

РЕМОНТ І ЕКСПЛУАТАЦІЯ ТРАНСПОРТНИХ ЗАСОБІВ

УДК: 625.46: 006.354

В.Б. БУДНИЧЕНКО, канд. техн. наук, доцент, (Київ)

КОНЦЕПЦІЯ ГАЛЬМІВНОГО КЕРУВАННЯ ТРАМВАЙНОГО ВАГОНА

Запропановано нову концепцію гальмівного керування трамвайного вагона, яка передбачає наявність п'яти гальмівних систем, що забезпечують чотири режими гальмування.

Предложена новая концепция тормозного управления трамвайного вагона, предусматривающая наличие пяти тормозных систем, обеспечивающих четыре режима торможения.

The new conception of braking operate of tram is proposed. The tram must have the five braking system. This system must created four rate of braking tram.

Трамвайний транспорт є учасником дорожнього руху, на який розповсюджується дія Правил дорожнього руху. Умови руху для трамвайного вагона як одного із видів рухомого складу рейкового паспорту відрізняються від умов руху поїздів залізниць. Висока ймовірність перешкод для руху змушує водія поза графіком руху знижувати швидкість або зовсім зупинити вагон. Рейкова колія трамвайного вагона, як правило, частково або повністю розташована на дорозі загального використання, що призводить до забруднення рейок і зниження коефіцієнта зчеплення, особливо під час листопаду.

За таких умов безпека руху трамвайних вагонів визначається не тільки кваліфікацією водія, а й досконалістю гальмівного керування трамвайного вагона. Ряд дорожньо-транспортних пригод, що відбулися в Україні, були пов'язані з відмовами гальмівного керування. Це сприяло перегляду концепції побудови гальмівного керування трамвайного вагона.

Існуюча концепція гальмівного керування трамвайного вагона передбачає визначення вимог до ефективності службового, екстреного та стоянкового режимів гальмування та регламентацію умов здійснення аварійного гальмування. У концепції зовсім відсутні поняття: гальмівної системи як сукупності пристроїв, призначених для здійснення гальмування; гальмівного приводу, як сукупності пристроїв гальмівної системи, які забезпечують передачу енергії від її джерела до гальмівних механізмів та керування кількістю цієї енергії в процесі передачі; гальмівного механізму як пристрою гальмівної системи, призначеного для безпосереднього створення та зміни штучного опору руху.

Дослідження, що були виконані за останній період у частині гальмівних систем трамвайного вагона, в основному торкалися обґрунтування раціонального коефіцієнта зчеплення, який повинен використовуватися під час розрахунків гальмівних механізмів трамвайного вагона та досліджень щодо вдосконалення самих конструкцій гальмівних механізмів. Системний підхід до визначення гальмівних властивостей трамвайного вагона не застосовувався.

Першим кроком у напрямку створення вдосконалених гальмівних систем трамвайного вагона є визначення основних функцій, які повинні виконувати гальмівні системи трамвайного вагона.

На основі системного аналізу визначено, що гальмівні системи трамвайного вагона повинні забезпечувати такі функції: зупинку вагона із будь-якої швидкості з необхідною ефективністю; зменшення швидкості руху та її обмеження на спуску; утримання вагона нерухомим під час його зупинки, у тому числі й на ухилі. Вищезазначені функції забезпечуються трьома гальмівними системами: робочою – зупинка вагона з будь-якої швидкості, допоміжною – зменшення швидкості та обмеження її на ухилі; стоянковою – утримання вагона нерухомим на зупинці. Вихід із ладу робочої гальмівної системи відповідно до покладеної на неї функції приводить до неможливості зупинки трамвайного вагона. Цей недолік виключається, якщо трамвайний вагон буде обладнаний запасною гальмівною системою, яка забезпечує зупинку трамвайного вагона в разі відмови робочої гальмівної системи.

Вимога щодо наявності запасної гальмівної системи ще не означає, що ця система повинна бути окремою. Її функцію може виконувати од-

на з гальмівних систем (наприклад, стоянкова), якщо вона буде відповідати вимогам, що встановлені для запасної гальмівної системи.

Особливості конструкції рейкових транспортних засобів дозволяють створювати додатково штучний опір руху поза контактом колеса з рейкою. Трамвайні вагони, що перебувають в експлуатації, обладнані пристроями (рейковими гальмівними механізмами), які створюють штучний опір руху за рахунок тертя між ними та рейкою. Інакше кажучи, реально здійснюється ще одна функція – підвищення ефективності гальмування за рахунок створення додаткового штучного опору руху поза контактом колеса з рейкою. Цю функцію виконує **додаткова** гальмівна система трамвайного вагона.

Відповідно до запропонованої класифікації гальмівних систем, трамвайні вагони, що експлуатуються в Україні, мають допоміжну, стоянкову та додаткову гальмівні системи. Робоча гальмівна система відсутня, і її функцію виконують декілька систем.

У режимі службового гальмування зупинка вагона забезпечується послідовною дією двох систем: допоміжної та стоянкової. При цьому допоміжна гальмівна система при досягненні швидкості 3...7 км/год заміщається стоянковою.

У режимі екстреного гальмування зупинка вагона забезпечується послідовно: одночасною дією допоміжної, стоянкової та додаткової гальмівних систем. При цьому додаткова система включається одночасно з допоміжною, яка потім заміщається стоянковою у разі досягнення швидкості 3...7 км/год.

У режимі аварійного гальмування зупинка вагона забезпечується одночасною дією стоянкової та додаткової гальмівних систем, тобто в усіх режимах гальмування задіяна стоянкова гальмівна система, гальмівний механізм якої розрахований на зупинку вагона зі швидкості 3...7 км/год. Режим аварійного гальмування для гальмівного механізму стоянкової гальмівної системи є його перевантаженням, що потребує (відповідно до інструкції з експлуатації вагона) зняття вагона з руху для виконання технічного огляду гальмівного механізму. Відповідно до існуючої концепції гальмівного керування трамвайним вагоном режим аварійного гальмування не передбачає керування гальмування і починається при приведенні в дію пристрів, що розташовані біля пасажирських дверей, або педалі безпеки водія, або при спрацюванні захисту електричних кіл системи керування тяговим двигуном, або повного відключення системи низьковольтного живлення. При цьому найбільше пе-

ревантаження отримує гальмівний механізм при відключенні низьковольтного живлення, що призводить до відключення і додаткової гальмівної системи. Відомий випадок повного вигорання гальмівних накладок гальмівного механізму під час гальмування тільки стоянковою гальмівною системою вагона на ухилі.

Таким чином, покладення функції робочої гальмівної системи на стоянкову, як показав досвід експлуатації трамвайних вагонів, недоцільно і призводить до погіршення безпеки пасажирських перевезень.

Концепція гальмівного управління трамвайного вагона, що пропонується, показана на рис. 1 і передбачає наявність п'яти гальмівних систем, кожна з яких повинна мати визначене джерело енергії, гальмівний механізм та гальмівний привод. При цьому передбачається, що гальмівні системи можуть мати спільні елементи.

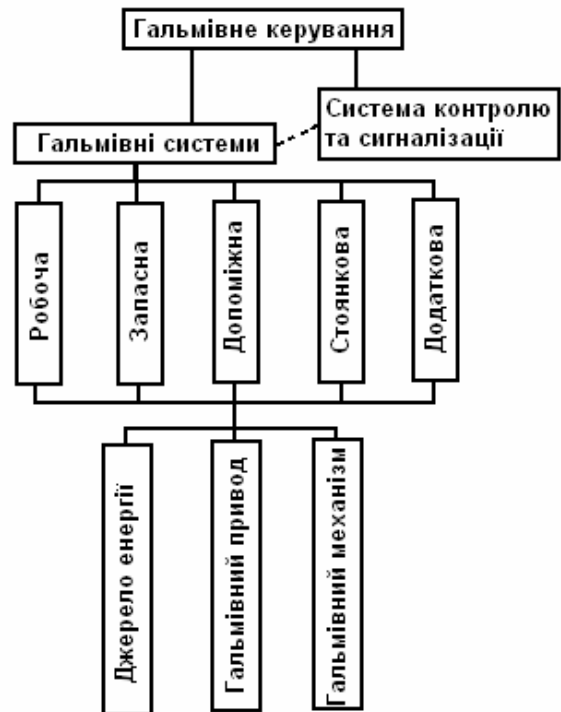


Рис. 1. Класифікаційна схема гальмівного управління

Важливим елементом гальмівної системи є гальмівний привод. Відповідно до концепції, що пропонується, на трамвайному вагоні можуть застосовуватися такі основні типи приводів:

- механічний, у якому для передачі енергії використовується тільки механічний пристрій (прикладом такого привода є привод стоянкової гальмівної системи вагонів типу ТЗ, ЛТ10, К1);
- гідравлічний, у якому для передачі енергії використовується рідина;

- пневматичний, у якому для передачі енергії використовується повітря;
- електричний, у якому для передачі енергії використовується електричний струм;
- змішаний, у якому для передачі енергії використовується два і більше типів робочого тіла.

Гальмівні приводи трамвайного вагона повинні складатися з наступних основних елементів:

- контур гальмівного приводу – незалежна частина гальмівного приводу, яка здатна здійснювати гальмування при відмовленні іншої частини гальмівного приводу;
- акумулятор енергії гальмівного приводу – пристрій, призначений для накопичення і збереження енергії, яка використовується для гальмування (ресивер);
- робоче тіло гальмівного приводу – носій енергії;
- орган керування гальмівного приводу – пристрій, призначений для подачі сигналу і керування енергією, що надходить від джерела або акумулятора енергії до гальмівних механізмів (педаль або гальмівний кран);
- виконавчий орган – пристрій, призначений для передачі енергії гальмівному механізму (гальмівний циліндр).
- апарат гальмівного приводу – одиничний конструктивно відокремлений пристрій гальмівного приводу (ресивер, трубопровід, гальмівний циліндр, зворотний та запобіжний клапани та ін.)

На рис. 2 показано класифікаційну схему гальмівного приводу трамвайного вагона.



Рис. 2. Класифікаційна схема гальмівного приводу

Гальмівний механізм як одна із складових гальмівної системи є механізмом, який безпосередньо створює і змінює штучний опір руху. Характеристикою гальмівного механізму є гальмівний момент, що діє на його обертовий елемент щодо

осі його обертання або гальмівна сила, яка створюється при притискання його до головки рейки.

На трамвайному вагоні можуть застосовуватися два типи гальмівних механізмів: фрикційний і сповільнювач.

Фрикційний механізм створює штучний опір рухові за рахунок тертя між його обертовими і нерухомими елементами, або між головкою рейки та елементом рейкового гальма, який притискається до головки рейки під час гальмування вагона.

Конструктивно фрикційні механізми виконуються як:

- барабанний гальмівний механізм, у якому використовується тертя нерухомих елементів о внутрішню або зовнішню поверхню обертового циліндра;
- дисковий гальмівний механізм, у якому використовується тертя нерухомих елементів о плоскі поверхні обертових елементів;
- рейковий гальмівний механізм, у якому використовується тертя елемента, який притиснутий до головки рейки під час гальмування трамвайного вагона.

Сповільнювачем є гальмівний механізм допоміжної гальмівної системи. Конструктивно сповільнювач трамвайного вагона можна кваліфікувати як:

- електричний сповільнювач, у якому штучний опір рухові створюється електричним двигуном, переведеним у генераторний режим.

На рис. 3 показано класифікаційну схему гальмівних механізмів.



Рис. 3. Класифікаційна схема гальмівних механізмів

Вище зазначені гальмівні системи повинні забезпечувати чотири режими гальмування трамвайного вагона, а саме:

- службове гальмування – за рахунок послідовної дії допоміжної та стоянкової гальмівних систем для забезпечення комфортного (плавного) регулювання гальмування;
- екстрене гальмування – за рахунок паралельної дії стоянкової та додаткової гальмівних систем для забезпечення нерегульованого гальмування з максимальною ефективністю;

– стоянкове гальмування – за рахунок дії стоянкової гальмівної системи для забезпечення утримання вагона нерухомим під час знаходження на зупинці.

Принципово важливим питанням при застосуванні нової концепції гальмівного керування трамвайним вагоном є визначення показників ефективності кожної із гальмівних систем. Так, робоча гальмівна система приймає участь у здійсненні екстреного гальмування, і відповідно до її призначення вона повинна мати найбільшу ефективність, тобто

$$J_{\text{РГС}} \approx K_{\text{сц}} \cdot g, \quad (1)$$

де $J_{\text{РГС}}$ – сповільнення трамвайного вагона з максимальним навантаженням під час гальмування робочою гальмівною системою, м/с^2 ; $K_{\text{сц}}$ – коефіцієнт зчеплення колеса з рейкою; g – прискорення вільного падіння ($9,81 \text{ м/с}^2$).

Допоміжна гальмівна система повинна обмежувати швидкість вагона на ухилі, а стоянкова утримувати його нерухомим під час зупинки, у тому числі і на ухилі. Тоді критерій їх ефективності може бути визначений рівнянням

$$J_{\text{СТГ}} = J_{\text{ДГС}} \geq i \cdot g/1000, \quad (2)$$

де $J_{\text{ДГС}}, J_{\text{СТГ}}$ – сповільнення трамвайного вагона з максимальним навантаженням під час гальмування на горизонтальній ділянці колії допоміжною або стоянковою гальмівною системою, м/с^2 ; i – максимальний ухил, на якому може експлуатуватися вагон, %.

Додаткова гальмівна система як система, що використовується для підвищення ефективності гальмування, завжди працює одночасно з іншими системами. Її ефективність не залежить від ваги вагона і визначається силою притискання її фрикційного елемента гальмівного механізму до рейки. Тоді критерій її ефективності можна визначити рівнянням

$$J_{\text{ДдГС}} = \frac{K_{\text{ск}}(V) \cdot P}{m}, \quad (3)$$

де $J_{\text{ДдГС}}$ – сповільнення трамвайного вагона під час гальмування на горизонтальній ділянці колії додатковою гальмівною системою; $K_{\text{ск}}(V)$ – значення коефіцієнта ковзання для фрикційної пари (головка рейки – фрикційний елемент гальмівного механізму додаткової гальмівної системи) при швидкості трамвайного вагона, V ; P – сила притискання фрикційного елемента гальмівного механізму додаткової гальмівної системи до рейки; n – кількість гальмівних механізмів додаткової гальмівної системи вагона; m – маса трамвайного вагона.

Оскільки всі гальмівні системи трамвайного вагона, крім стоянкової, діють паралельно або

послідовно під час того чи іншого режиму гальмування, то критерієм ефективності режиму гальмування повинен бути гальмівний шлях.

Нормативне значення гальмівного шляху визначається в залежності від показників часу та сповільнення, яке можна одержати із гальмівної діаграми режиму гальмування трамвайного вагона, що показана на рис. 4.

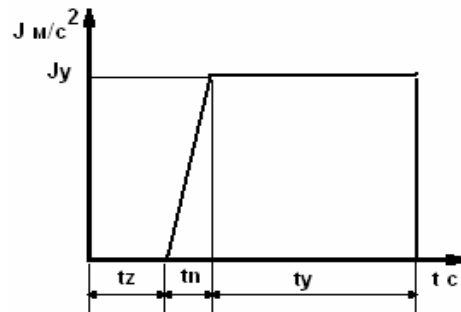


Рис. 4. Гальмівна діаграма: t_z – проміжок часу від моменту приведення в дію органа керування гальмівною системою до початку гальмування вагона (час запізнення); t_n – час наростання сповільнення трамвайного вагона; t_y – час усталеного гальмування трамвайного вагона

Нормативне значення гальмівного шляху визначається із рівняння

$$S = Vn \cdot t_z + 0,5 \cdot J_y (0,5t_n^2 + t_y^2), \quad (4)$$

де S – гальмівний шлях, м ; Vn – швидкість початку гальмування, м/с ; t_z – час запізнення спрацювання гальмівної системи, с ; t_n – час наростання сповільнення трамвайного вагона, с ; t_y – час усталеного гальмування, с ; J_y – усталене сповільнення трамвайного вагона.

Висновки

1. Забезпечення безпеки руху трамвайного вагона потребує зміни в підході до визначення гальмівних властивостей трамвайного вагона.
2. Запропонована концепція гальмівного керування трамвайного вагона передбачає наявність на вагоні п'яти гальмівних систем, що можуть мати спільні елементи і забезпечують чотири режими гальмування. Кожна гальмівна система має своє функціональне призначення.
3. Критерієм ефективності гальмівної системи повинно бути сповільнення трамвайного вагона, а критерієм ефективності режиму гальмування – гальмівних шлях.

БІБЛІОГРАФІЧНИЙ СПИСОК

1. Ефремов И.С., Гущо-Малков Б.Н. Теория и расчет механического оборудования подвижного состава городского электрического транспорта. – М.: Стройиздат, 1970. – 450 с.