Journal of the Korean Institute of Illuminating and Electrical Installation Engineers Vol. 16, No.2, pp. 90~97 March 2002 논문 16-2-12

저전압 전원용 서지보호장치 철도 규격의 개선방안

(Improvement Plans of Railway standards for Surge Protective Devices used in Low-voltage Power circuits)

정용철* · 김언석 · 이재호 · 조봉관 · 김재철

(Yong-Chul Jung · Oun-Seok Kim · Jae-Ho Lee · Bong-Kwan Cho · Jae-Chul Kim)

요 약

본 논문에서는 철도 시스템에서 사용하는 저압 전원용 서지보호장치(surge protective devices) 규격의 성능평가 항목 및 성능개선 방안에 대하여 고찰하였다. 먼저 철도시스템 환경과 관련된 전자기장해(electromagnetic interference) 현상을 검토하였다. 그리고 국제규격인 IEC 및 IEEE와 평가항목 및 평가방법 등을 비교 검토하였다. 검토 결과 국내 철도관련 규격은 국제규격과 비교하여 미비함을 발견하였다. 개선방안으로 서지 보호소자 단위의 시험은 삭제하고, 규격 종류는 전원용과 신호용으로 분리하며, 서지 파형은 국제적으로 인정된 것을 사용하도록 제안하였다. 철도용 저압 서지보호장치에 대해 서지제한전압 측정 및 서지 수명시험을 국제규격에 따라 시험한 결과 만족스러운 결과를 얻었다.

Abstract

In this paper we study the performance test items and improvement plans of surge protective devices for low-voltage power circuits used in railway system. Above of all, the sources of electromagnetic interference in railway system are researched. And then we compared domestic railway standard with IEC and IEEE standards for the test items and methodologies of surge protective devices. Through the investigations, we found that the domestic standard is behind in the number of test items and methods on surge protective devices. As the countermeasures, we suggest removing component tests of surge protective devices, separating standards for power and signal standards, and using international surge waveform. In applying to domestic railway surge protective devices, surge limiting voltage measuring and surge endurance tests by international standard methods are good result.

Key Words : Surge protective devices, low voltage surge, performance test.

1. 서 론

철도시스템은 국가기간 시설로 많은 물자 및 승객 수송을 담당하여 산업 및 생활현장에서 중요한 역할을 하고 있다. 최근 들어 철도시스템은 전자 및 컴퓨터 장비로 제어 및 감시되고 있으며 그 추세는 갈수록 증가하고 있다. 기존의 아날로그 또는 수동 제어 방식은 낙뢰와 같은 서지에 강한 편이었다. 그러나

* 주저자 : 철도청 전기본부장(공업 부이사관)
Tel : 042-481-3008, Fax : 042-481-3745
E-mail : oskim@keri.re.kr
접수일자 : 2002년 1월 23일
1차심사 : 2002년 2월 4일
최종완료 : 2002년 2월 18일

전자식연동장치와 같이 마이크프로세서를 사용하는 전자장비들은 낙뢰와 같은 서지에 오동작 또는 고장이 발생하기 쉽다. 최근의 전자장치가 서지와 같은 노이즈에 피해가 많은 이유는 마이크로프로세서의 처리속도가 빨라지고, 전자부품의 동작전압이 낮아지고 있으며, 제품의 소형화 때문이다[1]. 한편 철도망은 평지 및 산악지대에 널리 퍼져 있는 관계로 낙뢰 등에 매우 취약하게 노출되어 있다. 궤도 위에는 교류 또는 직류 전차 선이 통과하므로 사고가 발생 할 경우, 철로 주변의 전원 또는 제어 케이블을 통하여 각종 전자장비에 영향을 줄 수 있다.

최근 전자장비인 전자식연동장치 및 주변장치들은 몇 개의 역을 일괄로 제어하는 자동화 시스템을 구성하고 있다. 그런데 철도시스템 사고는 많은 인명피해를 유발 할 수 있으므로 어느 한 기기만 고장이 발생하여도 시스템을 정지하는 경우가 많다. 이러한 사고가 발생 할 경우 많은 산업피해를 야기하고 승객에게는 불편을 줄 수 있다. 이러한 피해를 미연에 방지기하기 위해서 전자장치 또는 디지털 기기들은 서지내성(surge immunity)을 가져야 한다. 만약 서지 레벨이 전자기기 서지내성보다 큰 경우에는 외부에 서지보호장치(surge protective devices)를 설치하여 전자기기를 보호하여야 한다.

서지보호장치란 배리스터(metal oxide varistor), 가스튜브(gas discharge tubes), 전자사태 다이오우드(avalanche breakdown diode) 및 사이리스터(thyristor surge suppressors)등 비선형 서지제한소자로 구성되어 있다. 필요시 고조파 필터 기능을 위하여 리액터와 캐패시터를 사용하는 경우도 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. 특히 철도시스템과 같이 중요한 설비에 사용하는 서지보호장치는 성능평가가 더욱 중요하다고 할 수 있다.

성능평가 관련으로 국제규격인 IEC에서는 2종의 서지보호장치 규격을 제정하였으며[2,3], 서지보호소자 규격으로는 3종이 완료되고[4-6], 1종은 FDIS(final draft international standard) 단계까지 진행되었다[7]. IEEE 규격 역시 2종의 서지보호장치 규격[8,9] 및 4종의 서지보호소자 규격을 제정하였다[10-13]. 국내 철도분야에서는 전자기기의 전원 및 신호용 서지보호장치에 대한 3종의 규격을 제정하여 활용하고 있다[14-16]. 그러나, 대부분의 내용이 일본 철도관련 규격을 인용한 관계로 시험용 서지 파형 및 시험항목 등에 있어서 많은 부분이 국내 실정에 맞지 않다.

본 논문에서는 철도시스템의 저압 전원용 서지보호장치 규격의 개선방안에 대하여 연구하였다. 먼저 철도환경에서 발생 할 수 있는 전자기장해 현상을 검토하고, 철도용 서지보호장치 규격을 일반용 국제규격인 IEC 및 IEEE 규격과 비교 검토하였다. 비교검토 결과, 전원용 서지보호장치 규격이 성능평가항목 및 평가방법 등에 있어서 국제규격에 비해 다소 미약한 것으로 판단되었다. 연구결과로 철도 관련 규격의 평가항목 및 평가방법 개선방안을 제시하였다. 개선사항으로는 서지보호소자 단위 시험은 삭제하고 규격을 전원용과 신호용으로 분류하여 작성하는 것이다. 또한 임펄스 등 서지 파형은 국제적으로 많이 활용하고 있는 것으로 변경하고 가스튜브 어레스터는 순간정전을 야기 시킬 수 있으므로 가능하면 배리스터로 대체하여 사용하는 것을 제안하였다. 철도관련 규격제품인 서지보호장치에 대하여 서지 응답전압 측정 및 서지 수명시험을 실시한 결과 만족스러운 결과를 얻어 국제적 수준으로의 평가방법 개선 가능성을 보여주었다.

2. 철도와 서지보호장치

2.1 철도시스템에서의 전자기장해 현상

철도시스템은 일반 산업현장과는 다른 특유의 전자기환경을 가지고 있어 보호환경을 설정할 때 반드시 고려하여야 한다. 서지보호장치와 관련이 있는 철도시스템의 주요 전자기 환경은 다음과 같다[17].

(1) 철도의 궤도는 야외 필드에 넓게 분포되어 있어 직격뢰 및 유도뢰의 피해를 받기 쉽다. 이때 궤도 근처에 설치된 각종 전원, 통신 및 신호선 등에 서지와 같은 과도전압이 유기 될 수 있다.

(2) 궤도 위의 교류 전차 선이 떨어질 경우 근처

에 설치된 전원, 신호 및 제어 케이블에 과도전압이 유기 될 수 있다.

(3) 전기철도의 경우 팬터그래프를 위로 올리거나 내릴 경우 접촉저항에 의해 큰 서지 또는 아크가 발생할 수 있다.

(4) 철도시스템에서는 궤도회로에 고조파 또는 펄스 신호를 실어주며, 이들 신호는 노이즈로 작용 할 수 있다. 반대로 이들 신호 및 관련 전자기기들은 각종 서지 및 고조파 등 노이즈의 영향을 받을 수 있다.

(5) 전기철도의 경우 대용량 전력변환 장치를 사용하므로 많은 고조파를 유출 할 수 있다. 또한 회생제동을 사용하는 경우 많은 고조파를 발생하고 전압을 상승시킬 수 있다.

(6) 선로 전환기, 신호기 등 각종 제어 및 전자기기는 궤도 근처에 설치되는 경우가 많아 낙뢰 등 각종 서지의 영향을 받을 수 있다.

2.2 서지보호장치의 요구 성능

서지보호장치의 특성은 보호대상기기 종류 및 특성, 보호설비의 중요도, 설치장소, 낙뢰와 같은 서지 크기, 방전전류 크기, 전원의 종류 등에 따라 결정되어야 한다. 서지보호장치가 갖추어야 할 기본적인 요구사항은 다음과 같다[18].

(1) 생존성(survival) : 서지보호장치는 설계된 환경에서는 고장이 발생해서는 안 된다. 서지보호장치는 다른 전자기기를 보호하는 것이 목적이기 때문에 단 한번의 낙뢰전류에 파괴되서는 안 된다.

(2) 보호성능(protection) : 서지보호장치는 보호대상기기가 방해받지 않을 정도의 레벨로 과도서지를 감소시켜야 한다. 또한 서지보호장치는 모든 도체사이 또는 모든 동작모드에서 보호기능을 가져야 한다.

(3) 양립성(compatibility) : 서지보호장치는 보호대상기기의 동작을 방해해서는 안 된다.

철도시스템의 특성을 고려할 때 최소한 만족하여야 한다고 생각하는 성능은 다음과 같다[17].

(4) 환경 영향(environment effect) : 철도시스템 특성상 옥외에 설치되는 서지보호장치는 온도 및 습도 성능이 좋아야 할 것이며, 고속으로 열차가 운행되는 점을 감안하여 진동성능도 좋아야 한다.

(5) 고조파 영향(harmonics effect) : 철도시스템 근처에는 수많은 고조파 발생 원이 있을 수 있다. 고조파 발생 원은 차량 동력용 인버터, 정류장치, 회생제동장치, 에어컨 등이 될 수 있다. 서지보호장치에 포함된 리액터와 캐패시터가 영향을 받을 수 있다.

(6) 교류 전차선의 낙하에 의한 혼촉 : 궤도 위의 전차선이 떨어지는 경우 서지보호장치에 과도전압이 인가될 수 있다.

3. 규격분석 및 개선방안

3.1 철도관련 규격분석

철도관련 규격은 신호용 접속단자, 보안기 및 ABS용 보안기 3종이다[14-16]. 규격 용도는 크게 전원용 및 신호용이다. 보안기 규격은 전원용 및 신호용을 동시에 포함하고, 신호용 접속단자는 전원용이다. 성능 평가항목은 크게 서지보호소자와 완제품에 관한 것으로 분류할 수 있다. 사용된 주요 서지보호소자 종류는 배리스터, 가스튜브 어레스터, 과도전압 억제 다이오드 등이다. 완제품에 대한 주요 성능평가 항목 및 평가방법은 규격별로 다르지만 중요한 항목을 정리하면 표 1과 같다.

표 1. 철도관련 서지보호장치의 평가항목
Table 1. Test items of surge protective devices for railway standard

평가 항목	신호용 접속단자	보안기	ABS용 보안기
임펄스방전 개시전압	○	○	○
최대연속동작전압	○	○	
임펄스 방전 전류내량	○	○	○
부하전류 용량			○
절연저항	○	○	○
상용주파 내전압	○	○	○
기계적 충격	○		○
진동	○		○
온도 및 습도 특성	○		○
서지 보호소자 특성	○	○	○

철도관련 규격에서 개선하여야 할 주요 항목 및 사유는 다음과 같다.

(1) 임펄스방전 개시전압 : IEC 및 IEEE 서지보호장치 제품규격에 따르면 이 시험항목은 서지 응답전압(surge response voltage), 임펄스 제한전압(impulse-limiting voltage)이 적합하며, UL 규격에서

는 서지가 통과한다는 의미에서 통과전압(let-through voltage)이라 부르기도 한다. 10×200[㎲] 전압서지 시험 파형 또한 어느 국제규격에서도 사용하지 않고 있다. 서지 파형은 서지 보호소자의 종류에 따라 1.2×50[㎲] 임펄스 전압, 8×20[㎲] 임펄스 전류, 조합파형(1.2×50[㎲] 전압-8×20[㎲] 전류) 등을 사용하고 있다. 그러므로 국제 표준 파형이 아닌 10×200[㎲] 전압서지로 시험 파형을 고정하는 것은 적절하지 않다.

(2) 최대연속동작전압 : 이 시험은 MOV(metal oxide varistor)와 같은 비선형 서지보호소자에 과도전압이 인가되었을 때의 성능을 평가하는 것이다. 일반적으로 MOV의 전압-전류 관계는 $I = kV^{\alpha}$이며, 멱지수 α는 50 또는 그 이상으로 전압-전류 관계는 비선형이며 그림 1과 같다[12]. 그러므로 허용한계 이상의 과도전압이 장시간 걸리면 열화에 의한 파괴 또는 화재 등을 유발 할 수 있다. ABS용 보안기 규격의 적용범위에 의하면 전차선 지락 등에 의한 이상전압을 억제한다고 되어있고, 전원용에는 항상 과도전압이 유기 될 수 있으므로 특별한 이유가 없는 한 이 시험은 추가되어야 한다고 생각된다. 그림 1에서 Vx 전류 IX 서의 배리스터 전압, VN(dc)는 전류 IN(dc)에서의 공칭 배리스터 전압, VC는 최대전류 IP에서의 배리스터의 클램핑(clamping) 전압, Vpm은 지정된 파형에 대한 피크 인가 전압의 최대 정격이며 Vm(dc)는 직류(DC)인가 전압의 최대 정격이다.

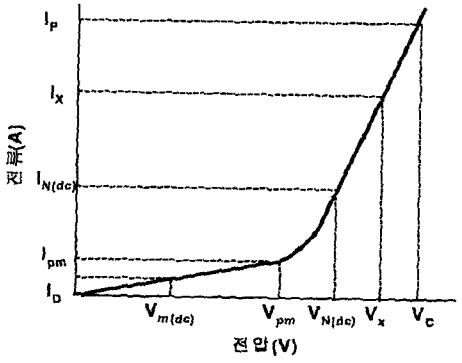

그림 1. MOV의 전압-전류 특성곡선
Fig. 1. Voltage-current characteristic curve of MOV

(3) 임펄스 방전전류 내량 : 시험 파형으로 서지전류를 10×200[㎲]을 사용하는데, 이 파형 역시 국제 규격에서 사용하지 않는 파형이다. 국제규격에서는 8×20[㎲], 20×100[㎲], 10×250[㎲], 10×350[㎲], 10×1000[㎲] 등의 서지전류를 사용하고 있다. 그러므로 시험전류 파형은 사용된 서지소자를 평가하는데 적합하고 국제적으로 많이 사용하는 것으로 개정하여야 한다.

(4) 부하전류 용량 : 부하전류 시험은 직렬 연결형 서지보호장치에 적용한다. 철도관련 제품 중 직렬 연결형은 대부분 실시하여야 한다고 판단된다. IEC, IEEE, UL 등 국제규격에서도 실시하고 있다.

(5) 기계적 충격 : 송판 위에 낙하하는 방법은 재현성 때문에 현재는 사용하지 않는 방법이다. 국제규격에 의한 성능평가 방법으로 개정하여야 할 것으로 생각된다.

(6) 진동 : 기계적 진동시험은 포장상태에서 실시하는 것으로 되어 있다. 일반적으로 사용하는 시료를 부착한 상태에서의 시험방법으로 변경한다.

(7) 서지보호소자 특성 시험 : 서지보호장치 국제규격에서는 이들 소자에 대한 시험은 실시하지 않는다. 대신 별도로 규격을 제정하여 사용하고 있다.

3.2 국제규격 분석

본 절에서는 IEC 및 IEEE의 전원용 서지보호장치 규격의 성능평가 항목을 검토하였다. 규격별로 성능평가 명칭은 다르지만 시험목적을 고려하여 정리하면 표 2와 같다[2,8]. IEC 및 IEEE 국제규격의 주요 특징을 정리하면 다음과 같다.

(1) 완제품에 대한 성능평가만 실시 : IEC 및 IEEE 모두 완제품에 대한 성능평가만 실시한다.

(2) 성능평가 항목의 다양 : 절대적인 시험항목으로만 비교하였을 때 철도관련 규격(전원용과 신호, 통신 및 데이터용 포함)은 소자단위 시험을 제외하고 9가지이나, 전원용 국제규격은 18가지 항목에 이른다.

(3) 시험 및 판정방법이 세부적 : 시험장치의 성능 및 검증 방법, 결선방법, 사용 계측기의 성능 및 사용방법, 시험항목별 판정방법 등을 세부적으로 제시하였다. 또한 이와는 별도로 IEEE 규격에서는 시험방법 관련 규격을 별도로 제정하여 세부적인 사항은 해당 항목을 따르도록 하고 있다. UL 1449 규격에서는 오실로스코프의 조절방법, 프로브 종류, 파형 조정 방법 등을 세부적으로 기술하고 있다[19]. 특히 서지시험은 상승시간이 매우 빠른 관계로 측정설비, 결선방법이나 계측기 사용방법 등에 따라 결과가 다르기 때문이라고 생각된다.

(4) 세부적인 규격 분류 : 전원용과 통신, 신호 및 데이터용으로 분류하였다. 이는 용도별로 성능평가 항목 및 성능이 서로 다르기 때문이라고 판단된다.

표 2. 국제규격의 전원용 서지보호장치의 평가항목
Table 2. Test items of surge protective devices for power circuits of international standards

평가 항목	IEEE C62.62	IEC 61643-1
서지제한전압	O	O
최대연속동작전압	O	O
서지 수명	O	O
최대 서지 내구성	O	
전압 안정도	O	O
부하전류 용량	O	O
절연저항	O	O
상용주파 내전압	O	O
대기 소비전력	O	
보호상태 표시기	O	
분리기의 동작책무		O
열적 안정성		O
후비 과전류 보호기능		O
직접 혼촉 성능		O
열 저항 성능		O
화염 저항 성능		O
절연 및 옆면거리 측정		O
트레킹 저항 성능		O

3.3 철도관련 규격 개선방안

철도관련 규격을 국제규격과 비교하고 철도시스템의 특수성을 고려하여 개선 할 사항 및 개선방향을 정리하면 다음과 같다.

(1) 보호소자 단위 시험 제외 : 서지보호소자는 각 해당 규격을 만족하는 것을 사용하도록 명시한다.

(2) 적용범위에 따른 규격 분류 : 철도관련 규격은 용도로 보아 전원용과 신호용으로 분류한다.

(3) 중요시험 항목 추가 : 철도관련 전원용 규격에서 포함하여야 할 항목으로는 최대 서지내량, 전압안정도, 부하전류 용량, 보호상태 표시기, 트레킹 저항, 직접 혼촉 성능 등이다. 세부적인 사항은 철도시스템 특성을 고려하고 및 성능평가를 실시하여 반영하여야 한다.

(4) 국제표준 서지 파형 사용 : 국제규격에서 사용하는 파형으로 개선하되, 파형 선택은 사용한 소자 등을 고려한다.

(5) 세부적인 평가방법 제시 : 세부적인 평가방법을 명시하거나 국제규격을 참고하도록 한다.

(6) 가스튜브 어레스터 사용 제고 : 가스튜브 어레스터는 높은 동작개시전압, 순간적인 정전발생 등의 여러 단점에도 불구하고 정전용량이 작아 주로 통신용에서 사용한다. 그러므로 특별한 사유가 없으면 전원용에는 최근 가장 많이 사용하고 각종 특성이 좋은 배리스터를 사용한다.

(7) 정상 동작표시 기능 또는 퓨즈 추가 : 서지보호소자는 한정된 수명을 가지고 있다. 고장이 발생한 상태에서 계속 사용하는 경우 정전이나 화재 등을 유발할 수 있으며, 보호대상기기는 과도전압에 의해 오동작이나 고장이 발생 할 수 있다. 그러므로 정상 동작 상태 표시기능 또는 퓨즈를 추가한다.

(8) 성능평가 제목의 통일 및 수정 : 성능평가 제목을 국제규격과 비교하여 목적에 적합한 것으로 수정하고, 모든 규격에서 통일하여 사용한다.

(9) 고조파 필터 기능 내장 : 고조파가 많은 장소에서 사용하는 서지보호장치는 고조파 필터기능을 내장하도록 한다.

4. 성능평가 및 고찰

철도관련 전원용 서지보호장치 중 대표적인 기종에 대하여 국제규격에 따른 성능평가를 실시하였다. 평가항목은 서지제한전압 측정(임펄스 방전 개시전압에 해당) 및 서지 수명시험으로 하였다. 이들 시험은 IEEE 및 IEC 규격에서 공통항목이고, 에너지가 큰 서지발생장치를 사용하며, 서지보호장치의 생존성능과 관련이 많다고 생각되어 선택하였다. 시험에 사용된 서지보호장치의 사양은 표 3과 같다.

표 3. 서지보호장치 사양
Table 3. Specification of surge protective devices

대상 규격	모델명	정격	적용
신호용 접속단자	HS2205	AC 220V 5A	전원용
신호용 접속단자	HS0605	DC 60V 5A	전원용
ABS용 보안기	S 110	AC 110V 10A	전원용
ABS용 보안기	S 220	AC 220V 20A	전원용

시험 평가장치는 조합파형(combination wave) 서

지발생장치, 디지털 오실로스코프, 전압측정 프로브이다. 서지발생장치는 스위스 Schaffner社의 NSG 2050 모델로 IEC 61000-4-5 규격에 적합하다. 이 장치는 개방시 1.2×50[㎲] 전압 6[kV], 단락시 8×20[㎲] 전류 3[kA] 파형을 발생한다. 유효출력임피던스(effective output impedance)는 개방전압 및 단락전류로 구할 수 있으며 식 (1)에 의해 2[Ω] 임을 알 수 있다. 이 장치는 또한 12[Ω]의 유효출력임피던스를 설정 할 수 있다. 서지결합은 캐패시터에 의한 병렬결합(shunt coupling) 방식을 사용하였다.

$$\text{유효출력임피던스} = \frac{\text{개방전압[kV]}}{\text{단락전류[kA]}} = \frac{6[\text{kV}]}{3[\text{kA}]} = 2[\Omega] \quad (1)$$

디지털 오실로스코프는 Lecroy社의 9310AM 모델로 500[㎒] 2채널용이다. 전압측정 프로브는 Lecroy社의 PPE20kV 모델로 1000:1이며, 최대 20[kV]까지 측정가능하고, 주파수 대역은 100[㎒]이며, 입력 캐패시턴스는 3[pF]이다. 시험회로 구성도는 그림 2와 같으며, 시험장면은 그림 3과 같다.

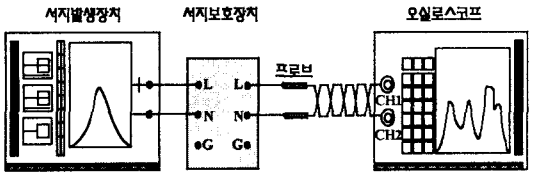

그림 2. 서지성능 시험 구성도
Fig. 2. Schematic for surge performance test

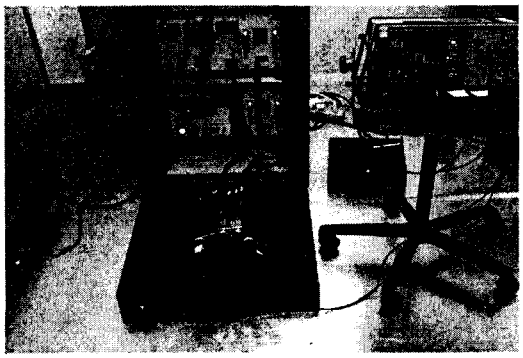

그림 3. 서지보호장치 시험장면
Fig. 3. Experimental set-up of surge protective device

서지제한전압 측정은 IEC 및 IEEE 규격에 따라 신호용 접속단자는 유효출력임피던스 12[Ω]의 1.2×50[㎲] 6[kV], 8×20[㎲] 0.5[kA]의 조합파형을 사용하였다. ABS용 보안기는 유효출력임피던스 2[Ω]의 1.2×50[㎲] 6[kV], 8×20[㎲] 3[kA]의 조합파형을 사용하였다. 제한전압은 정극성 파형으로만 측정하고, 전원은 인가하지 않은 상태에서 실시하였다. 서지 수명시험용 파형은 서지제한전압 파형과 동일하다. 먼저 서지제한전압을 측정한 다음 정극성 25회, 부극성 25회를 30초 간격으로 인가한 후 다시 서지제한전압을 측정하여 초기 측정치와 비교하였다. 판정방법은 UL 1449(수명시험 전.후 서지제한전압이 10% 이상 변화하면 불량)를 적용하였다. 서지제한전압 측정결과는 표 4와 같고, 수명시험 결과는 표 5와 같다. 전형적인 서지제한전압 측정 파형은 그림 4와 같다.

표 4. 서지제한전압 측정 결과
Table 4. Test result of surge limiting voltage measurements

모델명	인가 모드	측정결과(V)	철도 규격(V)*
HS2205	line-line	769	-
	line-ground	677	-
HS0605	line-line	223	600 @ 1,000[V]
	line-ground	653	600 @ 1,000[V]
S 110	line-line	345	650 @ 3,000[V]
	line-ground	677	650 @ 3,000[V]
S 220	line-line	694	-
	line-ground	1275	-

* 10×200[㎲] 서지 파형에 대한 시험 기준

표 5. 서지 수명시험 결과
Table 5. Test result of surge endurance

모델명	인가 모드	전(V)	후(V)	변화율(%)
HS2205	line-line	769	741	-3.64
	line-ground	701	683	-2.56
HS0605	line-line	223	227	1.79
	line-ground	633	620	-2.05
S 110	line-line	345	349	1.16
	line-ground	637	637	0.0
S 220	line-line	694	700	0.86
	line-ground	1222	1222	0.0

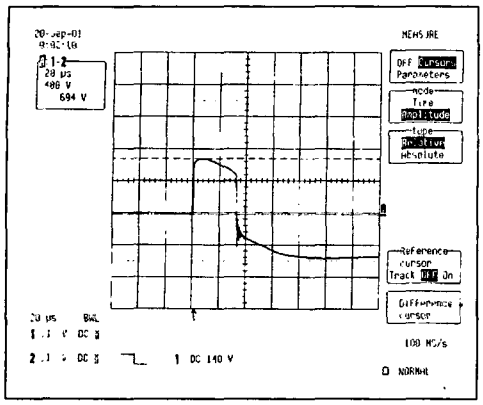

그림 4. 서지제한전압의 전형적인 파형 모습
Fig. 4. Waveform of surge limiting voltage

시험결과 국제규격에 의한 서지시험 파형이 철도 관련 규격과는 달라 정확한 비교는 어려웠다. 서지제한전압 측정 시험에서 측정값은 적절한 것으로 판단된다. 다만, 전압이 약간 차이가 있는 것은 시험 인가전압 및 파형이 다르기 때문이라고 판단된다. 또한 만약, 서지제한전압이 적절하지 않다고 판단되면 추후 서지제한소자의 정격을 바꾸면 되기 때문에 특별히 문제가 안 된다고 판단된다. 서지 수명시험 결과는 매우 양호하였다. 서지 시험 전, 후 서지제한전압 변동이 최대 -3.64%로 UL 1449 기준 10% 보다 상당히 낮았다. 그러므로 현재 사용하고 있는 서지보호장치들의 성능평가 결과, 서지관련 서지제한전압 측정 및 서지 수명시험에 대해서는 국제규격에 의한 성능평가 방법으로 개선하여도 문제가 없을 것으로 판단되었다.

5. 결 론

본 논문에서는 철도시스템의 전원용 서지보호장치 규격의 성능평가 항목 및 평가방법에 대하여 IEC 및 IEEE 국제규격과 비교를 통하여 철도관련 규격의 개선방안을 제시하였다. 또한 철도관련 전원용 서지보호장치에 대하여 서지제한전압 측정 및 서지수명 시험을 국제규격에 의해 실시하여 보았다. 이에 대한 연구결과를 정리하면 다음과 같다.

(1) 평가항목 중 국제규격에서는 실시하지 않는 서지보호소자 단위 시험은 삭제한다.

(2) 규격 종류는 용도에 따라 크게 전원용과 신호용으로 분류하여 작성한다.

(3) 임펄스 등 서지 파형은 국제적으로 많이 활용하고 있는 것으로 변경한다.

(4) 전원용에 사용하는 서지보호 소자 중 가스튜브 어레스터는 순간정전을 일으킬 수 있으므로 가능하다면 배리스터로 대체하여 사용하는 것을 권장한다.

(5) 현재 사용하고 있는 철도용 서지보호장치에 대하여 국제규격에 따라 서지제한전압 측정 및 서지 수명 시험을 실시한 결과 대체적으로 양호한 결과를 얻었다.

또한 국제규격과 비교하여 누락된 항목 중 철도시스템에서 필요한 성능평가 항목을 추가 제시하였고, 성능평가 방법 및 계측기 결선방법 등을 세부적으로 명시하거나 관련규격을 참조하는 방안을 제안하였다. 규격을 개정하는 경우, 제안한 시험항목 및 추가 기능에 대해서는 성능평가를 통한 보완이 필요 할 것으로 사료된다.

References

[1] Oun-Seok Kim, et al., "A Study of Standard of Surge Protective Devices in Comparison with International Standard for Railload and its Improvement Plan", Proceedings of the EMECS Autumn Annual Conference 2001, pp 278-281.

[2] IEC 61643-1, Surge protective devices connected to low-voltage power distribution systems-Part 1 : Performance requirements and testing methods. IEC, 1998.

[3] IEC 61643-21, Low voltage surge protective devices-Part 21 : Surge protective devices connected to telecommunications and signalling networks-Performance requirements and testing methods. IEC, 2000.

[4] IEC 61643-311, Components for low-voltage surge protective devices-Part 311 : Specification for gas discharge tubes(GDT). IEC, 2001.

[5] IEC 61643-321(2001-12), Components for low-voltage surge protective devices-Part 321 : Specifications for avalanche breakdown diode(ABD). IEC, 2001.

[6] IEC 61643-341(2001-11), Components for low-voltage surge protective devices-Part 341 : Specification for thyristor surge suppressors(TSS). IEC, 2001.

[7] IEC 61643-331(37B/56/CDV)(2000-04), Component for low-voltage surge protection devices-Part 3 : Specifications for metal oxide varistor(MOV)

[8] IEEE C62.62-2000, IEEE Standard Test Specifications for Surge-Protective Devices for Low Voltage AC Power Circuits

[9] IEEE C62.64-1997, IEEE Standard Specifications for Surge Protectors Used in Low-Voltage Data, Communications,

and Signaling
[10] IEEE C62.31-1987(R1998), IEEE Standard Test Specifications for Gas-Tube Surge-Protective Devices
[11] IEEE C62.32-1981(R1997), IEEE Standard Test Specifications for Low-Voltage Air Gap Surge-Protective Devices (Excluding Valve and Expulsion Type Devices)
[12] IEEE C62.33-1982 (R2000), IEEE Standard Test Specifications for Varistor Surge-Protective Devices
[13] IEEE C62.35-1987 (R2000), IEEE Standard Test Specifications for Avalanche Junction Semiconductor Surge Protective Devices
[14] Railroad 5920-3277, Surge Protector of between Signalling room and wayside equipment. korean National Railroad, 2001.
[15] Railroad 5920-3211, Surge protector of Railway signalling . korean National Railroad, 2000.
[16] Railroad 5920-3287, Surge Protection of Automatic Block System. korean National Railroad, 2001.
[17] IEC 62236-1(CDV), Railway applications-Electromagnetic compatibility-Part 1 : General.
[18] H J Karmazyn, "Transient/Surge protective Devices-How to Make Sure They are Effective," IEE Proceedings, 1/6-6/6, 1996.
[19] UL1449-2000, Transient Voltage Surge Suppressor.

◇저자소개◇

정 용 철(鄭用哲)
1998년 한양대학교 산업대학원 졸업(석사). 2001년 숭실대학교 대학원 전기공학과 박사과정 수료. 현재 철도청 전기본부장.
주 관심분야 : 철도시스템 서지, 서지보호장치

김 언 석(金彦錫)
1997년 숭실대학교 대학원 전기공학과 졸업(석사). 2002년 동 대학원 박사과정 수료. 현재 한국전기연구원 선임기술원.
주 관심분야 : EMC, 서지보호장치, Power Quality

이 재 호(李在浩)
1989년 광운대학교 대학원 전자공학과 졸업(석사). 1989-1995년 단암전자통신(주) 기술연구소 근무. 현재 한국철도기술연구원 선임연구원.
주 관심분야 : 철도신호제어, 철도신호용 서지보안기

조 봉 관(曺烽管)
1995년 게이오대학 대학원 계측공학과 졸업(석사). 현재 한국철도기술연구원 주임연구원.
주 관심분야 : 철도신호통신, 철도신호용 서지보안기

김 재 철(金載哲)
1983년 서울대학교 대학원 전기공학과 졸업(석사). 1987년 동 대학원 전기공학과 졸업(박사). 현재 숭실대 전기공학과 교수.
주 관심분야 : 전기철도 예방진단, 전력품질, 분산형 전원