

Торшин Владимир Викторович, Старовойтов Владимир Павлович
О РАСШИРЕНИИ ДИАПАЗОНА ДЕЙСТВИЯ ЭЛЕКТРОМАГНИТОВ

Адрес статьи: www.gramota.net/materials/1/2010/6/15.html

Статья опубликована в авторской редакции и отражает точку зрения автора(ов) по рассматриваемому вопросу.

Источник

Альманах современной науки и образования

Тамбов: Грамота, 2010. № 6 (37). С. 46-50. ISSN 1993-5552.

Адрес журнала: www.gramota.net/editions/1.html

Содержание данного номера журнала: www.gramota.net/materials/1/2010/6/

© Издательство "Грамота"

Информация о возможности публикации статей в журнале размещена на Интернет сайте издательства: www.gramota.net

Вопросы, связанные с публикациями научных материалов, редакция просит направлять на адрес: almanac@gramota.net

УДК 537.8

Владимир Викторович Торшин, Владимир Павлович Старовойтов
ИПУ РАН им. В. А. Трапезникова, МГТУ (МАДИ)

О РАСШИРЕНИИ ДИАПАЗОНА ДЕЙСТВИЯ ЭЛЕКТРОМАГНИТОВ[©]

В большинстве известных электромагнитных устройствах используется механизм *притяжения* подвижного якоря к полюсам электромагнита. Среди подобных устройств можно назвать такие как: реле тока, реле напряжения, реле обратного тока, различного типа контакторы, магнитные пускатели, тяговые реле и т.п. [1]. В этих устройствах движение подвижной части (якоря электромагнита) относительно небольшое и измеряется в миллиметрах или даже в долях миллиметра. Чтобы использовать на практике маленькую длину перемещения якоря приходится использовать традиционные рычаги, т.е. дополнительные механические детали к электромагниту. Так, например, в тяговом реле стартера автомобиля якорь электромагнита 2 перемещает толкатель-рычаг с разными плечами для подключения муфты холостого хода 4 к маховику 5 двигателя внутреннего сгорания (ДВС) (Рис. 1).

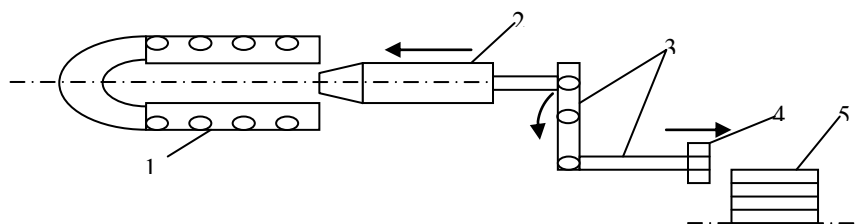


Рис. 1. Реле стартера для подключения к маховику ДВС:

1 - электромагнит; 2 - якорь электромагнита; 3 - рычаги; 4 - муфта; 5 - маховик ДВС

К конструкциям, которые позволяют увеличить ход движения якоря электромагнита, можно отнести варианты исполнения с так называемыми «маятниковыми» якорями (Рис. 2).

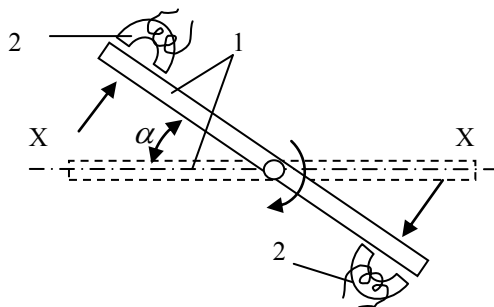


Рис. 2. Маятниковый электромагнит:

1 - маятник (якорь электромагнита); 2 - магнитопровод с обмоткой возбуждения

В исходном положении маятник 1, выполняющий функцию якоря находится в горизонтальном положении. Под воздействием притягивающей силы электромагнита 2, маятник 1 поворачивается на некоторый угол α . Поскольку рабочий зазор электромагнита δ невелик, то и угол поворота маятника (якоря) электромагнита также невелик, а, следовательно, полезный ход в такой конструкции также мал.

Для увеличения угла поворота маятника (рабочего диапазона или хода) и получения большей силы притяжения, а также крутящего момента, можно применить два или больше электромагнитов (Рис. 3).

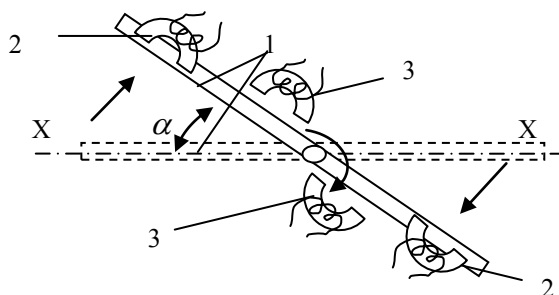


Рис. 3. Маятниковый механизм с двумя дополнительными электромагнитами

Введение двух дополнительных электромагнитов 3 (Рис. 3) позволяет использовать большую площадь маятника, а, значит, и создать больший крутящий момент. Причем, динамика поворота маятника такова: вначале работают электромагниты 3, они отклоняют якорь 1 на некоторый первоначальный угол, по мере поворота начинают функционировать и электромагниты 2, расположенные у концов якоря. Такая схема дает возможность увеличить *рабочий диапазон* (ход) механизма. Кроме этого, поскольку маятник (якорь) находится в движении, то мощность первых электромагнитов (3) может быть снижена, по сравнению с мощностью основных электромагнитов 2. В этом случае используется сила инерции, которая создается электромагнитами 3 при перемещении маятника из первоначального неподвижного горизонтального положения, а электромагнитам 2 предназначена роль «доводчика». Таким образом, суммарное действие складывается из сил притяжения всех электромагнитов и сил инерции движущегося маятника.

Несмотря на определенные преимущества рассмотренных маятниковых систем по увеличению хода якоря электромагнита, по сравнению с обычным линейным перемещением якоря в электромагните, проблема повышения *рабочего хода* электромагнитного механизма остается. Кроме того, в рассмотренных случаях (Рис. 1-3) для перемещения маятника используется *сила притяжения* якоря к полюсам магнитопровода, хотя во многих случаях требуется *сила отталкивания*, от электромагнита. Заметим, что во всех описанных случаях в качестве источника для питания обмотки возбуждения электромагнита используется *источник постоянного тока*.

Исходя из представленных соображений, был разработан механизм, который благодаря линейному перемещению якоря позволил реализовать конструкцию *электромагнита ударного действия*, т.е. использующего силу *отталкивания*, а не *втягивания*, как это обычно выполняется в традиционных электромагнитах. С этой целью якорь электромагнита был совмещен с подвижной рамкой, которая и дала возможность получить от электромагнита не «*втягивающую*» силу, а силу «*отталкивания*» (Рис. 4).

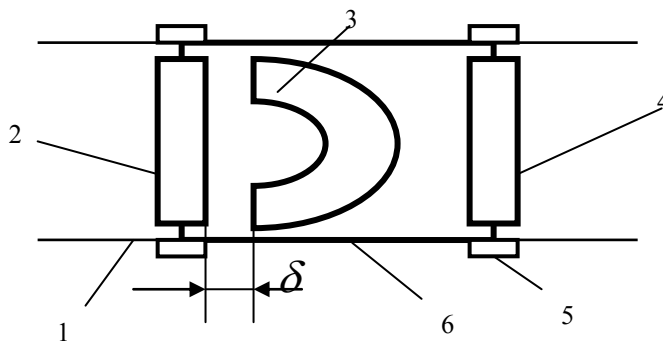


Рис. 4. Конструкция электромагнита ударного действия

В этой конструкции электромагнит 3 содержит два узла: непосредственно якорь 2 и толкатель 4. Якорь и толкатель, жестко связываются между собой *подвижной рамкой* 6, которая способна перемещаться на колесах 5 по рельсам 1. Обмотка возбуждения (не показана) электромагнита 3 питается от источника постоянного тока. На Рисунке 4 показан рабочий зазор между якорем 2 и ярмом 3, который составляет δ миллиметров. В случае подачи напряжения на обмотку электромагнита якорь 2 притягивается к ярму 3 и одновременно перемещает толкатель 4 на величину δ . Подобным образом осуществляется *принцип «отталкивания»* якоря в электромагните.

Рассмотренная *базовая ячейка* электромагнитного механизма, принцип действия которой был только что описан, может служить основой для конструирования различных агрегатов в системах автоматики и управления. Посмотрим возможности этого устройства.

Как можно увеличить мощность удара электромагнита? Если увеличить ток возбуждения, т.е. увеличить магнитную индукцию в воздушном зазоре, то притягивающая сила электромагнита повышается. Однако такой способ весьма ограничен, поскольку сталь быстро насыщается и дальнейшее увеличение тока возбуждения не даст существенной прибавки в мощности удара.

В линейном варианте повысить силу удара можно, например, если объединить несколько ячеек в один агрегат. Однако в этом случае возникает проблема объединения электромагнитов: как связывать. В чем она заключается? Можно поступить просто, соединить жесткой рамкой все якоря электромагнитов, чтобы последний якорь воздействовал на подвижную платформу. Такая действующая модель показана на фотографии (Рис. 5).

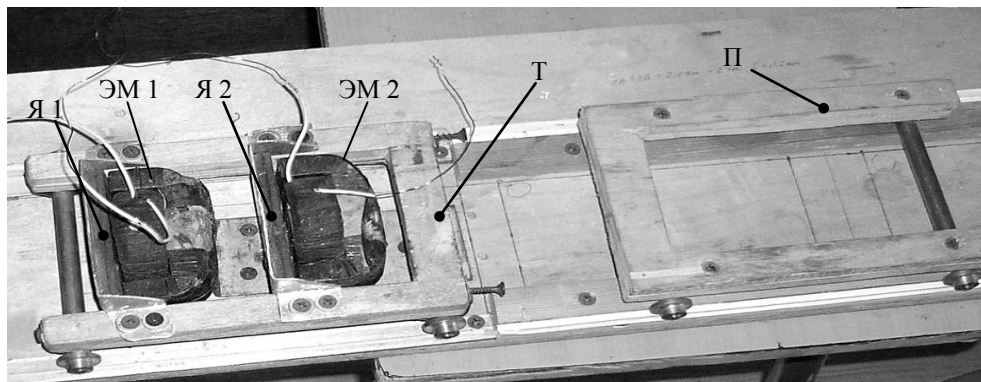


Рис. 5. Электромагнитное устройство с двумя якорями и равными рабочими зазорами

В этом случае мощность устройства будет определяться суммой мощностей электромагнитов ЭМ 1 и ЭМ 2, якоря которых Я 1 и Я 2 объединены в единый агрегат жесткой подвижной рамкой, являющейся толкателем Т, который воздействует на подвижную платформу П. На Рисунке 6 показана конструкция с четырьмя жестко связанными якорями.

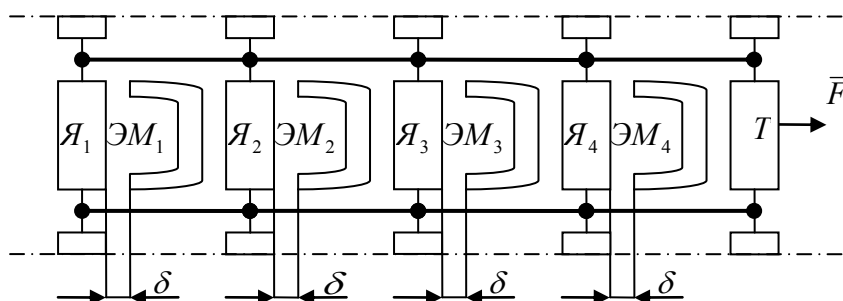


Рис. 6. Электромагнитное устройство с четырьмя связанными якорями

Подобные конструкции повышают суммарную мощность агрегата в целом, однако не решает задачу увеличения хода исполнительного механизма. Если отбросить три электромагнита и изготовить длинную рамку, которую будет сдвигать первый якорь, то расстояние, на которое переместится толкатель Т (Рис. 6) составит только один рабочий зазор δ , а мощность при этом снизится в три раза. Это *противоречие*, т.е. увеличение мощности с одновременным увеличением хода рабочего механизма, можно разрешить следующим способом. Соединим на одних направляющих несколько *подвижных рамок ячеек* (Рис. 4), толкатели которых последовательно будут ударять в якорь последующего за ним электромагнита. В этом случае возникает другая задача, а именно, задача выбора величины *воздушного зазора* δ в последующем электромагните. Если сделать все зазоры одинаковыми, как это показано на Рисунке 6, то тогда не будет использована в полной мере сила инерции якоря электромагнита.

Действительно, когда рассматривался маятниковый механизм с двумя электромагнитами, то вскользь было отмечено, что при повороте маятника (якоря), концевые электромагниты 2 (Рис. 3) вступают в действие не с нулевой точки покоя, а тогда, когда маятник уже находится в движении. В этом случае используется *сила инерции* маятника, и уже нет необходимости в использовании полной мощности электромагнита 2 для перемещения «движущегося» якоря. Аналогичным образом поступим и в случае линейного перемещения. Для этого обратимся к Рисунку 7.

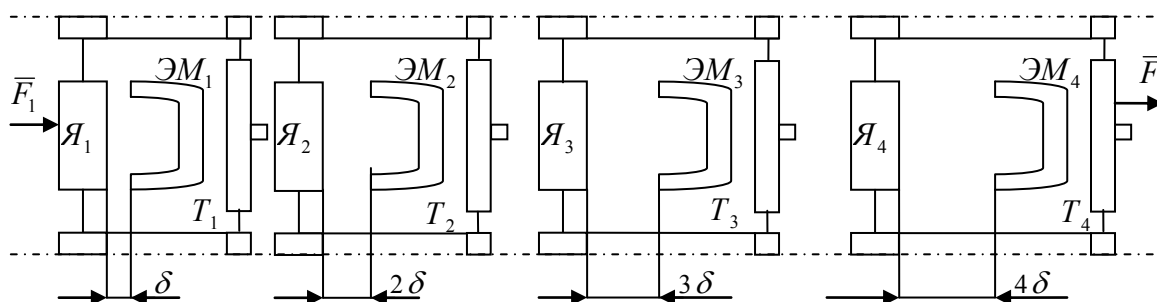


Рис. 6. Многозвенный ударный механизм

На Рисунке 6 показан электромагнитный агрегат, содержащий четыре ячейки подобные той, которая была представлена на Рис. 4. В чем особенность данной конструкции? Во-первых, при такой схеме соединения тяговых ячеек можно получить перемещение якоря электромагнита на *четыре (!) рабочих зазора* δ . В обычном электромагните притяжение якоря возможно только на *один рабочий зазор*, что естественно ограничивает возможность применения электромагнитов в качестве исполнительных механизмов в различных системах автоматики. В нашем случае *диапазон* применения электромагнитов существенно расширяется. Это стало возможно благодаря тому, что в данной конструкции использован способ *последовательного ударного воздействия* толкателей на якорь.

Когда подается напряжение на обмотку возбуждения первого электромагнита \mathcal{EM}_1 , якорь $Я_1$ первого электромагнита начинает свое движение к ярму. Поскольку толкатель T_1 , жестко связан с якорем первой ячейки, он начинает смещаться в сторону якоря $Я_2$ второго звена. Величина перемещения определяется длиной воздушного зазора δ . Передвижение толкателя T_1 на расстояние δ , смещает якорь $Я_2$ в его рабочую зону. В этой зоне на него начинает оказывать влияние уже магнитное поле электромагнита \mathcal{EM}_2 .

Помимо этого, на якорь $Я_2$ воздействует мощный удар, создаваемый якорем $Я_1$ совместно с толкателем T_1 . Поэтому движение якоря $Я_2$ происходит под действием *суммы сил: силы притяжения* электромагнита \mathcal{EM}_1 , и *силы удара* от толкателя T_1 . Таким образом, якорь $Я_2$ не просто перемещается в свою рабочую зону, а входит в нее с некоторым *ускорением*. Это дает возможность начать работу электромагнита \mathcal{EM}_2 по перемещению якоря не с нулевой точки, когда якорь $Я_2$ неподвижен, и необходимо создать усилие, чтобы сдвинуть его с места, а в тот момент, когда якорь $Я_2$ уже обладает некоторым количеством движения. Соответственно и толкатель T_2 также будет иметь больший инерционный момент количества движения, чем, если бы он начал движение с неподвижного состояния. Таким образом, в результате, рабочий ход якоря второго электромагнита составит уже 2δ .

Аналогичные процессы будут происходить и во всех последующих электромагнитах. При этом помимо увеличения рабочего зазора на величину δ , каждое следующее звено будет увеличивать кинетическую энергию удара толкателя. На Рис. 8 представлена фотография действующей модели такого устройства с двумя электромагнитами с увеличенным рабочим зазором.

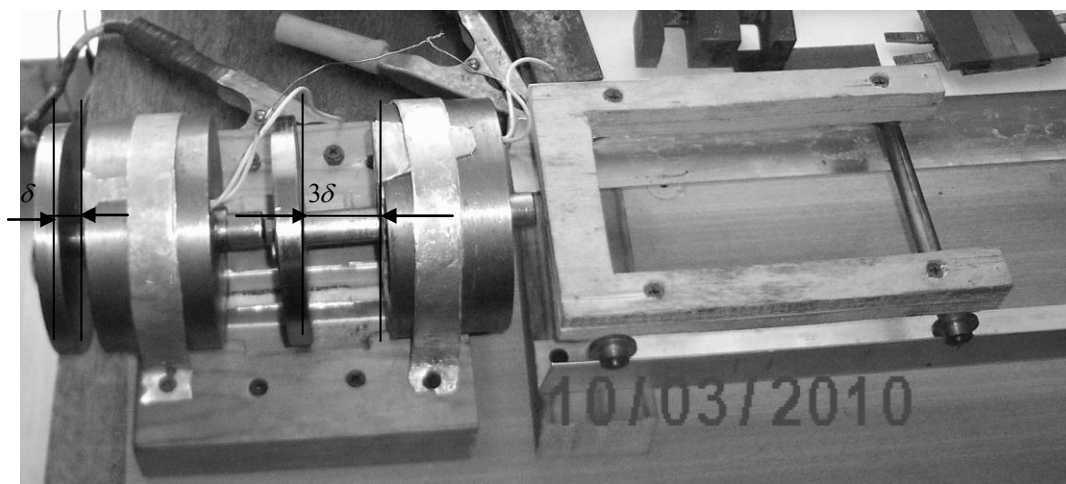


Рис. 8. Действующая модель электромагнитного механизма с увеличенным рабочим зазором

Фактически, описанный электромеханический агрегат представляет собой *усилитель механической энергии* и может быть применен как в качестве *движителя* в транспортных установках различного типа, так и ударного механизма в различных устройствах, где требуется большие импульсные нагрузки, например, в штамповке. Естественно, схематично изображенная на Рисунке 7 конструкция, отражает только *принцип действия* такого устройства. В реальности, нет необходимости соблюдать правило обеспечения постоянного зазора δ между толкателями и якорем последующего звена (модель на Рис. 8). За счет силы инерции якорь и соединенный с ним толкатель последующего звена может быть расположен значительно дальше от ярма. Поэтому передача механической энергии от первого электромагнита к последующему *без дополнительных механических рычагов* может быть осуществлена на значительные расстояния. Этот принцип может быть реализован в системах, применяемых для перемещения различных грузов на значительные расстояния по заранее заданным траекториям, и, прежде всего, для перемещения грузов в складских условиях. Причем, первое звено может и не обладать большой мощностью, а исполнять только роль *толкателя* якоря второго звена, тогда как второе (или любое последующее) звено предназначается для основной тяговой работы.

Таким образом, благодаря введению *подвижной* ячейки (Рис. 4), открываются новые перспективы для проектирования различных механизмов и машин, которые могут быть использованы в системах автоматики и управления, робототехнике, на транспорте и др.

Список литературы

1. Буль Б. К., Буткевич Г.В. и др. Основы теории электрических аппаратов. М.: Высшая школа, 1970. 600 с.

УДК 517.9

Виктор Игнатьевич Филиппенко

Южно-Российский государственный университет экономики и сервиса

О СПЕКТРЕ ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНОГО ОПЕРАТОРА ВТОРОГО ПОРЯДКА
В ПРОСТРАНСТВЕ ВЕКТОР-ФУНКЦИЙ[©]

В работе исследуется спектр линейного несамосопряженного оператора, порожденного обыкновенной дифференциальной операцией второго порядка и краевым условием, зависящим от спектрального параметра.

1. Пусть $T: L_n^2(R^+) \rightarrow L_n^2(R^+)$ - замкнутый оператор, порожденный обыкновенной дифференциальной операцией второго порядка

$$\tau[y] = -\frac{d^2 y}{dx^2} + Ay + A_0(x)y \quad (1)$$

и краевым условием

$$B_0(\lambda)y(0) + B_1(\lambda)y'(0) = 0 \quad (2)$$

где $y(x) = (y_1(x), \dots, y_n(x))$ - вектор-столбец, A - постоянная $(n \times n)$ - матрица с элементами a_{ij} , A_0 , B_0 и B_1 - переменные матрицы той же размерности. Используем следующие обозначения: $R^+ = \{x: 0 \leq x < +\infty\}$, $C(\lambda)$ - комплексная плоскость, I - единичная матрица,

$\|y\| = \max_j |y_j|$, $\|A\| = \max_j \sum_{k=1}^n |a_{jk}|$, $\mu_j(A)$ - собственные значения матрицы A , $\sigma(T)$ - спектр оператора T . В

пространстве $L_n^2(R^+)$ норма вводится следующим образом: $\|y(x)\|_{L_n^2}^2 = \int_0^\infty \|y(x)\|^2 dx$. Она эквивалентна обыч-

ной норме $\|y(x)\|_{L_n^2}^2 = \int_0^\infty \sum_{j=1}^n |y_j(x)|^2 dx$.

Обозначим через D - область определения оператора T . Она состоит из вектор-функций, которые удовлетворяют следующим условиям: $y \in L_n^2(R^+)$, $y'(x)$ абсолютно непрерывна в каждом конечном отрезке $[0, a] \subset R^+$, $y(x)$ удовлетворяет краевому условию (2).

Спектр задачи (1-2), когда $A_0(x)$ финитная матрица-функция и B_0, B_1 не зависят от спектрального параметра λ , детально изучен М. Ф. Федорюком [1].

Следуя А. В. Штраусу [2], предположим, что матрицы-функции $B_0(\lambda), B_1(\lambda)$, зависящие от спектрального параметра λ , удовлетворяют следующим условиям:

- ранг прямоугольной матрицы $(B_0(\lambda)B_1(\lambda))$ равен n при любом λ ;
- $B_0(\lambda), B_1(\lambda)$ - целые матричные функции параметра λ .

2. Предположим, что $A_0(x) = 0$.

Теорема 1. Оператор T имеет не более чем счетное множество изолированных собственных значений, а его непрерывный спектр состоит из лучей $\Gamma_j = \{\lambda: \operatorname{Re} \mu_j(A) \leq \operatorname{Re} \lambda < \infty, \operatorname{Im} \lambda = \operatorname{Im} \mu_j(A)\}, 1 \leq j \leq n$.

Доказательство. Обозначим через $C_A(\lambda)$ - комплексную плоскость λ с разрезом по лучам Γ_j и выберем ветви функции $\sqrt{\mu_j(A) - \lambda}$ так, чтобы

$$\operatorname{Re} \sqrt{\mu_j(A) - \lambda} > 0, \lambda \in C_A(\lambda) \quad (3)$$