

РЕШЕНИЕ АКТУАЛЬНЫХ ПРОБЛЕМ КОНТРОЛЯ ЗА СОСТОЯНИЕМ ОБОРУДОВАНИЯ С ПОМОЩЬЮ ПЛАТФОРМЫ ВИБРОДИАГНОСТИКИ SIPLUS CMS

В.А. Милаков (ООО “Сименс”)

Приведен обзор существующих подходов к обслуживанию и диагностике машин и механизмов с оценкой их слабых и сильных сторон. Рассмотрены базовые методики оценки состояния роторного оборудования по вибрациям на невращающихся частях. Предложено решение актуальных проблем и задач вибродиагностики на базе продуктов компании SIEMENS.

Ключевые слова: вибродиагностика, поиск неисправностей, системы предиктивного контроля состояния оборудования, сервисное обслуживание машин.

Подходы к сервисному обслуживанию оборудования

Традиционная практика сервисного обслуживания оборудования предполагают два основных варианта: выработка “до отказа” и проведение планового ремонта по времени.

Выработка узлов “до отказа” — порочная практика, зародившаяся в темные времена, когда надежность оборудования отводилась на второй план, и жесткая конкуренция еще не вынуждала производственные предприятия снижать время простоя и непроизводственные затраты. Данный подход неизбежно приводит к неконтролируемому развитию неисправностей и разрушению смежных механизмов. Таким образом, два основных недостатка этого подхода — непредвиденный простой производства и необходимость капитального ре-

монта практически после каждого такого останова. Капитальный же ремонт предполагает разборку и ревизию конструкции с целью выявления скрытых неисправностей и оценки ресурса деталей, замену не только неисправных деталей, но и деталей, выработавших свой ресурс. Такой ремонт предполагает большой объем работ и значительные расходы.

При попытке отойти от непредвиденных остановов родился метод планового подхода к обслуживанию по времени. В таких случаях обычно имеет место некий регламент проведения ремонтных работ. По сравнению с выработкой “до отказа” этот подход имеет ряд неоспоримых преимуществ. Во-первых, простой производства, связанные с ремонтом как минимум в половине случаев становятся прогнозируемыми. Во-вторых, если регламент работ составлен достаточно грамотно, можно избежать (или хотя бы значительно снизить риск) серьезных аварий и поломок. Однако целый ряд проблем не позволяет говорить об этом подходе как об удачном:

- 1) плановый ремонт обычно носит поверхностный характер. Не выявляются скрытые дефекты и дефекты, требующие дополнительной оценки;
- 2) в случае достаточно глубокого и серьезного планового обслуживания выполняется демонтаж и разборка основных узлов оборудования, что приводит к снижению остаточного ресурса и снижению надежности агрегата в целом;
- 3) ремонт “по времени” снижает ресурс работы агрегата, повышает затраты на обслуживание, так как регламентно зачастую обслуживаются даже те механизмы, нарушения в работе которых не предвидится в обозримом будущем.

В настоящий момент для преодоления указанных недостатков все чаще применяется ремонт по состоянию [1]. Оценка состояния оборудования с помощью систем вибродиагностики обладает целым рядом значительных преимуществ, которые прежде были недостижимы:

- 1) непрерывный контроль и доступ к информации о состоянии оборудования;

Таблица. Распределение агрегатов по группам в соответствии с ГОСТ 10816

		V []	
		10...1000	, n> 600 /
		(2...1000	, n> 1200 /)
			11 /
			7,1 /
			4,5 /
			3,5 /
			2,8 /
			2,3 /
			1,4 /
			0,71 /
15 < 300	300 < 50		
160 315	315		
2	1		

Примечание. Коричневый – уровень вибрации вызывает повреждения машины. Необходимо оперативное вмешательство для локализации и устранения источника вибрации. Бежевый – разрешается работа в течение ограниченного времени. Необходимо проанализировать источник вибрации. Запланировать останов для устранения неполадок. Серый – работа в непрерывном режиме без ограничений. Дополнительные действий не требуется. Величины вибрации в допустимом диапазоне. Светло-серый – новая введенная в эксплуатацию машина. Дополнительные действий не требуется. Величины вибрации в допустимом диапазоне.

2) возможность избежать незапланированных и неожиданных остановов производства;

3) оценка состояния не требует сборки-разборки и визуального осмотра оборудования;

4) современные системы диагностики, такие как SIPLUS CMS, предоставляют доступ к важной информации с помощью удаленных и географически распределенных систем.

Все эти факторы и само течение времени неизбежно привели к тому, что системы контроля за состоянием оборудования перестали быть диковинными ноу-хау и превратились в стандарт промышленных решений на большинстве производственных площадок во всем мире и в России.

Вибродиагностика как инструмент определения неисправностей

При диагностике технических систем путем анализа временных характеристик можно выделить два направления: оценку энергии колебаний и оценку фазовых характеристик вибросигнала. Последний имеет основное практическое значение.

Работа многих машин и механизмов сопровождается вибрацией. В подавляющем большинстве случаев наблюдается взаимосвязь между уровнем вибрации и техническим состоянием объекта. Действительно, по мере износа механизмов увеличиваются зазоры в сопряженных парах, а следовательно, увеличивается кинетическая энергия ударных воздействий. К такому же результату приводит и появление трещин, раковин на поверхностях трения. Нарушение балансировки роторных машин также сказывается на уровне вибрации. При работе лопаточных машин (турбины, компрессоры) оценка их вибрации позволяет определить нарушения в газодинамике этих агрегатов, вызванные отрывными течениями газа, например, помпажный режим работы компрес-

сора. Для количественной оценки интенсивности колебательного процесса (вибрации) применяются различные характеристики: максимальное значение сигнала на рассматриваемом интервале времени; среднеквадратичное значение амплитуды сигнала; пик-фактор (коэффициент амплитуды), то есть отношение максимального значения сигнала к его среднеквадратичному значению; разница между максимальным и минимальным значением сигнала на рассматриваемом интервале времени и др. Эти параметры могут выступать в качестве критериев при проведении диагностики. Диагностика строится на сравнении принятого в каждом конкретном случае диагностического параметра с его пороговым значением.

В области вибродиагностики для оценки состояния машин или механизмов применяются два основных метода: оценки временных характеристик и спектрального анализа фазовых характеристик. Каждый из них характеризуется значительными плюсами и имеет минусы. Для полноценного решения задачи диагностики использование только одного из этих методов недостаточно. По этой причине решение SIEMENS SIPLUS CMS обладает необходимым алгоритмическим обеспечением, позволяющим проводить комплексную диагностику, используя преимущества обоих подходов параллельно.

Метод оценки временных характеристик

Требования к оценке временных характеристик регламентированы нормами ГОСТ. В частности, ГОСТ Р ИСО 10816-3-99 "Контроль состояния машин по результатам измерений вибрации на невращающихся частях" описывает основы вибрационного мониторинга состояния установок, а ГОСТ Р ИСО 5348-99 "Механическое крепление акселерометров" формирует рекомендации к месту и способу крепления датчиков непосредственно на оборудование.

Наибольшее практическое распространение имеет среднеквадратичное значение виброскорости и виброускорения. Так, ГОСТ ИСО 10816-1-97 устанавливает пороговые значения для широкого класса механизмов. Например, для ряда двигателей и других машин с вращающимися массами рекомендации ГОСТа приведены в таблице для обоих типов опор.

Приведенный выше метод временных характеристик, несмотря на сравнительную простоту и универсальность применения, является малоинформативным и в большинстве случаев позволяет оценить только общее состояние объекта без локализации конкретной

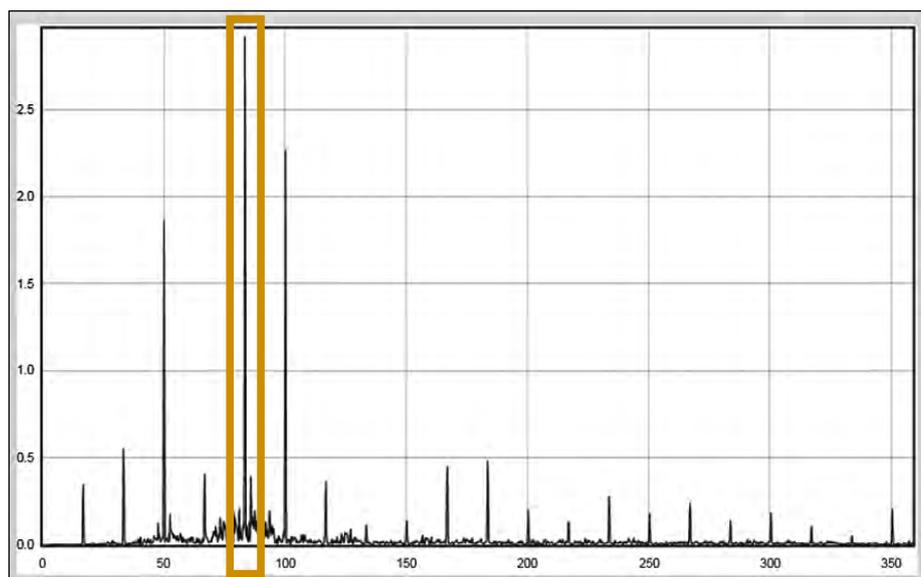


Рис. 1. Спектр виброскорости двигателя с отметкой характерной неисправности

неисправности. Это делает, как правило, применение только этой методики недостаточным в условиях реального производства.

При оценке временных характеристик оборудования SIPLUS CMS позволяет измерять как среднеквадратичные значения виброскорости, так и величину DKW (характеристический показатель косвенной оценки состояния подшипников, повсеместно применяемый в Германии). Однако в российской и советской практике традиционно прибегают только к оценке среднеквадратичных значений.

Метод спектрального анализа фазовых характеристик

Для детальной оценки состояния узла в любой момент его функционирования применяется метод спектрального анализа фазовых характеристик (рис. 1).

Основная идея всех методов диагностики путем спектрального анализа вибрации заключается в обнаружении периодически повторяющихся, как правило, ударных процессов в работе машины и сопоставлении им возможных дефектов. Очевидно, что последние должны проявляться на тех же частотах. При наличии дефектов, оказывающих влияние на параметры вибрации, при работе неисправного механизма возникают новые периодические колебания, вызванные чаще всего ударами (микроударами). Причем в большинстве случаев, анализируя периодичность этих ударов, можно установить и неисправный элемент. Действительно, если в одном подшипнике качения имеет место выбоина на наружном кольце, а в другом на внутреннем, то в обоих случаях анализ вибрации выявит удары тел качения при перекачивании по этим выбоинам. Но во втором случае при прочих равных условиях эти удары будут происходить чаще, чем в первом, так как частота перекачивания тел качения по внутреннему кольцу больше чем по наружному.

Оборудование SIPLUS CMS предоставляет разработчикам и персоналу производственных площадок широкие возможности по применению методов спектрального анализа. В системе (без использования стороннего ПО) предусмотрена функциональность, позволяющая настроить систему на автоматическое распознавание всех основных неисправностей уста-

новки, а также добавления в модель своих неисправностей, которые могут проявляться нетипично и нестандартно.

Краткое описание систем SIPLUS CMS

Применение продуктов линейки SIEMENS SIPLUS CMS (рис. 2) позволяет сформировать предиктивный подход к обслуживанию механизмов, тем самым в значительной степени повысить надежность и срок безаварийной работы оборудования. Вибрационная диагностика на базе SIPLUS CMS — надежный метод раннего обнаружения механических неисправностей. Системы на базе SIPLUS CMS могут быть интегрированы в существующие системы управления с помощью дискретных выходов или сетевых интерфейсов.

Успешное применение оборудования SIPLUS CMS на российском рынке обусловлено его высокой надежностью, доступностью, простотой в настройке и эксплуатации и наличием всех необходимых для применения свидетельств и сертификатов.

Продукты системы SIPLUS CMS в зависимости от задач диагностики представлены четырьмя линейками оборудования: SIPLUS CMS1000, SIPLUS CMS1200, SIPLUS CMS2000, SIPLUS CMS4000. Выбор оборудования для конкретной задачи определяется, исходя из сложности установки, числа измеряемых каналов и предпочтительных механизмов интеграции в АСУТП.

Об организации систем контроля за состоянием оборудования на предприятии

Несмотря на значимость контроля за состоянием оборудования, в производственном процессе до сих пор наблюдается целый ряд проблем, с которыми приходится сталкиваться персоналу, ответственному за автоматизацию и сервисное обслуживание оборудования.

Значительная часть этих трудностей связана с отсутствием необходимых базовых знаний. Со стороны специалистов АСУ это выражается зачастую в отсутствии понимания, как и зачем нужно строить подобные системы, а со стороны инженеров-механиков или сервисных инженеров — как получить максимум по-

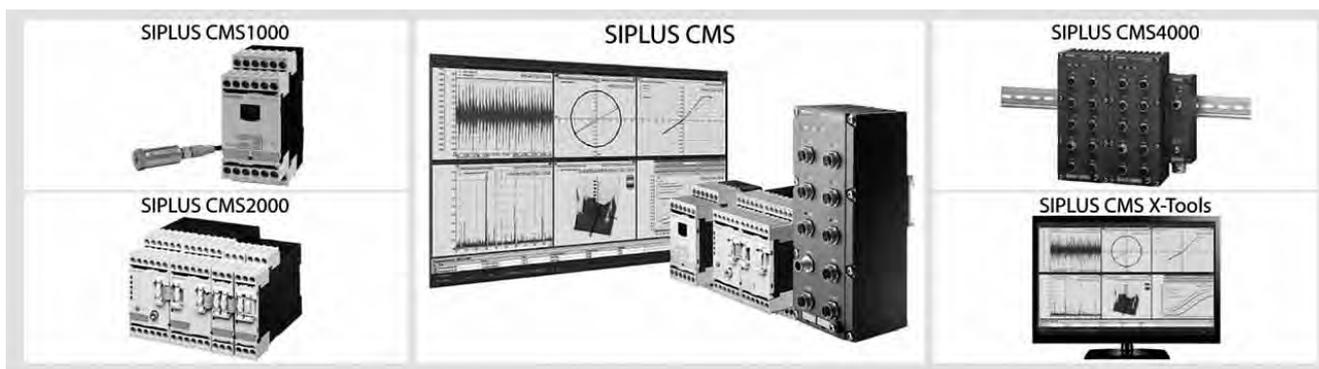


Рис. 2. Приборы и системы линейки SIPLUS CMS



Рис. 3. SIMATIC S7-1200 с модулем CMS1200

лезной информации для их каждодневных задач. Это совершенно неудивительно, ведь вибродиагностика — это сфера на стыке двух серьезных технических областей, плотно связанная как с электротехникой, так и с механикой производства, при этом остающаяся глубокой и независимой областью знания.

Такое положение вещей вынуждает обращать внимание на характерные трудности, возникающие при внедрении систем такого рода.

1) Самым очевидным способом решения задачи вибродиагностики для специалиста АСУ всегда будет выбор датчика с унифицированным выходом 4...20 мА. К сожалению, этот формальный подход не только ошибочен, но и зачастую вреден. Во-первых, интегрированные в датчик преобразователи обладают низкой частотой дискретизации и в лучшем случае способны передавать только среднеквадратичные значения, что совершенно лишает возможности локализовать неисправность. Во-вторых, стандартная логика свободно программируемого ПЛК совершенно не приспособлена для решения задач вибродиагностики. В-третьих, применение подобных сенсоров значительно повышает поканальную стоимость решения.

2) Подавляющее большинство систем диагностики оборудования, представленных на рынке, не имеют понятных механизмов интеграции в АСУ, а если и имеют, то в виде невнятных “костылей”. Такие решения нарушают детерминированность системы и ее однородность, добавляя избыточные усложнения и повышая стоимость.

Для решения указанных противоречий компания SIEMENS, опираясь на многолетний опыт в производстве как роторных машин, так и электротехнического оборудования, представила продукты линейки SIPLUS CMS [3].

СМS1200 как надежное и современное решение задачи превентивного сервисного обслуживания

SIPLUS CMS1200 — инновационное решение задач вибродиагностики, которое позволяет избежать целого ряда трудностей на всех уровнях внедрения и эксплуатации.

Функциональность системы реализуется на базе контроллеров SIMATIC S7-1200. На выставке HMI Expo в г. Ганновере компания SIEMENS представила модуль SM1281, предназначенный для выполнения функций вибрационного контроля машин и агрегатов. Этот модуль устанавливается в единую центральную конфигурацию контроллера S7-1200 и предназначен для подключения к нему до четырех датчиков виброускорения (рис. 3).

Преимущества решений на базе S7-1200 и CMS1200

1) Независимая вычислительная логика технологического модуля. Как и прежде, SIEMENS придерживается общепромышленного стандарта о том, что функциональность АСУ и системы вибродиагностики должны быть разделены. Это связано не только с высокими требованиями к быстродействию системы, но и сложными нормами безопасности, которые выставляет время и опыт к системам такого рода. Модуль SM1281 обладает независимым процессором для решения задач вибродиагностики и не перекладывает эти задачи на процессор ПЛК S7-1200. Зачастую информация о состоянии оборудования важна и релевантна деятельности других служб, нежели информация о технологических параметрах процесса производства. Для обеспечения возможности независимого доступа к этим данным модули SM1281 предлагают возможности встроенного Web-сервера для настройки и последующей эксплуатации оборудования. При этом каждый такой модуль обладает двумя портами RJ45 с поддержкой протокола связи PROFINET с уникальным IP-адресом. Также важно отметить наличие независимого хранилища, которым оснащается каждое устройство CMS1200. С его помощью можно хранить данные о состоянии оборудования сроком до 10 лет.

2) Доступность всех данных для ПЛК в режиме реального времени, благодаря соединению модуля с центральным процессорным модулем S7-1200 по задней шине. Используя этот функционал, можно значительно расширить возможности оборудования, используя всю ту широкую гамму модулей S7-1200 для сбора и передачи информации. Помимо модулей ввода/вывода значительную роль играют и коммуникационные возможности контроллеров S7-1200, оказывающиеся в распоряжении системы вибродиагностики, включая функционал беспроводной связи по всем актуальным промышленным и общегражданским стандартам.

3) Использование связки S7-1200 и CMS1200 позволяет получить единый узел для обработки и оцен-

ки состояния по данным поступающим от 28 датчиков вибрации, что выводит применимость решения на уровень серьезного агрегата.

Редкие системы вибродиагностики могут похвастаться такой роскошью, как детерминированность связи с АСУ. С помощью CMS1200 эта задача решается нативно, сохраняя однородность и независимость системы.

Разработки компании SIEMENS применяются для оценки состояния огромного числа насосных агрегатов, компрессоров, вентиляторов. Продукты SIPLUS CMS на территории нашей страны успели найти свое применение и в специальных областях: шахтные подъемные машины, бумагоделательные машины, сгустителя, мельницы и дробилки.

Теперь, когда изменения в процессах на существующих предприятиях прошли точку невозврата,

и необходимость разработки и применения систем поиска и устранения неисправностей стала вопросом прошлого, следует обратить внимание на будущее. Применение современных решений в тесной связке с живым многолетним опытом специалистов помогут построить надежные системы, глубоко интегрированные в производственный процесс и организационную структуру предприятия.

Список литературы

1. Шехватов Д.Б. Обслуживание по состоянию. Концепция RCM // Автоматизация в промышленности. 2012. №9.
2. Петрухин В.В., Петрухин С.В. Основы вибродиагностики и средства измерения вибрации. Гриф УМО ВУЗов РФ. М.: Инфра-Инженерия, 2010. 176 с.
3. Милаков В.А. Инновационные системы вибродиагностики SIPLUS CMS // Автоматизация в промышленности. 2015. №10.

*Милаков Владимир Андреевич – специалист по оборудованию ООО “Сименс” Цифровое производство.
Контактный телефон +7 (495) 737-11-03.
E-mail: Vladimir.Milakov@siemens.com
<http://dfpd.siemens.com>*

ИНФОРМАЦИОННАЯ СИСТЕМА МОНИТОРИНГА И ДИАГНОСТИКИ СОСТОЯНИЯ ПЕРЕДВИЖНЫХ МИКСЕРОВ

В.А. Емельянов, Н.Ю. Емельянова (КФУ им. В.И. Вернадского)

Представлена информационная модель системы управления эксплуатацией передвижных миксеров, отражающая функции и принципы взаимодействия основных ее компонентов, а также критерии и особенности управления передвижными миксерами в различных режимах их эксплуатации. Предложена типовая структура информационной системы мониторинга и диагностики состояния передвижных миксеров. Приведены сравнительные результаты функционирования разработанной информационной системы, наглядно демонстрирующие ее функциональное преимущество, выраженное в увеличении количества диагностических операций и снижении затрачиваемого времени за счет автоматизации операций мониторинга и диагностики состояния передвижных миксеров.

Ключевые слова: информационная модель, система управления, передвижной миксер, информационная система, мониторинг, диагностика.

Введение

Современный этап развития производства сопровождается интенсивным внедрением новых информационных технологий, предназначенных для автоматизации различных ТП. На металлургических предприятиях одним из таких процессов является эксплуатация и диагностика футерованного оборудования и объектов (ФО), предназначенных для доставки жидких чугуна и стали в доменный, конвертерный, сталеплавильный и другие цеха. К таким объектам относятся: передвижные миксеры для транспортировки чугуна, ковши для перевозки стали, ковши для перевозки чугуна и др. К эксплуатации, в том числе диагностике, данного оборудования предъявляются высокие требования, связанные с негативным влиянием высоких температур — > 1000 °С. В результате длительного воздействия высоких температур возникает риск разрушения металлургического оборудования, приводящий к многомиллионному материальному ущербу предприятия и человеческим жертвам [1–2].

Постановка задачи

На практике в металлургическом производстве диагностика и мониторинг технического состояния передвижных миксеров и другого футерованного оборудования реализуются ручным способом с помощью квалифицированного персонала на основании личного опыта, с использованием измерительных средств, которые характеризуются значительной погрешностью измерения [3–4]. Поэтому в указанной предметной области возникают проблемы и задачи, связанные с повышением объективности и качества принятия решений при эксплуатации и диагностике таких объектов и оборудования. Многовариантность ТП эксплуатации передвижных миксеров, необходимость прогноза их состояния и разнообразность задач при их диагностике и мониторинге требуют обработки больших объемов информации и принятия компетентных управленческих решений для предотвращения разрушения миксеров. Таким образом, актуальным является разработка новых моделей, мето-