

УДК 629.4.032.001.33

МОРОЗ В.І., д.т.н., професор (УкрДАЗТ);
БРАТЧЕНКО О.В., к.т.н., професор (УкрДАЗТ);
БОБРИЦЬКИЙ С.В., ст. викладач (УкрДАЗТ).

Новий підхід до класифікації тягових приводів рухомого складу залізниць

Залізничний транспорт посідає провідне місце в транспортному комплексі України. Це визначає особливі вимоги до тягового (ТРС) (тепловози, електровози) та моторвагонного (дизель-поїзди, електропоїзди) (МВРС) рухомого складу. Відповідно до Програми оновлення локомотивного парку залізниць України на 2012-2016 роки (Постанова Кабінету міністрів України № 840 від 01.08.2011 р.) одним з пріоритетних напрямків розвитку залізниць є підвищення експлуатаційної надійності ТРС. При цьому особлива роль відводиться забезпеченню необхідних характеристик його окремих модулів конструкції та агрегатів.

Однією із складових частин конструкції ТРС, що безпосередньо впливає на безпеку руху, є екіпажна частина, до складу якої входить тяговий привод (ТП). В загальному вигляді ТП представляє собою комплекс пристроїв, які служать для перетворення енергії деякого виду в роботу з подолання опору руху [1]. До його складу входить тяговий електричний двигун (ТЕД), тягова зубчаста передача (ТЗП), пристрої, які з'єднують ТЕД з ТЗП та ТЗП з колісною парою. Тому, вирішення задачі проектування нових та модернізації існуючих ТП вимагає їх чіткої класифікації.

Основи класифікації ТП ТРС з різноманітних позицій наведені в роботах Шацилло А.А, Калиховича В.Н., Медея В.Б, Мінова Д.К. та ін. [2, 3].

Разом з тим, на цей час найбільш розповсюдженою є класифікація ТП за ознакою особливостей розташування та ступе-

нів підресореності ТЕД та ТЗП. При цьому виділяються три основні класи ТП [1].

До ТП класу I, наприклад, відноситься ТП тепловозу серії 2ТЕ116, в якому ТЕД та ТЗП виконані з опорно-вісьовим розташуванням. До ТП класу II – ТП електропоїздів серії ЕР-2, де ТЕД розташовано на підресореній частині візка, а ТЗП на вісі колісної пари. До ТП класу III відноситься ТП тепловозу серії ТЕП 70, в якому як ТЕД, так і ТЗП розташовані на підресореній частині локомотива.

При такій класифікації, поділ ТП на 3 класи містить інформацію тільки про особливості розташування та ступінь підресореності ТЕД та ТЗП, але відсутня інформація про особливості конструкції ТП в цілому та його окремих складових зокрема.

Це обґрунтовує актуальність проведення робіт з удосконалення класифікації ТП на основі використання нових підходів, спрямованих на більш детальне описання особливостей їх конструкції.

Мета статті і викладення основного матеріалу

В статті наведений запропонований авторами новий підхід до класифікації ТП рухомого складу залізниць за рахунок використання модульного описання їх конструкції і відповідних структурних формул.

Для виділення особливостей конструкції ТП доцільно представляти у вигляді структурної схеми, яка показана на рисунку 1. Із схеми видно, що ТП можна

розглядати у вигляді 4-х основних модулів. До першого модуля входить ТЕД з конструкційними елементами його закріплення. До модуля 2, модуля першого вузла з'єднання (МЗ 1), належать механізми з'єднання валу ТЕД та вхідного валу ТЗП. До модуля 3 входить ТЗП, а саме, розта-

шовані в корпусі шестерня та зубчасте колесо. До модуля 4, другого вузла з'єднання (МЗ 2) належить механізм передачі обертового руху від вхідного валу ТЗП на колісну пару (умовно позначена модулем 5).

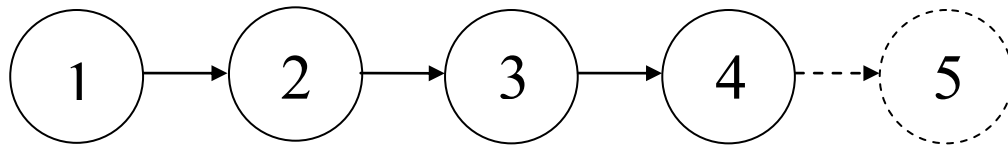


Рис. 1. Структурна схема ТП тягового рухомого складу

Представлення ТП у вигляді окремих модулів дозволяє описувати особливості конструкції тягових приводів за допомогою відповідної формули, яка характеризує структуру основних модулів конструкції тягового приводу відповідного класу. Загальний вид такої формули наведено нижче:

$$ТП-K (K_1-K_2-K_3-K_4), \quad (1.1)$$

де, K, K_1, K_2, K_3, K_4 – умовні позначення щодо класу тягового приводу та особливостей конструкції виділених модулів.

Позначення K вказує на клас (I, II чи III) ТП за наведеною вище класифікацією [1]. Наприклад, позначення ТП-I відповідає тяговому приводу класу I з одностороннім розташуванням ТЗП. В тих випадках, коли в тяговому приводі має місце двостороннє розташування ТЗП на колісній парі [4, 5] в позначенні його класу додається індекс 2. Позначення ТП-I₂ – тяговий привод з двостороннім розташуванням ТЗП.

В позначенні K_1 міститься інформація про тип ТЕД за видом струму живлення:

“ПС” – постійного струму;

“ЗС” – змінного струму.

Особливості закріплення ТЕД характеризуються класом тягового приводу.

Умовне позначення K_2 інформує про конструкцію механізму з'єднання валу

тягового двигуна з вхідним валом ТЗП. При цьому можуть використовуватися наступні варіанти позначень:

“П” – шестерня ТЗП розташована безпосередньо на валу ТЕД [6];

“М” – зв'язок між валом якоря ТЕД та вхідним валом ТЗП відбувається за допомогою пружної муфти [7];

“КВ” – з'єднання здійснюється за допомогою карданного валу [8].

Аналіз конструкції ТП рухомого складу закордонного виробництва [9] вказує на доцільність введення додаткових позначень K_2 :

“ТВМ” – зв'язок між якорем ТЕД та вхідним валом ТЗП здійснюється за допомогою торсійного вала та резинокордної муфти;

“ЗМ” – зв'язок між валом якоря ТЕД та вхідним валом ТЗП відбувається за допомогою зубчастої муфти;

“РТ” – МЗ 1 складається з допоміжного редуктора (забезпечує передачу крутного моменту від ТЕД до муфти “Трипод”) і муфти повздожньої компенсації “Трипод” (забезпечує подальшу передачу крутного моменту до вхідного валу ТЗП).

Умовне позначення K_3 інформує про особливості конструкції ТЗП. При цьому доцільно використовувати позначення, які відображають тип зубчастих передач (розташування вісей зубчастих коліс у просторі, розташування зубців відносно вісі колеса та геометричні профілі зубців):

За розташуванням вісей зубчастих коліс у просторі:

“Ц” – циліндричні ТЗП (вісі зубчатих коліс паралельні)[8];

“К” – конічні (вісі зубчатих коліс перетинаються)[10].

У випадку використання передач іншого виду доцільно використовувати відповідні позначення. Наприклад, ТЗП дизель-поїзду серії ДР1 буде позначатися “К₁Ц₂” – двохступенева конічно-циліндрична передача (перша ступінь – конічна передача, друга ступінь – циліндрична передача).

За розташування зубців відносно вісі колеса:

“П” – прямозубі (лінії зубців паралельні вісі колеса)[7];

“К” – косозубі (зубці розташовані під певним кутом до вісі колеса)[6].

У інших випадках вводяться відповідні позначення (Наприклад, позначення “А” в передачі використовуються зубчасті колеса з арочними зубцями [9]; позначення “Ш” – використання шевронних зубчастих коліс [9]).

За профілем зуба:

“Е” – колеса з евольвентними профілями зубців ;

“Н” – з профілями зубців передачі Новікова.

При такому підході до описання ТЗП, наприклад, позначення “ЦПЕ” відповідає циліндричній прямозубій передачі з евольвентними профілями зубців.

Умовне позначення K_4 інформує про конструктивне виконання другого вузла з’єднання, який забезпечує передачу обертального руху від зубчатого колеса ТЗП на колісну пару. При цьому, особливої уваги заслуговує висвітлення конструкційних рішень, спрямованих на компенсацію кутових відхилень між вісями обертання зубчатого колеса ТЗП та колісної пари.

Якщо МЗ 2 не передбачається такої компенсації (наприклад, зубчасте колесо ТЗП уявляє собою єдину ланку (цільнометалева або окремі часті жорстко зв’язані

між собою) і безпосередньо розташовано на вісі колісної пари) [6] пропонується використовувати умовне позначення “Ж”.

У випадку, коли компенсуючи функція виділених кутових відхилень виконується за рахунок використання зубчастих коліс складної конструкції (зубчасте колесо уявляє собою вузол, основна частина якого з’єднується із зубчастим вінцем за допомогою пружних елементів), то в залежності від типу таких пружних елементів пропонуються позначення:

“ПП” – якщо використовуються пружні елементи у вигляді пластинчастих пружин [2];

“ЦП” – пружні елементи у вигляді циліндричних пружин [2];

“ТК” – пружні елементи у вигляді гумових амортизаторів [3].

У випадку, коли компенсуючи функція переноситься з конструкції колеса на з’єднання вихідного валу ТЗП з колісною парою, можуть використовуватися позначення “ПВШМ” [11]. Воно передбачає конструкцію, коли передача крутного моменту від вихідного валу ТЗП на колісну пару здійснюється шарнірно-поводковою муфтою, яка компенсує кутові відхилення між вісями. Зубчасте колесо уявляє собою єдину деталь, яка встановлена на полуму вале і забезпечує передачу крутного моменту на колісну пару за допомогою шарнірно-поводкових муфт, що компенсують кутові відхилення між вісями.

Висновки

Наведені в статті матеріали дозволили описати конструкцію ТП сучасних локомотивів та МВРС у вигляді структурних формул виду (1.1). Наприклад, структурна формула тепловозу серії ТЕ 3, має вид:

$$ТП-1 (ПС-П-ЦПЕ-Ж) \quad (1.2)$$

Структурна формула електровозу серії ДЕ 1 буде представлена у вигляді:

$$ТП-1_2 (ПС-П-ЦКЕ-Ж) \quad (1.3)$$

Структурна формула швидкісного електропоїзду “Сапсан”, що експлуатується на маршруті Москва-Санкт-Петербург, Росія буде мати вигляд:

$$ТП-II (ЗС-ЗМ-ЦКЕ-Ж) \quad (1.4)$$

Формалізоване описання конструкції ТП з використанням структурних формул дає можливість проведення досліджень, спрямованих на оцінювання їх впливу на надійність тягового приводу в цілому. Так, за результатами попередніх досліджень встановлено що на долю ТП електропоїздів серії ЕР 2, конструкція яких описується формулою

$$ТП-II (ПС-М-ЦПЕ-Ж) \quad (1.5)$$

припадає 23 % від загальної кількості пошкоджень. При цьому, пошкодження модуля ТЕД становлять 63 %, модуля ТЗП – 36 %, модулів МЗ 1 та МЗ 2 – в сумі 1%. Для тягових приводів електровозів серії ЧС 7, конструкція яких описується структурною формулою

$$ТП-II (ПС-КВ-ЦПЕ-Ж) \quad (1.6)$$

припадає 62 % пошкоджень. При цьому, пошкодження модуля ТЕД становлять 77 %, модуля МЗ 1 – 11 %, модуля ТЗП – 11 %, модуля МЗ 2 – 1 %.

Наведені результати підтверджують доцільність використання запропонованого підходу до класифікації ТП рухомого складу залізниць при проведенні науково-дослідних та дослідно-конструкторських робіт з оновлення локомотивного парку залізниць України.

Список літератури

1. Бирюков И. В. Тяговые передачи электроподвижного состава железных дорог / Бирюков И. В. Беляев А. И., Рыбников Е. К. - М.: Транспорт, 1986. - 256 с.

2. Шацилло А. А. Тяговый привод электроподвижного состава. - М.: Транспорт, 1961.-222 с.

3. Калихович В. Н. Тяговые передачи локомотивов: Устройство, обслуживание и ремонт. – М.: Транспорт, 1983. – 111 с.

4. Электровоз ВЛ11. Руководство по эксплуатации / Под ред. Г.И. Чиракадзе и О.А. Кикнадзе. – М.: Транспорт, 1983. – 464 с.

5. Тушканов Б. А. Электровоз ВЛ85: Руководство по эксплуатации/ Тушканов Б. А, Пушкарев Н. Г., Позднякова Л. А. – М.: Транспорт, 1992. – 480 с.

6. Филонов С. П. Тепловоз 2ТЭ116 / Филонов С. П., Гибалов А. И., Никитин Е. А. – М.: Транспорт, 1996. – 334 с.

7. Цукало П. В., Ерошкин Н. Г. Электропоезда ЭР2 и ЭР2Р. / Цукало П. В., Ерошкин Н. Г. – М.: Транспорт, 1986. – 359 с

8. Каптелкин В. А. Пассажирские электровозы ЧС4 и ЧС4т / Каптелкин В.А., Колесин Ю.В., Ильин И.П. – М., Транспорт, 1975. – 384 с.

9. Трофимович, В.В. Высоко-скоростной электрический транспорт. Механическая часть : учеб. пособие / В.В. Трофимович. – Хабаровск : Изд-во ДВГУПС, 2008. – 100 с

10. Лебедев В. П. Дизель – поезда. Устройство, ремонт, эксплуатация / Лебедев В. П., Курятников А. А. – М.: Транспорт, 1982 – 279 с.

Быков В. Г. Пассажирский тепловоз ТЭП70 / Быков В. Г., Морошкин Б. Н., Серделевич Г. Е. . – М.: Транспорт, 1976. – 232 с.

Анотації:

Ключові слова: рухомий склад, тяговий привод, тягова зубчата передача, структурна формула, карданний вал, модульне описання, пружня муфта, електропоїзд ер-2, тепловоз теп 70.

Проналізовано існуючу класифікацію тягових передач рухомого складу. Запропоновано новий підхід до описання особливостей конструкції

тягових приводів за допомогою відповідної структурної формули, яка характеризує структуру основних модулів конструкції тягового приводу відповідного класу. Подано рекомендації щодо використання позначень в структурних формулах та їх застосування під час описання конструкції тягового приводу локомотивів та моторвагонного рухомого складу.

Проанализирована существующая классификация тяговых передач подвижного состава. Предложен новый подход к описанию особенностей конструкции тяговых приводов с помощью соответствующей структурной формулы, которая характеризует структуру основных модулей конструкции тягового привода соответствующего кла-

сса. Представлены рекомендации относительно использования обозначений в структурных формулах и их применение во время описания конструкции тягового привода локомотивов и моторвагонного подвижного состава.

Existent classification of hauling transmissions of mobile composition is analysed. The new going is offered near description of features of construction of hauling occasions by the proper structural formula which characterize the structure of the basic modules of construction of hauling drive of the proper class. Presented recommendation in relation to the use of denotations in structural formulas and their application during description of construction of hauling drive of locomotives and motorvagonno mobile

УДК 621.436

МОРОЗ В.І., д.т.н., професор (УкрДАЗТ);
БРАТЧЕНКО О.В., к.т.н., професор (УкрДАЗТ);
АСТАХОВА К.В., аспірант (УкрДАЗТ).

Результати уточненого моделювання кінематики клапанів локомотивних енергетичних установок з дизелями Д49

Постановка проблеми і аналіз останніх досліджень у напрямку її вирішення

Основними положеннями «Програми оновлення локомотивного парку залізниць України» (затверджена Постановою КМУ №840 від 01.08.2011 р.) передбачається вирішення ряду науково-технічних завдань, пов'язаних із зниженням витрат на ремонт і утримання наявного тягового рухомого складу. Це визначило актуальність науково-дослідних і дослідно-конструкторських робіт, спрямованих на підвищення паливної економічності і надійності локомотивних енергетичних установок з дизелями типу Д49, якими облад-

нана більшість магістральних тепловозів експлуатаційного парку Укрзалізниці.

Аналіз науково-технічних публікацій вказує, що більшість робіт у цьому напрямку [1,2] пов'язана з удосконаленням робочого процесу у циліндрах дизеля, що визначає необхідність уточненого математичного моделювання характеристик функціонування механізму газорозподілу, законів руху впускних і випускних клапанів [3,4]. Особливого значення це набуває при моделюванні процесів газообміну в циліндрах дизеля, оцінюванні динаміки, показників міцності та надійності кулачкового механізму газорозподілу (КМГР).