

뇌충격 측정시스템의 비교시험에 의한 성능평가 - 전파 뇌충격전압 인가시 -

김 익 수⁰, 김 영 배, 이 형 호
한국전기연구소

Performance Evaluations of the Lightning Impulse Voltage Measuring System by Intercomparative Test - in case of full lightning impulse voltage -

Ik-Soo Kim, Young-Bae Kim, Hyeong-Ho Lee
Korea Electrotechnology Research Institute

Abstract

Lightning impulse voltage is essential to evaluate the insulation performance of electric power apparatus. Recently international standard (IEC-60) on high voltage measurement techniques are being revised. In the draft of this standard, a new calibration method is introduced and the accuracy of most industrial measuring systems is maintained by means of comparison test against the reference measuring systems.

Intercomparison tests of dividers for lightning impulse measurement were carried out by KERI. The shielded resistive divider with 700kV rating developed by KERI were done comparison test with PTB divider with 300kV rating which have the similar characteristics as that were circulated among the laboratories.

This paper reports on the comparison test results with full lightning impulse voltages from 126kV to 240kV. It is demonstrated that KERI are capable of realizing the idea in the revision of the IEC standard, that is, to establish traceability.

1. 서론

뇌충격전압 측정에 있어서 정도(精度)는 충격전압 분압기의 적각과응답 시험법과 함께 IEC(International Electrotechnical Committee)규격에 규정되어 왔다. 현재까지 규정에 없었던 추적성(traceability)이라고 하는 것이 국제적으로 중시되어, 그것을 실현하기 위하여 측정계의 비교교정에 관한 연구가 독일을 중심으로 세계 각국에서 활발히 행해지고 있다[1-3]. 추적성은 전압, 전류 등의 표준과 측정계의 정도를 가능한 비교시험에 의한 직접적인 방법으로 관계짓는다는 것이다. 또한, 충격전압 분압기의 적각과 응답 파라미터(parameters)도 보다 상세히 규정할 필요성이 검토되어 현재에는 IEC규격의 개정안이 최종단계에 이르러 있다[4].

개정안에 있어서 대부분의 기술적인 문제점이 충격전압의 측정에 나타나고, 그 이유로 국제적 비교시험의 연구도 뇌충격전압의 측정계를 중심으로 행해지고 있다.

따라서, 국내에서도 국제순회비교시험에 사용된 기준분압기와 특성이 유사한 분압기인 독일볼리공화연구소(PTB)의 저항분압기를 구입하여, 당 연구소가 개발한 700kV급 쉴드저항분압기의

특성을 평가하고자 126kV - 240kV정도의 전파 뇌충격 전압을 인가하여 비교하였다. 이 국제비교시험에서는 IEC규격 개정안에 근거하여 수행한 결과를 제시하고 있다.

2. 비교시험 방법

2.1 비교시험 방법

비교시험은 그림1과 같이 기준분압기 A와 대상분압기 B를 대칭인 Y형으로 배치하여 실시하였다. 시료는 직경25mm의 표준 구경을 지지물로 구성하였고, 인가 전압파형으로는 전파 뇌충격 전압파형(1.2/50 μ s)으로 하였다. 분압기의 출력전압은 정합저항을 겸한 감쇄기를 통하여 1대의 디지털 오실로스코프(Tektronix TDS 684A, 5GSamples/s, 8bit) 두 채널을 사용하여 동시에 측정된다. 또한 측정채널간의 오차를 검토하기 위하여 채널을 상호교체하여 측정하였고, 측정회수는 20회이상 실시하여 평균치를 측정치로 산출하였다.

비교시험의 시행에 앞서, 측정계에의 유도상해를 전정하기 위하여, 시험시의 실제전압을 인가하여 측정계의 유도전압을 측정하였다. 그림 2는 유도전압 측정파형의 일례로, 유도전압은 측정전압의 0.9%로(기준분압기는 0.4%) IEC규격 개정안에 있는 1%값 이하였다.

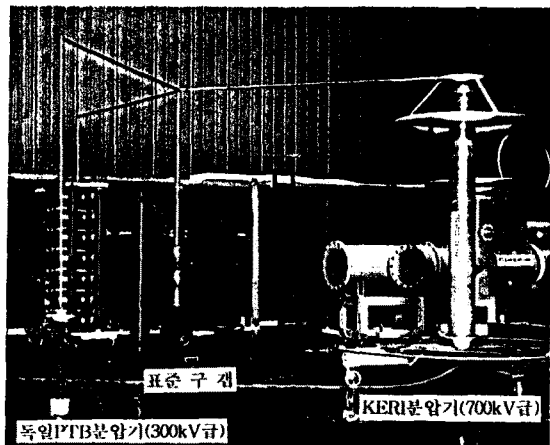


그림 1 비교시험 회로 구성도.

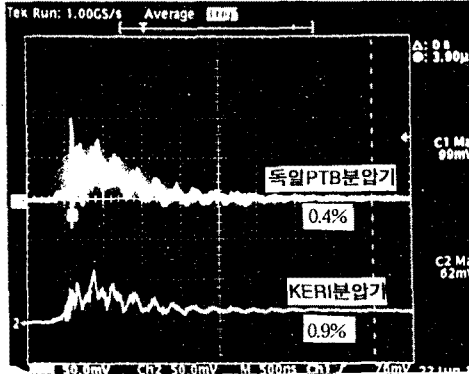


그림 2 유도전압 측정의 일례.

2.2 분압기의 상세

가. 분압기 A

독일 PTB에서 구입한 분압기를 비교시험에 있어서 기준분압기로 하였으며, 그 기준분압기를 분압기 A로 칭하였다. 분압기 A는 유압 및 4개국간에 이미 실시한 100KV급 국제순회비교시험에 사용된 것과(정격 300KV) 거의 같은 특성을 갖고 있다.

그림 3은 분압기 A의 구성을 나타낸다. 분압기 본체의 높이는 약 1m이며, 고전압부의 구성은 고전압측의 소형 윌드전극과 약 8 kΩ의 되집기권선 저항체로 구성되어 있다. 저전압부에는 분압기 A의 전용 동축케이블(25m)의 임피던스에 맞추어 병렬 접속한 저항체(합성 저항치 75Ω)로 정합되어 있다. 고전압측의 회로에 제동저항을 접속하지 않고 측정할 경우의 응답시간이 3ns가 되도록 조정되어 있다(PTB에서 측정). 고전압 인가선의 높이는 다음에 서술하고 있는 비교대상 분압기 B의 높이 3.5 m로 하였으며, 수평길이 3.5m, 직경 25 mm의 알루미늄 봉으로 제작하여 분압기에 연결하였다.

나. 분압기 B

분압기 B는 당 연구소에서 IEC개정안에 대비하여 우리나라의 표준분압기로서 성능을 가지도록 제작한 높이 3.5m 윌드 저항 분압기이다. 그림 4에 분압기 B의 구성을 나타내고 있다. 고전압부는 길이가 1m인 2.66kΩ의 저항체 3개를 직렬로 연결하여 구성하였다. 저압부는 10Ω의 되집기권선 저항체 2개를 직렬로 한 8조를 방사상으로 병렬배치하여 합성저항치 5Ω으로 하였다. 측정용 동축케이블의 임피던스 75Ω과 정합하기 위하여 저압부와 동일한 형태의 권선저항체 70Ω을 고압부와 저압부의 결합점과 측정케이블 접속용 단자사이에 연결하였다.

고전압부에는 고리형태의 윌드전극(직경 1.5m)이 취부되어 있다. 윌드전극은 고전압측 저항체의 전위분포 개선과 저항체의 표류용량을 보상하여 응답특성을 개선하기 위해 설치하였다.

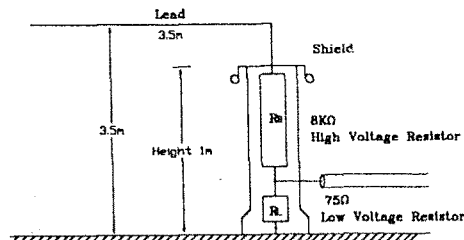


그림 3 분압기 A(기준분압기: 독일 PTB)의 측정계 구성.

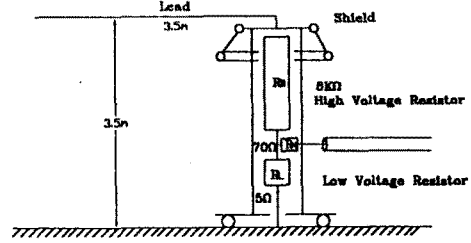


그림 4 분압기 B(대상분압기: KERI A)의 측정계 구성.

3. 비교시험 결과

비교시험의 결과로 얻어진 각 자료는 다음의 식을 사용하여 오차를 계산하며, 측정 자료의 수가 10회 이상인 Student's t분포의 값으로 95% 신뢰성($k \frac{s_r}{\sqrt{n}}$, k : Student's t분포의 t값)

으로 평가를 하였다[5].

① 측정값의 상대오차 (dU_i)

$$dU_i = \frac{U_A - U_0}{U_0} * 100 \quad [\%]$$

단, U_A : 측정값(대상분압기의 측정자료)

U_0 : 기준값(기준분압기의 측정자료)

② 상대오차의 평균

$$\frac{dU}{U} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \frac{dU_i}{U_i}$$

③ 상대오차의 표준편차 (s_r)

$$s_r = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n \left(\frac{dU_i}{U_i} - \frac{dU}{U} \right)^2}$$

그림 5는 전파 뇌충격전압에 대한 분압기 A를 기준으로 한 분압기 B의 파고치 오차 δU 및 파두장 오차 δT_r , 파비장 오차 δT_f 의 평균치 및 95% 신뢰도의 값을 나타낸다. 그림 5(a)에 나타나 있는 파고치 오차 δU 는 $\pm 0.9\%$ 이내, 그림 5(b)에 있어서의 파두장 오차 δT_r 는 $\pm 3.3\%$ 이내, 그림 5(c)에서의 파비장 오차 δT_f 는 $\pm 3.4\%$ 의 값이었다. 그림의 전체부분은 IEC규격안의 허용한계를 나타낸다.

4. 시험결과 검토

비교시험에 있어서 니지턴 오실로스코프의 채널간의 특성차이의 영향 검토를 위한 결과는, 응답특성에 영향을 그다지 미치지 않는다고 나타났다. 그러나, 그림 5(a)의 측정 자료분석에 의하면 채널하나만의 측정자료를 선택하는 경우에는 오차가 크게 되므로(파고치의 경우: 최대 약 0.9%), 오차를 줄이기 위하여는 두 채널을 상호교대로 하여 측정하는 것이 오차를 줄이는 방법(파고치의 경우: 약 0.4%)으로 사료된다. 또한, 보다 높은 정도를 요구하는 경우에는 니지턴 계측기의 교정방법 및 접속 재가를 위하여, 파형처리 방법 등에 대하여 향후 검토할 필요가 있다고 사료된다.

끝으로, 본 비교시험 분압기 2대는 모두가 크지 않았기 때문에, 측정예의 근접상해불 영향은 작다고 사료된다. 그렇지만, 대형 일반분압기를 대상으로 하는 경우에 대비하여 근접상해불의 영향에 대해서 향후 검토할 필요가 있다.

5. 결론

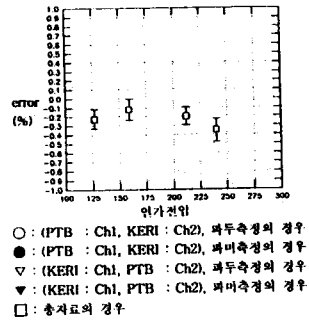
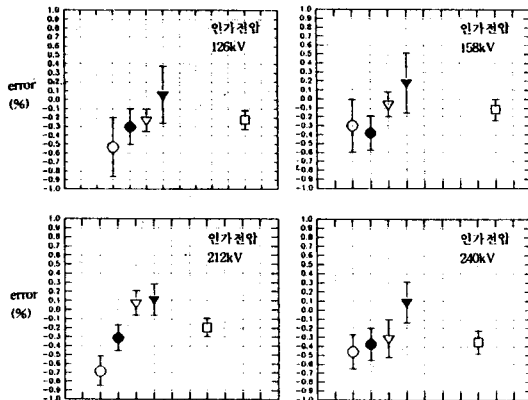
국제순회 비교시험을 실시한 독일PTB로부터 성능이 우수한 300kV급 분압기를 구입하여 당 연구소가 시제작한 700kV 율드 지향분압기와 비교시험을 실시 하였다. 그 결과 표준 전파 뇌충격 전압 측정기술에 있어서는 만족스러운 수준에 있다는 것을 알 수 있었다. 또한, 추적성을 확보하도록 규정하고 있는 IEC규격의 개정안에 대해서 만족스러운 결과를 얻었다고 평가할 수 있다.

그러나 자기 다른 측정기 및 측정환경의 차이에 의한 측정 결과의 이산도를 한층 감소시키기 위하여, 측정자료의 보정등 비교시험의 기술화립에 보다 많은 연구를 수행할 필요가 있다. 또한, IEC규격을 만족하는 충분한 시험기술을 확보하기 위한 제단파 및 개폐충격 전압파에 대한 연구도 요구되고 있다.

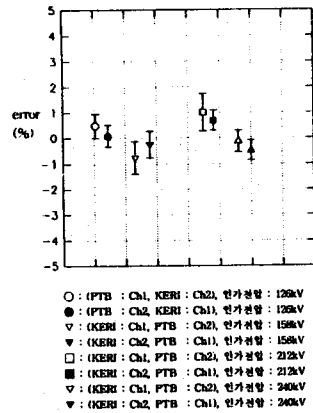
본 연구는 과학기술처에서 시행한 특정연구 개발 사업의 연구결과의 일부입니다.

참고문헌

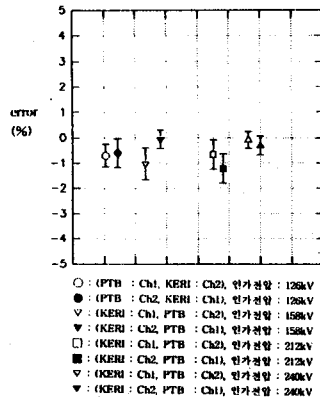
1. T.R.Comb, R.C.Hughes, H.A.Lightfoot, K.Schon, R.Schulte, R.McKnight and Y.X.Zhang : "International comparison of HV Impulse measuring systems", IEEE Trans.Power Delivery, 4, No.2 (1989-4)
2. A.Boamy, G.Rizzi, A.W.van, R.C.Hughes, A.Vaz, F.Garnaho and K.Schon : "International comparison of HV Impulse Dividers", 7th ISH, Dresden, 61.07 (1991)
3. J.Rungis, M.Ishii, Y.Cunyi and K.Schon : "Intercomparison of impulse dividers form PTB in Australia, Japan and China", 8th ISH, Yokohama
4. IEC Committee Draft : "High Voltage Test Techniques Part 2 : Measuring Systems", TC 42 (S) 82(1992)
5. IEC TC42 (Secretariat)96 : "Estimation for uncertainty in the measurement of assigned scale factor" April 1994



(a) 파고치의 경우



(b) 파두장의 경우



(c) 파미장의 경우

그림 5 분압기 B와 기준분압기(분압기 A : 독일 PTB)와의 비교시험결과