

УДК 629.4

¹Фалендиш А.П. д.т.н., проф.
²Ю.В. Черняк, к.т.н., доц.
³Ю.В. Прилепський, к.т.н., доц.
⁴М.В. Володарець, аспірант
⁵Ю.В. Білецький, аспірант

ОБҐРУНТУВАННЯ ВИБОРУ СТРУКТУРИ РЕКУПЕРАТИВНОЇ СИСТЕМИ МОДЕРНІЗОВАНОГО МАНЕВРОВОГО ТЕПЛОВОЗА З ВИКОРИСТАННЯМ НАКОПИЧУВАЧІВ ЕНЕРГІЇ

^{1,4,5}Українська державна академія залізничного транспорту
²Державний економіко-технологічний університет транспорту,
³Донецький інститут залізничного транспорту

В статті розглянуті питання щодо модернізації маневрового тепловозу накопичувачами енергії і обґрунтування вибору структури рекуперативної системи модернізованого маневрового тепловоза з їх використанням.

Ключові слова: маневровий тепловоз, накопичувач енергії, силова установка, система рекуперації, електрична схема

Постановка проблеми. Ефективне використання паливо-енергетичних ресурсів на залізничному транспорті можливо за рахунок збільшення коефіцієнту корисної дії енергетичної системи та зменшення енергетичних втрат. Рекуперація енергії при експлуатації тягового рухомого складу є одним з найбільш раціональних шляхів енергозбереження.

Так, для електропоїздів доволі ефективною є система накопичення електричної енергії в конденсаторах великої ємності на гальмових режимах з подальшим її використанням на розгінних та тягових режимах. Для тепловозів з електричною передачею цей процес є ще більш актуальним, так як у даному випадку накопичення електричної енергії додатково може здійснюватись при роботі дизель-генераторної установки на холостому режимі.

Ефективність використання рекуперативних систем зростає з підвищенням нерівномірності руху поїзду при частих гальмуваннях та прискореннях, або при зміні напрямку руху. З вищесказаного можна зробити висновок, що на залізничному транспорті найбільший ефект від використання системи рекуперації електричної енергії може бути отриманий на маневрових тепловозах з електричною передачею, де спостерігається найбільша нерівномірність руху.

Мета статті. Проаналізувати можливість використання накопичувачів енергії на маневрових тепловозах та обґрунтувати вибір структури рекуперативної системи модернізованого маневрового тепловоза з їх використанням.

Викладення основного матеріалу. Застосування накопичувачів енергії у тяговій мережі локомотиву – є одним із шляхів зниження витрат палива на тягу в усьому світі [1].

Кількісна характеристика ступеня технічної досконалості об'єкта визначається його технічним рівнем і є складовою частиною технічної оцінки при загальній оцінці якості транспортних засобів.

Для локомотивів, що використовують в силовій мережі накопичувачі енергії, було розраховано коефіцієнти технічного рівня K по відношенню до тепловоза ЧМЭЗ та отримано наступні їх значення:

- $K(\text{ТА 436.05 (718)})=0,68,$
- $K(\text{ЛАМ-01})=0,52,$
- $K(\text{GG10K GreenKid})=1,02,$
- $K(\text{GG20B GreenGoat})=1,32.$

Виходячи з вищесказаного, можна зробити висновок про те, що створення гібридного локомотива на базі маневрового тепловоза ЧМЭЗ є доцільним рішенням.

У якості можливих накопичувачів енергії можуть бути використані акумуляторні батареї, конденсатори високої ємності, гіроскопічні апарати [2,3,4].

Застосування накопичувачів енергії, здатних сприймати різко змінні навантаження при одночасній стабілізації режиму роботи тепловозного двигуна, дозволить підвищити його надійність і екологічні показники й поліпшити економічні показники роботи силової установки тепловоза зі збереженням його тягової характеристики.

Основні параметри накопичувачів енергії наведено в таблиці 1 [4].

Таблиця 1

Основні параметри накопичувачів енергії

Показник	Тип накопичувача енергії				
	Електро-хімічний	Ємнісний		Електро-механічний	Зверх-провідний
		традиційний	суперконденсатор		
Ваговий, Дж/кг	$5,7 \cdot 10^4$	$1 \cdot 10^4$	$0,5 \cdot 10^4$	$9 \cdot 10^4$	$7,2 \cdot 10^4$
Об'ємний, Дж/м ³	$14 \cdot 10^7$	$0,01 \cdot 10^7$	$0,5 \cdot 10^7$	$0,26 \cdot 10^7$	$1 \cdot 10^7$
ККД	0,6...0,8	0,9	0,85...0,95	0,7...0,9	0,89
Кількість циклів	10^3	10^5	10^5	10^5	10^6
Довжина циклів	хв-год	мс	мс-хв	с-год	с-год
Витрати енергії за годину, %	4...6	3	0,02	6...17	0,15..0,4
Доля енергії обміну, %	87	95	-	92	98

В електричній транспортній рекуперативній системі обов'язково присутні як мінімум два енергетичні об'єкти, які в залежності від конкретних умов можуть виступати джерелом або споживачем електричної енергії: тяговий електричний двигун з кінетичним характером енергії та накопичувач електричної енергії. Обидва ці об'єкти в умовах руху мають власні електрорухомі сили.

Для проходження струму між джерелом електричної енергії та її споживачем є умова:

$$E_{дж} \supset E_{СП}, \quad (1)$$

де $E_{дж}$ - електрорухома сила джерела електричної енергії, В;

$E_{СП}$ - електрорухома сила споживача електричної енергії, В.

В умовах застосування рекуперативної системи на транспорті можливі 3 варіанти її роботи: гальмовий (режим накопичення), розгінний та тяговий режими.

Для ефективного використання електричної енергії та її накопичення аж практично до повної зупинки транспортного засобу необхідно виконання умови (1) незалежно від параметрів руху поїзду та ступені зарядженості накопичувача електричної енергії.

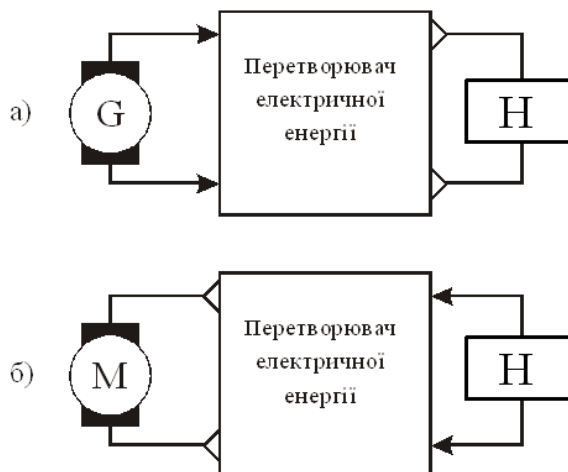


Рисунок 1 - Структурна блок-схема рекуперативної системи з перетворенням електричної системи. а) - режим накопичення енергії; б) - режим використання накопиченої енергії; G - машина постійного струму в режимі генератора; М - машина постійного струму в режимі двигуна; Н - накопичувач електричної енергії

Як виходить з показаної схеми, в режимі накопичення електричної системи джерелом електричної енергії для перетворювача буде тяговий двигун тепловозу, що працює як генератор в електрогальмовому режимі, а споживачем - накопичувач електричної енергії. При переході в

Для реалізації показаної умови необхідне перетворення електричної енергії. Це можливо здійснити двома основними способами: постійною зміною схеми комутації накопичувальних елементів в паралельно-послідовних ланцюгах, або включенням в систему регульованого перетворювача напруги з можливістю реверсної роботи в залежності від режиму системи рекуперації.

Перший спосіб має суттєві недоліки: складність комутаційної системи зі значною кількістю комутуючих потужних елементів, підвищена вірогідність виходу системи з ладу, надмірно розвинута мережа силових дротів, значна маса й габарити.

Другий спосіб дозволяє постійно підтримувати напругу на виході перетворювача значно більшою, ніж власна електрорухома сила споживача, а силу струму регулювати в залежності від необхідної потужності. Тому для рекуперативної системи обираємо другий спосіб перетворення. Структурна блок-схема рекуперативної системи наведена на рисунку 1.

тяговий або розгінний режими, накопичувач стає джерелом енергії, а двигун постійного струму - споживачем.

Показана схема рекуперації зводить до мінімуму кількість комутаційних елементів - тільки на перемикач перетворювача електричної енергії з режиму накопичення в режим використання і навпаки.

Для аналізу можливості застосування рекуперативної системи на маневровому тепловозі було розглянуто схеми включення силових мереж найбільш поширеного тепловоза цього класу, а саме ЧМЭЗ [5].

Електроенергетичні ланцюги маневрового тепловоза ЧМЭЗТ можуть бути комутовані в три схеми відповідно до режимів роботи тепловоза: схема пускового режиму, схема тягового режиму, схема електрогальмового режиму.

Найбільш прийнятною є схема включення гальмового режиму (рисунок 2).

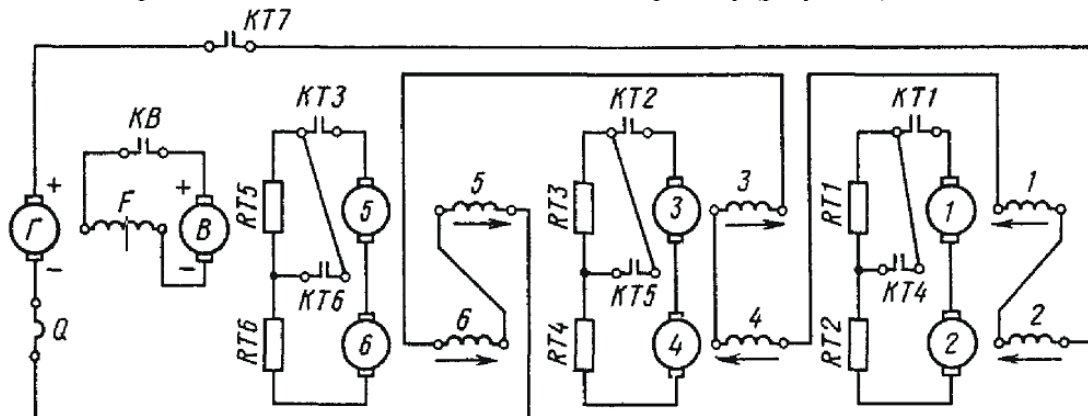


Рисунок 2 – Включення енергетичної мережі тепловозу ЧМЭЗТ в електрогальмовому режимі

В цьому випадку тяговий генератор постійно працює на живлення обмоток збудження, що створює в полюсах тягових електричних двигунів постійне магнітне поле. При цьому енергія, що споживається є мінімальною, а двигун внутрішнього згоряння може працювати на холостих, або близьких до них обертах. Якірні обмотки тягових електродвигунів, що ввімкнені послідовно-парно, постійно вмикаються на активні резистори RT1 – RT6, на яких гаситься енергія гальмування у вигляді теплової енергії, що виділяється у зовнішній простір.

В цьому випадку для ввімкнення рекуперативної системи контактори КТ1 – КТ3 розмикаються, рекуперативна система з'єднується паралельно з парно-послідовними ланцюгами якірних обмоток тягових двигунів і може діяти як в гальмовому режимі з накопиченням енергії в накопичувачі, так і в тяговому – з використанням накопиченої енергії.

При такому включенні рекуперативна система буде найбільш економічною. Крім того, вона легко може бути вимкнена натисненням відповідної кнопки або перемикача.

Висновки.

1) Розглянуті можливі схеми роботи силових агрегатів маневрового тепловозу ЧМЭЗ в пусковому, тяговому та електрогальмовому режимах;

2) Показано, що з найменшою зміною існуючої схеми та з можливістю в будь-який час перевести схему з рекуперацією в штатний режим, можливо в умовах електрогальмового включення. При цьому рекуперативна система може працювати як режимі накопичення електричної енергії, так і в режимі її використання.

Список літератури

1. Фалендыш А.П., Володарец Н.В. Использование гибридных передач на маневровых тепловозах // Локомотив-информ. – 2010. – Декабрь. – С. 4-7.
2. Коссов Е. Е., Азаренко В. А., Комарицкий М. М. К вопросу выбора мощностных характеристик перспективного автономного тягового подвижного состава // Транспорт Российской Федерации. — 2007. — № 10. — С. 20-21.
3. Гулиа Н.В. Накопители энергии / М.: Наука. —1980. — с.137-138.
4. А. В. Устенко, О. В. Пасько. Использование накопителей энергии для улучшения параметров локомотивов / Локомотив-информ. — 2012. — № 10. — С. 4-6.
5. З.Х. Нотик. Тепловозы ЧМЭЗ, ЧМЭЗТ, ЧМЭЗЕ. Посібник машиністові / М.: Транспорт. — 1996. — 444 с.