

통신용 탈부착형 서지 보호기의 제한 전압 특성 연구

이재남*, 서방원**

A Study on the Limit Voltage Characteristics of Removable Surge Protector for Communication

Jae-Nam Lee*, Bangwon Seo**

요 약

과전압으로부터 기기를 보호하기 위한 서지 보호기는 제조사 별로 사양과 설치 방법이 다양하기 때문에, 구매자들은 제품을 선택하거나 사용할 때 어려움을 겪게 된다. 또한, 기존의 서지 보호기는 전자 통신장비에 연결 시 별도의 설치 공간이 필요하고, 장비와 보호기를 연결하는 접속선의 길이에 따라 내전압이 증가하여 기기의 손상을 초래할 수 있다. 이러한 문제를 해결하기 위해 본 논문에서는 서지 보호기의 선정 및 설치에 관한 가이드라인을 제시하고, 별도의 설치 공간을 필요로 하지 않고 자유롭게 탈부착이 가능한 탈부착형 서지 보호기를 제안한다. 제안하는 서지 보호기는 별도의 접속선 없이 D-SUB 커넥터를 통해 통신 장비에 직접 연결된다. 성능 분석 결과를 통해, 제안하는 서지 보호기의 제한 전압은 기존 서지 보호기보다 라인과 라인 간 시험에서 약 3배~7배 향상됨을 보였고, 라인과 접지 간 시험에서는 약 1.1배~1.6배 향상됨을 보였다.

Abstract

Surge protectors for protecting devices from overvoltages are difficult for customers to select and use due to various specifications and installation methods for each manufacturer. In addition, the conventional surge protector requires a separate installation space when connecting to the electronic communication equipment, and withstand voltage increases with the length of the connection line between the equipment and the protector, causing damage to the equipment. To solve this problem, this article presents guidelines on the selection and installation of surge protectors and proposes a removable surge protector for communication. The proposed surge protector is connected to communication equipment through D-SUB connector without separate connection line. The performance analysis shows that the limited voltage has improved about 3 - 7 times in the line to line test compared to the conventional surge protector, and about 1.1 - 1.6 times in the line to ground test.

Keywords

wire communication, transmission line, surge protection device, thunder volt, removable surge protector, data loss

* 공주대학교 전기전자제어공학과 석사과정
- ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9843-3984>

** 공주대학교 전기전자제어공학부
(IT융합기술연구소) 부교수(교신저자)
- ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7152-1941>

• Received: Apr 04, 2020, Revised: May 12, 2020, Accepted: May 15, 2020

• Corresponding Author: Bangwon Seo

Dept. of Electrical, Electronics and Control Engineering, the Institute of IT
Convergence Technology (IITC), Kongju National University, Cheonan Korea,
Tel.: +82-41-521-9178, Email: seobw@kongju.ac.kr

1. 서 론

1.1 연구 배경과 필요성

최근 10년간(09~18)의 기상청 통계에 따르면 국내에서 연평균 124,374회의 낙뢰가 발생하였고[1], 이로 인한 인명, 재산 피해가 발생하고 있다. 특히 재산 피해는 신고로 확인된 것만 총 748건으로 피해 금액은 약 65억여 원에 이르고 있다. 그중 전자장비의 고장이 372건으로 전체 피해의 약 50%에 해당한다[2]. 이러한 피해를 예방하기 위해 행정 안전부에서는 전원, 통신 등의 선로에 서지 보호기(SPD, Surge Protector Device)를 설치하고, 낙뢰가 많은 날에는 전자기기들의 전원 플러그를 뽑아 두도록 권장하고 있다. 그러나 낙뢰의 발생이 예상된다고 해서 모든 전자기기의 전원 플러그를 뽑기도 쉽지 않을뿐더러 24시간 상시 운영되어야 하는 산업용 장비의 경우 전원, 통신선 등의 케이블이 항상 연결되어 있어야 하므로 서지보호 장치의 설치 선택이 아닌 필수라고 할 수 있다.

SPD는 전력계통의 전원선, 신호선 등의 도체를 통하여 과도 이상 전압(Surge)의 침입으로 발생하는 전기기기, 전자 부품의 파손, 소프트웨어의 오작동 등의 피해를 막고 보호하기 위한 장비이다. SPD는 용도에 따라 전원용 SPD와 통신용 SPD로 분류되는데, 통신용 SPD의 경우 동작 전원 및 통신 속도, 제한 전압 및 보호방식, 접속방식 및 설치 위치 등을 충분히 고려하여 결정되어야 한다[3][4]. 만약 이를 고려하지 않고 사용할 경우 SPD에 의해 통신 신호 품질의 저하 또는 화재 등의 2차 피해를 야기할 수 있다.

1.2 연구목적

낙뢰 등의 이상 전압으로 발생하는 피해를 막기 위하여 SPD는 반드시 사용되어야 한다. 그러나 시장에 유통되는 SPD는 제조사별로 사양 및 설치방법이 다양해 사용자는 어떤 제품을 선택해야 하는지 어려운 문제점이 있다[5]. 또한 기존 SPD는 전자통신장비에 연결 시 별도의 설치 공간이 필요하고 장비 및 보호기 간 접속선의 길이 증가에 따른 내

전압이 증가하여 기기의 성능을 보장할 수 없다[6][7]. 이러한 문제점을 해결하기 위해 본 논문에서는 통신용 SPD의 선정 및 설치방법에 대한 가이드라인을 제공하고, 별도의 설치 공간이 필요 없이 통신 장비에 직접 탈부착이 가능한 탈부착형 SPD를 제안한다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 2장에서는 관련 연구동향 및 규격을 기술하고, 3장에서는 통신용 SPD의 선정 및 설치방법을 제시한다. 4장에서는 제안하는 SPD의 구성 및 특징을 기술하고, 5장에서는 설계된 SPD의 성능 평가에 대하여 설명한다. 마지막으로 6장에서는 결론에 대해 기술하고 향후 연구 방향을 제시한다.

II. 관련 연구동향 및 규격

2.1 연구 동향

참고문헌 [8]에서는 저전압 SPD의 제한 전압 특성에 대해서 연구하였으며, 서지보호 회로의 구성을 소개하고 성능 평가시험을 통해 SPD의 제한 전압 특성을 검토하였다. 성능 평가 시험에서는 SPD를 직렬형과 병렬형으로 나누어 제한 전압을 측정하였고 시험 결과를 통해 직렬형 SPD가 병렬형 SPD에 비해 제한 전압이 낮은 것을 확인하였다[8].

참고문헌 [9]에서는 통신 신호 선로에 사용되는 커넥터들의 서지 내성 특성에 대해서 연구하였으며, 서지보호 커넥터들 중에서 가장 많이 사용되는 이더넷 RJ-45 커넥터와 전화망에 사용되는 RJ-11 커넥터, 그리고 직렬 통신에 사용되는 D-SUB 커넥터의 서지 내성을 시험하였다. 시험 결과를 통해, 커넥터의 접속 저항이 상대적으로 높은 RJ-45와 RJ-11 커넥터는 낙뢰를 수회 이상 인가하면 파손된다는 것을 제시하였다. 반면, D-SUB 커넥터는 10KV/5kA 서지 인가 조건에서 사용해도 문제가 없는 것을 확인하였다[9].

참고문헌 [10]에서는 정보통신공사업 활성화 정책 목표와 세부 이슈를 우선순위로 분석하였다. 네트워크 구축의 물리적 역할을 담당하고 있는 정보통신공사업의 역할이 증대되고 있는 가운데, 제품의 시설 공사가 필요한 경우에도 물품 구매 계약으로

발주하는 관행이 보편화되어 있어 2011년도 기준, 물품계약으로 발주된 17.9조 원(약 88만 건)의 공사 중 약 75%에 해당하는 공사가 설치 포함 발주되어 제품의 비정상적 설치로 인한 부실시공 및 공사 품질 저하, 하자 보수 등의 문제가 발생하고 있는 것을 확인하였다[10].

2.2 통신용 SPD 규격

SPD와 관련된 규격으로는 국제 표준인 IEC (Intermediate Electrotechnical Commission), 미국 표준인 ANSI(American National Standards Institute), IEEE (Institute of Electronic Engineers), UL(Underwriters Laboratories) 등이 있으며, 한국에서는 KS(Korean Industrial Standards)를 표준 규격으로 사용하고 있다.

그중 통신 신호용 SPD에 대한 KS 규격은 국제 규격인 IEC의 규격을 직역하여 사용하고 있으며, 대표적으로 <통신망과 신호망 접속용 서지보호장치-성능 요건 및 시험방법 KS C IEC61643-21>과 <통신망과 신호망 접속용 서지보호장치-선정 및 적용 지침 KS C IEC 61643-22>이 있다.

2.3 SPD의 구분

SPD는 사용되는 보호소자에 따라 전압 스위칭형, 전압 클램핑형, 그리고 두 가지 소자를 함께 사용하는 조합형 SPD로 나뉜다[11].

전압 스위칭형 SPD는 서지가 없을 때에는 임피던스가 높고, 전압 서지가 발생하면 임피던스가 급격히 감소하는 SPD이다. 대표적인 전압 스위칭 소자로는 가스방전관과 사이리스터 서지 억제기 등이 있다. 그림 1은 스위칭형 SPD의 낙뢰 임펄스 응답 파형으로 서지 발생 시 급격하게 임피던스가 낮아지며 서지의 경로를 접지로 우회시켜 과전압을 제한하는 형상을 나타내고 있다.

전압 클램핑형 SPD는 서지가 없을 때에는 임피던스가 높고, 서지 전압이 상승하면 임피던스가 연속적으로 감소하는 SPD이다. 대표적인 클램핑 소자로는 금속산화물 바리스터와 과도 전압 억제(TVS, Transient Voltage Suppressor) 다이오드 등이 있다.

그림 2는 클램핑형 SPD의 낙뢰 임펄스 응답 파

형으로 임피던스가 연속적으로 낮아져 과전압을 제한 전압 아래로 유지하는 형상을 나타내고 있다.

조합형 SPD는 본 논문에서 제안하는 SPD로 두 개 이상의 전압 제한 성분을 가지며 스위칭형 소자와 클램핑형 소자를 함께 사용한다.

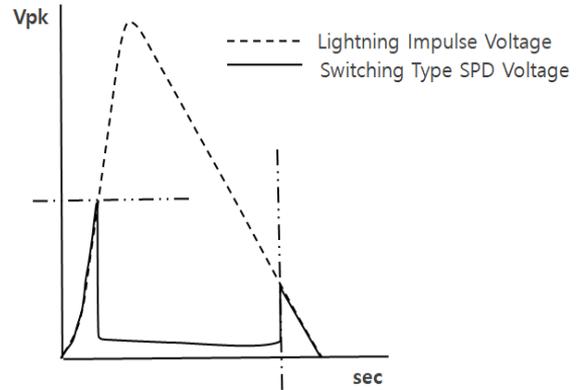


그림 1. 스위칭형 SPD 전압 제한 파형
Fig. 1. Switching type SPD voltage limiting waveform

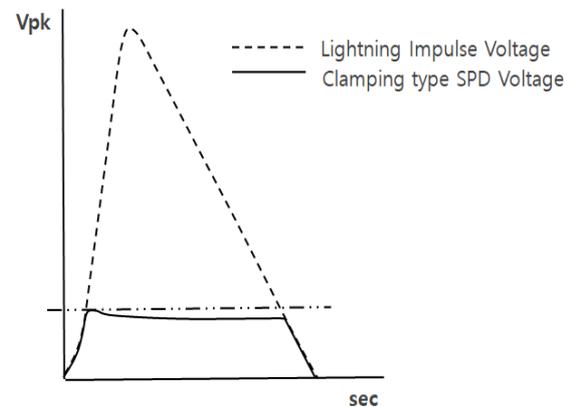


그림 2. 클램핑형 SPD 전압 제한 파형
Fig. 2. Clamping type SPD voltage limiting waveform

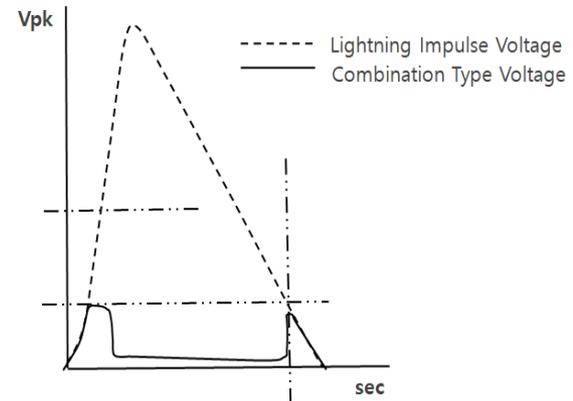


그림 3. 조합형 SPD 전압 제한 파형
Fig. 3. Combination type SPD voltage limiting waveform

전압 스위칭형 소자는 서지에 대한 용량이 크고, 응답속도가 빨라 서지 발생 시 1차적으로 고전압을 접지로 우회 시키는 역할을 하고, 클램핑형 소자는 1차적으로 미처 거르지 못한 잔여 과전압을 제한 전압 아래로 한정 시키는 역할을 한다. 그림 3은 조합형 SPD의 낙뢰 임펄스 응답 파형으로 스위칭형 소자와 클램핑형 소자의 과전압 제한 성능을 합친 파형을 나타내고 있다.

III. 통신용 SPD 선정 및 설치

3.1 통신용 SPD

낙뢰 등의 이상 전압으로부터 전자 장비를 보호하기 위해서는 SPD를 설치해야 된다. 전기 설비기술기준에 따라 일부 조건에서는 SPD의 설치가 의무화되었지만, 통신용 SPD의 경우에는 여전히 설치가 미흡한 상황이다. 그림 4와 5는 통신장비 간 SPD 설치 유, 무에 따른 통신선로의 구성을 나타낸다.

그림 4는 SPD가 설치되지 않은 통신선로의 구성을 나타내며, 장비 고장 또는 낙뢰 등의 자연현상으로 서지가 발생하는 경우에 과도 전압이 통신선로를 통해 통신장비로 침입하여 통신 장비가 파손 또는, 오작동 등의 문제를 발생시킬 수 있다.

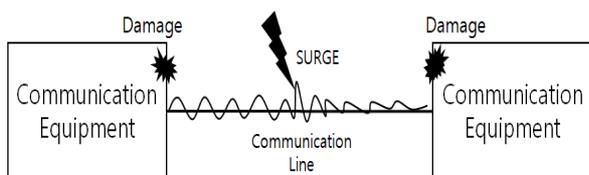


그림 4. SPD가 설치되지 않은 통신선로의 구성
Fig. 4. Configuration of transmission lines without SPD

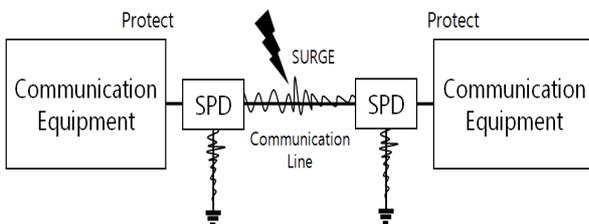


그림 5. SPD가 설치된 통신 선로의 구성
Fig. 5. Configuration of transmission lines with SPD

그림 5는 이러한 피해를 예방하기 위해 통신선로에 SPD를 설치한 구성을 보여 준다. SPD는 일반적으로 통신장비의 인입부에 설치되며, 통신선로에서 서지 발생 시 순간적으로 과도 전류의 전파 경로를 접지로 돌려 서지로부터 장비를 보호하는 역할을 한다.

3.2 통신용 SPD 선정 방법 및 설치 방법 제안

통신용 SPD는 통신선로에서 발생하는 과전압을 제한하고 서지 전류를 우회시키기 위한 장비이며, 사용 용도에 따라 신호의 특성과 설치환경 등을 고려하여 선정되어야 한다. 하지만 대부분의 SPD는 상이한 시험환경에서 측정된 제한 전압과 서지보호 용량을 주요 성능지표로 사용했기 때문에, SPD 제품을 선정할 때 비교항목이 매우 제한적인 상황이다. 또한, 적용 회선과 설치환경에 따라 신호 품질과 서지보호 성능을 보장하지 못할 수 있다. 따라서 본 논문에서는 통신용 SPD 선정 시 고려할 항목들을 제안한다.

1) 보호 회선 수 및 적용 회선의 신호 특성 고려

통신용 SPD는 서지로부터 통신장비를 보호하는 것도 중요하지만 적용 회선에 따라 사용하는 신호의 특성이 다르기 때문에, 이를 고려하여 회선별로 다른 SPD를 선정해야 한다. 즉, 보호하려는 통신선로의 회선 수에 따라 SPD의 입력 단자 수, 보호된 출력 단자 수, 서지 전류를 흘려보내는 접지 단자의 유무가 결정되고 SPD의 구성이 달라진다.

그림 6은 통신용 SPD에서 일반적으로 가장 많이 사용되고 있는 한 가지 형태로서, 2개의 선로를 보호하기 위한 5단자 SPD의 구성을 보여 준다. 그림에서 X1, X2는 선로 입력 단자를 나타내고, Y1, Y2는 보호된 출력 선로 단자, C는 공통 단자로 과도 전류를 흘려줄 접지 단자를 의미한다.

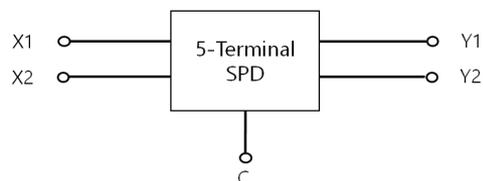


그림 6. 5단자 SPD 구성
Fig. 6. Configuration of 5-terminal SPD

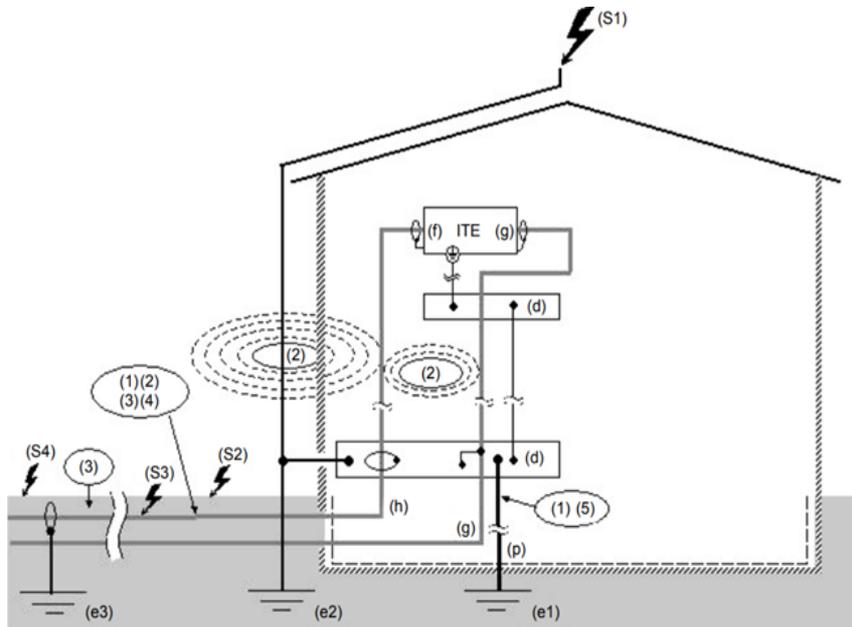
다음으로 고려해야 할 사항은 신호의 특성이다. SPD의 기본적인 기능은 서지보호이지만, 서지보호 성능이 우수하더라도 통신회선의 신호 품질에 영향을 주게 되면 사용할 수 없기 때문에, SPD 선정 시 가장 고려해야 할 사항 중 하나이다. SPD가 신호 품질에 미치는 영향을 최소화하기 위해서는, 사용하는 통신의 운용 전압, 최대 통신 속도 등의 특성을 파악하고 있어야 한다.

예를 들어 운용 전압으로 12V를 사용하는 통신라인에 5V용 SPD를 사용할 경우 5V 이상의 통신신호를 서지로 인식하여 전송 특성을 해치게 되고, 반대로 12V보다 높은 운용 전압을 사용하는 SPD를 사용할 경우 전송 특성은 해치지 않지만 서지로부터 보호하는 제한 전압이 높아져 장비 보호 성능을 보장할 수 없게 된다. 또한, 통신선로에 서지가 유입될 경우, 서지를 접지로 우회시켜 방류한 후 자동

복구를 통해 통신이 정상적으로 돌아오도록 해야 한다. 그리고 적용 회선에 따라 고속 통신을 사용할 경우, SPD에 사용된 소자나 PCB 설계 방식에 따라 신호 파형의 왜곡이 발생할 수 있기 때문에, SPD 선정 시 사용 가능한 최대 통신 속도도 고려해야 한다.

2) 설치환경에 따른 보호 성능 고려

SPD는 설치 장소에 따라 침입이 예상되는 낙뢰 서지의 파형, 최대 방전 전류, 발생 빈도 등이 다르기 때문에, 보호 성능과 설치환경에 맞게 선정되어야 한다. 저전압 서지 보호장치에 대한 규격인 <KS C IEC 61643-21>과 <KS C IEC 61643-22>에는 통신용 SPD의 보호 성능 시험 방법이 제시되어 있으며, 각각의 설치환경에 대해서 시험 범주에 맞는 시험 파형, 인가 극성 및 횟수 등이 제시되어 있다.



- | | |
|--|---|
| (d) Equipotential Bonding Bar(EBB) | (p) Earthing Conductor |
| (e1) Building Ground | (S1) Direct Lightning to the Structure |
| (e2) Lightning Protection System Ground | (S2) Lightning Near to the Structure |
| (e3) Cable Shield Ground | (S3) Direct Lightning to the Telecommunication / Power Line |
| (f) Information Technology/Telecommunication Line or Network | (S4) Lightning Near to the Telecommunication / Power Line |
| (g) Power Supply Port | (1) ... (5) Coupling Mechanisms, See Table 1. |
| (h) Information Technology/Telecommunication Line or Network | |

그림 7. 설치된 구조물에 따른 과도과전압원의 결합 방법
 Fig. 7. Method of combining overvoltage sources according to the installed structure

그러나 대부분의 SPD는 제조사별로 시험 범주에 차이가 있기 때문에, SPD 간의 보호 성능을 비교하기 어려운 상황이다. 더욱이 일부 제조사들은 성능 시험을 자체적으로 진행하고, 시험에서 가장 낮게 측정된 제한 전압과 그렇게 해서 얻은 서지 용량을 과도하게 포장하여 광고하고 있는 실정이다. 따라서 SPD 선정 시 성능 비교는 시험 규격에 따라 공인 시험 기관에서 진행한 시험성적서의 내용을 바탕으로 비교하는 것이 바람직하다.

설치환경과 관련하여 그림 7은 통신장비와 피뢰 시스템(d, e1, e2, e3), 인입 설비(f, g, h, p)를 구비한 전형적인 구조물을 나타낸 것으로, 통신장비와 통신

선은 단일점 피뢰 본딩(d)에 의해 접지가 통합된 것을 볼 수 있다.

표 1은 과도 과전압원과 결합 방법 사이의 관계로 과도 과전압원의 침입 장소에 따라 구분하며 다양한 시험 범주를 제시한다.

설치환경이 일정하지 않은 경우, 여러 개의 시험 범주를 시험할 수도 있으나, 통신 신호용 SPD의 경우에는 직격 낙뢰보다는 구조물을 통한 유도 낙뢰의 침입이 대부분이기 때문에, 카테고리 C의 시험 범주에서 성능 평가를 진행하게 된다. 이때, 시험 카테고리는 성능의 우열을 나타내는 것이 아니라 설치된 장소나 용도에 따른 시험 조건을 나타낸다[11].

표 1. 과도 과전압원과 결합 방법 사이의 관계

Table 1. Relationship between overvoltage source and coupling method

Source of Transients	Direct lightning to the structure (S1)		Lightning to earth near the structure (S2)	Direct lightning to the line (S3)	Lightning to earth near the line (S4) ^b	AC influence
	Resistive (1)	Induction (2)	Induction ^a (2)	Resistive (1, 5)	Induction (3)	Resistive (4)
Coupling						
Voltage wave-shape(μs)	-	1.2/50	1.2/50	-	10/700	50/60Hz
Current wave-shape(μs)	10/350	8/20	8/20	10/350 ^d	5/300	-
Preferred test category ^c	D1	C2	C2	D1	B2	A2

NOTE: (1)-(5) See Figure 7, coupling mechanisms.

a Also applies for capacitive/inductive coupling of switching in adjoining power supply networks.

b Due to the significant reduction of fields with increased distance coupling effects from afar, lightning strike may be negligible.

c See Table 2

d The simulated direct lightning strike test impulse is described by IEC/TC81 as a peak current value and total charge. A typical wave shape that can achieve these parameters is a double exponential impulse, 10/350 μs being used in this example.

표 2. KS C IEC 61643-21 : 2007 임펄스 제한 전압 시험시 전압과 전류 파형

Table 2. KS C IEC 61643-21 : 2007 voltage and current waveforms for impulse limit voltage and impulse durability

Category	Type of test	Open-circuit voltage ^a	Short-circuit current	Minimum number of application	Terminals to be tested
A1	Very slow rate of rise	$\geq 1kV$ Rate of rise from 0, 1kV/s to 100kV/s	10A, $\geq 1000\mu s$ (duration)	Not applicable (NA)	
A2	AC	See Table 5. <KS C IEC 61643-21>		Single cycle	
B1	Slow rate of rise	1kV, 10/1000	100A, 10/1000	300	X1-C X2-C
B2		1kV to 4kV, 10/700	25A to 100A, 5/300	300	
B3		$\geq 1kV$, 100V/ μs	10A to 100A, 10/1000	300	
C1	Fast rate of rise	0.5kV to 2kV, 1.2/50	0.25kA to 1kA, 8/20	300	X1-X2 ^b
C2		2kV to 10kV, 1.2/50	1kA to 5kA, 8/20	10	
C3		$\geq 1kV$, $\geq 1kV/\mu s$	10A to 100A, 10/1000	300	
D1	High energy	$\geq 1kV$	0.5kA to 2.5kA, 10/350	2	
D2		$\geq 1kV$	0.6kA to 2.0kA, 10/250	5	

a An open-circuit voltage different from 1kV may be used as long as the SPD under test operates.

b X1-X2 terminals are tested only if required.

표 2는 임펄스 제한 전압을 시험할 때 사용하는 전압과 전류 파형을 설명하고 있으며, 개방전압, 단락 전류, 최소 임펄스 횟수 등의 시험 방법을 제시한다[12]. 시험방법은 시험 범주에 따라 진행하며, 일반적으로 표준 통신선로의 두께는 0.5mm 수준이고, 해당 통신선로로는 1KV 이상 흐를 수 없기 때문에, SPD 시험에서는 1KV 정도의 개방전압이면 충분하다고 정의하고 있다. 또한, 단자 라인과 접지선 간의 제한 전압 시험은 필수로 하고, 필요시 라인과 라인의 제한 전압 시험을 진행하도록 되어 있다. 위 규격들을 기준으로 볼 때, 통신용 SPD의 경우 직격 낙뢰를 맞을 확률이 매우 드물고, 대부분이 유도성 낙뢰임을 고려하여 카테고리 C2의 시험 파형으로 최소 2KV/1kA에서 최대 10KV/5KA로 10번 이상의 임펄스를 사용한 성능시험을 권장하고 있다. 또한, SPD의 서지보호 성능을 비교할 때에는 업체에서 제시하는 서지 용량과 제한 전압으로만 비교할 것이 아니라, 어떤 시험환경과 방법을 사용해서 나온 결과인지 확인 후 비교해야 정확한 성능 비교가 가능하다.

IV. 제안하는 SPD 설계 방법

4.1 SPD 구성 방법

그림 8은 일반적인 통신용 SPD의 설치 구성 방법을 나타낸다. 대부분의 SPD는 통신선로와 통신 장비에 직렬로 연결되며 보호 기기의 인입부에 최대한 가깝게 설치하여 접속선의 길이(A)를 가능한 짧게 해야 한다. 접속선의 길이가 길어질 경우 전압 강하가 발생하여 서지보호 성능을 보장할 수 없게 된다.

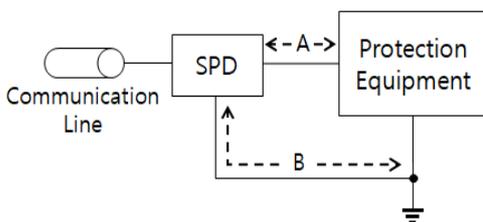


그림 8. 일반적인 통신용 SPD 설치
Fig. 8. Typical communication SPD installation

또한, SPD와 보호 기기가 서로 다른 접지에 연결되면 그 둘 간에 전위차가 발생할 수 있다. 따라서 이런 문제가 발생하지 않도록 SPD와 보호 기기는 공통 접지를 사용해야 하며, 이때 접지선의 길이(B)를 짧게 설치해야 한다.

그러나 그림 9에 보여진 것처럼 대부분의 보호 기기는 통신선로 인입부 근처에 SPD를 설치하기 위한 공간 확보가 어렵기 때문에, SPD를 위한 별도의 설치 공간을 만들어서 SPD와 보호기기를 연결하는 실정이다. 이러한 SPD 설치 구성 방법은 통신 접속선과 접지 연결선의 길이가 길어지는 문제점을 발생시키고 최적의 서지보호 성능을 보장할 수 없게 된다.

따라서 본 논문에서는 보호기기에 별도의 접속선 없이 직접 탈부착이 가능하도록 하기 위하여 D-SUB 커넥터를 사용하는 SPD를 제안한다. 그림 10은 제안하는 통신용 SPD의 설치 구성 방법을 나타내며, 이를 통해 SPD와 보호기기 간의 접속선과 접지선의 길이에 의해 발생하는 전압강하 및 보호 성능 저하를 막을 수 있게 된다.

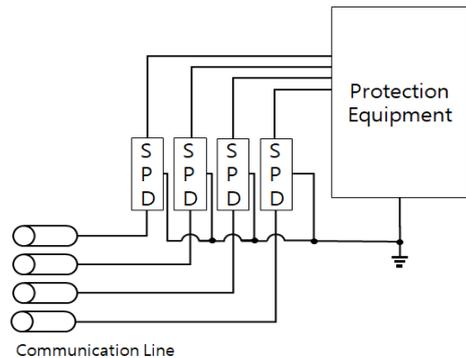


그림 9. 기존의 통신용 SPD 설치 구성
Fig. 9. Configuration of an existing SPD installation for communication

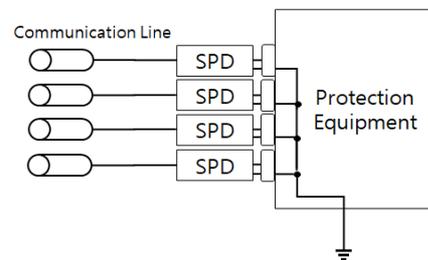


그림 10. 제안하는 통신용 SPD 설치 구성
Fig. 10. Configuration of the proposed installation of SPD for communication

4.2 제안하는 SPD의 회로 설계

본 논문에서 제안하는 탈부착형 SPD는 두 개 이상의 전압 제한 성분을 가지는 조합형 SPD로 통신용 SPD에서 일반적으로 많이 사용되고 있는 시리얼 통신 용도의 5단자 SPD 구성으로 설계하였다.

조합형 SPD는 서지보호 용량이 크고 반응속도가 빠른 스위칭형 보호소자와 동작전압 이상의 과전압을 제한전압 아래로 유지하는 클램핑 보호소자를 함께 사용하여 더 높은 안전성을 보장한다.

표 3은 제안하는 탈부착형 SPD의 설계 사양을 나타낸다. 제안하는 탈부착형 SPD는 통신 라인에 직렬로 연결하여 사용하며, D-SUB 카드형으로 A/S에 용이하고, 탈/장착의 편의성을 제공한다. 또한, 정전용량을 낮게 설계하여 RS-232, RS-485 등의 시리얼 통신과 100MHz 이하의 통신에 다양하게 사용 가능하고, 시중의 SPD의 최대 서지 내량을 가지고 있으며 낮은 제한 전압을 보장한다.

표 3. 제안하는 탈부착형 SPD 설계 사양
Table 3. Removable SPD design specifications

Division	Design specification
SPD configuration	Removable SPD/ serial connector/ 5-terminal SPD
Purpose of use	Serial communication such as RS-232, 485
Rated operating voltage	12V
Maximum continuous operating voltage	15V
Maximum surge capacity	20KV/10kA
Limit Voltage (@10KV/5kA)	24V or less (line to line) 75V or less (line to ground)
Communication speed	100MHz or less
Protection mode	Line to line, Line to ground
Reaction rate	<75ns
Operating temperature/humidity	-40°C~80°C, 85% RH
Test specification	KS C IEC 61643-21
Size	90(W)x45(D)x20(H)
HOUSING	Flame retardant ABS

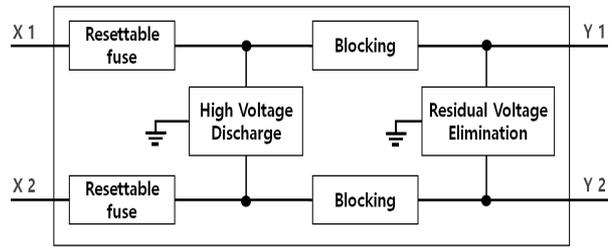


그림 11. 탈부착형 SPD 회로 구성
Fig. 11. Removable SPD circuit configuration

그림 11은 제안하는 탈부착형 SPD의 회로 구성 방법을 나타낸다. 2개의 회선을 보호하며 1차와 2차로 나누어 과전압을 보호하도록 설계하였다. 제안하는 설계 회로의 서지 보호 동작 방식은 다음과 같다. 서지가 유입되는 경우에, 가장 먼저 Blocking 소자에서 과도 전류를 억제함으로써 보호기에 서지가 전파되지 못하게 한다. 또한, 1차적으로 고전압 방전(High voltage discharge) 소자는 과도 전류가 접지로 전파되도록 함으로써 과도 전압을 소자의 항복 전압으로 한정하는 역할을 한다. 그 후, 2차적으로 잔여 전압 제거(Residual voltage elimination) 소자를 통해 1차 과도 전압 보호단에서 미처 차단하지 못한 잔여 과전압을 제한 전압 범위 아래로 한정시킴으로써 외부 서지로부터 장비를 보호한다. 그리고 과전류나 보호회로 손상으로 인한 단락 상태를 방지하고, 시간이 지나면 정상적으로 동작하도록 하기 위해 재설정 퓨즈(Resettable fuse)를 사용하였다.

회로 설계 시 탈부착형 SPD에 사용된 서지보호 소자들은 외부에서 발생한 서지에 대해 빠른 반응 속도와 낮은 커패시턴스 값을 갖도록 선정하였다. 만약, SPD가 고속의 통신에 사용될 경우 커패시턴스 값이 높으면, 신호 파형의 왜곡과 같은 문제들을 발생시킬 수 있다.

4.3 PCB 설계 방법

SPD의 PCB 설계에서 라이브러리 데칼은 사용하는 소자의 데이터시트에 따라 작성하면 되지만, 소자들의 배치와 배선에 대해서는 주의가 필요하다. 먼저, 보드의 크기가 정해지면 회로의 흐름에 따라 동작할 수 있도록 회로도 배치 순서대로 부품을 배치해야 하며, 보호소자 간의 이격 거리를 충분히 확

보하여야 한다. 특히, 스파크성 방전 소자인 GDT를 사용할 경우 고전압 방전 시 민감한 전자기기에 영향을 줄 수 있는 고주파 방사가 발생하기 때문에, 충분한 이격 거리 (10mil 이상)를 확보해 주어야 한다. PCB 배선의 경우 통신용 회선의 길이를 최대한 짧게 배선하고, 2개 이상의 회선을 가질 경우에는 Cross talk 등의 노이즈로부터 보호하기 위해 데이터 선 사이에 신호 접지선이 위치하도록 하며, 두 선의 길이가 같도록 배선해야 된다.

전체적인 PCB 설계 규격은 통상적으로 사용하는 국제 전자산업 협회 IPC 규격을 따라 설계하였으나, SPD의 경우 매우 높은 전류가 순간적으로(μs) 흐르게 되는데, 이에 대한 PCB TRACE에 대한 설계 기준이 없기 때문에, 보호하고자 하는 서지 용량에 따라 PCB 패턴의 두께와 폭을 성능시험 기관의 경험상 기준치에 준하여 제작하고 실험을 통해 결정하였다. 또한, 서지 방류 시 신호선에 미치는 영향을 최소화하기 위해, 데이터 신호를 PCB TOP 면에 배치할 경우에는 서지를 방류하는 접지 패턴을 PCB BOTTOM 면에 배선하였다.

V. 제안하는 SPD의 성능평가

5.1 성능시험 파형

본 논문에서는 IEC 국제 전기 표준의 서지 전압 및 전류 시험 파형을 사용하였다.

그림 12는 1.2/50 μs 서지 전압 파형을 나타내며, 최대 전압치(Vpk)의 상승곡선 30%(A)에서 90%(B)까지 소요되는 시간은 1.2 μs (T)이고, 하강 곡선의 50%까지 도달되는 시간은 50 μs (T₂)가 소요된다. 낙뢰 임펄스의 전반 시간 (T₁)은 구간 T의 1.67배 값으로 정의한 시험 파형이다. 전압 파형은 전류파형에 비해 짧은 편이나 지속되는 시간은 전류에 비해 두 배 이상 지속된다.

그림 13은 8/20 μs 서지 전류 파형을 나타내며, 최대 전류치(Ipk)의 상승곡선 10%(C)에서 90%(B)까지 소요되는 시간은 8 μs (T)이고, 하강 곡선의 50%까지 도달되는 시간은 20 μs (T₂)가 소요된다. 낙뢰 임펄스의 전반 시간 (T₁)은 구간 T의 1.15배의 값으로 정의한 시험 파형이다.

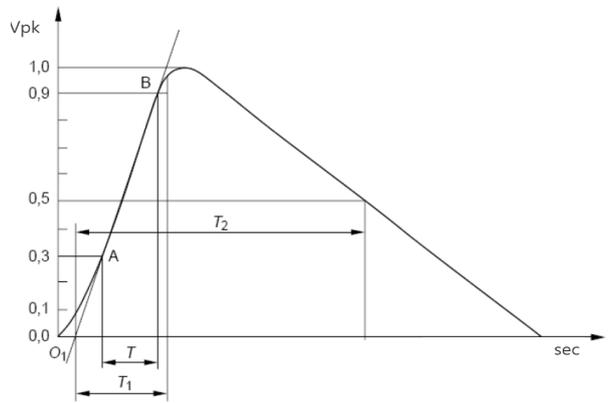


그림 12. 서지 전압 파형
Fig. 12. Surge voltage waveform

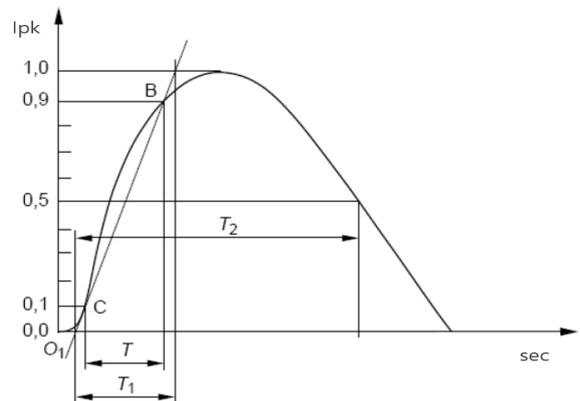


그림 13. 서지 전류 파형
Fig. 13. Surge current waveform

5.2 성능시험 환경

SPD의 성능시험은 한국전력공사 전력 연구원에서 진행하였으며 시험 목록은 표 4와 같다.

위 시험 중 1~3번은 한국인정 기구 (KOLAS)로부터 공인받은 시험이며, 4번은 시중에 판매되는 통신용 SPD 중 가장 고용량의 시험으로서 사용자 시방으로 시험을 진행하였다.

표 4. 서지 보호기 성능시험 목록

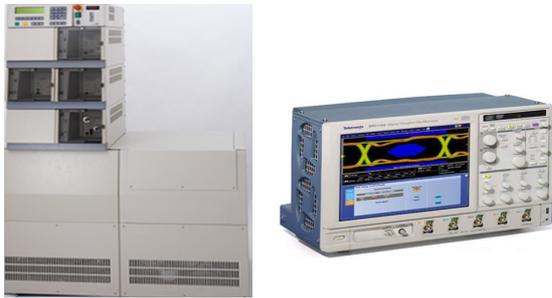
Table 4. Surge protection device performance test list

No	Performance test list
1	KS-C IEC 61643-21 C2 minimum surge capacity @2KV/1KA
2	ANSI/IEEE C62.41 CAT B3/C1 @6KV/3KA
3	KS C IEC 61643-21 C2 maximum surge capacity @10KV/5KA
4	Additional test surge capacity @20KV/10KA

그림 14와 표 5는 한국전력 연구원에서 사용하는 시험기기를 보여준다. 시험에 사용한 기기는 Thermo 사의 Electron0611177 서지 발생기, Tektronix 사의 DP07104 B20970 오실로스코프, Sapphire 사의 SI-9010 144025 고전압 차등 프로브, PEM사의 CWT60R 8829-10119 Rogowski coil을 사용하였다.

표 6은 시험에 사용한 서지 발생기의 성능을 나타낸다. 서지 발생기의 전압 및 전류 파형은 IEC 국제 전기 표준을 따르며 가상 임피던스는 2Ω이다. 전압은 2KV부터 20KV까지, 전류는 1KA부터 10KA까지 정극성과 부극성 시험이 가능하다.

그림 15는 한국전력 연구원에서 진행한 낙뢰 시험 사진이다.



(a) Surge generator[electron] (b) Oscilloscope[DP07104]



(c) High-voltage-probe [S1-9010] (d) Rogowski coil CWT60R 8829-10119

그림 14. 한국전력연구원 시험기기

Fig. 14. Korea electric power corporation research institute test equipment

표 5. 한국전력연구원 시험기기

Table 5. Korea electric power corporation research institute test equipment

Equipment	Brand	Model
Surge generator	Thermo	Electron 0611177
Oscilloscope	Tektronix	DP07104 B20970
High-voltage differential probe	Sapphire instruments	SI-9010 144025
Rogowski coil	PEM	CWT60R 8829-10119

표 6. 서지 발생기 성능

Table 6. Surge generator(thermo electron) specifications

Open-circuit voltage	
Peak voltage	2KV ~ 20KV (±10%)
Front time	1.2μs (±30%)
Duration	50μs (±20%)
Short circuit current	
Peak current	1kA ~ 10kA (±10%)
Rise time	8μs (±20%)
Duration	20μs (±20%)
Virtual impedance	2Ω
Output polarity	Positive or negative



그림 15. 한국전력연구원 낙뢰 시험 사진

Fig. 15. Photograph of lightning test setup established in KEPCo research center

5.3 성능시험 결과

탈부착형 SPD의 제한전압 성능시험은 한국전력 연구원에서 진행하였으며 표 4의 4가지 성능시험 목록의 시험 파형에 따라 시험하여 시험 결과를 표 7에 나타내었다.

성능시험은 <KS-C IEC 61643-21 C2>에서 제시하는 최소 서지 용량인 2KV/1kA부터 시중에 판매되는 통신용 SPD의 최대 용량인 20KV/ 10kA까지 사용하였으며, 정극성과 부극성을 각각 5회씩 인가함으로써, 다양한 외부의 서지로부터 장비를 정상적으로 보호하는 것을 확인하였다. 또한, 제한하는 SPD와 운용 전압이 같고, 공인 시험 성적서를 공개하는 SPD 두 제품(SPD_A, SPD_B)과 제한 전압 시험 결과를 비교하였다.

"Lightning damage comprehensive measures", Jul. 2019.

[3] Gwon-Yoon Lee and Sang-Boo Lee, "A Study on the Development of Integration Communication System", Journal of KIIT, Vol 10, No. 12, pp. 67-75, Dec. 2012.

[4] Bo-Gyun Kim and In-Ho Choi, "A Disaster Broadcasting Relay System Based on a Emergency Call System", Journal of KIIT, KIIT, Vol. 18, No. 2, pp. 69-78, Feb. 2020.

[5] Young-Jun Lee and Young-Sam Lee, "Development of the Miswiring Detection Circuit and Software Algorithm for Safe Installation of SPDs for Low-Voltage Distribution System", Transactions of KIEE, Vol. 68, No. 4, pp. 579-586, Apr. 2019.

[6] Bok-Hee Lee and Hee-Kyung Shin, "Influences of the Length of Connecting Leads on the Energy Coordination in Coordinated SPD Systems", Journal of KIIEIE, Vol 28, No. 6, pp. 91-98, Jun. 2014.

[7] Ki-Hong Lee and Moo-Sung Kang, "Evaluation of the Impacts of SPD Connecting Lead Lengths and SPD Protection Distance to the Apparatus in Apartments", Journal of KIIEIE, Vol. 25, No. 10, pp. 94-101, Oct. 2011

[8] Dongho-Lee, "Limited voltage characteristics of Low-voltage surge protector", Department of Electrical Engineering. Pusan National University, Feb. 2014.

[9] Giwoon-Kwon, "The Study of Surge Immunity Characteristics of Connectors used in Communication Signal Lines", Department of Information and Electrical Engineering. Inha University, Jun. 2018

[10] Chang-Soo Moon and Sun-Hyung Kim, "A Study on Policy Priorities for the Promotion of Information & Communication Construction Work", Journal of KIIT, Vol. 11, No. 6, pp. 97-109, Jun. 2013.

[11] KS C IEC 61643-22 : Low voltage surge protective devices - part22 : surge protective devices connected to telecommunications and signalling networks - selection and application principles, 2007

[12] KS C IEC 61643-21 : Low voltage surge protective devices - part21 : surge protective devices connected to telecommunications and signalling networks - performance requirements and testing methods, 2007

저자소개

이 재 남 (Jae-Nam Lee)



2017년 3월 : 공주대학교
전자공학과(공학사)
2017년 9월 ~ 현재 : 공주대학교
전기전자제어공학과 석사과정
2017년 1월 ~ 현재 : (주)온품
연구원
관심분야 : 이동통신, 재난 시스템,
통신 시스템, 서지보호 기술(SPD), 하드웨어 설계

서 방 원 (Bangwon Seo)



1997년 2월 : KAIST 전기 및
전자공학과 (공학사)
1999년 2월 : KAIST 전기 및
전자공학과 (공학석사)
2010년 2월 : KAIST 전기 및
전자공학과 (공학박사)
2004년 11월 ~ 2013년 2월 :
한국전자통신연구원 선임연구원
2013년 3월 ~ 현재 : 공주대학교 부교수
관심분야 : 이동통신, 재난 시스템, 단말간 직접통신
(D2D), 다중 안테나 기술 (MIMO), 프리코더 설계,
인공지능