

(19)



**Евразийское
патентное
ведомство**

(11) **037221**(13) **B1**

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ЕВРАЗИЙСКОМУ ПАТЕНТУ

(45) Дата публикации и выдачи патента
2021.02.20

(21) Номер заявки
201800223

(22) Дата подачи заявки
2018.02.14

(51) Int. Cl. **B60L 15/20** (2006.01)
B60W 40/06 (2012.01)
B60T 8/00 (2006.01)

(54) СПОСОБ И СИСТЕМА ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОГО УПРАВЛЕНИЯ ПОДВИЖНЫМ СОСТАВОМ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ КОЭФФИЦИЕНТА СЦЕПЛЕНИЯ В РЕЖИМЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ТОРМОЖЕНИЯ

(43) 2019.08.30

(96) 2018000022 (RU) 2018.02.14

(71)(73) Заявитель и патентовладелец:
**ОБЩЕСТВО С ОГРАНИЧЕННОЙ
ОТВЕТСТВЕННОСТЬЮ
"СМАРТВИЗ" (RU)**

(56) WO-A1-2015152769
US-A1-20100023190
US-A1-20140277860
US-B1-7117137
RU-C2-2471651
RU-C2-2470813

(72) Изобретатель:
**Жебрак Леонид Михайлович, Сафро
Михаил Владимирович (RU)**

(74) Представитель:
Котлов Д.В. (RU)

(57) Изобретение относится к способу энергоэффективного управления подвижным составом с использованием коэффициента сцепления в режиме электрического торможения. Технический результат заключается в минимизации расхода энергии на выполнение поездной и маневровой работы, а также предотвращении скольжения. Способ заключается в следующем: получают параметры подвижного состава, включающие коэффициент сцепления для режима электрического торможения, априорный вектор параметров зависимости коэффициента сцепления для режима электрического торможения от скорости, скорость, массу подвижного состава, силу электрического торможения, признак наличия скольжения, информацию о маршруте (начальную и конечную точку маршрута), план и профиль пути, затем определяют значение коэффициента сцепления для режима электрического торможения на основании полученных данных, после чего проверяют точность коэффициента сцепления для режима электрического торможения, далее формируют план оптимального управления для оставшейся части маршрута с использованием параметров подвижного состава и коэффициента сцепления для режима электрического торможения, затем реализуют оптимальное управление с использованием сформированного плана оптимального управления.

037221 B1

037221 B1

Область техники

Изобретение относится к вычислительной технике, в частности к системам и способам энергоэффективного управления подвижным составом, и предназначено для повышения эффективности использования железнодорожного подвижного состава, например локомотива, при выполнении поездной и маневровой работы, при вождении поездов в автоматическом режиме или в режиме помощи машинисту.

Уровень техники

В настоящее время эффективность управления железнодорожным составом зависит от квалификации машиниста, вследствие чего только опытные и знающие маршрут движения машинисты управляют железнодорожным составом наиболее эффективно.

Скольжение происходит по опорной поверхности (дороге, рельсам) колёс транспортного средства (железнодорожного вагона), при котором линейная скорость поверхности колёс ниже скорости опорной поверхности относительно транспортного средства. Причиной является превышение тормозного усилия над силой сцепления колеса с опорной поверхностью, причем это возникает не только при блокировании колеса, но и при его вращении, когда колесо проскальзывает по опорной поверхности. В уровне техники известен способ, описанный в патенте US 6012011 "Traction control system and a method for remedying wheel-slippage", опубликовано 04.01.2000, патентообладатель "Johnson; Chipley H.". Известное решение контролирует скорость каждого из тяговых двигателей, используемых для привода колес. Если скорость конкретного тягового двигателя превышает скорость других тяговых двигателей на определенный процент, то колеса, которые приводятся в движение этим конкретным тяговым двигателем, считаются проскальзывающими. Недостатками данного технического решения являются реагирование на уже возникшее проскальзывание, а не предотвращение появления проскальзывания, а также невозможность использовать информацию о скольжении для энергооптимального управления подвижным составом.

Сущность изобретения

Изобретение направлено на устранение недостатков, присущих существующим решениям.

Технический результат, достигаемый данным изобретением, состоит в минимизации расхода энергии на выполнение поездной и маневровой работы, а также предотвращении скольжения.

Также дополнительным техническим результатом является увеличение пропускной способности дороги. Еще одним техническим результатом является уменьшение износа колесных пар подвижного состава. Способ энергоэффективного управления подвижным составом с использованием коэффициента сцепления в режиме электрического торможения включает следующие шаги: получают параметры подвижного состава, включающие, по меньшей мере: коэффициент сцепления для режима электрического торможения, априорный вектор параметров зависимости коэффициента сцепления для режима электрического торможения от скорости, скорость, массу подвижного состава, силу электрического торможения, признак наличия скольжения, информацию о маршруте, включающую, по крайней мере, начальную и конечную точку маршрута, план и профиль пути, затем определяют значение коэффициента сцепления для режима электрического торможения на основании данных, полученных на предыдущем шаге, после чего проверяют точность коэффициента сцепления для режима электрического торможения, при этом, если она неточно описывает сцепление, то уточняют коэффициент сцепления для режима электрического торможения, далее формируют план оптимального управления для оставшейся части маршрута, с использованием, по крайней мере, параметров подвижного состава и коэффициента сцепления для режима электрического торможения, затем реализуют оптимальное управление с использованием сформированного плана оптимального управления. В некоторых вариантах реализации размерность априорного вектора параметров коэффициента сцепления для режима электрического торможения зависит от выбранной зависимости, описывающей коэффициент сцепления для режима электрического торможения.

В некоторых вариантах реализации априорный вектор параметров коэффициента сцепления для режима электрического торможения задают до начала реализации способа.

В некоторых вариантах реализации уточнение вектора параметров происходит с помощью эффективного рекурсивного фильтра, оценивающего вектор состояния динамической системы, используя ряд неполных и зашумленных измерений.

В некоторых вариантах реализации определение координат и скорости подвижного состава производится при помощи радионавигационных систем. В некоторых вариантах реализации при определении координат и скорости используют радионавигационную систему GPS или Глонасс. В одном из вариантов реализации данное изобретение может быть выполнено в виде системы энергоэффективного управления подвижным составом с использованием коэффициента сцепления в режиме электрического торможения, включающей одно или более устройств обработки команд, одно или более устройств хранения данных, одну или более программ, где одна или более программ хранятся на одном или более устройствах хранения данных и исполняются на одном и более процессорах, причем одна или более программ включает инструкции для реализации способа энергоэффективного управления подвижным составом с использованием коэффициента сцепления в режиме электрического торможения, описанного выше.

Краткое описание чертежей

Фиг. 1 - пример графика продольного профиля пути;

фиг. 2 - зависимость коэффициента сцепления для режима электрического торможения от скорости.

Случай, когда при отсутствии скольжения необходимо производить уточнение параметров зависимости коэффициента сцепления в режиме электрического торможения от скорости;

фиг. 3 - зависимость коэффициента сцепления для режима электрического торможения от скорости.

Случай, когда при наличии скольжения необходимо производить уточнение параметров зависимости коэффициента сцепления в режиме электрического торможения от скорости;

фиг. 4 - пример плана оптимального управления;

фиг. 5 - система для реализации способа энергоэффективного управления подвижным составом с использованием коэффициента сцепления в режиме электрического торможения.

Подробное описание изобретения

Ниже описаны некоторые термины и понятия, используемые в заявке.

План пути - кривизна пути, определяемая его радиусом.

План линии - проекция трассы железной дороги на горизонтальную плоскость.

Профиль пути - величина превышения пути относительно некоторой точки.

Продольный профиль пути - проекция трассы железной дороги на вертикальную плоскость. На существующих линиях продольный профиль пути определяется уровнем головки рельса. Продольный профиль пути состоит из горизонтальных участков (площадок) и уклонов. Площадки и уклоны различной крутизны называют элементами профиля. При значительной разности уклонов смежных элементов (более 2-3‰) они сопрягаются вертикальной сопрягающей кривой.

На фиг. 1h - высота подъёма элемента профиля пути над горизонтальной линией. Крутизна измеряется в тысячных долях и получается как частное от деления разности отметок конечных точек, элемента профиля h на его длину l , т.е. равна тангенсу угла наклона элемента профиля к горизонту α . Крутизна уклона создаёт движению поезда дополнительное сопротивление от подъёма

$$W_i = Q \sin \alpha$$

поскольку величина α мала (тысячные доли - количество метров подъёма на 1000 м длины), то

$$W_i = Q \operatorname{tg} \alpha = Q \cdot i \cdot 10^{-3},$$

где i - тысячные доли уклона.

Уклон - параметр железнодорожной линии, характеризующий крутизну элементов её продольного профиля. Крутизна измеряется в тысячных долях, получается как частное от деления разности отметок конечных точек элементов профиля на его длину, то есть равна $\operatorname{tg} \alpha$ - тангенсу угла наклона элемента профиля к горизонту.

Фильтр с бесконечной импульсной характеристикой (рекурсивный фильтр, БИХ-фильтр) или ПИР-фильтр (PIR сокращение от infinite impulse response - бесконечная импульсная характеристика) - линейный электронный фильтр, использующий один или более своих выходов в качестве входа, то есть образует обратную связь. Основным свойством таких фильтров является то, что их импульсная переходная характеристика имеет бесконечную длину во временной области, а передаточная функция имеет дробно-рациональный вид. Такие фильтры могут быть как аналоговыми, так и цифровыми. Примерами БИХ-фильтров являются фильтр Чебышёва, фильтр Баттерворта, фильтр Калмана и фильтр Бесселя.

Динамическая система - множество элементов, для которого задана функциональная зависимость между временем и положением в пространстве каждого элемента системы.

Коэффициент сцепления (коэффициент продольного сцепления) - отношение максимального касательного усилия, действующего вдоль дороги на площади контакта заблокированного колеса с дорожным покрытием, к нормальной реакции в площади контакта колеса с покрытием. (ГОСТ 30413-96).

Электрическое торможение - торможение, при котором кинетическая и потенциальная энергия подвижного состава преобразуется в электрическую. Априорный вектор параметров - начальное значение оцениваемых параметров (Степанов О.А. Основы теории оценивания с приложениями к задачам обработки навигационной информации. Часть 1 введение в теорию оценивания. ГНЦ РФ ЦНИИ "Электроприбор", СПб ГУИТМО, Санкт-Петербург, 2009, 496 с).

Юз - скольжение по опорной поверхности (дороге, рельсам) колёс транспортного средства (автомобиля, трамвая, железнодорожного вагона), при котором линейная скорость поверхности колёс ниже скорости опорной поверхности относительно транспортного средства.

Данное изобретение в различных своих вариантах осуществления может быть выполнено в виде способа, в т.ч. реализуемого на компьютере, в виде системы или машиночитаемого носителя, содержащего инструкции для выполнения вышеупомянутого способа.

В данном изобретении под системой подразумевается компьютерная система, ЭВМ (электронно-вычислительная машина), ЧПУ (числовое программное управление), ПЛК (программируемый логический контроллер), компьютеризированные системы управления и любые другие устройства, способные выполнять заданную, чётко определённую последовательность операций (действий, инструкций).

Под устройством обработки команд подразумевается электронный блок либо интегральная схема (микропроцессор), исполняющая машинные инструкции (программы).

Устройство обработки команд считывает и выполняет машинные инструкции (программы) с одного или более устройств хранения данных. В роли устройства хранения данных могут выступать, но, не ог-

раничиваясь, жесткие диски (HDD), флеш-память, ПЗУ (постоянное запоминающее устройство), твердотельные накопители (SSD), оптические приводы.

Программа - последовательность инструкций, предназначенных для исполнения устройством управления вычислительной машины или устройством обработки команд.

Для достижения заявленного технического результата предлагается способ энергоэффективного управления подвижным составом с использованием коэффициента сцепления в режиме электрического торможения, включающий следующие шаги.

Получают параметры подвижного состава, включающие, по меньшей мере, зависимость коэффициента сцепления для режима электрического торможения от скорости, априорный вектор параметров зависимости коэффициента сцепления для режима электрического торможения от скорости, скорость, массу подвижного состава, силу электрического торможения, признак наличия скольжения, информацию о маршруте, включающую, по крайней мере, начальную и конечную точку маршрута, план и продольный профиль пути;

Указанные параметры могут поступать от различных датчиков, установленных в подвижном составе. Зависимость коэффициента сцепления для режима электрического торможения от скорости задается на основании технических характеристик подвижного состава, указанных в документации. Скорость может быть получена из одометрического датчика, координата из навигационной системы (GPS или ГЛОНАСС), продольный профиль под поездом может определяться из базы данных, расположенной на ПУ, установленном на цифровой системе управления подвижным составом или передаваться по радиоканалу. Сила электрического торможения может быть получена на основе датчиков амперметра и вольтметра.

Данная зависимость может быть задана в табличном или графическом виде, после чего ее задают в виде непрерывной функции F^{slide} .

Например, для грузового электровоза таблица значений коэффициента сцепления от скорости в режиме электрического торможения может быть следующей:

v , м/с	F , кН
0	-300,1772
1	-298,2321
2	-296,3108
3	-294,4133
4	-292,5396
5	-290,6897
6	-288,8636
7	-287,0613
8	-285,2828
9	-283,5281
10	-281,7972
11	-280,0901
12	-278,4068
13	-276,7473
14	-275,1116
15	-273,4997
16	-271,9116
17	-270,3473
18	-268,8068
19	-267,2901
20	-265,7972
21	-264,3281

Если по данной таблице построить непрерывную функцию одним из известных способов, например с помощью МНК, то получим зависимость

$$F_{\min} = -300.1772 + 1.957v - 0.0119v^2;$$

априорный вектор параметров функции, которая определяет зависимость коэффициента сцепления для режима электрического торможения от скорости p (для $i = \overline{1, n}$ следует, что $p_i = \text{const}$, n - размерность вектора p) определяется видом функции, которая описывает сцепление колеса с рельсом на этапе тестирования подвижного состава, до реализации данного способа. Размерность вектора зависит от зависимости, описывающей кривую скольжения.

В описанном выше примере таблица значений получается в результате испытаний, а выбранная нами квадратичная зависимость определяет вектор параметров p размерности 3

$$p = [-300.1772; 1.957; -0.0119]$$

Признак скольжения (например, сильного или слабого) проявляется при появлении отличия скорости вращения по крайней мере одной из колесных пар по сравнению с остальными.

В некоторых вариантах реализации скорость и текущее местоположение (координаты) подвижного состава определяют с помощью спутниковых систем навигации.

В некоторых вариантах реализации при определении координат и скорости используют спутниковую радионавигационную систему GPS или Глонасс.

Определяют значение коэффициента сцепления для режима электрического торможения от скорости на основании данных полученных на предыдущем шаге.

Зависимость коэффициента сцепления для режима электрического торможения от скорости определяется как

$$F^{slide}(p, v)$$

где v - скорость движения;

p - вектор параметров зависимости коэффициента сцепления для режима электрического торможения от скорости (для $i = \overline{1, n}$ следует, что $p_i = const$, n - размерность вектора p).

Т.е. для каждого значения скорости v получаем значение максимальной силы электрического торможения.

Например, для электровоза серии ВЛ8 коэффициент сцепления имеет вид [Правила тяговых расчётов для поездной работы. - М.: Транспорт, 1985, 287 с.]:

$$\psi_k = 0.25 + \frac{8}{100 + 20v}$$

или, что то же самое

$$\psi_k = 0.25 + \frac{1}{12.5 + 2.5v}$$

В этом случае можно записать

$$\psi_k = p_1 + \frac{1}{p_2 + p_3 v},$$

где

$$P = [p_1, p_2, p_3] = [0.25, 12.5, 2.5]$$

При скорости $v = 10$ км/ч следует, что

$$\psi_k = p_1 + \frac{1}{p_2 + p_3 v} = 0.276$$

Пусть масса локомотива $m_l = 200$ т.

Сила сцепления в этом случае

$$F_{sceptl} = m \cdot i \cdot g \cdot 0.276 = 200 \cdot 9.81 \cdot 0.276 = 541 \text{ кН}$$

При рекуперативном торможении считается

$$\psi_p = 0.8 \psi_k;$$

Т.е. сила сцепления при рекуперативном торможении

$$F_{sceptl} = 0.8 \cdot 541 = 432.$$

Т.е. при рекуперативном торможении электровоза ВЛ8 сила электрического торможения при скорости 10 км/ч не должна превышать 432 кН.

(При торможении сила отрицательна. Т.е. сила электрического торможения > -432 кН).

В этом случае юза (проскальзывания) происходить не должно. Если юз (проскальзывание) в этом случае происходит, то это означает, что параметры $P = [p_1, p_2, p_3]$ коэффициента сцепления ψ_k заданы не точно.

Проверяют точность зависимости коэффициента сцепления для режима электрического торможения от скорости, при этом, если она неточно описывает сцепление, то уточняют зависимость коэффициента сцепления для режима электрического торможения от скорости.

Значение коэффициента сцепления для режима электрического торможения от скорости, полученное на предыдущем шаге, сравнивается с реализованной в текущий момент силой электрического торможения, после чего проверяют точность зависимости коэффициента сцепления для режима электрического торможения от скорости. Зависимость коэффициента сцепления для режима электрического торможения от скорости точно описывает сцепление колеса с поверхностью (например, с рельсом в случае подвижного состава), если выполняются два нижеследующих условия.

Если при заданной скорости движения фактическая сила электрического торможения меньше, чем значение коэффициента сцепления для режима электрического торможения от скорости, то не происходит скольжения (фиг. 2)

Если при заданной скорости движения фактическая сила электрического торможения больше, чем значение коэффициента сцепления для режима электрического торможения от скорости, то происходит скольжение (фиг. 3) Вектор параметров p задан точно, если при любых возможных значениях скорости v и силы тяги F коэффициент сцепления для режима электрического торможения от скорости точно описывает сцепление колеса с рельсом. Если хотя бы для одной пары значений (v, F) коэффициент сцепления для режима электрического торможения от скорости описывает сцепление колеса с рельсом не точ-

но, то происходит уточнение вектора параметров p .

Уточнение вектора параметров может быть осуществлено с помощью дискретного фильтра Калмана, фильтра Винера, но не ограничивается ими и на сущность изобретения не влияет. На каждом шаге получают измерения текущей скорости и силы электрического торможения, далее осуществляется шаг алгоритма фильтрации. Например, может быть использован следующий алгоритм:

$$x_i = x_{i-1} + K_i(y_i - H_i x_{i-1}),$$

где x_i - оцениваемые параметры (в случае грузового электровоза, сцепление которого в режиме электрического торможения описана выше на первом шаге $x = [-300.1772; 1.957; -0.0119]$);

H_i - матрица определяющая отношение между измерениями и состоянием системы (в некоторых частных случаях, $H = 1$);

y_i - измерения в текущий момент времени. В нашем случае - измерения скорости v и силы электрического торможения F ;

K_i - коэффициент усиления, который может быть вычислен следующим образом:

$$K_i = P_i H (H P_i H + R),$$

где R - ошибка измерений, может быть определена испытанием измерительных приборов (например, одометрического датчика для скорости и амперметра и вольтметра для тяги);

P_i - ковариационная матрица ошибок измерения.

Формируют план оптимального управления для оставшейся части маршрута с использованием, по крайней мере, параметров подвижного состава и зависимости коэффициента сцепления для режима электрического торможения от скорости.

Уравнение движения

$$(1 + \gamma)mv \frac{dv}{dx} = F - W(v) - i,$$

где F - сила тяги или электрического торможения;

γ - коэффициент, учитывающий инерцию вращающихся масс;

m - масса подвижного состава;

$W(v)$ - сопротивление движению;

i - продольный профиль пути.

При формировании плана оптимального управления необходимо выполнение ограничений по сцеплению, т.е. для каждой скорости v сила электрического торможения F должна быть больше, чем значение коэффициента сцепления

$$F > F^{slide}(p, v)$$

Соответственно, чем точнее известны параметры p , тем точнее можно рассчитать энергооптимальное управление F .

Для каждой точки (координаты) маршрута рассчитывается значение управляющего воздействия таким образом, чтобы суммарное количество энергии потраченной на всю дорогу (весь маршрут движения) было минимально

$$\int_{x_0}^{x_k} F(x) dx \rightarrow \min$$

где $F(x)$ - сила тяги или торможения в координате x ;

x_0, x_k - начальная и конечная координаты маршрута. При формировании плана оптимального управления учитываются также, по крайней мере, план и профиль пути, ограничения скорости, расписание, масса состава, максимальная сила электрического торможения, развиваемая подвижным составом и пр. Сила электрического торможения, которую реализует локомотив, должна быть меньше, чем значение кривой сцепления в режиме электрического торможения при заданной скорости. Тем самым накладываются ограничения на силу электрического торможения.

При формировании плана оптимального управления может использоваться один из известных методов. Например, может использоваться следующий алгоритм.

Привести задачу к классической формулировке

$$B_0(x(\cdot), u(\cdot), t_0, t_k) \rightarrow \min$$

$$\Phi(x(\cdot), u(x(\cdot)), t_0, t_k) = \dot{x}(t) - \phi(t, x(t), u(t)) = 0$$

$$B_i(x(\cdot), u(\cdot), t_0, t_k) \leq 0, i = \overline{1, m}$$

$$B_i(x(\cdot), u(\cdot), t_0, t_k) = 0, i = \overline{m, m}$$

где

$$B_i(x(\cdot), u(\cdot), t_0, t_k) = \int_{t_0}^{t_k} f_i(t, x, u) dt + \psi_i(t_0, x(t_0), t_k, x(t_k)); \quad i = \overline{0, m}$$

Далее необходимо:

- 1) составить функцию Лагранжа;
- 2) выбрать необходимые условия оптимального в слабом смысле процесса:
 - а) стационарности по x - уравнение Эйлера для лагранжиана;
 - б) трансверсальности по x ;
 - в) стационарности по u ;
 - г) стационарности по t_k ;
 - д) дополняющей нежесткости;
 - е) неотрицательности множителей Лагранжа;
- 3) найти допустимые управляемые процессы, для которых выполняются условия п.2 с множителями Лагранжа λ и $p(\cdot)$, одновременно равными нулю;
- 4) среди всех найденных в п.3 допустимых экстремальных процессов найти решение.

Реализуют оптимальное управление с использованием сформированного плана оптимального управления.

Например, если план оптимального управления представляет собой фиг. 4, то поезд, находясь в координате 300 м, реализует управление 200 кН.

Реализуемое оптимальное управление, соответствующее текущей точке (координате) маршрута, передается в систему управления подвижного состава для исполнения. План оптимального управления - это значение управляющего воздействия (тяга, торможение или выбег) для каждой координаты пути. То значение управления, которое соответствует текущей координате, в данный момент реализуется.

Согласно фиг. 5 примерная система для реализации технического решения включает в себя устройство обработки данных 500. Устройство обработки данных 500 может быть сконфигурировано как клиент, сервер, мобильное устройство или любое другое вычислительное устройство, которое взаимодействует с данными в системе совместной работы, основанной на сети. В самой базовой конфигурации устройство обработки данных 500, как правило, включает в себя по меньшей мере один процессор 501 и устройство хранения данных 502. В зависимости от точной конфигурации и типа вычислительного устройства системная память 502 может быть энергозависимой (например, оперативное запоминающее устройство (ОЗУ, RAM)), энергонезависимой (например, постоянное запоминающее устройство (ПЗУ, ROM)) или некоторой их комбинацией. Устройство хранения данных 502, как правило, включает в себя одну или более прикладных программ 503 и может включать в себя данные 504 программ. Настоящее техническое решение как способ, описанное в деталях выше, реализовано в прикладных программах 503.

Устройство обработки данных 500 может иметь дополнительные особенности или функциональные возможности. Например, устройство обработки данных 500 может также включать в себя дополнительные устройства хранения данных (съемные и несъемные), такие как, например, магнитные диски, оптические диски или лента. Такие дополнительные хранилища проиллюстрированы на фиг. 5 посредством несъемного хранилища 507 и съемного хранилища 508. Компьютерные носители данных могут включать в себя энергозависимые и энергонезависимые, съемные и несъемные носители, реализованные любым способом или при помощи любой технологии для хранения информации. Устройство хранения данных 502, несъемное хранилище 507 и съемное хранилище 508 являются примерами компьютерных носителей данных. Компьютерные носители данных включают в себя, но не в ограничительном смысле, оперативное запоминающее устройство (ОЗУ), постоянное запоминающее устройство (ПЗУ), электрически стираемое программируемое ПЗУ (EEPROM), флэш-память или память, выполненную по другой технологии, ПЗУ на компакт-диске (CD-ROM), универсальные цифровые диски (DVD) или другие оптические запоминающие устройства, магнитные кассеты, магнитные ленты, хранилища на магнитных дисках или другие магнитные запоминающие устройства, или любую другую среду, которая может быть использована для хранения желаемой информации и к которой может получить доступ устройство обработки данных 500. Любой такой компьютерный носитель данных может быть частью устройства 500. Устройство обработки данных 500 может также включать в себя устройство(а) 505 ввода, такие как клавиатура, мышь, перо, устройство с речевым вводом, устройство сенсорного ввода и так далее. Устройство (а) 506 вывода, такие как дисплей, динамики, принтер и тому подобное, также могут быть включены в состав устройства. Устройство обработки данных 500 содержит коммуникационные соединения, которые позволяют устройству связываться с другими вычислительными устройствами, например по сети. Сети включают в себя локальные сети и глобальные сети наряду с другими большими масштабируемыми сетями, включая, но не в ограничительном смысле, корпоративные сети и экстрасети. Коммуникационное соединение является примером коммуникационной среды.

Как правило, коммуникационная среда может быть реализована при помощи машиночитаемых инструкций, структур данных, программных модулей или других данных в модулированном информационном сигнале, таком как несущая волна, или в другом транспортном механизме и включает в себя лю-

бую среду доставки информации. Термин "модулированный информационный сигнал" означает сигнал, одна или более из его характеристик изменены или установлены таким образом, чтобы закодировать информацию в этом сигнале. Для примера, но без ограничения, коммуникационные среды включают в себя проводные среды, такие как проводная сеть или прямое проводное соединение, и беспроводные среды, такие как акустические, радиочастотные, инфракрасные и другие беспроводные среды. Термин "машиночитаемый носитель", как употребляется в этом документе, включает в себя как носители данных, так и коммуникационные среды.

Специалисту в данной области очевидно, что конкретные варианты осуществления способа и системы энергоэффективного управления подвижным составом с использованием коэффициента сцепления в режиме электрического торможения были описаны здесь в целях иллюстрации, допустимы различные модификации, не выходящие за рамки и сущности объема изобретения.

Источники информации

Железнодорожный транспорт. Энциклопедия/Главный редактор Н.С. Конарев. - М.: Научное издательство "Большая Российская энциклопедия", 1995.-559 с: ил.

ФОРМУЛА ИЗОБРЕТЕНИЯ

1. Способ энергоэффективного управления подвижным составом с использованием коэффициента сцепления в режиме электрического торможения, включающий следующие шаги:

получают параметры подвижного состава, включающие, по крайней мере, зависимость коэффициента сцепления для режима электрического торможения от скорости, априорный вектор параметров зависимости коэффициента сцепления для режима электрического торможения от скорости, скорость, массу подвижного состава, силу электрического торможения, признак наличия скольжения, информацию о маршруте, включающую, по крайней мере, начальную и конечную точку маршрута, план и профиль пути;

определяют значение коэффициента сцепления для режима электрического торможения на основании данных, полученных на предыдущем шаге;

проверяют точность зависимости коэффициента сцепления для режима электрического торможения от скорости, при этом, если она не точно описывает сцепление, то уточняют зависимость коэффициента сцепления для режима электрического торможения от скорости;

формируют план оптимального управления для оставшейся части маршрута с использованием, по крайней мере, параметров подвижного состава и зависимости коэффициента сцепления для режима электрического торможения от скорости;

реализуют оптимальное управление с использованием сформированного плана оптимального управления.

2. Способ по п.1, в котором шаги выполняются циклично.

3. Способ по п.1, в котором размерность априорного вектора параметров зависимости коэффициента сцепления для режима электрического торможения от скорости определяется видом зависимости.

4. Способ по п.1, в котором уточнение зависимости коэффициента сцепления для режима электрического торможения от скорости происходит в момент электрического торможения.

5. Способ по п.1, в котором априорный вектор параметров зависимости коэффициента сцепления для режима электрического торможения от скорости задают до начала реализации способа.

6. Способ по п.1, в котором уточнение вектора параметров зависимости коэффициента сцепления для режима электрического торможения от скорости происходит с помощью эффективного рекурсивного фильтра, оценивающего вектор состояния динамической системы, используя ряд неполных и зашумленных измерений.

7. Способ по п.1, в котором координаты и скорость подвижного состава определяются с помощью радионавигационных систем.

8. Способ по п.1, в котором радионавигационной системой является система GPS или Глонасс.

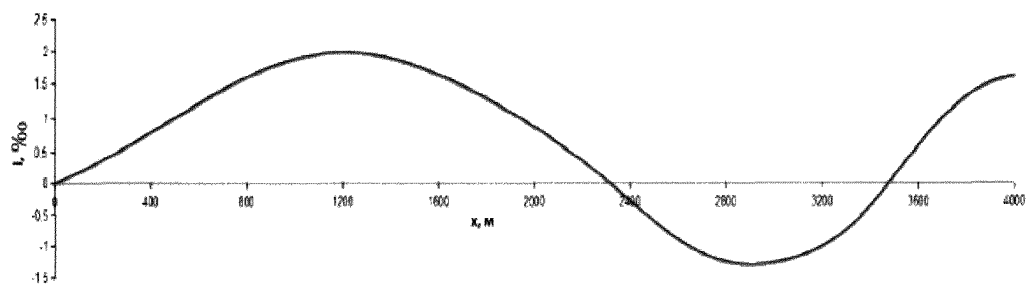
9. Система энергоэффективного управления подвижным составом с использованием коэффициента сцепления в режиме электрического торможения, содержащая

по крайней мере одно устройство обработки команд;

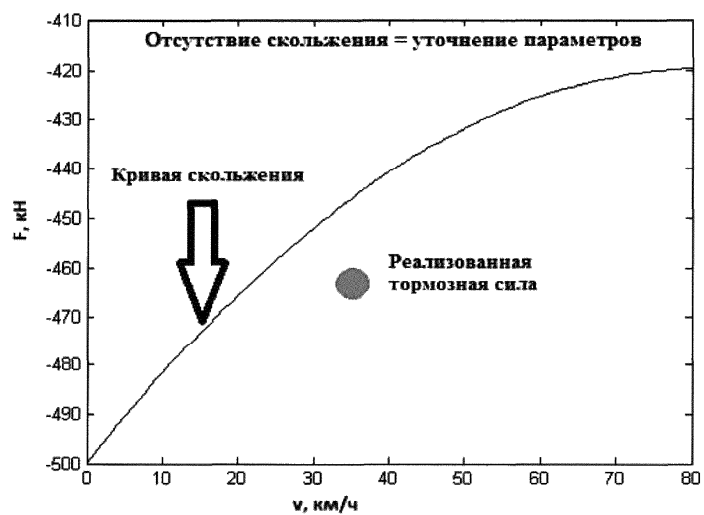
по крайней мере одно устройство хранения данных;

одну или более компьютерных программ, загружаемых в по крайней мере одно вышеупомянутое устройство хранения данных и выполняемых на по крайней мере одном из вышеупомянутых устройств обработки команд, при этом одна или более компьютерных программ содержат инструкции для выполнения способа по любому из пп.1-8.

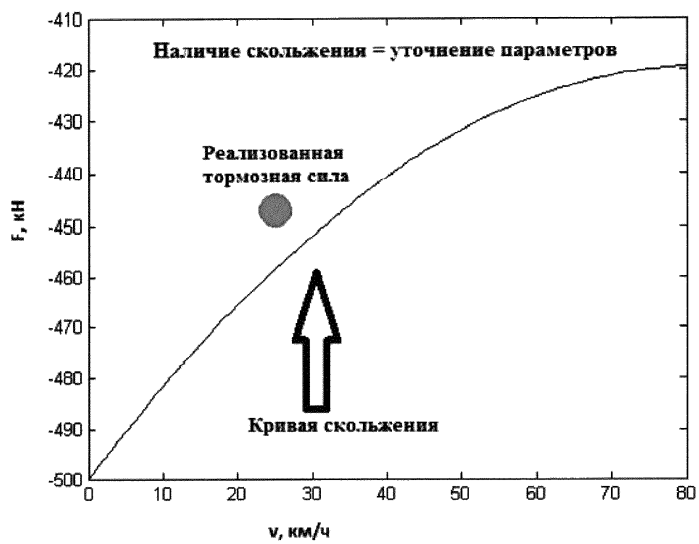
10. Машиночитаемый носитель данных, содержащий исполняемые одним или более процессором машиночитаемые инструкции, которые при их исполнении реализуют выполнение способа энергоэффективного управления подвижным составом с использованием коэффициента сцепления в режиме электрического торможения по любому из пп.1-8.



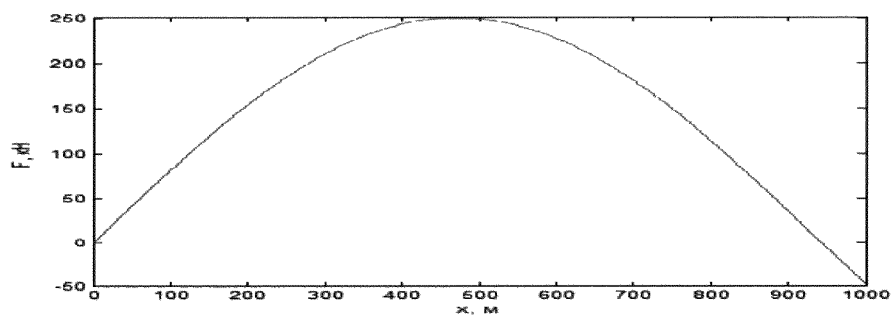
Фиг. 1



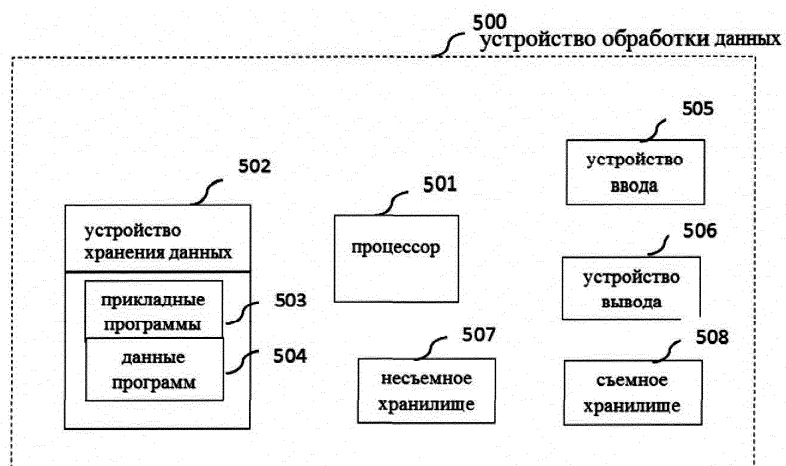
Фиг. 2



Фиг. 3



Фиг. 4



Фиг. 5

