

Изобретение относится к электротехнике и может быть использовано в силовых ударных приводах технологических механизмов или в качестве привода контактов быстродействующих коммутационных аппаратов.

Известен линейный электродвигатель, содержащий коаксиально установленную первичную, подключаемую к источнику электроэнергии катушку и ферромагнитный сердечник, втягиваемый в катушку при появлении в ней тока [1].

Недостатками этого электродвигателя являются относительно невысокие значения скорости и силы, обусловленные физической природой и насыщением ферромагнитных веществ.

Известен линейный цилиндрический асинхронный электродвигатель, содержащий подвижный ферромагнитный стержень, на наружной поверхности которого установлены медные и стальные кольца, и внешний ферромагнитный статор, в пазах, которого уложена обмотка переменного тока [2]. Принцип действия данного двигателя основан на бегущей волне магнитного поля, созданного обмоткой статора. Скорость волны ограничена частотой питающего напряжения и необходимостью плавного повышения частоты по мере разгона подвижного стержня. Следствием этого являются: потребность в регулируемом преобразователе частоты (дорогой и сложный прибор), значительная длина линейного электродвигателя и существенные потери мощности и нагрев подвижного стержня при больших величинах скольжения, что имеет место при разгоне.

Наиболее близким по технической сущности к предлагаемому изобретению является линейный индукционный двигатель, содержащий коаксиально установленные первичную, подключаемую к источнику электроэнергии обмотку, взаимодействующую с упором, и индуктивно взаимосвязанный с обмоткой взаимодействующий, с бойком короткозамкнутый вторичный контур, представляющий собой пакет медных колец, закрепленных на перемещаемой якорной части двигателя [3]. При возникновении тока в первичной обмотке создается переменное магнитное поле, в результате чего в проводящих кольцах вторичного контура якоря индуцируются вихревые токи. Взаимодействие вихревых токов якоря с магнитным полем обмотки индуктора приводит к возникновению отталкивающих электродинамических усилий, под действием которых происходит перемещение якоря.

Достоинством данного двигателя является возможность импульсно возбудить сильный ток в первичной обмотке, а через индуктивную связь и большой ток во вторичном контуре, что приведет к появлению кратковременно большой силы взаимодействия между первичным и вторичным токами и довольно быстрому перемещению якоря со вторичным контуром.

Однако для данного линейного двигателя существует относительно малый диапазон взаимного аксиального положения контура относительно обмотки, при котором между ними имеется эффективное силовое взаимодействие. Так при совпадении центральной плоскости обмотки и контура сила отталкивания в аксиальном направлении будет равна "нулю", при значительном осевом смещении якоря со вторичным контуром относительно первичной катушки сила отталкивания также становится малой.

Более того, при перемещении якоря эффективность силового взаимодействия между первичной обмоткой и вторичным короткозамкнутым контуром стремительно падает. Данное явление особенно сильно проявляется в быстродействующих ударных линейных электродвигателях, которые выполняются без ферромагнетика в магнитной цепи, поскольку в нем наводятся поверхностные вихревые токи, экранирующие магнитное поле. Другими словами, при перемещении якоря вдоль оси Z под действием электродинамических усилий между первичной обмоткой и вторичным контуром коэффициент взаимоиндуктивности $M(z)$ между ними снижается, что приводит к уменьшению индуцированного во вторичном контуре тока I_2 . Следствием снижения тока в контуре и коэффициента взаимоиндуктивности является резкое уменьшение силы отталкивания вторичного контура от первичной обмотки, несмотря на то, что в первичной обмотке при этом еще существует большой ток I_1 . Таким образом, в известном линейном электродвигателе большая электродинамическая сила возникает кратковременно, фактически до и в первый момент начала движения якоря.

Импульсный кратковременный характер силы отталкивания не всегда эффективен, особенно при перемещениях массивного якоря или при воздействии якоря на массивный объект или среду из-за их инерционности.

Не полное, а значит и неэффективное использование тока I_1 обмотки, стремительное снижение коэффициента взаимоиндуктивности $M(z)$ и тока I_2 во вторичном короткозамкнутом контуре при его перемещении с якорем приводит к относительно слабому преобразованию подведенной к обмотке электрической энергии в механическую энергию движения якоря. Из-за этого скорость перемещения якоря недостаточно велика и КПД электродвигателя относительно мал.

Цель изобретения - увеличение скорости движения бойка относительно упора и повышение КПД электродвигателя.

Поставленная цель достигается тем, что в линейном индукционном электродвигателе ударного действия, содержащем размещенные на одном конце упор, а на другом конце - подвижный боек, коаксиально установленные между ними первичную, подключаемую к источнику электроэнергии обмотку, взаимодействующую с упором, и - индуктивно связанный с ней и установленный с возможностью взаимодействия с бойком вторичной короткозамкнутый контур, содержащий токопроводящее плоское кольцо, центральная плоскость которого смещена относительно центральной плоскости первичной обмотки в сторону бойка, - вторичный короткозамкнутый контур выполнен в виде кольца, расположенного напротив обращенной к бойку торцевой стороны обмотки прямоугольного сечения, и, по крайней мере, одной цилиндрической обечайки, расположенной смежно цилиндрической поверхности боковой стороны обмотки, причем, по крайней мере в обращенной к упору части обечайки имеется, по крайней мере один аксиальный вырез, в котором размещена контактирующая с боковыми сторонами выреза токопроводящая вставка, смещенная относительно центральной плоскости обмотки в сторону бойка так, что ее обращенный к упору конец расположен смежно центральной плоскости обмотки.

Кроме того, плоское кольцо своей боковой стороной и цилиндрическая обечайка своей торцевой стороной соединены между собой.

Цилиндрическая обечайка расположена смежно наружной боковой стороне обмотки.

Цилиндрическая обечайка расположена смежно внутренней боковой стороне обмотки.

Токопроводящие вставки выполнены в виде взаимодействующих с упором направляющих элементов.

Обращенный к бойку конец токопроводящей вставки выступает за обращенную к бойку поверхность кольца.

Обращенная к упору часть торцевой стороны цилиндрической обечайки с вырезом выступает за обращенную к упору поверхность первичной обмотки.

В предлагаемом изобретении вторичный короткозамкнутый контур выполнен в виде кольца с одной (или двумя) цилиндрической обечайкой, охватывающими первичную обмотку с торцевой и одной (или двумя) - внутренней или наружной боковой сторон. Такая конструкция вторичного контура приводит к усилению взаимосвязи между обмоткой и контуром, т.е. к увеличению коэффициента взаимоиндукции $M(z)$. Это объясняется и тем, что во все время движения якоря, когда цилиндрическая обечайка находится в зоне обмотки, между ними сохраняется хорошая магнитная связь, а значит и большой ток I_2 в контуре и значительная сила электродинамического отталкивания.

В части цилиндрической обечайки с аксиальными вырезами, в которой нет токопроводящих вставок, ток практически не протекает, поскольку для него существует большое сопротивление аксиального выреза.

Указанные токопроводящие вставки могут выполняться в виде закрепленных и неподвижных относительно упора направляющих элементов для подвижного вторичного контура и бойка. В этом случае при движении бойка в цилиндрической обечайке существует токовый путь, охватывающий примерно половину высоты обмотки, при котором эффективность взаимодействия токовых элементов двигателя наиболее высокая.

Достоинством предлагаемого двигателя является то, что при различных нагрузках и скоростях движения вторичного контура всегда обеспечивается эффективное силовое взаимодействие контура и обмотки, поскольку фактически возле обмотки фиксируется наведенный токовый путь во вторичном контуре, с которым и осуществляется силовое взаимодействие обмотки даже при ее перемещении. В известных же индукционных электродвигателях для каждой нагрузки и скорости необходимо менять параметры источника возбуждения тока обмотки, изменяя например длительность импульса тока для его эффективного использования.

Таким образом, в предлагаемом двигателе при возникновении тока в первичной обмотке вторичный контур совершает движение, однако благодаря фиксированным токовым вставкам путь наведенного в контуре тока относительно обмотки остается неподвижным и расположенным в заданном и наиболее эффективном для силы отталкивания месте цилиндрической обечайки.

Известна конструкция якоря индукционно-динамического двигателя со вторичным короткозамкнутым контуром, выполненным в виде ряда проводниковых колец, разделенных ферромагнетиками [4] Однако в этом двигателе кольца не охватывают неподвижную обмотку индуктора с различных сторон, тем самым не увеличивают магнитную связь обмотки и вторичного контура.

Известна также конструкция многоступенчатого импульсного индукционного линейного электродвигателя, содержащего ряд аксиально установленных и последовательно возбуждаемых током первичных обмоток, вдоль которых перемещается короткозамкнутый вторичный контур [5]. В этом электродвигателе обмотки неподвижны и друг относительно друга не перемещаются. В каждый момент времени возбуждается ток только одна обмотка, а остальные при этом не работают. Выбор момента и длительности возбуждения обмотки очень ограничены и представляют сложную техническую задачу. Взаимодействие подвижного контура и возбужденной обмотки осуществляется с сильно изменяемой магнитной связью, т.е. эффективно только при очень близком их расположении. При удалении контура от обмотки ток в последней идет лишь на ее разогрев, снижая КПД двигателя.

На фиг.1 представлена схема линейного индукционного электродвигателя ударного действия с цилиндрическими обечайками, охватывающими обмотку по наружной и внутренней сторонах; (продольное сечение выполнено по токопроводящим вставкам); на фиг.2 - схема линейного индукционного электродвигателя ударного действия с цилиндрической обечайкой, охватывающей обмотку по наружной стороне; на фиг.3 - схема линейного индукционного электродвигателя ударного действия с цилиндрической обечайкой, охватывающей обмотку по внутренней стороне; на фиг.4 - схема линейного индукционного электродвигателя ударного действия, у которого токопроводящие вставки выполнены в виде направляющих элементов; на фиг.5 - конструкция вторичного короткозамкнутого контура линейного электродвигателя, представленного на фиг.4; на фиг.6 - схематическое изображение токопроводящих элементов двигателя, представленного на фиг.4, в начальный момент движения (эффективные пути тока I_2 в контуре отмечены точками и крестиками; Силы электродинамического отталкивания f от обмотки отмечены стрелками); на фиг.7 - схематическое изображение токопроводящих элементов двигателя, представленного на фиг.6, в последующий момент движения.

Линейный индукционный электродвигатель ударного действия, состоит из неподвижного упора 1, размещенного на одном конце, и Подвижного бойка 2, размещенного на противоположном конце электродвигателя. Между упором 1 и бойком 2 коаксиально расположены первичная обмотка 3, подключаемая к импульсному источнику питания, например заряженному конденсатору (на фиг. не показан) и вторичный короткозамкнутый токопроводящий контур 4, содержащий плоское кольцо 5 и, по крайней мере одну цилиндрическую обечайку 6. Обмотка 3 имеет прямоугольное сечение и взаимосвязана, например закреплена с упором 1, а контур 4 взаимосвязан, например закреплён с подвижным бойком 2. Между обмоткой 3 и вторичным контуром 4 имеется индуктивная связь.

Центральная плоскость кольца 5 (на фиг. не показана) смещена относительно центральной плоскости 7 первичной обмотки 3 в сторону бойка 2 таким образом, что плоское кольцо 5 расположено смежно и напротив

торцевой стороны 8 обмотки 3, обращенной к бойку. Цилиндрическая обечайка 6 расположена смежно цилиндрической поверхности боковой внутренней 9 или наружной 10 стороны обмотки 3.

В обечайке 6 имеется, по крайней мере один аксиальный вырез 11, в котором размещена токопроводящая вставка 12, контактирующая с боковыми сторонами 13 выреза 11. Токопроводящая вставка 12 смещена относительно центральной плоскости 7 обмотки 3 в сторону бойка 2 так, что ее обращенный к упору конец 14 расположен смежно центральной плоскости обмотки. На фиг.2 цилиндрическая обечайка 6 расположена смежно наружной 10, а на фиг.3 - внутренней 9 боковой стороне обмотки 3. Между обмоткой и упором расположен охватывающий обмотку с торцевой 15 и, по край мере одной боковой, внутренней 9 или наружной 10 стороны изоляционный опорный элемент 16.

Во вторичном контуре 4 плоское кольцо 5 своей боковой стороной и цилиндрическая обечайка 6 своей торцевой стороной соединены между собой, образуя Г- (фиг.2,3) или П- (фиг.4) образное сечение короткозамкнутого контура 4.

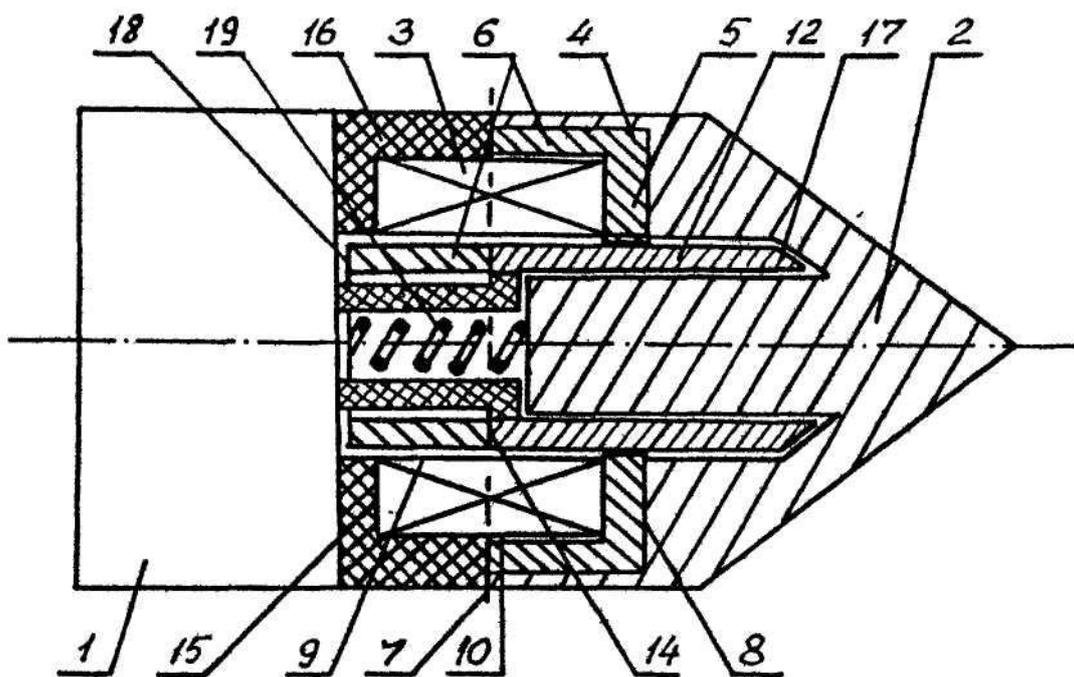
На фиг. 1 токопроводящие вставки 12 выполнены в виде направляющих элементов для подвижного короткозамкнутого контура 4. При этом они взаимосвязаны, например закреплены с упором 1 электродвигателя. Кроме того, обращенный к бойку 2 конец 17 токопроводящей вставки 12 выступает за обращенную к бойку поверхность кольца 5, а обращенная к упору торцевая сторона 18 цилиндрической обечайки 6 с вырезом 11 выступает за центральную плоскость 7 первичной обмотки 3 в сторону бойка 2.

Боек 2 прикреплен к упору 1 при помощи возвратной пружины 19.

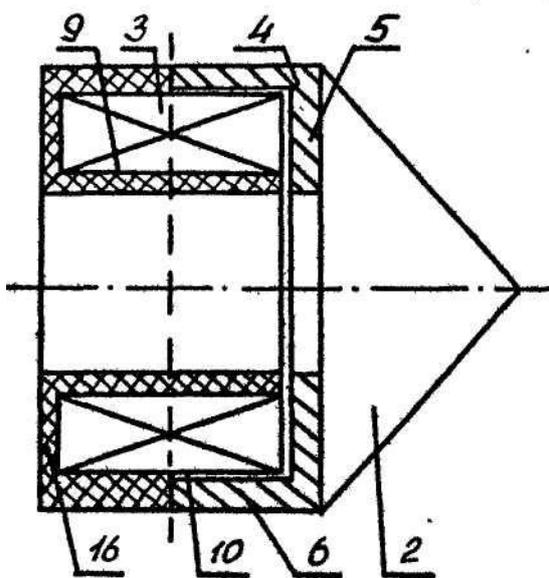
Линейный индукционный электродвигатель ударного действия работает следующим образом.

В исходном положении вторичный короткозамкнутый контур 4 своим плоским кольцом 5 прижат с помощью возвратной пружины 19 к торцевой стороне обмотки 8, охватывая цилиндрической обечайкой 6 боковую сторону обмотки. При подключении первичной обмотки 3 к источнику питания в ней возникает тангенциально направленный ток, который по закону электромагнитной индукции во вторичном контуре 4, а именно кольце 5 и в части цилиндрической обечайки 6, в вырезах которой размещены токопроводящие вставки 12, индуцирует тангенциально направленный, но противоположный обмотке ток I_2 (фиг.6). Взаимодействие токов в первичной обмотке и вторичном контуре приводит к перемещению бойка 2 относительно неподвижного упора 1. В начальной стадии перемещения бойка плоское кольцо удаляется от обмотки, и магнитная связь, а значит и электродинамическая сила между ними ослабляется, но при этом цилиндрическая обечайка тесно примыкает к боковой стороне обмотки, сохраняя хорошую магнитную связь с обмоткой, индуцированная энергия вторичного контура перемещается в обечайку, тем самым результирующая электродинамическая сила остается высокой (фиг.7). Таким образом, за счет высокой магнитной связи, сохраняющейся даже при движении вторичного контура относительно первичной обмотки, значительная часть подведенной электрической энергии посредством магнитного поля передается на подвижную часть двигателя, обуславливая высокую скорость перемещения и повышенное значение КПД линейного электродвигателя.

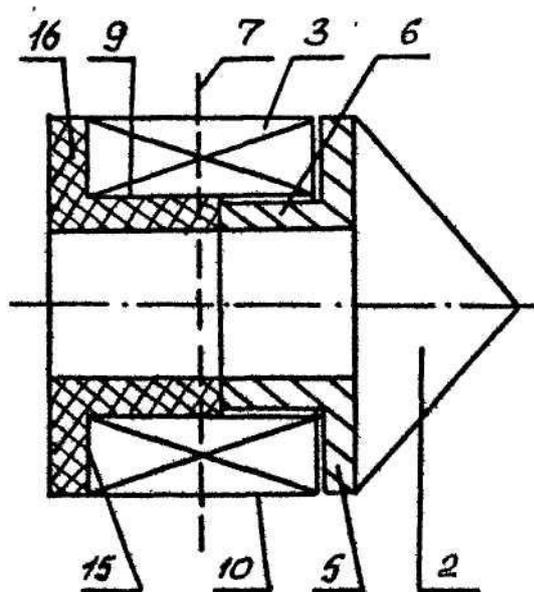
В варианте неподвижных токовых вставок, выполненных в виде направляющих элементов (фиг.1), по мере перемещения бойка увеличивается площадь токовой поверхности вторичного контура за счет того, что обращенный к упору конец токопроводящей вставки остается неподвижным и расположен смежно центральной плоскости обмотки (фиг.6,7).



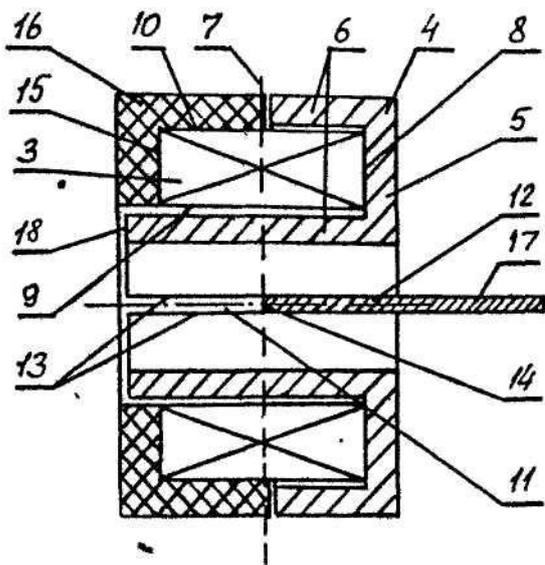
Фиг. 1



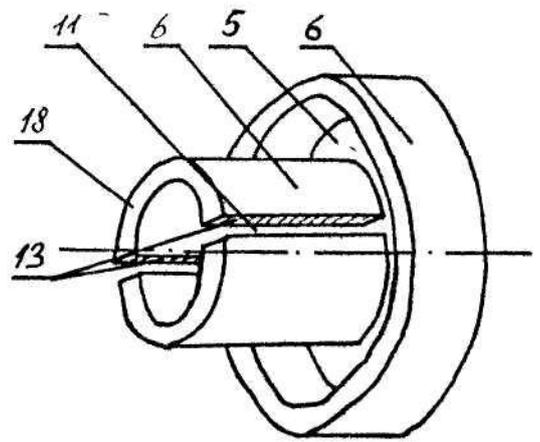
Фиг. 2



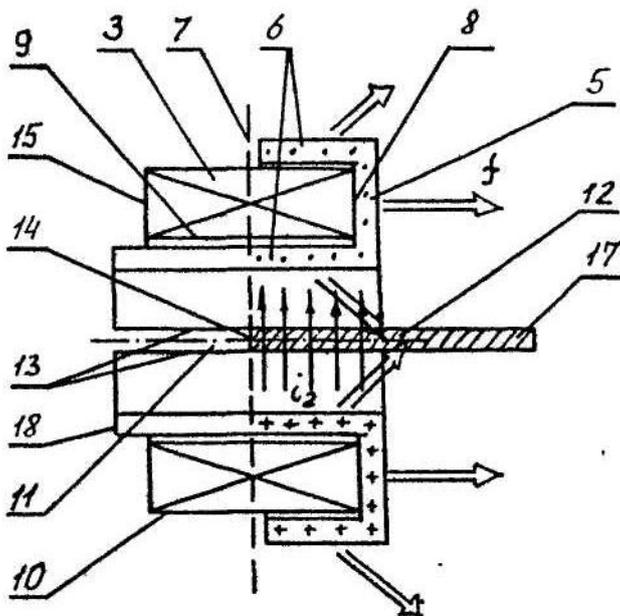
Фиг. 3



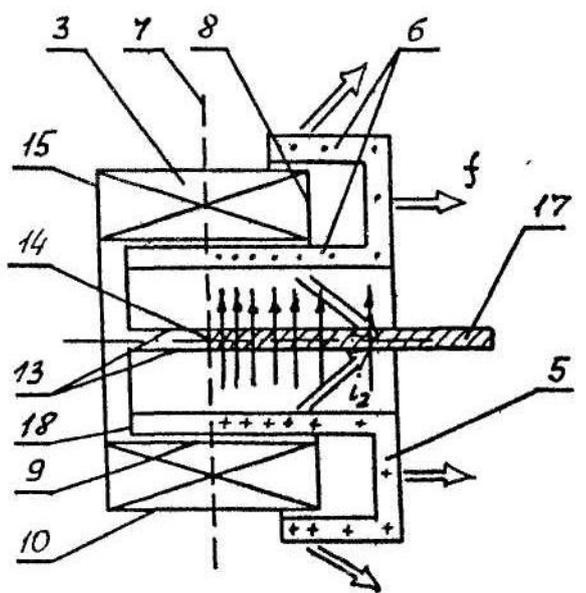
Фиг. 4



Фиг. 5



Фиг. 6



Фиг. 7