

(19)



**Евразийское
патентное
ведомство**

(11) **045978**

(13) **B1**

(12) **ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ЕВРАЗИЙСКОМУ ПАТЕНТУ**

(45) Дата публикации и выдачи патента
2024.01.24

(21) Номер заявки
202291220

(22) Дата подачи заявки
2020.11.20

(51) Int. Cl. **B60T 17/22** (2006.01)
B60T 8/17 (2006.01)
B60T 8/32 (2006.01)
G01N 9/02 (2006.01)

(54) **СИСТЕМА ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ВЕЛИЧИНЫ СЦЕПЛЕНИЯ КОЛЕСА
ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ТРАНСПОРТНОГО СРЕДСТВА С РЕЛЬСОМ**

(31) **102019000021951**

(32) **2019.11.22**

(33) **IT**

(43) **2022.09.19**

(86) **PCT/IB2020/060951**

(87) **WO 2021/100003 2021.05.27**

(71)(73) Заявитель и патентовладелец:
**ФАЙВЕЛЕ ТРАНСПОРТ ИТАЛИА
С.П.А. (IT)**

(72) Изобретатель:
Фреа Маттео (IT)

(74) Представитель:
**Поликарпов А.В., Соколова М.В.,
Путинцев А.И., Черкас Д.А., Игнатъев
А.В., Билык А.В., Дмитриев А.В.,
Бучака С.М., Бельтюкова М.В. (RU)**

(56) DE-A1-102011113069
DE-A1-102016005248
DE-A1-102011113117
JP-A-2009292380
CN-A-108974043

(57) Описана система для определения величины сцепления между колесом (W) железнодорожного транспортного средства (RV) и рельсом (R), содержащая средство (3) сбора оптической информации, выполненное с возможностью получения оптической информации от рельса (R), базу (5) данных, выполненную с возможностью хранения оптической информации, полученной по меньшей мере на этапе обучения, и для связывания указанной информации с соответствующим реальным значением сцепления колеса с рельсом, измеренным в момент получения оптической информации, блок (7) управления, выполненный с возможностью определения текущего значения сцепления колеса с рельсом на основании сравнения полученной текущей оптической информации с оптической информацией, сохраненной ранее в базе (5) данных. Блок (7) управления определяет, что текущее значение сцепления колеса с рельсом, связанное с полученной текущей оптической информацией, соответствует значению сцепления, связанному с оптической информацией, хранящейся в базе (5) данных и имеющей наиболее высокую степень сходства с полученной текущей оптической информацией.

B1

045978

045978

B1

Область техники, к которой относится изобретение

Изобретение в целом относится к области железнодорожного транспорта; в частности, изобретение относится к системе для определения величины сцепления колеса железнодорожного транспортного средства с рельсом.

Уровень техники

Известные из уровня техники решения, относящиеся к измерению сцепления колеса с рельсом, по существу базируются на "косвенных" методах, основанных на использовании оптических датчиков технического зрения или датчиков отражения, либо на "прямых" методах, обеспечивающих управление торможением или тяговым усилием, предназначенное для оценки сцепления. Указанная вторая категория включает, например, решения, в которых к одной или более осей прикладывают известное тормозное усилие и определяют реакцию осей в единицах скорости вращения. Используя тормозное усилие и угловое ускорение, легко определить величину сцепления, возникающего при контакте колеса с рельсом.

Однако недостаток заключается в том, что оптические решения, основанные на техническом зрении или отражении, как правило, не используются, поскольку должны быть соответствующим образом предварительно откалиброваны с применением сложных процедур калибровки, которые при этом чувствительны к условиям окружающей среды, касающимся видимости и освещения, в которых будет работать система.

С другой стороны, прямые измерения сцепления, хотя они и являются надежными, могут быть выполнены только в том случае, если к оси приложен тормозной момент. Следовательно, данное измерение может быть выполнено только на этапе торможения, если не предусмотрено специальное управление тормозом, которое, например, обеспечивает периодическое приложение известного тормозного усилия и определение реакции оси в единицах углового ускорения. Недостаток заключается в том, что решение, обеспечивающее специальное управление, позволяет измерять сцепление с заданным пространственно-временным разрешением, но требует периодического приложения тормозного усилия к по меньшей мере одной оси железнодорожного транспортного средства, что не является обязательным при движении транспортного средства.

Сущность изобретения

Целью настоящего изобретения является создание системы для определения величины сцепления колеса железнодорожного транспортного средства с рельсом, при этом указанная система может обеспечивать самокалибровку во время эксплуатации, например, основываясь на технологиях искусственного интеллекта. Система для определения величины сцепления колеса железнодорожного транспортного средства с рельсом калибрует результаты, полученные от оптических датчиков, на основании прямых измерений сцепления. Благодаря вышеупомянутой системе, достоверность интерпретации косвенных измерений на основе оптических датчиков будет все более и более повышаться, поскольку при проведении процедуры самокалибровки системы будет накапливаться последовательность результатов, то есть, прямых измерений сцепления. Достоверность косвенных измерений, полученных с помощью соответствующим образом откалиброванной системы, обеспечит надежное и непрерывное измерение сцепления колеса с рельсом и, в то же время, позволит уменьшить или устранить необходимость в торможении, выполняемом только для измерения сцепления.

Согласно аспекту изобретения, вышеупомянутых и других целей и преимуществ добиваются путем создания системы для определения величины сцепления колеса железнодорожного транспортного средства с рельсом, имеющей признаки, изложенные в п.1 формулы изобретения. Предпочтительные варианты выполнения изобретения изложены в зависимых пунктах формулы изобретения, содержание которой следует считать неотъемлемой частью данного описания.

Краткое описание чертежей

Далее будут описаны функциональные и конструктивные признаки некоторых предпочтительных вариантов выполнения предложенной системы для определения величины сцепления колеса железнодорожного транспортного средства с рельсом. Сделана ссылка на прилагаемые чертежи, на которых:

Фиг. 1 изображает вариант выполнения системы для определения величины сцепления колеса железнодорожного транспортного средства с рельсом;

Фиг. 2 изображает другой вариант выполнения системы для определения величины сцепления колеса железнодорожного транспортного средства с рельсом.

Фиг. 3А и 3В иллюстрируют пример прямого измерения сцепления путем приложения тормозного усилия к оси.

Подробное описание

Прежде чем перейти к подробному описанию вариантов выполнения изобретения, следует уточнить, что изобретение не ограничено в своем применении деталями конструкции и конфигурацией компонентов, представленных в приведенном ниже описании или проиллюстрированных чертежами. Изобретение может предполагать другие варианты выполнения и может быть реализовано на практике или осуществлено различными способами. Следует также понимать, что все формулировки и терминология преследуют описательные цели и не должны толковаться как ограничивающие. Следует понимать, что слова "включает" и "содержит", а также их производные использованы в охватывающем смысле приме-

нительно к перечисляемым после указанных слов элементам и их эквивалентам, а также дополнительным элементам и их эквивалентам.

На фиг. 1 изображена система для определения величины сцепления между колесом W железнодорожного транспортного средства RV и рельсом R .

Данная система содержит средство 3 сбора оптической информации, предназначенное для получения оптической информации от рельса R , и базу 5 данных, созданную по меньшей мере на этапе обучения системы и предназначенную для хранения оптической информации и связывания ее с соответствующим реальным значением сцепления между колесом W и рельсом R , измеренным по существу в момент получения оптической информации с использованием средства 3 сбора оптической информации. Очевидно, что база 5 данных может быть организована таким образом, чтобы хранить оптическую информацию и связывать ее с соответствующим реальным значением сцепления между колесом W и рельсом R , измеренным по существу в момент получения оптической информации средством 3 сбора оптической информации, даже во время эксплуатации после начального этапа обучения, чтобы продолжать обучение системы еще и во время ее эксплуатационного использования.

Другими словами, оптическая информация может быть каталогизирована в базе 5 данных в зависимости от соответствующих реальных значений сцепления между колесом W и рельсом R .

Подлежащее измерению реальное значение сцепления между колесом W и рельсом R может быть измерено в результате торможения оси железнодорожного транспортного средства RV и анализа поведения указанной оси. Факт торможения только одной оси не влияет на поведение железнодорожного транспортного средства, поскольку одной заторможенной оси недостаточно для того, чтобы повлиять на динамику движения железнодорожного транспортного средства. Таким образом, реальную величину сцепления колеса с рельсом можно будет измерить, не оказывая негативного влияния на скорость железнодорожного транспортного средства и на комфорт пассажиров, находящихся на борту указанного транспортного средства. Предпочтительно, торможение оси железнодорожного транспортного средства выполняют до тех пор, пока указанная ось не начнет буксовать или пока не будет достигнуто заданное предельное значение.

На фиг. 3А и 3В представлены два примера прямого измерения сцепления путем прикладывания к оси (специального) тормозного усилия.

На графике номер 300 позиции отображает максимальное тормозное усилие на уровне оси, которое может потребоваться для рассматриваемого в качестве примера железнодорожного транспортного средства. Как правило, максимальное тормозное усилие представляет собой тормозное усилие, прикладываемое при экстренном торможении.

Процедура прямого измерения сцепления заключается в прикладывании тормозного усилия 302 к одной или более осям при его быстром линейном нарастании. Данное линейное нарастание прерывается, возвращая тормозное усилие к нулю, если достигается максимальное тормозное усилие 300, как изображено на фиг. 3А, или если указанная ось начинает буксовать, то есть ее тангенциальная скорость 304 отклоняется от скорости 306 движения транспортного средства, как изображено на фиг. 3В.

В случае, представленном на фиг. 3А, невозможно количественно оценить величину сцепления колеса с рельсом, но можно констатировать, что сцепление колеса с рельсом является недостаточным для приложения максимального тормозного усилия, например, экстренного торможения. Как правило, сцепление, возникающее при экстренном торможении, составляет примерно 0,15. Таким образом, в случае, изображенном на фиг. 3А, можно констатировать, что сцепление колеса с рельсом больше, чем, например, 0,15.

В любом случае, измерение сцепления, величина которого превышает сцепление, необходимое для экстренного торможения, не представляет особого интереса.

В качестве альтернативы, в случае, изображенном на фиг. 3В, сцепление колеса с рельсом недостаточно для оказания максимального тормозного усилия. Как только достигается определенное значение тормозного усилия, обозначенное пунктирной линией, ось начинает буксовать. В данный момент тормозное усилие немедленно сбрасывается до нуля, и ось снова обретает скорость транспортного средства.

Сцепление может быть рассчитано с использованием следующего соотношения:

$$\mu = \frac{F_{brake} * R + J * \dot{\omega}}{M * g * R}$$

где μ - сцепление колеса с рельсом;

F_{brake} - тормозное усилие, приложенное к оси;

R - радиус колеса;

J - инерция оси;

$\dot{\omega}$ - угловое ускорение оси;

M - масса, вывешенная на оси;

g - ускорение силы тяжести.

Как изображено на фиг. 1, база 5 данных может находиться на борту железнодорожного транспортного средства или, как можно видеть на фиг. 2, база 5 данных может быть расположена на удалении от

железнодорожного транспортного средства. Если база 5 данных расположена на удалении, система сможет взаимодействовать с указанной базой данных посредством соответствующей беспроводной связи.

Система дополнительно содержит блок 7 управления, предназначенный для определения текущего значения сцепления колеса с рельсом на основании сравнения между оптической информацией, полученной в данный момент, и оптической информацией, сохраненной ранее в базе 5 данных.

Предпочтительно, с учетом определенного в данный момент значения сцепления колеса с рельсом, оператор может получать указания посредством соответствующего интерфейса "человек-машина", расположенного в кабине. В качестве альтернативы или дополнения, с учетом определенного в данный момент значения сцепления колеса с рельсом, можно в автоматическом режиме управлять тормозной системой железнодорожного транспортного средства и/или WSP-системой (системой противоюзной защиты) железнодорожного транспортного средства, и/или уровнем ускорения железнодорожного транспортного средства.

Блок 7 управления может представлять собой, например, ПЛК (программируемый логический контроллер), микропроцессор, микроконтроллер или ПЛИС (программируемую логическую интегральную схему).

Как изображено на чертежах, средство 3 сбора оптической информации может быть расположено в железнодорожном транспортном средстве таким образом, чтобы получать оптическую информацию о рельсе, который находится перед первой осью А1 железнодорожного транспортного средства, в соответствии с направлением V движения железнодорожного транспортного средства.

Таким образом, можно получать оптическую информацию о рельсе, состояние которого не нарушено прохождением колес железнодорожного транспортного средства, что, как правило, очищает рельс или в любом случае приводит к изменению его состояния.

Блок 7 управления выполнен с возможностью определения, что текущее значение сцепления колеса с рельсом, связанное с текущей оптической информацией, полученной средством 3 сбора оптической информации, соответствует значению сцепления, связанному с оптической информацией, хранящейся в базе 5 данных и имеющей повышенную степень сходства с текущей оптической информацией.

Очевидно, что степень сходства может быть определена блоком 7 управления с использованием алгоритмов глубокого обучения.

Выражение "глубокое обучение" относится к научной области машинного обучения и искусственного интеллекта, построенной на различных уровнях представления. Глубокое обучение представляет собой набор методов, построенных на базе искусственных нейронных сетей, сформированных в разных уровнях, причем каждый уровень обеспечивает вычисление значений для последующего уровня, так что обработка информации становится все более целостной.

Распознавание изображений представляет собой раздел теории вычислительных систем, называемый "машинным зрением".

Алгоритмы распознавания изображений могут быть использованы для определения степени сходства. В широком смысле автоматическое распознавание изображения означает использование алгоритмов, которые воспринимают входное изображение и могут извлекать из него различную информацию. Извлеченная информация может быть отнесена к нескольким уровням: низкий уровень (например, статистические данные о наличии разных оттенков серого или других цветов, о внезапных изменениях яркости и т.д.); промежуточный уровень (характеристики, относящиеся к областям изображения и взаимосвязи между областями) или высокий уровень (определение объектов, имеющих смысловое значение). Можно распознать два изображения как подобные, даже основываясь только на характеристиках низкого или среднего, или высокого уровня.

Предпочтительно, оптическое средство 3 сбора информации представляет собой датчик технического зрения или датчик получения изображения, например, такой как видеокамера или фотокамера.

В качестве альтернативы, средство 3 сбора оптической информации может представлять собой оптический датчик, работающий по принципу отражения. В данном случае оптический датчик, работающий по принципу отражения, отправляет световой сигнал в направлении рельса и обнаруживает значение и/или распределение светового сигнала, отраженного от рельса, указывающего на состояние поверхности рельса.

Для калибровки системы, в базе 5 данных может быть предварительно сохранено заданное количество известной оптической информации, с которой связаны соответствующие известные значения сцепления, правильность которых была ранее верифицирована. Впоследствии, в процессе нормальной эксплуатации железнодорожного транспортного средства указанная сохраненная информация будет расширяться и обновляться. Например, средство 3 сбора оптической информации может получать оптическую информацию через определенные промежутки времени или при обнаружении состояния ослабленного сцепления.

Далее будет рассмотрен практический пример. На первом этапе заполнения базы данных, с помощью средства 3 сбора оптической информации берется определенное количество оптической информации, связанной с соответствующими реальными значениями сцепления колеса с рельсом, измеренными по существу в моменты получения соответствующей оптической информации от средства 3 сбора опти-

ческой информации. На втором рабочем этапе средство 3 сбора оптической информации будет принимать один или более дополнительных элементов оптической информации, которые будут использованы для определения текущего значения сцепления колеса с рельсом при сравнении дополнительной оптической информации с оптической информацией, ранее сохраненной в базе 5 данных. В частности, определяется, что текущее значение сцепления колеса с рельсом соответствует значению сцепления, связанному с оптической информацией, хранящейся в базе 5 данных и имеющей повышенную степень сходства с дополнительной текущей оптической информацией.

Таким образом, достигнутое преимущество заключается в создании системы для определения величины сцепления колеса железнодорожного транспортного средства с рельсом, которая может обеспечить самокалибровку все более надежным способом, поскольку самокалибровка системы будет накапливать информацию ряда прошлых результатов. Благодаря правильно откалиброванной системе интерпретация косвенных измерений на базе оптических датчиков будет становиться все более достоверной и, следовательно, позволит уменьшить или устранить необходимость в торможении, выполняемом только для измерения сцепления.

Были описаны различные аспекты и варианты выполнения системы для определения величины сцепления колеса железнодорожного транспортного средства с рельсом, выполненной в соответствии с данным изобретением. Понятно, что каждый вариант выполнения может быть объединен с любым другим вариантом выполнения. Кроме того, изобретение не ограничено описанными вариантами выполнения, но может быть изменено, не выходя за рамки объема охраны, определенного прилагаемой формулой изобретения.

ФОРМУЛА ИЗОБРЕТЕНИЯ

1. Система для определения величины сцепления между колесом (W) железнодорожного транспортного средства (RV) и рельсом (R), содержащая средство (3) сбора оптической информации, выполненное с возможностью получения оптической информации от рельса (R),

базу (5) данных, расположенную на удалении от железнодорожного транспортного средства (RV) и выполненную с возможностью, по меньшей мере на этапе обучения, хранения полученной оптической информации и связывания полученной оптической информации с соответствующим реальным значением сцепления колеса с рельсом, измеренным по существу в момент получения оптической информации указанным средством (3) сбора оптической информации,

блок (7) управления, выполненный с возможностью определения текущего значения сцепления колеса с рельсом на основании сравнения полученной текущей оптической информации с оптической информацией, сохраненной ранее в базе (5) данных, причем блок (7) управления взаимодействует с базой (5) данных посредством беспроводной связи,

при этом блок (7) управления выполнен с возможностью определения того, что текущее значение сцепления колеса с рельсом, связанное с текущей оптической информацией, полученной средством (3) сбора оптической информации, соответствует значению сцепления, связанному с оптической информацией, хранящейся в базе (5) данных и имеющей наиболее высокую степень сходства с полученной текущей оптической информацией, и

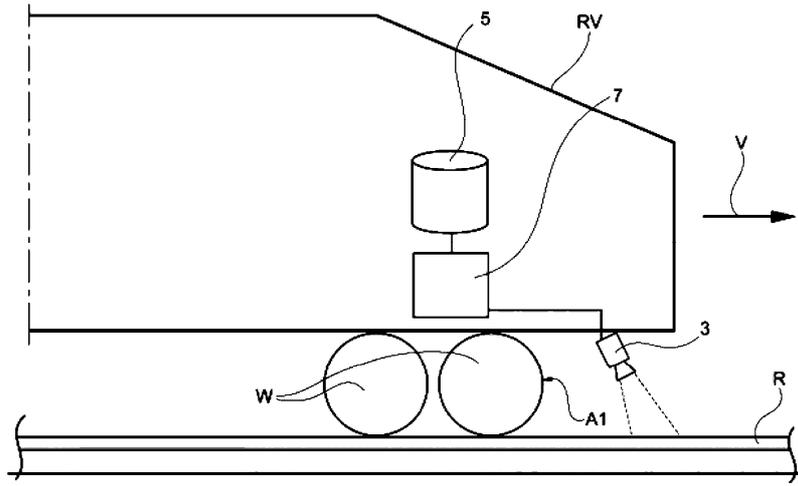
при этом при этом блок (7) управления выполнен с возможностью обновления базы (5) данных на основе эксплуатации железнодорожного транспортного средства (RV) и уменьшения торможений железнодорожного транспортного средства (RV) на основании сравнения текущего значения сцепления колеса с рельсом, связанного с текущей оптической информацией, полученной средством (3) сбора оптической информации, и значением сцепления, связанным с оптической информацией, хранящейся в базе (5) данных.

2. Система по п.1, в которой средство (3) сбора оптической информации представляет собой датчик технического зрения.

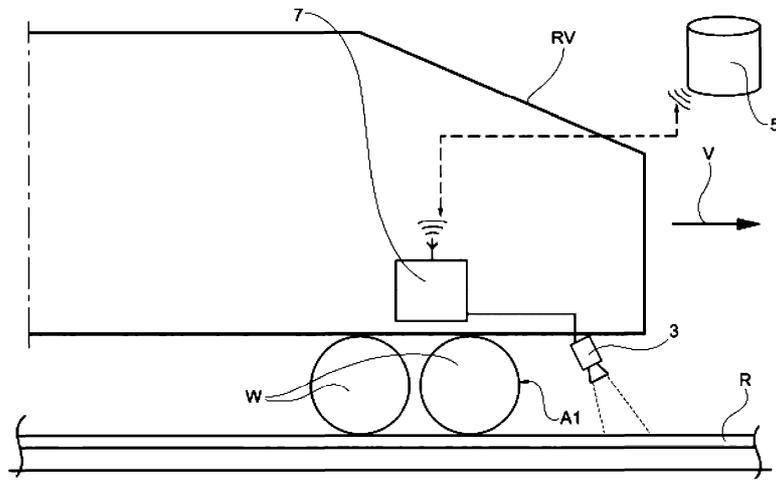
3. Система по п.2, в которой указанный датчик технического зрения включает видеокамеру или фотокамеру.

4. Система по п.1, в которой средство (3) сбора оптической информации представляет собой оптический датчик, работающий по принципу отражения.

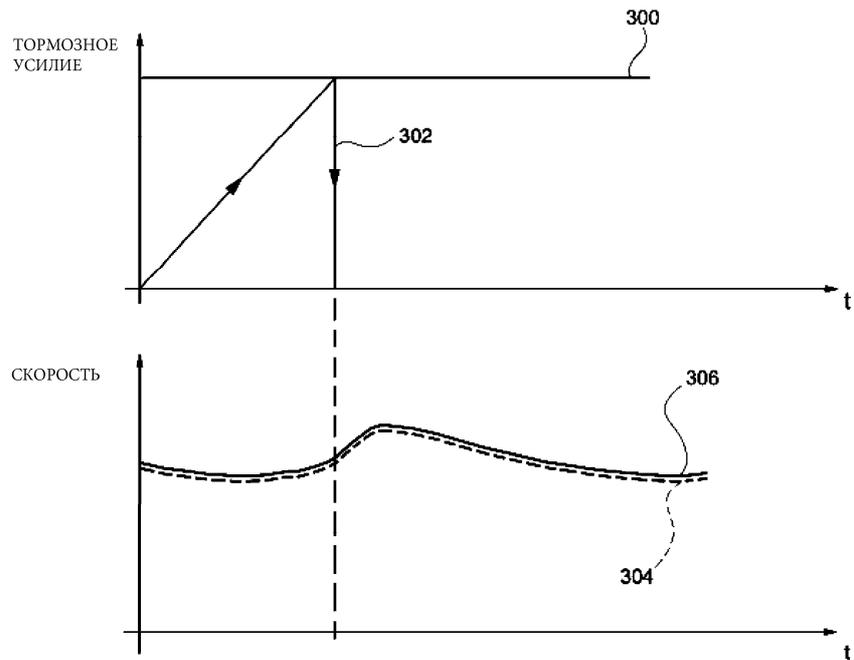
5. Система по п.4, в которой оптическое средство, работающее по принципу отражения, выполнено с возможностью передачи светового сигнала в направлении рельса (R) и обнаружения значения и/или распределения светового сигнала, отраженного рельсом, указывающего на состояние поверхности рельса.



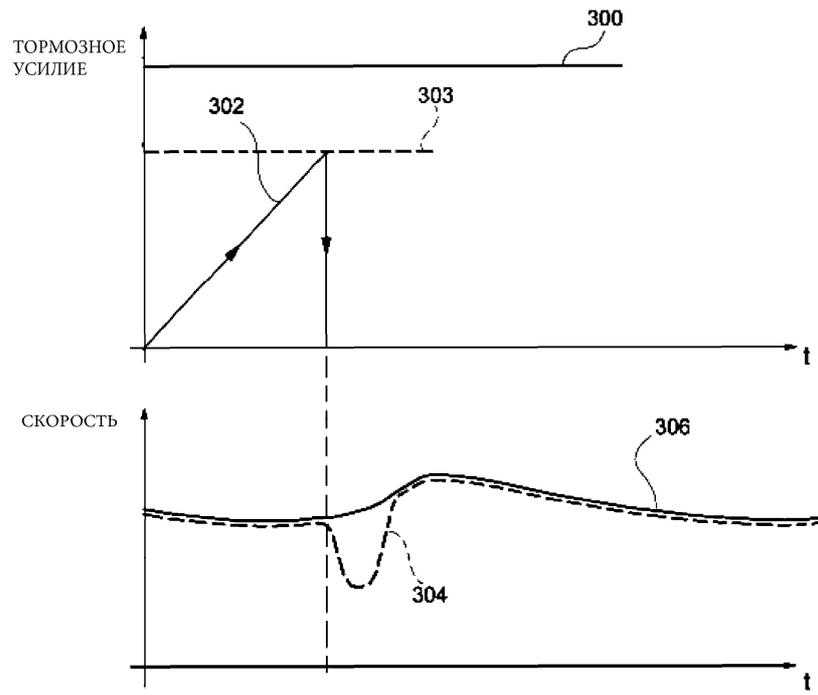
Фиг. 1



Фиг. 2



Фиг. 3А



Фиг. 3В