

Л. В. Головкіна

СТВОРЕННЯ ВСЕСПРЯМОВАНИХ ВИПРОМІНЮВАЧІВ В АКУСТИЦІ

У статті описані результати створення всеспрямованих випромінювачів. Запропоновані емпіричні формули для розрахунку контрапертурної акустичної системи. Аналізуються експериментальні характеристики контрапертурної системи в ближній зоні прослуховування.

Ключові слова: контрапертурна акустична система, всеспрямований випромінювач, оптимізація, акустична хвиля.

1. Вступ

Дослідження, про які йдеться у доповіді, набувають великої актуальності в зв'язку з подібністю процесів роботи всеспрямованих випромінювачів у різних галузях, наприклад, для мобільних та стільникових систем зв'язку, де створення ефективних неспрямованих/всеспрямованих випромінювачів електромагнітного поля є достатньо складним теоретичним і практичним завданням, тому що випромінюючі елементи завжди мають власну діаграму спрямованості.

При формуванні полів акустичних хвиль виникають аналогічні проблеми. Не дивлячись на те, що ближнє поле випромінюючих елементів акустичних систем має іншу структуру, ніж у електромагнітних, зберігаються загальні принципи формування випромінювання і у віртуальному центрі випромінювачів виключається одна з складових хвильового поля. Тому дослідження, про які йдеться в доповіді є актуальними.

2. Постановка проблеми

Основою контрапертурного принципу є протиспрямованість двох ідентичних швидкісних векторних потоків повітря, при взаємодії котрих утворюється віртуальне джерело поля типу пульсуючої сфери. Систему можна розглядати як монополь звукового тиску з побудовою вівповідної математичної моделі, оптимізації положення випромінювачів для створення більшого сумарного звукового тиску. Проблемою є вибір оптимальної відстані між випромінювачами з власними діаграмами спрямованості.

3. Основна частина

3.1. Аналіз літературних джерел по темі дослідження. Умовна точечність центру випромінювання, неспрямованість і однорідність в дальній зоні прослуховування, компенсація ефекту Доплера — далеко не всі переваги використаного контрапертурного принципу, що приводяться в роботі [1].

Стояча звукова хвиля має ділянки найбільш інтенсивного руху — пучності зсуву. Відстань між сусідніми вузлами $\lambda_{ст}$ називають довжиною стоячої хвилі: $\lambda_{ст} = \lambda/2$, де λ — довжина звукової хвилі, що біжить. Відстань між сусідніми вузлом і пучністю дорівнює $\lambda_{ст}/2 = \lambda/4$. Умова $\lambda/4$ є межевою відстанню, Δ , при віддаленні двох протиспрямованих випромінювачів (головак) з радіусами R_E і ефективною площею випромінюючої поверхні S_E , або в напівапертурі — платівки, що відбиває, з площею S_R , тобто $0,5R_E \cong \Delta < 0,25\lambda_{max}$, $S_R = (1/3 - 4)S_E$ [2]. Невизначеність останньої умови зажадало проведення експериментальної перевірки.

Дві сферичні хвилі, що одночасно розповсюджуються S_1 і S_2 у точці M (рис. 1, а) віддаленої від джерел на відстані r_1 і r_2 створюють сумарне коливання:

$$S = S_1 + S_2 = \frac{A}{r} \sin \varphi,$$

де

$$S_1 = \frac{A_1}{r_1} \sin(\omega_1 t - k_1 r_1 + \alpha_1) = \frac{A_1}{r_1} \sin \varphi_1,$$

$$S_2 = \frac{A_2}{r_2} \sin(\omega_2 t - k_2 r_2 + \alpha_2) = \frac{A_2}{r_2} \sin \varphi_2,$$

$\varphi_1 = \omega_1 t - k_1 r_1 + \alpha_1$ і $\varphi_2 = \omega_2 t - k_2 r_2 + \alpha_2$ — фази хвиль, що розповсюджуються, k_1 та k_2 — хвильові числа, ω_1 та ω_2 — циклічні частоти кожної хвилі, α_1 та α_2 — початкові фази.

При ідентичних джерелах амплітуда і фаза результуючого коливання визначаються як:

$$\frac{A}{r} = \sqrt{\left(\frac{A_1}{r_1}\right)^2 + \left(\frac{A_2}{r_2}\right)^2 + 2\frac{A_1}{r_1}\frac{A_2}{r_2}\cos(\varphi_2 - \varphi_1)},$$

$$\frac{A}{r} = \sqrt{\frac{A_1^2(r_1^2 + r_2^2) + 2r_1 r_2 \cos k(r_2 - r_1)}{(r_1 r_2)^2}},$$

$$\varphi = \arctg \frac{\frac{A_1}{r_1} \sin \varphi_1 + \frac{A_2}{r_2} \sin \varphi_2}{\frac{A_1}{r_1} \cos \varphi_1 + \frac{A_2}{r_2} \cos \varphi_2},$$

$$\varphi = \arctg \frac{r_2 \sin \varphi_1 + r_1 \sin \varphi_2}{r_2 \cos \varphi_1 + r_1 \cos \varphi_2}.$$

В результаті інтерференції амплітуда коливань нестабільна, як вказано у [3]:

$$S = \sqrt{\frac{A_1^2(r_1^2 + r_2^2) + 2r_1r_2 \cos k(r_2 - r_1)}{(r_1r_2)^2}} \times \sin \arctg \frac{r_2 \sin \varphi_1 + r_1 \sin \varphi_2}{r_2 \cos \varphi_1 + r_1 \cos \varphi_2}.$$

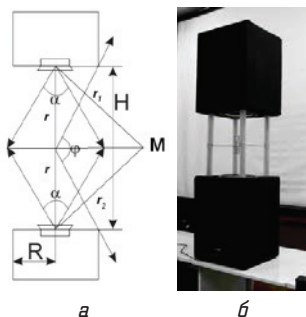


Рис. 1. Схема (а) і зразок (б) спеціалізованої лабораторної установки

Використовуючи результати досліджень, що приведені в роботі [4], може бути комплексно вирішена задача знаходження оптимальної відстані між випромінювачами.

Кожна динамічна головка створює звуковий тиск P , який на відстані r від неї може бути емпірично представлений у вигляді:

$$P = P_H - 20 \lg(r),$$

де P_H – звуковий тиск на відстані 1 м.

Чим менше відстань між двома головками, тим більше повинен бути сумарний звуковий тиск; чим далі одна від одної вони будуть знаходитися, тим більше буде кут розсіяння.

Кут розсіяння можна знайти як:

$$\varphi = 2 \arctg \left(\frac{H}{2R} \right) \text{ або } \varphi = 2 \arctg \left(\frac{r}{R} \right),$$

де $H = 2r$ – відстань між двома головками; R – відстань від центру до краю корпусу, див. рис. 1.

3.2. Результати досліджень. Вимірювання характеристик звукового тиску проводилися на спеціалізованій лабораторній установці, що є контрапертурною системою з можливістю зміни відстані між випромінювачами (10 ГД 36Е) (рис. 1,б).

Для аналізу характеристик були проведені випробування в діапазоні частот 70–9000 Гц. На рис. 2 приведені експериментальні характеристики для відстані 19 см.

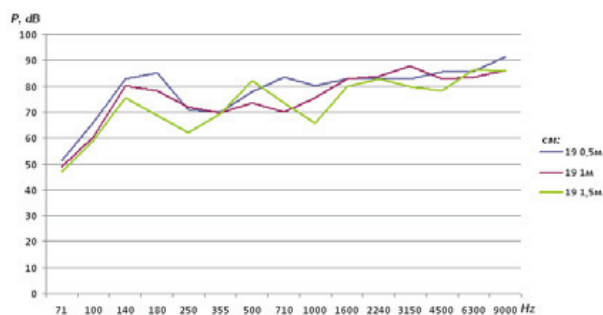


Рис. 2. Характеристики тиску від частоти для відстані 19 см

Оптимальне значення відстані між випромінювачами визначається при перетині графіків $P(r)$ та $\varphi(r)$.

У ближній зоні (0,5–1 м) ефект збільшення звукового тиску виявлявся слабо. На великих відстанях виявився ефект інтерференції. Умова $0,5R_E \cong \Delta$ не дає можливість використовувати властивості самих випромінювачів (головок) за спрямованістю, а $\Delta < 0,25\lambda_{\max}$ породжує необгрунтовано «великий розмір» такої системи.

Література

1. Гайдаров А. Особенности и перспективы использования контрапертурного принципа возбуждения звука [Текст] / А. Гайдаров // Радиоаматор. – 2002. – № 12. – С. 7.
2. Громкоговоритель [Текст]: пат. 2187888 Рос. Федерация: Н04R1/02, Н04R1/28, Н04R5/00, Н04R9/06; заявитель и патентообладатель Виноградов А. В.; Гайдаров А. С. – № 99112108/28; заявл. 11.06.1999; опубл. 27.10.2000.
3. Яворский Б. М. Справочное руководство по физике для поступающих в вуз и для самообразования [Текст] / Б. М. Яворский, Ю. А. Селезнев. – М.: Наука, 1984. – 596 с.
4. Головкина Л. В. Оптимизация конструкции контрапертурной акустической системы [Текст] / Л. В. Головкина, Д. А. Колесников, А. Ю. Шмонин // Материали VI mezinárodní vědecko-praktická conference «Nastoleni moderní vědy-2010». Díl 9. Technické vědy. Výstavba a architektura. Fyzika. Matematika. Moderní informační technologie. Praha. Publishing House «Education and Science» s.r.o – 96 stran, 27 сентября – 5 октября 2010 г. – Вып. 9. – С. 41–43.

СОЗДАНИЕ ВСЕНАПРАВЛЕННЫХ ИЗЛУЧАТЕЛЕЙ В АКУСТИКЕ

Л. В. Головкина

В статье описаны результаты создания всенаправленных излучателей. Предложены эмпирические формулы для расчета контрапертурной акустической системы. Анализируются экспериментальные характеристики контрапертурной системы в ближней зоне прослушивания.

Ключевые слова: контрапертурная акустическая система, всенаправленный излучатель, оптимизация, акустическая волна.

Людмила Вячеславовна Головкина, доцент кафедры проектирования и эксплуатации электронных аппаратов Харьковского национального университета радиоэлектроники, тел.: (057) 70-21-494, e-mail: glvolg@ukr.net.

CREATION SPEAKERS IN ALL SIDES DIRECTION IN ACOUSTICS

L. Golovkina

The article describes the results of creation in all sides direction speakers are examined. Empiric formulas are offered for the calculation of the contrapertura acoustic system. Experimental descriptions of the contrapertura system are analyzed in the near area of listening.

Keywords: contrapertura acoustic system, in all sides direction speaker, optimization, acoustic wave.

Ludmila Golovkina, Senior lecturer of Department of designing and exploitation of electronic devices Kharkiv National University of Radio Electronics, tel.: (057) 70-21-494, e-mail: glvolg@ukr.net.