

2단 중속 SPD시스템의 보호특성

(Protection Characteristics of Two-Stage Cascade SPD Systems)

이복희* · 신희경

(Bok-Hee Lee · Hee-Kyung Shin)

Abstract

Protection of the electrical and electronic equipment against surges in low voltage AC power distribution systems is based on wide applications of surge protective devices (SPDs). Cascade application of SPDs located at the service entrance of a building and near sensitive equipment is intended to ensure the optimal voltage protection level and energy sharing among cascade SPDs. In this paper, when surges impinge at the service entrance of the building of interest, the protection characteristics of two-stage cascade SPD systems were investigated. The influence of the distance between the upstream and downstream SPDs on the voltage protection level and energy sharing of the two-stage cascade SPD systems were analyzed experimentally. It was found that the energy sharing of two-stage cascade SPD systems strongly depends on the distance between the two SPDs and the component of SPD. As the distance between the two SPDs increases, the energy absorbed by the upstream SPD increases while the energy absorbed by the downstream SPD decreases. Consequently, it is desirable to select the upstream and downstream SPDs having the proper energy capability with due consideration of the distance between the two SPDs.

Key Words : Surge Protective Device, Two-Stage Cascade SPD System, Voltage Protection Level, Energy Sharing, Protection Coordination

1. 서 론

최근 초소형 반도체를 생산하는 기술의 발전으로 컴

퓨터 기반의 정보통신설비가 많이 보급되었으며, 전원선과 더불어 각종 신호선 및 통신선의 접속으로 망상화되어 있다. 낙뢰 및 스위칭현상에 의하여 발생하는 서지가 다양한 경로를 통하여 침입하여 정보통신설비의 오동작이나 파손 등 피해가 증가하고 있다. 서지로 부터 전기전자설비의 피해를 최소화하기 위해서는 서지에 의해 전달되는 에너지와 전위차를 최대한 억제해야 하며, 이를 위해서 한국산업표준 및 전기설비기술기준의 판단기준에는 서지방호장치를 설치하도록

* 주(교신)저자 : 인하대학교 IT공대 전기공학부 교수
* Main(Corresponding) author : School of Electrical Engineering, Inha University, Professor
Tel : 032-860-7398, Fax : 032-863-5822
E-mail : bhlee@inha.ac.kr
접수일자 : 2013년 3월 8일
1차심사 : 2013년 3월 13일
심사완료 : 2013년 4월 2일

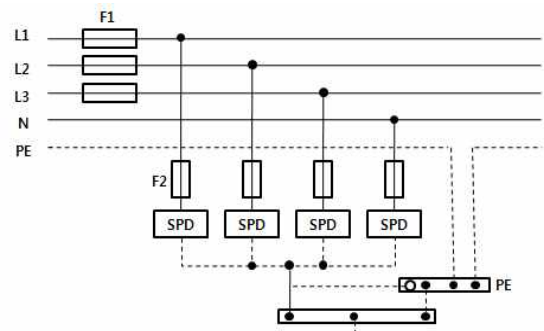
규정하고 있다[1-3].

뇌서지 및 이상전압으로부터 전기전자기기를 효과적으로 보호하기 위해서는 SPD의 제한전압이 보호대상 기기의 임펄스내전압 이내가 되도록 해야 하므로 SPD를 종속으로 설치하며, 최근 서지에 대한 보호효과의 향상을 위한 연구가 활발하게 진행되어 왔다 [4-7]. SPD를 종속으로 설치한 경우 SPD 상호간의 에너지의 분담에 대한 협조가 이루어져야 한다. 따라서 에너지분담이 원활히 작동하기 위해서는 SPD간의 보호협조가 이루어져야 한다. SPD의 보호협조를 위해서는 SPD의 제한전압과 에너지내량, SPD 상호간의 거리를 고려해야 한다[8]. 또한 SPD를 설치할 때는 고장이 발생한 때 인체감전, 전원공급의 신뢰도 등을 고려해야 하며, 보호대상의 설비와 입사되는 서지의 유형에 따라 등급 I 또는 등급 II SPD를 건물의 인입구에 설치한다. 통상 등급 I SPD는 누전차단기의 전원측에 등급 II SPD는 누전차단기의 부하 측에 설치하며, SPD의 설치위치에 따라 SPD의 접속형식과 동작특성이 다르다. 따라서 SPD의 설치위치에 따라 동작특성이 보호협조에 미치는 영향에 대한 연구가 필요하다. 본 논문에서는 등급 I SPD와 등급 II 또는 등급 III SPD를 종속으로 설치한 경우 보호특성과 에너지분담을 기반으로 한 SPD의 적절한 적용방식을 제안하기 위한 실험적 연구결과에 대하여 기술하였다. 조합형 임펄스발생장치를 이용하여 등급 I SPD와 등급 II SPD를 종속으로 설치한 전원회로에 뇌서지가 입사하였을 때를 모의하여 각 SPD로 분류되는 전류와 단자전압 및 분담에너지를 측정하고, 보호협조에 대한 성능을 분석하여 SPD의 선정과 설치에 위한 적정성에 대하여 검토하였다.

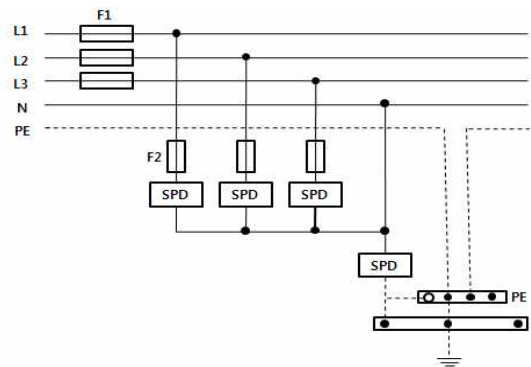
2. SPD의 종속설치와 보호특성

SPD의 접속형식은 접속형식 1(CT 1)과 접속형식 2(CT 2)로 나누며 CT 1은 각 상도체와 주 접지단자 또는 보호도체 중에서 짧은 경로 그리고 중성선과 주 접지단자 또는 보호도체 중에서 짧은 경로에 SPD모듈을 접속하는 형식이며, CT 2는 각 상도체와 중성선 사이의 경로 그리고 중성선과 주 접지단자 또는 보호

도체 사이 중에서 짧은 경로에 SPD모듈을 접속하는 형식이다[8]. 전원계통의 접지방식에 따른 보호장치의 유형에 따라 적절한 접속형식의 SPD를 설치해야 하며, 누전차단기를 보호장치로 적용하는 전원계통에 SPD를 설치할 경우 SPD의 설치위치에 따라 접속형식이 다르다. CT 1의 접속형식의 경우 SPD가 고장을 일으킨 때 그림 1 (a)에서와 같이 충전선과 접지선 사이에 SPD가 설치되어 있으므로 고장시 인체감전의 위험이 있다. 따라서 접속형식 CT 1의 SPD를 누전차단기의 부하 측에 설치하여 SPD고장으로 인한 인체감전을 차단해야 한다.



(a) 접속형식 1(CT 1)



(b) 접속형식 2(CT 2)

그림 1. SPD의 접속형식

Fig. 1. Connection types of SPD

접속형식 CT 2의 SPD는 SPD의 고장과 상관없이 지속적인 전원공급이 요구되는 장소에 설치하는 SPD로 주로 건물의 인입구의 누전차단기 전원 측에 설치한다. 따라서 SPD가 소손된 때 그림 1 (b)의 보호장치

(F2)에 의해 차단되며, 전원공급은 계속 이루어지게 된다. 따라서 낙뢰가 침입할 수 있어 등급 I SPD를 설치해야 하는 건물에서 누전차단기를 설치한 옥내 저압계통에 설치할 수 있는 협조된 SPD의 설치는 그림 2와 같이 SPD 1(CT 2) - 누전차단기 - SPD 2(CT 1)가 된다.

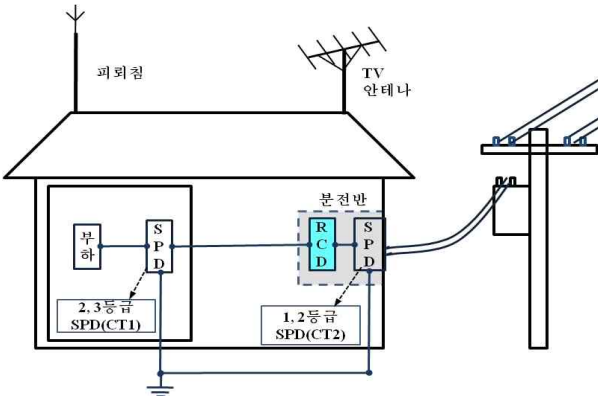


그림 2. RCD를 설치한 저압계통에서 협조된 SPD의 적용
Fig. 2. Application of coordinated SPD in low-voltage power system equipped with a RCD

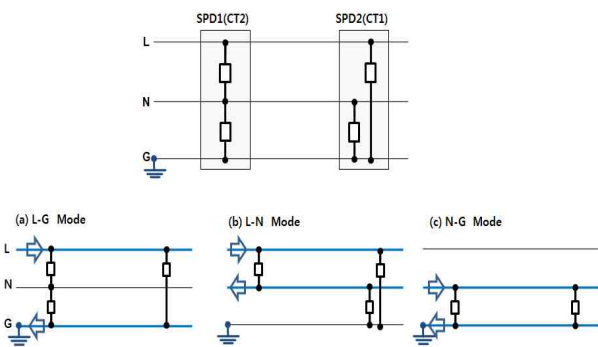


그림 3. CT 1과 CT 2 SPD의 종속설치의 보호모드
Fig. 3. Modes of protection for cascade installation of CT 1 and CT 2 SPDs

단상 전원계통에 접속형식 CT 2 SPD와 접속형식 CT 1 SPD를 종속으로 설치한 경우 그림 3과 같은 3가지 보호모드가 있으며, 각 SPD의 보호소자의 유형과 전압보호레벨에 따라 서지에 대한 동작특성이 다르게 된다. 특히 L-G보호모드인 경우 SPD 1에는 2개의 보호소자가 직렬로 접속되며, SPD 2에는 1개의 보

호소자가 접속되므로 각 소자의 동작개시전압에 따라 동작특성이 결정된다.

접속형식 CT 1 SPD의 소자로는 모두 MOV를 적용하며, 접속형식 CT 2 SPD의 경우 L-N보호모드의 소자로는 MOV를 적용하고 N-G보호모드 소자로는 MOV 또는 GDT를 적용한다. 본 논문에서는 접속형식 CT 2 SPD의 N-G모드의 소자로 MOV 또는 GDT를 적용한 경우 뇌서지가 가장 흔히 입사하는 L-G모드에 대한 보호특성에 대하여 기술하였다.

3. 실험

접속형식 CT 2 SPD(등급 I SPD)와 접속형식 CT 1 SPD(등급 II SPD)를 종속으로 설치한 경우 전원측에서 L-G모드의 뇌서지가 입사한 때 보호특성을 분석하기 위해 누전차단기의 전원측에 설치하는 SPD 1(CT 2)으로는 L-N모드와 N-G모드 모두 제한전압 2kV, 공칭방전전류 70kA의 MOV를 적용한 SPD모듈과 L-N모드로 MOV, N-G모드로 제한전압 1.5kV, 공칭방전전류 50kA의 방전갯형(GDT형) SPD모듈을 대상으로 하였다. SPD 2(CT 1)로는 L-G, N-G모드 모두 제한전압 1.25kV 공칭방전전류 20kA인 SPD모듈을 사용하였으며, 상세한 규격에 대하여 표 1에 나타내었다.

표 1. 서지방호장치의 규격

Table 1. Specifications of the SPDs

파라미터	등급 I SPD		등급 II SPD
	MOV	GDT	(MOV)
I_{imp} / I_{max}	I_{imp} 15kA	I_{imp} 50kA	I_{max} 40kA
공칭방전전류	70kA	50kA	20kA
최대 연속사용전압	330V	255V	255V
전압보호레벨	2kV	1.5kV	1.25kV

종속으로 접속된 SPD 상호간의 거리는 건축물의 규모에 따라 다르지만 5~50m로 하였다. 그림 4에 실험회로를 나타내었으며, d 는 SPD 상호간의 거리이다. 또한 SPD의 보호모드별 소자는 표 2와 같다. 시료에 인가하는 서지로는 IEC 61643-1/IEEE

C62.45[9-10] 서지시험에 요구되는 조합파 임펄스발생장치를 사용하였다.

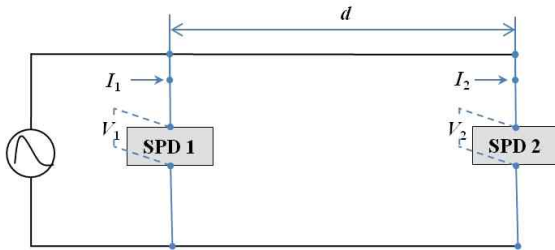


그림 4. 실험회로의 개략도
Fig. 4. Description of the experimental circuit

표 2. 보호모드별 소자
Table 2. Components by mode of protection

구 분	SPD 1 (CT 2)		SPD 2 (CT 1)	
	보호모드	소자	보호모드	소자
Case 1	L-N	MOV	L-G	MOV
	N-G	MOV	N-G	MOV
Case 2	L-N	MOV	L-G	MOV
	N-G	GDT	N-G	MOV

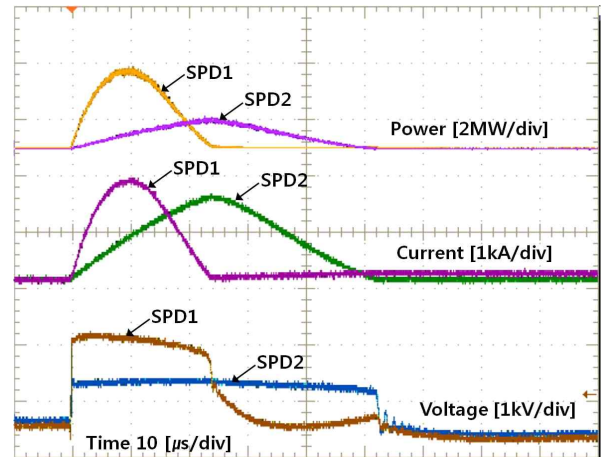
뇌서지전압을 SPD 1의 상위에 인가한 때 SPD 상호간의 거리를 파라미터로 하여 각 SPD의 단자전압과 분류되는 전류를 측정하였다. 전압은 DC-50MHz 주파수대역의 능동형 차동전압프로브를 측정하고, 전류는 20MHz의 주파수대역과 측정범위 5kA인 관통형 전류프로브로 측정하였다. 임펄스전압과 전류의 파형은 5GS/s의 오실로스코프로 관측하였으며, 오실로스코프의 연산기능을 이용하여 각 SPD가 분담하는 에너지를 산출하였다[11].

4. 결과 및 고찰

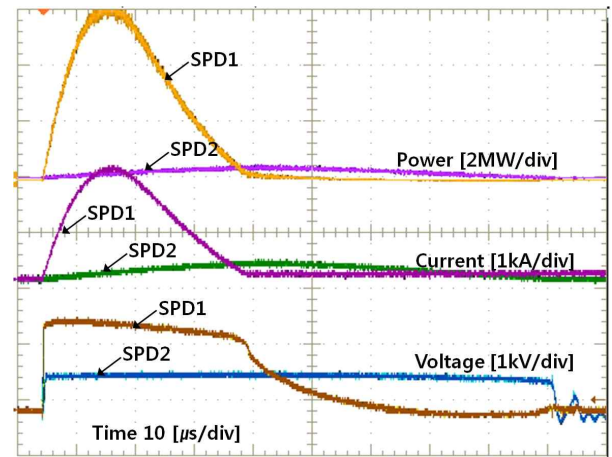
4.1 Case 1의 보호특성

MOV형 SPD 1과 SPD 2 사이의 거리 5m, 50m로 하여 중속으로 접속한 Case 1의 회로에 조합파가 입사된 때 각 SPD에 흐르는 임펄스전류와 단자전압 파형의 대표적인 예를 그림 5에 나타내었다. 맨

위의 파형은 SPD에 흐르는 전류와 단자전압의 곱으로 표시된 순시전력이고, 에너지는 이 파형의 시간에 대하여 적분하는 오실로스코프의 연산기능으로 산출한 결과이며, 오실로스코프의 화면에 수치로 표시된다[11].



(a) SPD간의 거리: 5m



(b) SPD간의 거리: 50m

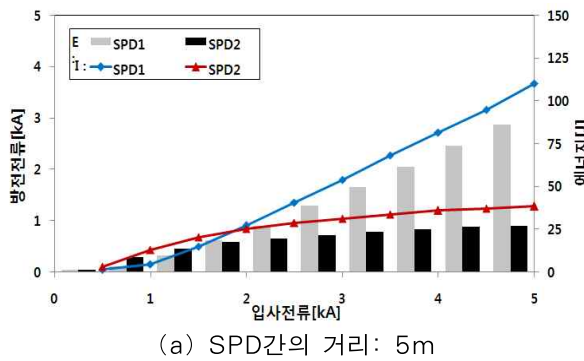
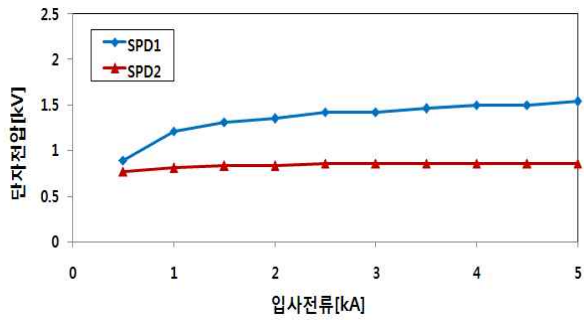
그림 5. Case 1에서 조합파에 대한 각 SPD의 단자전압과 전류 파형의 예

Fig. 5. Typical waveforms of the terminal voltage and current of each SPD under the combination wave in Case 1

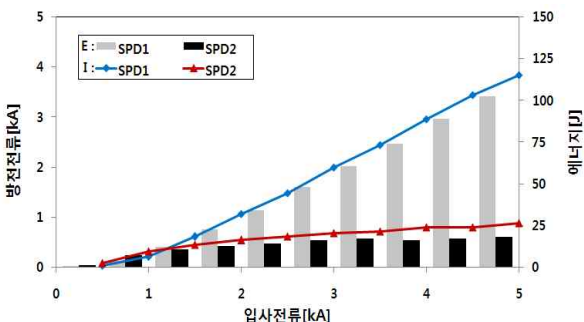
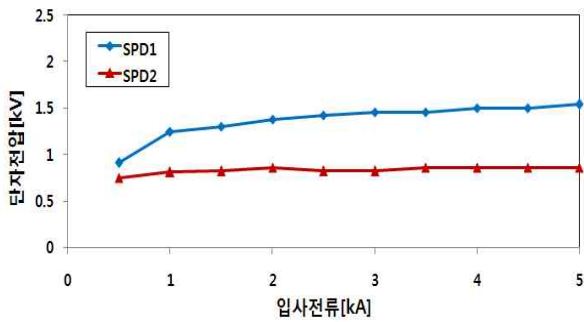
SPD 2의 동작개시전압이 낮은 경우 SPD 1의 단자전압은 SPD 2에 의해 제한된 서지전압과 거리 d 에 상응하는 선로의 인덕턴스 L 과 SPD 2의 방전전류에 의

한 전압강하의 함으로 나타나며, 식 (1)과 같이 표현할 수 있다[8, 11].

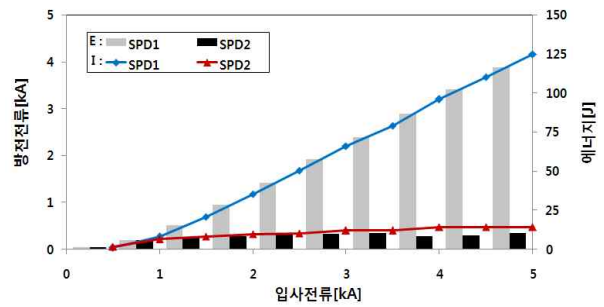
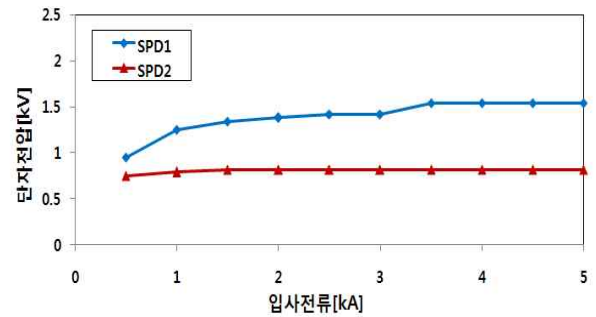
$$U_1 = U_2 + L \cdot di/dt \quad (1)$$



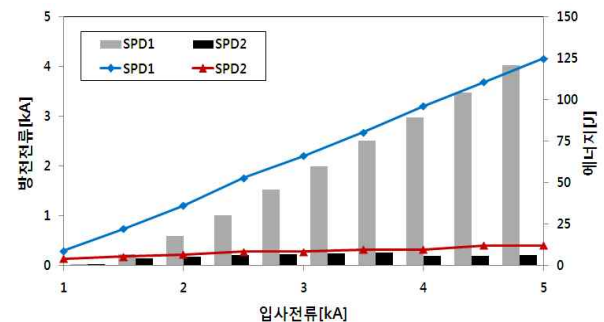
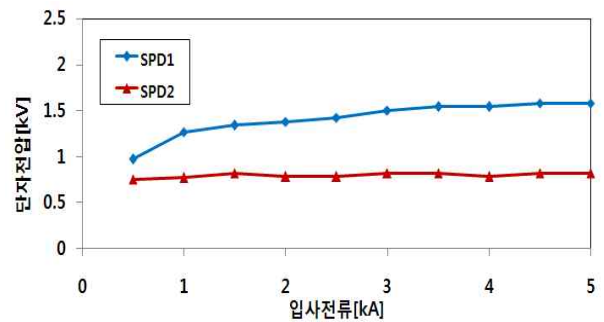
(a) SPD간의 거리: 5m



(b) SPD간의 거리: 10m



(c) SPD간의 거리: 30m



(d) SPD간의 거리: 50m

그림 6. Case 1에서 입사전류에 따른 각 SPD의 단자전압, 전류와 에너지분담의 측정결과

Fig. 6. Measured results of the residual voltage, current and energy sharing of each SPD as a function of the injected current in Case 1

SPD 2에 흐르는 전류는 SPD 1의 동작이 중지될 때 최대로 된 이후 서서히 감소한다. SPD 2의 도통시간은 SPD 1과 SPD 2의 제한전압의 차이가 클수록 길어지며, SPD 2의 도통시간의 약 2배정도로 나타났다. SPD 상호간의 거리가 길어짐에 따라 두 SPD의 동작 특성은 유사하지만 SPD 2에 흐르는 전류는 작아졌다. Case 1의 조건으로 중속 접속된 SPD에 입사되는 서지전류의 크기에 따른 각 SPD의 단자전압과 분류전류, 분담에너지의 측정결과를 그림 6에 나타내었다.

입사전류 1kA 이상에서 상위 SPD 1의 단자전압은 하위 SPD 2의 단자전압에 비하여 2배 이상 높았다. SPD 1의 단자전압은 SPD 2의 단자전압과는 달리 입사전류의 증가에 의하여 식 (1)에 나타낸 바와 같이 선로의 전압강하에 의해 약간 증가한 것으로 나타났다. 이는 SPD 2로 분류되는 전류에 기인된 SPD 상호간을 접속하는 선로의 인덕턴스에 의한 전압강하의 영향 때문이다.

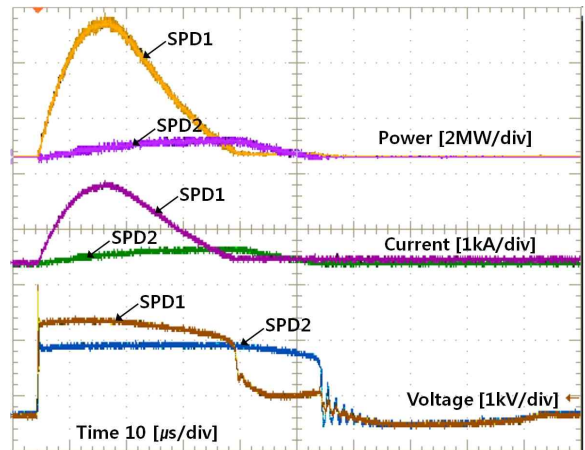
SPD 2로 분류되는 전류는 SPD 상호간의 거리와 밀접한 관계를 가지는 것으로 나타났다. SPD 상호간의 거리가 5m 이하인 경우 입사전류 약 1.5kA 이하에서 SPD 2로 분류되는 전류가 SPD 1을 통하여 흐르는 전류보다 많은 것으로 나타났다. SPD 2로 분류되는 전류는 입사전류의 크기에 따라 선형적으로 증가하는 추세이며 증가율은 SPD 상호간의 거리가 짧을수록 크게 나타났다. 즉 SPD 상호간의 거리가 증가함에 따라 SPD 1로 분류되는 전류의 비율이 증가하였으며, 이에 수반하여 SPD 1의 단자전압도 약간 상승하는 경향이였다.

입사임펄스전류에 대한 분담에너지도 SPD 상호간의 거리가 5m 이하이고 입사전류가 1.5kA 이하에서 SPD 2의 분담에너지가 SPD 1의 분담에너지보다 크게 나타났다. SPD 상호간의 거리가 짧을수록 SPD 2의 분담에너지가 많아진다. 입사전류의 증가에 따라 상위 SPD 1의 분담에너지는 증가하며 SPD 2의 분담에너지는 거의 일정한 것으로 나타났다. 입사전류가 크고 SPD 상호간의 거리가 증가할수록 SPD 1과 SPD 2가 분담하는 에너지의 비율은 증가하였다.

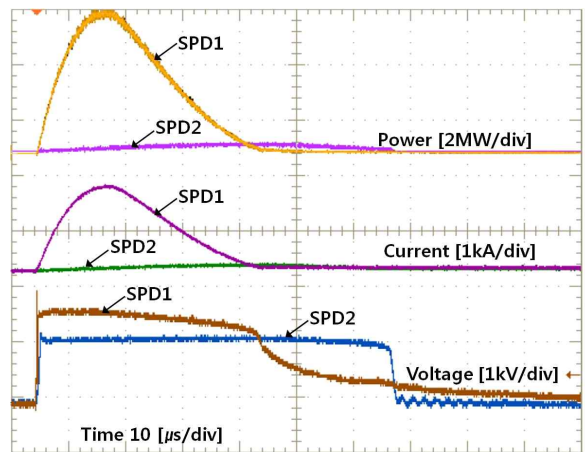
중속된 SPD의 합리적인 보호협조를 얻기 위하여는 SPD의 전압보호레벨과 에너지내량을 결정할 때 SPD

자체의 성능도 중요하지만 설치조건인 SPD 상호간의 거리를 반드시 고려하여야 됨이 확인되었다. 따라서 SPD를 다단으로 설치할 때 SPD 상호간의 거리를 고려하여 상위 SPD와 하위 SPD의 에너지내량의 비율이 적정하도록 선정해 한다.

4.2 Case 2의 보호특성



(a) SPD간의 거리: 5m



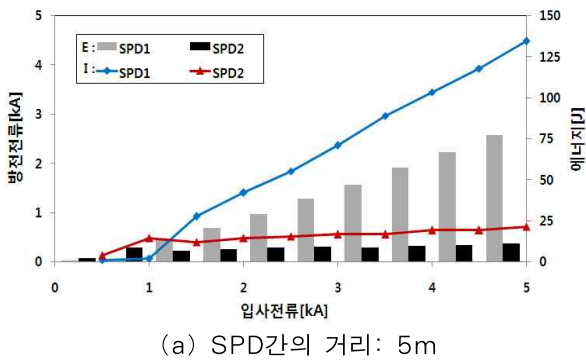
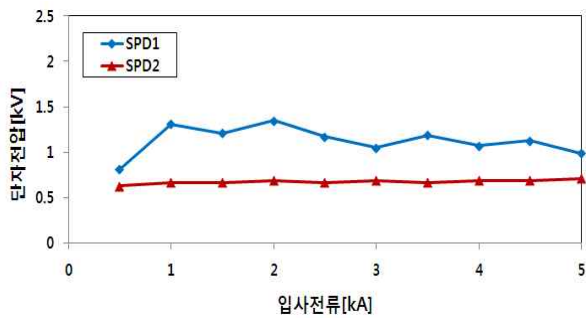
(b) SPD간의 거리: 50m

그림 7. Case 2에서 조합파에 대한 각 SPD의 단자전압과 전류 파형의 예

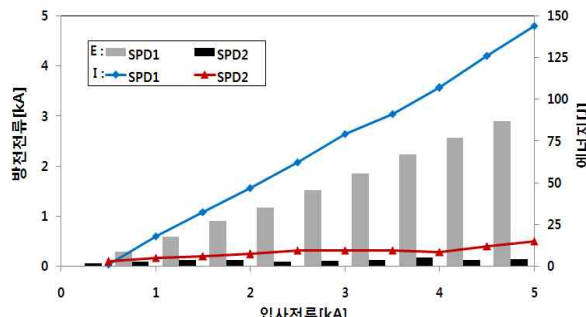
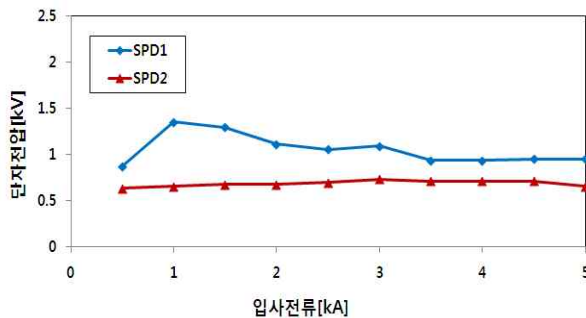
Fig. 7. Typical waveforms of the terminal voltage and current of each SPD under the combination wave in Case 2

N-G모드에 GDT를 그리고 L-N모드에 MOV를 사

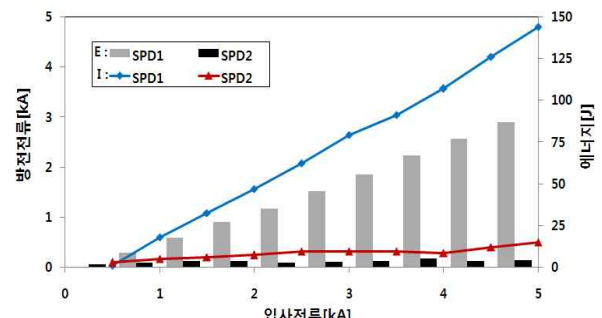
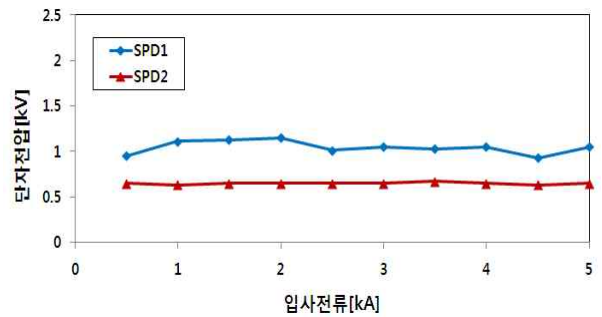
용한 SPD 1과 MOV형 SPD 2사이의 거리 5m, 50m로 하여 종속으로 접속한 Case 2의 실험회로에 조합파를 입사시킨 때 각 SPD에 흐르는 임펄스전류와 단자전압 파형의 대표적인 예를 그림 7에 나타내었다.



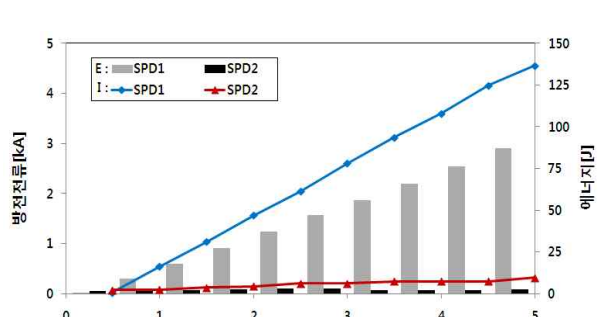
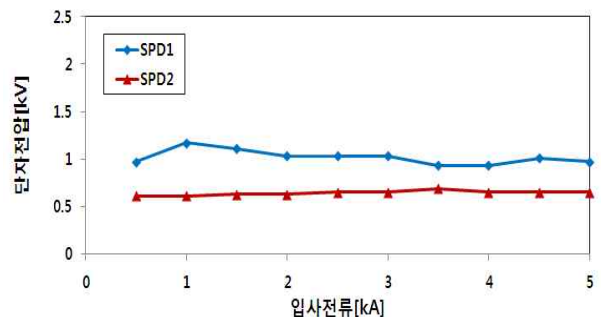
(a) SPD간의 거리: 5m



(b) SPD간의 거리: 10m



(c) SPD간의 거리: 30m



(d) SPD간의 거리: 50m

그림 8. Case 2에서 입사전류에 따른 각 SPD의 단자전압, 전류와 에너지분담의 측정결과
 Fig. 8. Measured results of the residual voltage, current and energy sharing of each SPD as a function of injected current in Case 2

상위 SPD 1의 L-G모드는 MOV과 GDT소자의 직렬 접속으로 이루어져 있으므로 하위 SPD 2가 먼저 동작한다. SPD 1에는 인가전압의 대부분이 커패시턴스가 작은 GDT로 분압되며, 이로 인하여 GDT가 먼저 동작하고 이어 MOV가 동작하게 된다. 그림 7의 SPD 1 전압 파형에서 앞부분의 피크는 GDT의 방전에 의한 전압신호이다. SPD 1의 GDT가 동작한 이후 GDT의 잔류전압이 낮으므로 SPD 1의 MOV와 SPD 2의 MOV가 병렬로 접속된 형태로 되므로 전압과 전류 파형은 Case 1과 거의 유사하다. 마찬가지로 SPD 상호간의 거리가 50m일 때 SPD 2의 동작 지속시간이 긴 것으로 나타났다. Case 2의 조건으로 종속 접속된 SPD에 입사되는 서지전류의 크기에 따른 각 SPD의 단자전압, 전류와 에너지분담의 측정결과를 그림 8에 나타내었다.

입사전류의 증가에 따라 하위 SPD 2의 단자전압은 거의 일정하고 분류전류가 적으므로 비교적 낮은 값을 보였다. 이와는 달리 상위 SPD 1의 단자전압은 GDT의 방전개시전압의 변동특성 때문에 불규칙한 측정값을 보였으며, 1kA 이상의 입사전류에 대하여 전류의 증가에 따라 약간 감소하는 경향을 나타내었다. GDT의 방전개시전압은 인가전압의 상승시간에 반비례하여 낮은 값을 나타내며, 상승시간이 느린 전압에 대한 방전개시전압은 거의 일정하지만, 빠른 상승시간의 전압에 대하여 방전관내의 이온화 정도에 따라 방전특성이 불규칙적으로 나타난다[12]. SPD 상호간의 거리가 5m 이하이고, 입사전류가 1kA 이하에서 SPD 1은 동작하지 않고 입사된 서지를 SPD 2만이 처리하는 것으로 나타났다. 이는 SPD 2의 제한전압이 낮고 입사전류도 적으므로 SPD사이의 선로에서 유도되는 전압이 낮아 SPD 1의 GDT가 동작하지 않았기 때문이다. 비교적 미약한 서지는 동작특성이 예민한 SPD가 처리하는 것으로 볼 수 있으며, SPD 2가 1kA 이상의 서지전류를 흡수할 수 있는 전류용량이면 문제가 되지는 않을 것으로 판단된다.

SPD 2로 분류되는 전류는 SPD 상호간의 거리가 증가함에 따라 적어지며, 입사전류에 따라 약간 증가하는 경향이다. 대부분의 입사전류는 SPD 1로 분류되며, 입사전류의 SPD 1로의 분류비율은 입사전류의 크

기와 SPD 상호간의 거리에 비례하여 증가하는 것으로 나타났다. 따라서 입사된 서지에 대하여 SPD 1이 대부분의 에너지를 분담하게 되며, 그 정도는 SPD 상호간의 거리가 멀수록 더욱 현저하다.

Case 1의 조건에 비하여 Case 2의 경우가 입사된 서지에 전압제한특성과 에너지분담이 양호한 것으로 판단된다. L-N모드와 N-G모드의 소자로 MOV를 사용한 Case 1의 SPD 1에 비하여 L-N모드에 MOV 그리고 N-G모드에 GDT를 적용한 Case 2의 SPD 1이 상위 SPD로의 역할이 크다. Case 1의 SPD 1은 L-G모드로 입사한 서지에 대하여 직렬로 접속된 2개의 MOV가 전압제한과 에너지를 분담하는데 비하여 Case 2의 SPD 1의 경우 입사서지에 대하여 초기단계에는 N-G모드의 GDT에 의해 전압이 제한되며, 그 후 제한전압의 유지와 에너지는 MOV가 분담하게 된다. 따라서 에너지분담 측면에서 보면 Case 2의 조건이 유리하다고 볼 수 있으나 SPD 1과 SPD 2 사이의 거리 등 설치조건에 따라 적절한 에너지용량의 조합이 필요하다.

SPD 1과 SPD 2 사이의 거리가 비교적 짧은 경우는 SPD 1과 SPD 2의 에너지내량의 차이가 작은 것으로, 그리고 SPD 1과 SPD 2 사이가 먼 경우는 에너지내량의 차이가 큰 것을 선정하는 것이 효과적이다. 입사하는 서지의 에너지를 상위 SPD에서 처리하고 보호대상기에 입사되는 전압을 낮게 제한하고자 하는 경우는 Case 2의 조건으로 설치하는 것이 바람직하다. 따라서 이와 같이 서지에 대한 우수한 보호효과를 얻기 위하여 복수의 SPD를 종속으로 설치하는 경우 SPD를 설치하는 위치를 고려하여 적절한 용량의 SPD를 선정하여 설치해야 한다.

5. 결 론

SPD를 종속으로 설치하는 경우 적절한 용량의 SPD의 선정 및 에너지분담을 기반으로 보호협조의 분석에 위한 실험적 연구를 통하여 다음과 같은 결론을 얻었다.

- (1) SPD를 종속으로 설치하는 경우 상위 SPD와 하위 SPD의 유형과 SPD의 설치위치를 고려하여

- 적정한 용량의 SPD를 선정해야 한다.
- (2) 상위 SPD와 하위 SPD가 분담하는 에너지의 비율은 SPD 상호간의 거리에 따라 비례적으로 증가하였다.
 - (3) SPD 상호 간의 거리가 비교적 짧은 경우는 상위 SPD와 하위 SPD의 에너지내량의 비율이 작고, 그리고 SPD 상호간의 거리가 먼 경우는 에너지내량의 비율이 큰 것을 선정하는 것이 효과적이다.
 - (4) 상위 SPD로 N-G모드에 GDT소자를 사용한 SPD를 적용하는 협조된 SPD시스템의 보호의 효용성이 우수하였다.

이 논문은 2013년도 인하대학교의 지원에 의하여 연구되었음.

References

- [1] KS C IEC 660364-5-53; Protection against lightning - Part 4: Electrical and electronic systems within structures, pp.256~263, 2009.
- [2] KS C IEC 62305-4; Protection against lightning - Part 4: Electrical and electronic systems within structures, pp.80~89, 2010.
- [3] Korea Electric Association; Korea Electro-technical Commission Guidance-Technical Guide for selection and application of surge protective devices in LV power systems, pp.10~12, 81, 2011.
- [4] 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.
- [5] I. A. Metwally and F. H. Heidler, "Enhancement of the SPD Residual Voltage at Apparatus Terminals in Low-Voltage Power Systems", IEEE Trans. Power Delivery., Vol. 22, No. 4, pp.2207-2213, 2007.
- [6] J. He, Z. Yuan, S. Wang, J. Hu, S. Chen, and R. Zeng, "Effective Protection Distances of Low-Voltage SPD with Different Voltage Protection Levels", IEEE Trans. Power Delivery., Vol. 25, No. 1, pp.187-195, 2010.

- [7] S. Chen and L. Shen, "Analysis of Two-stage Cascade SPD Coordination under the impact of Lightning Combination Wave in 220V Low-voltage Distribution System", Proc. 7th Asia-Pacific International Conference on Lightning, pp.335-340, 2011.
- [8] KS C IEC 61643-12; Low-voltage surge protective devices - Part 12: Surge protective devices connected to low-voltage power distribution systems-Part 12: Selection and Application principles, pp. 21~48, 2010.
- [9] KS C IEC 61643-1; Surge protective devices connected to low-voltage power distribution systems - Part 1: Requirements and tests, pp.22~24, 2010.
- [10] IEEE C62.45, IEEE Recommended Practice on Surge Test for Equipment Connected to Low-Voltage (1000 V and less) AC Power Circuits, pp.27~36, 2002.
- [11] B. H. Lee and H. K. Shin, "Energy coordination of cascaded voltage limiting type surge protective devices", J. KIIE, Vol.27, No.2, pp.29-35, 2013.
- [12] B. H. Lee and S. C. Lee, "Protection of Information and Communication Facilities against Lightning", Department of publication of Inha University, pp.112~115, 2004.

◇ 저자소개 ◇



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



신희경 (申熹璟)

1973년 12월 11일생. 1999년 동국대학교 안전공학과 졸업. 2004년 한양대학 공학대학원 전기공학과 졸업(석사). 인하대학원 전기공학과 (박사과정). 현재 주식회사 엘피에스코리아 대표이사.
Tel : (02)2639-8872
Fax : (02)2639-8873
e-mail : hkshin@lpskorea.com