ИЗМЕРЕНИЕ ШИРОКОПОЛОСНОЙ ВИБРАЦИИ И ДИАГНОСТИКА СОСТОЯНИЯ АВИАЦИОННЫХ ГАЗОТУРБИННЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ В ЭКСПЛУАТАЦИИ

VIBRATION MEASURING END CONDITIONS DIAGNOSTIC OF AIRCRAFT JET ENGINE IN MAINTENANCE

МОСКВА, АО «ДИНАМИКА», МОСКВА, ФГУП «ТМКБ «СОЮЗ»
MOSCOW, JSC DYNAMIC LTD, MOSCOW, STATE UNITARY ENTERPRISE "TMDB "SOYUZ"

In this paper presented feature of vibration diagnostic system of aircraft jet engines, and also results of its using at prolongation of the engine running time by "TMDB "Soyuz".

Авиационный газотурбинный двигатель с точки зрения вибрационной диагностики в эксплуатации является чрезвычайно сложным техническим объектом. Основные проблемы, которые приходится решать при проведении вибрационных измерений авиационных двигателей - это ограниченное количество датчиков вибраций, высокие температуры (до 200⁰С и выше) накладывающие жесткие ограничения на применяемые датчики вибраций; необходимость работы в аэродромных условиях (отрицательные температуры окружающего воздуха, высокое звуковое давление). В то же время, штатные средства контроля вибраций обеспечивают только измерение общего уровня вибраций в полосе роторных частот, что не позволяет диагностировать практически только рост дисбалансов роторов, Состояние подшипников, рессор, агрегатов двигателя оценить штатными средствами контроля вибраций невозможно.

Для решения задач оценки технического состояния авиационных газотурбинных двигателей и их агрегатов в условиях эксплуатации АО «Динамика» разработан измерительно-диагностический комплекс, основанный на современных методах цифровой обработки информации,

Комплекс может быть настроен для измерения и диагностики практически любых газотурбинных двигателей. При построении измерительной системы могут быть использованы любые типы датчиков вибрации, хорошо зарекомендовавшие себя при измерении вибраций данного типа двигателей. В рассматриваемом варианте измерительной системы, адаптированной для двигателей, сопровождение которых ведет ТМКБ «Союз», применяются индукционные датчики вибраций типа МВ-27. Основное преимущество датчиков данного типа заключается в том, что сигнал, генерируемый датчиком имеет амплитуду, достаточную для непосредственного измерения, без применения усилительной аппаратуры. Амплитудно-частотная характеристика датчика позволяет не применяя аналоговых фильтров измерять широкополосные вибрационные сигналы двигателя по частоте до 800-1000 Гц.

В качестве вычислительной базы используется мобильная ПЭВМ в промышленном исполнении типа Fieldworks. Данная ПЭВМ предназначена для работы в полевых условиях. В комплексе вибрационной диагностики данная ПЭВМ оснащается адаптером аналого-цифрового преобразования и тахометрии, разработанным специально для измерения вибраций авиационных ГТД. Адаптер обеспечивает 4 канала измерения вибраций и 3 канала измерения частоты сигнала, 16-ти разрядное АЦП с быстродействием 100000 измерений/сек, широкий диапазон программируемых коэффициентов усиления (1 – 160), программируемые фильтры низкой частоты, 2 FIFO буфера по 4 Кслова, что позволяет решать практически любые задачи измерения и анализа вибраций авиационных газотурбинных двигателей в эксплуатации.

Блок измерения частот вращения роторов построен на однокристальном микропроцессоре. Подобное решение позволяет вычислять с высокой точностью частоты вращения роторов двигателя. Вариант измерения сигналов с датчиков частоты вращения роторов через канал АЦП с дальнейшим вычислением частоты сигнала гораздо менее эффективен, поскольку сильно перегружает шину ПЭВМ малоинформативным сигналом.

Измерительная система комплекса содержит 4 канала измерения вибраций двигателя и 2 канала измерения частоты вращения роторов двигателя. Вибрационные сигналы поступают с двух штатных и двух дополнительных датчиков вибраций. Дополнительные датчики, устанавливаемые для проведения вибрационной диагностики, монтируются по возможности вблизи узлов и агрегатов, оценка состояния которых должна быть проведена наиболее точно.

Программное обеспечение комплекса работает под управлением ОС Windows 95/NT/2000 и обеспечивает управление измерением, автоматизированный контроль вибрации, регистрацию широкополосных вибрационных сигналов в объеме, достаточном для

проведения диагностики технического состояния основных узлов и агрегатов двигателя и непосредственно диагностику.

Начало процесса регистрации широкополосных вибрационных сигналов совпадает с запуском двигателя. Аналогично, остановка регистрации происходит после полной остановки роторов двигателя. При выключении двигателя, то есть при снижении частот вращения роторов двигателя ниже малого газа, начинается подсчет времени выбега роторов. Во время работы комплекса на экране отображается необходимая информация – частоты вращения роторов двигателя, уровни вибрации, измеренные по штатным датчиком вибрации в соответствии с инструкцией по эксплуатации двигателя, спектры по запрошенным каналам измерения, осциллограммы.

В зависимости от глубины проводимой диагностики, оцифрованные широкополосные вибрационные сигналы могут накапливаться в базе данных, либо вся диагностика проводится в оперативном режиме, непосредственно во время работы двигателя без накопления базы данных. Для проведения диагностики отдельных узлов и агрегатов двигателя необходимо обеспечить строгое выполнение определенной программы испытаний, в управление комплексом введены клавиши запуска / останова диагностики.

Здесь же находится и информационное табло, запрещающее смену режима работы двигателя, пока проводится регистрация широкополосной вибрации для диагностики.

Таким образом, описываемый в настоящей статье измерительно-диагностический аппаратно-программный комплекс максимально приспособлен для работы в условиях эксплуатации. Для работы с ним требуется минимальное время для обучения персонала. Комплекс может работать как самостоятельная функциональная единица, так и в составе более общих контрольно-диагностических систем.

Сертификация комплекса проведена Российским Авиационно-Космическим Агентством. Измерительная система комплекса обеспечивает высокую точность измерения вибрационных сигналов, вычисления спектральных амплитуд – не более 1%, а также высокую точность определения частоты тахосигналов – 0,01%.

В зависимости от условий применения и требований эксплуатирующих организаций возможны различные варианты поставки комплекса. Базовый вариант обеспечивает в автоматическом режиме регистрацию вибрационных сигналов, спектральный анализ и диагностику и сразу после выключения двигателя выдает заключение типа «исправен»/«обратить внимание»/«неисправен». Дополнительно могут быть поставлены средства накопления результатов вибрационных измерений (аналог цифрового магнитофона), ведения баз данных. Подобные средства позволяют использовать не только базовые диагностические функции, но и вести анализ трендов компонент вибрационных сигналов, то есть скорости изменения вибрационных свойств двигателей.

Комплекс неоднократно использовался ТМКБ «Союз» при проведении работ по оценке технического состояния двигателей при продлении ресурса двигателей, в том числе и за рубежом, в Румынии, Венгрии и др. В составе комплексной системы контроля двигателя КСК-88 комплекс был поставлен в Германию, ведется поставка в Малайзию.