

고전압 COS 퓨즈로부터 방사된 충격성 소음의 전파특성과 저감에 관한 실험적 연구

An Experimental Study on the Propagation Characteristics and Reduction of Impulse Noises
from a High Voltage COS Fuse

송화영*† · 주경민* · 이동훈** · 강내국*** · 정낙현***

Hwa-Young Song, Kyung-Min Ju, Dong-Hoon Lee, Rae-Goog Kang, Nak-Hun Jung

Key Words : COS Fuse(컷아웃 스위치 퓨즈), Duration Time(지속시간), Directivity(지향성), Impulse Noise(충격성 소음),
Insertion Loss(삽입손실), Peak Sound Pressure(피크음압), Reactive Silencer(반사형 소음기)

ABSTRACT

This experimental study describes the propagation characteristics and reduction of impulse noises emitted from a high voltage COS(Cut Out Switch) fuse of a transformer. When a high voltage COS fuse becomes a short circuit by the over current, the peak sound pressure above 150dB(A) is generated. In this study, an impulse noise generator is designed for generating the impulse noises similar to the noise level of COS fuse, which is utilized to test the noise reduction of a reactive silencer. The reactive silencers have been tested for 10 different types with each different porosity, hole diameter and length. From the experimental results, it is found that the reactive silencer has an excellent performance to greatly suppress the impulse noise and that its performance is closely connected with the porosity and hole diameter.

1. 서 론

변압기에 취부하여 쓰이는 고전압 COS(Cut Out Switch) 퓨즈는 과전류를 차단하여 변압기를 보호할 목적으로 사용하고 있다. 그러나 과부하로 인하여 과전류가 흐르게 되면 COS 퓨즈가 용단되어 이로 인하여 생성된 강력한 아크가 펄스형태의 강한 세기의 충격성 소음을 유발시켜 주변지역 거주자에게 공포감 및 불쾌감을 주게 된다. 특히 COS 퓨즈가 용단될 때 발생하는 충격성 소음의 세기는 음원으로부터 1-2 m 떨어진 지점에서 약 150dB(A) 이상으로서 타이어 평크음 또는 총기류 발사음과 같거나 더 높은 소음수준이므로 변압기의 작업자 또는 보행자의 청각기능을 손상 시킬 수 있을 뿐만 아니라 주변 구조물을 진동/파괴시키는

주요 요인이 될 수도 있다. 따라서 이에 대한 적절한 소음 대책 수립이 절실히 요구되고 있는 실정이다.

충격성 소음은 발생빈도에 따라 단발성 그리고 연발성 소음원으로 나눌 수 있다. 단발성 충격성 소음원으로는 채석장과 광산에서의 발파에 의한 폭발음, 대포와 총기류의 발사음, 소닉붐 그리고 본 연구에서 대상으로 삼고 있는 회로차단기와 같은 고전압 COS 퓨즈 등을 들 수 있다.⁽¹⁾ 또한 연발성 충격성 소음원으로는 파일 드라이버 소음, 리벳팅 소음, 기관총 소음 그리고 헬리콥터의 날개 소음 등을 들 수 있다.⁽¹⁾ 이와 같이 충격성 소음은 폭넓은 분야에서 다양한 형태의 소음원으로부터 발생하므로 소음 저감을 위해서는 소음원별로 소음발생기구의 규명과 전파특성 파악 그리고 소음설계에 대한 체계적인 연구가 필요하다. 그러나 충격성 소음에 대하여 지금까지 발표된 연구문헌을 조사하여 보면, 주로 인체에 미치는 충격성 소음의 영향⁽²⁾과 충격성 소음의 측정방법⁽¹⁾ 또는 평가인자의 도출⁽³⁾ 등에 국한되어 왔으며, 충격성 소음의 전파특성이나 저감에 관한 연구에 대해서는 극히 일부의 연구결과만이 발표되고 있다.⁽⁴⁻⁶⁾ 특히 본 연구의 주제인 고전압 COS 퓨즈로부터 방사하는 충격성 소음의 전파특성과 소음저감 설계에 대한 연구는 국내외적으로 발표된 바 없다.

* 서울산업대학교 에너지환경대학원 석사과정
E-mail : followsong@paran.com

Tel : (02) 970-6331, Fax : (02) 979-7331

** 서울산업대학교 소음진동연구센터

*** 서울산업대학교 에너지환경대학원 에너지시스템공학과

**** 한국전력공사

따라서 본 연구에서는 고전압 COS 퓨즈 용단 시 발생하는 충격성 소음의 특성을 파악하고 이를 저감하기 위한 소음기의 설계인자 도출을 연구목표로 하였다. COS 퓨즈 용단 시 발생하는 충격성 소음의 세기와 주파수 특성은 한국전기연구원에서 수학의 퓨즈 용단시험을 통하여 확보하였다. 소음기의 설계를 위해서는 먼저 충격성 소음을 발생시키는 충격성 소음발생기를 설계/제작하여 COS 퓨즈 용단 시 발생하는 음원패턴과 유사하게 구현되도록 하였다. 또 소음기로는 COS 퓨즈통의 크기와 소음저감 효과를 고려하여 반사형 소음기 형식을 선정하여 소음기 제원을 변화시키면서 소음효과를 실험하였다.

2. 실험

COS 퓨즈가 용단될 때 발생하는 충격성 소음에 대한 특성을 알아보기 위해 한국전기연구원에서 소음 측정시험을 수행하였다. 측정은 Fig. 1에서 보듯이 전주에 설치된 변압기 높이 정도인 지상으로부터 약 9m 상공에 COS 퓨즈를 설치하고, COS 퓨즈로부터 2m 그리고 4m 지점에 1/4" 마이크로폰을 설치하여 음압레벨을 측정하였다. 음압신호는 Data Recorder에 녹음한 후 주파수 분석기를 이용하여 분석하였다.

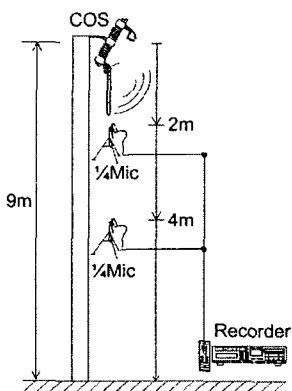


Fig. 1 Test facility for the measurement of impulse noise from a high voltage COS Fuse

Fig. 2는 한국전기연구원에서 측정한 COS 퓨즈의 소음시험결과를 바탕으로 COS 퓨즈에서 발생하는 충격성 소음과 같은 수준의 소음을 발생시키기 위하여 설계/제작한 충격성 소음 발생기이다. 소음발생의 원리는 길이 2240mm, 지름 Ø67mm의 관내에 공기와 아세틸렌 가스를 약 12:1의 비로 충전한 다음, Power TR(Transistor) Unit을 이용하여 점화시켜 관내에서 가스폭발을 유도하여 소음을 발생시키는 방식이다. 가스와 공기의 충전 시 외부누설을 방지하기 위해 소음발생기의 출구로부터 100mm 위치에 두께

0.03mm의 셀로판 시트 격막을 설치하였다. 또 소음 발생기의 출구에는 시험대상체인 소음기를 부착하였다. 본 연구에 사용된 반사형 소음기의 제원은 Table 1과 같으며, 공극율, 구멍길이를 설계인자로 하여 총 10개의 소음기를 제작하였다.

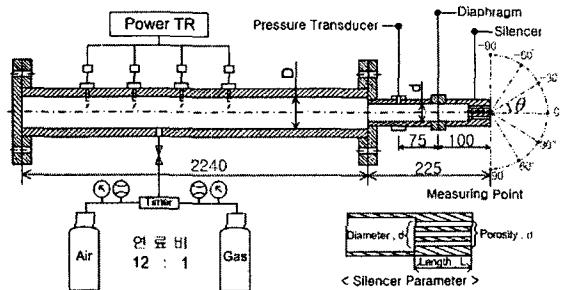


Fig. 2 Schematic diagram of impulse noise generator

압력센서(PCB, pressure transducer type, type 112A21)는 소음발생기 내부에서 발생하는 폭발음의 피크압력을 구하기 위하여 소음발생기의 출구로부터 상류방향 175mm 위치에 압력센서를 설치하였으며, 압력센서로부터 얻어진 출력신호는 직류증폭기를 거쳐 증폭된 후 오실로스코프(Lecroy, LT584)에 기록됨과 동시에 컴퓨터에 저장된다.

충격성 소음 발생기는 반무향 공간을 만족시키는 건물옥상에 설치하고, 관축방향을 기준으로 $\theta = 30^\circ$ 방향에 관출구 단으로부터 1m, 2m, 4m 지점에 1/4" 마이크로폰(B&K 4938)을 위치시켜 충격성 소음을 측정하였다. 또 충격성 소음의 지향성은 소음발생기 축방향을 중심으로 하여 시계방향으로 $\theta = 0^\circ \sim 90^\circ$ 그리고 반시계방향으로 $\theta = 0^\circ \sim 90^\circ$ 까지 $\theta = 30^\circ$ 간격으로 음압레벨을 측정하여 구하였다. 음압신호는 증폭기를 거쳐 주파수 분석기(B&K, FFT Analyzer 3560)에 입력하여 분석하였다.

Table 1 Dimensions and adjustable design parameters of reactive silencer

Porosity, σ (%)	Hole diameter, d (mm)	Hole length, L (mm)	Adjustable parameters	
3	1.5	10	Porosity	
5				
10		10		
15				
5	0.8	5	Diameter	
	3			
	5			
5	1.5	15	Length	
		20		

3. 결과 및 고찰

3.1 COS 퓨즈의 소음특성

Fig. 3은 COS 퓨즈가 용단될 때 발생한 충격성 소음의 피크음압레벨을 COS 퓨즈로부터 2m 떨어진 지점에서 측정한 결과이다. 그림 (a)는 충격성 소음의 시간파형을 도시한 결과이며, 그림 (b)와 그림 (c)는 충격성 소음의 피크음압에서의 1/3 옥타브와 협대역 주파수 분석한 결과이다. 먼저 그림 (a)의 결과에서 충격성 소음의 세기는 152dB(A) 정도로서 매우 높고, 지속시간은 128ms정도임을 알 수 있다. 그림 (b)의 옥타브 분석결과에서는 COS 퓨즈로부터 방사하는 충격성 소음은 모든 주파수 성분을 포함하며, 200Hz이상의 주파수 대역에서는 음압분포가 거의 일정함을 보여주고 있다. 또한 그림 (c)의 협대역 분석결과에서는 주로 저주파음이 지배적인 것을 알 수 있으며, 스펙트럼에서 주파수 패턴이 일정한 간격으로 마루와 골이 반복되는 것을 볼 수 있다. 이것은 마이크로폰 방향으로 직접 전파되는 직접음과 주변 벽체와 바닥면으로 전파하여 반사된 반사음이 간섭되었기 때문이다.

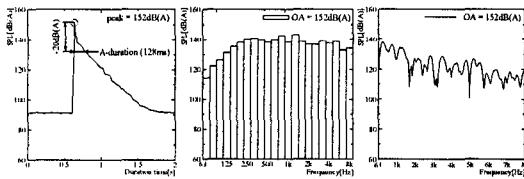


Fig. 3 Time wave and spectra of impulse noise propagated from a COS Fuse

3.2 소음 발생기의 소음특성

Fig. 4와 Fig. 5는 COS 퓨즈의 소음 특성을 실험적으로 묘사하기 위하여 제작한 Fig. 2의 소음 발생기로부터 충격성 소음을 발생시켰을 때의 소음 측정결과이다. 먼저 Fig. 4의 결과는 소음발생기의 출구로부터 방사하는 충격성 소음을 출구로부터 2m 떨어진 지점에서 측정한 결과이다. 그림 (a)는 충격성 소음의 시간파형을 도시한 결과이며, 그림 (b)와 그림 (c)는 충격성 소음의 피크음압에 대한 주파수분석 결과이다. Fig. 3에 도시된 COS 퓨즈로부터 방사된 충격성 소음의 실제파형과 비교해 보면 유사한 패턴을 보이지만, 소음의 세기가 약할 뿐만 아니라 지속시간도 짧은 것을 알 수 있다. 그리고 주파수별 음압분포의 경우 500Hz 이상에서는 실제의 경우와 거의 유사한 패턴을 보이나, 이보다 낮은 주파수 대역에서는 Fig. 3의 그림 (b)와 비교하여 매우 낮은 음압분포를 가지고 있음을 알 수 있다.

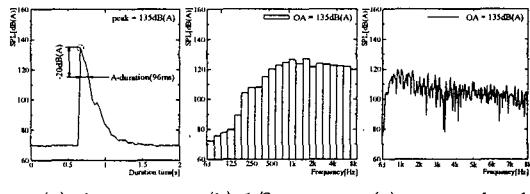


Fig. 4 Time wave and spectra of impulse noise propagated from a impulse noise generator.

Fig. 5의 결과는 충격성 소음 발생기로부터 방사하는 충격성 소음원의 재현성과 측정환경이 반무향공간인지를 파악하기 위하여 소음 발생기의 출구로부터 1m, 2m, 4m 위치에서 충격성 소음을 측정한 결과이다. 재현성 확인을 위해서는 총 15회에 걸쳐 거리별로 소음을 측정하였으며, 결과에서 보듯이 각 거리별로 측정한 충격성 소음의 평균 오차 범위는 $\pm 2\text{dB(A)}$ 정도로서, 본 연구를 수행하는데 필요한 재현성은 충분한 것으로 판단되었다. 또한 전파거리별로 충격성 소음의 피크음압을 측정하여 분석한 결과, 거리가 2배씩 증가할 때마다 약 6dB(A) 정도씩 피크음압이 감소하는 거리의 역 2승법칙이 성립하는 반무향공간임을 확인하였다.

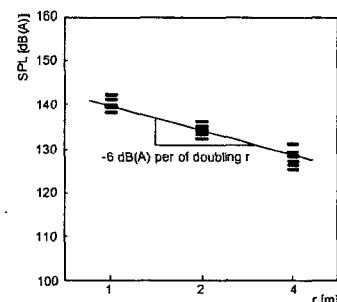
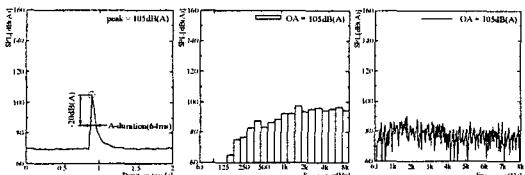


Fig. 5 Reproducibility and inverse-square law for impulse noise propagated from a impulse noise generator.

3.3 소음기 시험결과

Fig. 6은 $\sigma = 5\%$, $d = \phi 0.8$, $L = 10$ 인 반사형 소음기를 소음 발생기 끝단에 부착하고 출구로부터 2m 떨어진 지점에서 소음을 측정한 결과이다. 그림 (a)에 도시된 충격성 소음의 시간파형을 소음기를 부착하지 않은 Fig. 4의 그림 (a)와 비교해 보면, 30dB(A) 정도의 소음이 저감되었음을 알 수 있다. 또 그림 (b)와 그림 (c)의 결과를 Fig. 4의 그림 (b)와 그림 (c)의 결과와 비교하여 보면, 모든 주파수 대역에서 소음이 저감되었음을 확인 할 수 있다.



(a) time (b) 1/3 octave (c) narrow band

Fig. 6 Time wave and spectra of impulse noise reduced by a reactive silencer.

Fig. 7은 공극율, 구멍지름, 구멍길이가 서로 다른 반사형 소음기를 소음 발생기 출구측에 부착하여 출구로부터 2m 지점에서 피크음압레벨을 측정한 결과이다. 결과에서 공극율과 구멍지름이 작을수록 충격성 소음의 삽입손실은 증가하지만, 구멍길이의 변화는 충격성 소음의 저감과는 큰 관련이 없음을 알 수 있다.

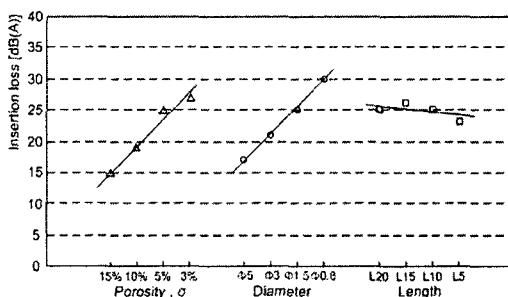


Fig. 7 Variations of insertion loss with design parameters of reactive silencers

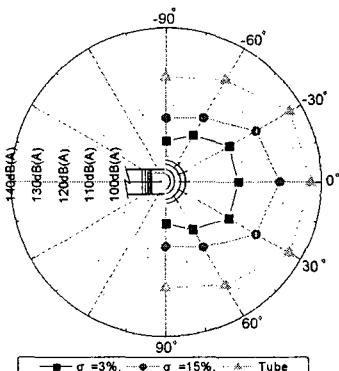


Fig. 8 Comparison of the directivities for impulse noises passing through the reactive silencers and tube.

Fig. 8은 충격성 소음 발생기의 출구로부터 2m지점에서 피크음압레벨을 측정한 지향성 결과이다. 소음 발생기 출구측에 공극율 $\sigma = 3\%$, $\sigma = 15\%$ 인 반사형 소음기를 각각 장착했을 때와 장착하지 않았을 때의 지향성을 비교하기 위

해 함께 도시하였다. 결과에서 충격성 소음은 소음기의 장착 유무와는 상관없이 모두 관축방향으로 강하게 전파하는 지향 특성이 있음을 알 수 있다.

4. 결 론

본 연구로부터 얻어진 결과를 요약하면 다음과 같다.

- 1) 고전압 COS 퓨즈가 용단될 때의 충격성 소음은 음원으로부터 2m 거리에서 피크음압레벨이 약 152dB(A) 정도로 매우 높고, 지속시간(A-duration)은 약 128ms정도임을 확인하였다. 또한, 주파수 특성은 모든 주파수 대역에서 일정한 음압분포를 보였다.
- 2) 충격성 소음 발생기로부터 방사된 소음의 피크음압과 주파수 특성은 재현성을 보였으며, 평균오차 범위는 $\pm 2\text{dB(A)}$ 정도였다.
- 3) 반사형 소음기는 30dB 이상의 소음저감 효과가 있음을 확인하였다. 또한 반사형 소음기의 주요 설계인자는 공극율과 구멍지름이며, 구멍길이와는 큰 관련이 없음을 확인하였다.
- 4) 충격성 소음 발생기로부터 방사된 충격성 소음의 지향 특성은 소음기의 장착유무와는 상관없이 모두 관축방향으로 강한 지향특성을 보였다.

참 고 문 헌

- (1) American National Standard (ANSI), 1986, "Methods for Measurement of Impulse Noise", ANSI S12.7.
- (2) U.S. Environmental Protection Agency(EPA), 1974, "Information on Levels of Environmental Noise Requisite to Protect Public Health and Welfare with an Adequate Margin of Safety", 550/9-74-004.
- (3) International Organization for Standardization(ISO), 2003, "Impulse Sound Propagation for Environmental Noise Assessment", ISO/TS 13474
- (4) H.D.Kim, D.H.Lee, T.Setoguchi, 2003, "Study of the Impulse Wave Discharged from the Exit of a Right-Angle Pipe Bend", Journal of sound and vibration(JSV), 259(5), pp.1147-1161
- (5) 이동훈, 김희동, 이명호, 박종호, 2002, "관출구로부터 방출된 펄스파 특성에 관한 연구", 한국소음진동공학회 논문집 제12권 제1호, pp.48-56
- (6) 제현수, 양수영, 이동훈, 2003, "다공관 출구로부터 방사된 충격성 소음의 전파특성", 한국소음진동공학회 춘계 학술대회 논문집, pp.168-173