

## РАЗРАБОТКА МОДЕЛИ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЯ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО ПОЛЯ ЗЕМЛИ

Степаненко Д.П.

*ОУ МБУДО «Дворец творчества детей и молодежи им. Добробабиной А.П.», 10 класс*

*Научный руководитель: Быкова Е.В., ОУ МБУДО «Дворец творчества детей и молодежи им. Добробабиной А.П.»*

Данная статья является реферативным изложением основной работы. Полный текст научной работы, приложения, иллюстрации и иные дополнительные материалы доступны на сайте III Международного конкурса работ учащихся «Старт в науке» по ссылке: <https://www.school-science.ru/0317/11/28941>.

Трудно переоценить значение полярных станций для науки. На них проводится огромное количество различных исследований. При этом для жизнеобеспечения станций и для работы научного оборудования требуется большое количество электроэнергии. В настоящее время обеспечение станций электричеством происходит с помощью дизельных генераторов, топливо для которых доставляется с «Большой Земли». По данным [1] доставка только 1 литра топлива стоит 7 долларов, отсюда можно предположить как дорого обходится доставка генератора до станции, его обслуживание, доставка топлива и т.п.

В связи с этим мы задумались о возможности создания альтернативного, наименее затратного источника электроэнергии, который мог бы работать в условиях полюсов Земли.

Цель исследования: разработать модель преобразователя электромагнитного поля Земли и проверить её работоспособность.

### **Задачи:**

1. Изучить теорию вопроса об электромагнитной индукции и электромагнитном поле Земли.

2. Проанализировать основные способы выработки электроэнергии, как возможные способы получения электроэнергии на научно-исследовательских полярных станциях.

3. Изготовить модель преобразователя электромагнитного поля Земли и апробировать её работу.

4. Выполнить расчеты предполагаемой производительности преобразователя электромагнитного поля Земли, помещенного в условия полюсов планеты.

**Объект исследования:** явления электромагнитной индукции и электромагнитного поля Земли.

**Предмет:** работоспособность модели преобразователя электромагнитного поля Земли.

Гипотезой исследования является предположение о том, что разработанная модель преобразователя электромагнитного поля Земли, работающая по принципу трансформатора, где первичной катушкой выступает магнитное поле Земли, а вторичной – сам прибор, может быть работоспособной.

**Методы исследования:** изучение и анализ литературы, изготовление модели, эксперимент, математическая обработка данных.

Работа носит эмпирический характер и имеет теоретическое значение.

### **Теория вопроса об электромагнитной индукции и электромагнитном поле Земли**

Принцип действия разработанной модели преобразователя электромагнитного поля Земли (далее модель ПЭПЗ) основан на существовании таких явлений как электромагнитная индукция и магнитное поле Земли. Поэтому мы считаем уместным рассмотреть эти явления в теоретической части работы.

#### *История вопроса об электромагнитной индукции*

В 1600 году в своем сочинении «О магните, магнитных телах и о большом магните – Земле» английский физик У. Гилберт объяснил принцип работы магнитного компаса и впервые ввел термин «электричество». Труды Гилберта дали большой толчок исследованию электричества, однако, связь между электричеством и магнетизмом была обнаружена только в XIX. [3]

Так, датский физик Х. Эрстед (1777–1851 гг.) в 1820 году провёл знаменитый опыт, пропустив через проводник электрический ток, и сделал вывод: «Электрический конфликт не ограничен проводящей проволокой, а имеет довольно обширную сферу активности вокруг этой проволоки» [5]. То есть потенциал тока тратится не только на нагревание провода, но и на образование магнитного поля вокруг него. Таким обра-

зом, была установлена связь между электрическим током и магнитным полем.

В дальнейшем М. Фарадей (1791–1867 гг.), английский физик-экспериментатор, предположил существование обратного эффекта: воздействие постоянного магнита на проводник с током. В августе 1831 года учёный ответил на этот вопрос с помощью своей самой знаменитой установки – кольца электромагнитной индукции Фарадея. Установка представляет собой две катушки из изолированной проволоки, намотанной вокруг железного кольца. Сложность изготовления установки заключалась в том, что в то время изолированной проволоки не существовало, и Фарадею пришлось изолировать каждый виток проволоки самостоятельно по мере продевания его через кольцо. При подключении батареи к первой катушке учёный увидел большой скачок тока в одну сторону на второй катушке, а при отключении батареи – в другую сторону. Фарадей сделал вывод, что ток индуцировался во второй катушке только тогда, когда магнитное поле, проходящее через неё, было переменным.

Таким образом, электромагнитная индукция – это явление, при котором изменяющийся магнитный поток возбуждает электрическое поле с замкнутыми силовыми линиями.

Наиболее распространенное практическое применение электромагнитной индукции нашлось в использовании трансформатора.

Обычно трансформатор состоит из двух или более обмоток, «связанных» между собой магнитопроводом. Открытие Фарадеем электромагнитной индукции стало основой для работ сербского изобретателя Н.Теслы (1856–1943гг.), который усовершенствовал принцип работы трансформатора, увеличив частоту тока. Это позволило увеличить диапазон частот и расстояние передачи энергии, что, в свою очередь, стало предпосылками для изобретения высокочастотных приборов (радио, телевизор, микроволновая печь, беспроводная зарядка для мобильных устройств, лампы с содержанием инертных газов и др.).

#### *История вопроса о магнитосфере Земли*

Другим физическим явлением, на основе которого функционирует разработанная нами модель ПЭПЗ является магнитное поле планеты, которое генерируется её ядром.

Вернёмся к У. Гильберту и его книге «О магните, магнитных телах и о большом магните – Земле». Уже в 1600 году учёный выступил с гипотезой, а позднее и с доказательством существования магнитного поля Земли. В связи с этим он впервые ввёл по-

нятие «магнитное поле» и «магнитосфера». Но данных и приборов для описания природы этого явления в тот период времени у ученого не было, и потому, причину образования магнитного поля Земли он назвать не мог.

Намного позже природу образования магнитного поля Земли смогли объяснить другие ученые, которые предположили существование ядра у планеты.

Первым таким учёным был британский физик и химик Генри Кавендиш (1731–1810гг.). Доказать свою гипотезу ему удалось путем сравнения массы Земли, измеренной разными способами.

В первом случае, он использовал термин гравитационной постоянной, который был введён английским учёным Ньютоном (1642–1752 гг.), как синоним силы тяготения. Для нахождения численного значения этой силы ученый воспользовался крутильными весами, изобретёнными Джоном Мичеллом (1724–1793 гг.), который не успел закончить вычисления в связи с кончиной.

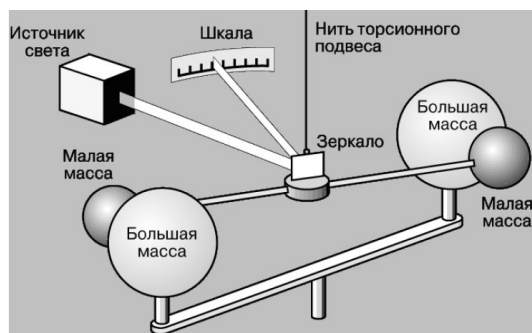


Рис. 1. Крутильные весы

Эксперимент проводился следующим образом: на тонкой нити с прикрепленным к ней небольшим зеркалом была закреплена спица. С помощью лазера свет подавался на зеркало и отражался на шкале, находящейся сверху экспериментальной установки (Рисунок 1.). На концах спицы были 250 граммовые шары. К этим шарам подносили другие, но уже более тяжёлые. Из-за силы притяжения, которая образовалась между двумя парами шаров, они притягивались друг к другу. Чтобы устранить погрешность, было принято немало мер: для чистоты эксперимента спицу с большими шарами сначала подводили с одной стороны, а затем с другой. С помощью этого измеряли угол закручивания нити, что помогло вычестть силу упругости. Также, для того, чтобы потоки конвекционного воздуха не сбивали конечные показатели, установка была помещена в де-

ревянный кожух. Предположив, что нить может закручиваться от магнитного притяжения двух спиц, Кавендиш заменил их на медные, получив те же результаты. С помощью этого опыта ученый вычислил массу Земли, равную  $5,97 \times 10^{24}$  килограммов. Во втором случае, Генри Кавендиш измерил массу Земли через плотность почвы, исходя из массы определенного объема верхнего слоя земли (выкапывая и взвешивая его). Численное значение веса Земли, полученное таким способом, оказалась значительно меньше значения, полученного в первом случае.

С помощью этого эксперимента Г. Кавендиш смог экспериментально измерить массу земли. Но произведение объема планеты и массы верхних слоев земли значительно не совпадало с массой Земли, вычисленной в процессе опыта с крутильными часами. Из этого следовало косвенное доказательство наличия внутри Земли более тяжелого вещества, то есть существования внутреннего ядра планеты.

Далее ученые доказали, что ядро планеты образует магнитное поле, которое непосредственно воздействует на электромагнитное, плазменное излучение, возникающее в результате геофизических процессов других небесных тел или материй. В результате, было дано более точное определение понятию «магнитосфера», введенному в 1600 году У. Гильбертом.

**Магнитосфера** – область пространства вокруг планеты или другого намагниченного небесного тела, которая образуется, когда поток заряженных частиц, например, солнечного ветра, отклоняется от своей первоначальной траектории под воздействием внутреннего магнитного поля этого тела [6]. Магнитосфера является природным «защитником» Земли: создавая полость, обтекаемую солнечным ветром, она взаимодействует с ним, отклоняя его от первоначальной траектории. В связи с этим магнитосфера вызывает активный интерес ученых – представителей различных направлений науки.

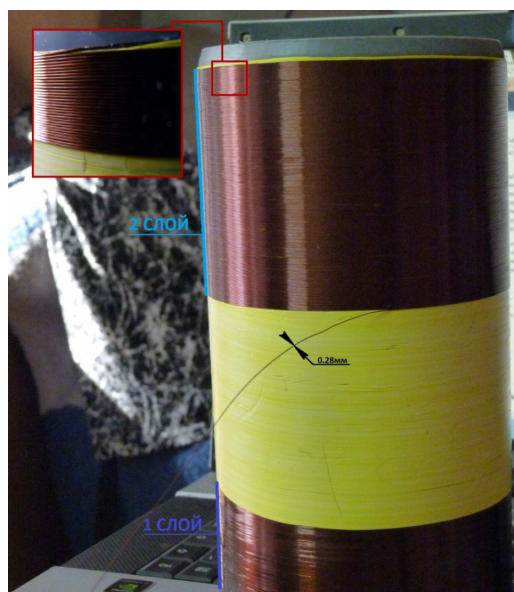
Для тщательного изучения ядра и магнитосферы Земли, люди начали посылать экспедиции в основном на Северный и, намного реже, Южный полюса планеты.

#### **Эмпирическая проверка работоспособности модели преобразователя электромагнитного поля Земли**

При проведении эмпирического исследования было запланировано изготовить модель, апробировать её работу и произвести необходимые расчеты по возможности использования прибора на полюсах Земли.

#### *Изготовление модели ПЭПЗ*

Работа описанной ниже модели основана на явлении электромагнитной индукции и существовании электромагнитного поля Земли. Прибор действует по принципу трансформатора, где катушкой №1 будет выступать электромагнитное поле Земли, а катушкой №2 – модель ПЭПЗ. Отсутствие подвижных частей ПЭПЗ обусловлено тем, что магнитные линии исходящие из ядра Земли – подвижны, это можно отчетливо видеть при полярном сиянии.



*Рис. 2. Изготовление модели*

За основу соленоида (катушки) была взята пластиковая труба. Для того чтобы ожидаемый эффект был измеримым, был выбран диаметр трубы свыше 100 миллиметров, а именно 110 миллиметров (как самый доступный). Провод, которым был обмотан соленоид, имеет диаметр 0,28 миллиметров (без учёта лаковой изоляции). Для большего коэффициента полезного действия, провод наматывался вручную виток к витку, в два слоя (рис. 3). Первый слой является основным и необходим для подбора минимального предела резонансной частоты модели.

Второй слой является калибровочным и необходим для точного измерения резонанса.

Так как данный соленоид должен не генерировать магнитное поле, близкое к однородному, а поглощать его, то количество слоев его обмотки не оказывает какого-либо влияния на результаты эксперимента.

Между слоями была намотана уплотнительная лента для предотвращения образования статического электричества, которое могло бы возникать в результате взаимодействия с различными источниками статического заряда.

На следующем этапе изготовления прибор был покрыт огнестойкой эмалью, которая предотвращает потери генерируемого электричества. При этом была оставлена продольная полоса неокрашенных слоёв провода шириной 17 миллиметров, на которой был удален лаковый (изоляционный) слой на каждом проводе через каждые 42 витка для произведения измерений резонансной частоты.

Для того, чтобы можно было отслеживать цифровые значения генерируемого напряжения, к модели был подключён вольтметр через простую схему выпрямителя и накопления электричества.

Для того чтобы была возможность перед каждым новым замером напряжения обнулять накопленное ранее, была впаяна кнопка вразрыв плюса и минуса конденсатора.

#### *Описание хода эксперимента*

В эмпирической части работы был проведен эксперимент, целью которого было доказать, что созданная модель ПЭПЗ может получать и накапливать напряжение от магнитного поля Земли. Для доказательства этой гипотезы необходимо было производить замеры напряжения на конденсаторе модели, помещенной в разные условия. Далее полученные результаты анализировались путём построения функций. Затем были произведены расчеты возможного использования модели ПЭПЗ в условиях полюсов Земли.

Нами было проведено 2 серии опытов:

– замеры накопления напряжения на конденсаторе, когда постоянной величиной остается количество витков на испытываемой модели, а переменной величиной является время накопления энергии;

– замеры накопления напряжения на конденсаторе, когда постоянной величиной остается время (1 минута), а переменной величиной является количество витков на модели (от 678 до 1357 с шагом 45 витков).

При этом, в каждой серии опытов менялась высота, на которой находилась модель во время замеров. В одном случае – это 1 этаж здания (2 метра от уровня земли), во втором – 4 этаж (14 метров).

Кроме того, в первой серии опытов подобные замеры были выполнены на открытой местности, на улице, где все возможные источники тока, от которых могут возник-

нуть погрешности измерений, были точно удалены.

Отметим сразу, что результаты замеров на улице совпали с результатами замеров на 1 этаже обесточенного здания. Это доказывает то, что замеры, выполненные на 4 этаже обесточенного здания, тоже будут верны.

Все замеры произвести на улице в наших условиях было невозможно, так как, во-первых, при низких температурах происходило быстрое охлаждение полупроводниковых компонентов, во-вторых, было необходимо выполнить замеры на высоте, а рядом со всеми доступными высокими объектами располагались источники тока, которые создают погрешности.

Далее, по полученным во время замеров данным, строились графики (вручную и с помощью программы Excel и онлайн сервиса Wolfram Alpha), выявлялась функция схожей траектории, и производились необходимые расчеты.

#### *Анализ результатов эксперимента*

Проведенный эксперимент состоял из 2 серий опытов.

1-я серия опытов была проведена на открытом участке на улице, на 1 и 4 этажах обесточенного здания. Были произведены замеры накопления напряжения на конденсаторе, когда постоянной величиной остается количество витков на модели (678 витков), а переменной величиной является время (от 1 до 20 минут). Результаты (экспериментов) сведены в таблицу.

Согласно полученным данным были построены графики (рис. 3).

С помощью полиномиальной функции  $(2.60538 + 0.830237 X)$ , полученной из данных измеренных на 4 этаже и на улице, мы можем построить прямую, в которой  $x$  в  $y = 1000$  будет пересечен прямой в точке равной 2400 минут, следовательно, 1 вольт на 4 этаже накопится через 40 часов, так как  $2400 / 60 = 40$ .

Прямая, полиномиальная функция  $(0.802691 + 0.415119 X)$ , построенная на измерениях на 1 этаже в  $x$  при  $y = 1000$ , будет пересечена прямой в точке, равной 1200 минут, то есть 1 вольт на 1-ом этаже накопится через 20 часов.

То есть, напряжение на конденсаторе модели ПЭПЗ накапливается быстрее на более низкой высоте.

Так как плотность магнитных линий в нашей широте гораздо ниже, чем на полюсах, то количество накопленных вольт на полюсах, по нашим предположениям, будет гораздо выше, чем количество, накопленное моделью.

Результаты замеров накопления напряжения на конденсаторе при постоянной величине количества витков

Время проведения замера	Напряжение в милливольтгах					
	На улице		На 1 этаже (высота 1,5 метра)		На 4 этаже (высота 14 метров)	
	измеренные значения	полиномиальная функция	измеренные значения	полиномиальная функция	измеренные значения	полиномиальная функция
1 минута	3,3	3	3,4	3	0,7	1
3 минута	6	5	6	5	1,9	2
5 минута	7,9	7	7,8	7	2,6	3
7 минута	9,5	9	9,4	9	3,2	4
10 минута	11,3	11	11,5	11	4,6	5
13 минута	13,4	13	13,4	13	6,1	6
15 минута	14,5	15	14,5	15	6,8	7
17 минута	15,8	17	15,7	17	7,6	8
20 минута	17,6	19	17,5	19	9,2	9

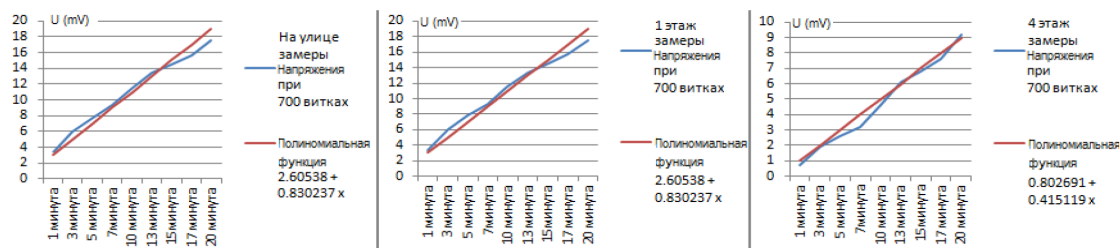


Рис. 3. Графики функций накопления напряжения при постоянном количестве витков.

Значение, которое может получиться на полюсе, можно вычислить путем умножения полученных нами данных на коэффициент роста напряженности магнитного поля Земли (термин наш), который мы вычислили путем деления значений средней напряженности магнитного поля Земли на полюсах на значение средней напряженности магнитного поля Земли в нашей широте.

Список литературы

1. Антарктический дневник – дошли до Южного полюса: [Электронный ресурс] // Travel.ru, 2012. URL: <http://reports.travel.ru/letters/2012/12/210896.html> (Дата обращения 06.01.2017).

2. Базарова А. Чему равна масса Земли?: [Электронный ресурс] // Elhow, 2015. URL: <http://elhow.ru/ucheba/fizika/chemu-ravna-massa-zemli>. (Дата обращения 05.01.2017).

3. Гильберт В. О магните, магнитных телах и о большом магните – Земле / В. Гильберт. – М.: АН СССР. – 412 с.

4. Источники электроэнергии [Электронный ресурс] // ФазаА.ру, 2014 – 2017. – URL: <http://fazaa.ru/dlyanachinayushhix/poluchenie-elektrichestva.html>. (Дата обращения 05.01.2017).

5. Краюхина Т.Е. Открытие магнитного поля: [Электронный ресурс] // Энергетику, 2016. – URL: [http://energ2010.ru/Fizika/Fizika\\_Krivchenko/Otkrytie\\_magn\\_polya.html](http://energ2010.ru/Fizika/Fizika_Krivchenko/Otkrytie_magn_polya.html). (Дата обращения 05.01.2017).

6. Магнитосфера [Электронный ресурс] // Newikis. – URL: <https://www.newikis.com/ru/wiki/Магнитосфера> (Дата обращения 07.01.2017).

7. Строение и характеристики магнитного поля Земли [Электронный ресурс] // Студопедия, 2014. – URL: [http://studopedia.ru/3\\_123915\\_stroenie-i-harakteristiki-magnitnogopolya-zemli.html](http://studopedia.ru/3_123915_stroenie-i-harakteristiki-magnitnogopolya-zemli.html) (Дата обращения 07.01.2017).