

УДК 621.391.83

## ИЗМЕРЕНИЕ ИМПУЛЬСНОЙ ХАРАКТЕРИСТИКИ И НЕЛИНЕЙНЫХ ИСКАЖЕНИЙ ЗВУКОТЕХНИЧЕСКИХ УСТРОЙСТВ

Годына В.С. (ИООО «Эпам системз»),

Перелыгин С.В. (Санкт-Петербургский государственный институт кино и телевидения)

Аннотация: Рассмотрен метод, разработанный профессором А. Фарина, его точность, преимущества и эксперимент по использованию в практике измерения характеристик аудиоустройств и помещений.

### Введение

В 2000 году профессор Пармского Университета Анджело Фарина предложил оригинальный метод измерения характеристик звукотехнических устройств и помещений с использованием тестового гармонического сигнала с экспоненциально нарастающей частотой (далее ESS – Exponential Sine Sweep).

### Особенности метода

Измерение импульсной характеристики и нелинейных искажений испытуемого устройства производится следующим образом:

1. Подать ESS-сигнал на вход испытуемого устройства и записать его выходной сигнал;
2. Найти взаимную корреляционную функцию выходного сигнала с исходным ESS-сигналом, промодулированным по амплитуде.

В результате мы получим сигнал, содержащий линейную (основную) импульсную реакцию и импульсные реакции нелинейных искажений испытуемого устройства в виде последовательности импульсных характеристик (ИХ). ESS-сигнал обладает свойством разделять линейную ИХ и ИХ нелинейных искажений во времени, а также обладает следующими преимуществами:

- устойчив к случайному шуму;
- прост в использовании;
- даёт возможность автоматизировать процесс измерений;

и недостатками:

- чувствителен к широкополосным помехам, попадающим в полосу частот ESS-сигнала;
- имеет собственную погрешность, вызванную конечностью во времени ESS-сигнала.

### Экспериментальные исследования

#### Погрешность метода

Авторами был рассчитан и сгенерирован ESS-сигнал длительностью 43 секунды, диапазоном в 11 октав ( $11.7 \div 24000$  Гц) с частотой дискретизации 48 кГц. Далее было имитировано прохождение ESS-сигнала через идеальное линейное всепропускающее безынерционное устройство, а затем были рассчитаны ИХ этого устройства. Амплитудная спектральная плотность полученной импульсной реакции по форме была близка к *равномерной* в указанном диапазоне частот, но имела заметную неравномерность на краях диапазона. Авторами было установлено, что приемлемым диапазоном частот для «сканирования» испытуемых устройств можно считать  $15 \div 21000$  Гц при погрешности, не превышающей 0,4 дБ.

## Исследование характеристик громкоговорителя

Также ESS-метод был применён при измерении акустических характеристик громкоговорителя. В качестве испытуемого устройства был выбран студийный монитор (электроакустический агрегат со встроенным усилителем) промышленного производства. Для регистрации сигнала студийного монитора использовался измерительный микрофон RFT MV201 с капсулем МК201. Эксперимент проводился в ближнем поле при уровне звукового давления 90дБ относительно 20мкПа в заглушённом студийном помещении объёмом 80 куб.м.

Процедура физической части измерения заключалась в следующем:

- ESS-сигнал воспроизводился с выхода звуковой карты компьютера и подавался на студийный монитор.
- Акустический отклик монитора на ESS-сигнал регистрировался с помощью микрофона, который также был подключён к звуковой карте компьютера.

Записанный сигнал обрабатывался программно. В результате был получен сигнал, состоящий из последовательности ИХ. Далее эти ИХ были разделены и сохранены в виде отдельных сигналов, а затем преобразованы из временной области в спектральную, что дало возможность получить АЧХ и частотные зависимости нелинейных искажений студийного монитора.

Учитывая, что приведённый собственный шум измерительного микрофона Gefell MV201 составляет 22 дБА, ожидаемым авторами отношением сигнал/шум должно было стать значение  $90-22 = 68$ дБ. Однако в рабочем диапазоне частот отношение сигнал/шум составило более 90дБ.

Другими примерами применения ESS-метода могут стать измерение АЧХ и нелинейных искажений аудиоустройств (в том числе музыкального оборудования), а также измерение акустических характеристик помещений.

### **Выводы**

Метод, предложенный А. Фарина, позволяет производить измерения характеристик электронных и электроакустических устройств, а также акустических свойств помещений с высокой точностью. Известно, что данный метод уже успешно применяется в программах акустических измерений, таких как CLIO и REW, что позволяет сделать вывод о его широких возможностях и важности его исследования.