

Ющенко Л. В.
L. V. Yushchenko

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПОЛУПРОВОДНИКОВЫХ ДИОДОВ ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ ПЕРЕМЕЩАЮЩЕГОСЯ МАГНИТНОГО ПОЛЯ

USE OF SEMICONDUCTOR DIODES TO OBTAIN A MOVING MAGNETIC FIELD

Ющенко Леонид Владимирович – кандидат технических наук, доцент Дальневосточного государственного университета путей сообщения (Россия, Хабаровск); 680021, г. Хабаровск, ул. Серышева, 47. E-mail: yushchenko44@mail.ru.

Leonid V. Yushchenko – PhD in Engineering, Assistant Professor, Far Eastern State Transport University (Russia, Khabarovsk); 680021, Khabarovsk, Serisheva Street, 47. E-mail: yushchenko44@mail.ru.

Аннотация. Предлагается способ перемещения магнитного поля с использованием полупроводниковых диодов, когда в катушки, смещённые в пространстве, подаются полуволны пульсирующего трёхфазного тока одного направления. Полученный перемещающийся магнитный поток увлекает за собой ферромагнитные тела.

Summary. A method for moving a magnetic field using semiconductor diodes is proposed, when half-waves of pulsating three-phase current of one direction are supplied to spatially distributed coils. The resulting moving magnetic flux transposes the ferromagnetic bodies.

Ключевые слова: трёхфазное напряжение, полупроводниковые диоды, диэлектрическая втулка, обмотки, перемещение ферромагнитного тела.

Key words: three-phase voltage, semiconductor diodes, dielectric sleeve, windings, the movement of ferromagnetic body.

УДК 621.313.333.001.24

Основу действия электрических двигателей переменного тока составляет вращающееся (при вращательном движении) или перемещающееся (при линейном движении) магнитное поле, которое во многих случаях создаётся протекающими по обмоткам неподвижного статора переменными токами. При этом обмотки статора должны иметь пространственный сдвиг, а протекающие по обмоткам токи – временной сдвиг. В настоящее время используются в основном трёхфазные обмотки с применением трёхфазной системы напряжений и токов.

Для приведения в движение подвижной части должно быть взаимодействие перемещающегося магнитного поля статора и магнитного поля подвижной части (ротора или бегуна). В одном случае ротор может иметь свой источник магнитного поля – это обмотка возбуждения, питающаяся постоянным током, или постоянные магниты. Такие электродвигатели относятся к классу синхронных машин. В другом случае магнитное поле подвижной части создаётся непосредственно перемещающимся магнитным полем статора. В этом случае поле ротора, а соответственно, и сам ротор вынуждены иметь отставание от магнитного поля статора. Такие двигатели относятся к ряду асинхронных.

Получением вращающегося магнитного поля на основе двухфазного напряжения занимался учёный Никола Тесла, а на основе трёхфазного – Михаил Доливо-Добровольский. Разработанные на основе вращающегося магнитного поля бесколлекторные двигатели имеют много достоинств. Но в то же время при известном способе получения этого поля обмотки статора в лобовых частях пересекаются друг с другом и накладываются друг на друга, тем самым увеличивая габариты машины и уменьшая активную часть. На рис. 1 это точки 1 и 1'; 2 и 2'; 3 и 3'.

Предлагается иной способ получения перемещающегося магнитного поля, на основе которого можно также создавать цилиндрические линейные, плоские линейные и вращательные двигатели.

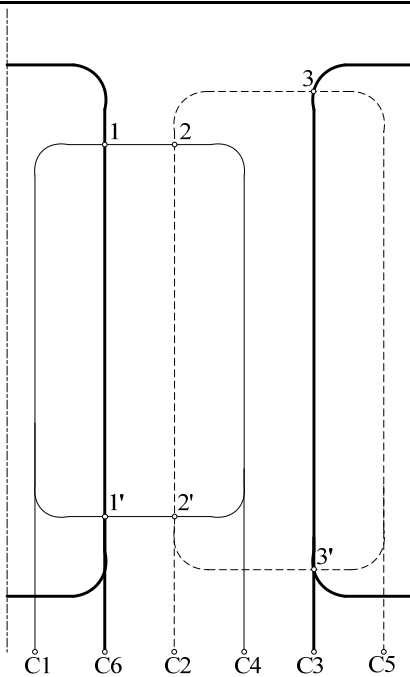


Рис. 1. Точки пересечения обмоток статора в лобовых частях

На кафедре «Электротехника, электроника и электромеханика» Дальневосточного государственного университета путей сообщения проводились исследования по перемещению ферромагнитных тел внутри цилиндрических поверхностей [1] с передвижением магнитного поля предложенным способом. Принцип такого перемещения можно проследить на примере простейшего трёхфазного цилиндрического двигателя, показанного на рис. 2.

На полую трубку из диэлектрического материала наматываются в одном направлении как минимум три катушки (соленоиды) или число катушек, кратное трём. Катушки по бокам ограничены ферромагнитными (стальными) кольцами, которые в то же время являются частью магнитопровода, охватывающего намотанную катушку. Кольца каждой катушки обтягиваются цилиндрическим ферромагнитным (стальным) кожухом. К катушкам через полупроводниковые диоды подводится трёхфазное напряжение по однополупериодной схеме выпрямления с нулевой точкой, как это показано на рис. 2.

В результате через катушки протекают только положительные полуволны переменного тока со сдвигом по фазе в 120 электрических градусов. Внутри цилиндра получается сконцентрированное перемещающееся магнитное поле. И если внутрь поместить ферромагнитное тело определённой формы и размеров, то это тело будет перемещаться за движением магнитного поля. Катушки для перемещения магнитного поля можно включить и в плечи трёхфазной мостовой схемы выпрямления, как показано на рис. 3, а.

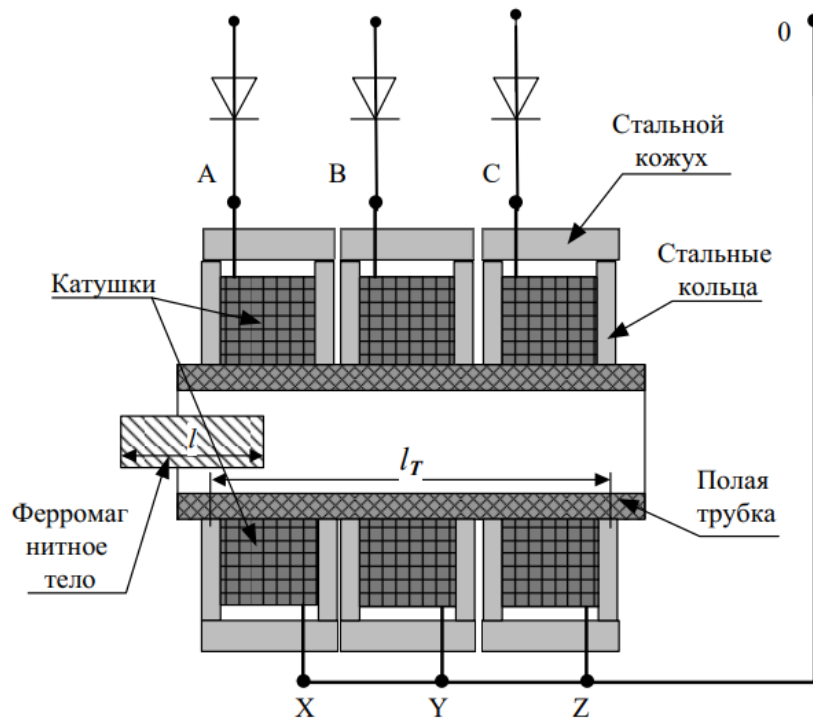


Рис. 2. Способ перемещения магнитного поля

На рис. 3, б показано расположение катушек на полую трубку для получения перемещающегося магнитного поля статора по мостовой трёхфазной схеме.

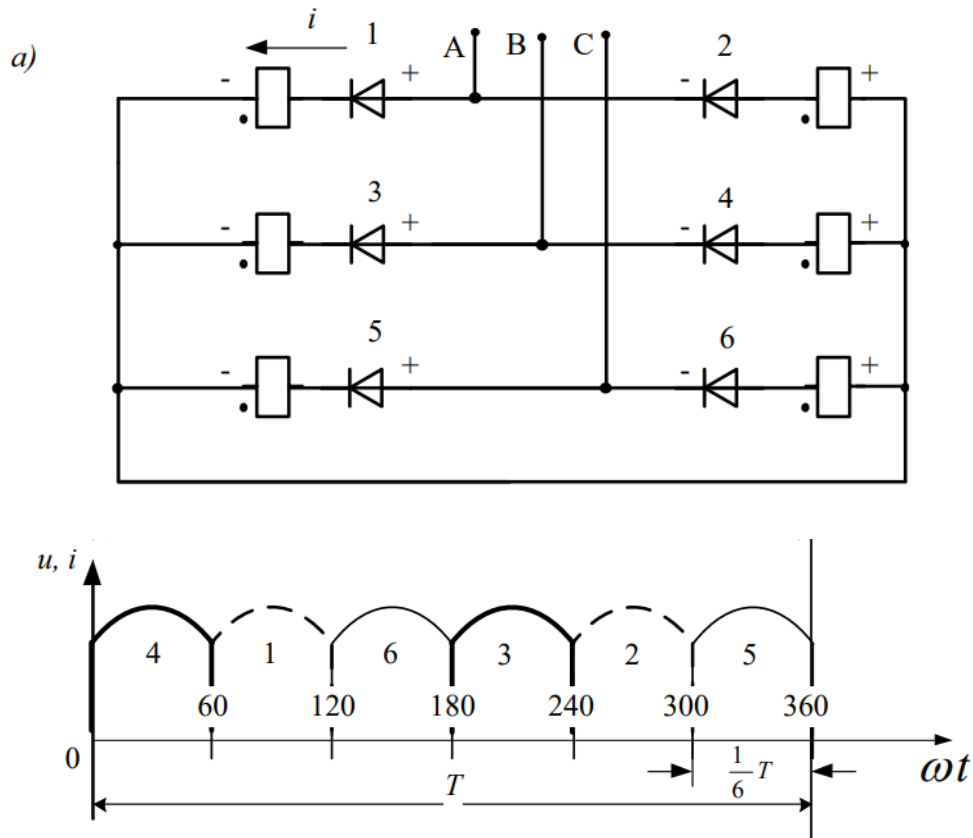


Рис. 3. Порядок подключения катушек по трёхфазной мостовой системе (а) и расположение катушек на полой трубке для получения перемещающегося магнитного поля статора по мостовой трёхфазной схеме (б)

Также исходили из предположения, что магнитное поле катушки, обладающее большим градиентом, эффективней ускоряет ферромагнитные тела, попадающие в это поле. Достигнуть повышения градиента магнитного поля предложено использованием особой формы магнитопровода катушки, а именно приданием ему формы трапеции. В этом случае линии магнитной индукции, выходящие из торцов магнитопровода, расположенного ближе к центру катушки, создают внутри него поле большей напряжённости.

Использование двух шайб разного диаметра в торцевой части магнитопровода позволило создать особую форму катушки, представляющую в сечении трапецию (см. рис. 4, а). Магнитное поле такой катушки по большей части сосредоточено в центре, а не распределено по его ширине, как у обычной катушки (см. рис. 4, б). Предполагая, что таким образом создаётся большой градиент магнитного поля по сравнению с катушками обычной формы, на опытной установке применили катушки в форме трапеции в сечении.

Как следует из рис. 2 и 3, для создания перемещающегося магнитного поля предложенным способом используется трёхфазная симметричная система напряжений, но принцип перемещения поля отличен от известного. Работа с такой установкой показала, что мы имеем дело с реактивным синхронным двигателем (РСД).

Во-первых, ферромагнитные тела не имеют явно выраженного источника магнитного поля, а только различное сопротивление по продольной и поперечной осям.

Во-вторых, для перемещения подвижных ферромагнитных тел внутри полой трубки требуется придать первоначальное движение телу, т.е. дать толчок (хотя при этом катушки находятся под напряжением). После этого ферромагнитное тело очень быстро перемещается до тех пор, пока ему позволяют это сделать конечные размеры статора и краевой эффект, что свойственно линейным двигателям.

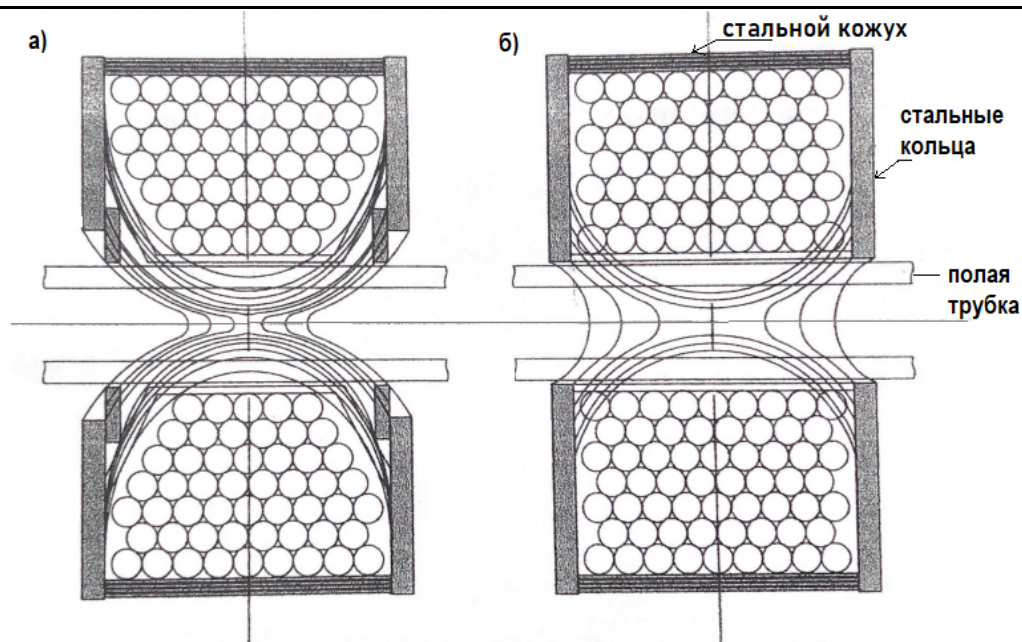


Рис. 4. Распределение линий магнитной индукции в катушках:
а – в форме трапеции; б – обычной формы

Если не менять полуо цилиндрическую трубку, использовать те же ферромагнитные тела (стальные цилиндрики) и включать те же катушки, но без полупроводниковых диодов и по трёхфазной схеме обычных статорных обмоток, то разгон и движение ферромагнитных тел совершатся без всяких первоначальных толчков, т.е. асинхронным способом.

Предложенный метод перемещения магнитного поля можно использовать также и для двигателя вращательного движения (см. рис. 5). Только теперь это будет двигатель переменного тока с явно выраженными полюсами статора. И для получения перемещающегося магнитного поля катушки располагают на зубцах внутренней части статора, включают их через полупроводниковые диоды по схеме и в порядке, показанном на рис. 3. Здесь также отсутствуют пересекающиеся лобовые части обмоток.

В настоящее время на кафедре разрабатывается конструкция двигателя вращающего движения, но с получением вращающегося магнитного поля по предложенному способу.

Линейный двигатель можно получить традиционным способом: разрезать в аксиальном направлении статор, развернуть, ферромагнитный ротор заменить ферромагнитным бегуном. По мнению автора, движение ферромагнитных тел можно организовать по нужной, даже непрямолинейной траектории, как это показано на рис. 6.

Линейная скорость перемещения магнитного поля в линейных двигателях может быть определена исходя из того, какая схема используется для питания катушек. Об этом более подробно изложено в работах [1; 2].

Частота вращения магнитного поля в двигателе вращательного движения (см. рис. 5) по предложенному способу может быть определена из условий:

1. сколько зубцов (или катушек) расположено по длине окружности статора;
2. по какой схеме происходит питание этих катушек;
3. какова частота тока или чему равна длительность одного периода.

Так, если катушки запитаны трёхфазной однополупериодной схемой выпрямления (см. рис. 2), а длительность периода T при частоте тока 50 Гц составляет $T = 0,02$ с, то за один период времени в работе примут участие три последовательно расположенных катушки. А полный оборот магнитного поля займёт $\frac{N}{3} \cdot T$ секунд.

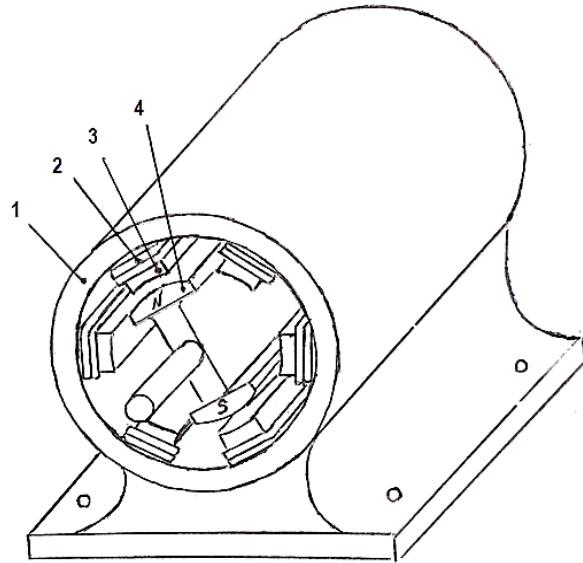


Рис. 5. Двигатель переменного тока с явно выраженными полюсами статора:
1 – тело статора; 2 – обмотка полюса; 3 – сердечник полюса; 4 – подвижная часть

Тогда за одну секунду магнитное поле выполнит $n_0 = \frac{1 \cdot 3}{NT}$ оборотов. А за одну минуту $n_0 = \frac{60 \cdot 3}{NT}$, где N – количество катушек по длине окружности статора.

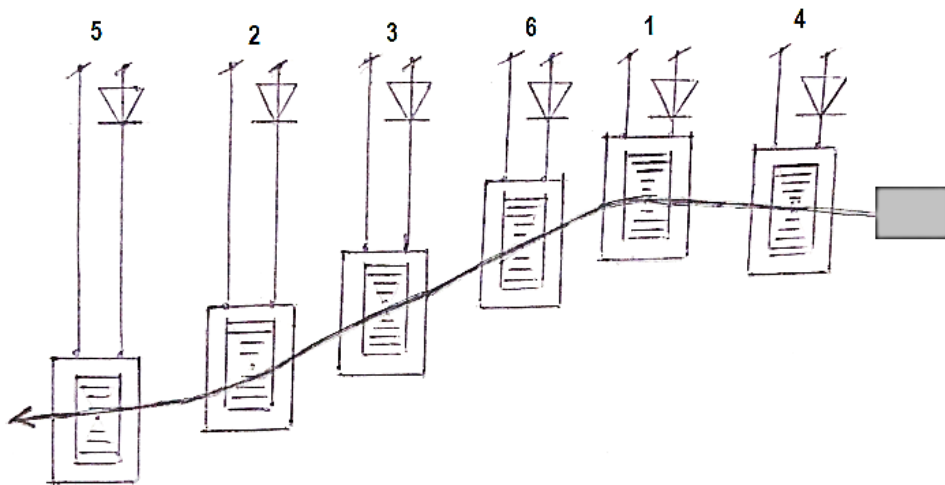


Рис. 6. Траектория ферромагнитного подвижного тела

Если же катушки запитаны трёхфазной мостовой схемой выпрямления (см. рис. 3), то при частоте 50 Гц $n_0 = \frac{60 \cdot 6}{NT}$, т.к. за один период T шесть катушек примут участие в работе.

ЛИТЕРАТУРА

1. Ющенко, Л. В. Перемещение ферромагнитных тел внутри соленоидов / Л. В. Ющенко // Учёные записки Комсомольского-на-Амуре государственного технического университета. Науки о природе и технике. – 2013. – № II-1 (14). – С. 15-20.
2. Ющенко, Л. В. Способ перемещения ферромагнитных тел внутри цилиндрической поверхности / Л. В. Ющенко // Электротехника. – 2016. – № 2. – С. 31-34.