

УДК 629.4.018

МЕТОДИКА ІМІТАЦІЙНОГО МОДЕЛЮВАННЯ РЕЖИМІВ РОБОТИ МАНЕВРОВОГО ТЕПЛОВОЗУ

Яровий Р.О., Чернецька-Білецька Н.Б.

METHOD OF IMITATION MODELING OF MANIFIED THERMAL WORK MODES

Yarovoy R., Chernetska-Biletska N.

Метою дослідження є створення методики імітаційного моделювання показників роботи маневрового тепловозу при роботі на сортувальній горці. Запропонований новий підхід для визначення техніко-економічних показників маневрової роботи на сортувальній горці. Розроблено методику та створена імітаційна математична модель процесів, яка заснована на виконанні тягових розрахунків для типових маневрових операцій, що складаються з набору основних характерних поодиноких режимів, такі як робота дизеля на холостому ходу при стоянках, розгін, рух з постійною швидкістю, робота дизеля на холостому ходу при русі по інерції, гальмування та електродинамічне гальмування. Кожен полуреїс включає в себе різні за поєднанням поодинокі режими роботи маневрового тепловоза, які залежать від випадкових величин. Для зниження енергетичних витрат на маневрову роботу розглянуто питання ефективності застосування накопичувачів енергії на маневрових локомотивах типу ЧМЕЗТ. Проведений порівняльний аналіз витрат палива та динамічних показників при використанні накопичувача енергії у силовому ланцюзі та без нього.

Ключові слова: рухомий склад, маневрова робота, тяговий розрахунок, модернізація маневрових локомотивів, електродинамічне гальмування, накопичення енергії, гіб-ридний привід.

Вступ. У статті запропоновано новий підхід оцінки техніко-економічних показників роботи тепловоза шляхом математичного моделювання процесів, що відбуваються в силовій установці і агрегатах при маневровій роботі. Процес експлуатації уявимо як стохастичне безліч елементарних тягових операцій, в яких процеси в силовій установці можуть бути змодельовані з будь-яким ступенем точності. Такий підхід дозволяє отримати загальну оцінку техніко-економічних показників роботи тепловоза в експлуатації.

Аналіз структури витрат паливно-енергетичних ресурсів за всіма технічними засобів і технологій

здійснення перевізного процесу на залізничному транспорті дозволяє визначити основні напрямки підвищення енергетичної ефективності і енергозбереження. Основним заходом, спрямованим на зниження рівня споживання паливно-енергетичних ресурсів тяговим рухомим складом, є його модернізація з пониженням питомої витрати палива на одиницю виконаної роботи і підвищенням ККД, а також його заміна на більш сучасний і енергоефективний рухомий склад, [2].

Одним з інноваційних енергозберігаючих напрямків є застосування енергоємних накопичувачів енергії на маневрових локомотивах. Режими роботи з постійно змінним навантаженням і періодичним поєднанням тяги і гальмування в значній мірі схильні до високоефективного використання накопичувачів. Їх застосування покращує проходження перехідних процесів одночасно в перетворювачах і приводі локомотивів. Вони також дозволять в найбільш повній мірі використовувати енергію рекуперативного гальмування.

Постановка проблеми. Основна проблема визначення ефективності використання накопичувачів енергії у маневрових тепловозах полягає у встановленні зв'язку між параметрами накопичувача енергії та споживанням палива маневровим локомотивом.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. В роботі Коссов Е.Е.[6] вирішував задачу підвищення якості робочого процесу дизеля в несталіх режимах за рахунок використання накопичувача енергії у силовій мережі тепловозу. Також було теоретично обґрунтовано спосіб керування силовою установкою тепловоза з накопичувачем з метою зменшення необхідної розрахованої енергоємності накопичувача. В роботах Є.П. Лосева [5] розглянуто спосіб вибору необхідних параметрів комбінованих силових установок локомотивів на основі завантаження силових установок локомотивів при їх роботі на конкретних

ділянках. Тепловий двигун забезпечує деяку середню потужність тепловозу, необхідну в експлуатації, а перевищення або дефіцит тягової потужності покривається накопичувачем, необхідна енергоємність якого визначається за тривалістю режимів зарядження і розрядження, а також за часткою потужності, яку має реалізувати накопичувач в цих режимах. Недоліком цього підходу є те, що вони не враховуються багато факторів які впливають на параметри споживання паливно-енергетичних ресурсів маневрових локомотивів з накопичувачем енергії.

Мета. Мета дослідження це новий підхід оцінки техніко-економічних показників роботи тепловоза шляхом математичного моделювання процесів є оцінка енергоефективності технічних рішень в проектах використання накопичувачів енергії при модернізації маневрових локомотивів.

Результати досліджень. Розроблено методику та створена імітаційна математична модель процесів, пов'язаних з виконанням маневрових робіт, яка заснована на виконанні тягових розрахунків для типових маневрових операцій, що складаються з набору основних характерних поодиноких режимів.

Кожен полурейс включає в себе різні за поєднанням поодинокі режими роботи маневрового тепловоза, які залежать від випадкових величин.

Основні режими при маневровій роботі:

- робота дизеля на холостому ходу при стоянках;
- розгін;
- рух з постійною швидкістю;
- робота дизеля на холостому ходу при русі по інерції;
- гальмування.



Рис. 1. Статистичні дані про часу роботи тепловозів на поодиноких режимах

Режими роботи маневрового тепловоза доцільно представляти у вигляді безлічі обмеженого числа характерних поодиноких режимів, які включають випадкові розподілу характерних показників: довжини шляху, швидкості руху складу, маси складу, величини ухилу шляху і т.п.

Виділивши з певного безлічі деякий набір основних характерних одиничних режимів, виконавши тягові розрахунки, що відображають реальні умови експлуатації, можна визначити раціональний алгоритм керування силовою установкою, ефективність застосування накопичувачів енергії у силовому ланцюзі тепловозів, необхідний розподіл витрат енергії

між джерелами, витрата палива, витрати часу на виконання маневрової операції і т.п.

Так як кожен режим являє собою одиничну маневрову операцію, то при розрахунках такої операції можна з будь-яким ступенем точності розрахувати показники роботи силової установки в сталому і перехідному режимі, показники роботи тягової передачі, накопичувача енергії та іншого обладнання в залежності від силової схеми і комплектації.

Однією з найважливіших точок в системі будь-якої залізниці є станції з сортувальними гірками. Гірка служить системою забезпечує можливість виконання єдиного процесу розформування і формування поїздів. Робота гіркового тепловоза значно відрізняється від режимів роботи при виконанні інших маневрових операцій. Виконати аналіз і обґрунтування техніко-економічних параметрів маневрових тепловозів з накопичувачем енергії, визначити економічну ефективність використання накопичувача, оцінити основні показники модернізованого маневрового тепловоза, включаючи витрату палива можна, використовуючи імітаційну модель виконання маневрової роботи.

Операція розформування складів з використанням сортувальної гірки є найбільш енергозатратним і важким щодо використання потужності тепловоза, і залежить в основному від крутизни шляху, насуву, швидкості руху, маси складу, типу тепловоза і режиму його роботи. Процес насування та розпуску складу пов'язаний з частою зміною положення рукоятки контролера, що обумовлює роботу дизеля переважно в перехідних режимах.

З точки зору динаміки, підтримка рівномірної швидкості насування та розпуску складу досягається при рівності прискорюють і сповільнюють зусиль. З двох сусідніх позицій контролера необхідно вибрати ту, яка забезпечує підтримку швидкості близькою до необхідної, але забезпечує в процесі подальшого руху відхилення не перевищує допустимий. При цьому, відхилення фактичної швидкості від необхідної залежить від параметрів і конструкції насувної і спускної частини гірки, ступеня її автоматизації та необхідної точності реалізації швидкості.

Найбільш трудомісткою частиною імітації горничної роботи є процес розгону при насуванні, розпуск складу.

При розформування складу маса є величиною змінною, і для кожного моменту імітування процесу розформування.

В першому блоці розраховуються швидкість руху, час руху, збільшення швидкості та часу, прискорення складу.

В другому блоці розраховуємо показники роботи дизеля такі як потужність, частота обертання колінчастого валу дизеля, ККД генератора і ін.

До третього блоку належить розрахунок витрати енергії, пов'язані з підготовкою до роботи (прокачування, пуск, зарядка батареї і накопичувача), витрати енергії на освітлення, управління, опалення, фільтрацію, кондиціонування тощо, витрати енергії на

охолодження (підігрів) теплоносіїв, витрати енергії на забезпечення потреб складу (наповнення гальмової магістралі).

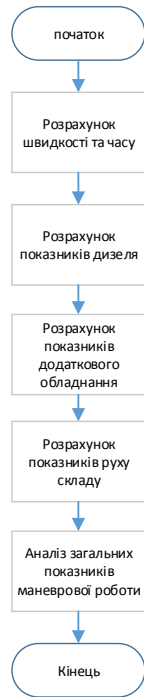


Рис 2. Блок-схема алгоритму розрахунку показників при імітації маневрової операції

Четвертий блок використовується для розрахунків опір руху вагонів, опір руху усього складу, довжина пройденого вагонами шляху, тягове та гальмівне зусилля, та ін.

П'ятий блок дозволяє розрахувати витрату дизельного палива на маневрову роботу, втрати потужності, що характеризує співвідношення між силою тяги і енергією та ін.

Розрахунок маневрового режиму пов'язаний з аналізом складних залежностей між швидкістю, прискоренням і довжиною розгону, уповільненням і довжиною гальмування, швидкістю і потужністю і ін.

Розгін, як правило, відбувається поетапно, починаючи з нижчих позицій рукоятки контролера машиніста з поступовим переходом на більш високі, пов'язаний з частою зміною положення рукоятки контролера, що обумовлює роботу дизеля переважно в перехідних режимах. Важливим динамічним властивістю тепловоза є прийомистість, тобто здатність швидко набрати навантаження при розгоні. Основними вимірювачами приємності є: значення прискорень в процесі розгону; тривалість розгону, тобто час, протягом якого швидкість зростає від прийнятого початкового значення швидкості до заданого кінцевого значення швидкості, шлях розгону. Інтенсивність розгону визначається характеристиками потужності показниками силової установки, тягової передачі і системи регулювання.

В статі наведені результати розрахунків при виконанні маневрової роботи на сортувальній гірці. Результати розрахунку показників виконання основних одиничних маневрових режимів роботи тепловозом ЧМЕЗТ при розформування складу з 30 вагонів на сортувальній гірці станції Лиман з використанням вищеописаної методики на рис. 3.

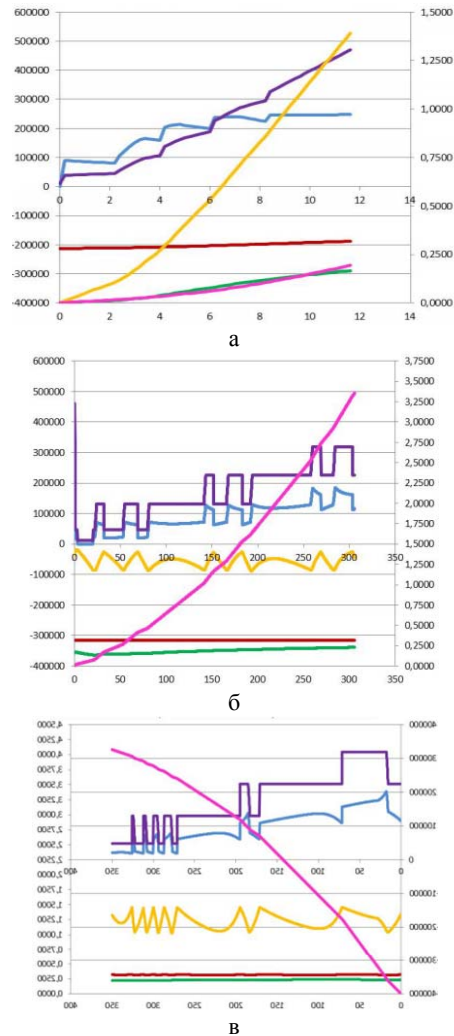


Рис 3. Показники роботи тепловоза при виконанні поодинокого режиму: а – розгін б – насув в – розпуск

Висновок. В статі були викладені вимоги та напрями для побудови імітаційної моделі маневрової роботи на горці яка складається представлена у вигляді безлічі одиничних режимів з моделюванням реальних процесів в силових установках і варіюванням маси складу в вигляді випадкової величини. Це дозволить з високою вірогідністю виконати розрахунок показників роботи маневрового тепловоза, уточнити витрату палива і виявити найбільш раціональні режими управління тепловозом, вплив перехідних процесів в дизелі на витрату палива при роботі в різних одиничних режимах і частка витрат палива, що припадає на цей режим на прикладі тепловоза ЧМЕЗТ.

Література

1. Краснянская С.Н. Исследование электрического тормоза с целью повышения экономичности и эксплуатационной надежности тепловозов: Автореферат дис. ... канд. техн. наук./ С.Н. Краснянская – М.:МИИТ, 1979. – 26 с.
2. Казанцев В.П. Выбор оптимальной мощности маневрового локомотива для работы на вытяжке в текущих эксплуатационных условиях и на перспективу [Текст]: дис. к. т. н. / В.П. Казанцев. – М.:1966. – 156с.
3. Гончаров Н.Е. Маневровая работа на железнодорожном транспорте [Текст] / Н.Е. Гончаров, В.П. Казанцев – М.: Транспорт, 1978. – 183 с.
4. Никипелый, С.О. Повышение эффективности работы тепловозов при применении накопителя энергии в силовой цепи [Текст]: дис. ... к. т. н.: спец. 05.22.07 – Подвижной состав железных дорог, тяга поездов и электрификация / С.О. Никипелый. – М.: МГУПС, 2011. – 167 с.
5. Лосев, Е.П. Эффективность применения накопителей энергии в силовых установках автономных локомотивов [Текст] : дис. ... к. т. н. : спец. 05.22.07 – Подвижной состав железных дорог и тяга поездов / Е.П. Лосев. – М.: МГУПС, 2000. – 211с.
6. Коссов Е.Е. Влияние эффективности накопителя энергии на топливную экономичность локомотива Е.Е. Коссов, В.А. Азаренко, А.Н. Корнев, М.М. Комарницкий // Локомотивинформ. – Харьков:Техностандарт. – №3, 2008. – С. 44 – 45.
7. Golubenko A. Energy of diesel locomotive's electrodynamic braking for increase of efficiency of diesel locomotive engines / A. Golubenko, V. Mogila, H. Nozhenko // Coll. of scientific labours. - 2007. – Issue 69. – P. 147 - 153
8. Liudvinavičius L. Lingaitis L. P. 2010. New locomotive energy management systems. / Maintenance and reliability = Eksploatacja i niezawodność / Polish Academy of Sciences Branch in Lublin. Warszawa. ISSN 1507-2711. No 1, 2010, p. 35-41
9. P. Barrade, Series connexion of Supercapacitors : comparative study of solutions for the active equalization of the voltage, École de Technologie Supérieure (ETS), Montréal, Canada, 2001
10. J. D. Boyes and H. H. Clark, Technologies for energy storage flywheels and super conducting magnetic energy storage, IEEE, 2000.
5. Losev E. P. Efficiency of use of energy storage in power plants of Autonomous Loco-motives [Text] : dis. ... Ph. D. : spec. 05.22.07 – dvojnój of Railways and deadlifts train / E. P. Lo-SEV. – M.: Moscow state railway University, 2000. – 211с.
6. Kossov, E. E. influence of the effectiveness of energy storage to fuel efficiency of locomotive E. E. Kossov, V. A. Azarenko, A. N. Kornev, M. Komarnicki // Locomotivity. – Kharkiv:Tekhnostandart. No. 3, 2008. – S. 44 – 45.
7. Golubenko A. Energy of diesel locomotive's electrodynamic braking for increase of efficiency of diesel locomotive engines / A. Golubenko, V. Mogila, Nozhenko H. // Coll. of scientific labours. - 2007. – Issue 69. – P. 147 – 153
8. Liudvinavičius L. Lingaitis L. P. 2010. New locomotive energy management systems. / Maintenance and reliability = Eksploatacja i niezawodność / Polish Academy of Sciences Branch in Lublin. Warszawa. ISSN 1507-2711. No 1, 2010, p. 35-41
9. P. Barrade, Series connexion of Supercapacitors: comparative study of solutions for the active equalization of the voltage, École de Technologie Supérieure (ETS), Montréal, Canada, 2001
10. J. D. Boyes and H. H. Clark, Technologies for energy storage flywheels and super conducting magnetic energy storage, IEEE, 2000.

References

1. Krasnyanskaya S. N. Investigation of electric brakes with the aim of increasing efficiency and of exploitation of operational reliability of locomotives: author's abstract of dis. kand. tech. Sciences./ S. N. Krasnyanskaya, M.:engineering, 1979. – 26 S.
2. Kazantsev V. P. the Choice of optimum capacity shunting locomotive to work on the hood in ongoing operating conditions and future prospects [Text]: dis. ... Ph. D. / V. P. Kazantsev. – M.:1966. – 156s anchor.
3. Goncharov N. E. Shunting work on railway transport [Text] / N. E. Goncharov, V. P. Ka-tancev – M.: Transport, 1978. – 183 S.
4. Nicely S. O. Improving the efficiency of the locomotives in the application of energy storage in the power circuit [Text]: dis. ... Ph. D.: spec. 05.22.07 – dvojnój of Railways, traction of trains and electrification of the S. O. Nicely. – M.: Moscow state railway University, 2011. – 167 p

Яровой Р.А., Чернецкая-Белецкая Н.Б. Методика имитационного моделирования режимов работы маневровых тепловозов.

Целью исследования является создание методики имитационного моделирования показателей работы маневрового тепловоза при работе на сортировочной горке. Предложенный новый подход для определения технико-экономических показателей маневровой работы на сортировочной горке. Разработана методика и создана имитационная математическая модель процессов, основанная на выполнении тяговых расчетов для типовых маневровых операций, состоящих из набора отдельных режимов, таких как работа дизеля на холостом ходу при стоянках, разгон, движение с постоянной скоростью, работа дизеля на холостом ходу при движении по инерции, торможения и электродинамическое торможение. Каждый полурейс включает в себя различные по сочетанию единичные режимы работы маневрового тепловоза, которые зависят от случайных величин. Для снижения энергетических затрат на маневровую работу рассмотрен вопрос эффективности применения накопителей энергии на маневровых локомотивах типа ЧМЕЗт. Проведен сравнительный анализ расхода топлива и динамических показателей при использовании накопителя энергии в силовой цепи и без него.

Ключевые слова: подвижной состав, маневровая работа, тяговый расчет, модернизация маневровых локомотивов, электродинамический торможения, накопления энергии, гибридный привод.

Yarovoy R., Chernetska-Biletska N. Method of imitation modeling of manifested thermal work modes.

The aim of the study is to create a methodology for simulation modeling of the performance of a shunting diesel locomotive when working on a sorting hill. The proposed new approach to determine the technical and economic indicators of shunting work on a hump yard. A methodology has been developed and an imitational mathematical model of process-

es has been created, based on performing traction calculations for typical shunting operations consisting of a set of individual modes, such as a diesel engine running at idling when stationary, accelerating, driving at a constant speed, running a diesel engine at idling speed inertia, braking and electrodynamic braking. Each half-cruise includes various single-unit modes of operation of a shunting diesel locomotive, which depend on random variables. To reduce energy costs for shunting work, the question of the efficiency of energy storage devices on shunting locomotives of the type ЧМЕЗТ was considered. A comparative analysis of fuel consumption and dynamic performance with the use of energy storage in the power circuit and without it.

Keywords: rolling stock, traction calculation, modernization of shunting locomotives, electrodynamic braking, energy storage, hybrid drive.

Яровой Р.О. – ст. викладач кафедри "Обчислювальної техніки та систем управління", УкрДУЗТ, м. Харків, Україна, e-mail: kzf_liman@bigmir.net.

Чернецька-Білецька Н.Б. – д.т.н., проф. кафедри «Логістичне управління та безпека руху на транспорті» СНУ ім. В. Даля, м. Северодонецьк.

Рецензент: д.т.н., проф. **Соколов В.І.**

Стаття подана 12.04.2019