고전압 COS 퓨즈로부터 방사된 충격성 소음의 지속시간 제어에 관한 실험적 연구

An Experimental Study on the Control of Duration time of Impulse Noise from a High Voltage COS Fuse

송화영† · 김덕한* · 이종석* · 이동훈**

Hwa-Young Song, Deok-Han Kim, Jong-Suk Lee, Dong-Hoon Lee

Key Words : COS Fuse(컷아웃 스위치 퓨즈), Duration time(지속시간), Impulse noise(충격성 소음), Insertion loss(삽입손실), Peak sound pressure(피크음압), Reactive silencer(반사형 소음기),

ABSTRACT

This study introduces the control of duration time of impulse noises emitted from a high voltage COS fuse of a transformer. When a high voltage COS fuse becomes a short circuit by the over current, the peak sound pressure level over 150 dB(A) is generated at the distance of 2m from a COS Fuse. For the purpose of the reduction of impulse noise, in this study, the reactive type silencer has been utilized. And also electrical interrupting test was experimented. From the experimental results, the reactive type silencer has been shown to have the noise reduction of about 13 dB(A). It has been found that the electrical interception performance of the COS fuse was related to the control of the duration time of impulse noise.

1. 서 론

고전압 COS 퓨즈는 각 세대로 전력을 송배전하기 위해 사용하는 변압기를 과부하로부터 보호하기 위해 사용하는 25,000V급 변압기용 퓨즈이다.[1] 그러나 COS 퓨즈에 과부하가 인가되면 COS 퓨즈의 용단으로 인하여 발생한 아크 폭발 때문에 펄스형태의 강한 충격성 소음이 방사되며, 절연성 가스도 함께 방출된다.[2,3] 이때 충격성 소음은 변압기의 작업자나 주변 보행자의 청각기능에 중대한 손상을 줄 우려가 있다. 고전압 COS 퓨즈로부터 방사된 충격성 소음과 관련한 저자들의 선행 연구에서 충격성 소음의 세기는 음원으로부터 2m 거리에서 피크음압레벨이 약 152 dB(A) 정도, 지속시간(A-duration)은 약 128ms정도임을 보고한 바 있다. 그리고 반사형 소음기를 이용하여 약 25dB(A) - 35dB(A)정도의 소음저감을 달성할 수 있음을 확인한 바 있다.[2,3] 그러나 지금까지의 연구결과는 반사형 소음기 자체만의 소음 저감량을 확인한 것이므로 COS 퓨즈에 소음기를 장착한 실제의 시험을 수행하지는 않았다.

따라서 본 연구에서는 지금까지의 연구결과로부터 설계된 반사형과 외부 다공형 소음기를 COS 퓨즈에 각각 장착하고 COS 퓨즈의 전기적인 차단여부와 소음저감 정도를 시험하였다. COS 퓨즈의 차단시험은 COS 퓨즈의 전기적 차단 성능을 알아보기 위한 시험으로 퓨즈에 일시적으로 강한 과전류를 인가하여 퓨즈의 단락여부를 판별하는 시험이다.[4] 특히, COS 퓨즈가 용단될 때 전류를 원활히 차단하기 위한 다량의 고압 절연성가스가 함께 방출되는데 이러한 절연성가스가 방출이 되지 못하면 전류를 차단시키지 못하는 문제점이 있다. 이러한 절연성가스의 방출 여부는 소음기로부터 방사되는 충격성소음의 지속시간이 중요한 변수로 작용할 수 있으므로, 소음기가 부착된 COS 퓨즈의 전기적인 차단성능의 만족여부를 확인하기 위해 소음기로부터 방사된 충격성 소음의 파형결과와 차단시험으로부터 얻어진 전기파형을 상호비교 고찰하였다

† 서울산업대학교 에너지환경대학원 에너지스템공학과
E-mail : hysong@snut.ac.kr
Tel : (02) 970-6331, Fax : (02)979-7331
* 서울산업대학교 산업대학원 기계공학과
** 서울산업대학교 기계공학과

2. 실 험

2.1 실험 장치

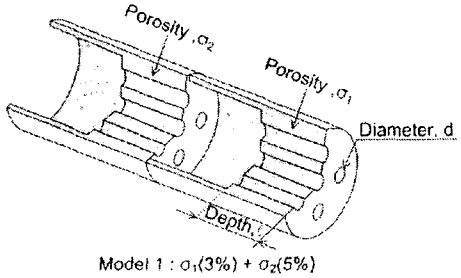
COS 퓨즈가 용단될 때 발생하는 충격성 소음에 대한 특성을 알아보기 위해 한국전기연구원과 LS산전의 고전압 시험동에서 차단시험을 통한 소음 측정시험을 수행하였다. 측정은 전주에 설치된 변압기 높이 정도인 지상으로부터 약 9m 상공에 COS 퓨즈를 설치하고, COS 퓨즈로부터 2m 그리고 4m 지점에 1/4" 마이크로폰을 설치하여 음압레벨을 측정하였다.[2,3]

또한, 고전압 COS 퓨즈 용단 시 발생하는 강한 충격성 소음과 같은 수준의 소음을 발생시키기 위해 충격성 소음 발생기를 제작하였으며, 소음 발생 원리는 길이 2240mm, 지름 Ø67mm의 관내에 공기와 아세틸렌가스를 이론공기량인 약 12:1의 비로 충전한 다음, Power TR Unit을 이용하여 점화시켜 관내에서 가스폭발을 유도하여 소음을 발생시키는 방식이다. 관내에 충진된 혼합가스가 외부로 누설되는 것을 방지하기 위하여 소음발생기의 출구로부터 100 mm 위치에 두께 0.03mm의 셀로판 시트 격막을 설치하였다. 또 소음발생기의 출구에는 시험대상체인 소음기를 부착하여 실험하였다.[2,3]

2.2 시험용 소음기

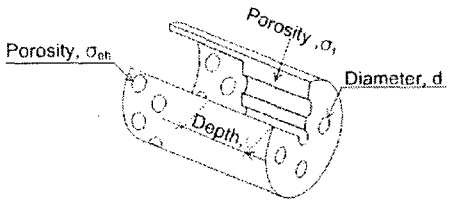
Fig. 3은 본 연구에서 COS 퓨즈에 장착하여 실험을 수행한 2단 반사형 소음기의 개략도와 제원을 나타낸 것으로서, 소음기의 공극률이 σ_1(3%)와 σ_2(5%)가 조합된 소음기와 σ_1(5%)와 $\sigma_2$5(%)가 조합된 소음기에 대해서 각각 차단시험을 수행하였다.

Fig. 4는 본 연구에서 COS 퓨즈에 장착하여 실험을 수행한 외부 다공형 소음기의 개략도와 제원을 나타낸 것으로서, 소음기 출구 측의 공극률은 σ_1(10%)이며, 외부 다공의 공극률은 σ_{eh}(30%)이다. 또한, 구멍의 지름과 깊이는 각각 Ø1.5mm와 10mm이다.



Model 1 : σ_1(3%) + σ_2(5%)
Model 2 : σ_1(5%) + σ_2(5%)
Fixed parameters : d(Φ1.5mm), ℓ (10mm)

Fig. 3 Schematic diagram of two-stage reactive type silencer.



σ_1(10%) + σ_{eh}(30%)
Fixed parameters : d(Φ1.5mm), ℓ (10mm)

Fig. 4 Schematic diagram of reactive type silencer with exterior hole.

3. 결과 및 고찰

Fig. 5는 Fig. 3의 σ_1(5%)와 $\sigma_2$5(%)가 조합된 2단 반사형 소음기를 충격성 소음 발생기에 장착하여 소음기로부터 방사된 소음을 측정한 결과이다. 그림에 도시된 충격성 소음의 시간파형 결과를 음원의 시간파형과 비교해 보면, 약 11 dB(A) 정도의 소음이 저감되었음을 확인할 수 있으며, 지속시간은 약 2s를 초과하였다. 이러한 지속시간의 큰 차이는 소음기의 적은 공극률로 인해 유동저항이 커짐으로서 폭발후의 배기가스가 대기로 천천히 방출되었기 때문이다. 또한, 피크음압레벨에 대한 스펙트럼 분석 결과를 음원의 스펙트럼과 비교해 보면, 모든 주파수 대역에서 소음이 저감되었음을 확인할 수 있다.

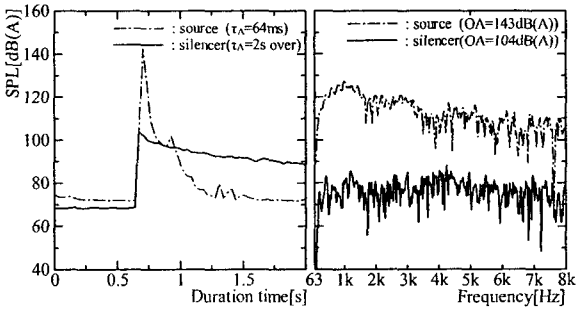


Fig. 5 Time wave and spectra of impulse noise reduced by the two-stage reactive type silencer with type of σ_1(5%)+σ_2(5%).

Fig. 6은 한국전기연구원의 고전압 시험동에서 실시한 COS 퓨즈의 차단시험으로부터 얻어진 전기 신호파형을 도시한 것으로서 Fig. 6(a)은 소음기를 장착하지 않은 COS 퓨즈를 차단시험 했을 때 전기적 단락이 이루어진 전기 신호파형이며, Fig. 6(b)은 Fig. 3의 소음기를 장착한 COS 퓨즈를 차단시험 했을 때 전기적 단락이 이루어지지 않은 전기 신호파형이다. Fig. 6(a)의 결과에서 보듯이 COS 퓨

즈에 순간 전압이 인가하였을 경우 절연성 가스의 원활한 방출로 인해 시험전류가 일시적으로 단락이 되는 것을 확인할 수 있다. 반면, Fig. 6(b)의 경우에서는 수 초간 잔류전류가 발생하는 것을 볼 수 있는데 이는 Fig. 5의 결과에서 설명하였다시피 소음기의 적은 공극율로 인해 유동저항이 커져서 절연성가스가 원활히 방출되지 못하여 발생된 결과이다. 따라서 순간 단락으로 COS 퓨즈의 차단성능을 만족하기 위해서는 절연성 가스의 원활한 방출이 중요한 요인으로 작용한다는 것을 알 수 있으며, 소음기의 설계단계에서부터 지속시간을 고려하여 COS 퓨즈와 비슷한 수준의 지속시간을 가지는 소음기가 설계되어야 할 것이다.

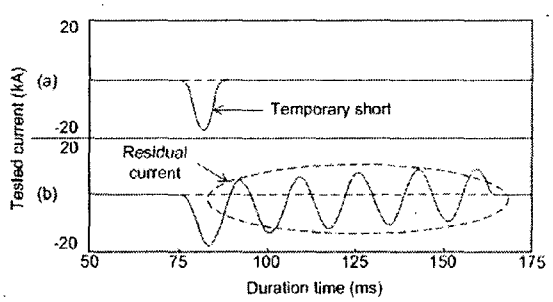


Fig. 6 Comparison of the succeed and failed interrupting tests in a time domain.

Fig. 7은 Fig. 6의 결과로부터 야기된 문제점을 보완하기 위해 소음기의 공극율을 증가시켜 제작한 Fig. 4의 외부 다공형 소음기를 소음발생기에 장착하여 소음기로부터 방사된 소음을 측정한 결과이다. 결과에서 보듯이 음원의 시간파형과 비교해 보면, 약 13 dB(A) 정도의 소음 저감효과가 있는 것으로 확인되었다. 지속시간은 192ms로 음원의 지속시간보다 길었지만, Fig. 6의 결과처럼 유동저항으로 인해 배기가스가 원활히 방출하지 못하는 수준은 아니라고 판단된다.

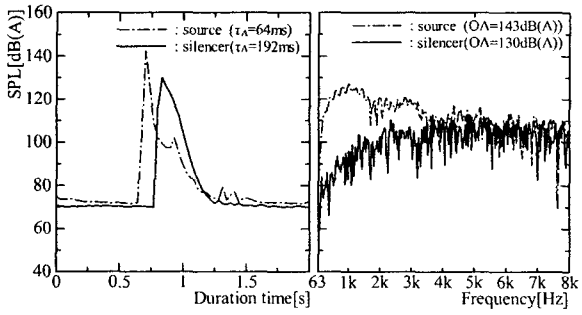


Fig. 7 Time wave and spectra of impulse noise reduced by the reactive type silencer with exterior hole.

Fig. 8은 Fig. 4의 외부 다공형 소음기를 COS 퓨즈에 장착하여 현장 모의시험에서 차단시험을 통해 측정한 소음을 COS 퓨즈의 음원과 함께 도시한 것이다. 결과에서 보듯이 음원의 시간파형과 비교해 보면, 약 13dB 정도의 소음이 저감되었음을 확인할 수 있다. 반면, 지속시간은 음원과 비교하여 상당수 길어졌음을 확인할 수 있으나 COS 퓨즈의 차단성능에 영향을 미치는 수준의 지속시간은 아니라고 판단된다. 그리고 시간파형 결과에서 피크음압레벨 다음의 음압레벨이 완만한 곡선을 그리며 서서히 저감되는 것은 현장 모의시험실의 잔향조건으로 인해 생성된 잔향시간의 결과라고 볼 수 있다.

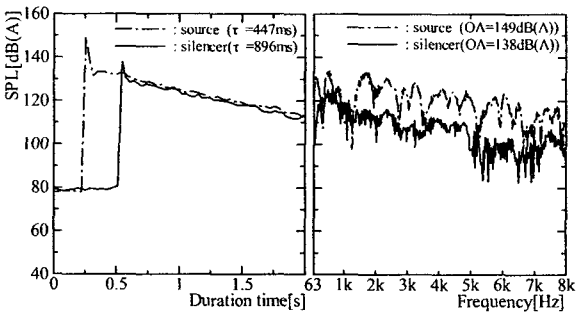


Fig. 8 Time wave and spectra of impulse noise emitted from COS fuse attached the reactive type silencer with exterior hole.

Fig. 9는 LS산전의 고전압 시험동에서 실시한 COS 퓨즈의 차단시험으로부터 얻어진 전기 신호파형을 도시한 것이며, Fig. 4의 외부 다공형 소음기를 장착한 COS 퓨즈를 차단시험 했을 때 전기적 단락이 이루어진 전기 신호파형이다. 결과에서 보듯이 COS 퓨즈에 순간 전압이 인가하였을 경우 절연성 가스의 원활한 방출로 인해 시험전류가 일시적으로 단락이 되는 것을 확인할 수 있다.

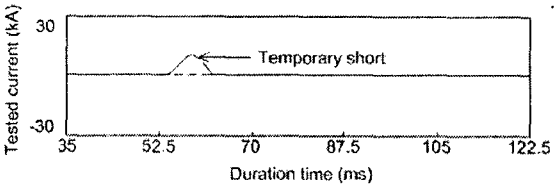


Fig. 9 Result of the succeed interrupting test in a time domain for the COS fuse attached the reactive type silencer with exterior hole.

4. 결 론

본 연구로부터 얻어진 결과를 요약하면 다음과 같다.

1) COS퓨즈의 차단시험을 통해 측정된 외부 다공형 소음기의 소음 저감은 13dB(A)이고, 지속시간은 896ms로 COS퓨즈의 충격성소음을 저감하는데 효과가 있었다.

2) COS 퓨즈의 전기적 차단성능은 절연성 가스의 원활한 방출과 관계되며, 소음기의 지속시간이 중요한 변수로 작용함을 알았다. 또 지속시간은 소음기의 공극율 조절을 통하여 제어가 가능함을 알았다.

참 고 문 헌

(1) KEPCO, "한전 표준 구매 시방서-특고압 컷아웃 스위치", ES 151-961, 2001

(2) 송화영, 김덕한, 이종석, 이동훈, 2006, "고전압 COS 퓨즈로부터 방사된 충격성 소음 저감용 반사형 소음기의 설계", 한국소음진동공학회 춘계학술대회논문집

(3) 송화영, 주경민, 이동훈, 강내국, 정낙헌, 2005, "고전압 COS 퓨즈로부터 방사된 충격성 소음의 전파특성과 저감에 관한 실험적 연구", 한국소음진동공학회 추계학술대회논문집, pp.71-74

(4) Institute of Electrical and Electronics Engineers (IEEE), "IEEE Standard Design for High-Voltage Fuses, Distribution Enclosed Single-Pole Air Switches, Fuse Disconnecting Switches, and Accessories", IEEE Std C37.41-1994