

국제시험규격에 적합한 뇌서지 시험설비 구축

(Installation of Test Equipment for Lightning Surge Complying with International Standard)

이대형* · 조성철 · 엄주홍 · 이복희¹

(Tae-Hyung Lee · Sung-Chul Cho · Ju-Hong Eom · Bok-Hee Lee¹)

(기초전력연구원, ¹인하대학교)

Abstract

Recently KS documents related to lightning protection were revised complying with the requirements of IEC standards. Lightning protection parts are divided three in IEC, those are arrestor(60099), SPD(61643), and protection facilities(62305). According as international standard is applicable in Korea, type tests, routine tests, and acceptance tests shall be made to demonstrate compliance with the relevant standards. KESRI have installed test equipment which is funded by Ministry of Commerce, Industry and Energy fit for lightning surge test form 2002, and we introduce the test equipments in detail.

1. 서론

현재 뇌서지 보호에 관련된 KS규격은 크게 피뢰기 부분과 피뢰설비부분, 그리고 SPD에 관련된 부분으로 나뉘어진다. 최근의 동향은 국제표준 부합화 차원에서 IEC 규정을 들여와 KS 규정으로 사용하고 있다. 이러한 경향은 전 세계적으로 하나의 거대한 전기분야 시장을 형성하는 초석으로 자리잡고 있다. 특히, 피뢰기의 시험규격이나 시험에 사용되는 장비의 규격 등은 KS C IEC 60099-4(산화금속형 캡리스 서지피뢰기)에 의거하는 것이 일반적이며[1], 대부분의 국가에서 이 규격을 준수하고 있다. 또한 저압 배전계통의 서지보호장치의 시험방법은 KS C IEC 61643-1(성능 및 시험방법)에 의거하여 수행한다[2]. 이러한 국제표준 부합화의 거센 조류 속에서 전력기반조성사업의 일환으로 기초전력연구원에 구축된 장비들은 철저하게 이러한 규정에 의거한 시험을 수행할 수 있도록 계획·선정되었으며, 향후 도입되는 장비들 또한 이러한 기술 표준의 동향에 준하여 도입되어질 예정이다. 시험기준과 성능평가에 관련된 기술적인 부분을 국제적인 동향에 적극적으로 부합시킴으로써 중소기업이나 벤처기업의 제품생산이나 기술적 개발방향을 선도적으로 제시해 줄 수 있을 것이다. 또한 국제 인증시험기준과도 동일하게 모든 개발시험을 유도하여 제품의 질적 향상을 도모하고 있다.

뇌서지 보호장치는 전원계통의 등전위화 또는 공통접지화로 변화 및 발전하고 있는 최근의 전력산업 동향에 크게 영향을 받고 있다. 이에 따라 보호장치의 역할이 매우 커지게 되었으며, 동시에 산업적으로 큰 시장을 형성하게 되어 새롭게 개발되는 여러 제품들에 대하여 국제적인 규격에 적합한 요구특성, 성능평가 항목, 성능평가 절차와 방법 등에 대하여 체계화하는 노력이 필요

하다. 뇌임펄스 전압과 전류에 관련된 피뢰기의 시험항목으로는 피뢰기의 개발단계에서 실시하는 Type Tests(Design Tests)시 뇌임펄스전압에 대한 피뢰기에 관의 절연내력시험, 피뢰기 잔류전압시험, 대전류 임펄스 동작궤무시험 및 피뢰기의 단로기시험이 있으며 정기시험시의 전류전압시험 및 수용시험시의 잔류전압시험과 열적안정성시험이 있다. 또한 최근 새롭게 추가된 KS C IEC 60099, 61643 등의 규격에서는 이들 피뢰기 및 SPD의 시험규격에 대하여 자세하게 기술하고 있다 [3]-[5]. 하지만 국내의 시험 및 연구설비의 경우 규모가 큰 연구소나 시험소를 제외하고는 고가의 장비를 구축하기가 매우 어려운 실정이다. 특히 대학의 연구실이나 영세한 중소 규모의 관련 기업체에서는 이러한 장비의 필요성을 절실히 느끼고 있으나 자체적으로 장비를 도입하기는 현실적으로 불가능한 실정이다.

따라서 기초전력연구원에서는 이러한 산업체의 요구에 부응하며 연구의 활성화를 위해서 국제기준(IEC)에 적합한 뇌서지 시험설비를 구축하게 되었으며, 구축된 설비를 활용하여 SPD를 비롯한 배전급 피뢰소자의 개발시험을 지원하게 되었다. 이에 대하여 관련기업과 대학에서 적극 활용할 수 있도록 구축되는 설비를 위주로 시험 가능한 분야에 대하여 기술하였다.

2. 구축장비

2.1 저압전원회로 및 통신/신호회로용 뇌서지 발생기

본 장비는 전력계통에서 발생하는 뇌서지 및 이상전압으로부터 저압전원계통에 설치된 전기 및 전자·통신 기기와 이를 보호하기 위해 사용되는 저압용 SPD를 비

롯한 각종 보호장치의 연구, 시험평가에 필요한 Surge Simulation Generator로, ANSI/IEEE C62.41 및 IEC 61643에서 규정한 표 1의 시험에 적합하도록 구축하였다[1],[5].

표 1. 뇌서지 발생기의 규격 및 용도
Table 1. Applications and specifications of the surge generator

규격	<ul style="list-style-type: none"> Surge V&I monitoring Open-Circuit Voltage : 1.2/50μs to > 20kVpeak Close-Circuit Current : 8/20μs to > 10kApeak Ring-Wave Surge Simulation
용도	<ul style="list-style-type: none"> SPD 소자 특성 분석 전원 및 신호회로 뇌서지 시뮬레이션 Surge Simulation for ANSI/IEEE C62.41 IEC 61643(ClassIII) 규격에 적합한 테스트

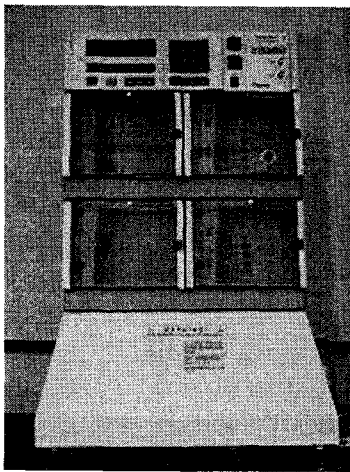


그림 1. 뇌서지 발생기
Fig. 1. Surge generator

2.2 Impulse Test System

본 장비는 전력계통에서 발생하는 뇌서지 및 이상전압으로부터 계통에 설치된 전력기기와 주변 전력기들을 보호하기 위해 사용되는 전력용 피뢰기를 비롯한 각종 보호장치의 연구, 시험평가에 필요한 Impulse Test System으로, IEC 60099-4 및 60060-1에 의거한 다음 표 2의 시험에 적합하도록 구축하였다[1],[3]. 커패시터의 직·병렬 조합으로 직렬연결 시 IVG mode로 병렬 연결 시 ICG mode로 작동하여 최대 임펄스 발생전압이 약 760kV에 달하고, 최대 발생전류도 약 50kA이기 때문에 배전급 뇌서지 보호에 주로 사용하는 정격전압 18kV, 정격전류 2.5kA의 피뢰기는 완성형으로 특성시험이 가능하다. 또한 송변전급 피뢰기의 경우 피뢰기 불

록에 대한 시험이 가능하며, 154kV 이하에서 사용되는 완성형 피뢰기의 경우도 임펄스 전압에 대한 제한전압 특성시험은 부분적으로 가능하게 되었다.

표 2. 뇌충격발생장치의 규격 및 용도
Table 2. Applications and specifications of the impulse test system

규격	<ul style="list-style-type: none"> Charging Voltage : 100kV Total Charging Voltage : 800kV Charging Energy : 60kJ Impulse Capacitor : 188nF Number of Capacitor : 8 Time difference between impulse : 40s Supply Voltage : AC 220V
용도	<ul style="list-style-type: none"> ◎ IVG mode <ul style="list-style-type: none"> Wave Shape : 1.2/50μs Output Impulse Voltage(No Load) : 760kV ◎ ICG mode <ul style="list-style-type: none"> 8/20μs Impulse Current/Residual Voltage : 50kA/36kV 4/10μs Impulse Current/Residual Voltage : 50kA/100kV ◎ Shunt <ul style="list-style-type: none"> 25kA, 50kA
용도	<ul style="list-style-type: none"> IEC60060-1 규정에 따른 1.2/50 뇌임펄스전압 시험 IEC60060-1 규정에 따른 8/20 뇌임펄스전류 시험 각종 전력용 보호기기의 임펄스 특성평가 시험 전기절연재료의 임펄스 특성평가

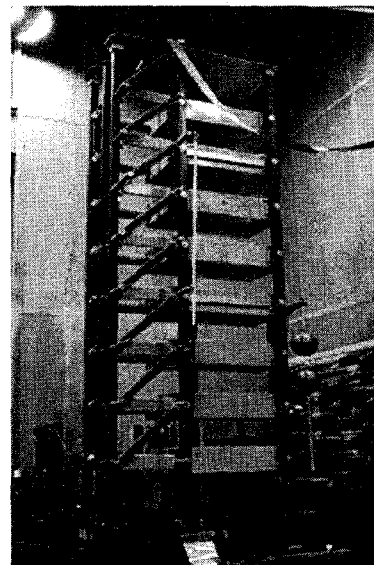


그림 2. 800kV급 뇌충격발생장치
Fig. 2. Impulse test system in the 800kV class

2.3 ICG(Impulse Current Generator)

ICG(Impulse Current Generator) 시스템은 피뢰기 및 뇌서지 보호소자의 특성시험 중 임펄스 전류시험에 주로 사용되며, 최대충전전압은 100kV이다. 최대방전전류는 4/10 μ s 전류파형일 기준으로 150kA에 이른다.

표 3. 대전류발생장치의 규격
Table 3. Specifications of the impulse current generator

- ◎ IEC 60099-4(2001) 시험규격에 준함
- Measuring equipment and accuracy
- Residual voltage tests
 - Steep current impulse
 - Lightning impulse
 - Switching impulse
- Long duration current impulse withstand test
 - General
 - Line discharge test requirements for 20kA and 10kA arresters
- Operating duty test
- Charging voltage : 100kV
- Rated impulse energy : 200kJ
- Impulse capacitance : 40 μ F
- Time difference between impulse : ≤ 50 sec

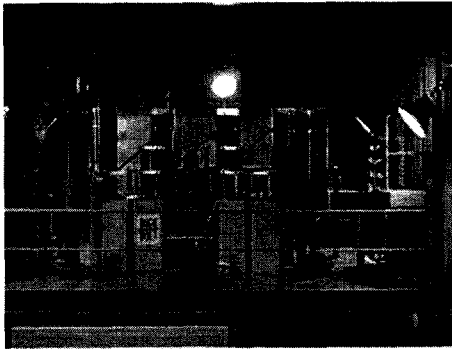


그림 3. 대전류발생장치
Fig. 3. Impulse current generator

ICG에 대한 자세한 성능은 표 3에 기술하였다. 이 장비는 IEC 60099-4의 시험규격을 충실히 이행할 수 있는 성능으로 제작하였으며[1], 시료를 장착하는 부분에 대한 간단한 형태변경과 고정전극의 자체제작에 의해 저압전원용 SPD의 시험규격인 IEC 61643의 동일한 부분에 대한 시험이 가능하다[2]. 본 장비는 전력용 피뢰기 소자 뿐만 아니라 최근 최대방전전류 용량이 급격히 증가하고 있는 저압전원용 SPD소자의 동작책무시험까지 무리없이 진행할 수 있으므로 매우 효과적인 설비라고 하겠다. 이와 더불어 뇌충격발생장치와 긴밀한 협조체제를 갖추게 되었으며, 전력용 뇌서지 보호기로 가장 대표적인 피뢰기의 총괄적인 특성시험을 필요로 하는

분야나 누설전류를 검출하여 피뢰기 열화진단장비를 개발하고자 하는 기업, 피뢰기 소자의 특성시험, 서지프로텍터의 성능검증, 전력기기의 충격내전압 시험 등 다양한 활용도를 가지고 있다.

2.4 AC test system

AC test system은 교류전압 최대 300kV, 2차측 전류 최대 1A를 발생시킬 수 있는 용량으로 22.9kV 배전급 이하 전력기기의 내전압특성, 절연과피 특성, 절연성능 시험 등을 수행할 수 있도록 IEC 60060 규격에 의거하여 구축하였다[2]. 시험용 변압기로서는 가장 효율성이 높은 전압레벨과 용량을 지닌 설비로서 PC상에서 제어 프로그램을 통하여 장시간에 걸쳐 시험전압을 자유롭게 가변시킬 수 있으며, 고조파 필터를 포함시켜 보다 효과적인 시험을 가능하게 제작되었다.

표 4. AC test system의 규격
Table 4. Specifications of the AC test system

- Rated voltage : 300kV
- Rated current : 1A
- Rated power : 300kVA
- Frequency : 60Hz
- Duty cycle : 1h ON - 1h OFF, 6times per day
- IEC 60060-1 시험규격에 준함
- IEC 60060-2 시험규격에 준함

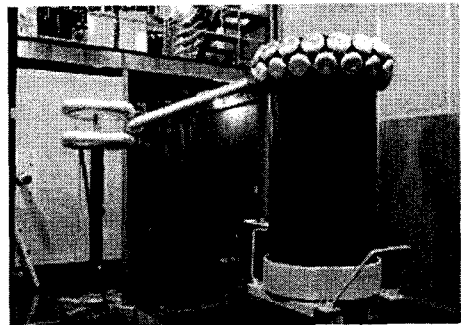


그림 4. AC 시험 시스템
Fig. 4. AC test system

2.5 표준분압기 시스템

표준분압기 시스템은 구축된 여타 고전압 시험설비의 분압기들을 교정할 수 있는 용도로 사용된다. 고전압 분압기의 경우 그 크기가 크고 저항용량성 분압기 특성을 나타내는 것이 대부분이다. 또한 임펄스 전압을 측정하기 때문에 단순히 전압의 크기 교정뿐만 아니라 상승시간과 50% 감쇄시간 등이 μ s 수준에서 결정되므로 다양한 부분에서 여타의 분압기에 대한 소급성을 확보해 줄 수 있는 성능이 필요하다. 따라서 독일 DKD의 교정성적서 및 불확도 등을 포함하여 다른 분압기의 교

정 및 정확성을 비교평가하기에 적합하도록 구축하였다. 이를 위하여 2.2 절의 Impulse Test System은 최초 구축단계에서 여분의 전압측정 채널을 확보하여 4채널로 구축되어 있으며, 여타의 분압기의 교정이 가능하도록 하였다. 본 장비는 고전압 시험설비의 특성상 그 사용 기간이 길게는 약 20년에 이르므로 경년이 오래된 각각의 분압기에 대한 교정의 필요성에 대한 대안을 제시할 수 있을 것으로 기대된다.

표 5. 표준분압기의 규격

Table 5. Specifications of the reference divider

- Capacitance : 375pF
- Lightning impulse(1.2/50 μ s) : \pm 800kV_{peak}
- Switching impulse(250/2500 μ s) : \pm 700kV_{peak}
- AC voltage(50/60Hz) : 400kVrms
- AC duration : 5 h (at 20°C)
- Divide ratio : 2000 : 1
- Ambient temperature : 5~40°C

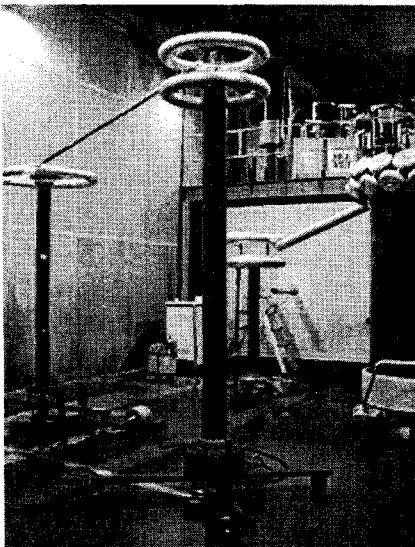


그림 5. 표준분압기
Fig. 5. Reference divider

2.6 열화상 카메라

열화상 카메라는 충전부의 열화나 국부적인 발열을 관측할 수 있는 설비로서 열화상을 이용하여 비접촉 상태에서 각 부분의 점온도, 면온도 측정 및 온도변화를 관측할 수 있는 성능을 가지고 있다. 열화상 카메라의 성능은 표 6에 나타내었으며, 사진은 그림 6과 같다.

IEC 규정에 의한 SPD의 시험에서 열적 안정성을 평가하기 위해 SPD 표면의 온도를 관측하여야 하나, 고전압 시험에 있어서는 매우 높은 전압이 인가되어 있으

므로 각 부분에서 발생하는 방전에 의한 온도상승을 효과적으로 측정하고 분석할 수 있는 비접촉식 장비가 필요하게 된다. 도입된 열화상 카메라는 이러한 요구조건에 적합하도록 그림 7과 같이 일정지점의 온도, 일정부분의 평균온도, 최대온도, 최저온도 등을 일괄하여 측정할 수 있으므로 열적안정성 평가에 매우 효과적이라고 할 수 있다.

표 6. 열화상 카메라의 규격

Table 6. Specifications of the thermal image camera

- 온도 관측범위 : -40~1200°C
- 온도분해능 : 0.03°C
- 측정정밀도 : \pm 2%
- 파장범위 : 8~14 μ m
- Frame interval : 1/5 sec
- pixel/frame : 320 \times 240
- Built in LCD : 3.5"
- 열화상과 일반화상 동시촬영 및 기록
- Interface : ethernet, usb2.0 or IEEE1394

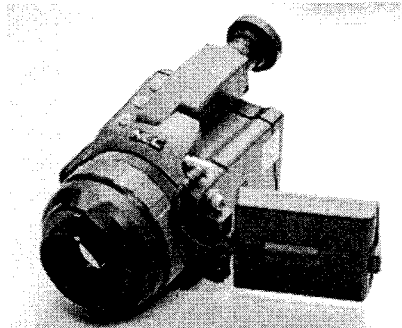
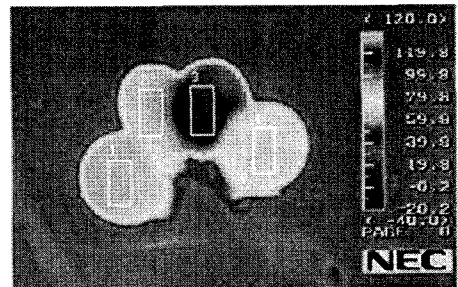


그림 6. 열화상 카메라
Fig. 6. Thermal image camera



	Rect 1	Rect 2	Rect 3	Rect 4	5	6	7
Emissivity	1	1	1	1			
Avg Temp °C	97.5	96.5	113.3	83.3			
Min Temp °C	88.5	84.3	108.3	81.7			
Max Temp °C	93.6	96.7	118.0	85.5			

그림 7. 서지 인가한 바리스터의 적외선 영상
Fig. 7. Infrared thermal image of varistors through surge current

2.7 고속도 비디오 카메라

고속도 비디오 카메라는 방전의 진전과정에 대하여 수 μs 수준에서 변화되는 미시적인 현상을 관측할 수 있는 설비이다. 보통 방전현상은 매우 빠르게 발생되고 사라지며 그 지속시간은 길어야 십 수 μs 정도이다 매우 빠른 방전광의 경우에는 ns 수준에서 끝나는 경우도 있다. 방전광의 분석은 매우 역사가 오래되었지만 기기의 발전에 힘입어 최근 다시 주목받는 분야이다. 그림 8에 나타난 고속도 카메라는 최대 160,000 frames/s의 속도로 영상을 촬영할 수 있으며, 차후에 ns 수준의 정지 영상을 촬영할 수 있는 FCCD 및 streak 카메라 시스템을 도입할 예정이다. 이로서 고전압 방전분야에서 기존의 전압 및 전류 측정과 더불어 광학적 관측을 할 수 있는 기반을 마련하였으므로 관련 대학, 연구소, 기업체의 활발한 연구활동이 기대되는 분야이다.

표 7. 고속도 비디오 카메라 규격
Table 7. Specifications of the high speed camera

- 100,000 fps 이상의 color digital image 촬영
- 4GB 이상의 recording memory
- 최소 노출시간 : 1 μs 이하
- ISO800 이상 설정가능, 12bit Sensor
- 화상제어 : Gigabit ethernet or IEEE1394
- Trigger : TTL pulse or S/W close
- Strobe sync : TTL pulse

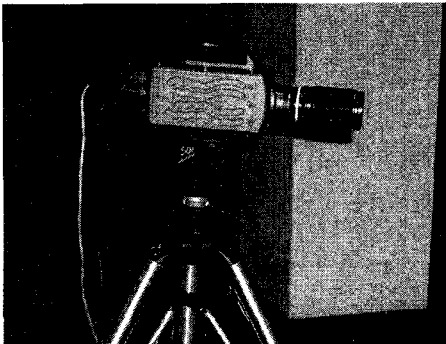


그림 8. 고속도 비디오 카메라
Fig. 8. High speed camera

2.8 고전압시험용기 및 극한환경 모의시스템

고전압시험용기 및 극한환경 측정시스템은 고전압분야의 주요 시험설비들을 이용한 연구를 보다 현실성 있게 하기 위해 구축되었다. 구축된 설비 중 환경시험용기는 옥외환경을 모의하여 실제 옥외용 전력기기가 노출되어 있는 주수, 안개, 염무, 염수 등의 가혹한 환경을 제공한다. 이와 더불어 항온항습 기능을 추가하여 혹서기와 혹한기의 기기특성을 시험하고 구축되었다. 이러한 조건하에서 각각의 전력기기는 그 특성이 차이를

보이며, 절연성능, 내구성, 내전압 특성 등이 달라지게 된다. 따라서 전력기기 또는 옥외용 뇌서지 보호기, 피뢰기 등의 특성을 연구하는 분야나 제조하는 기업체의 활발한 활용이 예상된다.

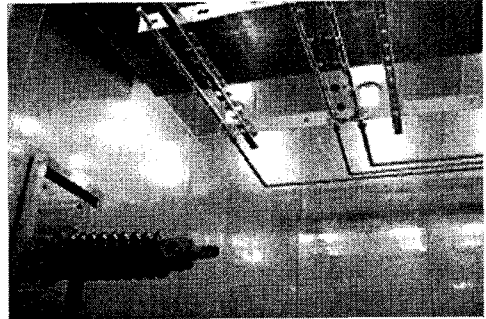


그림 9. 고전압시험용기 내부
Fig. 9. Inside of the chamber for high voltage test

3. 결 론

전력계통에서 발생하는 이상 과전압으로부터 전력설비를 보호하고자 설치하는 피뢰기 및 저압 배전계통에 적용하는 전원용 SPD 등의 성능시험을 위하여 임펄스 시험설비를 구축하였다. 전력기반조정사업의 일환으로 구축한 뇌서지 시험설비는 표준 뇌 임펄스 전압/전류와 응용서지에 관련된 시험을 IEC 국제규격에 적합하게 수행할 수 있다. 또한 고전압 시험용기의 구축으로 실제의 옥외환경(주수, 염수, 고온, 저온)하에서 배전급 뇌서지 보호기기의 성능 및 특성시험, 절연내력 시험이 가능하게 되었다. 따라서 산화아연 피뢰기소자 뿐 아니라 배전급의 완제품 피뢰기에 대한 다양한 시험적용이 가능하며 최근 수요가 급증하는 SPD 등에도 적용이 가능하므로 응용분야가 넓어 대학, 연구기관, 관련 중소기업 등의 폭넓은 활용이 기대된다.

본 연구는 산업자원부 자원에 의하여 기초전력연구원(과제번호 : I-2002-0-414) 주관으로 수행된 과제임.

참 고 문 헌

- (1) IEC 60099-4, Surge arresters - Part 4: Metal-oxide surge arresters without gaps for a.c. systems, 2005.
- (2) IEEE 61643-1, Surge protective devices connected low-voltage power distribution system - Performance requirements and testing methods, pp.73~93, 2001.
- (3) IEC 60060-1, High-voltage test techniques - Part 1 : General definitions and test requirements, 1989
- (4) IEC 60099-1, Surge arresters - Part 1: Non-linear resistor type gapped arresters for a.c. systems, 1999.
- (5) IEEE Std. C62.11, Standard for metal-oxide surge arresters for AC power circuits (>1kV), 1999.