

РЕКУПЕРАТИВНИЙ РЕЖИМ ІЗ АКТИВНИМ СПОЖИВАЧЕМ НА ДІЛЯНЦІ КОНТАКТНОЇ МЕРЕЖІ

Вінницький національний технічний університет

Анотація

Проведено детальний аналіз режимів рекуперативного гальмування засобів рухомого складу міського електричного транспорту та запропоновано критерії порівняльної оцінки енергоефективності цих режимів, що дозволяє підвищити ефективність використання енергії електричних гальмувань міського електричного транспорту.

Ключові слова: міський електричний транспорт, система електропостачання, рекуперація, контактна мережа, тяговий режим.

Abstract

A detailed analysis of urban electric transport rolling stock recuperative braking modes has been carried out. The criteria of energy efficiency comparative estimation of these regimes have been proposed, which allows to increase the efficiency of electric energy use of urban electric transport electric braking.

Keywords: city electric transport, power supply system, recovery, contact network, traction mode.

Вступ

Міський електричний транспорт (МЕТ) – складова частина єдиної транспортної системи, призначена для перевезення громадян трамваями, тролейбусами, поїздами метрополітену на маршрутах (лініях) відповідно до вимог життєзабезпечення населених пунктів [1].

Актуальним питанням світової енергетики є зниження електроспоживання всіх електроприймачів. Досить вагомим споживачем електричної енергії є міський електричний транспорт [1]. Щороку в салони, наприклад, вінницького транспорту загального користування заходить понад 170 млн. пасажирів. 70% з них перевозить пасажирський електротранспорт.

Питання, пов'язане зі зниженням енерговитрат шляхом створення високотехнологічних зразків транспортних засобів та забезпечення енергоефективних режимів їх роботи, є актуальним для міського електричного транспорту в цілому, де енергетична складова в даний час досягає 30 ... 50 % від загальних витрат комунальних підприємств.

Одним із основних напрямків зниження електроспоживання міського електричного транспорту є повернення електричної енергії в мережу або передача її в накопичувач енергії (НЕ) при електричному гальмуванні [2]. При такому гальмуванні трамвай (тролейбус) може віддавати в мережу до 40% спожитої ним енергії з одночасним істотним зниженням зносу механічних гальмівних пристроїв.

Мета роботи полягає у проведенні детального аналізу режимів електричного гальмування засобів рухомого складу (ЗРС) міського електричного транспорту та розробці критеріїв порівняльної оцінки енергоефективності цих режимів з метою підвищення ефективності використання енергії електричних гальмувань електротехнічного комплексу «система електропостачання – електротранспорт міста» із врахуванням особливостей чергування режимів його роботи.

Результати дослідження

При здійсненні рекуперативного гальмування на схилі або з метою зниження швидкості, а також перед зупинкою ЗРС, тягові двигуни переводяться в генераторний режим. Накопичена ЗРС механічна енергія перетворюється в електричну, передається через тягову мережу іншим споживачам, в першу чергу ЗРС, які в цей час працюють в тяговому режимі (активному ЗРС). Таким чином, при рекуперації МЕТ працює паралельно із джерелами живлення. Дана особливість визначає умови

роботи ЗРС МЕТ при рекуперативному гальмуванні і створює абсолютно особливі умови для роботи системи електропостачання, вплив яких необхідно враховувати [2].

Під час здійснення рекуперативного гальмування на ділянках контактної мережі (КМ) з'являється рухоме джерело енергії, яке розвантажує підстанції та підвищує напругу в тяговій мережі, тим самим покращуючи умови роботи ЗРС, що знаходиться в тяговому режимі. Найбільш економічним при рекуперації є такий режим, при якому вся вироблена енергія передається іншому ЗРС, який знаходиться поблизу в режимі тяги. Проте це не завжди є можливим [3].

Справа в тому, що основною особливістю роботи системи тягового електропостачання (СТЕ) при рекуперації є значно більша, ніж в режимі тяги, залежність умов роботи пристроїв електропостачання від рівня напруги. Саме тому, під час розрахунків режимів рекуперативного гальмування необхідно враховувати діючі рівні напруги як на тягових підстанціях, так і на ЗРС. Крім цього, слід взяти до уваги, що, якщо в режимі тяги напруга в контактній мережі в тій чи іншій мірі впливає на швидкість ЗРС, пропускну здатність та інші показники, то при рекуперативному гальмуванні від рівня напруги в контактній мережі і на підстанціях залежать не тільки економічні показники, а й сама можливість рекуперації [3].

Варто відзначити, що кількість надлишкової енергії рекуперації залежить від щільності ЗРС на ділянці контактної мережі, відстаней між пунктами зупинок, технічних характеристик приймачів енергії, місця їх розміщення та режимів роботи системи електропостачання в цілому. При цьому, чим меншими є надлишкові струми (при одних і тих же струмах рекуперації ЗРС), тим більша частина енергії рекуперації використовується ЗРС, що працює в режимі тяги, і тим меншою є необхідна потужність самих приймачів [3, 4].

Вагомим чинником здійснення рекуперативного гальмування із активним споживачем на ділянці контактної мережі є розподіл напруги уздовж КМ. При відсутності рекуперації напруга на струмоприймачах ЗРС, що знаходяться в режимі тяги, завжди є нижчою напруги холостого ходу тягових підстанцій, а при рекуперації вона може бути вищою, як на навантаженнях, так і на шинах тягових підстанцій.

Таким чином, необхідно створити такі умови, при яких енергія рекуперативного гальмування завжди може бути сприйнята приймачем із мінімальним часом його роботи.

Основне завдання вибору при проектуванні приймача енергії для впровадження в систему тягового електропостачання і місця його розміщення (ТП, міжфідерна зона, ділянка контактної мережі) пов'язана із визначенням ймовірності збігів актів тяги та гальмування. Отримані значення ймовірностей визначають величину надлишкової енергії рекуперації, на основі якої проводяться розрахунки величин струмів, рівнів напруг, об'ємів і часу роботи активного споживача на ділянці контактної мережі [5, 6].

Із впровадженням чітко налагодженої системи рекуперативного гальмування на міському електричному транспорті відбудуватиметься зменшення споживання електричної енергії із системи первинного електропостачання, підвищення надійності системи тягового електропостачання та часу роботи обладнання за рахунок зниження ефективного струму лінії, зниження навантаження в тяговій мережі в моменти пуску транспортних засобів, значне підвищення пропускну здатності ліній, підвищення маневреності міського транспорту, зниження собівартості транспортної роботи і, як наслідок, підвищення конкурентоздатності тролейбусів (трамваїв).

Висновки

Проведено детальний аналіз можливих режимів рекуперативного гальмування засобів рухомого складу (ЗРС) міського електричного транспорту та запропоновано критерії порівняльної оцінки енергоефективності цих режимів з метою підвищення ефективності використання енергії електричних гальмувань міського електричного транспорту.

Запропонована методика отримання значень ймовірностей для визначення величин надлишкової енергії рекуперації, на основі якої проводяться розрахунки величин струмів, рівнів напруг, об'ємів і часу роботи активних споживачів на ділянці контактної мережі.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Байрыева Л.С. Электрическая тяга. Городской наземный транспорт / Л.С. Байрыева, В.В. Шевченко. — М. : Транспорт, 1986. — 206 с.

2. Сопов В.И. Эффективность использования энергии рекуперации при торможении подвижного состава / В.И. Сопов, Н.И. Щуров; Совершенствование технических средств электрического транспорта: Сб. научн. тр. НГТУ — Новосибирск: Изд-во НГТУ, 2001. — Вып. 2-е. 126 - 136.
3. Ито Ж. Система тягового электроснабжения постоянного тока для участков обращения электропоездов с рекуперативным торможением / Ж. Ито, Т. Ито. — Железные дороги мира 1997, №4. — с.43 - 47.
4. Щуров Н.И. Повышение эффективности использования электрической энергии в подсистеме электрического транспорта / Н.И. Щуров, В.И. Сопов, А.А. Штанг, Ю.А. Прокушев; Совершенствование технических средств электрического транспорта: Сб. научн. тр. — Новосибирск: Изд-во НГТУ, 2002. — с. 6 - 20.
5. Сопов В.И. Эффективность использования энергии рекуперации при торможении подвижного состава / В.И. Сопов, Н.И. Щуров; Совершенствование технических средств электрического транспорта: Сб. научн. тр. НГТУ — Новосибирск: Изд-во НГТУ, 2001. — Вып. 2-е. 126 - 136.
6. Марквардт, К.Г. Работа системы электроснабжения при рекуперации энергии. — Техника железных дорог 1955, №4. — с. 19-20.

Олександр Анатолійович Паянок — к.т.н., доцент кафедри відновлювальної енергетики та транспортних електричних систем і комплексів, Вінницький національний технічний університет, Вінниця, e-mail: oapayanok@gmail.com.

Payanok Oleksandr A — Cand. Sc. (Eng), Assistant Professor of Renewable energy and transportation systems and electrical systems, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, e-mail: oapayanok@gmail.com.