

УДК 656.0.224.072

Ю. Г. САМОДУМ, кандидат технических наук, Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель,  
Е. В. ПИСАРЕНКО, ЗАО «Штадлер Минск»

## ДИАГНОСТИКА ЭЛЕКТРОННЫХ БЛОКОВ УПРАВЛЕНИЯ ТЕПЛОВОЗОВ СЕРИИ ТМЭ

Проанализированы неисправности электронного оборудования преобразователя собственных нужд типа РМ120-4 маневровых локомотивов серии ТМЭ1 и ТМЭ2. Установлено, что количество отказов функциональных блоков преобразователя собственных нужд типа РМ120-4 растет с увеличением срока работы тепловозов серии ТМЭ1 и ТМЭ2. Приведено распределение отказов составляющих электронного оборудования преобразователя собственных нужд типа РМ120-4. Предложен алгоритм выявления работоспособности электронного оборудования преобразователя собственных нужд типа РМ120-4 маневровых локомотивов серии ТМЭ1 и ТМЭ2.

Современный локомотив представляет собой сложную систему механических и электронных устройств, правильная работа которых обеспечивает безопасность движения и соблюдение графика движения. Применение электроники позволяет автоматизировать управление системами локомотива, адаптировать их работу к различным условиям движения поезда. В то же время при ряде положительных моментов внедрения электронных систем управления появились и новые проблемы, связанные со сложностью диагностирования и устранения неисправностей микропроцессорного оборудования.

В процессе эксплуатации тепловозов серии ТМЭ1 и ТМЭ2 наблюдаются случаи выхода из строя электронного оборудования, в частности блоков преобразователя собственных нужд типа РМ120-4 распределительного шкафа R3. Преобразователь собственных нужд типа РМ120-4 разработан для маневровых локомотивов серии ТМЭ1 и ТМЭ2 и обеспечивает питание вспомогательного оборудования локомотива (электродвигатель компрессора и вентиляторов), бортовых сетей локомотива 24 В и 110 В, зарядку аккумуляторных батарей, а также возбуждение вспомогательного и тягового генераторов переменного тока.

С целью определения частоты отказов электронного оборудования преобразователя собственных нужд типа РМ120-4 выполнен анализ выхода из строя комплектующих преобразователя на пятнадцати тепловозах серии ТМЭ1 и трех тепловозах серии ТМЭ2 2011–2014 за период с 01.01.2016 по 30.10.2019 год.

Анализ показал, что неисправности составляющих электронного оборудования преобразователя собственных нужд типа РМ120-4 по убывающей распределились следующим образом:

- 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 %.

На рисунке 1 представлена доля неисправности электронного оборудования преобразователя собственных нужд типа РМ120-4.

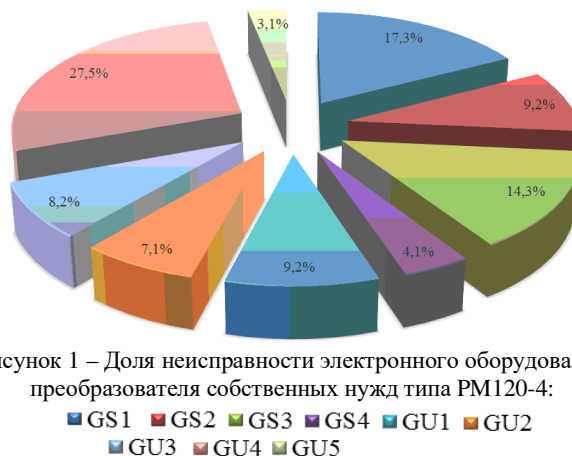


Рисунок 1 – Доля неисправности электронного оборудования преобразователя собственных нужд типа РМ120-4:

■ GS1 ■ GS2 ■ GS3 ■ GS4 ■ GU1 ■ GU2  
■ GU3 ■ GU4 ■ GU5

Учитывая, что инверторы *GS1*, *GS2* и *GS3* аппаратно реализованы одинаково, то в соответствии с диаграммой, представленной на рисунке 1, можно сделать вывод, что наибольшее число неисправностей приходится на электронные блоки *GS1–GS3* (40,8 %).

Также выполненный анализ показал, что количество отказов функциональных блоков преобразователя собственных нужд типа РМ120-4 растет с увеличением срока работы тепловозов серии ТМЭ1 и ТМЭ2 (рисунок 2).

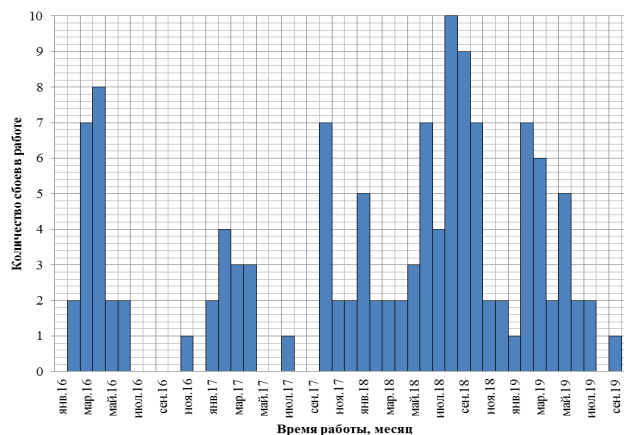


Рисунок 2 – Количество отказов функциональных блоков преобразователя собственных нужд типа РМ120-4 от времени работы

В большинстве случаев при отказе электронных блоков *GS1–GS3* их меняют на исправные. В то же время есть необходимость определить неисправную деталь в блоках, замена которой значительно снизит затраты на ремонт. Таким образом, необходимо выработать алгоритм поиска неисправности, поскольку при отсутствии утвержденной методики ремонта таких блоков, используются самые разнообразные подходы.

Начальный этап диагностирования электронных блоков распределительного шкафа *R3* тепловозов серии ТМЭ1 и ТМЭ2 заключается в проверке наличия питания, соответствующего 24 В. Для этого необходимо выполнить осмотр индикации светодиодов функциональных блоков распределительного шкафа *R3* [1]. Отклонения в индикации у блоков преобразователя собственных нужд *R3* типа РМ120-4 тепловозов серии ТМЭ1 и ТМЭ2 сигнализирует об отсутствии или частичной потере напряжения питания, равного 24 В.

Следующий этап проверки работоспособности электронного оборудования распределительного шкафа *R3* типа РМ120-4 сводится к визуальному осмотру всех подводящих разъемов на наличие дефектов. При обнаружении трещин на корпусе, оплавления контактов, повреждений защелок разъем необходимо заменить. Проверить целостность клеммных соединений, а также осмотреть дисплей прибора контроля изоляции *BENDER* на наличие тревожных сообщений «*ALARM1*» и «*ALARM2*», сигнализирующих о низкой изоляции цепи преобразователя собственных нужд *R3* тепловозов серии ТМЭ1 и ТМЭ2 [1].

При появлении на дисплейном модуле локомотива тревожного сообщения, связанного с одновременным выходом из строя ряда оборудования распределительного шкафа *R3*, например, инверторов *GS1*, *GS2* и *GS3*, необходимо выполнить проверку исправности *CAN*-шины, так как в большинстве случаев возникновение данного сообщения вызвано выходом из строя любого элемента *CAN*-шины, по которой происходит передача и обмен информации с электронным регулятором тепловоза.

Сокращение *CAN* расшифровывается как *Controller Area Network*, то есть сеть контроллеров. *CAN*-шина – это одно из устройств в электронной автоматике локомотива, основной задачей которой является объединение различных датчиков и процессоров в общую синхронизированную систему. Она обеспечивает сбор и обмен данными, посредством чего в работу различных систем и узлов тепловоза вносятся необходимые корректировки.

На тепловозах серии ТМЭ1 и ТМЭ2 используется *CAN*-шина, состоящая из трех каналов:

- *CAN-H* (служит для передачи высокоуровневых сигналов);
- *CAN-L* (служит для передачи низкоуровневых сигналов);
- *CAN-0* (служит для выравнивания потенциалов отдельных узлов, чтобы повысить помехозащищенность при воздействии синфазной помехи).

Упрощенная схема соединения функциональных блоков распределительного шкафа *R3* типа РМ120-4 по *CAN*-шине представлена на рисунке 3 [2].

Для диагностирования неисправностей в цепях с последовательным подключением элементов можно ис-

пользовать известный метод «средней точки». Сущность данного метода заключается в том, что проверяемый участок схемы на каждом этапе проверки разделяют на два равных участка.

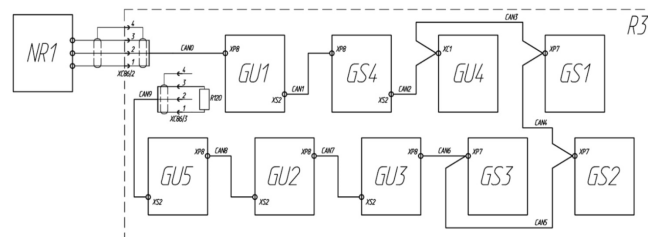


Рисунок 3 – Схема соединения функциональных блоков распределительного шкафа *R3* типа РМ120-4 по *CAN*-шине

При выполнении проверки *CAN*-шины с использованием цифрового мультиметра в режиме «прозвонка» разъемы *XC86/2* и *XC86/3* необходимо отключить. Так как на схеме, представленной на рисунке 3, двадцать девять элементов (включая кабели), то для первой проверки можно выбрать соединение *XP7* электронного блока *GS2*. Если зуммер мультиметра *M* при подключении, показанном на рисунке 4, 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 на этом участке.

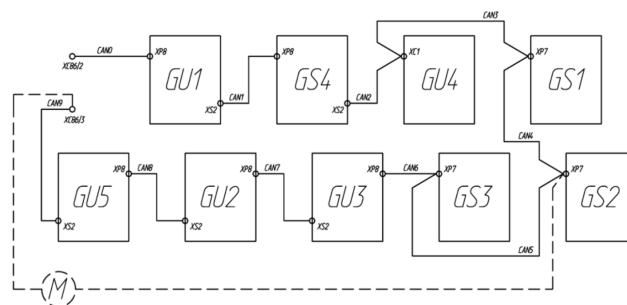


Рисунок 4 – Схема подключения щупов мультиметра при проверке методом «средней точки» *CAN*-шины распределительного шкафа *R3* типа РМ120-4

Согласно проведенному анализу работы электронных блоков распределительного шкафа *R3* типа РМ120-4 тепловозов серии ТМЭ1 и ТМЭ2 наибольшее количество неисправностей приходится на электронные блоки *GS1*, *GS2* и *GS3* (40,8 %).

При выявлении неисправности одного из указанных электронных блоков необходимо выполнить проверку наличия питания и величину напряжения питания – 24 В. Для этого необходимо убедиться, что контрольный светодиод на блоке питания инвертора горит зеленым цветом. Не горящий светодиод указывает на отсутствие напряжения, приходящего в блок питания инвертора. Если светодиод горит красным цветом, то это указывает на перегорание предохранителя и требует его проверки.

Дальнейшая диагностика блока питания инверторов *GS1*, *GS2* и *GS3* сводится к проверке наличия трех выходных напряжений: «+15 В», «–15 В» и «+5 В», что

должно подтверждаться наличием зеленого свечения трех соответствующих светодиодов. В противном случае высока вероятность, что неисправны стабилизаторы.

По индикации светодиодов на плате процессора электронных блоков *GS1–GS3* можно определить наличие напряжения «+5 В». Если светодиод мигает зеленым цветом с определенной частотой, то это указывает на исправность блока питания инвертора и наличие «+5 В» на плате процессора электронного блока. Если светодиод горит красным цветом, это указывает на потерю питания или нестабильное питание платы процессора напряжением «+5 В».

Если указанные выше индикаторы не сигнализируют о каких-либо неисправностях, то необходимо выполнить проверку силовых модулей. В качестве силовых модулей используются собранные в модуль биполярные транзисторы с изолированным затвором *IGBT (Insulated Gate Bipolar Transistor)* – это гибрид биполярного и полевого транзистора с изолированным затвором. Данное сочетание привело к тому, что модуль унаследовал положительные качества как полевого транзистора, так и биполярного. Суть его работы заключается в том, что полевой транзистор управляет мощным биполярным. В результате переключение мощной нагрузки становится возможным при малой мощности, так как управляющий сигнал поступает на затвор полевого транзистора.

Схема силового *IGBT*-модуля, используемого в инверторах *GS1, GS2* и *GS3* распределительного шкафа *R3* типа *PM120-4*, представлена на рисунке 5.

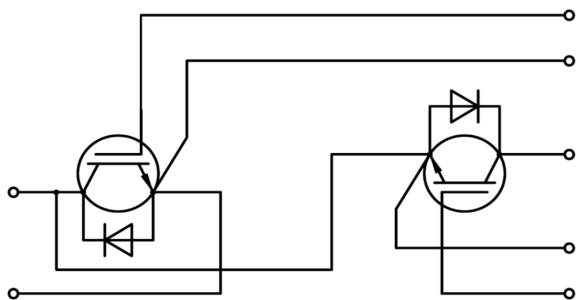


Рисунок 5 – Схема силового *IGBT*-модуля типа *FF300R12KE4*

Диагностирование *IGBT*-модуля сводится к проверке целостности диодов *VD1, VD2* и исправности транзисторов *VT1, VT2*.

Для проведения проверки диодов *VD1* и *VD2* необходимо применить цифровой мультиметр в режиме «проверка диодов». Чтобы убедиться в функционировании элемента, необходимо произвести прямое включение: подключить анод к плюсовому значению (красный щуп), а катод – к минусовому (черный). При этом на дисплее мультиметра должно появиться значение пробивного напряжения диода, это значение в среднем составляет от 100 до 800 мВ. При обратном под-

ключении на мониторе будет отображаться символ – «0L», который означает, что сопротивление велико настолько, что электрический ток не протекает. Выполнение всех описанных выше условий сигнализирует об исправности диодов силового модуля.

Для диагностирования биполярного транзистора с изолированным затвором, входящего в состав модуля типа *FF300R12KE4*, необходимо проверить его открытие при подаче управляющего напряжения 5 В на затвор и его закрытие при снятии управляющего питания [2]. Для диагностирования транзистора *VT1* необходимо подключить блок питания к выводам «6», «7» *IGBT*-модуля, а также установить щупы мультиметра, переведенного в режим «прозвонка», на контакты «1» (красный щуп) и «2» (черный щуп).

Если при отсутствии управляющего сигнала на затворе, при условии исправности диода *VD1*, на дисплее мультиметра отображается символ «0L», а при подаче питания наблюдается небольшое падение напряжения, лежащее в диапазоне 300–500 мВ, то проверяемый транзистор является исправным. В противном случае требуется их замена. Данный способ диагностирования инверторов *GS1, GS2* и *GS3* распределительного шкафа *R3* типа *PM120-4* позволяет определить дефектный модуль функционального блока, тем самым сократив время на поиск неисправности.

Можно сделать вывод, что, основываясь на опыте эксплуатации тепловозов серии *ТМЭ1* и *ТМЭ2*, необходимо разработать и утвердить алгоритм выявления неисправностей электронных блоков с целью снижения затрат на их восстановление.

Так, стоимость одного трехфазного инвертора *GS1–GS3* типа *SN400-70.ZV* составляет 17092,80 рублей [3]. Согласно анализу коммерческих предложений на комплектующие ремонт указанного электронного оборудования составит около 8546,40 рублей, что позволит на 50 % снизить затраты на ремонт по отношению к варианту, когда приобретается новый инвертор.

Далее возможно разработать методику ремонта такого оборудования, реализовав ее в технологических инструкциях по техническому обслуживанию и ремонту электронных блоков тепловозов серии *ТМЭ* в локомотивных депо Белорусской железной дороги.

#### Список литературы

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

Получено 30.04.2021

#### **Yu. G. Samodum, E. V. Pisarenko.** Diagnostics of electronic control units of locomotive series TME.

The analysis of the malfunction of the electronic equipment of the *PM120-4* type auxiliary converter for shunting locomotives of the *TME1* and *TME2* series has been carried out. It has been established that the number of failures of functional blocks of the *PM120-4* type auxiliary converter increases with the increase in the service life of *TME1* and *TME2* diesel locomotives. Distribution of failures of components of electronic equipment of auxiliaries converter of *PM120-4* type is given. An algorithm for detecting the operability of the electronic equipment of the *PM120-4* type converter of auxiliary locomotives of the *TME1* and *TME2* series shunting locomotives is proposed.