

# В интересах заказчика

Доводка интегрированной системы мониторинга приводов

Михал Оркиж, Ярослав Новак, Масий Внек

Когда заводское оборудование неожиданно выходит из строя, процесс производства прекращается и начинается дорогостоящий простой на время ремонта оборудования. Однако с помощью известных систем CMS (Continuous Monitoring System – система непрерывного мониторинга) компании АББ, которые предназначены для непрерывного отслеживания истории эксплуатации оборудования (то есть о времени его работы, степени износа, повреждениях и техническом обслуживании), этих производственных неприятностей можно избежать и тем самым избавить предприятие от серьезных экономических последствий.

Одной из таких систем является система мониторинга приводов, разработанная в компании АББ. Поскольку мощные приводы часто используются для приведения в действие ответственного оборудования, очень важно непрерывно контролировать их состояние. Приводные системы, такие как приводы среднего

напряжения компании АББ, также служат в качестве больших банков данных, записывающих информацию, которая относится не только к работе преобразователя, но и к приводимому им в действие оборудованию, а также ко всей последующей технологической цепочке. С учетом важности их роли существует острая необходимость иметь надежную и интеллектуальную систему CMS. Для создания такой системы нужно в деталях разбираться в самом оборудовании, а также анализировать производственные параметры, прикладные требования и нормативную информацию. Однако такого рода информацию можно получить только на базе практической работы, поэтому столь важным является сотрудничество компании АББ со своими заказчиками. Для разработки своей системы мониторинга приводов компания АББ начала взаимодействовать с несколькими заказчиками, поставив перед собой задачу испытать систему в реальных промышленных условиях. В данной статье мы расскажем о двух примерах такого удачного взаимодействия.

**В** настоящее время в Швейцарских Альпах ведется строительство одного из самых протяженных в мире туннелей. Более чем 57 км нового железнодорожного маршрута протянется под горным хребтом Санкт-Готтхард, а всего на этом маршруте будет 153,5 км туннелей, шахт и перегонов. Предполагается, что полностью строительство будет завершено в 2016 году.

Чтобы иметь возможность прорыть туннель, недалеко от горной деревни Седран был вырыт шахтный ствол глубиной 821 м. Через этот ствол громадная подъемная машина поднимает на поверхность щебень. Одним из первых экспериментальных вариантов системы мониторинга приводов является многомегаваттный привод ACS 6000 компании АББ, который приводит в действие двигатель подъемной машины. Хотя эта система СМС и прошла всесторонние испытания в лаборатории, тем не менее требовалось подтверждение ее работоспособности в реальных производственных условиях, которым сопутствуют пыль, вибрации и температурные колебания, при этом, возможно, самым важным было то, что необходимо было получить реальные данные в этих условиях. Место строительства туннеля как раз отвечало этим требованиям.

Экспериментальная установка помогла оптимизировать конструкцию аппаратных средств, а также позволила оценить эксплуатационные качества блока мониторинга и его способность накапливать и хранить данные в условиях нагрева и охлаждения. Только реальная установка с ее циклическим процессом могла обеспечить анализ сбора усредненных данных и необходимую скорость их обработки, тем самым сводя к минимуму затраты на инсталлированную СМС для будущих заказчиков.

Этот экспериментальный проект также позволил провести натурные испытания дистанционного соединения в реальных, а иногда необычных (подземных) условиях. Чтобы обеспечить устойчивое дистанционное VPN-соединение для обмена данными между объектом клиента и офисами компании АББ, две группы должны были работать в тесном взаимодействии.

Испытания в производственных условиях также подтвердили правильность выбора диагностических процедур. Реагирует ли система на изменения так, как это предполагалось? Как можно было бы улучшить исходную конструкцию, повысив ее надежность и эффективность? На эти животрепещущие вопросы группа разработчиков

не смогла бы ответить в одиночку, без помощи заказчика.

Экспериментальный проект является выгодным как для компании АББ, так и для клиента. Чтобы провести испытания системы мониторинга приводов, специалисты АББ тщательно контролировали состояние привода, в то время как сам этот привод одновременно автоматически контролировался системой СМС. Тем самым компания АББ получила возможность проверить, устранить ошибки и точно отрегулировать новый продукт, который уже начинает применяться во многих приложениях.

Хотя привод ACS 6000 и прошел всесторонние испытания в лаборатории, тем не менее требовалось подтверждение его работоспособности в реальных производственных условиях.

Год испытаний на месте сооружения туннеля подтвердил надежность и эффективность системы мониторинга приводов. Устранив в системе СМС все погрешности, компания АББ смогла с уверенностью продвинуться вперед в направлении законченного продукта.

Вентиляционный туннель в Седране. ©AlpTransit Gotthard Ltd.



### Уверенное плавание

Представьте себе танкер двойного действия, длина которого более 250 м, на борту которого находятся 120 тысяч кубометров сырой нефти, и который пробивается сквозь льды со своим гребным винтом, оставляя за кормой холодные воды Антарктики, или роскошный круизный лайнер, на борту которого находятся команда из более чем 1300 человек и 2500 пассажиров, мечтающих провести отпуск на экзотических тропических островах.

Эти прямо противоположные по своему назначению суда имеют по меньшей мере одну общую особенность – они являются живыми примерами современной технологии, в которой инновации сочетаются с требованиями обеспечения надежности с учетом уязвимости судов. Для эксплуатации этих судов имеют значение не только оптимальные эксплуатационные затраты, но и обеспечение безопасности для людей и окружающей среды.

В обоих типах судов используется силовая установка Azipod®, которая отличается большой маневренностью, функциональными возможностями и эффективностью. Она была разработана отделением ABB Marine, глобальным лидером рынка морских силовых установок. Имея свои инженерно-технические кадры и производственные мощности в Хельсинки, Финляндия, отделение ABB Marine разработало комплексную систему мониторинга силовых установок PCMS (Propulsion Condition Management System), которая охватывает не только установку Azipod®, но и преобразователи частоты, трансформаторы, распределительные устройства, генераторы, автоматику, средства управления и т.п. Сотрудничество с компанией Royal Caribbean Cruises Ltd. в области тестирования части этой системы оказало положительное влияние на последующее усовершенствование системы PCMS.

### Диагностика опорных подшипников

Одним из компонентов, оказывающих наиболее критичное влияние на работу всей системы Azipod®, является подшипник вала, а точнее говоря – ряд подшипников, установленных на коротком валу двигателя, который приводит во вращение гребной винт. Из-за чрезмерных динамических нагрузок со стороны гребного винта эти подшипники могут разрушиться. Для раннего обнаружения таких дефектов в подшипниках компания АББ разрабо-

## Сотрудничество в автоматизации

тала подшипниковый монитор (то есть новые диагностические алгоритмы), являющийся частью общей системы DriveMonitor™.

Чтобы свести к минимуму риск выхода из строя подшипников, компания АББ внедрила следующую стратегию предупредительного технического обслуживания: если дефекты подшипников можно выявить на ранней стадии, и если остаточное время их службы можно прогнозировать довольно точно, то можно заранее планировать постановки в док. При этом затраты будут относительно небольшими, а заказчик получит возможность координировать использование судна в соответствии с графиком заходов в док. Таким образом, основная задача состояла в том, чтобы разработать и внедрить конкретные диагностические методики, которые бы на ранней стадии сигнализировали о проблемах, возникших в подшипниках, и тем самым избавляли бы заказчика от возможных тяжелых экономических последствий. Более того, диагностические компоненты необходимо было интегрировать в систему управления силовой установкой Azipod®, давая возможность отделению ABB Marine обеспечивать конечных пользователей широким спектром функций контроля, мониторинга и диагностирования.

После нескольких краткосрочных экспериментальных установок на судах различных типов, которые эксплуатировались в различных морских условиях, было собрано огромное количество

данных о возникающих вибрациях, которые были использованы для окончательной доводки диагностических алгоритмов с точки зрения их надежности и невосприимчивости к ложным аварийным сигналам.

Основная задача состояла в том, чтобы разработать и внедрить конкретные диагностические методики, которые бы на ранней стадии сигнализировали о возникших проблемах в подшипниках.

Это практическое применение в реальных условиях позволило получить достоверные данные, которыми можно воспользоваться для улучшения модуля системы PCMS, обеспечивающего мониторинг подшипников.

Поскольку компания Royal Caribbean полностью доверяет специалистам компании АББ и поддерживает ее в деле усовершенствования системы PCMS, то именно по этой причине в своем окончательном варианте эта система была установлена на одном из крупных круизных лайнеров компании Royal Caribbean. В течение года

проводились измерения и обработка исходных данных с учетом частоты вращения гребного вала и азимутального угла.

Концепция системы была прозрачна, хотя в ней и были использованы некоторые современные методики. Данные о вибрациях на корпусе подшипника собирались с помощью построенного на базе промышленного ПК блока сбора данных, который был установлен внутри системы Azipod®, и в котором эти данные преобразовывались в двоичный формат в виде векторных данных и передавались по беспроводной сети Ethernet на диагностический сервер, размещенный в основной электродиспетчерской корабля. Для обработки данных о вибрациях были использованы хорошо известные методы высокочастотного огибания, а также вновь разработанные алгоритмы, предназначенные для раннего обнаружения ударных импульсов. Весь цикл измерений и вычислений автоматически повторялся через определенные промежутки времени.

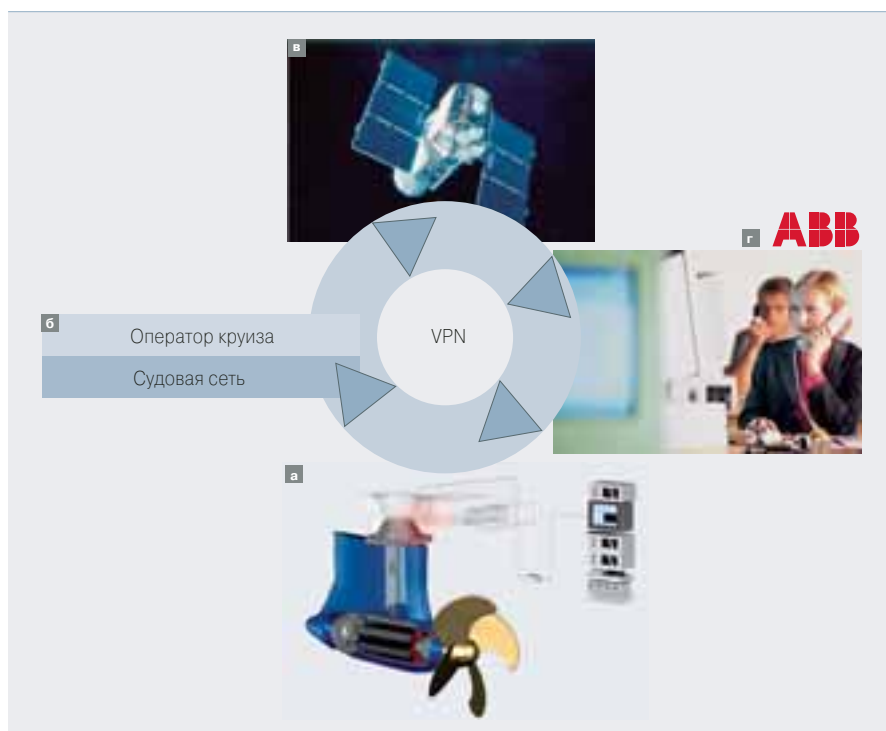
В период своей работы модуль автоматического обнаружения неисправностей не выявил никаких признаков дефектов в подшипниках. В то же время регулярный анализ спектров вибраций привел к выявлению дополнительной информации о работе системы Azipod®. Хотя и не вызывающее опасений, явное существование конкретных гармоник, исходящих как от электрических сетей, так и от механических конструкций, позволило получить дополнительные сведения о поведении системы. Эти данные имеют огромное значение для конструирования подшипников гребного вала на ранних стадиях их проектирования.

Необходимо также было обеспечить возможность дистанционного соединения между находящимися на материке офисами компании АББ и диагностической системой, размещенной на борту судна. С помощью IT-персонала компании Royal Caribbean для доступа к диагностическому серверу было использовано спутниковое соединение VPN (рис. 1), благодаря которому работники компании АББ получили возможность видеть результаты последних расчетов и загружать необходимые данные на своих рабочих местах, проверяя при этом работу системы мониторинга. Специалисты судовой команды регулярно направляли в адрес компании АББ для проведения последующего анализа огромные массивы данных о вибрациях, записанные на компакт-дисках.

#### Создание интегрированной системы PCMS

Диагностика основных подшипников гребного вала, хотя и является важной, охватывает всего лишь небольшую часть всей силовой установки. Она состоит из множества компонентов, включая изготовленные компанией АББ распределитель-

1 Концепция удаленного доступа к находящейся на борту системе PCMS (а), в которой используется VPN соединение с сетью оператора судна (б) с использованием спутниковой линии связи (в) для мониторинга работы силовой установки Azipod® из находящегося на материке офиса компании АББ (г).



ные устройства, защитные реле, преобразователи частоты среднего напряжения, двигатели, трансформаторы и блоки управления, а также продукты, изготовленные другими производителями, например, системы охлаждения и гидравлические системы рулевого управления. Для каждого из этих компонентов существуют сотни различных физических измерений, которые уже определены и используются частично для целей управления, но в основном для визуализации на пультах операторов. Результаты этих измерений несут в себе непосредственную информацию о состоянии устройства, на котором проводились измерения; более того, они содержат в себе скрытую информацию о других компонентах, принимающих участие в процессе.

Действительно трудной задачей является создание системы мониторинга, которая с успехом интегрирует все имеющиеся в наличии данные и представляет собой удобное средство извлечения диагностической информации из получаемых сигналов. Подобная система позволит избавиться от трудоемкой и подверженной ошибкам программной разработки диагностических решений для конкретных приложений. И вот результат: похожий на Excel подход к определению типа, времени и частоты сбора данных и к необходимым расчетам, который дает четкую и единообразную информацию о состоянии каждого конкретного субкомпонента системы.

Техническое видение такой системы как нельзя более соответствует не только сервисной стратегии отделения ABB Marine, но и потребности конечного пользователя в том, чтобы обеспечить поддержку его технического персонала с помощью интегрированного инструмента для мониторинга состояний. Заказчик должен иметь местный или дистанционный доступ как к единообразной информации о состоянии оборудования, так и к журналу истории эксплуатационных

#### Royal Caribbean Cruises, Ltd.

В 1969 году три норвежские судовые компании основали компанию Royal Caribbean Cruises, Ltd. Первый круизный лайнер компании Royal Caribbean вышел в плавание в 1970 году. В настоящее время компания имеет 20 судов, которые принимают на борт свыше 47 тысяч человек. Судно компании Royal Caribbean под названием Song of Norway стало первым пассажирским судном, которое было удлинено; его разрезали на две части и в середину вставили секцию длиной 85 футов. Чистый доход компании в 2005 году превысил 700 миллионов долларов [1].

#### Литература

[1] [www.royalcaribbean.com](http://www.royalcaribbean.com), по данным на июнь 2007 г.

Подъемная система в Седране. ©AlpTransit Gotthard Ltd.



условий силовой установки. Для работы с системой PCMS заказчик также может договориться о персональных сервисных контактах с компанией АББ.

#### Внедрение интегрированной системы PCMS

В системе мониторинга состояний для приводов среднего напряжения, использованных в туннеле Санкт-Готтхарда, равно как и в модуле мониторинга подшипников, использованном в круизном судне, используется платформа компании АББ, известная под названием DriveMonitor™. Поскольку преобразователи частоты, использованные в туннеле и в силовой установке, почти идентичны, то нет ничего удивительного в том, что компания АББ воспользовалась опытом, приобретенным под землей, и применила его на морских просторах.

Действительно трудной задачей является создание системы мониторинга, которая с успехом интегрирует все имеющиеся в наличии данные и представляет собой удобное средство извлечения диагностической информации из получаемых сигналов.

По мере того как компания АББ накапливает информацию, полученную в ходе проведения натуральных испытаний, система PCMS будет приобретать способность «общаться» со всеми субкомпонентами силовой установки и собирать полученную от них информацию. Большинство сигналов

она будет получать от платформы управления и автоматизации Industrial IT System 800xA. Все данные об отказах и аварийных ситуациях, равно как и исходная информация, поступающие от защитных реле, генераторов или трансформаторов системы Azipod®, будут импортироваться в систему PCMS. Множество параметров, сигналов, событий и аварийных ситуаций, поступающих от преобразователя частоты, будет непрерывно контролироваться. Кроме того, для получения дополнительной точной информации о состоянии конкретного элемента оборудования могут использоваться контролирующие устройства других производителей. В случае сбоя системы Azipod® необходимо будет определить внешние условия на момент сбоя (то есть скорость судна, его курс, скорость ветра и волнение на море). Наконец, необходимо обеспечить дистанционный доступ с берега к основному PCMS-серверу, находящемуся в электродиспетчерской судна.

Возможность испытать описанные системы мониторинга состояния в реальных условиях представляет собой единственный гарантированный способ полной разработки системы PCMS. Реальные данные, полученные в реальных условиях, позволяют компании АББ создавать долговечные продукты для решения множества прикладных задач. Однако для этого не обойтись без сотрудничества с заказчиками.

Михал Оркиж

Ярослав Новак

Масий Внэк

ABB Corporate Research

Краков, Польша

[michal.orkisz@pl.abb.com](mailto:michal.orkisz@pl.abb.com)

[jaroslaw.nowak@pl.abb.com](mailto:jaroslaw.nowak@pl.abb.com)

[maciej.wnek@pl.abb.com](mailto:maciej.wnek@pl.abb.com)