



## Удосконалення системи збудження збудника тягового генератора тепловозів серії 2те116

**Анотація.** У статті розглянуто систему електричної передачі потужності тепловоза з акцентом на збудження та регулювання напруги тягового генератора. Зазначено, що підтримка сталої потужності дизеля шляхом регулювання напруги на виході випрямляча є важливим завданням.

Проаналізовано недоліки наявної системи збудження з використанням резисторів, що призводять до нестабільної роботи через нелінійність характеристики намагнічування і температурні зміни. Запропоновано впровадження блока регулювання напруги збудника типу ВС-650У2 – БРН-В, який забезпечує гальванічну розв'язку, самозбудження, підтримку та обмеження напруги і струму збудження, а також захист від короткого замикання.

Упровадження блока БРН-В дає змогу виключити зі схеми тепловоза кілька елементів, що покращує надійність і знижує потребу в обслуговуванні.

**Ключові слова:** тепловоз, тяговий генератор, система збудження, збудник.

### Вступ.

Електрична передача потужності тепловоза передбачає відбір потужності від дизеля, тому основною умовою економічної роботи тепловоза для електропередачі є сталість навантаження дизеля в більшому діапазоні зміни тягового навантаження. Електрична передача (силове коло) тепловоза 2ТЕ116 складається з трьох основних елементів: шестифазного синхронного генератора змінного струму, випрямної установки, шести паралельно з'єднаних тягових електродвигунів постійного струму з послідовним збудженням.

Тяговий генератор має незалежне збудження. Обмотка збудження розташована на 12 полюсах ротора і живиться від збудника випрямленим струмом через випрямний керований міст.

Струм навантаження змінюється під час руху поїзда відповідно до зміни опору руху та визначається сумарним струмом у тягових електродвигунах. Отже, для збереження сталості потужності дизеля необхідно змінювати напругу на виході випрямляча, а отже, напруга тягового генератора, що подають на випрямляч, зворотно пропорційна струму навантаження.

### Аналіз останніх досліджень і публікацій

Проведення модернізації конструкції вузлів тепловозів, у тому числі електричної передачі можливе на підприємствах, що відповідають необхідному технічному рівню. Питання визначення технічного рівня виробництва з формуванням віртуального підприємства розглянуто в роботі [1];

удосконалення електричної передачі тягового рухомого складу – у роботах [2-4] (однак переважно акцентовано на управлінні тяговими електродвигунами). У роботі [5] розглянуто можливість ідентифікації електричних машин за допомогою роботизованих засобів під час ремонту і модернізації.

### Визначення мети та завдання дослідження.

Метою статті є дослідження та усунення недоліків у системі збудження електричної передачі тепловоза шляхом впровадження блока регулювання напруги збудника типу ВС-650У2 – БРН-В з метою покращення стабільності роботи, зниження потреби в обслуговуванні та підвищення безпеки експлуатації тепловоза.

Для досягнення сформульованої мети потрібно вирішити такі завдання:

- детально проаналізувати недоліки сучасної системи збудження електричної передачі тепловоза, зокрема вплив нелінійності характеристики намагнічування і температурних змін на стабільність роботи;

- розробити і обґрунтувати технічне рішення для блока регулювання напруги збудника типу ВС-650У2 – БРН-В, що забезпечує гальванічну розв'язку, самозбудження, підтримку та обмеження напруги і струму збудження, а також швидкодіючий захист.

### Основна частина дослідження.

Обмотка збудження тягового генератора є навантаженням силового кола системи збудження, до якого входять збудник, керований випрямний міст і вузол корекції, що включає трансформатор і випрямний міст.

Як збудник застосовано однофазний синхронний генератор змінного струму. Збудження його здійснюється від загального кола живлення електричної схеми управління (від стартер-генератора) і подається на обмотку статора І1-І2. Вихідна змінна напруга збудника з кілець ротора С1-С2 подається на вхід випрямного керованого моста.

Струм збудження в колі тягового генератора регулюють зміною змінної напруги на виході збудника і напруги випрямлення випрямляча УВВ. Перше виробляється, як і в тягового генератора, шляхом збільшення частоти обертання ротора збудника з набором позицій контролера. За того самого струму збудження вихідна змінна напруга в обмотці ротора збудника збільшується пропорційно частоті обертання ротора і досягає на 15-й позиції найбільшого значення.

Витрати енергії на збудження синхронного тягового генератора складаються з витрат енергії на збудження самого синхронного генератора та синхронного збудника. Збудник призначений для живлення (через напівкерований випрямляч) постійним струмом обмотки збудження тягового генератора. Він належить до допоміжних тягових електричних машин і є однофазним синхронним генератором підвищеної частоти, захищеного виконання, з самовентильацією.

Основним завданням збудника є підтримка напруги на вході регулятора збудження тягового генератора залежно від частоти обертів колінчатого вала дизеля.

Система збудження збудника (рис. 1) реалізує це за допомогою задавання струму збудження збудника панелями опорів і компенсації струму навантаження збудника за допомогою трансформатора струму.

Така система має ряд недоліків:

1. Задавання струму за допомогою резисторів не може забезпечити підтримку напруги збудника у всьому діапазоні частот обертання дизеля через нелінійність характеристики намагнічування збудника, технологічного розкиду його параметрів і температурної зміни опорів як задавальних резисторів, так і обмотки збудження збудника.

2. Потребує періодичної перевірки та обслуговування регульованих елементів (задавальних панелей опорів).

3. Живлення обмотки збудження збудника здійснюється від бортової мережі або акумуляторної батареї тепловоза.

Для усунення цих недоліків пропонується розробити і впровадити блок регулювання напруги збудника типу ВС-650У2 – БРН-В.

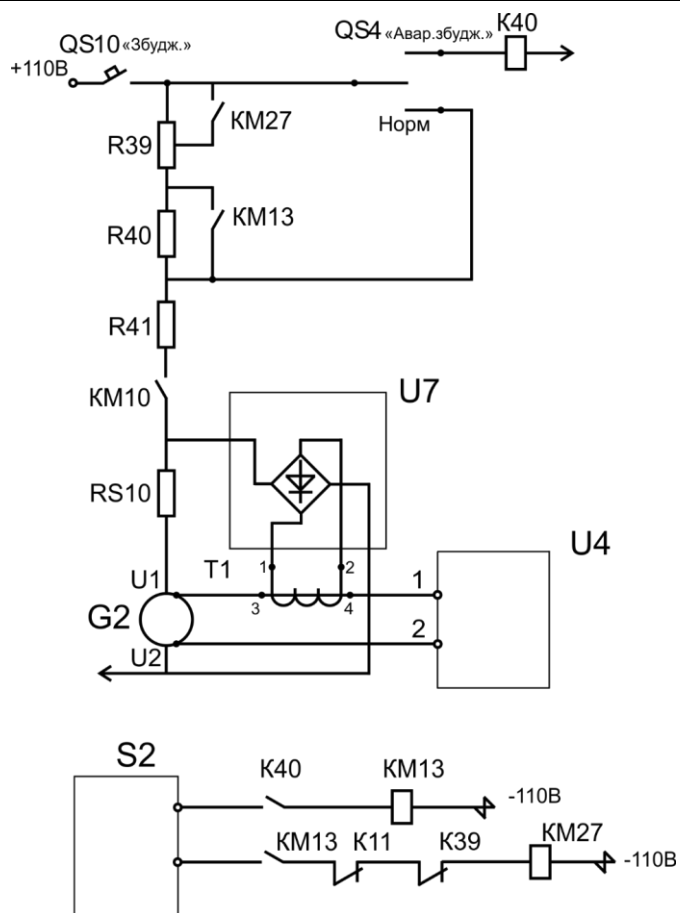


Рис. 1. Система збудження збудника ВС-650

Блок регулювання напруги збудника має забезпечувати:

- гальванічну розв'язку між вхідною та вихідною напругою на рівні не менше 1000 В;
- самозбудження збудника у всьому робочому діапазоні обертання колінчатого вала дизеля;
- підтримання напруги збудника залежно від частоти вхідної напруги в нормальному режимі роботи тепловоза;
- підтримання напруги збудника залежно від частоти вхідної напруги в аварійному режимі роботи тепловоза;
- обмеження струму збудження збудника на рівні  $1,15I_{ном}$  за сигналом із шунта RS10;
- швидкодіючий захист від вихідних струмів короткого замикання, що перевищують  $1,25I_{ном}$ ;
- індикацію режимів роботи і захисту як на лицьовій панелі блока за допомогою світлодіодів, так і зовнішній (індикатори на панелі машиніста).

Розробляючи блок, необхідно передбачити два виконання як із цифровою локомотивною мережею (блок обладнаний каналом зв'язку типу CAN), так і стандартною (релейно-контакторна схема управління).

Структурно-функційна схема БРН-В наведена на рис. 2.

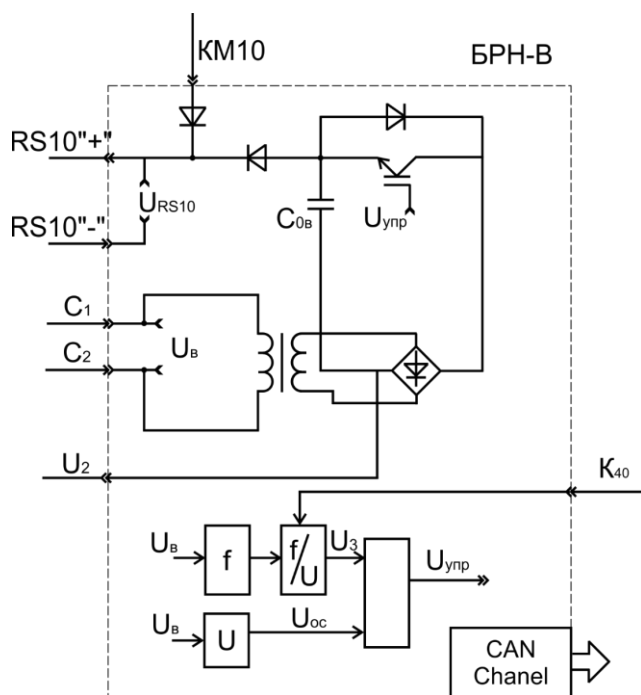


Рис. 2. Структурно-функційна схема БРН-В

З використанням блока БРН-В в системі збудження збудника типу ВС-650У2 із схеми тепловоза виключають:

- блок кремнієвих випрямлячів БВК-140У2 (U7);
- трансформатор струму ТТ-30М УХЛ2 (Т1);
- панелі опорів ПС-50315 УХЛ2, ПС-50125 УХЛ2, ПС-50237 УХЛ2 (R39...R41);
- електромагнітні контактори МК1-10У3А (KM13, KM27).

Система збудження збудника типу ВС-650У2 наведена на рис. 3.

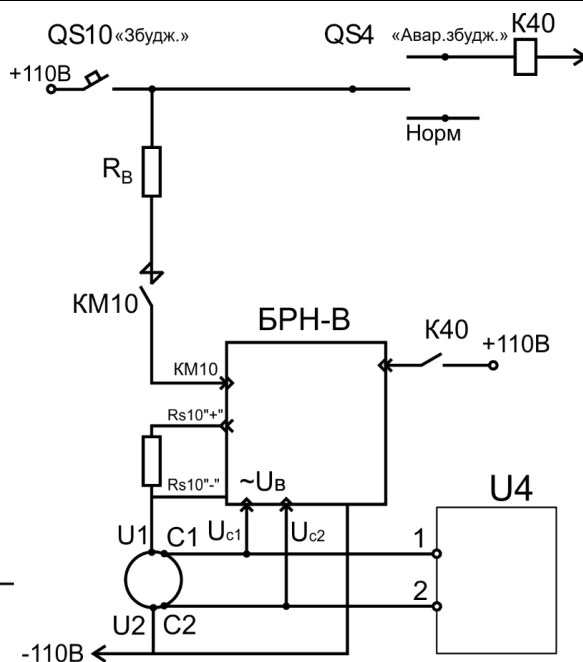


Рис. 3. Система збудження збудника типу ВС-650У2

Для створення збудження збудника в початковий момент його роботи використана нерегульована панель опорів типу ПС-50137 УХЛ2 (R<sub>B</sub>).

#### Висновки.

Впровадження блока регулювання напруги збудника типу ВС-650У2 – БРН-В забезпечує більш стабільну роботу системи електропередачі тепловоза, підвищуючи її ефективність і надійність.

Виключення зі схеми тепловоза декількох компонентів, таких як блок кремнієвих випрямлячів і панелі опорів, знижує потребу в періодичному технічному обслуговуванні та перевірках.

Новий блок регулювання напруги забезпечує швидкодіючий захист від коротких замикань і перевищення струму, а також індикацію режимів роботи і захисту, що підвищує безпеку експлуатації тепловоза.

#### Список використаних джерел

1. Tartakovskiy E., Ustenko O., Puzyr V., Datsun Y. Systems Approach to the Organization of Locomotive Maintenance on Ukraine Railways. Rail Transport - Systems Approach / Ed. A. Śladkowski. Cham: Springer. 2017. P. 217-239. doi: 10.1007/978-3-319-51502-1\_5.
2. Watanabe T., Yamashita M. Basic study of antislip control without speed sensor for multiple motor drive of electric railway vehicles. *IEEE*,

*Proceedings of the Power Conversion Conference*. April, 2002. Vol. 3. P. 1026-1032.

3. Ohishi K., Ogawa Y. Adhesion control of electric motor coach based on force nontrol using disturbance observer. *IEEE, Advanced Motion Control*. April, 2000. P. 323-328.

4. Park D., Kim M. Hybrid readhesion control method for traction system of highspeed railway. *IEEE, Proceedings of the Fifth International Conference on Electrical Machines and Systems*. August, 2001. Vol. 2. P. 739-742.

5. Puzyr V., Datsun, Y., Obozny O. Design of algorithm for identification of locomotive electrical machine unit during repair. *International Journal of Engineering & Technology*. 2018. Vol. 7. Is. 4. P. 157–161. DOI: 10.14419/ijet.v7i4.3.19727.

Залата Андрій Сергійович, аспірант кафедри експлуатації та ремонту рухомого складу, Український державний університет залізничного транспорту. ORCID iD: 0009-0003-0557-795X. Тел.: +38 (097) 710-69-81. E-mail: zalata.ac@gmail.com.

#### A. Zalata

### IMPROVEMENT OF TRACTION GENERATOR EXCITATION SYSTEM OF THE DIESEL LOCOMOTIVE 2TE116 SERIES

**Abstract.** *The article examines the system of electric power transmission of a diesel locomotive, which involves taking power from a diesel engine, with an emphasis on the excitation and voltage regulation of the traction generator.*

*The importance of maintaining constant diesel power under variable traction loads is emphasized. The importance of adjusting the excitation current to maintain constant diesel power, which is achieved by changing the voltage at the output of the rectifier, is emphasized. The role of an exciter, a controlled rectifier bridge and a correction unit, which includes a transformer and a rectifier bridge, is described.*

*The shortcomings of the existing excitation system are pointed out, in particular, the assignment of current using resistors that do not provide voltage support in the entire range of diesel engine rotation frequencies due to the nonlinearity of the magnetization characteristics of the exciter, the technological spread of parameters and temperature changes in resistances. The need for periodic inspection and maintenance of regulated elements is also noted.*

*In order to eliminate these shortcomings, it is proposed to develop and implement a voltage regulation unit of the VS-650U2 BRN-B exciter type. The introduction of the BRN-B block allows to exclude several components from the circuit of the locomotive, such as the block of silicon rectifiers, current*

*transformer, resistance panels and electromagnetic contactors, which simplifies the system and reduces the need for maintenance. The structural and functional scheme of the new excitation system, which demonstrates the advantages of introducing a voltage regulation unit, is considered.*

*The proposed technical solution increases the reliability and efficiency of the diesel locomotive, reducing operating costs and increasing the stability of power transmission.*

**Keywords:** *locomotive, traction generator, excitation system, exciter.*

Zalata Andrii, postgraduate student, department of maintenance and repair of rolling stock, Ukrainian State University of Railway Transport. ORCID iD: 0009-0003-0557-795X.

Tel.: +38 (097) 710-69-81. E-mail: [zalata.ac@gmail.com](mailto:zalata.ac@gmail.com).