



Диагностика, прогнозирование и управление эксплуатацией роторного оборудования на основе информации от систем мониторинга

Русов Валерий .Александрович, к.т.н., ООО Вибро-Центр, Пермь
rusov@vibrocenter.ru



Основные проблемы внедрения систем управления обслуживанием роторного оборудования по техническому состоянию

Внедрение систем управления эксплуатацией роторного оборудования по техническому состоянию требует решения пяти важных задач:

1. Обеспечение эффективного контроля текущего технического состояния оборудования. Для того, чтобы знать текущее техническое состояние оборудования, его необходимо оснастить средствами мониторинга и диагностики. Для роторного оборудования электростанций это преимущественно системы стационарного и периодического мониторинга.

Наиболее ответственное и дорогое роторное оборудование оснащается системами стационарного мониторинга различного уровня, техническое состояние остального оборудования контролируется переносными приборами в режиме периодического мониторинга.

2. Сбор и концентрация информации о текущем техническом состоянии оборудования на общем сервере управления эксплуатацией. На этом сервере должна интегрироваться информация от всех систем мониторинга, используемых на предприятии. В него также должна вводиться и сохраняться информация о всех выполненных дополнительных обследованиях, о проведенных ремонтных и наладочных работах.

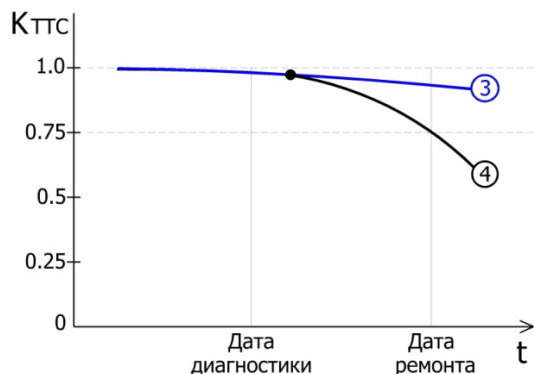
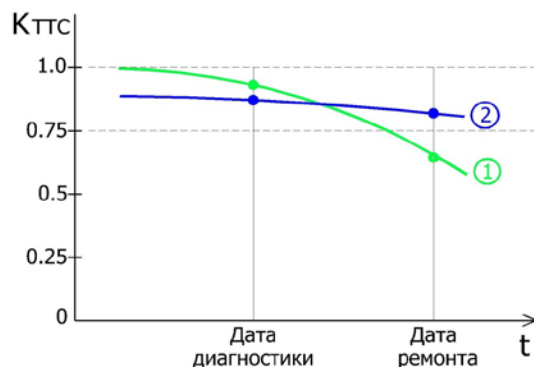
3. Определение текущего технического состояния оборудования. Для этого в системе управления эксплуатацией оборудования комплексно используются два вида диагностики: параметрическая и экспертная.

Параметрическая диагностика базируется на использовании заданных пороговых значений. Экспертная диагностика использует экспертные диагностические правила, которые могут быть заданы экспертами или получены в результате использования самообучающихся систем диагностики. Для вибрационной диагностики лучше использовать экспертные правила.

Параметрическая диагностика эффективна для текущей оценки технического состояния оборудования, а экспертные алгоритмы ориентированы на оценку изменения состояния на будущих этапах эксплуатации, когда дефекты, развиваясь, будут ухудшать техническое состояние.



Основные проблемы внедрения систем управления обслуживанием роторного оборудования по техническому состоянию



4. Одной из важнейших в системе управления эксплуатацией оборудования является задача прогнозирования развития технического состояния в процессе дальнейшей эксплуатации, этим определяется остаточный ресурс оборудования. Сложность заключается в том, скорость ухудшения состояния оборудования различна для каждого агрегата, особенно при наличии дефектов.

Изменение технического состояния в процессе эксплуатации происходит по двум сценариям – нормальному и аномальному. Нормальное изменение состояния происходит по мере постепенного износа и старения оборудования. Возникновение дефектов вызывает аномальное изменение технического состояния и приводит к сокращению остаточного ресурса.

- График 3 – плавно развивающееся во времени (нормальное) ухудшение состояния оборудования при отсутствии дефектов.

- График 4 – дополнительное, аномальное, изменение состояния оборудования по причине возникновения и развития дефектов.

Для учета аномальных процессов ухудшения состояния необходимо использовать адаптивные математические модели, также называемые цифровыми двойниками оборудования. Адаптивность цифрового двойника подразумевает автоматическую корректировку его параметров, позволяющую учесть особенности конструкции и возникновение аномальных процессов износа.

Адаптивные модели развития процессов в различном технологическом оборудовании разработки ООО Вибро-Центр проверены многолетней практикой и подтвердили свою эффективность.



Основные проблемы внедрения систем управления обслуживанием роторного оборудования по техническому состоянию

5. Подготовка информации по управлению эксплуатацией оборудования.

Информация об итогах работы экспертного ядра системы мониторинга и управления обслуживанием, работающего на сервере управления обслуживанием оборудования, предоставляется персоналу в двух видах:

- При помощи различных информационных и активных экранных форм на мониторе АРМ системы управления обслуживанием.
- В виде отчетных справок и документов, автоматически формируемых экспертной системой.

На основании такой информации персоналу проще готовить управляющие воздействия, определяющие параметры дальнейшей эксплуатации, необходимый объем сервисных и ремонтных работ.

Концентрация информации обо всем роторном оборудовании на едином сервере позволяет организовать комплексное управление группами оборудования на более эффективных принципах.

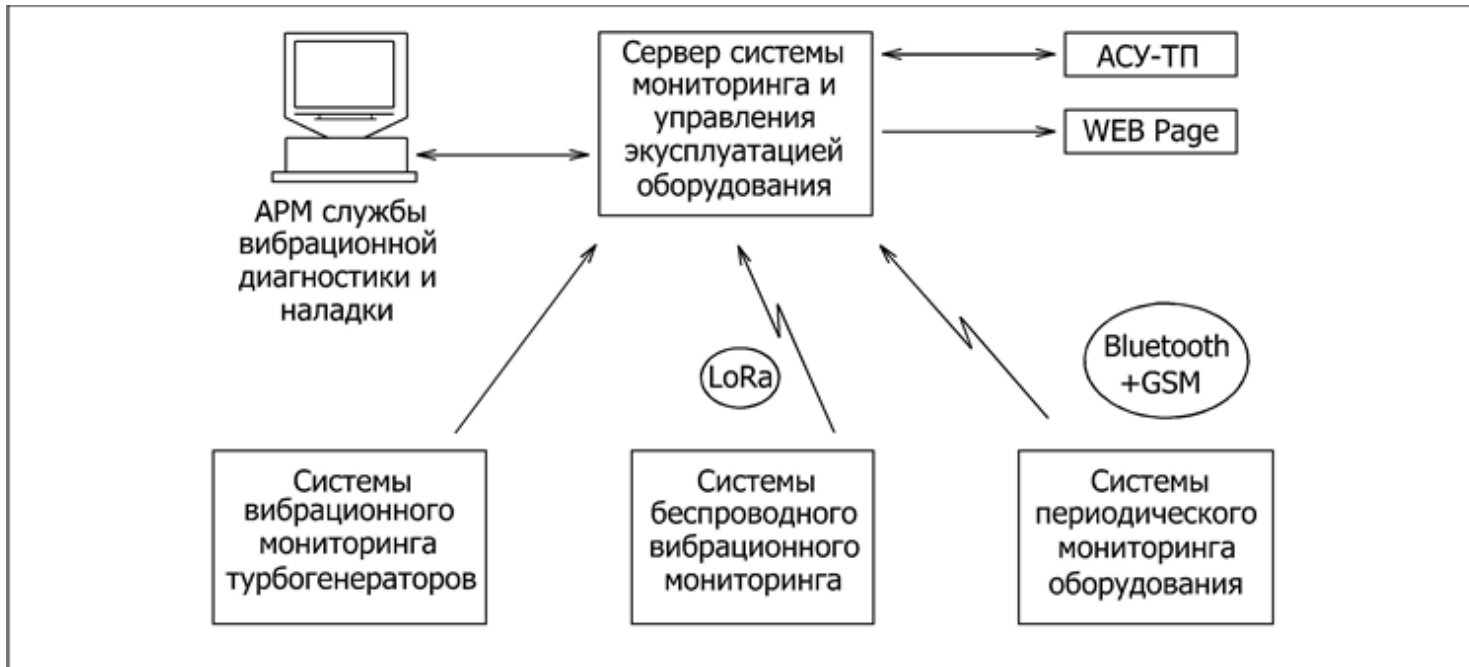
Для этого вращающееся оборудование электрической станции может быть объединено в группы по разным технологическим принципам: энергоблок, цех, функциональное назначение оборудования, подчиненность разным эксплуатационным службам и т. д.

Основополагающим принципом при управлении технологической группой оборудования является принцип поиска и устранения «слабого звена» в группе или. Ремонтные и сервисные воздействия при таком подходе можно планировать в минимальном объеме, достаточном только для повышения технического состояния «слабого звена» до уровня других агрегатов технологической цепи.





Структура технических средств комплексной системы управления эксплуатацией оборудования электрической станции.



Центральным элементом системы мониторинга, диагностики дефектов и управления эксплуатацией является единый АРМ мониторинга. Он включает в себя:

- Выделенный сервер хранения информации с программным обеспечением INVA Vibro, решающий все вопросы по получению, хранению и обработке первичной информации.
- Локальные, сетевые и WEB программные решения для просмотра информации о состоянии роторного оборудования специалистами различных служб станции.

Информация из базы данных и результаты работы экспертных программ доступны не только пользователям локальной сети станции, но и могут быть интегрированы в другие технологические и организационные уровни управления эксплуатацией оборудования.



Способы контроля технических параметров роторного оборудования станции для управления эксплуатацией и обслуживанием

Роторное оборудование станции контролируется системами мониторинга трех видов:

- **Системы стационарного мониторинга с проводными каналами связи.**

Предназначены для контроля основного и наиболее ответственного оборудования. На подшипниках такого оборудования устанавливаются 3-х осевые датчики вибрации, сигналы с которых поступают по кабельным линиям в локальный шкаф мониторинга. Итоговая диагностика, оценка технического состояния и определение остаточного ресурса выполняются в ПО центрального сервера управления эксплуатацией оборудования.

- **Системы стационарного мониторинга, имеющих беспроводное исполнение.**

Предназначены для контроля ответственного и сравнительно мощного оборудования станции. Это второй уровень организации мониторинга роторного оборудования. Такие системы проводят измерение вибрационных сигналов, диагностику дефектов и всю информацию передают по беспроводному интерфейсу в систему управления эксплуатацией оборудования. Достоинствами таких систем являются простота монтажа и низкая стоимость.

- **Системы периодического мониторинга,** при помощи которых контролируется остальное роторное оборудование электрической станции, в которых измерение вибрационных параметров производятся переносными приборами. Полученные данные при помощи стандартных средств смартфона по беспроводному телефонному каналу передаются на сервер системы управления эксплуатацией оборудования. Это «бюджетный уровень» системы мониторинга вибрационного состояния оборудования.

Основу системы управления эксплуатацией оборудования станции составляет специализированный АРМ с программным обеспечением INVA Vibro.

База данных сервера с информацией о состоянии оборудования доступна для специалистов в области вибрационного контроля, которые могут использовать ее своих диагностических и наладочных работ.



Стационарные системы вибрационного мониторинга турбогенераторов и гидроагрегатов с проводными каналами связи



Системы вибрационного мониторинга турбо- и гидрогенераторов являются важнейшей составляющей общей системы управления обслуживанием роторного оборудования электрических станций. В настоящее время все агрегаты уже оснащены системами вибрационного контроля и мониторинга различных фирм.

Практическая эксплуатация этих систем в большинстве случаев подтвердила их высокую надежность и эффективность. Реальной необходимости в их модернизации, а тем более в замене, нет.

Информационным недостатком большинства систем мониторинга турбоагрегатов является то, что обработка первичной информации в них, в лучшем случае, завершается на этапе оперативной диагностики дефектов. Вопросы качественной и количественной оценки текущего технического состояния и подготовки управляющих воздействий в этих системах обычно даже не рассматриваются.

При создании комплексной системы управления эксплуатацией роторного оборудования станции необходимо будет расширить информационный канал, по которому данные будут передаваться на общий сервер.

На сервере вся полученная информация будет анализироваться и обрабатываться. Будет создан цифровой двойник турбоагрегата, отображающий изменение вибрационного состояния на будущие периоды эксплуатации. После чего будут сформулированы необходимые рекомендации по оптимальному управлению эксплуатацией комплекса роторного оборудования энергоблока.



Особенности создания и внедрения систем вибрационного мониторинга для ответственных насосов и вентиляторов энергоблока

Сложнее на станциях решается вопрос с оснащением системами вибрационного мониторинга ответственного насосного оборудования, тяговых и дутьевых вентиляторов. Оптимальным вариантом контроля этого оборудования является установка на нем стационарных систем вибрационного контроля и диагностики.

Однако на практике этого чаще всего не происходит. Стоимость этого оборудования значительно меньше стоимости турбоагрегатов, эти агрегаты проще по конструкции, поэтому установка на них традиционных систем вибрационного мониторинга, экономически нецелесообразна.



В последнее время возник новый класс систем вибрационного мониторинга, в которых датчик, процессор обработки информации, и экспертная диагностическая система органически объединены в общем компактном моноблоке. К этому сейчас производители добавляют встроенную батарею длительного срока службы, до пяти лет, и беспроводной интерфейс для передачи информации.

В результате получается эффективная система, простая в монтаже и практически не требующая обслуживания. Стоимость такой системы мониторинга, по сравнению с классическими, использующими проводные каналы связи, меньше в 10-20 раз, что позволяет эффективно использовать ее на агрегатах мощностью от 1000 кВт и даже меньше.

Беспроводные системы вибрационного контроля выпускаются несколькими фирмами в мире и в России. Все они имеют разную конструкцию и различаются по своему назначению.



Беспроводная система вибрационного мониторинга вращающегося оборудования марки ViBlock, технические возможности

Система мониторинга марки ViBlock предназначена для:

- 3D контроля вибрация роторного оборудования.
- Измерения температуры оборудования в месте установки.
- Учета реальной наработки оборудования.

В первичном приборе системы ViBlock производится:

- Параметрическая оценка текущего технического состояния оборудования.
- Диагностика до 12 дефектов при помощи встроенной экспертной системы.
- Определение остаточного ресурса с использованием цифрового двойника.

Использование в ViBlock встроенных адаптивных математических моделей для разных типов оборудования позволяет определять остаточный ресурс в размерности времени работы до перехода в предаварийное состояние.

Результаты работы ViBlock передаются по двум беспроводным интерфейсам на смартфон или на сервер в ПО вибрационного мониторинга INVA Vibro.

При помощи беспроводного интерфейса связи Bluetooth производится оперативная передача полной информации на смартфон или компьютер, но только на сравнительно небольшое расстояние, до 10–30 метров.

При помощи беспроводного интерфейса LoRa (Long Range) информация передается на большие расстояния, до нескольких км. При этом передается только небольшой объем данных – интегральные параметры вибрации и основные результаты работы экспертной системы.

Использование встроенной заменяемой батареи, рассчитанной на 5 лет, расширяет возможности и эффективность применения системы ViBlock.

Также разработана версия беспроводного датчика для контроля вибрации лобовых частей крупных электрических машин.





Периодический мониторинг вибрационного состояния оборудования при помощи виброметра ViPen с беспроводным интерфейсом связи

Периодические измерения вибрационного состояния удобно проводить при помощи переносного виброметра марки ViPen.

Достоинства виброметра ViPen:

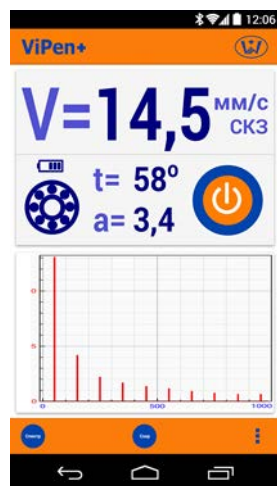
- В корпус виброметра встроены датчик вибрации и пирометр.
- Удобный металлический корпус, экран закрыт ударопрочным стеклом.
- Управление работой осуществляется при помощи сенсорной кнопки.
- Время непрерывной работы от аккумулятора не менее 8 часов.

В прибор ViPen реализован алгоритм диагностики подшипников качения. Результаты вибрационной диагностики уточняются автоматическим измерением температуры подшипникового узла.

Виброметр может быть поставлен в двух версиях: стандартный виброметр ViPen для контроля параметров вибрации; и ViPen+ со встроенной функцией передачи информации по беспроводному интерфейсу Bluetooth в смартфон или на планшет.

Для применения в системах управления эксплуатацией роторного оборудования необходимо использовать прибор ViPen+. В этом случае все функции виброметра дублируются на экране смартфона. Дополнительно на экране смартфона можно просмотреть спектр вибрационного сигнала, что расширяет диагностические возможности виброметра ViPen+, превращая компактный виброметр в анализатор вибрационных сигналов начального уровня.

Всю информацию можно сохранить в памяти смартфона, а по стандартным телефонным каналам связи она может быть сразу же передана на сервер системы управления эксплуатацией роторного оборудования.





Возможности расширения функций системы управления эксплуатацией оборудования электрической станции по техническому состоянию

Фирма Вибро-Центр входит в состав группы отечественных компаний, занимающихся производством и внедрением систем мониторинга и управления эксплуатацией технологического оборудования.

Все фирмы группы работают на единой платформе технических и программных средств мониторинга и управления эксплуатацией оборудования.

В эту же группу входит фирма ДИМРУС, которая разрабатывает и внедряет системы мониторинга и диагностики высоковольтного оборудования: крупных электрических машин, высоковольтных выключателей, кабельных линий, силовых трансформаторов и т. д.

Системы управления эксплуатацией высоковольтного оборудования фирмы ДИМРУС основываются на контроле частичных разрядов в изоляции, вибрации, температуре и основных технологических параметров.

Возможным развитием системы управления эксплуатацией роторного оборудования электрической станции может быть органичное слияние систем мониторинга роторного и высоковольтного оборудования в единый технический и программный комплекс, реализованный на общем сервере, использующем общее программное обеспечение INVA.

В результате такого объединения будет создана единая система управления эксплуатацией электромеханического и высоковольтного оборудования всей электрической станции.



Спасибо за внимание