



ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА
 ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

(52) СПК

B60L 3/10 (2020.08); B61C 15/08 (2020.08); G06N 3/02 (2020.08); B60L 2200/26 (2020.08)

(21)(22) Заявка: 2020127263, 13.08.2020

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:
13.08.2020Дата регистрации:
29.01.2021

Приоритет(ы):

(22) Дата подачи заявки: 13.08.2020

(45) Опубликовано: 29.01.2021 Бюл. № 4

Адрес для переписки:

624090, Свердловская обл., г. Верхняя Пышма,
ул. Парковая, 36, ООО "Уральские
локомотивы", начальнику отдела обеспечения
НИР ДКРИ Трубицыной О.А.

(72) Автор(ы):

Харисов Ильдар Ришатович (RU),
Брексон Виталий Вильямович (RU),
Лимонов Дмитрий Эдуардович (RU),
Шатравин Константин Михайлович (RU),
Коробицын Константин Рудольфович (RU)

(73) Патентообладатель(и):

Общество с ограниченной ответственностью
"Уральские локомотивы" (RU)

(56) Список документов, цитированных в отчете

о поиске: RU 2720864 C1, 13.05.2020. SU
1222583 A1, 07.04.1986. RU 2395418 C2,
27.07.2010. EP 0656841 B1, 09.06.1999.

(54) СПОСОБ ЗАЩИТЫ ОТ БОКСОВАНИЯ ЭЛЕКТРОПОДВИЖНОГО СОСТАВА С АСИНХРОННЫМИ ТЯГОВЫМИ ДВИГАТЕЛЯМИ

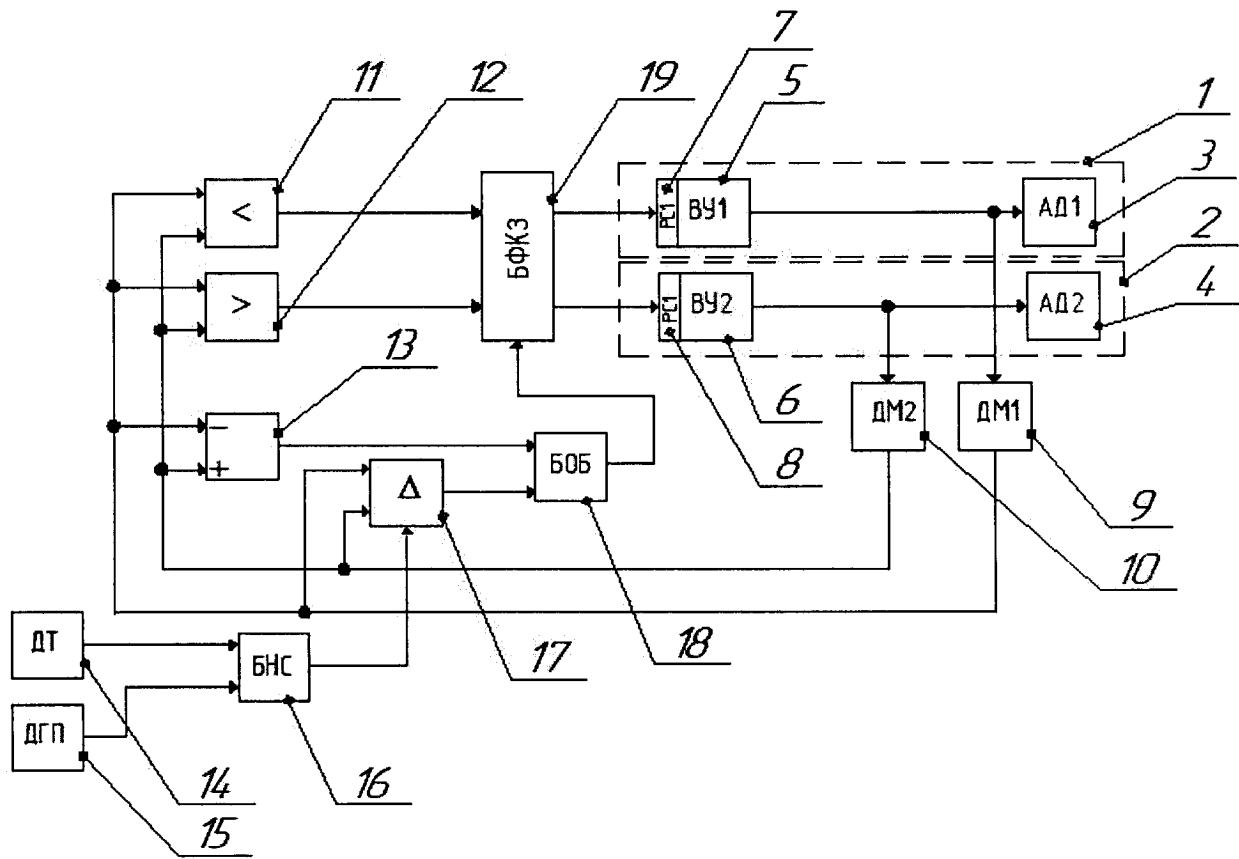
(57) Реферат:

Изобретение относится к способу предотвращения буксования колес. Способ защиты от буксования электроподвижного состава с асинхронными тяговыми двигателями заключается в том, что измеряют текущие активные электрические мощности статорных обмоток асинхронных тяговых двигателей, текущую температуру внешней среды тяговой секции и текущее горизонтальное положение тяговой секции. Измеренные значения температуры внешней среды тяговой секции и горизонтального положения тяговой секции подают на входы заранее обученной искусственной нейронной сети прямого распространения. По алгоритмам заранее обученной искусственной нейронной сети

определяют значение глубины процесса буксования. Вычисляют абсолютную разницу измеренных значений активных электрических мощностей. Определяют пороговую мощность по измеренным текущим значениям активных электрических мощностей статорных обмоток асинхронных тяговых двигателей и значению глубины процесса буксования. Абсолютную разницу активных электрических мощностей сравнивают с пороговой мощностью и выдают корректирующий сигнал о снижении угловой частоты вращения движущейся с избыточным скольжением колесной пары. Технический результат заключается в повышении тяговых свойств электроподвижного состава. 1 ил.

RU 2 741 851 C1

RU 2 741 851 C1



Фиг. 1



FEDERAL SERVICE
FOR INTELLECTUAL PROPERTY

(51) Int. Cl.
B60L 3/10 (2006.01)
B61C 15/08 (2006.01)
G06N 3/02 (2006.01)

(12) **ABSTRACT OF INVENTION**

(52) CPC

B60L 3/10 (2020.08); B61C 15/08 (2020.08); G06N 3/02 (2020.08); B60L 2200/26 (2020.08)

(21)(22) Application: **2020127263, 13.08.2020**

(24) Effective date for property rights:
13.08.2020

Registration date:
29.01.2021

Priority:

(22) Date of filing: **13.08.2020**

(45) Date of publication: **29.01.2021 Bull. № 4**

Mail address:

**624090, Sverdlovskaya obl., g. Verkhnyaya
Pyshma, ul. Parkovaya, 36, OOO "Uralskie
lokomotivy", nachalniku otdela obespecheniya
NIR DKRI Trubitsynoj O.A.**

(72) Inventor(s):

**Kharisov Ildar Rishatovich (RU),
Brekson Vitalij Vilyamovich (RU),
Limonov Dmitrij Eduardovich (RU),
Shatravin Konstantin Mikhajlovich (RU),
Korobitsyn Konstantin Rudolfovich (RU)**

(73) Proprietor(s):

**Obshchestvo s ogranichennoj otvetstvennostyu
"Uralskie lokomotivy" (RU)**

(54) **METHOD OF PROTECTION AGAINST BOXING OF ELECTRIC MOBILE VEHICLES WITH ASYNCHRONOUS TRACTION MOTORS**

(57) Abstract:

FIELD: railroads.

SUBSTANCE: method for preventing wheel slip. The method of protection against skidding of electrically propelled vehicles with asynchronous traction motors consists in measuring current active electrical power of stator windings of asynchronous traction motors, current ambient temperature of traction section and current horizontal position of the traction section. The measured values of ambient temperature of traction section and horizontal position of traction section are fed to inputs of a pre-trained feedforward artificial neural network. Algorithms of a pre-trained artificial neural network determine the value of depth of the boxing process. The

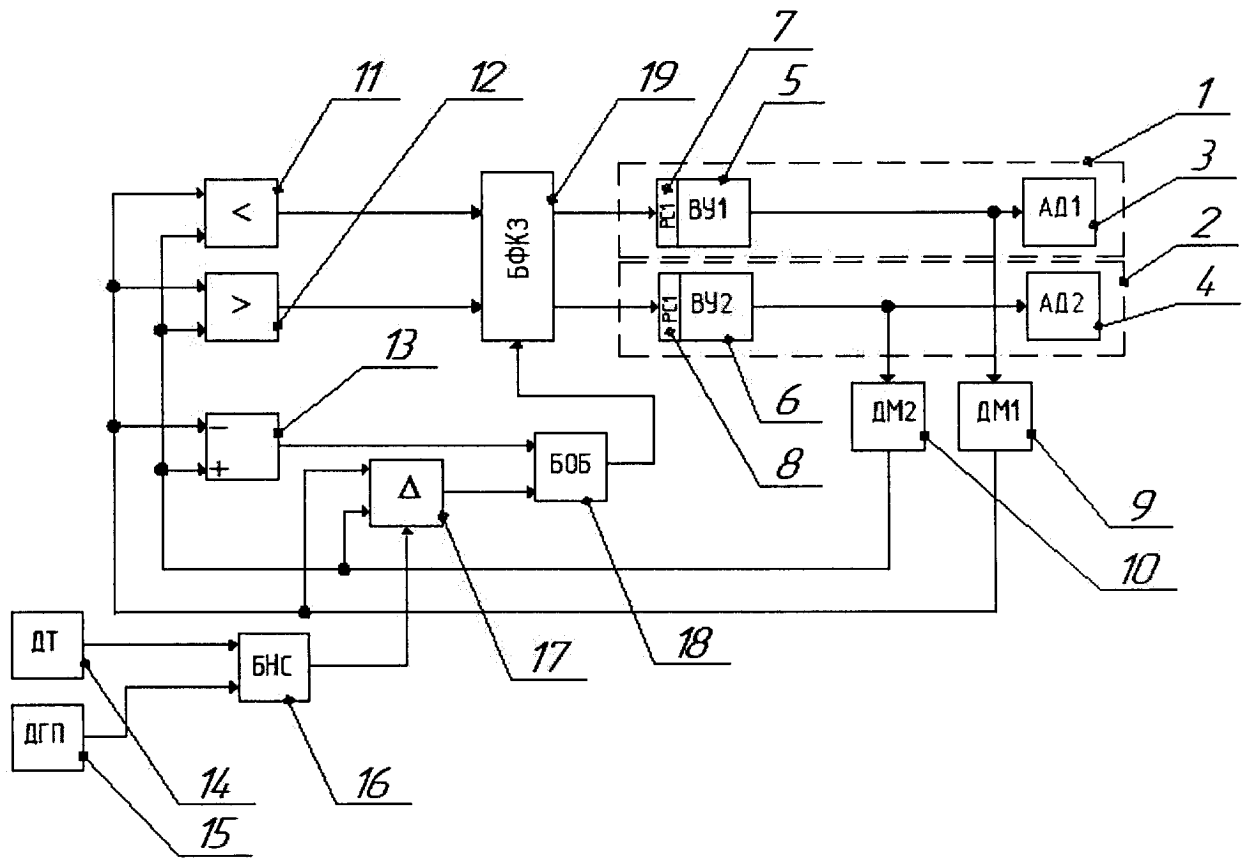
absolute difference between the measured values of active electrical powers is calculated. The threshold power is determined by the measured current values of active electrical powers of stator windings of asynchronous traction motors and the value of the depth of the skidding process. The absolute difference in active electrical power is compared with the threshold power and a corrective signal is issued about a decrease in the angular rotation frequency of the wheelset moving with excessive slip.

EFFECT: increasing traction properties of electric rolling stock.

1 cl, 1 dwg

RU 2 741 851 C1

RU 2 741 851 C1



Фиг. 1

Изобретение относится к транспортной технике, в частности к автоматизации тягового привода электроподвижного состава с асинхронными тяговыми двигателями.

Известен способ обнаружения и предотвращения боксования колесной пары рельсового транспортного средства, согласно которому сравнивают электрический сигнал, характеризующий режим работы колесной пары с заданным пороговым значением по частоте, при превышении частотой этого порогового значения судят о возникновении боксования (Гриневич В. Способ обнаружения и предотвращения боксования колесной пары рельсового транспортного средства. Патент РФ (RU) 2072670, В60L 3/10 1994 г.). Для реализации способа указанный электрический сигнал формируют посредством упруго-диссипативных элементов установленных на колесах ведущих пар, что существенно усложняет систему и снижают ее надежность.

Известен способ, заключающийся в том, что при возникновении боксования (юза) одной или нескольких колесных пар и изменении сигналов, пропорциональных ускорению (замедлению) колесных пар до заданного уровня, вырабатывают управляющие сигналы изменяющие режимы работы систем электропривода (Киреев А.В. Способ защиты от боксования и юза колесных пар электроподвижного состава с вентильно-индукторным электроприводом. Патент РФ (RU) 2382707, В60L 3/10 2010 г.). Недостатком данного способа является длительное время обнаружения избыточного скольжения по сигналам пропорциональных ускорению (замедлению), связанное с большой инерционностью электроподвижного состава.

Наиболее близким по технической сущности к заявленному является способ, заключающийся в том, что при возникновении боксования одной или нескольких колесных пар измеряют текущие активные электрические мощности статорных обмоток асинхронных тяговых двигателей, вычисляют абсолютную разницу измеренных значений активных электрических мощностей, абсолютную разницу активных электрических мощностей сравнивают с пороговой мощностью и выдают корректирующий сигнал о снижении угловой частоты вращения движущейся с избыточным скольжением колесной пары или угловых частот вращения движущихся с избыточным скольжением колесных пар (Харисов И.Р., Лимонов Д.Э., Шатравин К.М., Коробицын К.Р. Способ защиты от боксования электроподвижного состава с асинхронными тяговыми двигателями. Патент РФ (RU) 2720864, В60L 3/10 2020 г.). Недостатком такого способа является ложное определение избыточного скольжения связанное с не учетом внешних погодных условий и горизонтального положения тяговой секции, вследствие чего ухудшаются тяговые свойства электроподвижного состава.

Задачей изобретения является повышение тяговых свойств электроподвижного состава.

Решение поставленной задачи достигается тем, что при возникновении боксования одной или нескольких колесных пар измеряют текущие активные электрические мощности статорных обмоток асинхронных тяговых двигателей, текущую температуру внешней среды тяговой секции и текущее горизонтальное положение тяговой секции. Подают на входы заранее обученной искусственной нейронной сети прямого распространения измеренные значения температуры внешней среды тяговой секции и горизонтального положения тяговой секции, а затем с выхода заранее обученной искусственной нейронной сети прямого распространения получают значение глубины процесса боксования. Вычисляют абсолютную разницу измеренных значений активных электрических мощностей. Значение абсолютной разницы активных электрических мощностей статорных обмоток асинхронных тяговых двигателей сравнивают со значением пороговой мощности, характеризующей связь между активной электрической

мощностью и глубиной процесса боксования, и выдают корректирующий сигнал о снижении угловой частоты вращения движущейся с избыточным скольжением колесной пары или угловых частот вращения движущихся с избыточным скольжением колесных пар.

5 Суть предлагаемого способа защиты от боксования электроподвижного состава с асинхронными тяговыми двигателями поясняется функциональной схемой устройства приведенной на фиг. 1, реализующей предлагаемый способ на примере двухдвигательного асинхронного тягового привода.

Согласно изобретению для определения боксования одной или нескольких колесных пар, измеряют текущие значения активных электрических мощностей статорных обмоток асинхронных тяговых двигателей, текущую температуру внешней среды тяговой секции и текущее горизонтальное положение тяговой секции. Подают на входы заранее обученной искусственной нейронной сети прямого распространения измеренные значения температуры внешней среды тяговой секции и горизонтального положения тяговой секции. Вычисляют с помощью заранее обученной искусственной нейронной сети прямого распространения значение глубины процесса боксования. Вычисляют абсолютную разницу измеренных значений активных электрических мощностей. При достижении значения абсолютной разницы между потребляемыми активными мощностями большее, чем значение пороговой мощности, характеризующей связь между активной электрической мощностью и глубиной процесса боксования, вырабатывается управляющее воздействие на снижение угловой частоты вращения вала асинхронного тягового двигателя потребляющего наименьшую активную электрическую мощность. Определение избыточного скольжения путем сравнения пороговой мощности, учитывающей глубину процесса боксования, и абсолютной разницы активных электрических мощностей статорных обмоток асинхронных тяговых двигателей с последующим снижением угловой частоты вращения вала асинхронного тягового двигателя и соответствующей ему колесной пары движущейся с избыточным скольжением, повышает точность определения боксования, повышает сцепные свойства и силу тяги электроподвижного состава, вследствие чего возрастают тяговые свойства электроподвижного состава.

Ведущие оси транспортного средства согласно фиг. 1, снабжены частотно-регулируемыми приводами 1 и 2 с векторным управлением, содержащими асинхронные тяговые двигатели 3 и 4 и системы векторного управления 5 и 6 с регуляторами скорости 7 и 8.

Устройство защиты от боксования содержит датчики мощности 9 и 10, которые измеряют текущие активные электрические мощности статорных обмоток асинхронных тяговых двигателей 3 и 4. Выходы датчиков мощности 9 и 10 соединены с входами сравнивающих элементов 11 и 12, которые определяют асинхронные тяговые двигатели 3 и 4 с наименьшей и наибольшей мощностью. Выходы датчиков мощности 9 и 10 соединены с входами блока определителя 13, который определяет значение абсолютной разницы мощностей асинхронных тяговых двигателей 3 и 4. Устройство содержит датчик температуры 14, который измеряет текущую температуру внешней среды тяговой секции и датчик горизонтального положения 15, который измеряет текущее горизонтальное положение тяговой секции. Выходы датчика температуры 14 и датчика горизонтального положения 15 соединены с входами блока нейронной сети 16, который на основании алгоритмов заранее обученной искусственной нейронной сети прямого распространения выдает сигнал о глубине процесса боксования β_{ψ} . Выход блока нейронной сети 16 и выходы датчиков мощности 9 и 10 соединены с входами блока

задания разницы мощности 17 который определяет значение пороговой мощности P_{β} . Выход блока задания разницы мощности 17 и выход блока определителя 13 соединены с входами блока обнаружения боксования 18, который формирует управляющие сигналы о наличии или не наличии избыточного скольжения. Выходы сравнивающих элементов 11 и 12 и блока обнаружения боксования 18 соединены с входами блока формирования корректирующей скорости 19, который формирует корректирующее задание по скорости.

Блок нейронной сети 16 на основании алгоритмов заранее обученной искусственной нейронной сети прямого распространения с сигмоидальной функцией активации определяет значение глубины процесса боксования β_{ψ} . Входами заранее обученной искусственной нейронной сети прямого распространения являются текущие измеренные значения температуры внешней среды тяговой секции и горизонтального положения тяговой секции. Выходом заранее обученной искусственной нейронной сети прямого распространения является значение глубины процесса боксования β_{ψ} . Выход заранее обученной искусственной нейронной сети варьируется от нуля до единицы. Единица соответствует максимальной глубине процесса боксования. Ноль соответствует минимальной глубине процесса боксования.

Блок задания разницы мощности 17 определяет значение выходного сигнала по следующему выражению:

$$P_{\beta} = (1.1 - \beta_{\psi}) \left(\frac{\sum_{i=1}^n P_i}{n} \right) 0.03 ,$$

где P_{β} - пороговая мощность;

P_i - текущая активная электрическая мощность статорной обмотки i -го асинхронного тягового двигателя;

n - количество асинхронных тяговых двигателей участвующих в расчете;

β_{ψ} - глубина процесса боксования.

В случае движения электроподвижного состава без избыточного скольжения одной или нескольких колесных пар, датчики мощности 9 и 10 производят измерения текущих активных электрических мощностей статорных обмоток асинхронных тяговых двигателей 3 и 4, и передают измеренные значения на входы сравнивающих элементов 11 и 12, блока определителя 13 и блока задания разницы мощности 17. Датчик температуры 14 и датчик горизонтального положения 15 производят измерения текущей температуры внешней среды тяговой секции и текущего горизонтального положения тяговой секции соответственно и передают измеренные значения на входы блока нейронной сети 16. Блок нейронной сети 16 на основании алгоритмов заранее обученной искусственной нейронной сети прямого распространения определяет значение глубины процесса боксования β_{ψ} . Далее значение глубины процесса боксования β_{ψ} передается на вход блока задания разницы мощности 17. При меньшем выходном значении датчика мощности 9, чем выходное значение датчика мощности 10 сравнивающий элемент 11 формирует сигнал об определении асинхронного тягового двигателя 3 как двигателя с наименьшей мощностью, а сравнивающий элемент 12 формирует сигнал об определении асинхронного тягового двигателя 4 как двигателя с наибольшей мощностью. При меньшем выходном значении датчика мощности 10, чем выходное значение датчика мощности 9 сравнивающий элемент 12 формирует сигнал об определении асинхронного тягового двигателя 4 как двигателя с наименьшей мощностью, а сравнивающий элемент 11 формирует сигнал об определении

асинхронного тягового двигателя 3 как двигателя с наибольшей мощностью. При этом блок определителя 13 вычисляет абсолютную разницу между выходным значением датчика мощности 9 и выходным значением датчика мощности 10, и выдает вычисленное выходное значение величины на вход блока обнаружения боксования 18, который
5 сравнивает полученное значение с выходным значением пороговой мощности P_{β} блока задания разницы мощности 17. При отсутствии избыточного скольжения выходное значение величины блока определителя 13 не превышает выходного значения пороговой мощности P_{β} блока задания разницы мощности 17, и блок обнаружения боксования
10 18 выдает сигнал об отсутствии избыточного скольжения. Блок формирования корректирующего задания 19 принимает сигналы от сравнивающих элементов 11 и 12 и блока обнаружения боксования 18, и не выдает корректирующие воздействия на входы регуляторов скорости 7 и 8 векторных систем управления 5 и 6.

В случае движения электроподвижного состава с избыточным скольжением одной или нескольких колесных пар, датчики мощности 9 и 10 производят измерения текущих
15 активных электрических мощностей статорных обмоток асинхронных тяговых двигателей 3 и 4, и передают измеренные значения на входы сравнивающих элементов 11 и 12, блока определителя 13 и блока задания разницы мощности 17. Датчик температуры 14 и датчик горизонтального положения 15 производят измерения текущей
20 температуры внешней среды тяговой секции и текущего горизонтального положения тяговой секции соответственно и передают измеренные значения на входы блока нейронной сети 16. Блок нейронной сети 16 на основании алгоритмов заранее обученной искусственной нейронной сети прямого распространения вычисляет значение глубины процесса боксования β_{ψ} . Вычисленное значение глубины процесса боксования β_{ψ}
25 передается на вход блока задания разницы мощности 17. Сравнивающие элементы 11 и 12 сравнивают измеренные значения с выходов датчиков мощности 9 и 10. При меньшем выходном значении датчика мощности 9, чем выходное значение датчика мощности 10 сравнивающий элемент 11 формирует сигнал об определении асинхронного тягового двигателя 3 как двигателя с наименьшей мощностью, а сравнивающий элемент
30 12 формирует сигнал об определении асинхронного тягового двигателя 4 как двигателя с наибольшей мощностью. При меньшем выходном значении датчика мощности 10, чем выходное значение датчика мощности 9 сравнивающий элемент 12 формирует сигнал об определении асинхронного тягового двигателя 4 как двигателя с наименьшей мощностью, а сравнивающий элемент 11 формирует сигнал об определении
35 асинхронного тягового двигателя 3 как двигателя с наибольшей мощностью. При этом блок определителя 13 вычисляет абсолютную разницу между выходным значением датчика мощности 9 и выходным значением датчика мощности 10, и выдает вычисленное выходное значение величины на вход блока обнаружения боксования 18, который сравнивает полученное значение с выходным значением пороговой мощности P_{β} блока
40 задания разницы мощности 17. При наличии избыточного скольжения выходное значение величины блока определителя 13 превышает выходное значение пороговой мощности P_{β} блока задания разницы мощности 17, и блок обнаружения боксования 18 выдает сигнал о наличии избыточного скольжения. Блок формирования корректирующего задания 19 принимает сигналы от сравнивающих элементов 11 и 12
45 и блока обнаружения боксования 18, и выдает сигнал о снижении скорости. При меньшем выходном значении датчика мощности 9, чем выходное значение датчика мощности 10 выходной сигнал о снижении скорости блока формирования корректирующего задания 19 поступает на вход регулятора скорости 7 векторной системы управления 5,

до того момента как выходное значение блока определителя 13 станет меньше выходного значения блока задания разницы мощности 17. При меньшем выходном значении датчика мощности 10, чем выходное значение датчика мощности 9 выходной сигнал о снижении скорости блока формирования корректирующего задания 19 поступает на вход регулятора скорости 8 векторной системы управления 6, до того момента как выходное значение блока определителя 13 станет меньше выходного значения блока задания разницы мощности 17. Совокупность этих действий предотвращает развитие избыточного скольжения колесной пары и обеспечивает реализацию предельной силы тяги по условиям сцепления.

Таким образом, предлагаемый способ защиты от боксования электроподвижного состава с асинхронными тяговыми, позволяет предотвратить развитие процесса избыточного скольжения выше допустимой величины, реализовать режимы работы привода, предельные по условиям сцепления и повысить точность обнаружения избыточного скольжения, что в совокупности повышает тяговые свойства электроподвижного состава.

(57) Формула изобретения

Способ защиты от боксования колесных пар электроподвижного состава с асинхронными тяговыми двигателями заключается в том, что при возникновении боксования одной или нескольких колесных пар измеряют текущие активные электрические мощности статорных обмоток асинхронных тяговых двигателей, определяют абсолютную разницу активных электрических мощностей и сравнивают значение абсолютной разницы активных электрических мощностей и значение пороговой мощности, а затем вырабатываются сигналы о снижении угловой частоты вращения избыточно скользящей колесной пары или угловых частот вращений избыточно скользящих колесных пар, отличающейся тем, что измеряют текущую температуру внешней среды тяговой секции, измеряют текущее горизонтальное положение тяговой секции, измеренные значения текущей температуры окружающей среды тяговой секции и текущего положения тяговой секции подают на входы заранее обученной искусственной нейронной сети прямого распространения, а затем с выхода заранее обученной искусственной нейронной сети прямого распространения получают значение глубины процесса боксования и далее определяют пороговую мощность по выражению:

$$P_{\beta} = (1.1 - \beta_{\psi}) \left(\frac{\sum_{i=1}^n P_i}{n} \right) 0.03 ,$$

где P_{β} - пороговая мощность;

P_i - текущая активная электрическая мощность статорной обмотки i -го асинхронного тягового двигателя;

n - количество асинхронных тяговых двигателей, участвующих в расчете;

β_{ψ} - глубина процесса боксования.

