Результаты эксплуатации выпрямительно-инверторных преобразователей электровозов переменного тока ВЛ80^Р на Красноярской железной дороге

С. А. БОГИНСКИЙ¹, В. В. СЕМЧЕНКО²

¹ Открытое акционерное общество «Российские железные дороги» (ОАО «РЖД»), Москва, 105064, Россия

² Акционерное общество «Дорожный центр внедрения Красноярской железной дороги» (АО «ДЦВ Красноярской ж.д.»), Красноярск, 660021, Россия

Аннотация. Приведены данные о неисправностях выпрямительно-инверторных преобразователей (ВИП) электровозов переменного тока серии ВЛ80^Р, зафиксированных на пунктах технического обслуживания локомотивов (ПТОЛ) и локомотивных депо Красноярской железной дороги за период 2014–2018 гг. Даны сведения по количеству тиристоров, их основным параметрам и техническим характеристикам для двух типов преобразователей — ВИП-2200 и ВИП-4000. На основе мониторинга получены статистические данные по количественной и качественной оценке видов неисправностей ВИП и проведен их анализ. Приведены данные о количестве неисправных ВИП-2200 и ВИП-4000 на электровозах ВЛ80^Р за указанный период. Представлена статистика случаев отказов данных типов преобразователей, приходящихся на 1 млн локомотиво-км общего пробега электровоза ВЛ80^Р в пересчете на одну секцию, а также статистика количества сквозных пробоев плеч ВИП, приходящихся на 1 млн локомотиво-км общего пробега этих электровозов. На основе анализа статистики отказов сделаны выводы о том, что за период с 2014 по 2018 г. замена устаревших ВИП-2200 на современные ВИП-4000 обеспечила снижение общего количества неисправностей всех ВИП в 2,3 раза. Это привело к уменьшению числа случаев отказов ВИП на 1 млн локомотиво-км общего пробега электровоза в 4 раза.

Ключевые слова: электровоз; выпрямительно-инверторный преобразователь; техническое состояние; отказ; мониторинг

Введение. Электровозы серии ВЛ80^Р [1, 2], построенные в 70–80-х гг. XX в., были самыми первыми на сети железных дорог России локомотивами переменного тока, на которых применена бесконтактная силовая схема преобразования переменного тока в постоянный. Эта схема была построена на основе выпрямительно-инверторных преобразователей (ВИП), плечи которых выполнены из силовых управляемых вентилей — тиристоров. С помощью такой схемы электровоз получил бесконтактное плавное регулирование выпрямленного напряжения на тяговых двигателях в режиме тяги и плавное регулирование выпрямленного напряжения инвертора в режиме рекуперативного торможения.

Этапы развития в построении ВИП по количеству тиристоров. Первые типы ВИП электровозов переменного тока [3, 4] основывались на применении тиристоров невысокого класса и небольшой величины номинального прямого тока (максимально допустимое по нагреву среднее за период значение выпрямленного тока). Это вызывало необходимость создать ВИП с большим количеством тиристоров в каждом плече, включенных последовательно и параллельно между собой [5]. В свою очередь, такое построение плеча вело к необходимости применения большого количества дополнительных элементов для выравнивания напряжения и тока между ними. Так, при последовательном соединении тиристоров используется параллельное включение шунтирующих резисторов $R_{ш}$, которые обеспечивают равномерное деление напряжения между тиристорами. Кроме того, используется параллельное включение тиристорам демпфирующих цепочек $R_d C_d$, снижающих коммутационные перенапряжения, и резисторов связи R_c , соединяющих тиристоры параллельных ветвей. Такое включение этих элементов позволяет обойтись одним комплектом $R_{ш}$ и $R_d C_d$ для нескольких параллельных тиристорных ветвей в плече. Для выравнивания токов в тиристорных ветвях, включенных параллельно, применяют индуктивные делители тока (ИД). Каждый такой делитель включен последовательно с тиристорами ветви. В связи с большим количеством силовых тиристоров в плече увеличивается и количество дополнительных элементов R_c , $R_{ш}$ и $R_d C_d$, что повышает вероятность их отказов. В результате надежность работы ВИП в эксплуатации снижается [6].

На первых трех опытных электровозах серии ВЛ80^Р в ВИП применялись лавинные тиристоры ТЛ 200 с номинальным прямым током 200 А и номинальным напряжением 1000 В (10 класс по классификации ГОСТ 10662–69). В итоге ВИП, состоящий из 10 плеч, имел 280 тиристоров, которые были распределены следующим образом. Каждое плечо состояло из 28 тири-

■ E-mail: v.v.semchenko@dcv.ru (В. В. Семченко)

Рис. 1. Схемы одного плеча VS для ВИП-2200 и ВИП-4000 с разным количеством тиристоров в плече:

a — одно плечо VS (плечи 1, 2, 3, 4, 7, 8) ВИП-2200; *б* — одно плечо VS (плечи 3, 4, 5, 6) ВИП-4000; *в* — одно плечо VS (плечи 1, 2, 7, 8) ВИП-4000; ИД — индуктивный делитель тока; $R_{ш}$ — шунтирующий резистор; $R_{д}$ — демпфирующий резистор; $C_{д}$ — демпфирующий конденсатор; T2-320 — тип тиристора в ВИП-2200; T353-800 — тип тиристора в ВИП-4000

Fig. 1. Schemes of one shoulder VS for RC-2200 and RC-4000 with different number of semi-conductor switches in the shoulder:

a — one shoulder VS (shoulders 1, 2, 3, 4, 7, 8) RC-2200; *б* — one shoulder VS (shoulders 3, 4, 5, 6) RC-4000; *в* — one shoulder VS (shoulders 1, 2, 7, 8) RC-4000; ИД — inductive current divider; $R_{ш}$ — shunt resistor; $R_{д}$ — damping resistor; $C_{д}$ — damping capacitor; T2-320 — semi-conductor switch type in RC-2200; T353-800 — semi-conductor switch type in RC-4000

сторов, распределенных на 7 параллельных ветвей, в каждой из которых было включено последовательно 4 тиристора.

В 70-х гг. XX в. была выпущена опытная партия электровозов с ВИП из 8-ми плеч, в которых уже применялись более современные на то время тиристоры типа T2-320 с номинальным напряжением 1400 и 1500 В (14 и 15 классы) и номинальным прямым током 320 А. На рис. 1 представлены схемы одного плеча VS для ВИП-2200 и ВИП-4000 с разным количеством тиристоров в плече, а на рис. 2 показана упрощенная силовая схема электровоза переменного тока ВЛ80^Р в применении к одной тележке с двумя тяговыми двигателями. ВИП-2200 состоял из 154 тиристоров, распределенных

следующим образом. В плечах 5, 6 было включено по 14 тиристоров, распределенных на 7 параллельных ветвей, в каждой из которых было включено последовательно 2 тиристора. В плечах 1, 2, 3, 4, 7, 8 было включено по 21 тиристор, распределенных на 7 параллельных ветвей, в каждой из которых было включено последовательно 3 тиристора (см. рис. 1, *a*). Выпрямленное напряжение ВИП-2200 в номинальном режиме составляло 1250 В, а выпрямленный ток — 1760 А. В дальнейшем по мере освоения электротехнической промышленностью выпуска тиристоров более высокого класса и большего номинального прямого тока этот ВИП стали совершенствовать путем применения тиристоров типа T143-500 с номинальным напряжением 1500 В (15 класс) и номинальным прямым током 500 А. Позднее стали применять тиристоры типа T353-800 с номинальным напряжением 2800 В (28 класс) и номинальным прямым током 800 А. Преобразователь получил наименование ВИП-4000. Этот ВИП содержал уже 80 тиристоров, которые были распределены следующим образом. В плечах 3, 4, 5, 6 было включено по 8 тиристоров, распределенных на 4 параллельных ветви, в каждой из которых было включено последовательно 2 тиристора (см. рис. 1, *б*). В плечах 1, 2, 7, 8 было включено по 12 тиристоров, распределенных на 4 параллельных ветви, в каждой из которых было включено последовательно 3 тиристора (см. рис. 1, *в*). Надежность ВИП-4000 в эксплуатации повысилась. У этого преобразователя выпрямленное напряжение в номинальном режиме составляет 1350 В, а выпрямленный ток — 3000 А.

Эксплуатация электровозов ВЛ80^Р с ВИП-2200 и ВИП-4000. Эксплуатация электровозов ВЛ80^Р осуществляется в основном на Восточном полигоне сети железных дорог (Красноярская, Восточно-Сибирская и Забайкальская дороги). Из многочисленного перечня электрооборудования электровоза особым явля-

Рис. 2. Упрощенная силовая схема электровоза переменного тока ВЛ80^Р в применении к одной тележке с двумя тяговыми двигателями:

ТП — токовый приемник; ТТ — тяговый трансформатор; а1, 1, 2, х1 — выходы вторичной обмотки ТТ; ВИП — выпрямительно-инверторный преобразователь; VS1...VS8 — тиристорные плечи ВИП; CP — сглаживающий реактор; ТД1, ТД2 — тяговые двигатели; ОВ1, ОВ2 — обмотки возбуждения ТД

Fig. 2. Simplified power circuit of AC VL80^R electric locomotive as applied to a single bogie with two traction motors:

ТП — current receiver; ТТ — traction transformer; а1, 1, 2, х1 — outputs of the secondary winding of the ТТ; RC — reversible converter; VS1...VS8 — semi-conductor switch shoulders RC; CP — smoothing reactor; ТД1, ТД2 — traction motors; ОВ1, ОВ2 — excitation windings of ТД

ется ВИП, от которого в большей степени зависит исправное состояние локомотива. В этой связи обеспечение надежной работы ВИП в эксплуатации повышает эксплуатационную надежность работы электровоза и создает условия для безотказной работы локомотива вплоть до его капитального ремонта. Безусловно, по мере эксплуатации этих локомотивов происходит старение и износ материалов их электрического оборудования. Так, в ВИП старению и износу подвергаются изоляция, полупроводниковый материал силовых вентилях, элементов управления системы формирования импульсов (СФИ) — выходных усилителей и других составляющих ВИП, что приводит к возникновению в нем неисправности, а следовательно — к отказу работы электровоза.

Таким образом, целью данной статьи является исследование путей повышения эксплуатационной надежности работы ВИП с сохранением срока службы до его капитального ремонта. Поставленная цель достигается за счет применения мониторинга технического состояния элементов ВИП в процессе его работы и технического диагностирования работы устройства с его системой управления [7] при плановых ремонтах и в процессе технического обслуживания (ТО). Техническое диагностирование позволяет в ходе выполнения ТО и ремонтных работ выявить и устранить отклонения параметров, повреждения элементов ВИП в полном объеме и тем самым повысить качество ТО и ремонта. В результате уровень эксплуатационной надежности работы ВИП повышается.

Опыт эксплуатации электровозов ВЛ80^Р на железных дорогах Восточного полигона [8] выявил необходимость перехода от системы ТО и ремонта по пробегу к системе [9], которая учитывает фактическое техническое состояние ВИП и его электронной аппаратуры управления (БУВИП, БАУ, МСУД и МСУЭ). За годы эксплуатации электровозов ВЛ80^Р в ряде локомотивных депо (Боготол, Абакан, Иланская, Нижнеудинск, Иркутск, Смоляниново) была внедрена автоматизированная система технической диагностики (АСТД) [10]. Эта система диагностирует правильность выполнения алгоритма управления работой плеч ВИП, исправность или отказ работы его элементов и системы управления.

Помимо технического диагностирования целесообразно проводить мониторинг текущего технического состояния работы ВИП и его системы управления [11, 12, 13, 14]. Система комплексного мониторинга позволяет выявлять предотказные состояния узлов и устройств электровозов, включая ВИП, а также по данным о поездной работе фиксировать наличие фактов нарушения эксплуатации локомотивов [12, 13]. Реализованная в настоящее время на Красноярской дороге система комплексного мониторинга текущего технического состояния работы ВИП и его системы управления [14] обеспечивает обратную связь между эксплуатацией,

ТО и ремонтом ВИП при выполнении полного ремонта и ТО электровозов переменного тока типа ВЛ80^Р, ВЛ85, 2(3)ЭС5К и других серий.

Надежность работы ВИП можно будет также повысить выполнением норм его ТО, своевременным проведением ремонта соответствующего качества и внедрением системы мониторинга технического состояния электровоза.

В процессе эксплуатации могут возникать аварийные режимы работы электровоза. В связи с этим микропроцессорная система управления движением (МСУД) электровоза предусматривает управление быстродействующей защитой электрического и электронного оборудования [15]. Для обеспечения такой защиты в настоящее время разработаны соответствующие алгоритмы управления [16].

Одним из существенных путей повышения надежности работы электровоза является замена устаревших ВИП-2200, срок службы которых давно уже истек (15 лет), на новые ВИП-4000, оснащенные более современными тиристорами типа Т353-800 32 класса, рассчитанные на токи 800 А. Надо иметь в виду, что с 1986 г. производство ВИП-2200 прекращено. В преобразователе ВИП-4000 за счет более высоких технических параметров тиристоров значительно сократилось их количество по сравнению с ВИП-2200 (с 154 до 80). Использование тиристоров типа Т353-800 позволило увеличить мощность преобразователя в 1,8 раза и повысить надежность его работы. Это дало возможность применить на электровозах более мощные тяговые двигатели НБ-514 (взамен НБ-418К6). В табл. 1 показано, что количество преобразователей ВИП-2200 на электровозах ВЛ80^Р уменьшилось за период с 2014 по 2018 г. на 165 ед., а ВИП-4000 увеличилось на 277 ед.

Анализ статистики неисправностей ВИП-2200 и ВИП-4000. Частичная замена на электровозах ВЛ80^Р ВИП-2200, которые имеют большое количество тиристоров и дополнительных элементов, на ВИП-4000 значительно снизила общее количество отказов ВИП. Кроме этого, на уменьшение количества отказов ВИП повлиял ряд проведенных организационных и технических мероприятий, таких как контроль за выполнением норм ТО, совершенствование системы ТО и ремонта, оснащение ПТОЛ и локомотивных депо более современной измерительной и диагностической аппаратурой, а также введение в 2014 г. системы мониторинга технического состояния электровозов.

На Красноярской железной дороге была собрана статистика количества всех неисправных ВИП электровозов ВЛ80^Р в период 2014–2018 гг., результаты которой представлены в табл. 2. Данные таблицы показывают, что количество всех неисправных ВИП электровозов ВЛ80^Р за рассматриваемый период значительно (более чем в 3 раза) сократилось.

Таблица 1

**Изменение количества ВИП-2200 и ВИП-4000
за период 2014–2018 гг.**

Table 1

**The change in the number of RC-2200 and RC-4000
for the period 2014–2018**

Тип ВИП	Количество ВИП на электровозах ВЛ80 ^Р , ед.				
	2014 г.	2015 г.	2016 г.	2017 г.	2018 г.
ВИП-2200	402	372	315	272	237
ВИП-4000	149	207	229	353	426

Таблица 2

**Количество неисправных ВИП на электровозах ВЛ80^Р
за период 2014–2018 гг.**

Table 2

**Number of faulty RCs on VL80^R electric locomotives
for the period 2014–2018**

Количество неисправных ВИП, ед.				
2014 г.	2015 г.	2016 г.	2017 г.	2018 г.
375	326	279	170	112

Таблица 3

**Количество отказов электровозов ВЛ80^Р по причине неисправности
ВИП-2200 и ВИП-4000 на 1 млн локомотиво-км общего пробега
в пересчете на одну секцию за период 2014–2018 гг.**

Table 3

**Number of failures of electric locomotives VL80^R due to failures
of the RC-2200 and RC-4000 per million locomotive-km of total mileage
in terms of one section for the period 2014–2018**

Тип ВИП	Количество отказов электровозов с неисправными ВИП-2200 и ВИП-4000 на 1 млн локомотиво-км общего пробега в пересчете на одну секцию				
	2014 г.	2015 г.	2016 г.	2017 г.	2018 г.
ВИП-2200	0,65	0,62	0,50	0,42	0,29
ВИП-4000	0,75	0,47	0,24	0,16	0,10

Таблица 4

**Количество отказов электровозов ВЛ80^Р по причине
неисправности ВИП на 1 млн локомотиво-км общего пробега
в пересчете на одну секцию за период 2014–2018 гг.**

Table 4

**Number of failures of electric locomotives VL80^R due to failures
of the RC per million locomotive-km of total mileage in terms of one section
for the period 2014–2018**

Количество отказов электровозов по причине неисправности ВИП на 1 млн локомотиво-км общего пробега в пересчете на одну секцию				
2014 г.	2015 г.	2016 г.	2017 г.	2018 г.
0,68	0,56	0,37	0,27	0,17

Таблица 5

**Количество сквозных пробоев плеч в ВИП-2200 и ВИП-4000
электровозов ВЛ80^Р за период 2014–2018 гг.**

Table 5

**Number of reach-through shoulder breakdowns in RC-2200 and RC-4000
of VL80^R electric locomotives for the period 2014–2018**

Тип ВИП	Количество сквозных пробоев плеч ВИП				
	2014 г.	2015 г.	2016 г.	2017 г.	2018 г.
ВИП-2200	106	87	58	36	26
ВИП-4000	34	28	21	6	15

Кроме того, была собрана статистика неисправностей ВИП обоих типов в виде числа случаев отказов работы электровозов ВЛ80^Р по причине неисправности ВИП на 1 млн локомотиво-км общего пробега в пересчете на одну секцию электровоза за период 2014–2018 гг. (табл. 3). Данные таблицы показывают, что количество отказов электровозов по причине неисправности ВИП-4000 на 1 млн локомотиво-км общего пробега за рассматриваемый период сократилось значительно (в 7,5 раза), а количество отказов электровозов с неисправными ВИП-2200 только в 2,2 раза.

В табл. 4 собрана статистика неисправностей всех ВИП в виде числа случаев отказов работы электровозов ВЛ80^Р по причине неисправности ВИП на 1 млн локомотиво-км общего пробега в пересчете на одну секцию электровоза за период 2014–2018 гг. Данные таблицы показывают, что количество отказов электровозов по причине неисправности ВИП на 1 млн локомотиво-км общего пробега за рассматриваемый период значительно (в 4 раза) сократилось.

Одной из тяжелых по последствиям неисправностей ВИП является сквозной пробой его плеча по причине перегрузки тиристорных токов, неравномерного распределения тока по параллельным ветвям в плече, накопления пробитых вентилях. Результатом сквозного пробоя плеча ВИП будет возникновение тока короткого замыкания с последующей вероятностью повреждения обмоток тягового трансформатора и его возгорания. В табл. 5 представлено количество сквозных пробоев плеч ВИП обоих типов электровозов ВЛ80^Р за период 2014–2018 гг. Данные таблицы показывают, что количество сквозных пробоев плеч ВИП-2200 за рассматриваемый период сократилось в 4 раза, а для ВИП-4000 в 2,3 раза.

Статистические данные о количестве отказов электровозов по причине сквозного пробоя плеч ВИП обоих типов на 1 млн локомотиво-км общего пробега в пересчете на одну секцию электровоза за период 2014–2018 гг. представлены в табл. 6. Данные таблицы показывают, что количество отказов электровозов по причине сквозных пробоев плеч ВИП на 1 млн локомотиво-км общего пробега в пересчете на одну секцию за рассматриваемый период для ВИП-2200 сократилось в 2,4 раза, а для ВИП-4000 в 5,75 раза.

Анализ статистики неисправностей ВИП-2200 и ВИП-4000 показал, что за период 2014–2018 гг. количество неисправных ВИП обоих типов уменьшилось, что привело к снижению количества отказов электровозов по причине неисправных ВИП, в том числе и по причине сквозных пробоев плеч ВИП, на 1 млн локомотиво-км общего пробега в пересчете на одну секцию. Причем для ВИП-4000 это уменьшение произошло в значительно большей мере (5,75 раза), чем для ВИП-2200 (2,4 раза).

Таблица 6

Количество отказов электровозов ВЛ80^Р по причине сквозных пробоев плеч ВИП-2200 и ВИП-4000 на 1 млн локомотиво-км общего пробега в пересчете на одну секцию за период 2014–2018 гг.

Table 6

Number of failures of electric locomotives VL80^R due to the reach-through breakdown of shoulders RC-2200 and RC-4000 per million locomotive-km of total mileage in terms of one section for the period 2014–2018

Тип ВИП	Количество отказов электровозов по причине сквозных пробоев плеч ВИП на 1 млн локомотиво-км общего пробега в пересчете на одну секцию				
	2014 г.	2015 г.	2016 г.	2017 г.	2018 г.
ВИП-2200	0,26	0,23	0,18	0,13	0,11
ВИП-4000	0,23	0,14	0,07	0,05	0,04

Закключение. Проведенное исследование статистических данных работы ВИП-2200 и ВИП-4000 электровозов ВЛ80^Р на Красноярской железной дороге позволяет сделать следующие выводы:

1. Количество неисправных ВИП за период 2014–2018 гг. по причине опасных сквозных пробоев плеч существенно уменьшилось, что привело к значительному сокращению количества отказов электровозов по причине этой неисправности. Для ВИП-4000 — в 5,75 раза, а для ВИП-2200 — в 2,4 раза.

2. Значительное уменьшение количества отказов электровозов с ВИП-4000 по причине неисправных ВИП связано с тем, что ВИП-4000 являются более современными и содержат значительно меньшее количество тиристорных и дополнительных элементов, что увеличивает надежность их работы.

3. На уменьшение количества неисправных ВИП обоих типов повлияло то, что в период 2014–2018 гг. ДЦВ Красноярской железной дороги на всем протяжении Восточного полигона железных дорог организовал пункты технического обслуживания электронного оборудования электровозов (ВИП и его система управления), в которых осуществляется мониторинг технического состояния ВИП и его диагностика.

4. Тиристоры в ВИП-4000 имеют более высокие параметры по току и напряжению, что создает для ВИП большой запас надежности по этим характеристикам. Несмотря на существенные финансовые затраты на приобретение новых тиристорных, замена ВИП-2200 на ВИП-4000 является оправданной для повышения эксплуатационной надежности ВИП, а значит, и электровоза ВЛ80^Р. Значительное снижение количества неисправных ВИП существенно сократит эксплуатационные затраты на электровозы ВЛ80^Р и окупит затраты на приобретение новых ВИП-4000.

5. Для повышения надежности эксплуатационной работы электровозов ВЛ80^Р с ВИП-2200 на Восточном полигоне железных дорог при проведении капитального ремонта ВИП необходимо провести полную их модернизацию, включая замену тиристорных на более современные (32 класс, номинальный прямой ток 800 А), что позволит сократить их количество до 64 шт.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Капустин Л.Д., Копанев А.С., Лозановский А.Л. Особенности устройства и эксплуатации электровоза ВЛ80^Р. М.: Транспорт, 1979. 175 с.
- Электровоз ВЛ80^Р: руководство по эксплуатации / под ред. Б.А. Тушканова. М.: Транспорт, 1985. 541 с.
- Голованов В.А., Капустин Л.Д., Хомяков Б.И. Эксплуатация силовых преобразователей электроподвижного состава. М.: Транспорт, 1979. 207 с.
- Капустин Л.Д. Эффективность эксплуатации электровозов переменного тока с рекуперативным торможением на тиристорных преобразователях // Электроподвижной состав с полупроводниковыми преобразователями: сб. тр. ВНИИЖТ. М.: Транспорт, 1972. Вып. 478. С. 22–33.
- Режимы работы магистральных электровозов / О.А. Некрасов [и др.]. М.: Транспорт, 1983. 231 с.
- Капустин Л.Д., Каменев А.С., Лозановский А.Л. Надежность и эффективность электровозов ВЛ80^Р в эксплуатации. М.: Транспорт, 1986. 246 с.
- Горбань В.Н., Донской А.Л., Шабалин Н.Г. Электронное оборудование электровоза ВЛ80^Р, ремонт и техническое обслуживание. М.: Транспорт, 1984. 183 с.
- Семченко В.В., Мальцев Е.А., Лакин И.К. Анализ режимов эксплуатации электровозов серии ВЛ80^Р // Локомотив. 2015. № 11. С. 40–41.
- Техническое диагностирование электронного оборудования электровозов переменного тока / А.В. Горленко [и др.]. М.: Транспорт, 1992. 112 с.
- Зайцев В.К., Алексеев А.Г. Стационарное диагностическое устройство для блока управления электровоза ВЛ80^Р // Труды ВНИИЖТ. 1982. Вып. 650. С. 97–104.
- Хромов И.Ю., Баркунова А.А., Никишкина Е.А. Мониторинг режимов эксплуатации локомотивов // Перспективы развития сервисного обслуживания локомотивов: сб. материалов Третьей Междунар. науч.-практ. конф. (Москва, 11–12 окт. 2018 г.). М.: Локомотивные технологии, 2018. С. 391–395.
- Мониторинг технического состояния и режимов эксплуатации локомотивов в ТМХ-Сервис. Теория и практика / [К.В. Липа и др.; общ. ред. И.К. Лакин]. М.: Локомотивные технологии, 2015. 212 с.
- Лакин И.И. Мониторинг технического состояния локомотивов по данным бортовых аппаратно-программных комплексов: дис. ... канд. техн. наук: 05.22.07. М.: МИИТ, 2016. 195 с.
- Семченко В.В., Лакин И.К., Мальцев Е.А. Опыт внедрения и результаты работы системы мониторинга технического состояния и режимов работы электровозов ВЛ80^Р // Перспективы развития сервисного обслуживания локомотивов: сб. материалов Третьей Междунар. науч.-практ. конф. (Москва, 11–12 окт. 2018 г.). М.: Локомотивные технологии, 2018. С. 345–350.
- Мельников В.А., Аболмасов А.А., Лакин И.И. Алгоритмическая защита локомотивов // Локомотив. 2015. № 3. С. 8–10.
- Богинский С.А. О необходимости разработки новых алгоритмов управления для МСУ локомотивов // Перспективы развития сервисного обслуживания локомотивов: сб. материалов Третьей Междунар. науч.-практ. конф. (Москва, 11–12 окт. 2018 г.). М.: Локомотивные технологии, 2018. С. 126–129.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

БОГИНСКИЙ Сергей Антонович,
заместитель начальника дирекции (по планированию и контролю ремонта локомотивов), Дирекция тяги — филиал ОАО «РЖД»

СЕМЧЕНКО Виктор Васильевич,
генеральный директор АО «ДЦВ Красноярской ж.д.»

Статья поступила в редакцию 21.02.2019 г., принята к публикации 25.03.2019 г.

Operation results of reversible converters of AC electric locomotives VL80^R on the Krasnoyarskaya Railway

S. A. BOGINSKIY¹, V. V. SEMCHENKO²

¹ Joint Stock Company "Russian Railways" (JSC "RZD"), Moscow, 105064, Russia

² Joint-Stock Company "Road Center for the Implementation of the Krasnoyarsk Railway" (JSC "DCV of the Krasnoyarskaya Railway"), Krasnoyarsk, 660021, Russia

Abstract. The article presents information about faults of reversible converters (RC) of AC electric locomotives of the VL80^R series, fixed at the maintenance points of locomotives and locomotive depots of the Krasnoyarskaya Railway for the period 2014–2018. Authors provide data on the number of semi-conductor switches, their main parameters and technical characteristics for two types of converters — RC-2200 and RC-4000 operating on VL80^R electric locomotives. Their influence on the RC construction scheme is shown. Revealed the causes of failures of the RC in the operation of electric locomotives. The role of maintenance of RC in electric locomotive and its monitoring system in ensuring reliable operation is shown as well as the statistical data on the quantitative and qualitative assessment of the types of failures of the RC. The article also shows statistics of changes in the number of converters of each type during the operation of electric locomotives. Information is given on the number of all faulty RCs on VL80^R electric locomotives and an analysis of faulty RC-2200 and RC-4000s for a specified time period. The data is presented on the number of RC-2200 and RC-4000 failures per million km of the VL80^R electric locomotive in terms of one section. Authors carried out analysis of statistics of this type of failure of the RC with reach-through breakdown of the shoulder. Information is given on the number of RCs with the reach-through breakdown of RC shoulders per million km of VL80^R electric locomotives. It was concluded that for the period from 2014 to 2018, the number of failing RCs due to dangerous shoulder punctures decreased significantly, which led to a significant reduction in the number of failures of electric locomotives due to this failure. So, for RC-4000 this decrease occurred 5.75 times, and for RC-2200 2.4 times. In addition, the reason for a more significant reduction in the number of failures of electric locomotives with RC-4000 due to its faulty, is that RC-4000 is more modern and contains much fewer semi-conductor switches and additional elements. This increases the reliability of the RC. Thus, the replacement of obsolete RC-2200 with modern RC-4000 provided a reduction in the total number of faults of all RC in 2.3 times; decrease in the number of cases of RC failures per million km of a locomotive in 4 times.

Keywords: electric locomotive; reversible converter; technical condition; failure; monitoring

DOI: <http://dx.doi.org/10.21780/2223-9731-2019-78-1-27-32>

REFERENCES

1. Kapustin L. D., Kopanov A. S., Lozanovskiy A. L. *Features of the design and operation of the VL80^R electric locomotive*. Moscow, Transport Publ., 1979, 175 p.
2. Tushkanov B. A. *VL80^R electric locomotive. Instruction manual*. Moscow, Transport Publ., 1985, 541 p.
3. Golovanov V. A., Kapustin L. D., Khomyakov B. I. *Operation of power converters for electric rolling stock*. Moscow, Transport Publ., 1979, 207 p.
4. Kapustin L. D. *Operating efficiency of AC electric locomotives with regenerative braking on thyristor converters*. Electric rolling stock with semiconductor converters. Coll. of works of the JSC "VNIIZhT". Moscow, Transport Publ., 1972, no. 478, pp. 22–33.

5. Nekrasov O. A., Lisitsin A. L., Muginshteyn L. A., Rakhmanov V. I. *Operation modes of main line locomotives*. Moscow, Transport Publ., 1983, 231 p.

6. Kapustin L. D., Kamenev A. S., Lozanovskiy A. L. *Reliability and efficiency of VL80^R electric locomotives in operation*. Moscow, Transport Publ., 1986, 246 p.

7. Gorban' V. N., Donskoy A. L., Shabalin N. G. *Electronic equipment of VL80^R locomotive, repair and maintenance*. Moscow, Transport Publ., 1984, 183 p.

8. Semchenko V. V., Mal'tsev E. A., Lakin I. K. *Analysis of operating modes of VL80^R series electric locomotives*. Lokomotiv [Locomotive], 2015, no. 11, pp. 40–41.

9. Gorlenko A. V., Donskoy A. L., Lakin I. K., Shabalin N. G. *Technical diagnosis of electronic equipment for AC electric locomotives*. Moscow, Transport Publ., 1992, 112 p.

10. Zaytsev V. K., Alekseev A. G. *Stationary diagnostic device for VL80^R electric locomotive control unit*. Proc. of the JSC "VNIIZhT", 1982, no. 650, pp. 97–104.

11. Khromov I. Yu., Barkunova A. A., Nikishkina E. A. *Monitoring of operation modes of locomotives*. Prospects for the development of service maintenance of locomotives. Coll. of materials of the Third International Scientific and Practical Conference (Moscow, October 11–12, 2018). Moscow, Lokomotivnye tekhnologii Publ., 2018, pp. 391–395.

12. Lipa K. V., Belinskiy A. A., Pustovoy V. N., Lyangasov S. L., Lakin I. K. [et al.]. *Monitoring of the technical condition and operating modes of locomotives in TMKh-Service. Theory and practice*. Moscow, Lokomotivnye tekhnologii Publ., 2015, 212 p.

13. Lakin I. I. *Monitoring of the technical condition of locomotives according to onboard hardware-software systems*. Dis. cand. tech. sci. Moscow, MIIT Publ., 2016, 195 p.

14. Semchenko V. V., Lakin I. K., Mal'tsev E. A. *Experience of implementation and the results of the operation of monitoring system of technical condition and operating modes of VL80^R electric locomotives*. Prospects for the development of servicing locomotives. Coll. of materials of the Third International Scientific and Practical Conference (Moscow, October 11–12, 2018). Moscow, Lokomotivnye tekhnologii Publ., 2018, pp. 345–350.

15. Mel'nikov V. A., Abolmasov A. A., Lakin I. I. *Algorithmic protection of locomotives*. Lokomotiv [Locomotive], 2015, no. 3, pp. 8–10.

16. Boginskiy S. A. *On the need to develop new control algorithms for LSGs of locomotives*. Prospects for the development of servicing locomotives. Coll. of materials of the Third International Scientific and Practical Conference (Moscow, October 11–12, 2018). Moscow, Lokomotivnye tekhnologii Publ., 2018, pp. 126–129.

ABOUT THE AUTHORS

Sergey A. BOGINSKIY,

Deputy Head of Directorate for planning and control of locomotive repair, Directorate of traction — branch of the JSC "RZD"

Viktor V. SEMCHENKO,

General Director of the JSC "DCV of the Krasnoyarskaya Railway"

Received 21.02.2019

Accepted 25.03.2019

■ E-mail: v.v.semchenko@dcv.ru (V. V. Semchenko)