

10/350 μ s 서지전류를 이용한 I 등급 SPD의 성능평가

조성철·임주홍·이태형
기초전력연구원

Performance Evaluation of Class I SPD Using 10/350 μ s Surge Current

Sung-Chul Cho·Ju-Hong Eom·Tae-Hyung Lee
KESRI

Abstract - A new parameter W/R for the class I test have been introduced in the IEC 61643-1 published in 2005. One of the possible test impulses which meets the parameters for class I test is the 10/350 μ s waveshape proposed in IEC61312-1. 10/350 μ s waveshape meets parameters for class I test in the IEC 61643-1. The impulse generator for making the 10/350 μ s waveshape is consist of IVG, ICG, crowbar coil and crowbar switch. The electric charge Q and the specific energy W/R were measured and calculated using the exclusive use measuring software according to the formula of IEC 611643-1. We verified the correspondence between measured results using impulse generator and recommended parameters by IEC 61643-1.

수식을 나타내었다.

<표 1> I 등급 시험 파라미터(IEC 61643-1, 2005)

I _{peak} (50 μ s 이내)	Q (10 ms 이내)	W/R (10ms 이내)
kA	As	kJ/ Ω
20	10	100
10	5	25
5	2.5	6.25
2	1	1
1	0.5	0.25

주) 위 파라미터를 충족시키는 가능한 임펄스 시험 중의 하나는 IEC61312-1에 제안된 10/350 파형이다.

1. 서 론

수십 년 동안 미국에서 생산되고 적용된 과전압 서지 억제기(TVSS)는 ANSI/IEEE C62.1 가이드라인에 따른 8/20 μ s 파형을 사용하여 시험해 왔다. 1995년까지 8/20 μ s 파형은 IEC를 사용하는 나라를 포함한 대부분의 국가에서 역시 인정되었다. 그러나 1990년도 중반 이후 IEC 61643 그룹은 인입구에 설치되는 서지보호장치에 대한 I 등급 시험을 소개하면서 10/350 μ s 시험파형을 언급하였다. 이 파형은 기존의 IEC 61024 등에서 사용되던 파형으로 주로 외부피뢰에 적용되어지던 에너지 내량이 매우 높은 파형이다. IEC 61643-1의 임펄스 전류(I_{imp}) 요구사항을 만족하기 위해 시험기관들은 현재 10/350 μ s 시험파형을 사용해야 하지만 IEC 61643-1의 2002년 버전까지만 해도 새로운 파형의 적용이 SPD의 시험에 과도하다는 반대에 부딪혀 어느 정도 절충된 표현을 사용하였다. 즉, I 등급 시험과 II 등급 시험을 위한 8/20 μ s 전류파형을 기반으로 모든 시험항목을 결정하였으며, I등급 시험에서조차 10/350 μ s 시험파형으로 한정하지 않았다. 하지만 IEC 61643-1의 2005년도 버전에서는 I 등급 시험에 10/350 μ s 시험파형을 언급하였으며, 이후 발표된 IEC 62305에서는 외부피뢰 보호 시험에 10/350 μ s 시험파형을 최대 200 [kA]까지 적용하는 것으로 규정하고 있다. I 등급 시험에서는 10/350 μ s 시험파형 외에 전하량 Q를 측정하는 내용이 함께 포함되어 있으므로 이에 따른 SPD 시험분야의 변화가 예상된다.

이에 본 연구에서는 10/350 μ s 시험파형발생기를 이용하여 I 등급 시험용 SPD에 10/350 μ s 파형을 인가하고 그 때의 파라미터를 계산하여 IEC 61643-1의 권장값과 비교하였다. 또한 IEC 61643-1의 I 등급 시험으로 10/350 μ s 파형의 국내 적용가능성을 확인하였다.

2. 본 론

2.1 10/350 μ s 파형의 소개

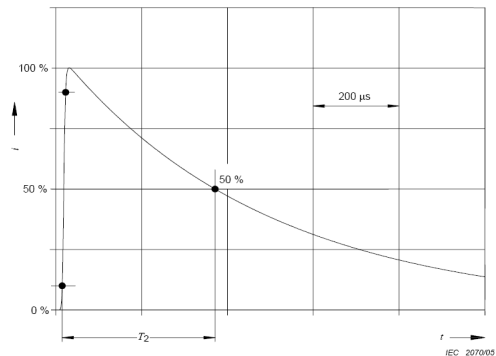
IEC 61643-1의 I 등급 시험은 공칭방전전류 I_n, 1.2/50 μ s 전압임펄스, 그리고 최대 임펄스 전류 I_{imp}에 의해 수행된다.[1] I_{imp}는 피크전류 I_{peak}와 전하량 Q 그리고 특정 에너지 W/R에 의해 결정된다. 임펄스 전류는 50 μ s의 시간 내에 I_{peak}에 도달하여야 하며, 전하량 Q는 10 [ms]의 시간동안에 전달되어야 한다. 또한 특정 에너지 W/R도 10 [ms] 이내의 시간 동안에 소모되어야 한다. 즉, I 등급 시험은 전류의 크기와 방전된 전하량의 값으로 표현되어지며, 에너지의 개념으로 분석할 수 없다. 이러한 값들은 IEC 61643-1의 2005년 버전에 새롭게 변경된 내용으로 2002년 버전과는 다소 차이가 있다. IEC 61643-1의 2005년 버전에서 I 등급 파라미터를 표 1에 나타내었다.[2]

표 1에서는 2002년 버전에서는 없었던 특정 에너지 W/R이 언급되어 있으며 IEC 61312-1에 10/350 파형을 함께 제시하고 있다. 이는 I_{peak}와 전하량 Q만으로 정의된 기존의 I 등급 시험에 특정에너지 파라미터를 추가하여 보다 구체화 하였고, 10/350 파형을 언급함으로써 기존의 모호성을 해소하였다고 볼 수 있다. 아래는 전하량 Q와 특정에너지 W/R의

$$Q = I_{peak} \times a, \text{ where } a = 5 \times 10^{-4} \text{ s} \quad (1)$$

$$W/R = I_{peak}^2 \times b, \text{ where } b = 2.5 \times 10^{-4} \text{ s} \quad (2)$$

식 (1) 및 (2)에 의해서 계산된 Q값 및 W/R 값은 I 등급 시험을 위한 파라미터로 사용되며, I_{peak}와 함께 10/350 μ s 파형의 중요한 요소로 적용된다.[2] 또한 I 등급 시험에 있어서의 I_{peak} 값은 II 등급 및 III 등급 시험과는 달리 20 [kA]의 전류용량으로 규정되어 있다. 물론 II 등급 시험의 경우 최대방전전류 I_{max}는 최근 출시되는 SPD에 따라서는 40 [kA] 이상인 경우도 많다.

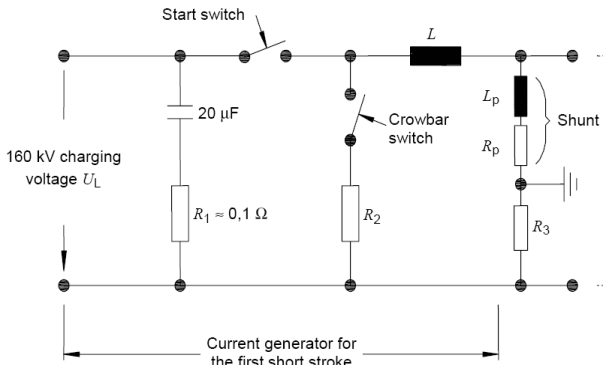


<그림 1> 10/350 μ s 파형

IEC 62305에 나와 있는 10/350 μ s 파형을 그림 1에 나타내었다.[3] 이상적인 10/350 μ s 파형이라고 볼 수 있지만 크로바 스위치를 이용했을 때는 파두부와 파미부 사이에서 두 개의 스위치에 의한 연결부분이 매끄럽지 못한 경우가 발생하게 된다. 또한 회로정수에 의한 LC 진동부분도 발생할 수 있다.

2.2 10/350 μ s 파형의 발생 원리

10/350 μ s 파형은 기존의 8/20 μ s 파형을 발생시키는 ICG(impulse current generator)와는 달리 두 개의 트리거와 스위치를 이용하여 파두부와 파미부 파형을 각각 만들어 결합시키는 방법으로 발생된다. 이 때 파미부 350 μ s의 부분을 형성하는 스위치를 크로바 스위치(crowbar switch)라 하고, 크로바 코일(crowbar coil)은 코일의 인덕턴스에 충전된 에너지로 파미부를 길게 늘려주는데 사용된다. 전체적인 회로도는 임펄스 발생기의 C, 크로바 코일의 L, 그리고 시료의 R로 구성되며, 이들 회로요소에 의해서 파형이 길게 결정되어지게 된다. 그림 2는 10/350 μ s 파형의 회로도를 나타내고 있다.

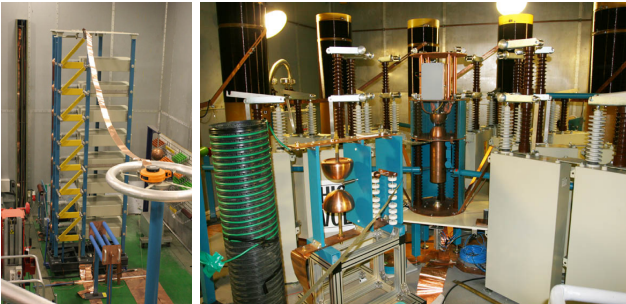


〈그림 2〉 10/350 [μs] 파형 회로도

그림 2에서 start switch가 닫힘으로 인하여 20 [μF]의 콘덴서에 충전된 전하가 방전하면서 상승시간이 10 [μs]인 전류 파형을 발생시킨다. 발생된 전류파형이 피크에 도달한 후 감쇄를 시작하게 되면 인덕터 L에는 상승부와 반대방향의 유기전력이 발생되고 이때 크로바 스위치가 동작하여 이후에는 인덕터 L에 충전된 전류에너지로 계속하여 350 [μs]의 파미를 가지는 전류파형이 시료에 인가되게 된다. 이러한 2단 트리거와 스위치를 사용한 파형발생기의 장점은 극단적으로 긴 파미부를 비교적 손쉽게 구현하기에 적합하다. 단일의 ICG를 사용하여 10/350 [μs] 전류파형을 발생하는 경우에는 충전용 콘덴서의 개수가 많이 필요하게 되며, 파형을 형성하기 위한 저항과 인덕터의 조합이 매우 어렵다. 즉, 파미부를 길게 늘이기 위해 인덕터를 사용하게 되면 상승부가 함께 사용하게 되면 상승부가 함께 늘어지게 되고 전류의 피크값도 작아지게 된다.

2.3 10/350 [μs] 파형 발생장치

10/350 [μs] 파형 발생장치를 그림 3에 나타내었다. 그림 3의 왼쪽은 IVG를 나타내며, 오른쪽은 ICG와 크로바 스위치 및 코일을 나타내었다.



〈그림 3〉 10/350 [μs] 파형 발생장치

IVG와 ICG를 동시에 사용하면서 크로바 스위치를 동작시키는 시간을 정확히 조정하여 10/350 [μs] 파형을 만든다. 시료의 임피던스에 따라 파미부의 시간이 달라지기 때문에 크로바 코일의 인덕턴스를 변화시켜 350 [μs]의 시간을 맞춘다. 기존의 ICG 동작 프로그램은 Q와 W/R를 계산하는 옵션이 없었지만 새로 도입된 MIAS 프로그램으로 Q와 W/R를 계산하여 IEC 61643-1의 표 1의 파라미터와 비교할 수 있게 되었다.

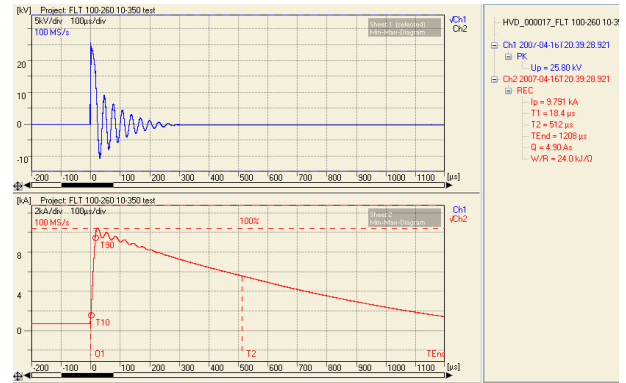
기존의 SPD는 8/20 [μs]의 전류 용량에 맞춰져 있어서 10/350 [μs]의 시험을 위해서는 더 큰 용량을 갖는 SPD가 필요하다. I 등급 시험을 위해서 수입된 OBO 사의 50 [kA] 모델을 사용하여 시험을 하였다. 그림 4는 I 등급 시험에 사용된 시료를 나타낸다.



〈그림 4〉 I 등급 시험용 SPD

2.4 실험결과

10/350 [μs]의 파형 발생장치를 이용하여 I 등급 시험을 실시하였고 그때의 파형을 그림 5에 나타내었다. 그림 5의 윗부분의 파형은 전압파형이며 아랫부분의 파형이 전류파형이다. 전류파형을 보면 그림 1의 10/350 [μs] 파형과 일치하는 것을 알 수 있으며, 최대점에서 비선형적인 부분과 진동이 실린 파형 부분이 보이는 것을 알 수 있다. 비선형적인 부분은 앞서도 설명했듯이 10/350 [μs] 파형을 생성하는 발생장치의 특성으로 나타나는 부분이며, 진동파가 실린 부분은 전체 회로정수에 의해 나타난다.



〈그림 5〉 10/350 [μs] 파형을 이용한 I 등급 시험[10kA]

10 [kA]의 I_{peak} 를 가지는 임펄스 전류가 인가되었을 대의 측정파형으로 측정된 Q값은 4.9 [As]이며, W/R값은 24.0 [kJ/Ω]이다. 이는 표 1의 값과 거의 일치하며, 측정된 파형의 시간 파라미터 값도 시험파형이 잘 일치하고 있음을 보여주고 있다. 이는 IEC 61643-1의 2002년 버전에서의 I 등급시험에 대한 불확실성을 해소해주는 것이며, 앞으로 I 등급시험이 국내에서 가능해짐에 따라 SPD 생산 기업체 및 수출입 기업체들의 I 등급 시험요구를 충족시킬 수 있다.

I 등급 시험은 국내에서 유일하게 시험할 수 있는 설비를 보유한 시험연구원에서만 가능한 것으로서 본 연구를 통하여 새롭게 시험방법과 절차를 개발함으로써 인하여 국내의 SPD 제조업체의 해외 수출에 크게 기여할 것으로 기대된다.

3. 결 론

IEC 61643-1의 2005년 버전이 나오면서 기존의 불확실했던 I 등급시험이 보다 구체화 되었다. 특정 에너지 W/R의 파라미터를 언급하며 동시에 10/350 [μs] 파형을 I 등급 시험으로 가능하다고 보여주고 있다. 이에 본 논문에서는 10/350 [μs] 파형 발생장치를 이용하여 10/350 [μs] 파형을 국내에서 처음으로 시료에 적용하였다. 그리고 전하량 Q와 특정에너지 W/R를 계산할 수 있는 측정 프로그램을 이용하여 10/350 [μs] 파형의 파라미터를 계산하고 이를 IEC 61643-1에 나와 있는 I 등급 시험의 파라미터와 비교하였다. 그 결과, 실험을 통한 계산값과 IEC 61643-1의 파라미터 값이 일치하였다. 이는 급속하게 유입되는 유럽의 SPD 제조업체뿐만 아니라 국내 SPD 제조업체의 제품들에 대한 성능평가를 수행하여 정확한 품질검증을 수행할 수 있는 계기가 될 것이다.

본 연구는 산업자원부 지원에 의하여 기초전력연구원(과제번호 : R-2005-7-322)주관으로 수행된 과제임.

[참 고 문 헌]

- [1] IEC 61643-1, Surge protective devices connected to low-voltage power distribution systems - Performance requirements and testing methods, 2002.
- [2] IEC 61643-1, Surge protective devices connected to low-voltage power distribution systems - Performance requirements and testing methods, 2005.
- [3] IEC 62305-1, Protection against lightning - General principles, 2006.