

УДК 621.3.044

В. И. ДАНИЛЕВСКИЙ, кандидат технических наук, Ю. В. ЧЕРНЯК, кандидат технических наук, В. Н. ТАРАСЮК, инженер ЧАО «Киевский электровагоноремонтный завод», Украина

ИЗГОТОВЛЕНИЕ ПОЛЮСНЫХ МОНОБЛОКОВ ТЯГОВЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ ЭЛЕКТРОПОЕЗДОВ С ПРОПИТКОЙ В ПОЛИЭФИРИМИДНОМ КОМПАУНДЕ

Анализируются различные технологии ремонта полюсов тяговых двигателей электропоездов серии ЭР. Произведен расчет перепада температур в системе электрической изоляции дополнительного полюса РТ-51 М и предложены мероприятия для улучшения теплопроводности. Разработан технологический порядок изготовления полюсов с пропиткой в компаунде.

Существуют различные технологии изготовления полюсов моноблочной конструкции для тяговых двигателей электропоездов во время капитального ремонта. Их можно подразделить на два технологических способа [1–3]:

- 1) пропитка и термообработка моноблока в собранном состоянии;
- 2) пропитка и термообработка катушки без сердечника, с последующей сборкой моноблока и уплотнение катушки на сердечнике эпоксидным компаундом.

Алгоритм работы по первому способу показан на рисунке 1.

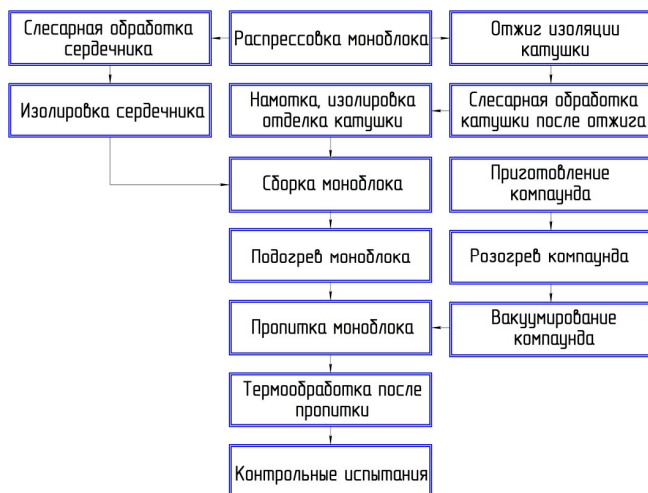


Рисунок 1 – Функциональная схема технологии изготовления полюсных моноблоков с пропиткой в эпоксидном компаунде

Особенностью этой технологии является то, что собранный полюс пропитывается в эпоксидном компаунде и после термообработки получается неразъемная конструкция полюса.

При использовании эпоксидного компаунда его необходимо подогреть до 150 °С, а время пропитки увеличивать до 15 ч, чтобы повысить вязкость в изоляции [4]. Такие режимы являются нецелесообразными в ремонтном производстве из-за большой энергоемкости процесса. Кроме того, для приготовления компаунда необходимо специальное технологическое оборудование. Эпоксидная смола и отвердитель предварительно разогреваются в специальных емкостях, а затем подаются в смеситель в следующей пропорции:

- эпоксидная смола – 100 весовых частей;
- отвердитель – 80 весовых частей.

Смеситель должен соединяться с пропиточной емкостью для подачи компаунда под вакуумом, а также иметь обогрев для поддержки температуры в пределах от 60 до 70 °С. Для приготовления используют следующие компоненты:

- смола диановая ЭД-22 ГОСТ 10587-84 или ее аналоги – материалы «Аральдит» (Ciba-Geigy Швейцария), «МЭР-200» (Hitachi Chemical Япония) и «Дэр-330» (Day Chemical США);
- отвердитель – изометилтетрагидрофталевый ангидрид ИМТГФА ТУ 6-09-3321-73 или метилэндиковый ангидрид «МЭА» (импортный).

Чтобы заполнить пропиточные емкости до необходимого уровня, нужно готовить значительные объемы эпоксидного компаунда, который имеет короткий срок «жизни». Это усложняет технологию описанного способа изготовления полюсных моноблоков.

Во время капитального ремонта тяговых двигателей электропоездов используется технология пропитки и термообработки катушек без сердечника (рисунок 2). В дальнейшем полюс составляют в моноблок и выполняется уплотнение катушки на сердечнике эпоксидным компаундом воздушной сушки [5]. Благодаря этому отпадает необходимость в специальном оборудовании, а процесс пропитки выполняется традиционным вакуумнагнетающим способом в лаке ФЛ-98.

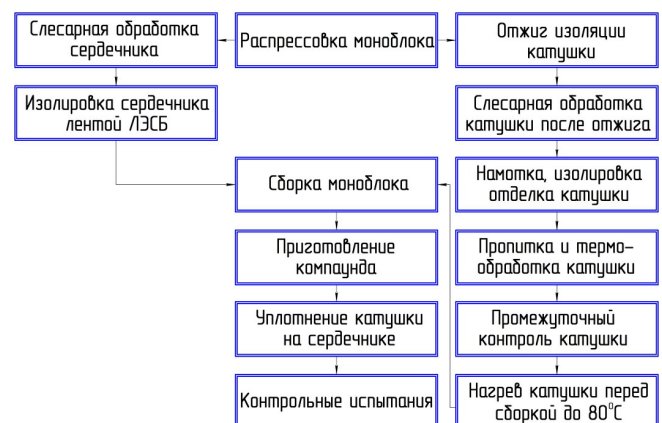


Рисунок 2 – Функциональная схема технологии изготовления полюсных моноблоков при КР ТЭД электропоездов

Расчеты показали [6], что при существующей технологии общий перепад температуры в направлении сердечника втрое больше, чем через основную корпусную изоляцию: 15 °С – от катушки к сердечнику полюса; 5 °С – через корпусную изоляцию катушки. Это вы-

звано тем, что для плотной посадки катушки сердечник дополнительно изолируется стеклолентой ЛЭСБ 0,1×25, имеющей низкий коэффициент теплопроводности: 0,05 Вт/м²·°С.

Очевидно, что тепловые свойства изоляционных материалов используются неэффективно. Анализируя физические свойства пропиточного компаунда «Элпласт-155ИД(А)», видим, что после термообработки он обладает цементирующей способностью не менее 300 Н [3]. Поэтому можно предположить, что данный материал в твердом состоянии может обеспечить необходимые механические и улучшить тепловые характеристики полюсных моноблоков. С целью совершенствования технологии и улучшения качества ремонта тяговых двигателей электропоездов предлагается внести следующие изменения в технологию изготовления полюсов моноблочной конструкции:

– для дополнительного изолирования сердечника использовать стеклобандажную ленту ЛСБЭ-*F* (у) 0,2×20 ТУ У 17.2-34445771-001 [коэффициент теплопередачи $\lambda_{\text{ЛСБЭ-}F} = 0,44$ Вт/м²·°С] или асбестовую бумагу БЭ0,5 ГОСТ 23779–95 [$\lambda_{\text{БЭ}} = 0,15$ Вт/м²·°С] [7];

– пропитку полюсных моноблоков выполнять в собранном состоянии в полиэфиримидном компаунде «Элпласт-155 ИД(А)».

Перепад температуры через изоляцию определяется по формуле [8]:

$$\theta_{\beta} = A \frac{\beta_{\text{из}}}{\lambda_{\text{из}}}, \quad (1)$$

где A – плотность теплового потока; $\beta_{\text{из}}$ – толщина изоляции; $\lambda_{\text{из}}$ – коэффициент теплопередачи изоляции.

Используя технические и конструкторские данные для ТЭД РТ-51, получим перепады температуры через слой стекло-бандажной ленты и асбестовой бумаги:

$$\theta_{\text{ЛСБЭ-}F} = 0,6 \frac{1,2}{0,44} \approx 2 \text{ } ^\circ\text{C}; \quad (2)$$

$$\theta_{\text{БЭ}} = 0,6 \frac{1,2}{0,15} \approx 5 \text{ } ^\circ\text{C}. \quad (3)$$

Общий перепад температуры через изоляцию полюсного моноблока в направлении сердечника будет иметь вид, изображенный на рисунке 3. Анализируя схемы, следует отметить, что использование стеклобандажной ленты и асбестовой бумаги позволяет уменьшить расчетный перепад температуры через дополнительную изоляцию. В свою очередь это содействует уменьшению градиента изменения температуры $\text{grad } \vartheta$ через корпусную изоляцию моноблока по сравнению с существующей технологией:

$$\text{grad } \vartheta_{\text{ЛЭСБ}} = \frac{15}{2,3} = 6,5 \text{ } ^\circ\text{C}/\text{мм}; \quad (4)$$

$$\text{grad } \vartheta_{\text{ЛСБЭ-}F} = \frac{7}{2,7} = 2,5 \text{ } ^\circ\text{C}/\text{мм}; \quad (5)$$

$$\text{grad } \vartheta_{\text{БЭ}} = \frac{10}{2,7} = 3,7 \text{ } ^\circ\text{C}/\text{мм}. \quad (6)$$

То есть

$$\text{grad } \vartheta_{\text{ЛСБЭ-}F} < \text{grad } \vartheta_{\text{БЭ}} < \text{grad } \vartheta_{\text{ЛЭСБ}}. \quad (7)$$

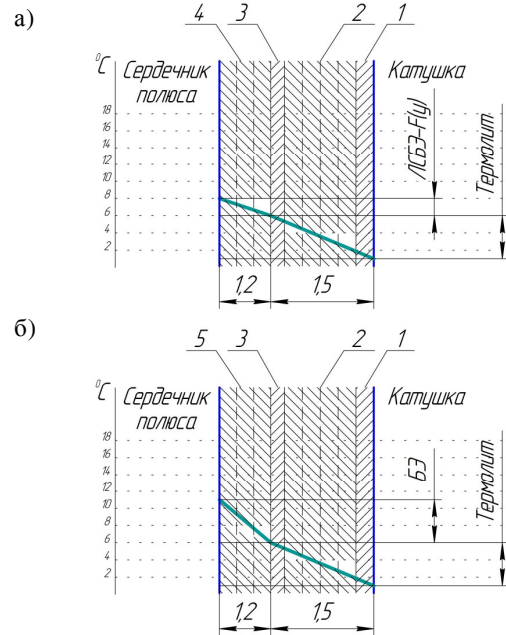


Рисунок 3 – Расчётный перепад температур в системе изоляции дополнительного полюса моноблочной конструкции ТЭД РТ-51М при изолировании сердечника стеклобандажной лентой (а) и асбестовой бумагой (б):

1 – лента «Элизтерм-155» 0,1×30 мм, 1 слой в ½ ширины; 2 – лента «Элизтерм-155» 0,1×30 мм, 4 слоя в ½ ширины; 3 – лента стеклянная ЛЭСБ 0,1×25 мм, 1 слой в ½ ширины; 4 – лента стеклобандажная ЛСБЭ-*F*, 3 слоя 0,2×20 мм в ½ ширины; 5 – бумага асбестовая БЭ0,2 (0,5) мм

Замена ленты ЛЭСБ 0,1×25 на ленту ЛСБЭ-*F*(у) 0,2×20 обеспечивает уменьшение общего перепада температуры через корпусную изоляцию в два раза – с 15 до 7 °С. На основании проведенных исследований предлагается внедрить технологический порядок проведения капитального ремонта полюсных моноблоков тяговых двигателей электропоездов, отображенный на рисунке 4. Внедрение предложенной технологии предусматривает уменьшение энергозатрат, оптимизацию процесса ремонта полюсов и ТЭД в целом, а также повышение надежности отремонтированных двигателей.

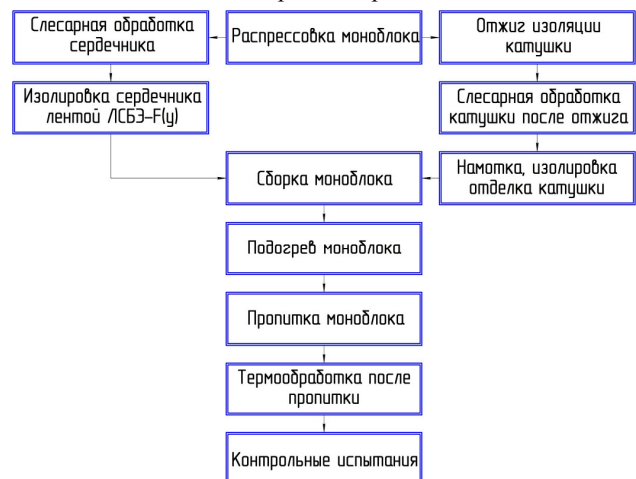


Рисунок 4 – Функциональная схема технологии изготовления моноблоков с пропиткой в полиэфиримидном компаунде «Элпласт-155 ИД (А)»

Список литературы

1 **Технологическая инструкция.** Заводской ремонт, пропитка, компаундировка, окраска обмоток / Проектно-

конструкторское бюро по локомотивам. 103.25200.60028. – М. : ЦТВР МПС, 1983. – 160 с.

2 **СТН.634.119, СТН.635.096РК.** Моноблоки (катушки) полюсные с изоляцией «Монолит». Руководство по капитальному ремонту / Проектно-конструкторское бюро по локомотивам. – М.: ЦТВР МПС, 1988. – 46 с.

3 **Технологічна інструкція.** Ізолювання, просочення, фарбування й сушіння електричних машин системою ізоляції класу нагрівостійкості F. 35141676.25.300.00108. ПКТБ рл. г. Полтава. 2008 р., зі змінами № 1 (повідомлення № 35141676.1) від 2011 р. – 35 с.

4 **Огоньков, В. Г.** Электроизоляционные материалы и системы изоляции для электрических машин. В 2 кн. Кн. 2 / В. Г. Огоньков. – М.: Издательский дом МЭИ, 2012. – 304 с.

5 **Технологічна інструкція.** Заливання епоксидним компаундом полюсних моноблоків. 027.25000.60054. – К. : ПрАТ «КЕВЗР», 2012. – 10 с.

6 **Тарасюк, В. М.** Аналіз теплопровідності і розрахунок перепаду температур в корпусній ізоляції полюсних котушок магнітної системи тягових двигунів електропоїздів / В. М. Тарасюк // Ст. 82. Матеріали IV Міжнародної науково-практичної конференції «Техніка, технології». – К. : ДЕТУТ, 2013. – 222 с.

7 Проектирование тяговых электрических машин : учеб. пособие для вузов ж.-д. трансп. / М. Д. Находкин [и др.]; под ред. М. Д. Находкина – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Транспорт, 1976. – 624 с.

8 **Алексеев, А. Е.** Тяговые электрические машины и преобразователи / А. Е. Алексеев. – Л. : Энергия, 1977. – 444 с.

Получено 13.11.2014

V. I. Danilevsky, Yu. V. Cherniak, V. M. Tarasiuk. Payment poles electric motors with seepage in compound.

In article analysis various technology of repair pole traction motors electric series ER. The calculation of the temperature difference in the electrical insulation of additional poles of RT-51 M and proposed measures for improving the thermal conductivity. The technological procedure of manufacturing poles impregnated in the compound.