

Вінницький національний технічний університет

**ВИЗНАЧЕННЯ ДІЙСНОГО ГАЛЬМІВНОГО МОМЕНТУ
ТРАМВАЙНОГО ВАГОНА НА МАРШРУТІ**

Розроблено математичну модель для визначення дійсного сумарного гальмівного моменту трамвая при механічному гальмуванні через параметри електродинамічного гальмування, що дозволяє врахувати явища попадання мастильних матеріалів і вологи на поверхні тертя та можливість перекосу гальмівних накладок.

Разработана математическая модель для определения действительного суммарного тормозного момента трамвая при механическом торможении через параметры электродинамического торможения, которая позволяет учесть явления попадания смазочных материалов и влаги на трущиеся поверхности и возможность перекоса тормозных накладок.

The mathematical model to determine the actual total tram braking torque when the mechanical brake through the parameters of the electrodynamic braking, which allows you to take into account the effects of lubricants and ingress of moisture on the friction surfaces and the ability to warp the brake linings.

Вступ. Безпека перевезення пасажирів міським електротранспортом, як і іншими транспортними засобами, головним чином залежить від надійності функціонування основних та допоміжних систем гальмування. Тому проблемі визначення технічного стану функціональних вузлів гальмівної системи присвячено ряд вітчизняних та зарубіжних публікацій [2-4]. Але в цих та інших роботах не розглядається питання визначення параметрів гальмування на маршруті електротранспорту, зокрема гальмівного моменту.

Система гальмування трамвайного вагона вважається справною за умови, якщо гальмівний шлях трамвайного вагона при початковій швидкості 20 км/год на чистих сухих рейках за умов службового гальмування не повинен перевищувати 12 м, у разі екстреного гальмування - 5,5 м, за цих же умов, але з початковою швидкістю для трамвайних вагонів 40 км/год - відповідно 45 та 21 м. Гальмівна система однак вважається несправною, якщо: не діє хоча б один з видів гальм, несправний хоча б один з приводів механічних гальм, не діє хоча б один з рейкових електромагнітних гальм [1]. Враховуючи те, що значна частка дорожно-транспортних пригод за участю трамваїв стаються через несправність тієї чи іншої системи гальмування, які експлуатуються в жорстких умовах і не захищені від дії навколишнього середовища, існує необхідність їх діагностування та підвищення надійності функціонування [1,4].

Постановка завдань дослідження. Під час охолодження двигунів шляхом обдуву їх корпусу повітрям із температурою навколишнього середовища, разом із повітрям на поверхню гальмівних барабанів та гальмівних накладок може попадати волога у вигляді снігу або дощу. Крім того, на гальмівну поверхню можливе попадання мастильних матеріалів, що не дозволяє однозначно визначати гальмівний момент, який створюється на валу кожного двигуна шляхом розрахунку через сили притискання гальмівних колодок до барабана [4]. Після планово-попереджувальних ремонтів вузлів механічного гальма також існують випадки перекосу гальмівних накладок, що, в свою

чергу, приводить до відсутності номінального гальмівного моменту. Тому потрібно розробити математичну модель та структурну схему системи визначення дійсного гальмівного моменту з врахуванням зазначених факторів.

Матеріали дослідження. Гальмування трамвайного вагона при русі в нормальному режимі від поточної швидкості до зупинки можна розділити на три етапи: 1) електродинамічне гальмування, яке відбувається при $v_{mp} > v_{cp1}$; 2) комбіноване гальмування (електричне та механічне) при $v_{mp} \leq v_{cp1}$; 3) механічне гальмування при $v_{mp} \leq v_{cp2} \leq 5$ км/год.

Запишемо кількісну характеристику гальмування на першому етапі - енергію гальмування трамвайного вагона від поточної швидкості v_1 до швидкості $v_2 < v_{cp1}$ протягом часу $t=t_1$:

$$\begin{cases} \Delta E_1 = \int U_c \cdot I_c dt; \\ \Delta E_1' = \frac{m_{mp} \cdot v_1^2}{2} - \frac{m_{mp} \cdot v_2^2}{2}, \\ \Delta E_1 = \Delta E_1', \end{cases} \quad (1)$$

де U_c - напруга на затискачах пуско-гальмівного реостата при гальмуванні, I_c - струм, що протікає через пуско-гальмівний реостат при гальмуванні, ΔE_1 - енергія, яка виділяється на гальмівному реостаті при гальмуванні трамвайного вагона від v_1 до v_2 на першому етапі, m_{mp} - маса трамвая разом із пасажирями, v_1 - швидкість, при якій розпочалось гальмування вагона на першому етапі, v_2 - швидкість, при якій закінчилося гальмування вагона на першому етапі, $\Delta E_1'$ - спад кінетичної енергії вагона при сповільненні від v_1 до v_2 .

Запишемо кількісну характеристику гальмування на третьому етапі - енергію гальмування трамвайного вагона від поточної швидкості v_1' до швидкості $v_2' \leq v_{cp2}$ протягом часу $t=t_2$:

$$\begin{cases} \Delta E_2 = \int M_{zmm} \cdot \omega_{z\delta} dt; \\ \Delta E_2' = \frac{m_{mp} \cdot (v_1')^2}{2} - \frac{m_{mp} \cdot (v_2')^2}{2}, \\ \Delta E_2 = \Delta E_2', \end{cases} \quad (2)$$

де M_{zmm} – гальмівний механічний момент, $\omega_{z\delta}$ – кутова швидкість гальмівного барабан, ΔE_2 – енергія, яка виділяється у вигляді тепла від тертя гальмівних накладок об гальмівний барабан при гальмуванні механічним гальмом від швидкості v_1' до швидкості v_2' на третьому етапі, v_1' – швидкість, при якій розпочалось гальмування вагона на першому етапі, v_2' – швидкість, при якій закінчилося гальмування вагона на першому етапі, $\Delta E_2'$ – спад кінетичної енергії вагона при сповільненні від v_1' до v_2' .

Прийнявши до уваги те, що контрольне гальмування на всіх трьох етапах відбувається на прямолінійній горизонтальній ділянці рейок, справедливі такі вирази:

$$\begin{cases} M_{zmm}(t) = \frac{1}{k_E} \cdot \frac{U_z(t) \cdot I_z(t)}{\omega_{z\delta}(t)}, \\ t_1 = t_2; \\ k_E = \frac{(v_1 - v_2)(v_1 + v_2)}{(v_1' - v_2')(v_1' + v_2')}, \end{cases} \quad (3)$$

де k_E – безрозмірний коефіцієнт відношення енергій електродинамічного та механічного гальмування.

Відповідно до приведеної математичної моделі процесу визначення параметрів механічного гальмування на рис. 1 представлена структурна схема системи визначення гальмівного моменту. На ній 1, 2 і 3 – відповідно сенсори струму (СС), напруги (СН) пуско-гальмівного реостата і сенсор кутової швидкості (СКШ) обертання гальмівного барабана; 4-6 – нормовані перетворювачі вихідних сигналів сенсорів (НП1-3); 7, 11, 14 – помножувачі сигналів, 8, 9 – відповідно реєстратор струму (РС) та реєстратор напруги (РН), 10 – аналітичний блок керування (АБ), який формує інтервали інтегрування за сигналом швидкості; 12 – блок інтегрування вхідного сигналу; 13 – блок інвертування вхідного сигналу.

Відповідно до структурної схеми система працює наступним чином. На протязі першого етапу гальмування АБ формує значення інтервалу, на якому проводиться контроль – Δt , протягом якого відбулося сповільнення вагона від v_1 до v_2 . РС та РН зареєстрували відповідно струм та напругу на даному інтервалі. На виході інтегратора сформувався сигнал, пропорційний енергії затраченій на гальмування вагона.

На третьому етапі гальмування на протязі такого ж інтервалу часу, АБ формує сигнал пропорційний k_E , який перемножується із сигналом кутової швидкості з виходу СКШ. Їх інвертований добуток перемножується на сигнали з виходу РС та РН. В результаті отримаємо дійсний гальмівний момент на протязі інтервалу Δt .

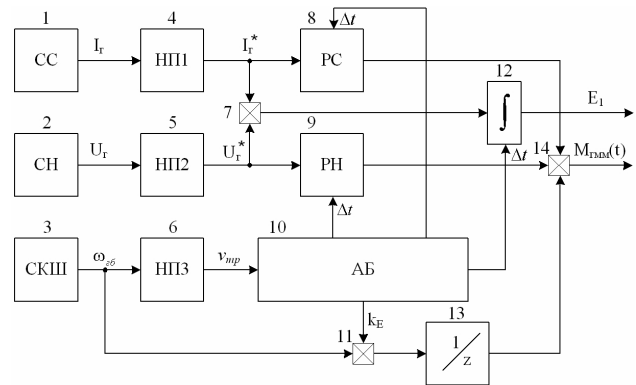


Рис. 1. Структурна схема системи визначення дійсного гальмівного моменту

Висновки. Розроблено метод опосередкованого визначення дійсного сумарного механічного гальмівного моменту, який на відміну від відомих враховує параметри зміни коефіцієнту тертя гальмівних поверхонь в результаті попадання вологи, мастильних матеріалів, перекосу та ін.

Список використаної літератури

1. Далека В.Х. Основні концепції управління проектами ресурсоенергозбереження при експлуатації міського електричного транспорту / В.Х. Далека // Комунальное хозяйство городов. – 2006. – Вип 69. – С. 88-95.
2. 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. Заявлено 13.04.2006; опубл. 15.09.2006. Бюл. №9. – 3 с.
3. Пат № 2224148 А1 Россия МПК F16D00/02. Способ определения износа фрикционных накладок тормозов автомобиля / В.И. Васильев. В.В. Грачев, А.В. Шарыпов, Г.В. Осипов
4. Правила експлуатації трамвая та тролейбуса. Затв. Наказом Держжитлокомунгостпу України №103 від 10.12.96р. Зареєстровано в Мініюсті України №66/1870 від 19.03.97р. Введено в дію з 16.03.97р. – К.: Держжитлокомунгосп, 1997. – 104 с.

Отримано 14.07.2011



Шевчук Юрій Володимирович, аспірант каф. ел. механіч. систем автоматизації в пром. і на тр-ті Вінницьк нац. техн. ун-ту sheva_era03@mail.ru