

РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ



(19) **RU** <sup>(11)</sup> **155 997**

(13) **U1**

(51) МПК  
**G09B 23/18 (2006.01)**

**ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА  
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ  
(12) ОПИСАНИЕ ПОЛЕЗНОЙ МОДЕЛИ К ПАТЕНТУ**

Статус: действует (последнее изменение статуса: 06.12.2019)  
Пошлина: учтена за 6 год с 14.01.2020 по 13.01.2021

(21)(22) Заявка: **2015100126/12**, **13.01.2015**

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:  
**13.01.2015**

Приоритет(ы):

(22) Дата подачи заявки: **13.01.2015**

(45) Опубликовано: **27.10.2015** Бюл. № **30**

Адрес для переписки:

**308590, Белгородская обл., р-н  
Белгородский, пос. Октябрьский, ул. 5  
Августа, 12, Войкину Владимиру  
Владимировичу**

(72) Автор(ы):

**Войкин Владимир Владимирович (RU),  
Деревянкин Дмитрий Сергеевич (RU),  
Гончаров Евгений Александрович (RU),  
Капустин Роман Филиппович (RU)**

(73) Патентообладатель(и):

**Войкин Владимир Владимирович (RU)**

(54) **МОДЕЛЬ ЛИНЕЙНОЙ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ МАШИНЫ**

(57) Реферат:

1. Модель линейной электрической машины содержит корпус из немагнитного материала, смонтированную в ней электромагнитную систему с несколькими расположенными на корпусе в ряд кольцевыми индуктивными катушками, генерирующий магнитный сердечник, установленный с возможностью челночного перемещения его внутри корпуса, с постоянными магнитами между ограничительными элементами, отличающаяся тем, что она выполнена разборной, с расположением полюсов постоянных магнитов коаксиального и радиального направления на корпусе и на сердечнике, обеспечивающее расширение ее функциональных возможностей за счет использования модели в целом для демонстраций, а ее составных частей для отдельных опытов по физике.

2. Модель по п. 1, отличающаяся тем, что выполнена обратимой с возможностью работы как в режиме генератора, так и в режиме двигателя.

3. Модель по п. 1, отличающаяся тем, что может выполнять функцию магнита.

4. Модель по п. 1, отличающаяся тем, что может выполнять функцию трансформатора.

5. Модель по п. 1, отличающаяся тем, что на составляющих ее деталях можно проводить опыты по механике.

6. Модель по п. 1, отличающаяся тем, что на составляющих ее деталях можно проводить опыты по электромагнетизму.

Модель линейной электрической машины относится к учебным приборам по физике и может быть использована для демонстрации, проведения ряда

лабораторных работ по изучению законов механики и электромагнетизма, а также приобретения навыков в конструировании линейных машин.

Известна универсальная учебная модель для изучения электромагнитной индукции (патент РФ №2499294, МПК G09B 23/18) с помощью которой проводятся физические опыты по изучению свойств электромагнита и по преобразованию переменного тока. Недостатком данной модели является то, что на ней можно выполнять простейшие опыты только по электромагнетизму.

Известна машина электрическая обратимая (двигатель-генератор), ([www.e-import.ru](http://www.e-import.ru)). Модель применяется в средней школе для Демонстрации устройства и принципа работы электрического двигателя постоянного тока, электрического генератора постоянного тока и однофазного электрического генератора переменного тока. В этой модели используется принцип вращательного движения и демонстрируется превращение механической энергии в электрическую (генерирование) и наоборот - превращение электрической энергии в механическую (демонстрация двигателя).

Недостатком данной электрической машины вращательного движения является ограниченное количество опытов и служит только как демонстрационная модель.

Известны принципы действия, конструктивные схемы и расчеты линейных электрических машин, приводимые в работе М.Я. Хитерер, И.Е. Овчинников, Синхронные электрические машины возвратно поступательного движения, Санкт-Петербург, КОРОНА принт, 2013, с. 11-18, рис. 1, 4, 9.

Недостатком данной работы является то, что она трудно воспринимаемая в школьном процессе, из-за сложных расчетов, и может быть использована как учебное пособие для научно-технических работников, студентов и аспирантов.

Известен линейный электрический генератор, включающий корпус, каркас из немагнитного материала с расположенными на нем в ряд кольцевыми индуктивными катушками, разделенными щечками, генерирующий магнитный сердечник с осью из немагнитного материала, установленный в возможность челночного перемещения внутри каркаса с кольцевыми индуктивными катушками, между ограничительными элементами, отличающийся тем, что магнитный сердечник содержит как минимум два кольцевых постоянных магнита с осевой намагниченностью, зафиксированных на оси из немагнитного материала с расположенными навстречу друг другу одноименными полюсами с зазором, величина которого устанавливается опорными втулками из немагнитного материала, а число кольцевых индуктивных катушек на единицу больше числа постоянных магнитов (см. патент на полезную модель RU 83373, опубликовано 27.05.2009), прототип.

Недостатком вышеуказанного прототипа является то, что он выполняет только одну функцию - преобразование механической энергии в электрическую, неразборный, и это затрудняет использование его для учебных целей не только в качестве демонстрационной модели, но и проводить различные опыты.

Физической учебной модели, свойства и параметры которой подобны реальной линейной электрической машине, служащей одновременно для демонстрации принципа работы и выполнения различных лабораторных работ, на данный период не существует.

Задачей настоящей полезной модели является создание учебного прибора для изучения работы линейного электрического генератора, линейного электрического двигателя, магнита, трансформатора и проведения ряда опытов по электромагнетизму и механике на составляющих деталях модели, то есть расширение ее функциональных возможностей за счет использования модели в целом для демонстраций, а ее составных частей для отдельных опытов.

Поставленная задача достигается тем, что модель линейной электрической машины содержит корпус из немагнитного материала, смонтированную в ней

электромагнитную систему, с несколькими, расположенными на корпусе в ряд кольцевыми индуктивными катушками, генерирующий магнитный сердечник, установленный с возможностью челночного перемещения его внутри корпуса, с постоянными магнитами между ограничительными элементами, выполнена разборной, с расположением полюсов постоянных магнитов коаксиального и радиального направления на корпусе и сердечнике, обеспечивающее расширение ее функциональных возможностей за счет использования модели в целом для демонстраций, а ее составных частей для отдельных опытов.

Особенностью данной модели является то, что она может быть выполнена из одних и тех же деталей в различных вариантах по изучению работы линейного электрического генератора, линейного электрического двигателя, магнита, трансформатора и проведения ряда опытов по электромагнетизму и механике на составляющих ее деталей.

Существо полезной модели линейной электрической машины поясняется чертежами, на которых представлены различные варианты исполнения. Фиг. 1 - Модель линейной электрической машины в качестве генератора и двигателя, продольный разрез;

Фиг. 2а, 2б - Схемы подключения линейного электрического генератора и двигателя.

Фиг. 3 - Модель в качестве магнита;

Фиг. 4 - Модель в качестве трансформатора на одном сердечнике;

Фиг. 5 - Схема опыта с постоянным магнитом (определение силы магнита с помощью динамометра). Опыт по механике.

Фиг. 6 - Опыт по электромагнетизму. Схема опыта с постоянным магнитом (определение полюса и магнитной индукции с помощью измерителя магнитной индукции);

Фиг. 7а, 7б, 7в - Варианты размещения постоянных магнитов и катушек индуктивности на корпусе и генерирующем элементе. опыты по выбору оптимального варианта по выходному параметру ЭДС модели линейной электрической машины.

Модель линейной электрической машины содержит корпус 1 цилиндрической формы, крышку 2, днище 3, генерирующий элемент со штоком 4, магнитами коаксиального направления 5 и радиального направления 6. Магниты 5 и 6 помещены во втулку 7, установленную между шайбой 8 и гайкой 9. Снаружи на корпус 1 устанавливаются катушки индуктивности 10 и магниты 11, 12. Магниты 11 - коаксиального направления, а магниты 12 - радиального направления. Между магнитами 5, 6, 11, 12 и катушками 10 ставятся опорные втулки 13. С одной стороны в крышке 2 проходит шток 4, а с другой стороны в днище 3 устанавливается крепежный элемент 14. Крышка 2 и днище 3 устанавливаются на резьбовые поверхности корпуса 1. Внутри штока 4 имеется осевое отверстие сообщающее камеры А и Б для устранения воздушного сопротивления. Снаружи катушки индуктивности 10 и магниты 11, 12 закрываются защитным кожухом 15, выходящим на крышку 2 и днище 3. На кожухе 15 имеется клемная колодка для выхода проводов катушек (на фигуре не показана). Корпус 1 и комплектующие детали (поз. 2, 3, 4, 7, 8, 9, 13, 14) выполнены из немагнитного материала, а кольцевые постоянные магниты выполнены из сплава NdFeB. Расположение катушек индуктивности и магнитов, как на корпусе, так и на генерирующем элементе выполняются в различных вариантах.

Модель линейной электрической машины работает следующим образом.

При челночном или возвратно-поступательном движении генерирующего элемента 4 в катушках индуктивности 10 создается ЭДС, величина которой зависит от скорости движения генерирующего элемента, количества и способа размещения магнитов на корпусе и генерирующем элементе, числа витков в катушках и их

соединения. При последовательно-согласном соединении обмоток 10 ЭДС суммируется. На Фиг. 2а показана электрическая схема для контроля выходных параметров электрической линейной машины в режиме генератора. Привод ручной от рукоятки 16. Контроль напряжения и тока осуществляется вольтметром и амперметром, а нагрузка задается с помощью реостата 17, визуальный контроль - лампочкой накаливания. На Фиг. 2б показана электрическая схема питания и контроля модели линейной электрической машины в режиме двигателя. Подача напряжения на двигатель осуществляется от постороннего источника 18, например, от школьного источника регулируемого переменного/постоянного напряжения 0...24 В/10А - ИРПН-10А через реостат 17, контроль напряжения и тока по вольтметру и амперметру. Модель может работать как в холостую или с присоединенным небольшим поршневым насосом 19.

Модель, выполняющую функцию магнита, представлена на Фиг. 3. (Опыты по притягивании различных металлических предметов). Сбор металлических предметов производится с помощью диска 20, установленного на элемент крепления 14. Диск 20 и элемент крепления 14 выполнены из стали. Магнит 5 на штоке 4 находится в крайнем нижнем положении до упора в элемент 14. В этом положении магнит 5 металлические предметы притягиваются к диску 20. Удаление металлических предметов с диска 20 осуществляется перемещением магнита 5 со штоком 4 вверх с помощью рукоятки 21. То есть за счет уменьшения действия магнитного поля магнита 5 на диск 20. Контроль наличия магнитного поля и характер распределения силовых линий проводится детектором магнитного поля АС-8М и измерителем магнитной индукции АТТ-8701.

Модель линейной электрической машины можно использовать для проведения опытов по трансформации переменного тока. Простейшая модель как трансформатор, с цилиндрическим стержнем 22 из магнитного материала, представлена на Фиг. 4. Напряжение от источника ИРПН-10А подается на одну из катушек 10, а выходные параметры напряжения измеряются на других катушках, с возможностью их последовательного соединения. Коэффициент трансформации  $K$  определяется из соотношения:  $U_1/U_2 \approx W_1/W_2 = K$

где  $U_1$  - напряжение первичной катушки;

$U_2$  - напряжение вторичной катушки;

$W_1$  и  $W_2$  - соответственно число витков первичной и вторичной катушек.

Стержень 22 можно удалять или помещать в корпус 1 и смотреть его влияние на выходные параметры катушек. Контроль токов и напряжений в первичных и вторичных катушках измеряется амперметрами и вольтметрами на входе и выходе.

Определение силы магнита производится по схеме, изображенной на Фиг. 5 (опыт по механике). Магнит 5, на котором установлен диск 25, удерживается зажимами 26, закрепленными на столе или подставке. Необходимо оторвать диск 25 от магнита и определить его удерживающую силу. Это делается с помощью динамометра 23, соединенного с диском 25 нитью 24. Сила, в момент отрыва, фиксируется динамометром.

Опыт по определению полюсов постоянного магнита и магнитной индукции приводится на Фиг. 6. Опыт проводится с помощью прибора АТТ-8701. В процессе опыта постоянный магнит 5 перемещают на различное расстояние от фиксированного датчика прибора 27 и смотрят на показания дисплея 28. На дисплее одновременно отображаются значения полюса и магнитной индукции в Тл или Г. Составляется таблица опытных показателей и обрабатываются результаты.

Схемы по выбору оптимального варианта по выходному параметру ЭДС модели линейной электрической машины представлены на Фиг. 7а, 7б, 7в.

На Фиг. 7а магниты и катушки расположены в следующем порядке: на корпусе 1 расположены только катушки индуктивности 10, а на штоке 4 установлены

коаксиальные магниты 5 и радиальный магнит 6. Между магнитами 5, 6 и катушками 10 ставятся опорные втулки 13.

На Фиг. 7б магниты и катушки расположены в следующем порядке: на корпусе 1 расположены катушки индуктивности 10 и коаксиальный магнит 11, а на штоке 4 установлены коаксиальные магниты 5 и радиальный магнит 6. Между катушками и магнитами отсутствуют опорные втулки.

На Фиг. 7в магниты и катушки расположены в следующем порядке: на корпусе 1 расположены катушки индуктивности 10 и коаксиальный магнит 11, а на штоке 4 установлены коаксиальные магниты 5 и радиальный магнит 6. Опорные втулки 13 расположены только между магнитами 5 и 6.

Учениками самостоятельно формируются схемы размещения магнитов и катушек на корпусе и генерирующем элементе, производится сборка модели с последующим проведением опыта. Формируется геометрия размещения генерирующего элемента и катушек. Самостоятельно производится расчеты индукционных катушек и предварительные замеры их параметров.

Таким образом, предложенная модель линейной электрической машины позволяет проводить целый ряд опытов, как по электромагнетизму, так и по механике. Самостоятельное выявление вариантов возможных решений, установление особенностей вариантов (принципов действия, размещения функциональных составных частей) дает возможность учащимся более полное усвоение материалов по физике, и проявить повышенный интерес в конструировании реальных механизмов.

Предложенная модель линейной электрической машины изготовлена и успешно испытана на уроках физики и технического творчества.

#### Формула полезной модели

1. Модель линейной электрической машины содержит корпус из немагнитного материала, смонтированную в ней электромагнитную систему с несколькими расположенными на корпусе в ряд кольцевыми индуктивными катушками, генерирующий магнитный сердечник, установленный с возможностью челночного перемещения его внутри корпуса, с постоянными магнитами между ограничительными элементами, отличающаяся тем, что она выполнена разборной, с расположением полюсов постоянных магнитов коаксиального и радиального направления на корпусе и на сердечнике, обеспечивающее расширение ее функциональных возможностей за счет использования модели в целом для демонстраций, а ее составных частей для отдельных опытов по физике.

2. Модель по п. 1, отличающаяся тем, что выполнена обратимой с возможностью работы как в режиме генератора, так и в режиме двигателя.

3. Модель по п. 1, отличающаяся тем, что может выполнять функцию магнита.

4. Модель по п. 1, отличающаяся тем, что может выполнять функцию трансформатора.

5. Модель по п. 1, отличающаяся тем, что на составляющих ее деталях можно проводить опыты по механике.

6. Модель по п. 1, отличающаяся тем, что на составляющих ее деталях можно проводить опыты по электромагнетизму.