

Вступ

Використання рупорів у високо- та середньочастотному діапазонах з самого початку лягло в основу ідеї звукопідсилення акустичними методами. Причина цьому проста: надійність конструкції та висока ефективність. Компактна, оснащена рупором, акустична система може створити на відстані десяти метрів рівень звукового тиску 85 дБ, не спотворюючи при цьому загальної музичної картини. Щодо використання рупорів в області низьких частот – досить невеликий процент акустичних систем (як Hi-Fi, так і Pro) мають оформлення НЧ гучномовців у вигляді рупорів.

Історія розвитку рупорних акустичних систем починається з перших днів появи звукового кіно. Досягнення в області побудови рупорів дозволили істотно підвищити ефективність випромінювання звуку, покращити направлені властивості рупорів та зменшити спотворення на високих рівнях відтворення.

Як працюють рупори та їхні головки (драйвери)

Традиційний конічний гучномовець (або прямий випромінювач) випромінює звукову енергію, навантажуючи свою електромеханічну систему безпосередньо на оточуюче середовище. Такий спосіб є малоефективним: для отримання акустичної потужності 2-3 Вт необхідно 100 Вт електричної, тобто ККД гучномовця прямої дії становить величину 2-3 % (для порівняння, ККД паровозу приблизно 5 %). При використанні рупора ефективність відтворення звуку підвищується до 25-30 %. Тобто для досягнення того ж значення акустичної потужності потрібно вже 10-12 Вт електричної.

Конструкція ВЧ компресійної динамічної головки представлена на рис. 1. Головка складається з тонкої діафрагми, що розташована на відстані приблизно 0.5 мм від фазуючого пристрою. Звукова котушка, що кріпиться на кінцях діафрагми, розташована в потужному полі постійного магніту. Сферична поверхня фазуючого пристрою має концентричні щілини, які проходять через всю конструкцію головки до її виходу. Відношення загальної площі щілин до площі діафрагми складає величину порядку 0.1-0.125. Це відношення площ, що характеризує коефіцієнт трансформації (компресії) головки, дозволяє максимально узгодити імпеданс рухомої системи головки та вхідний опір горла рупору. Гучномовець такого типу максимально оптимізовано для відтворення звуку на високих рівнях у широкій смузі частот. На рис. 2 зображено фотографію типової компресійної головки. Вперше таке конструктивне рішення було запропоновано компанією Western Electric в середині 30-х років і досі залишається основним для створення високоефективних професійних гучномовців. В якості матеріалу діафрагми використовують алюміній, титан та берилій.

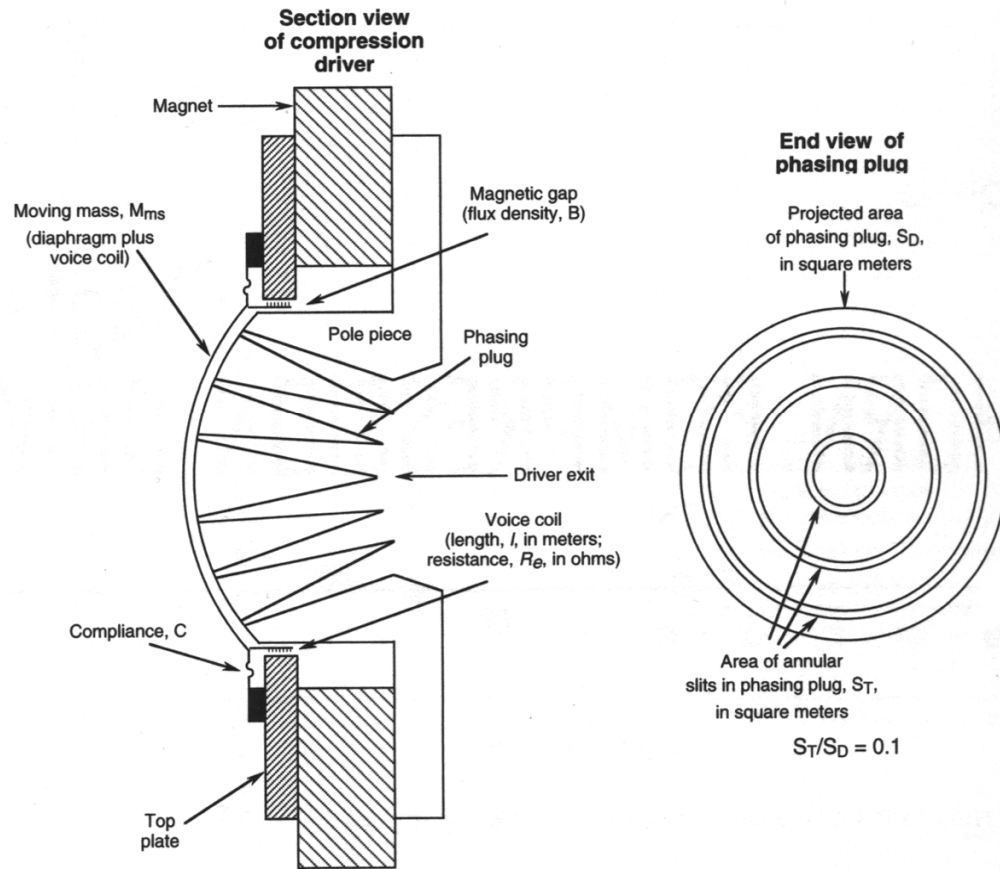


Рис.1 Конструкція компресійної динамічної головки

Фазуючий пристрій також забезпечує однакову довжину пробігу звукових хвиль від різних частин діафрагми до вихідного отвору. Таке рішення дозволяє максимально покращити частотну характеристику в бік високих частот за рахунок зменшення інтерференційних явищ.



Рис.2 Фотографія типової компресійної головки

На рис.3 зображено гучномовець, навантажений на рупор. Як видно з ілюстрації, площа поперечного перерізу рупора збільшується від горла до вихідного отвору рупора. Завдяки цьому відбувається поступова акустична трансформація (зі збільшенням відстані від горла рупора зменшується коливальна швидкість і зростає звуковий тиск), тобто імпеданс коливальної системи головки поступово

узгоджується з опором випромінення повітря. Раніше у якості функції (профілю) рупора використовували експоненційну залежність площі поперечного перерізу від відстані:

$$S(x) = S_n e^{mx} \quad (1.1)$$

де m – постійна рупора, x – відстань від горла рупора, S_n – початкова площа поперечного перерізу горла рупору.

Нижня гранична частота рупора:

$$f_c = cm / 4\pi \quad (1.2)$$

де c – швидкість звуку.

Нижче частоти f_c ефективність роботи рупору різко знижується. Емпірично вказана частота може бути визначена наступним чином: довжина хвилі на частоті зрізу дорівнює периметру вихідного отвору рупора. Так, наприклад, для отримання нижньої граничної частоти 500 Гц необхідно мати периметр рупору приблизно 65 см.

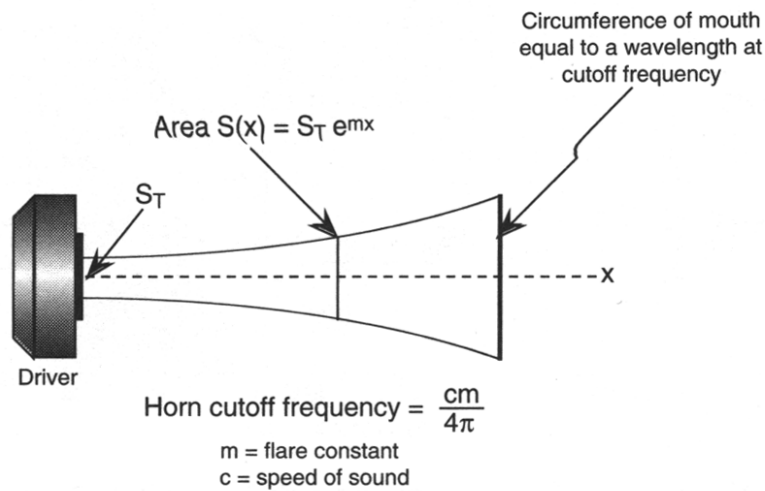


Рис.3 Експоненційний рупор

ККД компресійної динамічної головки

ККД компресійної динамічної головки можна визначити за допомогою такого співвідношення:

$$ККД(\%) = \frac{2R_E R_{EP}}{(R_E + R_{EP})^2} \times 100 \quad (1.3)$$

де R_E – опір звукової котушки, R_{EP} – опір випромінення рупора. У випадку коли, ці опори рівні ККД = 50%.

Опір випромінення рупора визначається з виразу:

$$R_{EP} = \frac{S_P (Bl)^2}{\rho_0 c S_D^2} \quad (1.4)$$

де S_P – площа вихідного отвору рупора, Bl – добуток густини магнітного потоку і довжини провідника звукової котушки, $\rho_0 c$ – імпеданс повітря, S_D – площа діафрагми.

Вимірювання характеристик компресійних гучномовців, зазвичай, поводять в закритій трубі, як це показано на рис. 4а. Для запобігання появи перевідбиттів, з

боку закритого кінця труби розташовано звукопоглинаючі матеріали. В трубу встановлюється мікрофон, що вимірює звуковий тиск під час роботи гучномовця.

Типові графіки вимірювань наведено на рис. 4б. Як видно з графіків, в однодюймовій трубці при подачі на головку потужності 1 мВт найбільш ефективною (50 % або 120 дБ) є область, що складає всього 40 % від всієї смуги частот. З підвищенням частоти, АЧХ головки з певної частоти починає падати з нахилом 6 дБ/окт. Точка, з якої починається нахил АЧХ, носить назву – точки критичної маси. Також можна зазначити, що на частоті 10 кГц ККД гучномовця складає всього 5 %.

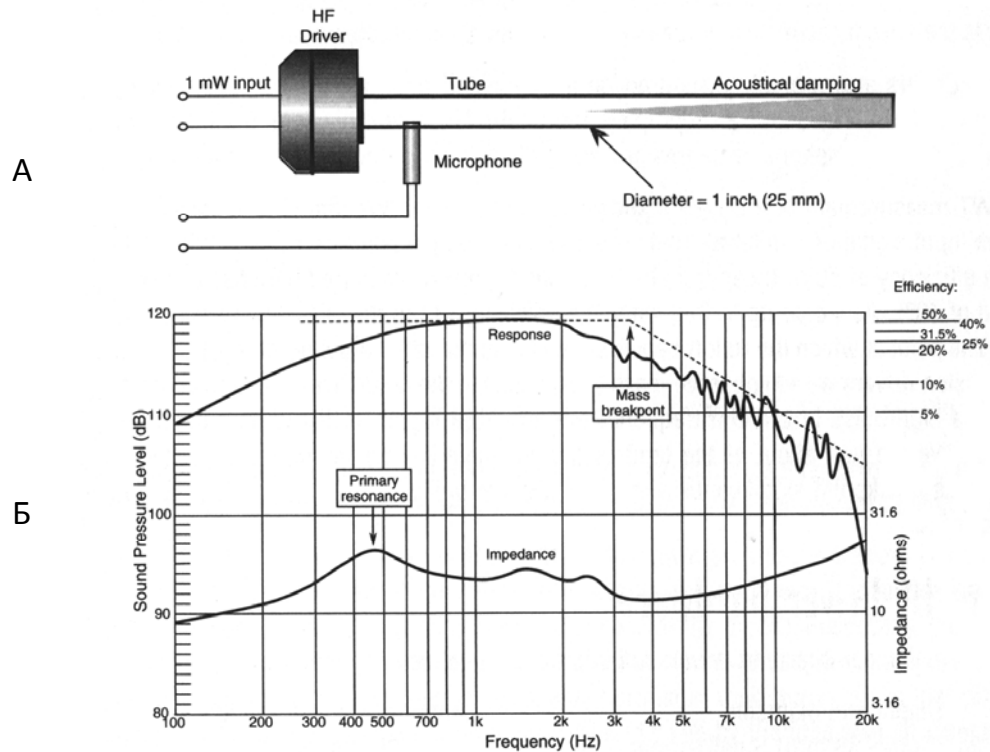


Рис. 4а Установа для вимірювання характеристик гучномовців
Рис. 4б Типовий графік результатів вимірювань

Класифікація ВЧ динамічних головок

Високоякісні компресійні головки класифікують за двома ознаками:

1. Діаметр діафрагми:
 - а) 1"-2" (25-50 мм) – малий формат;
 - б) 3"-4" (50-100 мм) – великий формат;
2. Довготривала потужність (continuous power rating):
 - а) 25-50 Вт;
 - б) 75-100 Вт.

Ці значення є стандартними в індустрії професійних акустичних систем. Загалом, для конкретно вибраного вихідного рівня і конкретного рупора справедливим є твердження: чим більше діаметр діафрагми, тим меншими будуть спотворення.

Щодо вихідного отвору гучномовця: в малоформатних використовують 1" (25 мм) вихідний отвір, у великоформатних 3" (76 мм) та 4" (100 мм) – 1.5" (38 мм) або 2" (50 мм).

Чутливість комбінації “рупор+гучномовець”

Власне, характеристики самої динамічної головки (без рупора) не мають великої цінності. Саме тому вимірювання цих характеристик проводять за наявності рупору тієї чи іншої конструкції. Однією з найбільш важливих характеристик будь-якої акустичної системи є характеристична чутливість. За загальноприйнятим стандартом чутливість системи вимірюється при подачі 1 Вт електричної потужності та при розміщенні вимірювального мікрофона на відстані 1 м від гучномовця на його осі. Наведемо деякі приклади з каталогу JBL.

Чутливість малоформатного гучномовця JBL 2426 (потужність 60 Вт):

за використання рупора типу 2344A (1 Вт на 1 м) – 107 дБ

за використання рупора типу 2370 (1 Вт на 1 м) – 110 дБ

Чутливість великоформатного гучномовця JBL 2446 (потужність 100 Вт):

за використання рупора типу 2360 (1 Вт на 1 м) – 113 дБ

за використання рупора типу 2366 (1 Вт на 1 м) – 118 дБ

Переклад з видання “Audio Engineering for sound reinforcement” 2002 р.

Автори:

Джон Ергл, головний керівник з питань розробки й застосування продукції в компанії JBL Professional, є автором таких книжок, як Довідник з Техніки Звукозапису (The Handbook of Recording Engineering), Мікрофонний Довідник (The Microphone Book), Довідник з Розробки Акустичних Систем (Handbook of Sound System Design), Довідник з Електроакустики (Electroacoustical Reference Data), Музика, Звук і Технології (Music, Sound and Technology) та Довідник з Акустичних Систем (The Loudspeaker Handbook).

Кріс Форман має 30-річний досвід роботи в індустрії професійного звукового обладнання, займаючись питаннями виробництва, консультацій та поставок аудіо продукції.... Він має багато публікацій і був редактором журналу “Звук і Комунікації” (Sound and Communications Magazine).

Переклав та доповнив: Степанишин О.В.

