

Мобильная система вибродиагностики и виброналадки турбоагрегатов – МСВД «Вибро- Expert»

(НПП «МЕРА», ЗАО «КВАРЦ-Западная Сибирь», НТЦ «Тюменьинжиниринг»)

Мобильная система вибродиагностики и виброналадки (МСВД) представляет собой комплекс программных и технических средств, предназначенных для комплексного решения задач вибрационных исследований, вибродиагностики и многоплоскостной динамической балансировки валопроводов турбоагрегатов в собственных подшипниках во всем диапазоне частот вращения.

Состав комплекса МСВД «Вибро- Expert»:

1. Переносной 16-и канальный регистратор-анализатор динамических сигналов МС-300М. (НПП «МЕРА» г. Королев).
2. Программа регистрации и экспресс обработки MR-300. (НПП «МЕРА»).
3. Программа обработки и анализа сигналов «WinПОС -Expert». (НПП «МЕРА»).
4. Программный модуль «Виброанализ» в составе программы «WinПОС - Expert». (НПП «МЕРА», ОАО «Тюменьэнерго»).
5. Программа виброналадки и анализа вибрационного состояния вращающегося оборудования «Extendet PVT». (НТЦ «Тюменьинжиниринг»).
6. Программа вибродиагностики «Expert-VD» (**проект**). (НТЦ «Тюменьинжиниринг»).
7. Метод диагностирования резонансных колебаний и усталостных трещин. (НТЦ «Тюменьинжиниринг»).
8. Формуляры отчетов и обмена данными между программами. (ОАО «Тюменьэнерго», НТЦ «Тюменьинжиниринг»).
9. Положение (инструкция) по организации и проведению вибрационного обслуживания (вибрационных исследований, вибродиагностики и виброналадки) турбоагрегатов электростанций. (ОАО «Тюменьэнерго», НТЦ «Тюменьинжиниринг»).

Регистратор-анализатор динамических сигналов МС-300М.

Важнейшими достоинствами измерительного комплекса МС-300М являются:

- Многоканальность (до 24 каналов).
- Запись и сохранение непосредственно самих вибрационных сигналов.
- Синхронность записи по всем каналам.
- Универсальность и гибкость настройки любых конфигураций прибора и их сохранение.
- Широкий частотный (до 32 КГц) и практически неограниченный динамический диапазоны измерений.
- Большой объем памяти (не менее 120 Гбт).

Это позволяет для анализа записанной информации применять любые известные виды и алгоритмы обработки вибрационных сигналов и внедрять эффективные методы вибродиагностики с применением взаимного корреляционного анализа, а также формировать результаты обработки, расчетов и анализа в необходимом для потребителя виде.

Программа регистрации и экспресс обработки MR-300.

Программа MR-300 работает в составе измерительного комплекса МС-300М и осуществляет следующие функции:

1. Функции регистратора (в темпе измерений).
2. Функции экспресс анализа (в темпе измерений).
3. Автоматизированное формирование отчета (в темпе измерений).

Подробная характеристика функциональных возможностей аппаратно-программного комплекса МІС-300М + MR-300 приведена в приложении 3.

На рис. 1 представлен внешний вид регистратора МІС-300М с программой MR-300.

Аппаратура может комплектоваться любым видом и типом датчиков, имеющих любые технические характеристики, в соответствии с техническим заданием потребителя.



Рис.1. Типовой вид программы MR-300 в составе прибора МІС-300М. Обеспечивается вывод измеряемых величин и преобразованных параметров на дисплей одновременно по произвольному количеству каналов (до 24).

Программа обработки и анализа сигналов «WinПОС -Expert».

Обработка и анализ сигналов осуществляется программой «WinПОС -Expert».

Особенностями программы WinПОС-Expert являются:

1. Пакетная обработка данных;
2. Сигналы длиной до 2 миллиардов значений;
3. Более 50 алгоритмов обработки сигналов (спектральный анализ, корреляционный анализ, фильтрация, расчет огибающей, интегрирование, дифференцирование, функции когерентности, вероятностные характеристики и др.);
4. Мощный графический интерфейс (2d и 3d);
5. Подготовка отчетов;
6. Пакет расчета и анализа любых вибрационных параметров и их характеристик в выбранных полосах частот (виброускорения, виброскорости, виброперемещения, тренды, спектры, АФЧХ, каскадные спектры, частоты вращения, гармоники частот вращения и др.);
7. Средства оформления графиков и подготовки отчетов (комментарии, выноски, маркеры, гармонический и модуляционный курсоры, номера линий и т.п.):
 - свободное конфигурирование графиков на странице;
 - любые пространственные трансформации трехмерных графиков, их сечения и проекции;

- оформление графиков комментариями, выносками, подписями;
- оформление результатов в виде формуляров и таблиц;
- выдача на печать;
- сохранение результатов в файле;
- вставка в документ MS Word.

8. поддержка сценариев (VBSkript).

Программа «WinПОС -Expert» постоянно совершенствуется с учетом замечаний и предложений специалистов в области вибрации и вибродиагностики. Для формирования отчетов и автоматизации обмена данными с другими программами разработаны шаблоны, таблицы и формуляры измерений и расчетов вибрационных параметров в форматах MS Excel и RTF. Состав отображаемых в формулярах параметров вибрации может формироваться по усмотрению пользователя. Данные из таблиц Excel автоматически используются специальной программой виброналадки турбоагрегатов «Extendet PVT».

Программа виброналадки турбоагрегатов «Extendet PVT».

Программа виброналадки турбоагрегатов «Extendet PVT» разработана для многоплоскостной балансировки валопроводов ТА во всем диапазоне частот вращения. Программа может применяться для анализа векторных изменений вибрации, зависящих от эксплуатационных факторов, а также для расчета порядка установки рабочих лопаток на дисках при их переоблопачивании.

Программа «Extendet PVT» осуществляет:

- ввод исходной вибрации и ДКВ, либо исходной и конечной вибрации (с клавиатуры, интерфейс программы);
- автоматический ввод исходной и конечной вибрации с формуляров Microsoft Excel;
- автоматический расчет ДКВ, с последующим их выводом в формуляр MS Excel, и формирование базы данных по ДКВ;
- автоматическую загрузку ДКВ, выбранных пользователем в базе данных для балансировочных расчетов;
- автоматический и полуавтоматический поиски оптимальных положений и масс балансировочных грузов при многоплоскостной балансировке;
- сохранение проектов на жесткий диск для последующей работы;
- настройка интерфейса под пользователя;
- автоматический расчет развески деталей ротора.

Расчет балансировочных грузов программой «Extendet PVT» производится методом векторных диаграмм, который позволяет наглядно отображать процесс балансировки и оперативно осуществлять экспресс-анализ влияния изменений в исходных данных, а также изменений массы и углов установки балансировочных грузов, на конечные результаты расчета. Программа «Extendet PVT» практически не имеет ограничений по количеству балансировочных плоскостей, ДКВ и векторов вибрации, участвующих в расчете.

Достоинствами программы «Extendet PVT» являются:

- автоматический ввод/вывод данных;
- автоматизированное отображение на дисплее балансировочных расчетов в виде векторных диаграмм, полностью исключая ручные построения векторов при расчетах;
- автоматизированный экспресс-анализ влияния изменений масс и углов установки балансировочных грузов, (не требующий дополнительного ввода данных об этих изменениях), на конечные результаты расчета (остатки вибрации);
- расчет балансировочных грузов с учетом данных по вибрации на промежуточных (критических) частотах вращения;

- многовариантность расчетов с возможностью быстрого анализа результатов и выбора оптимальных вариантов.

Эти достоинства программы «Extendet PVT» обеспечивают высокую эффективность виброналадочных работ:

- уменьшение количества балансировочных пусков;
- выбор наиболее эффективных и оптимальных сочетаний плоскостей коррекции при многоплоскостной балансировке валопроводов ТА;
- снижение уровня вибрации опор и динамических прогибов валопровода до допустимых значений во всем диапазоне частот вращения и любых режимах работы агрегата;

Программа вибродиагностики «Expert-VD» (проект).

В программе «Expert-VD» реализованы алгоритмы, которые диагностируют следующие дефекты:

- Диагностирование резонансных колебаний (установление объекта, который резонирует, определение уровня и частот резонансов, выявление источников динамических возмущений, возбуждающих резонансные колебания).
- Дисбалансы роторов (симметричные, кососимметричные), место нахождения относительно опор ротора.
- Все виды расцентровок (сдвиг осей, раскрытие торцов полумуфт).
- Дефекты соединительных муфт, вызывающие радиальные и угловые смещения осей соединяемых муфтой роторов (коленчатость и торцевые перекосы).
- Ослабление (исчезновение) предварительного натяга на вкладышах подшипников.
- Автоколебательные процессы в подшипниках скольжения и НЧВ.
- Изменение жесткостных характеристик деталей и узлов турбоагрегата.
- Наличие и уровень частотных составляющих: 25,0 Гц, 75,0 Гц, 125,0 Гц 175,0 Гц.

Достоинством программы «Expert-VD» является высокая степень достоверности диагностирования, которая достигается:

1. Внедрением нового метода диагностирования резонансных колебаний и усталостных трещин с применением взаимного спектрального и корреляционного анализа, позволяющего локализовать источники возбуждаемых вибраций.
2. Использованием в алгоритмах диагностирования диагностических признаков дефектов, которые определены на основании экспериментальных исследований различных типов агрегатов: газоперекачивающих агрегатов (ГТК-10-4), газотурбинных двигателей авиационного типа (ГТД НК-12, 14), энергетических газотурбинных установок (ГТ-35, ГТУ-65), стационарных паровых турбоагрегатов (Т-100-130, Т-180/210-130, К-215-130, К-800-240-5).

Метод диагностирования резонансных колебаний и усталостных трещин.

Приоритетной задачей программы вибродиагностики «Expert-VD» является диагностирование резонансных колебаний и усталостных трещин в элементах и узлах турбоустановок.

Важность диагностики резонансных процессов определяется тем, что они сопровождаются максимальным уровнем вибрации и динамических напряжений элементов установки и, в большинстве случаев, являются первопричиной неисправностей и поломок оборудования. Своевременное выявление резонансных колебаний с точной локализацией места возбуждения позволяет предупредить усталостные повреждения деталей и узлов

турбоагрегата, предотвратить цепь последующих разрушений и сохранить работоспособность агрегата.

Метод и алгоритмы диагностирования резонансных процессов, реализованные в программе вибродиагностики «Expert-VD», перспективны для применения в стационарных автоматизированных системах виброконтроля и вибродиагностики паротурбинных и газотурбинных агрегатов.

Метод основан на специальной обработке вибрационных сигналов с применением взаимного спектрального и корреляционного анализа и получением функции когерентности, которая является количественной мерой взаимосвязанных колебательных процессов. Данный метод контроля вибрационных процессов в непрерывном режиме позволяет диагностировать возникающие дефекты не только силового возбуждения вибрации, но и дефекты, способствующие возбуждению резонансных колебаний и приводящие к усталостным повреждениям.

Применение данного метода позволяет решать задачи не только диагностирования, но и прогнозирования технического состояния агрегата, так как обеспечивает контроль с момента зарождения дефекта, определяет деталь или узел его нахождения, следит за тенденцией его развития и появления усталостной трещины.

Организационное и методическое обеспечение применения МСВД «Вибро-Expert».

Документация:

1. Регистратор МС-300М. Руководство по эксплуатации.
2. Программа регистрации и экспресс обработки MR-300. Руководство пользователя.
3. Программа обработки сигналов «WinПИС -Expert». Руководство пользователя.
4. Программа виброналадки турбоагрегатов «Extend PVT». Руководство по эксплуатации.
5. Программа вибродиагностики «Expert-VD». Руководство пользователя.
6. Методические материалы по организации и проведению вибрационного обслуживания (вибрационных исследований, вибродиагностики и виброналадки) турбоагрегатов электростанций могут быть оформлены, по отдельному соглашению, в виде Инструкции (Положения), утверждаемых руководителем энергопредприятия или компании.

Оформление отчетов.

- Программные средства подготовки отчетов МСВД «Вибро-Expert» позволяют обеспечить полноту и качественный уровень оформления и представления материалов виброисследований, вибродиагностики и виброналадки турбоагрегатов, в необходимом для пользователя объеме и формате.
- Примеры оформления и представления материалов по виброисследованиям приведены в приложениях 1 и 2.
- Опыт применения МСВД «Вибро-Expert» для вибродиагностики газотурбинных установок и некоторые материалы с результатами исследований, представлены в статье: «Исследования вибрационного состояния газотурбинной установки Siemens V64.3A на пусковых режимах и под нагрузкой при опытно-промышленной эксплуатации». (Сборник докладов ВТИ: «Проблемы вибрации, виброналадки, вибромониторинга и диагностики оборудования электрических станций», Москва, 2005).

Область применения МСВД «Вибро-Expert».

Мобильная система вибродиагностики МСВД «Вибро-Expert» может применяться на электростанциях, газонефтепроводах, железнодорожном, морском и авиационном транспорте и других промышленных предприятиях и комплексах для проведения вибрационных исследований, вибродиагностики и виброналадки ответственных установок, машин и механизмов, преимущественно турбомашин, с целью своевременного выявления дефектов и обеспечения вибрационной надежности и безопасности объектов на этапе их эксплуатации.

Наиболее эффективное применение МСВД «Вибро-Expert» может найти в энергетике на ТЭС и АЭС для решения следующих задач:

- совершенствования вибрационного обслуживания турбоагрегатов;
- формирования и ведения паспортов вибрационного состояния турбоагрегатов;
- минимизации затрат на обслуживание и ремонт оборудования;
- повышения надежности и предупреждение аварийных повреждений и разрушений оборудования;
- диагностики технического состояния турбоагрегатов, выявления развивающихся дефектов и разработке рекомендаций по предотвращению их опасного развития;
- планирования ремонтных работ по техническому состоянию турбоагрегатов и оценка качества ремонтов;
- обобщения и систематизации информации о дефектах турбоагрегатов, характере и особенностях их вибрационного состояния;
- анализа данных по дефектам и их вибрационным диагностическим признакам;
- предоставление консультативных услуг и разработки рекомендаций по нормализации вибрационного состояния оборудования;
- повышения эффективности виброналадочных работ, сокращения количества балансировочных пусков турбоагрегатов;
- формирования, обобщения и систематизации баз данных по динамическим коэффициентам влияния (ДКВ-АФЧХ) балансировочных грузов для всего диапазона частот вращения валопроводов турбоагрегатов.