

(19)



Евразийское  
патентное  
ведомство

(21) 202092173 (13) A1

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ЕВРАЗИЙСКОЙ ЗАЯВКЕ

(43) Дата публикации заявки  
2021.02.26

(51) Int. Cl. *H02K 41/03* (2006.01)  
*H02K 7/106* (2006.01)

(22) Дата подачи заявки  
2019.03.13

---

(54) ЛИНЕЙНЫЙ ГЕНЕРАТОР

---

(31) 62/642,033

(32) 2018.03.13

(33) US

(86) PCT/IL2019/050280

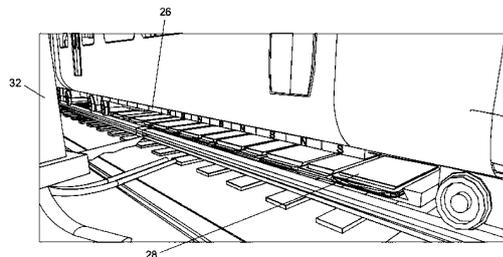
(87) WO 2019/175875 2019.09.19

(71)(72) Заявитель и изобретатель:  
ВАЙСЕНБЕРГ НЕТАНЕЛ (PL)

(74) Представитель:

Ловцов С.В., Вилесов А.С., Гавриков  
К.В., Коптева Т.В., Левчук Д.В.,  
Стукалова В.В., Ясинский С.Я. (RU)

(57) Настоящим изобретением предложен линейный генератор для получения электроэнергии из количества движения транспортного средства, который включает в себя подвижную часть и статор. Подвижной частью служит транспортное средство с двигателем, перемещающееся вдоль заданного пути движения, а статор встроен в заданный путь движения по его длине. Примерами служат поезд и лифты, а линейный генератор может использоваться для содействия торможению, при этом он одновременно предотвращает напрасное расходование энергии, получаемой из количества движения.



A1

202092173

202092173

A1

# **ЛИНЕЙНЫЙ ГЕНЕРАТОР**

## **ОПИСАНИЕ**

### **Родственная заявка**

5

Данная заявка испрашивает приоритет согласно предварительной заявке на патент США № 62/642,033, поданной 13 марта 2018 года, содержание которой полностью включено в настоящий документ посредством ссылки.

10

### **Область техники, к которой относится настоящее изобретение**

Настоящее изобретение в некоторых вариантах своего осуществления относится к линейному генератору, в частности, помимо прочего, к использованию такого генератора для получения электроэнергии из количества движения.

15

### **Предшествующий уровень техники настоящего изобретения**

Транспортные средства, от поездов до лифтов, перемещаются по фиксированному пути движения, генерируя количество движения в больших объемах, но всякий раз, когда транспортное средство тормозит, это количество движения утрачивается. В настоящее время хорошо известны две системы, обеспечивающие сохранение энергии количества движения, которые широко используются в транспортных средствах. Одной из них служит маховик, а другая предусматривает электрическое торможение.

20

Маховик представляет собой большое колесо, основная масса которого распределена по окружности, и который широко используется в автобусах, делающих частые остановки. Во время торможения маховик вводится в зацепление и сохраняет количество движения в виде момента количества движения в маховике. Затем, когда автобус трогается, вращающийся маховик повторно вводится в зацепление и возвращает энергию для придания ускорения транспортному средству.

25

30

В электропоездах и электромобилях применяется электромагнитное торможение, которое предусматривает реверсирование электродвигателя для того, чтобы он выполнял функцию генератора и замедлял или тормозил движение транспортного средства. Электромагнитное торможение может быть использовано для перезарядки аккумуляторов и повышения эффективности транспортных средств с электроприводом.

35

Однако электромагнитное торможение ограничено двумя факторами. Прежде всего, для обеспечения эффективности своего функционирования электродвигатель использует систему с обратной связью, а применение электромагнитного торможения может разбалансировать эту систему с обратной связью.

Второе ограничение заключается в том, что электромагнитное торможение требует 5 внесение изменений в конструкцию электромагнитного двигателя.

Одно из ограничений более общего характера заключается в том, что электромагнитное торможение не применимо в случаях использования неэлектрического источника питания, поскольку отсутствует источник электропитания, в который могла бы 10 возвращаться генерируемая энергия. Хотя неэлектрические транспортные средства обычно снабжены аккумулятором и бортовой электроникой, уровни энергии и заряда, относящиеся к электромагнитному торможению, будут, в общем, подавлять такие системы.

### **Краткое раскрытие настоящего изобретения** 15

Вариантами осуществления настоящего изобретения предложен генератор, содержащий подвижную часть и статор, причем подвижной частью служит транспортное средство, а статор встроен в путь перемещения. При этом статор может быть затем 20 подключен к электрической системе без привязки к транспортному средству. Генератор может замедлять движение транспортного средства и, таким образом, использовать движение транспортного средства для выработки электроэнергии.

Согласно одному из аспектов некоторых вариантов осуществления настоящего изобретения предложен линейный генератор для получения электрической энергии из 25 количества движения транспортного средства, причем линейный генератор содержит подвижную часть и статор, причем подвижная часть представляет собой транспортное средство с двигателем, перемещающееся по заданному пути движения, а статор встроен в заданный путь движения.

В одном из вариантов осуществления настоящего изобретения подвижная часть 30 содержит ряд магнитов, а статор содержит катушки с обмоткой.

В одном из вариантов осуществления настоящего изобретения магниты представляют собой электромагниты, а транспортное средство с двигателем представляет собой транспортное средство с электроприводом.

В одном из вариантов осуществления настоящего изобретения магниты из числа ряда магнитов располагаются на транспортном средстве таким образом, чтобы они проходили на заданном расстоянии от катушек с обмоткой.

В одном из вариантов осуществления настоящего изобретения ряд магнитов характеризуется чередующейся полярностью. 5

В одном из вариантов осуществления настоящего изобретения заданный путь движения содержит участки торможения и участки без торможения, причем статор встроен в участки торможения и не встроен в участки без торможения.

В одном из вариантов осуществления настоящего изобретения транспортным средством служит поезд, а заданным путем движения служит железнодорожный путь. 10

В одном из вариантов осуществления настоящего изобретения транспортным средством служит лифт с противовесом, а заданным путем движения служит лифтовая шахта.

В одном из вариантов осуществления настоящего изобретения транспортным средством служит противовес лифта, а заданным путем движения служит лифтовая шахта. 15

В одном из вариантов осуществления настоящего изобретения статор содержит преобразователь переменного тока в постоянный (AC-DC преобразователь), обеспечивающий получение постоянного тока на выводе.

В одном из вариантов осуществления настоящего изобретения статор содержит преобразователь частоты, обеспечивающий выходной ток статора с требуемой частотой. 20

В одном из вариантов осуществления настоящего изобретения подвижная часть содержит ряд электромагнитов, а статор содержит катушки с обмоткой, причем транспортное средство выполнено с возможностью подачи электричества на электромагниты во время торможения.

Согласно второму аспекту настоящего изобретения предложен поезд, включающий в себя ряд электромагнитов на стороне, примыкающей к пути с катушками с обмоткой, и выполненный с возможностью подачи электричества на электромагниты при торможении для замедления движения поезда. 25

Согласно третьему аспекту настоящего изобретения предложен железнодорожный путь с участками торможения и катушками с обмоткой на участках торможения, содействующими торможению проходящих поездов. 30

Согласно четвертому аспекту настоящего изобретения предложена система лифта с противовесом в лифтовой шахте, причем лифт или противовес содержит электромагниты, а лифтовая шахта содержит катушки, и при этом работа лифта поддается регулированию

для подачи электричества на электромагниты при торможении с целью обеспечения возможности электромагнитного торможения системы лифта с противовесом.

Согласно пятому аспекту настоящего изобретения предложен способ генерирования электроэнергии с одновременным торможением транспортного средства, причем этот способ предусматривает:

применение торможения к движущемуся транспортному средству;

подачу – по меньшей мере, как части процесса применения торможения – электричества на электромагниты транспортного средства, которые располагаются вблизи катушек на пути; и

извлечение электроэнергии из катушек.

Согласно шестому аспекту настоящего изобретения предложен способ получения транспортного средства, перемещающегося по пути, причем этот способ предусматривает:

подготовку транспортного средства для перемещения по пути;

установку на транспортном средстве ряда электромагнитов на той его стороне, которая примыкает к пути; и

подсоединение электромагнитов, подлежащих запитыванию, после применения торможения к транспортному средству.

Согласно седьмому аспекту настоящего изобретения предложен способ получения пути для транспортного средства, причем этот способ предусматривает:

идентификацию участков торможения на пути, где вероятно потребуется торможение;

размещение катушек с обмоткой на участках торможения; и

подсоединение катушек для выдачи генерируемой в них электроэнергии.

В этом аспекте настоящего изобретения предложенный способ может предусматривать установку катушек на высоте, задающей заданное расстояние от соответствующих магнитов, размещенных на транспортном средстве, которое предназначено для перемещения по пути; и подсоединение AC-DC преобразователя между катушками и выводом. Предложенный способ может дополнительно предусматривать подсоединение DC-AC преобразователя между AC-DC преобразователем и выводом.

Если не указано иное, то все технические и/или научные термины, используемые в настоящем документе, имеют одинаковые значения, обычно понятные специалисту в области техники, к которой относится настоящее изобретение. Ниже раскрыты примеры осуществления способов и/или материалов, хотя на практике или при тестировании вариантов осуществления заявленного изобретения могут быть использованы иные способы и материалы, аналогичные или эквивалентные тем, которые описаны в настоящем

документе. В случае противоречия следует руководствоваться описанием изобретения к патенту, включая определения. Кроме того, материалы, способы и примеры осуществления носят исключительно иллюстративный, а не обязательно ограничительный характер.

5

### **Краткое описание фигур**

В настоящем документе описаны некоторые варианты осуществления настоящего изобретения, представленные исключительно в иллюстративных целях и раскрытые в привязке к прилагаемым чертежам. Конкретно обращаясь к чертежам в деталях, следует подчеркнуть, что показанные элементы приведены лишь в качестве примера и для иллюстративного описания вариантов осуществления настоящего изобретения. В этой связи описание, рассматриваемое в привязке к чертежам, ясно показывает специалистам в данной области техники, как варианты осуществления настоящего изобретения могут быть реализованы на практике.

10

15

На фиг. 1 показана концептуальная схема, иллюстрирующая линейный генератор, часть которого представляет собой транспортное средство, перемещающееся по железнодорожному пути, со статором, встроенным в путь, согласно вариантам осуществления настоящего изобретения;

На фиг. 2 показана схема, иллюстрирующая перспективный вид сбоку нижней части транспортного средства на железнодорожном пути согласно вариантам осуществления настоящего изобретения;

20

На фиг. 3 представлена упрощенная схема, иллюстрирующая перспективный вид спереди нижней части транспортного средства, показанного на фиг. 2;

На фиг. 4 представлена упрощенная схема, иллюстрирующая статор, показанный на фиг. 2 и 3, без пути;

25

На фиг. 5 показана схема, иллюстрирующая железнодорожный путь с идентифицируемыми участками торможения для размещения обмоток статора согласно вариантам осуществления настоящего изобретения;

На фиг. 6 представлена упрощенная схема лифта и противовеса для торможения с использованием принципа действия линейного генератора согласно вариантам осуществления настоящего изобретения;

30

На фиг. 7 представлен один из вариантов реализации лифта и противовеса, показанных на фиг. 6;

На фиг. 8 представлен еще один вариант реализации лифта и противовеса, показанных на фиг. 6;

На фиг. 9А показана схема, иллюстрирующая, как противовес для лифта может состоять из катушек, окруженных магнитами, для получения линейного генератора согласно вариантам осуществления настоящего изобретения; 5

На фиг. 9В показана схема, иллюстрирующая дополнительный вид одного из примеров реализации лифта согласно вариантам осуществления настоящего изобретения;

На фиг. 10 представлена упрощенная блок-схема, иллюстрирующая способ торможения транспортного средства согласно вариантам осуществления настоящего изобретения; 10

На фиг. 11 представлена упрощенная блок-схема, иллюстрирующая получение транспортного средства для использования в вариантах осуществления настоящего изобретения;

На фиг. 12 представлена упрощенная блок-схема, иллюстрирующая получение или преобразование пути для использования в вариантах осуществления настоящего изобретения; 15

На фиг. 13-21 представлены графики, иллюстрирующие имитационные модели, построенные для моделирования процессов торможения согласно вариантам осуществления настоящего изобретения, а также демонстрирующие полученные результаты; 20

На фиг. 22 представлена упрощенная принципиальная схема, иллюстрирующая схему расположения электрооборудования для части тормозной системы согласно вариантам осуществления настоящего изобретения, располагающейся внутри транспортного средства; и

На фиг. 23 показана схема, иллюстрирующая электромагнит и катушку, а также направления передачи сил. 25

### **Подробное раскрытие конкретных вариантов осуществления настоящего изобретения**

30

Настоящее изобретение в некоторых вариантах своего осуществления относится к линейному генератору, в частности, помимо прочего, к использованию такого генератора для получения электроэнергии из количества движения.

Линейный генератор, предназначенный для получения электроэнергии из количества движения транспортного средства, содержит подвижную часть и статор. 35

Подвижной частью служит транспортное средство с двигателем, перемещающееся по заданному пути движения, а статор встроен в заданный путь движения.

Таким образом, статор может быть впоследствии подсоединен к электрической системе без привязки к транспортному средству. Генератор может замедлять движение транспортного средства и, таким образом, использовать движение транспортного средства для выработки электроэнергии. 5

Возможные сферы применения включают в себя поезда, в том числе пассажирские и товарные, автобусы и лифты, а линейный генератор может быть использован для содействия торможению, одновременно предотвращая напрасное расходование энергии, получаемой из количества движения транспортного средства. 10

Торможение может быть автоматическим, вследствие чего поезда останавливаются на станциях автоматически без участия машиниста. Более того, использование системы согласно настоящему изобретению может оказаться эффективным для сокращения длины тормозного пути. По обеим указанным причинам система согласно настоящему изобретению может представлять собой безопасную систему. 15

Тормозная система может срабатывать в разных направлениях.

Перед детальным ознакомлением, по меньшей мере, с одним вариантом осуществления настоящего изобретения следует понять, что заявленное изобретение не обязательно ограничено в своем применении деталями конструкции и схемой расположения элементов и/или способами, указанными в последующем описании и/или проиллюстрированными на чертежах. Настоящее изобретение допускает иные варианты своего осуществления, или же оно может быть осуществлено или реализовано на практике различными способами. 20

Обратимся теперь к чертежам, где на фиг. 1 показан линейный генератор 10, предназначенный для получения электроэнергии из количества движения транспортного средства 12. Линейный генератор 10 содержит подвижную часть, которой служит транспортное средство 12, и неподвижную часть, которой служит статор 14. Транспортное средство представляет собой транспортное средство с двигателем; и в большинстве случаев такое транспортное средство запитывается системой, независимой от линейного генератора. Таким образом, например, транспортным средством 12 может служить электропоезд, снабжаемый электроэнергией с воздушного контактного провода 16 и приводимый в действие электродвигателем 18. Транспортное средство перемещается по заданному пути движения, такому как железнодорожный путь 20, а статор встроен в заданный путь движения. Транспортное средство перемещается в направлении стрелки 22 с определенным количеством движения, а статор взаимодействует с ним таким образом, 25 30 35

что он поглощает часть количества движения и генерирует электроэнергию, прикладывая тормозящее усилие в направлении стрелки 24.

Транспортное средство содержит ряд магнитов 26 на стороне, обращенной к железнодорожному пути, которая считается нижней частью поезда. Магниты могут представлять собой электромагниты, и поэтому они возбуждаются по мере 5 необходимости, например, во время торможения, причем эти магниты могут обеспечивать ряд чередующихся полюсов.

Статор содержит ряд катушек 28 с обмоткой, встроенных в железнодорожный путь или приподнятых относительно уровня пути. Расстояние между катушками и магнитами является конструктивной особенностью, которую инженеры-электрики хотели бы 10 реализовать для обеспечения оптимального контакта, и в одном из примеров осуществления катушки могут необязательно располагаться на приподнятом третьем рельсе 30, как это показано на фиг. 1.

Часть система или вся система в целом в заводском исполнении может быть заключена в клетку Фарадея для предотвращения рассеяния магнитного потока и 15 нежелательных индукционных эффектов за пределами тормозной системы.

Катушки могут быть квадратными или круглыми, или иметь форму восьмерки или иную форму, подходящую для использования. Для изменения направлений тока могут быть использованы диоды, как показано ниже на фиг. 22.

На фиг. 2 и 3 представлены перспективные виды сбоку и спереди транспортного 20 средства, показанного на фиг. 1, иллюстрирующие чередующиеся полюса магнитов снизу поезда, а также иллюстрирующие катушки, установленные на статоре посередине железнодорожного пути. Катушки могут быть подсоединены к выводам 32, которые – в свою очередь – могут быть подсоединены к источнику электроснабжения, на который может подаваться электроэнергия, генерируемая катушками. Выводы могут включать в 25 себя различные цепи для приведения электроэнергии, генерируемой для выводов, в соответствие с установленными техническими требованиями. Таким образом, частота, получаемая линейным генератором, скорее всего, будет варьироваться в зависимости от мгновенного значения скорости транспортного средства. Однако источник электроснабжения требует определенной частоты. Поэтому цепи могут выполнять 30 необходимые коррективные операции. В одном из вариантов осуществления настоящего изобретения AC-DC преобразователь преобразует входной ток катушек в постоянный ток (DC), после чего DC-AC преобразователь выдает выходной ток с требуемой частотой. В одном из альтернативных вариантов осуществления настоящего изобретения может быть

использован преобразователь частоты, как автономный, так и функционирующий во взаимодействии с другими преобразователями.

В частности, на фиг. 2 и 3 показана часть поезда, где предусмотрен ряд электромагнитов на стороне, примыкающей к железнодорожному пути, и где этот путь обращен в сторону электромагнитов, снабженных катушками с обмоткой. Транспортное средство подает электричество на электромагниты во время торможения для замедления движения поезда, одновременно генерируя электроэнергию с тем, чтобы не терять количество движения поезда. 5

На фиг. 4 представлена упрощенная схема, иллюстрирующая статор 14, который может быть вставлен или встроен в железнодорожный путь. Этот статор включает в себя катушки 26 с обмоткой, которые выстроены по линейной схеме вдоль пути. На фиг. 4 катушки образуют квазинепрерывную поверхность 40 под нижней поверхностью транспортного средства в направлении движения, обозначенного стрелкой 42, в отличие от варианта осуществления, показанного на фиг. 1, где катушки разделены зазорами. Катушки могут занимать большую часть или всю ширину транспортного средства поперек пути (стрелка 44), и они приплюснуты по вертикали (стрелка 46) в направлении транспортного средства. 10 15

Обратимся теперь к фиг. 5, на которой показана упрощенная схема участка железнодорожного пути, и на которой проиллюстрировано, как этот путь может быть модифицирован для использования с применением вариантов осуществления настоящего изобретения. Верхний путь 50 и нижний путь 52 характеризуются направлениями движения, обозначенными стрелками 54 и 56. На одном из концов пути располагается станция 58, а нижняя стрелка указывает на участок 60 приближения к станции, где поезда должны тормозить. Поворот 62 железнодорожного пути также задает участки 64 и 66 приближения, где необходимо торможение. Уклон 68, направленный вниз и обозначенный верхней стрелкой, также может задавать участок, где необходимо торможение. 20 25

Таким образом, заданный путь движения, которым в данном случае служит железнодорожный путь, включает в себя совокупность участков торможения и участков без торможения, причем на участках торможения может быть предусмотрен специально сконструированный статор 14. За пределами участков торможения могут быть предусмотрены катушки статора с более низкой плотностью размещения, или же они могут быть вообще не предусмотрены. 30

Таким образом, показан железнодорожный путь, где катушки статора встроены в участки торможения этого пути, содействуя торможению поездов с одновременной выработкой электроэнергии. Электроэнергия может подаваться на источник питания 35

общего пользования или на источник электроснабжения железной дороги, или же она может быть использована для особых целей, таких как запитывание линейного оборудования или близлежащей станции.

Обратимся теперь к фиг. 6, где транспортным средством служит лифт 70 с противовесом 72. Этот лифт поднимается и опускается с помощью двигателя 73, и требует 5 торможения на любом из этажей, для остановки на которых он предназначен. Заданным путем движения служит лифтовая шахта. Магниты 74 могут быть размещены на противовесе 72 и/или на лифте 70, а катушки 76 могут быть размещены на стенах 78 и 80 шахты. Катушки могут располагаться по всей длине стен, или же их размещение может быть ограничено заданными участками торможения, если такие участки предусмотрены. 10

Обратимся теперь к фиг. 7, где транспортным средством служит одна из разновидность лифта 70 с противовесом 72, показанного на фиг. 6. Этот лифт поднимается и опускается с помощью двигателя 73 так же, как и в предыдущем случае, и требует торможения на любом из этажей, для остановки на которых он предназначен. Заданным 15 путем движения служит лифтовая шахта. Магниты 74 могут быть размещены на противовесе 72, а катушки 76 могут быть размещены на стенах 78 и 80 шахты. Как и в предыдущем случае, катушки могут располагаться по всей длине стен, или же их размещение может быть ограничено заданными участками торможения, если такие участки предусмотрены.

Обратимся теперь к фиг. 8, где транспортным средством служит еще одна 20 разновидность лифта 70 с противовесом 72, показанного на фиг. 6. Этот лифт поднимается и опускается с помощью двигателя 73 так же, как и в предыдущем случае, и требует торможения на любом из этажей, для остановки на которых он предназначен. Заданным путем движения служит лифтовая шахта. Магниты 74 могут быть размещены на стенах 78 и 80 шахты, а катушки 76 могут быть размещены на противовесе 72, как это показано на 25 фиг. 8, или на самом лифте 70. Магниты могут располагаться по всей длине стен, или же их размещение может быть ограничено заданными участками торможения, если такие участки предусмотрены.

Обратимся теперь к фиг. 9А, на которой показана схема, иллюстрирующая противовес 80, который состоит, главным образом или полностью, из катушек 82 с 30 обмоткой. Противовес скользит между магнитами 84, встроенными в стену шахты. Силовые линии магнитного поля проходят поперек шахты и пересекаются противовесом, вследствие чего движение противовеса тормозится. Электроэнергия вырабатывается в катушках и может отводиться с концевых выводов 86 для общего использования в зданиях. Как и в предыдущем случае, выходной ток может обрабатываться АС-DC 35

преобразователем, а затем – модулятором для обеспечения требуемой частоты, или же может быть использован преобразователь частоты. Выходной ток может отводиться со статора или подвижной части в зависимости от того, где располагаются катушки.

Как и в варианте осуществления настоящего изобретения, который предусмотрен для поезда, лифт может подавать электричество на электромагниты во время торможения и оставлять электромагниты в невозбужденном состоянии в остальное время с тем, чтобы линейный генератор не срабатывал, когда торможение не требуется. 5

Обратимся теперь к фиг. 9В, где показана еще одна разновидность лифта согласно вариантам осуществления настоящего изобретения. Для упрощения представления противовес не показан. На фиг. 9В лифт 70 опускается в лифтовую шахту между электромагнитами 76 и требует торможения. Магниты 76 выстроены в линию в шахте, а катушки 74 располагаются в лифте. В необязательном варианте может быть предусмотрена аккумуляторная батарея 77 для запитывания катушек по мере необходимости. В нижней части шахты могут быть предусмотрены дополнительные магниты 79, используемые для аварийного останова в случае выхода лифта из строя. 10 15

Обратимся теперь к фиг. 10, на которой показана упрощенная схема, иллюстрирующая способ выработки электроэнергии с одновременным торможением транспортного средства. Это транспортное средство перемещается вдоль пути, включающего в себя как лифтовую шахту, так и железнодорожный путь, и требует торможения (стадия 90). На стадии 92 обеспечивается применение тормозов, а на стадии 94 осуществляется запитывание электромагнитов. Электромагниты проходят вдоль катушек статора с обмоткой по длине пути, при этом энергия поглощается статором, способствуя торможению транспортного средства с одновременной выработкой электроэнергии. После этого из катушек может извлекаться электроэнергия, которую можно использовать по своему усмотрению. 20 25

Следует отметить, что линейный генератор согласно вариантам осуществления настоящего изобретения может функционировать во взаимодействии с собственной тормозной системой, встроенной в транспортное средство. В одном из альтернативных вариантов собственная тормозная система транспортного средства может быть отключена во время работы линейного генератора. Также предусмотрена возможность использования линейного генератора без собственной тормозной системы транспортного средства, но в этом случае линейный генератор должен располагаться по всей длине пути, поскольку могут возникать непредвиденные нештатные ситуации, и в любое время и на любом участке может потребоваться экстренное торможение. 30

Обратимся теперь к фиг. 11, где проиллюстрирован способ получения транспортного средства, предназначенного для перемещения вдоль пути и выработки электроэнергии согласно вариантам осуществления настоящего изобретения, равно как и преобразования имеющегося транспортного средства. При этом требуется выполнение таких стадий, как подготовка транспортного средства (стадия 100); выбор стороны транспортного средства, примыкающей к катушкам пути (стадия 102); размещение ряда электромагнитов на выбранной стороне (стадия 104); и подсоединение электромагнитов (стадия 106) с тем, чтобы они могли запитываться при применении торможения к транспортному средству. Иначе говоря, электромагниты могут подключаться к источнику напряжения при применении тормозов транспортного средства и отключаться от источника напряжения, когда тормоза не применяются.

Путь может быть выполнен с возможностью использования с вариантами осуществления настоящего изобретения, как это показано на фиг. 12. Во-первых, на стадии 110 идентифицируются участки торможения, такие как участки, показанные на фиг. 5. Затем на участках 112 торможения размещаются катушки с обмоткой, например, в виде статора, показанного на фиг. 4. Высота катушки может быть задана таким образом, чтобы обеспечивать требуемый контакт с транспортным средством и установленными на нем электромагнитами 114. Затем к выводу может быть подключена согласующая цепь в зависимости от того, как предполагается использовать выходной ток. Таким образом, как показано на фиг. 18, после использования преобразователя AC  $\rightarrow$  DC может быть использован преобразователь DC  $\rightarrow$  AC для обеспечения выходного тока с требуемой частотой вне зависимости от параметров входного тока. Могут быть приняты и другие решения, понятные специалисту в данной области техники. Например, согласующая цепь может располагаться в шкафах, установленных вдоль железнодорожного пути.

Теперь рассмотрим катушку квадратной формы, которая характеризуется наличием стороны  $a$  и площадью  $a^2 = A$ .

Таким образом, магнитный поток может быть задан следующим образом:

$$\varphi = BA.$$

По мере прохождения магнитов магнитный поток в катушке возрастает с нуля до максимума в течение времени  $\Delta t$ .

С определенной степенью точности получаем  $\Delta t = 2 A/V$ .

Для индуктивности  $L$  в катушке и тока  $I$ :

$$\varphi = LI.$$

Напряжение  $V$  в катушке задается следующей формулой:

$$V = \frac{d\Phi}{dt} \cong \frac{\Delta\Phi}{\Delta t} = \frac{L\Delta I}{\Delta t}$$

Таким образом, получаем:

$$\Delta I = AV/L.$$

Если не учитывать потери, то:

$$\Delta I \cong I \quad (7)$$

5

Энергия в катушке может быть задана следующей формулой:

$$E = \frac{1}{2} LI^2 = \frac{1}{2} \frac{A^2 B^2}{L}$$

Индуктивность квадратной рамки катушки может быть задана следующей формулой:

$$L = \frac{\mu_0}{\pi} a$$

10

Таким образом, для  $a = 1$  м величина  $L = 4,1710$  мкГн.

Если  $B = 1$ Т, то:

$$E = 1,210 \times 10^5 \text{ Дж.}$$

Вырабатываемый ток может достигать 71 А. Напряжение для всей катушки может быть задано следующим образом:

15

$$e = N \frac{d\Phi}{dt}$$

где,

$e$  = мгновенное напряжение;

$N$  = количество витков в катушке;

$\Phi$  = магнитный поток в Веберах;

20

$t$  = время в секундах.

При скорости 100 км/ч и индукции магнитного поля, равной 1 Тесла, катушка мгновенно выдает 56 вольт. Сопротивление катушки составляет 3 миллиома, что дает перепад напряжения всего в 0,23 В.

Была построена мелкомасштабная модель поезда с рядом магнитов для перемещения по пути со встроенным статором согласно описанию, представленному выше. Эта конфигурация была протестирована, и с одной катушки за четыре импульса был получен выходной переменный ток (АС) в 64 мА при напряжении 5 вольт. Не предпринималось никаких попыток остановки поезда.

25

Для еще одного эксперимента была построена другая модель поезда, опять в миниатюре. На плоскую поверхность были помещены две медные катушки без

30

сердечников, а на поезде были установлены четыре постоянных магнита. В ходе проведения эксперимента местоположение и конструкция катушек и магнитов менялось. Поезд двигался со скоростью в пределах 5-8 км/час, а магниты проходили на расстоянии 10 мм от катушек.

Катушки были подключены параллельно, и во время прохождения магнитов 5  
измерялся выходной ток катушек. Измерения проводились до и после фиксации резистора сопротивлением 1 Ом в качестве нагрузки.

В одной из итераций эксперимента были использованы магниты размерами 25 x 50  
x 15 мм с магнитной индукцией 2013 Гауссов. Размеры катушек составляли 20 x 90 x 60 10  
мм, причем каждая катушка включала в себя 225 витков медного провода диаметром 0,8 мм. Сопротивление катушки составляло 1,8 Ома, при этом было достигнуто напряжение в 5 В.

Когда был использован нагрузочный резистор, в нем возникло напряжение 1,5 В.

Ясно, что на повышение напряжения повлияли такие факторы, как скорость поезда 15  
и расстояние между магнитами и катушками, причем напряжение было повышено еще больше, когда катушки были снабжены сердечниками.

Обратимся теперь к фиг. 13-20, где показаны результаты имитационного 20  
моделирования. При имитационном моделировании был использован магнит в виде квадрата со стороной длиной 1 метр и высотой 200 мм. Медной катушкой служил метровый квадрат с 100 витками и поперечным сечением 1 кв. мм, охватывающий сердечник. Катушка характеризовалась сопротивлением 6,5 Ома. Расстояние от катушки до магнита было равно 200 мм. Магнит перемещался со скоростью 30 м/с в течение 0,1 с. Катушка была равномерно впрессована в трубку диаметром 40 мм.

На фиг. 13 показано магнитное поле. В данном случае задан магнит с индукцией 1 25  
Тл (тесла), но на практике индукция магнитного поля по центру равно примерно 0,7 Тл и меньше.

На фиг. 14 показано изменение магнитного поля вдоль вертикальной линии, проходящей через центр магнита.

Имитационное моделирование показало, что наличие сердечника в катушке оказало 30  
относительно небольшое влияние на ситуацию.

На фиг. 15 показано напряжение, когда катушка ни к чему не подсоединена.

На фиг. 16 показан результирующий ток, когда катушка была подключена к 35  
нагрузке.

На фиг. 17 показано тормозное усилие в динамике по времени применительно к поезду.

На фиг. 18 показано тормозное усилие в зависимости от расстояния.

На фиг. 19 показана энергия торможения в джоулях на дистанции, где применяется торможение.

На фиг. 20 показана зависимость напряжения катушки от времени торможения, когда катушка содержит сердечник.

5

На фиг. 21 показана зависимость плотности магнитного потока от длины дуги.

На фиг. 22 показана принципиальная схема, иллюстрирующая конструкцию тормозной системы поезда согласно вариантам осуществления настоящего изобретения. Как показано на этой фигуре, ряд тормозных катушек 200 подсоединен через диоды для подачи тока, который выпрямляется с помощью выпрямителей 202, и который подается для использования или накопления в элементе 204, в качестве которого может быть использована аккумуляторная батарея или ячейка для электролиза или иной элемент, выполненный с возможностью сохранения энергии.

10

На фиг. 23 показана упрощенная схема, иллюстрирующая магнит, проходящий мимо катушки и генерирующий ток во время торможения, согласно вариантам осуществления настоящего изобретения. Электромагнит 210 проходит в направлении стрелки 212 мимо катушки 214. В направлении, на которое указывает стрелка 216, генерируется магнитное поле. В катушке индуцируется электрический ток в направлении против часовой стрелки.

15

Ниже приведены примеры расчетов энергии торможения и извлекаемой энергии для разных типов транспортных средств.

20

#### (1) Пассажирский поезд

Вагон весом 57 тонн, перемещающийся со скоростью 80 км/час, соответствует энергии в 14,4 мегаджоулей. Катушка весом 40 кг дает 5 килоджоулей в расчете на импульс. Для 15 импульсов и 200 катушек на дистанции 200 метров возможна энергия торможения в 15 мегаджоулей. Напряжение 75 киловольт в расчете на катушку, помноженное на 200 катушек, приравнивается к 15 мегавольтам и 150 килоамперам в течение порядка 15 секунд.

25

#### (2) Трамвай или легкий поезд городской железной дороги

Поезд длиной 70 метров весит около 160 тонн и требует энергии торможения в 40 мегаджоулей для полной остановки при скорости 80 км/час. Упомянутая выше модель обеспечивает 500 джоулей и 50 ампер от одной метровой квадратной катушки с 100 витками и поперечным сечением 1 мм в расчете на один импульс, когда катушка располагается в 200 мм от магнита 1Т, и на практике обеспечивается КПД (коэффициент полезного действия) в 10%.

30

35

Таким образом, 40 МДж энергии торможения могут быть обеспечены за счет применения 40 кг медных катушек на каждый метр (1000 витков с поперечным сечением 1 мм), предусмотренных на дистанции 160 метров, и использования 50 импульсов. Для этого потребуется 6400 кг меди.

(3) Автобус

5

Для остановки автобуса, весящего 19 тонн и двигающегося со скоростью 80 км/час, требуется энергия в 4,8 мегаджоуля. Для этого необходима схема расположения катушек, предусматривающая использование катушек весом 40 кг/м, распределенных на 120 метрах. Указанные 4,8 мегаджоуля могут быть получены за восемь импульсов.

(4) Лифт/подъемник

10

Лифт, весящий 1,8 тонны и опускаемый с высоты 60 м, т.е. примерно с десятого этажа, требует силы торможения в 1 мегаджоуль на дне лифтовой шахты. Такая сила торможения может быть достигнута за счет размещения медных катушек по окружности лифтовой шахты на последних 25 метрах.

Предполагается, что в течение срока действия патента, полученного по настоящей заявке, будут разработаны многие соответствующие транспортные средства и технологии торможения, и объем соответствующих терминов предполагает включение всех таких новых технологий *априори*.

15

Термины «содержит», «содержащий», «включает в себя», «включающий в себя», «имеющий» и их производные означают «включая, помимо прочего».

20

Термин «состоящий из» означает «включающий в себя и ограниченный».

Термин «состоящий по существу из» означает, что состав, способ или структура может включать в себя дополнительные элементы, стадии и/или части, но только в том случае, если эти дополнительные элементы, стадии и/или части существенно не изменяют базовые и новые характеристики заявленного состава, способа или структуры.

25

В контексте настоящего документа форма единственного числа, на которую указывают определенные и неопределенные артикли, включает в себя форму множественного числа, если только из контекста явно не вытекает иное.

Следует понимать, что определенные признаки настоящего изобретения, которые для ясности описаны в контексте отдельных вариантов осуществления, также могут быть предусмотрены в комбинации в одном варианте осуществления; а текст должен толковаться так, как если бы такой отдельный вариант осуществления был явным образом описан в настоящем документе во всех подробностях. С другой стороны, различные признаки настоящего изобретения, которые для краткости описаны в контексте одного варианта его осуществления, также могут быть предусмотрены отдельно или в любой

30

35

приемлемой подкомбинации или подходящим образом в любом другом описанном варианте осуществления настоящего изобретения; а текст должен толковаться так, как если бы такие отдельные варианты осуществления или подкомбинации были явным образом указаны в настоящем документе во всех подробностях.

Определенные признаки, описанные в контексте различных вариантов осуществления настоящего изобретения, не должны рассматриваться в качестве основных признаков этих вариантов осуществления за исключением случаев, когда конкретный вариант осуществления является нефункциональным без этих элементов. 5

Хотя настоящее изобретение было описано в привязке к конкретным вариантам своего осуществления, совершенно ясно, что многие его альтернативные варианты, модификации и изменения станут очевидными для специалистов в данной области техники. Соответственно, предусмотрено включение всех таких альтернативных вариантов, модификаций и изменений, которые находятся в пределах сущности и широкого объема прилагаемой формулы изобретения. 10

Содержание всех публикаций, патентов и патентных заявок, упомянутых в представленной заявке, полностью включено в настоящий документ посредством ссылки в том же объеме, как если бы было указано, что каждая отдельная публикация, патент или патентная заявка была специально и отдельно включена в настоящий документ посредством ссылки. Кроме того, цитирование или определение любой ссылки в настоящей заявке не должно толковаться как допущение того, что такая ссылка доступна в качестве предшествующего уровня техники настоящего изобретения. В тех случаях, когда используются названия разделов, они не должны рассматриваться как обязательно носящие ограничительный характер. 15 20

## **ФОРМУЛА ИЗОБРЕТЕНИЯ**

1. Линейный генератор для получения электроэнергии из количества движения транспортного средства, содержащий подвижную часть и статор, причем подвижной частью служит транспортное средство с двигателем, перемещающееся по заданному пути движения, а статор встроен в заданный путь движения. 5
2. Линейный генератор по п. 1, в котором подвижная часть содержит ряд магнитов, а статор содержит катушки с обмоткой. 10
3. Линейный генератор по п. 2, в котором указанные магниты представляют собой электромагниты, а указанным транспортным средством с двигателем служит транспортное средство с электроприводом.
4. Линейный генератор по п. 2 или 3, в котором магниты из числа ряда магнитов располагаются на транспортном средстве таким образом, чтобы они проходили на заданном расстоянии от указанных катушек с обмоткой. 15
5. Линейный генератор по любому из предшествующих пунктов 2-4, в котором ряд магнитов характеризуется чередующейся полярностью. 20
6. Линейный генератор по любому из предшествующих пунктов 1-5, в котором указанный заданный путь движения содержит участки торможения и участки без торможения, а указанный статор встроен в указанные участки торможения и не встроен в указанные участки без торможения. 25
7. Линейный генератор по любому из предшествующих пунктов 1-6, в котором указанным транспортным средством служит поезд, а указанным заданным путем движения служит железнодорожный путь. 30
8. Линейный генератор по любому из предшествующих пунктов 1-6, в котором указанным транспортным средством служит лифт с противовесом, а указанным заданным путем движения служит лифтовая шахта.

9. Линейный генератор по любому из предшествующих пунктов 1-6, в котором указанным транспортным средством служит противовес лифта, а указанным заданным путем движения служит лифтовая шахта.

10. Линейный генератор по любому из предшествующих пунктов, в котором статор содержит АС-DC преобразователь для получения постоянного тока на выводе. 5

11. Линейный генератор по любому из предшествующих пунктов, в котором статор содержит преобразователь частоты, обеспечивающий выходной ток статора с требуемой частотой. 10

12. Линейный генератор по любому из предшествующих пунктов, в котором указанная электроэнергия, вырабатываемая в ходе указанного торможения, используется в электролизе для получения водорода. 15

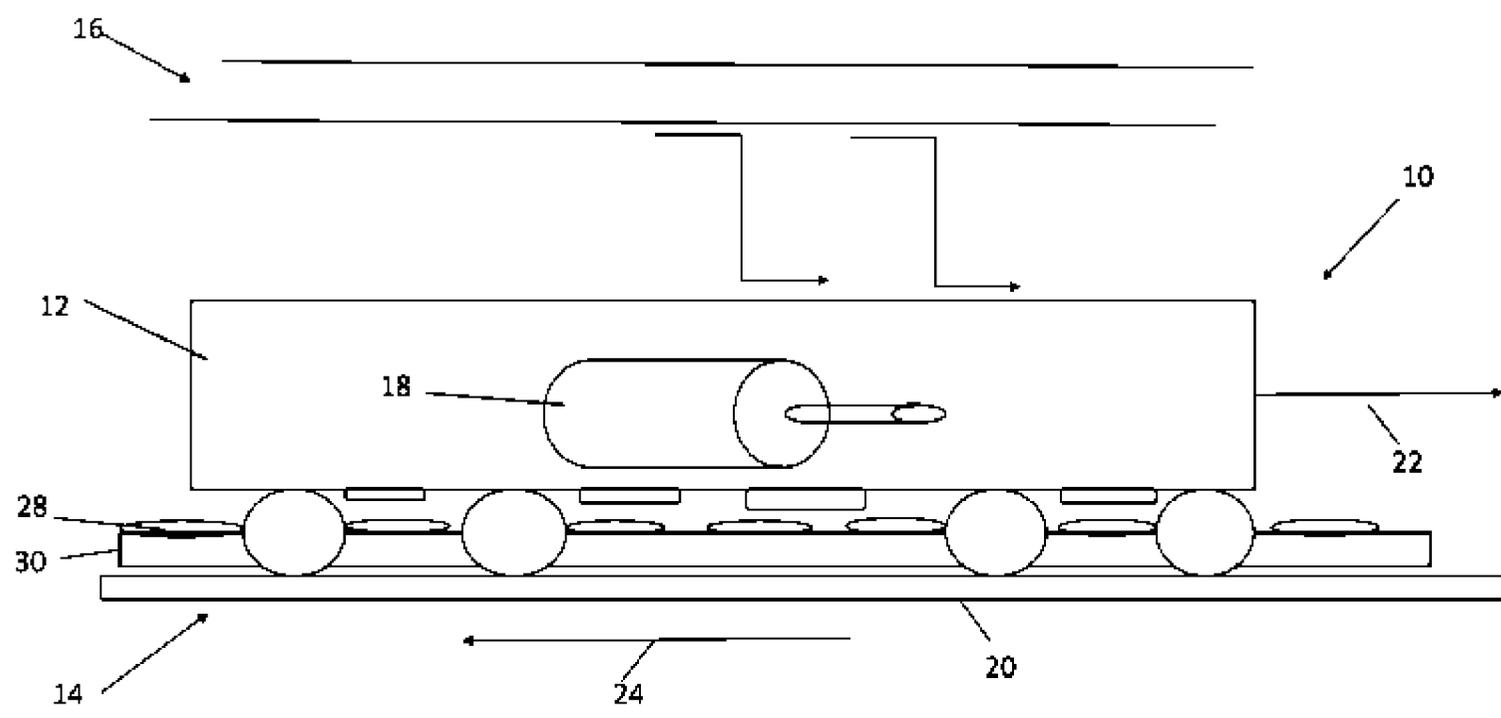
13. Линейный генератор по любому из предшествующих пунктов, в котором подвижная часть содержит ряд электромагнитов, а статор содержит катушки с обмоткой, причем транспортное средство выполнено с возможностью подачи электричества на электромагниты во время торможения. 20

14. Поезд, содержащий ряд электромагнитов на стороне, примыкающей к пути с катушками с обмоткой, и выполненный с возможностью подачи электричества на указанные электромагниты при торможении для замедления движения указанного поезда.

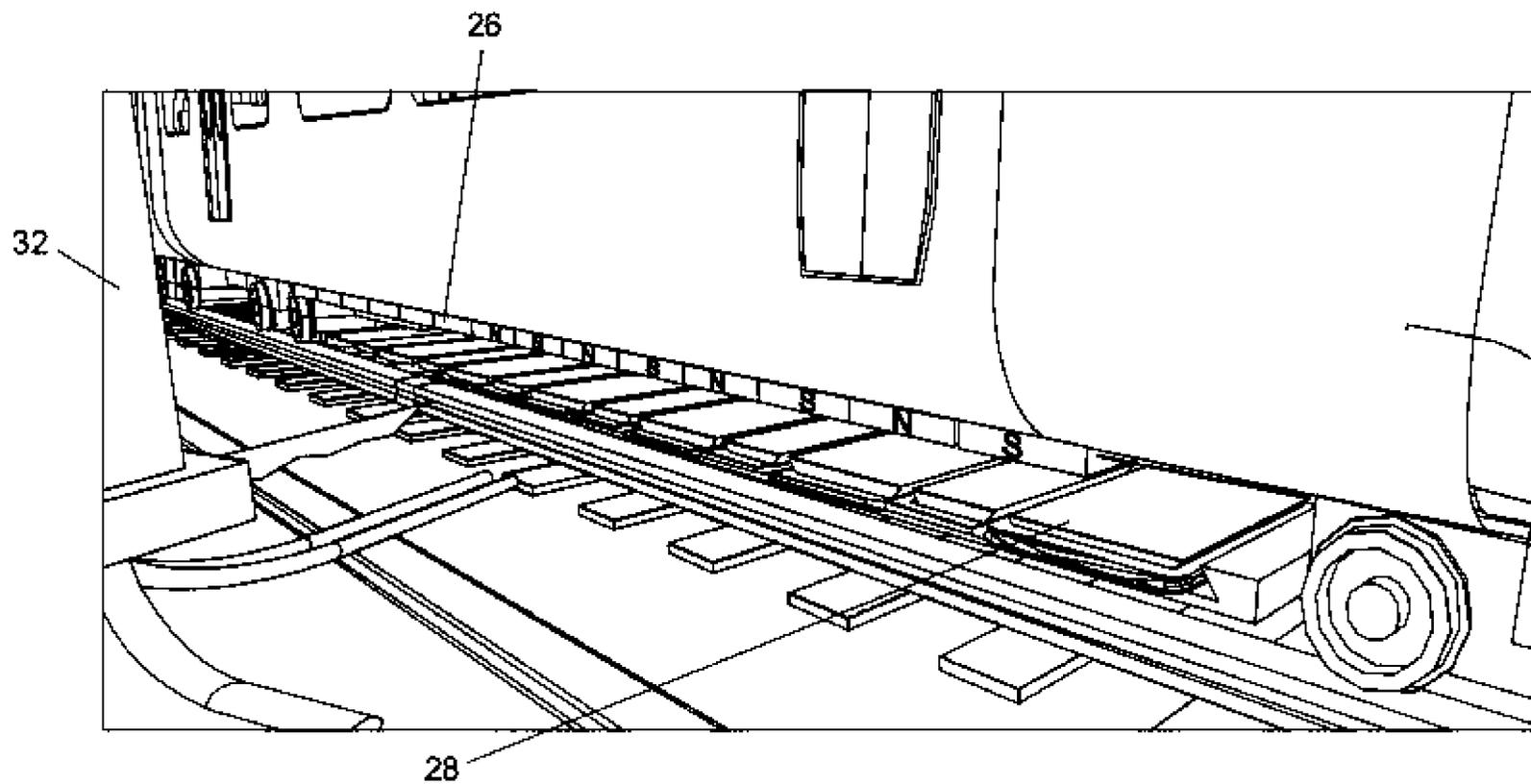
15. Железнодорожный путь с участками торможения и катушками с обмоткой или постоянными магнитами или электромагнитами, в котором катушки с обмоткой или постоянные магниты или электромагниты располагаются на указанных участках торможения, содействуя торможению проходящих поездов. 25

16. Система лифта с противовесом в лифтовой шахте, причем лифт или противовес содержит электромагниты, а лифтовая шахта характеризуется наличием катушек, при этом работа лифта поддается регулированию для подачи электричества на электромагниты при торможении с целью обеспечения возможности электромагнитного торможения системы лифта с противовесом. 30

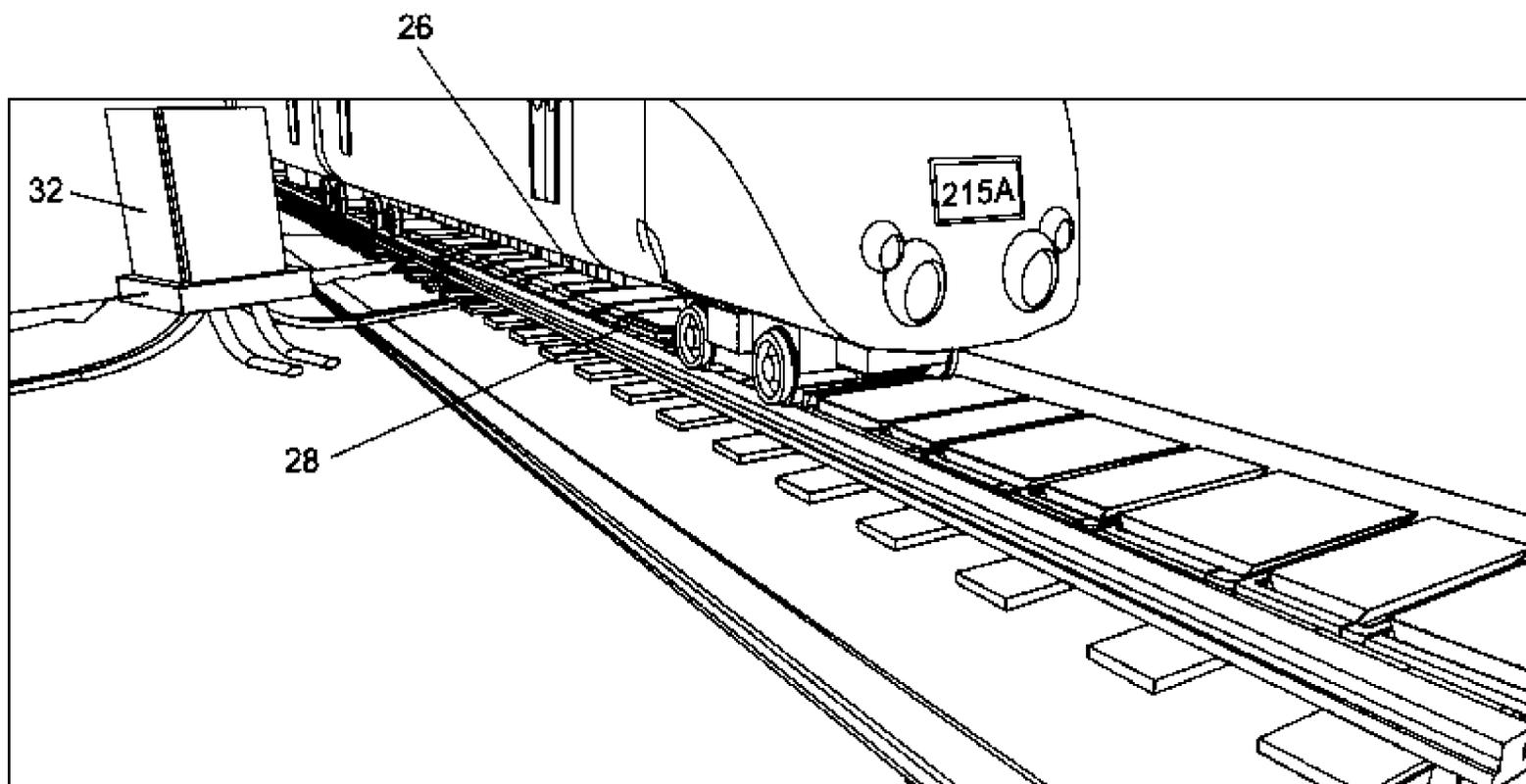
17. Способ генерирования электроэнергии с одновременным торможением транспортного средства, причем этот способ предусматривает:  
применение торможения к движущемуся транспортному средству;  
подачу – по меньшей мере, как части указанного процесса применения торможения – электричества на электромагниты указанного транспортного средства, которые  
располагаются вблизи катушек на пути; и  
извлечение электроэнергии из указанных катушек. 5
18. Способ получения транспортного средства для перемещения по пути, отличающийся тем, что этот способ предусматривает: 10  
подготовку транспортного средства для перемещения по пути;  
установку на транспортном средстве ряда электромагнитов на той его стороне, которая примыкает к пути; и  
подсоединение электромагнитов, подлежащих запитыванию, после применения торможения к транспортному средству. 15
19. Способ получения пути для транспортного средства, отличающийся тем, что этот способ предусматривает:  
идентификацию участков торможения на указанном пути, где вероятно потребуются торможение; 20  
размещение катушек с обмоткой на указанных участках торможения; и  
подсоединение указанных катушек для выдачи генерируемой в них электроэнергии.
20. Способ получения по п. 19, дополнительно предусматривающий установку указанных катушек на высоте, задающей заданное расстояние от соответствующих магнитов, размещенных на транспортном средстве, которое предназначено для перемещения по указанному пути. 25
21. Способ получения по п. 19 или 20, дополнительно предусматривающий подключение DC-AC преобразователя между указанными катушками и указанным выводом. 30
22. Способ по п. 21, дополнительно предусматривающий подключение DC-AC преобразователя между указанным AC-DC преобразователем и указанным выводом. 35



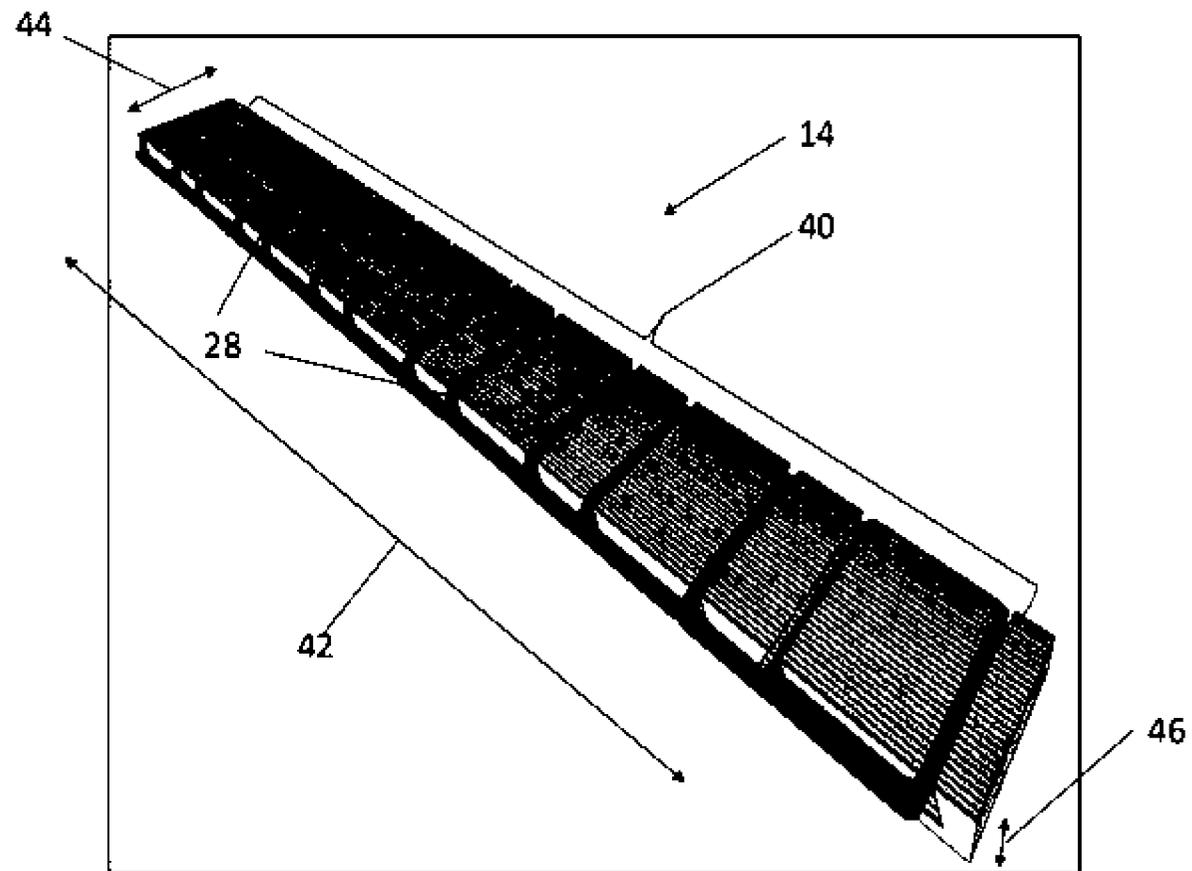
ФИГ. 1



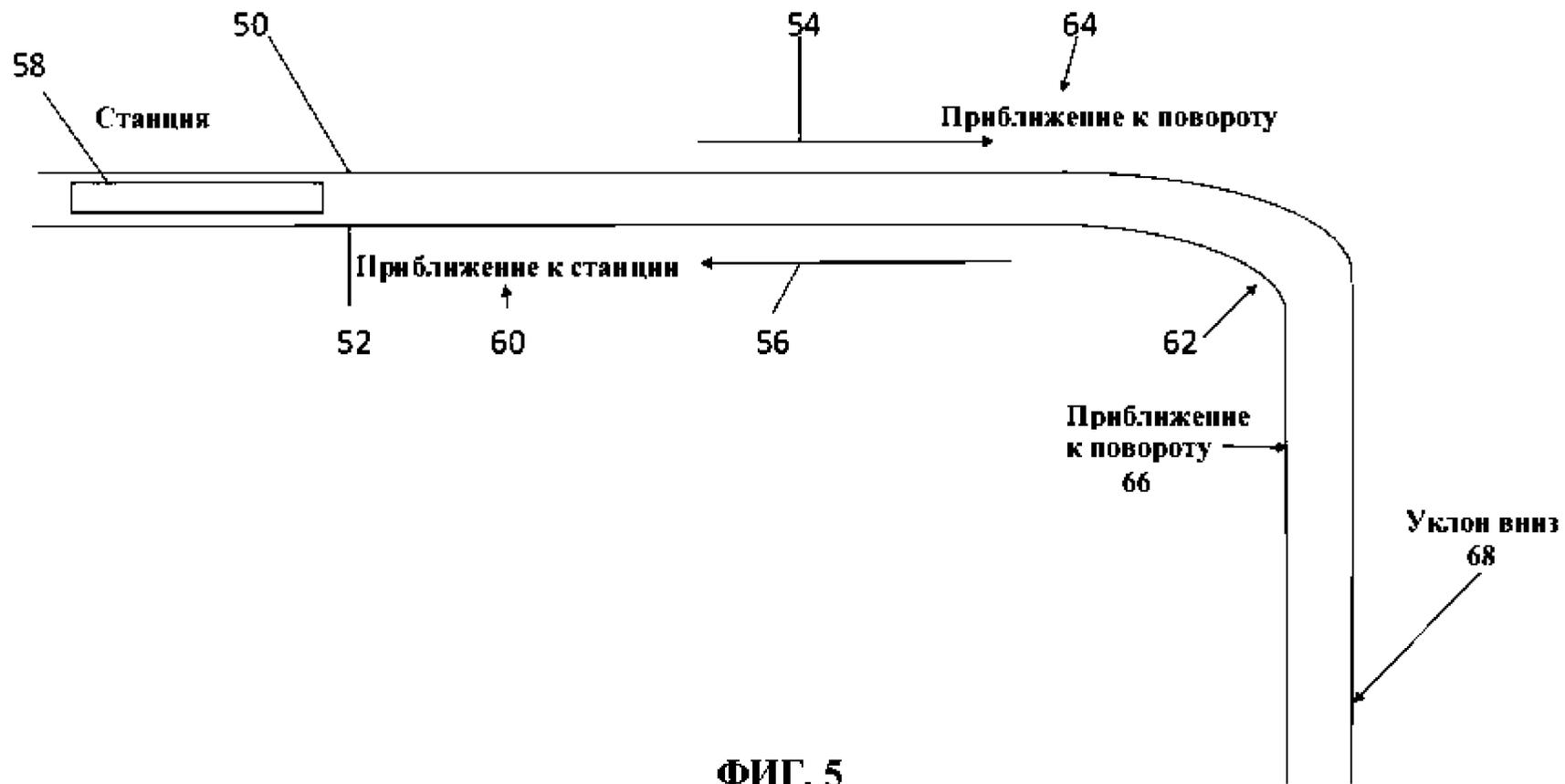
ФИГ. 2



ФИГ. 3

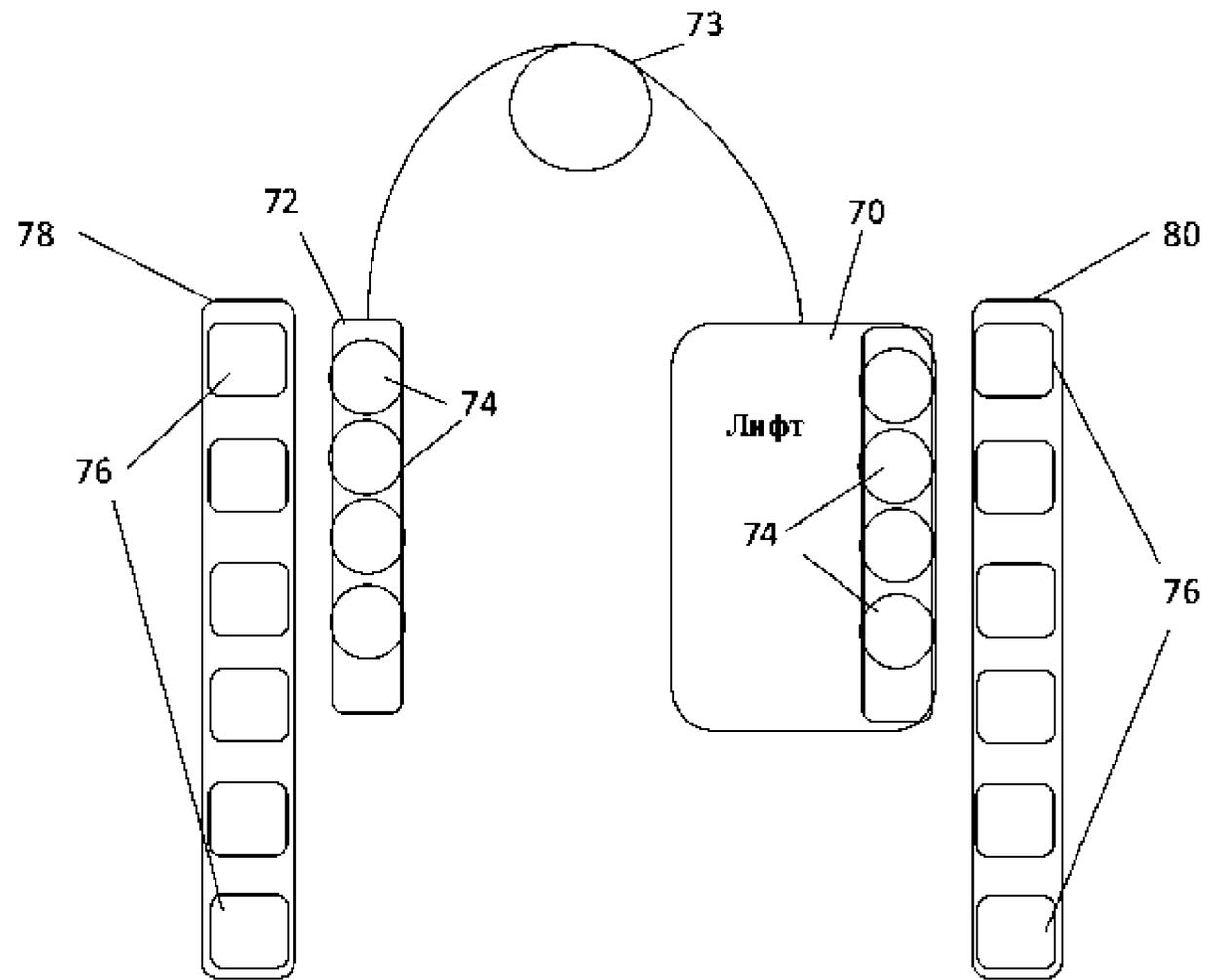


**ФИГ. 4**

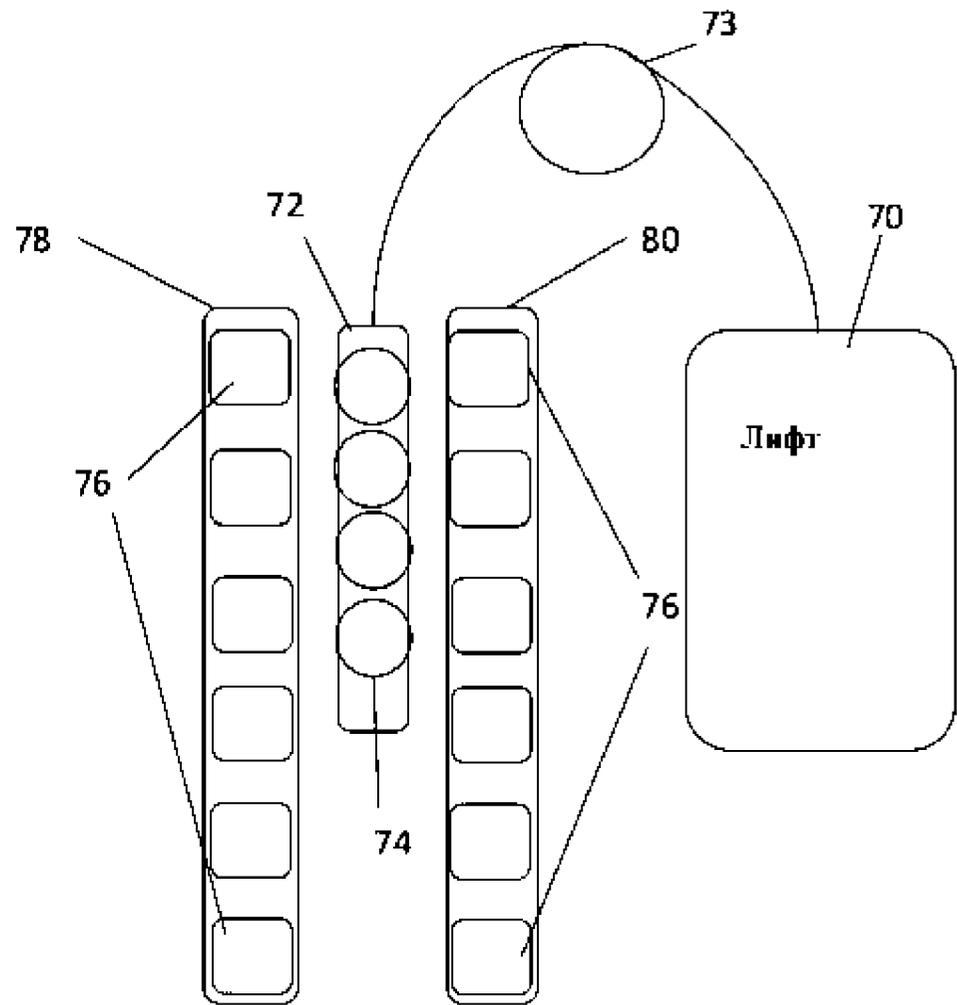


**ФИГ. 5**

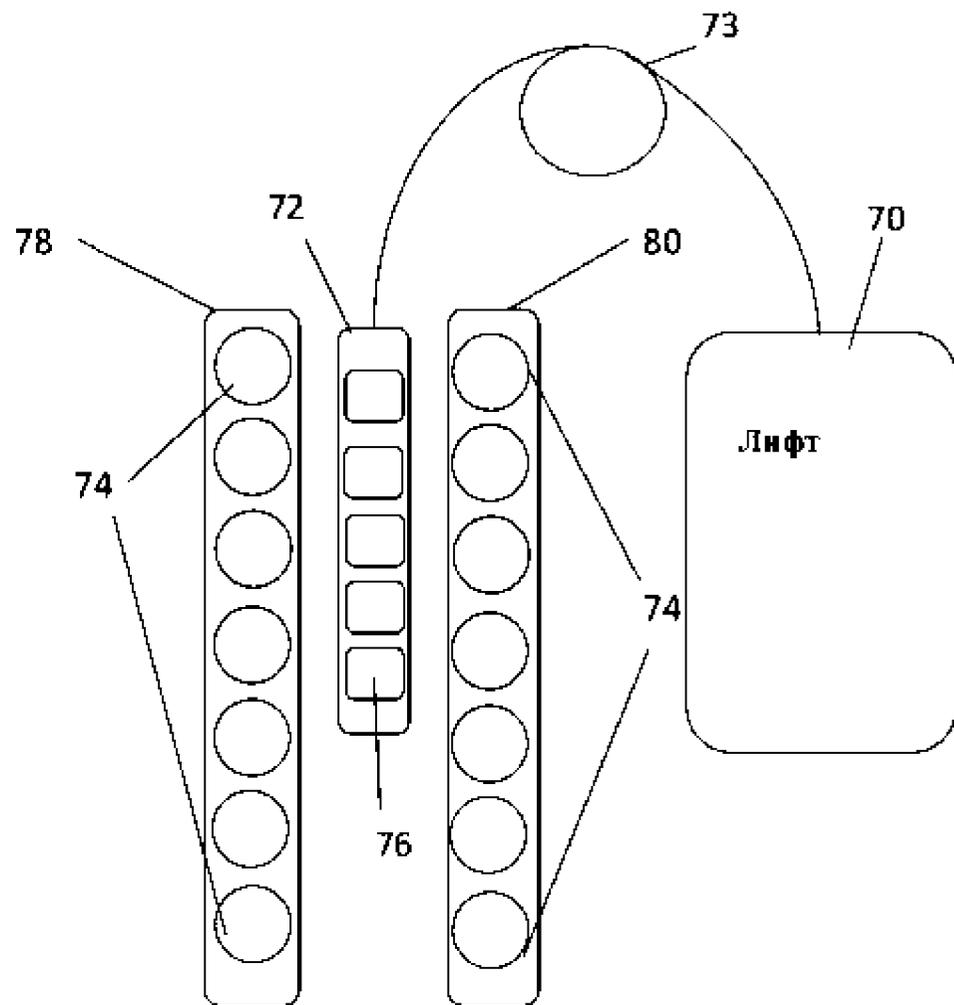
**ФИГ. 6**

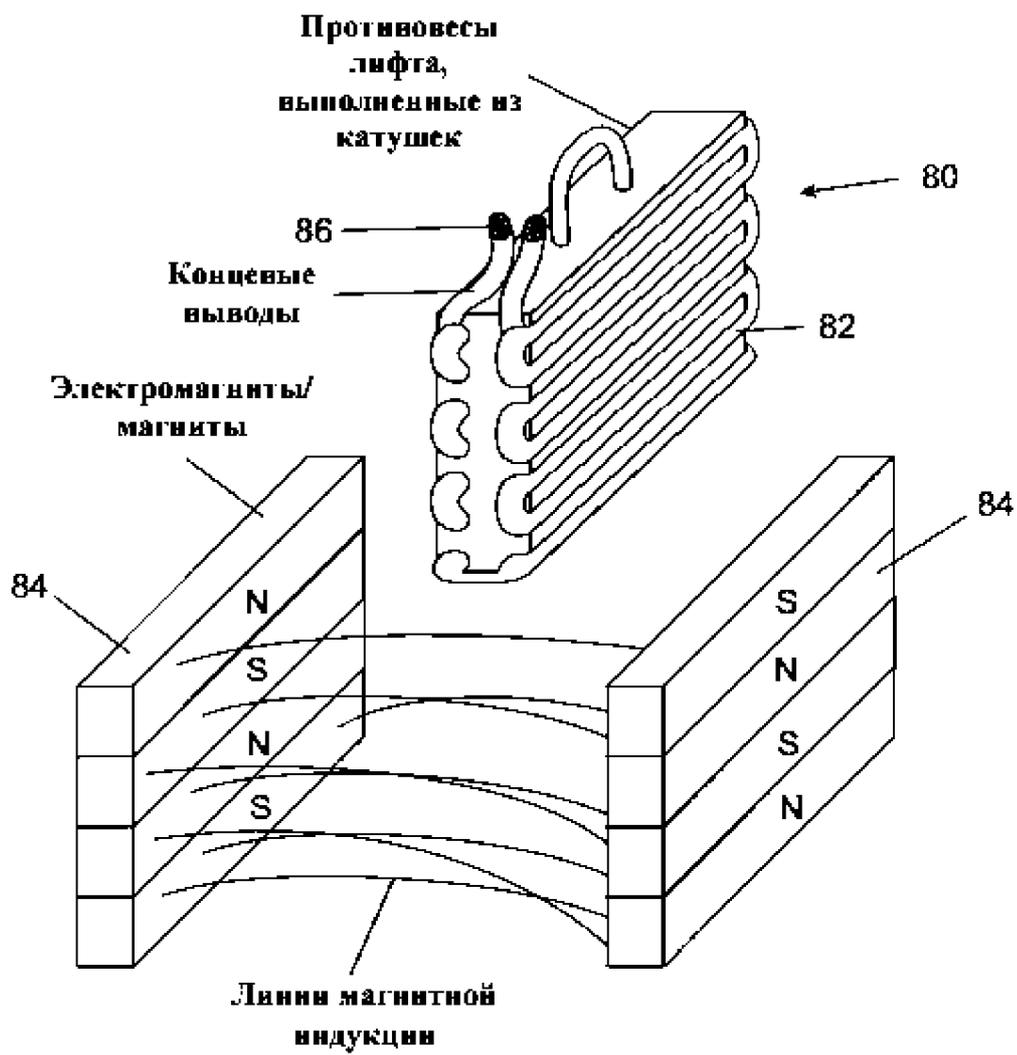


**ФИГ. 7**

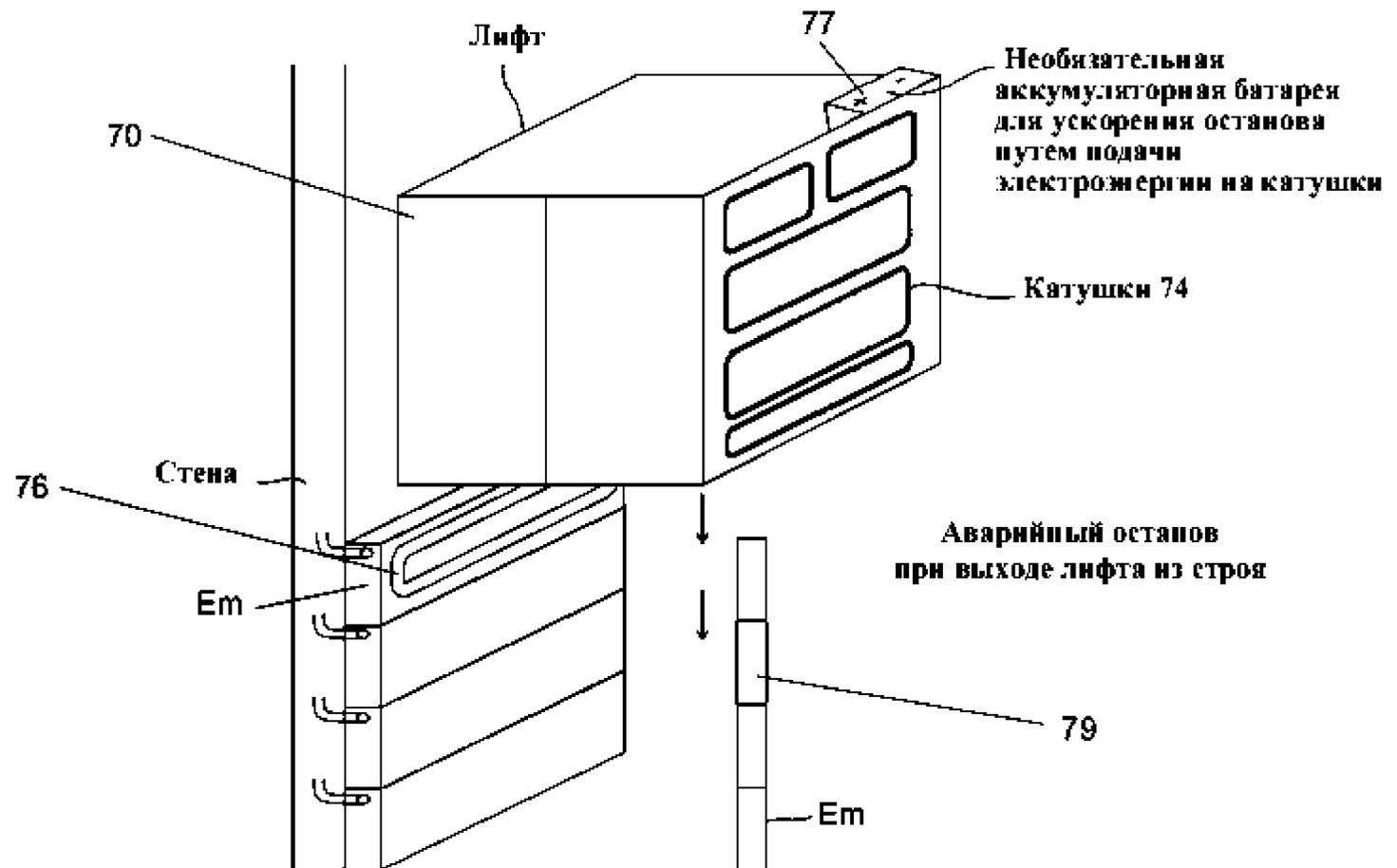


ФИГ. 8

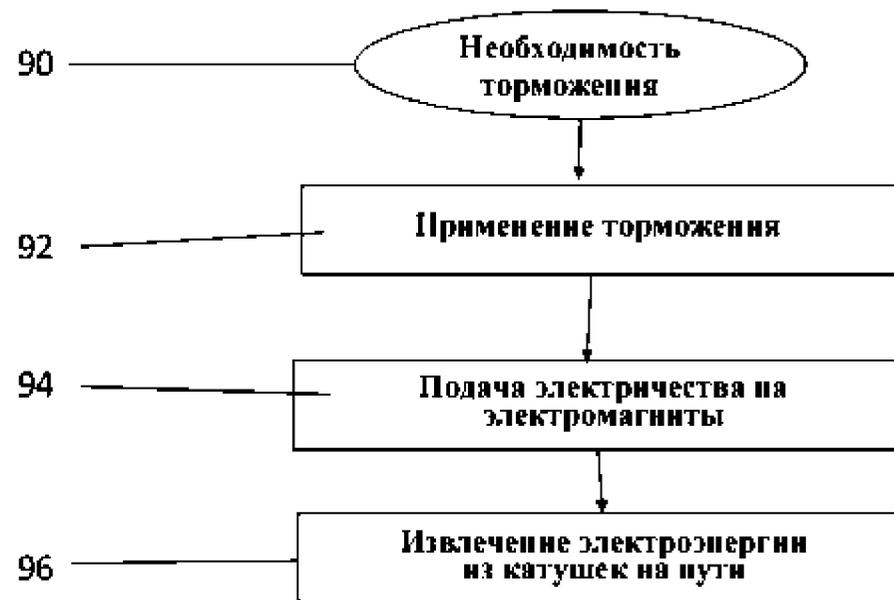




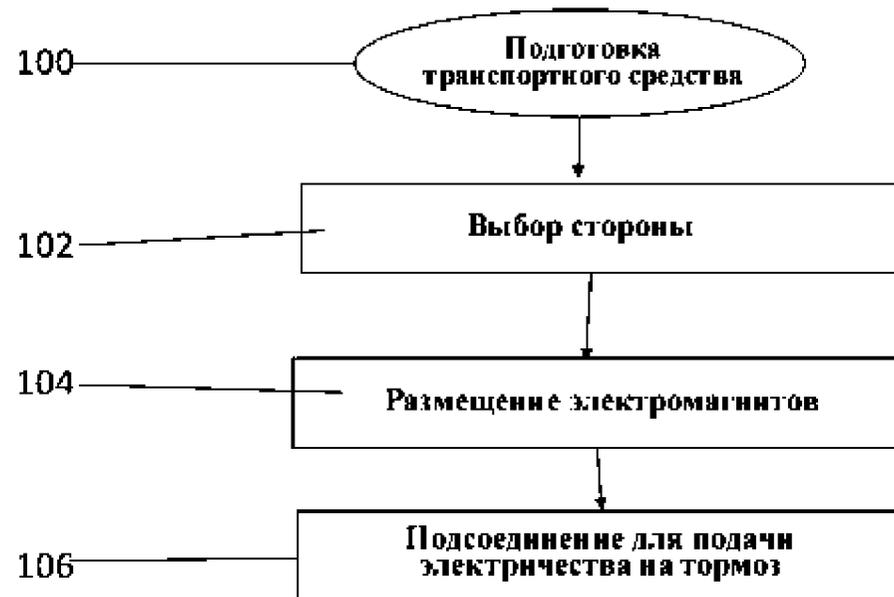
ФИГ. 9А



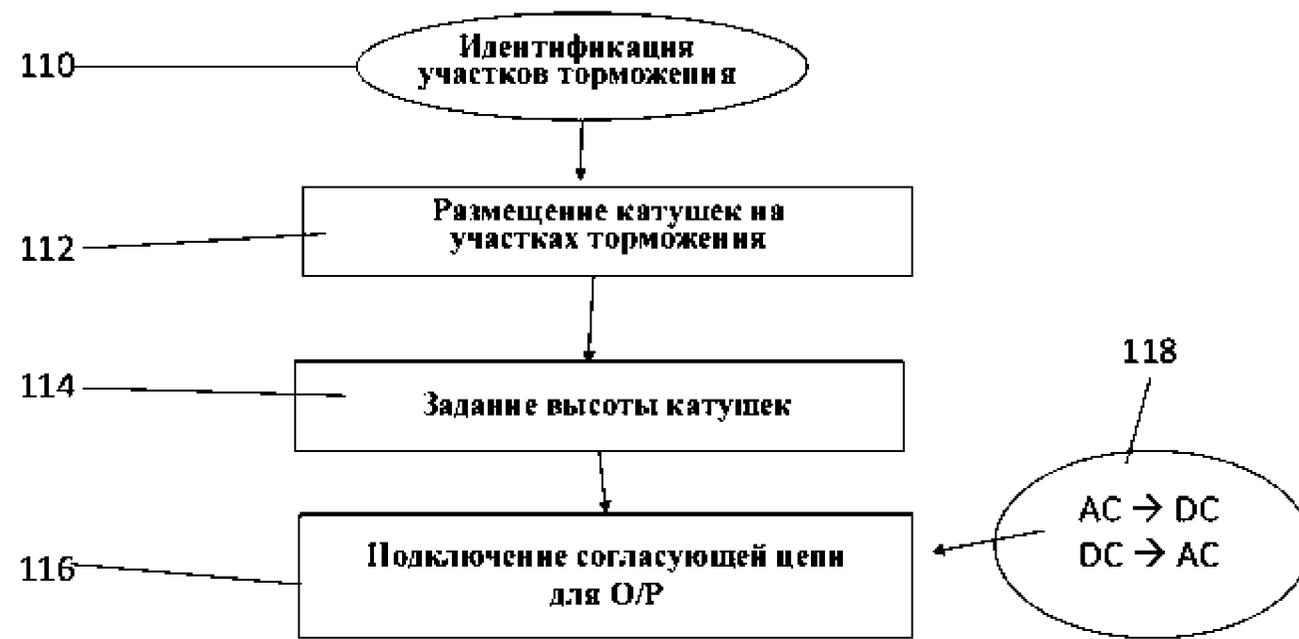
ФИГ. 9В



ФИГ. 10

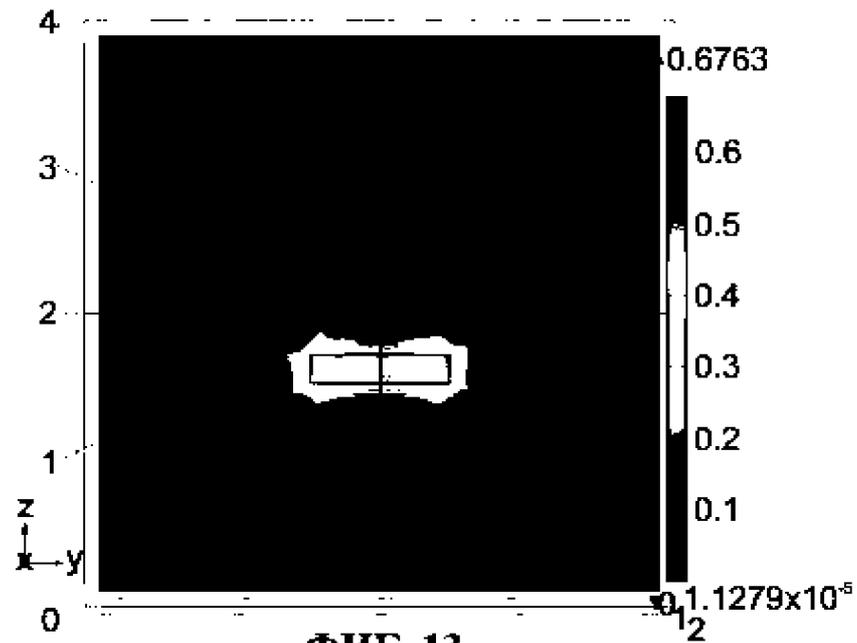


**ФИГ. 11**



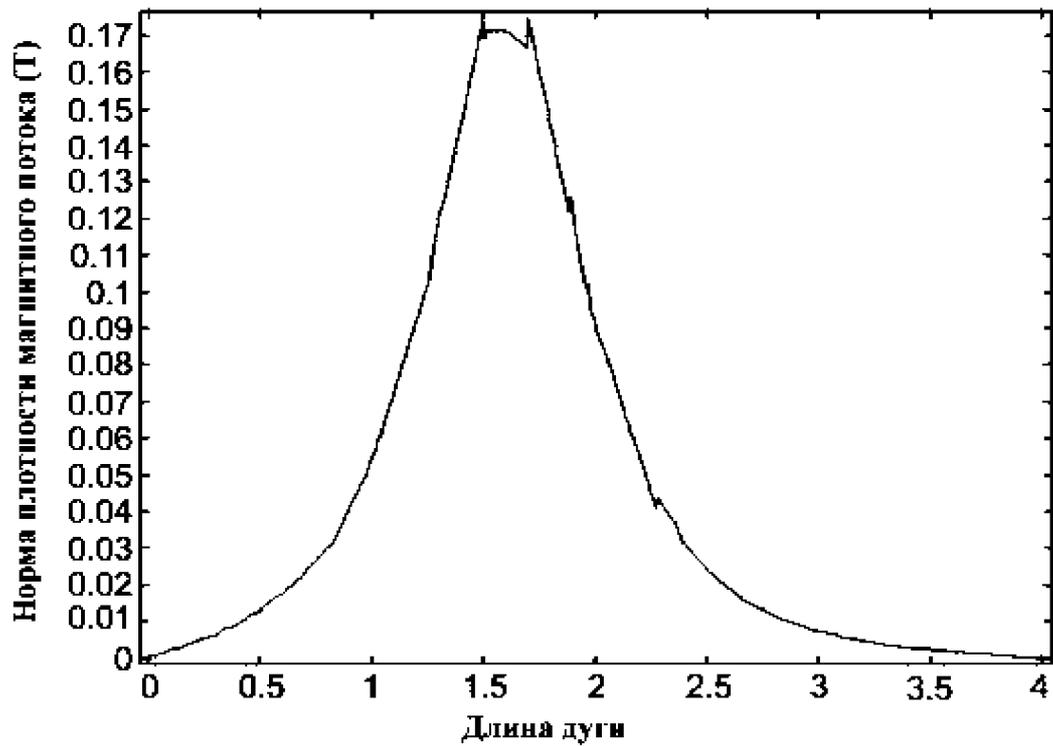
ФИГ. 12

Мультирез: Норма плотности магнитного потока (Т)



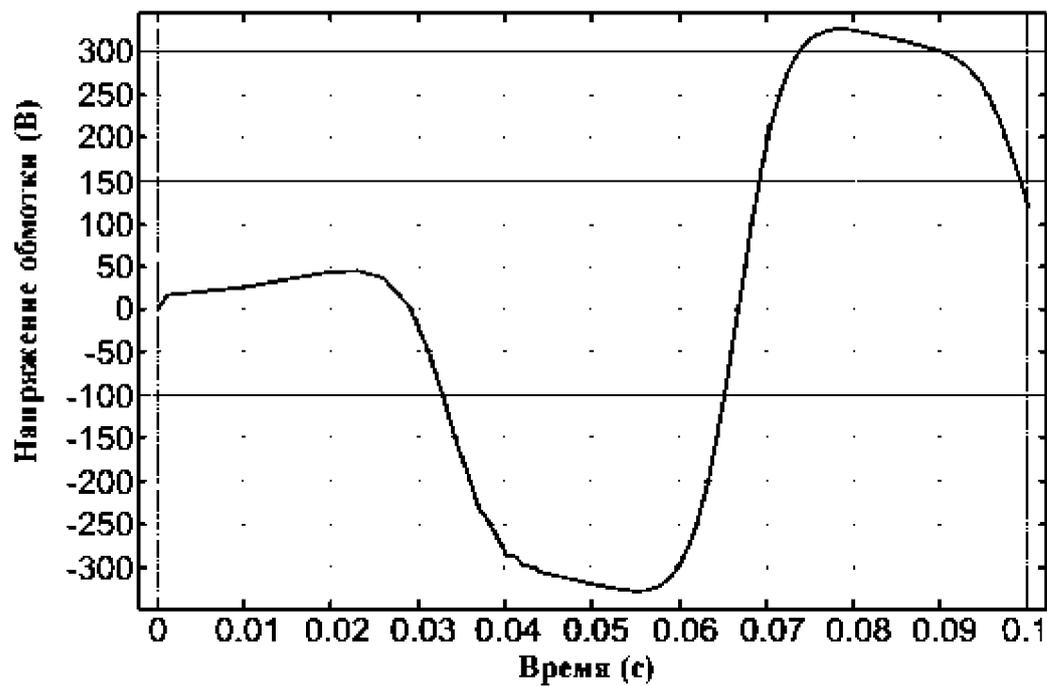
ФИГ. 13

Линейный график: Норма плотности магнитного потока (Т)



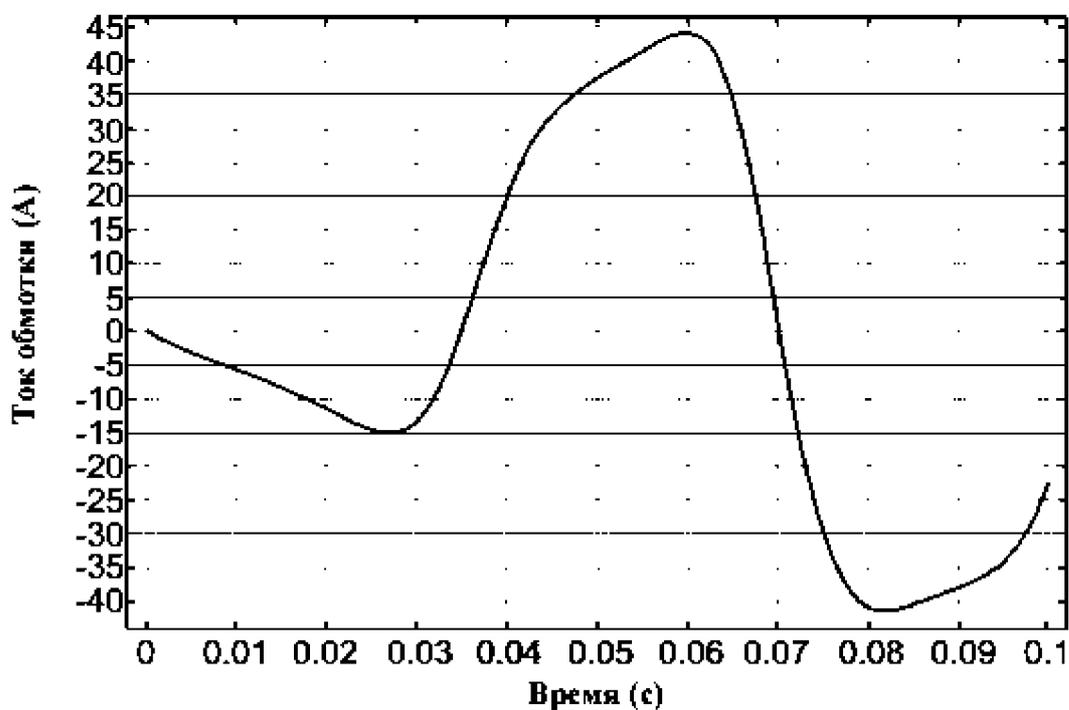
ФИГ. 14

Глобально: Напряжение обмотки (В)



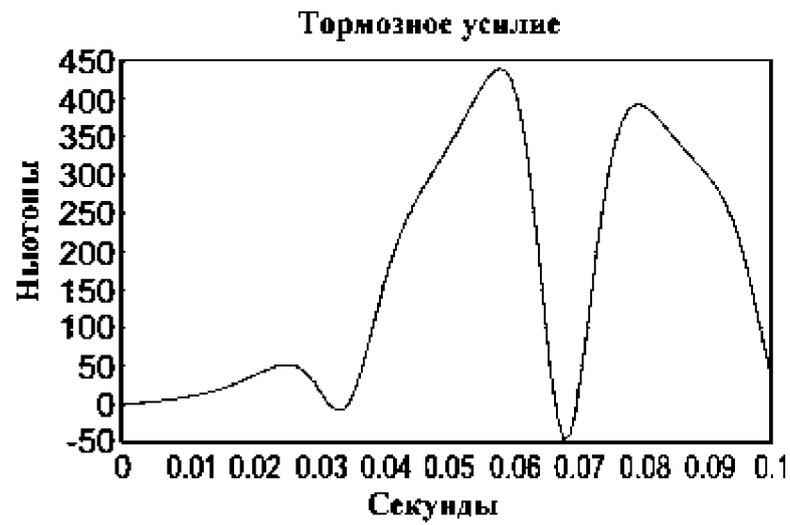
ФИГ. 15

Глобально: Ток обмотки (А)

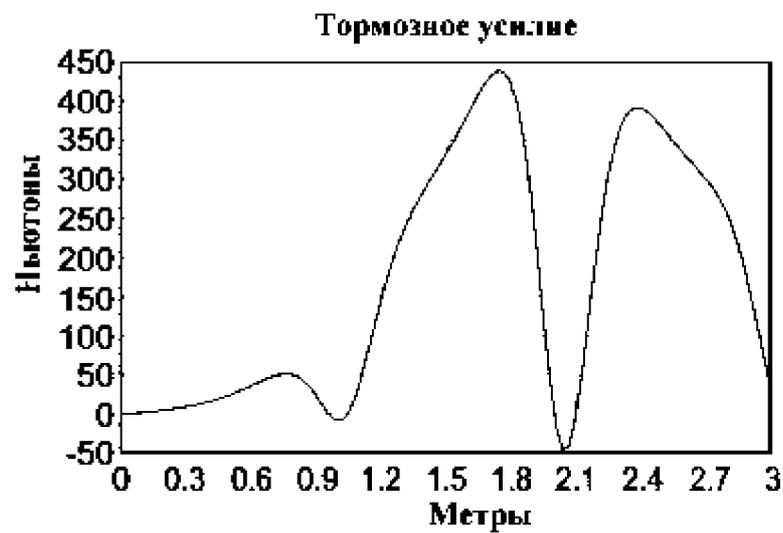


ФИГ. 16

ФИГ. 17



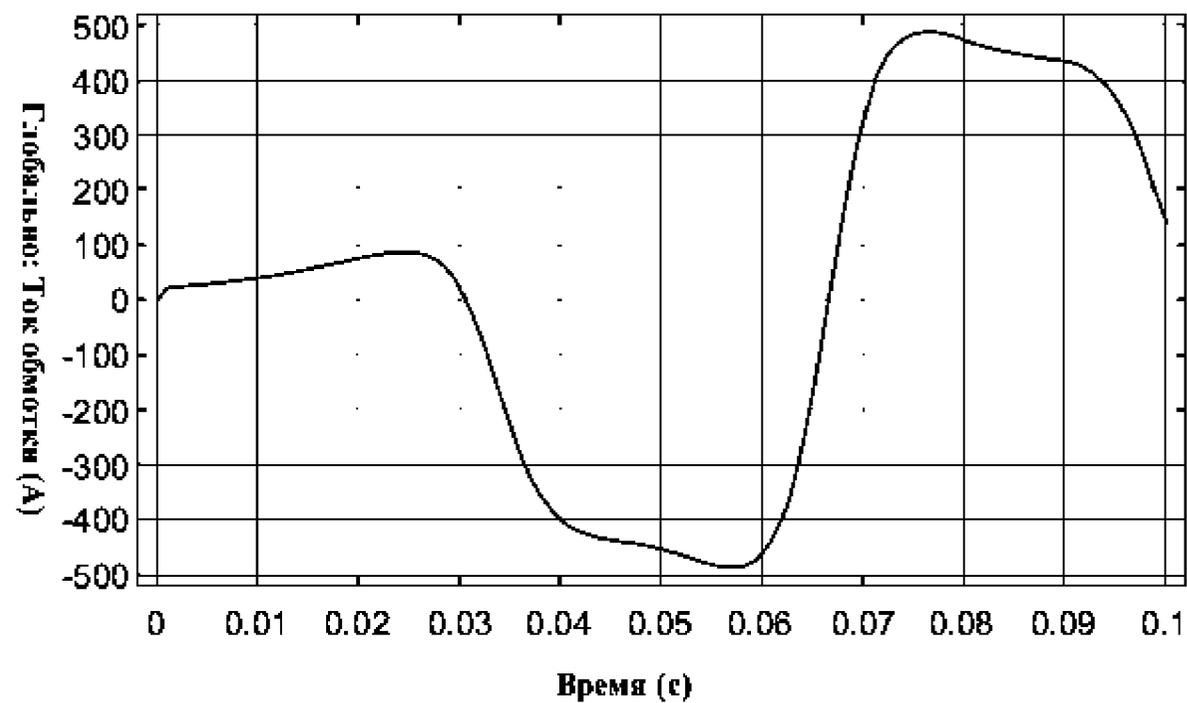
ФИГ. 18



ФИГ. 19

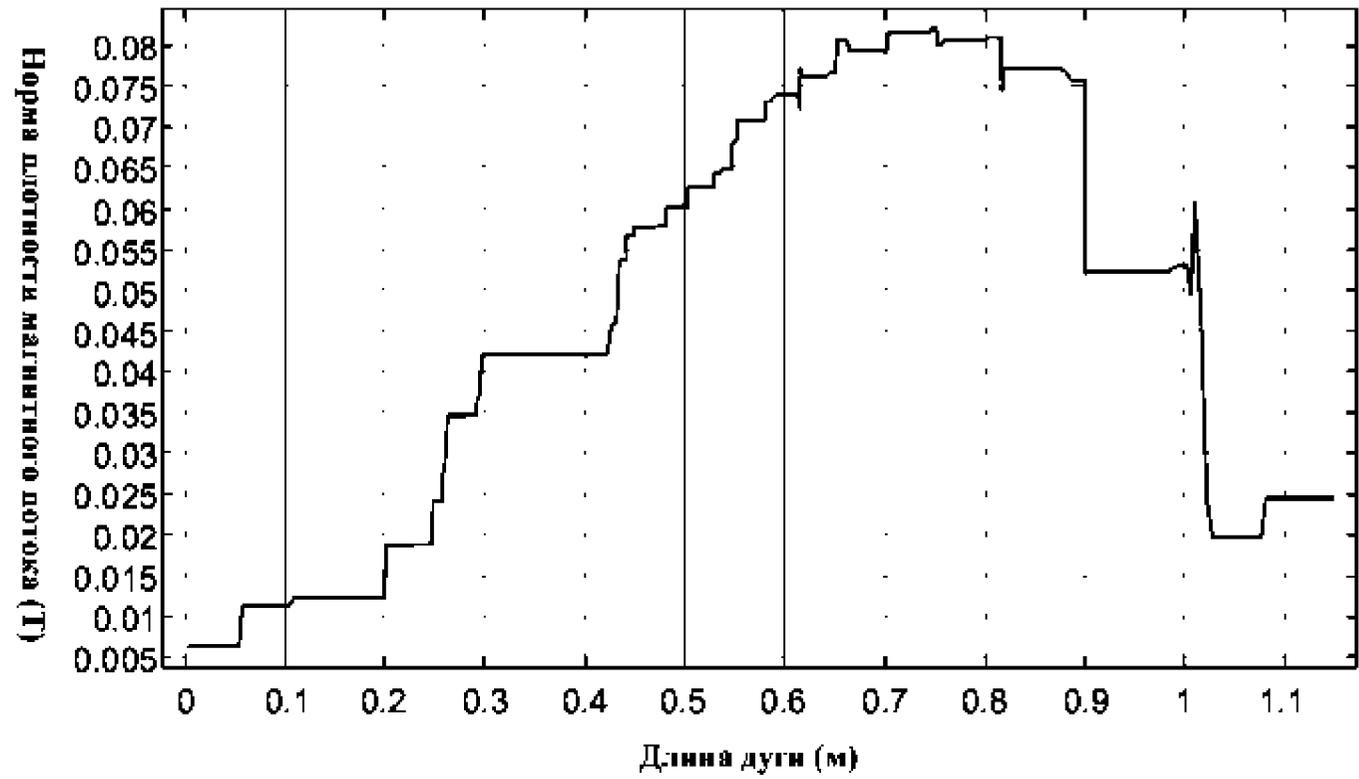


Глобально: Напряжение обмотки (В)

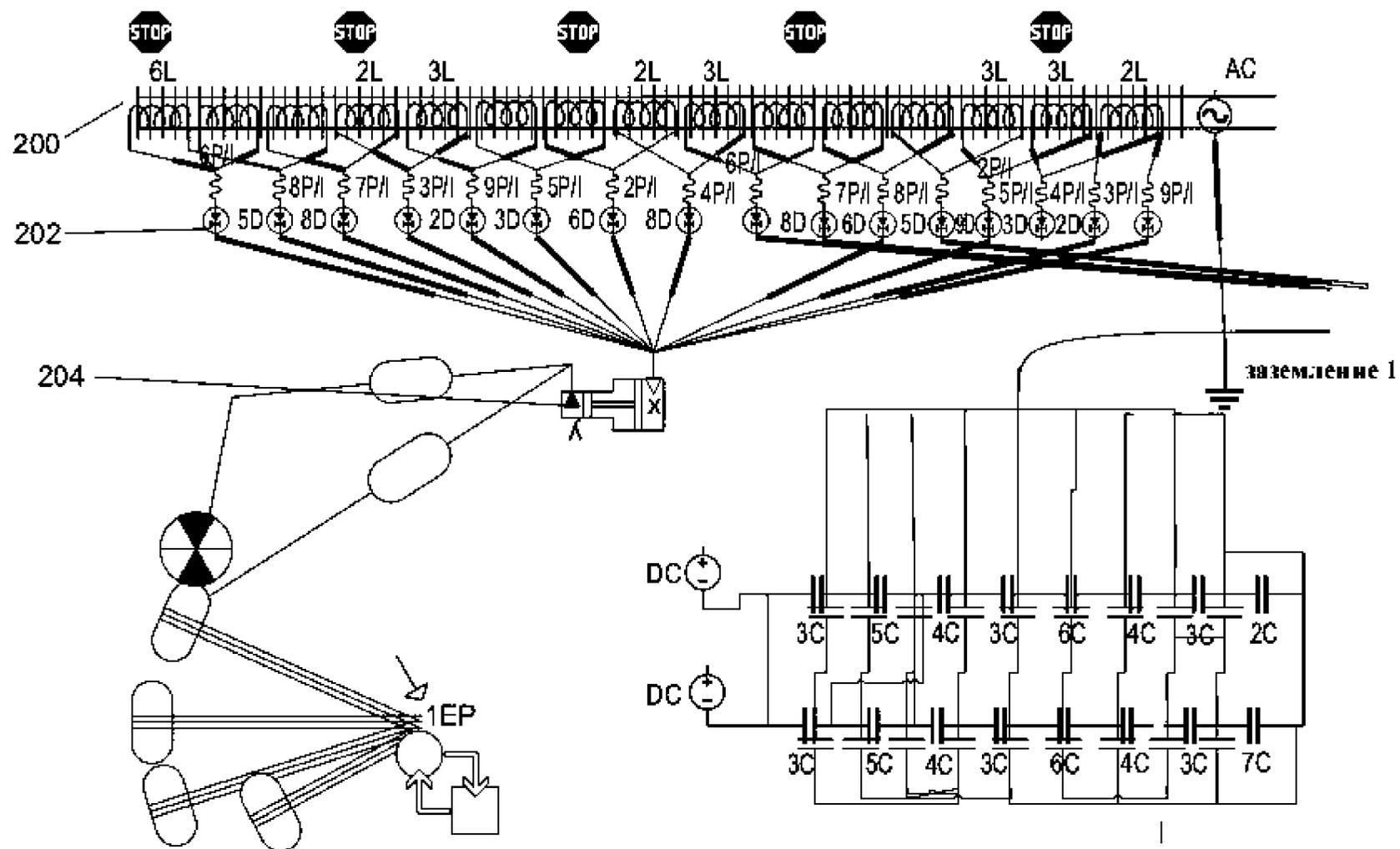


ФИГ. 20

Линейный график: Норма плотности магнитного потока (Т)



ФИГ. 21



ФИГ. 22

### Магнитный приемник

