

УДК 534.6.08

Вимірювання амплітудно-частотних характеристик гучномовців за допомогою програмного пакету ARTA

Бітов М.В., к.т.н., доц. Жовнір М.Ф., Сітор С.В.

Вступ

Існує велика кількість приладів для вимірювання амплітудно-частотних характеристик (АЧХ) гучномовців різного класу точності, структури, принципів роботи. Головним їх недоліком є велика ціна – недоступна для більшої частини зацікавленої аудиторії, тому в таких випадках використовують більш доступні альтернативні методи вимірювання.

Дана робота присвячена методу вимірювання амплітудно-частотних характеристик гучномовців за допомогою програмного пакету ARTA – програмі для вимірювання імпульсної характеристики, аналізу спектру в реальному часі і вимірювання амплітудно-частотної характеристики. Це інструмент для акустичних вимірювань і для «точкового» тестування якості звуку в системах зв'язку [1].

Програма ARTA дозволяє вимірювати амплітудно-частоту та імпульсну характеристики, спотворення синусоїдальних, двохсинусоїдальних і багатотонових сигналів, затримку, луни і показника передачі мови. Спеціальна методика вимірювання з переривчастим

шумовим збудженням застосовується для запобігання тимчасового впливу негативних факторів (автоматичний контроль посилення, придушення шуму, активація голосу) [1].

Постановка проблеми та аналіз літературних даних

Відповідно до Державних стандартів України існують певні вимоги щодо вимірювання амплітудно-частотних характеристик гучномовців, забезпечити які при вимірюванні не завжди можливо. Тому є необхідність у створенні альтернативних методів для вимірювання АЧХ, що зможуть забезпечити зарегламентовану державою відповідність методів вимірювання.

Ампітудно-частотна характеристика (frequency response) – рівень звукового тиску на відстані 4 м від робочої точки на робочій осі, який гучномовець розвиває в 1/3 октавних частотних смугах, від 100 Гц до 10 кГц (центральні частоти) [2].

Відповідно до пункту 5.1.5.2 «Основні вимірювання» ДСТУ EN 54-24:2012.

Рівень звукового тиску $L_{m,i}$ треба вимірювати в 1/3 октавних смугах у

діапазоні частот від 100 Гц до 10 кГц на вимірювальній відстані 4 м на робочій осі при живленні гучномовця смуговим шумовим сигналом (рожевим шумом) з постійним рівнем напруги [2].

Рожевий шум (pink noise) – випадковий шумовий сигнал, спектральна щільність якого знижується на 3 дБ на октаву і який має постійну енергію в будь-якій октаві [2].

Акустичні вимірювання треба проводити в умовах вільного поля чи вільного напівпростору. Умови вільного напівпростору або стандартний екран в умовах вільного поля повинні бути застосовані до гучномовців, призначених для установки урівень. Умови вільного поля можуть бути змодельовані використанням методу поверхні землі.

Гучномовці для установки урівень, наприклад, стельові гучномовці, треба вимірювати в умовах вільного напівпростору. Вони повинні бути встановлені урівень у граничну поверхню вільного напівпростору чи в стандартний акустичний екран, та виміряні в умовах вільного поля. Стандартний екран не потрібно застосовувати під час вимірювання за методом поверхні землі.

Усі інші гучномовці треба вимірювати в умовах вільного поля або методом поверхні землі, що моделює умови вільного поля [2].

Умови вільного поля (free-field condition) – акустичне середовище, в якому звуковий тиск зменшується зі

збільшенням відстані r від точкового джерела за законом $1/r$ із точністю $\pm 10\%$, у зоні, що її займає звукове поле між гучномовною системою та мікрофоном під час вимірювань.

Вимірювання на поверхні землі (ground plane measurement) – вимірювання в умовах вільного напівпростору, використовуваного для моделювання умов вільного поля, під час якого гучномовець устанавлюють над акустично повністю відбивною граничною поверхнею і спрямовують так, щоб його робоча вісь була скерована на вимірювальний мікрофон, розміщений безпосередньо на граничній поверхні.

Умови вільного напівпростору (half-space free-field condition) – акустичне середовище, обмежене площиною достатніх розмірів та в якому існує вільне поле у напівкулі, таке, що звуковий тиск з точкового джерела, встановленого на поверхні цієї площини, зменшується за законом $1/r$ із точністю $\pm 10\%$ [2].

Забезпечити умови вільного поля чи умови вільного напівпростору дуже важко, оскільки акустичні хвилі мають властивість відбиватися від різних об'єктів і в точці, в якій встановлений вимірювальний прилад, можуть спостерігатися явища накладання відбитих і випромінюваних акустичних хвиль, явища резонансу та реверберації, що в свою чергу негативно впливатимуть на результати вимірювань. Тому для уникнення впливу зазначених негативних явищ використовують безлунні камери. Безлунна камера це кімната з

товстими стінами, в яку не проникає шум з навколишнього середовища і стінки якої вкриті звукопоглинаючими структурами. На рис.1 зображена безлунна камера в лабораторії Орфілда, яка поглинає 99% звуків.



Рис. 1. Безлунна камера в лабораторії Орфілда.

Для створення безлунних камер треба багато часу та ресурсів, тому необхідна така методика вимірювання амплітудно-частотних характеристик у звичайних невеликих приміщеннях, яка забезпечить виконання

встановлених Державним стандартом України вимоги.

Методика та принципи проведення вимірювань

Програмний пакет ARTA дозволяє проводити вимірювання амплітудно-частотних характеристик, забезпечуючи необхідні вимоги встановлені ДСТУ.

На рис. 2 представлена загальна структурна схема установки вимірювання АЧХ за допомогою програмного пакету ARTA. Принцип її роботи полягає в тому, що на гучномовець (вимірюваний пристрій) подається програмно модельований сигнал рожевого шуму з комп'ютера. Гучномовець випромінює рожевий шум, а мікрофон розташований на відстані 1 м фіксує акустичний сигнал і відправляє його на вхід комп'ютера. Потім програма робить відповідні розрахунки і у вигляді графіків виводить результат на екран.

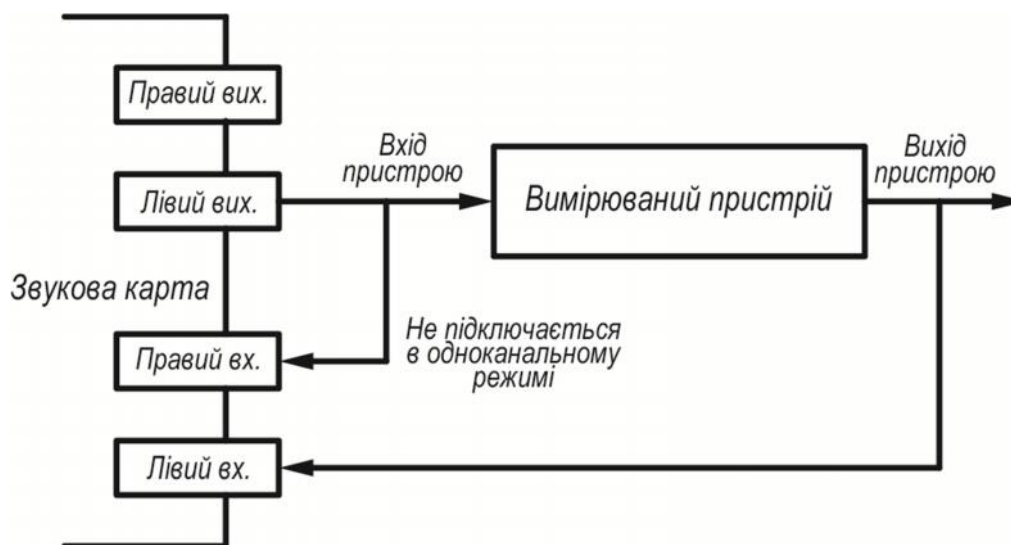


Рис. 2. Загальна структурна схема установки для вимірювання АЧХ за допомогою програми ARTA

Виробником програмного пакету (рис.3) та двохканальну (рис.4) схеми ARTA запропоновано одноканальну вимірювальних установок.

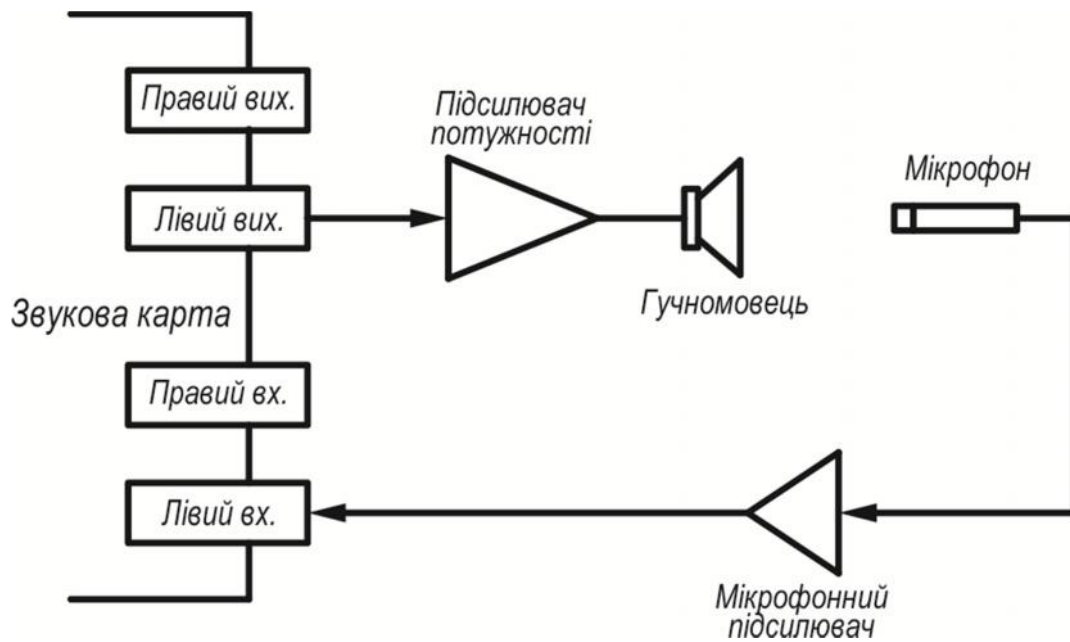


Рис. 3. Одноканальна структурна схема установки для вимірювання АЧХ за допомогою програми ARTA

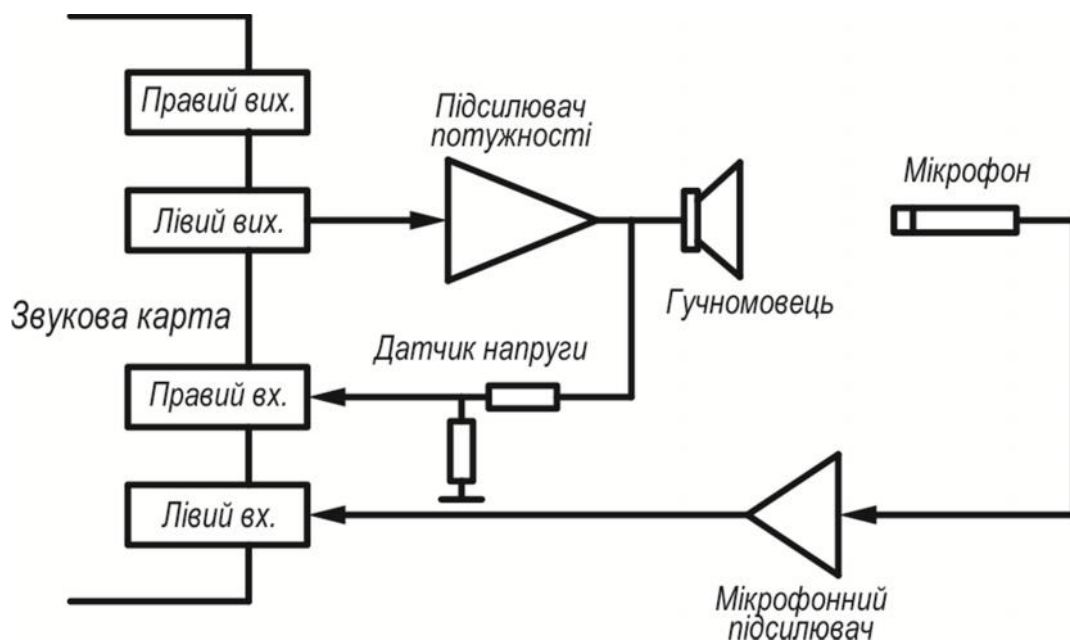


Рис. 4. Двохканальна структурна схема установки для вимірювання АЧХ за допомогою програми ARTA

Принцип роботи одноканальної лінійного виходу звукової карти установки вимірювання (рис. 3) комп'ютера подається сигнал на полягає в тому, що з лівого каналу підсилювач потужності. 3

підсилювача підсилений сигнал подається на гучномовець, який випромінює сигнал у вигляді рожевого шуму у простір, а мікрофон, розташований на відстані 1 м, приймає цей сигнал і через мікрофонний підсилювач поступає на лівий лінійний вхід звукової карти комп'ютера. Потім програма ARTA будує графік АЧХ.

Принцип роботи двохканальної установки вимірювань (рис. 4) схожий з одноканальною схемою. Відмінність полягає в тому, що після підсилювача потужності через датчик напруги сигнал поступає ще і на правий канал лінійного входу звукової карти комп'ютера. Програма робить

порівняння вхідних сигналів з лівого і правого каналів лінійного входу і буде амплітудно-частотною характеристикою.

Схему датчика напруги у двохканальній установці вимірювання рекомендується використовувати для захисту входу звукової карти від високої напруги, що генерується підсилювачем потужності, зображено на рис.5. Значення резисторів $R1$ і $R2$ повинні вибиратися для довільного згасання (тобто $R1 = 8200$ і $R2 = 910$ Ом дає зонд з ослабленням $-20,7$ дБ ($0,0923$), якщо звукова карта має вхідний імпеданс 10 кОм). В одноканальному режимі цей зонд не підключається [1].

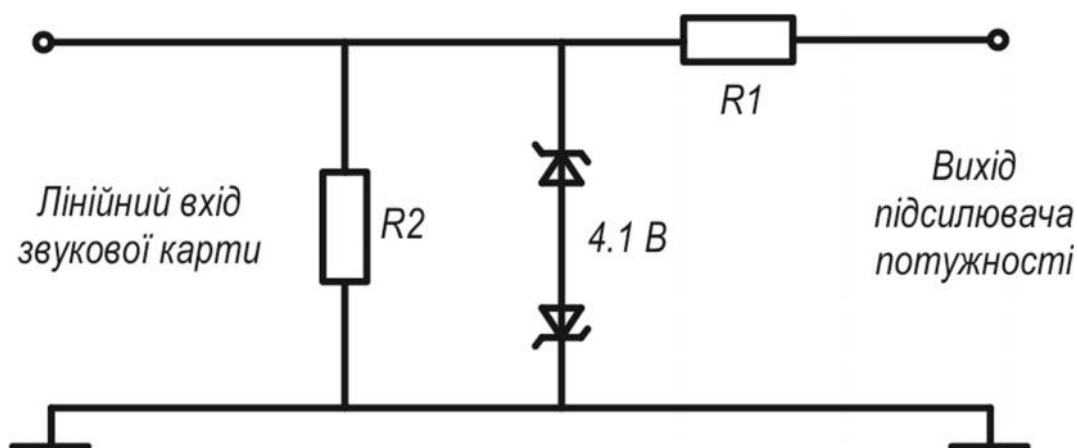


Рис. 5. Електрична принципова схема датчика напруги

Дана методика вимірювань складається з двох етапів калібрування і безпосередньо вимірювань.

Процедура калібрування включає в себе внесення параметрів підсилювача для гучномовця (коефіцієнт підсилення), підсилювача мікрофона (коефіцієнт підсилення мікрофона), внесення параметрів

напруги на лінійному виході, визначення чутливості мікрофону, вимірювання звукового тиску на відстані $1,0$ м джерела звуку з відомим акустичним тиском (еталон), налаштування коефіцієнтів підсилення для лівого і правого каналів лінійного входу.

Процедура вимірювань включає в себе налаштування робочої області, відображення результатів, установка 1/3 октавного фільтру згладжування, встановлення типу і кількості усереднень та безпосередньо вимірювання.

Для того, щоб уникнути явищ перевідображення акустичних хвиль та їх накладання перед вимірюванням роблять контрольне вимірювання. Воно дозволяє визначити час затримки між вхідним і вихідним сигналами і таким чином програмно обмежити часові параметри записаного сигналу, де наявні перевідображення сигналу у записі, що в свою чергу усуне вплив негативних факторів та покращить точність вимірювань.

Результати вимірювань

Початкові параметри вимірювання:

- коефіцієнт підсилення підсилювача потужності 20;
- коефіцієнт підсилення мікрофону 10;

- напруга живлення підсилювача 24 В;
- відстань між мікрофоном та гучномовцем 1 м;
- максимальна потужність підсилювача 10 Вт;
- Гучномовець марки VISATON FR-8;
- максимальна потужність гучномовця 10 Вт;
- акустичний тиск калібратора на відстані 1,0 м 94 дБ;
- тип акустичного сигналу – періодичний рожевий шум;
- частота дискретизації $F_s=48$ кГц (відповідає частоті дискретизації звукової карти);
- тип усереднення – лінійний;
- кількість усереднень 25;
- 1/3 октавний фільтр згладжування;

На Рис. 6 представлена амплітудно-частотна характеристика гучномовця FR-8 виміряна в одноканальному режимі на відстані 1,0 м на плоскому щиті, щоб змоделювати умови вільного напівпростору.

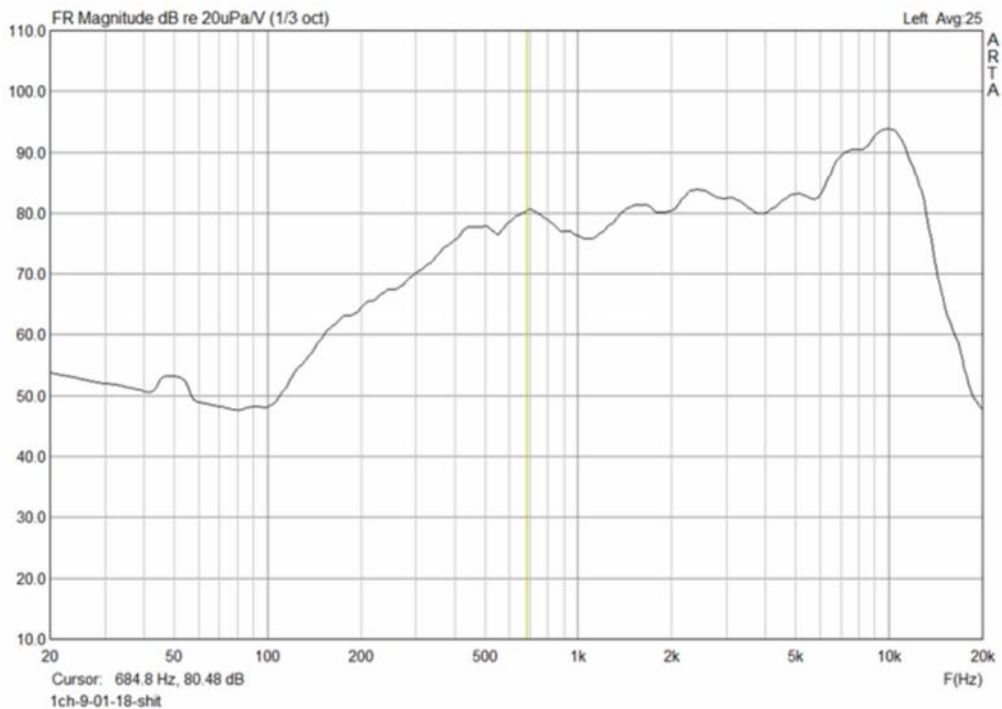


Рис.6. Амплітудно-частотна характеристика гучномовця FR-8

Проаналізувавши результати вимірювань, з графіку видно що смуга пропускання по рівню 70 дБ лежить в межах від 300 Гц до 15 кГц.

Висновки

Запропонований метод вимірювання амплітудно-частотних характеристик гучномовців за допомогою програмного пакету ARTA дозволяє забезпечити виконання встановлених Державним стандартом України вимоги, а саме ДСТУ EN 54-24:2012. Також проведення вимірювань не вимагає використання дорогого обладнання та спеціальних безлунних камер, що в свою чергу робить його доступним. Програмні методи обчислення дозволяють уникнути негативних впливів перевідображення акустичних хвиль,

їх накладання та реверберації. Також відсутні жорсткі вимоги щодо вибору вимірювальних відстаней між гучномовцем та мікрофоном (відстань може складати не менше 1,0 м порівняно з 4 м, які вимагає ДСТУ).

Література

1. User manual of the program ARTA SoftWare
2. ДСТУ EN 54-24:2012/СИСТЕМИ ПОЖЕЖНОЇ СИГНАЛІЗАЦІЇ Частина 24. Компоненти систем мовленнєвого оповіщення. Гучномовці (EN 54-24:2008, IDT)