

ФУНДАМЕНТАЛЬНАЯ НАУКА

В.А. Ручкин

**ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ МАШИНЫ
НОВОГО ПОКОЛЕНИЯ**

Киев
Знания Украины
2013

УДК 537.6/.8 : 621.318

ББК 22.33 + 31.26

P92

Ручкин В. А.

P92 Электрические машины нового поколения / В. А. Ручкин. – К.: Знания Украины, 2013. – 19 с. – Библиогр.: с. 19.

ISBN

В данной брошюре рассмотрен класс невзаимных электромагнитных систем, в которых управление большими магнитными потоками происходит при помощи слабых магнитных потоков, получаемых от источников с большей магнитодвижущей силой, и упрощенные конструкции некоторых электрических машин, построенных на невзаимных электромагнитных системах этого класса.

Издание предназначено для научных работников, инженеров, аспирантов и студентов старших курсов электротехнических специальностей.

УДК 537.6/.8 : 621.318

ББК 22.33 + 31.26

ISBN

© Ручкин В. А. 2013

ПРЕДИСЛОВИЕ

*«Электрическая машина, служит для преобразования механической энергии в электрическую и электрической в механическую, а также электрической энергии в электрическую же, отличающуюся по напряжению, роду тока, частоте и другим параметрам. Действие Э. м. основано на использовании явления электромагнитной индукции и законов, определяющих взаимодействие электрических токов и магнитных полей. Для преобразования механической энергии в электрическую служат **генераторы электромашинные**, электрической энергии в механическую - **двигатели электрические**. Каждая из этих машин (в соответствии с **Ленца правилом**) энергетически обратима, т. е. может работать как в генераторном, так и в двигательном режиме; однако выпускаемые промышленностью Э. м. обычно предназначены для выполнения определённой работы» [1].*

Из этого определения видно, что **электрические машины рассматриваются только как закрытые (для энергии) системы**, поскольку используются лишь как преобразователи одного вида энергии в другой. Одним из существенных признаков электрических машин, рассматриваемых в Большой Советской Энциклопедии, является их обратимость.

Построение электрической машины на основе какой-либо **невзаимной** электромагнитной системы является одним из важных признаков электрических машин нового поколения. Действие электрических машин нового поколения также основано на использовании объективной закономерности возбуждения током магнитного потока и объективной закономерности возбуждения ЭДС индукции при изменении магнитного потока.

Особенностью **невзаимных** электромагнитных систем является то, что действие причинно-следственных связей в них имеет одностороннее направление. Точнее говоря, в этих системах передача энергии в одном направлении происходит на порядок или два более эффективно, чем в противоположном направлении.

В электрических машинах, выполненных с применением **невзаимных** электромагнитных систем, ослаблено влияние величины нагрузки на режим работы входа, что улучшает энергетические характеристики этих машин. Поэтому эти машины энергетически

необратимы. Эти электрические машины могут быть открытыми (для энергии) системами, взаимодействующими с окружающей средой.

В брошюрах [2, 3 и 4] рассмотрены невзаимные электромагнитные системы, основанные на экранировании части одного из двух взаимодействующих контуров от воздействия другого контура, и упрощенные конструкции некоторых электрических машин, построенных с применением таких невзаимных электромагнитных систем.

В данной брошюре рассмотрен **другой класс невзаимных электромагнитных систем**, в которых управление большими магнитными потоками происходит при помощи слабых магнитных потоков, получаемых от источников с большей магнитодвижущей силой (МДС), и упрощенные конструкции некоторых электрических машин, построенных на невзаимных электромагнитных системах этого класса.

ВВЕДЕНИЕ

В современных электрических машинах большие величины рабочих магнитных потоков в магнитопроводах достигаются намагничиванием участков магнитопровода с помощью тока в намагничивающих обмотках, навитых на эти участки магнитопровода.

Однако возможно создавать рабочие магнитные потоки и другим путём, который требует существенно меньших затрат энергии на входе электрических машин.

Речь идёт о том, что для создания рабочего магнитного потока **можно намагничивать (хоть до состояния насыщения) отдельные участки магнитопровода слабым управляющим магнитным потоком, возбуждаемым источником с большой МДС**, так как степень намагничивания ферромагнетика зависит от величины напряжённости внешнего магнитного поля.

В современных электрических машинах с помощью тока в намагничивающих обмотках создают напряжённость магнитного поля в магнитопроводе для возбуждения рабочего магнитного потока в этом же отрезке магнитопровода.

Ввиду того, что функциональные зависимости между физическими величинами, наблюдаемыми в электрических и

магнитных цепях, имеют много общего, то нередко говорят об аналогии между этими цепями. Одним из свидетельств признания полезности такой аналогии является применение закона Ома и закона Кирхгофа как при расчётах электрических цепей, так и при расчётах магнитных цепей. В [5, с. 264] имеется параграф: «Магнитная цепь. Законы Ома и Кирхгофа для магнитной цепи», а в параграфе «Измерение напряженности магнитного поля, индукции и разности магнитных потенциалов» [5, с. 286], говорится: *«Для измерения магнитного напряжения вдоль какого-либо контура или разности магнитных потенциалов применяется так называемый пояс Роговского».*

1. КЛАССИЧЕСКИЙ ОПЫТ И ОБЪЯСНЕНИЕ ЕГО РЕЗУЛЬТАТОВ

Классический опыт по определению зависимости величины магнитной проницаемости образца ферромагнетика в форме тора, его намагничённости и индукции в нём от напряжённости внешнего магнитного поля H , описан во многих учебниках физики.

Наблюдаемое в опыте увеличение магнитного потока трактуется как увеличенное значение магнитной проницаемости исследуемого вещества по сравнению с вакуумом. То есть **ферромагнетики во внешнем магнитном поле рассматриваются только как пассивный элемент**, обладающий некоторой магнитной проницаемостью μ , аналогичной проводимости металлов для электрического тока.

В этих же учебниках через несколько страниц даётся совершенно другое объяснение причины увеличения магнитного потока. *«Детальное изучение свойств ферромагнитных тел показало, что в последних отдельные микроскопические области (домены) намагничены до насыщения даже в отсутствие внешнего поля. Однако направление намагничения в каждой такой области (размерами $\sim 10^{-4}$ см) различно, и в среднем магнитный момент макроскопического объема равен нулю. ... При внесении ферромагнетика во внешнее магнитное поле начинают поворачиваться и ориентироваться по полю ... сразу целые области*

так называемого спонтанного (самопроизвольного) намагничения. Поэтому с ростом H магнитная индукция B возрастает очень быстро, и относительная магнитная проницаемость $\mu = B/\mu_0 H$ имеет очень большие значения уже при слабых полях. ... В достаточно сильных магнитных полях все домены повернутся по полю, и наступит магнитное насыщение» [6, с. 298, 299].

То есть на этих страницах детально описан механизм появления внутренних источников магнитодвижущей силы (МДС) при внесении ферромагнетика во внешнее магнитное поле. Из приведенного отрывка также видно, что **намагниченность образца магнитомягкого ферромагнетика (то есть его способность создавать собственное магнитное поле образца), определяется напряжённостью внешнего магнитного поля H** : «... магнитная индукция B возрастает очень быстро» потому, что с ростом H «начинают поворачиваться и ориентироваться по полю ... сразу целые области так называемого спонтанного (самопроизвольного) намагничения».

Так как направление силовых линий внешнего магнитного поля и направление силовых линий магнитного поля, порождённого единообразной ориентацией магнитных полей доменов в образце ферромагнетика совпадают, то МДС, порождённая единообразной ориентацией магнитных полей доменов, компенсирует значительную долю падения магнитного напряжения внешнего поля в ферромагнетике. Эта доля составляет $(1-1/\mu)$ -ую часть от магнитного напряжения приложенного к слою ферромагнетика. Именно поэтому относительная магнитная проницаемость ферромагнетика в μ раз больше магнитной проницаемости вакуума. Ферромагнетик оказывает малое сопротивление магнитному потоку не потому, что является хорошим проводником для магнитного потока, аналогично тому как металлы проводят электрический ток, а потому, что **$(1-1/\mu)$ -ая часть падения магнитного напряжения в слое ферромагнетика компенсируется внутренними источниками МДС**, в виде единообразно ориентированных магнитных полей доменов в образце ферромагнетика.

Таким образом, **любой отрезок магнитопровода, в котором имеется направление преимущественной ориентации магнитных полей доменов, является источником МДС!** Именно

эта МДС и приводит к усилению магнитного потока в классическом опыте по определению магнитной проницаемости образца ферромагнетика в форме тора.

То есть, **образец ферромагнетика, помещённый во внешнее магнитное поле, является источником МДС. Эта МДС создаёт собственное магнитное поле образца ферромагнетика, которое может замыкаться не только через источник внешнего магнитного поля, в которое помещён образец ферромагнетика.**

Принцип отвода энергии собственного магнитного потока образца в нагрузку, помимо источника внешнего поля, и является ключом для овладения энергией круговых молекулярных токов.

2. ПРИНЦИП ИЗВЛЕЧЕНИЯ ЭНЕРГИИ КРУГОВЫХ МОЛЕКУЛЯРНЫХ ТОКОВ

На рис. 2.1 показано распределение эквипотенциальных поверхностей магнитного поля вокруг ферромагнетика в форме пустотелого цилиндра, помещенного в однородное магнитное поле.

Как видим, во внутренней полости пустотелого цилиндра имеется собственное магнитное поле, созданное внутренними источниками МДС. Если бы магнитная проницаемость ферромагнетика была бы аналогична проводимости металлов, то есть была бы чем-то пассивным, то внутри пустотелого цилиндра не было бы собственного магнитного поля.

Напряжённость магнитного поля во внутренней полости пустотелого цилиндра $H_{\text{внутр}}$ (рис. 2.1) пропорциональна напряжённости внешнего магнитного поля H и части падения магнитного напряжения в слое ферромагнетика $(1-1/\mu)$, которая компенсируется внутренними источниками МДС.

$$H_{\text{внутр}}=(1-1/\mu)H.$$

Стоит отметить, что внутреннее сопротивление источника напряжённости магнитного поля во внутренней полости пустотелого

цилиндра, определяется материалом, площадью поперечного сечения и длиной боковой стенки пустотелого цилиндра.

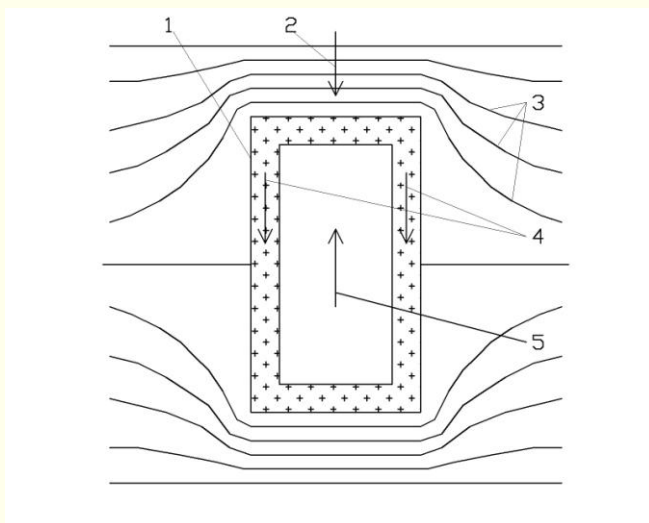


Рис. 2.1. Распределение эквипотенциальных поверхностей вокруг ферромагнетика в форме пустотелого цилиндра, помещённого в однородное магнитное поле.

- 1 – образец ферромагнетика в форме пустотелого цилиндра;
- 2 – направление силовых линий внешнего однородного магнитного поля;
- 3 – эквипотенциальные поверхности внешнего однородного магнитного поля;
- 4 – направление силовых линий собственного магнитного поля в стенке пустотелого цилиндра, созданное внутренними источниками МДС;
- 5 – направление силовых линий собственного магнитного поля $H_{\text{внутр}}$ во внутренней полости пустотелого цилиндра, созданное внутренними источниками МДС.

Установив внутри пустотелого цилиндра ферромагнитный стержень так, чтобы между ним и торцами пустотелого цилиндра

были небольшие воздушные зазоры (рис. 2.2), можно создать значительно больший магнитный поток, чем магнитный поток внешнего магнитного поля, проходящий через пустотелый цилиндр.

Другой вариант магнитной связи пустотелого цилиндра с внутренним ферромагнитным стержнем показан на рис. 2.3.

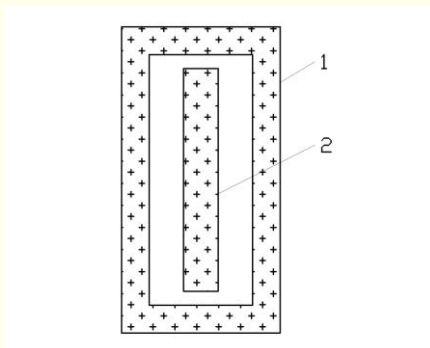


Рис. 2.2. Ферромагнитный стержень внутри пустотелого цилиндра.

- 1 – пустотелый цилиндр;
- 2 – внутренний ферромагнитный стержень.

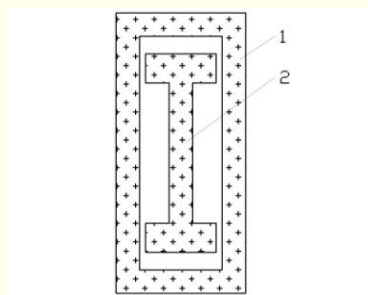


Рис. 2.3. Вариант магнитной связи пустотелого цилиндра с внутренним ферромагнитным стержнем

- 1 – пустотелый цилиндр;
- 2 – внутренний ферромагнитный стержень.

Однако воздушные зазоры должны быть такой величины, чтобы внешнее магнитное поле, проникающее через экран

(пустотелый цилиндр), не намагничивало ферромагнитный стержень сильнее, чем собственное магнитное поле пустотелого цилиндра, созданное внутренними источниками МДС.

Методика выбора оптимальной связи внутреннего ферромагнитного стержня с пустотелым цилиндром нуждается в дальнейшем исследовании.

Зная $H_{\text{внутр}}$ и размеры элементов на рис. 2.2 или рис. 2.3, можно, по хорошо известным методикам, рассчитать величину магнитного потока проходящего по центральному стержню 2 (рис. 2.2 или 2.3).

Энергия магнитного потока, проходящего по центральному ферромагнитному стержню во внутренней полости пустотелого цилиндра внутри экранированной зоны, может быть использована для извлечения энергии круговых молекулярных токов.

Энергия круговых молекулярных токов из этого магнитного потока может извлекаться как в виде электрической энергии так и в виде механической энергии.

3. ОБОБЩЁННАЯ СХЕМА ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ МАШИН НОВОГО ПОКОЛЕНИЯ И ОСНОВНЫЕ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ СООТНОШЕНИЯ

На рис. 3.1 и 3.2 изображена обобщённая схема электрических машин, принцип действия которых основан на управлении большим магнитным потоком при помощи слабого магнитного потока, возбуждаемого источником с большей МДС.

Магнитная система таких машин состоит из трёх сердечников, которые образует два замкнутых контура, имеющих общую часть.

В первом замкнутом контуре при малых энергетических затратах производится намагничивание общей части магнитопровода управляющим магнитным полем большой напряжённости.

Во втором замкнутом контуре намагниченная общая часть магнитопровода создаёт интенсивный рабочий магнитный поток, энергия которого преобразуется в электрическую или механическую энергию.

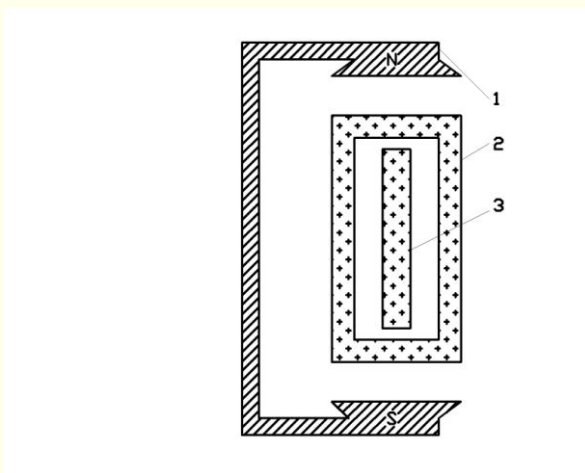


Рис. 3.1. Обобщенная схема электрических машин рассматриваемых в брошюре.

1 – первый сердечник;

2 – второй сердечник;

3 – третий сердечник.

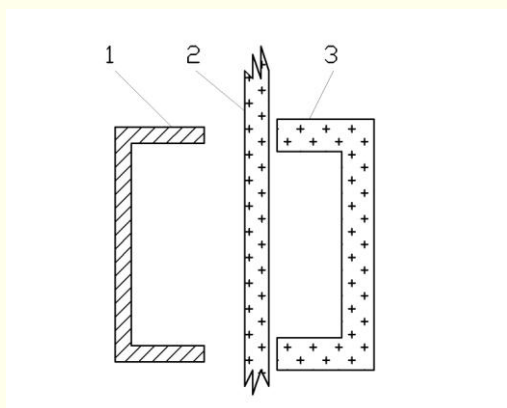


Рис. 3.2. Вариант обобщенной схемы электрических машин рассматриваемых в брошюре.

1 – первый сердечник;

2 – второй сердечник в виде плоскости;

3 – третий сердечник.

Первый и второй сердечники образуют первый замкнутый контур, в котором управляющее магнитное поле большой напряжённости, создаваемое первым сердечником (постоянный магнит или электромагнит), намагничивает второй сердечник. За счёт большой величины воздушных зазоров в первом замкнутом контуре, достигается малая величина магнитного потока, проходящего по первому и второму сердечнику, даже при большой величине МДС, создаваемой первым сердечником. Малая величина магнитного потока, проходящего через первый и второй сердечники, обеспечивает малые энергетические затраты в первом замкнутом контуре на намагничивание и перемагничивание второго сердечника, а также малое силовое взаимодействие первого и второго сердечников.

Как известно, величина энергии магнитного поля может быть оценена при помощи следующей формулы [5, с. 287]:

$$W = \frac{\mu_0 \mu H^2}{2} V,$$

где: W – энергия магнитного поля;

μ_0 – магнитная постоянная (в СИ $\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7}$);

μ – относительная магнитная проницаемость;

H – напряжённость магнитного поля;

V – объём, в котором оценивается величина энергии магнитного поля.

Так как $B = \mu_0 \mu H$, $\Phi = BS$ и $U_m = Hl$, эта формула может быть преобразована к виду:

$$W = \frac{BH}{2} Sl = \frac{\Phi U_m}{2}, \quad (3.1)$$

где: B – плотность магнитного потока (магнитная индукция);

S – площадь сечения магнитопровода (и воздушных зазоров);

l – средняя длина силовой линии в замкнутом контуре;

Φ – величина магнитного потока в замкнутом контуре;

U_m – величина МДС, создаваемая первым сердечником.

Как видно из формулы (3.1), применяя в первом замкнутом контуре малую величину управляющего магнитного потока Φ , мы тем самым уменьшаем количество энергии в этом замкнутом контуре.

Кроме того, при малой величине управляющего магнитного потока, сила притяжения между первым и вторым сердечниками тоже будет небольшой, что является важным фактором при необходимости изменения взаимного положения первого и второго сердечников в процессе работы электрических машин нового поколения.

В электромагните «Сила притяжения пропорциональна квадрату индукции магнитного поля» [5, с. 266]:

$$F = -\frac{B^2 S}{2\mu_0},$$

где: F – сила притяжения одного полюса электромагнита и его якоря.

Эту формулу можно преобразовать к виду:

$$F = -\frac{B\Phi}{2\mu_0}. \quad (3.2)$$

Из формулы (3.2) следует, что сила притяжения между источником магнитного поля с высокой напряжённостью (первый сердечник на рис. 3.1, 3.2) и намагничиваемым образцом ферромагнетика (второй сердечник на рис. 3.1, 3.2) определяется не напряжённостью этого магнитного поля, а величиной магнитного потока Φ и его плотностью B .

Второй и третий сердечники выполнены из магнитомягкого материала и образуют второй замкнутый контур.

Намагниченный второй сердечник создаёт вокруг себя собственное магнитное поле и для того, чтобы во втором замкнутом контуре это поле не искажалось магнитным полем первого сердечника, магнитные поля первого и второго замкнутых контуров разделяются экраном. Экраном может быть либо отдельный

конструктивный элемент, либо в качестве экрана используется сам второй сердечник.

Собственное магнитное поле второго сердечника через небольшие воздушные зазоры замыкается через третий сердечник. За счёт малой величины воздушных зазоров между вторым и третьим сердечниками достигается большая величина магнитного потока, проходящего через второй и третий сердечники. Большая величина магнитного потока, проходящего через второй и третий сердечники, обеспечивает получение значительной магнитной энергии (формула 3.1) во втором замкнутом контуре магнитной системы. Эта энергия во втором контуре может быть преобразована либо в механическую энергию в виде относительного движения второго и третьего сердечников за счёт сил притяжения, либо в электрическую, снимаемую с обмотки на третьем сердечнике.

4. ПРИМЕРЫ КОНСТРУКЦИЙ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ МАШИН НОВОГО ПОКОЛЕНИЯ

Для преобразования энергии магнитного потока, проходящего через второй и третий сердечники, в электрическую энергию необходимо создать переменный магнитный поток в третьем сердечнике, на котором должна быть выходная обмотка.

Для изменения степени намагниченности второго сердечника наиболее естественно в качестве первого сердечника применить электромагнит, питаемый переменным током, или вращать постоянный магнит (первый сердечник) вокруг горизонтальной оси (рис. 3.1 и 3.2) при неподвижных втором и третьем сердечниках.

Для уменьшения магнитного потока в первом контуре, первый сердечник может быть выполнен из нескольких частей, разделённых воздушными зазорами.

Следует помнить, что второй и третий сердечники во втором контуре работают как магнитопровод обычного трансформатора. Только намагничивание второго сердечника происходит не с помощью тока в первичной обмотке, а при помощи внешнего магнитного поля, создаваемого первым сердечником. Поэтому МДС, создаваемая вторым сердечником, должна быть больше, чем МДС,

создаваемая током нагрузки, проходящим по выходной обмотке на третьем сердечнике. Это следует из уравнения МДС трансформатора [7, с. 114].

Может быть применена конструкция генератора, изображённая на рис. 4.1. Первый сердечник – магнит с большой МДС – ротор, второй и третий сердечники – статор. Магнитное поле, создаваемое током нагрузки, проходящим по выходной обмотке на третьем сердечнике, практически не создает тормозящего момента на входном валу электрогенератора, так как магнитный поток, проходящий через первый и второй сердечники, имеет малую величину.

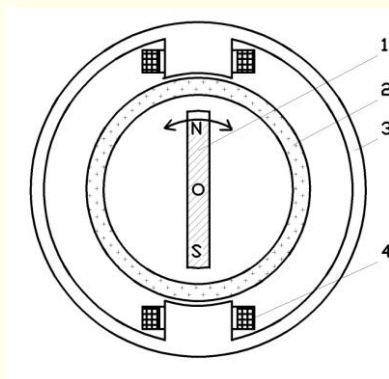


Рис. 4.1. Электрогенератор с малым тормозящим моментом на входном валу.

- 1 – первый сердечник магнит;
- 2 – второй сердечник;
- 3 – третий сердечник;
- 4 – выходная обмотка.

Для преобразования энергии магнитного потока, проходящего через второй и третий сердечники, в механическую энергию необходимо изменять положение магнитных полюсов на втором сердечнике и обеспечить возможность третьему сердечнику следовать за магнитными полюсами на втором сердечнике (например, рис. 3.2). То есть первый сердечник может совершать возвратно-

поступательное или вращательное движение, изменяя положение магнитных полюсов на втором сердечнике, а третий сердечник, притягиваясь к магнитным полюсам второго сердечника, должен иметь возможность следовать за магнитными полюсами на втором сердечнике, сохраняя неизменной величину воздушного зазора между вторым и третьим сердечниками.

Но может быть применена и конструкция мотора, изображенная на рис. 4.2.

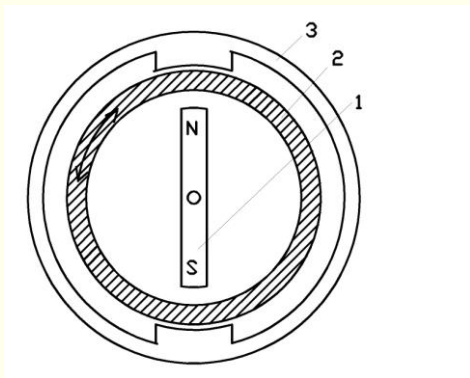


Рис. 4.2. Мотор, приводимый в движение постоянным магнитом.

- 1 – первый сердечник;
- 2 – второй сердечник – ротор;
- 3 – третий сердечник – статор.

Третий сердечник – статор, а первый сердечник при помощи червячной передачи может поворачиваться относительно статора на $\pm 90^{\circ}$. При положении полюсов первого сердечника против полюсных наконечников третьего сердечника система находится в равновесии и второй сердечник не вращается. При повороте первого сердечника на некоторый угол, магнитные полюса на втором сердечнике оказываются сдвинутыми на тот же угол относительно полюсных наконечников третьего сердечника. Под действием собственного магнитного поля второго сердечника возникает вращающий момент, поворачивающий второй сердечник так, чтобы его магнитные полюса были против полюсных наконечников третьего сердечника. Но при повороте второго сердечника его магнитные полюса остаются на

прежнем месте – против магнитных полюсов первого сердечника. Это приводит к непрерывному вращению второго сердечника. Изменяя величину угла отклонения первого сердечника от положения равновесия системы, можно менять величину и направление вращающего момента, действующего на второй сердечник.

Разнообразие возможных конструкций электрических машин нового поколения определяется возможным разнообразием конструктивного выполнения экрана, первого и второго контуров этих машин, конструктивного выполнения каждого сердечника, траектории движения сердечника (если он движется) и видом энергии на выходе: второй контур внутри первого (рис. 3.1) или наоборот (рис. 4.1, 4.2), или первый и второй контур разделены плоским экраном (рис. 3.2); первый сердечник – магнит или электромагнит и т. д.

ПРИЛОЖЕНИЕ

В [4, с. 4] говорится о том, «... что в научно-технической литературе отражена только та часть явлений электромагнетизма, которая может быть описана интегральными уравнениями (1) и (2)» Максвелла. «Описанные в брошюрах [2, 3] эксперименты указывают на наличие совершенно неисследованной области электродинамики: взаимодействие замкнутых контуров, которые взаимно не пронизывают друг друга и поэтому их взаимодействие не может быть описано интегральными уравнениями Максвелла (1) и (2)» [4, с. 8].

«Закон полного тока (теорема о циркуляции вектора напряжённости магнитного поля) и закон электромагнитной индукции описывают закономерности взаимодействия **пары** замкнутых контуров не для контуров любой формы, как это утверждается в учебниках физики [5, с. 255; 6, с. 214; 8, с. 44], а **только для одного частного случая**, когда эти замкнутые контура взаимно пронизывают друг друга.

В брошюрах [2, 3] показано, что кроме замкнутых контуров взаимно пронизывающих друг друга, существуют и другие виды пар замкнутых контуров, у которых закономерности взаимодействия между двумя замкнутыми контурами не описываются законом полного тока и законом электромагнитной индукции» [4, с. 11].

В брошюрах [2, 3 и 4] речь идёт о взаимодействии пары контуров, один из которых представляет собой объёмный контур, а другой контур находится вне объёма первого контура.

На рис. П.1 приведён пример пары таких контуров: объёмный контур 2 (рис. П.1) выполненный из ферромагнетика, а второй контур 1 – из металла. Контур 1 находится за пределами объёмного контура и не пронизывает его. Объёмный контур 2 (рис. П.1) может быть выполнен из металла или сегнетоэлектрика, а второй контур 1 из ферромагнетика.

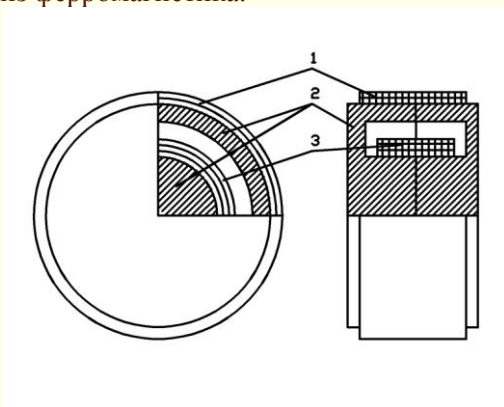


Рис. П.1. Трансформатор с обмоткой на наружной поверхности ферритового магнитопровода броневого типа.

- 1 – наружная обмотка;
- 2 – ферритовый магнитопровод броневого типа;
- 3 – внутренняя обмотка.

Закон электромагнитной индукции, закон полного тока и интегральные уравнения Максвелла не описывают электрические и магнитные поля за пределами объёмных контуров, создаваемые изменяющимся магнитным потоком или электрическим током в объёмном контуре: вокруг боковых стенок и над торцами объёмных контуров. Они не описывают и влияние внешних электрических или магнитных полей на процессы в объёмном контуре.

ЛИТЕРАТУРА

1. Электрическая машина // Большая Советская Энциклопедия. Изд. 3-е. Т. 30. Экслибрис - Яя. – М.: Советская Энциклопедия, 1978. – 632 с.
2. Ручкин В. А. Две модели закономерности возбуждения магнитного потока. Введение в невязимные электромагнитные системы / В. А. Ручкин. – К.: Знания Украины, 2012. – 23 с. – Библиогр.: с. 23.
3. Ручкин В. А. Новое об электромагнетизме. Введение в невязимные электромагнитные системы / В. А. Ручкин. – К.: Знания Украины, 2012. – 23 с. – Библиогр.: с. 23.
4. Ручкин В. А. Новый элемент электрических машин / В. А. Ручкин. – К.: Знания Украины, 2013. – 23 с. – Библиогр.: с. 23.
5. Телеснин Р. В. Курс физики. Электричество. 2-е изд., переработ. Учебное пособие для физ-мат. фак-тов пед. ин-тов. / Р. В. Телеснин, В. Ф. Яковлев. – М.: «Просвещение», 1960. – 488 с.
6. Зисман Г. А. Курс общей физики / Г. А. Зисман, О. М. Тодес. – Т. 2. – М.: Наука, 1969. – 368 с.
7. Безрученко В. Н. Электрические машины / В. Н. Безрученко, А. С. Хотян. 2-е изд., – К.: Вища школа. Головное изд-во, 1987. – 215 с.
8. Мочалов А. А. Курс физики: учеб. пособие для вузов: В 2т. / А. А. Мочалов – Т.2. – Николаев: НУК, 2008. – 384 с.

СОДЕРЖАНИЕ

Предисловие.....	3
Введение.....	4
1. Классический опыт и объяснение его результатов.....	5
2. Принцип извлечения энергии круговых молекулярных токов....	7
3. Обобщенная схема электрических машин нового поколения и основные энергетические соотношения.....	10
4. Примеры конструкций электрических машин нового поколения.....	14
Приложение.....	17
Литература.....	19

НАУЧНОЕ ИЗДАНИЕ

РУЧКИН Валентин Александрович

ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ МАШИНЫ НОВОГО ПОКОЛЕНИЯ

В авторской редакции.

Підписано до друку 04.09.2013 р. Формат 60x84 1/16. Папір офс. Друк офс.
Умов.-друк. арк. 1,16. Обл.-вид. арк. 1,18. Тираж 100 прим. Замовл. № 28.

**Видавництво та друк – ТОВ “ВИДАВНИЦТВО “Знання України”,
03680, м. Київ, вул. Велика Васильківська (Червоноармійська),
57/3, к. 314. Тел. 287-41-45, 287-30-97.**

Свідоцтво про внесення суб’єкта видавничої справи до державного реєстру видавців,
виготівників і розповсюджувачів видавничої продукції
ДК №217 від 11.10.2000 р.