

РАДИОВОЛНОВАЯ ДИАГНОСТИКА ГАЗОТУРБИННОГО ДВИГАТЕЛЯ ПО ВИБРАЦИЯМ ЛОПАТОК ТУРБИНЫ

Ф.Н. Мирсаитов, В.В. Болознев

г. Казань, Казанский национальный исследовательский технический университет им. А.Н. Туполева (КНИТУ – КАИ)

В работе приводятся радиочастотный, рабочий и вибрационный спектры отклика при ближнем радиолокационном зондировании лопаток турбины газотурбинного двигателя. В работе также установлены диагностические возможности радиолокационного метода.

В работе [1] показано, что о неисправностях труднодоступных для функциональной диагностики узлов проточного тракта газотурбинного двигателя (далее, ГТД) можно судить по изменению виброспектров узлов более доступных. Широкий спектр вибраций [2] и установление «предсказательной» ценности быстрых случайных процессов в двигателях [3] побуждает к поиску новых диагностических средств. Определённые возможности здесь представляют методы ближней радиолокации.

Суть предлагаемого способа состоит в возбуждении в объёме проточного тракта электромагнитных полей (далее ЭМП), структура и спектр которых подвержены влиянию регулярных (вращение), и случайных (вибрационных) перемещений узлов ротора. Возбуждение ЭМП осуществлено антенной, установленной вместо заглушки окна для стендового бороскопического осмотра узлов ротора, включая лопатки турбины или компрессора.

Антенна в свою очередь возбуждается СВЧ генератором, в конструктивном объединении с ней образующими датчик, причём её проводимость и отражение сигнала зависят от конфигурации, и перемещения деталей ротора. Спектр отражённого сигнала является диагностическим параметром (откликом). Диагностический признак – различие эталонного (допустимого) и реального спектров.

Установим сначала структуры двух эталонных спектров – радиочастотного и рабочего. Последний отображает циклический процесс формирования откликов на прохождение лопаток вблизи антенны с пересечением (и возмущением) ЭМП. Здесь частота рабочего процесса:

$$F_{И} = \frac{F_{об} \cdot n}{60} = F_{В} \cdot n,$$

где $F_{об}, F_{В}$ – число оборотов (об/мин) и частота вращения (Гц) ротора, n – число лопаток ротора турбины. Порядок величины у

современных ГТД – несколько килогерц. В обобщении форма парциального отклика и последовательности показаны на рисунке 1.

Спектр подобной последовательности имеет общеизвестные аналоги в радиотехнике и при идентичности импульсов представляет совокупность дискретных компонентов с частотами $m \cdot F_{И}$ ($m = 1, 2, 3 \dots$). В нашем случае этот процесс модулирует радиочастотное колебание, которое и является первичным диагностическим откликом. Число значимых компонентов – m и их амплитуды определяются формой лопаток, а также (но в меньшей мере) типом антенны, и её расположением, то есть структурой ЭМП. Оба спектра представлены на рисунках 2, 3.

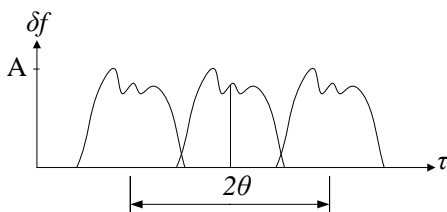


Рисунок 1 – Последовательность парциальных откликов

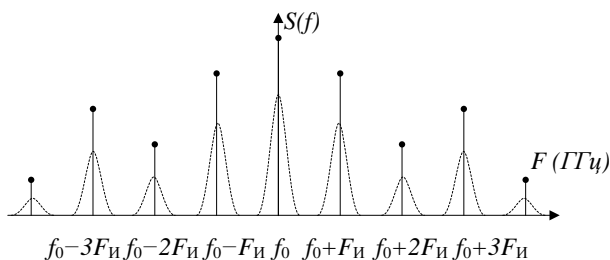


Рисунок 2 – Спектр радиочастотного отклика

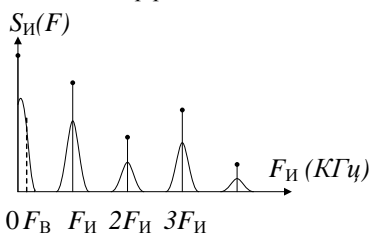
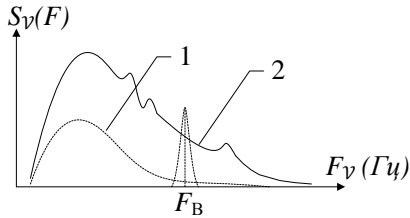


Рисунок 3 – Спектр частот рабочего процесса

Виброотклик удобнее диагностировать после вторичного детектирования, результат которого представлен на рисунке 4.



1 – эталонный, 2 – реальный
Рисунок 4 – Спектры виброоткликов

Полученные результаты подтверждают предположение, что функциональные возможности метода ближней радиолокации в вибродиагностике позволяет обнаружить в условиях полёта от трети до половины неисправностей в узлах ротора ГТД в доаварийной стадии. Для этого не требуется никаких конструктивных изменений двигателя.

Список использованных источников

1. Яacobсон П.П. Особенности вибрационной диагностики газотурбинных установок [Электронный ресурс] //Литература: доклады, 2003. – URL: <http://www.vibrotek.ru/russian/biblioteka/21> (дата обращения 10.04.2016).
2. Барков А.В., Баркова Н.А. Интеллектуальные системы мониторинга и диагностики машин по вибрации [Электронный ресурс] //Литература: статьи и книги по диагностике, 1999. – URL: <http://www.vibrotek.ru/russian/biblioteka/book16> (дата обращения 10.04.2016).
3. Пригожин И., Кондепуди Д. Современная термодинамика. От тепловых двигателей до диссипативных структур. – М.: Мир, 2002. – 464 с.

УДК 621.3.084; 621.3.014.4; 620.179.14; 621.3.082.74

МОСТОВОЙ ВИХРЕТОКОВЫЙ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЬ ПЕРЕМЕЩЕНИЯ И ЕГО КОНСТРУКТИВНАЯ КОМПОНОВКА

Д.А. Ворох, Я.А. Иванова, Е.А. Руденко, А.Н.Садыков

г. Самара, «Самарский национальный исследовательский университет
имени академика С.П. Королева»

В настоящее время широко применяются различные преобразователи перемещения [1]. Под понятием преобразователь подразумевается устройство, преобразующее внешнее физическое воздействие в электрический сигнал.