

## ШАБЛОННАЯ СТАТОРНАЯ ОБМОТКА И УВЕЛИЧЕННЫЙ ВОЗДУШНЫЙ ЗАЗОР КАК ФАКТОРЫ ПОВЫШЕНИЯ НАДЕЖНОСТИ И КАЧЕСТВА АСИНХРОННЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ

Наиболее распространенными в народном хозяйстве являются асинхронные двигатели (АД) с короткозамкнутым ротором. Высокие технико-экономические показатели, относительно простая технология производства, удобство эксплуатации, стабильность основных конструктивных решений позволяют вести массовое производство АД без риска морального их устарения.

Асинхронные двигатели общепромышленного применения выпускаются в настоящее время едиными сериями и их разновидностями, каждая из которых производится в течение ряда лет без изменения конструкции и технологии.

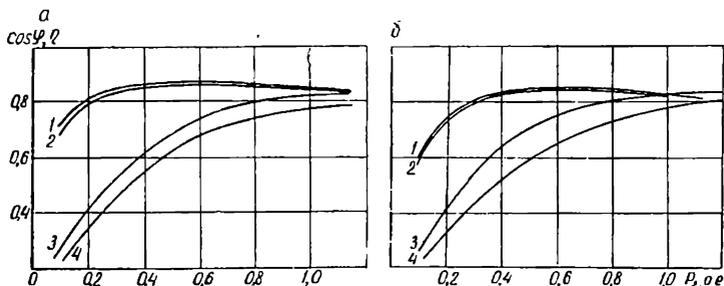
Основным недостатком выпускаемых АД является относительно невысокая надежность, что зависит в основном от недостаточной стойкости изоляции всыпных статорных обмоток. Срок службы АД в машиностроении составляет около 5 лет, в сельском хозяйстве — порядка 2 лет. По данным [1], в 1971 году в ремонт вышло более 3,5 млн. двигателей. Отсюда видно, что проблема повышения надежности асинхронного двигателя является весьма актуальной, имеющей большое народнохозяйственное значение.

Существует ряд методов повышения надежности асинхронных двигателей: применение новых высококачественных изоляционных и конструкционных материалов, переход на автоматическую намотку всыпной статорной обмотки. Однако автоматы требуют повышенного качества изоляционной эмали, что удорожает производство статорных обмоток. Способствует повышению надежности и применение магнитных клиньев различной конструкции, однако их постановка требует дополнительных технологических операций.

Перспективным методом повышения надежности и качества асинхронного двигателя является переход на шаблонные (секционные) статорные обмотки с одновременным увеличением воздушного зазора.

Известно [2], что шаблонные обмотки по сравнению со вспяными, имеют повышенную надежность, в результате вероятный срок службы АД повышается примерно на 30%, в частности, в машиностроении с 5 до 7 лет.

Проведем ориентировочный экономический расчет эффективности предлагаемого решения. Определим экономию от уменьшения выхода в ремонт четырехполюсных АД 5—9 габаритов (на менее мощные машины ставить шаблонные обмотки нецелесообразно).



АД типа АМ-72—4, 19 квт нормального исполнения (а) и с шаблонной статорной обмоткой (б):

1 — к. п. д. при зазоре 0,55 мм; 2 — к. п. д. при удвоенном зазоре;  
3 — cos φ при зазоре 0,55 мм; 4 — cos φ при удвоенном зазоре.

Из общего числа АД, ремонтируемых за год (около 3,5 млн. единиц) четырехполюсные двигатели составляют 60%, причем на 5—9 габариты приходится около 20% [3], т. е.

$$3,5 \cdot 10^6 \cdot 0,6 \cdot 0,2 = 420\,000 \text{ ед.}$$

Вероятность отказа двигателя  $P$  определяется по формуле [4]:

$$P = 1 - e^{-\frac{t}{m}},$$

где  $m$  — среднее время работы до отказа (в годах).

Вероятность отказов  $P$  за год ( $t=1$ ) при  $m=5$  равна 0,1813; при  $m=7$   $P=0,1333$ .

Уменьшение аварийности за год, в процентах:

$$100 = \frac{P_7 \cdot 100}{P_5} = 100 - \frac{0,1333 \cdot 100}{0,1813} = 26,5\%,$$

откуда в единицах:

$$420\,000 \cdot 0,265 = 111\,000 \text{ ед.}$$

Постановка шаблонных обмоток требует открытых статорных пазов с параллельными стенками, что увеличивает уровень высших гармоник поля в зазоре.

Переход на воздушный зазор, увеличенный в 1,5—2 раза по сравнению с номинальным, улучшает механические характеристики двигателей: снижают шум и вибрации, меньше влияет возможный эксцентриситет ротора. Уменьшение при этом добавочных потерь от выших гармоник в значительной степени компенсирует увеличение электрических потерь, в результате чего к. п. д. почти достигает уровня серийных АД. Некоторое уменьшение коэффициента мощности (до 6% при удвоенном зазоре) экономически допустимо, ибо стоимостные потери от уменьшения  $\cos \phi$  на 1% в 10—20 раз меньше аналогичной величины уменьшения к. п. д. [5].

На рисунке *а, б* приводятся зависимости к. п. д. и  $\cos \phi$  от нагрузки для двигателя типа АМ-72—4, 19 кВт, 380 в нормального исполнения (зазор 0,55 мм) и с шаблонной статорной обмоткой при зазоре 1,15 мм [6].

Некоторое снижение к. п. д. АД в среднем на 1—2% вызывает дополнительные расходы на оплату электроэнергии. Однако, как показали расчеты, экономия на снижении аварийности парка двигателей значительно превышает расходы, связанные с некоторым снижением к. п. д. Кроме того, при совершенствовании конструкции, в частности конфигурации ротора, возможно повысить к. п. д. до уровня серийных АД.

Кратность пускового момента при открытых статорных пазах и увеличенном зазоре заметно возрастает (для вышеуказанного двигателя 19 кВт при удвоенном зазоре в 1,5 раза).

Указанная модификация асинхронных двигателей имеет хорошие показатели при работе в переходных режимах. Величины ударных токов и ударных моментов практически почти не зависят от изменения величины зазора. Продолжительность переходных электромагнитных процессов при увеличении зазора сокращается (при удвоенном зазоре — примерно на 30%).

Для дальнейшего повышения экономичности АД можно использовать несколько способов: а) снижение магнитных потерь за счет перехода на более тонкую горячекатаную сталь толщиной 0,35 мм вместо 0,5 мм, что дает заметный эффект (порядка 0,5%) при мощностях от 20 кВт и выше; б) применение магнитных клиньев из ферромагнитной массы ФМДМ [7], что производится одной технологической операцией.—«заливкой» статора; в) при отказе от клиньев — повышение мощности АД за счет увеличения объема меди в пазу статора.

Указанные модификации асинхронных двигателей общепромышленного применения могут быть использованы прежде всего в тех отраслях народного хозяйства (сельское хозяйство, строительство, горная промышленность), где асинхронные двигатели работают вследствие тяжелых условий относительно короткое время, и в установках, требующих уменьшения шума и вибрации.

## ЛИТЕРАТУРА

1. П. И. Цибулевский. Обмоточные данные асинхронных двигателей. М., «Энергия», 1971.
  2. М. Е. Поволоцкий. Характер и причины повреждения электрических машин нефтехимического предприятия. «Электротехника», 1970, № 8.
  3. М. Зильбершанд, Е. Пельцман. Затраты на производство и эксплуатацию АД общего применения мощностью до 100 *квт*. «Электропромышленность», 1966, 271.
  4. Н. А. Тищенко. Проблема надежности электродвигателей. «Электричество», 1961, № 11—12.
  5. А. Я. Бергер. Вопросы экономики при проектировании электрических машин. М., «Высшая школа», 1967.
  6. М. Н. Сиунов. Исследование влияния величины воздушного зазора на работу четырехполюсных короткозамкнутых асинхронных двигателей общепромышленного применения. Канд. диссертация. Свердловск, УПИ, 1970.
  7. А. И. Ролик, А. И. Яковлев. Электрические машины с магнито-диэлектрическими клиньями. «Электротехника», 1968, № 11.
-