

5.Карпис Е.Е. Энергосбережение в системах кондиционирования воздуха. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Стройиздат, 1986. – 268 с.

6.Промышленные теплообменные процессы и установки / А.М.Бакластов, В.А.Горбенко, О.Л.Данилов и др.; Под ред. А.М.Бакластова. – М.: Энергоатомиздат, 1986. – 328 с.

7.Розводюк М.П., Дудко В.Б., Проценко Д.П. Зниження електроспоживання трамвая КТ 4СУ за рахунок зміни конструкції системи опалення кабіни водія // Энергозбереження Поділля. – 2006. – №1. – С.48-50.

*Отримано 27.11.2009*

УДК 659.4.067.4

**Д.П.ПРОЦЕНКО**

*Вінницький національний технічний університет*

### **СИСТЕМА ВИЯВЛЕННЯ БУКСУВАННЯ КОЛІСНИХ ПАР ТРАМВАЯ**

Запропоновано спосіб виявлення буксування колісних пар трамвая за рахунок визначення та порівняння значення динамічного зусилля ведучих колісних пар.

Предложен способ обнаружения боксования колесных пар трамвая за счет определения и сравнения значения динамического усилия ведущих колесных пар.

The way of revealing a tram wheel pairs skidding by determining and comparing the values of a dynamic effort of driving wheel pairs has been suggested.

*Ключові слова:* трамвай, буксування, опір руху, динамічне зусилля.

Враховуючи режим роботи електропривода трамваїв, який характеризується частими пусками, можливе виникнення буксування коліс відносно рейок, яке призводить до погіршення тягово-зчіпних властивостей трамвая, підвищеного зносу бандажів і рейок та додаткових втрат електроенергії. Наявність системи виявлення буксування дозволяє попередити розвиток буксування за рахунок впливу на систему керування тяговим двигуном.

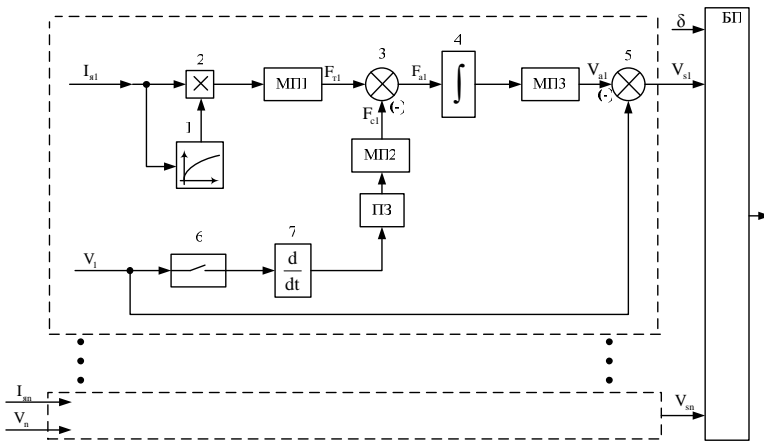
Відомі тахометричні системи виявлення буксування [1, 2], в яких ознакою наявності буксування є різниця частот обертання колісних пар, виявляють буксування, коли воно сильно розвинене. Кращі характеристики мають пристрої визначення буксування, в яких ознакою наявності буксування є різниця динамічних моментів колісних пар. Недоліком останнього способу є складність розрахунку опору руху, значення якого входить до рівняння руху. У відомих системах виявлення буксування з розрахунком динамічного моменту [3, 4], визначення сили опору руху виконується за емпіричними формулами, які не враховують додаткові фактори впливу на опір руху (температура навколишнього середовища, технічний стан рухомого складу, стан рейкового полотна та ін.). Отже, постає завдання розробки системи виявлен-

ня буксування з розрахунком динамічного зусилля колісної пари, в якій визначається фактичне значення опору руху трамвая.

Запропонована система виявлення буксування колісних пар трамвая в режимі тяги, в якій порівнюються швидкості прослизання коліс відносно рейок. Функціональну схему системи виявлення буксування колісних пар трамвая зображено на рисунку. При русі трамвая робиться розрахунок динамічного зусилля кожної колісної пари, використовуючи рівняння руху:

$$F_{an} = F_{tn} - F_{cn}, \quad (1)$$

де  $F_{an}$  – динамічне зусилля n-ї колісної пари;  $F_{tn}$  – тягове зусилля n-ї колісної пари;  $F_{cn}$  – сила опору руху колісної пари.



Функціональна схема системи виявлення буксування колісних пар трамвая

Тягове зусилля  $F_{tn}$  колісної пари, що розвивається двигуном, можна обчислити за формулою [5]

$$F_{tn} = \frac{2\mu}{D_k} C_m \Phi \cdot I_{я}, \quad (2)$$

де  $\mu$  – передаточне число редуктора;  $D_k$  – діаметр колеса;  $C_m$  – постійна тягового двигуна;  $\Phi$  – магнітний потік двигуна;  $I_{я}$  – струм якоря тягового двигуна.

Сигнал струму з сенсора струму надходить на вхід блока 1 розра-

хунку магнітного потоку, який має передаточну функцію, що відповідає кривій намагнічування тягового двигуна. З виходу блока 1 отримуємо сигнал пропорційний магнітному потоку двигуна. Сигнали, пропорційні струму якоря та магнітному потоку двигуна, надходять на входи блока множення 2, який формує сигнал добутку магнітного потоку та струму якоря, і після масштабного перетворення в блоці МП1, отримаємо сигнал, пропорційний значенню тягового зусилля колісної пари, що розвиває двигун.

Сила опору руху колісних пар залежить від багатьох факторів, розрізняють основний та додатковий опори руху, які в сумі складають повний опір руху:

$$F_c = F_{c \text{ осн}} + F_{c \text{ дод}} \quad (3)$$

Основний опір руху залежить від швидкості руху, і розраховується за відомими емпіричними формулами. Додатковий опір руху враховує додаткові фактори опору, такі як: спуски та підйоми, криві ділянки шляху, технічний стан рухомого складу, температуру навколишнього середовища, опір повітря та ін.

Знайти повний опір руху можна використовуючи метод різниці швидкостей, коли електропривід трамвая працює в режимі вибігу. Суть методу полягає у визначенні початкової і кінцевої швидкостей руху за визначений відрізок часу в режимі вибігу:

$$F_{cn} = \frac{m_1}{n_1} (1 + \gamma) \frac{\Delta V_n}{\Delta t}, \quad (4)$$

де  $F_{cn}$  – сила опору руху колісної пари;  $\Delta V_n$  – різниця швидкостей руху, що досягається за час  $\Delta t$ ;  $\gamma$  – коефіцієнт інерції обертових мас;  $n_1$  – кількість колісних пар;  $m_1$  – маса вагона.

На функціональній схемі сигнал пропорційний силі опору колісної пари  $F_{cn}$  подається на вхід суматора 3 із знаком мінус, таким чином, на виході суматора 3 формується сигнал динамічного зусилля. Визначення сили опору проводиться, коли контакт вибігу 6 перебуває в замкнутому стані, тобто коли електропривід трамвая працює в режимі вибігу, при цьому сигнал швидкості відповідної колісної пари потрапляє на вхід блока диференціювання 7. Поточне значення опору руху записується в пристрій запам'ятовування (ПЗ), враховуючи, що режим вибігу чергується з режимом тяги, будемо вважати, що в ПЗ міститься фактичне значення опору руху трамвая, яке після масштаб-

ного перетворення в МП2 потрапляє на вхід суматора 3. Після інтегрування сигналу динамічного зусилля в блоці 4 і його масштабно-го перетворення в МП3 отримаємо сигнал швидкості руху, який подається на вхід суматора 5 із знаком мінус:

$$V_{an} = C_2 \int F_{an} dt, \quad (5)$$

де  $C_2$  – константа.

На інший вхід суматора 5 подається сигнал швидкості від сенсора швидкості  $V_n$  відповідної колісної пари. На виході суматора 5 отримаємо значення швидкості прослизування  $V_{sn}$  колісної пари:

$$V_{sn} = V_n - V_{an}. \quad (6)$$

У блоці порівняння (БП) проводиться порівняння швидкостей прослизання коліс всіх ведучих колісних пар трамвая, і якщо величина  $V_s$  різних колісних пар відрізняється більше ніж на задане значення  $\delta$ , то формується сигнал виявлення буксування на певній колісній парі.

Отже, розроблена системи виявлення буксування з розрахунком динамічного зусилля, яка підвищує достовірність визначення буксуючої колісної пари завдяки розрахунку фактичного значення опору руху трамвая за методом різниці швидкостей в режимі вибігу.

1. Пат. №45114 Российская Федерация, МПК<sup>7</sup> В60L3/10. Устройство для контроля скорости скольжения колесных пар / Мазнев А.С., Евстафьев А.М. – № 2004139221/22; заявл. 31.12.2004; опубл. 27.04.2005. Бюл. № 12.

2. Пат. №94044471 Российская Федерация, МПК<sup>6</sup> В60L3/10. Устройство для обнаружения боксования и юза колесных пар рельсового транспортного средства / Егоров В.И., Скобельцин В.В., Борейша В.В., Минаев М.И. – № 94044471/11; заявл. 19.12.1994; опубл. 20.12.1996. Бюл. № 11.

3. Пат. №8782 Украина, МПК (2006) В60L3/10, G01P15/16. Пристрій для виявлення буксування чи юза колісних пар транспортного засобу / Шапран С.М. – № u200501713; Заявл. 24.02.2005; Опубл. 15.08.2005, Бюл. № 8.

4. Пат. №53269 Украина МПК В60L 3/10. Спосіб виявлення буксування чи юза колісних пар транспортного засобу / Гривнак А.Я., Зарецький М.Л., Повійчук Б.П., Повійчук О.А. – № 2002043154; Заявлено 17.04.2002; Опубл. 15.01.2003, Бюл. № 1. – 3 с.

5. Теория электрической тяги / В. Розенфельд, И. Исаев, Н. Сидоров, М. Озеров. – М.: Транспорт, 1995. – 294 с.

*Отримано 27.11.2009*