

## 중속 접속된 산화아연바리스터 기반의 서지방호장치의 협조

(Coordination of Cascaded Metal Oxide Varistor-Based Surge Protective Devices)

김태기\* · 신희경 · 이복희\*\*

(Tae-Ki Kim · Hee-Kyung Shin · Bok-Hee Lee)

### Abstract

This paper describes the experimental results obtained from various installation conditions of cascaded metal oxide varistor(MOV)-based SPDs with the objectives to analyze the coordination of the cascaded surge protective devices(SPDs) and to propose the proper selection and installation methods of the cascaded SPDs. The residual voltage, discharge current and energy sharing between the upstream and downstream SPDs in the 10/350 $\mu$ s direct lightning current wave were measured and discussed. The coordination of cascaded MOV-based SPDs is closely related to the varistor voltage and installation methods of SPDs. In cascaded SPDs without dedicated decoupling elements, the natural impedance of leads connecting two SPDs can act as a decoupler for the coordination of MOV-based SPDs. Even if the varistor voltage of the upstream SPD is higher than that of the downstream SPD at long distances between two SPDs, the energy coordination of cascaded SPDs could effectively be fulfilled in the conditions of large surge currents and the optimum voltage protection level can be achieved. Consequently, if the distance between voltage limiting type SPDs is long, the coordination of the cascaded SPDs should be determined by taking into account the decoupling effects due to the intrinsic inductance of leads connecting the upstream and downstream SPDs.

Key Words : Metal Oxide Varistor, Surge Protective Device, Energy Coordination, Decoupler, Voltage Protection Level, Cascaded SPDs

### 1. 서 론

최근 가정, 공공시설물, 사무실 건물, 공장 등에 정보통신설비의 보급으로 전원선과 각종 신호선 및 통신선으로 망상화되어 있어 다양한 경로를 통해 입사하는 뇌서지로 인해 전자기기의 파손에 따른 피해가 증가하는 추세이다[1-2]. 특히 정보통신설비에 침입하는 뇌서지의 대부분은 전원선을 경유하므로 전원용 서지방호장치(surge protective device : SPD)를

\* Main author: Candidate for the Ph. D,  
Department of Electrical Engineering, Graduate  
School of Inha University

\*\* Corresponding author: Professor, Department of  
Electrical Engineering, Inha University

Tel : 032-860-7398, Fax : 032-863-5822

E-mail : bhlee@inha.ac.kr

Received : 2015. 3. 11

Accepted : 2015. 4. 1

적절히 설치하면 피해를 줄일 수 있다. 전원선에 침입하는 직격뢰 및 접지를 통하여 입사하는 뇌격전류로부터 전기전자기기를 효과적으로 보호하기 위해서 2개 이상의 비선형 소자로 구성된 협조된 SPD를 적용하는 것이 효과적이다. SPD 간의 에너지협조가 이루어져야 하고 SPD의 잔류전압이 보호대상 기기의 임펄스내전압 이내가 되도록 해야 한다[3-4]. 만약 SPD의 설치방법이 적절하지 못하여 보호협조가 이루어지지 않으면 SPD 자체가 파손되거나 보호대상 전자기기가 손상될 수 있다[2]. 종속 접속된 SPD의 보호협조는 SPD의 정격, 설치방법, 설치위치와 밀접한 관련성이 있으며, 이에 대한 협조특성을 평가하여 적절히 적용해야 한다.

IEC 61643-12에서는 MOV기반의 SPD를 종속으로 접속하는 경우 상위 SPD의 바리스터전압은 하위 SPD의 바리스터전압보다 낮거나 같은 것을 선정하도록 규정하고 있다[5]. 하위 SPD의 바리스터전압이 상위 SPD의 바리스터전압보다 높은 경우 전압보호레벨의 협조가 이루어지지 않아 임펄스내전압이 낮은 전자기기의 보호에 효과적이지 못한 문제가 제기되므로 이를 해결할 수 있는 연구가 필요하다. 하위 SPD의 바리스터전압이 상위 SPD 바리스터전압보다 낮은 경우 에너지협조를 위해 감결합요소를 적용하면 되지만 전원회로에 인위적으로 저항 또는 인덕턴스와 같은 요소를 접속하는 것은 현실적으로 어렵다. 따라서 MOV 기반의 2개의 SPD 사이의 배선도체의 인덕턴스를 감결합요소로 활용할 수 있는 방법을 제안하기 위하여 본 연구의 주안점으로 선정하였다.

본 논문에서는 전자기기를 직격뢰로부터 효과적으로 보호할 수 있는 종속 접속된 SPD의 설치방법을 제안하기 위한 실험적 연구를 수행한 결과를 기술하였다. MOV 기반의 등급 I SPD와 등급 II SPD가 2단 종속으로 접속된 경우 직격뢰 전류가 입사하였을 때 두 SPD 사이의 에너지분담과 전압보호레벨에 대하여 중점적으로 분석하였다. 특히 2개의 SPD를 접속하는 도체의 인덕턴스가 감결합요소로 작용하는 경우 에너지분담에 착안하여 효과적인 SPD의 설치방법에 대하여 검토하였다.

## 2. 이론적 검토

직격뢰가 입사된 경우 뇌격전류가 대단히 크기 때문에 하나의 SPD로 방호할 수 없는 경우 SPD를 다단 종속으로 설치한다. SPD를 다단 종속으로 설치하는 경우 기본적으로 각 SPD의 에너지분담과 전압보호레벨이 적절히 협조를 이루어야 한다. 종속 접속된 SPD의 협조는 주로  $V-I$ 특성과 감결합요소 기반으로 해석할 수 있으며, 여기에서는 가장 많이 적용되는 2단 종속 설치된 SPD의 감결합요소 기반의 협조에 대하여 검토한다.

2단 종속 접속된 SPD의 구성을 그림 1에 나타내었으며, 기본요건으로 적절한 에너지분담이 이루어지도록 SPD가 견딜 수 있는 에너지내량의 SPD를 선정해야 한다. 감결합요소는 하위 SPD에 흐르는 전류를 제한하여 보호하며, 전압강하를 일으켜 상위 SPD의 동작을 돕게 된다. 하위에 비교적 낮은 바리스터전압의 SPD를 적용할 수 있으므로 임펄스내전압이 낮은 전자기기의 보호에 적합한 서지방호시스템을 구성할 수 있다[4,6-7].

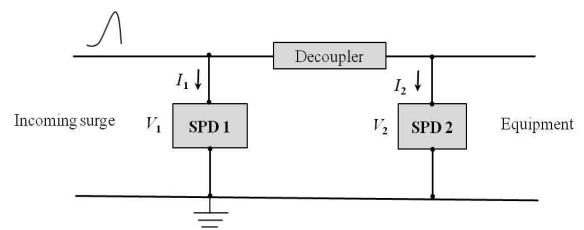


그림 1. 2단 서지방호장치의 일반 형태  
Fig. 1. General form of two-stage SPDs

상위 SPD의 에너지내량이 하위 SPD 에너지내량보다 큰 것을 사용하며, SPD의 에너지분담은 주로 각 SPD의 바리스터전압과 상호간의 거리에 의존한다. MOV 기반의 SPD를 종속으로 접속할 때 상위와 하위 SPD의 에너지협조는 SPD의  $V-I$ 특성으로 결정된다. 또한 하위 SPD의 잔류전압이 보호대상의 전자기기가 견딜 수 있는 임펄스내전압 이내이어야 한다. 따라서 각 SPD의 바리스터전압에서 동작을 개시하며, 하위 SPD의 최대연속사용전압 즉 바리스터전압이 상위 것

보다 낮은 경우 입사한 서지전압에 의해 하위 SPD가 먼저 동작하여 감결합요소로서 SPD를 접속하는 도체의 인덕턴스로 고려할 때 상위 SPD의 단자전압은 식 (1)과 같이 된다[8-9].

$$V_1 = V_2 + L \frac{di_2}{dt} \quad (1)$$

여기서  $V_1$  : 상위 SPD의 단자전압(kV),  $V_2$  : 하위 SPD의 단자전압(kV),  $L$ 은 SPD 사이를 접속하는 도체의 인덕턴스(H)이다.

상위 SPD의 최대연속사용전압이 하위 SPD보다 낮으면 전원 측에서 입사된 서지전압은 상위 SPD에 의해 먼저 제한되며, 제한된 서지전압은 하위 SPD를 향해 전파되어 왕복진동현상을 일으키므로 하위 SPD의 단자전압은 식 (2)과 같이 표현할 수 있다[10-11].

$$V_2 = V_1 + 2\mu \frac{l}{c} \quad (2)$$

여기서  $l$  : SPD 상호간의 거리(m),  $\mu$  : 입사한 서지전압의 상승률(kV/ $\mu$ s),  $c$  : 서지전압의 전파속도(m/ $\mu$ s)이다. 이와 같이 중속 접속되는 상위와 하위 SPD 사이의 거리가 에너지분담과 전압보호레벨의 결정에 중요한 요소로 작용하므로 이의 영향을 면밀히 검토하여 설치를 위한 설계에 반영하여야 한다.

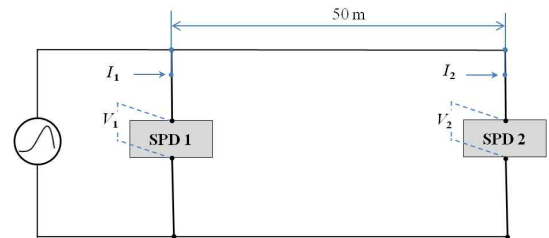
### 3. 실험

본 연구에서 중속으로 접속하는 SPD 상호간의 거리는 건축물의 규모에 따라 상당히 넓은 범위이다. 상위와 하위 SPD를 접속하는 도체의 인덕턴스가 감결합요소로 작용하여 보호협조에 미치는 영향을 분석하기 위한 목적으로 SPD 사이의 거리는 통상적으로 일반 건축물에서 인입구에 설치하는 SPD와 보호대상 기기의 앞단에 설치하는 등급 II 또는 등급 III SPD 사이의 거리를 평균적으로 고려하여 50m를 실험조건으로 설정하였으며, 2개의 SPD를 중속으로 설치하는 실험회로를 그림 2와 같이 구성하였다. SPD 상호간은 접속선의 최소 단면적을 고려하여 6mm<sup>2</sup>의 IV절연전

선으로 접속하였으며[12], 직격뢰를 모사하는 10/350 $\mu$ s, 50kA의 임펄스전류를 발생시킬 수 있는 서지시물레이터를 사용하였다.



(a) 서지전류발생기의 사진



(b) 실험회로

그림 2. 중속 접속된 SPD의 협조를 평가하기 위한 실험계  
Fig. 2. Experimental setup for examining the coordination of cascaded SPDs

시료로는 전원회로의 뇌서지에 대한 보호에 가장 많이 사용하고 있는 상용의 MOV 기반의 SPD를 선정하였으며, 상세한 사양은 표 1에 나타내었다.

표 1. 시료의 사양

Table 1. Specifications of specimens

항 목		상위 SPD	하위 SPD
최대연속사용 전압( $U_c$ (V))	Case 1	320	275
	Case 2	320	320
	Case 3	275	320
에너지내량 (J)	$U_c$ : 320	3840	640
	$U_c$ : 275	3300	550
SPD 정격		Class I SPD $I_{imp}$ : 12.5kA	Class I SPD $I_n$ : 20kA

임펄스전압은 DC-50MHz 주파수대역의 능동형 차

동전압프로브로 측정했고, 임펄스전류는 크기에 따라 16MHz의 주파수대역인 전류프로브와 20MHz의 주파수대역인 관통형 전류프로브로 측정했다. 시험용 서지전압을 상위 SPD에 입사시켰을 때 각 SPD에 흐르는 전류와 잔류전압을 측정하였다. 임펄스전압과 전류 파형은 5GS/s의 오실로스코프로 관측하였으며, 오실로스코프의 연산기능을 이용하여 각 SPD가 분담하는 에너지를 산출하였다. 실험은 대학의 실내 실험실에서 수행하였으며, 온도는 23~25°C이고, 상대습도는 40~45% 범위이었다.

#### 4. 결과 및 고찰

##### 4.1 상위 SPD의 최대연속사용전압이 높은 경우(Case 1)

상위에 최대연속사용전압이 320V인 등급 I SPD 그리고 하위에 최대연속사용전압이 275V인 등급 II SPD를 상호간 거리 50m로 하여 종속 접속한 Case 1의 경우 상위 SPD 앞단에 10/350 $\mu$ s 임펄스전류가 입사한 때 각 SPD에 흐르는 전류, 잔류전압과 순시전력에 대한 파형의 대표적인 예를 그림 3에 나타내었다.

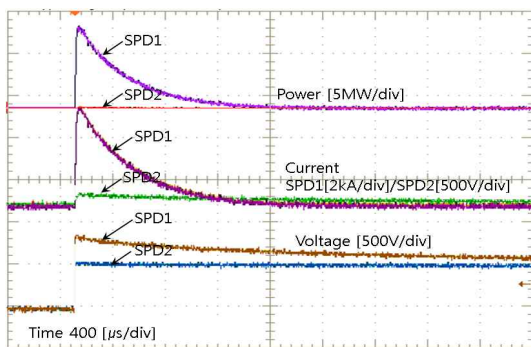


그림 3. 실험조건 1에서 10/350 $\mu$ s 임펄스전류에 대한 각 SPD의 잔류전압과 전류 파형  
 Fig. 3. Waveforms of the residual voltage and current of each SPD in 10/350 $\mu$ s current in Case 1

상부의 파형은 오실로스코프의 연산기능을 이용하여 전압과 전류의 곱으로 산출한 순시전력이고, 중간과 하부의 파형은 각 SPD에 흐르는 전류와 잔류전압을

나타낸 것으로 전반적으로 상위 SPD의 전기적 양이 큰 것으로 관측되었다. 또한 KS C IEC 61643-11 표준 [13]의 시험방법에 따라 상도체와 중성선 또는 보호도체에 접속되는 SPD의 공칭방전전류를 고려하여 입사전류의 크기를 1kA에서 12.5kA까지의 범위에서 측정한 각 SPD의 잔류전압, 방전전류, 분담에너지에 대한 결과를 그림 4에 나타내었다.

그림 3에 나타낸 잔류전압의 파형으로부터 입사된 서지전류에 의해 하위 SPD가 먼저 동작하고 상위 SPD의 단자전압은 식 (1)과 같이 하위 SPD의 잔류전압에 감결함요소로 작용한 접속도체의 인덕턴스에서 전압강하의 함으로 나타났음을 알 수 있다[9,13]. 접속도체의 인덕턴스가 감결함요소로 크게 작용하여 하위 SPD로 흐르는 전류가 제한되어 하위 SPD로 방류되는 전류와 에너지도 상당히 적게 나타났다. 또한 상위 SPD와 하위 SPD의 잔류전압의 크기의 차가 현저하여 보호대상 전자기기에 침입하는 서지전압의 크기가 낮게 제한되어 보호효과가 우수함을 알 수 있다. 하위 SPD가 분담하는 에너지의 비율이 약 10% 이내이며, 입사하는 전류의 크기가 증가함에 따라 감소하고 하위 SPD의 에너지내량을 초과하지 않으므로 에너지협조가 적절히 이루어지는 것으로 볼 수 있다. 따라서 KS C IEC 61643-12 표준[5]에 규정된 설치조건과 다르지만 에너지협조가 이루어지고 전압보호레벨이 매우 낮게 확보되므로 효과적으로 적용할 수 있는 설치방법으로 볼 수 있다.

##### 4.2 상위와 하위 SPD의 최대연속사용전압이 같은 경우(Case 2)

상위 SPD와 하위 SPD로 최대연속사용전압이 320V인 등급 I SPD와 등급 II SPD를 50m의 거리를 두고 종속으로 접속한 경우(Case 2) 직격된 임펄스전류가 입사한 때 각 SPD에 흐르는 전류와 잔류전압 파형의 대표적인 예를 그림 5에 나타내었다. 또한 입사전류의 크기를 1kA에서 12.5kA까지의 범위에서 측정한 각 SPD의 잔류전압, 방전전류, 분담에너지에 대한 결과를 그림 6에 나타내었다.

중속 접속된 산화아연바리스터 기반의 서지방호장치의 협조

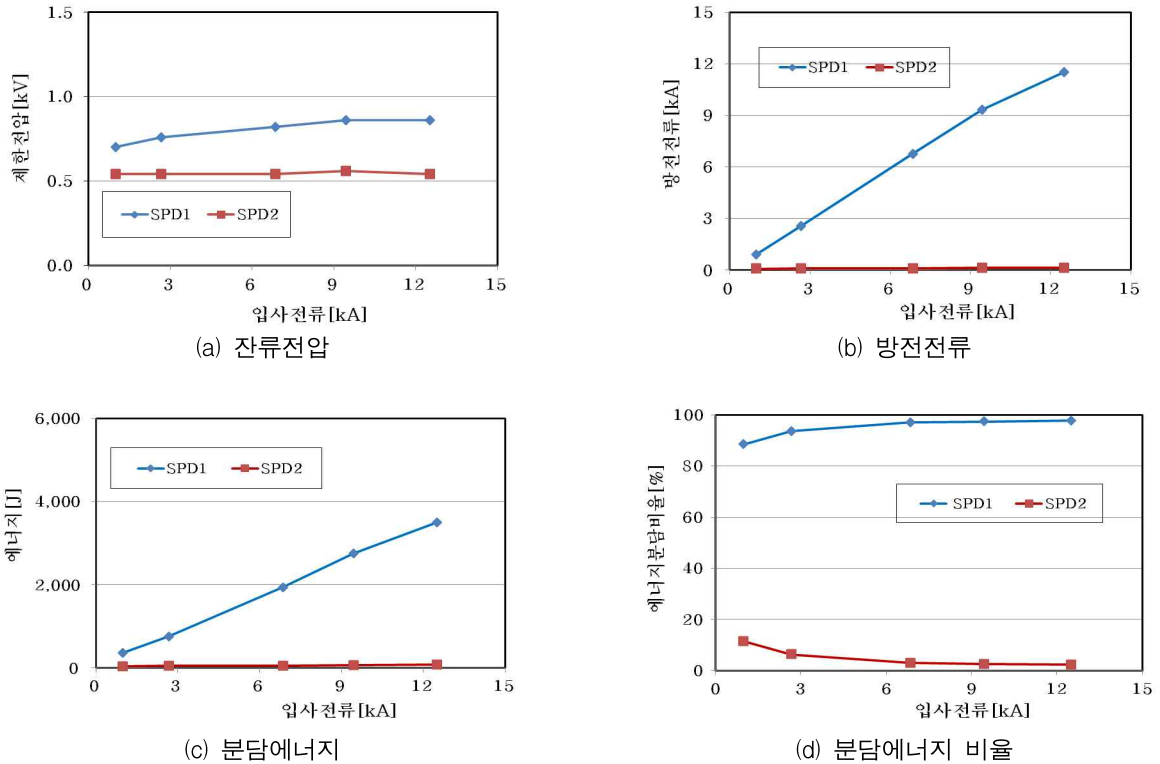


그림 4. 실험조건 1에서 입사전류의 크기에 따른 각 SPD의 잔류전압, 방전전류, 분담에너지  
 Fig. 4. Residual voltage, discharge current and energy sharing of each SPDs as a function of injected current magnitude in Case 1

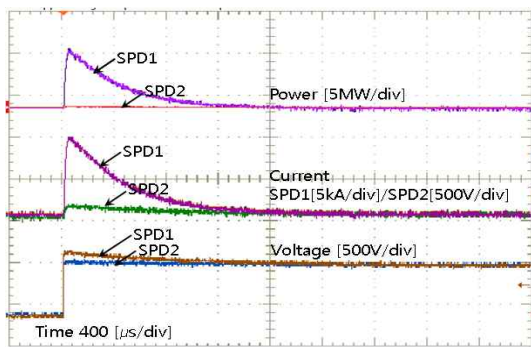


그림 5. 시험조건 2에서 10/350μs 임펄스전류에 대한 각 SPD의 잔류전압과 전류 파형의 대표적인 예  
 Fig. 5. Typical waveforms of the residual voltage and current of each SPD in 10/350μs impulse current in Case 2

실험조건 2에 해당하는 중속 접속된 SPD의 동작 특성은 실험조건 1의 경우와 유사한 양상으로 나타

났다. 단지 하위 SPD의 최대연속사용전압이 실험조건 1보다 높기 때문에 하위 SPD의 잔류전압이 약간 높게 나타나 전압보호레벨의 높아졌다. 그러나 하위 SPD의 잔류전압이 높아짐에 따라 하위 SPD로 흐르는 전류와 분담에너지는 적어졌다. 즉, 실험조건 1에 비하여 실험조건 2의 경우 에너지분담의 협조는 향상되었으나 전압보호레벨의 성능은 낮은 것으로 볼 수 있다.

### 4.3 상위 SPD의 최대연속사용전압이 낮은 경우(Case 3)

상위 SPD로 최대연속사용전압이 275V인 등급 I SPD와 하위 SPD로 최대연속사용전압이 320V인 등급 II SPD를 50m의 거리를 두고 중속으로 접속한 경

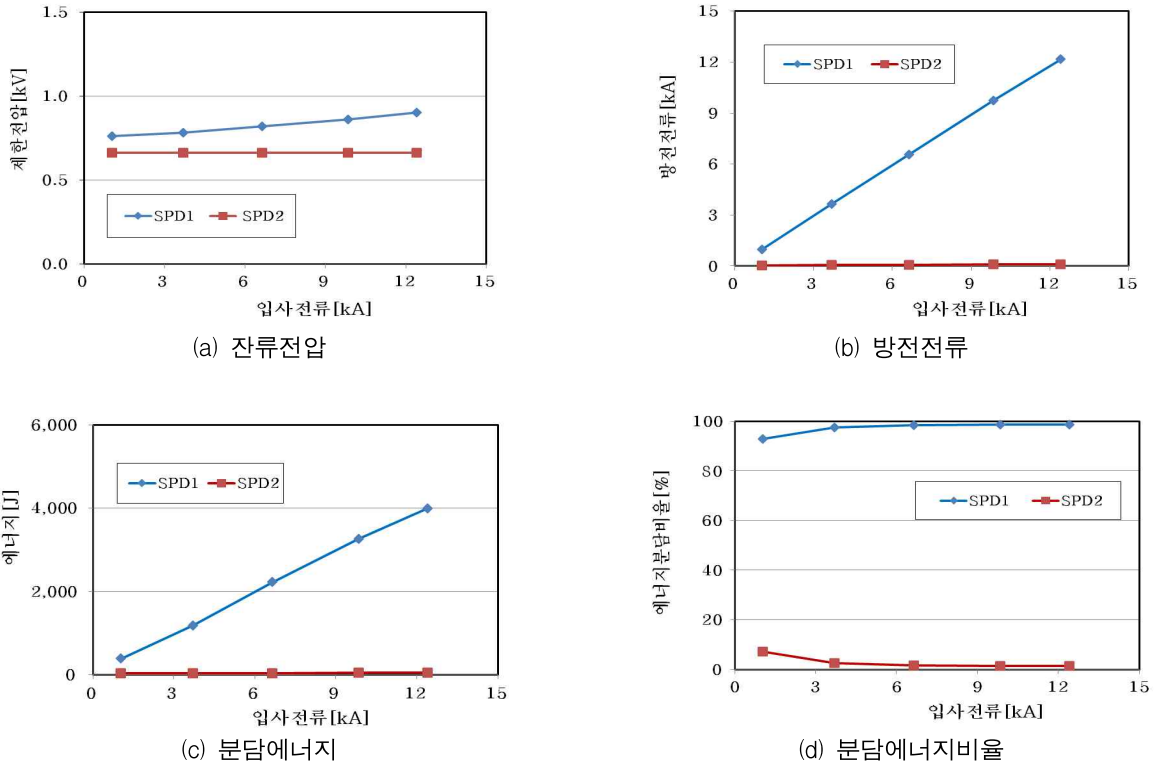


그림 6. 실험조건 2에서 입사전류의 크기에 따른 각 SPD의 잔류전압, 방전전류, 분담에너지  
 Fig. 6. Residual voltage, discharge current and energy sharing of each SPDs as a function of injected current magnitude in Case 2

우(Case 3) 직격뢰 임펄스전류가 입사한 때 각 SPD에 흐르는 전류와 잔류전압 파형의 대표적인 예를 그림 7

에 나타내었다.

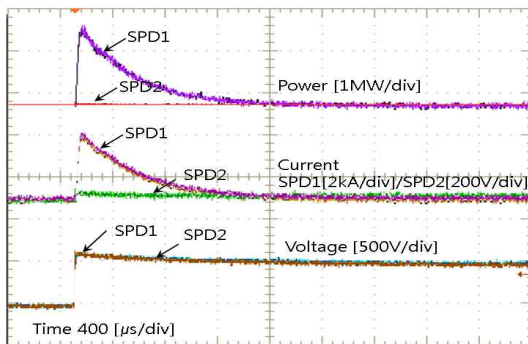


그림 7. 실험조건 3에서 10/350μs 임펄스전류에 대한 각 SPD의 잔류전압과 전류 파형  
 Fig. 7. Wwaveforms of the residual voltage and current of each SPD at 10/350μs current in Case 3

입사전류의 크기를 1kA에서 12.5kA까지의 변동시켜 가면서 측정한 각 SPD의 잔류전압, 방전전류, 분담 에너지에 대한 결과를 그림 8에 나타내었다. 상위 SPD의 최대연속사용전압이 하위 SPD의 최대연속사용전압보다 낮기 때문에 입사하는 모든 서지전압에 대하여 상위 SPD가 먼저 동작하게 되며, 하위 SPD의 단자전압은 식 (2)와 같이 된다. 그러나 SPD 상호간의 거리가 서지전압의 전파속도(약  $3 \times 10^8 \text{m/sec}$ )에 비하여 짧으므로 그림 7의 전압 파형에서 거의 같게 나타났다.

하위 SPD가 동작하여 전류가 흐르면 접속도체에서의 전압강하에 의해 하위 SPD의 잔류전압은 상위 SPD의 단자전압보다 낮게 나타낸다. 따라서 입사전류가 1kA이하일 때 하위 SPD로 흐르는 전류가 매우

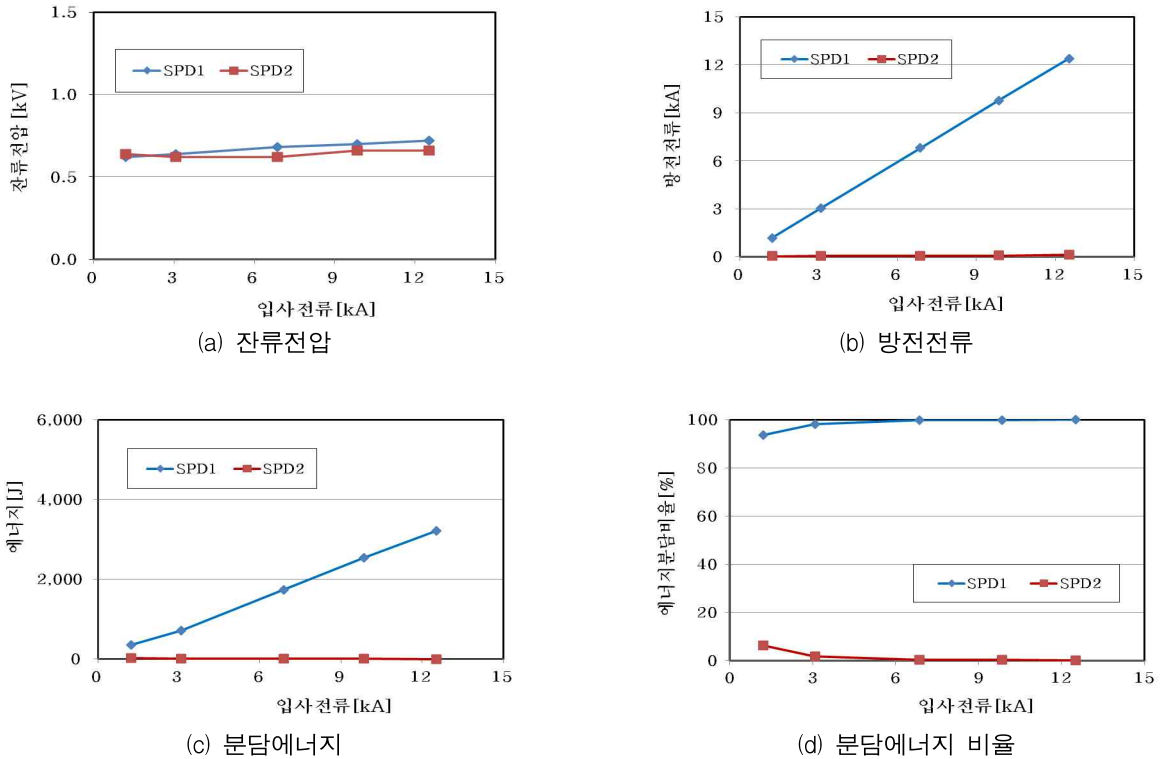


그림 8. 실험조건 3에서 입사전류의 크기에 따른 각 SPD의 잔류전압, 방전전류, 분담에너지  
 Fig. 8. Residual voltage, discharge current and energy sharing of each SPDs as a function of injected current magnitude in Case 3

작기 때문에 두 SPD의 단자전압은 거의 같게 나타났으며, 3kA이상의 전류에서는 접속도체의 전압강하 때문에 하위 SPD의 잔류전압이 약간 낮아졌다. 그러나 실험조건 1의 경우에 비하여 하위 SPD의 전압보호레벨은 높게 나타났다. 상위 SPD의 바리스터전압이 낮으므로 하위 SPD로 흐르는 전류와 분담에너지가 매우 적게 나타났다. 물론 에너지협조는 이루어진 것으로 볼 수 있으나 거의 대부분의 에너지를 상위 SPD가 분담하게 되며, 하위 SPD는 상위 SPD의 잔류전압을 약간 낮추는 역할만을 하는 것으로 볼 수 있다. 이러한 중속으로 접속하는 조건의 SPD에서는 하위 SPD로 에너지내량이 적은 등급 III을 적용하여 경제성 향상을 위한 검토도 고려할 수 있다.

SPD의  $V-I$ 특성과 설치조건에 따라 에너지분담과 전압보호레벨이 달라지므로 적절한 조합조건을 결정

하는 SPD의 선정기법이 핵심적 요소기술임을 알 수 있다. 중속 접속하는 SPD의 협조특성으로 에너지분담에 중점을 둘 것인지 전압보호레벨에 중점을 둘 것인지에 따라 SPD사이의 거리와 같은 설치조건을 기반으로 적절한 최대연속사용전압과 에너지내량의 SPD를 선정해야 기술적인 보호효과와 경제성을 충족하는 합리적인 협조된 SPD의 설치를 위한 설계를 할 수 있다. 본 연구결과는 통상 SPD를 건축물의 인입구와 부하의 근방에 2단으로 설치하는 경우 합리적인 SPD의 설치를 위한 기반기술로 활용될 것이다.

## 5. 결 론

뇌서지에 대한 전자기기의 효과적인 보호를 위해 전압제한형 SPD를 중속으로 접속하는 경우 접속도체의

인덕턴스를 감결합요소로 작용하는 에너지협조와 전압보호레벨에 대한 실험적 검토를 통하여 다음과 같은 결론을 얻었다.

(1) 전압제한형의 상위 SPD와 하위 SPD 사이의 거리가 비교적 긴 경우 접속도체의 인덕턴스만으로 하위 SPD의 최고연속사용전압이 상위 SPD보다 낮아도 에너지협조가 이루어지면 전압보호레벨이 낮은 전자기기의 보호에 효과적으로 적용할 수 있다.

(2) 상위와 하위 SPD의 전압보호레벨이 동일한 경우 각 SPD의 에너지분담이 적절하며 전압보호레벨도 대체로 양호한 것으로 나타났다.

(3) 상위 SPD의 최대연속사용전압이 하위 SPD의 것보다 낮은 경우 모든 서지전류에 대하여 에너지협조가 이루어지며, 상위 SPD가 대부분의 에너지를 분담하므로 하위 SPD로 에너지내량이 적은 등급 III SPD를 적용해도 된다.

향후 SPD의 설치공간의 제한 등으로 협조된 SPD 사이의 거리가 비교적 짧아 배선의 인덕턴스가 감결합요소로 작용하지 못하는 경우 적절한 에너지분담과 전압보호레벨을 얻기 위한 연구를 진행할 예정이다.

### References

[1] IEC 62305-4; Protection against lightning - Part 4 : Electrical and electronic systems within structures, pp. 83-84, 2010.

[2] B. H. Lee, D. M. Lee, D. C. Cheong, S. B. Lee, and S. C. Lee, "Protection Effects According to the Conditions of Installations of SPDs for Information-Oriented Equipments", J. KIIE, Vol.21, No.1, pp.35-41, 2007.

[3] ANSI/IEEE C62.41.1 Guide on the Surge Environment in low - voltage(1000V and less) AC Power Circuits, pp.39-27, 2002.

[4] B. H. Lee and S. C. Lee, Protection of Information and Communication Facilities against Lightning, The Publishing Department of Inha University, pp.26-29 pp.128-150, 2004.

[5] IEC 61643-12; Low-voltage surge protective devices - Part 12 : Surge protective devices connected to low-voltage power distribution systems - Selection and application principles, pp.27-38, 76-82, 2009.

[6] R. B. Standler, Protection of Electronic Circuits from Overvoltages, John Wiley & Sons, pp.138-140, 1989.

[7] N. Kokkinos and I. Cotton, "Energy vs Voltage Coordination of Surge Protective Devices", Proc. 29th ICLP, 6c-2-1-24, 2008.

[8] B. H. Lee, H. K. Shin, "Energy Coordination of Cascaded

Voltage Limiting Type Surge Protective Devices", J. KIIE, Vol.27, No.2, pp.29~35, 2013.

[9] The Study Committee of IEEJ, Lightning Protection for Electrical and Electronic Equipment, IEEJ, pp.265-270, 2011.

[10] H. K. Shin, "Protection coordination of ZnO varistor based SPDs", Ph.D dissertation, Inha University, Korea, pp.47-48, 2014.

[11] F. D. Martzloff, "The Propagation and Attenuation of Surge Voltages and Surge Currents in Low-Voltage AC Power Circuits", IEEE Trans., Vol.PAS-102, No.5, 1983.

[12] IEC 60364-5-53; Electrical installations of buildings - Part 5-53 : Selection and erection of electrical equipment - Isolation, switching and control, pp.6-10, 2005.

[13] IEC 61643-11; Surge protective devices connected to low-voltage power systems - Part 11: Requirements and test methods, pp.16-19, 2011.

[14] H. K. Shin, B. H. Lee, "Protection Characteristic of Two-Stage Cascaded SPD Systems", KIIE, Vol.27, No.5, pp.95-103, 2013.

### ◆ 저자소개 ◆



**김태기(金泰己)**

1970년 7월 12일생. 2008년 8월 인하대 공학대학원 정보전기공학과 졸업. 현재 인하대 대학원 전기공학과 박사과정수료.  
Tel : (02) 3393-7671  
Fax : (02) 3393-7689  
E-mail : ktk@electricity.or.kr



**신희경(申熹璟)**

1973년 12월 11일생. 1999년 동국대학교 안전공학과 졸업. 2004년 한양대학 공학대학원 전기공학과 졸업(석사). 인하대 학원 전기공학과 박사과정. 현재 주식회사 엘피에스코리아 대표이사.  
Tel : (02)2639-8872

Fax : (02)2639-8873

E-mail : hkshin@lpskorea.com



**이복희(李福熙)**

1980년 인하대 공대 전기공학과 졸업  
1987년 동 대학원 전기공학과 졸업(박사).  
1988~1989년 동경대학 생산기술연구소 객원연구원. 1995년 호주 Queensland대학 방문교수. 1999년 Cincinnati대학 방문교수. 2010~2011년 본 학회 회장. 현재

인하대 IT공대 전기공학부 교수.

Tel : (032)860-7398

Fax : (032)863-5822

E-mail : bhlee@inha.ac.kr