

# Частичный ремонт обмоток асинхронных двигателей

А.П. СЕРДЕШНОВ, канд. техн. наук, профессор БАТУ

Часто недостаток средств ограничивает наличие резервных асинхронных двигателей (АД) в хозяйствах. В этих условиях выход из строя электромашины может привести к большим и ничем не оправданным потерям. А, между тем, статистика отказов АД показывает, что до 80% из них связаны с повреждениями в обмотках. При этом 70—75% неисправностей обмоток приходится на витковые замыкания в секциях, 10—15% — на замыкания обмоток на корпус, т.е. до 95% всех неисправностей в обмотках — это повреждение **одной секции**, тогда, как все остальные находятся в рабочем состоянии. Такое положение позволяет в экстремальных условиях, например, при отказе электрической машины и невозможности ее немедленной замены, проводить у нее частичный ремонт обмоток.

Частичный ремонт обмоток асинхронных двигателей выполняется двумя способами: путем удаления поврежденной секции из фазной катушки (катушечной группы) данной обмотки или ее восстановлением.

Первый способ используется в случаях ограниченного времени на ремонт, когда длительный простой машины вызывает большие производственные потери (например, порчу сельскохозяйственной продукции).

Второй — когда времени на ремонт достаточно, изоляция обмотки электромашины по степени старения может быть отнесена к первому (а в некоторых случаях, и ко второму) классу, и при этом работы по удалению поврежденной секции не испортят соседних катушек\*.

В любом случае **целесообразность частичного ремонта обмоток асинхронных двигателей должна быть технически и экономически обоснованной**.

Частичный ремонт обмотки начинается с полной разборки асинхронного двигателя, после которой проводится осмотр обмотки и определение степени старения ее изоляции.

Для определения секции с короткозамкнутыми витками и пазов в расточке статора, где она помещается, в основном используются следующие

\* К первому классу по степени старения относят изоляцию на ощупь свежую, эластичную, ко второму — твердую, но при нажатии пальцем не дающую трещин.

приборы и приспособления: ферромагнитный шарик, подковообразный электромагнит, электронные приборы (типа ЕЛ 1). Для определения наличия замыкания обмотки на корпус используют мегомметр, методики определения изложены в [1].

Техническое выполнение частичного ремонта обмоток асинхронных двигателей во многом зависит от места повреждения. Так, при замыкании витков в самой или секции на корпус в лобовой части обмотки весь ремонт может быть сведен к простой ликвидации обнаруженного повреждения, которое часто нетрудно найти по наличию “подгара” или изменению цвета изоляции обмотки в данном месте. Ремонт выполняется путем зачистки провода в месте бывшего замыкания и его изоляции (лентами, электротехнической бумагой, электрокартоном, лаками и пр.).

При замыкании витков в пазовой (активной) части обмотки ремонт выполняется, как уже говорилось, путем удаления поврежденной секции или путем восстановления поврежденной секции.

**Частичный ремонт обмоток “удалением поврежденной секции”**. Выполнение частичного ремонта обмотки рассмотрим на конкретном примере. Вначале, для предварительно найденной поврежденной секции, в лобовой части обмотки, находятся ее концы, а также концы катушечной группы, в которую секция входит. На рис. 1 показана трехсекционная катушечная группа, у которой вторая секция имеет витковое замыкание.

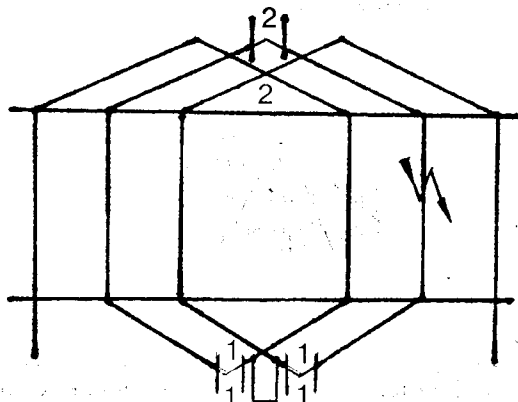


Рис. 1. Катушечная группа из трех одновитковых секций.

Порядок ремонта следующий:

1. Обмотка в печи или от сварочного автомата нагревается до 60—70°C. Кусачками (плоскогубцами, бокорезами) рассекают концы поврежденной секции (она “выкусывается”) — сечение 1—1.

2. Конец исправной первой секции соединяется сваркой или пайкой с началом третьей (миная концы второй поврежденной секции).

3. Рассекаются все витки поврежденной секции в лобовой части (сечение 2—2). Это делается для того, чтобы ликвидировать замкнутые контуры короткозамкнутых витков.

4. Изолируются все оголенные токоведущие части обмотки (в местах сечений и соединений).

5. Проводится сушка обмотки и пропитка ее лаками.

### Влияние частичного ремонта обмотки на параметры асинхронного двигателя.

Число витков в фазной обмотке асинхронного двигателя ( $W_\phi$ ) рассчитывается для данного

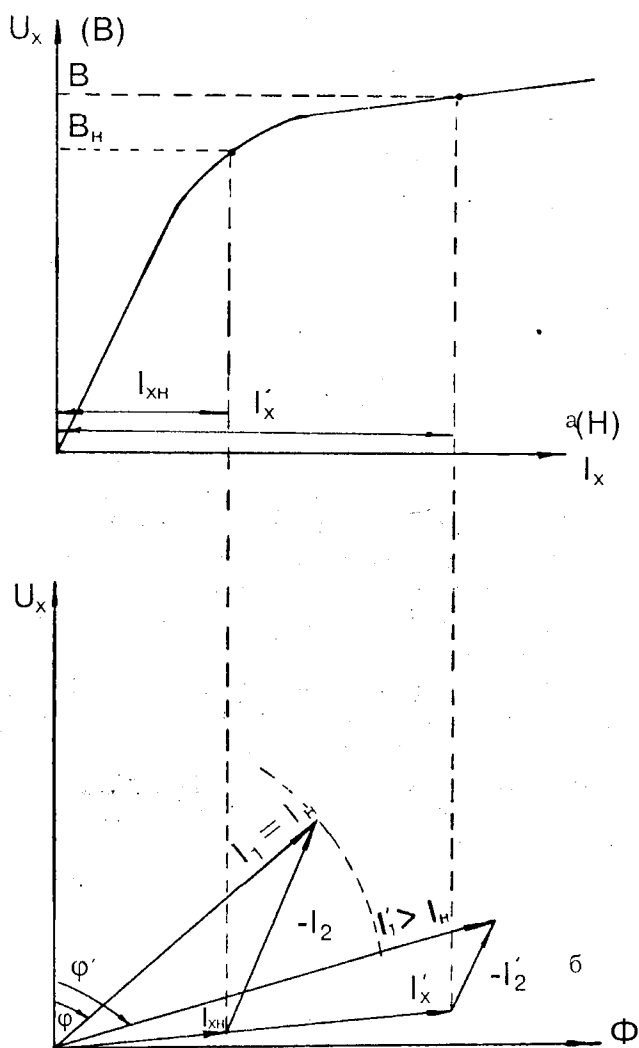


Рис. 2. Характеристика  $U_x = f(I_x)$  и векторная диаграмма этих величин.

магнитопровода по выражению:

$$W_{\phi n} = \frac{0,97U_\phi}{4,44fBQk_{o6}}$$

где  $U_\phi$  — фазное напряжение, В;  $f$  — частота тока, Гц;  $B$  — магнитная индукция, Тл;  $Q$  — площадь полюса, м<sup>2</sup>;  $k_{o6}$  — обмоточный коэффициент.

Сокращение витков при частичном ремонте обмотки (одна секция удалена), как это следует из формулы, вызывает увеличение магнитной индукции:

$$B = \frac{0,97U_\phi}{4,44fQk_{o6}W_\phi}$$

В свою очередь, это увеличивает магнитную напряженность  $H$ , рис 2а. А так как  $B=f(H)$ , то же, что и  $U_x=f(I_x)$ , то, следовательно, увеличение магнитной индукции резко увеличит ток холостого хода АД( $I_{xн}$ ). Причина в том, что кривая изменения  $B$  при сокращении  $W_\phi$  переходит в зону насыщения, тогда как нормально (при  $W_{\phi n}$ , т.е. до ремонта), магнитная индукция была равна  $B_n$  и ток холостого хода был, соответственно, равен  $I_{xн}$ , рис. 2б.

Из векторной диаграммы (рис. 2б) видно, что, так как номинальный ток  $I_n$  (он же ток статорной обмотки ( $I_1$ )) величина неизменная, ибо она определяется нагревом обмоток, то рабочий ток ( $-I_2$ ) резко уменьшается до  $I_2'$ , потому что  $I_n = I_1 = I_x + (-I_2)$ .

Из той же диаграммы следует, что при сокращении числа витков  $W_\phi$  коэффициент мощности  $\cos \phi$  значительно уменьшается, так как угол  $\phi$  увеличивается до  $\phi'$ .

Увеличение же магнитной индукции ( $B$ ) вызывает увеличение потерь холостого хода  $P_x$ , так как они пропорциональны  $B^2$ , при этом, как правило, увеличиваются и потери короткого замыкания  $P_k$ , так как ток в статорной обмотке ( $I_1$ ) приходится увеличивать из-за большого тока холостого хода ( $I_x$ ) (рис. 2б). Естественно, что все это вместе значительно понижает коэффициент полезного действия:

$$\eta = \frac{P_2}{P_1} = \frac{P_1 - (P_x + P_k)}{P_1}$$

где  $P_1$  — активная мощность, подведенная к двигателю, Вт;  $P_2$  — мощность на валу асинхронного двигателя, Вт.

Исключение поврежденной секции из обмотки при частичном ремонте равноценно повышению напряжения (рис. 2а), поэтому момент на валу асинхронного двигателя, который пропорционален  $U^2$ , увеличивается, значит электромашина будет работать устойчиво, так как его пусковой момент ( $M_n'$ ) будет намного больше момента нагрузки на валу ( $M_b$ ) (рис. 3), а частота вращения ротора несколько возрастает, снижается сколь-

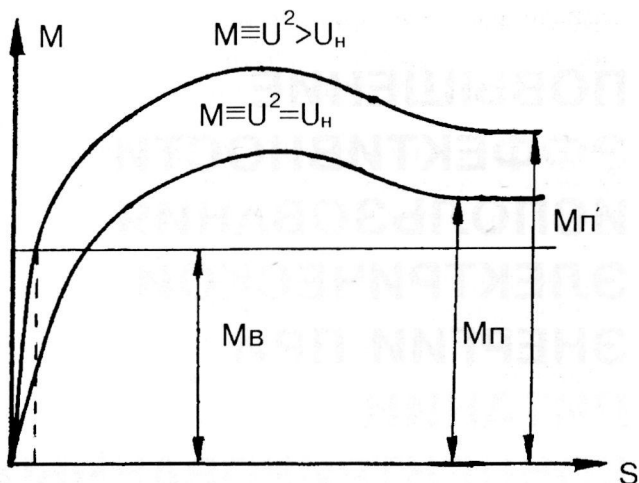


Рис. 3. Моментная характеристика асинхронного двигателя  $M=f(S)$ .

жение.

Все сказанное позволяет сделать вывод, что частичный ремонт обмоток асинхронных двигателей путем удаления поврежденной секции рационален только для *чрезвычайных случаев*, так как после ремонта  $\cos \phi$  и КПД низки.

При этом, если требуется работа двигателя без сокращения нагрузки, срок его работы будет ограниченным, так как ток статорной обмотки будет значительно больше номинального, что быстро состарит изоляцию.

**Частичный ремонт обмоток восстановлением поврежденной секции.** Выполнение частичного ремонта обмотки проводится в следующей последовательности. У найденной поврежденной секции в лобовой части обмотки находятся ее концы, а также концы катушечной группы, в которую секция входит.

Допустим, что восстанавливается секция рассмотренного ранее примера (катушечная груп-

па трехсекционная, повреждена вторая секция (рис. 1)).

Порядок выполнения ремонта:

1. Поврежденная секция “выкусывается” из катушечной группы и рассекается в лобовой части.

2. С помощью какого-либо приспособления (ломика) она удаляется из пазов со стороны целой лобовой части обмотки.

3. Освободившиеся пазы очищаются от грязи, остатков старой изоляции и продуваются сжатым воздухом.

4. Укладывается свежая пазовая изоляция: тонкий пленкоэлектрокартон в два слоя, пленкой внутрь (могут быть и другие конструкции, важно только, чтобы коэффициент заполнения паза был как можно больше) при сохранении класса изоля-

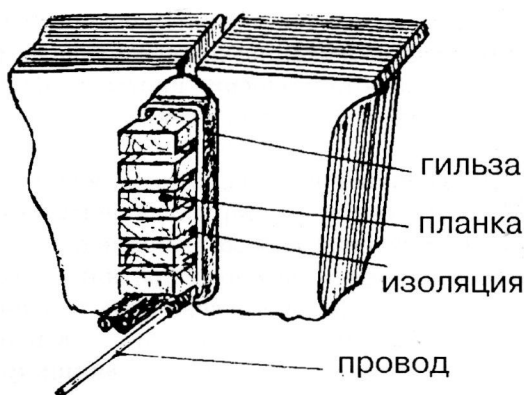


Рис. 5. Протяжка провода первого витка секции.

ции.

5. В полость изоляционной гильзы (рис. 4), помещаются планки толщиной, равной диаметру провода обмотки электромашины, число планок должно быть равно числу слоев активных проводников секции в пазу; последний слой выполняется металлическими шпильками, по числу проводников в слое (в качестве шпилек можно использовать обрезки обмоточного провода нужной длины, диаметром несколько большим, чем диаметр провода обмотки электродвигателя). Аналогично изолируется, готовится и второй паз через шаг.

6. Подготавливается обмоточный провод для секции: отрезается кусок длиной, равной длине секции  $l_c$  с учетом срезов ( $l_c = l_v W_c + l_{ср}$ , где  $l_v$  — длина витка, м;  $W_c$  — число витков в секции;  $l_{ср}$  — длина срезов). Поверхность его натирается воскообразным диэлектриком для улучшения скольжения. Подготавливаются приспособления, обеспечивающие укладку провода без его спутывания.

7. Вынимается металлическая шпилька из первого паза, и на ее место протягивается обмоточный провод (рис. 5). Вынимается аналогичная шпилька из второго паза, и проводится та же опе-

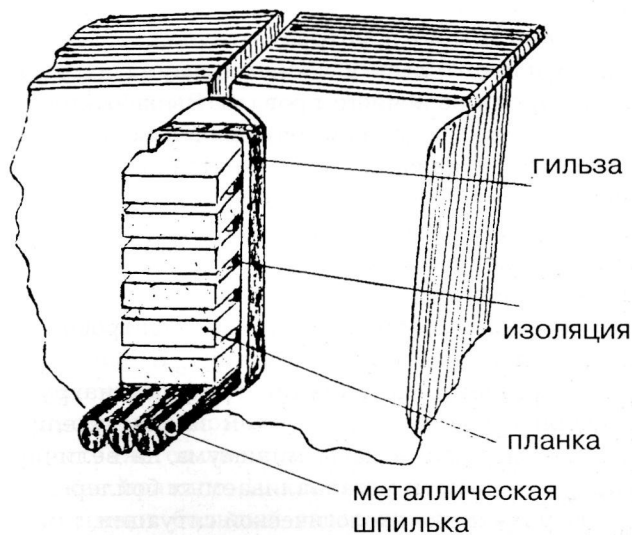


Рис. 4. Размещение планок и шпилек при выполнении обмотки “в протяжку”.