

БЕЗОТКАЗНОСТЬ ТЯГОВЫХ ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЕЙ ЭЛЕКТРОВОЗОВ ПЕРЕМЕННОГО ТОКА ВОСТОЧНОГО ПОЛИГОНА С ПАРАЛЛЕЛЬНОЙ И НЕПАРАЛЛЕЛЬНОЙ ВЕНТИЛЯЦИЕЙ

Проанализированы повреждения коллекторных тяговых двигателей электровозов переменного тока Восточного полигона РЖД с разными системами вентиляции ТЭД. Установлено, что параллельная вентиляция двигателей обеспечивает более высокую безотказность изоляции обмоток и коммутации ТЭД, чем непараллельная.

Ключевые слова: Восточный полигон РЖД, электровозы, параллельная и непараллельная вентиляция ТЭД, изоляция, коммутация ТЭД

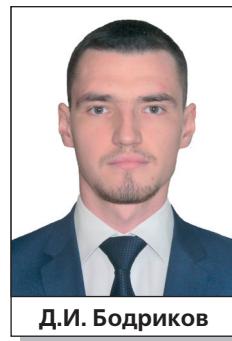
EDN: NADJPO

В соответствии с планами развития восточных регионов России РЖД необходимо существенно повысить в ближайшие годы объем грузопотока на Восточном полигоне. Это возможно осуществить при интенсивном использовании электровозов переменного тока Восточного полигона РЖД ВЛ80 с тяговыми электродвигателями (ТЭД) НБ-418 К6, электровозов ВЛ85, ВЛ65 с ТЭД-514, электровозов 2ЭС5К, 3ЭС5К, 4ЭС5К с двигателями НБ-514Б, НБ-514Е, НБ-514Д, аналогичными по конструкции с ТЭД НБ-514 электровоза ВЛ85.

Проведен анализ повреждений коллекторных тяговых двигателей (ТЭД) НБ-412, НБ-418К6, НБ-514, электровозов переменного тока ВЛ60, ВЛ80, ВЛ85, ВЛ65 депо Иркутск-Сортировочный Восточного полигона РЖД с разными системами вентиляции ТЭД.

Данные о повреждениях в течение одного года эксплуатации двигателей НБ-412 электровозов ВЛ60 с параллельной вентиляцией ТЭД приведены в табл. 1.

Аналогичные данные о повреждениях двигателей НБ-418К6 электровозов ВЛ80 и ТЭД НБ-514 электровозов ВЛ85 и ВЛ65 с непараллельной системой вентиляции ТЭД приведены в табл. 2 и 3.



Д.И. Бодриков



И.А. Рыбкин

Бодриков Денис Игоревич, ассистент кафедры «Электропоезда и локомотивы» Российского университета транспорта (РУТ (МИИТ)), заместитель начальника по тяговому подвижному составу ПКБ ЦТ – филиала ОАО «РЖД». Область научных интересов: имитационное моделирование, оптимизация работы станциистыкования, организация системы эксплуатации и ремонта, повышение безотказности локомотивов. Автор 29 научных работ.

Рыбкин Иван Александрович, машинист эксплуатационного локомотивного депо Ожерелье-Сортировочное (ТЧЭ-33) Московской дирекции тяги, студент кафедры «Тяговый подвижной состав» Российского университета транспорта (РУТ (МИИТ)). Область научных интересов: повышение надежности локомотивов и электропоездов. Автор четырех научных работ.

Тихонова Алена Андреевна, инженер 1-й категории отдела электрических машин ПКБ ЦТ – филиала ОАО «РЖД». Область научных интересов: повышение безотказности локомотивов. Автор одной научной работы.

Космодамианский Андрей Сергеевич, доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой «Тяговый подвижной состав» Российского университета транспорта (РУТ (МИИТ)). Область научных интересов: автоматизация агрегатов и систем тягового подвижного состава, электрические передачи локомотивов. Автор 440 научных работ, в том числе 27 монографий, одного учебника и 25 учебных пособий. Имеет 128 патентов РФ.

Смирнов Валентин Петрович, доктор технических наук, доцент, профессор кафедры «Тяговый подвижной состав» Российского университета транспорта (РУТ (МИИТ)). Область научных интересов: повышение безотказности локомотивов. Автор 168 научных работ. Имеет три патента на изобретения.

Таблица 1

Анализ повреждений тягового двигателя НБ-412

| Характер повреждений | Всего повреждений | На 1 млн км | Из них обнаружено на нецелевом виде ремонта | Пробег до повреждения в тыс. километров | | | | |
|---|-------------------|-------------|---|---|--------|---------|---------|---------|
| | | | | От начала эксплуатации не проходил заводской ремонт | До 150 | 150–300 | 300–450 | 450–600 |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
| 1. Пробой изоляции и межвитковые замыкания якоря | 1 | 0,3 | | | | | | 10 |
| 2. Пробой изоляции и межвитковые замыкания обмоток: | | | | | | | | |
| 2.1 Главных полюсов | 9 | 2,72 | | | | | | |
| 2.2 Добавочных полюсов | 8 | 2,42 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2 | 3 |
| 2.3 Компенсационной обмотки | 1 | 0,3 | | | | | | 1 |
| 3. Низкая изоляция якорных и полюсных обмоток | 0 | | | | | | | |
| 4. Повреждение соединений между главными полюсами | 2 | 0,6 | | | | | | |
| 5. То же между компенсационными обмотками | 1 | 0,3 | | | | | | 1 |
| 6. То же между добавочными полюсами | 0 | | | | | | | |
| 7. Повреждение выводов главных полюсов | 0 | | | | | | | |
| 8. То же добавочных полюсов | 0 | | | | | | | |
| 9. Повреждение перемычек между щеткодержателями | 1 | 0,3 | | | | | | 1 |
| 10. Повреждение выводных кабелей | 2 | 0,6 | | | | | | 2 |
| 11. Выплавление петушков | 0 | | | | | | | |

Д.И. Бодриков, И.А. Рыбкин, А.А. Тихонова, А.С. Космодамианский, В.П. Смирнов
 «БЕЗОТКАЗНОСТЬ ТЯГОВЫХ ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЕЙ ЭЛЕКТРОВОЗОВ ПЕРЕМЕННОГО
 ТОКА ВОСТОЧНОГО ПОЛИГОНА С ПАРАЛЛЕЛЬНОЙ
 И НЕПАРАЛЛЕЛЬНОЙ ВЕНТИЛЯЦИЕЙ»

Табл. 1. Окончание

| <i>I</i> | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
|---|--------------|-------------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----|
| 12. Повреждение кронштейнов траверсы | 0 | | | | | | | | |
| 13. Задир коллектора | 1 | 0,3 | | | | | | 1 | |
| 14. Разрушение бандажа | 0 | | | | | | | | |
| 15. Повреждение якорных подшипников | 4 | 1,21 | | | | | 1 | 1 | 2 |
| 16. Повреждение подшипниковых щитов | 0 | | | | | | | | |
| 17. Всего повреждений | 21 | 6,34 | 0 | 0 | 4 | 3 | 8 | 6 | |
| 18. Повреждения моторно-осевых подшипников | 0 | | | | | | | | |
| 19. Перебросы, оплавления, подгары | 0 | | | | | | | | |
| 20. Количество двигателей, отремонтированных в депо | 14 | | | | | | | | |
| 21. Пробег электровозов ВЛ60 | 3 307 098 км | | | | | | | | |

Таблица 2

Анализ повреждений тягового двигателя НБ-418

| Характер повреждений | Всего повреждений | На 1 млн км | Из них обнаружено на неплановом виде ремонта | Пробег до повреждения в тыс. километров | | | | | |
|---|-------------------|-------------|--|---|--------|---------|---------|---------|-----------|
| | | | | От начала эксплуатации не проходил заводской ремонт | До 150 | 150–300 | 300–450 | 450–600 | Свыше 600 |
| <i>I</i> | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
| 1. Пробой изоляции и межвитковые замыкания якоря | 30 | 1,42 | 12 | | 2 | 10 | 11 | 6 | 1 |
| 2. Пробой изоляции и межвитковые замыкания обмоток: | | | | | | | | | |
| 2.1 Главных полюсов | 18 | 0,85 | 2 | | | | 5 | 5 | 3 |

Табл. 2. Окончание

| <i>I</i> | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
|---|------------|-------------|-----------|----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| 2.2 Добавочных полюсов | 7 | 0,33 | 2 | | | | 4 | 1 | 2 |
| 2.3 Компенсационной обмотки | 8 | 0,38 | 3 | | | | 4 | 2 | 2 |
| 3. Низкая изоляция якорных и полюсных обмоток | 25 | 1,18 | 4 | | 1 | 8 | 5 | 10 | 1 |
| 4. Повреждение соединений между главными полюсами | 5 | 0,24 | 3 | | | | 1 | 2 | 1 |
| 5. То же между компенсационными обмотками | 1 | 0,05 | 1 | | | | 1 | | |
| 6. То же между добавочными полюсами | 2 | 0,09 | | | | | 2 | | |
| 7. Повреждение выводов главных полюсов | 4 | 0,19 | | | | 3 | 1 | | |
| 8. То же добавочных полюсов | 3 | 0,14 | 1 | | 1 | 1 | 1 | | 1 |
| 9. Повреждение перемычек между щеткодержателями | 6 | 0,28 | | | 2 | 3 | 1 | | |
| 10.Повреждение выводных кабелей | 7 | 0,33 | 3 | | 1 | | 2 | 3 | 1 |
| 11.Выплывление петушков | 7 | 0,33 | 1 | | | 6 | 1 | | |
| 12. Повреждение кронштейнов траверсы | 2 | 0,09 | | | | | | 2 | |
| 13. Задир коллектора | 9 | 0,43 | 2 | | 2 | 1 | 3 | 2 | 1 |
| 14. Разрушение бандажа | 8 | 0,38 | | | 3 | 3 | 3 | 2 | |
| 15. Повреждение якорных подшипников | 41 | 1,94 | | | 9 | 12 | 9 | 4 | 7 |
| 16. Повреждение подшипниковых щитов | 11 | 0,52 | | | 1 | 2 | 4 | 4 | |
| 17. Всего повреждений | 194 | 9,16 | 34 | 0 | 19 | 56 | 57 | 43 | 19 |
| 18. Повреждения моторно-осевых подшипников | 6 | 0,28 | 2 | | 1 | 3 | 1 | 1 | |
| 19. Перебросы, оплавления, подгары | 21 | 0,99 | 6 | | 1 | 4 | 8 | 6 | 2 |
| 20. Количество двигателей, отремонтированных в депо | 223 | | | | | | | | |
| 21. Пробег электровозов ВЛ80 | 21 | 169 544 км | | | | | | | |

Д.И. Бодриков, И.А. Рыбкин, А.А. Тихонова, А.С. Космодамианский, В.П. Смирнов
 «БЕЗОТКАЗНОСТЬ ТЯГОВЫХ ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЕЙ ЭЛЕКТРОВОЗОВ ПЕРЕМЕННОГО
 ТОКА ВОСТОЧНОГО ПОЛИГОНА С ПАРАЛЛЕЛЬНОЙ
 И НЕПАРАЛЛЕЛЬНОЙ ВЕНТИЛЯЦИЕЙ»

Таблица 3

Анализ повреждений тягового двигателя НБ-514

| Характер повреждений | Всего повреждений | На 1 млн км | Из них обнаружено в новом виде ремонта | Пробег до повреждения в тыс. километров | | | | |
|---|-------------------|-------------|--|---|--------|---------|---------|---------|
| | | | | От начала эксплуатации не проходил заводской ремонт | До 150 | 150–300 | 300–450 | 450–600 |
| 1. Пробой изоляции и межвитковые замыкания якоря | 42 | 1,08 | 12 | 2 | 5 | 7 | 11 | 3 |
| 2. Пробой изоляции и межвитковые замыкания обмоток: | | | | | | | | |
| 2.1 Главных полюсов | 69 | 1,77 | 24 | 6 | 7 | 11 | 14 | 12 |
| 2.2 Добавочных полюсов | 34 | 0,87 | 13 | 3 | 5 | 2 | 7 | 6 |
| 2.3 Компенсационной обмотки | 11 | 0,28 | 2 | 1 | | 2 | 2 | 3 |
| 3. Низкая изоляция якорных и полюсных обмоток | 8 | 0,21 | 2 | 1 | 3 | 2 | 1 | 1 |
| 4. Повреждение соединений между главными полюсами | 11 | 0,28 | 8 | 1 | 2 | 4 | 4 | |
| 5. То же между компенсационными обмотками | 3 | 0,08 | 1 | | 1 | 2 | | |
| 6. То же между добавочными полюсами. | 4 | 0,1 | | | | 2 | 1 | 1 |
| 7. Повреждение выводов главных полюсов | 7 | 0,18 | 2 | | | 4 | 1 | 1 |
| 8. То же добавочных полюсов | 2 | 0,05 | | | 1 | 1 | | |
| 9. Повреждение перемычек между щеткодержателями | 11 | 0,28 | 1 | | 2 | 6 | 1 | 2 |
| 10. Повреждение выводных кабелей | 1 | 0,03 | 1 | | 1 | | | |
| 11. Выплавление петушков | 5 | 0,13 | 1 | | 1 | 1 | 2 | 1 |

Табл. 3. Окончание

| <i>I</i> | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
|---|------------|------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| 12. Повреждение кронштейнов траперсы | 3 | 0,08 | | | | | 3 | | |
| 13. Задир коллектора | 8 | 0,21 | 3 | | | 5 | 2 | 1 | |
| 14. Разрушение бандажа | 5 | 0,13 | | | | | 3 | 1 | 1 |
| 15. Повреждение якорных подшипников | 108 | 2,77 | 9 | 4 | 23 | 31 | 19 | 5 | 26 |
| 16. Повреждение подшипниковых щитов | 38 | 0,98 | 3 | 1 | | 5 | 11 | 13 | 8 |
| 17. Всего повреждений | 370 | 9,5 | 82 | 17 | 48 | 85 | 81 | 54 | 85 |
| 18. Повреждения моторно-осевых подшипников | 24 | 0,62 | 6 | | | 7 | 7 | 7 | 3 |
| 19. Перебросы, оплавления, подгары | 115 | 2,95 | 19 | 1 | 36 | 51 | 26 | | 1 |
| 20. Количество двигателей, отремонтированных в депо | 422 | | | | | | | | |
| 21. Пробег электровозов ВЛ85, ВЛ65 | 38 938 | 893 | км | | | | | | |

Установлено, что параллельная система вентиляции ТЭД НБ-412 обеспечивает более высокую безотказность как изоляции обмоток, так и коммутации ТЭД, чем непараллельная система вентиляции двигателей НБ-418К6 электровозов ВЛ80 и двигателей НБ-514 электровозов ВЛ85.

В двигателях с параллельной вентиляцией охлаждающий воздух при входе в коллекторную камеру разделяется на три потока [1].

Первый поток воздуха направляется под коллектор через вентиляционные каналы сердечника якоря и выходит в отверстия подшипникового щита.

Второй поток обдувает поверхность якоря, проходит в воздушном зазоре и выходит через отверстия в подшипниковом щите и остове.

Третий поток воздуха проходит между катушками и выходит через отверстия в остове.

В двигателе НБ-418К6 с непараллельной вентиляцией охлаждающий воздух подается в ТЭД через патрубок со стороны коллектора и выходит через патрубок, расположенный со стороны противоположной коллектору [2].

В ТЭД НБ-514 вентилирующий воздух входит в двигатель со стороны коллектора через вентиляционный люк и выходит из ТЭД со стороны, противоположной коллектору, вверх под кузов электровоза через специальный кожух [3].

В [4] показано, что при работе двух вентиляторов (источников охлаждающего воздуха) параллельно на общий приемник необходимы равные производительности источников. Из-за значительной разности производительности источников, что наблюдается при непараллельной вентиляции ТЭД НБ-418К6 и НБ-514, в верхнем источнике поток воздуха (ВПВ) проходит при меньшем аэродинамическом сопротивлении, чем поток воздуха нижнего источника (НПВ). Поэтому в ВПВ 2/3 охлаждающего воздуха выходит из двигателя, а 1/3 вентилирующего воздуха НПВ из-за воздействия более мощного ВПВ идет в обратном направлении в двигатель. Это приводит к уменьшению общего объема охлаждающего воздуха и, как следствие, к увеличению температуры обмоток якоря, главных полюсов, дополнительных полюсов и компенсационных обмоток нижней части остова [5].

Д.И. Бодриков, И.А. Рыбкин, А.А. Тихонова, А.С. Космодамианский, В.П. Смирнов
«БЕЗОТКАЗНОСТЬ ТЯГОВЫХ ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЕЙ ЭЛЕКТРОВОЗОВ ПЕРЕМЕННОГО
ТОКА ВОСТОЧНОГО ПОЛИГОНА С ПАРАЛЛЕЛЬНОЙ
И НЕПАРАЛЛЕЛЬНОЙ ВЕНТИЛЯЦИЕЙ»

Литература

1. Магистральные электровозы. Электрические машины и трансформаторное оборудование / В. И. Бочаров, П. А. Золотарев, М. А. Козорезов [и др.]. - Москва : Машиностроение, 1968. - 444 с. - Текст : непосредственный.
2. Электровоз ВЛ80Т : Руководство по эксплуатации / Под ред. Б. Р. Бондаренко. - Москва : Транспорт, 1977. - 568 с. - Текст : непосредственный.
3. Электровоз ВЛ85 : Руководство по эксплуатации / Всесоюз. н.-и., проект.-конструкт. и технол. ин-т электровозостроения, Новочерк. электровозостроит. з-д. - Москва : Транспорт, 1992. - 480 с. - Текст : непосредственный.
4. Виноградов, В. И. Вентиляторы электрических машин / В. И. Виноградов. - Ленинград : Энергоиздат : Ленингр. отд-ние, 1981. - 200 с. - Текст : непосредственный.
5. Вентиляция тяговых двигателей электровозов северного направления Восточного полигона РЖД / Д. И. Бодриков, Д. А. Акулов, И. А. Рыбкин, Р. С. Чубов, В. П. Смирнов. - Текст : непосредственный // Наука и техника транспорта. - 2023. - № 3. - С. 8-10.