

А. В. Бублик¹, В. В. Бублик², Н. В. Есин², О. В. Гателюк², Д. И. Попов²

¹ОАО ««Научно-исследовательский институт технологии, контроля и диагностики железнодорожного транспорта» (ОАО «НИИТКД»)

г. Омск, Российская Федерация;

² Омский государственный университет путей сообщения (ОмГУПС),
г. Омск, Российская Федерация

СХЕМОТЕХНИЧЕСКИЕ РЕШЕНИЯ ДЛЯ ИСПЫТАНИЯ АСИНХРОННЫХ МАШИН

Аннотация. В настоящее время существует множество технических, технологических и схмотехнических решений, позволяющих произвести реализацию различных методов проведения испытаний асинхронных машин, используя опыт холостого хода, опыт короткого замыкания и метод взаимного нагружения. В статье приведено описание и анализ применения на практике таких схемных решений.

Ключевые слова: асинхронная машина, электрический двигатель, генератор, статор, ротор, частотный преобразователь, трансформатор, синус-фильтр, скольжение, коэффициент мощности, опыт короткого замыкания, опыт холостого хода.

Anton V. Bublik¹, Vladimir V. Bublik², Nicolay V. Yesin², Oleg V. Gateliuk², Denis I. Popov²

¹OAO "Scientific Research Institute of Technology, Control and Diagnostics of Railway Transport" (JSC "NIITKD")

Omsk, Russian Federation;

²Omsk State Transport University (OSTU)
Omsk, Russian Federation.

Abstract: Currently, there are many technical, technological and circuit design solutions that allow the implementation of various methods and techniques for testing asynchronous machines using the experience of idling, short-circuit experience and the method of mutual loading. The article describes and analyzes the practical application of such circuit solutions.

Keywords: asynchronous machine, electric motor, generator, stator, rotor, frequency converter, transformer, sine filter, slip, power factor, short circuit experience, idling experience

На завершающем этапе процесса ремонта асинхронных электрических машин возникает вопрос об их испытании. Для этого достаточно собрать специальную схему, которая позволит произвести опыт холостого хода и опыт короткого замыкания. Такая схема состоит из автоматического выключателя, контакторов, силового трансформатора имеющего три вторичные обмотки, и

испытуемой асинхронной машины. Каждая из обмоток трансформатора соединена в звезду. Выходные напряжения вторичных обмоток подобраны таким образом, что одна из обмоток реализует номинальное напряжения, а две другие повышенное и пониженное напряжение, при котором реализуется опыт холостого хода. Испытание при повышенном напряжении проводится на холостом ходу и необходимо для определения междувитковых замыканий. Данная схема приведена на рисунке 1.

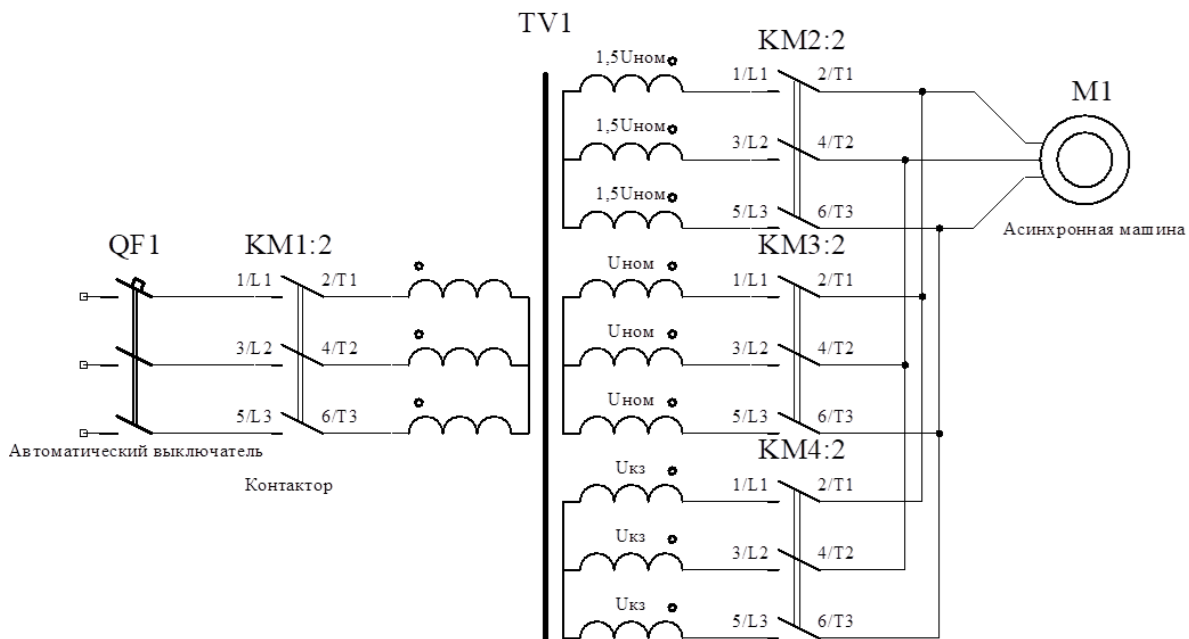


Рисунок 1 – Схема испытания асинхронной машины методом холостого хода и короткого замыкания

Но на практике этого бывает недостаточно. Асинхронную машину нужно испытывать так же и на повышенную частоту вращения. При этом изменение частоты вращения асинхронной машины возможно путем изменения числа пар полюсов, либо изменив частоту питающего напряжения. Для изменения частоты питающего напряжения в выше описанную схему добавляется частотный преобразователь, и схема принимает вид, показанный на рисунке 2.

Описанные выше схемные решения не позволяют испытать асинхронную машину под нагрузкой, то есть при номинальной нагрузке, превышении по моменту, кратковременной перегрузки по току и т.д.

На рисунке 3 приведено схемное решение с применением механического индукционного регулятора [1]. Такое схемное решение позволяет реализовать испытание на пуск, реверсирование, набор и сброс тока нагрузки. Однако из-за сложности конструкции механического индукционного регулятора и системы управления данное схемное решение не нашло применения на практике.

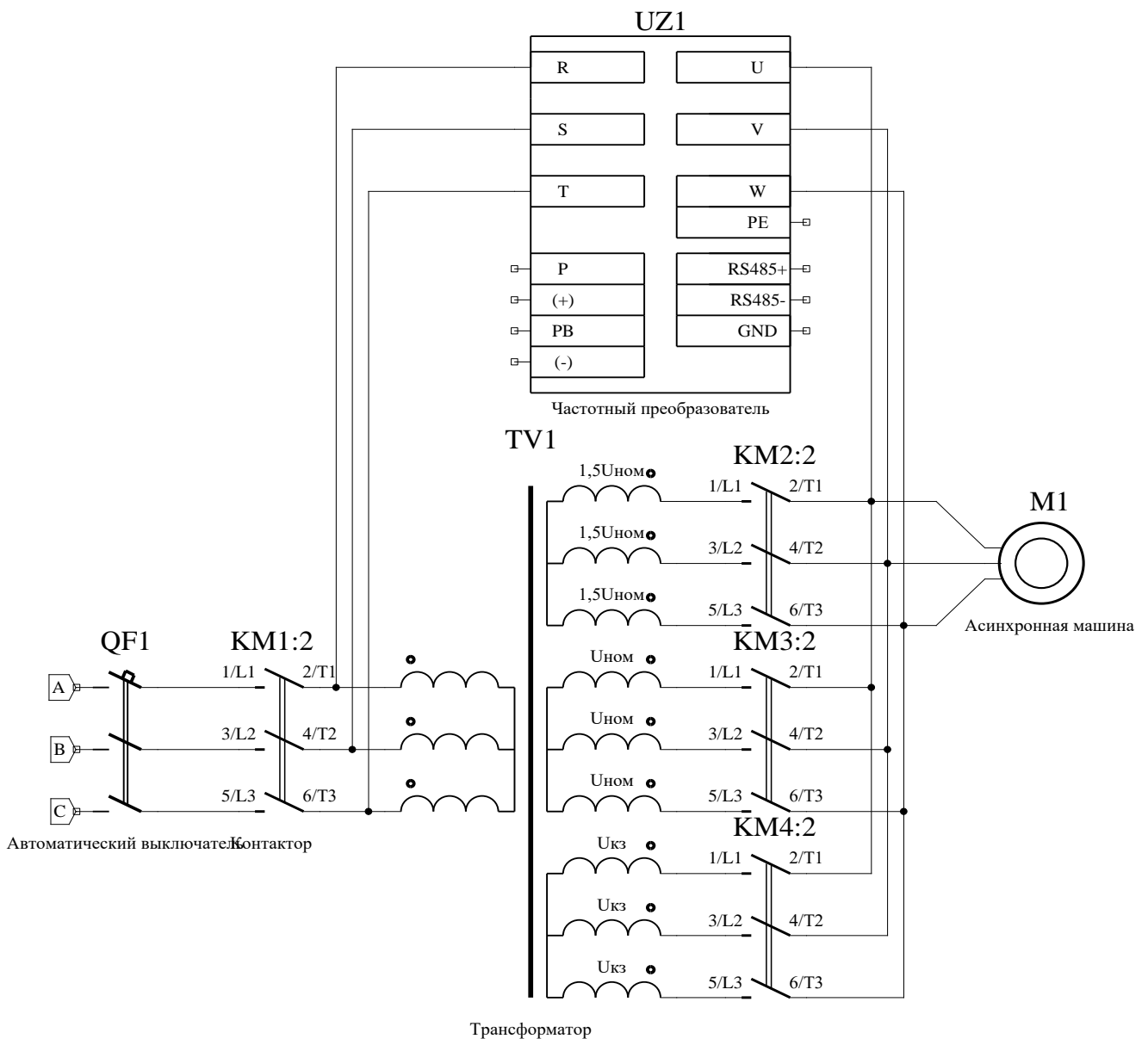
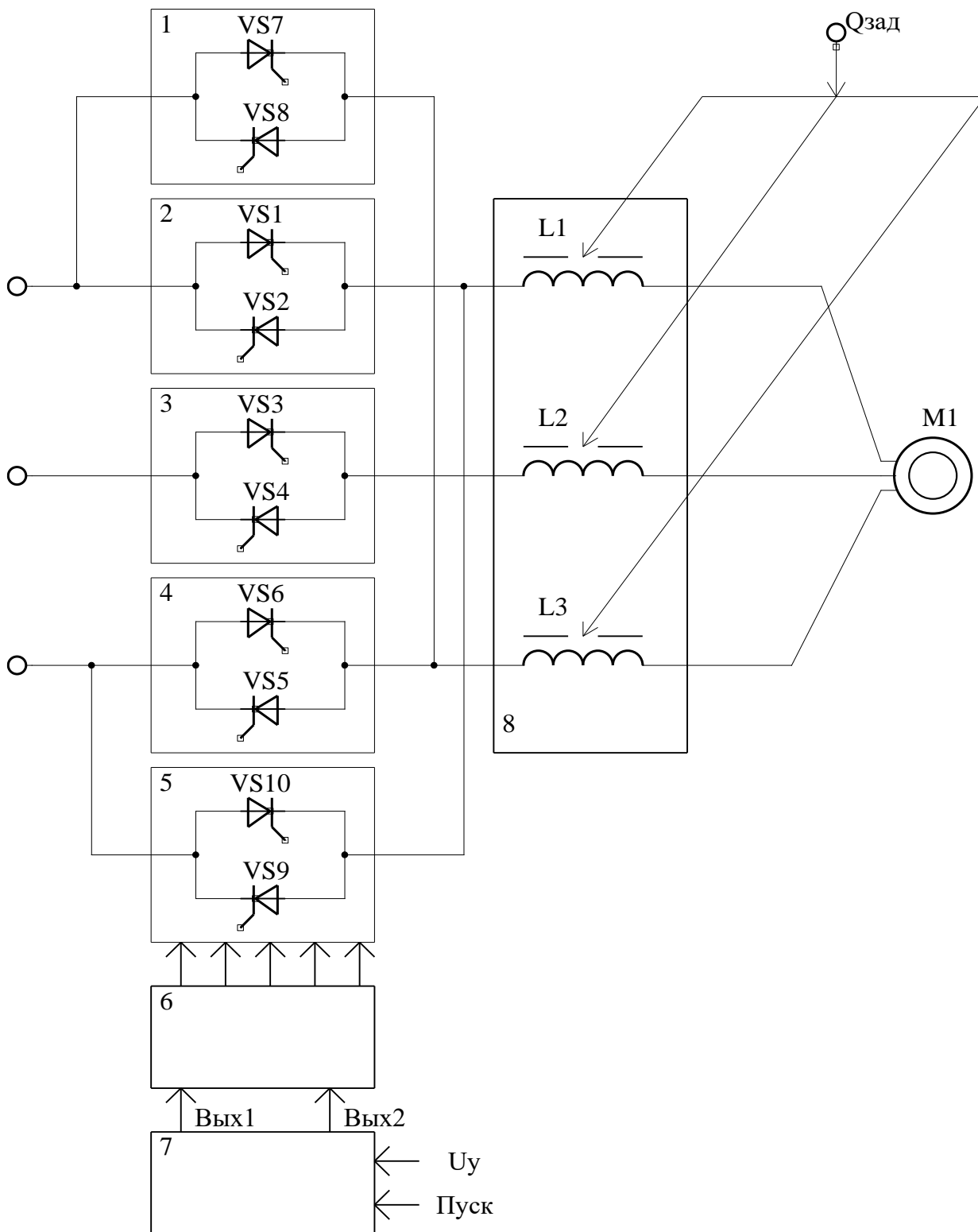


Рисунок 2 – Схема испытания асинхронной машины при повышенной частоте вращения

Реализовать нагружение асинхронной машины можно путем создания нагрузки на ее валу за счет применения нагрузочного генератора. В качестве нагрузочных генераторов можно использовать как машину постоянного, так и переменного тока (синхронный генератор). Схема испытаний с применением генераторов постоянного тока приведена на рисунке 4, а с применением синхронного генератора на рисунке 5.

Основным недостатком всех выше описанных схемных решений является то, что они очень энергозатратные.



1, 2, 3, 4, 5 – симисторные регуляторы; 6 – система управления симисторами; 7 – блок управления режимами работы; 8 – механический индукционный регулятор

Рисунок 3 – Схема испытания асинхронной машины под нагрузкой с применением механического индукционного регулятора

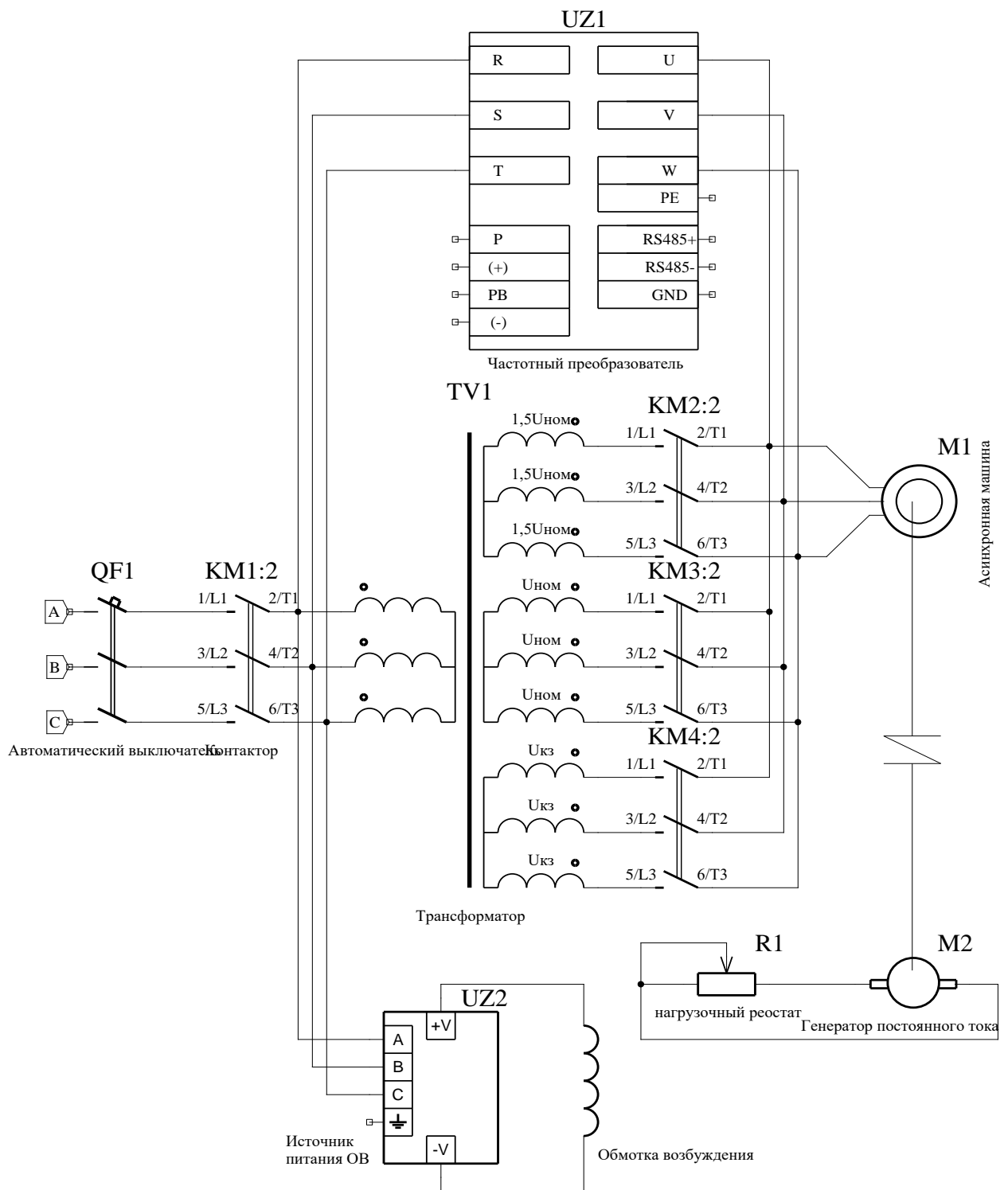


Рисунок 4 – Схема испытания с применением в качестве нагрузки генератора постоянного тока

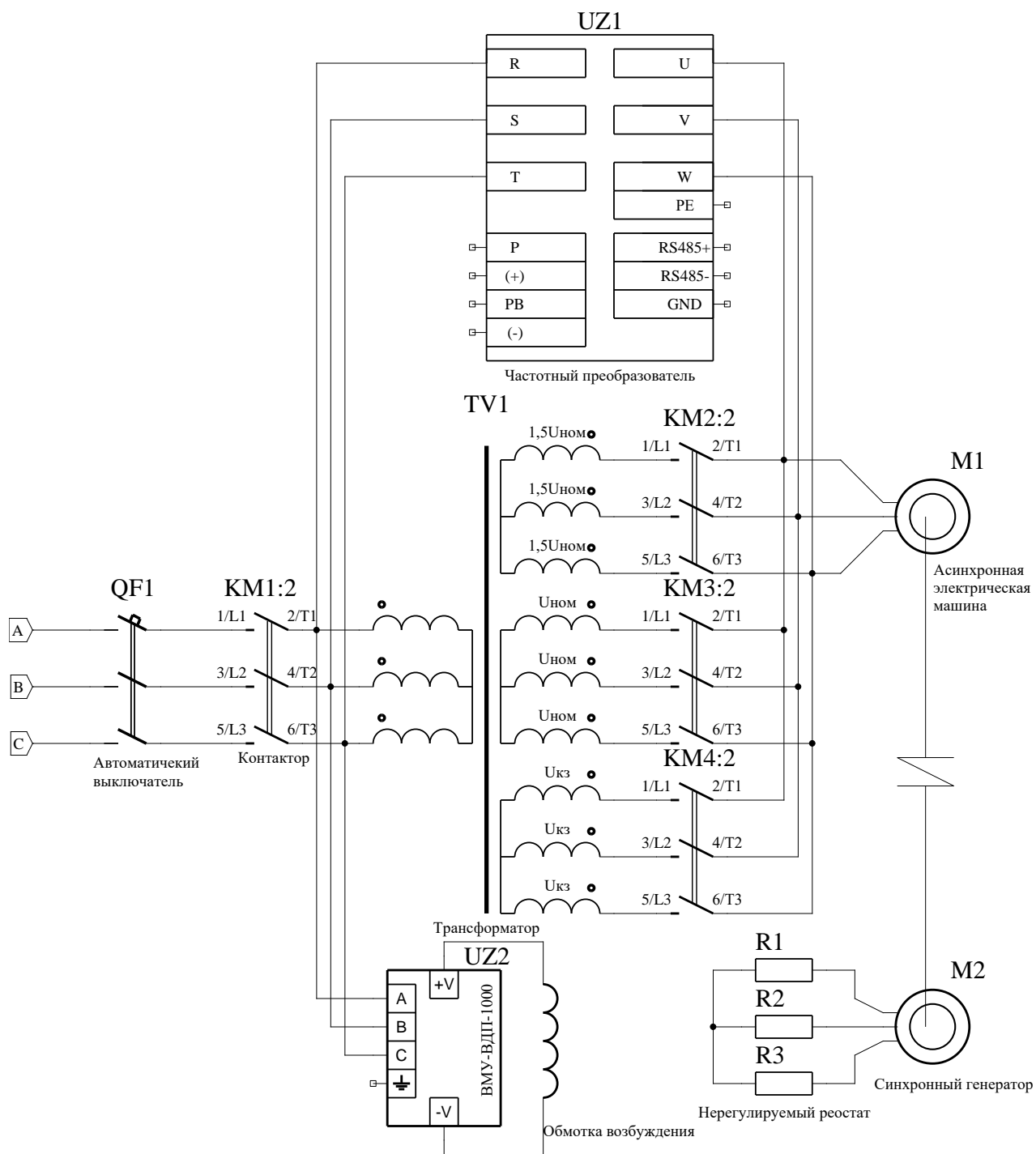


Рисунок 5 – Схема испытания с применением в качестве нагрузки трехфазного синхронного генератора

Для снижения энергозатрат реализуют возможность возврата затраченной электроэнергии в сеть, при проведении испытаний. На рисунке 6 приведена схема испытания асинхронной машины с возможностью рекуперации электроэнергии в питающую сеть.

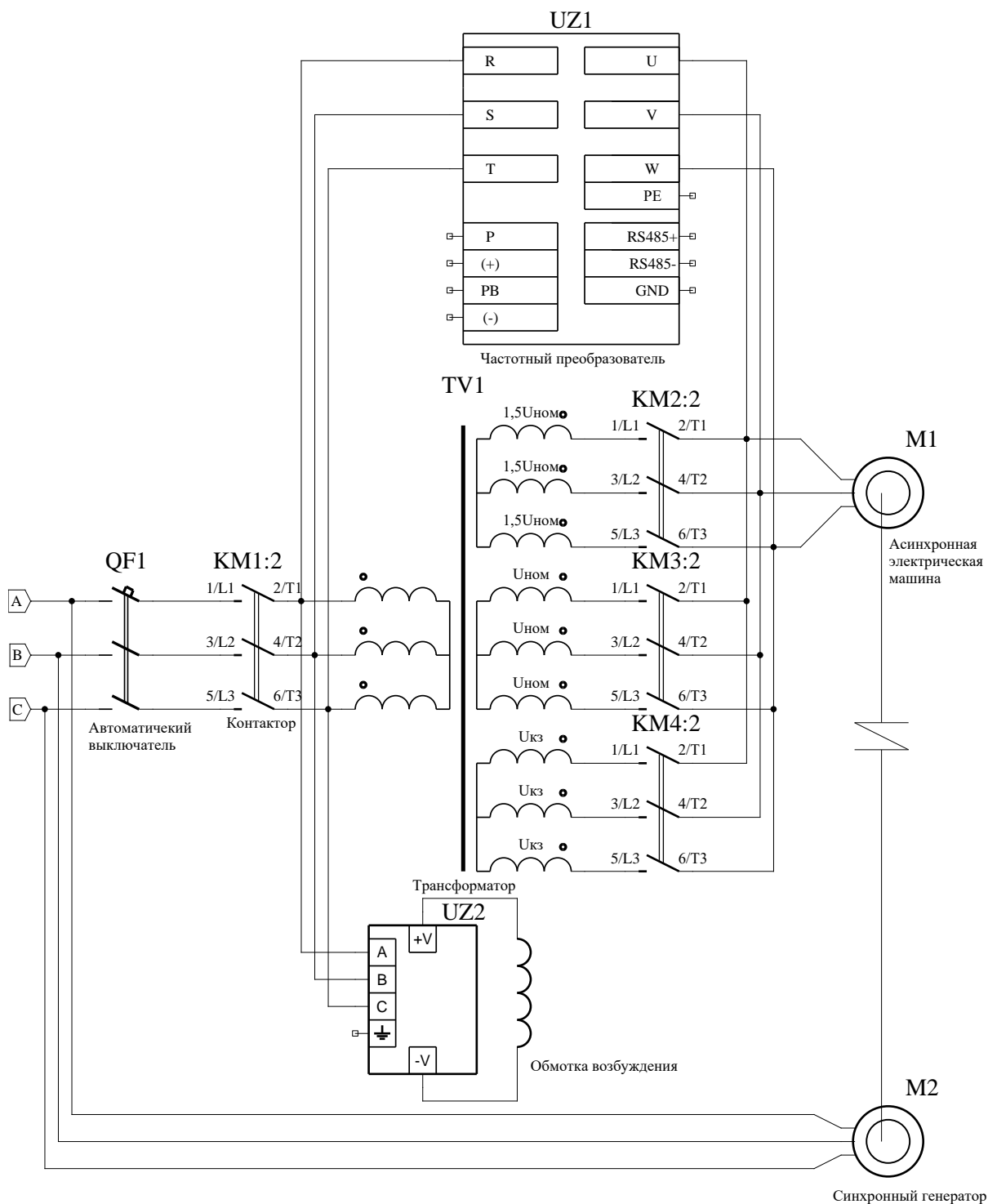
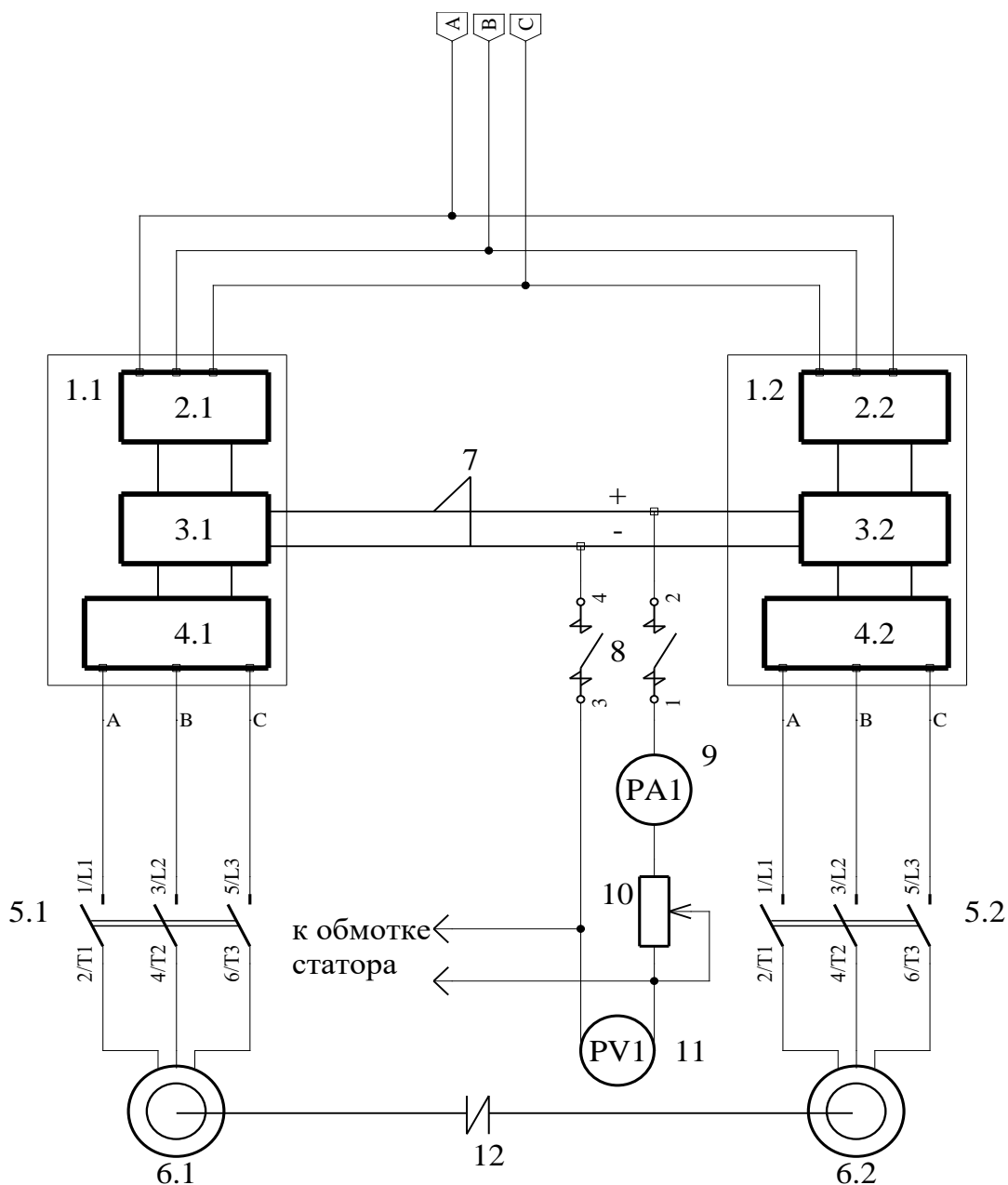


Рисунок 6 – Схема испытания с возможностью возврата электроэнергии в сеть

Использование метода взаимного нагружения для снижения энергозатрат при проведении испытаний электрических машин известно давно. Однако применение этого метода для испытания асинхронных машин стало возможно только благодаря развитию полупроводниковой техники, а именно при появлении частотных преобразователей. Схема метода взаимной нагрузки асинхронных машин приведена на рисунке 7.



1 – преобразователь частоты, 2 – неуправляемый выпрямитель, 3 – звено постоянного тока, 4 – инвертор; 5 – контактор; 6 – испытуемая асинхронная машина; 7 – шина постоянного тока; 8 – контактор; 9 – амперметр; 10 – регулятор тока; 11 – вольтметр.

Рисунок 7 – Схема испытания методом взаимного нагружения с возможностью измерения сопротивления обмоток постоянному току

На рисунке 8 представлено схемное решение испытательной системы для проведения прямо-сдаточных испытаний АМ так же методом взаимной нагрузки.

Такое схемное решения позволяет расширить функциональные возможности испытательных систем и комплексов, предназначенных для проведения прямо-сдаточных испытаний асинхронных машин методом взаимной нагрузки.

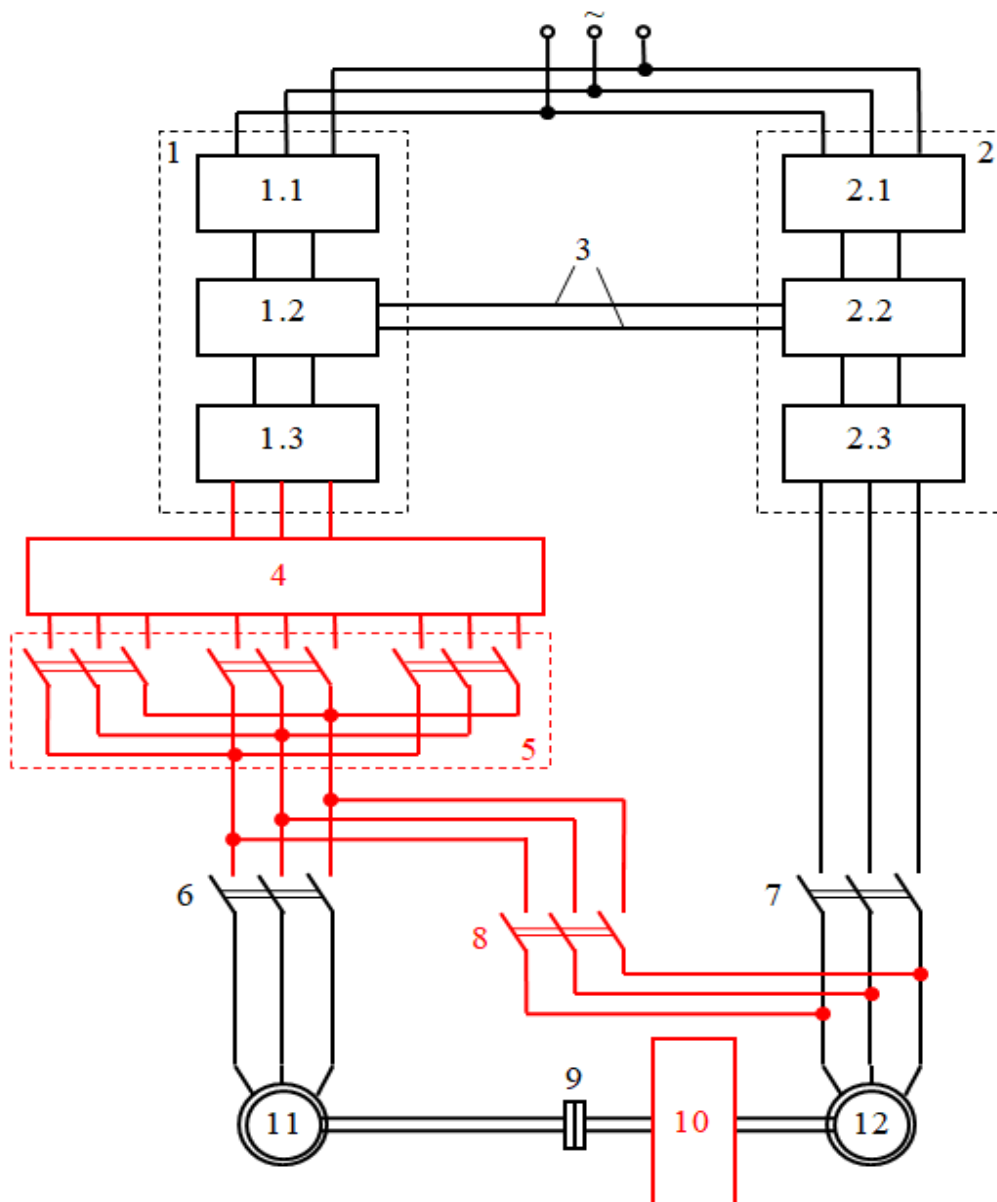


Рисунок 8 – Схемное решение стенда для проведения прямо-сдаточных испытаний

В данном случае схемное решение испытательной системы включает в себя два частотных преобразователя 1 и 2, соединенных между собой по общей шине 3 звена постоянного тока, силового трансформатора с расщепленной вторичной обмоткой 4, коммутатора 5, контакторов 6 – 8, электромеханического тормоза 10, механического сопряжения 9 между валами первой и второй испытуемых асинхронных машин 11 и 12 [3, 4, 5].

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Патент № 2334993 Российская Федерация, МПК G01R 31/34 (2006.01). Устройство для испытания асинхронных двигателей под нагрузкой : №2007119699/28 : заявлен. 28.05.2007 : опубл. 27.09. 2008 / Леоненко С. С., Леоненко А. С., Прокопьев А. Ю. ; заявитель ГОУ ИрГТУ. – 9 с. : ил. – Текст непосредственный.

2. Патент № 178657 Российская федерация, МПК G01R 31/34. Схема испытания асинхронных двигателей : № 2017143234: заявлен. 2017.12.11 : опубл. 2018.04.16 / Харламов В. В., Попов Д. И., Литвинов А. В. ; заявитель ОмГУПС. – 6 с. : ил. – Текст непосредственный.

3. Бублик, А. В. Комплексное соединительное устройство для сочленения валов электрических машин при проведении испытаний / А. В. Бублик, Н. В. Есин, Д. А. Титанак // Материалы международной научно-практической конференции "НЕДЕЛЯ НАУКИ 2023", посвященной году педагога и наставника. – 2023. – С. 58 – 66. – Текст : непосредственный.

4. Бублик, А. В. Вопросы проектирования испытательных стендов электрических машин подвижного состава / А. В. Бублик, В. В. Бублик, О. В. Гателюк, Н. В. Есин // Материалы VII всероссийской научно-технической конференции с международным участием. – 2022. – С. 58 – 66. – Текст : непосредственный.

5. Бублик, А. В. Анализ схем испытательных стендов асинхронных электрических машин / А. В. Бублик, В. В. Бублик, Н. В. Есин // Повышение эффективности эксплуатации электромеханических преобразователей энергии в промышленности и на транспорте: Материалы X всероссийской научно-технической конференции с международным участием, посвященной 120-летию со дня рождения заслуженного деятеля науки и техники РСФСР, д.т.н., профессора М.Ф. Карасева и 80-летию со дня образования кафедры "Электрические машины и общая электротехника", Омск, 5 – 6 декабря 2023, Омск : ОмГУПС – 2023. – С. 233 – 240. – Текст : непосредственный.

6.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

Попов Денис Игоревич

Омский государственный университет путей сообщения (ОмГУПС).
Маркса пр., д. 35, г. Омск, 644046, Российская Федерация.

доктор технических наук, доцент, профессор кафедры «Электрические машины и общая электротехника» ОмГУПС
Тел.: +7 (913) 683-95-59.
E-mail: popovomsk@yandex.ru

Бублик Антон Владимирович

Открытое акционерное общество «Научно-исследовательский институт технологии, контроля и диагностики железнодорожного транспорта» (ОАО «НИИТКД»).

Избышева ул., 3, корп. 2, г. Омск, 644005 РФ.
Ведущий инженер-электроник, заместитель начальника отдела разработки и внедрения испытательного оборудования технической дирекции
Тел.: +7 (913) 618-18-79.

E-mail: anvbublik@mail.ru

Бублик Владимир Васильевич

Омский государственный университет путей сообщения (ОмГУПС).

Маркса пр., д. 35, г. Омск, 644046, РФ.
Кандидат технических наук, доцент кафедры «Подвижной состав электрических железных дорог», ОмГУПС

Тел.: +7 (3812) 31-34-19

E-mail: bublikvv52@mail.ru

Гателюк Олег Владимирович

Омский государственный университет путей сообщения (ОмГУПС).

Маркса пр., д. 35, г. Омск, 644046, РФ.
Кандидат физико-математических наук, доцент, доцент кафедры «Высшей математики», доцент кафедры «Информационная безопасность», ОмГУПС

Тел.: +7(950) 955-82-19.

E-mail: oleg.gatelyuk.61@yandex.ru

Есин Николай Васильевич

Омский государственный университет путей сообщения (ОмГУПС).

Маркса пр., д. 35, г. Омск, 644046, РФ.
Кандидат технических наук, доцент кафедры «Подвижной состав электрических железных дорог», ОмГУПС.

Тел.: +7 (3812) 31-34-19

E-mail: nikve@mail.ru

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Stepanov Sergey Yurievich

Omsk State Transport University (OSTU).
35, Marx av., Omsk, 644046,
the Russian Federation.

Doctor of Technical Sciences, Associate Professor, Professor of the Department of "Electrical Machines and General Electrical Engineering", OSTU.

Phone: +7 (913) 683-95-59.

E-mail: popovomsk@yandex.ru

Bublik Anton Vladimirovich

Open Joint Stock Company "Scientific Research Institute of Technology, Control and Diagnostics of Railway Transport" (JSC "НИИТКД").

Izbyшева str., 3, building 2, Omsk, 644005 Russian Federation.

Leading electronics engineer, Deputy Head of the Testing Equipment Development and Implementation Department of the Technical Directorate

Phone: +7 (913) 618-18-79.

E-mail: anvbublik@mail.ru

Bublik Vladimir Vasilevich

Omsk State Transport University (OSTU).

35, Marx st., Omsk, 644046, the Russian Federation.
Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department «Rolling stock electric railways», OSTU.

Phone: +7 (3812) 31-34-19

E-mail: bublikvv52@mail.ru

Gatelyuk Oleg Vladimirovich

Omsk State Transport University (OSTU).
35, Marx av., Omsk, 644046, the Russian Federation.

Candidate of Physical and Mathematical Sciences, Associate Professor, Associate Professor of the department «Higher Mathematics», Associate Professor of the department «Information Security», OSTU.

Phone: +7(950) 955-82-19.

E-mail: oleg.gatelyuk.61@yandex.ru

Yesin Nikolay Vasilyevich

Omsk State Transport University (OSTU)

35, Marx st., Omsk, 644046, the Russian Federation.

Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department «Rolling stock electric railways», OSTU.

Phone: +7 (3812) 31-34-19

E-mail: nikve@mail.ru