

less than that set at the adjacent areas;

- the ability to accept high-speed trains at reduced speed on the second main track to ensure track work;
- temporary settling of railway equipment that serves the track, catenary and other structures and devices;
- audible and visual notification of track workers and passengers at the station.

In the reconstruction of railway stations the main criterion is the minimum reduced costs for all stages of restructuring [2]. Construction work is performed in two stages:

- the first stage - reconstruction of the main tracks;
- the second stage - reconstruction of a railway station at the preparation of a line for high-speed movement of passenger trains.

The following factors are determining: the number of capital expenditures at the first stage; the period between stages; the amount of reduction of capital expenditures in the second stage by increasing them in the first stage.

All works on the introduction of high-speed traffic can be divided into two groups. The first group includes works that do not require an increase in capital expenditures or their increase is a small period of adjustment. The second group includes works that require a significant increase in capital expenditures in the first stage but reduce them by a large amount in the second - in preparation of the line for high-speed traffic.

Thus, to substantiate the feasibility of the first group there is no need for technical and economic calculations, they must be performed if the line in the future is planned to organize the movement of high-speed trains.

The second group of works requires a detailed feasibility study taking into account the time factor and quality indicators.

The most important are the works of the first group, which without increasing or with a slight increase in capital costs in the first stage allow you to take into account some requirements for railway stations, which are associated with the implementation of high-speed traffic.

Reconstruction of the track infrastructure will reduce the travel time of the section by passenger trains, which in turn will reduce operating costs. The use of gradual restructuring of the existing track infrastructure will allow the transition of Ukrainian railways to the operation of high-speed passenger traffic.

References

1. Transport strategy of Ukraine for the period up to 2020: approved by the order of the Cabinet of Ministers of Ukraine of October 20, 2010 № 2174-r. - Access mode: <http://zakon3.rada.gov.ua/laws/show/2174-2010-%D1%80>.
2. Determination of the structure of construction works on the reconstruction of separate stations when introducing a high-speed movement / Kutsenko M., Shapoval G and

others / Collection of scientific works of the Ukrainian State University of Railway Transport, Kharkiv: UkrDUZT, Vol. 173. pp. 29-34, 2017.

*Нерубацький В. П., к.т.н., доцент,
Гордієнко Д. А., аспірант,
Веренко Л. І., студентка (УкрДУЗТ)*

УДК 621.33

ОСОБЛИВОСТІ ВИКОРИСТАННЯ РЕКУПЕРАТИВНОГО ГАЛЬМУВАННЯ НА ЕЛЕКТРИЧНОМУ РУХОМОМУ СКЛАДІ ЕЛЕКТРИФІКОВАНИХ ЗАЛІЗНИЦЬ ПОСТІЙНОГО СТРУМУ

Одним з недоліків підстанцій постійного струму є те, що вони не можуть повертати енергію рекуперації від електромережі постійного струму до електромережі змінного струму, якщо на підстанції немає рекуперативних інверторів.

Рекуперативні електричні гальма можуть працювати лише тоді, коли поруч з електричним рухомих складом (ЕРС), що загальмовує, одночасно прискорюється інший ЕРС. Оскільки контроль захисту бортового перетворювача залежить від напруги контактної мережі на пантографі, функціонування рекуперативного гальмування за таких умов не може бути гарантоване [1]. Коли гальмівної сили, що йде на рекуперацію, недостатньо, додатково використовується механічне пневматичне гальмування для компенсації гальмівної сили. Енергія, що поглинається механічним гальмом, втрачається внаслідок нагрівання і стирання гальмівного диска, що вимагає періодичного обслуговування рухомого складу [2]. Концепція чистого електричного гальмування створює стратегію для максимального ефективного використання рекуперативного електричного гальмування.

У тязі залізниць є дві проблеми, що найбільш заважають повному використанню рекуперативного електричного гальмування:

- визначення швидкості руху на повільних обертах є складним, тому електричне гальмування замінюється механічним гальмуванням на дуже низькій швидкості;
- достатня сила гальмування не може бути створена при високому діапазоні швидкостей відповідно до ослаблення поля (рис. 1).



Рис. 1. Залежності сили гальмування від швидкості руху

На рис. 2 наведено концепцію електричного гальмування на електрифікованій залізниці постійного струму. Для усунення першого недоліку можливе визначення швидкості руху за допомогою цифрового спостерігача з подвійною дискретизацією з метою стабілізувати контроль сили тяги на низьких швидкостях. Кращим використанням електричних гальм є початок їх роботи з меншою гальмівною силою і зупинка з максимальним зусиллям на низькій швидкості.



Рис. 2. Потік енергії під час рекуперативного гальмування

Для вирішення другого недоліку, а також для кращого обміну електричною енергією з іншими ЕРС, необхідно змінити режим руху: потрібно постійно застосовувати лише невелику гальмівну силу на високих швидкостях [3]. Такий режим руху називається «схемою гальмування з постійною потужністю». Однак режим гальмування ускладнений при ручному керуванні машиністом. Тому доцільно використовувати автоматичне керування зупинкою ЕРС або автоматичний режим руху ЕРС, що добре підходить для такого режиму гальмування.

Контроль захисту бортового перетворювача від пониженої напруги, а також введення режиму безперервної рекуперації на бортових інверторах забезпечують ефективне збільшення енергії рекуперації в контактній мережі електрифікованих залізниць постійного струму, а впровадження рекуперативних підстанцій постійного струму є одним

зі способів гарантувати ефективність рекуперативного гальмування.

Список використаних джерел

1. Нерубацький В. П. Рекуперативне гальмування на залізничному транспорті як один з видів енергозбереження в системі тяги змінного струму. *Інформаційно-керуючі системи на залізничному транспорті*. 2012. № 2. С. 11–15.
2. Khodaparastan M., Mohamed A., Brandauer W. Recuperation of regenerative braking energy in electric rail transit systems. *IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems*. 2019. P. 1–17. DOI: 10.1109/TITS.2018.2886809.
3. Щербак Я. В., Нерубацький В. П. Вибір національних режимів ведення поїздів з метою зниження витрат електроенергії на тягу. *Залізничний транспорт України*. 2011. № 5. С. 16–19.