

Проблемы с подшипниковым узлом электродвигателя

Послан Alert - 18.03.2019 12:28

Добрый день. Прошу консультации.

Есть четыре электродвигателя (2 – 7,5 МВт, 2 – 9 МВт) производства SIEMENS.

Наблюдаются проблемы с вибрацией (нестационарные показания, уровни) приводного подшипника в осевом направлении, а также с его температурой. Рост температуры вероятно связан с процессами старения смазки, периодически проводится ее замена. Проблемы наблюдаются на всех электродвигателях, но наиболее остро она стоит на одном (9 МВт). Конструктивно узел это сферический, двухрядный подшипник на закрепительной втулке. Всегда наблюдаем рост вибрации и последующее снижение после запуска. Смонтировано все по технологии производителя (гидрогайкой), зазоры выставлены допустимые. Проводились измерения в расцепленном от редуктора состоянии, в целом картина сохраняется.

В спектре виброскорости (приложен), превалирует шестая оборотная частота, да и в целом гармонический ряд оборотных. Прошу консультации на тему происхождения 6 оборотной. Проведено работ довольно много, но причину пока выявить не можем.

Отдельно скажу, что удвоенную частоту сети проверял замером на выбеге.

=====

Re: Проблемы с подшипниковым узлом электродвигателя

Послан Водoley - 28.03.2019 19:45

Проводились измерения в расцепленном от редуктора состоянии, в целом картина сохраняется.

Это написано в стартовом сообщении. Так причем здесь муфта и редуктор?

=====

Re: Проблемы с подшипниковым узлом электродвигателя

Послан Alert - 28.06.2019 16:31

Всем, добрый день

Расскажу про ситуацию. После всех проведенных мероприятий, эмпирически выявлено что главными факторами, влияющими на вибрационное состояние подшипникового узла, являются остаточный радиальный зазор при монтаже (напомню это сферический роликовый подшипник на закрепительной втулке) и качество смазочного материала или точнее скорость его деградации. Собственно сейчас контроль данных факторов налажен.

Из ключевых ремонтных воздействий за данный период на приводе было проведено восстановление шейки вала под подшипниками с приводной стороны и модернизирована система охлаждения электродвигателя.

Re: Проблемы с подшипниковым узлом

Послан Вячеслав - 28.06.2019 22:19

Судя по проделанной работе, мой посыл, что 6 гармоника это возможно **третья гармоника второй оборотки** -

похоже верен. И что вторая гармоника оборотки возможно вызвана перемещением массивной детали, например ротора, два раза за оборот - тоже, похоже, верно. Основную роль в уровне 6 гармоники в таком случае играет зазор в подшипнике, качество смазки и тепловое состояние подшипникового узла.

Теперь попробую объяснить «на пальцах» свою версию дефекта, если смогу. Предположительно, из-за деградации посадочного места на валу и/или закрепительной конической втулки, втулка прилегала к шейке и/или внутренней обойме подшипника не всей своей поверхностью и слегка «болталась» на роторе/втулке вокруг «точки опоры». «Болтанка» буквально несколько соток, но она вызывала перекося внутренней обоймы подшипника относительно оси вращения вала. Причём втулка/обойма меняла своё положение «болталась» на валу, два раза за оборот, под действием веса ротора (тут свою роль сыграл продольный паз на закрепительной втулке, и просадка вала «болтанка» происходила при положении паза вертикально вверх и вниз или при горизонтальном положении). В момент изменения положения втулки/обоймы, соответственно изменяется положение внутренней обоймы подшипника относительно внешней, перекося обоймы как бы меняет знак с + на -, т.е. меняет своё положение на 180 градусов. Смена направления перекося обоймы вызывает перемещение с трением роликов по наружной обойме. При пуске и дальнейшей работе греются подшипник и вал, что меняет во времени натяги в посадках подшипника, закрепительной втулки и радиальный зазор. Это вызывает изменение длины пути и сил трения при осевом смещении роликов и соответственно уровня вибрации до стабилизации теплового состояния двигателя.

Имеем картину.

Просадка вала под собственным весом два раза за оборот, из-за перекося и неплотного прилегания закрепительной втулки, со смещением роликов в осевом направлении. Синусоида второй оборотки ограничена (срезана) сверху и снизу, что вызывает появление в спектре её нечётных гармоник и третьей в первую очередь. Величина этой третьей гармоники (шестой оборотной) зависит от «зажатости» роликов сверху между обоймами (радиальный зазор) и сил трения (качества смазки).

Перекося внутренней обоймы, вращение ротора (внутренней обоймы) и смещение с трением роликов в осевом направлении два раза за оборот вызывает волновой прогиб «мембраны» подшипникового щита, что и фиксирует виброаппаратура как осевую вибрацию.

Из-за трения роликов о кольца при осевом смещении быстро деградирует смазка.

Ну где-то так!

Сам плохо понимаю что написал. С эпистолярным жанром у меня всегда были проблемы!

=====

Re: Проблемы с подшипниковым узлом электродвигателя

Послан Барков - 01.07.2019 11:05

Внимательно наблюдаю за Вашей перепиской и хочу поделиться результатами давних исследований, когда пытался разобраться, что в диагностике могут дать "орбиты" колебаний неподвижной части подшипникового узла, поскольку по жизни в те времена редко приходилось работать с агрегатами, имеющими встроенные проксиметры.

Так вот, анализируя такие "орбиты" я обратил внимание, что как только встречается орбита с "опухолью" сбоку (обычно в горизонтальном направлении), растет третья гармоника оборотной вибрации. Причина вполне понятна - если есть "свободный" угол, дисбаланс затапливает ротор в этот угол, часто с ударом, т.е. имеем в одном направлении движение с ограничением, а вибрация в виде обрезанного с двух сторон синуса - источник нечетных гармоник.

Однажды попался случай, когда подшипник был не закреплен и легко "съезжал" в горизонтальном направлении под действием центробежной силы дважды за оборот до упора, полный размах почти пол миллиметра. Вот тогда в вибрации четко проявлялись и шестая, и десятая гармоники оборотки.

С того случая я не заморачиваюсь в поиске причины повышенной вибрации на 3 и 6 гармониках частоты вращения - считаю, что это "ямка" на поверхности трения

Но если надо убедиться в этом - можно посмотреть на "орбиту" движения опоры вращения. При ослаблениях креплений в опорах она вытягивается почти в линию.

В связи с этим думаю, может вернуть "орбиту" по датчикам ускорения в наши приборы? В свое время я ее заставил наших разработчиков сделать, а потом выкинул из-за отсутствия задач, так как все вопросы диагностики вала в подшипниках скольжения решились по датчикам ускорения без орбит.

Теперь о Вашем случае. Уж слишком сильно выделяется шестая гармоника над остальными. Понятно, что первая может не выделяться - неизвестно как сложились вектора кинематического и центробежного происхождения. Но где тогда четные гармоники или, хотя бы, третья. Мне кажется надо искать резонанс, тем более, что в этой зоне выросла и случайная вибрация.

И еще один вопрос. Когда вижу признак "ямки" в спектре вибрации, в голову закрадывается сомнение, что это не ямка или ослабление опоры, а проскальзывание внутреннего кольца подшипника качения (механизм на начальном этапе проскальзывания тот же). Но до сих пор сталкивался с тем что обрезанный синус при проскальзывании не имеет стабильной амплитуды, да и по разному обрезается на верхней и нижней полуволне, поэтому в спектре вибрации - весь набор гармоник оборотки, как и в спектре огибающей.

Re: Проблемы с подшипниковым узлом эл.Послан Вячеслав - 01.07.2019 19:24

Барков написал:

Однажды попался случай, когда подшипник был не закреплен и легко «съезжал» в горизонтальном направлении под действием центробежной силы дважды за оборот до упора, полный размах почти пол миллиметра. Вот тогда в вибрации четко проявлялись и шестая, и десятая гармоники оборотки.

С того случая я не заморачиваюсь в поиске причины повышенной вибрации на 3 и 6 гармониках частоты вращения - считаю, что это «ямка» на поверхности трения. Аналогичный случай. Только подшипник зажат между крышками корпуса и движется по горизонтали с трением торцами наружной обоймы о буртики крышек, зазор по посадке в корпус - 1мм, забит полностью смазкой. В спектре 1, 2, 3 и 4 гармоники. Третья в два раза больше первой, чётные только обозначены.

В данном случае, если предположительно имеется просадка вала вместе с закрепительной втулкой и сменой знака перегиба внутренней обоймы подшипника два раза за оборот из-за конусности, бочкообразности, задира и т.п. на посадочном месте вала под закрепительную втулку, эффект примерно такой же как от двух «ямок» диаметрально разнесённых. Только с трением, в том числе и роликов о дорожки качения в осевом, смягчением удара смазкой попавшей в зазор через продольный разрез втулки + смазочную канавку и возможным задеванием за уплотнения.

Барков написал:

Теперь о Вашем случае. Уж слишком сильно выделяется шестая гармоника над остальными. Понятно, что первая может не выделяться - неизвестно как сложились вектора кинематического и центробежного происхождения. Но где тогда четные гармоники или, хотя бы, третья. Мне кажется надо искать резонанс, тем более, что в этой зоне выросла и случайная вибрация. Алексей Васильевич, резонанс подшипникового щита электродвигателя на частоте практически равной 100 герцам, очень маловероятно. При конструировании и испытаниях эл. двигателей этому уделяют особое внимание. Я в далёкой молодости сам в этом участвовал. Если конечно щит не подвергался коренной переделке эксплуатантом или у него не оборвало сварные швы. У них есть ещё точно такой же двигатель и два аналогичных 7МВт, с такими же доработками, но без заморочек с 6 гармоникой.

По второй гармонике, на стр. 5, #1838. Картинка 883.pnd, по вертикали чётко преобладают чётные гармоники со 2 по 8. На временном - срез синусоиды сверху. Картинка 882.pnd, в осевом направлении преобладают 2,4 и 6 гармоники. #1841, картинка 768.pnd - осевой спектр с хорошим разрешением.

Относительно небольшой второй гармоники в осевом направлении - возможно проблема в точке крепления датчика. При просадке вала щит как бы «опрокидывается» от динамического «удара» вала во слегка «вынесенный» из щита подшипник. Плюс, возможно, трение роликов при смене знака перегибы обоймы. А датчик расположен практически на «оси» опрокидывания, т.е. близко к нулевой точке, как бы синусоиды, второй гармоники в осевом направлении.

=====

Re: Проблемы с подшипниковым узлом

Послан Alert - 03.09.2019 18:17

Вячеслав, добрый день. По сути проблема не решена, и ее признаки в разном виде наблюдаются и сейчас. С вашими выводами отчасти согласен, но вопрос в причине остается. Соответствие геометрии вала и втулки подтверждено измерениями (при монтаже, после ремонта), никакой деградации быть не может, подшипник новый и монтируется по технологии (выдержаны все: зазоры, усилия натяга и т.д.). То есть логично предположить, что это конструктивная проблема самого подшипникового узла.

=====