



РЕСПУБЛИКА КАЗАХСТАН

(19) KZ (13) U (11) 1664  
(51) B60L 15/20 (2006.01)  
B60T 8/17 (2006.01)

МИНИСТЕРСТВО ЮСТИЦИИ РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН

## ОПИСАНИЕ ПОЛЕЗНОЙ МОДЕЛИ К ПАТЕНТУ

(21) 2014/0085.2

(22) 13.10.2015

(45) 15.09.2016, бюл. №11

(72) Жебрак Леонид Михайлович (RU)

(73) Общество с ограниченной ответственностью "Смартвиз" (RU)

(56) RU №2409484, 2011

(54) **УСТРОЙСТВО ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ КПД ПОДВИЖНОГО СОСТАВА**

(57) Полезная модель предназначена для экономии энергии, затрачиваемой железнодорожным подвижным составом. Устройство для повышения КПД подвижного состава, содержащее блок получения данных, выход которого соединен с выходом блока обработки, выход которого соединен с входом блока управления, при этом отличающееся тем, что: блок получения данных выполнен с возможностью получения параметров подвижного состава, включающих, по крайней мере: скорость, координаты, напряжение контактной сети,

напряжение токов тяговых двигателей, разрядку тормозной магистрали, и передачи вышеуказанных данных в блок обработки, выполненной с возможностью определения, по крайней мере, параметров зависимостей действующей силы тяги, силы торможения, силы сопротивления движению, силы сцепления колес с рельсами, массы подвижного состава, на основании которых вышеуказанный блок определяет оптимальное управление, реализуемое тяговым и тормозным оборудованием железнодорожного подвижного состава, при этом, вышеуказанный блок выполнен с возможностью передачи определенного оптимального управления в блок управления, выполненный с возможностью передачи управляющего воздействия в систему управления подвижного состава для исполнения или отображения машинисту. Техническим результатом является уменьшение расхода энергии на выполнение поездной и маневровой работы.

(19) KZ (13) U (11) 1664

Полезная модель предназначена для экономии энергии, затрачиваемой железнодорожным подвижным составом, например, локомотивом на выполнение поездной и маневровой работы, при вождении поездов в автоматическом режиме или в режиме помощи машинисту.

#### Уровень техники

При управлении железнодорожными составами немаловажным является эффективное управление, при котором КПД тяговой силы будет максимальным. В настоящее время эффективность управления ж.д. составом зависит от квалификации машиниста, вследствие чего только наиболее опытные и знающие маршрут движения машинисты управляют железнодорожным составом более эффективно.

Ниже будут рассмотрены некоторые термины, которые в дальнейшем будут использоваться при описании полезной модели.

Коэффициент полезного действия локомотива - отношение полезной работы, выполняемой ведущими колёсами локомотива, к количеству теплоты, затраченной на её получение у автономных локомотивов, имеющих самостоятельную силовую установку (паровоз, тепловоз), или к энергии, полученной из контактной сети (электровоз, электропоезд). Коэффициент полезного действия локомотива зависит от КПД всех звеньев, участвующих в превращении подводимой энергии в механическую и в передаче её на ведущие колёса, а также от расхода энергии на служебные и вспомогательные нужды. Различают КПД локомотива как силовой установки и КПД эксплуатационный, который зависит от времени работы локомотива на различных режимах при движении поезда и от расхода топлива (энергии) на поддержание локомотива в работоспособном состоянии во время стоянок. Расход топлива на стоянках у паровоза существенно больше, чем у тепловоза, а у электровоза - незначительный. КПД тепловоза зависит от конструктивных особенностей дизеля, конструкции тяговой передачи, холодильника, вспомогательных механизмов, температуры и давления наружного воздуха, реализуемой мощности и др.; макс. значение КПД тепловоза - около 30%, эксплуатационный КПД - около 25%. КПД электровоза, не имеющего самостоятельной силовой установки, составляет 88-90%; КПД электрическое тяги, учитывающий КПД электростанций, устройств внешнего и тягового электроснабжения и ЭПС, - 22-24%.

План железнодорожного пути (план пути) - кривизна железнодорожного пути, определяемая его радиусом.

Профиль пути - величина превышения железнодорожного пути относительно некоторой точки.

Разрядка тормозной магистрали - снижение давления в тормозной магистрали подвижного состава при выполнении пневматического торможения.

Для увеличения эксплуатационного КПД существуют различные системы и способы, обладающие теми или иными ограничениями.

Известным в уровне техники решением присуще использование усредненных характеристик подвижного состава.

При производстве допустимыми считаются отклонения до 10% фактических тяговых характеристик от принятых для данного типа локомотивов. В течение срока службы, который составляет более 30 лет, отличия тяговых характеристик возрастают. Еще больше различаются фактические характеристики сопротивления движению от их усредненных значений. В некоторых случаях отклонение может достигать 40%. Наибольшее отклонение от среднего значения имеет коэффициент сцепления колеса с рельсом. При определенных погодных условиях и состоянии железнодорожного пути его фактическая величина может быть до 2,5 раз меньше расчетного значения, что сокращает максимальное возможное значение реализуемой силы тяги локомотива соответственно в 2,5 раза. В уровне техники известен Способ и система для усовершенствования техники вождения поездов и снижения расхода топлива см. Патент РФ №2409484, опубликованный 20.01.2011. Способ включает вычисление массы поезда, определение на борту локомотивного состава текущего местоположения, распознавание участка изменения рельефа рельсового пути до достижения поездом участка изменения рельефа рельсового пути, корректировку параметра регулирования мощности локомотивного состава. Данное решение не использует актуальных параметров зависимостей тяговых и тормозных характеристик, зависимостей сопротивления движения и силы сцепления колеса с рельсом, вследствие чего управляющие воздействие получается менее точным и эффективным. Вычисление актуальных параметров зависимостей данного локомотивного состава и внешних условий необходимо для расчета управляющего воздействия, минимизирующего расход энергии на выполнение поездной работы. Данное техническое решение принято в качестве наиболее близкого аналога предложенной полезной модели.

#### Сущность полезной модели

Данная полезная модель направлена на устранение недостатков, присущих существующим аналогам.

Предполагаемый технический результат, достигаемый заявленной полезной моделью, состоит в минимизации расхода энергии на выполнение поездной и маневровой работы. Данный технический результат достигается за счет определения актуальных параметров зависимостей тяговых и тормозных характеристик, зависимостей сопротивления движения и силы сцепления колеса с рельсом, используемых при расчете энергооптимального управления.

Для достижения данного технического результата было создано устройство для повышения КПД подвижного состава, содержащее блок получения данных, выход которого соединен с

входом блока обработки, выход которого соединен с входом блока управления, при этом отличающееся тем, что: блок получения данных выполнен с возможностью получения параметров подвижного состава, включающих, по крайней мере: скорость, координаты, напряжение контактной сети, напряжение токов тяговых двигателей, разрядку тормозной магистрали, и передачи вышеуказанных данных в блок обработки, выполненный с возможностью определения, по крайней мере, параметров зависимостей действующей силы тяги, силы торможения, силы сопротивления движению, силы сцепления колес с рельсами, массы подвижного состава, на основании которых вышеуказанный блок определяет оптимальное управление, реализуемое тяговым и тормозным оборудованием железнодорожного подвижного состава, при этом, вышеуказанный блок выполнен с возможностью передачи определенного оптимального управления в блок управления, выполненный с возможностью передачи управляющего воздействия в систему управления подвижного состава для исполнения или отображения машинисту.

Блок обработки, может быть выполнен с возможностью циклического определения, по крайней мере, параметров зависимостей действующей силы тяги, силы торможения, силы сопротивления движению, силы сцепления колес с рельсами, массы подвижного состава.

Блок получения данных может быть выполнен с возможностью определения координат и скорости подвижного состава при помощи радионавигационных систем.

Устройство, в котором радионавигационной системой может быть система GPS или Глонасс.

Блок получения данных может быть выполнен с возможностью определения координат и скорости подвижного состава при помощи одометрического датчика.

Блок обработки может быть выполнен с возможностью определения, по крайней мере, параметров зависимостей действующей силы тяги, силы торможения, силы сопротивления движению, силы сцепления колес с рельсами, массы подвижного состав с использованием данных предыдущих циклов.

Блок обработки данных может быть выполнен с возможностью определения параметров, необходимых для вычисления массы подвижного состава на основе использования априорной статистической информации. Устройство, в котором априорная статистическая информация включает, по крайней мере, математическое ожидание, корреляционную матрицу оцениваемых параметров и корреляционную матрицу ошибок измерений.

Устройство, в котором априорная статистическая информация включает, по крайней мере, математическое ожидание, ковариационную матрицу оцениваемых параметров и ковариационную матрицу ошибок измерений.

Блок обработки данных может быть выполнен с возможностью определения на основании данных,

по крайней мере, одного предшествующего цикла, по крайней мере, массы подвижного состава и параметры одной из зависимостей: действующей силы тяги, силы торможения, силы сопротивления движению, силы сцепления колес с рельсами.

Краткое описание чертежей

Признаки и преимущества настоящего изобретения станут очевидными из приводимого ниже подробного описания изобретения и прилагаемых чертежей, на которых:

На Фиг.1 приведена блок-схема устройства повышения КПД подвижного состава.

Подробное описание полезной модели

Данная полезная модель в различных своих вариантах осуществления может быть выполнена в виде устройства реализующего способ.

Эффект экономии энергии достигается данным устройством при помощи выполняемого его блоками расчета и реализацией силы тяги локомотивного состава и тормозной силы необходимых для перемещения железнодорожного состава на расстояние  $s_k - s_0$  за время  $T$  и выполнения требований безопасности, включая но не ограничиваясь, ограничениями скорости движения и сигналов локомотивной сигнализации, при котором энергия, затрачиваемая локомотивом на поездную работу, будет минимальна:

$$A = \int_{s_0}^{s_k} F ds \rightarrow \min$$

где

$$M \left( \frac{1+\gamma}{\zeta} \right) \frac{dv}{dt} = F - F_3 - W(v, x) - B(p, v, t_p), \quad (1)$$

$M$  - масса поезда, т;

$v$  - скорость, м/с;

$F$  - сила тяги или торможения тяговым приводом с возвратом энергии, кН;

$F_3$  - сила торможения тяговым приводом без возврата энергии, кН;

$W$  - общее сопротивление движению, кН;

$B$  - сила пневматического (электропневматического) торможения, кН;

$\zeta$  - переводной коэффициент, зависящий от единиц измерений принятых в расчетах;

$p$  - разрядка тормозной магистрали, кПа;

$x$  - текущая координата;

$\gamma$  - коэффициент инерции;

$t_p$  - время от начала применения пневматического торможения.

Для расчета энергооптимальной силы тяги  $F$  требуется знание текущих параметров следующих зависимостей:

- общего сопротивления движению железнодорожного состава;
- силы сцепления колес с рельсами;
- тормозной силы железнодорожного состава.

а также величин максимальной и минимальной силы тяги, определяемых из технических характеристик локомотивного состава.

Реализующее данный принцип устройство, содержит блок получения данных представляющий

собой систему, соединенную с сетью сенсоров и способную собирать информацию о параметрах подвижного состава, включающих, по крайней мере: скорость, координаты, напряжение контактной сети, напряжение токов тяговых двигателей, разрядку тормозной магистрали; блок обработки, представляющий собой систему способную получив информацию от блока получения данных на основании записанных в его памяти алгоритмов производить вычисления и определять оптимальное управление, которое необходимо для минимизации расходуемой локомотивом энергии; блок управления представляет собой систему, соединенную со всеми управляющими системами локомотива и способную на основании полученных от блока обработки оптимальных управлений осуществлять управляющие воздействия на органы управления локомотива и/или выводить информацию о необходимости данных воздействий на дисплей машиниста или осуществлять световую индикацию на панели управления локомотивом; При этом под системой подразумевается, в том числе компьютерная система, ЭВМ (электронно-вычислительная машина), ЧПУ (числовое программное управление), ПЛК (программируемый логический контроллер), компьютеризированные системы управления и любые другие устройства, способные выполнять заданную, четко 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 ограничиваясь, 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.

Заявляемое устройство в статическом состоянии состоит из блока получения данных 101 (Фиг.1), блока обработки 102 (Фиг.1), блока управления 103 (Фиг.1), причем выход блока получения данных соединен с входом блока обработки, выход которого соединен с входом блока управления (Фиг.1), что подтверждает конструктивное единство данного технического решения.

Рассмотрим функциональную взаимосвязь предложенного устройства:

Блок получения данных 101 (Фиг.1) определяет параметры подвижного состава 104 (Фиг.1), содержащие, по крайней мере:

- Скорость, координаты, напряжение на тяговом приводе, токи тяговых двигателей, разрядку тормозной магистрали;

Скорость и координаты подвижного состава могут определяться, но не ограничиваясь, как на основе показаний датчиков, так и с использованием средств радионавигации, например GPS, Глонасс.

Блок обработки 102 (Фиг.1) определяет параметры зависимости действующей силы тяги, на основании которых определяют действующую силу тяги;

Зависимость фактической (действующей) силы тяги от измеряемых параметров, например, для локомотивного состава с коллекторными двигателями может быть представлена:

$$F_{\phi} = \omega(v, I, U), \quad (2)$$

где  $v$  - скорость движения локомотивного состава;

$I$  - ток, протекающий через якорную цепь тяговых двигателей локомотивного состава;

$U$  - напряжение на якорных обмотках тяговых двигателей локомотивного состава.

Здесь и далее в данном изобретении, коэффициенты в аналитических зависимостях могут быть рассчитаны, но не ограничиваясь, методом Калмана. Вид зависимостей и используемый метод вычисления коэффициентов для полезной модели не существен.

Рассчитанная сила тяги локомотива ограничена минимальной и максимальной силами, которые технически могут быть реализованы тяговым приводом локомотивного состава:

$$F_{min} < F < F_{max} \quad (3)$$

Согласно одному из вариантов осуществления, минимальная и максимальная сила тяги задаются на этапе конфигурирования и настройки.

В некоторых реализациях минимальная и максимальная сила тяги задаются машинистом в диалоговом режиме.

Затем блок обработки 102 (Фиг.1) определяет массу подвижного состава;

Массу подвижного состава определяют аналитически, на основании правой части выражения (1), при этом, для определения массы поезда, в некоторых вариантах реализации могут понадобиться значения одного или комбинации указанных параметров -  $M, F, F_{\phi}, W, B$ .

В некоторых вариантах реализации параметры, необходимые для вычисления массы подвижного состава, определяются с использованием априорной информации, включающей, по крайней мере, математическое ожидание, ковариационную матрицу оцениваемых параметров и ковариационную матрицу ошибок измерений.

В некоторых вариантах реализации, по крайней мере, общее сопротивление движению и сила торможения, необходимые для определения массы поездного состава, определяются на основе данных предыдущего цикла.

Выбор способа определения массы подвижного состава не существен для полезной модели и может варьироваться.

Кроме того блок обработки 102 (Фиг.1) определяет параметры зависимости действующей силы торможения, на основании которых определяют действующую силу торможения;

Тормозная сила  $B$  может быть представлена аналитической зависимостью:

$$B = \varphi(p, v, t_p), \quad (4)$$

где  $\varphi$  - аналитическая зависимость, устанавливающая связь между разрядкой тормозной магистрали и силой торможения  $B$ .

$p$  - разрядка тормозной магистрали п, кПа;

$v$  - скорость, м/с;

$t_p$  - время от начала применения пневматического торможения

Также блок обработки 102 (Фиг.1) определяет параметры зависимости сопротивления движению, на основании которых определяют общее сопротивление движению;

Общее сопротивление движению определяется основным и дополнительным сопротивлением движению, которое может включать в себя, по крайней мере, сопротивление движению, возникающие от плана и профиля железнодорожного пути  $i$ :

$$W = M \cdot (i(x) + a_w + b_w v + c_w v^2), \quad (5)$$

где  $a_w, b_w, c_w$  - коэффициенты зависимости;

$M$  - масса поезда, т;

$v$  - скорость, м/с;

$i(x)$  - удельное сопротивление движению от профиля и плана пути.

Далее блок обработки 102 (Фиг.1) определяет параметры зависимости коэффициента сцепления, на основании которых определяют фактический коэффициент сцепления;

Сила сцепления  $F_{adh}$  колес с рельсами может быть представлена аналитической зависимостью, например

$$F \leq F_{adh} = a_{adh} + b_{adh} v + c_{adh} v^2 \quad (6)$$

где  $a_{adh}, b_{adh}, c_{adh}$  - требующие определения параметры зависимости;

$v$  - текущая скорость движения локомотивного состава.

Очевидно, что сила тяги локомотива  $F$  не может превосходить силу сцепления  $F_{adh}$

В конце блок обработки 102 (Фиг.1) определяют текущее и прогнозируемое оптимальное управляющее воздействие, содержащее силу тяги или тормозную силу с использованием данных определенных на предыдущих шагах.

При известных параметрах зависимостей (2), (4), (5), (6) и массы поезда вычисляется сила тяги, при которой расход энергии будет минимальным:

$$A = \int_{s_0}^{s_k} F ds \rightarrow \min$$

Определенное блоком обработки 102 оптимальное управляющее воздействие, оптимальное значение силы тяги локомотивного состава передается в блок управления 103 (Фиг.1), который осуществляет необходимые воздействия 105 (Фиг.1) на органы управления локомотива или отображает их машинисту на дисплее или при помощи световой индикации.

Специалисту в данной области, очевидно, что конкретные варианты осуществления устройства для повышения кпд подвижного состава были описаны здесь в целях иллюстрации, допустимы

различные модификации, не выходящие за рамки и сущности объема полезной модели.

## ФОРМУЛА ПОЛЕЗНОЙ МОДЕЛИ

1. Устройство для повышения кпд подвижного состава, содержащее блок получения данных, выход которого соединен с входом блока обработки, выход которого соединен с входом блока управления, **отличающееся** тем, что блок получения данных выполнен с возможностью получения параметров подвижного состава, включающих, по крайней мере: скорость, координаты, напряжение контактной сети, напряжение токов тяговых двигателей, разрядку тормозной магистрали, и передачи вышеуказанных данных в блок обработки, выполненный с возможностью определения, по крайней мере, параметров зависимостей действующей силы тяги, силы торможения, силы сопротивления движению, силы сцепления колес с рельсами, массы подвижного состава, на основании которых вышеуказанный блок определяет оптимальное управление, реализуемое тяговым и тормозным оборудованием железнодорожного подвижного состава, при этом, вышеуказанный блок выполнен с возможностью передачи определенного оптимального управления в блок управления, выполненный с возможностью передачи управляющего воздействия в систему управления подвижного состава для исполнения или отображения машинисту.

2. Устройство по п.1, **отличающееся** тем, что блок обработки, выполнен с возможностью циклического определения, по крайней мере, параметров зависимостей действующей силы тяги, силы торможения, силы сопротивления движению, силы сцепления колес с рельсами, массы подвижного состава.

3. Устройство по п.1, **отличающееся** тем, что блок получения данных выполнен с возможностью определения координат и скорости подвижного состава при помощи радионавигационных систем.

4. Устройство по п.3, **отличающееся** тем, что в качестве радионавигационной системы использована система GPS или Глонасс.

5. Устройство по п.2, **отличающееся** тем, что блок обработки, выполнен с возможностью определения, по крайней мере, параметров зависимостей действующей силы тяги, силы торможения, силы сопротивления движению, силы сцепления колес с рельсами, массы подвижного состав с использованием данных предыдущих циклов.

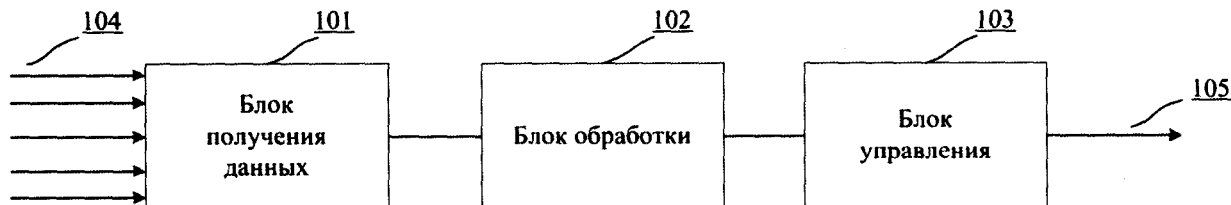
6. Устройство по п.1, **отличающееся** тем, что блок получения данных выполнен с возможностью определения параметров, необходимых для вычисления массы подвижного состава на основе использования априорной информации.

7. Устройство по п.6, **отличающееся** тем, что априорная статистическая информация включает, по крайней мере, математическое ожидание, корреляционную матрицу оцениваемых параметров и корреляционную матрицу ошибок измерений.

8. Устройство по п.6, *отличающееся* тем, что априорная статистическая информация включает, по крайней мере, математическое ожидание, ковариационную матрицу оцениваемых параметров и ковариационную матрицу ошибок измерений.

9. Устройство по п.2. *отличающееся* тем, что блок обработки данных выполнен с возможностью

определения на основании данных, по крайней мере, одного предшествующего цикла, по крайней мере, массы подвижного состава и параметры одной из зависимостей: действующей силы тяги, силы торможения, силы сопротивления движению, силы сцепления колес с рельсами.



Фиг. 1