

УДК 629.423.004

**ВОПРОСЫ ПОВЫШЕНИЯ НАДЕЖНОСТИ СИСТЕМЫ МОНИТОРИНГА ТЕМПЕРАТУРНЫХ РЕЖИМОВ ТЯГОВЫХ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ДВИГАТЕЛЕЙ РУДНИЧНЫХ ЭЛЕКТРОВЗОВ****О. Н. Синчук, Э. С. Гузов, И. О. Синчук, Д. О. Кальмус**

ГВУЗ «Криворожский национальный университет»

ул. XXII Партсъезда, 11, г. Кривой Рог, 50027, Украина. E-mail: speet@ukr.net

**В. О. Чорная**

Кременчугский национальный университет имени Михаила Остроградского

ул. Первомайская, 20, г. Кременчуг, 39600, Украина. E-mail: chornajav@gmail.com

Рассмотрены вопросы повышения надежности работы тяговых электрических двигателей рудничных электровозов, приведен сравнительный анализ отличительных особенностей конструкции тяговых электрических двигателей типа ДТН-45, СТК-45 и ЛЖВ-23-3. Показано, что общим конструктивным недостатком рассмотренных типов двигателей является «неудачное» расположение вентиляционных отверстий в верхней части корпуса двигателя, поэтому для более эффективной защиты от попадания влаги предлагается размещать эти отверстия не сверху, а на боковых вертикальных поверхностях, прикрыв их жалюзи. С целью герметизации обмотки якоря и уменьшения вибрации предложено капсулирование ее лобовых частей эпоксидными компаундами. Установлено, что для повышения эффективности предлагаемых мероприятий необходимо применять систему мониторинга тяговых электрических двигателей. Предложенный в работе способ бесконтактной защиты тяговых электрических двигателей отличается тем, что не требует установки соответствующих датчиков температуры, что делает защиту достаточно простой и надежной, что особенно актуально для тяговых комплексов шахтных электровозов.

**Ключевые слова:** шахтные электровозы, тяговые электрические двигатели, мониторинг, температурные режимы.

**ПИТАННЯ ПІДВИЩЕННЯ НАДІЙНОСТІ СИСТЕМИ МОНІТОРИНГУ ТЕМПЕРАТУРНИХ РЕЖИМІВ ТЯГОВИХ ЕЛЕКТРИЧНИХ ДВИГУНІВ РУДНИКОВИХ ЕЛЕКТРОВЗІВ****О. М. Синчук, Е. С. Гузов, І. О. Синчук, Д. О. Кальмус**

ДВНЗ «Криворізький національний університет»

вул. XXII Партз'їзду, 11, м. Кривий Ріг, 50027, Україна. E-mail: speet@ukr.net

**В. О. Чорна**

Кременчуцький національний університет імені Михайла Остроградського

вул. Первомайська, 20, м. Кременчук, 39614, Україна. E-mail: chornajav@gmail.com

У статті розглянуті питання підвищення надійності роботи тягових електричних двигунів рудничних електровозів, наведено порівняльний аналіз відмінних рис конструкції тягових електричних двигунів типу ДТН-45, СТК-45 і ЛЖВ-23-3. Показано, що загальним конструктивним недоліком розглянутих типів двигунів є «невдале» розташування вентиляційних отворів у верхній частині корпусу двигуна, тому для більш ефективного захисту від влучення вологи пропонується розміщати ці отвори не зверху, а на бічних вертикальних поверхнях, прикривши їх жалюзі. З метою герметизації обмотки якоря й зменшення вібрації запропоновано капсулювання її лобових частин епоксидними компаундами. Авторами встановлено, що для підвищення ефективності пропонувані заходів необхідно застосовувати систему моніторингу тягових електричних двигунів. Запропонований у роботі спосіб безконтактного захисту тягових електричних двигунів відрізняється тим, що не вимагає установки відповідних датчиків температури, що робить захист досить простим і надійним, що особливо актуально для тягових комплексів шахтних електровозів.

**Ключові слова:** шахтні електровози, тягові електричні двигуни, моніторинг, температурні режими.

**АКТУАЛЬНОСТЬ ИССЛЕДОВАНИЙ.** Основным видом технологического транспорта, используемого для перевозки полезных ископаемых добываемых подземными способами и горнорабочих на отечественных горных предприятиях является электровозный.

В эксплуатируемых видах и типах рудничных электровозов используются тяговые электромеханические системы (системы) (ТЭМС), на основе тяговых электрических двигателей (ТЭД) постоянного тока последовательного возбуждения мощностью 13–45 кВт, численность которых исчисляется более восьми тысяч единиц [1].

Вопросам оценки реальных функциональных показателей и причин повреждений ТЭД рудничных электровозов посвящено ряд исследований, в том числе таких фундаментальных, как труды профессо-

ра Волотковского С.А., Пивняка Г.Г., Синчука О.Н., Кордакова В.Н., доц. Оата Г.П., Гузова Э.С., Бинуса М.С. и ряда других [2–4]. Вместе с тем, проблема надежности, а точнее ненадежности ТЭД, осталась и в настоящее время приобрела статус угрожающего фактора для отечественных горнорудных предприятий.

Как показывают исследования, в последние два десятилетия межремонтные сроки эксплуатации ТЭД данных видов электровозов сократились с 18–25 месяцев в 1990 году до неприличных 2–4 месяцев в 2013 году [5].

Основными причинами таких одиозных показателей являются:

– несовершенство конструкции двигателей, в том числе отсутствие действенной системы искусствен-

ной вентиляции для поддержания нормируемого температурного режима;

– низкая техническая культура машинистов электровозов и обслуживающего персонала.

Не отрицая важности второй из вышеперечисленных причин, все же остановимся на первой, существенно технической, стороне проблемы ТЭД.

Целью работы является обоснование и разработка предложений по совершенствованию конструкции и способов соблюдения температурных режимов тяговых электрических двигателей для рудничных электровозов.

**МАТЕРИАЛ И РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ.**

В условиях железорудных шахт применяются электровозы массой 14 т с двигателями постоянного тока.

До недавнего времени, начиная с 30-х годов прошлого тысячелетия, монополистом в Украине по выпуску тяговых электрических двигателей постоянного тока для всех видов и типов рудничных электровозов был завод ПАО «Электромашина» (г. Харьков). В табл. 1 приведены характеристики отдельных типов ТЭД. В последние пять лет «монополия» на выпуск ТЭД постоянного тока для рудничных электровозов окончилась.

Важно, что и «Электромашина» наращивает передовые технологии в изготовлении тяговых двигателей. Так, по информации завода-изготовителя, класс нагревостойкости изоляции якоря двигателя ДТН-45 повышен с F на H, т.е. на более высокий уровень.

Это позволило повысить продолжительную мощность ТЭД с 27 до 35 кВт (данные в скобках).

При этом достигнуты новые уровни предельно допустимых превышений температуры ТЭД над температурой окружающей среды, °С:

- обмотки якоря 120–F, 145–H,
- обмотки возбуждения 145–H,
- коллектора 105.

В двигателе предусмотрена самовентиляция с помощью центробежного вентилятора, размещаемого на валу внутри двигателя. Воздух засасывается через вентиляционные отверстия в корпусе над коллектором (рис. 1) и выбрасывается через вентиляционные отверстия на противоположном конце двигателя, также размещаемые сверху.

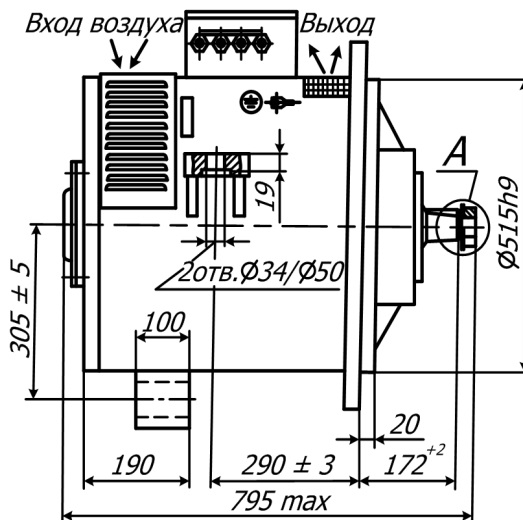


Рисунок 1 – Общий вид тягового электрического двигателя ДТН-45

Таблица 1 – Характеристики тяговых электродвигателей

Параметр	ДТН-12/7Б		ДТН-33/20Б		ДТН-45/27-35	
	Режим работы					
	S2-60мин (часовой)	S1 (продолжительный)	S2-60мин (часовой)	S1 (продолжительный)	S2-60мин (часовой)	S1 (продолжительный)
Номинальная мощность, кВт	12	7	33	20	45	27(35)
Номинальное напряжение, В	200-325В					
Номинальный ток, А	58,5	33	152	90	204	122(158)
Коэффициент полезного действия, %	82	85	88	88,8	88,2	88,5(88,6)
Номинальная частота вращения, об/мин	500±25	670±50	1050±50	1310±100	1320±50	1640(1460)
Максимальная частота вращения, об/мин	1500		3000		4000	
Электромагнитное возбуждение	последовательное					
Направление вращения	реверсивное					
Исполнение	рудничное нормальное					
Степень защиты по ГОСТ17494	IP43					
Способ охлаждения по ГОСТ17494	IC01					
Масса, кг	520±30		500±30		Не более 580	
Тип электровоза	4КР		К7 (К10)		К14(14КА)	
Удельная мощность кВт/т	6	3,5	6,6	4	6,4	3,8(5)

В техническом описании на ТЭД заводом изготовителем отмечается, что защита двигателя от проникновения воды и пыли обеспечивается не только оболочкой двигателя, но и элементами конструкции электровоза, проще говоря – крышками, накрывающими корпус электровоза.

Крышки представляют несколько пластин, частично перекрывающих друг друга. Но всё же, надежную защиту от попадания воды эти крышки обеспечить не могут, тем более что они могут быть сдвинуты, деформированы, повреждены, а иногда и отсутствовать.

Авторами установлено, что для более эффективной защиты ТЭД от попадания влаги, вентиляционные отверстия нужно размещать не сверху, а на боковых вертикальных поверхностях, прикрываемых жалюзи.

Например, входные отверстия для воздуха можно разместить вертикально на подшипниковом щите со стороны коллектора. Выходные отверстия для воздуха также можно сместить на боковые поверхности корпуса двигателя (рис. 2).

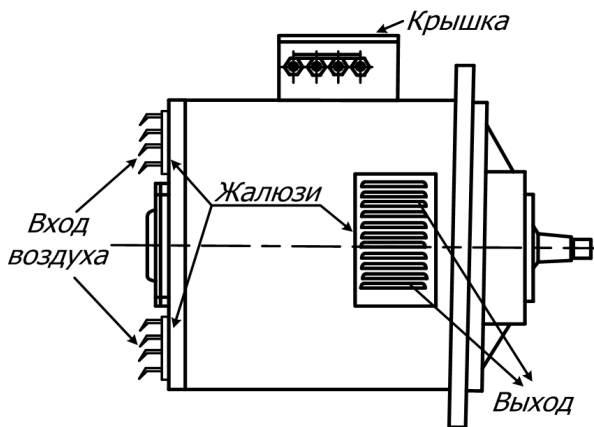


Рисунок 2 – Предлагаемый вариант размещения вентиляционных отверстий тягового двигателя типа ДТН-45

По конструкции ДТН-45 крышка вводной коробки представляет плоскую пластину, которая плохо защищает от попадания воды и пыли, особенно если развинчиваются крепящие болты, что часто наблюдается. Целесообразно изготовлять крышку коробчатой формы, которая одевается на корпус клеммника (рис. 2).

ДТН-45 имеет фланцевое исполнение и присоединяется непосредственно к редуктору, установленному на оси колесной пары. Поэтому двигатель подвержен жесточайшей вибрации и ударам со стороны редуктора и колес, что является причиной значительного числа повреждений. Наиболее часто повреждается изоляция обмотки якоря в местах выхода из пазов.

Как отмечалось выше, несколько лет назад ТЭД для рудничных электровозов стали выпускаться некоторыми другими электромашиностроительными предприятиями. Наиболее заслуживающими внимания на данный период времени являются Смелянский электромеханический завод (г. Смела) выпускающий ТЭД для рудничных электровозов СТК-45.

Анализ конструкции данного типа двигателя показал следующее. Двигатель по своей конструкции практически повторяет двигатель ДТН-45 производства ПАО «Электромашина» г. Харьков.

Достоинства СТК-45:

– установлена крышка на корпусе со стороны хвостовика, это должно предупреждать от попадания масла с редуктора (если в редукторе жидкая смазка, а её там нет);

– клеммная коробка ТЭД увеличена в объёме для удобства монтажа и изготовлена способом штамповки. Но в наличие имеется шесть болтов, вместо четырех на ДТН-45 (в этом тоже дополнительная сложность);

– наличие дополнительного полюса, что улучшает условия коммутации двигателя.

Недостатки СТК-45:

– к.п.д. двигателя на 2 % меньше, чем у электро-механических двигателей ДТН-45 (0,86 против 0,88). Это, видимо, за счёт увеличения сопротивления обмоток – с 0,007 до 0,06 Ом в силу уменьшения сечения провода;

– двигатель имеет четыре люка для доступа к щеткам коллектора, в том числе два расположены снизу корпуса двигателя, что чревато попаданием влаги и грязи, не говоря о неудобстве обслуживания;

– в хвостовине ТЭД поставлен шариковый подшипник вместо роликового. Это ошибочно, ибо именно в этой части ТЭД проявляются поперечно-продольные усилия, к которым данный тип подшипников не весьма предрасположен.

Резюмируя предварительно конструкцию ТЭД, можно сделать вывод о видимом отсутствии основополагающих преимуществ СТК-45 перед двигателями ДТН-45.

Представляет интерес сравнение характеристик и конструкций отечественных ТД с зарубежными. Рассмотрен схожий по мощности двигатель LJB 23-3 фирмы ASEA для электровоза массой 20т.

Основные технические параметры двигателя:

- номинальная мощность часовая – 47кВт;
- номинальная мощность продолжительная – 43 кВт;
- номинальное напряжение – 250 В;
- частота вращения часовая – 1510 об/мин;
- максимальная частота вращения – 5000 об/мин.

Двигатель охлаждается отдельным вентилятором, что естественно, связано с увеличением затрат и габаритов. Зато продолжительная мощность близка к мощности часового режима, соотношение этих мощностей – коэффициент вентиляции равен 0,9, для отечественных двигателей он равен 0,6.

Удельная мощность, рассчитанная для продолжительной мощности, равна 4,3 кВт/т, для отечественных двигателей она составляет 3,5–4 кВт/т и только для модернизированного двигателя – 5 кВт/т – этот показатель не уступает зарубежному образцу. Конструкция подвески ТЭД на электровозе фирмы ASEA вместе с трансмиссией приведена на рис. 3.

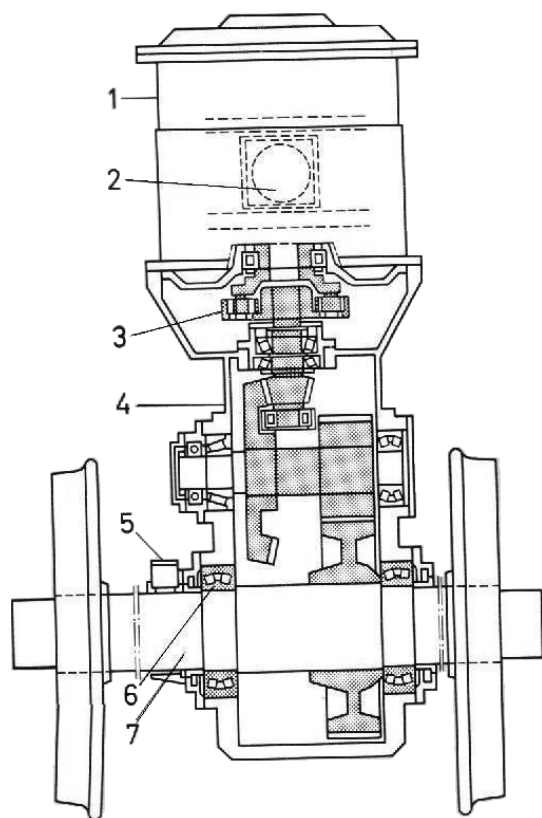


Рисунок 3 – Конструкция подвески тягового электрического двигателя и трансмиссии шахтного электровоза фирмы ASEA (Швеция): 1 – двигатель; 2 – резиновая опора; 3 – эластичная муфта; 4 – редуктор; 5 – скользящий контакт; 6 – роликовый подшипник; 7 – ось колёсной пары

Здесь много общего с конструкцией присоединения ТД на отечественных электровозах К14, но есть и важные отличия, на которые следует обратить внимание.

Двигатель и редуктор соединяются посредством эластичной муфты 3, которая демпфирует колебания момента на валу двигателя, снижая динамические нагрузки на валу, обмотке якоря и подшипниках, что способствует повышению надежности ТД. С другой стороны, мы видим усложнение и удорожа-

ние конструкции. К тому же это решение не защищает двигатель от жесткой вибрации и ударов, передающихся от колес. При такой конструкции присоединения ТД более целесообразно повышение стойкости двигателей к вибрациям. Таким техническим решением может быть капсулирование лобовых частей якорной обмотки эпоксидными компаундами, что обеспечит их герметизацию устранив возможность вибрации [6].

Для предотвращения протекания тока через подшипники осей колесных пар предусмотрена заземляющая бронзовая щётка 5, шунтирующая подшипники. Это интересное решение, но, как всякий скользящий контакт, требует ухода и периодической замены. Возможно более простое решение – применение для осевых подшипников токопроводящей графитной смазки.

При переключении электровоза в тормозной режим ответственным моментом является самовозбуждение двигателей за счёт остаточного магнитного потока: при недостаточном магнитном потоке или недостаточной скорости двигатель не возбуждается и торможение не произойдет, что несёт в себе опасность.

В ряде схем предусматривается подача начального импульса возбуждения от дополнительной аккумуляторной батареи, что обеспечивает надежный переход в тормозной режим, но это заметно усложняет и удорожает систему управления – требуется батарея, зарядное устройство, устройства коммутации, поэтому представляет интерес поиск более простых решений. Для того, чтобы магнитный поток имел наибольшее значение, необходимо реверсирование двигателей производить обмоткой якоря, что легко реализуется схемой электровоза.

Остаточный магнитный поток может быть существенно увеличен путём применения в двигателях сердечников главных полюсов с повышенной коэрцитивной силой, что позволит надежно и быстро начинать торможение, причем с более низких скоростей.

Применение этих мероприятий позволит повысить безопасность эксплуатации электровозов без усложнения оборудования и схем управления.

Вместе с тем, все вышеперечисленные мероприятия не будут достаточно эффективными без решения проблемы – необходимости текущего контроля-диагностики температурных режимов функционирования любых типов тяговых электрических двигателей в тяговых электромеханических комплексах шахтных электровозов [5].

К сожалению, эта проблема в существующих видах шахтных электровозов в отличии от магистральных видов не решена. Меж тем, как свидетельст-

вует всё тот же опыт эксплуатации магистральных электровозов, внедрение только системы непрерывного мониторинга температурных режимов функционирования ТЭД уменьшает отказы последних на 30 – 35%, выход из строя коллекторов в 2,6–3,3 раза, а количество круговых огней в них в 3,1–3,7 раза при общем уменьшении износа коллекторов в 2,8–3,4 раза. В противовес же вышеизложенному, в свою очередь, эксплуатация ТЭД без систем контроля тепловых режимов увеличивает количество их отказов в 1,5 – 3,5 раза [7].

Как показывает анализ литературных источников, реально возможными являются следующие способы контроля температуры ТЭД: заложение в двигатель датчиков температуры, применение тепловых реле, косвенная оценка по сопротивлению обмоток двигателей или по расчетным потерям в двигателе [6].

Наиболее подходящими для эксплуатационного контроля температуры электрических машин являются полупроводниковые термосопротивления, достоинства которых заключаются в следующем [6]:

- высокий температурный коэффициент сопротивления, – на порядок выше, чем у металлов;
- наибольшие размеры и различное конструктивное исполнение – в виде бусинок, пластинок, шайб, стержней, что облегчает закладку в обмотки и другие элементы двигателей;
- прочность и стойкость к механическим воздействиям;
- малая величина тепловой инерции.

К недостаткам термосопротивлений можно отнести разброс характеристик, что требует их индивидуальной градуировки. Однако главным недостатком применения температурных датчиков является необходимость их закладки в обмотки двигателя, что невозможно без разборки двигателя. Кроме того, при контроле температуры двигателя с помощью температурных датчиков необходимо выведение из двигателя дополнительных проводов, что в условиях сильной вибрации ТЭД может приводить к их повреждению.

Тепловые реле нашли широкое применение в промышленности для защиты двигателей наибольшей мощности от тепловых перегрузок. По нагревательному элементу реле и по обмоткам двигателя протекает один и тот же ток и количество тепла, которое выделяется в нагревательном элементе и в обмотках двигателя, таким образом, по нагреву реле косвенно оценивается нагрев двигателя. Однако тепловые реле при превышении токов продолжительного режима срабатывают слишком быстро и непригодны для защиты ТЭД от перегрева.

По расчетным потерям энергии в ТЭД за расчетный период может быть дана косвенная оценка его нагревания [7]. Как известно, потери энергии пропорциональны  $I^2 t$ . В тяговых расчетах при выборе мощности двигателей по допустимому нагреву исходят из того, что двигатель не перегревается, если его среднеквадратичный или эквивалентный ток не превысит номинальный ток продолжительного режима  $I_{эkv} \leq I_{н.прpо}$ . В данном случае эквивалентный по нагреву ток:

$$I_{эkv} = \sqrt{\frac{1}{T} \int_0^T I^2 dt},$$

где  $T$  – период работы двигателя.

При практических расчетах период работы двигателя разбивают на интервалы, в течение которых ток двигателя можно считать неизменными. В условиях железорудных шахт цикл движения состоит:

$$T = t_{нор.} + t_{нозр.} + t_{зр.} + t_{раз.} + t_{ман} + t_{прос.}, \quad (1)$$

где  $t$  – время соответственно движения порожнего состава, погрузки, движения груженого состава, разгрузки, маневров и простоев.

С учетом этого эквивалентный ток можно представить как:

$$I_{эkv} = \alpha \sqrt{\frac{1}{T} (I_{нор.}^2 t_{нор.} + I_{нозр.}^2 t_{нозр.} + I_{зр.}^2 t_{зр.} + I_{раз.}^2 t_{раз.} + I_{ман.}^2 t_{ман.})}$$

где  $\alpha$  – коэффициент, учитывающий ухудшение охлаждения двигателя во время работы.

Если электровоз оборудован микропроцессорной системой управления, что уже применяется в новых разработанных образцах электровозов, может быть реализовано непрерывное вычисление функции  $I^2 \cdot t$ , ее интегрирование и определение эквивалентного тока согласно:

$$I_{эkv} = \alpha \sqrt{\frac{1}{T} \int_0^T I^2 dt}. \quad (2)$$

Достоинством данного метода является отсутствие каких-либо дополнительных элементов, однако недостатком является более низкая точность контроля нагревания обмоток двигателя по сравнению с методами, использующими непосредственный контроль температуры.

Еще одним способом определения температуры обмотки – по изменению сопротивления обмотки в зависимости от ее температуры. Температура горячей обмотки определяется по формуле:

$$\tau_z = \frac{R_z - R_x}{R_x} (\kappa + \tau_x) + \tau_x, \text{ } ^\circ\text{C}, \quad (3)$$

где  $R_z, R_x$  – сопротивления обмоток, измеренные соответственно в горячем и холодном состоянии, Ом;  $\tau_x$  – известная температура обмотки в холодном состоянии, при котором измерялось сопротивление  $R_x$ ;  $\kappa$  – коэффициент, равный для меди 235, для алюминия 245.

Однако контроль сопротивления якорной обмотки и соответствующей температуры встречает большие трудности, связанные со щеточными контактами. Сопротивление щеточных контактов, которое включено последовательно с обмоткой якоря, является нестабильным и может изменяться в десятки раз в зависимости от марки щеток, приработки щеток, состояния поверхности и температуры коллектора, скорости вращения. К тому же щетки перекрывают несколько коллекторных пластин, шунтируя секции якорной обмотки. В этой связи достаточно точное определение температуры якорной обмотки по ее сопротивлению невозможно.

Однако, обмотка возбуждения ТЭД включается последовательно с обмоткой якоря и по ним протекает одинаковый ток, т.е. их нагрев и охлаждение взаимосвязаны. Как установлено в результате проведения авторами ряда экспериментов, температура якорной обмотки на  $20\text{ }^\circ\text{C}$  превышает температуру обмотки возбуждения. В связи с этим логичен вывод, что для контроля температурных режимов обмотки якоря возможно использование косвенного метода – путем определения температуры обмотки возбуждения по ее сопротивлению. С этой целью предлагается следующая схема (рис. 4).

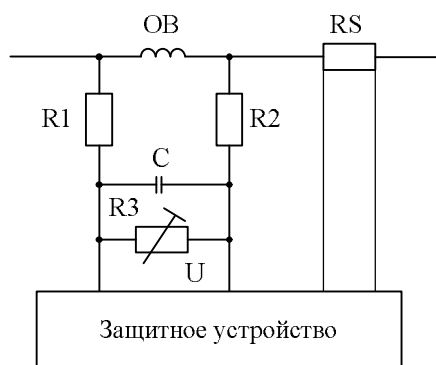


Рисунок 4 – Структурная схема защиты тягового двигателя шахтного электровоза от перегрева

В схеме напряжение  $U$  «снимается» с обмотки возбуждения ОВ через цепь, состоящую из R1-3 и C, ограничивающих импульсы напряжения на защищаемом устройстве при переключениях в силовой цепи. Ток  $I$ , протекающий через ОВ, определяется с

помощью шунта RS. Настройка защиты на требуемое сопротивление и соответствующую температуру производится подстроечным резистором R3. Блок защитного устройства содержит аналоговый интегральный делитель, непрерывно определяющий значение сопротивления обмоток. При достижении значения сопротивления, соответствующего критической температуре обмотки возбуждения (температура обмотки якоря при этом достигает предельно допустимой температуры), срабатывает защита.

**ВЫВОДЫ.** 1. Для повышения конструкционной надёжности и долговечности тяговых электрических двигателей шахтных электровозов необходимо улучшить защиту ТД от попадания воды и пыли путём:

- размещения вентиляционных отверстий на вертикальных поверхностях с защитой их от брызг;
- улучшение уплотнения крышки клеммной коробки.

2. Для повышения стойкости двигателя к вибрациям и технологическим ударам целесообразно капсулировать эпоксидным компаундом лобовые части якорной обмотки.

3. Для улучшения самовозбуждения двигателей в тормозных режимах целесообразно реверс двигателей осуществить посредством обмотки якоря, а сердечники главных полюсов изготавливать из стали с повышенной коэрцитивной силой;

4. Для контроля текущего состояния электрических параметров тяговых двигателей во время их эксплуатации в составе тяговых электротехнических комплексов необходимо включение в структуру последних комплекс защит от:

- недопустимых перегрузок;
- коротких замыканий;
- коммутационных перенапряжений;
- перегрева обмоток.

5. Предложенный способ бесконтактного контроля, мониторинга и защиты ТЭД от недопустимого превышения уровня температуры в элементах ТЭД, не требует установки соответствующих датчиков температуры, поскольку сама обмотка возбуждения является датчиком, делает защиту достаточно простой, надёжной, что особенно актуально для тяговых комплексов шахтных электровозов.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Бутт Ю.Ф., Грядущий В.Б., Дебелый В.Л. и др. Шахтный подземный транспорт: справочное издание: в 2-х т. / Под общ. ред. Б.А.Грядущего. – Т. 1. – Донецк: «ВИК», 2009. – 481 с.
2. Волотковский С.А. Рудничная электровозная тяга. – М.: Недра, 1981. – 389 с.

3. Бунько В.А., Волотковский С.А., Пивняк Г.Г. Повышение безопасности рудничной электровозной откатки. - М.: Недра, 1964. – 200 с.

4. Синчук О.Н., Синчук И.О., Юрченко Н.Н. Комбинаторика преобразователей напряжения современных тяговых электроприводов рудничных электровозов. Научное издание. – Київ: ІЕДНАНУ, 2006. – 252 с.

5. Черная В.О. К вопросу анализа повреждений тяговых двигателей шахтных электровозов. Молодь:

наука та інновації. І Всеукраїнська науково-технічна конференція студентів, аспірантів і молодих учених. – Дніпропетровськ: ВНЗ «НГУ», 2013. – С. 421–422.

6. Богаенко И. Н. Контроль температуры электрических машин. – К.: Техника, 1975. – 176 с.

7. Носков В.И., Липчанский М.В., Блиндюк В.С. Контроль и диагностика моторвагонных поездов с использованием нейронных сетей. //Наук. техн. збір. «Комунальне господарство міст». – Харьков: ХНАМГ, 2011. Вып. 101. – С. 278–283.

## QUESTIONS OF RELIABILITY OF THE MONITORING SYSTEM OF TEMPERATURE CONDITIONS OF HAULING ELECTRIC ENGINES IN MINE ELECTRIC LOCOMOTIVES

**O. Sinchuk, E. Guzov, I. Sinchuk, D. Kal'mus**

State institution of higher education «Kryvyi Rih National University»

ul. XXII Parts'ezda, 11, Krivoy Rog, 50027, Ukraine. E-mail: speet@ukr.net

**V. Chernaja**

Kremenchuk Mykhailo Ostrohradskiy National University

ul. Pervomayskaya, 20, 39600, Kremenchug, Ukraine. E-mail: chornajav@gmail.com

Reliability of work of hauling electric engines (HEE) of mine electric locomotives was considered in the article. The construction of some types of engines was analysed at comparison. Bad protecting from moisture at all types of engines. It needs to change vent openings and carry for impossibility the hits of moisture inward. The puttee of anchor needs to be fixed the special composition that a vibration was not. For the increase of efficiency of the offered measures it is necessary to apply the system of monitoring of hauling electric engines. The method of noncontact defence of hauling electric engines offered in-process differs that does not require setting of the proper sensors of temperature, that does defence simple enough and reliable, that especially topically for the hauling complexes of mine electric locomotives.

**Key words:** mine electric locomotives, hauling electric engines, monitoring, temperature conditions.

### REFERENCES

1. Butt, Yu.F., Gryaduschiy, V.B. and Debelyiy V.L. etc. (2009), *Shahtnyiy podzemnyiy transport: spravochnoe izdanie* [Mine underground transport: certificate edition], VIK, Donetsk, Ukraine.

2. Volotkovskiy S.A. (1981), *Rudnichnaya elektrovonnaya tyaga*. [Mine electric locomotive traction], Bowels of the Earth, Moscow, Russia.

3. Bunko, V.A., Volotkovskiy, S.A. and Pivnyak G.G. (1964), *Povyishenie bezopasnosti rudnichnoy elektrovonnoy otkatki* [Increase of safety of mine electric locomotive traction], Bowels of the Earth, Moscow, Russia.

4. Sinchuk, O.N., Sinchuk, I.O. and Yurchenko, N.N. etc (2006), *Kombinatorika preobrazovateley napryazheniya sovremennyih tyagovyih elektroprivodov rudnichnyih elektrovozov* [Combinatorics of transformers of tension of modern hauling electromechanics of mine electric locomotives], ІЕДНАНУ, Kiev, Ukraine.

5. Chornaya, V.O. (2013), "To the question of analysis of damages of hauling engines of mine electric locomotives", *Molod: nauka ta Innovatsiyi. I VseukraYinska naukovo-tehnIchna konferentsIya studentIv, asprantIv I molodih uchenih*. [Young people: science and innovations. I the Allukrainian scientific and technical conference of students, graduate students and young scientists.], Dnepropetrovsk, SIHE "NSU", pp. 421–422.

6. Bogaenko, I.N. (1975), *Kontrol temperaturyI elektricheskih mashin* [Control of temperature of electric machines], Technique, Kiev, Ukraine.

7. Noskov, V.I., Lipchanskiy, M.V. and Blyndyuk V.S. (2011), "Control and diagnostics of motorvagonnykh trains with the use of neuron networks", *Komunalne gospodarstvo mist. Naukovo-tehnichnyy zbirnik*, vol. 101, pp. 278–283.

Стаття надійшла 04.08.2014.