

## Профилактика повреждений, вызванных напряжением на валу и током, проходящим через подшипники

За последнее десятилетие значительно возросло количество применений частотно-регулируемых приводов (ЧРП). И это вполне объяснимо — при низкой стоимости эксплуатации они заметно повышают производительность электродвигателей и позволяют существенно уменьшить энергозатраты в силовой установке. К сожалению, хоть ЧРП и устраняет множество проблем в работе электродвигателя, он приносит одну новую, а именно — повреждение подшипников. При работе ЧРП происходит нарастание синфазного тока, который по кабелю поступает из ЧРП на двигатель. Возникновение такого синфазного тока в кабеле может серьезно повредить как подшипники, так и сам электродвигатель. Возможен даже его выход из строя.

Обычно подшипники электродвигателя рассчитаны на 100000 часов эксплуатации. Это более 11 лет непрерывной работы. Несмотря на это, в электродвигателе, оснащённом ЧРП, может произойти отказ в работе подшипников уже через месяц работы или даже быстрее. По мере распространения ЧРП, доля поломок подшипников возросла приблизительно до 50 % от всех учтённых отказов электродвигателей.

Западными экспертами был проведен анализ первопричин поломок подшипников и разработано решение, которое можно легко применять на уже существующих приводах. Давайте же посмотрим, почему работа ЧРП может приводить к выходу подшипников электродвигателя из строя.

### 1. Что такое высокочастотный ток?

Простой оборудования из-за выхода из строя подшипника обходится дорого. Если даже не учитывать стоимость запчастей и ремонта, отказ электродвигателя в небольших приводах оборачивается простоем, который обходится в среднем в 750 000 рублей (10 000 тысяч долларов США) в день. Выход из строя высокоомощного электродвигателя (300 л.с. и более) может привести и к более крупным убыткам. Поломки электродвигателей, связанные с подшипниками, происходят не вдруг — они развиваются медленно, в течение длительного времени. Чем дольше не обращать на проблему внимания, тем серьезнее будут итоговые повреждения электродвигателя. Поэтому, чтобы поддерживать производительность двигателя на идеальном уровне и не допустить траты лишних средств важно разобраться в причине поломки — работе ЧРП и высокочастотных токах, которые он порождает.

ЧРП повышают эффективность работы двигателя, регулируя его скорость и крутящий момент. Для этого в ЧРП предусмотрен микропроцессорный контроллер, который подаёт цифровые сигналы, а те преобразуются в электрические сигналы управления электродвигателем. Преобразование происходит при помощи реле, работающего, как правило на основе биполярного транзистора с изолированным затвором. Преобразование сигналов сопровождается электрическим шумом, который проявляется в виде значительных скачков напряжения. Такие высокочастотные скачки напряжения накапливаются как в кабеле, служащим в этом случае своеобразным конденсатором, так и в самом электродвигателе. Достигнув достаточной величины, заряд утекает на землю по кратчайшему пути. В электродвигателе кратчайший путь на землю лежит через подшипники, поэтому принято говорить о протекании тока через подшипник.

Разряд таких высокочастотных токов через подшипники обладает электроэрозионным действием и приводит к короблению, изъязвлению, растрескиванию и разрушению поверхности

подшипника. Повреждения ухудшают работу подшипников и в конце концов приводят к выходу электродвигателя из строя.

## **2. Типы электрических токов**

При работе ЧРП возможно образование токов трёх различных типов, каждый из которых повреждает вал, подшипники или электродвигатель в целом.

### *НИЗКОЧАСТОТНЫЙ КОМПЕНСАЦИОННЫЙ ТОК*

В больших двигателях высокочастотное напряжение индуцируется в замкнутом контуре магнитным потоком высокой частоты, циркулирующим по ярму статора. Этот поток вызван емкостными токами, протекающими от обмотки к пластинам статора. Индуцированное напряжение на валу также может воздействовать на подшипники. Если оно достаточно высоко для того, чтобы пробить изоляцию слоя смазки подшипников, то возникает компенсационный ток для уравнивания потока в статоре. Уравнительный ток охватывает вал, подшипники и станину статора. Эти высокочастотные токи могут накладываться на низкочастотные.

### *ВЫСОКОЧАСТОТНЫЙ ТОК ЗАЗЕМЛЕНИЯ ВАЛА*

Ток утечки в станину статора должен течь обратно к преобразователю, являющемуся источником тока. Любой путь назад обладает сопротивлением, следовательно, напряжение на станине двигателя увеличивается по сравнению с исходным уровнем. Если вал двигателя заземлен через ведомый механизм, увеличение напряжения на корпусе двигателя обнаруживается в подшипниках. Если повышение напряжения достаточно высоко для преодоления изолирующей способности пленки смазки подшипников, то часть тока может течь через этот подшипник, вал и ведомый механизм обратно к преобразователю.

### *ТОК ЁМКОСТНОГО РАЗРЯДА*

Распределение внутреннего напряжения на напряжение синфазной помехи через внутренние емкости двигателя может стать причиной достаточно высокого напряжения для создания высокочастотных импульсов тока в подшипниках (называемых токами электростатического разряда при механической обработке). Это может случиться, если вал не заземлен через ведомый механизм, в то время как корпус двигателя связан с землей для обеспечения безопасности.

## **3. Признаки повреждения подшипников**

Когда ток повреждает подшипники, появляется ряд симптомов. Наиболее очевидный из них — шум, доносящийся из подшипника. Зачастую этот симптом возникает самым последним и, как правило, говорит о серьезной неисправности.

Каждый из описываемых симптомов требует немедленной остановки оборудования. Однако, остановка зачастую происходит только после выхода двигателя из строя.

Кроме этого, существует ряд видимых признаков, проявляющихся на обойме и шариках (роликах) подшипника. Эти признаки свидетельствуют о наличии тока не только на подшипнике, но и на валу.

Смазка может изменить цвет или потемнеть. Это происходит из-за накопления микроскопических частиц металла, скалываемых в результате воздействия электрического тока на шарики и обойму подшипника.

Почерневшая смазка в подшипнике двигателя нередко указывает на наличие разрядов при прохождении тока через подшипник. Такие разряды приводят к выпадению углерода чёрного цвета. Также о прохождении тока через подшипник говорит слишком жидкая, разлагающаяся смазка или её полное исчезновение. Коробление и появление на поверхности металла параллельных углублений также указывает на прохождение электрического тока (под короблением понимают появление групп параллельных штрихов, идущих перпендикулярно плоскости обоймы подшипника). В результате воздействия тока и шарики, и обойма подшипника могут приобретать матовый или дымчатый вид, как будто они покрыты инеем. Все это также является признаком микроскопического изъязвления поверхности металла.

#### 4. Решения

Профилактика является лучшим решением, позволяющим минимизировать или полностью исключить прохождение токов через подшипники. При проведении профилактического технического обслуживания проводятся следующие испытания:

- Анализ вибрации — покоробленная поверхность подшипника проявляется при анализе спектра вибраций в виде холмообразных пиков. Некоторые анализаторы вибрации позволяют оценивать энергию таких скачков и выявлять ускорение — один из частых признаков скорого разрушения подшипника. На сегодняшний день это один из самых распространённых методов диагностики, позволяющий предотвратить механические поломки и продлить срок службы оборудования.
- Мониторинг ударных импульсов и температуры подшипников тоже может служить ценным источником информации о наличии в двигателе токов, проходящих через подшипники. Если наличие токов через подшипники подтверждено испытаниями, то для их частично отведения можно установить щётки и кольца заземления вала. Однако эти элементы требуют серьёзного дополнительного обслуживания.

Все эти методы являются профилактическими, то есть они позволяют выявить и предотвратить повреждение подшипников током, но ни один из них не приводит к прекращению образования подшипниковых токов и не избавляет от них полностью.

Единственный способ предотвратить появление токов через подшипники и сопутствующий им ущерб состоит в том, чтобы прервать или заблокировать путь протекания тока с помощью синфазного дросселя. Синфазные дроссели, которые также называют поглотителями индукции, специально рассчитаны на то, чтобы блокировать или подавлять токи определённых частот. Если синфазные дроссели установлены правильно, между ЧРП и регулируемым двигателем, то они сглаживают пиковые синфазные токи, токи по валу и через подшипники до уровней, которые не представляют угрозы для электродвигателя.

*Компания «Электромашина» осуществляет услуги по диагностике, ремонту и модернизации промышленных электродвигателей. Мы делаем все, чтобы ваша электромашина приносила Вам прибыль.*

*Более подробная информация о наших услугах представлена на нашем сайте.  
Для заказа свяжитесь с нами по телефону +7 (812) 321-29-20 доб. 5057 или по электронной почте [in@elmashinspb.ru](mailto:in@elmashinspb.ru).*