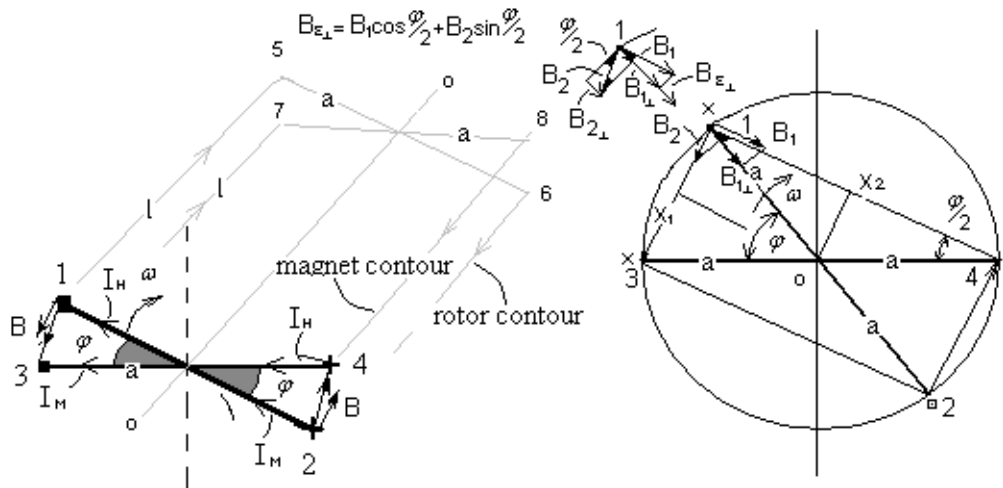


Рис. 9

Рамка радиусом  $r = a$  вращается относительно магнита с угловой скоростью  $\omega$ .

#### 4.2.1 Определим ЭДС, наводимую в продольных проводниках

Перпендикулярные составляющие индукции от ближнего и дальнего проводников будут  $B_{1\perp} = B_1 \cos \frac{\varphi}{2}$  и  $B_{2\perp} = B_2 \sin \frac{\varphi}{2}$  соответственно, где  $B_x \approx 1.8 \frac{\mu_0 I_m}{4\pi x}$ , где  $x$  – расстояние между проводниками (функция от  $t$ ), которое равно  $x_{1t} = 2a \sin \frac{\varphi_t}{2}$  для ближних проводников и  $x_{2t} = 2a \cos \frac{\varphi_t}{2}$  для дальних, где  $\varphi_t = \omega t$ , где  $\omega$  – угловая скорость вращения.

При этом лоренцева ЭДС определяется по формуле  $E = B_{\perp} V l = B_{\perp} l a \omega$ , где  $l$  – длина продольного проводника,  $a$  – половина длины радиального проводника (радиус вращения рамки).  $B_{\perp}$  – составляющая индукции перпендикулярная вектору скорости проводника. Кроме того, так же, как и в фарадеевом случае, в лоренцевом случае необходимо введение зазора  $\delta$  (формулы ЭДС совершенно другие, в решении нет интеграла от дробно-линейной функции, но есть тригонометрические, такие как  $\text{tg}$ , которые стремятся к бесконечности при угле равном нулю или  $2\pi$ ). Перпендикулярная составляющая индукции от ближнего проводника будет

$$B_1 \approx 0.9 \frac{\mu_0 I_m}{4\pi a} \text{ctg} \frac{\varphi}{2}. \text{ От дальнего } B_2 \approx 0.9 \frac{\mu_0 I_m}{4\pi a} \text{tg} \frac{\varphi}{2}$$

Соответственно, суммарная магнитная индукция от продольных проводников будет равна:

$$B_{\Sigma} \approx 0.9 \frac{\mu_0}{4\pi} I_m \frac{1}{a} \left( \text{ctg} \frac{\varphi_t}{2} + \text{tg} \frac{\varphi_t}{2} \right) = 1.8 \frac{\mu_0}{4\pi} I_m \frac{1}{a \sin \varphi} \quad [4.2.1.1]$$

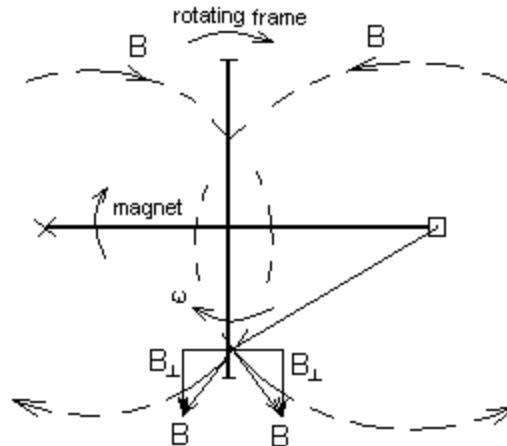


Рис. 10

Тогда ЭДС, наводимая в одном продольном проводнике рамки ближним и дальним продольным проводниками магнита будет равна

$$E_{\Sigma} = B_{\perp} l \approx 1.8 \frac{\mu_0}{4\pi} I_m \omega a \frac{1}{a} l \frac{1}{\sin \varphi} = 1.8 \frac{\mu_0}{4\pi} I_m \omega l \frac{1}{\sin \varphi}. \text{ Для двух проводников 1-5 и 2-6}$$

это составит  $E_{\square\varphi} = 2E_{\Sigma} \approx 3.6 \frac{\mu_0}{4\pi} I_m \omega l \frac{1}{\sin \varphi}.$

Это является одной из двух составляющих ЭДС данного генератора.

Формально эта ЭДС равна  $E_{\square(90)} \approx 3.6 \frac{\mu_0}{4\pi} I_m \omega l$  при повороте рамки на 90 градусов и бесконечности при угле поворота 0 градусов. Так как между рамками есть зазор, то он вводится в пределы интегрирования в виде  $\Delta\varphi$ , что устраняет бесконечность при 0 градусов. Тогда  $E_{\square(0)} \approx 3.6 \frac{\mu_0}{4\pi} I_m \omega l \frac{a}{\delta}.$

Следовательно, суммарная ЭДС в двух продольных проводниках будет равна

$$E_{1\varphi} = 2E_{\Sigma} \approx 3.6 \frac{\mu_0}{4\pi} I_m \omega l \frac{1}{\sin \varphi} \quad [4.2.1.2]$$

#### 4.2.2 Определим ЭДС, наводимую в радиальных проводниках

Другой составляющей является ЭДС, наводимая радиальными проводниками магнита в радиальных проводниках рамки.

Магнитное поле, создаваемое продольными проводниками, не наводит ЭДС в радиальных проводниках 1-2 и 5-6. В тоже время, магнитное поле радиальных проводников 3-4 и 7-8 магнита наводит ЭДС в упомянутых радиальных проводниках 1-2 и 5-6, но не наводит ЭДС в продольных проводниках 1-5 и 6-4.

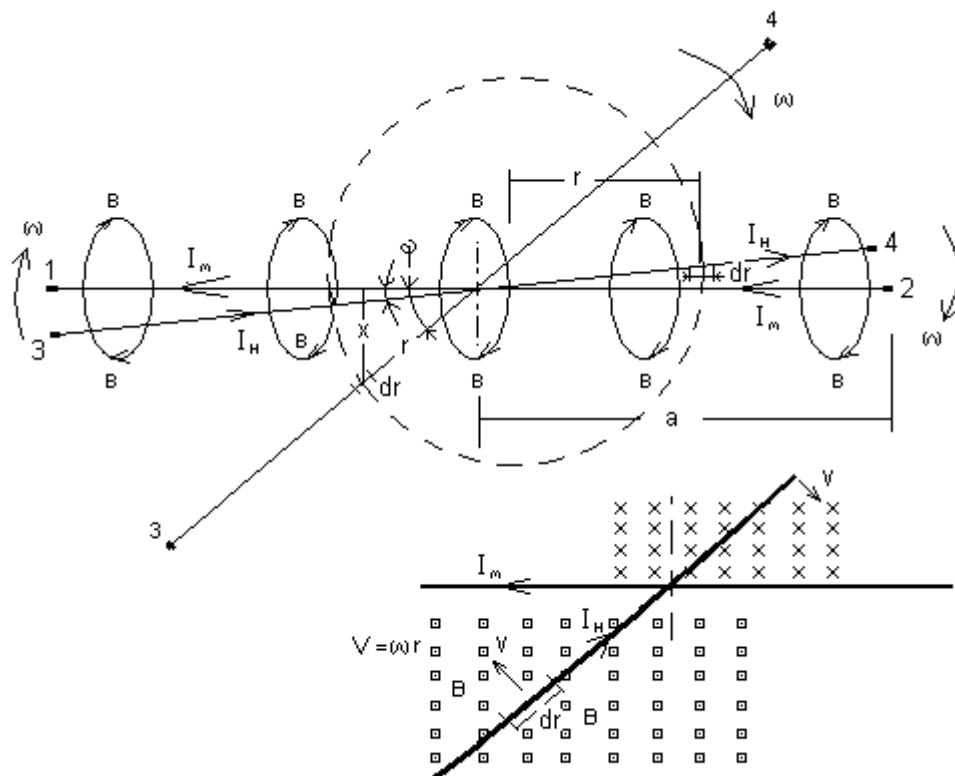


Рис. 11

В данном случае радиальный проводник 1-2 вращается в плоскости, в которой лежит эквивалентный проводник магнита 3-4, вокруг его середины. Так как проводники 1-2 и 3-4 лежат в одной плоскости, вектор магнитной индукции, создаваемой проводником 1-2 перпендикулярен вектору скорости элемента проводника 3-4 по всей длине проводника 3-4, причем его направление противоположное на двух сторонах плоскости, разделяемой проводником с током. Таким образом, ЭДС, наводимые во вращающемся радиальном проводнике складываются.

ЭДС, наводимая в элементе проводника 1-2  $dr$  переменна по длине проводника и будет равна:

$$dE_x = B_r V_r dr = B_r \omega r dr = 1.8 \frac{\mu_0}{4\pi} \frac{I_m}{r} \frac{1}{\sin \varphi} \omega r dr = 1.8 \frac{\mu_0}{4\pi} I_m \omega \frac{1}{\sin \varphi} dr \quad [4.2.2.1]$$

так как  $B_x \approx 1.8 \frac{\mu_0}{4\pi} \frac{I_m}{x} = 1.8 \frac{\mu_0}{4\pi} \frac{I_m}{r} \frac{1}{\sin \varphi}$ , где  $x = r \sin \varphi$  - расстояние от проводника

1-2 до элемента длины  $dr$  проводника 3-4, а  $V = \omega r$  - скорость движения  $dr$ .

Тогда  $E = 1.8 \frac{\mu_0}{4\pi} I_m \omega \frac{1}{\sin \varphi} \int_0^a dr = 1.8 \frac{\mu_0}{4\pi} I_m a \omega \frac{1}{\sin \varphi}$  для одного радиального

проводника или  $E_{rad\varphi} = 3.6 \frac{\mu_0}{4\pi} I_m a \omega \frac{1}{\sin \varphi}$  для радиального (бокового) проводника

рамки длиной  $2a$ .

Соответственно, суммарная ЭДС, наводимая в двух боковых (радиальных) проводниках будет  $E_{2\varphi} = 3.6 \frac{\mu_0}{4\pi} I_m 2a\omega \frac{1}{\sin \varphi}$ . Это является второй составляющей

ЭДС данного генератора.

Тогда суммарная ЭДС, развиваемая данным лоренцевым генератором будет

$$E_{\Sigma L} = E_1 + E_2 \approx 3.6 \frac{\mu_0}{4\pi} I_m \omega \left( l \frac{1}{\sin \varphi} + 2a \frac{1}{\sin \varphi} \right) = 3.6 \frac{\mu_0}{4\pi} I_m \omega a \left( \frac{l}{a} + 2 \right) \frac{1}{\sin \varphi} \quad [4.2.2.2]$$

Тогда электрическая мощность данного генератора будет равна:

$$P_{L\varphi} = 13 \frac{1}{R} \left( \frac{\mu_0}{4\pi} I_m \omega a \right)^2 \left( \frac{l}{a} + 2 \right)^2 \frac{1}{\sin^2 \varphi}.$$

Соответственно, работа электричества на нагрузку R будет равна:

$$A_{elL} = 13 \frac{1}{R} \left( \frac{\mu_0}{4\pi} I_m a \right)^2 \left( \frac{l}{a} + 2 \right)^2 \omega \int_{\Delta\varphi}^{2\pi-\Delta\varphi} \frac{1}{\sin^2 \varphi} d\varphi = -13 \frac{1}{R} \left( \frac{\mu_0}{4\pi} I_m a \right)^2 \left( \frac{l}{a} + 2 \right)^2 \omega [\operatorname{ctg} \varphi]_{\Delta\varphi}^{2\pi-\Delta\varphi}$$

или

$$A_{elL} = -13 \frac{1}{R} \left( \frac{\mu_0}{4\pi} I_m a \right)^2 \left( \frac{l}{a} + 2 \right)^2 \omega \left[ \frac{1}{\operatorname{tg} \varphi} \right]_{\Delta\varphi}^{2\pi-\Delta\varphi} = 26 \frac{1}{R} \left( \frac{\mu_0}{4\pi} I_m a \right)^2 \omega \left( \frac{l}{a} + 2 \right)^2 \frac{a}{\delta} \quad [4.2.2.3],$$

где

$$\left( \frac{l}{a} + 2 \right)^2 \left( \frac{a}{\delta} \right) = 100 \times (10) = 1000 \text{ при } \frac{l}{a} = 8, \frac{a}{\delta} = 10$$

### 4.2.3 Определим электродинамическое сопротивление данного лоренцева генератора

Мощность электродинамического сопротивления определяется так же, как и для фарадеева генератора, так как она создается лоренцевыми силами:

$$M_{\Sigma\varphi} = 3.6 \frac{\mu_0}{4\pi} I_m I_H a \left( \frac{l}{a} \frac{1}{\sin \varphi} + \frac{\cos \varphi}{\operatorname{tg} \frac{\varphi}{2}} \right) \text{ или } M_{\Sigma\varphi} = 3.6 \frac{\mu_0}{4\pi} I_m I_H a \frac{\frac{l}{a} + \cos \varphi (1 - \cos \varphi)}{\sin \varphi}, \text{ при}$$

этом ток нагрузки в рамке будет

$$I_H \approx 3.6 \frac{1}{R} \frac{\mu_0}{4\pi} I_m \omega a \left( \frac{l}{a} + 2 \right) \frac{1}{\sin \varphi}$$

Тогда момент сопротивления будет равен:

$$M_{\Sigma\varphi} = 13 \frac{1}{R} \left( \frac{\mu_0}{4\pi} I_m a \right)^2 \omega \left( \frac{l}{a} + 2 \right)^2 \frac{\frac{l}{a} + \cos \varphi (1 + \cos \varphi)}{\sin^2 \varphi} \quad [4.2.3.1]$$

Работа электродинамического сопротивления:

$$A_{mL} = 13 \frac{1}{R} \left( \frac{\mu_0}{4\pi} I_m a \right)^2 \left( \frac{l}{a} + 2 \right) \omega \int_{\Delta\varphi}^{2\pi-\Delta\varphi} \left( \frac{\frac{l}{a} + \cos\varphi(1 + \cos\varphi)}{\sin^2\varphi} \right) d\varphi, \text{ где}$$

$$\int_{\Delta\varphi}^{2\pi-\Delta\varphi} \left( \frac{\frac{l}{a} + \cos\varphi(1 + \cos\varphi)}{\sin^2\varphi} \right) d\varphi = \int_{\Delta\varphi}^{2\pi-\Delta\varphi} \left( \frac{l}{a} \frac{1}{\sin^2\varphi} + \frac{\cos\varphi}{\sin^2\varphi} + \frac{\cos^2\varphi}{\sin^2\varphi} \right) d\varphi.$$

Последовательно интегрируя слагаемые выражения в скобках получаем:

$$\frac{l}{a} \frac{1}{\sin^2\varphi} \rightarrow \left[ -\frac{l}{a} \frac{1}{\operatorname{tg}\varphi} \right]_{\Delta\varphi}^{2\pi-\Delta\varphi} = \frac{l}{a} \left( \frac{1}{\operatorname{tg}\Delta\varphi} + \frac{1}{\operatorname{tg}\Delta\varphi} \right) = 2 \frac{l}{a} \frac{a}{\delta},$$

$$\frac{\cos\varphi}{\sin^2\varphi} \rightarrow \left[ -\frac{1}{\sin\varphi} \right]_{\Delta\varphi}^{2\pi-\Delta\varphi} = \left( \frac{1}{\sin\Delta\varphi} + \frac{1}{\sin\Delta\varphi} \right) = 2 \frac{a}{\delta},$$

$$ctg^2\varphi \rightarrow \left[ -\frac{1}{\operatorname{tg}\varphi} - \varphi \right]_{\Delta\varphi}^{2\pi-\Delta\varphi} = \left( \frac{1}{\operatorname{tg}\Delta\varphi} + \frac{1}{\operatorname{tg}\Delta\varphi} - 2\pi + \Delta\varphi + \Delta\varphi \right) = 2 \left( \frac{a}{\delta} - \pi \right),$$

$$2 \frac{l}{a} \frac{a}{\delta} + 2 \frac{a}{\delta} + 2 \frac{a}{\delta} - 2\pi = 2 \left( \frac{l}{a} \frac{a}{\delta} + 2 \frac{a}{\delta} - \pi \right).$$

Тогда работа сопротивления будет равна:

$$A_{mL} = 26 \frac{1}{R} \left( \frac{\mu_0}{4\pi} I_m a \right)^2 \left( \frac{l}{a} + 2 \right) \omega \left( \frac{l}{a} \frac{a}{\delta} + 2 \frac{a}{\delta} - \pi \right) \quad [4.2.3.2],$$

так как  $\left( \frac{l}{a} + 2 \right) \left( \frac{l}{a} \frac{a}{\delta} + 2 \frac{a}{\delta} - \pi \right) \approx 10(80 + 20 - \pi) = 969$  и  $\Delta\varphi = \frac{\delta}{a}$ ,

то КПД лоренцева генератора будет равен:

$$\eta \approx \frac{\left( \frac{l}{a} + 2 \right) \left( \frac{a}{\delta} \right)}{\left( \frac{l}{a} + 2 \right) \left( \frac{l}{a} \frac{a}{\delta} + 2 \frac{a}{\delta} - \pi \right)} = \frac{\left( \frac{l}{a} + 2 \right) \left( \frac{a}{\delta} \right)}{\left( \frac{l}{a} \frac{a}{\delta} + 2 \frac{a}{\delta} - \pi \right)} = \frac{\left( \frac{l}{a} \frac{a}{\delta} + 2 \frac{a}{\delta} \right)}{\left( \frac{l}{a} \frac{a}{\delta} + 2 \frac{a}{\delta} - \pi \right)} = \frac{1000}{969} \approx 1$$

**То есть КПД лоренцева генератора тождественно равен 1.**

### 4.3 Выводы

- КПД фарадеева генератора не равен 1, а заметно больше 1 (максимальное значение для анализируемого генератора - порядка 1.8). КПД зависит от соотношения длины радиальных и осевых проводников. И чем больше это соотношение, тем больше КПД.
- КПД лоренцева генератора **ТОЖДЕСТВЕННО РАВЕН 1.**

## 5. Литература



1. Г. Ивченков, “Специфика силового и индукционного взаимодействия постоянных магнитов с проводниками, токами и зарядами. Эквивалентные схемы постоянных магнитов. Униполярные и тангенциальные электромашины. Законы электромагнетизма. Физическая природа магнитного поля”, <http://new-idea.kulichki.net/?mode=physics>
2. Г. Ивченков, «Магнитное поле – статическое образование, не принадлежащее носителю поля, или парадокс униполярных машин», <http://www.sciteclibrary.ru/rus/catalog/pages/11565.html>
3. Б. Яворский, А. Детлаф, Справочник по физике, Москва, 1964
4. Г. Ивченков, “Фарадеева ЭДС как следствие тангенциального ускорения зарядов. Три деформации «темной энергии»”, <http://new-idea.kulichki.net/?mode=physics>
5. Г. Ивченков, “К вопросу об объединении фарадеевой и лоренцевой индукций в единый механизм”, <http://www.iri-as.org>
6. Г. Ивченков, “К электродинамике движущихся заряженных тел,
7. Релятивистский закон Кулона. Ускорители заряженных частиц” <http://www.trinitas.ru/rus/doc/0016/001e/00163118.htm>
8. Г. Ивченков, «Токи смещения в металлах, диэлектриках и в вакууме», <http://new-idea.kulichki.net/pubfiles/110117205435.doc>
9. “Vacuum polarization”, [https://en.wikipedia.org/wiki/Vacuum\\_polarization](https://en.wikipedia.org/wiki/Vacuum_polarization)
10. Л.М. Зеленый, Е.Е. Григоренко, «Квартет “Cluster” исследует тайны магнитосферы», Природа, 2005, No 6,