

Б.В.Червонюк, Б.Б.Корозин

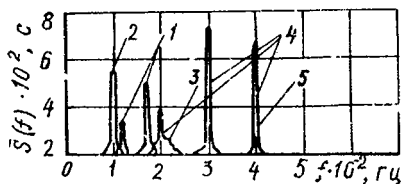
Идентификация опасных динамических процессов в ГТД по вибросигналу

Известно, что вибрация ГТД, как правило, содержит составляющие, частота которых определяется частотами вращения роторов [1], а при удачном выборе места установки вибродатчиков и соответствующих алгоритмах обработки их показаний имеется возможность по компонентам вибросигнала надежно выявлять и некоторые другие динамические процессы в двигателе [2]. Эффективное использование вибросигнала для идентификации различных динамических процессов в двигателе предполагает возможность выбора в спектре сигнала полосы частот, в которой проявляется высокая виброчувствительность системы к анализируемому процессу при малом уровне шумов.

Ввиду нелинейности механизма возбуждения вибрационного горения [3], сопровождающегося интенсивными периодическими пульсациями параметров потока, в спектре вибрации корпуса камеры сгорания двигателя всегда имеются узкополосные составляющие с центральными частотами, кратными основной частоте пульсаций. Интенсивность некоторых из этих составляющих в связи с наличием большого числа близко расположенных собственных частот колебаний корпуса камеры сгорания из-за резонанса конструкции может оказаться существенно больше, чем у составляющих вибрации на основной частоте пульсации давления в камере сгорания.

Наличие большого числа значимых составляющих вибрации корпуса камеры сгорания, характеризующих процесс вибрационного горения, гарантирует надежный выбор оптимальной полосы частот для построения систем раннего обнаружения этого опасного для двигателя процесса (рис.1). Такая система была реализована и успешно использована при

Рис.1. К выбору полосы частот для идентификации вибрационного горения по спектру вибросигнала: 1—составляющие роторной вибрации; 2—составляющая вибрации корпуса на основной частоте вибрационного горения; 3—вибрационный шум вблизи составляющих на частоте 2-й гармоники вибрационного горения; 4—высокочастотные гармоники вибрационного горения; 5—выбранная полоса частот для оценки возникновения вибрационного горения

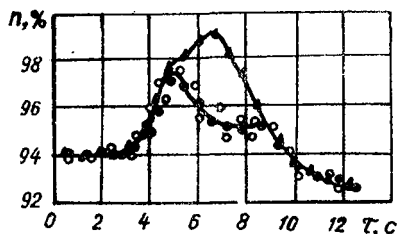
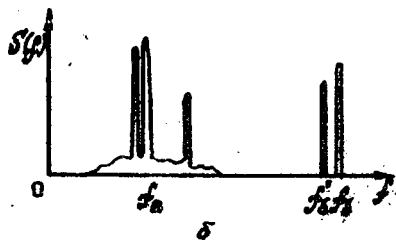
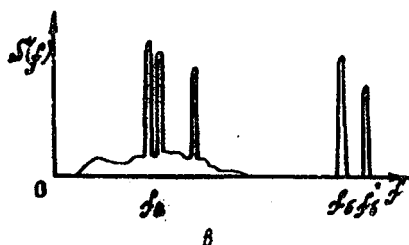
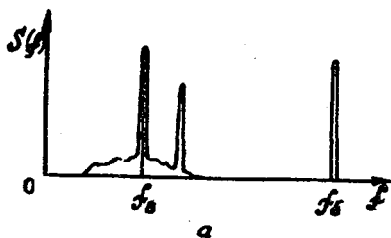


доводке двигателей. Система включала в себя магнитно-индукционный вибродатчик, установленный на корпусе камеры сгорания, усилительную аппаратуру ИВ-300, в которой штатный фильтр был переделан на узкополосный с центральной частотой 300 Гц, имеющей третью кратность к основной частоте вибрационного горения исследуемых двигателей, и индикатор уровня вибрации. Опыт применения системы показал высокую эффективность метода, с помощью которого надежно выявлялось вибрационное горение по нескольким формам.

важным преимуществом метода обнаружения вибрационного горения с помощью вибродатчика по сравнению с методом, основанным на измерении пульсаций статического давления газа в камере сгорания, является его более высокая чувствительность, обеспечиваемая использованием резонансных свойств конструкции, и возможность оценки режима вибрационного горения непосредственно по динамическому нагружению камеры сгорания. К достоинствам метода следует также отнести его высокую эксплуатационную надежность, обеспечиваемую более высокой работоспособностью вибродатчиков по сравнению с датчиками пульсаций при использовании на ГТД.

В тех случаях, когда не удается обеспечить непосредственное измерение частоты вращения всех валов двигателя с помощью тахометров, вибросигнал можно эффективно использовать для оценки рассогласования вращения валов. Решение такой задачи при выявлении опасных режимов рассогласования валов, связанных обгонными муфтами свободного хода (МСХ), базируется на идентификации составляющих спектра вибросигнала в широком диапазоне режимов работы двигателя. Для этой цели на режимах согласованного вращения валов (с заклиненной МСХ) вычисляется спектр вибрации по показаниям вибродатчика, установленного на корпусе двигателя, и осуществляется сравнение центральных частот узкополосных составляющих спектра с частотой вращения вала f_B , измеренной с помощью тахометра. Из составляющих вибросигнала с частотами, равными или кратными указанной частоте f_B , из условия обеспечения максимального соотношения "сигнал-шум" выбирается базовая составляющая с частотой $f_B = K f_B$. Момент рассогласования вращения валов определяется по раздвоению в спектре вибрации, вычисленном через достаточно малые временные интервалы, базовой составляющей. В зависимости от того, для какого из валов (ведущего или ведомого) выполняется непосредственное измерение частоты по знаку разницы $f_B - f'_B$, где f'_B - центральная частота узкополосной составляющей вибрации, выявленной при раздвоении базовой составляющей, определяется характер рассогласования вращения валов (расцепление или проскальзывание МСХ).

Указанный подход применялся при исследовании режимов работы МСХ различных газотурбинных двигателей, у которых отсутствовал штатный замер частоты вращения вала свободной турбины. При его реализации использовались аналого-цифровые системы обработки высокочастотных процессов с БПФ, информация в которые вводилась с магнитной ленты. Системы, обеспечивающие быстрое преобразование процессов из временной области в частотную и обратно, позволили построить эффективный алгоритм выявления рассогласования вращения валов по вибросигналу. С помощью указанного алгоритма обеспечивалось автоматическое слежение за составляющей вибросигнала с частотой f_5 в частотной области, а сами частоты f_5 и f'_5 вычислялись во временной области после цифровой фильтрации соответствующих составляющих вибропроцесса. Для повышения точности вычисления частоты вращения валов дискретизация обра-



Р и с.2. Характерные спектры вибросигнала при соединенной муфте (а), при ее проскальзывании (б) и расцеплении (в)

Р и с.3. Результаты измерения частот вращения валов ГТД на режиме расцепления муфты свободного хода (МСХ): Δ - частота вращения ведомого вала МСХ, измеренная тахометром; \bullet - частота вращения ведущего вала МСХ, измеренная тахометром; \circ - частота вращения ведущего вала МСХ, вычисленная по вибросигналу

батываемых процессов осуществлялась с помощью сигнала с высокостабильной частотой, записанного на ту же магнитную ленту. Различ-

ные ситуации, возникающие при распознавании режима работы муфты, иллюстрируются рис. 2, а на рис. 3 представлено сравнение результатов измерения частоты вращения валов ГТД, связанных МСХ, с помощью тахометров и при использовании вибросигнала.

Л и т е р а т у р а

1. Сидоренко М.К. Виброметрия газотурбинных двигателей. - М.: Машиностроение, 1973. - 224 с.
2. Попков В.М. Виброакустическая диагностика и снижение виброактивности судовых механизмов. - Л.: Судостроение, 1974. - 222с.
3. Раушенбах Б.А. Вибрационное горение. - М.: Физматгиз, 1961. - 500с.