

УДК 537

Кинематика вектора магнитной индукции.**Л.М. Цапурин***Цапурин Леонид Максимович, Tsapurin Leonid – инженер
Кировская область, пгт. Орчи.*

Аннотация: в статье исследуются некоторые случаи кинематики вращательного движения вектора магнитной индукции в плоскостях перпендикулярной и перпендикулярной оси вращения, приводится описание установки для проведения экспериментального исследования полученных теоретических выводов и краткие результаты.

Ключевые слова: магнетизм вращения, вектор, магнитная индукция, ток смещения, вихревые магнитные и электрические поля, кольцевой магнит.

Kinematics of magnetic induction vector.**Tsapurin L.**

Abstract: the article deals with some cases, rotary motion kinematics of magnetic induction vector in the plane perpendicular to the axis of rotation is provided for the conduct of the pilot study obtained theoretical conclusions and summary results.

Keywords: magnetism of rotation vector, magnetic induction, bias current, Vortex magnetic and electrical fields, the ring magnet.

Введение. Кинематика магнитного поля, как следствие движения источника этого магнитного поля, широко используется в технике. Тем не менее, электромагнитные явления, возникающие в окружающем этот источник пространстве не находят однозначного объяснения среди специалистов, занимающихся исследованием этих электромагнитных явлений.

Остаются необъяснимыми [13] до конца эффекты, которые озвучены в связи с левитацией дисков Серла, в экспериментах с генератором Година-Рощина [2], с квантовым двигателем Леонова В.С., с униполярным мотором-генератором Фарадея. По нашему мнению все перечисленные эффекты, как правило, являются следствием вращения магнитного поля и его вектора магнитной индукции в пространстве.

Актуальность. К сожалению, на сегодня не имеется достаточной теоретической базы для понимания физического смысла происходящих при этом электромагнитных процессов, поэтому имеется настоятельная необходимость теоретической и экспериментальной проработки этого вопроса.

Основной целью настоящей работы является скромная попытка теоретически обосновать физическую сущность явлений, сопровождающих движение источников магнитного поля в пространстве его кинематику и попытаться экспериментально подтвердить полученные теоретические выводы.

Задачи работы:

1. Получить теоретические зависимости между вращающимся вектором магнитной индукции и векторами токов смещения в окружающем пространстве и токами проводимости.
2. Экспериментально подтвердить или отвергнуть полученные теоретические зависимости.

Прежде всего, уточним, что понимается под определением «вращающееся магнитное поле». В «Физическом энциклопедическом словаре» такое определение отсутствует. В Википедии приводится следующее определение вращающегося магнитного поля:

«*Обычно под вращающимся магнитным полем понимается магнитное поле, вектор магнитной индукции которого, не изменяясь по модулю, вращается с постоянной угловой скоростью. Впрочем, вращающимися называют и магнитные поля магнитов, вращающихся относительно оси, не совпадающей с их осью симметрии (например, магнитные поля звезд или планет)*». Магнитная индукция (магнитной индукции вектор \vec{B}) [18] стр. 366 определяется как основная характеристика магнитного поля, представляющая собой среднее значение суммарной напряжённости микроскопических магнитных полей, созданных отдельными электронами и другими элементарными частицами.

В системе СИ вектор магнитной индукции определяется как

$$(1) \quad \vec{B} = \mu_0 \vec{H} (1 + \chi); \text{ где: } \mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7} \text{ Гн/м} - \text{ магнитная постоянная.}$$

\vec{H} – вектор магнитной напряжённости.

χ – магнитная восприимчивость вещества.

За направление вектора магнитной индукции \vec{B} принимается касательная к кривой, условно изображающую силовую линию магнитного поля.

Научный подход к рассмотрению вопроса движения магнитного поля, в том числе вращения в пространстве предполагает строгое определение не только значения абсолютной величины, но и направленности вектора магнитной индукции \vec{B} относительно оси вращения источника

магнитного поля. Как правило, в экспериментах с вращающимся магнитным полем в качестве источника магнитного поля используются постоянные магниты различной конфигурации. Известно, что магнитное поле любого источника образно представляется так называемыми магнитными силовыми линиями, которые, используя терминологию теории поля, представляют собой векторные линии. На рис.2 изображено примерное направление вектора магнитной индукции \vec{B} в плоском прямом магните. Как видно из рисунка направление вектора магнитной

индукции в пространстве относительно плоскости, разделяющей полюса, и самих полюсов изменяется.

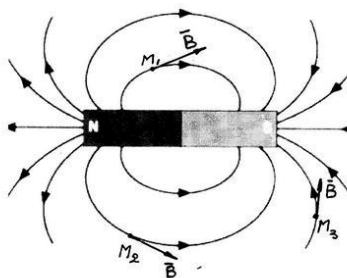


Рис.2. Направление магнитных силовых линий и вектора магнитной индукции

в плоском прямом магните

В кольцевых магнитах, используемых для исследований магнитных явлений, картина расположения магнитных силовых линий несколько другая и представлена на рис.3. Она имеет ещё более сложный вид и это необходимо учитывать при проведении всевозможных экспериментов с вращением кольцевых магнитов.

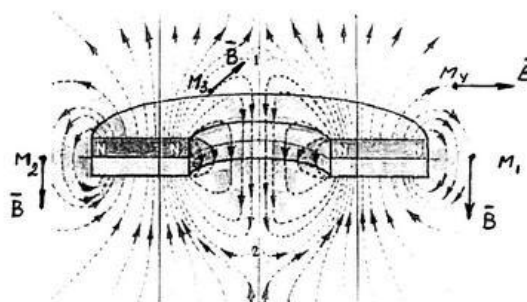


Рис.3. Схема направления магнитных силовых линий и вектора магнитной индукции в кольцевом магните. (Использована схема из журнала «Техника-молодёжи» №6, 1991 г., стр.2, автор Лебедев И.)

В практике встречаются и более сложные конфигурации магнитов, которые генерируют причудливые формы магнитных силовых линий, но для всех таких случаев характерно одно общее свойство эти линии замкнуты, что означает, что магнитное поле имеет вихревой характер. Очевидно, что абсолютная величина вектора магнитной индукции любого постоянного магнита будет функцией расстояния от условного центра до точки измерения этой величины.

Тогда для вектора магнитной индукции \vec{B} будет справедлива запись

$$(2) \quad \vec{B} = \frac{B}{\rho} \times \vec{r}; \quad \text{где: } B - \text{ абсолютное значение вектора магнитной индукции, его модуль;}$$

\vec{r} – единичный вектор, касательный к силовой линии
магнитного поля в точке измерения

ρ - расстояние от условного центра до точки измерения величины
магнитной индукции.

Анализ известных публикаций о вращении магнитов различных конфигураций около оси, проходящей по линии раздела их полюсов, с целью изучения возникающих при этом в окружающем пространстве электромагнитных явлений, показывает, что в таких экспериментах не всегда должным образом учитывают фактор направленности вектора магнитной индукции, что приводит к недостоверным выводам.

Так авторы в работе [15] описывают эксперименты с вращающимся ненаклонным магнитным ротатором (кольцевым магнитом), ось вращения которого параллельна магнитному моменту.

В этой работе утверждается, что в пространстве вокруг магнитного ротатора генерируется электрическое поле. Установлена эмпирическая зависимость величины вектора \vec{E} электрической напряжённости с величинами угловой скорости магнитного ротатора $\vec{\omega}$ и радиусом – вектором \vec{r} и вектором магнитной индукции \vec{B} . Эта взаимосвязь определена авторами формулой, которая в векторной форме представлена ниже

$$(3) \quad \vec{E} = \frac{1}{c} [\vec{B} \times (\vec{\omega} \times \vec{r})]; \quad \text{где: } c - \text{ скорость распространения электромагнитных колебаний в вакууме.}$$

В работе [7] проведён анализ экспериментов, ранее проведённых отдельными авторами, с вращающимися кольцевыми магнитами. Подтверждена генерация электрического поля в пространстве вокруг вращающегося кольцевого магнита и взаимозависимость этого поля от угловой скорости вращения и расстояния от оси вращения в соответствии с формулой (3).

К сожалению, авторы работ [15,7] не указывают направление магнитных силовых линий в точках измерения напряжённости электрического поля вокруг кольцевых магнитов, которые использованы в экспериментах, поэтому сложно судить о достоверности полученных результатов.

Наиболее основательно в теоретическом плане рассмотрены вопросы электродинамики вращающихся магнитных полюсов в работе [17]. Предположена векторная зависимость компоненты вихревого электрического поля \vec{E} , генерируемого вращением магнитного поля, от произведения вектора \vec{A} , характеризующего магнитное поле вращающегося магнита и вектора $\vec{\omega}$ - угловой скорости вращения вектора \vec{A} около некоего центра вращения.

$$(4) \quad \vec{E} = \vec{A} \times \vec{\omega};$$

Как видно, формулы 3 и 4 неоднозначно определяют зависимость \vec{E} от векторов $\vec{\omega}$ и \vec{B} . При этом не поясняется, что такое компонента \vec{E} электрического поля и вектор \vec{A} , характеризующий магнитное поле.

В работе [5] утверждается, что магнитное поле вращающегося кольцевого магнита - это статическое образование, не принадлежащее носителю поля.

В работе [6] определено, что электрическое поле, генерируемое магнитным полем не может быть вихревым, так как электрическое поле – это силовое поле.

Учитывая результаты экспериментальных исследований [2,5,6,10,15], можно заключить, что при вращении в пространстве магнитного поля, вокруг такого источника магнитного поля генерируется электрическое поле.

Как видно, из приведённого выше краткого обзора, среди экспериментаторов теоретиков нет однозначного понимания явления взаимопревращения вращающегося магнитного поля в электрическое поле. Поэтому, на наш взгляд, требуются дополнительные как теоретические, так и экспериментальные исследования этих явлений.

Считаем, что в зависимости от формы магнитных силовых линий, образующихся в пространстве около носителя магнитного поля, в экспериментах с вращающимся магнитным полем, при теоретическом обобщении этого процесса, за основу следует принять три варианта направлений вектора магнитной индукции относительно оси вращения магнита.

Первый вариант. Вектор магнитной индукции имеет направление перпендикулярное (тангенциальное) к радиусу окружности вращения, **второй**, когда вектор магнитной индукции имеет направление, совпадающее с радиусом окружности вращения (радиальное) и **третий**, когда вектор магнитной индукции имеет направление параллельное оси вращения.

Заметим, что в экспериментах с вращением магнитов в форме кольца все три варианта направления вектора магнитной индукции в пространстве присутствуют одновременно, что сказывается на результатах экспериментов и достоверность выводов по ним. Рассмотрим все перечисленные варианты отдельно.

Учитывая результаты ранее проведённых исследований, показывающих, что основными факторами, влияющими на электромагнитные явления в пространстве, окружающем

вращающиеся магнитные полюса, являются векторы $\vec{\omega}$ и \vec{B} , для моделирования таких физических процессов используем векторный анализ и теорию поля [3,8].

Первому варианту соответствует положение вектора \vec{B} , изображённое на рис.3.

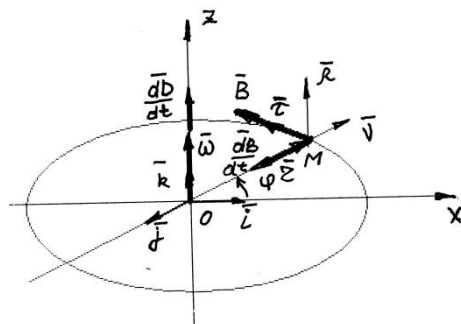


Рис. 3. Вращение вектора магнитной индукции \vec{B} в плоскости перпендикулярной оси вращения (соприкасающейся плоскости), направленного перпендикулярно радиусу окружности вращения.

Вращение вектора магнитной индукции в соприкасающейся плоскости [3], направленного тангенциально - перпендикулярно радиусу окружности вращения является классическим примером циркуляции вектора вообще и вектора магнитной индукции \vec{B} в частности.

По аналогии с кинематикой точки, движущейся по окружности с центром в точке O , которую поместим в центр системы координат $HOYZ$, вектор \vec{B} можно описать следующим выражением

$$(5) \quad \vec{B} = B_x \cdot \vec{i} + B_y \cdot \vec{j} + B_z \cdot \vec{k}; \text{ где: } \vec{i}, \vec{j}, \vec{k} - \text{единичные векторы по направлению осей } X, Y, Z.$$

B_x, B_y, B_z – модули проекций вектора \vec{B} на соответствующие оси.

B_z - равно нулю.

Таким образом, вектор \vec{B} представляет сложную векторную функцию времени t , тогда по правилам кинематики и дифференцирования сложной векторной функции вектор \vec{B} можно представить как

$$(6) \quad \vec{B} = \frac{d\vec{r}}{dt} = \frac{d\vec{r}}{ds} \cdot \frac{ds}{dt}; \text{ где: } ds - \text{дифференциал кривой (в нашем случае окружности) в точке } M$$

Далее, в местоположение точки M поместим систему прямоугольных координат, которые образуют так называемый трёхгранник Френе [19], с единичными векторами: \vec{t} (касательный к окружности в точке M), $\vec{\beta}$ - (направлен по бинормали к окружности в точке M), \vec{v} - (направлен по нормали к окружности в точке M), тогда в соответствии с [3]

$$(7) \quad \frac{d\vec{r}}{ds} = \vec{t};$$

а

$$(8) \quad \frac{ds}{dt} = B - \text{модуль вектора } \vec{B} \text{ в точке } M \text{ в момент времени } t.$$

Поэтому для точки M и учитывая, что модуль вектора \vec{B} - const можно записать

$$(9) \quad \vec{B} = B \cdot \vec{t};$$

Учитывая то, что вектор \vec{B} , совершая вращательное движение по окружности, изменяет своё направление в пространстве продифференцируем вектор \vec{B} , и по аналогии с кинематикой,

получим новый вектор, который характеризует скорость изменения направления вектора \vec{B} при движении его по окружности с центром в точке О, обозначим его как \vec{B}_w , тогда

$$(10) \quad \vec{B}_w = \frac{d\vec{B}}{dt} = \frac{d(B \cdot \vec{r})}{dt} = B \cdot \frac{d\vec{r}}{dt} + \vec{r} \cdot \frac{dB}{dt};$$

принимая, что $B - \text{const}$ справедливо будет выражение

$$(11) \quad \vec{B}_w = B \cdot \frac{d\vec{r}}{dt};$$

но

$$(12) \quad \frac{d\vec{r}}{dt} = \frac{d\vec{r}}{ds} \cdot \frac{ds}{dt} = \frac{v}{R} \vec{v}; \quad \text{где: } \vec{v} - \text{единичный вектор, направленный по нормали к окружности в точке М.}$$

тогда

$$(13) \quad \vec{B}_w = B \cdot \omega \cdot \vec{v};$$

Кроме того, в соответствии с уравнениями Максвелла для циркуляции вектора напряжённости магнитного поля \vec{H} в вакууме имеет место соотношение

$$(14) \quad \text{rot } \vec{H} = \vec{j} + \frac{d\vec{D}}{dt}; \quad \text{где: } \vec{H} = \frac{\vec{B}}{\mu_0} - \text{напряжённость вихревого магнитного поля.}$$

\vec{j} – ток проводимости.

$\frac{d\vec{D}}{dt}$ – ток смещения ($\vec{D} = \epsilon_0 \vec{E}$);

\vec{E} – напряжённость электрического поля в вакууме.

Схема образования этого тока смещения приведена на рис.4

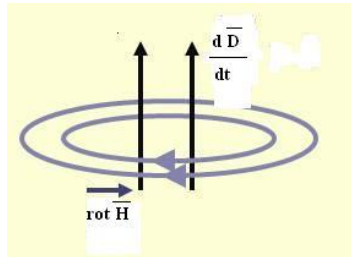


Рис.4. Схема образования тока смещения при вращении магнитного поля.

Учитывая выражение (14) можно заключить, что в центре вращения О вектора магнитной индукции при наличии проводника в нём возникает ток проводимости, а при отсутствии ток смещения.

$$(15) \quad \text{rot } \vec{B} = \mu_0 \vec{j} + \frac{1}{c^2} \cdot \frac{d\vec{E}}{dt};$$

но в соответствии с ранее проведёнными расчётами в [12] мы имеем:

при $\vec{j} = 0$

$$(16) \quad \frac{d\vec{E}}{dt} = c^2 \text{rot } \vec{B};$$

Таким образом, в результате вращения вектора магнитной индукции, расположенного в плоскости перпендикулярной оси вращения и перпендикулярного радиусу окружности вращения, в нормальной плоскости на оси вращения генерируется вихревое электрическое поле $\frac{d\vec{E}}{dt}$, а при вращении объёмного источника магнитного поля, мы имеем наложение разнонаправленных магнитных и электрических полей.

Максимальное значение это поле приобретает на оси вращения в точке пересечения оси вращения с плоскостью вращения и имеет переменный характер.

К сожалению, генерация электрического поля в центре плоскости вращения вектора магнитной индукции до сих пор экспериментально не исследована. Тем не менее, появление электрического тока на оси униполярного генератора установлено, поэтому можно утверждать, что этот ток есть следствие генерации электрического поля на оси вращения магнитного поля.

Второму варианту соответствует схема расположения вектора \vec{B} , приведённая на рис.5

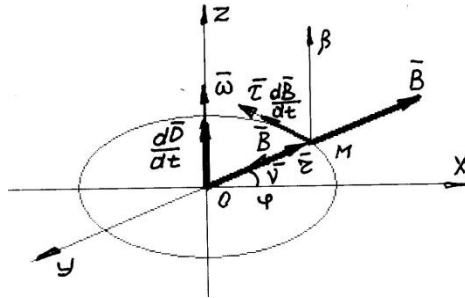


Рис.5. Вращение вектора магнитной индукции \vec{B} , направленного радиально - по радиусу окружности вращения.

Второй вариант. Рассмотрим процесс вращения вектора магнитной индукции расположенного по линии пересечения нормальной и соприкасающейся плоскостей, при этом этот вектор направлен по радиусу окружности вращения с началом в точке М.

Тогда учитывая кинематику и в соответствии с [3], формулами Френе [19], в пространстве возникает новый вектор $\frac{d\vec{B}}{dt}$, расположенный в пересечении соприкасающейся и спрямляющей плоскостей с направлением, совпадающим с направлением вращения точки М.

Для нахождения вектора $\frac{d\vec{B}}{dt}$ введём систему координат с центром в точке М, расположенной на окружности вращения с единичными векторами $\vec{i}, \vec{j}, \vec{k}$. Как известно любой вектор можно представить в виде произведения

$$(18) \quad \vec{B} = B \times \vec{v}; \text{ где } \vec{v} - \text{единичный вектор.}$$

тогда

$$(19) \quad \frac{d\vec{B}}{dt} = B \times \frac{v}{r} \times \vec{r}; \text{ где: } v - \text{линейная скорость точки М;}$$

$r - \text{радиус окружности вращения.}$

или

$$(20) \quad \frac{d\vec{B}}{dt} = B \times \omega \times \vec{r};$$

Учитывая, что вектор $\frac{d\vec{B}}{dt}$ совершает вращательное движение (циркуляцию) вокруг точки О в соприкасающейся плоскости, то с учётом уравнений Максвелла получим

$$(21) \quad \text{rot} \frac{d\vec{B}}{dt} = \mu_0 \frac{d\vec{D}}{dt}; \quad \text{где: } \frac{d\vec{D}}{dt} = \epsilon_0 \frac{d\vec{E}}{dt} - \text{ток смещения, имеющий вихревой}$$

характер.

тогда справедливо

$$(22) \quad \frac{d\vec{E}}{dt} = c^2 \cdot \text{rot} \frac{d\vec{B}}{dt};$$

Таким образом, по оси вращения будет генерироваться ток смещения, а при наличии проводника в центре вращения в нём будет создаваться ЭДС, что мы, и наблюдаем в униполярном генераторе.

Кроме того, общая картина электрического поля около вращающегося магнитного поля будет аналогичной картине магнитного поля около селеноида. Схема изображена на рис. 6

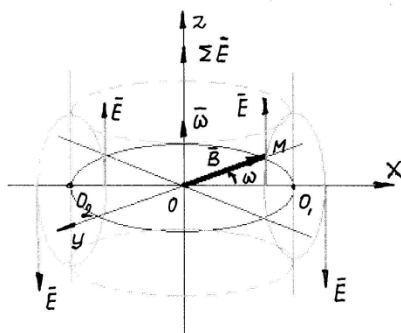
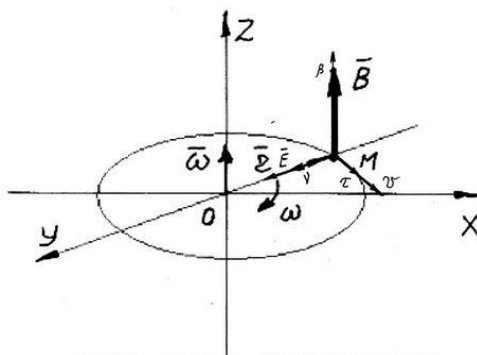


Рис.6. Схема генерирования электрического поля вращением вектора магнитной индукции.

Третий вариант. Рис. 7. В этом случае вектор \vec{B} , расположенный в подвижной системе координат $vM\beta\tau$, направленный вдоль оси $M\beta$, вращается вокруг оси OZ неподвижной системы координат XOYZ со скоростью v .



Учитывая, что в данном случае происходит относительное движение вектора \vec{B} по отношению неподвижной системы координат XOYZ в ней можно фиксировать электрическое поле напряжённостью \vec{E} . Поэтому справедливо записать в векторной форме соотношение.

$$(24) \quad \vec{E} = \vec{v} \cdot \vec{B};$$

Здесь уместно вспомнить об известном уравнении, которое определяет силу Лорентца, возникающую при относительном движении электрического заряда в электрическом и магнитном поле.

$$(25) \quad F = g(E + v \cdot B); \text{ где: } g - \text{движущийся электрический заряд};$$

E - напряжённость электрического поля ;

v - скорость движения электрического заряда
относительно магнитного поля;

B - величина магнитной индукции магнитного поля.

Произведение векторов $\vec{v} \cdot \vec{B}$ в уравнении (25) не что иное как вектор электрической напряжённости \vec{E} , направленный перпендикулярный двум первым. Электрическое поле в данном случае возникает в пространстве при движении магнитного поля, и оно может быть легко обнаружено введением пробного электрического заряда или проводника, в котором обнаружится ЭДС.

Величина напряжённости этого электрического поля будет

$$(26) \quad E = \omega \cdot r \cdot B$$

Таким образом, такое положение вектора магнитной индукции при вращении источника магнитного поля, будет генерировать электрическое поле, вектор которого будет расположен в плоскости вращения и направлен по радиусу окружности вращения, что подтверждается в эксперименте. Формула (26) показывает, что в точках, лежащих на пересечении оси вращения вектора магнитной индукции и соприкасающейся плоскости можно создавать достаточно высокие значения напряжённости электрического поля.

Учитывая выше изложенное, можно заключить, что в экспериментах, связанных с вращением магнитов различных конфигураций мы имеем дело с наложением друг на друга магнитных полей, как правило, вихревого характера, которые генерируют в пространстве электрические поля и токи смещения. Поскольку эти электрические поля имеют интегральный характер, описание их одной формулой на наш взгляд не представляется возможным.

В первой серии испытаний, выполненных с целью проверки выше приведённых теоретических выводов, была спроектирована и создана экспериментальная установка, включающая вращающийся диск с закреплённым на его теле кольцевым магнитом. Схема установки приведена на рис.6.

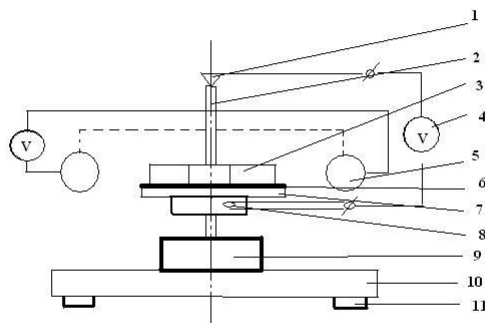


Рис. 6. Схема экспериментальной установки для изучения вращения магнитного поля.

1. Скользящий контакт. 2. Электропроводящий шток. 3. Вращающийся магнит.
4. Электроизмерительный прибор. 5. Катушки для измерения ЭДС электрического поля.
6. Изолирующая пластина. 7. Вращающаяся платформа. 8. Диск со скользящим контактом.
9. Многоскоростной электропривод. 10. Установочная платформа. 11. Амортизирующие опоры.

Для получения более полного представления о проведённых экспериментах и соответствующей экспериментальной установке приведены фото.1 и 2.

Многоскоростной электропривод позволял получать скорости вращения диска: 1500 об/мин, 2600 об/мин. Для изготовления деталей установки использовались немагнитные материалы. Кольцевой ферритовый магнит имел следующие размеры: наружный диаметр – 75 мм, внутренний диаметр – 35 мм, высота – 10 мм. Расположение силовых линий магнитного поля кольцевого магнита соответствует, показанным на рис.3. Остаточная магнитная индукция B_r – 040 Тл. Максимальная магнитная энергия W_H – 30 кДж/м³. Вокруг кольцевого магнита на расстоянии 60 мм от центра вращения, равномерно по окружности были смонтированы девять катушек, соединённые последовательно общая длина провода, которых составляла 19,5 метров. Катушки устанавливались с целью обнаружения электрического поля, которое как, следует из теории, должно генерироваться вращающимся магнитным полем в спрямляющей плоскости к окружности вращения. Кольцевой магнит изолирован от диска со скользящим контактом посредством изолирующей пластины. Измерение величины магнитной индукции кольцевого магнита в разных его точках производилось с использованием датчика Холла SS495A TO-92. Для измерения параметров электрического тока возникающего в проводниковых контурах использовался мультиметр ВЗ-38 и цифровой прибор DT830В



Фото 1. Экспериментальная установка по изучению явлений, возникающих при вращении магнитного поля (вектора магнитной индукции).



а)



б)

Фото 2. Измерение параметров электрического тока и поля при вращении кольцевого магнита.

а) общий вид установки, б) приборы для измерения величины напряжённости магнитного поля с использованием датчика Холла.

Как следует из схемы, приведённой на рис. 6, на оси вращения кольцевого магнита установлен электропроводящий шток, с которого с помощью скользящих контактов снималась ЭДС.

В результате вращения кольцевого магнита устойчиво регистрируется ЭДС в электропроводящем штоке и в теле кольцевого магнита на всех режимах вращения от 2 до 3 вольт. В катушках, расположенных по окружности в плоскости вращения магнита, регистрировались значения электрического напряжения на подсоединённом к ним осциллографе и милливольтметре только в виде шумов.

Кроме того, при вращении кольцевого магнита измерялись показания веса установки на выше указанных скоростях вращения кольцевого магнита. Каких либо значимых изменений величины веса не обнаружено. Дальнейшее увеличение скоростей вращения ведёт к разрушению экспериментальной установки.

Выводы:

1. Получены зависимости между вектором магнитной индукции и генерируемым в результате вращения этого вектора электрическими токами: смещения и проводимости.
2. Вращение источника магнитного поля в плоскости перпендикулярной оси вращения может генерировать в пространстве разнонаправленные электрические и магнитные поля.
3. Вращение вектора магнитной индукции в плоскости перпендикулярной оси вращения, когда вектор направлен перпендикулярно радиусу вращения генерирует ток смещения, направленный по оси вращения.
4. Соответствующие электрические поля, генерируемые источниками магнитного поля, создают в проводниках, в том числе, магнитах ЭДС.
5. При вращении кольцевых и составных магнитов снижение их веса зарегистрировать не удалось.
6. Проведённые эксперименты и полученные результаты соответствуют теоретическим выводам и существующей теории электромагнитного поля.

Заключение:

Представленная работа показывает, что явления генерации электрических токов смещения и проводимости в окружающем пространстве и проводниках, находящихся в области вращающегося вектора магнитной индукции не противоречат существующей теории электромагнитного поля и позволяет дать объяснение этим физическим процессам. Кроме этого необходимы дополнительные исследования этих явлений на более высоких скоростях вращения вектора магнитной индукции. Для этого необходимо совершенствовать конструкцию экспериментальной установки.

Литература:

1. Войцеховский Л.Н. Теория движения электромагнитного поля. www.science.electromagnetism/rem_7_rus.pdf. (дата обращения 20.11.2017)
2. Годин С.М., Рошин В.В. Устройство для выработки механической энергии и способ выработки механической энергии. Спецификация изобретения к патенту Российской Федерации RU(11)2155435(13) C1 7H02N11/00, F03H5/00.

3. Гольдфайн И.А. Векторный анализ и теория поля. Издание второе. Изд. «Наука». М. 1968 год. С.8-85.
4. Зельдович Я.Б., Мышкис А.Д. Элементы прикладной математики. Изд. «Наука», М., 1972 год. – С- 282-398.
5. Ивченков Г. Магнитное поле - статическое образование, не принадлежащее носителю поля, или парадокс униполярных машин»,<http://new-idea.kulichki.net/?mode=physics>.
(дата обращения 20.11.2017)
Ивченков Г. Индукционные и силовые эффекты, вызванные движением носителя магнитного поля. Тангенциальная индукция и законы электромагнетизма. <http://new-idea.kulichki.net/?mode=physics>. (дата обращения 20.11.2017)
6. Канн К.Б. Электродинамика (взгляд физика). <http://electrodynamics.narod.ru/> (дата обращения 01.10.2016).
7. Краснов М.Л. и др. Векторный анализ. Москва «Наука». Главная редакция физико-математической литературы. 1978 год. – С-45-102.
8. Лебедев И. Мир в магнитном кольце. Журнал «Техника-молодёжи» №6, 1991 г., стр.2,
9. Мисученко И. Экспериментальное исследование электрического поля вращающегося вокруг оси намагниченности кольцевого магнита.
10. Остриков М. Новые проявления магнетизма. Санкт-Петербург. 1994 г.
11. Пчелин Б.К. Векторный анализ для инженеров-электриков и радистов. Изд. «Энергия», Москва, 1967 год. – С-84-189.
Столяров Ю. Об особенностях вращающихся магнитных полей. [www.sciteclibrary.ru> texts/rus/stat/st6686.pdf](http://www.sciteclibrary.ru/texts/rus/stat/st6686.pdf)/(дата обращения 20.11.2017)
12. Тамм И.Е. Основы теории электричества. М., Физматлит 2003 год.
13. Тимофеев В.Б., Тимофеева Т.Е. Некоторые свойства электрического поля магнитного ротатора. Вестник Северо-Восточного федерального университета им. М.К.Аммосова. Том 9, Вып.3, 2012 год.
14. Цейтлин З. Вихревая теория электромагнитного движения. В кн. «Электричество и материя». Москва-Ижевск; НИЦ, «Регулярная и хаотическая динамика». 2004г.,264 стр.
15. Томилин А.К. Обобщённая электродинамика. Усть-Каменогорск. ВКГТУ.2009 г. 166 с.
16. Физический энциклопедический словарь. М.; Сов. энциклопедия, 1983.-928 с.,
17. Фиников С.П. Дифференциальная геометрия. Изд. Московского университета.1961 год.- С-6-31.