

Основные направления совершенствования асинхронных электродвигателей общего назначения

Кравчик А.Э., д.т.н., Андрианов М.В., к.т.н.

Низковольтные асинхронные электродвигатели общего назначения мощностью 0,25...400 кВт, именуемые во всем мире стандартные асинхронные двигатели, составляют основу силового электропривода, применяемого во всех областях человеческой деятельности. Они потребляют до 40 % производимой электроэнергии, поэтому их совершенствованию в промышленно развитых странах придается большое значение. В настоящее время внутренний рынок России, призванный отражать интересы потребителей, не формулирует сколько-нибудь определенных требований к стандартным асинхронным двигателям, кроме ценовых. В связи с этим для выявления тенденций их совершенствования будем исходить из требований внешнего рынка, на котором уже работают российские заводы, и из достижений основных зарубежных производителей стандартных асинхронных двигателей.

ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЕ

Ведущие фирмы-производители выпускают энергосберегающие стандартные асинхронные двигатели мощностью 15-30 кВт и более. В этих двигателях потери электроэнергии снижены не менее, чем на 10 % по сравнению с ранее производимыми двигателями с "нормальным" КПД (h). При этом КПД энергосберегающего двигателя можно определить как $h_э = h / [1 - e(1 - h)]$, (1)

где e - относительное снижение суммарных потерь в двигателе.

Очевидно, производство энергосберегающих электродвигателей связано с дополнительными затратами, которые можно оценить с помощью коэффициента удорожания

$$K_y = 1 + (1 - h) e \cdot 100. \quad (2)$$

Результаты расчетов показывают [3], что в условиях России дополнительные затраты, связанные с приобретением энергосберегающих электродвигателей, окупаются за счет экономии электроэнергии за 2-3 года в зависимости от мощности двигателя. При этом срок окупаемости более мощных двигателей меньше, так как эти двигатели имеют большую годовую наработку и более высокий коэффициент загрузки.

В ряде стран вопросы энергосбережения в стандартных асинхронных двигателях связывают не столько со снижением эксплуатационных затрат, сколько с экологическими проблемами, обусловленными производством электроэнергии [5]. В Российской Федерации Владимирский электромоторный завод начиная с 1998 г. выпускает энергосберегающие двигатели 5А280 и с 1999 г. 5А315 мощностью от 110 до 200 кВт. Готовится выпуск энергосберегающих двигателей 5А355 мощностью 315 кВт.

ПОВЫШЕНИЕ РЕСУРСА. СНИЖЕНИЕ УРОВНЯ ШУМА

С энергосбережением - уменьшением потерь в асинхронном двигателе - неразрывно связано повышение его ресурса вследствие снижения температуры его обмоток. При применении системы изоляции класса нагревостойкости F ($q_b = 100^\circ\text{C}$ и $q_b - q = 20^\circ\text{C}$, где q_b и q - превышение температуры обмоток над температурой окружающей среды, соответствующее базовому ресурсу и фактическое) теоретический ресурс системы изоляции обмотки увеличивается в 4 раза согласно известному соотношению

$$T_{сл} = T_{сл.б} \exp [-0,1 \ln 2 (q_b - q)], \quad (3)$$

где Тсл и Тсл.б - средний и базовый ресурсы системы изоляции обмоток, причем Тсл.б = 20.103 ч.

В действительности ресурс обмотки определяется не только термодеструкцией, но и другими факторами (коммутационным перенапряжением, механическими усилиями, влажностью и др.), поэтому он увеличивается не так значительно, но при этом не менее, чем в 2 раза. Руководствуясь этими соображениями, европейские фирмы-производители стандартных асинхронных двигателей придерживаются правила применения систем изоляции класса нагревостойкости F ($q_b = 100^\circ\text{C}$) при превышении температуры обмоток, соответствующем базовому для систем изоляции класса нагревостойкости B ($q_b = 80^\circ\text{C}$). Снижение температуры обмоток стандартных асинхронных двигателей способом охлаждения ISO141 МЭК 60034-6 позволяет в уменьшить диаметр вентилятора наружного обдува и существенно (до 5 дБ(А)) снизить уровень вентиляционного шума, который в двигателях с частотой вращения 3000 и 1500 мин⁻¹ является определяющим.

СЕРВИС-ФАКТОР

Декларирование сервис-фактора означает, что двигатель, работающий при номинальных напряжении и частоте может быть перегружен до мощности, получаемой путем умножения номинального значения на сервис-фактор. Обычно сервис-фактор принимают равным 1,15, реже - 1,1. При этом превышение температуры обмоток должно быть не более 90 и 115^oC для систем изоляции класса нагревостойкости B и F соответственно. Применение двигателей с сервис-фактором позволяет:

- избежать переустановленной мощности для двигателей, работающих с систематическими перегрузками до 15 %;
- эксплуатировать двигатели в сетях с существенными колебаниями напряжения без снижения нагрузки;
- эксплуатировать двигатели при повышенной температуре окружающей среды без снижения нагрузки.

Результаты расчетов показывают [4], что при равномерном распределении перегрузок во всем временном интервале допустимая суммарная длительность работы двигателя, имеющего сервис-фактор 1,15, с 15 %-ной перегрузкой составляет треть ресурса. И в этом случае энергосберегающие двигатели с изоляцией класса нагревостойкости F и превышением температуры обмоток, соответствующем классу B, автоматически имеют сервис-фактор 1,15.

УНИВЕРСАЛЬНОСТЬ ПИТАНИЯ

В настоящее время большинство стандартных асинхронных двигателей в России выпускают на напряжение сети 380 В при частоте 50 Гц.

Вместе с тем МЭК предусматривает к 2003 г. переход на напряжение 400 В (публикация МЭК 60038). При этом необходимо будет обеспечивать длительную работу двигателя при отклонениях напряжения от номинального $\pm 10\%$ (сейчас это ограничение установлено на уровне $\pm 5\%$ - публикация МЭК 60031-1). Для обеспечения работы двигателя при пониженном на 10 % напряжении питания потребуются новые подходы при проектировании с целью создания соответствующих температурных запасов. Следует отметить, что и в этом случае для энергосберегающих двигателей с сервис-фактором 1,15 проблем не будет.

Все европейские фирмы уже производят стандартные асинхронные двигатели на напряжение 400 В, российские заводы - пока только для поставок на экспорт. Одним из насущных требований европейского рынка является обеспечение возможности работы двигателя при напряжении 400 В и частоте 50 Гц от сети 480 В и 60 Гц при повышенной на 20 % номинальной мощности. Такую возможность также следует предусматривать при проектировании новых машин.

ЭЛЕКТРОМАГНИТНАЯ СОВМЕСТИМОСТЬ

Вопросы электромагнитной совместимости (ЭМС) в настоящее время приобретают все большее значение при освоении и сертификации новых серий электродвигателей. ЭМС электродвигателя определяется его способностью в реальных условиях эксплуатации функционировать при воздействии случайных электрических помех и при этом не создавать недопустимых радиопомех другим средствам. Помехи от электродвигателя могут возникать в присоединенных к нему цепях питания, заземления, управления, в окружающем пространстве.

ГОСТ Р 50034-92 устанавливает нормы на уровни устойчивости двигателей к отклонениям напряжения и частоты, несимметрии и несинусоидальности питающего трехфазного напряжения, а также методы испытания двигателей на устойчивость к помехам. Вместе с тем при проектировании и производстве асинхронных двигателей для внешнего рынка необходимо руководствоваться публикацией МЭК 1000-2-2, в которой установлены уровни совместимости для низкочастотных распространяющихся по проводам помех и передаче сигналов в низковольтных системах электропитания. При этом измерительное оборудование должно обеспечивать и спектральный анализ на базе компьютерных информационно-измерительных систем.

ВОЗМОЖНОСТЬ РАБОТЫ В СИСТЕМАХ РЕГУЛИРУЕМОГО ЭЛЕКТРОПРИВОДА

При работе от преобразователя частоты (ПЧ) в ряде случаев необходимо предусматривать защиту двигателя от перенапряжения (если это не предусмотрено в системе) путем усиления витковой и корпусной изоляции.

Большинство выпускаемых и применяемых в настоящее время ПЧ, рассчитанных на среднюю мощность до 3000 кВт, по своей структуре являются инверторами. Выходное трехфазное напряжение в этих ПЧ формируется методом широтно-импульсной модуляции, что приводит к воздействию на изоляцию (витковую, межфазовую) электродвигателя напряжения импульсной формы, амплитуда которого значительно превышает амплитуду первой гармоники выходного напряжения. Это приводит к преждевременному старению изоляции и снижению срока службы обмотки и двигателя в целом.

Увеличение срока службы асинхронного двигателя общепромышленного применения в составе регулируемого привода может и должно быть обеспечено схемотехническими решениями ПЧ или введением специальных фильтрующих устройств в цепь питания электродвигателя [1].

Разработка ПЧ и регулируемого электродвигателя в едином конструктивном исполнении позволяет оптимизировать систему электропривода не только по массогабаритным показателям и удобству обслуживания, но и с позиций единой системы независимого теплоотвода решить вопрос охлаждения машины на малых частотах вращения.

При регулировании частоты вращения, превышающей синхронную, следует применять подшипники соответствующей быстроходности. В связи с этим в публикации МЭК 60034-1 предусмотрено значительное увеличение предельных скоростей, допускаемых для стандартных асинхронных двигателей.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Андрианов М.В., Родионов Р.В. Определение параметров фильтрующих устройств для обеспечения электромагнитной совместимости электроприводов // Электротехника. 1999. № 11.
2. Кравчик А.Э., Пискунов С.В., Русаковский А.М., Соболенская Е.А. Асинхронные электродвигатели новой серии 5А // Приводная техника. 1997. № 2.
3. Кравчик А.Э., Русаковский А.М. К вопросу о реализации положений федерального

- закона об энергосбережении применительно к низковольтным асинхронным двигателям общего применения // Электротехника. 1997. №8.
4. Кравчик А.Э. Электродвигатели с сервис-фактором // Электротехника. 1996. №2.
 5. David Walter. Energy efficient motors // Power Engineering Journal. 1999