

ОБ АКУСТИЧЕСКИХ ФИЛЬТРАХ ДЛЯ ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНЫХ ДАТЧИКОВ ПУЛЬСАЦИЙ ДАВЛЕНИЯ, ПРИМЕНЯЕМЫХ ПРИ ДОВОДКЕ ГТД

Быстров Н.Д., Радин Д.В.

Самарский университет, г. Самара, bystrof-nd@ya.ru

Ключевые слова: дифференциальный датчик, колебания давления, газозвдушной тракт, пульсации давления, акустический зонд, ГТД.

Измерение и контроль пульсаций давления в воздушно-газовом тракте современных газотурбинных двигателях (ГТД) вошло в практику их стендовых доводочных испытаний.

Пульсации давления измеряют во входных устройствах, за компрессорами среднего и высокого давления, в камере сгорания, а в ряде случаев в выхлопных устройствах двигателя [1, 2]. В конструкции устройств для измерения пульсаций давления отдаётся предпочтение датчикам с пьезокристаллом в качестве чувствительного элемента как обеспечивающего более широкий диапазон частот измерения. Двигателестроительным фирмам по-прежнему нужны датчики, выдерживающие не только высокие средние давления, но и порой высокие температуры рабочей среды. В этой связи измерение пульсаций давления в ГТД осуществляется с помощью акустических зондов. Подводящий волновод, входящий в состав зонда, является резонирующим элементом, значительно искажающим передаваемые к датчику колебания давления рабочей среды.

В тех случаях, когда на выходе волновода акустического зонда устанавливается преобразователь колебаний рабочей среды дифференциального типа (рис. 1), предназначенный для измерения динамической составляющей давления, задача коррекции частотной характеристики цепи, естественно, усложняется.

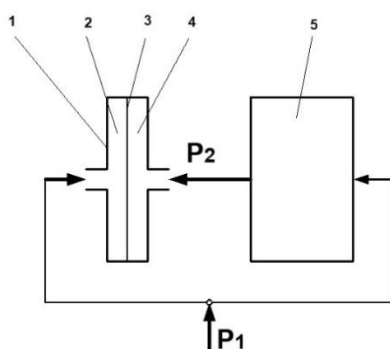


Рисунок 1 - Принципиальная схема датчика пульсаций давления дифференциальной схемы с акустическим фильтром нижних частот: 1 – дифференциальный датчик пульсаций давления; 2 – динамическая камера датчика; 3 – мембрана; 4 – статическая камера датчика; 5 – АФНЧ

В целом к датчикам дифференциального типа в составе акустического зонда предъявляются следующие основные требования:

- обеспечение передачи давления к динамической (предмембранной) камере преобразователя с минимально возможными динамическими искажениями в заданном частотном диапазоне;

- обеспечение фильтрации динамической составляющей давления, передаваемого в статическую (замембранную) полость преобразователя.

Подавление динамического давления может быть осуществлено активными, реактивными и комбинированными фильтрами низких частот. Несмотря на существование определенного числа конструктивных схем фильтров для цепей дифференциальной схемы, методики выбора их схем и расчета параметров для названных конструктивных схем за небольшим исключением отсутствуют.

Если взять отношение разности комплексных амплитуд давлений $p_1 - p_2$ к исходной комплексной амплитуде давления p_1 , то получим частотную функцию, характеризующую

динамическую неравномерность передачи пульсаций давления в предметную полость дифференциального датчика. Обозначив эту частотную функцию через $W(j\omega)$, будем иметь: $W(j\omega) = (p_1 - p_2)/p_1$. Величина $|p_2/p_1|$ характеризует эффективность действия АФНЧ. В настоящее время для цепей передачи пульсаций давления рабочих сред в основном используется один тип АФНЧ – акустический RC-фильтр, который представляет собой последовательное соединение сосредоточенного активного сопротивления и акустической ёмкости. Подбором величины сопротивления и ёмкости при заданной частоте подавления колебаний добиваются требуемой эффективности акустического фильтра.

В материале доклада приводятся различные принципиальные схем фильтров нижних частот и методики их расчета, для достижения заданной эффективности. Представленные материалы могут использоваться при проектировании акустических зондов с дифференциальными преобразователями давления.

Список литературы

1. Разработка математической модели акустического зонда волноводного типа для измерений пульсаций давления в камере сгорания газотурбинного двигателя / Д.В. Радин [и др.] // Вестник Московского авиационного института. 2022. Т. 29. № 2. С. 135-143.
2. Исследование частотных характеристик акустического зонда для измерения пульсаций давления во входном устройстве газотурбинного двигателя / Иваненко В.Н. [и др.] // Вестник Самарского государственного аэрокосмического университета им. академика С.П. Королёва (национального исследовательского университета). 2015. Т. 14. № 3, Ч.2. С. 491-500.
3. Быстров Н.Д., Гимадиев А.Г. Расчет акустического RC-фильтра нижних частот для дифференциальных преобразователей пульсаций давления // Измерительная техника. 1982. №2. С. 41 - 43.

Сведения об авторах

Быстров Н.Д., д.т.н., доцент, профессор кафедры автоматических систем энергетических установок Самарского университета. Область научных интересов: коррекция динамических характеристик систем измерения давления при испытаниях ГТД.

Радин Д.В., к.т.н., инженер научно-образовательного центра газодинамических исследований (НОЦ ГДИ-209) Самарского университета. Область научных интересов: коррекция динамических характеристик систем измерения пульсаций давления в камере сгорания ГТД.

ABOUT ACOUSTIC FILTERS FOR DIFFERENTIAL PRESSURE PULSATION SENSORS USED IN GAS TURBINE ENGINE FINISHING

Bystrov N.D., Radin D.V.

Samara University, Samara, Russia, bystrof-nd@ya.ru

Keywords: differential pressure sensor, pressure fluctuations, gas-air flow duct, pressure pulsations, acoustic probe, gas turbine engine.

When gas turbine engine is adjusted for operating parameters, measurement of pressure pulsations in elements of gas generator path is performed using acoustic probes. When measuring small amplitude pressure pulsations, differential pressure sensors with increased sensitivity are in demand. As a rule, differential sensors are used as part of acoustic probes. Since differential sensors, in addition to the measuring cavity, also have a discharge cavity, the use of sensors implies the obligatory inclusion of a low-frequency acoustic filter in the acoustic probe. The message provides an analysis of possible low-frequency filter schemes, estimates of uniform frequency transmission regions during measurements, as well as proposed design schemes for implementing LF- filters as part of acoustic probes.