

МАТЕМАТИЧНА МОДЕЛЬ ТА СТРУКТУРА ПРИСТРОЮ ДЛЯ ДІАГНОСТУВАННЯ БАРАБАННО-КОЛОДКОВОГО ГАЛЬМА ТРАМВАЯ

Розводюк М.П., к.т.н., доц., Шевчук Ю.В., асп., Проценко Д.П., ас., Бабій С.М., к.т.н., ст.викл.

Вінницький національний технічний університет

21021 м. Вінниця, вул. Хмельницьке шосе, 95

E-mail: rozvodyukmp@mail.ru, sheva_epa03@mail.ru, procenkod@rambler.ru, babij_sm@mail.ru

Обговорюється можливість діагностування барабанно-колодкового гальма за рахунок вимірювання затримки часу між подачею сигналу на привод гальма та початком гальмування з урахування особливостей функціонування даної системи трамвая.

Ключові слова: діагностування, барабанно-колодке гальмо, зношення гальмівних накладок.

Вступ. Не дивлячись на те, що громадський транспорт у сучасному місті виконує соціальні функції і вимоги якісного обслуговування домінують над економічними показниками, безумовно, актуальною є мінімізація матеріальних та трудових затрат у сфері експлуатації при забезпеченні заданого рівня технічного стану електрорухомого складу. Втрати від низької надійності обслуговування населення досить значні, їх можна розділити на економічні (у сфері виробництва через запізнення на роботу та підвищену втомлюваність пасажирів), соціально-економічні (у сфері навчання, культури, побуту) і морально-психологічні (негативний вплив відмов в обслуговуванні на самопочуття пасажирів, особливо в часи пік). Тому підвищення ефективності системи керування технічним станом трамваїв, безумовно, впливає на безпечність, надійність і економічність їх роботи, а також є однією із важливих народногосподарських проблем, яка несе за собою економічні та соціальні аспекти [1, 2]. Особливо важливими є питання підвищення надійності функціонування обладнання трамваїв [3, 4], яке має не лише найбільшу питому вагу відмов у процесі своєї експлуатації, але також одинична відмова такого обладнання може призвести до аварійних ситуацій [5, 6, 7].

Раніше авторами проводились дослідження по підвищенню надійності функціонування барабанно-колодкового гальма та вимірюванню рівня зносу частин, які визначають періодичність планово-попереджувальних ремонтів [8, 9], з метою зменшення трудомісткості обслуговування й підвищення надійності функціонування трамвайного вагона та зниження рівня матеріальних затрат. Але дані розробки потребують подальшого розвитку через недостатню досконалість математичних моделей, що реалізовані даними пристроями.

Мета роботи. Розробка математичної моделі та структури пристрою для діагностування барабанно-колодкового гальма трамвайного вагона, які, на відміну від відомих, матимуть кращі експлуатаційні показники.

Матеріал і результати дослідження. Для уникання аварійних випадків неконтрольованого руху вагона в приводі барабанно-колодкового гальма для створення гальмівного зусилля використовується пружина із коефіцієнтом пружності k (рис. 1). Тоді трамвайний вагон може рухатись лише при наявності напруги живлення, а

процес гальмування можна описати системою рівнянь:

$$\begin{cases} \vec{F}_{np} + \vec{F}_{mp} = \vec{F}_p; \\ \vec{F}_{np} + \vec{F}_z = 0; \\ \vec{F}_{mz} = \vec{F}_z \cdot \vec{S}, \end{cases} \quad (1)$$

де \vec{F}_{np} - вектор сили пружності пружини, \vec{F}_{mp} - вектор сили тертя, яка характеризує втрати зусилля, \vec{F}_p - вектор рівнодійної сили, \vec{F}_z - вектор сили

гальмування, яка створюється штоком, \vec{F}_{mz} - вектор сили тертя гальмування, \vec{S} - вектор коефіцієнта приведення сили гальмування до сили тертя гальмування.

Систему рівнянь (1), враховуючи деякі положення та знехтувавши силами тертя втрат, можна переписати у вигляді наступної системи рівнянь:

$$\begin{cases} k \cdot x = m \cdot a; \\ k \cdot x = F_z; \\ F_{mz} = F_z \cdot S; \\ m = m_{um} + m_{zn}, \end{cases} \quad (2)$$

де x - видовження гальмівної пружини, m_{um} - маса гальмівного штока, m_{zn} - приведена маса гальмівних приводів, m - сума мас гальмівного штока та приведеної маси гальмівних приводів, a - прискорення гальмівного штока.

Враховуючи систему рівнянь (2), математичну модель пристрою для діагностування барабанно-колодкового гальма трамвая можна записати у вигляді системи рівнянь:

$$\begin{cases} -m \frac{d^2 x}{dt^2} + k \cdot x = 0; \\ F_{mz} = k \cdot x \cdot S; \\ t_0 = 0; \\ x_0 = 0; \\ t_1 = n \cdot t_g; \\ x_1 = x_{nk} + x_m + x_{zn}, \end{cases} \quad (3)$$

де t_0 - момент зняття напруги з привода гальма, x_0 - початкова координата штока при t_0 , t_1 - час, еквівалентний гальмівній затримці, x_1 - кінцева координата штока (загальмований стан), x_{nk} - величина нормального зазору між гальмівними накладками та барабаном, x_m - величина зазорів (зносу) у важелях, шарнірах, з'єднаннях, x_{zn} - величина зносу гальмівних накладок.

Структура пристрою для діагностування барабанно-колодкового гальма трамвая зображена на рис. 2, де 1 – сенсор притискання гальмівних колодок, 2 – сенсор напруги привода гальма, 3, 4 – перший та другий порогові елементи, 5 – генератор імпульсів, 6, 7 – перший та другий елементи АБО-НІ, 8 – елемент І, 9, 10 – перший та другий одинвібратори, 11 – лічильник імпульсів, 12 – регістр, 13 – функціональний перетворювач, 14 – дешифратор, 15 – цифровий індикатор.

Сенсор притискання виконаний у вигляді легкосплавного стержня, вставленого у гальмівну накладку на одному рівні із її гальмівною поверхнею. Під затримкою гальмування розуміється запізнення притискання гальмівних колодок до гальмівного барабана, зумовлене нормальним зазором між гальмівними накладками

та гальмівним барабаном, зазором, набутим у результаті зносу гальмівних накладок, та спрацюванням у шарнірах механічного тракту гальмівного механізму. Кількість сегментів індикатора не менша чотирьох.

Запропонований пристрій працює так. Під час подачі напруги живлення на схему генератор імпульсів 5 починає генерувати імпульси із достатньо малим періодом, який в основній мірі буде характеризувати похибку роботи пристрою.

При загальмовуванні трамвайного вагона із привода гальма знімається напруга, яка контролюється сенсором напруги привода гальма 2, на його виході зникає сигнал, внаслідок чого на виході елемента АБО-НІ 6 з'являється сигнал логічної одиниці. Оскільки між поданням сигналу гальмування та стисканням гальмівних накладок проходить певний інтервал часу, який характеризує числову затримку гальмування, то на виході сенсора притискання гальмівних накладок 2 відсутній сигнал, отже на виході елемента АБО-НІ 6 присутній сигнал логічної одиниці. В результаті цього імпульси з генератора 5 проходять через логічний елемент І на інкрементний вхід лічильника 11, який почне їх підраховувати.

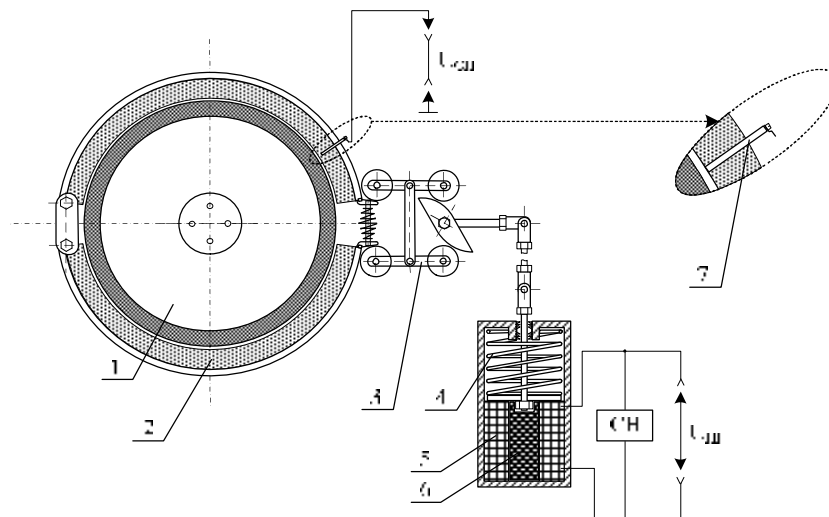


Рисунок 1 – Будова барабанно-колодкового гальма трамвая з електромагнітним приводом:
 1 – гальмівний барабан, 2 – гальмівна накладка, 3 – механізм привода гальмування, 4 – гальмівна пружина,
 5 – котушка гальмівного соленоїда, 6 – привідний сердечник соленоїда,
 7 – легкосплавний стержень (діаметр 3-6мм)

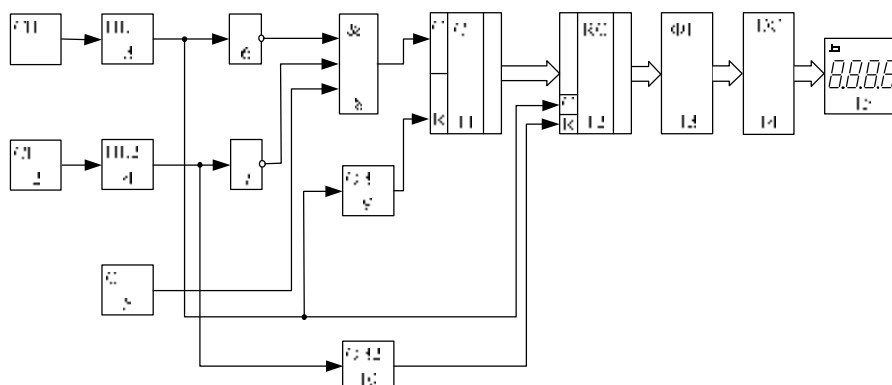


Рисунок 2 - Структура пристрою для діагностування барабанно-колодкового гальма трамвая

При притисканні гальмівної накладки до гальмівного барабана на виході сенсора притискання гальмівної накладки з'являється сигнал, який поступає на вхід порогового елемента. З виходу порогового елемента 3 сигнал логічної одиниці поступає на вхід дозволу запису регістра 12, на вхід АБО-НІ 6 та на вхід одновібратора 9, з виходу якого через певну затримку часу надходить сигнал на вхід скиду лічильника. На виході елемента АБО-НІ 6 з'явиться сигнал логічного нуля, внаслідок чого імпульси з генератора 5 перестануть надходити на інкрементний вхід лічильника. З вихідної цифрової шини лічильника 11 сигнал, який характеризує числову затримку гальмування, поступає на вхідну цифрову шину регістра 12, де запам'ятовується. З вихідної цифрової шини регістра сигнал поступає на вхідну цифрову шину функціонального перетворювача 13, де, відповідно до початкових умов, розв'язується диференціальне рівняння системи рівнянь 3; з вихідної цифрової шини інформація про параметр зазору та зносу гальмівних накладок та гальмівного механічного тракту поступає на вхідну цифрову шину дешифратора 14, з вихідної цифрової шини сигнал, прийнятний для відображення на цифровому індикаторі, поступає на вхід цифрового індикатора 15, на якому відображається числова затримка гальмування.

Під час початку руху вагона на привід гальма подається напруга приводу гальма, яка розгальмовує барабанно-колодкове гальмо, внаслідок чого на виході сенсора напруги з'являється сигнал, який поступає на вхід порогового елемента, з виходу порогового елемента сигнал логічної одиниці поступає на вхід елемента АБО-НІ 7 та на вхід одновібратора 2, з виходу якого сигнал з затримкою часу надходить на вхід скиду регістра 12 і скидає його. При наступному гальмуванні робота схеми повторюється.

Висновки. Розроблена математична модель для діагностування барабанно-колодкового гальма трамвая, яка, на відміну від існуючих, дозволяє вимірювати рівень зносу гальмівних накладок та набутих у процесі роботи системи зазорів у механічних важелях та шарнірах.

ЛІТЕРАТУРА

1. Мокін Б. І. Проблеми та перспективи експлуатації засобів електротранспорту в функції їх стану / Б. І. Мокін, С. І. Бурденюк, Н. В. Гурильова // Вісник Вінницького політехнічного інституту, 2000. – №6. – С. 22-25.
2. Веклич В. Ф. Диагностика технического состояния троллейбусов / В. Ф. Веклич. – М.: Транспорт, 1990. – 295 с.
3. Мокін Б. І. Математична модель функціонування прискорювача трамвая / Б. І. Мокін, М. П. Розводюк // Вісник Вінницького політехнічного інституту, 2003. – №6. – С. 72-76.
4. Мокін Б. І. Синтез структури системи для діагностування прискорювача трамвая / Б. І. Мокін, М. П. Розводюк // Вісник Вінницького політехнічного інституту, 2004. – №1. – С. 41-45.
5. Пат №71264 А1 Україна МПК 7В60L3/12 Пристрій для автоматичного діагностування

прискорювача трамвая / Мокін Б. І., Розводюк М.П. заявл. 15.12.2003; опубл. 15.11.2004, Бюл. №11. – 4 с.

6. Розводюк М. П. Математична модель та структура пристрою для технічного діагностування прискорювача трамвая / М. П. Розводюк, Ю. В. Шевчук, М. А. Солонінко // Вісник Кременчуцького державного університету імені Михайла Остроградського, 2010 – №4/3. – С. 130-133.

7. Синтез структури пристрою для технічного діагностування прискорювача трамвая / [В. В. Грабко, Ю. В. Шевчук, В. П. Базалицький, М. А. Солонінко] // Вісник Національного технічного університету «Харківський політехнічний інститут», 2010. – №28. – С. 423-425.

8. Пат №17392 А1 Україна МПК В60Т17/22 Пристрій для контролю зношення гальмівних накладок / [Б. І. Мокін, В. В. Грабко, М. П. Розводюк, Ю. В. Шевчук]. заявл. 13.04.2006; опубл. 15.09.2006, Бюл. №9. – 3 с.

9. Мокін Б. І. Математична модель та мікроконтролерний пристрій для діагностування барабанно-колодкового гальма трамвая / Б.І. Мокін, М. П. Розводюк, Ю. В. Шевчук // Вісник Вінницького політехнічного інституту, 2006. – №6. – С. 97 – 100.

МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ И СТРУКТУРА ПРИБОРА ДЛЯ ДИАГНОСТИРОВАНИЯ БАРАБАННО-КОЛОДОЧНОГО ТОРМОЗА ТРАМВАЯ

*Розвodyuk М.П., к.т.н., доц., Шевчук Ю.В., асп., Проценко Д.П., ас., Бабий С.М., к.т.н., ст.викл.
Винницкий национальный технический университет*

21021 г. Винница, ул. Хмельницкое шоссе, 95

E-mail: rozvodyukmp@mail.ru, sheva_epa03@mail.ru, procenkod@rambler.ru, babij_sm@mail.ru

Обсуждается возможность диагностирования барабанно-колодочного тормоза за счет измерения задержки времени между подачей сигнала на привод торможения и началом торможения с учетом особенностей работы данной системы трамвая.

Ключевые слова: диагностирование, барабанно-колодочный тормоз, износ тормозных накладок.

MATHEMATICAL MODEL AND DEVICE OF DRUM-SKIDZ BRAKE DIAGNOSTICATING

*Rozvodyuk M.P., Cand. Sc. (Tech.), Assoc. Prof., Shevchuk Y.V., post-grad.,
Procenko D.P., assist., Babiy S.M., Cand. Sc. (Tech.), Sen. Lect.*

Vinnitsia National Technical University

Khmelnitske shose, 95, 21021, Vinnytsya, Ukraine

E-mail: rozvodyukmp@mail.ru, sheva_epa03@mail.ru, procenkod@rambler.ru, babij_sm@mail.ru

Comes into question possibility drum-skidz brake diagnosticating due to measuring of time delay between the serve of signal on the drive of braking and braking beginning at by the account of tram system work features.

Key words: diagnosticating, drum-skidz brake, wear of brake protective straps.