О зарядах и электрическом токе в эксперименте детектирования магнитного поля при вращении заряженного диска

Макаров Владимир Григорьевич,
инженер
РФ г. Москва
E-mail: vladimir.g.makarov@gmail.com

АННОТАЦИЯ

Созданная экспериментальная установка для детектирования магнитного поля с регистрацией сигналов магнитных полей слабых электрических токов позволила сравнить магнитное поле при вращении заряженного металлического диска и тока проводимости, а также определить значение магнитного поля в понимании терминов «заряд» и «электрический ток».

Существует определение электрического заряда: «Электрический заряд — физическая скалярная величина, определяющая способность тел быть источником электромагнитных полей и принимать участие в электромагнитном взаимодействии». В этом определении заряд является свойством. Есть объяснение электрического тока: «Электрическим током называется всякое упорядоченное движение зарядов в пространстве» [1]. В этом определении заряд считается сущностью. Неоднозначность в определении заряда приводит к затруднению в понимании сути электрического заряда и электрического тока. В определении электрического тока, связанным с упорядоченным движением зарядов, не различается движение положительных и отрицательных зарядов. Опыт показывает, что упорядоченное движении электронов (отрицательно заряженных частиц) сопровождается явлением магнитного поля. Наблюдается ли подобное явление при упорядоченном движении положительно заряженных частиц или тел?

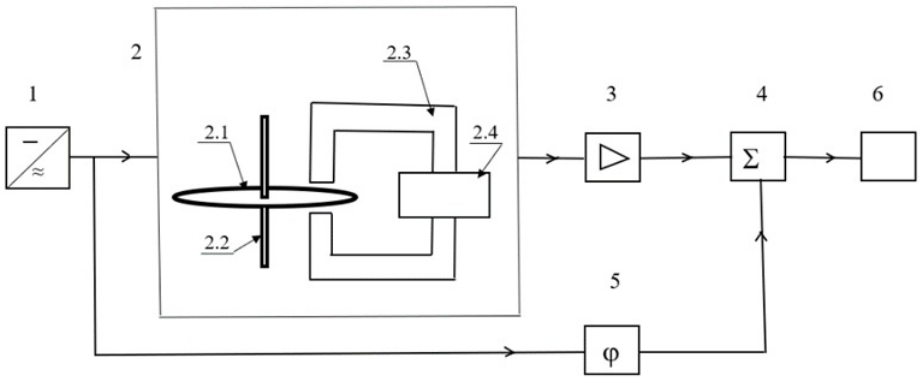
Известны опыты с движущимися положительно или отрицательно заряженными телами в виде лент или вращающихся дисков. Их целью было детектирование магнитного поля. Результаты опытов не дали однозначного ответа. Примером с положительным детектированием магнитного поля, возникающего при вращении заряженного диска, является широко известного опыт Роуланда и Эйхенвальда. В этом опыте заряженный диск движется относительно другого, неподвижного диска. Магнитное поле детектировалось по отклонению магнитной стрелки, подвешенной на тонкой нити около вращающегося диска. Повторение подобных опытов не привело к однозначному результату. Недостатком этих опытов является низкая чувствительность магнитной стрелки.

Целью предлагаемой работы является создание устройства более чувствительного к магнитному полю с возможностью сравнивать величину магнитного поля при движении заряженных тел и от тока проводимости. Величина тока проводимости выбирается близкой к расчётному току при движении заряда.

Автор предлагает для обсуждения эксперимент с вращающимся диском, близкий по схеме с опытом Роуланда и Эйхенвальда. На вращающийся диск подаётся переменное напряжение с определённой частотой. На диске создаётся изменяющийся заряд от максимально положительного до максимально отрицательного значений. Величина заряда определяется напряжением на диске и его электрической ёмкостью. Для увеличения ёмкости диск располагается между двумя неподвижными обкладками, разделёнными с диском лавсановой плёнкой. Величина расчётного тока при движении заряда на диске зависит от скорости вращения диска. Так как ток

заряда переменный, с определённой частотой, то использование в эксперименте резонансного усилителя позволяет получить большую чувствительность к детектированию магнитного поля и возможность устранения влияния внешних магнитных полей.

Функциональная схема экспериментальной установки показана на Фиг.1. На схеме не показаны отметчик оборотов диска, элементы экранирования устройств и их цепей, а также неподвижные обкладки на диске.



Фиг. 1 Функциональная схема экспериментальной установки

1 — преобразователь постоянного напряжения в переменное с частотой 3,40 кГц; 2 — магнитная система катушки индуктивности на незамкнутом магнитном ярме; 2.1 — металлический диск; 2.2 — ось диска; 2.3 — магнитное ярмо; 2.4 — катушка индуктивности; 3 — резонансный усилитель; 4 — сумматор напряжения; 5 — фазовращатель; 6 — двухканальный цифровой осциллограф DSO5202P.

Диаметр диска 95 мм. На обод диска через скользящий контакт (щётку) подаётся напряжение с преобразователя (1). Форма напряжения близка к синусоидальной, частота 3,40 кГц, амплитудное напряжение 180 вольт положительной и отрицательной полярности. Диск расположен между неподвижными обкладками (на схеме не показаны). Внешняя часть диска в виде кольца шириной 22 мм изолирована от остальной части диска. Диск и обкладки разделены лавсановой плёнкой 0,03 мм. Кольцо с обкладками образуют конденсатор 1,3 нФ. Кольцо по ширине полностью заходит в прорезь магнитного ярма (2.3). Магнитная система на основе строчного трансформатора ТВС-11. Часть обкладок в районе вхождения диска в магнитную систему удалена. Для вращения диска используется шкив с намотанным на нём шнуром. Шкив устанавливается на ось диска (2.2).

Для сравнения токов от движущегося заряда с гальваническим используется другой диск с кольцом, аналогичный заряжаемому диску, но с разрезом для обеспечения тока проводимости через кольцо.

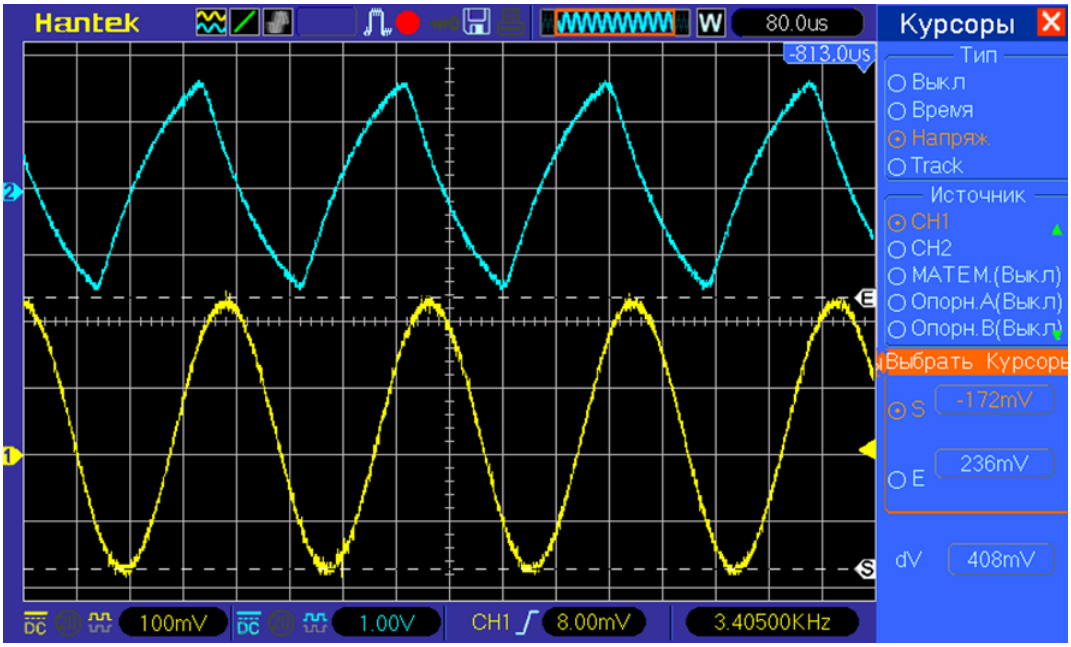
Работа устройства с движущимся зарядом. При вращении заряженного кольца внутри магнитной системы (2) при воздействии тока от изменяющегося по величине заряда на катушке (2.4) должно возникнуть переменное напряжения с частотой и формой подведенного к кольцу диска напряжению. Величина заряда определяется электрической ёмкостью диска 1,3 нФ и напряжением на кольце диска. Можно посчитать максимальную величину тока от переносимого диском заряда за одну секунду при скорости вращения диска 100 оборотов в секунду. Максимальная величина тока

движущегося заряда будет соответствовать максимальной величине амплитуде напряжения на диске. Она определяется произведением ёмкости диска, максимальными амплитудами напряжения на диске и количеством оборотов диска в секунду. Величина этого тока определена как 23,4 микроампера.

С катушки сигнал поступает на резонансный усилитель (3), настроенный на частоту 3,40 кГц. Выходной сигнал с усилителя поступает на сумматор напряжений (4), где складывается с напряжением от фазовращателя (5), которое компенсирует напряжение с усилителя при недостаточном магнитном и электрическом экранировании от помехи, исходящей от преобразователя (1) и его цепей. Скомпенсированный в сумматоре (4) сигнал поступает для регистрации на цифровой запоминающий двухканальный осциллограф DSO5202P (6).

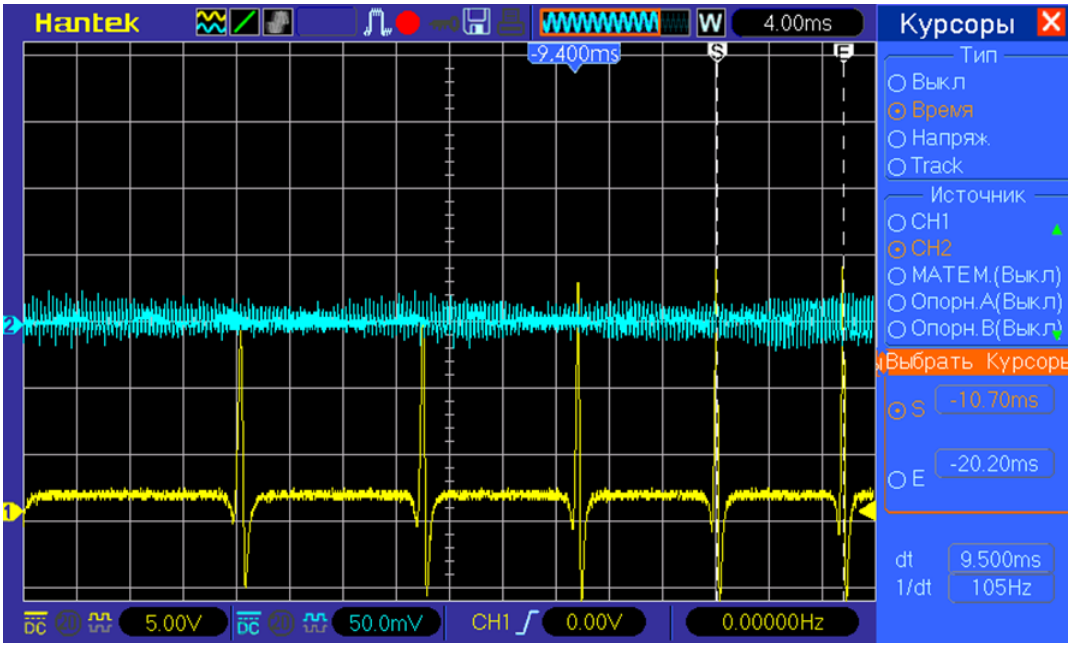
Так как необходимо выявить соответствие тока проводимости и расчётного при упорядоченном движении зарядов на заряженном кольце диска, вместо вращающегося диска вставляется диск с разомкнутым кольцом. Ток на разомкнутое кольцо обеспечивается от части напряжения преобразователя (1) после делителя напряжения и балластного резистора 50 ком. На делителе устанавливается напряжение 1,5 вольт, то есть ток проводимости в цепи кольца 30 мка.

Работа устройства с током проводимости. Сигнал с экрана двухканального осциллографа показан на Фиг.2. На верхнем канале (по расположению линий на экране) показан сигнал с делителя напряжения. На нижнем — сигнал после усилителя и сумматора (4). Удвоенное амплитудное значение сигнала (по экрану осциллографа): dV = 408.0 mV). Скорость развёртки 80.0 мкс.



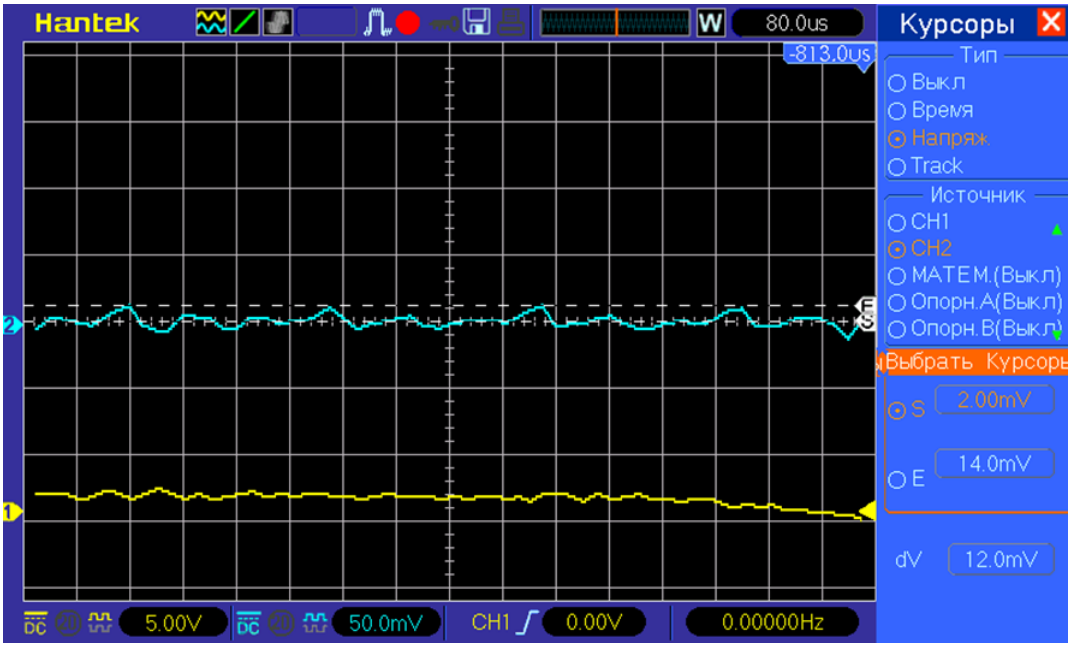
Фиг. 2 Сигнал от тока проводимости. Скорость развертки 80 мкс

Сигнал от движущегося заряда. Перед исследованием сигнала от вращающегося заряженного диска предварительно компенсируются сигнал от помех. Компенсирование происходит на не вращающимся диске. Основным источником помех является преобразователь напряжения и его цепи. Для компенсации используется часть сигнала с преобразователя (1), предварительно сдвинутый в противофазе фазовращателем (5), с амплитудой сигнала помехи. Сигнал регистрировался при поданным на кольцо диска переменного напряжения 180 вольт с частотой 3,40 кГц. Частота вращения диска 100 об/с. Этот сигнал на экране двухканального осциллографа показан на Фиг.3.



Фиг. 3 Сигнал от движущегося заряда. Скорость развертки 4 мс

На верхнем канале скомпенсированный от помех сигнал. На нижнем — сигналы от отметчика оборотов. Пунктирными линиями обозначен сигнал с диска за один оборот. Скорость развёртки 4.00 мс. На Фиг.4 показана форма этого же сигнала при развёртке 80.0 мкс.



Фиг. 4 Сигнал от движущегося заряда. Развертка 80 мкс

Пунктирной линией обозначено амплитудное значение сигнала: dV = 12.0 mV. На этих осциллограммах отсутствует предполагаемый сигнал, связанный с наличием магнитного поля от вращающегося заряженного диска. При развёртке со скоростью 80 мкс видно остаточное напряжение от неполной компенсации сигналом от фазовращателя по причине разной формы компенсируемых напряжений.

Полученные результаты. Опыт с током проводимости величиной 30 мка показал, что схема эксперимента позволяет регистрировать величины сигналов магнитных полей от токов порядка нескольких микроампер. Сигнал при вращении заряженного диска показал, что упорядоченное движение избыточных электронов на диске или их недостаток, то есть вращение положительно или отрицательно заряженного диска, не приводит к возникновению магнитного поля.

Это противоречит устоявшемуся мнению о наличии магнитного поля при упорядоченном движении заряженных тел или частиц.

Обсуждение результатов. Вывод об отсутствии магнитного поля у движущихся заряженных тел совпадает с выводом, сделанным при анализе тока через электролит.

В электролите, например водный раствор NaCl, количество электронов, поступающих из подводящего к электролиту провода, переносимых анионами в электролите и поступающие в отводящий от электролита провод одинаково. Логично сделать вывод, подтверждённый экспериментально, что движение этих электронов в составе анионов создаёт магнитное поле одинаковое с полем подводящих к электролиту проводов. В этом случае логичен вывод, что упорядоченное движение катионов («положительно заряженных» частиц«) не участвует в создании магнитного поля.

Наблюдения показывают, что избыточные электроны или их недостаток на «заряженных» телах приводит к положительному или отрицательному статическому полю, но движение «заряженных» тел или частиц не создаёт магнитное поле. Наоборот, движение электронов в проводах, электролитах создаёт магнитное поле, но не создаёт статического электрического. Из этих наблюдений следует вывод, что нет сущности «электрический заряд». Есть избыток или недостаток электронов. Есть электроны со свойством создавать при своём движении магнитное поле и избыточные электроны на телах, создающие статическое электрическое поле. Можно считать, что электроны в этих примерах находятся в разных состояниях, потому и проявляются с разными свойствами. В этом случае заблуждением можно считать утверждение об электрическом взаимодействии электронов в соответствии с приписываемым им отрицательным зарядом. Опыт показывает на отсутствие статического поля у электронов в электронном луче. Отсутствие этого поля позволяет простыми способами сводить электронный луч в пятно небольших размеров. В то же время взаимодействие электронов проявляется в опытах с двумя щелями. Образование «интерференционной» картины возможно только при наличии свойств электронов как к их взаимному притяжению, так и к отталкиванию, аналогично взаимодействию фотонов света в подобных экспериментах [2].

На основе результата проведенного эксперимента с вращающимся «заряженным» металлическим диском можно сделать вывод, что понятие «электрический ток» связано с упорядоченным движением электронов и с их свойством проявления магнитного поля при своём движении.

Выводы

1. Создана экспериментальная установка для детектирования и регистрации магнитных полей от токов проводимости порядка нескольких микроампер.

2. Электрический ток — это упорядоченное движение электронов со свойством создавать магнитное поле при своём движении.

3. Тела или частицы с избытком или недостатком электронов, создающие статическое электрическое поле, при движении не образуют магнитное поле.

4. Термин «электрический заряд» отражает состояние тела при избытке или недостатке электронов. При этом условный статический отрицательный заряд характеризует избыток электронов, а статический положительный — недостаток электронов.

5. Магнитное поле есть проявление динамического электрического поля электронов.

Литература

1. Б. М. Яворский и А. А. Детлаф. Справочник по физике. «Наука» Москва. 356

2. В. Г. Макаров. Эксперименты с двумя щелями. Эффекты группирования и «старение» света. Евразийский Научный Журнал. № 2 2022