

ОСОБЕННОСТИ РАБОТЫ АСИНХРОННОГО ДВИГАТЕЛЯ С КОРОТКОЗАМКНУТЫМ РОТОРОМ В СИСТЕМЕ ЧАСТОТНОГО РЕГУЛИРОВАНИЯ

С.В. Ястреба, генеральный директор,
ООО «Кранрос», г. Челябинск

Изучение особенностей работы асинхронных двигателей в системе частотного управления позволило создать рациональные системы привода кранов, рольгангов, лифтов. При этом наряду с получением экономии электрической энергии (а она в отдельных случаях достигает 70%), были усовершенствованы технические параметры работающего оборудования: увеличена точность, производительность, мощность и т.д. - при снижении стоимости.

В наше время электромашиностроительные заводы выпускают асинхронные двигатели, рассчитанные на работу от промышленной сети: то есть, с неизменной частотой тока и напряжением на статоре. Между тем, применение вентильных преобразователей частоты, с одной стороны, открывает новые возможности в использовании электропривода, с другой – импульсный характер их работы создает ряд проблем. На эти обстоятельства указывалось уже неоднократно.

Что касается преимуществ, получены вполне реальные результаты, о которых свидетельствует продукция некоторых отечественных предприятий. Ниже на примере общепромышленных электроприводов рассмотрим те возможности, которые дает применение асинхронных двигателей, рассчитанных и изготовленных для работы в системе частотного регулирования.

Сегодня реальным процессам, происходящим в системе двигатель – преобразователь, разработчики не уделяют должного внимания. Обычно они берут серийный двигатель общепромышленного применения и подключают его к преобразователю частоты, совершенно не заботясь о совершенстве технических параметров, оптимальности и стоимости получаемой системы элект-

ропривода. Вопросы же срока службы и надежности вообще остаются без внимания.

В серийных электродвигателях приводятся данные только для номинальных режимов. Но если рассматривать весь предел регулирования, то необходимо учитывать особенности взаимодействия двигателя с преобразователем, что несомненно усложняет задачу разработки и эксплуатации электропривода. Так, в электроприводах со скалярным регулированием в области низких частот из-за уменьшения величин индуктивных сопротивлений цепей статора, при

весьма малых их активных сопротивлениях, резко возрастает нестабильность поддержания тока статора, а следовательно, и момента (рис. 1). Это особенно важно учитывать при проектировании частотно-регулируемых приводов для грузоподъемных средств: лифтов, кранов, талей, лебедок, рольгангов и транспортных средств.

В области частот выше номинальных магнитный поток машины уменьшается не прямо пропорционально частоте, а гораздо интенсивнее - за счет увеличения индуктивности статора. На практике эти трудности обычно пытаются преодолеть, завышая установленную мощность двигателей и преобразователей частоты, в конечном счете, значительно повышая и стоимость электропривода.

Анализ стоимости исходных материалов, применяемых для изготовления двигателей, показывает, что они имеют устойчивую тенденцию к повышению. Соответственно растет и це-

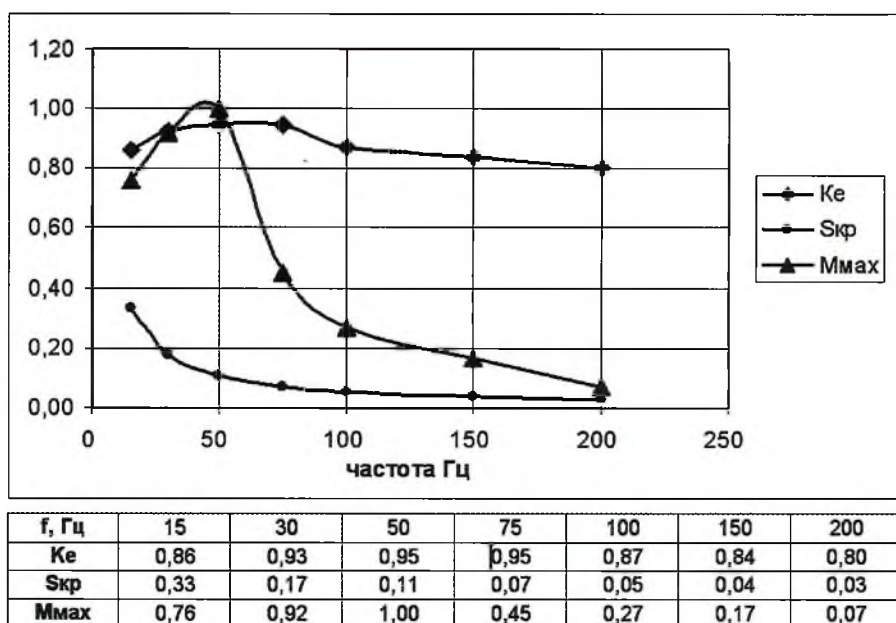


Рис. 1. Зависимость основных параметров общепромышленного асинхронного двигателя от частоты

на конечного изделия. Цены же на преобразователи частоты имеют тенденцию к снижению. В результате в отдельных видах приводов стоимость двигателей и преобразователей почти сравнивается.

Отсюда следует вывод, что совершенствование двигателей путем работок специальных модификаций для каждого конкретного привода приносит, как показал наш опыт, большой эффект за счет снижения стоимости привода, повышения качества технологического процесса и надежности системы в целом.

При этом двигатель, предназначенный для работы от преобразователя частоты, должен обладать конструкцией, принципиально отличной от двигателей общепромышленного производства. Это прежде всего относится к разработке двигателей, имеющих другую магнитную систему, другую конфигурацию пазов ротора и материалов короткозамкнутой клетки.

Обмотка двигателей должна иметь более надежную витковую изоляцию

и более высокую степень пропитки, поскольку наличие на выходе преобразователя повышенных напряжений высокой частоты может повредить обычные системы изоляции. Определенные сложности представляют и подшипниковые токи, особенно в двигателях мощностью 75 кВт и выше, которые могут привести к преждевременному выходу из строя подшипникового узла и присоединяемых к двигателям импульсных датчиков скорости (энкодеров). Поэтому электродвигатели, работающие с преобразователями частоты, должны иметь следующие основные особенности.

1. Отказ от глубоких пазов на роторе, так как электродвигатель в схеме частотного регулирования не подвергается прямому пуску от промышленной сети. Указанное мероприятие, кроме упрощения конструкции ротора, снижает пазовое рассеяние в роторе (а это повышает $\cos \Phi$ электродвигателя), утолщает спинку ротора (из-за чего снижается степень ее насыщения, а также появляется возможность увеличения механической

жесткости вала).

2. Нет необходимости выполнять электродвигатель с повышенным скольжением, это повышает его КПД.

3. Снижение до разумного предела числа пар полюсов способствует улучшению коэффициента мощности, а также массогабаритных показателей.

4. Более качественная изоляция обмоток за счет применения обмоточного провода с двухслойной нагревостойкой изоляцией и изоляционных материалов, рассчитанных на более высокие напряжения (в пределах до 2-х кратных значений).

5. Особое внимание должно быть обращено на двигатели, работающие в режимах частых пусков и торможений.

6. Работа при пониженной частоте тока требует снижения активного сопротивления ротора. При повышенной частоте требуется снижение индуктивных сопротивлений как ротора, так и статора.

7. Двигатели требуют применение новых схем обмоток на статоре (с улучшенным гармоническим составом МДС и пониженным дифференциальным рассеянием), что позволяет повысить $\cos \Phi$ и снизить потери в двигателе.

8. Конструкции роторов также должны соответствовать каждому конкретному виду регулирования. Кривые на рис. 2 иллюстрируют эффективность различных конструкторских решений.

9. При глубоких диапазонах регулирования двигателя должны быть снабжены принудительной вентиляцией.

10. Для высокоточных и высокомоментных приводов в двигателях должны устанавливаться энкодеры.

11. Система привода, содержащая двигатель и преобразователь частоты, должна быть рассчитана и спроектирована для конкретного технологического агрегата. Особенно это

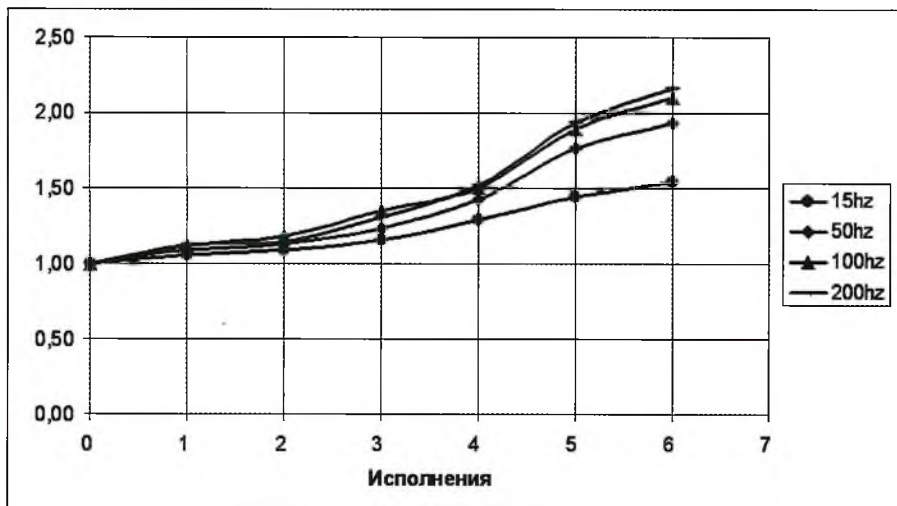


Рис. 2. Увеличение перегрузочной способности электродвигателя различных исполнений:

0 - серийный вариант машины, 1 - отказ от скоса пазов ротора, 2 - количество пазов ротора увеличено до 76 со скосом, 3 - исполнение 2 без скоса пазов, 4 - увеличено число пазов ротора и статора 100/96 без скоса, 5 - увеличено число пазов ротора и статора 148/144 без скоса, 6 - увеличен магнитный поток машины на 5,9% за счет изменения обмоточных данных, 7 - увеличение воздушного зазора до 1 мм (на графике не приводится) дает увеличение максимального момента от 3% на низких частотах до 10% на высоких

важно для механизмов, реализующих сложные графики движения.

12. Конструкция двигателя и вся система привода должны предусматривать меры по снижению магнитного шума.

13. Для двигателей мощностью более 100 кВт должны применяться изолированные подшипники. Для всех двигателей должны быть предусмотрены специальные меры по надежному заземлению корпуса, т.е. он должен иметь дополнительный болт заземления, а провода заземления должны обладать низкими значениями индуктивности (выполняться из «щеточного провода»). При этом должны быть надежно заземлены корпус приводного механизма и преобразователя по рекомендациям изготовителей ПЧ. В некоторых случаях должны быть применены специальные фильтры.

Частотно-регулируемый электропривод давно нашел применение в механизмах насосов и вентиляторов, он энергично вытесняет привод постоянного тока и релейно-контакторные схемы регулирования на кранах и в других грузоподъемных механизмах, а также во многих видах привода. При этом почти всегда стереотипно выбираются асинхронные электродвигатели с номинальной частотой 50 Гц. Однако современный преобразователь частоты позволяет выбирать любую номинальную частоту, при которой на двигатель будет подаваться номинальное рабочее напряжение (380 или 660 В).

Известно, что с увеличением числа полюсов в асинхронном двигателе возрастают его металлоемкость и габариты, снижаются удельные электрические показатели. Особенно это заметно при числе полюсов более 12. Оптимальными с электрической точки зрения получаются двигатели с числом полюсов 2, 4, 6 и 8. Однако иногда необходимо обеспечивать низкие скорости вращения, и до сих пор для

Таблица

Сравнительные параметры электродвигателей для вентилятора градирни

Параметры	Двигатель		Отклонение	
	новый 2АСВО__12F	существующий 2АСВО710S-32		
2р	12	32	-	
f, Гц	19	50	-	
I ном, А	67,5	94,5	- 40%	
КПД %	84,5	84,5	-	
Cos φ	0,8	0,57	+ 0,23	
Da, мм	600	1180	-2 раза	
Gcu, кг	58	102	-45 %	
Gfe, кг	500	880	- 45%	
Цена, руб.	двигателя	260 000	360 000	- 40 %
	ПЧ	104 000	120 000	-15 %
J, кгм ²	7	40	- 5,7 раз	
Mпуск, Нм	2740	650	+ 4 раза	
Mmax, Нм	3510	2720	+ 30%	
ПЧ, кВт	37	45	- 18 %	
Масса, кг	830	2000	- 2,5 раза	

этого использовались многополюсные машины. Примерами могут служить рольганговый безредукторный электропривод, привод вентиляторов градирен и др. Применение в этом случае 6- или 8-полюсных машин с номинальной частотой ниже 50 Гц позволяет обеспечить требуемые выходные характеристики, значительно снизить массогабаритные показатели, улучшить электрические параметры всего электропривода.

В таблице приведены данные стандартного и нового электродвигателя вентилятора градирни мощностью 30 кВт, в котором реализованы указанные мероприятия. Этот пример наглядно демонстрирует высокую техническую и экономическую эффективность электродвигателей переменного тока, специально спроектированных и изготовленных для работы от вентильных преобразователей частоты. ▲

КРАНРОС

КРАНОВЫЕ И РОЛЬГАНГОВЫЕ СИСТЕМЫ

Компания ООО "КРАНРОС" ведущая в Челябинской области
промышленно-инжиниринговая компания



Разработка, производство, поставка специальных электродвигателей, предназначенных для работы в частотно-регулируемых электроприводах в металлургии, трубопрокатном производстве и нефтегазодобывающей промышленности.

Крановая и рольганговая серии двигателей.
Высота от 132 до 355 мм.

454091, Челябинск, ул. Монакова, 35-2
Тел./факс: (351) 261-43-95

E-mail: mail@kranros.ru