

저압 전원용 서지보호장치(surge protective devices) 기술

김언석*, 박병락* 김재철**, 윤상윤**
*KERI **승실대학교 전기공학과

Technology of Surge Protective Devices used in Low-voltage Power Circuits

Oun-Seok Kim*, Byung-Rak Park*, Jae-Chul Kim**, Sang-Yun Yun**
*KERI **Soongsil University

Abstract - 본 논문에서는 저전압 기기의 전자회로를 보호하는 서지보호장치(surge protective devices, SPD)의 기술에 대하여 논의하고자 한다. 먼저 저압 전력계통에서 발생하는 전원장해(power disturbance) 종류 및 서지보호장치와의 상호관계를 고찰하였다. 또한 서지보호장치의 보호소자 및 특성, 구성기법을 고찰하고, 최근 IEC 및 IEEE 규격을 소개하고자 한다. 마지막으로 국내의 문제점 및 발전방안을 제안하였다.

1. 서 론

최근 디지털 제품은 마이크로프로세서의 속도 증가, 집적회로(IC)의 집적도 증가 및 동작전압이 낮아짐에 따라 과도 전압에 취약하다. 디지털 보호계전기와 같은 전력계통에 설치되는 전자기기들은 이들 과도 서지로부터 파괴 또는 오동작하지 않아야 한다. 하지만 민감한 전자기기에서 모든 과도 서지를 견딜 수는 없다. 그러므로 전자기기 설치장소의 메인 배전반 또는 분전반에 과도서지를 차단하는 장치를 설치하여야 한다. 이와 같은 기기를 서지보호장치(surge protective devices, 이하 SPD)라 한다.

SPD란 배리스터(metal oxide varistor), 가스튜브(gas discharge tubes), 전자사태 다이오우드(avalanche breakdown diode) 및 사이리스터(thyristor surge suppressors)등 비선형 서지제한소자로 구성되어 있다. 구성기법으로는 직렬형, 병렬형 및 혼합형이 있다. 사용 목적에 따라 전원용과 신호, 데이터 및 통신용으로 구분한다. 서지제한소자들은 규격에 의해 성능평가를 실시하며 서지보호장치는 이들 소자들을 사용하여 제작한다. 서지보호장치는 다양한 종류의 서지제한소자들을 이용하여 다양한 구성기법에 의해 제작되므로 반드시 성능평가를 실시하여 사용하여야 한다.

SPD 성능평가 관련하여 국제규격인 IEC에서는 1종의 규격을 제정하였다. 서지보호소자 규격으로는 3종이 완료되고, 1종은 FDIS(final draft international standard) 단계까지 진행되었다. IEEE 규격 역시 1종의 SPD 규격 및 4종의 서지보호소자 규격을 제정하였다. UL 규격에서는 1종의 SPD 규격을 제정하여 활용하고 있다. 국내 규격으로는 국가규격(KS)은 아직 제정되지 않았다. 다만 철도청에서 일본 규격을 기반으로 한 규격을 제정하여 활용하고 있다.

한편 국내에서는 SPD 관련 국가규격 또는 일반적인 단체규격이 없어 사용자 및 제조자 모두 어려움을 겪고 있다. 앞에서 서술한바와 같이 SPD는 다양한 서지보호소자를 다양한 구성방법을 이용하여 제조하고 있다. 그러므로 계통의 접지방식, 보호기기의 종류 등에 따라 서로 다른 SPD를 설치하여야 한다. 그러나, 이에 대한 연구 문서나 지침서가 없어 사용자는 주먹구구식으로 선정하고 있다. 제조자 또한 관련 국내 규격이 없는 관계로 주먹구구식으로 조립하고 있는 실정이다. 그래서 국제 규격에서는 상당히 많은 성능평가 항목이 있음에도 불구하고 일부 항목만 실시하고 있다. 일부 제조사에서는 서지 제한전압(surge limiting voltage)이 낮으면

좋은 것으로 생각하는 등 많은 오류 속에 설계를 하고 있다.

본 논문에서는 먼저, SPD와 관련 있는 전원 계통에서 발생하는 전원장해 종류에 대하여 고찰하고, 국제규격에서 분류하고 있는 SPD 토폴러지에 대하여 고찰하였다. 그리고 국제규격에 의한 성능평가 항목을 정리하였다. 이들을 바탕으로 하여 SPD의 국내 기술의 문제점 및 발전방안을 검토하였다. 본 논문을 통하여 사용자 및 제조자 모두 국내 SPD 발전방안을 위하여 노력하기를 기대한다.

2. 본 론

2.1 전원장해 종류와 SPD

(1) Surge

일반적으로 서지(surge)는 외부에서 발생된 것 과 내부에서 발생된 것으로 나눌 수 있다. 외부 서지는 설비 외부에서 발생된 것으로 전력선을 타고 설비로 들어오게 된다. 내부 서지는 사용자 보유 기기의 설비 내에서 발생한다. 외부에서 발생된 서지는 낙뢰, 퓨즈동작 및 전력시스템 스위칭의 결과이다. 내부에서 발생된 서지는 전형적으로 유도성 또는 용량성 부하의 스위칭 결과이다. 이들은 또한 유도성 회로에서 차단기나 퓨즈의 개방에 의해 발생 할 수도 있다. SPD는 서지 전류를 중성선, 접지 또는 다른 상으로 통전시켜 서지 전압을 감소 하기 위한 용도로 사용한다.

(2) Swell

Swell은 전력회사 배전 시스템의 스위칭 동작, 한 전원에서 다른 전원으로의 전력 스위칭, 중성선 연결의 간헐적인 손실, 3상 시스템의 한 상에 있는 절연체의 플래시오버와 같은 상-대지간 고장 또는 고-전압 도체가 저-전압 도체에 혼촉할 때 발생 할 수 있다. 또한 swell은 매우 큰 부하를 한 전원에서 다른 전원으로 빠르게 스위칭 할 때 나타날 수 도 있다.

만약 전압이 충분히 크다면, swell은 SPD를 파괴하거나 손상을 줄 수 있다. 비록 문서화된 서류는 없지만, swell은 서지가 파괴시키는 것보다 더 자주 고성능 SPD를 파괴 할 수 있다고 알려졌다.

(3) TOV

TOV(temporary over-voltage)는 전형적으로 swell 보다 더 긴 지속시간을 가진 전력시스템 장애이다. TOV는 3상 시스템에서 한 상의 고장, 변압기의 1차 권선의 단락, 고압선의 교차에 의해 야기될 수 있다. TOV는 또한 배전 시스템 발전기와 배전 계통 일부가 전력회사로부터 분리하는 경우 발생 할 수 있다. 이것을 "고립상태" 라고 부르며 변전소 차단기나 피더의 리크로저를 개방할 때 발생한다. TOV는 비접지 변압기의 결선, 여자 또는 철공전에 의해 야기될 수 있다. 대부분의 SPD 파괴는 TOV 때문인 것으로 파악되고 있다.

(4) Harmonics

고조파 왜형은 기본주파수의 정수배 고-주파수 정현파를 기본 파형에 대수적으로 더한 정현파의 왜곡이며 고조파라고 한다. 대형 콘덴서를 포함하는 SPD는 위에서 언급한 모든 현상 또는 일부 현상에 좋은 영향을 줄 수도 있다.

(5) Noise

다양한 비동기 방해는 서지 및 다른 과도에 추가하여 교류 전원에 나타난다. 이것들 중 가장 유력한 것은 코로나 또는 부분방전에 의해 야기된, 지배 주파수 스펙트럼이 100kHz에서 10MHz 영역인 노이즈의 무작위 버스트이다. 노이즈 근원은 일반적으로 설비 내에서 동작하는 내부 기기이지만, 또한 설비 밖에서도 존재하며, 이 경우 스펙트럼은 일반적으로 수백 kHz로 한정된다.

가스튜브나 SCR를 채용한 전압-스위칭 SPD와 콘덴서 사이의 상호작용은 배전 시스템에 고주파 전압발진을 유발할 수 있다. 가스튜브의 절화에 의해 발생된 notch 또는 SCR의 스위칭 때 발생하는 전압발진은 매우 큰 구형파 펄스로 시스템에 나타난다.

2.2 SPD 분류

IEC 국제규격에서 제시한 SPD의 토플러지를 정리하면 다음과 같다.

- (1) 포트 수 : 1 포트, 2 포트
- (2) 사용용도 : 직류용, 교류용
- (3) 구성방법 : 직렬형, 병렬형, 직병렬형
- (4) 사용위치 : 옥내용, 옥외용
- (5) 보호기능 : 열, 누설전류, 과전류
- (6) 주요 서지보호소자

- 전압제한(voltage-limiting) 소자 : 배리스터, 전자사태 또는 서프레스 다이오우드 등
- 전압스위칭(voltage-switching) 소자 : 에어 튜브, 가스튜브, 사이리스터(SCR) 등

2.3 SPD 국제규격 동향

저전압 전원용 SPD 규격은 대표적으로 IEC 61643-1(1998), IEEE Std C62.62(2000) 및 UL 1449(2000)가 있다. 국제규격의 특징은 평가방법 및 판정방법이 매우 세부적이라는 것이다. 특히 UL 규격에서는 고압 프로브의 사양부터 오실로스코프의 설정방법까지 제시하였다. 위에서 언급한 SPD 국제규격에서는 서지보호소자 단위 시험은 없고, SPD를 "black box"로 놓고 평가한다. UL을 제외하고는, 인가전압이나 시험기준 등은 제시하지 않았다. 그러므로 제조자가 스스로 선정하여 사용한다. 서지 파형은 모두 국제적으로 인정되는 것을 사용한다. IEC 규격은 모든 국가에서 사용하는 관계로 내용이 복잡하고 평가항목도 많은 편이다. 이 규격은 최근 TOV(temporary over voltage)에 대한 성능평가 항목을 추가하였다. 이 규격은 교류 및 직류 겸용이다. IEEE 규격은 미국 전기학회 규격으로 매우 간단하면서도 명료하게 구성되었다. 이 규격의 용도는 교류 전용이다. UL 규격은 안전규격으로 특성보다는 사용자의 안전에 중점을 두었다. 그러므로 규격의 양도 가장 많은 편이다. 이 규격은 교류 전용이며, 영구적으로 연결하여 사용하는 방식 또는 콘덴트에 연결하여 사용하는 방식의 SPD에 적용 가능하다.

2.4 주요 성능평가 항목

IEE 국제규격에서 실시하는 일반적인 시험항목 및 주요내용은 다음과 같다. 여기서 BT(basic test)는 기본시험이며, AT(additional test)는 추가시험을 의미한다.

- (1) 서지응답전압 측정(BT)

임력 단자에 서지전압을 인가하여 출력단자에서 감소된 서지전압을 측정한다. 서지는 조합 파형(combination wave), 100kHz Ring 파형, 또는 IEEE C62.41에 따르는 파형이다.

(2) 최대연속동작시험(MCOV)(BT)

SPD 양단자간에 연속적으로 인가되는 상용주파 전압의 최대 지정된 실효값을 지정된 시간동안 인가한다. 이 시험은 현장에서 과-전압에 의해 파괴가 많으므로 반드시 필요하다. IEEE 추천 시험조건은 85℃에서 1000시간 동안 인가한다.

(3) 최대서지 내구 전류 시험(BT)

이 시험은 SPD의 보존성 및 생존성 확인을 위한 것이다. SPD가 견딜 수 있는 최대 전류(kA)에서 1회만 실시한다. 이 시험은 보통 통전하지 않은 상태에서 실시한다. 시험전류는 보통 $8 \times 20[\mu s]$ 이다.

(4) 전압인가 상태의 수명시험(BT)

정격전압 상태에서 서지 파형을 인가하여 수명시험을 실시한다. 서지 종류는 조합 파형이다.

(5) 전압 안정도(BT)

이 시험은 직렬연결형 SPD에 적용한다. 이 시험은 부하가 SPD에 연결되었을 때 출력 단자의 전압변화를 측정하는 것이다.

(6) 부하전류 용량(AT)

이 시험은 직렬연결형 SPD에 적용한다. 이 시험은 정격 전류를 안전하게 출력기기에 전달하는 가를 확인하기 위한 것이다. 시험시간은 보통 4시간 정도이다.

(7) 보호상태표시(AT)

이 시험은 보호소자의 동작상태를 체크하는 기능이 있을 경우에 실시한다. 이 시험은 SPD를 표시가 될 고장난 상태로 모의하여 확인한다.

(8) 대기소비전력(AT)

이 시험은 부하전류가 흐르지 않고, 서지를 인가하지 않은 상태에서, SPD의 소비전력을 측정한다.

(9) 절연저항(AT)

이 시험은 SPD의 직류 절연저항을 측정한다.

(10) 절연 내전압(AT)

이 시험은 임펄스 파형(.12×50μs) 6kV로 실시한다.

2.5 국내 현황 및 문제점

저압 전원용 SPD 관련 국내 기술 현황은 다음과 같다.

(1) 저압 서지발생 조사가 부족하다.

국내 저압 계통의 서지에 대한 통계(위치별, 산업별, 전압크기, 지속시간, 주파수 등)가 거의 없어 IEEE 등의 규격을 참조하고 있다. 이런 조사는 국가적인 차원에서 이루어져야 한다고 생각한다.

(2) SPD 제조사가 영세하다.

지금까지 파악된 자료에 의하면, 국내 SPD 제조사는 직원이 2~3명 수준부터 10여명 내외로 매우 영세하다. 제조사는 수는 30~50여 개로 파악되고 있다. 일부회사는 주 사업의 부가적인 일로 SPD를 제조하여 자체 사용 또는 판매하고 있다.

(3) 내용량 SPD는 대부분 수입에 의존한다.

내용량 SPD는 대부분 수입에 의존하고 있다. 국내에서 제조하는 내용량 SPD도 MOV는 수입하여 조립만 하는

실정이다.

(4) 국가규격이나 일반적인 단체규격이 없다. 제품 개발이나 생산에 있어서 가장 기본인 국가규격(KS)이나 단체규격이 없다. IEEE, IEC, UL 등에서 많은 규격을 제정하고 있는 것과는 대조적이다. 국내 전문 규격으로는 철도청 규격이 있으나 용도가 철도용으로 제한적이다.

(5) 설계 및 평가기술이 낮다. SPD 제조사가 영세한 관계로 설계기술은 대부분 낮고 판단된다. 또한 국내 공인 시험기관도 경험이 부족하여 평가기술이 낮은 것으로 판단된다. 설계기술은 단순한 서지소자의 조합뿐만 아니고, 계통의 접지나 결선방법에 따라 틀리므로 학계와 정부출연 연구소의 적극적인 지원이 필요하다고 사료된다.

(6) 일부 시험항목만 평가하여 판매한다. 당원(KERI) 전기시험연구소 경험에 의하면, 대부분 서지 응답전압만 측정 의뢰한다. 최근 당소에서는 국제규격에 의한 수명시험까지 실시하는 것을 추천하고 있다.

(7) SPD 사용자의 제품 이해도가 낮다. SPD 사용자는 대부분 배전반이나 분전반 설계자들이다. 그러나, SPD관련 전문적인 지식이 없는 설계자들은 제조사 또는 수입사들의 지시에 따라 설계하고 있다. 어떤 사용자들은 서지 응답전압이 무조건 낮은 것이 좋은 제품 또는 우수한 설계로 생각하고 있다.

3. 결 론

본 논문에서는 저압 전원용 서지보호장치(SPD)의 기술 및 국내 현황에 대하여 정리하여 보았다. 연구결과, 국내 전원용 SPD의 기술은 전체적으로 제조사 및 사용자 모두 낮은 편이었다. 그러므로 산학연 연구 등을 통하여 학계나 연구소의 많은 지원이 필요하리라 생각되었다. SPD 관련 기술의 발전을 위하여 다음과 같은 일이 이루어 졌으면 한다.

(1) 국내 실정에 적합한 저압 서지 관련 연구가 필요하다. 연구대상은 국내 저압 계통에서의 서지 발생 및 전달 메커니즘, 서지의 종류, 크기, 주파수 및 발생 빈도 등이다. 그리고 저압 계통의 변압기 연결방식에 따른 지락 사고시 발생하는 과도 전압의 발생 크기 등도 함께 연구하여야 할 것이다. 이들 연구를 통하여 선진국처럼 국내 실정에 맞는 저압 서지 관련 데이터 베이스를 구축하여야 할 것이다.

(2) 산학연 연구가 필요하다. SPD 제조사의 영세성을 감안하여, 시뮬레이션 기법 및 이론적인 검토는 학계가 담당하고, 규격 제정, 성능평가 기법 교육, 성능평가 실시 및 국제적인 인증서 획득 등은 연구소가 지원해 주어야 할 것이다.

(3) 국가 규격이나 단체규격을 제정하여야 한다. 제조사나 사용자 모두 규격은 가장 기본으로 필요한 것이다. 당장 독자적인 제정이 어려우면 IEC 규격을 번역하고, 일부 내용은 국내 실정에 적합하게 변경하여 국가 규격을 제정할 것을 제안한다.

(4) SPD가 설치되는 저압 접지계통을 연구하여야 한다. 한전계통의 접지 시스템을 SPD와 관련지어 연구할 필요가 있다. 통계에 의하면 SPD 고장 원인의 대부분은 TOV라고 한다. TOV는 계통 변압기 및 저압기기의 접지방식과 관련이 많으므로 이에 대한 연구가 선행

되어야 할 것이다.

(5) 국내 학회에서 SPD 활성화가 필요하다. IEEE의 경우에는 저압 전원용 SPD 위원회가 별도로 있다. 이에 반하여 국내 학회에서는 논문발표 수도 극히 미미한 정도로 활성화가 되지 않았다. 전기학회 내에 SPD 소위원회 등을 만들어 적극적인 활동이 필요한 시기이다.

(6) 성능평가장비의 구축이 필요하다. IEEE, IEC 및 UL 규격의 성능평가 내용을 보면 국내 SPD 제조사에서는 평가장비를 갖추기가 힘들다. 또한 모든 제조사가 고가의 장비를 가지고 있을 필요가 없다. 그러므로 국가 공인시험기관에서는 인프라 구축 사업 등을 통하여 중소기업체가 갖추기 힘든 고가의 장비를 갖추어야 할 것이다.

(7) 배전반 또는 분전반의 SPD 설치를 권장한다. 우리나라에서는 대부분 과도서지를 개별 제품에서 막아야 한다는 생각을 하고 있다. 그러나 선진국에서는 제품 규격에서는 서지 시험 레벨을 최소화하고, 배전반이나 분전반에 SPD를 설치하여 해결하고 있다. 만약 저압 배전반이나 분전반에 적정 용량의 SPD를 설치한다면 작은 비용으로 매우 큰 효과를 볼 수 있을 것으로 사료된다.

[참 고 문 헌]

- [1] 정용철, 김연석, 김재철 외, "저전압 전원용 서지보호장치 철도규격의 개선방안", 조명전기설비학회 논문지 Vol.16, No.2, pp.90~97, 2002.3.
- [2] Oun-Seok Kim, et al., "A Study of Standard of Surge Protective Devices in Comparison with International Standard for Railroad and its Improvement Plan". Proceedings of the EMECS Autumn Annual Conference 2001, pp 278-281.
- [3] "보안기 및 신호용 접속단자의 성능개선 방안 연구", 숭실대학교 전기공학과, 2001.9
- [4] IEC 61643-1, Surge protective devices connected to low-voltage power distribution systems - Part 1: Performance requirements and testing methods. IEC, 1998.
- [5] IEC 61643-311, Components for low-voltage surge protective devices - Part 311: Specification for gas discharge tubes (GDT). IEC, 2001.
- [6] IEC 61643-321 (2001-12), Components for low-voltage surge protective devices - Part 321: Specifications for avalanche breakdown diode (ABD). IEC, 2001.
- [7] IEC 61643-341 (2001-11), Components for low-voltage surge protective devices - Part 341: Specification for thyristor surge suppressors (TSS). IEC, 2001.
- [8] IEC 61643-331 (37B/56/CDV) (2000-04), Component for low-voltage surge protection devices - Part 3: Specifications for metal oxide varistor (MOV)
- [9] IEEE C62.62-2000, IEEE Standard Test Specifications for Surge-Protective Devices for Low Voltage AC Power Circuits
- [10] H J Karmazyn, "Transient/Surge protective Devices-How to Make Sure They are Effective," IEE Proceedings, 1/6-6/6, 1996.
- [11] UL 1449-2000, Transient Voltage Surge Suppressor.