

충격전류 측정용 shunt의 직각파 응답특성에 관한 연구

김익수\*, 정주영, 최재구, 문인욱, 이덕진, 신영준  
한국전기연구소

A Study on the Step Response Characteristics in Shunt for Switching Impulse current

I.S. Kim, J.Y. Jeong, J.G. Choi, I. W. Mun, D. J. Lee, Y. S. Shin  
Korea Electrotechnology Research Institute

**Abstract** - Since surge arresters are recommended to protect the electric power system from the lighting surge, the impulse current is generally used to verify this requirement at the test laboratories. Recently, the international standard(IEC 60060-2) related to the impulse current techniques revised requiring a traceability of measuring system for impulse current measurements.

In this paper, a shunt for impulse current is developed satisfying the revised IEC standard and the possibility of application has been investigated using step response.

1. 서론

뇌격전류는 전력계통의 변압기, 개폐기, 절연지지물 등의 전력기기를 열화 또는 파괴시키는 이상전압의 발생 원인이다. 파괴기(Arrester)는 뇌격전류 등에 의해 전력기기의 절연파괴 사고를 미연에 방지하는 중요한 보호 장치로 사용되며, 파괴기의 특성시험에는 절연저항, 동작개시전압, 뇌충격제한전압 등의 특성시험과 보호특성인 방전내량시험을 실시한다. 방전내량시험인 충격전류 시험에 있어서는 극히 단시간에 최대치까지 상승하고, 또 단시간에 0으로 떨어지는 전류파형이므로, 파괴기의 방전내량 특성평가를 정확하게 하기 위해서는 경험이 중요하다.<sup>[1],[2]</sup>

국제전기기술위원회(IEC:International Electrotechnical Commission)에서는 고정확도의 충격전류 측정요건과 함께 시험기술의 국가표준의 소급성(Tracesbility) 확보에 위한 측정 정확도를 유지하도록 하는 제도를 도입할 것을 제시하고 있다.<sup>[1]</sup> 소급성은 전류, 전압 등의 표준과 측정시스템의 정도를 가능한 직접적인 방법으로 관계짓는다는 것을 의미하며, 표준적인 방법은 증명된 고정확도를 갖는 시스템과의 상호비교를 통하여 불확실성(Uncertainty)의 정도를 나타내는 직접적인 것이고,<sup>[3-7]</sup> 대응적인 방법은 직각파에 의한 대한 응답특성의 각종 파라미터를 측정, 분석하는 것이다.<sup>[8]</sup>

본 연구에서는 충격전류의 고정확도 측정을 위하여 시 제작된 동축형 Shunt의 성능을 직각파 응답특성 분석으로 행하였다.

2. 실험장치 및 방법

2.1 Shunt의 기본설계시 고려사항

일반적 동작상태하에 Shunt는 저항체의 열적상태가 궁극적으로는 단열상태일 정도로 아주 짧은 시간에 상당한 양의 에너지를 방출하여야 한다는 것이 이 상태하에서, 온도상승은 다음식 1과 같이 계산된다.

$$\Delta t = \frac{W}{MS} \dots \dots \dots (1)$$

단,  $\Delta t$ : 온도상승[K]

W: Shunt의 방출에너지[J]

M: Shunt 저항체의 무게[kg]

S: Shunt 저항체의비열[J/kg · K]

충격전류 시험중 시료가 파괴되는 경우를 상정한다면, 충격발생기에 저장된 전체에너지는 Shunt에서 소비될 것이므로, Shunt의 특성이 이 상태하에서 온도상승이 200K를 초과하지 않도록 될 것을 추천하고 있다.

2.2 Shunt의 형태

충격전류 측정용의 Shunt는 양호한 응답특성이 요구되므로, 그림1과 같은 동축원통형 Shunt를 사용하였다. 원통형저항체와 전류커로 원통도체는 가능한 밀착시켜 인덕턴스를 작게하고 또한 표피효과를 억제하기 위하여 저항율이 큰, 얇은 저항체를 사용한다. 그림 1의 aa'는 측정전류가 유입되는 Shunt의 전류단자이고 pp'는 측정기(디지털 오실로스코프)로의 전압단자이다.

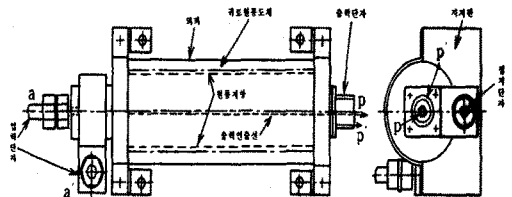


그림 1. Shunt의 개략적 형태

3. Shunt의 특성평가

### 3.1 시험방법

IEC 60060-2는 다음의 2가지 특성평가 방법을 제시하고 있다.

- ① 기준 시스템과의 비교시험에 의한 특성평가
- ② 직각과 응답시험에 의한 특성평가

IEC 60060-2는 ①의 방법을 표준적 방법으로 추천하며, ②의 방법은 기준시스템이 없이 ①의 방법을 시행할 수 없는 경우에 사용토록 하는 대응적 방법이다.

비교시험에 의한 방법은 특성이 우수한 기준시스템(Reference Measuring System)이 있어야 할 수 있는데, 현재 국내에서는 한국표준연구원 등에도 이 시스템이 없는 실정이므로 ②의 대응적 방법을 행하여 특성을 평가하였다.

#### (가) 직각과 발생회로

충격전류 측정시스템에 대한 직각과 응답특성을 위한 발생회로는 그림 2와 같으며, 충전전압 U는 저전압의 직류전원(500V)을 사용하였고, 충전저항 R<sub>1</sub>를 통하여 에너지 저장 장치인 캐피블에 충전한 후, 갭 스위치 G를 통해 직각파를 Shunt D에 인가하였다. 직각과 발생 갭 스위치는 상승시간이 양호한 수은 점접촉레이를 사용하였다.

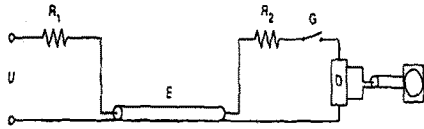


그림 2 전류측정용 직각과 발생회로

- E : 에너지저장 장치
- G : 직각과 발생 갭 스위치
- D : Shunt

#### (나) 직각과 응답특성

IEC 60060-2의 대응적 방법에 의한 충격전류에 대한 Shunt의 특성평가는 그림 3과 같은 직각과 응답 파라메타 중 부분응답시간 T<sub>a</sub>가 0.1T<sub>1</sub>이하를 만족하면 기준 측정시스템으로서의 특성이라 할 수 있다. 그림 4은 케이블을 이용한 직각과 발생회로에 있어서 Tektronix 540(수직분해능 8bit, sample rate : 1GS/s)으로 측정된 Shunt의 직각과 응답의 파두부분을 나타낸 것이다. 그림 3에 정의된 직각과 응답 파라메타의 부분응답시간 T<sub>a</sub>을 구한 결과 10ns이었다.

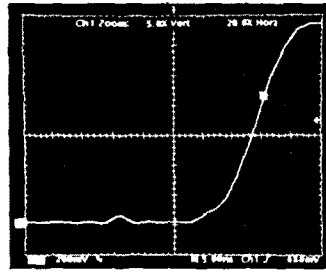


그림 4. 직각과 응답파형의 일례

이는 그림 5에서 나타낸 정의와 같이 IEC60060-2의 표준충격전류파형의 T<sub>1</sub>/T<sub>2</sub>의 값이 1/20μs, 4/10μs, 8/20μs, 30/80μs의 4종류로 된다. 즉, T<sub>1</sub>이 가장작은 1μs의 여유도(±10%)를 고려하면 T<sub>1</sub> = 900ns일 경우가 가장 급준하므로 부분응답시간 T<sub>a</sub>는 90ns이면 충분하다. 따라서 본 Shunt의 직각과 응답특성은 IEC 60060-2의 기준측정시스템(Reference Measuring System)의 요건을 만족한 것으로 나타났다.

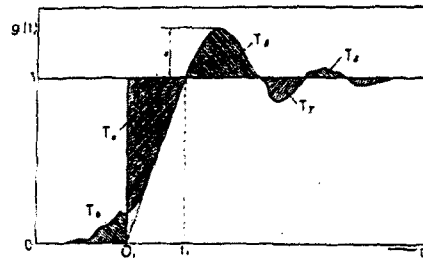


그림 3. 실험적 응답에 관한 파라메타의 정의

부분응답시간 T<sub>a</sub> : 직각과 응답적분의 최대값(Partial Response Time)

$$T_a = \int_0^{t_1} (1 - g(t)) dt$$

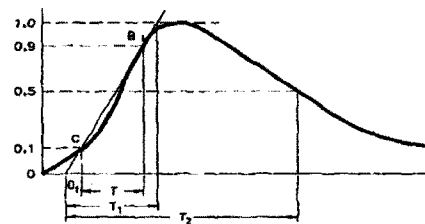


그림 5. 표준 충격전류파형의 정의

T<sub>1</sub> : 파두장[μs] T<sub>2</sub> : 파미장[μs]

#### 4. 결론

충격전류 측정에 있어서 IEC 60060-2에 의거한 기준 측정시스템을 국내에 구축하기 위하여 시제작된 측정시스템에 관한 직각과 응답특성 평가를 시행하여 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 충격전류 측정용 Shunt는 온도에 대한 안정성이 중요하며, 시료가 파괴된 경우를 상정하여 온도상승이 200K 이하가 되도록 하였다. 이 검증은 실제로 사용하면서 경년에 대한 특성평가, 자료를 축적할 필요가 있다고 사료된다.

2. 시제작된 Shunt의 직각과 응답특성의 부분응답시간  $T_d$ 를 구한 결과 10ns로 되었다. 이는 IEC의 충격전류의 기준측정시스템으로서의 조건인  $0.1 T_1$ 의 조건인 90 ns이하를 만족하였다.

향후에는 IEC 60060-2의 표준적인 방법인 기준측정시스템과의 국제적인 비교시험을 통하여 그 특성을 검증, 확보함으로써 시제작된 측정시스템이 공인시스템으로 인정, 구축될 것이다.

#### [참고문헌]

- [1] IEC standard IEC 60060-2, Amendment, high voltage test techniques. Part2 : Measuring systems, 1994.
- [2] IEE standard 4 : IEEE standard techniques for high voltage testing, 1995, pp.31~34
- [3] M. Aro, J. Hallsron, Kil Oykla. "Intercomparision of impulse voltage measuring systems at 600kV level Experience and practical problems", 8th ISH, paper 50.03, september 1993.
- [4] J. Rungis, M. Ishii, Y. Cuny, K. Schon, "Intercomparision of impulse divided from PTB in Australlia, Japan and China", 8th ISH, paper 50.02, September. 1993.
- [5] J. X. Xhing, R. H. Mcknight, R. E. Hebner, "Interaction between two dividers used in simulaneeous comparision measurements", IEEE Transactions on Power Delivery, vol. 4, no. 3, pp. 1586-1594, July 1989.
- [6] T. R. Mccomb, R. C. Hughes, H. A. Lightfoot, K. Schon, et al., "International comparision of HV Impulse measurements system", IEEE Transations on Power Delivery, vol. 4, no. 2, pp. 906-915, April 1989.
- [7] A. Boaammy, G. Rizzi, et al., "International comparision of HV impulse dividers." 7th ISH, paper 61.07, 1991.

[8] 김익수의 "개폐충격전압 측정용 션트 저항분압기의 직각과 특성에 관한 연구", 대한전기학회 논문지 48 C권 12호, 1999. 12

본 연구는 국무총리실 산하 산업연구회의 연구비 지원에 의하여 이루어진 연구의 일부로서 관계부처에 감사드립니다.