

гию по тому же графику, что и поезд 1. При этом случае он частично подпитывается от НЭ. На основе тяговых расчетов для данного участка (ТП 1-3) были составлены графики токов поездов, определяющие режим электропотребления для заданных профиля и времени хода по участку.

В результате моделирования было выполнено сравнение расхода энергии по вводу 35 кВ ТП 2 при наличии и отсутствии на ней НЭ, а также рассмотрены рациональные пределы разряда НЭ при подкормке тяговой нагрузки. При отсутствии тягового электроснабжения в зоне рекуперации и НЭ на ТП 2 вся энергия рекуперуется при торможении поезда на участке ТП 2-3 и будет утилизироваться в его реостатных или механических тормозах поезда. При наличии НЭ эта энергия может частично или полностью поглощаться с последующим возвращением в тяговую сеть для подпитки тяговых нагрузок.

Таким образом, при использовании накопителей энергии на тяговых подстанциях и управлении процессом их заряда-разряда по напряжению на шинах расход электроэнергии на вводе 35 кВ тяговой подстанции может быть снижен на 15–17 %, но энергия рекуперации вследствие ограниченной энергоемкости накопителя эффективно используется только на 60–70 %. Для увеличения экономического эффекта нужно повышать энергоемкость накопителя либо оптимизировать его энергообменные режимы с помощью преобразователя.

#### Список литературы

1 **Bosyi, D.** Computing and Optimization for DC Power Systems of Electric Transport / D. Bosyi, O. Sablin, Ye. Kosariev // New Jersey : World Scientific. – 2020. – 198 p. – Режим доступа : <https://www.worldscientific.com/worldscibooks/10.1142/q0229>. – Дата доступа : 10.10.20.

2 **Сопов, В. И.** Способы повышения эффективности использования энергии электрического торможения подвижного состава / В. И. Сопов // Онлайн Электрик: Электроэнергетика. Новые технологии [Электронный ресурс]. – 2012. – Режим доступа : <http://www.onlineelectric.ru/articles.php?id=43>. – Дата доступа : 18.09.2020.

3 **Саблін, О. І.** Дослідження ефективності процесу рекуперації електроенергії в умовах метрополітену / О. І. Саблін // Східно-європейський журнал передових технологій. – 2014. – № 6/8 (72). – С. 9–13.

УДК 625.

## РАЗРАБОТКА МЕТОДИКИ ОПРЕДЕЛЕНИЯ РАБОТОСПОСОБНОСТИ САН-ШИНЫ ШКАФА R3 ТЕПЛОВЗОВ СЕРИИ ТМЭ

*Ю. Г. САМОДУМ*

*Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель*

*Е. В. ПИСАРЕНКО*

*ЗАО «Штадлер Минск», г. Минск, Республика Беларусь*

В настоящее время ключевым направлением в развитии железнодорожного транспорта стало его усовершенствование и внедрение электроники. Современный локомотив представляет собой сложную систему механических и электронных устройств, правильная работа которых обеспечивает безопасность движения и выполнение перевозочного процесса. Применение электроники позволило добиться автоматизации в управлении системами локомотива, адаптировать работу этих систем для различных условий движения, а также снизить расход топлива и выбросы вредных веществ в окружающую среду.

На Белорусской железной дороге нашли широкое применение новые маневровые тепловозы серии ТМЭ1 и ТМЭ2, которые оснащены микропроцессорной системой управления.

При всех положительных сторонах внедрения электронных систем появились и новые проблемы, связанные со сложностью диагностирования и устранением неисправностей микропроцессорного оборудования. Участвовавшие случаи выходов из строя электронного оборудования, тепловозов серии ТМЭ1 и ТМЭ2 привели к увеличению простоя локомотивов в ремонте и, как следствие, усложнили процесс организации маневровой работы.

За период с 01.01.2016 по 31.10.2019 выполнен учет неисправностей электронного оборудования распределительного шкафа R3 тепловозов серии ТМЭ1 и ТМЭ2, результаты которого представлены на рисунке 1.

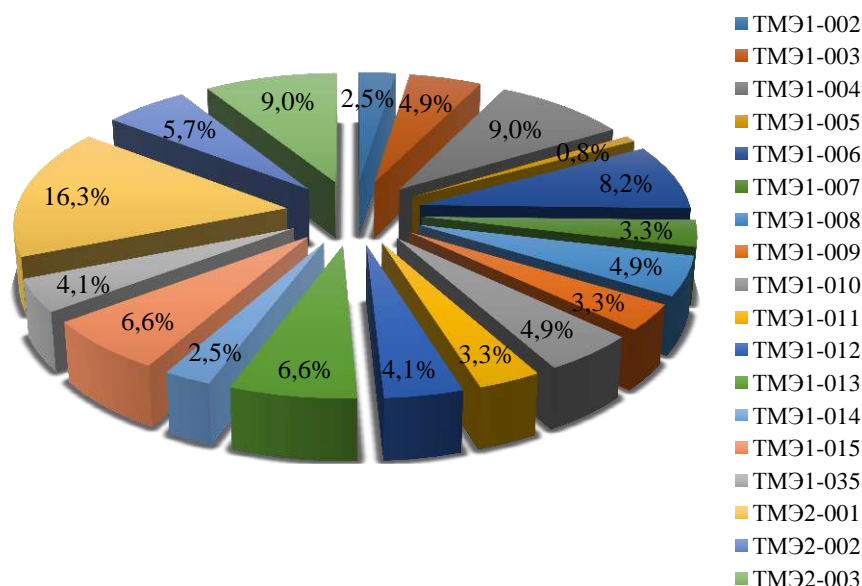


Рисунок 1 – Распределение неисправностей функциональных блоков преобразователя собственных нужд R3 тепловозов серии TMЭ1 и TMЭ2

Наибольшее количество сбоев в работе электронного оборудования за указанный промежуток времени было зафиксировано у тепловозов TMЭ2 № 001 – 16,3 %, TMЭ1 № 004 – 9,0 %, TMЭ2 № 003 – 9,0 % и TMЭ1 № 006 – 8,2 %. Данный факт указывает на появление определенных локомотивов, у которых участились случаи сбоев в работе и выходов из строя электронного оборудования преобразователя собственных нужд R3 типа PM120-4. Наибольшее количество неисправностей выявлено по следующему оборудованию распределительного шкафа R3: блок возбуждения тягового генератора GU4 – 27,5 %; инвертор, питающий электродвигатель компрессора и вентилятора охлаждения компрессора GS1 – 17,3 %; инвертор, питающий вентиляторы охлаждения двигателя внутреннего сгорания GS3 – 14,3 %; инвертор, питающий вентиляторы охлаждения тяговых электродвигателей локомотива GS2 – 9,2 %; зарядное устройство GU1 – 9,2 %.

В большинстве случаев при выходе из строя указанных блоков производят их замену, поскольку отсутствуют утвержденные методы их ремонта. Выявление неисправных деталей и их замена (восстановление) позволяют значительно снизить расход средств на ремонт электронного оборудования тепловозов.

При появлении на дисплейном модуле локомотива тревожного сообщения, связанного с выходом из строя инверторов GS1, GS2 и GS3, причиной может служить неисправность CAN-шины – устройства в электронной автоматике локомотива, основной задачей которой является объединение различных датчиков и процессоров в общую синхронизированную систему. Выявление неисправности этой системы поможет избежать тестирования и замены инверторов GS1, GS2 и GS3.

Упрощенная схема соединения функциональных блоков распределительного шкафа R3 типа PM120-4 по CAN-шине представлена на рисунке 2 [1, 2].

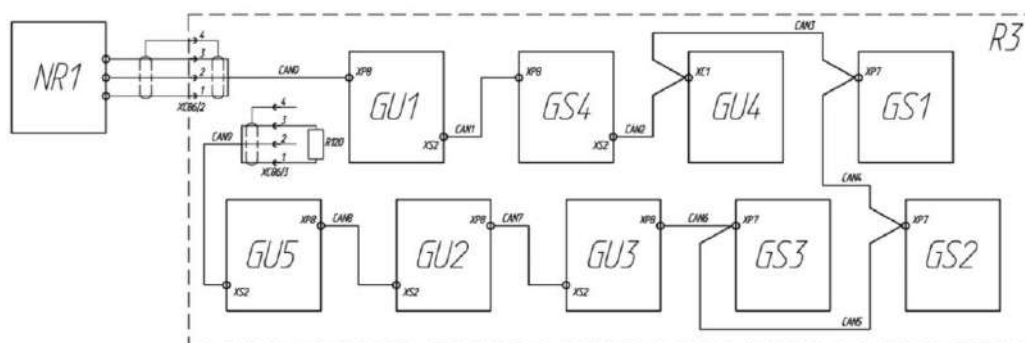


Рисунок 2 – Схема соединения функциональных блоков распределительного шкафа R3 типа PM120-4 по CAN-шине

Для диагностирования неисправностей предлагается использовать известный метод «средней точки». Схема подключения щупов мультиметра представлена на рисунке 3.

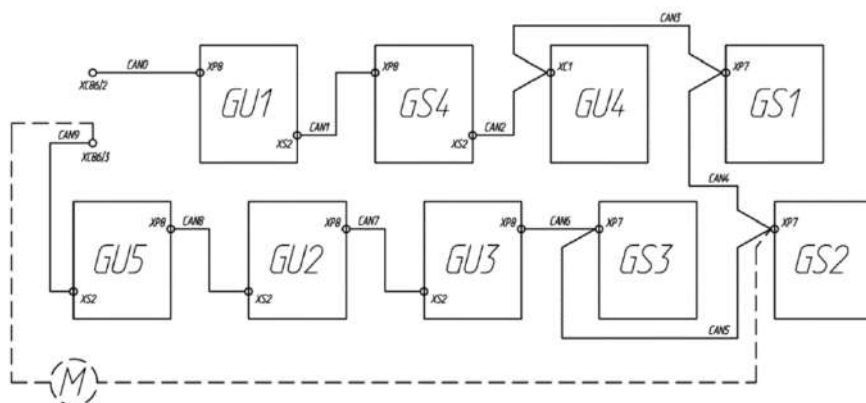


Рисунок 3 – Схема подключения щупов мультиметра при проверке методом «средней точки» CAN-шины распределительного шкафа R3 типа PM120-4

При выполнении проверки CAN-шины с использованием цифрового мультиметра в режиме «прозвонка» разъемы XC86/2 и XC86/3 необходимо отключить. Для первой проверки можно выбрать соединение XP7 электронного блока GS2. Если зуммер мультиметра M при включении будет издавать звуковой сигнал, значит, цепь от соединения XP7 до разъема XC86/3 исправна. Дальнейшую проверку необходимо осуществлять на участке от разъема XC86/2 до соединения XP7 инвертора GS2. Если зуммер мультиметра M не издавал звукового сигнала – неисправность находится на участке от соединения XP7 электронного блока GS2 до разъема XC86/3 и дальнейшую проверку необходимо выполнять там. Если зуммер издает звук – следующую проверку выполняем, присоединив щуп мультиметра M к разъему XC1 возбудителя тягового генератора GU4. Если зуммер не издает сигнал – наблюдается неисправность кабеля CAN3, если издает сигнал – неисправен кабель CAN2. Так как CAN-шина представляет собой витой кабель, данные работы должны быть выполнены для каналов CAN-H и CAN-L, по которым передаются высоко- и низкочастотные сигналы и для общего канала CAN-0, служащего для выравнивания потенциалов отдельных узлов.

Если диагностика CAN-шины показала ее исправность, то, как правило, причиной выхода из строя функциональных блоков распределительного шкафа R3 является неисправность инверторов GS1, GS2 и GS3, ремонт которых гораздо дешевле, чем их прямая замена. Так, общая стоимость одного трехфазного инвертора GS1–GS3 типа SN400-70.ZV с НДС составляет 17092,80 рублей [3]. Согласно анализу коммерческих предложений ремонт указанного электронного оборудования составит около 8546,40 рублей (50 % стоимости нового инвертора).

#### Список литературы

- 1 Электрическая схема распределительного шкафа R3 типа PM120-4: V00070B. – Введ. 2012-29-06. – Ческа-Тршебова : АО «CZ LOKO», 2012. – 8 с.
- 2 Преобразователь собственных нужд R3 типа PM120-4. Руководство по эксплуатации: TGP016269\_1. – Введ. 2014-23-02. – Ческа-Тршебова : АО «CZ LOKO», 2014. – 25 с.
- 3 Цент заключения контрактов [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <https://contract-center.ru>. – Дата доступа : 24.11.2019.

УДК 629.4.015

## ПОВЫШЕНИЕ УСТОЙЧИВОСТИ ДВИЖЕНИЯ ПОЕЗДОВ БОЛЬШОЙ МАССЫ И ДЛИНЫ

П. А. САХАРОВ

Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

Увеличение массы и длины составов поездов способствует росту продольно-динамических сил в межвагонных соединениях. Большие продольные силы нарушают устойчивость движения и могут привести к сходу подвижного состава с рельсов вследствие выжимания или выдергивания вагонов,