

## Vehicle Horn의 초기 설계 Process

기준우, 김영성, 정경태, 임명섭, 홍정표  
한양대학교

### Preliminary Design Process of Vehicle Horn

Joon-Woo Gi, Young-Sung Kim, Kyung-Tae Jung, Myung-Seop Lim, Jung-Pyo Hong  
Hanyang University

**Abstract** - 차량 운전 시 주변에 경고를 하는 수단인 Vehicle Horn은 경험에 의존하는 방식으로 설계되고 있다. 그러나 Vehicle horn의 성능 및 제작비용을 고려한 최적설계를 위해서는 정형화된 설계 process가 필요하다. 이러한 필요를 충족시키고자 본 논문에서는 Vehicle Horn의 초기 설계 process를 제안한다. 자기등가회로를 이용해 특성을 예측하여 Vehicle horn의 초기 형상을 결정한다. 그리고 초기 형상에 대한 FEA를 수행하여 자기등가회로를 검증하고 전자기 파라미터를 산정한다. 마지막으로 전자기 파라미터를 Vehicle horn의 전기-기계 시스템을 구현한 Dynamic Simulator에 적용하여 Vehicle horn의 거동을 예측한다.

#### 1. 서 론

최근 자동차 시장은 중국과 인도 등 신흥국들이 뛰어들면서 경쟁이 갈수록 치열해 지고 있다. 이런 현실 속에서 경쟁력을 유지하기 위해 자동차 부품의 경량화, 안정성 강화, 친환경, 가격경쟁력 설계 등 다양한 요구조건들을 필요로 한다. 이를 만족하기 위해 큰 부품에서부터 아주 사소한 부품까지 눈을 돌리고 있다.

자동차의 차체부터 서스펜션, 조향, 변속, 엔진 등 다양한 부품들이 정확한 계산을 바탕으로 설계되어지고 있으며 많은 연구가 이루어지고 있다. 그러나 Vehicle horn같은 경우에는 다른 부품들과 달리 현재까지 경험에 의존한 설계방식을 따르고 있으며 문제 발생 시에도 경험에 의존하여 해결하고 있다. 따라서 Vehicle horn 또한 현실적인 요구조건을 만족하고자 체계적인 설계방안을 제시 하려 한다.

Vehicle horn의 특성 최적화와 제작 단가 절감을 위한 설계 process 확립을 위해 본 논문에서는 Vehicle horn의 수식에 기반 하여 체계적인 초기 설계 process를 제안한다.

#### 2. 본 론

##### 2.1 Vehicle Horn의 동작원리

외부로부터 전기적인 신호를 받아 Vehicle horn의 스위치가 작동되면 PWM(Pulse Width Modulation) 형태의 전압이 발생하여 코일에 전류가 인가된다. 코일에 전류가 인가되는 순간은 자기 저항이 최소화되는 방향으로 철심 사이에 인력이 발생하여 Diaphragm에 변형이 생기고, 전류가 인가되지 않을 때는 탄성력에 의해 형태가 복원된다. 이와 같은 현상이 반복되면서 Diaphragm이 진동하게 되어 소리가 발생한다.

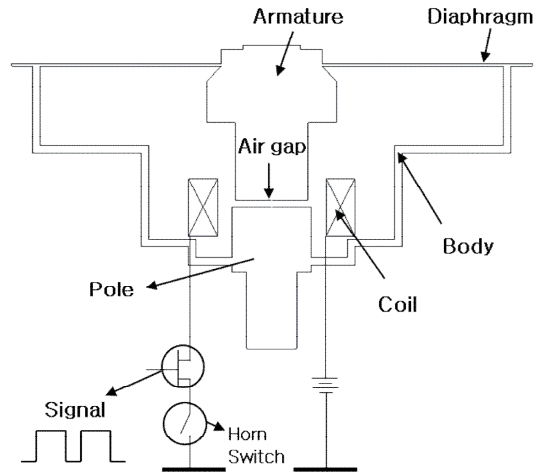
##### 2.2 Vehicle Horn 초기 설계 Process 개요

Vehicle horn의 자기등가회로 모델을 이용하여 특성을 예측할 수 있다. 이 과정을 통해 요구 특성을 만족하는 Vehicle horn의 형상을 결정한다. 결정된 형상에 대해 FEA(Finite-Element Analysis)를 이용하여 자기등가회로의 전자기 파라미터를 검증한다. 마지막으로 자기등가회로 모델의 형상을 바꿔가며 파라미터 값을 Dynamic Simulator에 적용하여 Vehicle horn의 거동을 예측한다.

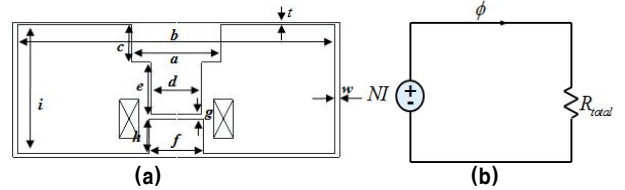
##### 2.2.1 자기등가회로를 이용한 형상 결정

Vehicle horn의 형상은 <그림 1>에 나타나 있다. 이를 <그림 2>의 (a)와 같이 단순화하고 <그림 2>의 (b)에 도시된 자기회로로 등가화한다. 자기등가회로는 단순화된 형상 각 위치의 자기저항으로 구성되며 각각의 자기저항은 식 (1)~식 (5)와 같이 Vehicle horn의 형상 치수로 표현된다.

각 위치의 자기저항  $R_1$ 은 Armature reluctance,  $R_2$ 는 Diaphragm reluctance,  $R_3$ 는 Body reluctance,  $R_4$ 는 Pole reluctance이다. 여기서  $a, b, c, d, e, f, g, w, t$ 는 <그림 2>의 각 형상의 치수이고,  $\mu_0$ 는 진공에서의 투자율,  $\mu_r$ 은 비투자율,  $\Phi$ 는 자속,  $N$ 은 코일의 턴 수,  $I$ 는 전류,  $B_g$ 는 공극자속밀도,  $A_g$ 는 공극의 면적,  $F_g$ 는 공극에서의 힘이다.



<그림 1> Vehicle Horn의 단면 형상



<그림 2> (a) 단순화된 Vehicle Horn의 형상, (b) 자기등가회로

$$R_1 = \frac{c}{\mu_0 \mu_r \pi \frac{a^2}{4}} + \frac{e}{\mu_0 \mu_r \pi \frac{d^2}{4}} \quad (1)$$

$$R_2 = \frac{\ln \frac{b}{a}}{\mu_0 \mu_r \pi t} \quad (2)$$

$$R_3 = \frac{\ln \frac{b}{f}}{\mu_0 \mu_r \pi w} + \frac{i}{\mu_0 \mu_r \pi \frac{(c+w)(c-w)}{4}} \quad (3)$$

$$R_4 = \frac{h}{\mu_0 \mu_r \pi \frac{f^2}{4}} \quad (4)$$

$$R_{total} = R_1 + R_2 + R_3 + R_4 \quad (5)$$

자기등가회로와 식 (6)~식 (8)을 이용해 공극자속밀도를 구하고 공극에서 발생하는 힘을 계산할 수 있다.

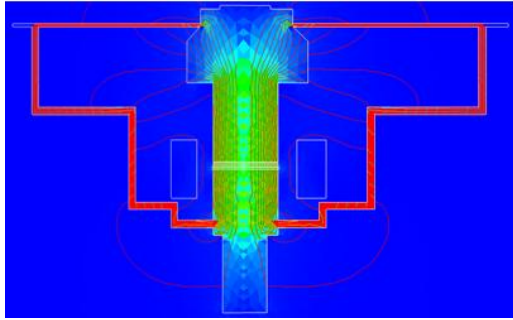
$$\Phi = \frac{NI}{R_{total}} [Wb] \quad (6)$$

$$B_y = \frac{\Phi}{A_y} [T] \quad (7)$$

$$F_y = \frac{B_y^2 A_y}{2\mu_0} [N] \quad (8)$$

이 과정을 통해 구한 공극에서의 힘이 요구되는 수준을 만족하도록 Vehicle horn의 형상을 결정한다.

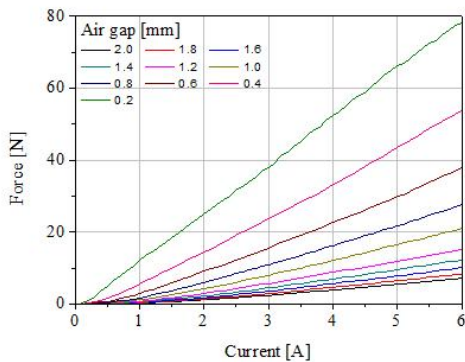
### 2.2.2 FEA를 이용한 전자기 파라미터 선정



〈그림 3〉 FEA 모델

〈표 1〉 자기등가회로와 FEA 비교

	자기등가회로[N]	FEA[N]	오차[%]
공극에서의 힘	46.2	43.3	6.7



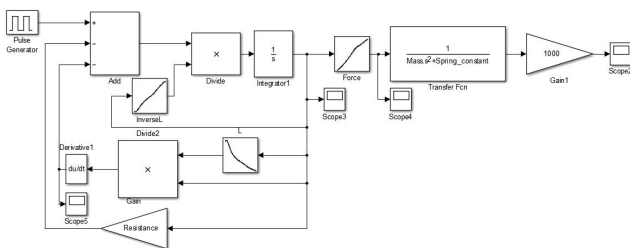
〈그림 4〉 공극 길이에 따른 공극에서의 힘

결정된 형상에 대해 FEA를 수행하여 Dynamic simulator의 입력 파라미터인 공극에서의 힘과 인덕턴스를 선정한다. 이때, FEA를 이용해 선정된 공극에서의 힘과 자기등가회로를 통해 수식적으로 구한 공극의 힘을 <표 1>과 같이 비교하여 자기등가회로의 신뢰성을 검증한다.

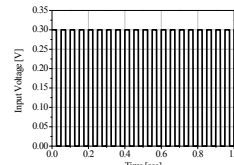
이때 발생한 오차는 초기 형상을 결정하는 단계에서는 충분히 신뢰할 만한 수준이라고 할 수 있다. 따라서 등가회로에서 수식적으로 구한 파라미터로 초기설계를 진행할 수 있다.

FEA를 통해 공극 길이에 따라 전류 인가 시 공극에서 발생하는 힘을 해석하여 <그림 4>에 나타내었다. 공극 길이가 작을수록 릴럭턴스가 작아지므로 공극에서 발생하는 힘이 커지는 것을 확인할 수 있다.

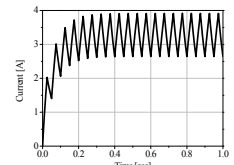
### 2.2.3 Dynamic Simulator



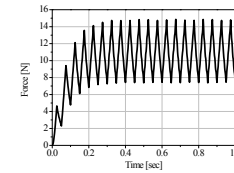
〈그림 5〉 Dynamic Simulator



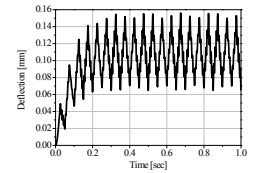
(a) 입력전압



(b) 전류



(c) 힘



(d) 변형량

〈그림 6〉 Dynamic Simulator의 해석결과

$$V = RI + L(y, \dot{I}) \frac{dI}{dt} \quad (9)$$

$$F(y, \dot{I}) = M \frac{dy}{dt} + Ky \quad (10)$$

위의 Dynamic Simulator에서 사용된 식 (9)는 전기시스템으로  $V$ 는 전압,  $I$ 는 전류,  $R$ 은 저항,  $L$ 은 인덕턴스이며 식 (10)는 기계시스템으로  $F$ 는 힘이고  $M$ 은 질량  $K$ 는 스프링 상수이다.

〈그림 5〉는 전기적 입력 조건과 공극 길이, 즉 Diaphragm의 변형 상태에 따른 Vehicle horn의 거동을 예측하기 위한 Dynamic Simulator이다. 전자기 파라미터를 입력받아 전기-기계 시스템의 Simulator를 거쳐 Vehicle Horn의 거동을 예측한다.

따라서 등가회로를 이용해 모델의 형상 및 치수를 변경하면서 선정된 수식의 결과 값을 이용하여 Dynamic Simulator를 통해 <그림 6>과 같은 결과 값을 도출한다면 보다 빠르게 모델의 형상 치수와 초기 사양 구하는 Vehicle Horn의 초기 설계를 할 수 있다.

### 3. 결 론

본 논문은 경험에만 의존하는 기존 Vehicle horn 설계 process의 단점을 개선하기 위해 수식에 기반한 체계적인 설계 process를 확립하였다. Vehicle Horn의 초기 사양(입력전류, 제한전류, 사이즈, 스위칭 주파수 등)이 주어지면 본 논문과 같이 등가회로를 사용해 특성예측을 한다. 그리고 FEA를 통해 앞서 구한 전자기 파라미터를 검증한 후 Dynamic Simulator를 사용하여 Vehicle horn의 거동예측을 통해 초기 설계를 진행한다. 추후에는 초기 설계 후 최적설계를 하여 재료비를 절감하는 방안을 검토할 예정이다.

### [참 고 문 헌]

- [1] Ezio santini, and Sabrina Teodori, "Modeling FEM Analysis and Dynamic Simulation of a Moving Coil Louderspeaker", International Symposium on Power Electronics, pp. 1306-1312, 2014
- [2] Koya Yoshikawa, Wataru Kitagawa, and Takaharu Takeshita, "Design and Characteristic Analysis for New Structure of Bone Conduction Speaker", ICEM, pp. 1063-1068, 2014
- [3] 임기채, 우준근, 홍정표, 김규탁, "등가회로를 이용한 5상 Hybrid Step Motor의 특성해석", 대한전기학회, pp. 83-85, 1999