

УДК 629.4

О.М. Петренко, І.О. Костенко, А.М. Мовчан

Харківський національний університет міського господарства ім. О.М. Бекетова, м. Харків

АНАЛІЗ ЕНЕРГОВИТРАТ ЕЛЕКТРИЧНИМ ТРАНСПОРТОМ ПРИ РІЗНИХ СПОСОБАХ ОСЛАБЛЕННЯ ПОЛЯ

В статті розглянуто методику розрахунку енергетичної ефективності роботи пристроїв регулювання швидкості тягових електричних двигунів змішаного збудження постійного струму рухомого складу міського електротранспорту. Наведено розрахункові криві руху тролейбуса на вибраному проміжку шляху реального маршруту № 3 міста Харкова. За їх допомогою розраховані витрати електроенергії на ослаблення поля.

Ключові слова: електричний транспорт, ослаблення поля, енерговитрати, тролейбус, енергоефективність.

Постановка проблеми

Міський електричний транспорт є одним з найбільших споживачів електричної енергії. Тому навіть невелике зниження питомих витрат електричної енергії може дати значний ефект.

Одним з основних способів зниження рівня витрат електричної енергії в міському електротранспорті є розробка та впровадження енергоефективного електроприводу. Дослідження в цьому напрямку доводять, що можна підвищити енергоефективність шляхом впровадження нових технологій та сучасних конструкторських розробок [1-2].

Якщо мова йде про можливу економію енергії на транспорті, то це неможливо зробити не провівши оцінку енерговитрат, з урахуванням різних факторів роботи рухомого складу на маршрутах.

Був проведений енергетичний аудит рухомого складу тролейбусного депо № 2 міста Харкова. Його метою було визначення можливостей економії пристроєм для ослаблення поля тягових двигунів з використанням DC-DC перетворювача [3].

Об'єктами енергетичного аудиту були тролейбуси марок: TROLZA, LAZ - E301D1 і ZiU - 9. Обстеження проводилося на тролейбусному маршруті № 3 міста Харкова вул. 12 -го Квітня - вул. Університетська. Цей маршрут було обрано з урахуванням того, що він є найдовшим тролейбусним маршрутом у місті Харкові – довжина рейсу в прямому напрямку – 15,65 км, у зворотному напрямку – 15,90 км. На маршруті довжина ділянок між зупинками змінюється від 300 м до 700 м.

Для побудови кривих руху та подальших розрахунків було взято відрізок шляху довжиною у 455 метрів (від зупинки «Торговий комплекс» до

зупинки «Інфекційна лікарня»). З урахуванням електромеханічних характеристик тягового двигуна ДК-210А3 та середньої завантаженості тролейбуса були побудовані криві руху, які представлені на рис. 1 [4-6]. На кривій V(S) показані характерні точки для яких виконувались розрахунки. Ділянка «а-б» відповідає роботі рухомого складу на першій ступені ослаблення поля. Ділянка «б-в» характеризує роботу рухомого складу на останній ступені ослаблення поля [7-8].

Розрахунок енерговитрат

Витрати енергії рухомих складом під час руху на ослабленому полі визначаємо за допомогою рис.1, користуючись кривими часу та спожитого струму для відповідних ділянок[9-10]. Витрати енергії будуть дорівнювати:

$$A = \frac{I \times U \times t}{1000 \times 3600}, \quad (1)$$

де I – середній струм спожитий на відповідній ділянці перегону;

U – напруга контактної мережі;

t – час руху на відповідній ділянці перегону.

Ділянка «а-б»: I = 280 А; t = 3 с.

$$A(\text{«а-б»}) = \frac{280 \times 550 \times 3}{1000 \times 3600} = 0,128 \text{ (кВт}\times\text{г)}.$$

Ділянка «б-в»: I = 175 А; t = 10 с.

$$A(\text{«б-в»}) = \frac{175 \times 550 \times 10}{1000 \times 3600} = 0,267 \text{ (кВт}\times\text{г)}.$$

Величини резисторів ослаблення поля при різних коефіцієнтах регулювання збудження знаходились за допомогою виразу:

$$R_{ш} = \frac{\alpha \times R_b}{1 - \alpha} \quad (2)$$

Де α – коефіцієнт регулювання збудження;

$R_b = 0,0648$ – активний опір обмотки збудження з урахуванням температури нагріву.

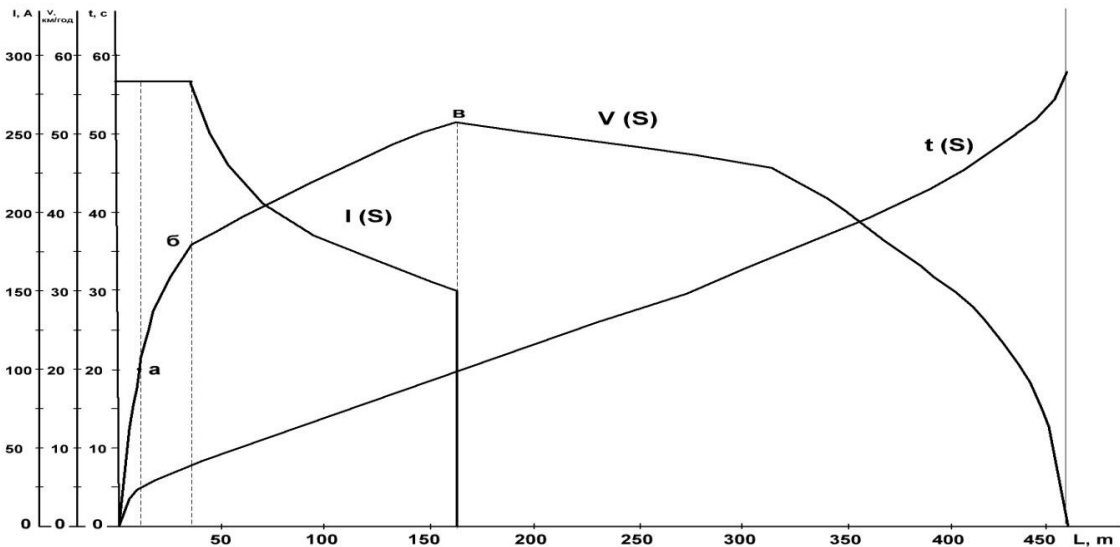


Рис.1. Криві руху тролейбуса TROLZA на маршруті №3. Залежності спожитого рухомим складом струму I, швидкості V та часу t від довжини перегону S.

Втрати енергії в резисторах ослаблення поля при $\alpha = 0,5$ та $\alpha = 0,3$:

$$A = \frac{I_{ш}^2 \times R_{ш} \times t}{1000 \times 3600}, \quad (3)$$

де $I_{ш}$ – струм резистора ослаблення поля

$$I_{ш} = I_{я} - I_{з}, \quad (4)$$

$$I_{з} = I_{я} \times \alpha, \quad (5)$$

де $I_{з}$, $I_{я}$ – відповідно струм якоря та обмотки збудження тягового двигуна.

Для ділянка «а-б»:

$$A_{оп1} = \frac{140^2 \times 0,0648 \times 3}{1000 \times 3600} = 0,0010584 \text{ (кВт}\times\text{г)}.$$

Для ділянка «б-в»:

$$A_{оп2} = \frac{123^2 \times 0,027 \times 10}{1000 \times 3600} = 0,001135 \text{ (кВт}\times\text{г)}.$$

Енергія, яка розсіюється в колі шунтової обмотки при роботі класичної схеми ослаблення поля:

$$A_{ш} = \frac{I_{ш}^2 \times R_{ш} \times t}{1000 \times 3600}, \quad (6)$$

де $I_{ш} = 1,24$ – струм шунтової обмотки при роботі класичної на ослабленому полі;

$R_{шш}$ – активний опір кола шунтової обмотки

$$A_{ш} = \frac{1,24^2 \times 442 \times 13}{1000 \times 3600} = 0,0025 \text{ (кВт}\times\text{г)}.$$

За рахунок впровадження схеми ослаблення поля з використанням DC-DC перетворювача втрати енергії $A_{оп1}$, $A_{оп2}$ та $A_{ш}$ будуть відсутні. Економія енергії у відсотковому співвідношенні при цьому може бути знайдена за допомогою виразу:

$$E = \frac{A_{оп1} + A_{оп2} + A_{ш}}{(A_{з-б} + A_{б-в}) - (A_{оп1} + A_{оп2} + A_{ш})} \times 100\%, \quad (7)$$

$$E = \frac{0,00106 + 0,001135 + 0,0025}{(0,128 + 0,267) - (0,00106 + 0,001135 + 0,0025)} \times 100 = 1,3\%$$

Висновки

1. Запропонована методика розрахунку енерговитрат при використанні різних схем ослаблення поля.

2. Відповідно до запропонованої методики схема ослаблення поля з використанням DC-DC перетворювача дозволить знизити енерговитрати на 1,3 %

Література

1. Ефремов И.С. Теория городских пассажирских перевозок / Ефремов И.С., Кобозев В.М., Юдин В.А. Уч. пособие для вузов. - М.: Высш. школа, 1980. - 535 с.
2. Андрійченко В.П. Вдосконалення способу регулювання збудження тягових двигунів постійного струму / Андрійченко В.П., Закурдай С. О., Костенко І. Східно-Європейський журнал передових технологій ISSN 1729-3774. Вип. 1/8 (67), 2014. -50 с.
3. Корягина Е.Е. Электрооборудование трамваев и троллейбусов / Е.Е. Корягина, О.А. Коськин. - М.: Транспорт, 1982. - 296 с.
4. Щуров Н.И. Теория электрической тяги: Учеб. пособие. - Новосибирск: Изд-во НГТУ, 2004. - 100с.
5. Розенфельд В. Е. Теория электрической тяги / В. Е. Розенфельд, И. П. Исаев, Н. Н. Сидоров, М.И. Озеров; Под ред. И.П. Исаева. - М.: Транспорт, 1995.-294 с.
6. Пушков П.М. Основы электрической тяги. Ч.1. Характеристики основных режимов движения поезда: Уч. пособие для студентов специальности 7.092.202 – «Электрический транспорт». - Харьков, ХГАГХ, 2001. - 187с.

7. Ефремов И.С. Теория и расчет электрического оборудования подвижного состава городского электрического транспорта / Ефремов И.С. Косарев Г.В. М.: Высшая школа, 1976.

8. Тихменев Б.Н. Подвижной состав электрифицированных железных дорог Теория работы электрооборудования. Электрические схемы и аппараты / Тихменев Б.Н., Трахтман Л.М. Учебник для вузов ж.-д. трансп. – 4-е изд., перераб. и доп. – М.: Транспорт, 1980. – 471 с.

9. Гофман Ю.В. Законы, формулы, задачи физики. Справочник. – К.: «Наук. думка», 1977. – 576 с.

10. Визначення питомих витрат електроенергії трамвайними вагонами. Методичні рекомендації. Експериментальний спосіб: ГКН 04.05.006:2006. – К.: Міністерство будівництва, архітектури та житлово-комунального господарства України, 2006+. – 17 с. – (Нормативний документ Міністерства будівництва, архітектури.

Рецензент: д-р техн. наук проф. В.П. Шпачук Харківський національний університет міського господарства ім. О.М. Бекетова, Харків.

Автор: ПЕТРЕНКО Олександр Миколайович Харківський національний університет міського господарства ім. О.М. Бекетова, к. т. н. E-mail – Petersanya2007@mail.ru

Автор: КОСТЕНКО Іван Олександрович Харківський національний університет міського господарства ім. О.М. Бекетова, асистент E-mail – ks170685@ukr.net

Автор: МОВЧАН Анастасія Миколаївна Харківський національний університет міського господарства ім. О.М. Бекетова, аспірант E-mail – st-2008-1@mail.ru

АНАЛИЗ ЭНЕРГОЗАТРАТ ЭЛЕКТРИЧЕСКИМ ТРАНСПОРТОМ ПРИ РАЗЛИЧНЫХ СПОСОБАХ ОСЛАБЛЕНИЯ ПОЛЯ

А.Н. Петренко, И.А. Костенко, А.Н. Мовчан

В статье рассмотрена методика расчета энергетической эффективности работы устройств регулирования скорости тяговых электрических двигателей смешанного возбуждения постоянного тока подвижного состава городского электротранспорта. Приведены расчетные кривые движения троллейбуса на выбранном промежутке пути реального маршрута № 3 города Харькова. С их помощью рассчитаны затраты электроэнергии на ослабление поля.

Ключевые слова: электрический транспорт, ослабление поля, энергозатраты, троллейбус, энергоэффективность.

COST ANALYSIS OF ELECTRIC POWER ELECTRIC TRANSPORT FOR DIFFERENT METHODS OF FIELD WEAKENING

A.N. Petrenko, I. A. Kostenko, A. N. Movchan

The paper considers method of calculating the energy efficiency of the devices controlling the speed of traction electric motors mixed excitation DC city electric rolling stock.

Analysis methods of speed control of DC traction motors consistent and mixed excitement made it possible to propose a scheme using increasing DC-DC converter, which enables smooth field weakening TED, improves the use of copper shunt winding and can reduce electric power consumption at start rolling stock. The weakening of the field TED mixed excitation in this case is done by changing the current in a consistent and a shunt winding, and by output circuit of the converter current control is performed in shunt winding.

The calculations curves trolley traffic on a selected period of real road route number 3 in Kharkov. It is shown that the use of field weakening mode using increasing DC-DC converter can reduce power consumption by rolling stock in operation.

Key words: electric transport, field weakening, the cost of electricity, trolley, energy efficiency.