

ПРИБОР РМС-1 ДЛЯ КОНТРОЛЯ КАЧЕСТВА ПАЙКИ СТАТОРНОЙ ОБМОТКИ ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЕЙ ЭЛЕКТРОБУРОВ

О. Д. Орлова, Б. Н. Плюкне

Харьков

В связи с широким внедрением электробурения при проходке газовых и нефтяных скважин, огромное значение приобретает надежность работы электробуров. Улучшение технологии изготовления электродвигателей позволяет существенно повысить экономичность этого прогрессивного метода бурения.

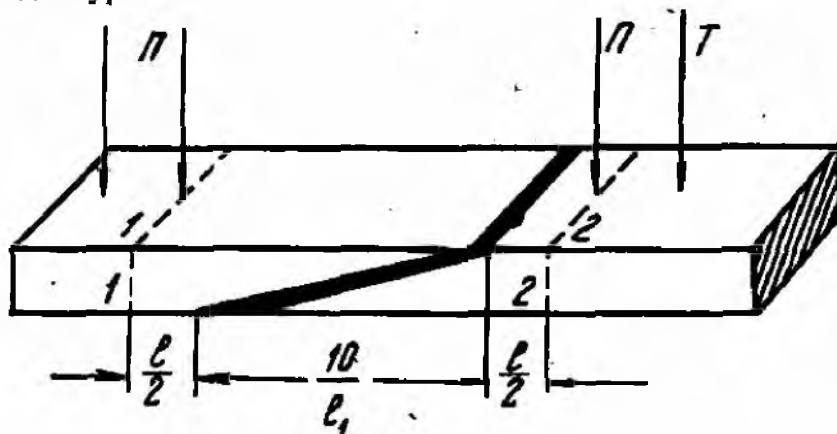


Рис. 1. Общий вид контролируемого соединения.

В настоящей статье описывается новый способ и прибор для контроля качества пайки обмотки статора электродвигателя электробура в процессе производства. Внедрение нового технологического процесса предусматривает стопроцентный контроль качества паяных соединений статорной обмотки.

Краткая характеристика контролируемого соединения. Контролю подлежат лобовые части обмотки статора, которые представляют собой медные шины, спаянные внахлест медно-фосфористым припоем ПМФ7 (рис. 1). Сечение провода обмотки определяется типом машины.

Тип электробура

Сечение провода
обмотки статора, мм

ЭД 170/8

1,45×4,7

ЭД 170/4-Р

1,25×5,1

ЭД 215/8-М1

2,26×6,9

ЭД 215/8

2,1 ×6,9

ЭД 215/4-Р

1,35×6,4

ЭД 215/8-У

2,1 ×6,9

ЭД 250/8

2,44×6,9

ЭД 215/8-М1-К

2,26×6,9

Качество пайки оценивается по величине омического сопротивления паяного перехода. Последнее всегда превышает (при равном сечении) сопротивление участка цельной обмотки такой же длины. По согласованию с ЦКТБЭ (Центральное конструкторское техническое бюро по электрооборудованию) для обмотки статора электродвигателя ЭД 215/8-М1 увеличение сопротивления паяного перехода не должно превышать 0,7 мком.

Выбор метода контроля. Для измерения сопротивления участка пайки применяется метод измерения падения напряжения. Величина падения напряжения на контролируемом участке соединения при протекании по нему тока постоянной величины зависит от омического сопротивления этого участка.

Распространенный на практике метод контроля качества пайки по измерению сопротивления всей обмотки [3, 4] оказывается непригодным, так как недопустимое увеличение переходного сопротивления одной из паяк не превышает поля допуска на величину общего сопротивления обмотки. Таким образом, контроль, по существу, является лишь проверкой целостности цепи и ни в какой степени не может характеризовать состояние отдельных паяк.

Поэтому мы выбрали локальный токоподвод, позволивший контролировать в процессе производства каждую пайку в отдельности вне зависимости от состояния других соединений [2].

Расстояние между токопроводящими контактами ТТ 30 мм, а между потенциальными контактами ПП 17 мм, чем обеспечивается надежный хват участка пайки. Итак, контролируемый участок обмотки состоит из двух частей — участка постоянного сечения (цельной медной шины длиной 7 мм) и паяного участка длиной 10 мм.

Сопротивление участка пайки

$$R_n \leq \left(\rho \frac{l_1}{s} + 0,7 \right) \text{мком} = 11 + 0,7 = 11,7 \text{ мком.}$$

Сопротивление между сечениями 1—1 и 2—2

$$R = \rho \frac{l}{s} + R_n = \rho \frac{l + l_1}{s} + 0,7 = 18,7 \text{ мком.}$$

Легко заметить, что в данном случае необходимо измерять относительное изменение сопротивления, равное 3,6%. Для уверенной индикации такого малого отклонения сопротивления (доли микроома в нашем случае) желательно проводить измерения при возможно больших плотностях тока. Верхний предел плотности тока ограничен температурным режимом контролируемого участка обмотки.

Если считать, что изменение сопротивления от нагрева не должно превышать 0,5%, можно определить допустимую температуру перегрева обмотки при контроле, а следовательно, и допустимую плотность измерительного тока.

На основании соотношения

$$R_t = R_{20} [1 + \alpha(t^\circ - 20)],$$

где R_{20} — сопротивление участка обмотки при 20°C;

R_t — сопротивление участка обмотки при t° С;

α — температурный коэффициент сопротивления;

t° — температура по шкале Цельсия,

определяем, что допустимая температура перегрева контролируемого участка обмотки не должна превышать за время измерения 1,5°.

Для обеспечения этого условия опытным путем выбрана величина контролирующего тока 5 а. Установлено, что при такой величине измерительного тока на результатах измерения не сказывается перегрев переходного участка токоподвод—обмотка. Схема измерения должна надежно определять величину падения напряжения порядка единиц микровольт ($5 \text{ а} \times 0,7 \text{ мком} = 3,5 \text{ мкв}$).

При контроле основное значение имеет не абсолютная величина сопротивления контролируемого соединения, а лишь отклонение величины этого сопротивления от некоторого значения, принятого за эталон. Поэтому целесообразно измерять только разность сопротивлений между эталоном и контролируемым соединением.

Блок-схема и принцип действия прибора. Блок-схема прибора для контроля качества пайки изображена на рис. 2 [1]. Блок питания обеспечивает в контролируемом участке соединения ток 5 а. В качестве измерительного прибора используется фотокомпенсационный усилитель Ф-117/7 со стрелочным прибором на выходе 5—0—25 мкв. Блок компенсации повышает чувствительность схемы измерения и позволяет запомнить величину эталонного сопротивления и сравнить ее с сопротивлением контролируемого участка. Разность этих сопротивлений фиксируется измерительным прибором, используемым как нуль-индикатор.

Особенностью схемы для разбраковки малых сопротивлений является введение в цепь регистрирующего прибора 3, компенсирующего тока I_x , величина которого линейно зависит от тока, проходящего через контролируемый участок соединения I_p , т. е. $I_x \propto I_p$, где k — коэффициент пропорциональности.

При подключенном эталонном соединении с помощью регулировочных устройств схемы компенсации запоминается величина этого сопротивления, т. е. при этом падение напряжения на компенсирующем сопротивлении ΔU_x оказывается равным падению напряжения на эталонном участке обмотки ΔU ,

$$\Delta U_x = \Delta U;$$

$$I_p R_x = I_x R_x;$$

$$I_p R_x = k I_p R_x;$$

$$R_x = k R_x.$$

При этом результат измерения сопротивления эталона не зависит от изменения рабочего тока I_p . Стрелка измерительного прибора находится в нулевом положении.

При контроле качества пайки обмотки статора электродвигателей электробуров отклонение стрелки измерительного прибора от нулевого положения однозначно характеризует качество пайки.

Действительно, пусть $R_x \neq R$, тогда $R_x I_p - R_x k I_p = a_1 A$, где A — цена деления микровольтметра; a_1 — отклонение стрелки в делениях,

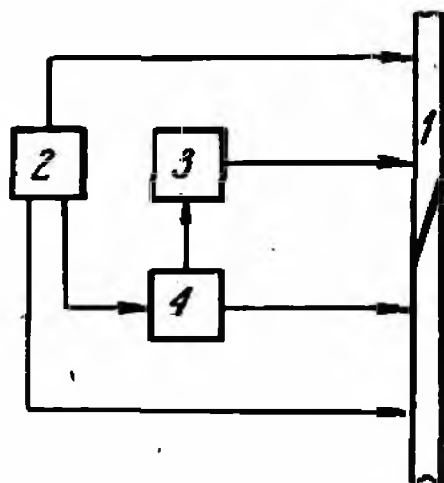


Рис. 2. Блок-схема прибора для разбраковки малых сопротивлений.

ректирует зависимость между рабочим и компенсационным токами, поэтому зависимость эта остается линейной в широком диапазоне изменения рабочего тока I_p .

Конструкция прибора. Общий вид прибора РМС-1 для разбраковки малых сопротивлений показан на рис. 4. Вся схема смонтирована в одном корпусе. Для регулировки нулевого положения гальванометра измерительного прибора фотоусилитель снабжен корректором, ручка которого выведена на боковую стенку корпуса фотоусилителя, укрепленного на задней стенке прибора. Здесь же находятся предохранитель и разъем включения в сеть.

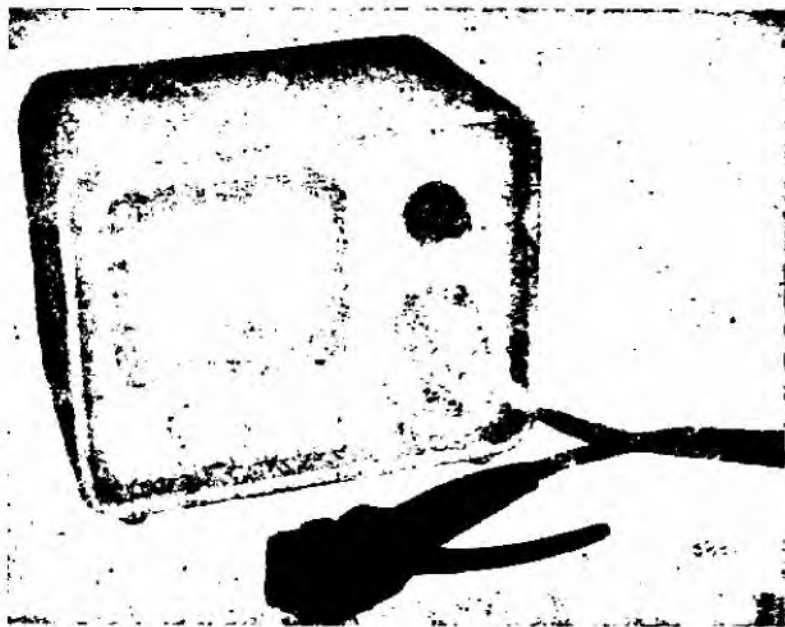


Рис. 4. Общий вид прибора РМС-1.

Ручка регулировки компенсационного тока находится на передней панели. Тумблер, переключающий пределы сравниваемых сопротивлений, расположен под этой ручкой. На передней панели размещены также стрелочный показывающий прибор, тумблер включения прибора в сеть, сигнальные лампочки и разъем для присоединения измерительных клещей.

Подключается контролируемое соединение к измерительному прибору специальными клещами [5] и отмечается включением сигнальной лампочки. Конструкция клещей позволяет производить надежные измерения в труднодоступных местах электрических соединений; стальные иглы с независимым подпружиниванием каждой не требуют зачистки и выравнивания поверхности токоведущего соединения, подвергаемого контролю. Электрическое соединение измерительных клещей с прибором осуществляется с помощью штепсельного разъема.

Правила эксплуатации прибора. Перед работой прибор следует прогреть в течение 20 мин. Устанавливаем стрелку указателя на нулевую отметку вращением корректора фотоусилителя. После этого зажимаем в клещах эталонное соединение, удовлетворяющее требованиям ОТК, и, вращая ручку регулировки компенсационного тока, уравниваем схему (стрелку показывающего прибора устанавливаем на нуль).

После этого заменяем в клещах эталонное соединение контролируемым. Качество пайки соединения оцениваем знаком отклонения стрелки

прибора. Все соединения, дающие отклонения стрелки прибора влево, имеют сопротивление больше сопротивления эталонного соединения (т. е. соединения, на котором производилось уравнивание схемы); эти соединения бракуются. Нулевое показание прибора соответствует равенству сопротивлений. Все соединения, дающие отклонения стрелки прибора вправо, характеризует соединение, сопротивление которого меньше эталонного, и являются качественными.

Выбор эталона и эксплуатация прибора. Опытная эксплуатация прибора проводилась на заводе ХЭМЗ при изготовлении электродвигателей электробуров типа ЭД

215 в цехе М5 и при ремонте этих же двигателей на Шебелинской СКЭБ.

Статистический анализ значений величины сопротивления большого количества паяных соединений лежит в пределах 6% допуска в сторону увеличения сопротивления (рис. 5) и только 15% из всех проверенных паяк имели большее сопротивление. Следовательно, если в качестве эталона выбрать сопротивление, величина которого равна $1,06 R$, то при этом перепайке подлежит 15% соединений.

Опытная эксплуатация прибора подтвердила надежность его работы в производственных условиях. Прибор РМС-1 внедрен в произ-

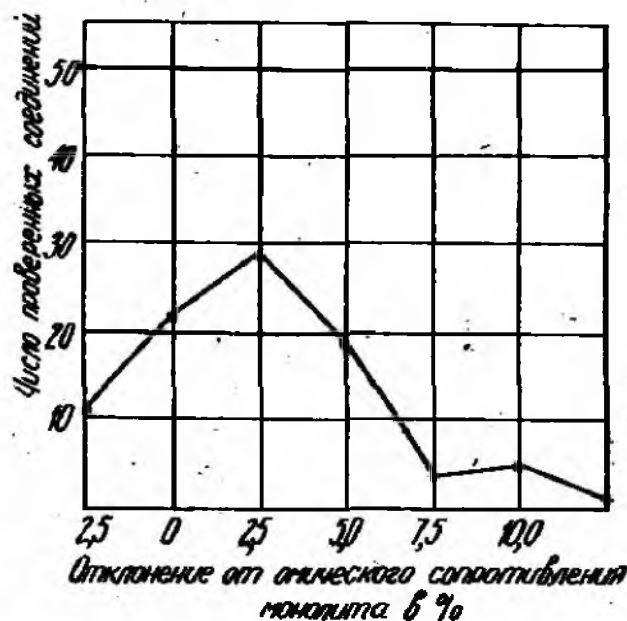


Рис. 5. Статистическая зависимость распределения паяных соединений по величине сопротивления.

водство (завод ХЭМЗ, третий квартал 1965 г.). Контроль технологии производства заставляет рабочего тщательно проводить пайку соединений. К концу 1965 г. число перепаяк при изготовлении электродвигателей электробуров снизилось с 15 до 2—4%. В результате введения контроля улучшается качество продукции и повышается производительность труда как при изготовлении электробуров (уменьшается количество перепаяк), так и при эксплуатации (снижается количество выхода из строя электробуров).

Описанный прибор может быть применен для контроля качества пайки токоведущих соединений в том случае, когда качество пайки оценивается омическим сопротивлением участка спая. При переходе от одного паяного соединения к другому необходимо соответственно видоизменять клещи, выбирать эталон, измерительный и компенсирующий ток. Кроме того, прибор может быть полезен во всех случаях, когда необходимо различать сопротивления, отличающиеся друг от друга на доли процента.

Основные технические характеристики прибора РМС-1

Чувствительность прибора — не ниже 0,1 $\mu\Omega$.

Напряжение питания — $220 \text{ в} \pm 20\%$, 50 гц .

Потребляемая мощность — 60 ва .

Время контроля одного соединения — 5 сек .

Сравниваемые соединения в пределах — 5—50 мком.

Габариты — 260×220×215 мм.

Вес — 8 кг.

ЛИТЕРАТУРА

1. О. Д. Орлова, Б. Н. Плюксне. Способ контроля качества пайки токоведущих соединений электрических машин. Авторское свидетельство № 2183820.
2. Э. И. Брайнин, Л. Я. Винников. «Дефектоскопия пайки электрических контактов». «Электротехника», 1965, № 6.
3. М. В. Титаренко. Приспособление для проверки состояния паяк обмоток машин постоянного тока. «Рабочий энергетик», 1953, № 4.
4. Н. В. Крутов, Н. И. Смирнова. Установка для контроля паяк коллекторов электродвигателей. «Энергетик», 1957, № 4.
5. В. В. Поливанов, О. Д. Орлова, Б. Н. Плюксне. Устройство для контроля пайки токоведущих соединений методом локального падения напряжения. Авторское свидетельство № 198774.