

УДК 534: 699.844: 621.395.6

Вимірювальний підсилювач для електроакустичних досліджень

Автор: С.А. Кабак, Національний університет кораблебудування імені адмірала Макарова, м. Миколаїв

Науковий керівник: Ю.І. Касьянов, Національний університет кораблебудування імені адмірала Макарова, м. Миколаїв

Електроакустичні дослідження є дуже важливими в області запису, відтворення та захисту акустичної інформації. Вони використовуються для експериментального визначення параметрів і характеристик електроакустичних перетворювачів, оцінки звукоізоляційних властивостей матеріалів та конструкцій, оцінки акустичної захищеності приміщень. Структура лабораторного комплексу для проведення таких досліджень, розробленого на кафедрі електрообладнання суден та інформаційної безпеки Національного університету кораблебудування [1], приведена на рис. 1.

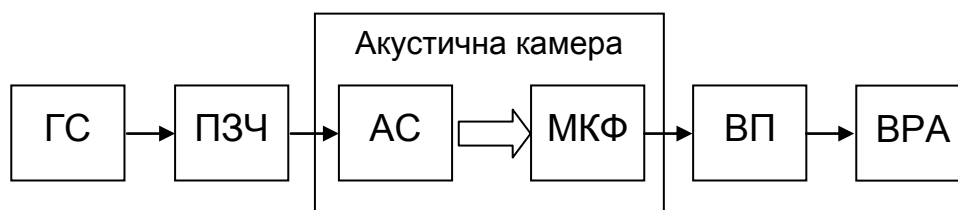


Рис.1. Комплекс засобів для електроакустичних досліджень:

ГС – генератор сигналів; ПЗЧ – підсилювач звукової частоти; МКФ – мікрофон;

АС – акустична система (гучномовець); ВП – вимірювальний підсилювач;

ВРА – вимірювально-реєструюча апаратура

До звуковідтворювальної частини комплексу входять: генератор сигналу (це може бути генератор шуму, генератор звукової частоти, генератор сигналів спеціальної форми або магнітофон чи диктофон з фонограмами звукових сигналів), підсилювач звукової частоти та гучномовець. Вимірювальна частина містить вимірювальний мікрофон, вимірювальний підсилювач та вимірювально-реєструючу апаратуру (шумомір, аналізатор спектру, осцилограф, мультиметри тощо). Гучномовець і мікрофон розміщуються в акустичній звукоізоляційній камері, що забезпечує як зниження дії тестового звукового сигналу на персонал, так і зниження впливу зовнішніх шумів на результат експерименту.

Метою даної роботи є розробка вимірювального підсилювача (ВП) для вказаного лабораторного комплексу.

Задачею вимірювального підсилювача тут є підсилення слабкого сигналу з виходу мікрофону до рівня, достатнього для вимірювальних приладів (вище рівня власних шумів приладу), а також узгодження опорів мікрофона та вимірювального приладу.

Параметри та характеристики ВП суттєво впливають на точність вимірювань та якість досліджень, що проводяться, в цілому. Вимірювальний підсилювач повинен забезпечувати широкий діапазон зміни коефіцієнта передачі при значному рівні верхньої межі (іноді до 80...90 дБ), високу стабільність коефіцієнта передачі в робочому діапазоні частот (практично плоску АЧХ з мінімальною нерівномірністю), малий коефіцієнт нелінійних спотворень [2]. Враховуючи необхідність значеного підсилення, він повинен мати мінімальні власні шуми, високий коефіцієнт послаблення синфазного сигналу та низьку напругу зміщення. Крім того, щоб не навантажувати малопотужне джерело сигналу, яким є мікрофон, ВП повинен мати дуже високий вхідний опір.

Вказаними властивостями володіють диференціальні підсилювачі, на базі яких і будують сучасні вимірювальні підсилювачі. Найбільш часто використовувана схема ВП показана на рис. 2.

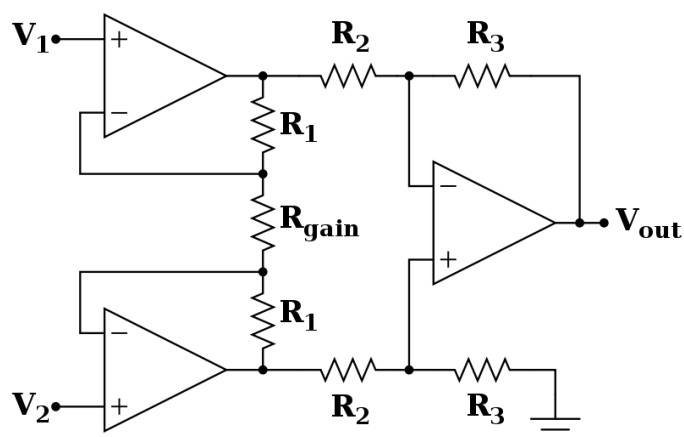


Рис.2. Схема типового вимірювального підсилювача

ВП представляє собою двокаскадний підсилювач. Перший каскад – буферний диференціальний підсилювач побудовано на двох взаємозв'язаних неінвертуючих операційних підсилювачах, які забезпечують збільшення вхідного опору схеми. Другий каскад – диференціальний інвертуючий підсилювач.

Коефіцієнт посилення напруги всієї схеми:

$$K_U = K_{Ud} \cdot K_{Ub} = \frac{V_{out}}{V_2 - V_1} = \left(1 + \frac{2R_1}{R_{gain}} \right) \frac{R_3}{R_2}$$

В якості базового вузла розроблюваного вимірювального підсилювача (рис.3) обрано операційний підсилювач модульної конструкції УСТ-46-75, що побудований по подібній схемі і використовується в аналогових обчислювальних комплексах АВК-31.

Коефіцієнт передачі задається зовнішніми прецизійними резисторами (вхідними - ВПР та зворотного зв'язку – ПРЗЗ) і встановлюється перемикачем П на передній панелі підсилювача. Для придушення небажаного сигналу (завади), наведеного від мережі живлення, використовується режекторний фільтр РФ на 50 Гц з коефіцієнтом послаблення 40 дБ. Розроблюваний підсилювач має захист від перевантаження, встановлений в УСТ-46-75, з виводом відповідної світлодіодної сигналізації перевантаження СП. Блок живлення БЖ на напругу ± 15 В – стабілізований з додатковою фільтрацією.

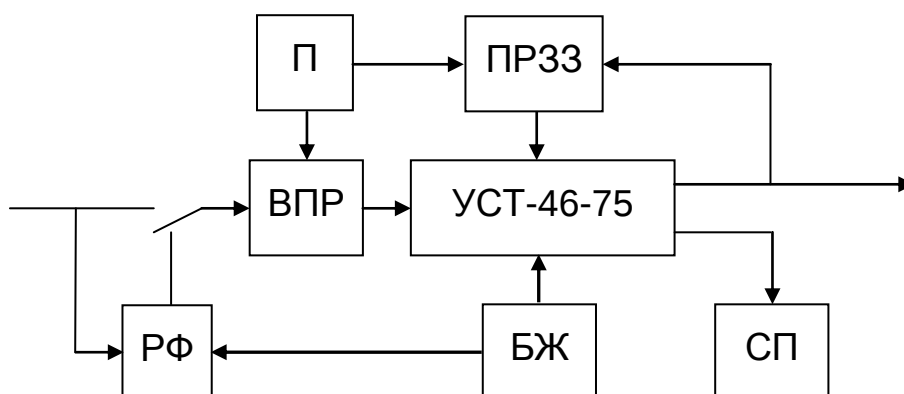


Рис. 3. Структурна схема вимірювального підсилювача

Експериментально знята амплітудно-частотна характеристика УСТ-46-75 при коефіцієнті передачі $K = 10$, що відповідає 20 дБ. Як видно, АЧХ практично плоска в діапазоні звукових частот, що відповідає наведеним вище вимогам.

Розроблюваний вимірювальний підсилювач забезпечує наступні технічні характеристики:

робочий діапазон частот 0...20000 Гц;

коефіцієнт передачі 10...60 дБ;

регулювання коефіцієнта передачі дискретне з шагом 10 дБ;

нерівномірність АЧХ $\leq 0,5$ дБ;

максимальна вихідна напруга ± 10 В;

вимірювана напруга 10-4...1 В;

напруга шумів в робочому діапазоні частот ≤ 20 мкВ;

коефіцієнт нелінійних спотворень $\leq 0,1\%$.

Висновок: Розроблюваний вимірювальний підсилювач має досить високі технічні показники і може використовуватися як в лабораторних роботах в дисципліні "Технічний захист інформації з обмеженим доступом", так і для проведення експериментальних наукових досліджень.

Список літератури:

1. Касьянов Ю.І. Комплекс засобів для дослідження звукоізоляції та електроакустичних перетворювачів / Ю.І. Касьянов, С.М. Нужний // Захист інформації і безпека інформаційних систем: Матеріали 1-ої міжнародної науково-технічної конференції. – Львів: НУ "Львівська політехніка", 2012. – С. 198 – 199.

2. Измерительный усилитель // Википедия - Режим доступа: [http:// ru.wikipedia.org](http://ru.wikipedia.org). 3. Машина АВК – 31. ПТЗ. 033.020 – Усилители операционные УВТ-21-75 и УСТ-46-75. / Техническое описание и инструкция по эксплуатации. Альбом №10. – Кишинев: НИИ Счетмаш, 1980.