

ВИБІР ТА ОБҐРУНТУВАННЯ ПОТУЖНОСТІ КОМБІНОВАНОЇ СИЛОВОЇ УСТАНОВКИ ТЕПЛОВОЗА

SELECTION OF THE POWER OF THE HYBRID DIESEL LOCOMOTIVE

*Доктор техн. наук Д.С. Жалкін, О.Д. Жалкін, М.М. Андріянов
Український державний університет залізничного транспорту (м. Харків)*

*D. Zhalkin, D.Sc. (Tech.), O. Zhalkin, M. Andriianov
Ukrainian State University of Railway Transport (Kharkiv)*

Одним з головних питань, які стоять перед розробниками при проектуванні тепловозів із комбінованою (гібридною) силовою установкою (КЕУ), є вибір її схеми та потужності. Аналіз технічної інформації [1,2] показав, що у спеціалістів немає єдиного підходу до цього питання, та як наслідок значні відмінності співвідношень між потужністю дизеля та значенням енергії запасеної у накопичувачах, варіативність застосовуваних конструктивних рішень та результатів за зменшенням витрат палива та шкідливих викидів на розроблених зразках гібридних тепловозів. Відсутні також критерії, за якими можна провести вибір і оптимізацію параметрів силової установки та системи управління. [2,6,7]. Серед досліджуваних схем у якості накопичувачів енергії використовуються гідростатичні акумулятори, маховики, літій-іонні батареї та суперконденсатори, маховики та пневмонакопичувачі. [1,2].

Робота тепловоза з комбінованою силовою установкою описується рівнянням балансу сил [4]

$$m \frac{dv}{dt} = F_k - W_k - B, \quad (1)$$

де m - маса поїзда;

v - швидкість руху поїзда;

t - значення часу;

F_k - сила тяги;

B - гальмівна сила;

W_k - повний опір руху.

Оптимальна потужність комбінованої силової установки

$$N_{opt} = N_k + N_z, \quad (2)$$

де N_{opt} - оптимальна потужність;

N_k - потужність для утворення сили тяги;

N_z - потужність, використовувана для заряджання накопичувача енергії.

Потужність, яка використовується для утворення сили тяги

$$N_k = N_{ДВЗ} \pm N_z, \quad (3)$$

де $N_{ДВЗ}$ - потужність дизеля тепловоза.

Для визначення параметрів основних компонент системи утворення тягового зусилля необхідно сформувати загальну математичну модель тепловоза, що складається з:

- моделі ДВЗ;
- моделі тягового електродвигуна або гідروпередачі;
- моделі акумуляторної батареї або гідравлічного накопичувача з урахуванням можливої деградації їх з часом;
- моделі генератора або гідронасоса (гідромотора);
- моделі системи управління, що дозволяє здійснювати задані режими руху;
- моделі поїзду для визначення сил опору і гальмівних зусиль у функції швидкості та часу [1,2,7].

Виконання імітаційного моделювання режимів руху поїзду дозволяє знайти оптимальні співвідношення між $N_{ДВЗ}$ та N_z , що забезпечують мінімум питомої витрати палива дизелем [5,7].

Враховуючи значну кількість енергії запасеної в накопичувачі, рівняння руху поїзду пропонується доповнити шляхом обліку ривка (jerk)

$$j = \frac{da}{dt}, \quad (4)$$

де a - прискорення руху поїзда.

Рух поїзда при постійному ривку

$$a(t) = a_0 + jt. \quad (5)$$

Введення обмежень на максимальні значення ривка (до 8-10 м/с³) забезпечує комфортні умови руху пасажирів і збереження крихких вантажів при скороченні часу руху під час розгону поїзду.

- [1] Leska, M. Comparative calculation of the fuel-optimal operating strategy for diesel hybrid railway vehicles [text]: / M. Leska, H. Aschemann, M. Melzer, M. Meinert // Appl. Math. Comput. Sci. 2017. -Vol. 27. No. 2. P. 323-336.
- [2] Meinert, M. Energy storage technologies and architectures for specific diesel-driven rail duty cycles: Design and system integration aspect [text]: / M. Meinert, P. Prenleloup, S. Schmid, R. Palacin //Applied Energy. 2015. - 157. P. 619-629.
- [3] Meinert, M. Benefits of hybridisation of diesel driven rail vehicles: Energy management strategies and life-cycle costs appraisal [text]: / M. Meinert, M. Melzer, C. Kamburrow, R. Palacin, M. Leska, H. Aschemann // Applied Energy. 2015. - 157. P. 897-904.
- [4] Кузьмич, В.Д. Теория локомотивной тяги [текст]: Учебник для вузов ж. д. транспорта / В.Д. Кузьмич, В.С. Руднев, С.Я. Френкель. - М.: Издат. «Маршрут», 2005. - 448 с.
- [5] Лежнев, Л.Ю. Энергоустановки автомобильного транспорта с тяговым электроприводом [текст]: монография / Л.Ю. Лежнев, Н.А. Хрипач, Ф.А. Шустров, Б.А. Папкин, Д.А. Петриченко, Д.А. Иванов, А.П. Татарников, В.С. Коротков, В.А. Неверов //-Тамбов: ООО «Консалтинговая компания Юком», 2017.- 204 с.
- [6] Раков, В.А. Эксплуатация и обслуживание автомобилей с гибридными силовыми установками [текст]: монография / В.А. Раков // - Вологда: ВоГУ, 2014. - 143 с.
- [7] Строганов, В.И. Математическое моделирование основных компонентов силовых установок электромобилей и автомобилей с КЭУ [текст]: учеб. пособие / В.И. Строганов, К.М. Сидоров // - М.: МАДИ, 2015. - 100 с.