

В системе использована имеющаяся на предприятии ЭВМ "Днепр".

Рассмотренная автоматизированная система спектрального анализа успешно внедрена на одном из моторостроительных предприятий. Ее использование позволило сократить процесс обработки результатов спектрального анализа примерно в 12 раз и дало существенный экономический эффект.

Описанная система может быть использована для автоматизации исследования любых динамических процессов, сигналы которых представлены в виде случайных стационарных эргодических процессов.

Л и т е р а т у р а

1. С и д о р е н к о М.К. Виброметрия газотурбинных двигателей. М., "Машиностроение", 1973.
2. Х а р к е в и ч А.А. Спектры и анализ. М., Государственное издательство физико-математической литературы. 1962.

В.И. Бояринцев, Л.А. Варжицкий, П.П. Власов,
Н.А. Камынин, М.К. Сидоренко

СИСТЕМА ЦИФРОВОЙ ОБРАБОТКИ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ДАННЫХ ДЛЯ ДИАГНОСТИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ ГТД

(Куйбышев)

Виброакустическая диагностика обладает большими возможностями в обеспечении безопасности и экономической эффективности эксплуатации газотурбинных двигателей. Необходимое условие практической реализации этих потенциальных возможностей - автоматизация процедуры диагностирования. Эффективность разработки и реализации автоматизированных систем виброакустической диагностики в значительной мере предопределяется степенью учета ряда специфичных для газотурбинной техники требований. Сложность объектов диагностирования и многообразие действующих нагрузок предопределяют необходимость съема виброинформации во многих точках объекта. Измере-

ния виброакустических сигналов в широком частотном диапазоне дополнительно увеличивают объем виброинформации. Большой объем информации, статистический характер ее и сложность физической природы неисправностей требуют привлечения методов теории распознавания образов на этапе принятия решений.

Виброакустическая диагностика осуществляется в основном по сигналам внешних вибропреобразователей, что требует определения передаточной функции диагностируемых элементов и узлов двигателя на основе теории идентификации.

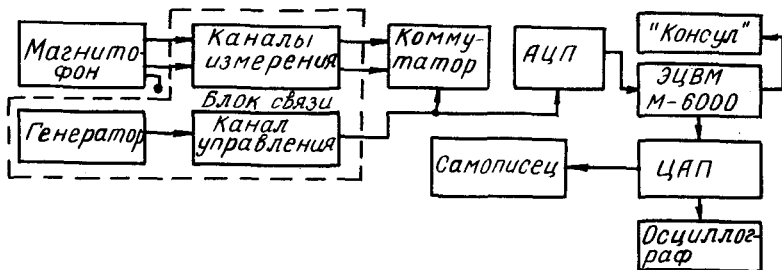
Важной задачей виброакустической диагностики является локализация неисправностей и идентификация их причин. Процедура диагностирования должна выполняться оперативно, что часто требует обработки вибросигналов в реальном масштабе времени. Для удовлетворения изложенных требований, учитывая реальные возможности вычислительной техники, необходимо в полной мере использовать данные о виброакустических процессах в ГТД с целью расширения возможностей автоматизированных систем, оптимизации методов обработки.

Поэтому при разработке технических требований к структурной схеме использованы результаты ранее проведенных работ по разработке моделей процессов и объекта диагностирования, по исследованию общего частотного диапазона вибрации и ширине спектра, характерных для неисправностей сигналов. Показано, что многие задачи выделения признаков решаются методами оптимальной фильтрации. В данном случае система должна обеспечивать три адекватных виброакустическим процессам в ГТД метода (спектральный, следящий спектральный, когерентное накопление), вторичную обработку для формирования комплекса диагностических признаков и реализации алгоритмов распознавания и прогнозирования технического состояния объекта. Желательно обеспечить возможность накопления диагностической информации для выработки рекомендаций по обслуживанию объекта.

При разработке системы учитывался отечественный и зарубежный опыт реализации автоматических систем обработки экспериментальных данных.

Структурная схема разрабатываемой системы представлена на рис. 1.

Виброакустические сигналы, записанные на магнитофон, поступают на блок связи с ЭЦВМ М 6000. Специальный блок связи с ЭЦВМ состоит из канала измерения и каналов управления. В каждый канал из-



Р и с. I. Структурная схема системы

мерения входят фильтры нижних частот с переключаемой полосой пропускания, дополнительные усилители с изменяемым коэффициентом усиления для масштабирования выходных результатов. С выхода последних сигналы поступают через коммутатор на одноканальный АЦП. Канал управления обеспечивает запуск АЦП от сигнала генератора переключатель П в положение I и от сигнала датчика частоты вращения ротора, записанного на один из каналов магнитофона, что дает возможность изменить частоту квантования виброакустических сигналов в соответствии с законом изменения частоты вращения ротора. Этим достигается возможность реализации следящего спектрального анализа и когерентного накопления. Этот способ следящего анализа удобен еще и тем, что программа работы машины не отличается от программы обычного спектрального анализа. Вывод информации осуществляется на цифропечатающее устройство "Консул", осциллограф и самописец. При необходимости результаты могут быть выведены на перфоленту с целью передачи данных в более мощные ЭЦВМ для накопления диагностической информации и реализации сложных алгоритмов распознавания и прогнозирования.

Технические характеристики системы задавались в соответствии с требуемыми для решения задач виброакустической диагностики ГТД. Общий исследуемый частотный диапазон сигналов находится в пределах от 20 Гц до 20 кГц, амплитудный диапазон - 50 дБ. Относительная

полоса спектрального анализа больше или равна 0,8% из условия превышения относительной ширины составляющей. При следящем анализе сужению полосы препятствуют погрешности отслеживания флуктуаций частоты вращения ротора, минимально достижимая полоса анализа составляет 0,1%. Максимальная погрешность оценок интенсивностей диагностических составляющих вибрации не превышает 0,5 дБ (без учета погрешностей первичных преобразователей). При следящем анализе вибрации на переходных режимах ГТД система позволяет оценивать интенсивности первых гармоник роторной вибрации в реальном масштабе времени. При измерении высокочастотных составляющих вибрации, вызываемой зубчатыми подшипниками, ступенями компрессора и турбины, система получает от 50 до 100 точек зависимостей их интенсивностей от частот вращения соответствующих роторов.

Математическое обеспечение, необходимое для данной системы, включает программы вычисления прямого и обратного преобразований Фурье, программы следящего анализа и когерентного накопления, программы вторичной обработки с целью выделения комплекса диагностических признаков, программы распознавания и прогнозирования технического состояния ГТД.

Новизна представляемой системы по сравнению с известными определяется применением методов выделения диагностических признаков, адекватных виброакустическим сигналам, изменением частоты квантования пропорционально частоте вращения ротора и применением специализированных к задачам диагностики ГТД алгоритмов распознавания.

Таким образом, на основе изучения и обобщения свойств виброакустических процессов в ГТД выработаны оптимальные требования к автоматизированной системе для диагностических исследований ГТД. Разрабатываемая система находится в стадии испытаний, получаемые результаты удовлетворяют поставленным требованиям.