

На втором этапе для каждого локомотива было выполнено сравнение действительной траектории движения поезда в одной из поездов с расчетной траекторией, полученной в результате тягового расчета с использованием расчетной и паспортной (приведенной в [4]) тяговых характеристик для известных режимов управления, параметров подвижного состава и климатических условий. Как видно из результатов, приведенных в таблице 1, ошибка определения перегонного времени хода при использовании фактических тяговых характеристик уменьшается с 5,5 до менее чем 2 %, по сравнению с фактическим временем хода.

Таблица 1 – Время хода грузового поезда № 2462 при расчетных и экспериментальной траекториях движения

Станция	Отметка пути	Расстояние, м	Время хода по фактической скорости, мин	Время хода по записи машиниста, мин	Время хода при расчете по фактической характеристике, мин	Время хода при расчете по характеристике ПТР, мин
Войсковицы	52200	2400	5,3	6	5,4	5,4
Елизаветино	67300	17500	24,5	24	24,6	23,8
Кикерино,	75900	26100	33,6	33	33,7	32,6
Волосово,	84800	35000	42,4	41	42,5	40,7
Молосковицы,	109400	59600	66,7	66	67,1	63,6
Веймарн,	121600	71800	78,2	78	78,3	74,5
Керстово	128350	78550	85,3	86	85,4	81,4
Котлы-2	149570	99770	115,4	116	113,1	108,6

В докладе подробно освещены полученные результаты и рассмотрен ход их получения. Как показали результаты расчета, при использовании фактических тяговых характеристик существенно уменьшается ошибка определения фактической скорости движения и перегонного времени хода. Следовательно, фактические тяговые характеристики должны учитываться при построении энергоэффективной траектории движения поезда.

Список литературы

- 1 Курилкин, Д. Н. Определение параметров тягово-энергетических характеристик автономных локомотивов по данным микропроцессорных систем управления и диагностики : [монография] / Д. Н. Курилкин. – СПб. : ПГУПС. – 2022 – 160 с.
- 2 Курилкин, Д. Н. Оценка фактических тяговых свойств локомотива с учетом информации современных микропроцессорных систем управления / Д. Н. Курилкин, Р. В. Кулеш // Железнодорожный подвижной состав: проблемы, решения, перспективы : сб. тр. Первой Междунар. науч.-техн. конф. – Ташкент : ТГГру, 2022. – С. 79–86.
- 3 Курилкин, Д. Н. Определение фактических тягово-энергетических характеристик автономных локомотивов по данным бортовых микропроцессорных систем управления и диагностики / Д. Н. Курилкин // Проблемы безопасности на транспорте : материалы XII Междунар. науч.-практ. конф., посвящ. 160-летию Бел. ж. д. В 2 ч. Ч. 1. ; под общей ред. Ю. И. Кулаженко. – Гомель : БелГУТ, 2022. – С. 133–135.
- 4 Курилкин, Д. Н. Определение затрат энергии на возбуждение тягового генератора по данным микропроцессорных систем управления для прогнозирования тяговой характеристики локомотива / Д. Н. Курилкин // Бюллетень результатов научных исследований. – 2022. – № 1. – С. 103–117.
- 5 Правила тяговых расчетов для поездной работы : утв. распоряжением ОАО «РЖД» 12.05.2016 № 867р. – М. : ОАО «РЖД», 2016. – 514 с.

УДК 621.333

ПРИЧИНЫ ОТКАЗОВ ТЯГОВЫХ ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЕЙ ЛОКОМОТИВОВ

Ш. И. МАМАЕВ, А. Н. АВДЕЕВА, Д. И. НИГМАТОВА

Ташкентский государственный транспортный университет, Республика Узбекистан

В Узбекистане, как и в других странах мира, существует проблема выхода из строя электродвигателей локомотивов подвижного состава из-за усталостного разрушения. Это происходит из-за статических и динамических перегрузок. Статистический анализ причин смены колесно-моторного блока указывает на то, что в 60 % случаев причиной отказа является тяговый электродвигатель.

При исследовании причин выхода из строя самого электродвигателя выделяются семь основных видов порч и соответствующих конструктивных узлов: первое – пробой изоляции и межвитковые замыкания якоря; второе – впавление припоя из петушков коллектора; третье – попадание смазки

в остов; четвертое – биение; пятое – повреждение якорных подшипников; шестое – низкая изоляция обмоток; седьмое – пробой изоляции и межвитковые замыкания главных и дополнительных полюсов; есть и другие причины, но вероятность их возникновения минимальна. Процентное соотношение приведенных выше причин поломок электродвигателя ЭД-118Б(А), который обычно установлен на тепловозах УзТЕ16М, за шесть лет работы, в период с 2015 по 2020 год, представлено на рисунке 1 в виде круговой диаграммы.

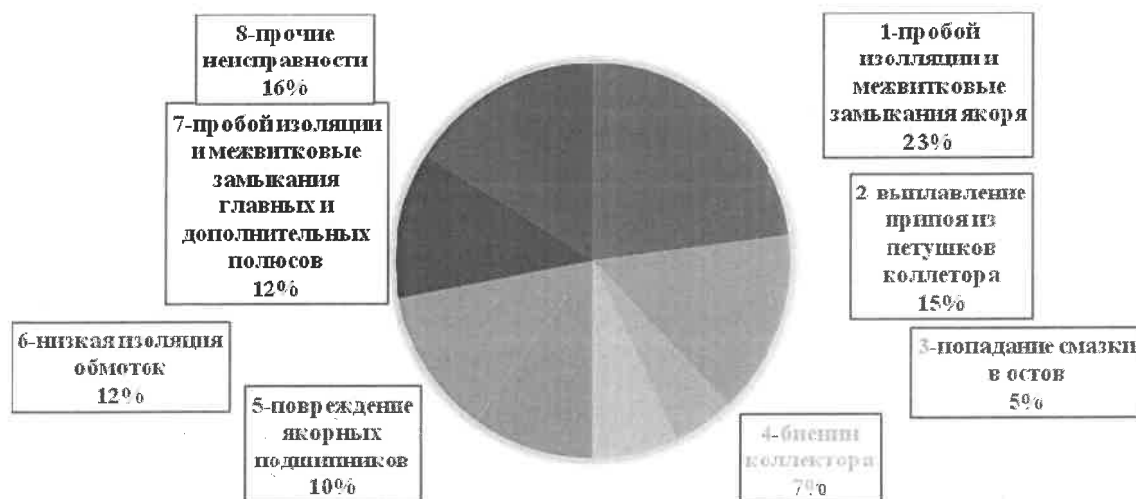


Рисунок 1 – Диаграммы неисправностей тяговых электродвигателей тепловозов

Наибольшее число порч локомотивов вызвано повреждениями якоря, межкатушечных соединений, выводных кабелей, перемычек и якорных подшипников. Статистический анализ за шестилетний период работы, с 2015 по 2020 г., неутешителен и говорит о том, что поломки локомотивов по причине отказов электрических двигателей ЭД-118Б(А) увеличиваются (таблица 1).

Таблица 1 – Повреждение тяговых электрических двигателей ЭД-118Б(А)

Отказы тяговых двигателей, % от числа эксплуатируемых	Год					
	2015.	2016	2017	2018	2019	2020
В том числе из-за повреждений: якорных подшипников	1,7	2,1	2,1	2,2	1,4	2,6
Межкатушечных соединений, перемычек, кабелей	1,2	1,9	2,3	2,4	1,5	2,2
Полюсных катушек (пробой, низкая изоляция)	1,8	1,4	1,6	1,3	1,25	1,4
Якорей (межвитковое замыкание, пробой)	0,75	1,1	1,2	1,1	1,2	1,3
Компенсационных обмоток	0,6	0,5	0,7	0,5	0,7	0,6
Всего	8,6	9,7	10,8	10,1	11,5	10,0

Чтобы получить более объективное представление о местах в механизме и причинах возможных повреждений тягового электродвигателя, необходимо обратиться к статистике и анализу причин случаев внеплановых ремонтов и замен оборудования локомотивов. При этом необходимо учитывать, что на вид и характер отказа влияет как конструкция узлов, так и условие эксплуатации; как правильная диагностика и ремонт, так и выполнение правил технического обслуживания и их периодичность; как величина статической и динамической нагрузки, так и частота буксований на пути, а также другие причины.

Ещё одной причиной многочисленных поломок электродвигателей являются моторно-осевые подшипники. Как показала практика, несоблюдение техники эксплуатации подшипников, несвоевременная ревизия, промывка камер и подбивка, недостаток смазки и несоответствие ее установленной марке приводят к повреждениям и несвоевременному отказу.

Многолетние статистические исследования надежности тяговых электродвигателей проводятся для выявления наиболее уязвимых для поломок мест конструкции. Конкретно для тягового электродвигателя ЭД-118Б(А) таковыми являются следующие элементы: главные и добавочные полю-

сы; места соединения катушки полюса; якорные подшипники и компенсационная обмотка. Рассматриваемый двигатель является наиболее несовершенным по качеству работы и надежности по указанным конструктивным элементам.

Статистический анализ дает возможность не только выявить слабые места механизма, но и вести постоянный поиск рациональных конструктивных и технологических решений, которые улучшают надежность и эксплуатационные характеристики тягового электродвигателя локомотива.

Существует еще целый ряд неуказанных в статье причин отказов тяговых электрических двигателей. Но так как они являются следствием нарушения правил технологической эксплуатации и отсутствия нужной квалификации сотрудников, в объективной статистике их лучше не указывать. Эти поломки устраняются восстановлением дисциплины и заменой кадров.

Более 40 % от общего числа повреждений тяговых двигателей локомотивов приходится на пробой и межвитковые замыкания обмоток якорей, полюсных и компенсационных катушек. Наибольшее число этих повреждений происходит в период дождей и снегопадов, а также при резких перепадах температуры воздуха, то есть при увлажнении изоляции. Следует отметить, что поверхностное увлажнение обмоток «здоровой» изоляции обычно не опасно. Опасность представляет глубокое увлажнение, которое становится возможным, когда изоляция имеет трещины, потертости, пористость и другие подчас невидимые повреждения, через которые влага, смешанная с загрязнениями, проникает в глубь обмотки. Таким образом, пробой изоляции можно рассматривать как сочетание неблагоприятных факторов: дефектов изоляции и влаги, загрязнений. Чем больше дефектов в изоляции, тем быстрее они проявляются. Вместе с тем чем больше влаги, тем более опасным становится наличие даже мелких повреждений изоляции, особенно для тяговых двигателей локомотивов постоянного тока, изоляция которых рассчитана на 3000 В.

Поэтому для повышения надежности изоляции тяговых двигателей необходимо обеспечивать высокое качество изготовления и ремонта обмоток, а также правильную эксплуатацию машин и их обслуживание. Если обмотка монолитно и плотно уложена, закреплена на сердечниках, хорошо пропитана и покрыта равномерным слоем электроизоляционной эмали, то такие обмотки хорошо отводят тепло, устойчивы к механическим и динамическим воздействиям и меньше подвержены истиранию.

Следует отметить, что старение изоляции – это естественный и необратимый процесс, так как рабочая температура обмоток неминуемо вызывает постепенное разрушение изоляции. Однако этот процесс при правильной эксплуатации электрических машин может быть значительно замедлен. Известно, что повышение рабочей температуры обмоток на 10 °С снижает срок службы их изоляции вдвое. Поэтому особое внимание необходимо обращать на нагрев обмоток машин, который определяется правильным выбором веса поезда и строгим выполнением режима управления им, соблюдением установленных режимов вентиляции тяговых двигателей. Кроме того, необходимо следить за тем, чтобы распределение тока между тяговым двигателем на локомотиве было равномерным.

Существующая цикличность планово-предупредительных ремонтов электрических машин разработана из условий обеспечения восстановления изоляционных свойств обмоток в зависимости от пробега машин. Эта система предусматривает полную замену изоляции при капитальном ремонте после пробега 1320 тыс. км и ее восстановлении при ремонте, в среднем – после пробега 330 тыс. км по всей сети железных дорог.

При капитальном ремонте производят обязательно замену всей изоляции обмоток якоря и компенсационной, трех- или двукратную пропитку (в том числе одну вакуум-нагнетательную) якоря в термореактивном лаке, обязательную замену корпусной изоляции полюсных катушек, проверку межвитковой и межслойной их изоляции, двукратное компаундирование полюсных катушек и покрытие обмоток якорей и полюсов электроизоляционной эмалью.

При деповском ремонте тяговых двигателей, а также между этими ремонтами принимаются меры по восстановлению и поддержанию изоляционных свойств обмоток. При всех плановых деповских ремонтах производят обязательную очистку, сушку и покрытие обмоток якорей и полюсов электроизоляционной эмалью. Обязательную пропитку якорей и полюсных катушек при деповском ремонте производят в следующих случаях: если они были изготовлены или отремонтированы с применением для пропитки битумно-масляных лаков и компаундов; при наличии повреждений бандажа и необходимости его замены; при снижении сопротивления изоляции ниже установленной нормы и невозможности его восстановить с помощью сушки.

В эксплуатации производят систематический контроль сопротивления изоляции тяговых двигателей. Во всех случаях снижения сопротивления ниже установленной нормы производят сушку изоляции. Для этого применяют горячий воздух от стационарных калориферных установок. Разрешается также токовая сушка, которая производится пропусканием электрического тока через обмотки тяговых двигателей от источников напряжением до 110 В, или комбинированная сушка - горячим воздухом и током.

Весьма отрицательно сказываются на состоянии изоляции обмоток большие перепады температуры, которые могут возникать при оттепелях или при постановке локомотивов с охлажденными тяговыми двигателями в отопляемые цехи (участки). В этих случаях сразу после постановки «холодного» локомотива тяговые двигатели продувают холодным воздухом (температура цеха). Такая продувка предупреждает скопление конденсата на поверхности якоря, полюсов, проводах и других деталях и снижает возможность опасного увлажнения изоляции.

В эксплуатации могут иметь место случаи повреждения изоляции тяговых двигателей по причине неправильных действий локомотивных бригад во время буранов, метелей. Поэтому на каждой дороге с учетом условий местности должны разрабатываться инструктивные указания, обуславливающие действия локомотивных бригад в таких случаях.

Точное, инициативное и технически грамотное выполнение правил эксплуатации и обслуживания электрических машин является одним из важнейших факторов в повышении надежности обмоток и тяговых двигателей в целом.

С целью повышения надежности обмоток тяговых двигателей на заводах-изготовителях и ремонтных заводах осуществляют следующие основные мероприятия.

1 Для корпусной изоляции якорных катушек применяют стеклослюдинитовые ленты ЛС1-К-110 и ЛС-ЭП-934. Они обеспечивают повышение электрической и механических характеристик корпусной изоляции.

2 В сердечниках якорей, а также в сердечниках главных полюсов под компенсационную обмотку выполняют выстилку паза из стеклопласта или изофлекса, обеспечивающую защиту корпусной изоляции, уменьшающую механические повреждения. Данная операция повышает сопротивление в изоляции и увеличивает прочность обмотки.

3 Крепление обмоток в лобовых частях якоря производят стеклобандажной лентой взамен стального бандаж. Это обеспечивает снижение случаев размотки бандаж и исключает разрушение якорей и полюсных систем, имеющих место при повреждениях металлического бандаж.

4 В компенсационных обмотках испытывают новую корпусную изоляцию. Эту изоляцию изготавливают из стеклослюдинитовой ленты ЛС1-К-110 вместо микалента ЛФЧ-ББ), причем сушку ее производят в остове после укладки и крепления катушек пропусканием через обмотку тока.

Список литературы

1 Гордиенко, Е. П. Анализ эксплуатационной надежности и безопасности оборудования ЖАТ // Труды Междунар. науч.-практ. конф. – Воронеж, 2020. – С. 75–78.

2 Avdeeva, A. Two-axle bogie vibration damping system with additional damping elements / A. Avdeeva, G. Khromova, D. Radjibaev // E3S Web of Conferences. – 2023. – Vol. 365.

3 Анализ эксплуатационной надежности тяговых электрических двигателей локомотивов ОА «Узбекистон темир йуллари» / Ш. И. Мамаев [и др.]. // Проблемы безопасности на транспорте : материалы XII Междунар. науч.-практ. конф., посвящ. 160-летию Бел. ж. д. В 2 ч. Ч. 1 ; под общ. ред. Ю. И. Кулаженко. – Гомель : БелГУТ, 2022. – С. 138–140.

4 Обзор методов контроля технического состояния асинхронных двигателей в процессе эксплуатации / Л. Г. Сидельников, Д. О. Афанасьев // Недропользование. – 2013. – № 7. – С. 127–137.

УДК 629.451

ПРОТИВОРЕЧИЯ МЕЖДУ ПОВЫШЕНИЕМ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ ПАССАЖИРСКИХ ВАГОНОВ В ЧАСТИ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ТРЕБУЕМЫХ ПАРАМЕТРОВ МИКРОКЛИМАТА И СУЩЕСТВУЮЩЕЙ НОРМАТИВНОЙ БАЗОЙ

А. О. МЕЙСТЕР

АО НО «Тверской институт вагоностроения» (АО НО «ТИВ»), Российская Федерация

Для того, чтобы в пассажирском вагоне обеспечить требуемые параметры микроклимата в тёплый период года, установка кондиционирования воздуха должна обеспечивать холодопроизводительность, как минимум равную общим теплопритокам, а именно: