

다공판이 내장된 반사형 소음기의 소음저감 성능

Noise Reduction Performance of a Reactive type Silencer with Perforated Panels

이선기*†, 이영철* · 송화영** · 이동훈***

Sun-Ki Lee, Young-Chul Lee, Hwa-Young Song, Dong-Hoon Lee

Key Words : Cut Out Switch Fuse(COS 퓨즈), Impulse Noise(충격 소음), Perforated Panel(다공패널), Reactive Type Silencer(반사형 소음기), Transfer Matrix Method(전달행렬법), Transmission Loss(투과 손실)

ABSTRACT

When a high voltage COS fuse becomes a short circuit by the over current, the impulse noise over 150 dB(A) with the strong pulse jet is radiated from the COS fuse of an electric transformer. For the purpose of the impulse noise reduction, in this study, a reactive type silencer with perforated panels are considered. The transmission loss of the silencer are calculated by transfer matrix method. The effect of the porosity, the distance between panels, and the number of perforated panel on the sound transmission loss is investigated and discussed.

1. 서 론

고전압 COS 퓨즈는 정격전압 25,000V에서 과전류를 차단하여 변압기를 보호할 목적으로 Fig. 1과 같이 변압기의 유입선단에 부착되어 사용하고 있다⁽¹⁾. 그러나 과부하로 인한 과전류가 흐르게 되면 COS 퓨즈가 용단되고, 이로 인하여 생성된 강력한 아크가 펄스형태의 강한 세기의 충격 소음을 유발시켜 주변지역 거주자에게 공포감 및 불쾌감을 주게 된다. 특히 COS 퓨즈가 용단될 때 발생하는 충격 소음의 세기는 음원으로부터 2m 정도 떨어진 지점에서 150 dB(A) 이상의 매우 큰 소음을 전파시킨다⁽²⁾. 이러한 소음은 변압기의 작업자 또는 보행자의 청각기능을 손상시킬 수 있을 뿐만 아니라 변압기나 애자와 같은 주변 구조물을 진동/파괴시키는 주요 요인이 되고 있다.

따라서 본 연구에서는 고전압 COS 퓨즈로부터 방사되는 충격 소음의 발생기구와 전파특성에 대한 그 동안의 연구⁽²⁻⁴⁾를 토대로 하여 COS 퓨즈 전용 소음기를 설계하고자 한다.



Fig. 1 Photograph of a cut out switch fuse hanging on an electric pole.

COS 퓨즈 전용 소음기로는 흡음형 소음기와 반사형 소음기 모두를 고려할 수 있으나, 흡음형 소음기는 COS 퓨즈가 용단될 때 소음과 함께 강한 펄스제트의 방출로 인하여 수반되는 내구성 문제와 소음기의 용적이 일정 크기이상이면 애자와의 절연문제 때문에 실제적으로 채용이 어렵다. 이 때문에 본 연구에서는 내구성 문제가 없고 용적이 흡음형에 비하여 상대적으로 작은 반사형 소음기를 적용 대상으로 하였다. 본 연구에서 고려하고 있는 반사형 소음기는 COS 퓨즈 전용이므로 지금까지의 문헌에 제시된 소음기와는 형식이 다소 다른 다공형 오리피스 형태인 다공패널을 퓨즈통 크기와 유사한 지름 20mm인 공동 내부에 장착한

† 서울산업대학교 에너지환경대학원 나노아이티공학과
E-mail : sunki02@hanmail.net.
Tel : (02) 970-6331, Fax : (02)979-7331

* 서울산업대학교 에너지환경대학원 나노아이티공학과
** 서울산업대학교 에너지환경대학원 에너지시스템공학과
*** 서울산업대학교 기계공학과/ 에너지환경대학원

경우 그리고 지름 70mm인 공동내부에 장착한 경우에 대하여 다공패널의 공극율과 간격 그리고 패널의 수 등을 변화시키면서 투과손실을 계산하고 토의하였다.

2. 관련 이론

일차원 음향계를 구성하는 각 음향요소의 특성은 Fig. 2에 도시된 바와 같이 전달행렬 요소인 4단자 정수로 표현할 수 있다.

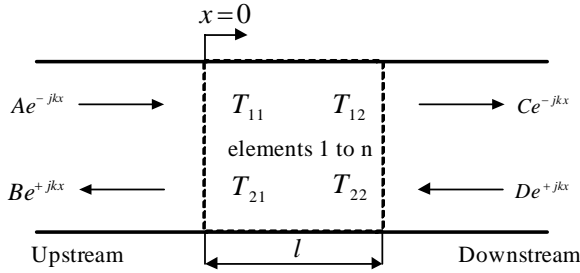


Fig. 2 Four-pole parameters of an acoustic system.

Fig. 1과 같이 요소 1부터 요소 n개로 구성되어 있는 길이 l 인 음향요소에 대한 4단자 정수는 음향요소의 상류측과 하류측의 음압 p 와 질량속도 u 를 이용하여 다음과 같은 전달행렬 [T]의 형태로 쓸 수 있다.

$$\begin{bmatrix} p_1 \\ u_1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} T_{11} & T_{12} \\ T_{21} & T_{22} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} p_n \\ u_n \end{bmatrix} \quad (1)$$

Fig. 1에서 A 와 B 는 음향요소 상류측에서의 입사음과 반사음의 음압진폭을 그리고 C 와 D 는 음향요소 하류측에서의 투과음과 반사음의 음압진폭을 나타낸다. 또한 이들 음압진폭을 이용하여 길이 l 인 음향요소의 상류측과 하류측에서의 음압과 질량속도를 표현하면 각각 다음식과 같다.

$$p_1 = A + B \quad (2a)$$

$$u_1 = \frac{A - B}{Y_1} \quad (2b)$$

$$p_n = Ce^{-jkl} + De^{jkl} \quad (2c)$$

$$u_n = \frac{Ce^{-jkl} - De^{jkl}}{Y_n} \quad (2d)$$

식 (2)에서 Y 는 $Y = a/S$ 로서 S 는 입사음의 단면적, a 는 음속을 나타낸다. 또 k 는 파동수, $j = \sqrt{-1}$ 을 의미한다. 출구측이 무반사단이라면 $D=0$ 로서 전달행렬요소를 이용하면 식 (3)과 같은 투과손실 TL 을 구할 수 있

다.

$$TL = 20 \log \left[\left(\frac{Y_1}{Y_n} \right)^{1/2} \left| \frac{T_{11} + T_{12}/Y_1 + Y_n T_{21} + (Y_n/Y_1) T_{22}}{2} \right| \right] \quad (3)$$

한편 다공패널이 내장된 반사형 소음기는 Fig. 2에 도시된 바와 같이 다공패널과 음향매질인 공기로 충전되어 있는 직관요소로 구성된다.

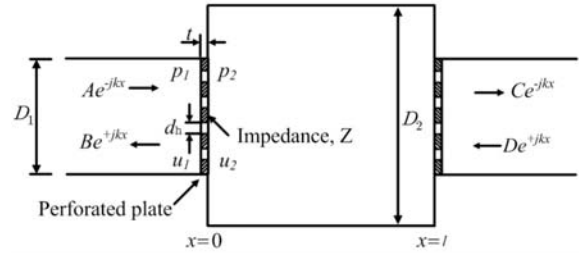


Fig. 3 Sound field representations for reactive silencer with built-in perforated panels

먼저 Fig. 3에 도시된 다공패널에 대한 전달행렬 [P]를 구하면 다음식과 같다.

$$\begin{bmatrix} P_{11} & P_{12} \\ P_{21} & P_{22} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & Z \\ 0 & 1 \end{bmatrix} \quad (4)$$

식 (4)에서 Z 는 다공패널의 특성임피던스로서 본 연구에서는 Rao와 Munjal의 임피던스 모델을 사용하였다.

$$Z = (7.337 \times 10^{-3})/\sigma + j(2.2245 \times 10^{-5} f(1 + 51t)(1 + 204d_h))/\sigma \quad (5)$$

식 (5)에서 σ 는 공극율, f 는 주파수(Hz), t 는 다공패널의 두께(m), d_h 는 구멍지름(m)을 나타낸다. 또한 Fig. 3에 도시된 직관에 대한 전달행렬[S]는 다음과 같다.

$$\begin{bmatrix} S_{11} & S_{12} \\ S_{21} & S_{22} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \cos kl & (jY_n) \sin kl \\ (j/Y_n) \sin kl & \cos kl \end{bmatrix} \quad (6)$$

3. 결과 및 고찰

Fig. 4은 공동에 다공패널을 각각 1중, 2중, 3중으로 설치하고 소음기의 투과손실을 계산한 결과이다. 퓨즈통 내부에 설치된 다공패널의 기본 제원은 $D=20mm$, $t=3mm$ 그리고 $d_{h1}=1.5mm$ 이다. 그림 (a)는 1중 패널의 공극율을 변화시키면서 계산한 결과로서 공극율이 증가할수록 투과손실은 감소하는 경향을 갖

는다. 그림 (b)는 2중 패널로서 공극율은 모두 5%로 하였으며, 패널간의 간격을 변화시킨 경우이다. 결과에서 패널간의 간격이 커질수록 공명주파수에 해당하는 투과손실의 산과 골이 뚜렷하게 나타나며, 공명주파수가 저주파수대역으로 이동하는 것을 볼 수 있다. 그림 (c)는 패널간의 간격을 30mm로 고정한 상태에서 두 패널의 공극율을 변화시키면서 투과손실을 계산한 결과이다. 공극율이 커질수록 투과손실이 감소한다. 그림 (d)는 3중 패널을 30mm 간격으로 설치한 경우로서 공극율이 작을수록 공명주파수는 낮은 주파수대역으로 이동함과 동시에 투과손실이 증가하는 것을 보여준다.

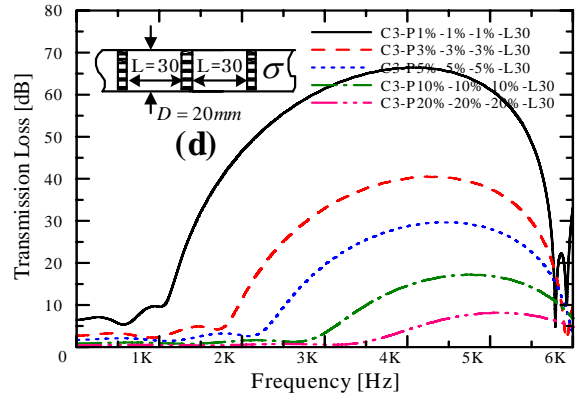
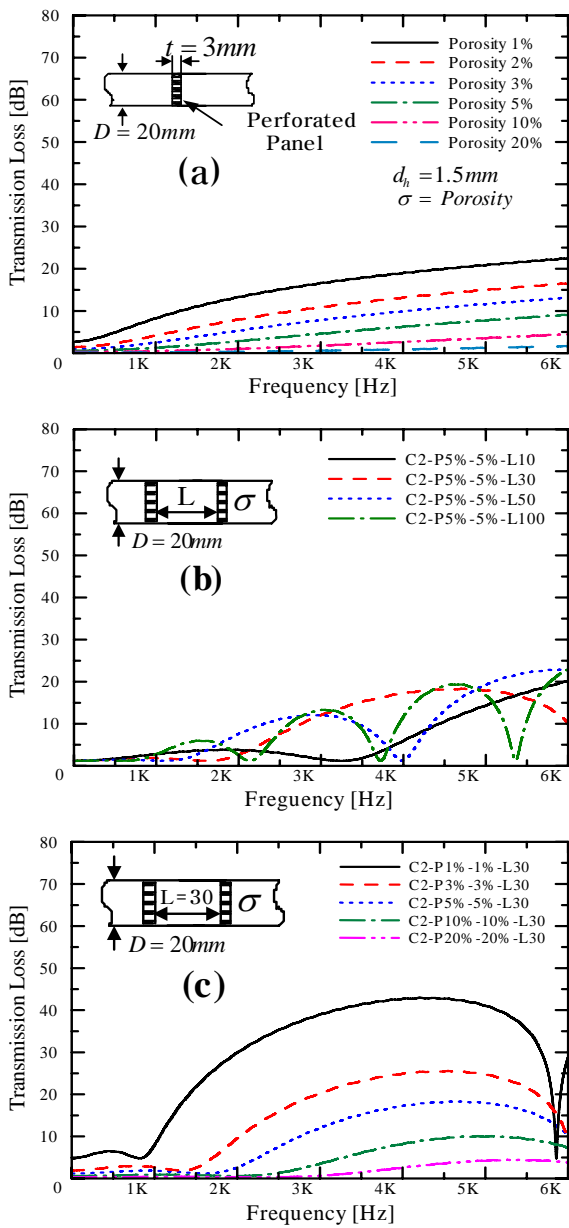
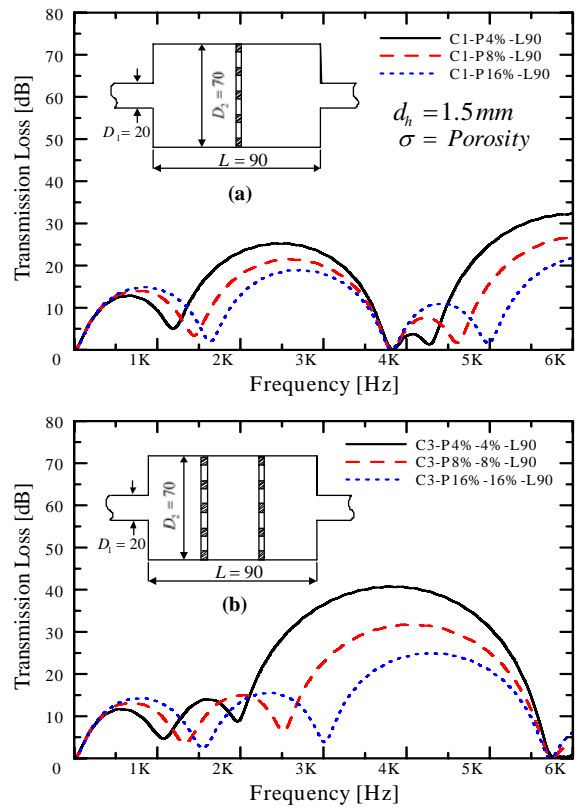


Fig. 4 Effect of the porosity, the distance between panels, and the number of panel on the sound transmission loss of the silencer with cavity diameter of 20mm.

Fig. 5는 지름 70mm인 공동내부에 다공패널을 각각 1중, 2중, 3중으로 설치한 소음기의 투과손실을 계산한 결과이다. 다공패널의 $t_2 = 3mm$ 와 $d_{h2} = 1.5mm$ 이다. 결과에 제시된 공동내부의 다공패널의 공극율 16%는 유입관 면적의 2배, 8%는 유입관 면적의 1.5배 그리고 4%는 유입관 면적의 1배 정도의 면적에 해당된다. 이것은 퓨즈가 용전될 때 발생하는 아크에 의한 절연성 가스가 원활히 배출되도록 배압을 고려하여 임의로 선정하였다.



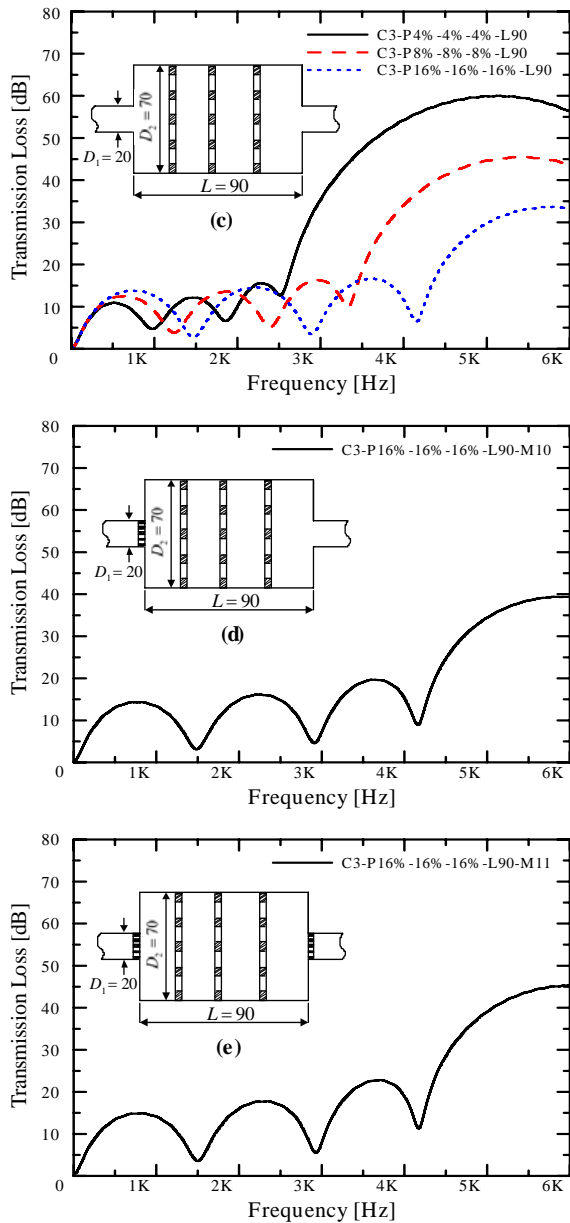


Fig. 5 Effect of the porosity, the distance between panels, and the number of panel on the sound transmission loss of the silencer with cavity diameter of 70mm.

그림 (a)부터 그림 (c)까지는 공동내부에 다공패널을 1중, 2중 그리고 3중으로 설치한 상태에서 공극율을 4%, 8%, 16%로 변화시킨 경우이다. 결과에서 보듯이 공극율이 작을수록 공명주파수는 저주파수대역으로 이동하며, 투과손실의 크기는 증가하는 경향을 보여준다.

그림 (d)는 공동 유입구에 공극율 16%, 지름 20mm의 다공패널을 설치한 경우로서 그림 (c)의

공극율 16% 결과와 비교해보면 음향투과손실이 다소 증가한 것을 알 수 있다. 또 그림 (e)는 공동의 입출구 양측에 공극율 16%, 지름 20mm인 다공패널을 설치한 경우로서 그림 (d)보다 투과손실이 다소 증가한 것을 볼 수 있다.

4. 결 론

본 연구는 고전압 COS 퓨즈로부터 방사되는 충격성 소음의 발생기구와 전파특성에 대한 그 동안의 연구결과를 토대로 하여 COS 퓨즈 홀더에 장착이 가능한 반사형 소음기를 설계하기 위한 기초연구를 수행하였다. 본 연구에서 고려한 반사형 소음기의 형식은 다공형 오리피스 형태인 다공패널을 퓨즈통 크기와 유사한 지름 20mm인 공동 내부에 장착하는 경우 그리고 지름 70mm인 공동내부에 장착하는 경우에 대하여 다공패널의 공극율과 간격 그리고 패널의 수 등을 변화시키면서 투과손실을 계산하고 토의하였다. 연구결과에서 패널간의 간격이 커질수록, 공극율이 작을수록 공명주파수는 저주파수대역으로 이동하였다. 특히 공극율이 작을수록 투과손실은 크게 증가함을 보였다. 그러나 실제로 퓨즈가 용전될 때 발생한 아크가스가 원활히 배출되도록 하기 위해서는 배압을 함께 고려해야 하므로 향후 이에 대한 연구를 계속 진행할 예정이다.

참 고 문 헌

- (1) KEPCO, "한전 표준 구매 사양서-특고압 컷아웃 스위치", ES 151-961, 2001.
- (2) 송화영, 주경민, 이동훈, 강내국, 정낙현, 2005, "고전압 COS 퓨즈로부터 방사된 충격성 소음의 전파특성과 저감에 관한 실험적 연구", 한국소음진동공학회 추계학술대회논문집, pp.71-74
- (3) 송화영, 김덕한, 이종석, 이동훈, 2006, "고전압 COS퓨즈로부터 방사된 충격성 소음 저감용 반사용 소음기의 설계", 한국소음진동공학회 춘계학술대회논문집.
- (4) 송화영, 김덕한, 이종석, 이동훈, 2006, "고전압 COS퓨즈로부터 방사된 충격성 소음의 지속시간 제어에 관한 실험적 연구", 한국소음진동공학회 추계학술대회논문집.