

5. Цыкунов А. М. Алгоритмы робастного управления с компенсацией ограниченных возмущений // Автоматика и телемеханика. 2007. № 7. С. 103—115.
6. Фуртат И. Б. Алгоритм субинвариантного управления по выходу линейным структурно неопределенным динамическим объектом // Изв. вузов. Приборостроение. 2011. Т. 54, № 9. С. 22—27.
7. Фуртат И. Б. Субоптимальное управление нелинейными мультиагентными системами // Научно-технический вестник информационных технологий, механики и оптики. 2013. № 1 (83). С. 19—23.

Сведения об авторе

Игорь Борисович Фуртат

— д-р техн. наук, профессор; Санкт-Петербургский национальный исследовательский университет информационных технологий, механики и оптики, кафедра систем управления и информатики; E-mail: cainenash@mail.ru

Рекомендована
Институтом проблем
машиноведения РАН

Поступила в редакцию
26.06.13 г.

УДК 621.515

М. М. ШАКИРЬЯНОВ

СИСТЕМА ЗАЩИТЫ ТУРБОКОМПРЕССОРА ОТ ПОМПАЖА

Рассматривается возможность построения системы защиты турбокомпрессора по результатам обработки экспериментальных данных о помпаже. В системе предусматривается одновременный контроль определенного набора параметров давления и температуры воздуха (газа) в газозоудушном тракте.

Ключевые слова: помпаж, струйный генератор, газозоудушный тракт.

Помпажные явления сопровождаются резкими понижением давления и повышением температуры воздуха по сечению турбокомпрессора [1, 2]. Контроль лишь отдельных параметров и(или) их определенных наборов далеко не всегда точно характеризует нарушение устойчивости газодинамической системы с компрессором.

В этой связи вполне обоснованным представляется проектирование системы с использованием экспериментальных данных о помпаже для контроля определенного набора параметров газозоудушного тракта.

Состояние газодинамической системы компрессора с присоединенными всасывающим трубопроводом и нагнетательным трубопроводом реально может характеризоваться параметрами T_1 и T_2 — температурой воздуха на входе и выходе компрессора соответственно, а также P_1 и P_2 — давлением воздуха на входе и выходе компрессора соответственно. Однако для прогнозирования помпажных явлений ограниченное количество параметров может оказаться недостаточным ввиду разновидностей помпажа, каковым является „вращающийся срыв“. Под термином „вращающийся срыв“ понимается явление, при котором срыв потока газа происходит на части лопаток компрессора в течение длительного времени [3].

Возникновение и развитие помпажа сопровождается значительным понижением давления воздуха за компрессором (P_2) и повышением температуры воздуха в газозоудушном тракте. Это утверждение подтверждается экспериментальными исследованиями, в ходе которых обнаружен эффект экспоненциального повышения температуры в газозоудушном тракте непосредственно перед возникновением помпажа. В связи с этим, помимо названных параметров T_1 и T_2 , введены дополнительные температурные параметры: T_3 — температура газа перед камерой сгорания и T_4 — температура газа за турбиной. Для измерения этих параметров наиболее эффективным представляется использование струйно-акустического датчика с быстродействием до 0,001 с.

В качестве такого датчика может быть использован струйно-акустический измеритель газового потока [4]. Принцип его работы основан на зависимости частоты колебаний струйного генератора от температуры проходящего через него газового потока. Струйный генератор колебаний, схема которого приведена на рис. 1, состоит из сопла питания 1, двух резонансных полукамер 2, клина 3 и выходного сопла 4.

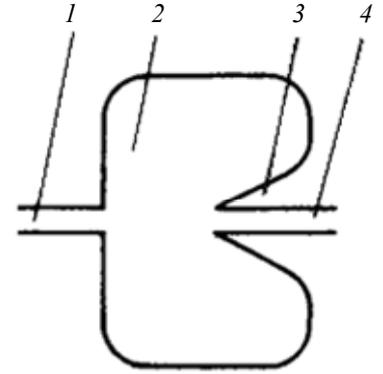


Рис. 1

Необходимым условием, обеспечивающим высокую точность измерений, является однозначная зависимость между частотой колебаний и температурой газового потока. Однако экспериментальные исследования показывают, что частота излучаемых колебаний зависит от изменения давления газа.

Здесь необходимо отметить следующее: несмотря на то, что явление возникновения звука при натекании струи на клин известно давно и ему посвящены многочисленные научные работы, исследования продолжают до настоящего времени. Наиболее полно струйные звукообразования исследованы в работах, где колебания струи под воздействием резонатора рассматриваются как автоколебания.

Полученные в результате экспериментов зависимости изменения давления P и температуры T , в относительных единицах, при помпаже, вызванные различными возмущениями на входе в двигатель (путем взрыва пороховых шашек), представлены на рис. 2, а, б соответственно.

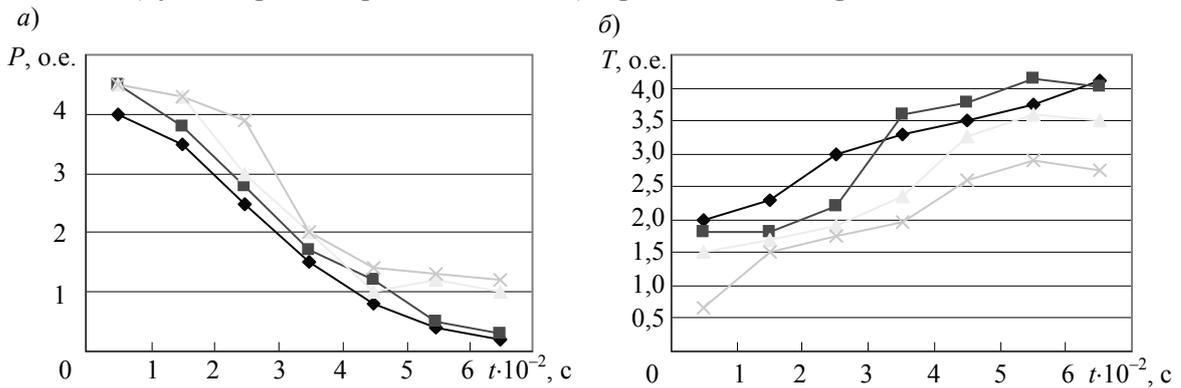


Рис. 2

Анализ графиков показывает, что независимо от интенсивности возмущений возникновение и развитие помпажа сопровождается повышением температуры и понижением давления.

Обобщенная система защиты турбокомпрессора от помпажа представлена на рис. 3. Функциональные преобразователи 5—8 формируют функции значений сигналов, поступающих с выходов датчиков 1—4 измерения температур $T_1—T_4$ соответственно. Далее эти сигналы поступают на входы пороговых устройств 9—12 соответственно. При превышении пороговых значений выдаются сигналы на исполнительные механизмы (ИМ) регулирующих устройств газотурбинного двигателя, например, клапан отсечки топлива и др.

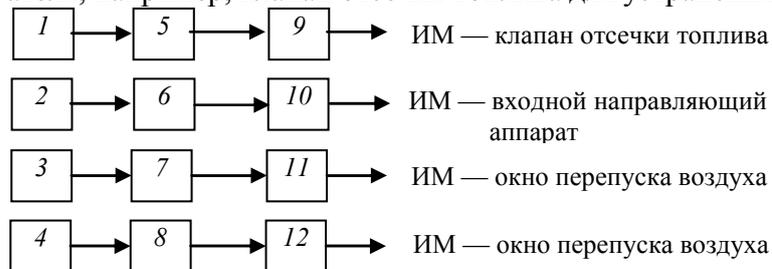


Рис. 3

Представленная система позволяет повысить быстрдействие при распознавания „вращающегося срыва“ как разновидности помпажа вследствие его резкого уменьшения (даже по

сравнению с датчиком давления воздуха на выходе компрессора, широко используемым в авиации, но зачастую фиксирующим ложную информацию о помпаже особенно на переходных режимах работы двигателя, что подтверждается периодически повторяющимися авиационными катастрофами).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Шакирьянов М. М. Экспериментальное исследование электронного устройства защиты ГТД от помпажа // Изв. вузов. Авиационная техника. 2006. № 2. С. 65—66.
2. Казакевич В. В. Автоколебания (помпаж) в компрессорах. М.: Машиностроение, 1974. 264 с.
3. Грейцер Е. М. Помпаж и вращающийся срыв в осевых компрессорах. Экспериментальные результаты и сравнение с теорией. Энергетические машины и установки. М.: Изд-во „Мир“, 1976. Ч. II. С. 75.
4. Гулин А. И. Быстродействующий измеритель температуры газов в газотурбинном двигателе // Авиакосмическое приборостроение. 2012. № 9. С. 10—14.

Сведения об авторе

Морис Масгутович Шакирьянов — канд. техн. наук, доцент; Башкирский государственный педагогический университет им. М. Акмуллы, кафедра программирования и высшей математики, Уфа; E-mail: shakirianov.moris@yandex.ru

Рекомендована кафедрой
программирования и высшей математики

Поступила в редакцию
18.03.13 г.