

УДК 629.424.4

ЕЛЕКТРИЧНИЙ МОТОРВАГОННИЙ РУХОМИЙ СКЛАД ПІДВИЩЕНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ

Магістри М. О. Задирака, О. В. Коваленко, В. Є. Табацький

ЭЛЕКТРИЧЕСКИЙ МОТОРВАГОННЫЙ ПОДВИЖНОЙ СОСТАВ ПОВЫШЕННОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ

Магистры Н. А. Задирака, А. В. Коваленко, В. Е. Табацкий

MODERNIZED ELECTRIC TRAIN WITH HIGH POWER EFFICIENCY

Masters N. O. Zadiraka, O. V. Kovalenko, V. E. Tabatskyu

Мінімізацію впливу коливання рівня напруги в контактній мережі на величину тягового зусилля в області високих швидкостей пропонується забезпечити шляхом використання додаткового джерела живлення. Математичне моделювання режимів тяги та електричного гальмування підтвердили ефективність прийнятих рішень.

Ключові слова: електропривод, тягове зусилля, швидкість руху.

Минимизацию влияния колебания уровня напряжения в контактной сети на величину тягового усилия в области высоких скоростей предлагается обеспечить путем использования дополнительного источника питания. Математическое моделирование режимов тяги и электрического торможения подтвердили эффективность принятых решений.

Ключевые слова: электропривод, тяговое усилие, скорость движения.

Minimize the influence of fluctuations in the level of contact network voltage on the value of traction at high speeds is proposed by provide additional source of power supply. Proposed traction electric drive train type EPL9T, ER9T, additionally equipped with a power source, including its series with the main circuit. To improve mass-overall performance of additional equipment is proposed to increase the frequency of the output voltage additional power source. The way for additional energy sources proposed traction motors that operate in generator mode with the electric braking rheostat. The proposed circuit design solution contributes to the braking mode electric energy storage, and a significant expansion of effective braking. Determined that the value of the accumulated energy for proposed system depends on the initial voltage on capacitor. Mathematical modeling of the regimes of traction and braking confirmed the effectiveness of the decisions taken.

Keywords: electric drive, traction effort, speed of movement.

Вступ. Забезпечення конкурентоспроможності пасажирських перевезень залізничним транспортом потребує вирішення комплексу завдань, у тому числі завдань щодо підвищення маршрутних швидкостей руху та зниження витрат електроенергії на тягу.

Існуючий електричний моторвагонний рухомий склад (електропоїзди) залізниць України має подібні технічні характеристики за цілим рядом параметрів: конструкційна швидкість, прискорення при пуску та уповільнення при гальмуванні, швидкість сполучення на умовній ділянці, довжина умовної ділянки, кількість моторних осей, тип тягових двигунів та інше, і, як наслідок, швидкісні характеристики, характерною особливістю яких є те, що залишкове прискорення електропоїзда при швидкості руху 130 км/год дорівнює приблизно 0. Очевидно, що зазначене не сприяє забезпеченню підвищення маршрутних швидкостей руху та зниженню витрат електроенергії на тягу.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. У цілому підхід щодо формування вимог до електропоїздів приміського сполучення не зазнав значних змін [1-3]. Але вимоги часу, пов'язані з необхідністю забезпечення конкурентоспроможності залізничного транспорту, потребують уточнення як цих вимог, так і бачення перспективи в застосуванні даного типу рухомого складу [4].

Безумовно, суттєве зниження сили тяги в області високих швидкостей, що характерно для електропоїздів, негативно впливає не лише на їх швидкісні характеристики, а і на рівень споживання електроенергії на тягу при забезпеченні високих значень маршрутних швидкостей [5]. Якщо прийняти до уваги той факт, що рівень напруги живлення в контактній мережі може коливатись у досить широкому діапазоні, то її зниження, тим більше, може призвести не лише до ускладнення в забезпеченні маршрутної швидкості, а і до суттєвих перевитрат електроенергії [6].

Вихід за цих умов вбачається в модернізації існуючого парку електропоїздів у плані реалізації заходів, які забезпечували б збільшення тягового зусилля електропоїзда в області високих швидкостей при одночасному зниженні витрат електроенергії [7-10].

Визначення мети та задачі дослідження. Основним завданням дослідження визначено необхідність розроблення заходів щодо модернізації електропривода електропоїздів змінного струму з метою мінімізації впливу коливання рівня напруги в контактній мережі на величину тягового зусилля в області високих швидкостей, а також зниження витрат електроенергії на тягу.

Основна частина дослідження. Мінімізацію впливу коливання рівня напруги в контактній мережі на величину

тягового зусилля в області високих швидкостей можна забезпечити шляхом використання додаткового джерела живлення. Пропонується тяговий

електропривод електропоїзда типу ЕПЛ9Т ЕР9Т додатково обладнати джерелом живлення, включивши його послідовно з основним (рис. 1).

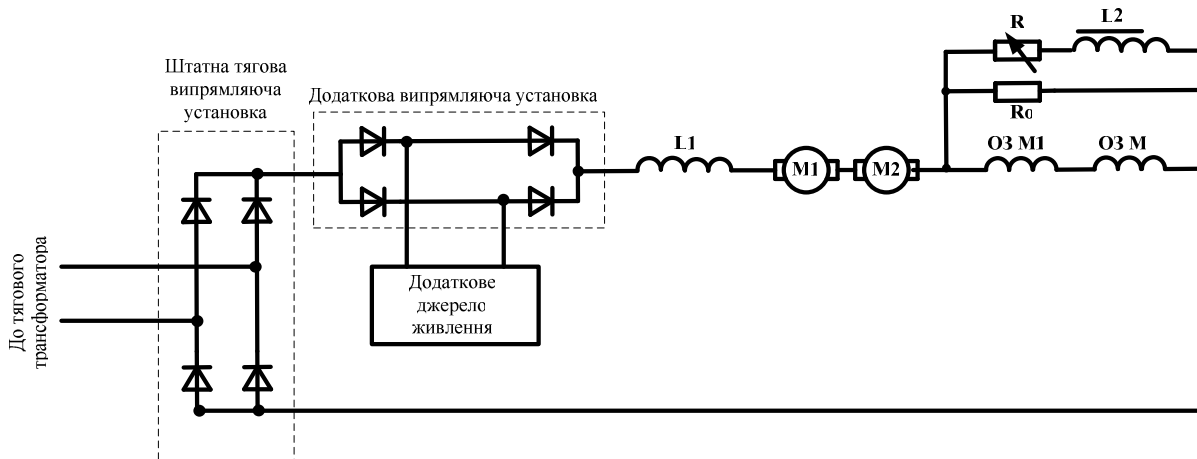


Рис. 1. Спрощена модернізована схема силової схеми електропоїзда змінного струму з додатковим джерелом живлення

Проведені дослідження режиму тяги при модернізованому електроприводі за допомогою імітаційної моделі, реалізованій у середовищі програмного забезпечення MATLAB, підтвердили ефективність прийнятого рішення.

Для поліпшення масо габаритних показників додаткового обладнання

запропоновано збільшити частоту вихідної напруги додаткового джерела живлення до $f = 1000$ Гц. Осцилограми напруг живлення тягових електричних двигунів (ТЕД) при зниженій напрузі живлення на пантографі і ввімкненому додатковому джерелі живленні подано на рис. 2.

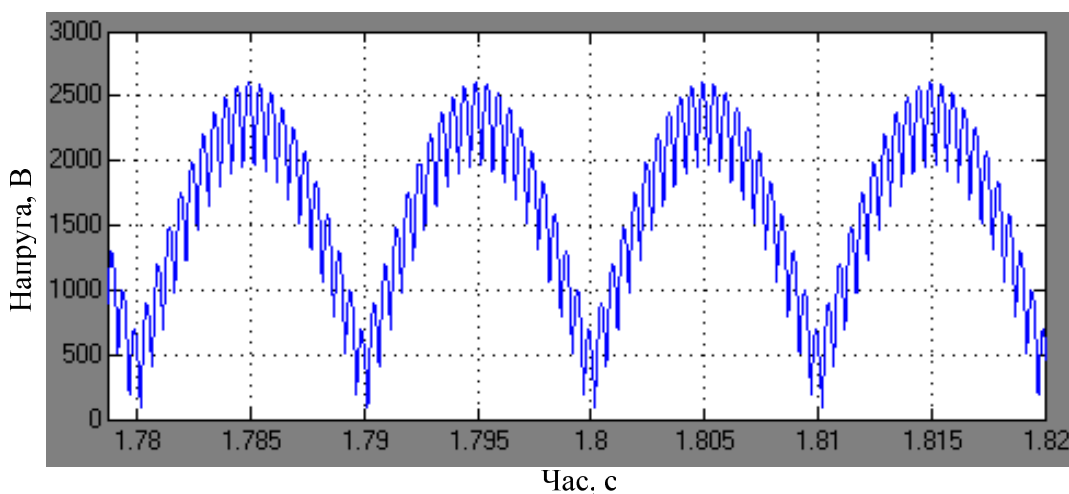


Рис. 2. Осцилограми напруг живлення ТЕД при зниженій напрузі в контактній мережі. Додаткове джерело ввімкнено ($f = 1000$ Гц)

Що стосується питання живлення додаткового джерела енергії, то основним джерелом енергії можуть бути ТЕД, які працюють у генераторному режимі при електричному гальмуванні. На рис. 3 показана спрощена структурна схема системи накопичення енергії при реостатному гальмуванні, де M1, M2 – тягові електричні двигуни ТЕД; O3 M1, O3 M2 – обмотки

збудження ТЕД моторного вагона, підключені до перетворювача UA2; R1, R2 – гальмівний резистор; UA – пристрій акумулювання енергії; UA1, UA2 – статичні перетворювачі; UA3 – статичний перетворювач, призначений для регулювання струму збудження ТЕД; Uy1, Uy2, Uy3 – сигнали управління статичними перетворювачами; L – дросель.

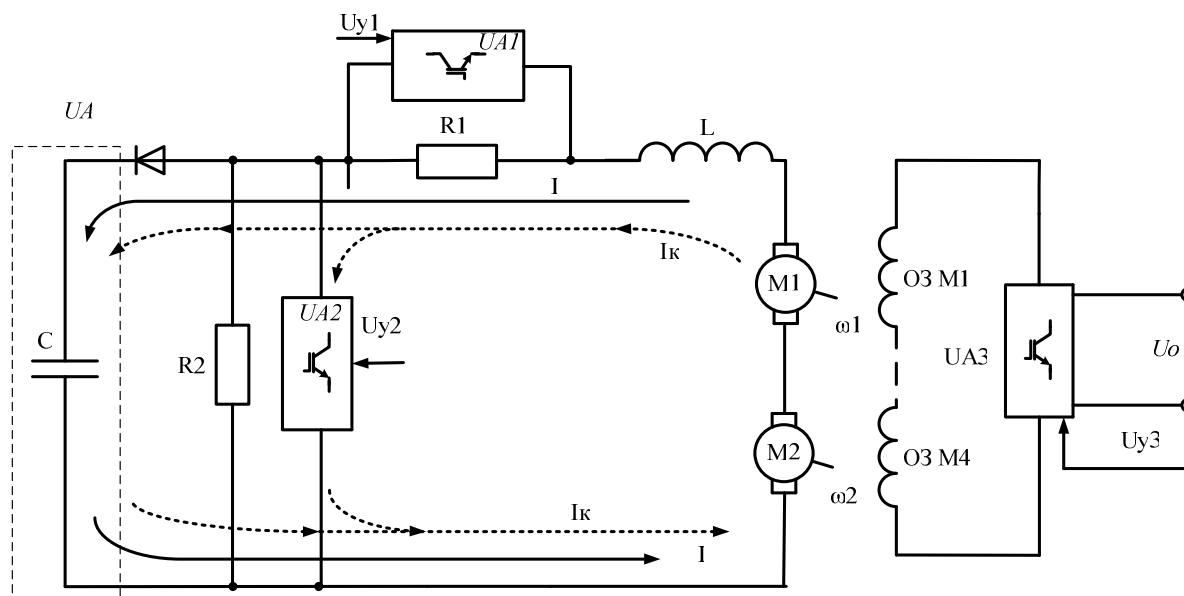


Рис. 3. Спрощена структурна схема системи накопичення енергії при реостатному гальмуванні

Запропоноване схемне рішення сприяє реалізації в режимі електричного гальмування акумулюванню енергії та значному розширенню області ефективного гальмування, що знайшло підтвердження при проведенні досліджень схеми модернізованого електропривода електропоїзда ЕПЛ9Т в режимі електричного гальмування при імітаційному моделюванні в програмному середовищі MATLAB (рис. 4).

При цьому слід зазначити, що, незалежно від початкового значення напруги на конденсаторі накопичуючого пристрою, забезпечується необхідна величина гальмівного зусилля. Що стосується величини накопиченої енергії,

то вона залежить від початкової напруги на конденсаторі – чим менше початкове значення напруги, тим менше енергії буде акумульовано.

Висновки з дослідження і перспективи, подальший розвиток у даному напрямку. Запропоноване рішення щодо модернізації електроприводу електропоїзду типу ЕПЛ9Т дозволяє зменшити витрати електроенергії на тягу за рахунок мінімізації впливу коливань рівня напруги в контактній мережі при високих швидкостей руху та повторного використання енергії, яка виділяється при гальмуванні.

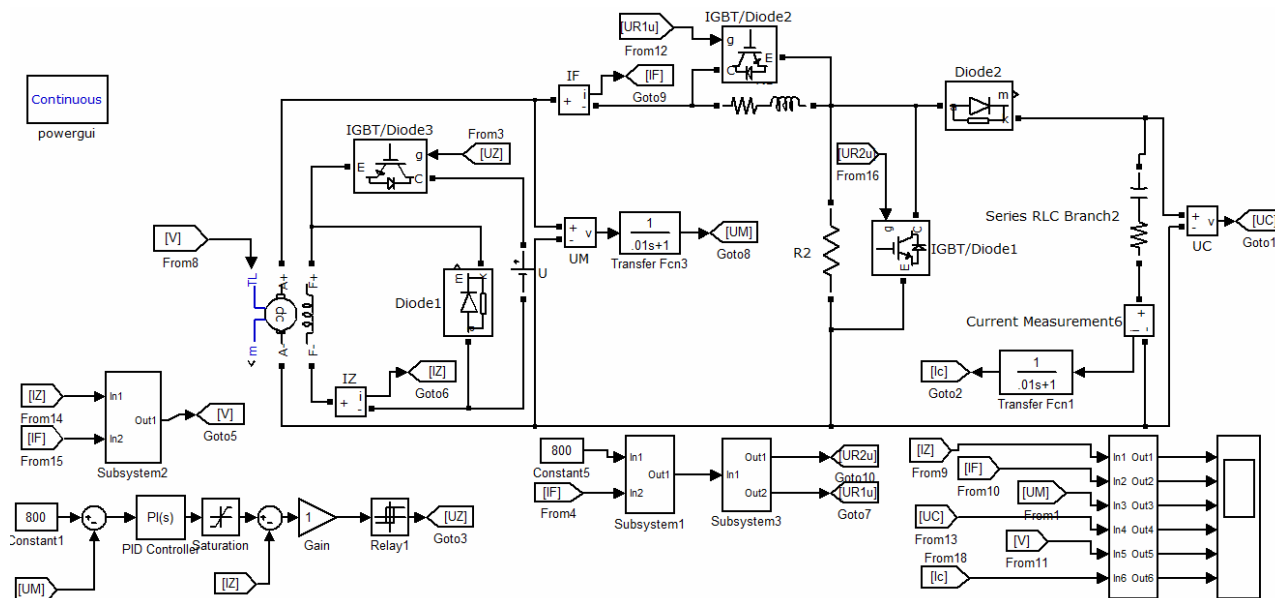


Рис. 4. Модель тягового електропривода в режимі електричного гальмування, реалізована в середовищі MATLAB.

Список використаних джерел

1. Проектирование систем управления электроподвижным составом [Текст] / Н. А. Романов, Д. Д. Захаров, А. В. Плакс, В. И. Некрасов, Ю. М. Иньков; под ред. Н. А. Ротанова. – М.: Транспорт, 1986. – 327 с.
2. Яцько, С. І. Основні напрямки підвищення конкурентоспроможності вітчизняного електричного моторвагонного рухомого складу [Текст] / С. І. Яцько // Зб. наук. праць. – Харків: УкрДАЗТ, 2008. – Вип. 97. – С. 16-25.
3. Яцько, С. І. Розвиток наукових основ визначення характеристик перспективного моторвагонного рухомого складу [Текст] / С. І. Яцько // Матеріали докладів 24-й междунар. конф. «Перспективні комп'ютерні системи для залізничного транспорту України» (г. Алушта, Україна, 2011 г.) // Інформаційно-керуючі системи на залізничному транспорті. – 2011. – № 5. – С. 103-105.
4. Басов, Г. Г. Розвиток електричного мотоввагонного рухомого складу [Текст] / Г. Г. Басов, С. І. Яцько. – Харків: «Апекс+», 2005. – Ч. 2. – 248 с.
5. Scheepmaker, G. Energy-efficient train control including regenerative braking with catenary efficiency [Text] / G. M. Scheepmaker, R. M. P. Goverde // Intelligent Rail Transportation (ICIRT). – 2016. – P. 515-522.
6. Emadi, A. Power electronics intensive solutions for advanced electric, hybrid electric, and fuel cell vehicular power systems [Text] / A. Emadi, S. S. Williams, A. Khaligh // IEEE Transactions on power electronics. – 2006. – Vol. 21, N. 3. – P. 567-577.
7. Iannuzzi, D. Improvement of the energy recovery of traction electrical drives using supercapacitors [Text] / D. Iannuzzi // 13th International Power Electronics and Motion Control Conference. – 2008. – P. 1469-1474.
8. Choi, W. Fuel cell UPS Systems: Design Considerations [Text] / W. Choi, P. Enjeti, J. W. Howze // Power Electronics Specialist Conference IEEE 34th Annual. – 2003. – P. 385-390.

9. Zeraoulia, M. Electric motor drive selection issues for HEV propulsion Systems: a comparative study [Text] / M. Zeraoulia, M. H. Benbouzid, D. Diallo // IEEE Transactions on vehicular technology. – 2006. – Vol. 55, Is. 6. – P. 1756-1764.

10. Gu, Q. Energy efficient driving strategy for trains in MRT systems [Text] / Q. Gu, F. Cao // Intelligent Transportation Systems (ITSC). – 2012. – P. 427-432.

Задирака Микита Олександрович, магістр кафедри електроенергетики, електротехніки та електромеханіки Українського державного університету залізничного транспорту. Тел.: (068) 00-89-616.

Коваленко Олександр Васильович, магістр кафедри електроенергетики, електротехніки та електромеханіки Українського державного університету залізничного транспорту. Тел.: (099) 96-81-436.

Табацький Віталій Євгенійович, магістр кафедри електроенергетики, електротехніки та електромеханіки Українського державного університету залізничного транспорту. Тел.: (099) 96-81-436.

Zadiraka Nikita Oleksandrovych, master chair electricity, electrical and electro Ukrainian State University of Railway Transport. Tel. (068) 00-89-616.

Kovalenko Oleksandr Vasylovych, master chair electricity, electrical and electro Ukrainian State University of Railway Transport. Tel. (099) 96-81-436.

Tabatskyuy Vitaly Evgenevich, master chair electricity, electrical and electro Ukrainian State University of Railway Transport. Tel. (099) 96-81-436.

Стаття прийнята 24.10.2016 р.