

РОЗРАХУНОК ОСНОВНИХ ХАРАКТЕРИСТИК ЗАСОБІВ АКУСТИЧНОЇ РОЗВІДКИ З ВИКОРИСТАННЯМ PYTHON

Машура А.П.

e-mail: andrii.mashura@nure.ua

Науковий керівник – проф. Олейніков А.М.

Харківський національний університет радіоелектроніки, каф. КРіСТЗІ
м. Харків, Україна

The report analyzes methods for calculating microphone directivity, a key factor in sound recording and processing. Existing approaches are evaluated, and their shortcomings are identified. Python is proposed for automating calculations and visualizing directivity patterns. An improved method is developed, considering geometric and frequency characteristics to enhance microphone selection for specific applications.

Спрямованість мікрофонів є однією з ключових характеристик, що визначає їх ефективність у застосуваннях, пов'язаних із записом та обробкою звуку. Для аналізу та оптимізації таких пристроїв важливо розраховувати їхні характеристики спрямованості, що дозволяє порівнювати різні типи мікрофонів за їхнім індексом спрямованості (Q) та максимально застосовною частотою. Використання мови програмування Python дозволяє автоматизувати розрахунки та побудову діаграм спрямованості мікрофонів, що є критично важливим для їхньої оптимізації у практичних застосуваннях.

Коефіцієнт спрямованості – відношення квадрата осьової чутливості мікрофона у вільному полі E_{oc}^2 до середнього з квадратів чутливості по всіх радіальних напрямках $E_{диф}^2$, тобто

$$\Omega = E_{oc}^2 / E_{диф}^2.$$

Коефіцієнт спрямованості можна визначити при осьовій симетрії характеристики спрямованості за формулою

$$\Omega = \frac{2}{\int_0^\pi R^2(\theta) \sin \theta d\theta}.$$

де θ – кут між робочою віссю мікрофона та напрямком звукової хвилі, а $R(\theta)$ функція, що описує спрямованість мікрофона.

Для різних типів мікрофонів використовуються відповідні математичні моделі. Параметри вузьконаправлених мікрофонів (ВНМ) сильно залежать від співвідношення їхніх габаритних розмірів і довжини звукової хвилі та, як правило, мають невисокі значення просторової вибірковості на низьких частотах. В області високих частот найкращою просторовою

вибірковістю володіє рефлекторний мікрофон, який не має обмеження за максимально застосовуваною робочою частотою $F_{\max}$. На низькій частоті індекс направленості ВНМ типу лінійної групи мікрофонів дещо перевищує індекс направленості рефлекторного мікрофона, але його значення невисокі (одиниці дБ). Наприклад, для лінійної групи мікрофонів характеристика направленості визначається сумою синусоїдальних функцій, а для рефлекторного мікрофона застосовуються функції Бесселя першого роду.

Тип вузько-направленого мікрофона (ВНМ)	Формула для розрахунку характеристики направленості $R(\theta)$	Узагальнююча характеристика ВНМ
Комбіновані мікрофони	$R(\theta) = 1 - C + C \times \cos(\theta)$ $\text{Де } C = \frac{E_{\text{гдо}}}{(E_d + E_{\text{гдо}})}$	Низьке значення просторової вибірковості: $Q_{\max} = 6 \text{ дБ}$
Трубчасті мікрофони	$R(\theta) = \frac{\sin\left(\frac{n \times \pi \times d}{\lambda} \times (1 - \cos(\theta))\right)}{n \times \sin\left(\frac{\pi \times d}{\lambda} \times (1 - \cos(\theta))\right)}$ n – кількість трубок d – відстань приросту трубок L – довжина найбільшої трубки	При однакових габаритах поступається лінійній групі за всіма параметрами; обмеження за $F_{\max} \leq \frac{c}{2d}$
Лінійна група мікрофонів	$R(\theta) = \frac{\sin\left(\frac{n \times \pi \times d}{\lambda} \times \sin(\theta)\right)}{n \times \sin\left(\frac{\pi \times d}{\lambda} \times \sin(\theta)\right)}$ n – кількість мікрофонів d – відстань між мікрофонами L – загальна довжина МР	Індекс спрямованості Q на високій частоті нижчий, ніж у рефлекторного УНМ; обмеження за $F_{\max} \leq 1,5 \frac{c}{2d}$; можливість застосування ЦОС

Рефлекторні мікрофони	$R(\theta) = \frac{2 \times J_1(\psi)}{\psi}$ Де $\psi = \frac{2 \times \pi}{\lambda} \times \rho_0 \times \sin(\theta)$ ρ_0 – діаметр параболи відбивача. $J_1(\psi)$ – функція Бесселя 1-го порядку	Має найкращу просторову вибірковість на високій частоті, але на низькій частоті поступається ВНМ типу лінійної групи мікрофонів; обмеження по $F_{\max}$ не має
-----------------------	--	---

Застосування Python у цій сфері забезпечує гнучкість у виборі математичних моделей, спрощує візуалізацію даних та дозволяє інтегрувати розрахунки з іншими бібліотеками для обробки акустичних сигналів. Водночас, ефективність моделювання залежить від правильного вибору бібліотек і параметрів, а для складних розрахунків можуть знадобитися значні обчислювальні ресурси. Крім того, похибки можуть виникати через некоректне налаштування параметрів або вибір невідповідної моделі.

Використання Python у моделюванні характеристик мікрофонів дозволяє автоматизувати розрахунки та підвищити точність оцінки спрямованості. Аналіз показує, що вибір оптимального типу мікрофона залежить від конкретного застосування: у вузькоспеціалізованих задачах найкращим варіантом є рефлекторні мікрофони, тоді як лінійні групи забезпечують збалансоване співвідношення між розмірами та ефективністю. У роботі наводиться порівняльна характеристика засобів акустичної розвідки, представлені конкретні кількісні значення, що дозволяє об'єктивно оцінити їх ефективність у різних умовах.

Список використаних джерел:

1. Олейников А. Н., Бородавка А. В. Основні напрямки вдосконалення засобів акустичної розвідки // Радиотехника : Всеукр. міжвідомч. науково-техн. зб. – 2017. – Вип. 189. – С. 189–194.
2. Олейников А.Н., Войтенко А.О. Сравнительная характеристика параметров узконаправленных микрофонов // Радиотехника. 2013. Вып. 173. С. 224 – 231.