

Т.В. Волчек, О.В. Мельниченко

Иркутский государственный университет путей сообщения, Иркутск, Россия

ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ЭКСПЛУАТАЦИИ ЭЛЕКТРОВОЗОВ ПЕРЕМЕННОГО ТОКА ПРИ ПЛАВНОМ РЕГУЛИРОВАНИИ ТОКА ВОЗБУЖДЕНИЯ ТЯГОВЫХ ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЕЙ

Аннотация. *Одной из важнейших задач Долгосрочной программы развития ОАО «РЖД» до 2025 года является увеличение грузооборота сети железных дорог. Одним из способов решения поставленной задачи является усовершенствование электрического подвижного состава, которое приведет к увеличению скорости его движения. В настоящее время после достижения максимального напряжения на 4-ой зоне регулирования выпрямительно-инверторного преобразователя дальнейшее увеличение скорости осуществляется за счет системы ослабления поля тяговых электрических двигателей, которая подключается параллельно обмоткам возбуждения. Штатная система ослабления поля тяговых электрических двигателей имеет ряд недостатков, одним из которых является ограниченное число ступеней ослабления поля со ступенчатым переключением, что исключает возможность поддерживать максимально-допустимую скорость на участке железных дорог. В связи с этим предложена усовершенствованная система ослабления поля на базе IGBT-транзисторов с плавным регулированием тока возбуждения, которое позволяет увеличить техническую скорость движения электроподвижного состава не менее чем на 2,5 км/ч. В статье рассмотрены эксплуатационные показатели электровоза на которые повлияет повышение технической скорости движения поездов. Выявлено, что внедрение усовершенствованной системы ослабления поля тяговых электрических двигателей позволит повысить на 6,8 % производительность электровоза серии ЗЭС5К и его грузооборот на Восточно-Сибирской железной дороге. Экономический эффект от внедрения предлагаемой системы ослабления поля тяговых электродвигателей на один электровоз серии ЗЭС5К за счет повышения технической скорости движения электроподвижного состава не менее чем на 2,5 км/ч составит 432,819 тыс. рублей.*

Ключевые слова: *электроподвижной состав, система ослабления поля тяговых электрических двигателей, техническая скорость, производительность электровоза, грузооборот, IGBT-транзистор.*

Tatyana V. Volchek, Oleg V. Melnichenko

Irkutsk State Transport University, Irkutsk, the Russian Federation

IMPROVING THE EFFICIENCY OF OPERATION OF AC ELECTRIC LOCOMOTIVES WITH SMOOTH CONTROL OF THE EXCITATION CURRENT OF TRACTION MOTORS

Abstract. *One of the most important tasks of the long-term development program of JSC "Russian Railways" until 2025 is to increase the freight turnover of the railway network. One of the ways to solve this problem is to improve the electric rolling stock, which will lead to an increase in the speed of its movement. Currently, after reaching the maximum voltage at 4-Oh area of control rectifier inverter Converter further increase in speed by field weakening traction motors connected in parallel excitation windings. The standard system of field attenuation of traction electric motors has a number of disadvantages, one of which is a limited number of stages of field attenuation with step switching, which excludes the possibility of maintaining the maximum permissible speed on a railway section. In this regard, an improved field attenuation system based on IGBT transistors with smooth control of the excitation current is proposed, which allows increasing the technical speed of electric rolling stock by at least 2.5 km/h. The article considers the performance indicators of an electric locomotive that will be affected by an increase in the technical speed of trains. It is revealed that the introduction of an improved field attenuation system for traction electric motors will increase the productivity of electric locomotives and the freight turnover of the railway network by 6.8%. The economic effect of the introduction of the proposed system of field attenuation of traction motors for one electric locomotive of the 3ES5K series by increasing the technical speed of electric rolling stock by at least 2.5 km/h will amount to 432,819 thousand rubles.*

Keywords: *electric rolling stock, field attenuation system for traction electric motors, technical speed, electric locomotive performance, cargo turnover, IGBT transistor.*

Введение

Для железнодорожного транспорта всех развитых стран скорость является главным приоритетом. Для нашей страны железные дороги являются основным объектом жизнеобеспечения, и перебои в их работе чреваты ослаблением экономики. Российские железные дороги – это непрерывно действующий конвейер, производительность которого определяется участковой скоростью. Поэтому одной из приоритетных задач компании ОАО «РЖД» является повышение скоростей движения поездов, что позволит повысить грузооборот железных дорог [1].

Штатная и предлагаемая системы ослабления поля тяговых электродвигателей электровоза

В настоящее время на электровозах переменного тока после достижения максимального напряжения на 4-ой зоне регулирования выпрямительно-инверторного преобразователя дальнейшее увеличение скорости осуществляется за счет подключения параллельно обмотки возбуждения тягового электродвигателя (ТЭД) системы ослабления поля (ОП) контакторно-реостатного типа, рис. 1. [2, 3].

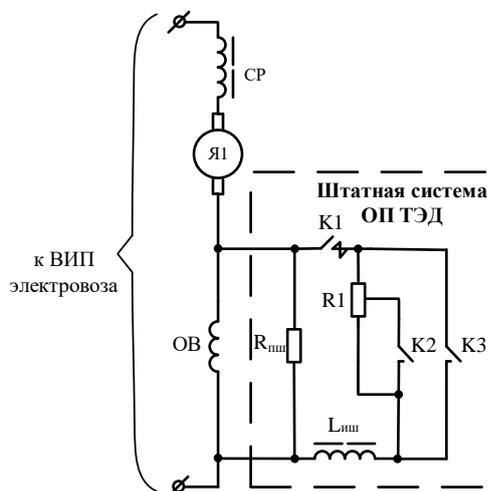


Рис. 1. Штатная система ОП ТЭД электровоза

Одним из главных недостатков штатной системы ОП ТЭД является ограниченное число ступеней ОП со ступенчатым переключением, что исключает возможность поддерживать максимально-допустимую скорость движения поезда.

В современном мире большое распространение получили силовые полупроводниковые приборы. В связи с этим разработана усовершенствованная система ОП ТЭД на базе IGBT-транзисторов (VT1, VT2), рис. 2 [4].

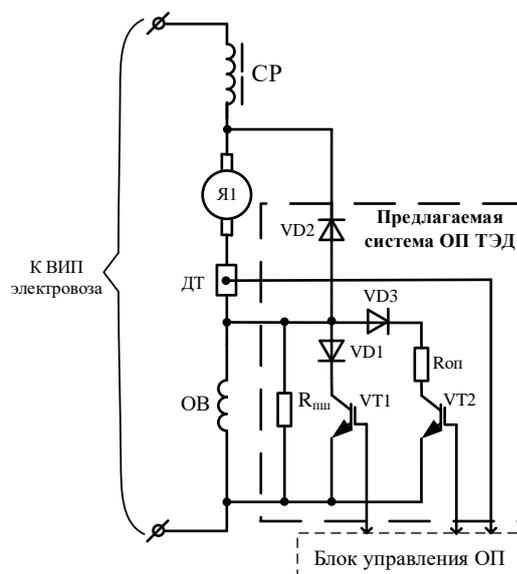


Рис.2. Усовершенствованная система ОП ТЭД

Регулируя ширину импульсов управления VT1 и VT2, осуществляется плавное регулирование тока возбуждения. При моделировании электровоза переменного тока серии 2ЭС5К со ступенчатым (штатная система ОП) и плавным регулированием (предлагаемая система ОП) ОП ТЭД на участке Зима – Иркутск-Сортировочный в программном комплексе

«КОРТЕС» было выявлено, что благодаря плавному регулированию тока возбуждения техническая скорость электроподвижного состава увеличивается не менее чем на 2,5 км/ч, что снизит время хода электровоза, повысит его производительность и грузооборот сети железных дорог [5].

Экономическая эффективность внедрения предлагаемого устройства ОП ТЭД электровоза

Определим производительность электровоза серии ЗЭС5К и его грузооборот на Восточно-Сибирской железной дороге при работе штатной и предлагаемой системы ОП ТЭД электровоза.

Суточная производительность электровоза определяется как [6]

$$P_3 = m_{п} \cdot V_y \cdot t_c, \quad (1)$$

где $m_{п}$ – вес поезда, согласно приказу по весовым нормам Восточно-Сибирской железной дороги (ВСЖД), 6300 т;

V_y – участковая скорость, $V_{уч} = 36,8$ км/ч;

t_c – суточная работа электровоза в движении, 11 ч.

Подставив численные значения в формулу (1) получим

$$P_3 = 6300 \cdot 36,8 \cdot 11 = 2550240 \text{ ткм.}$$

Грузооборот определяется по следующему выражению [6]

$$\Gamma = 365 \cdot P_3 \cdot n_3, \quad (2)$$

где P_3 – суточная производительность электровоза (т. км);

n_3 – эксплуатационный парк электровозов, 138 электровозов серии ЗЭС5К приписки ВСЖД.

Подставив численные значения в формулу (2) получим

$$\Gamma = 365 \cdot 2550240 \cdot 138 = 128455,59 \text{ млн. ткм.}$$

Внедрение усовершенствованной системы позволит увеличить техническую скорость ЭПС на 2,5 км/ч. Как известно, участковая скорость напрямую зависит от технической скорости, поэтому если участковая скорость на ВСЖД до внедрения предлагаемой системы ОП ТЭД ($V_{уч до}$) равна 36,8 км/ч, то после внедрения $V_{уч после} = 39,3$ км/ч. Тогда производительность электровоза будет равна

$$P_3 = 6300 \cdot 39,3 \cdot 11 = 2723490 \text{ ткм,}$$

и грузооборот

$$\Gamma = 365 \cdot 2723490 \cdot 138 = 137182,19 \text{ млн ткм.}$$

Таким образом, внедрение усовершенствованной системы ОП ТЭД позволит повысить производительность электровоза серии ЗЭС5К и его грузооборот на 6,8 %.

Согласно, методике определения влияния изменения качественных показателей использования подвижного состава на эксплуатационные расходы, при изменении величины участковой скорости экономия расходов определяется по формуле

$$\Delta V_{тех} = E_{п-час} \cdot \Sigma NS \cdot (1/V_{уч до} - 1/V_{уч после}), \quad (3)$$

где $E_{п-час}$ – стоимость поезд-часа грузового поезда согласно справочнику «Экономическая оценка основных показателей эксплуатационной работы ВСЖД», $E_{п-час} = 1362$ руб.;

ΣNS – годовой пробег грузового электровоза ЗЭС5К по главному ходу, поезд-км.

Пробег грузовых поездов определяется из расчета, что среднесуточный пробег электровоза ЗЭС5К – 560 км/сут., следовательно, годовой пробег поезда составит

$$\Sigma NS = 560 \cdot 365 = 204400 \text{ поезд-км.}$$

Экономия расходов на один трехсекционный электровоз серии ЗЭС5К при изменении величины участковой скорости составит

$$\Delta \Delta V_{уч} = 1362 \cdot 204400 \cdot (1/36,8 - 1/39,3) = 432,819 \text{ тыс. руб.}$$

С приписного парка ВСЖД электровозов серии ЗЭС5К экономический эффект составит 59,73 млн. руб.

Заключение

1. Предлагаемая система ОП ТЭД электровоза на базе IGBT-транзисторов позволит увеличить производительность электровоза серии ЗЭС5К и его грузооборот на 6,8 %.
2. Экономический эффект от внедрения предлагаемой системы ОП ТЭД с плавным регулированием тока возбуждения на один электровоз серии ЗЭС5К составит 432,819 тыс. рублей. Со всего приписного парка ВСЖД электровозов серии ЗЭС5К составит 59,73 млн. руб.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Долгосрочная программа развития ОАО «РЖД» до 2025 года (утверждена распоряжением Правительством РФ от 19.03.2019 г. № 466р).
2. Тихменев Б.Н., Трахтман Л.М. Подвижной состав электрофицированных железных дорог. Теория работы электрооборудования. Электрические схемы и аппараты. Учебник для вузов ж.-д. транспорта. – 4-е изд., перераб. и доп. – М.: Транспорт, 1980. – 470 с.
3. Тихменев, Б.Н. Электровозы переменного тока со статическими преобразователями. М.: Транспорт, 1958. 277 с.
4. Волчек Т.В. Разработка способа и устройства для снижения пульсации тока возбуждения тягового электродвигателя электровоза в режиме ослабления поля [Текст] / Т.В. Волчек, О.В. Мельниченко, С.Г. Шрамко, А.О. Линьков // Современные технологии. Системный анализ. Моделирование. – 2019. – №3 – С. 163-171.
5. Волчек, Т.В. Повышение технической скорости электроподвижного состава за счет обеспечения плавного регулирования тока возбуждения тяговых электродвигателей [Текст] / Т.В. Волчек, О.В. Мельниченко, С.Г. Шрамко, В.С. Томилов // Современные технологии. Системный анализ. Моделирование. – 2020. – №3 – С. 163-171.
6. Курбасов А.С. Увеличение скоростей на железных дорогах России: возможности и преимущества [Текст] / А.С. Курбасов // Транспорт Российской Федерации. – 2011. – № 6 (37) – С. 20-23.

REFERENCES

1. Long-term development program of JSC "Russian Railways" until 2025 (approved by order of the government of the Russian Federation No. 466r dated 19.03.2019).
2. Tikhmenev B. N., Trakhtman L. M. Rolling stock of electrified Railways. Theory of electrical equipment operation. Electrical circuits and devices. Textbook for universities of railway transport. – 4th ed., reprint. and additional – M.: Transport, 1980. – 470 p.
3. Tikhmenev, B. N. Alternating current electric Locomotives with static converters, Moscow: Transport, 1958, 277 p.
4. Volchek T. V. development of a method and device for reducing the pulsation of the excitation current of an electric locomotive traction motor in the field attenuation mode [Text] / T. V. Volchek, O. V. Melnichenko, S. G. Shramko, A. O. Linkov // Modern technology. System analysis. Modeling. – 2019. – No. 3 – P. 163-171.
5. Volchek, T. V. Increasing the technical speed of electric rolling stock by providing smooth regulation of the excitation current of traction motors [Text] / T. V. Volchek, O. V. Melnichenko, S. G. Shramko, V. S. Tomilov // Modern technology. System analysis. Modeling. – 2020. – No. 3 – P. 163-171.
6. Kurbasov A. S. Increasing speeds on Russian Railways: opportunities and advantages [Text] / A. S. Kurbasov // Transport Of The Russian Federation. – 2011. – № 6 (37) – Pp. 20-23.

Информация об авторах

Волчек Татьяна Витальевна – аспирант кафедры «Электроподвижной состав», Иркутский государственный университет путей сообщения, г. Иркутск, e-mail: tanya.vol4eck@yandex.ru

Мельниченко Олег Валерьевич – д.т.н., заведующий кафедрой кафедры «Электроподвижной состав», Иркутский государственный университет путей сообщения, г. Иркутск, e-mail: olegmelnval@mail.ru

Author

Tatyana V. Volchek – post-graduate student of the Department of electric rolling stock, Irkutsk state University of railway transport, Irkutsk, e-mail: tanya.vol4eck@yandex.ru

Oleg V. Melnichenko – doctor of technical Sciences, head of the Department of "Electric rolling stock", Irkutsk state University of railway transport, Irkutsk, e-mail: olegmelnval@mail.ru

Для цитирования

Волчек Т.В. / Повышение эффективности электровозов переменного тока при плавном регулировании тока возбуждения тяговых электродвигателей [Электронный ресурс] / Т.В. Волчек, О.В. Мельниченко // Молодая наука Сибири: электрон. науч. журн. — 2020.

For citation

Volchek T. V. / Improving the efficiency of AC electric locomotives with smooth regulation of the excitation current of traction Motors [Electronic resource] / T. V. Volchek, O. V. Melnichenko // Young science of Siberia: electron. scientific journal – 2020.