

콘형 스피커의 임피던스 제어시스템

류성호* 이백열* 김정화** 김천덕***

*부경대학교 대학원 음향진동공학과 **부경대학교 대학원 전기공학과

***부경대학교 전기·제어계측공학부

The Control of Impedance System By A Cone Type Loudspeaker

Sung-Ho Ryu* Baek-Lyeol Lee*, Jung-Hwa Kim**, Chun-Duck Kim***

*Dept. of Acoustic and Vibration Eng. Pukyong National Univ.

**Dept. of Electrical Eng. Pukyong National Univ.

***Faculty of Electrical and Control Eng. Pukyong National Univ.

요 약

콘형 스피커를 사용한 임피던스 흡음 제어시스템에서는 진동판의 진동속도와 음압 모두를 제한하는데 이는 제한 이득이 큰 반면에 제한 루프상의 요소들 때문에 안정한 동작이 곤란하였다. 이 연구에서는 전기단 접속형 제어시스템과 속도 제한형 제어시스템의 적용에 대해 그 가능성을 확인하였다.

을 갖는 스피커에서는 안정한 동작은 기대하기가 어렵다. 따라서 본 연구에서는 콘형 스피커의 각 소자의 물리정수들 값은 다소 영향을 받지만 제한 루프를 적게 함으로써 제한 루프 속에 포함된 파라메타 수를 줄이면서도 공기중의 소음을 목적으로 흡음력을 향상시킬 수 있는 제어 시스템에 관해서 시뮬레이션을 통해서 실현 가능성을 검토하였다.

1. 서 론

콘형 스피커 진동판의 진동속도와 진동판 전면의 음압을 제한하는 흡음 시스템은 제한 이득을 충분히 크게 하면 스피커의 물리정수의 영향에 관계없이 임피던스를 제어할 수 있다. 하지만 제한 루프에는 포함된 파라메타가 많고 특히, 음압은 위상의 지연이 생기기 때문에 충분히 큰 이득

2. 임피던스의 전기단 접속형 제어 시스템

콘형 스피커의 전기단자에 임피던스를 접속하고 이를 제어하기 위한 시스템에서 제한 루프의 이득이 최소로 작아지는 시스템에 대해서 모델로 설정하였다. 그림 1은 시뮬레이션 실험을 대상

으로 하는 시스템 등가회로이다.

그림 1의 좌측은 전기 회로계이고 우측은 기계 회로계이다. Z_o 는 보이스코일의 전기임피던스 [Ω], Z_m 은 진동판의 기계임피던스 [$N \cdot s/m$], Z_r 은 진동판의 방사임피던스 [$N \cdot s/m$], A 는 힘계수 [$V \cdot s/m, N/A$], $F_0 = 2 P_i S$

는 입사파에 의한 구동력 [N], P_i 는 입사파의 음압 [Pa], S 는 진동판의 실효 면적 [m^2], F 는 진동판에 가한 힘 [N], V 는 진동속도 [m/s], I_0 는 전류 [A] 를 나타낸다.

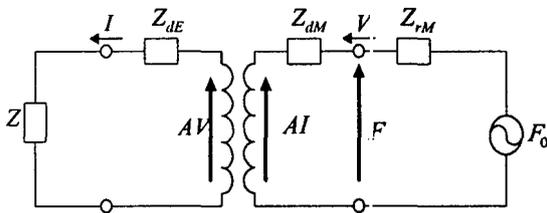


그림.1 소음 제어용 콘형 스피커의 전기단 접속형 시스템의 등가회로도

대상의 음장에서 본 진동판의 기계임피던스 [$N \cdot s/m$] 를 Z_a 로 표현하고 콘형 스피커의 전기단에 접속된 임피던스를 Z [Ω] 라고 하면 진동판의 기계임피던스 Z_a [$N \cdot s/m$] 는 다음 식 (1) 과 같이 나타낸다.

$$Z_a = \frac{F}{V} = Z_m + \frac{A^2}{Z_o + Z} [N \cdot s/m] \quad (1)$$

대상의 음장에서 소음하기 위한 최대 흡음을 목적으로 한 음장에서 바라본 진동판의 기계임피던스 Z_a [$N \cdot s/m$] 는 진동판이 작용하는 방사 임피던스의 복소공액 Z_r^* [$N \cdot s/m$] 로 나타낼 수 있다. $Z_a = Z_r^*$ 를 만족하는 콘형 스피커의 전기단에 접속하는 임피던스 Z 는 다음 (2) 식과 같이 나타낼 수 있다.

$$Z = \frac{A^2}{Z_r^* - Z_m} - Z_o [\Omega] \quad (2)$$

위의 (2) 식을 이용하여 모든 주파수 영역에서 최대 흡음으로 하기 위한 전기단 접속 임피던스 Z 의 주파수 특성을 표 1의 계수들을 이용하여 시뮬레이션 하였다.

표.1 시뮬레이션에 사용된 콘형 스피커 물리정수

Total mass of the diaphragm	$m=10 g$
Radius of the diaphragm	$a=0.1 m$
stiffness	$s=2000 N/m$
Mechanical resistance	$R_m=1 N \cdot s/m$
Inductance of voice coil	$L_o=0.2 mH$
Resistance of voice coil	$R_o=5 \Omega$
Length of wire in voice coil	$l=5 m$
Magnetic field	$B=0.9 T$

그림 2 는 시뮬레이션 실험으로 구하여진 주파수 특성이다. 일반적으로 콘형 스피커에 있어서는 (2) 식의 실수부는 부(-) 가된다.

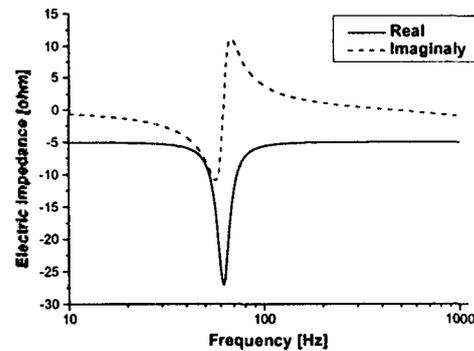


그림.2 최대 흡음일 때 전기 임피던스의 주파수 특성

최대 흡음을 실현하기 위해서는 그림 3 의 회로와 같이 전류에 비례한 전압

$$E_0 = ZI [V] \quad (3)$$

의 전원(부(-)임피던스)이 사용된다.

그러나 이 시스템이 안정된 동작을 위해서는 다음 조건이 만족되어야 한다.

$$\text{Im}[Z_m] = -\text{Im}[Z_r] \quad (4)$$

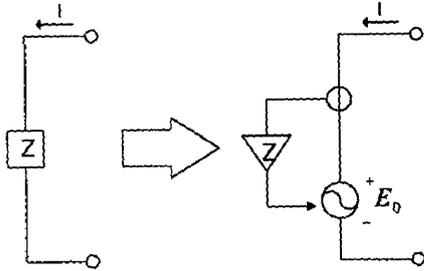


그림.3 전기임피던스의 동가회로

실제로 허수부에 관해서만 최대 흡음의 조건이 성립된다.

$$\text{Re}[Z_m] \leq \text{Re}[Z_r] \quad (5)$$

이 식이 성립하기 위해서는 흡음용 시스템은 기계저항이 적은 콘형 스피커라는 것을 의미한다.

3. 속도 변환형 제어시스템

제어 루프의 범위를 약간 확대하여 진동판의 진동 속도의 제환에 대해 살펴보자. 이 경우는 정전압원에 의한 제환과 정전류원에 의한 제환이 성립된다. 정전류원을 사용하면 콘형 스피커에 삽입된 보이스 코일의 전기임피던스는 영향을 받지 않는 이점이 있다. 따라서 이 연구에서는 정전류원을 사용하여 시스템을 구성하였다. 그림 4는 속도 변환형 시스템의 동가회로도이다.

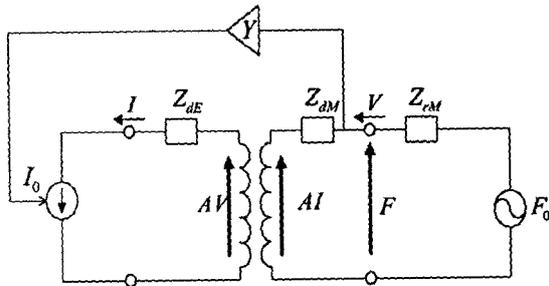


그림.4 속도 변환형 시스템의 동가회로도

콘형 스피커의 진동판의 진동속도에 제환계수 Y [$N \cdot s/m$] 를 곱한 전류

$$I_0 = YV \quad [A] \quad (6)$$

를 스피커의 전기단은 음장에서 바라 본 기계 임피던스 Z_a 는 식 (7)과 같이 나타낼 수가 있다.

$$Z_a = \frac{F}{V} = YA + Z_m \quad [N \cdot s/m] \quad (7)$$

흡음요 콘형 스피커가 최대흡음을 목적으로 할 때 $Z_a = Z_r^*$ 이 성립되어야 하므로 Y [$N \cdot s/m$] 는 식 (8)의 특성이 요구된다.

$$Y = \frac{Z_r^* - Z_m}{A} \quad [N \cdot s/m] \quad (8)$$

식 (8)을 이용하여 제환계수 Y 의 주파수 특성을 시뮬레이션 한 결과는 그림 5와 같이 나타났다.

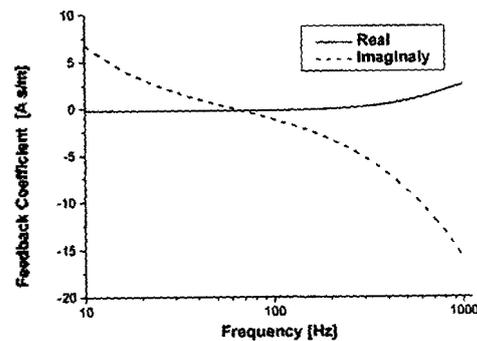


그림.5 속도제환(정전류)형 시스템의 동가회로

이때의 제환 루프 이득 G 는

$$G = \frac{Z_m - Z_r^*}{Z_m + Z_r} \quad (9)$$

와 같다. 제환루프의 이득 G 를 이용하여 시뮬

레이션 한 것은 그림 6 과 같다.

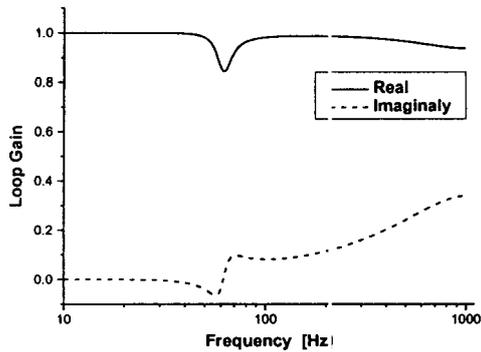


그림.6 최대흡음을 위한 루프 이득의 주파수 특성

그림.6 에서 나타난 루프 이득에 따른 주파수 특성의 안정조건은 만족하고 있다. 하지만 $G \approx 1$ 로써 정궤환이고 실제로 시스템을 제작함에 있어서 안정된 동작을 하는 것은 여러 가지 문제점이 있다.

4. 결론 및 향후 과제

궤환 루프에 포함된 소음을 목적으로 한 콘형 스피커의 흡음 제어 시스템에서 콘형 스피커에 포함된 파라메타 수를 최소로 안정 조건 등의 현실적인 적용 가능성에 대하여 검토하였다. 그리고 전기임피던스 Z 로써 흡음력을 제어할 수 있음을 확인하였다. 실제로 적용할 수 있는 음장에 있어서는 방사임피던스가 복잡하고 시간에 따라 시변 시스템의 안정한 동작을 얻기 위해서는 이에 대한 연구가 선행되어야 하겠고 이와 같은 바탕에서 실제의 콘형 스피커에 적용하여 그 안정성을 확인하는 것이 향후 연구해야 할 과제이다.

REFERENCES

- [1] L.E. Kinsler, "Fundamentals of Acoustics", John Wiley & Sons INC, New York, 1982
- [2] 田代, 今井, 小西, "속도 음압궤환형 스피커를

이용한 흡음 가변 시스템" 음향론집 1989, 1990

[3] 윤종락, 김천덕 편역, "전기음향공학" 상pp. 53-86 하pp. 14-19

[4] 이재봉, 차경환, "음향공학개론", 형설출판사, 1999