

Horn 의 음향 모델링 연구-음향 혼의 해석 및 설계

A study on the Acoustic Modeling of Horn - Analysis and Design of Acoustic Horn

박 석 태† · 사종성*
Seok-Tae, Park, Jong Sung, Sa

1. 서 론

음향기에 사용되는 혼(Horn)은 혼 드라이버에 장착되어 혼 드라이버 스피커 시스템을 구성한다. 이러한 혼 드라이버는 자동차에 적용하여 기존의 경적음을 발생하는 간단한 전기식 음향시스템에서 발전하여 최근에는 다양한 소리를 발생하는 음향 혼 드라이버 시스템이 개발이 국내외에서 활발하게 수행되고 있다. 또한, DSP 와 연계하여 인공적인 소리를 발생시킬 수 있는 혼의 제품을 개발하면 차량의 브랜드 가치를 높이는데 크게 기여할 수 있다. 또한, 모바일 폰에서도 고효율, 고풍력 특성이 필요한 제품에도 혼이 적용되고 있다. 이러한 혼의 활용성 증대를 위한 다양한 연구가 이루어져 왔으나 단편적인 이론해석이 주를 이루었기 때문에 실제 현장에서는 설계자들의 경험에 근거한 혼 설계가 이루어져 왔다. 설계자 입장에서는 혼이 혼 드라이버에 장착되었을때 전체 시스템의 특성을 정확하게 파악하는 것이 매우 중요해지고 있다. 본, 연구에서는 혼 드라이버 시스템을 일반적인 스피커 시스템 처럼 표현하여 설계자가 혼 드라이버 시스템의 특성을 정확하게 파악할 수 있는 방법을 제시하고자 한다.

기회로로 표시한 것은 Fig.2와 같다. 구성 방정식은 식(1)과 같다.

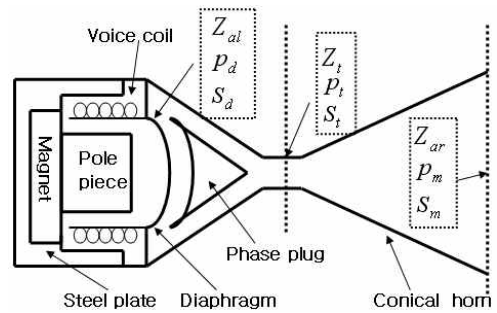


Fig.1 Horn-driver speaker system

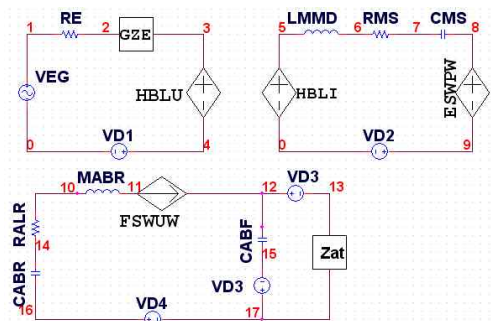


Fig.2 Representation of equivalent electrical circuit of horn-driver speaker system

2. 혼 드라이버 시스템 모델링

2.1 혼 드라이버 매개변수 규명

혼 드라이버 시스템은 혼 드라이버와 혼으로 구성되며 전형적인 형태는 Fig.1과 같으며 이를 등가 전

$$\begin{Bmatrix} E \\ I \end{Bmatrix} = \begin{bmatrix} \frac{S_d}{Bl} Z_c & \frac{Bl}{S_d} (1 + Bl^2 Z_c Z_m) \\ \frac{S_d}{Bl} & \frac{Z_m}{Bl S_d} \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} p_d \\ U_d \end{Bmatrix} \quad (1)$$

Phase plug 등가길이 L_{cl} 는 직접 측정할 수도 있으나 혼 드라이버에 길이를 알고 있는 파이프를 연결하고 파이프 끝단에서 음향 임피던스를 측정하고 이를 이론적인 식(2)와 비교하여 등가길이 L_{cl} 를 구할 수 있다.

† 교신저자; 정희원, 충북보건과학대학교
 E-mail : stpark@chsu.ac.kr
 Tel : 010-6319-4698, Fax :043-210-8156
 * 서일대학교 자동차과

$$Y_{al} = \frac{1}{Z_{al}} = j\omega C_{ac0} + \frac{1}{\zeta_t} j \tan\{k(L_{cl} + L_p)\} \quad (2)$$

식(2)를 통해서 $L_{cl} = (2n+1)/(4f_{an}) - L_p$ 과 $C_{ac0} = V_{c0}/(\rho c^2) = \min(Y_{al})/f$ 를 구할 수 있다. 혼 드라이버의 단면적 S_d 은 실측으로 구하였다. 힘 요소 Bl 은 식(3)으로 구할 수 있다.

$$Bl = S_d \sqrt{\rho c^2 \frac{L^p L^c}{(L^p - L^c) V_{eq} (V_{eq} + V_{eq}^p)}} \quad (3)$$

Fig.2의 각 요소들의 특성을 연계되면 혼 드라이버 스피커시스템이 규명된다.

2.2 혼 특성 해석

본 연구에서는 콘(cone) 형태를 가진 혼의 모델링을 기술하였다. 혼 mouth의 음향방사임피던스를 Z_{ar} 라 할 때에 혼 throat의 음향 임피던스 Z_{at} 는 식(4)와 같다.

$$Z_{at} = \frac{\zeta_t}{1/(jkx_t) + \tanh\left\{ jkL + \tanh^{-1}\left(\frac{\zeta_m}{Z_{ar}} - \frac{1}{jkx_m}\right)\right\}} \quad (4)$$

2.3 혼드라이버 시스템 실험 및 토의

2.1절에서는 혼 드라이버의 매개변수들을 규명하였다. 2.2절에서는 혼을 수식적으로 모델링 하였다. 이때, 혼의 형상이 복잡한 경우에는 throat 음향 임피던스를 수식적으로 유도하지 않고 실험으로 측정하여 혼 드라이버 시스템에 적용할 수도 있다. Fig.3은 throat 직경이 16mm, mouth 직경은 90mm이고 길이가 150mm인 혼의 throat 음향 임피던스를 실험적으로 구한 결과이다. 이 혼을 2.1절에서 사용한 혼 드라이버에 장착한 상태에서의 전체 전기임피던스 곡선과 음향 응답특성을 각각 Fig.4와 Fig.5에 나타냈다.

3. 결 론

본 연구에서는 혼 드라이버 시스템을 모델링하였고 혼 드라이버의 매개변수를 규명하였다. 혼의 수학적 모델을 사용하여 혼 드라이버 시스템에 대한 음향 및 전기 임피던스 시뮬레이션을 수행하였다. 완성된 혼 드라이버의 스피커 시스템 모델을

사용하여 혼 드라이버의 매개변수를 변경하거나 또는 혼의 특성을 변경하는 경우에 전체 혼 드라이버 시스템의 음향응답특성과 전기임피던스특성을 정확하게 예측할 수 있음을 보였다.

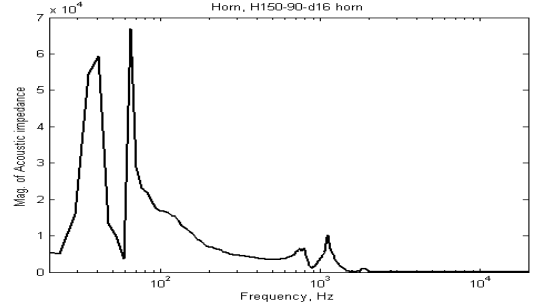


Fig.3 Throat acoustic impedance, h150-90 horn

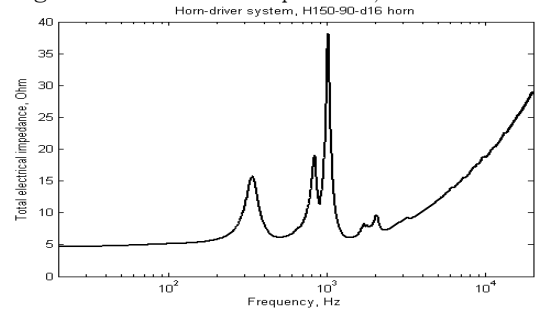


Fig.4 Electrical impedance of horn driver system

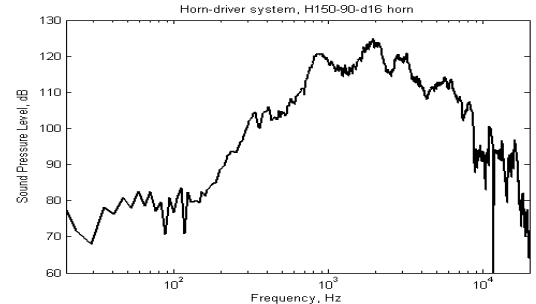


Fig.5 SPL of horn-driver system, GPM

제시한 모델은 혼 드라이버 또는 혼의 매개변수를 변경하여 시뮬레이션이 가능하도록 하였다. 설계자는 본 연구에서 제시한 혼 드라이버 시스템의 모델 기법을 사용하여 빠르고도 정확하게 혼 드라이버 시스템의 음향특성을 예측할 수 있으며 원하는 특성을 얻기 위한 혼 드라이버나 혼의 매개변수 변경 값 들을 용이하게 구할 수 있다.