

Увлекается ли магнитное поле его источниками?

Д.т.н. Канн К.Б.

Аннотация

Первый униполярный генератор (УПГ) был создан Фарадеем. На основе открытого им явления электромагнитной индукции Фарадей объяснил и принцип работы УПГ. Но с созданием Специальной теории относительности классические представления начали пересматриваться и "подгоняться" под новые ("безумные") теории. Одной из таких "новаций" стала идея о "неподвижности" магнитного поля движущегося (вращающегося) магнита. Эта идея искажала исходный механизм электромагнитной индукции, что, в частности, привело к "парадоксам" в понимании униполярной индукции. Возврат к исходным положениям Фарадея позволяет объяснить все особенности униполярной индукции, в том числе – и "парадоксальные".

*"Природа весьма проста;
что этому противоречит -
должно быть отвергнуто".*

М.В. Ломоносов

В 1967 году вышла книга Ирины Радунской, в которой автор "живо, эмоционально и занимательно рассказывает о богато одаренных людях, отдавших всю свою жизнь науке" (из Предисловия Академика А.И. Берга). Книга называлась "Безумные идеи" [1].

Во второй половине XIX века в физике было сделано множество фундаментальных открытий. Законы Ома, Ампера, закон электромагнитной индукции Фарадея, теория электромагнитного поля Максвелла и другие выдающиеся открытия стали классикой научных представлений о природе. В начале XX века была установлена квантовая природа электромагнитных излучений и, наконец, создана специальная теория относительности.

Книга И. Радунской начинается словами: "Двадцатое столетие застало ученых в приятном заблуждении. Им казалось, что они знают все или почти все об окружающем мире, а классическая физика вмещает в себе разгадки всех раскрытых и еще не раскрытых тайн природы". Правда, некоторые из новых теорий были столь необычны, что, казалось, отклоняются от "здорового смысла". Нильс Бор даже сформулировал тогда "критерий справедливости" научных идей. Ознакомившись с очередной идеей, он сказал автору: "Ваша идея, конечно, безумна. Весь вопрос в том, достаточно ли она безумна, чтобы оказаться верной". И новые идеи продолжали плодиться. Они были "меньшего калибра", но не менее "безумными", и содержали порой сомнительные утверждения. Это стало очевидно во второй половине XX века, когда обнаружили "парадоксы" [2], которые не укладывались в "прокрустово ложе" некоторых из классических положений.

1. Немного истории

Много веков электрические и магнитные явления рассматривались как проявления разных природных процессов. Связь между этими явлениями долго не замечали, даже когда начались научные исследования электричества и магнетизма. Лишь в 1820 году датский физик Х. Эрстед случайно обнаружил, что вблизи от провода с электрическим током магнитная стрелка отклоняется. Это означало, что электрический ток создает вокруг себя магнитное поле. С этого момента начались интенсивные исследования взаимодействия магнитов с электрическим током. Этим взаимодействием заинтересовался талантливый английский ученый Майкл Фарадей. В 1831 году он установил, что при пересечении замкнутой цепи линиями магнитного поля в ней возникает электрический ток. Так было открыто явление *электромагнитной индукции* (ЭМИ), которое стало основой современной электротехники. Новое яв-

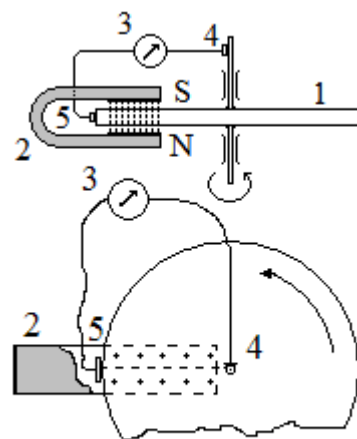


Рис. 1

ление привлекло много талантливых ученых. Вместе с тем оно привело в электродинамику и много случайных людей, которые искали в ней новые "безумные" идеи. Среди них оказалась и идея о независимости магнитного поля... от его источника. Но – все по порядку.

После открытия ЭМИ экспериментатор "от Бога" М. Фарадей сразу же взялся за практическую реализацию своего открытия. Вскоре он создал первый электрогенератор, работавший на принципе взаимодействия магнитного поля с электрическим током. Это устройство

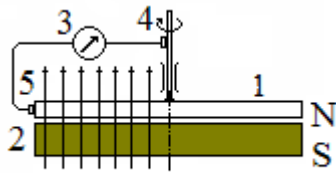


Рис. 2

схематически показано на рисунке 1. Немагнитный металлический диск 1 вращался между полюсами постоянного магнита 2. При пересечении магнитного потока с электронами на "активном" радиусе диска (пунктир) между металлической осью диска и его кромкой возникала разность потенциалов (индукционная ЭДС), которая снималась скользящими токосъемниками 4 и 5 и регистрировалась прибором 3. Далее Фарадей упростил конструкцию устройства, вращая диск 1 соосно с неподвижным цилиндрическим магнитом (Рис. 2). Это устройство отличалось от устройства на Рис. 1 тем, что для генерации ЭДС использовался поток, исходящий лишь из одного из полюсов магнита. Такую индукцию Фарадей назвал "униполярной", а устройство по схеме Рис. 2 стали называть *униполярным генератором* (УПГ). При вращении диска измерительный прибор показывал индукционную ЭДС. Продолжая экспериментировать, Фарадей приклеил диск к магниту (через бумажную прокладку), но прибор показал... ту же ЭДС. Это озадачило самого автора. Фарадей понимал, что в магните ЭДС возникнуть не может, так как электроны в магните вращаются вместе с магнитными линиями и не пересекают их. В диске ЭДС также не возникает, так как отсутствует взаимное перемещение с магнитом. Разность потенциалов могла создаваться лишь в проводах измерительной цепи. Тогда Фарадей вовсе удалил диск, а токосъемник 5 перенес на поверхность магнита в его среднем сечении (Рис. 3). При вращении магнита прибор показал разность потенциалов.

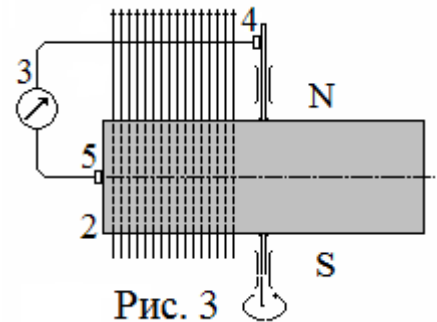


Рис. 3

В течение полутора веков многие ученые удивлялись этим "парадоксальным" особенностям УПГ и искали им какое-то "разумное" объяснение. "Парадоксы Фарадея" обсуждались на страницах научных журналов, дискутировались на форумах. Особенно ожесточенные споры вызывали результаты экспериментов по схеме Рис.3. По мысли Фарадея индукционная ЭДС в этом устройстве возникала в проводах измерительной цепи при пересечении их вращающимся магнитным потоком. Но другой корифей электродинамики – академик И.Е. Тамм категорически отрицал такую возможность. В своем классическом труде "Основы теории электричества", опубликованном в 1929 году, он со всей определенностью заявлял: "В движении силовых линий, пересекающих проводник, ... усматривалась причина возникновения в этом проводнике электродвижущих сил индукции. Нечего и говорить, что такая интерпретация не выдерживает никакой критики: силовые линии являются лишь вспомогательным понятием, служащим для описания поля, а не какими-либо материальными образованиями..." Дискуссия получила новый импульс, когда А. Эйнштейн создал Специальную теорию относительности (СТО). Эта теория "обогастила" несколько областей знания новыми "безумными" идеями. Одной из них стала "поляризация движущегося намагниченного тела". Согласно этой идее при движении магнита он "поляризуется" – на нем появляется разность потенциалов. Сторонники релятивистской интерпретации поведения УПГ распространили эту идею и на вращающийся магнит. Это "объясняло", откуда берется ЭДС в устройстве по Рис.3. Конечно же, она возникает при поляризации вращающегося магнита! Но куда девается ЭДС в проводах измерительного контура (по Фарадею)? "Релятивисты" решили, что магнитное поле (МП) с магнитом... не вращается! Так появилась еще одна "безумная" идея, что МП не принадлежит своему источнику, а, возникнув, как бы "живет своей жизнью". Такая точка зрения импонирует исследователям, которые разделяют идею "мирового эфира", которая с середины XX века приобретает все больше

сторонников. Так что "независимость" МП от своего источника сегодня как бы получает "легитимность".

2. Классические представления о "подвижности" МП

Понятие о полях (электрическом и магнитном) ввели в научный обиход Фарадей и Максвелл. Это были чисто мысленные понятия, которые упрощали расчеты взаимодействия между магнитами и электрическими зарядами и исключали дальное действие между материальными объектами в электродинамике. Электрическое поле исправно работает уже 200 лет, как в теории, так и в практической электротехнике. А вот магнитное поле преподносит сюрпризы и проявляет иногда странные свойства, в том числе и такие, которыми их наделяют охотники за "безумными" идеями [3]. Анализируя результаты экспериментальных исследований магнитного поля, Фарадей пришел к выводу, что линии МП следует рассматривать не как "вспомогательное понятие", а что они реально ("физически") существуют. Фарадей установил, что линии МП имеют замкнутую структуру и обладают упругостью, "которая проявляется в натяжении, подобном натяжению веревки, в направлении силовых линий, соединенном с давлением во всех направлениях, к ним перпендикулярных». Материальной основой для полей считался "мировой эфир", а сами поля представляли "возбуждения" этого эфира. Академик В.Ф. Миткевич сравнил магнитную линию в эфире с вихревой линией в вязкой жидкости [4, стр. 34]. Никому и в голову не могла прийти мысль, что магнитное поле может существовать отдельно от своего источника. Правда, теория электромагнитного поля предполагала возможность самостоятельного "путешествия" полей в пространстве (в виде электромагнитных волн – ЭМВ), но при этом предполагалось, что материальной основой ЭМВ является эфир. Новейшие исследования показали, однако, что при движении ЭМВ в эфире взаимный переход электрического и магнитного полей не происходит [5]. Показано, что природа электромагнитных излучений вообще неэлектромагнитная, а "электромагнитные волны" представляют "звуковые" колебания в эфире (волны плотности эфира). В классическом (безэфирном) представлении МП жестко связано со своим источником (постоянным магнитом, электромагнитом, проводом с током и пр.) законом Био-Савара-Лапласа.

3. Опыты "за" и "против" подвижности МП

Для объяснения парадоксов УПИ с точки зрения СТО "релятивисты" поставили множество экспериментов, целью которых было доказать, что при вращении цилиндрического магнита его поле остается неподвижным и с магнитом не вращается. В конце XIX века ирландский ученый Т. Престон показал [6], что с помощью только униполярных экспериментов доказать вращается ли МП с магнитом или не вращается доказать не удастся. Тем не менее, в Новосибирском госуниверситете была разработана специальная конструкция УПГ, предназначенная для экспериментального решения этой задачи [7]. При участии студентов физического факультета Университета были проведены тщательные измерения параметров устройства. Однако, решить эту задачу не удалось. Вот заключение автора работы по результатам анализа этих измерений: Результаты проведенного эксперимента заставляют автора сделать вывод, что **проблема увлекается ли магнитное поле однородно намагниченным вдоль оси вращающимся магнитом, или не увлекается, вновь осталась на "фарадеевском уровне"**.

Исследователи – "релятивисты" прилагали титанические усилия, чтобы решить эту проблему. Было получено много "однозначных" результатов, а споры и дискуссии по проблеме "неподвижности" МП продолжаются и по сей день. Начну с письма одного из моих респондентов. К письму был приложен видеofilm, "убедительно" показывающий, что при вращении однородного кругового магнита его магнитное поле остается неподвижным. На поверхности магнита, перпендикулярной оси, лежала стальная игла, отделенная от магнита бумажной прокладкой. При вращении магнита игла оставалась неподвижной. Но если иглу расположить параллельно оси магнита (сбоку от него), то она будет двигаться вместе с магнитом. Из этого автор заключил, что однородное магнитное поле вокруг оси намагничивания не вращается, а неоднородное – вращается.



Описание нескольких "неоспоримых" экспериментов содержится в статье Г. Ивченкова, опубликованной на сайте STL [8]. Например, приводится "самый простой и скоростной униполярный мотор, изобретенный неведомым американским студентом". Конструкция мотора ясна из фото на Рис.4. Когда минус батареи соединяли с боковиной магнита, диск устройства раскручивался до скорости "порядка 15000 об/мин, после чего ... сорвался с шурупа и улетел!" Этот эксперимент позволил автору сделать вывод: **"Таким образом, особенности работы униполярных машин являются однозначным экспериментальным подтверждением... гипотезы неподвижного магнитного поля"** (?).

Еще один эксперимент:

К круговому магниту, закрепленному в шпинделе сверлильного станка, притягивается (не касаясь) стальная игла на нитке, закрепленной, как показано на рисунке 5. Если магнит вращать, то игла "не шелохнется". (Есть информация, что если нитку, на которой висит

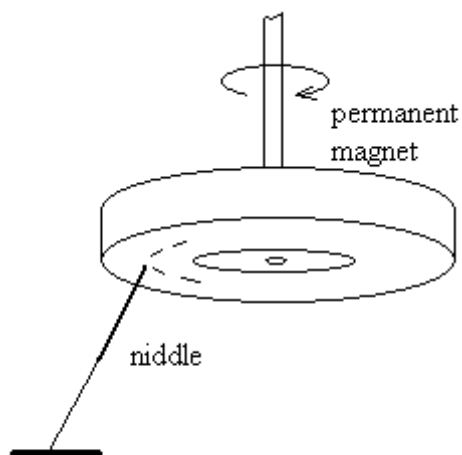


Рис. 5

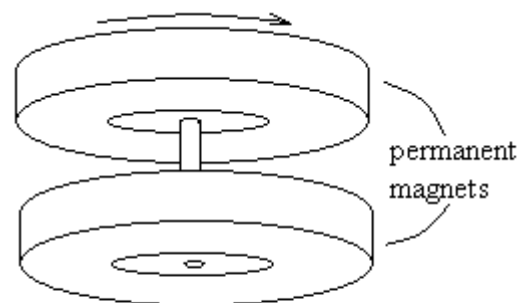


Рис. 6

игла, закрепить на оси вращения магнита, то игла будет вращаться вместе с магнитом).

И еще один эксперимент:

Два круговых магнита расположены соосно и могут свободно вращаться вокруг общей оси (Рис 6). Если один из магнитов закрутить, то второй на это "никак не отреагирует". Автор не случайно не указал на рисунке полярность магнитов. Если магниты имеют противоположно направленную намагниченность, то они отталкиваются и "не реагируют друг на друга". (О случае совпадающей по направлению намагниченности магнитов – см. ниже).

Необходимо отметить, что во всех приведенных экспериментах используются *двигательные* особенности униполярных машин, хотя исследуется эффект "подвижности" МП в УПГ. При этом утверждается (или предполагается), что "униполярный мотор создает крутящий момент в тех же случаях, когда униполярный генератор вырабатывает ЭДС" (Г. Ивченков). Как и всякая электрическая машина, УПГ обратимы. Но экстраполяцию выводов, полученных на одном режиме, на другой режим работы устройства нужно делать – по меньшей мере – с учетом различия в физике процессов.

Рассмотрим, как происходит передача механического момента от статора "двигателя" к ротору. Усилия в магнитном поле, как определил Фарадей, возникают вследствие упругости

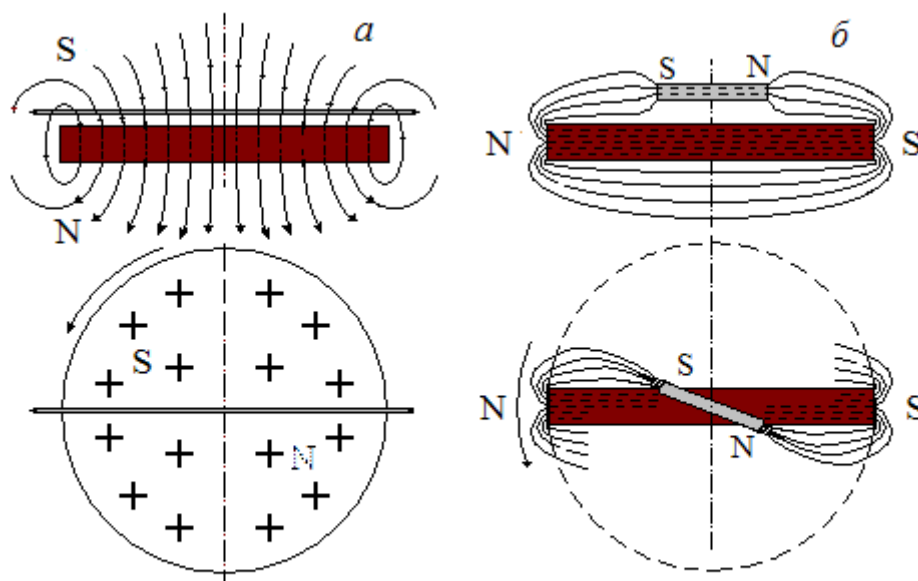


Рис. 7

магнитных линий. На Рис. 7а показана игла, лежащая (на бумажной подложке) на торце цилиндрического магнита. Магнитные линии пересекают иглу, но практически не проникают в нее. Откуда же взяться моменту, способному вращать иглу? На Рис. 7б показано устройство лабораторной магнитной мешалки. Магнит в мешалке (линейный или цилиндрический) расположен *горизонтально*. Якорь устройства – это магнитный стерженек, запаянный в полиэтиленовый кожух. Магнитные линии, двигаясь по пути с наименьшим магнитным сопротивлением, проходят через якорь, замыкаясь в магните (верхняя проекция). Когда магнит вращается, якорь отстает на небольшой угол от магнита, линии МП искривляются, "напрягаются" и передают вращающий момент от магнита к якорю. Так же работают все синхронные двигатели, где ротор (магнит) увлекается вращающимся магнитным полем статора. Во всех приведенных примерах, демонстрирующих "неподвижность" МП, эта особенность создания механического момента магнитным полем не учитывается, а "подвижность" МП оценивается по вращению "якоря".

Известен, однако, униполярный генератор, в котором индукционное поле неподвижно. Устройство УПГ необычно [9]. Магнит генератора заключен в ферромагнитный кожух, экранирующий часть измерительной цепи. Это позволило частично локализовать область генерации индукционной ЭДС. Вращающийся магнит встроен в *неподвижный* магнитный поток в ферромагнитном "экране". При вращении магнита магнитный поток многократно и прину-

дительно прерывается. Вместе с тем, многочисленные опыты Фарадея показали, что любая магнитная линия всегда замкнута и прерваться не может. При принудительном разрыве потока происходят его изменения, названные Фарадеем "преобразованиями", в результате которых линии МП делятся на две и более замкнутые линии, не нарушая замкнутость. Происходят и обратные "преобразования" – сращивания магнитных линий. Эти процессы практически не исследованы, но эксперименты показывают, что при быстрых преобразованиях потока он может релаксировать, создавая ощущение "неподвижности" МП (например, при вращении магнита, встроенного в неподвижный магнитопровод). Это со всей определенностью показывают измерения ЭДС в измерительной цепи УПГ по схеме [9]. Этим, по-видимому, объясняется и эффект "неподвижности" МП в случае, представленном на Рис. 6, когда направления намагниченности магнитов совпадают. Более подробно о "преобразованиях" магнитных линий можно прочитать в работе [4, гл. IV].

4. Увлекается ли МП источником

В XIX веке проблема "неподвижности" МП не возникала, ибо на этот счет существовала четкая установка Фарадея. В ссылке [10] приведена выдержка из доклада, прочитанного в Американском Институте Электротехников в 1894 году, посвященного работе УПГ: "Действие однополюсных динамомашин основывается на том факте, что в проводнике, движущемся в магнитном поле таким образом, что он пересекает линии силы, развивается электродвижущая сила, независимо от того, равномерно поле или переменное". Разлад в оценке механизма работы УПГ начался с появления "безумной идеи" о "поляризации" движущегося магнита. Работа [9], которая уже цитировалась, называлась "Экспериментальное опровержение СТО" и ставила целью оценить существование эффекта "поляризации" движущегося магнита на основе изучения УПГ. Вот вывод, который автор сделал, анализируя результаты своих экспериментов: «Специальная теория относительности, находясь в центре своей области применения (в электродинамике движущихся тел), терпит неудачу. Здесь не может помочь и Общая теория <относительности>, т.к. в экспериментах отсутствуют какие-либо ускорения». Этот результат выбивает из рук "релятивистов" основной козырь, который используется для доказательства "неподвижности магнитного поля" в УПГ.

Пожалуй, всего уже сказанного по проблеме "независимости" магнитного поля от его источника для здравомыслящего человека достаточно, чтобы признать целый век дискуссий и обсуждения этой проблемы страшным, "безумным" сном – "сном разума". И все-таки остается какая-то тень недовольства результатом этих титанических усилий. Самый убедительный аргумент в пользу вращающегося поля, который смогли предложить новосибирские исследователи [7, стр. 71] сформулирован так: "... *физические* (нематематические) представления о связи магнитного поля с доменной структурой магнитов слишком сильно противоречат тому, что магнитное поле *ни в каком смысле* не увлекается вращающимся магнитом. Например, любая достаточно заметная *макронеоднородность*, (как и сами домены) безусловно "вращается" *вместе* с магнитом, вызывая соответствующее вращение и магнитного поля как в пространстве, занятом магнитом, так и вне магнита". Почему же при всех колоссальных современных экспериментальных возможностях не удастся установить элементарный факт – вращается ли магнитное поле с магнитом, или остается неподвижным? Почему ответ на этот вопрос и сегодня остается на "фарадеевском уровне"? На этот вопрос ответил еще в конце XIX века Т. Престон: потому что мы ищем ответ лишь "в одном месте" – в работе униполярных устройств. Новосибирские исследователи не поверили расчетам Престона, и их эксперименты не дали однозначный ответ.

В 1940 году некий Б.В.Костин из Тбилиси попробовал поискать ответ "в другом месте" [11]. Он создал устройство, схематически показанное на Рис. 8. Устройство представляло собой круглую стеклянную кювету 1 с центральным отверстием диаметром 2 см. В отверстие была плотно вставлена изоляционная трубка 2, в которую помещался соленоид 3 со стальным сердечником 4. Соленоид мог свободно вращаться на центрах вокруг продольной оси, а постоянный ток в катушку подавался с контактных колец через щеточные токосъемники 5. Кювета заполнялась маслом определенной консистенции, в котором был взвешен мелкодисперсный железный порошок. Воздействие магнитного поля на частицы порошка создавало "магнитный спектр". Когда катушка с током вращалась, "магнитный спектр" вращался вместе с соленоидом. По мнению автора работы, это "позволяет уточнить место возникновения ЭДС" в УПГ.

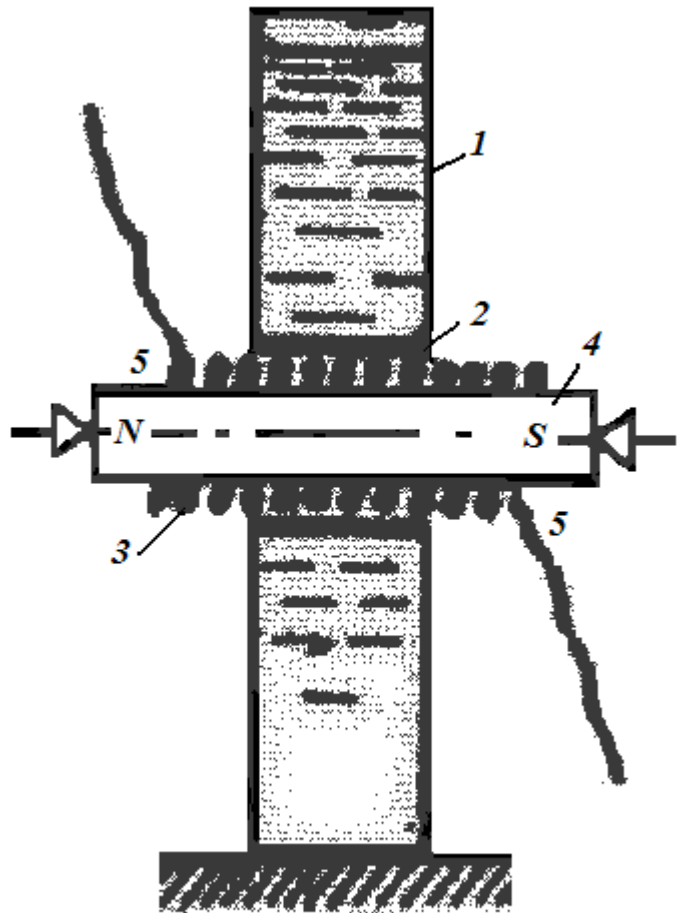


Рис. 8

Этим заключением можно завершить затянувшиеся на столетие споры по проблеме "Увлекается ли магнитное поле его источником".

5. О "парадоксах" УПГ

Это "научное расследование" было бы логично закончить тем же, с чего оно начиналось. Напомним, что разногласия в научной среде по механизму работы УПГ начались лишь через полвека после открытия электромагнитной индукции, когда появилась альтернатива "фарадеевским" представлениям об ЭМИ. Многим исследователям трактовка СТО этого явления казалась предпочтительнее. В большинстве других областей использования ЭМИ успешно работала другая ("максвелловская") модель ЭМИ, которая, как оказалось, неплохо состыковалась со СТО-трактовкой этого явления. "Максвелловская" ("индукционная") модель была "безумной" идеей, но ее не удавалось приспособить к описанию работы УПГ. Тогда-то и пригодилась другая "безумная идея" – о "поляризации" движущегося магнита. Применительно к УПГ эта идея и породила "парадоксы униполярной индукции", которые до сих пор обсуждаются на форумах в Интернете.

Теперь, когда все разговоры о "неподвижности" магнитного поля можно забыть, а механизм ЭМИ по-прежнему остался на "фарадеевском уровне", можно вернуться к "парадоксам УПГ". Обычно рассматривается универсальная схема УПГ, состоящая из трех элементов – цилиндрического магнита **М**, немагнитного (проводящего) диска **Д** и измерительной цепи **ИЦ**. Все элементы схемы могут вращаться независимо друг от друга вокруг одной оси (Рис. 9). Практически все многочисленные измерения, выполненные разными авторами по этой схеме, дают одни и те же результаты. Все они собраны ниже в сводной таблице, которая приводится во многих работах. Ноль в колонках 2-4 означает, что в данном измерении элемент оставался неподвижным. Остальное – угловые скорости вращения элемента. В колонке 5 таблицы приведены результаты измерений, полученных на разных режимах работы УПГ

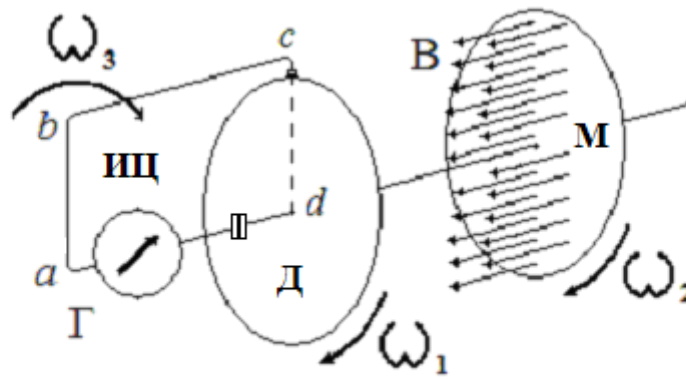


Рис. 9

при равенстве всех скоростей ($\omega_1 = \omega_2 = \omega_3$). Значок ξ означает присутствие индукционной ЭДС, ноль – ее отсутствие.

В колонке 6 приведены объяснения результатов измерений по всем вариантам работы УПГ. Объяснения работы устройства на разных режимах основаны на двух положениях, сформулированных еще М. Фарадеем:

1. *Индукционная ЭДС возникает лишь в результате пересечения токопровода линиями магнитного поля, и*
2. *В объеме магнита ни при каких внешних перемещениях намагниченного тела ЭДС возникнуть не может.*

№	Вращение			Инд. ЭДС	Объяснения
	Диск Д	Маг-нит М	Изм. цепь ИК		
1	2	3	4	5	6
1	ω_1	0	0	ξ	ЭДС в диске Д (на "активном" радиусе cd)
2	0	0	ω_3	ξ	ЭДС в ИЦ (в плече ab , противоположном диску)
3	0	ω_2	0	0	МП \parallel ИЦ, и ЭДС в ab и cd компенсируют друг друга
4	ω_1	ω_2	0	ξ	ЭДС в ИЦ (в плече ab , противоположном диску)
5	0	ω_2	ω_3	ξ	ЭДС в диске Д (на "активном" радиусе cd)
6	ω_1	0	ω_3	0	МП \parallel ИЦ, и ЭДС в ab и cd компенсируют друг друга

Этих двух положений достаточно, чтобы объяснить все особенности работы УПГ, в том числе – и "парадоксальные". Пользуясь этими простыми и понятными положениями, можно получить правильные прогнозы для работы УПГ любой конфигурации и для любого режима. Для этого нужно было просто довериться физической интуиции гениального М. Фарадея, а не гоняться сто лет за "безумными идеями"...

Эпилог

Припомнилась мне старая байка из рубрики "Физики шутят":

Один начинающий ученый доказывал, что органы слуха у тараканов находятся у них ... на лапках. Он брал таракана, клал его на стол и ударял по столу. Таракан бойко убежал. "А теперь – продолжал "экспериментатор", оторвем у него лапки. Кладем на стол, ударяем по столу – таракан и не шелухнулся. Потому что – ничего не слышит!" – заключал "ученый".

Байка – ложь, да в ней намек! – "Мудрым" молодцам урок!

Литература

1. Радунская И. Безумные идеи. – М.: Молодая гвардия. 1967.
2. Канн К.Б. О "парадоксах» закона электромагнитной индукции – <http://micro-world.su/files/4034.doc>
3. Канн К.Б. Магнитное поле: свойства, особенности и парадоксы. <http://www.sciteclibrary.ru/texts/rus/stat/st4515.pdf>
4. Миткевич В.Ф. Магнитный поток и его преобразование. – М.-Л.: Изд. АН СССР. 1946.
5. Эткин В.А. О неэлектромагнитной природе света. ДНА, №24, с. 160-187 – <http://dna.izdatelstwo.com/volum/14268873.pdf>
6. Preston T. // "Philosophical Magazine", (1885 & 1891).
7. Смирных Л.Н. Парадоксы униполярной генерации. О проблеме увлечения магнитного поля вращающимся магнитом. nkozyrev.ru/bd/081.php
8. Ивченков Г. Магнитное поле – статическое образование, не принадлежащее носителю поля, или парадокс униполярных машин. sciteclibrary.ru/rus/catalog/pages/11565.html
9. Muller F.J. An experimental disproof of special relativity theory (unipolar induction). Galilean Electrodynamics, Vol. 1, p. 27, (1990).
10. Однополюсные динамомшины для электрического освещения и передачи электроэнергии//Электричество, 1894, №20, с. 279.
11. Костин Б.В. О связи магнитного поля с его источником//Электричество, 1940, №2, с.68.