

Экспериментальное исследование электрического поля вращающегося вокруг оси намагниченности кольцевого магнита

И. Мисюченко

Санкт-Петербург, 14.09.2014 г.

Предыстория вопроса

С начала 20 века неоднократно, различными исследователями [3,4,5,6,7], при различном уровне техники эксперимента были проведены попытки изучить так называемое «электрическое поле вращающегося магнита». Изначально идея таких исследований восходит к представлениям М. Фарадея о силовых линиях магнитного поля [1]. Он полагал, что силовые линии есть реально существующие образования в пространстве вокруг магнитов, создаваемые самими магнитами. И, соответственно, при перемещении магнита перемещаются вместе с ним. При простом линейном перемещении эта идея, кажется, не вызывает ни у кого возражений. Действительно, перенося магнит с места на место мы переносим и его «магнитное поле». Вращение же есть частный случай механического движения и, следовательно, при осевом вращении цилиндрического аксиально намагниченного магнетика эти линии также должны вращаться вместе с магнитом. В таком случае силовые линии, пересекая неподвижный в лабораторной системе пробный заряд, должны создавать силовое действие, аналогичное силе Лоренца, возникающей тогда, когда движущийся заряд пересекает силовые линии магнитного поля. Проводником является при таком подходе магнит или диэлектриком – значения не имеет. Фарадеем был впервые в мире построен так называемый «униполярный генератор», создающий ЭДС в диске, снабженном скользящими контактами, один из которых расположен на оси вращающегося магнита, а второй на его краю. См. Рис.1. Такой генератор и сегодня довольно широко используется в технике [2]. Многочисленные опыты, проведенные с генератором Фарадея, казалось бы, полностью подтверждали идею «вращающегося» магнитного поля (Не путать с другой идеей, высказанной и реализованной Н.Тесла, также называемой «вращающимся полем», в случае с вращающимся полем Теслы имеет место вращение дипольного момента магнита, а вовсе не осевое вращение симметричного цилиндрического, шарообразного или дискообразного магнита).

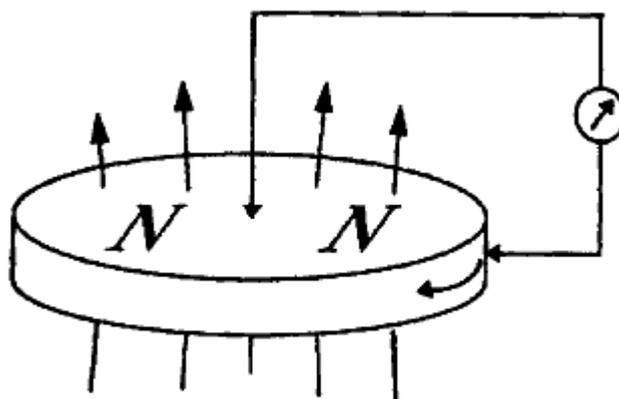


Рис. 1. Униполярный генератор Фарадея.

В 20-м веке ряд исследователей предположили, что силовые линии магнитного поля не вращаются вместе с магнитом, а остаются неподвижными. Основание для такого предположения было простое: никакие опыты со скользящими контактами не противоречили этой идее. Дело в том, что никакие опыты со скользящими контактами и замкнутой электрической цепью не позволяют установить в каком именно участке цепи возникает ЭДС – движущемся или неподвижном, или, может быть в обоих, в расположенном на магните или же на отдалении от него. Получается, что опыты с генератором *Фарадея одинаково хорошо объясняются как концепцией вращающегося поля, так и концепцией неподвижного*. До сих пор в среде отдельных учёных и исследователей продолжается спор на тему «вращается магнитное поле или не вращается». После появления в начале 20 века специальной, а затем и общей теорий относительности, большая часть учёных пришла к выводу о бессмысленности этого спора, поскольку возникновение электрического поля вблизи движущегося магнита стали считать «релятивистским эффектом» от движения магнита. Намагниченность создаётся токами Ампера внутри магнита, токи есть движение элементарных зарядов, а электрическое поле зарядов изменяется в пространстве при их движении. В этот момент шли большие споры о существовании и роли эфира в электрических явлениях, поэтому некоторые учёные, например, Кеннард [4], Барнетт [5] и другие [6,7] отказались от скользящих контактов и замкнутых электрических цепей, исследуя электрическое поле вращающегося магнита. Для этого им пришлось перейти от техники измерения электрических токов в замкнутой цепи к измерению разности электрических потенциалов в разомкнутой цепи, т.е. перейти от техники гальванометрии к технике электрметрии. Опыты Кеннарда и Барнета приведены на рис. 2 и 3.

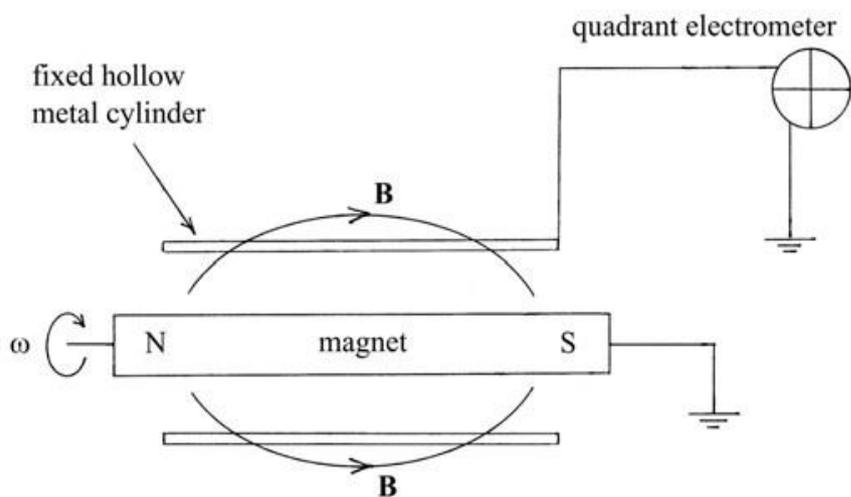


Рис. 2. Эксперимент Кеннарда в 1912 году.

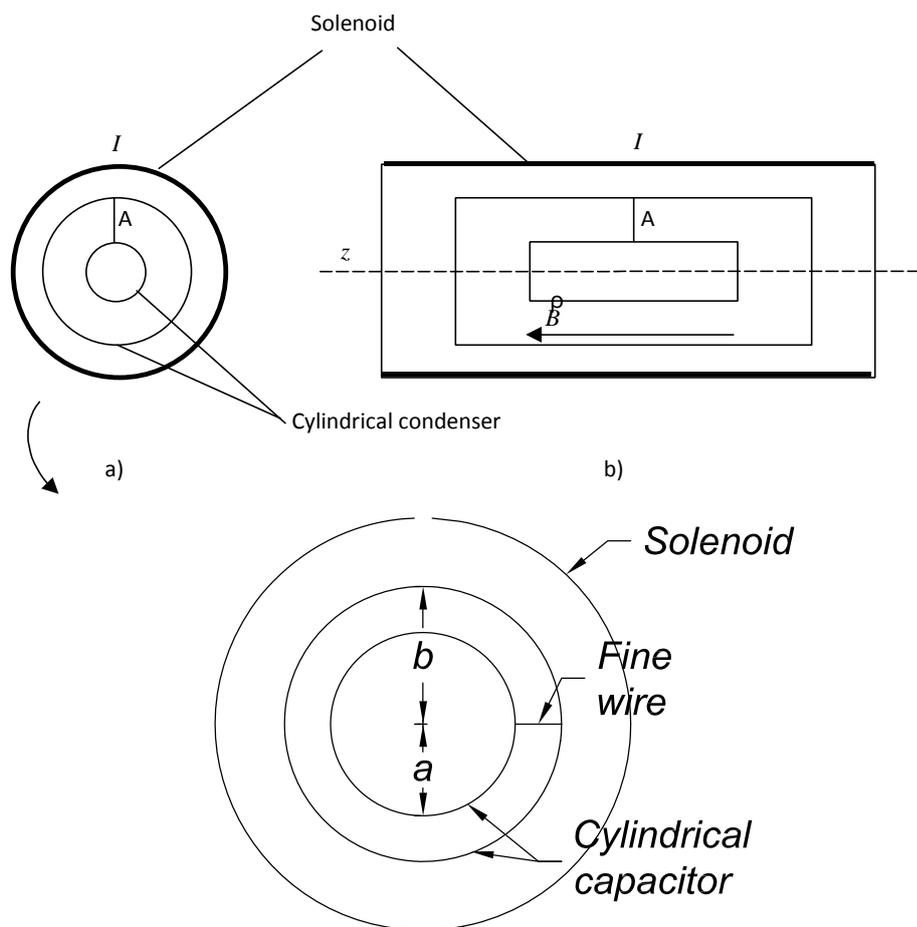
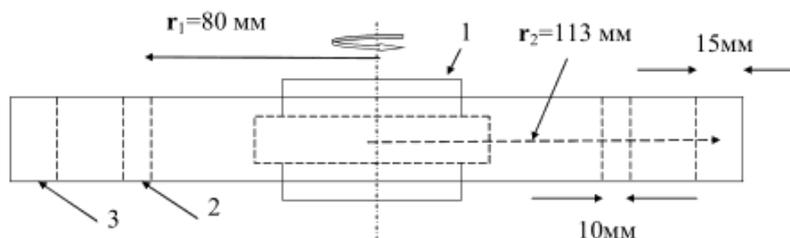


Рис. 3. Опыт Барнетта в 1913 году с цилиндрическими электродами, помещенными внутрь вращающегося соленоида.

Кеннард, проводя свой опыт рис. 2 (изображено упрощённо) не смог обнаружить отклонение электрометра при вращении магнита, хотя его расчёты по теории Вебера показывали, что электрометр должен отклоняться. Заявленная чувствительность электрометра составляла доли милливольты. Барнет критиковал его методику измерений, доказывая, что она ошибочна. Кроме того, на упрощенной схеме не показан ряд важных деталей установки, в частности, не показан электростатический экран вокруг магнита (без этого экрана электрометр увидит только обычное Кулоновское поле, возникающее в силу неизбежной трибоэлектрической зарядки вращающегося магнита и окружающего его воздуха). В настоящее время довольно трудно найти оригинальную работу Кеннарда.

Сам Барнетт, годом позже, провёл электрометрические опыты с двумя электродами, находящимися внутри цилиндрического вращающегося электромагнита и обнаружил, что при вращении электродов разность потенциалов на них возникает, а при вращении магнита – нет. Это противоречило представлениям молодой теории относительности о том, что разность потенциалов производится взаимным, относительным, движением магнитов и электродов. Он также использовал некое «защитное кольцо», которое он упоминает в описании, но его расположение и подключение к схеме никто из цитирующих его учёных в наше время не рисует. Как будет показано в дальнейшем оно может играть решающее значение для результатов опыта.

Столетие спустя Тимофеевы из Якутска повторили опыт Барнетта на современной элементной базе, усовершенствовав его [3] (рис. 4).



Расположение основных элементов измерительной части установки: 1 - магнитный ротатор; 2, 3 - коаксиальные цилиндрические измерительные конденсаторы

Рис 4. Эксперимент Тимофеевых 2012 года

На сей раз в опыте использовались по 2 кольцевых электрода, размещенных на различном расстоянии от магнита и не сообщалось ни о каких электростатических экранах между магнитом и электродами. Как будет показано ниже, даже и в этом случае можно получить ложноотрицательный результат. Но экспериментаторы получили-таки однозначные результаты. Им удалось установить не только факт наличия электрического поля, но и то, что это поле убывает квадратично с расстоянием. Более того, оно не зависит от объёма вращающегося магнита, а зависит только от его магнитного момента, что ставит под сомнение выводы некоторых исследователей, базирующиеся на представлениях теории относительности [7]. Фактически, эти эксперименты подтверждают, что снаружи от вращающегося магнита (по крайней мере вблизи его экваториальной плоскости) электрическое поле \vec{E} можно выразить простой формулой:

$$(1) \quad \vec{E} = \vec{v}_t \otimes \vec{B}$$

Где \vec{B} есть индукция а \vec{v}_t - тангенциальная скорость «движения силовых линий» этого поля (либо просто формальная тангенциальная скорость движения конца радиус-вектора, проведенного от оси вращения к точке измерения).

Таким образом, мы имеем ряд, казалось бы, противоречащих друг другу экспериментов и целых три теории, дающих различные выводы относительно бесконтактных электрометрических измерений электрического поля вращающихся осесимметричных магнитов. Во-первых, теория движущегося магнитного поля Фарадея-Лоренца [3]. Во-вторых, теория неподвижного магнитного поля, например, [9]. И, наконец, в-третьих, теория относительности, которая не оперирует понятием движения поля, заменяя его взаимным относительным движением заряженных частиц в разных частях установки [10].

Наши эксперименты

Мы задались целью провести такие эксперименты, которые позволили бы не только дать ответ, что происходит «на самом деле», но и понять причины столь противоречивых результатов, полученных предшественниками. Заметив, что

исследователи ограничиваются либо изучением электрического поля вне вращающегося магнита, либо внутри, мы построили установку, позволяющую делать и то, и другое. Кроме того, наша установка позволяет манипулировать экраном, соединяя его с металлическим корпусом установки либо разъединяя. Схема установки при измерении внешнего поля вращающегося магнита приведена на рис. 5.

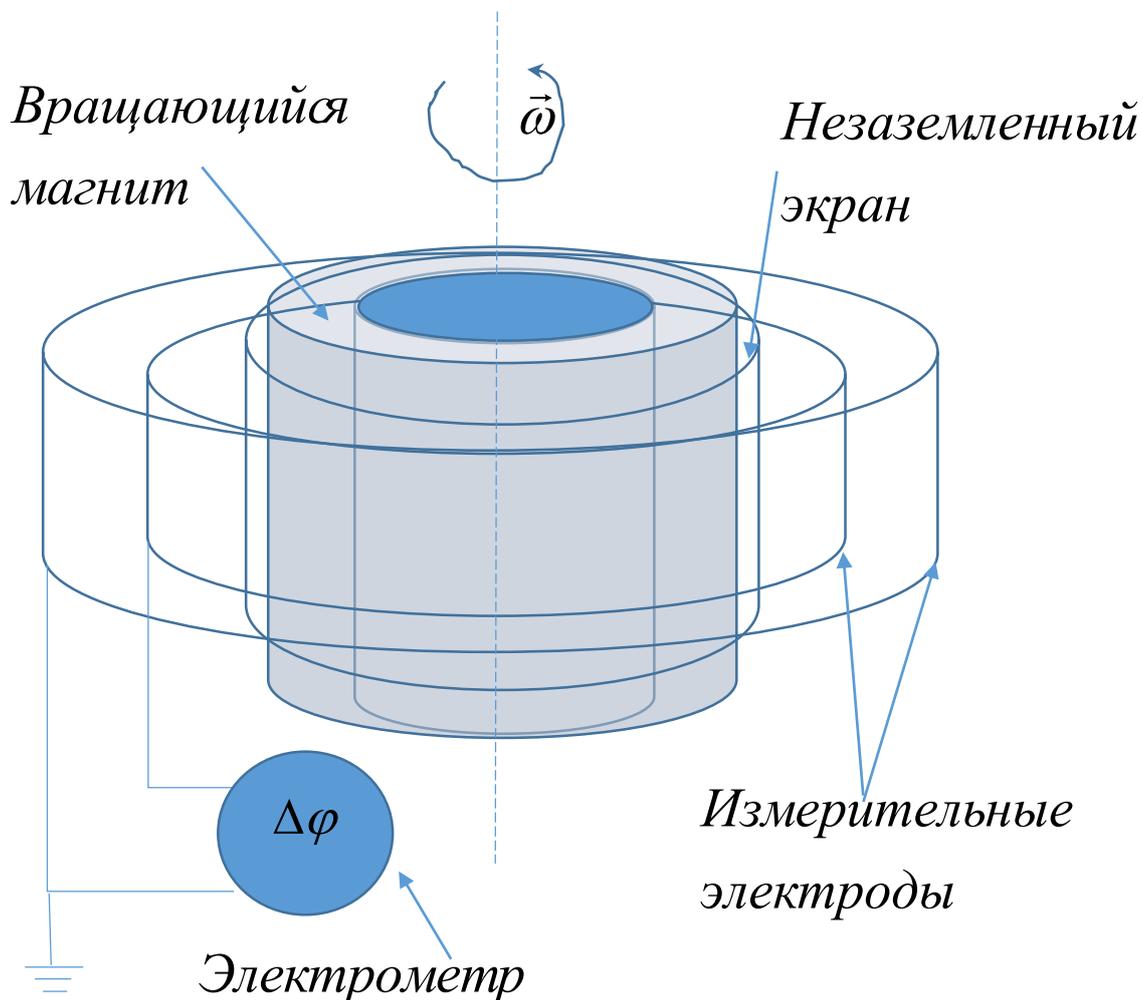


Рис. 5. Схема установки при измерении внешнего электрического поля вращающегося магнита

На диэлектрическом вале, приводимым во вращение шаговым двигателем был установлен кольцевой ниодимовый магнит (металлизированный) с остаточной индукцией 1.3 Тл . Размеры магнита: внутренний диаметр 35 мм, внешний 50 мм и высота 30 мм. Были произведены измерения индукции его магнитного поля в экваториальной плоскости на различных расстояниях от оси вращения. Поле изменялось от 0.43 Тл вблизи наружной стенки магнита до 0.09 Тл на самом наружном электроде. Т.е. магнитное поле убывает обратно пропорционально кубу расстояния. Первый (защитный) кольцевой электрод имеет диаметр 60 мм и он имеет большую высоту чем измерительные. Его назначение – экранировать измерительные электроды от трибоэлектрических потенциалов, неизбежных при

вращении магнита. Поскольку трибоэлектрический эффект приводит к разделению зарядов (одним знаком заряжается поверхность вращающегося магнита, другим знаком воздух вокруг) то такой защитный электрод хорошо экранирует мультипольное электрическое поле, но если бы магнит обретал неравновесный заряд, то от поля этого заряда незаземленный экран, как хорошо известно из электростатики не экранирует. Второй и третий измерительные электроды имеют диаметры 70 и 80 мм соответственно. Второй электрод подключался к высокоомному входу электрометра (сопротивление несколько Том) а третий – к корпусу электрометра, соединенного также с общим металлическим наружным кожухом установки.

Магнит приводился во вращение по синусоидальному закону изменения частоты вращения включая смену направления вращения, что приводит к синусоидальному закону изменения тангенциальной скорости «вращения» силовых линий. Это, в свою очередь, должно приводить к синусоидальному изменению разности потенциалов на измерительных электродах. Частота повторения периодического изменения скорости вращения составляла 0.7 Гц. Максимальная частота вращения вала, достигавшаяся в эксперименте составляла 5 Гц, соответствующие средние ускорения магнита были порядка ускорения свободного падения на Земле, и, соответственно, нет оснований при анализе опытов использовать положения общей теории относительности (иначе её обязательно требовалось бы использовать и во всех других опытах, проводимых на Земле).

Результаты измерений показали, что сигнал присутствует и что напряженность электрического поля между измерительными электродами прямо пропорциональна частоте вращения магнита. Расчёт показал, что эта напряженность практически точно (с точностью единицы процентов) соответствует формуле (1). Заземление защитного экрана (соединение его с корпусом установки) даёт **практически полное исчезновение сигнала**. Точно также сигнал исчезает, если подключить измерительные электроды к электрометру «инверсно», т.е. сделать заземленным внутренний измерительный электрод. Разумеется, в таком случае внутренний измерительный электрод начинает сам работать как заземленный экран. По-видимому, происходит следующее: сила Лоренца оказывает давление на электроны во всех кольцевых электродах. Если под воздействием этого давления электронам есть куда двигаться (например, в землю), то они будут двигаться из электрода «в землю» и тем самым заряжать электрод до тех пор, пока Кулоновское давление на заряды не компенсирует полностью давление силы Лоренца. Кулоновское поле такого заземленного электрода за его пределами будет оказывать на остальные (наружные) электроды силовое влияние, противоположное влиянию силы Лоренца. В результате потенциал на входных цепях электрометра не возникнет. Сигнала не будет. Таким образом, мы выяснили возможную причину неудач Кеннарда в 1912 году: скорее всего его электростатический экран вокруг вращающегося магнита просто был заземлён. Заодно мы установили, что электрическое поле вокруг вращающегося магнита можно экранировать заземлённым экраном также, как Кулоновское поле заряженного тела. Мы также установили, что незаземленным экраном это поле не экранируется, также как поле электрически заряженного тела. Мы также установили важность того, какой именно электрод соединён с корпусом электрометра, а какой с высокоомным входом. При неверном соединении сигнал будет отсутствовать.

После этого мы обратились к измерениям поля внутри кольцевого магнита. На сей раз схема установки почти повторяла установку Барнетта, за исключением того, что мы отказались от каких-бы то ни было защитных экранов внутри магнита. Дело в том, что покрытый металлом электрически изолированный от остальных частей установки магнит сам служит прекрасным электростатическим экраном от трибоэлектрических наводок. Схема приведена на рис. 6.

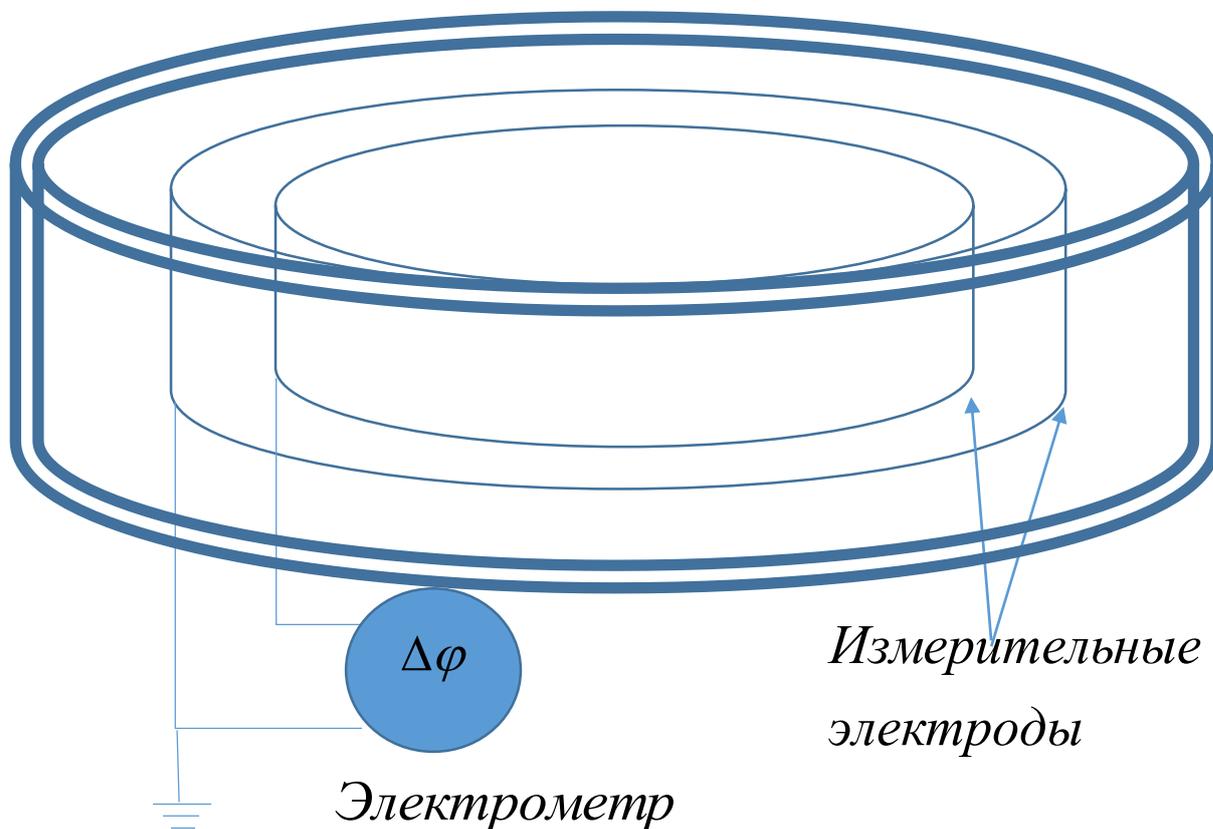


Рис 6. Схема установки, в которой электроды расположены внутри вращающегося кольцевого магнита. Сигнала нет. Заземлен «внешний» электрод.

Мы ожидали, согласно расчётам, обнаружить существенно большую величину электрического поля, нежели в опыте с наружными электродами. Оказалось, что сигнала отсутствует. Результат был таким же, как у Барнетта в 1913 году. Но в отличие от него мы уже понимали решающую роль заземления при этих измерениях и поэтому мы изменили подключение электродов (см. рис 7). Разумеется, после этого сигнал был получен, и он оказался почти вдвое сильнее, чем в опытах со внешними электродами, поскольку хотя диаметр электродов стал меньше (30 и 40 мм соответственно), но и напряженность магнитного поля внутри магнита выше, более 0.56 Тл. И вновь было установлено полное соответствие с формулой (1) на сей раз расхождение составило менее 1%, что скорее всего является просто совпадением. Реальная точность наших измерений магнитного поля и электрического поля не превосходила 5%.

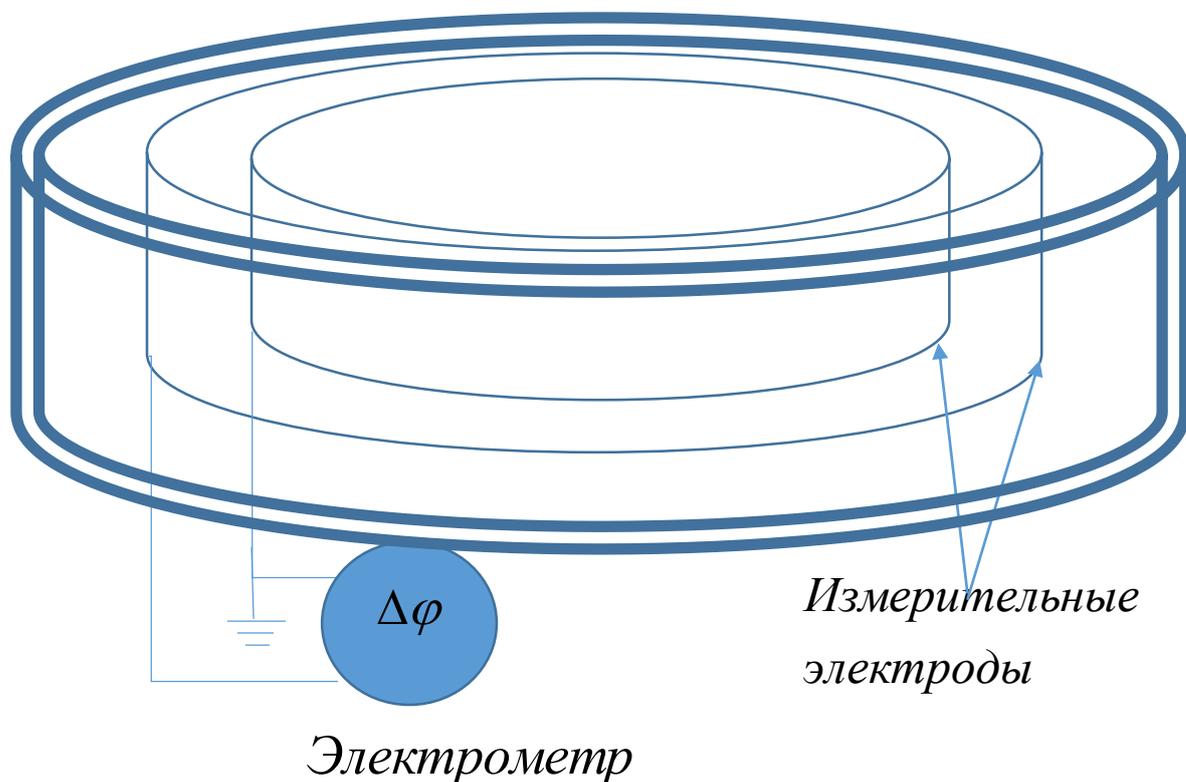


Рис. 7. *Схема второй попытки измерений электрического поля внутри вращающегося магнита. Сигнал есть. Заземлен другой электрод.*

Теперь стало понятно, что и Барнет мог получить ложноотрицательный результат, если использовал заземленный экран между внутренней стенкой магнита и электродами, либо в том случае, если корпус его электрометра был соединен с самым внешним электродом. Возможно также, что его соленоид (который он вращал вместо магнита) был по цепям питания заземлен или же имел собственный заземленный экран внутри, что весьма вероятно.

Такой результат поначалу вызвал удивление, поскольку он плохо согласуется с представлениями электростатики. Ведь даже незаземленный экран *внутри* себя полностью экранирует наружное электрическое поле. Внутри проводящих тел электрического поля нет, даже если это тело заряжено по внешней поверхности, это широко используемый факт. Следовательно, происходящее в опыте на рис. 6 требует отдельной трактовки. По всей видимости, происходит следующее: электроны под действием силы Лоренца (имеющей теперь противоположный по отношению к опыту рис. 5 знак в силу противоположного направления движения силовых линий магнитного поля *внутри* магнита) устремляются с «земли» на внешний заземленный электрод, изменяя его потенциал до тех пор, пока силы Лоренца не окажутся компенсированными силами Кулона. На внутренний же электрод тоже действует сила Лоренца, но электроны не могут ни убежать с него, ни прибежать на него. В результате *разность* потенциалов между внутренним и внешним электродами практически исчезает, что и приводит к почти полному исчезновению сигнала установки.

Тогда мы задумали и провели третью серию опытов, подобных которым не обнаружили в литературе. А именно: мы ***стали вращать всю установку как***

целое. Т.е. жестко зафиксировали положение магнита и электродов относительно корпуса, а всю установку поместили на вращаемую отдельным двигателем платформу. Это было сделано для окончательной проверки «вращается» ли магнитное поле вместе с магнитом или же «стоит». Ведь если поле «стоит», то электроны в электродах будут пересекать его силовые линии и на них просто обязана действовать сила Лоренца, причём разная на разных по величине радиусах и, следовательно, должен возникнуть сигнал. Поляризация же зарядов внутри магнита (которая также должна возникать если магнитное поле «стоит») не может воздействовать на электроды в силу симметрии магнита и законов электростатики (поляризованный радиально магнит эквивалентен заряженному цилиндрическому конденсатору без суммарного неравновесного электрического заряда, а у такого конденсатора наружного поля нет). При этом, разумеется, установка питалась автономно от вращающегося вместе с ней аккумулятора, а сигнал передавался по эфиру через модуль блютуз. Результат оказался ожидаемым: амплитуда сигнала упала примерно **в сто раз** по отношению к случаю вращения одного только магнита. Т.е. в рамках точности эксперимента можно сделать вывод, что магнитное поле (если его воспринимать как некую реально существующую субстанцию) просто не может оставаться неподвижным при вращении магнита.

Приведем здесь для справки виды сигналов, полученных при различных опытах. По вертикальной оси выходной сигнал в вольтах, по горизонтальной – время в секундах.

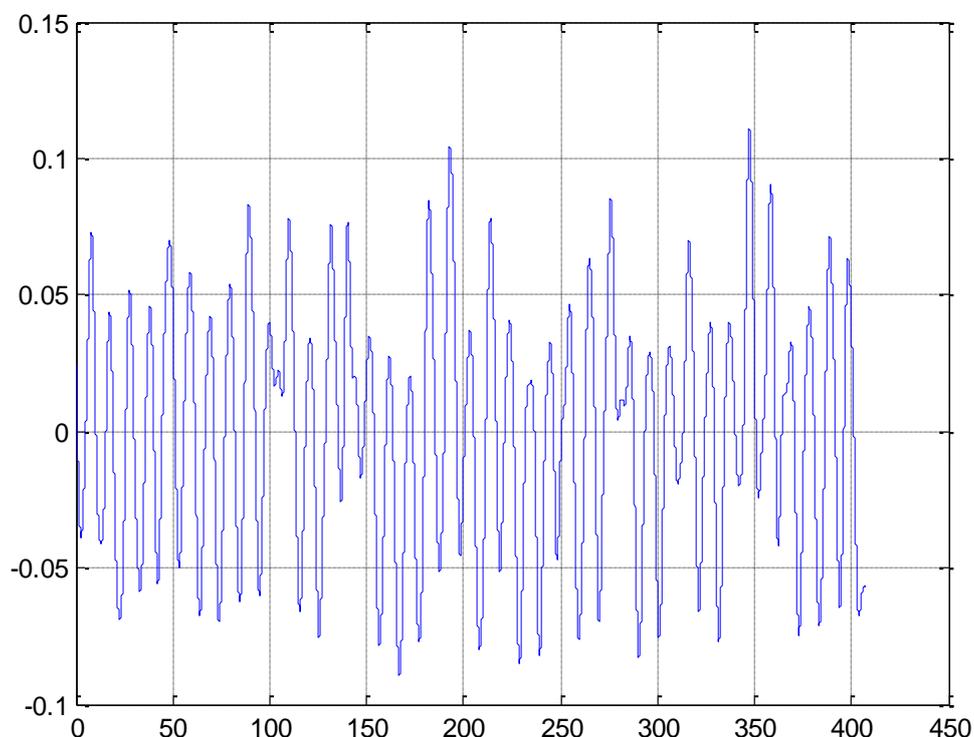


Рис. 8. Сигнал с внешних электродов без заземленного экрана. Выраженная синусоида с частотой изменения скорости вращения магнита. Отдельные «провалы» вызваны иногда случавшимися «срывами» вращения.

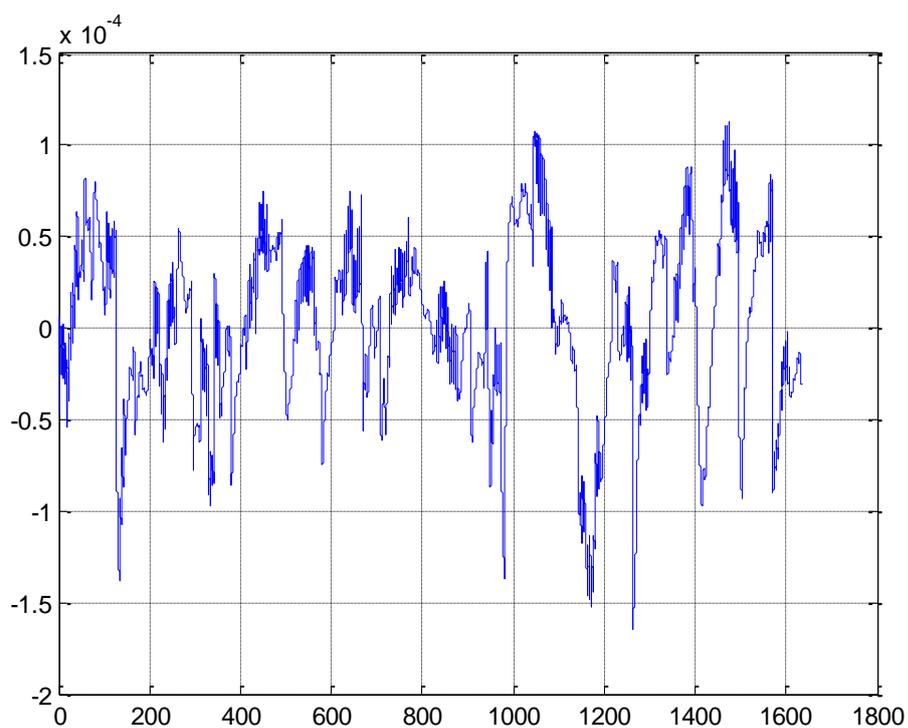


Рис. 9 *Сигнал с внешних электродов при заземленном экране. Шумоподобный сигнал очень малой амплитуды*

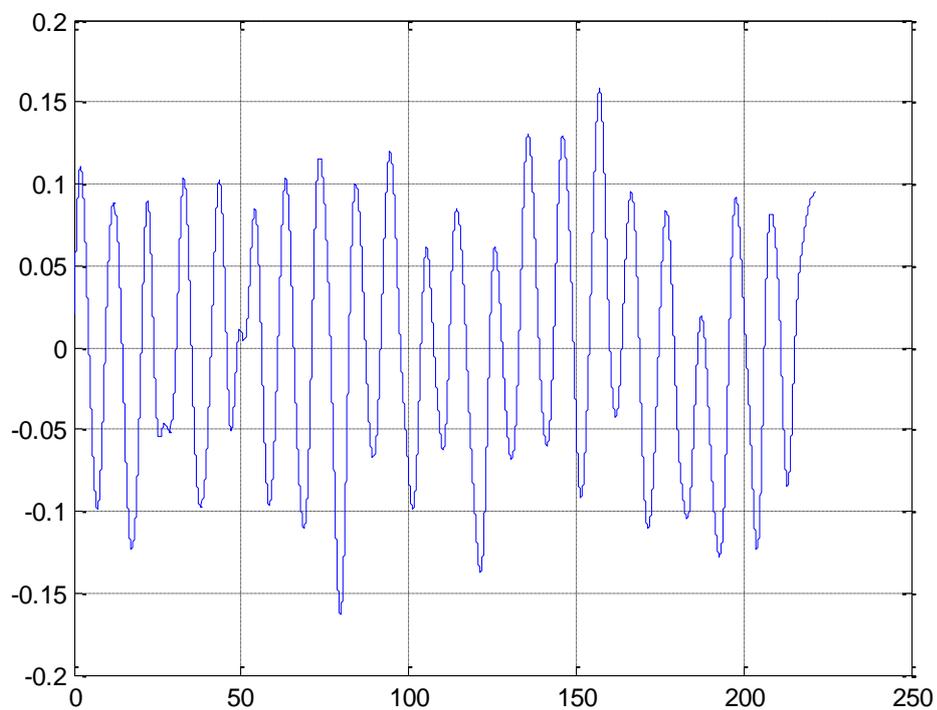


Рис.10. *Сигнал с внутренних электродов при подключении к «земле» первого внутреннего кольца. Выраженная синусоида с частотой изменения скорости вращения магнита.*

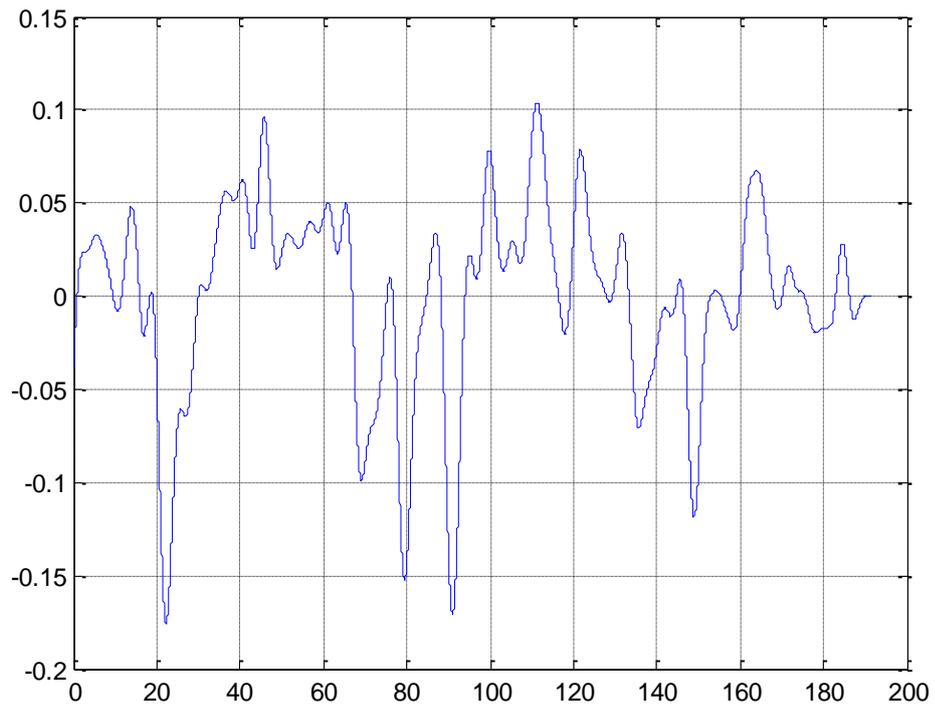


Рис.11. *Сигнал с внутренних электродов при подключении к «земле» второго внутреннего кольца. Нерегулярный шум.*

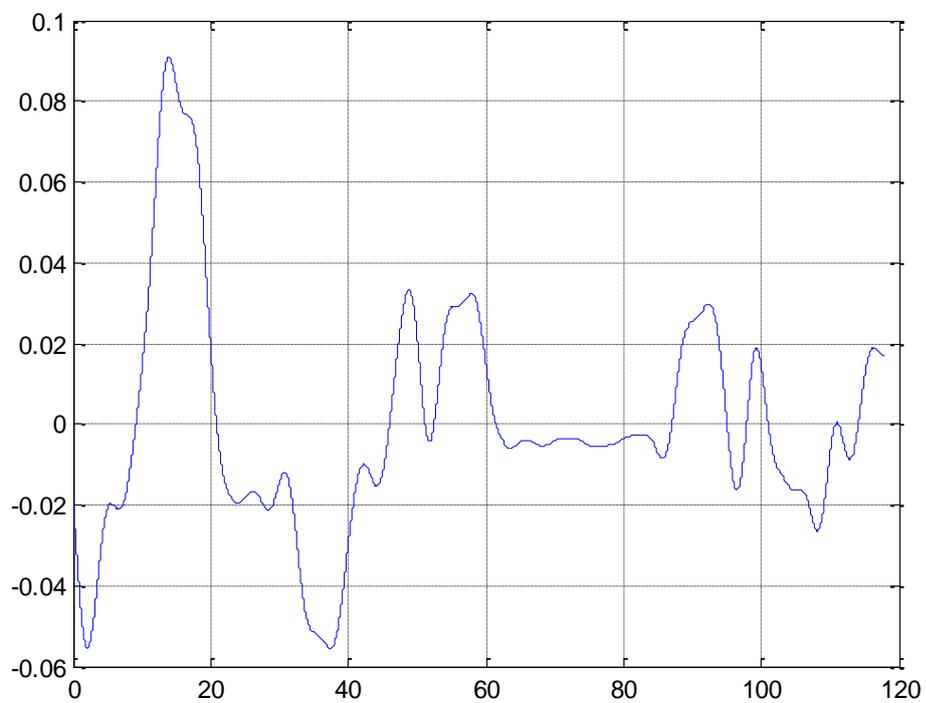


Рис. 12. *Сигнал с внутренних электродов при вращении установки, как целого. Наблюдается только шумовая компонента, связанная с вибрацией вращаемой установки.*

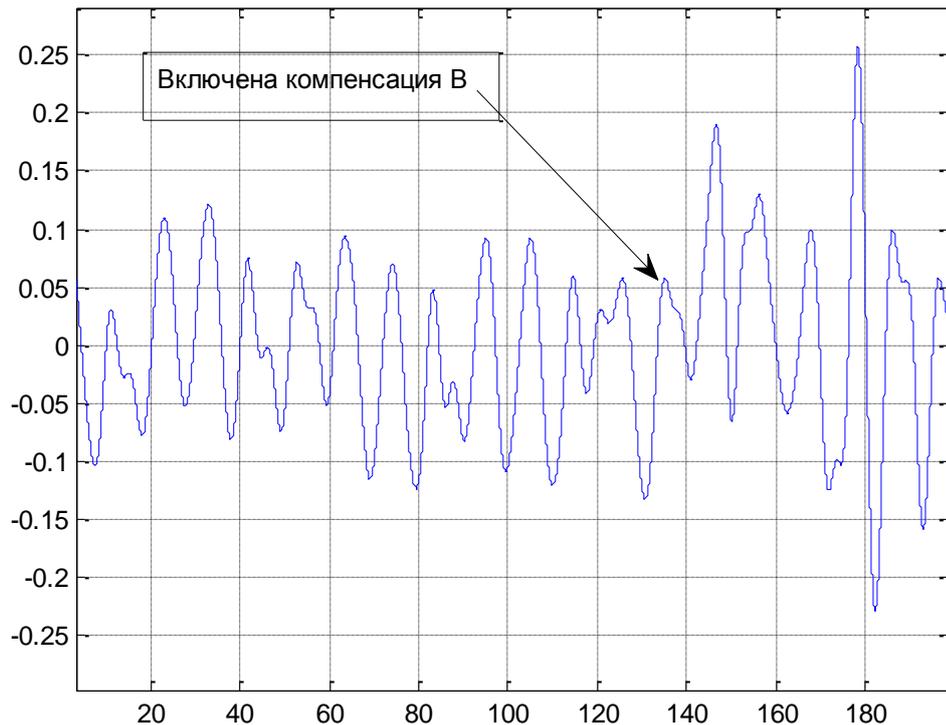


Рис. 13. Попытка частичной компенсации магнитного поля в зоне расположения электродов. В указанный на рисунке момент включено внешнее магнитное поле, частично компенсирующее поле магнита. Сигнал не ослабел, несмотря на сильное уменьшение индукции магнитного поля.

Приведем также несколько фотографий установки, возможно некоторым читателям будет легче понять ряд излагаемых деталей опытов.

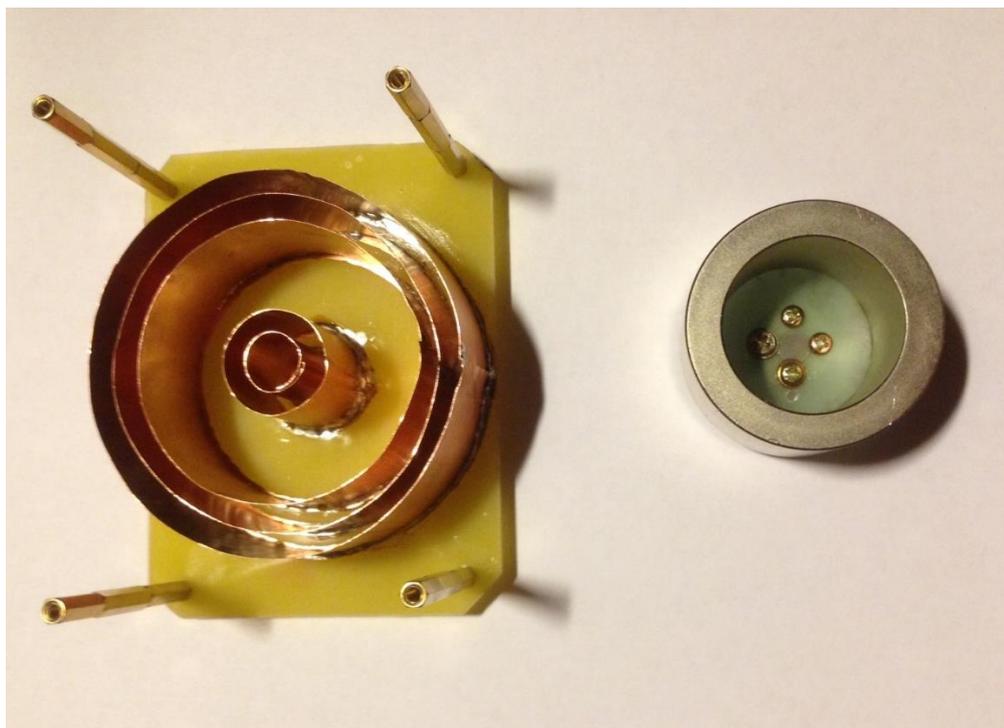


Рис. 14. Электроды установки и магнит.



Рис. 15. *Общий вид установки. Измерительная часть находится внутри металлического корпуса. Снаружи контроллеры и системы связи.*

Анализ опыта и полученных данных

Рассмотрим поле кольцевого протяженного магнита. Ближе всего его конфигурация к полю соленоида [8]. Поле соленоида хорошо изучено и может быть легко смоделировано при сегодняшнем уровне знаний. Результат работы такой модели, основанной на использовании закона Био-Савара-Лапласа, построенной в системе Matlab приведен на рис. 16. Моделирование осуществлялось методом разбиения на элементы тока и интегрирования в каждой точке пространства полей всех элементов соленоида. Чтобы получить электрическое поле вращающегося соленоида требуется магнитное поле каждого элемента тока векторно умножить на векторное произведение угловой скорости и радиус-вектора, проведенного от оси вращения и проинтегрировать в каждой точке электрические поля всех элементов, согласно принципу суперпозиции. Трудоемкость таких вычислений при большом числе элементов и достаточно «мелком» шаге пространственной сетки довольно велика и требует существенных затрат машинного времени.

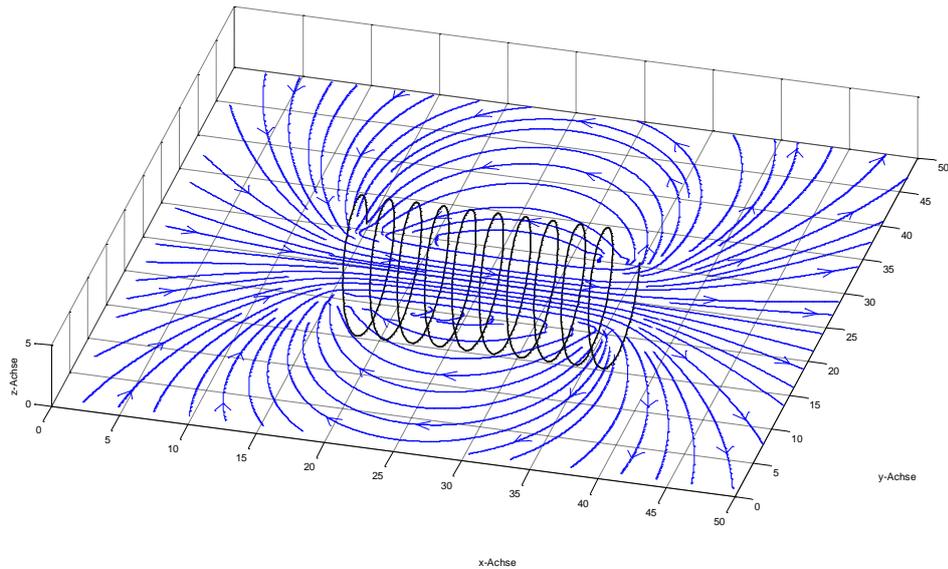


Рис. 16. Математически смоделированное магнитное поле соленоида, близкое к полю используемого кольцевого магнита.

Если привести такой соленоид во вращение и полагать, что силовые линии, изображенные стрелками на рис. 16 пришли во вращение вокруг оси симметрии, то электрическое поле \vec{E} можно получить и как результат векторного умножения \vec{B} на тангенциальную скорость $\vec{v}_t = \vec{\omega} \otimes \vec{r}$. Таким образом, формула (1) для расчёта напряженности электрического поля в нашем случае примет вид:

$$(2) \quad \vec{E} = B \otimes (\vec{\omega} \otimes \vec{r})$$

Результат моделирования по формуле (2) и закону Био-Савара-Лапласа электрического поля вращающегося соленоида приведен на рис. 17.

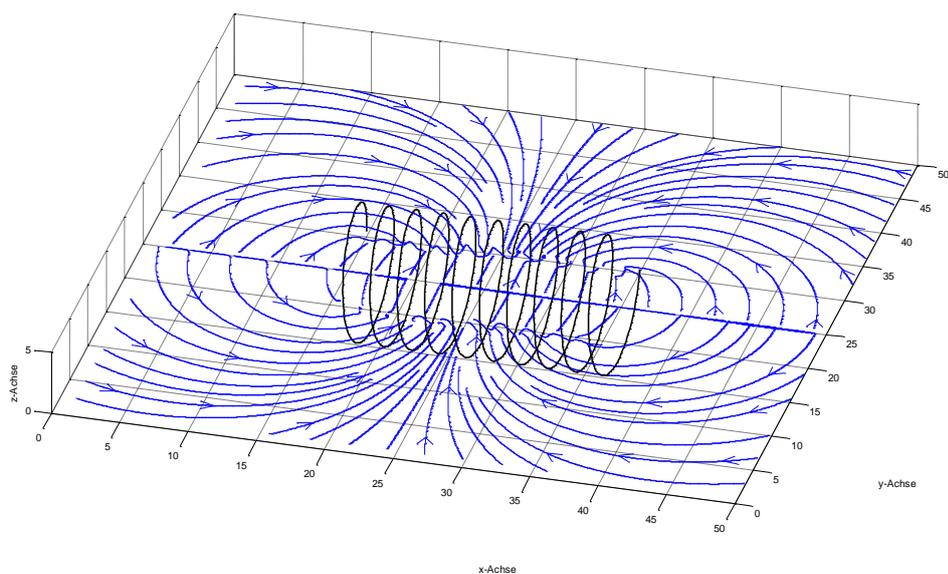


Рис. 17. Электрическое поле вращающегося соленоида (математическая модель).

Ясно виден некулоновский характер этого электрического поля, и это свидетельствует о том, что поле одиночного вращающегося магнита (электромагнита) невозможно представить, как поле какого-либо распределения электростатических зарядов. Но в дальней зоне это поле становится всё более похожим на Кулоновское поле заряженного тела. Говоря о поле элементарных заряженных частиц, мы не должны забывать, что мы не имеем практически никаких данных о деталях его конфигурации вблизи частицы, на расстояниях, соизмеримых с размером самой частицы. Тем более мы не имеем точных сведений о характере поля «внутри» частицы (если оно там вообще присутствует). Не исключено, что и поле частиц имеет кулоновский характер только вдали от частицы. В таком случае частицу принципиально невозможно представить как распределение некоторой плотности Кулоновских зарядов.

Однако мы всё-таки не остановились на модели рис. 17 и задались вопросом: а каким будет результирующее электрическое поле **двух** взаимно-перпендикулярных вращающихся вокруг своих осей соленоидов (магнитов)? Мы смоделировали эту ситуацию, внося соответствующие поправки и дополнения в программу. Каково же было наше удивление, когда мы получили графическое изображение этого поля! Оно было практически неотличимо от Кулоновского поля **одиночного** заряда. Мы приводим здесь это изображение на рис. 18 и даже для особо заинтересованных читателей в Приложении 1 полный текст моделирующей программы на языке Матлаб.

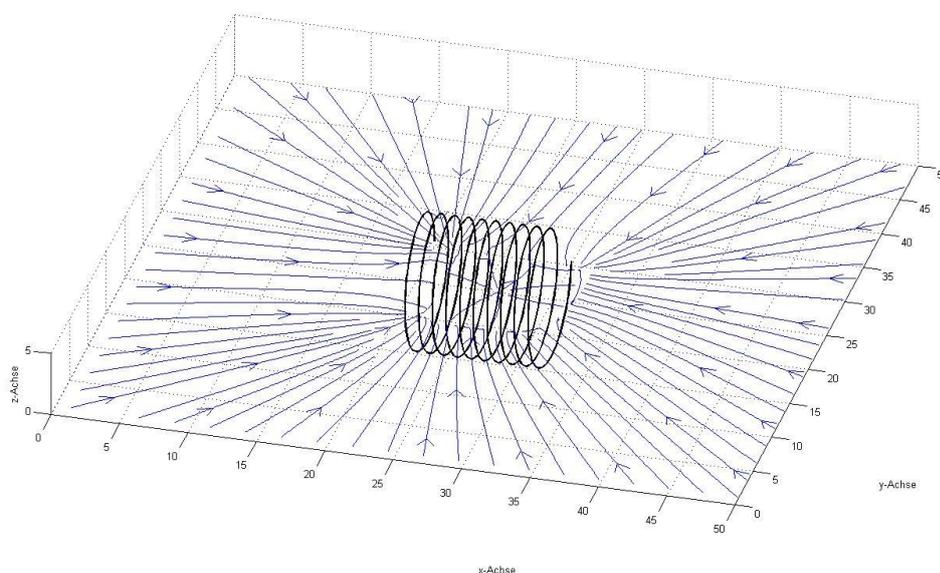


Рис. 18. Электрическое поле **двух** взаимно-перпендикулярных вращающихся вокруг своих осей соленоидов с током. Практически неотличимо от поля электрически заряженного тела.

Результаты опытов и анализа

Итак, проведенные нами три серии опытов с бесконтактными электрометрическими измерениями электрического поля вращающегося кольцевого магнита привели к следующим результатам:

1. Электрическое поле снаружи вращающегося магнита эквивалентно (по крайней мере вблизи экваториальной плоскости) Кулоновскому полю заряженного (поверхностно или объёмно) тела и полностью соответствует формуле (1) которая также согласуется с выводами релятивистской электродинамики в 1-м приближении. Это поле не экранируется незаземленными экранами (ближними к магниту) и практически полностью экранируется заземленными.
2. Электрическое поле внутри вращающегося магнита имеет противоположную направленность (по отношению к поверхности магнита, и также полностью соответствует формуле (1)). Оно также не экранируется незаземленным экраном, но хорошо экранируется заземленным. Его распределение соответствует распределению поля внутри равномерно заряженных по объёму тел. Знак заряда противоположен знаку, наблюдаемому снаружи вращающегося магнита. При этом существует особенность, отличающая его от обычного электростатического поля: оно экранируется иначе. В частности, оно сильнее экранируется ближним к внутренней стенке магнита экраном и слабо экранируется более «внутренним» экраном.
3. Электрическое поле при вращении установки, как целого, не возникает (оно по крайней мере в 100 раз слабее вышеперечисленных случаев 1 и 2. Что также соответствует формуле (1), если под скоростью понимать взаимную скорость между силовыми линиями поля и зарядами внутри электродов.
4. Внесение в установку с случаях 1 и 2 дополнительного неподвижного магнитного поля, формально изменяющего напряженность V вокруг и внутри вращающегося магнита не приводит к изменению электрического поля, создаваемого вращающимся магнитом.
5. Математическая модель (см. Приложение 1), полученная в предположении правильности выражения (1) и качественно и количественно даёт те же результаты, что и серия проведенных экспериментов

Выводы

На основании полученных результатов можно сделать ряд важных выводов:

1. Модель «вращающегося магнитного поля» полностью объясняет как опыты со скользящими контактами, так и бесконтактные электрометрические опыты с вращающимися магнитами.
2. Модель «неподвижного магнитного поля» не соответствует бесконтактным опытам с измерением напряженности электрического поля.
3. Релятивистская модель даёт в первом приближении ту же формулу (1), что и модель вращающегося поля, но предсказывает эффекты более высоких

- порядков. Вместе с тем некоторые выводы релятивистской модели не подтверждаются в опытах, в частности, не обнаруживается зависимость электрического поля вращающегося магнита от объёма магнита.
4. Опыты с вращением всей установки как целого указывают на полное увлечение диэлектрической мировой среды (вакуума, эфира) вращением магнита, поскольку в противном случае эта среда поляризовалась бы под действием сил Лоренца и это породило бы сигнал противоположной полярности по отношению к случаю вращения в том же направлении с той же частотой одного только магнита, который в опыте не был обнаружен. В то же время, возмущения эфира не увлекаются полностью вращающимся магнитным полем и поэтому на неподвижные в лабораторной системе заряды сила Лоренца действует и в случае вращения всей установки целиком.
 5. Выяснение структуры электрического поля вращающегося кольцевого магнита позволяет построить «действующую модель» элементарного заряда, которая будучи электрически изолированной и нейтральной в выключенном состоянии при включении двигателя создавала бы электрическое поле, практически неотличимое от Кулоновского поля заряженного тела. При этом экспериментатор может менять величину и знак этого заряда изменяя скорость и направление вращения магнита.
 6. Формально нарушение электронейтральности установки при вращении магнита не происходит, поскольку полный поток вектора напряженности электрического поля внутри и снаружи вращающегося магнита (если рассматривать всё пространство от оси вращения магнита до бесконечности) остаётся равным нулю. Поток направленный от оси к внутренней стенке магнита равен и противоположен потоку, направленному снаружи к наружной стенке магнита. Это даёт нам возможность подойти к пониманию устройства элементарных заряженных частиц и физических механизмов возникновения их заряда.
 7. Если магнитное поле вращающегося магнита скомпенсировать полем вставленного внутрь него другого неподвижного магнита с противоположной намагниченностью, либо частично скомпенсировать магнитное поле вращающегося магнита расположенными снаружи установки неподвижными катушками Гельмгольца, электрическое поле вокруг магнита не изменяется, несмотря на то, что формальная индукция магнитного поля уменьшилась многократно. Это указывает на то, что силовые линии двух различных магнитов вовсе не «компенсируют» друг друга во всех смыслах этого слова, но могут двигаться независимо друг от друга, а электрическое поле создаётся только движущимися силовыми линиями. Это даёт нам возможность объяснить почему магнитное поле электрона и его электрическое поле не обязаны находиться в ожидаемой нами количественной связи и даёт нам возможность создать действующую модель заряда, в которой наружное электрическое поле будет существовать, а магнитного поля снаружи не будет вовсе, либо оно будет малым и быстро затухающим с расстоянием.
 8. Если использовать два взаимно-перпендикулярных вращающихся вокруг своей оси цилиндрических магнита или соленоида с током, то мы получим создающий электрическое поле объект, который в дальней зоне практически

неотличим от обычного кулоновского заряда. Таким образом (возможно впервые в истории науки) мы **создали** электрический заряд, а не просто **переместили** уже существующие элементарные заряды с места на место, как это всегда было до сего дня.

Приложение 1

Программа на языке Matlab, моделирующая электрическое поле двух взаимно-перпендикулярных вращающихся вокруг своих осей соленоидов с током (с огромной благодарностью тому человеку, который сделал программу моделирования магнитного поля соленоида и выложил её в Сеть для свободного некоммерческого использования).

```
tic
close all; clear all; clc; clf;
skalierungsfaktor = 10^-6; % vom m-Bereich zum mm-Bereich wg. T = Vs / m^2
I = 1e6; % in A
konstante = 10^-10; % mu0 / (4 pi) in Vs / (A mm) % Faktor 10^3 kleiner wg. mm statt m
matrix = 50;
B = zeros(200,200,200,5);
Bt = zeros(200,200,200,5);
zaehler = 0; % f?r Zeitmessung
xmax = matrix;
ymax = matrix;
zmax = 1;
radius = 5; % Spulenradius in mm
genauigkeit = 10; % 1 = 6.28 Elemente pro Kreis; 2 = 12.56 Elemente pro Kreis; 4 bis 5 scheint gut zu sein
windungen = 10;
leiterelemente = ceil(2 * 3.14152 * genauigkeit * windungen) % 2 * Pi * genauigkeit f?r eine Umrundung
leiter = repmat(leiterelemente+1,3);
windungen = leiterelemente / genauigkeit / 2 / 3.1415927;
spulenlaenge = 10; % Spulenlaenge in mm
steigung = spulenlaenge / windungen

%for i = 1:leiterelemente+1;
% leiter(i,1) = i * steigung / (genauigkeit * 2 * 3.1415927) + matrix/2 - spulenlaenge/2; % x-Ausrichtung
% leiter(i,2) = radius * cos(i/genauigkeit) + matrix/2; % y-Ausrichtung
% leiter(i,3) = radius * sin(i/genauigkeit); % z-Ausrichtung
```

```

%end

%Vectorized cycle

ii = 1:leiterelemente+1;

leiter(ii,1) = ii * steigung / (genauigkeit * 2 * 3.1415297) + matrix/2 - spulenlaenge/2; % x-Ausrichtung
leiter(ii,2) = radius * cos(ii/genauigkeit) + matrix/2; % y-Ausrichtung
leiter(ii,3) = radius * sin(ii/genauigkeit); % z-Ausrichtung

for x = 1:xmax
    zaehler = zaehler + 1; % f?r Zeitmessung
    hhh = waitbar(0,num2str(zaehler*100/matrix)); % Wartebalken
    waitbar(zaehler/matrix) % Wartebalken
    for y = 1:ymax % wenn streamslice nicht genutzt wird, nur einen y-Wert berechnen
        for z = 1:zmax
            for i = 1:leiterelemente
                dl(1) = leiter(i+1,1)-leiter(i,1);
                dl(2) = leiter(i+1,2)-leiter(i,2);
                dl(3) = leiter(i+1,3)-leiter(i,3);
                vecs = [(leiter(i,1)+leiter(i+1,1))/2, ...
                    (leiter(i,2)+leiter(i+1,2))/2, ...
                    (leiter(i,3)+leiter(i+1,3))/2];
                vecr = [x y z];
                vecrminusvecs = vecr - vecs;
                einheitsvecr = vecrminusvecs./norm(vecrminusvecs); % ok
                r = sqrt(vecrminusvecs(1).^2 + vecrminusvecs(2).^2 + vecrminusvecs(3).^2); % ok
                vektorprodukt = [dl(2).*einheitsvecr(3) - dl(3).*einheitsvecr(2), ...
                    dl(3).*einheitsvecr(1) - dl(1).*einheitsvecr(3), ...
                    dl(1).*einheitsvecr(2) - dl(2).*einheitsvecr(1)];
                dB = konstante * l * vektorprodukt / (r.^2);
                dB = dB / skalierungsfaktor; % nur hier wird der Wert ver?ndert bzw. skaliert
                %Тангенциальная скорость в точке измерения
                vt = cross([0 y-ymax/2 z-zmax/2], [1 0 0]);
                %Электрическое поле вместо магнитного поля элемента
                dB = cross(dB, vt);
                B(x,y,z,1) = B(x,y,z,1) + dB(1);
                B(x,y,z,2) = B(x,y,z,2) + dB(2);
                B(x,y,z,3) = B(x,y,z,3) + dB(3);
                Bt(ymax-y+1,xmax-x+1,z,1) = -B(x,y,z,2);
                Bt(ymax-y+1,xmax-x+1,z,2) = -B(x,y,z,1);
            end
        end
    end
end

```

```

    Bt(ymax-y+1,xmax-x+1,z,3) = B(x,y,z,3);
    B(x,y,z,4) = B(x,y,z,4) + sqrt(dB(1).^2 + dB(2).^2 + dB(3).^2);
    Bt(y,x,z,4) = Bt(y,x,z,4) + sqrt(dB(1).^2 + dB(2).^2 + dB(3).^2);
end;
end;
end;
close(hhh)
end;
B=B+Bt;
%B=Bt;
toc
n = 1:leiterelemente;
Lx = leiter(n,1);
Ly = leiter(n,2);
Lz = leiter(n,3);
%subplot(2,1,2),
line(Lx,Ly,Lz,'Color','k','LineWidth',2);
hold on
view(15,30);      % view(0,0) = Blickwinkel, 2D-Perspektive
grid on          % Gitter anzeigen
xlim([0 matrix])
ylim([0 matrix])
zlim([0 5])
xlabel('x-Achse');
ylabel('y-Achse');
zlabel('z-Achse');
daspect([1 1 1])
[X,Y]=meshgrid(1:matrix);
U=(B(1:matrix,1:matrix,z,1))';
V=(B(1:matrix,1:matrix,z,2))';
streamslice(X,Y,U,V) % quiver, streamslice

%изображение цветом
figure(2);
pcolor((B(1:matrix,1:matrix,z,4))');
colormap(jet);
shading interp;
axis equal;

```

```
xlabel('<-- x -->');ylabel('<-- y -->');  
title('Magnetic Field Distibution');  
colorbar;  
%c=cross(a,b) - векторное произведение двух векторов
```

Литература

1. M. Faraday, Experimental Researches in Electricity. 3 vols, R. Taylor & W. Francis, London 1839—1855
2. Википедия. Статья «Униполярный генератор»
https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A3%D0%BD%D0%B8%D0%BF%D0%BE%D0%BB%D1%8F%D1%80%D0%BD%D1%8B%D0%B9_%D0%B3%D0%B5%D0%BD%D0%B5%D1%80%D0%B0%D1%82%D0%BE%D1%80
3. Тимофеев В. Б., Тимофеева Т. Е., НЕКОТОРЫЕ СВОЙСТВА ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ПОЛЯ МАГНИТНОГО РОТАТОРА, Вестник Северо-Восточного федерального университета им. М.К. Аммосова, Выпуск № 3 / том 9 / 2012, <http://cyberleninka.ru/article/n/nekotorye-svoystva-elektricheskogo-polya-magnitnogo-rotatora-1>
4. E.H. Kennard, "Unipolar Induction", Phil. Mag. 23 (1912) 937-941;"Unipolar Induction: Another Experiment and its Significance as Evidence for the Existence of the Aether" Phil. Mag. 33 (1917) 179-190.
5. BY SJ Барнетт К электромагнитной индукции и относительности движения. II физический факультет, Университет штата Огайо Представлена РА Милликен, 19 января 1918
6. ONE CENTURY LATER: REMARKS ON THE BARNETT EXPERIMENT Alexander L. Kholmetskii Department of Physics Belarus State University
7. Bartlett D. F., Monroy J., Reeves J. Spinning Magnets and Jehle's Model of the Electron // Phys. Rev. D. 1977. V. 16, No. 12. P. 3459.
8. T. Mikolanda, M. Košek, A. Richter, MAGNETIC FIELD OF PERMANENT MAGNETS: MEASUREMENT, MODELLING, VIZUALIZATION. Technical University of Liberec, Studentská 2, 46117, Liberec.
9. А. В. Гусев. Электрическое поле намагниченного шара и униполярная индукция.
10. The Homopolar Motor: A True Relativistic Engine. Jorge Guala-Valverdea, Pedro Mazzoni and Ricardo Achilles.