

뇌충격전압 측정시스템의 국제 비교시험-II

김익수, 정주영, 최재구, 김익균, 신영준
한국전기연구원

Intercomparison of LI measurement system of KERI

Ik Soo Kim, Joo Young Jeong, Jae Gu Choi, Ick Kewn Kim, Young June Shin
Korea Electrotechnology Research Institute

Abstract - To compare the lightning impulse measurement capabilities of high voltage laboratory, a lightning impulse voltage measuring system from HUT is circulated around the world. This paper presents test results after second round of this worldwide exercise.

KERI's impulse voltage measuring system compared with the circulating reference measuring system from HUT at voltage levels of 80, 160, 240, 320 and 400 kV. Three impulse shapes were used, i.e. full smooth lightning impulse with both short (0.84~0.95 μ s) and long front (1.45~1.56 μ s), and chopped impulse with time to chopped impulse. Impulse peak value (U_p) and time parameters (T_1 , T_2 and T_c) according to IEC 60060-1 were compared.

1. 서 론

전기에너지는 수송, 변환, 제어 등의 편리한 점 때문에, 산업의 발달과 경제 향상에 따라 그 수요는 급격히 증가하고 있다. 급격히 증가되는 전력수송을 더욱 효율적으로 행하기 위하여 송전전압은 더욱 고전압화 되고 있으며, 우리나라에서도 2002년에는 765kV 송전이 이루어질 것이다. 이러한 초고전압 송전과 더불어 양질의 전력을 공급하기 위해서는 전력계통에 운용될 전력기기의 절연성능 확보 및 검증은 필수적이다. 이 중 초고전압 전력기기 절연성능에 중요한 요소로는 뇌 서어지에 대한 특성과 개폐 서어지에 대한 특성이다. 실제로 제작사의 공장 및 실험실에서의 절연성능 확인시험은 이들 서어지를 모의한, 규정에 정해진 충격전압을 인가함으로써, 그 특성을 파악한다. 충격전압은 극히 단시간에 최대치까지 상승하고, 또 단시간내에 0전위로 감쇄하는 과도적인 전압이므로, 충격전압 특성 평가를 정확하게 행하기 위해서는 측정분야에 대한 충분한 지식과 경험이 중요하다. 최근, 국제 전기기술 위원회(IEC:International Electrotechnical Commission)에서는 고정확도의 충격전압 측정요건과 함께 고전압 시험기술의 국가표준으로의 소급성(traceability)확보에 의한 측정 정확도를 유지하도록 하는 제도를 도입할 것을 제시하고 있으며, IEC 60060-2, 고전압 시험기술-Part 2 : 측정 시스템^[1]에서 비교시험을 통한 고압 측정 시스템의 교정을 권장하고 있으며, 교정절차 및 방법이 제시되어 있다. 지금까지 이러한 종류의 교정은 상당한 발전을 가져왔으며, 몇몇 국제 상호비교시험이 유럽과 미국에서 세계적으로 널리 이루어져 왔다.^[2,9] 우리나라에서는 당 연구원이 국내 유일한 전기 전문 연구·시험기관으로서,

1998년 11월에 오스트레일리아 국립 표준연구소인 CSIRO연구소와 뇌충격전압과 개폐충격전압 측정시스템에 대한 국제 비교시험을 행하여, 기존 측정 시스템으로서의 특성을 가짐을 보인바 있다. 이번 당 전기연구원이 참가한 국제 비교측정시험은 핀란드 헬싱키대학(HUT)이 주관하고 있는 것으로, 1999년 부터 2001년까지 전세계 총 22개국의 27개 참가기관을 대상으로 국제비교 시험이 행해지고 있다. 본 논문은 당 전기연구원에서 2001년 1월에 행한 뇌충격전압 측정시스템의 국제 비교시험의 결과를 나타낸 것이다.

2. 본 론

2.1 뇌임펄스 측정시스템의 구성

2.1.1 HUT 측정장비의 구성

HUT 표준 측정시스템의 구성은 다음과 같다.
- 10k Ω , 400kV 저항분압기(고압 케이블, 200 Ω 제동저항, 측정 케이블, attenuator 포함)
- 10-bit 오실로스코프 (Nicolet PowerPro610)
- 구 갭(재단과 발생용)
- 오실로스코프 교정기

2.1.2 KERI 측정장비의 구성

- 8k Ω , 700kV 저항분압기(고압 케이블, 200 Ω 제동저항, 측정 케이블, attenuator 포함)
- 8-bit 오실로스코프 (Tektronix TDS 540C)

2.2 실험 장치 및 방법

모든 측정시스템은 차폐룸에 설치되었고 휴대용 컴퓨터에 의해 제어되도록 하였다. 모든 장비의 전원은 220V, 60Hz의 정격 전원을 공급하는 안정 전원 공급기(UPS)를 통해 공급하였다.

비교시험은 각각 80, 160, 240, 320, 400[kV]의 정·부극성 전압에서 행하였으며, 파두장의 규정파형(1.2 μ s) 허용도가 가장 큰 +30%의 1.56 μ s와 허용도가 가장 작은 -30%의 0.84 μ s의 두가지 형태를 사용하였고, 파미장은 60 μ s로 맞추었다. 또한, IEC 표준규격 60060-1^[10]에 따라서 파두장이 1.56 μ s에서 구갭을 이용하여 발생시킨 재단파(T_c : 0.5~0.6 μ s)에 있어서도 비교하였다.

뇌충격전압의 인가는 제동저항을 통해 각 분압기의 상당 인가측으로 인가되고, 양쪽 분압기는 서로 직각이 되도록 설치하였으며, 당 전기연구원 분압기의 높이는 3.5m이다. 당 연구원과 HUT의 분압기로 구성된 실험장치를 그림 1에 나타내었다.

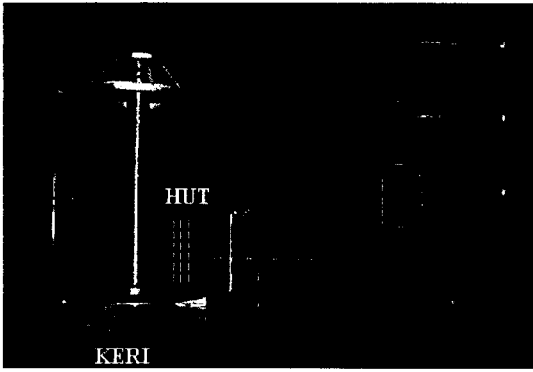


그림 1. 실험장치도

2. 3 실험 결과 및 분석

정확한 비교시험결과를 얻기 위해 시험전과 시험후에 뇌임펄스 측정시스템의 성능을 검사하고 교정하였다. 그림 2는 당 연구원의 기준분압기에 대한 비교시험 전후에 있어서 분압비(scale factor)를 측정한 결과이다.

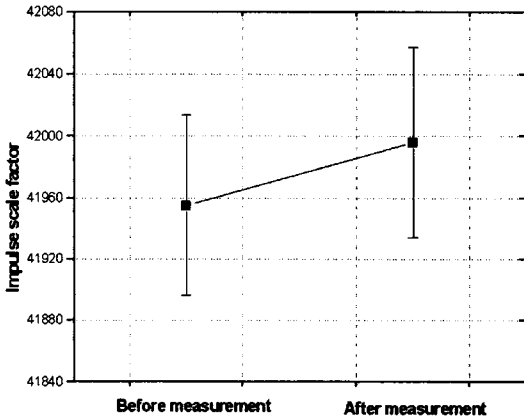


그림 2. KERI 표준분압기의 분압비 측정결과

분압비(scale factor)를 측정한 결과, 약 0.1%의 변화가 나타났고, 이는 KERI의 기준분압기가 비교적 안정적이라는 것을 보여주는 것이다. HUT의 분압기의 경우도 전세계를 순회하면서 scale factor가 약 -0.1% 변화한 것으로 나타났다. IEC 표준규격 60060-2: part-2의 표준 측정시스템의 요구조건이 허용하는 범위 내에서의 작은 오차이므로 무시할 수 있다.

HUT와 KERI 분압기의 뇌임펄스 전압 출력값의 파고치와 출력파형의 파두장, 파미장의 편차는 다음식으로 구한다.

$$\delta U = \frac{U_{KERI} - U_{HUT}}{U_{HUT}} \quad (1)$$

$$\delta T_1 = \frac{T_{1KERI} - T_{1HUT}}{T_{1HUT}} \quad (2)$$

$$\delta T_2 = \frac{T_{2KERI} - T_{2HUT}}{T_{2HUT}} \quad (3)$$

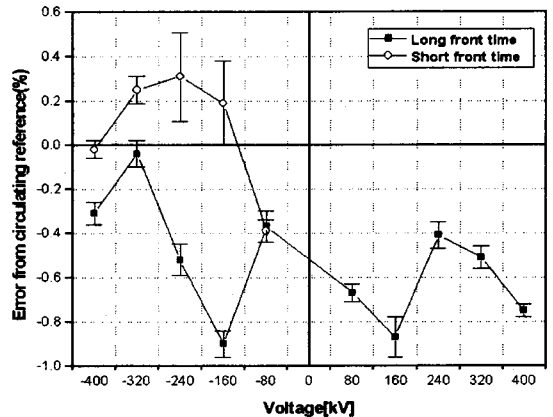
비교측정을 위하여 각각의 전압에 있어서 인가회수는 10회로 하였고, 비교분석은 Student's t 분포를 적용하여 평가하였다.

그림 3에 파두장이 각각 0.84 μ s, 1.56 μ s인 뇌임펄스의 파고치 δU , 파두장 δT_1 , 파미장 δT_2 값의 비교시험 측정 결과를 나타내었다. 파형의 filtering과 파라미터의 자동계산을 위하여 「IMPCAL9」라는 소프트웨어를 사용하였으며, 전파 뇌충격 파형의 자료를 얻기 위한 digitising rate는 500 MS/s (Mega Samples /second)로 하였다.

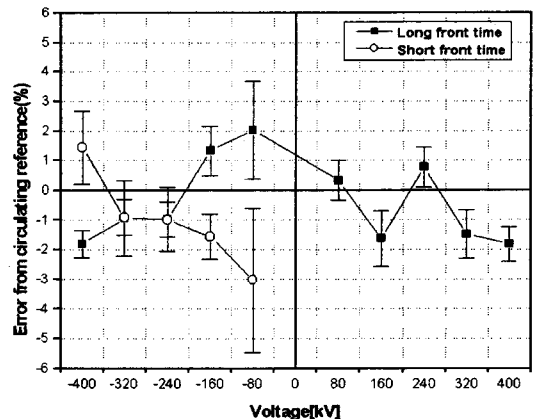
비교측정결과, 각 전압에 있어서 0.9%, 파두장은 4.9%, 파미장은 2.5%의 불확도(k=2)를 나타내었다. 이는 기준 분압기로서의 가져야 할 불확도인 파고치 1% 이하, 파두장 및 파미장 5% 이하를 모두 만족하였다.

재단파의 δU , δT_1 , δT_2 값에 대한 비교시험 측정 결과는 그림 4에 나타내었다.

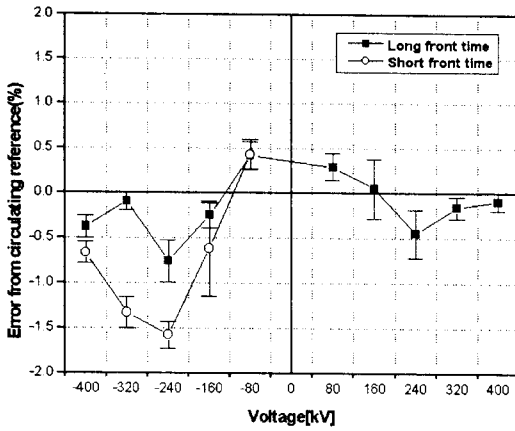
비교측정결과 파고치는 1.8%, 파두장은 4.4%, 파미장은 4.8%의 불확도(k=2)를 나타내었다. 이는 기준 분압기로서의 가져야 할 불확도인 파고치 3% 이하, 파두장 및 파미장 5% 이하를 모두 만족하였다.



(a) Peak value



(b) Front time



(c) Tail time

그림 3. 뇌임펄스 비교 측정 시험 결과
(불확도- U_p :0.9%, T_1 :4.9%, T_2 :2.5% ($k=2$))

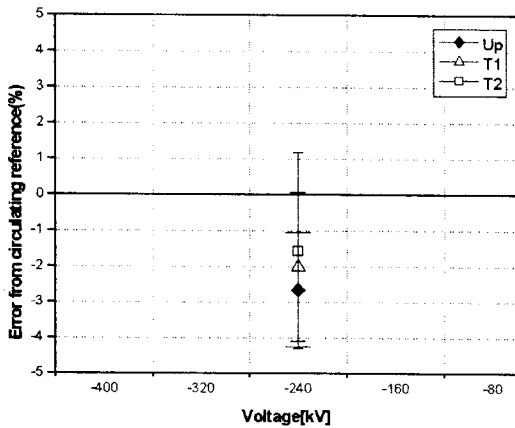


그림 4. 뇌임펄스 재단파 비교 측정 시험 결과
(불확도- U_p :1.8%, T_1 :4.4%, T_c :4.8% ($k=2$))

3. 결 론

우리나라의 고전압 전력기기의 절연성능을 평가하는 데 필수적인 충격전압의 측정에 있어서, 국제 비교시험을 행한 당 연구원의 기준 분압기와 기업체가 보유하고 있는 충격전압 측정시스템의 비교시험을 통하여 그 소급성을 증명할 필요가 있다. 이 비교시험은 우리의 우수한 제품성능을 국제적으로 인정 받도록 하는 기본적인 요소이므로, 기업체에서는 전문적인 지식을 가진 사람이 이를 전담토록 하여야 하며, 적절한 시기에 기업체가 보유하고 있는 충격전압 측정시스템의 정확도에 대하여 검증할 필요가 있다.

국제 비교시험 결과, 당 한국전기연구원의 뇌임펄스 측정 표준 분압기 시스템은 안정적이고 성능이 우수한 것으로 나타났다. 또한 IEC 표준규격에서 제시하고 있는 뇌임펄스 파형의 요구조건(U_p :1%, T_1 :5%, T_2 :5%)을 만족하고 있으며 재단파 역시 표준 분압기에 대한 IEC 표준규격의 허용 범위(U_p :3%, T_1 :5%, T_c :0.5~0.6 μ s)를 만족하고 있는 것으로 나타났다. 따라서, 이 기준 측정 시스템과 산업체, 연구소 및 학교 등에서 사용

할 충격전압 측정 시스템과의 비교시험을 통하여 그 정확도를 인정하여 줄 수 있도록 활용할 예정이며, 국제적인 인정을 받을 수 있는 정밀도가 높은 기준 충격전압 측정 시스템을 구축, 운용함으로써 고전압 전력기기의 국제적 품질인정, 수출 증대 및 전기공급의 안정화등에 기여할 수 있는 토대를 마련하고자 한다.

(참 고 문 헌)

- [1] IEC 60060-2 (1994): High voltage testing techniques Part 2 : Measuring systems.
- [2] K. Schon and W. Lucas. Worldwide inter-laboratory test comparisons of HV impulse dividers ERA Report 94-0776, 1995.
- [3] M. Aro, J. Hallstrom. Intercomparison of impulse voltage measuring systems at 600kV level experience and practical problems , 8th ISH, paper 50.03, sept. 1993.
- [4] J. Rungis, M. Ishii, Y. Cuny, K. Schon. : "Intercomparison of impulse divided from PTB in Australis, Japan and China" 8th ISH 50. 02, 1993
- [5] J. X. Khang, R. H. Mcknigt, R. E. Hebner : "Interaction between two dividers used in simultaneous comparison measurements" IEEE Transactions on Power Delivery, Vol. 4, No. 3, July 1989, pp. 1586-1594
- [6] T. R. McComb, R. C. Hughes, H.A.Lightfoot, K. Schon, R. Schulte, R. Mc Knghr, Y. X. Zhang. : "Intermational Intercomparison of HV Impulse measurments systems" IEEE Transactions on Power Delivery, Vol. 4, No 2, April 1989, pp.906-915.
- [7] T. R. McComb, F.A. Chagas, K. Feser et al. : "Comparative Measurements of HV Impulse to Evaluate Different Sets of Response Parameters". IEEE Paper, 90WM056-2 PWRD, 1990.
- [8] A. Boaamy, G. Rizzi, A. W van Boetselaer, R. C. Hughes, A Vaz, F. Garmacho, K. Schon. : "International comparison of HV impulse dividers." 7th ISH, Dresden 1991, paper 61.07
- [9] D. Train : "Comparative Measurements of High Voltage Impulses using Reference Dividers" Doble exchange 4/92, p10-14
- [10] IEC 60060-1 (1989) High-voltage test techniques Part1:General definitions and test requirements