

13 распространенных причин неисправности электродвигателей

Указания по применению

Что искать и как повысить время безотказной работы оборудования

В промышленности электродвигатели используются повсеместно, они становятся технически все сложнее, что часто может осложнять поддержание их работы на пике эффективности. Важно помнить, что причины неисправностей электродвигателей и приводов не ограничиваются одной областью специализации: они могут быть как механического, так и электрического характера. И только нужные знания разделяют дорогостоящий простой и продление срока службы.

Наиболее частые неисправности электродвигателей — повреждения изоляции обмоток и износ подшипников, возникающие по множеству разных причин. Эта статья посвящена заблаговременному обнаружению 13 наиболее распространенных причин повреждений изоляции и выхода из строя подшипников.

Качество электроэнергии

1. Переходное напряжение
2. Асимметрия напряжений
3. Гармонические искажения

Частотно-регулируемые приводы

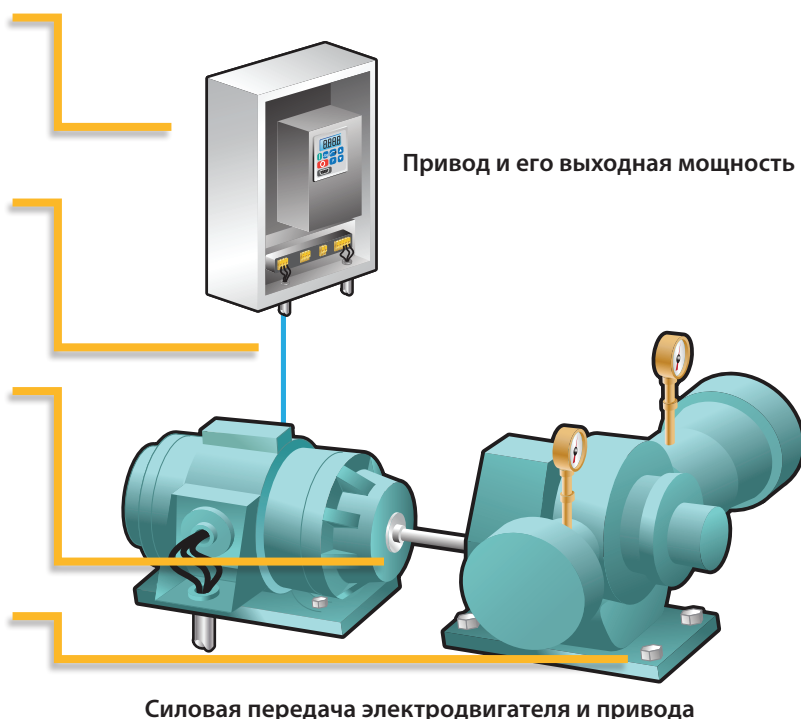
4. Отражения на выходных ШИМ-сигналах привода
5. Среднеквадратичное отклонение тока
6. Рабочие перегрузки

Механические причины

7. Нарушение центрирования
8. Дисбаланс вала
9. Расшатанность вала
10. Износ подшипника

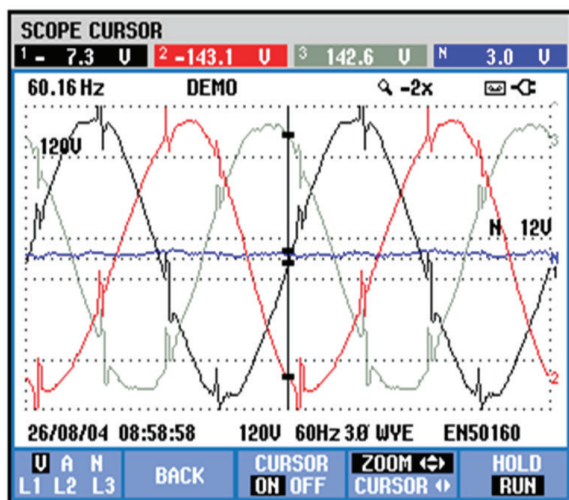
Факторы, связанные с неправильной установкой

11. Неплотно прилегающее основание
12. Напряжение трубной обвязки
13. Напряжение на валу



Качество электроэнергии

1 Переходное напряжение



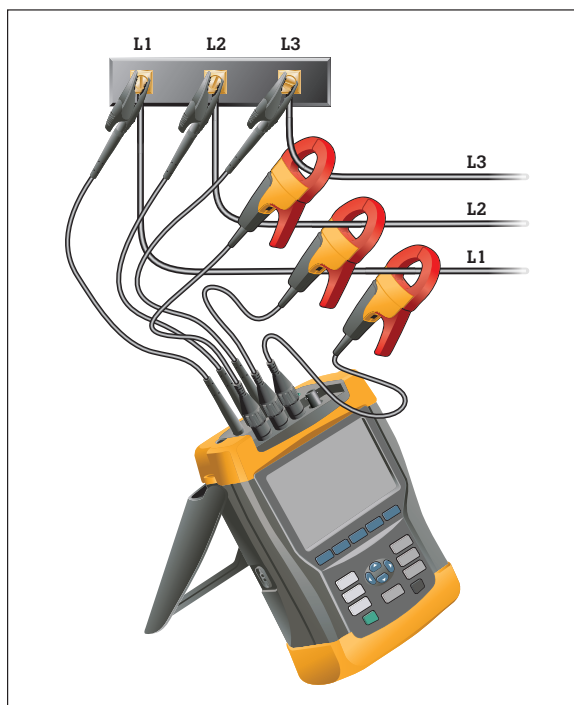
Переходные напряжения могут происходить из множества источников как на самом предприятии, так и за его пределами. Включение и выключение нагрузки поблизости, батареи конденсаторов коррекции коэффициента мощности или даже погодные явления — все это может создавать переходные напряжения в распределительных сетях. Эти процессы с произвольной амплитудой и частотой могут разрушать или повреждать изоляцию обмоток электродвигателей. Обнаружение источника переходных процессов может оказаться сложной задачей, поскольку они происходят нерегулярно, а их последствия могут проявляться по-разному. Например, переходные процессы могут проявиться в контрольных кабелях и необязательно нанесут вред непосредственно оборудованию, но они могут нарушить его работу.

Воздействие: повреждение изоляции обмотки электродвигателя приводит к раннему возникновению неисправностей и незапланированному простоя

Прибор для измерения и диагностики:
трехфазный анализатор качества электроэнергии Fluke 435-II

Критичность: высокая

2 Асимметрия напряжений



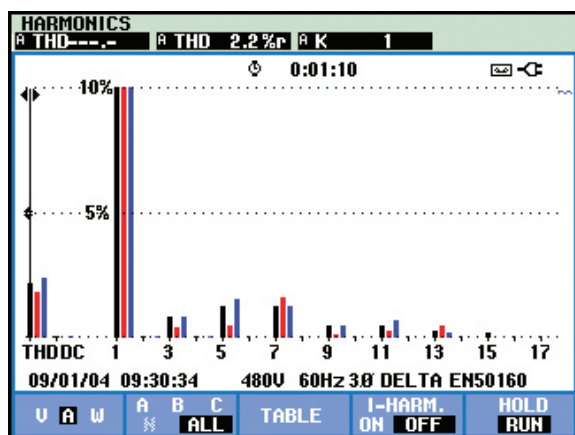
Трехфазные распределительные сети часто питают однофазные нагрузки. Асимметрия сопротивления или нагрузки может быть причиной асимметрии напряжений на всех трех фазах. Возможные неисправности могут находиться в проводке электродвигателя, на клеммах электродвигателя, а также в самих обмотках. Эта асимметрия может вызывать перегрузки в каждой фазной цепи трехфазной сети. Одним словом, напряжение на всех трех фазах всегда должно быть одинаковым.

Воздействие: асимметрия является причиной сверхтоков в одной или нескольких фазах, которые вызывают перегрев и повреждение изоляции

Инструмент для измерения и диагностики:
трехфазный анализатор качества электроэнергии Fluke 435-II

Критичность: средняя

3 Гармонические искажения



Проще говоря, гармоники — это любые нежелательные дополнительные высокочастотные колебания напряжения или тока, поступающие на обмотки электродвигателя. Эта дополнительная энергия не используется для вращения вала электродвигателя, а циркулирует в обмотках и в конечном итоге приводит к потере внутренней энергии. Эти потери рассеиваются в виде тепла, которое со временем ухудшает изолирующие свойства обмоток. Некоторые гармонические искажения формы тока являются нормой для систем, питающих электронную нагрузку. Гармонические искажения можно измерить с помощью анализатора качества электроэнергии, проконтролировав величины токов и температуры на трансформаторах и убедившись, что они не перегружены. Для каждой гармоники утвержден приемлемый уровень искажений, который регламентируется стандартом IEEE 519-1992.

Воздействие: снижение эффективности электродвигателя приводит к дополнительным расходам и увеличению рабочей температуры

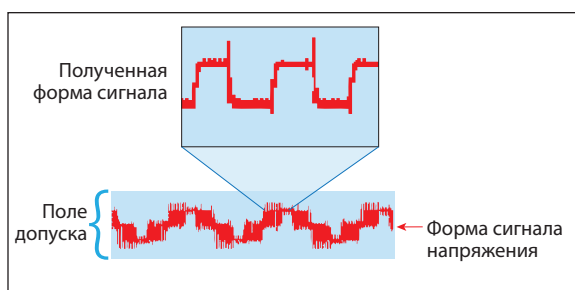
Инструмент для измерения и диагностики:

трехфазный анализатор качества электроэнергии Fluke 435-II

Критичность: средняя

Частотно-регулируемые приводы

4 Отражения на выходных ШИМ-сигналах привода



Частотно-регулируемые приводы используют широтно-импульсную модуляцию (ШИМ) для управления выходным напряжением и частотой питания электродвигателя. Отражения возникают из-за несогласованности полных сопротивлений источника и нагрузки. Несогласованность полных сопротивлений может произойти в результате неправильной установки, неправильного выбора компонентов или ухудшения состояния оборудования со временем. Пик отражения в цепи электропривода может достигать уровня напряжения шины постоянного тока.

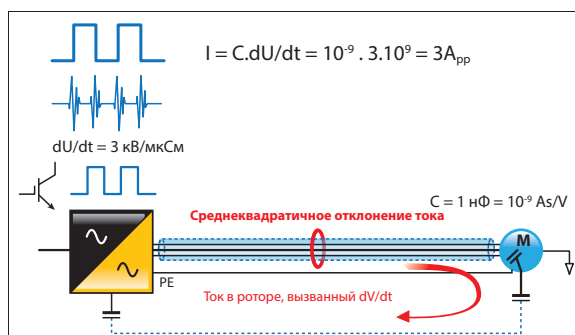
Воздействие: повреждение изоляции обмотки электродвигателя приводит к незапланированному простоя

Прибор для измерения и диагностики:

Fluke 190-204 ScopeMeter®, 4-канальный портативный осциллограф с высокой частотой выборки.

Критичность: высокая

5 Среднеквадратичное отклонение тока



По своей сути среднеквадратичное отклонение тока — это паразитные токи, циркулирующие в системе. Среднеквадратичное отклонение тока образуется как результат частоты сигнала, уровня напряжения, емкости и индуктивности в проводниках. Эти циркулирующие токи могут выйти через системы защитного заземления, вызывая ложное размыкание или, в некоторых случаях, нагревание обмотки. Среднеквадратичное отклонение тока можно обнаружить в проводке электродвигателя, это сумма тока с трех фаз в любой момент времени. В идеальной ситуации сумма этих трех токов должна равняться нулю. Иными словами, обратный ток от привода будет равняться току, поступающему на привод. Среднеквадратичное отклонение тока можно также представить в виде асимметричных сигналов в нескольких проводниках, имеющих емкостную связь с заземляющим проводником.

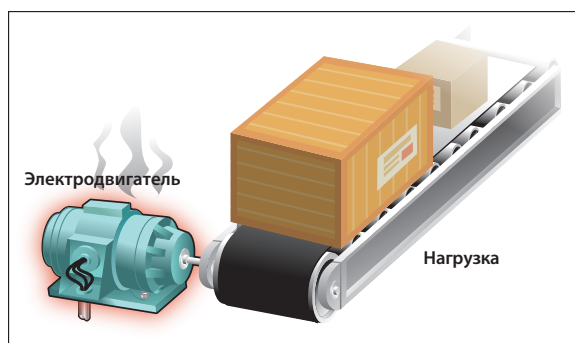
Воздействие: произвольное размыкание цепи из-за прохождения тока по защитному заземлению

Прибор для измерения и диагностики:

изолированный 4-канальный портативный осциллограф Fluke 190-204 ScopeMeter с широкополосными (10 кГц) токовыми клещами (Fluke i400S или аналогичные).

Критичность: низкая

6 Рабочие перегрузки



Перегрузка электродвигателя возникает, когда он работает под повышенной нагрузкой. Основными признаками перегрузки электродвигателя являются чрезмерное потребление тока, недостаточный крутящий момент и перегрев. Избыточное тепловыделение электродвигателя является главной причиной его неисправности. При перегрузке электродвигателя его отдельные компоненты — включая подшипники, обмотки и другие части — могут работать нормально, но электродвигатель будет перегреваться. Поэтому начинать поиски неисправности следует с проверки именно перегруженности электродвигателя. Поскольку 30 % всех неисправностей электродвигателей происходят именно из-за их перегруженности, важно понимать, как измерять и определять перегрузку электродвигателя.

Воздействие: преждевременный износ электрических и механических компонентов электродвигателя, ведущий к необратимому выходу из строя

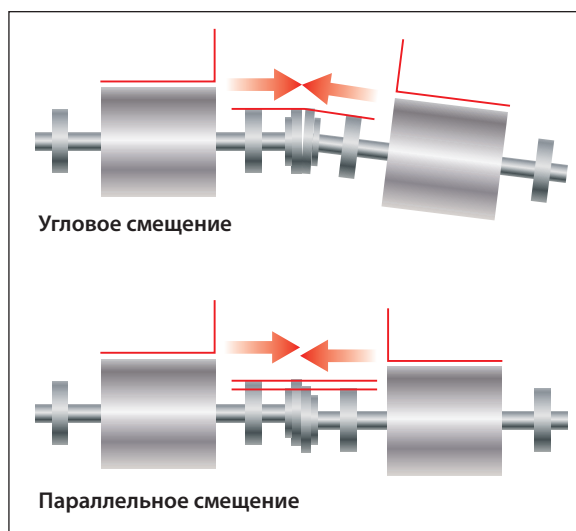
Инструмент для измерения и диагностики:

цифровой мультиметр Fluke 289

Критичность: высокая

Механические причины

7 Нарушение центрирования



Нарушение центрирования возникает при неправильном выравнивании вала привода относительно нагрузки или смещении передачи, которая их соединяет. Многие специалисты считают, что гибкое соединение устраняет и компенсирует смещение, тем не менее, гибкое соединение защищает от смещения только саму передачу. Даже с гибким соединением неотцентрированный вал будет передавать повреждающие циклические усилия по своей длине на электродвигатель, вызывая повышенный износ электродвигателя и увеличивая фактическую механическую нагрузку. Кроме того, нарушение центрирования может быть причиной вибрации валов как нагрузки, так и электропривода. Существует несколько типов нарушения центрирования:

- Угловое смещение: оси валов пересекаются, но не параллельны
- Параллельное смещение: оси валов параллельны, но не соосны
- Сложное смещение: сочетание углового и параллельного смещений. (Примечание: практически всегда нарушение центрирования является сложным, но практикующие специалисты рассматривают их как сумму составляющих смещений, поскольку устранять нарушение центрирования проще по отдельности — угловую и параллельную составляющие).

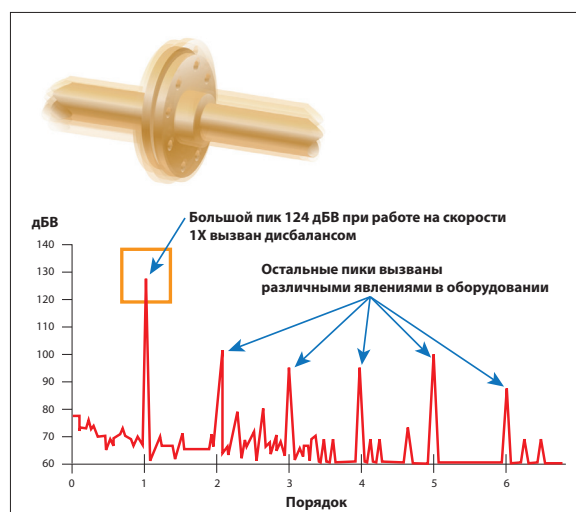
Влияние: преждевременный износ механических компонентов привода, вызывающий преждевременные неисправности

Прибор для измерения и диагностики:

лазерный инструмент для центрирования вала Fluke 830

Критичность: высокая

8 Дисбаланс вала



Дисбаланс — это состояние вращающейся детали, когда центр масс расположен не на оси вращения. Иными словами, когда центр тяжести находится где-то на роторе. Хотя устранить дисбаланс двигателя полностью невозможно, можно определить, не выходит ли он за рамки приемлемых значений, и предпринять меры для исправления ситуации. Дисбаланс может быть вызван различными причинами:

- скопление грязи;
- отсутствие балансировочных грузов;
- отклонения при производстве;
- неравная масса обмоток двигателя и другие факторы, связанные с износом.

Тестер или анализатор вибрации поможет определить, сбалансирован вращающийся механизм или нет.

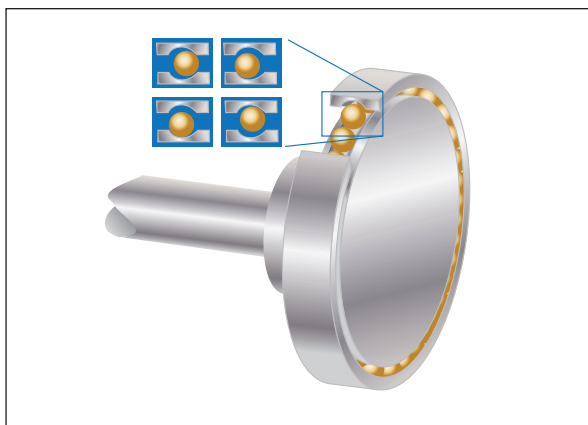
Влияние: преждевременный износ механических компонентов привода, вызывающий преждевременные неисправности

Прибор для измерения и диагностики:

измеритель вибрации Fluke 810

Критичность: высокая

9 Расшатанность вала



Расшатанность возникает из-за чрезмерного зазора между деталями. Расшатанность может возникать в нескольких местах:

- Расшатанность с вращением возникает из-за чрезмерного зазора между вращающимися и неподвижными частями машины, например, в подшипнике.
- Расшатанность без вращения возникает между двумя обычно неподвижными деталями, например, между опорой и основанием или корпусом подшипника и машиной.

Как и в случаях со всеми другими источниками вибрации, важно уметь определить расшатанность и устранить проблему, избежав убытков. Определить наличие расшатанности во вращающейся машине можно с помощью тестера или анализатора вибрации.

Влияние: ускоренный износ вращающихся компонентов, вызывающий механические неисправности

Прибор для измерения и диагностики:
измеритель вибрации Fluke 810

Критичность: высокая

10 Износ подшипника



Неисправный подшипник имеет повышенное трение, сильнее нагревается и имеет пониженную эффективность из-за механических проблем, проблем со смазкой или износа. Неисправность подшипника может быть следствием различных факторов:

- нагрузка, превышающая расчетную;
- недостаточная или неправильная смазка;
- неэффективная герметизация подшипника;
- нарушение центрирования вала;
- неправильная установка;
- нормальный износ;
- наведенное напряжение на валу

Когда неисправности подшипников начинают проявляться, это также вызывает каскадный эффект, ускоряющий выход двигателя из строя. 13 % неисправностей двигателя вызваны неисправностями подшипников, и более 60 % механических неисправностей на предприятии вызваны износом подшипников, поэтому важно знать, как устранять эти потенциальные проблемы.

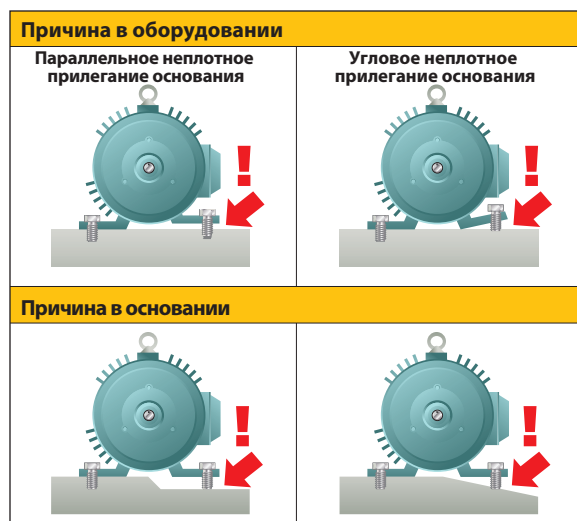
Влияние: ускоренный износ вращающихся компонентов приводит к выходу подшипников из строя

Прибор для измерения и диагностики:
измеритель вибрации Fluke 810

Критичность: высокая

Факторы, связанные с неправильной установкой

11 Неплотно прилегающее основание



Неплотное прилегание вызывается неровным монтажным основанием двигателя или приводимого в движение компонента или неровной монтажной поверхностью, на которой располагается монтажное основание. Данное состояние может создать неприятную ситуацию, при которой затяжка монтажных болтов на самом деле привносит новые нагрузки и нарушение центрирования. Неплотное прилегание опоры часто возникает между двумя диагонально расположенными крепежными болтами, как, например, в случае с неровным стулом или столом, которые раскачиваются по диагонали. Существуют два типа неплотного прилегания основания:

- **Параллельное неплотное прилегание основания** — возникает, когда одна монтажная опора расположена выше, чем три другие
- **Угловое неплотное прилегание основания** — возникает, когда одна из монтажных опор не параллельна или не перпендикулярна по отношению к монтажной поверхности.

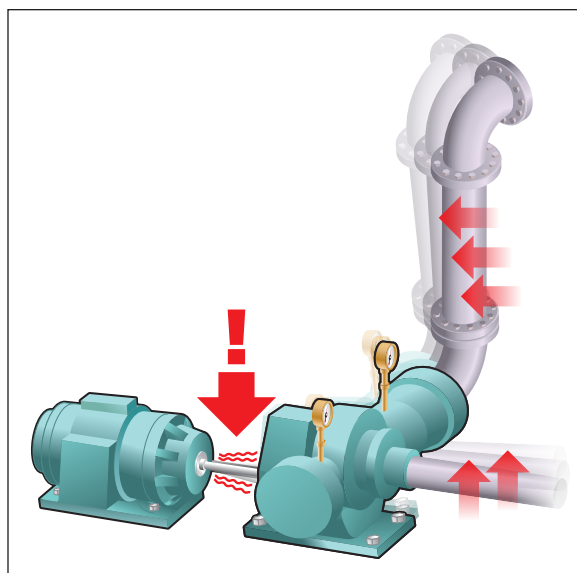
В обоих случаях неплотное прилегание основания может быть вызвано неровностями в монтажной опоре механизма или в монтажном основании, на котором находится опора. В любом случае найти и устранить неплотное прилегание необходимо до центрирования вала. Качественный лазерный инструмент для центрирования может определить неплотное прилегание основания данной вращающейся машины.

Влияние: нарушение центрирования компонентов механического привода

Прибор для измерения и диагностики:
лазерный инструмент для центрирования вала Fluke 830

Критичность: средняя

12 Напряжение трубной обвязки



Натяжением трубной обвязки называется состояние, при котором новые нагрузки, натяжения и силы, действующие на остальное оборудование и инфраструктуру, передаются назад на двигатель и привод, приводя к нарушению центрирования. Наиболее часто встречающимся примером этого являются простые схемы с электродвигателем/насосом, когда что-то оказывает воздействие на трубопроводы, например:

- смещение в фундаменте;
- недавно установленный клапан или другой компонент;
- предмет, ударяющий, сгибающий или просто давящий на трубу;
- сломанные или отсутствующие крепления для труб или настенная арматура.

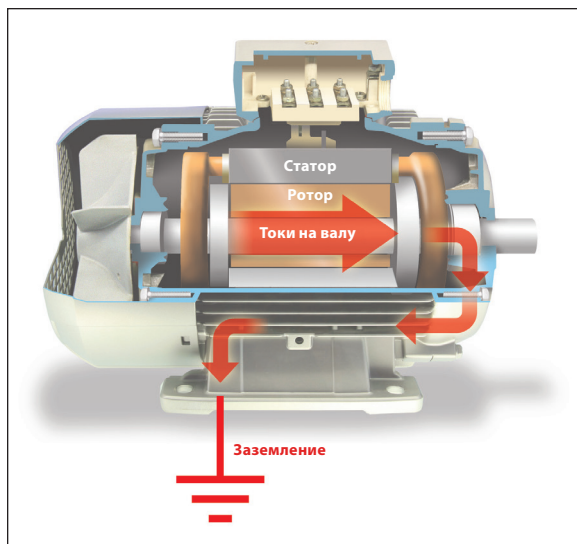
Эти силы могут оказывать угловое или смещающее воздействие, что в свою очередь приводит к смещению вала двигателя/насоса. По этой причине важно проверять центрирование машины не только во время установки — точное центрирование является временным состоянием и может изменяться с течением времени.

Влияние: нарушение центрирования вала и последующие нагрузки на вращающиеся компоненты, приводящие к преждевременным неисправностям.

Прибор для измерения и диагностики:
лазерный инструмент для центрирования вала Fluke 830

Критичность: низкая

13 Напряжение на валу



Когда напряжение на валу электродвигателя превышает изолирующие характеристики смазки подшипника, происходит пробой на внешний подшипник, что вызывает точечную коррозию и образование канавок на дорожке качения подшипника. Первыми признаками проблемы являются шум и перегрев, возникающие по мере того, как подшипники теряют первоначальную форму, а также появление металлической крошки в смазке и увеличение трения подшипника. Это может привести к разрушению подшипника уже через несколько месяцев работы электродвигателя. Неисправность подшипника — это дорогостоящая проблема как с точки зрения восстановления электродвигателя, так и с точки зрения простоя оборудования, поэтому предотвращение этого посредством измерения напряжения на валу и тока в подшипниках является важной частью диагностики. Напряжение на валу присутствует только тогда, когда на двигатель подается питание, и он вращается. Угольная щетка, устанавливаемая на щуп, позволяет измерять напряжение на валу при вращении электродвигателя.

Влияние: дуговые разряды на поверхности подшипника вызывают точечную коррозию и образование канавок, что в свою очередь приводит к чрезмерной вибрации и последующей неисправности подшипника

Прибор для измерения и диагностики:

изолированный 4-канальный портативный осциллограф Fluke-190-204 ScopeMeter, щуп AEGIS с угольными щетками для измерения напряжения на валу.

Критичность: высокая

Четыре стратегии для достижения успеха

Системы управления электродвигателями используются в важных процессах на заводах. Поломка оборудования может привести к большим финансовым потерям, связанным как с потенциальной заменой электродвигателя и его деталей, так и с простоем систем, зависящих от данного электродвигателя. Обеспечивая обслуживающих инженеров и техников необходимыми знаниями, определяя приоритеты работ и проводя профилактическое обслуживание для контроля оборудования и устранения трудно обнаруживаемых проблем, зачастую можно избежать неисправностей, вызванных рабочими нагрузками, и сократить потери от простоя.

Существуют четыре ключевые стратегии для устранения или предотвращения преждевременных поломок электродвигателя и вращающихся деталей:

1. Запись рабочих условий, технических характеристик оборудования и диапазонов допусков рабочих характеристик.
2. Регулярный сбор и запись критических измерений при установке, до и после технического обслуживания.
3. Создание архива эталонных измерений для анализа тенденций и обнаружения изменения состояния.
4. Построение графиков отдельных измерений для выявления основных тенденций. Любые изменения в линии тенденций более чем на $\pm 10\text{--}20\%$ (или любую другую определенную величину, в зависимости от эксплуатационных характеристик или критичности системы) необходимо исследовать для выявления причин возникновения проблем.

Fluke. *Keeping your world up and running.®*

ООО «Флюк СИИЭС»

125167, г. Москва, Ленинградский проспект дом 37, корпус 9, подъезд 4, БЦ "Аэростар", 1 этаж
Тел: 8 495 664 75 12
Факс: 8 495 664 75 13
e-mail: info@fluke.ru

© 2015, Fluke Corporation. Все права защищены. Отпечатано в Нидерландах месяц/год. Данные могут быть изменены без предварительного уведомления.

Pub_ID: 13372-rus

6004135A_EN

Не разрешается вносить изменения в данный документ без письменного согласия компании Fluke Corporation.