

СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ АКУСТИЧЕСКИМ ПОЛЕМ В РЕВЕРБЕРАЦИОННОЙ КАМЕРЕ

Курбаков В.В. Email: Kurbakov1142@scientifictext.ru

Курбаков Владимир Вадимович – аспирант,
кафедра вычислительной техники,
Сибирский федеральный университет, г. Красноярск

Аннотация: акустические испытания космических аппаратов являются важной частью проверочных тестов для успешного запуска космических аппаратов. Эти испытания необходимы для проверки механической конструкции спутника при высоких акустических нагрузках. Во время испытания спутник подвергается воздействию широкополосного случайного акустического поля, которое имитирует уровни давления во время запуска космического аппарата. Генерация акустического поля в большинстве случаев обеспечивается путем комбинации акустических излучателей для низких и высоких частот. Акустические испытания, как правило, проводят в реверберационных камерах. В данной статье обсуждается система автоматического управления с обратной связью в большой реверберационной камере для испытания спутников в акустическом поле.

Ключевые слова: реверберационная камера, испытания, спутник.

CONTROL SYSTEM FOR ACOUSTIC CONTROL OF LARGE REVERBERATION ROOMS

Kurbakov V.V.

Kurbakov Vladimir Vadimovich – Graduate Student,
COMPUTER ENGINEERING DEPARTMENT
SIBERIAN FEDERAL UNIVERSITY, KRASNOYARSK

Abstract: the full satellite acoustic test is an important milestone in a satellite launch survivability verification campaign. This test is required to verify the satellite's mechanical design against the high-level acoustic loads induced by the launch vehicle during the atmospheric flight. During the test, the satellite is subjected to a broadband diffuse acoustic field, reproducing the pressure levels observed during launch. The excitation is in most cases provided by a combination of horns for the low frequencies and noise generators for the higher frequencies. Acoustic control tests are commonly performed in reverberant rooms, controlling the sound pressure levels in third octave bands over the specified target spectrum. This paper discusses an automatic feedback control system for acoustic control of large reverberation rooms for satellite environmental testing.

Keywords: reverberation rooms, testing, satellite.

УДК 629.7.01

ВВЕДЕНИЕ

Акустические испытания спутника являются важным этапом в мероприятиях по проверке защиты космического аппарата (КА) при запуске. Такое тестирование необходимо для проверки механической конструкции спутника при влиянии акустических нагрузок высокого уровня, вызванных прохождением ракеты-носителя через плотные слои атмосферы. Все узлы и компоненты, находящиеся под нагрузкой и требующие акустических испытаний должны подвергаться испытанию в широкополосном акустическом поле. Реверберационная камера обеспечивают рассеянное акустическое поле и равномерный уровень звукового давления вокруг КА. Генерация акустического поля в большинстве случаев обеспечивается путем комбинации акустических излучателей для низких и высоких частот.

Основная цель данной работы заключалась в разработке акустической системы управления, которая позволяет фиксировать звуковое поле в реверберационной камере в широком диапазоне частот и воспроизводить воздействие акустического поля на КА. Система управления включает в себя алгоритмы измерения сигналов обратной связи в третьоктавных диапазонах, ПИ (пропорционально-интегрального) алгоритмах [1], учитывающего реверберационные характеристики камеры. Приближение к номинальному режиму возбуждения в испытательной камере система формируется на каждом шаге управления на основе расхождения между измеренной и целевой величиной в каждой третьоктавной полосе спектра. Фильтры разделяют выходной сигнал на сигналы в непересекающихся ограниченных полосах частот, которые обеспечат работу каждого из излучателей. Схематическое представление описанного подхода показано на Рисунке 1.

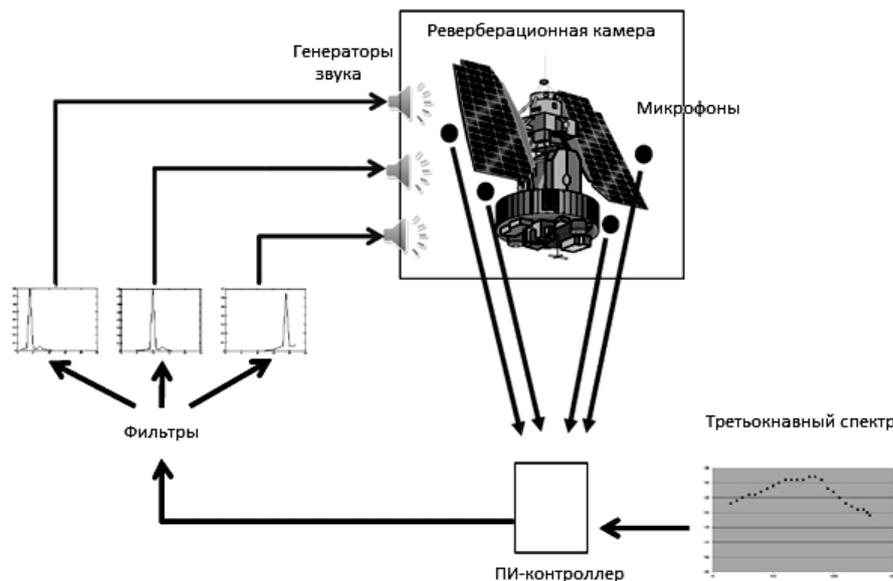


Рис. 1. Схематическое представление системы управления

На первом этапе проекта была разработана функциональная модель реверберационной камеры с учетом реверберационных характеристик помещения и нелинейного поведения горна. Модель была определена по данным измерений с помощью системы идентификации. На следующем этапе была разработана полноценная стратегия управления. Было 2 основных требования:

- Управлять с уровнем акустического поля в треть октавы с точностью ± 3 дБ от 50 Гц до 3 кГц. В SPL допуски за пределами этого диапазона частот определяются возможностями установки. Требуемая точность OASPL составляет ± 1 дБ [2].
- достичь нужного уровня акустического поля с точностью в третьоктаву, приблизительно через 10 секунд без превышений [3].

В соответствии с этими характеристиками стратегия управления была оптимизирована с помощью модели симуляции (MIL). Расчеты проводились на основе набора данных измерений, полученных в промышленной испытательной камере.

Стратегия управления

Основная трудность реверберационного поля акустического контроля связан с нелинейным поведением горнов, производящих звук. На высоких уровнях давления, достигнутых горнами, гипотеза линейности больше не действует. Потребление энергии в каждой трети полосы октав частично просачивается в соседние полосы частот. В замкнутом контуре, нелинейность горнов может привести к проскакиванию в третьей октаве контролируемого спектра, когда целевые уровни применяются в одну стадию.

Таким образом, стратегия управления была разработана многоэтапной. Эталонная многоступенчатая стратегия была оптимизирована с помощью модели MIL. Пример многоступенчатой стратегии управления представлен на рисунке 2:

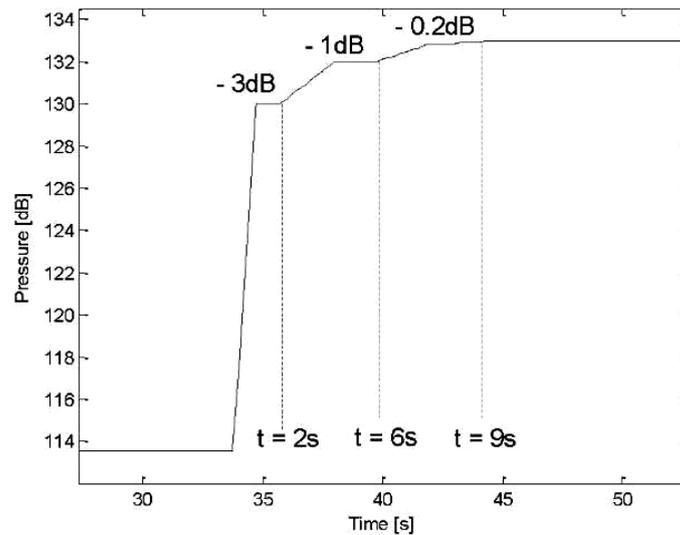


Рис. 2. Пример многоступенчатой стратегии управления

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В данной статье была предложена система управления для квалификационных испытаний космической техники в акустической камере. На первом этапе проекта с учетом акустического отклика помещения и нелинейного поведения генераторов шума, путем численного моделирования замкнутой петли был разработана и оптимизирована многоступенчатая стратегия ПИ-управления. В дальнейшем планируется провести акустические контрольные испытания в реальной акустической камере.

Список литературы / References

1. Arbogast J., Cooper D.J., Rice R.C. Model-based Tuning Methods for PID controllers, [Электронный ресурс], Режим доступа: www.bin95.com/PID_Controller_Design.htm/ (дата обращения: 25.01.2018).
2. NASA Technical Standard, Payload Vibroacoustic Test Criteria, NASA-STD-7001. June 21, 1996.
3. Vigran T.E. Building Acoustics. Taylor & Francis e-Library, 2008.