

표준측정시스템과의 비교시험을 통한 교류전압 측정시스템의 소급성 확보

최익순, 김석수, 허종철, 김민규  
한국전기연구원

Comparison of AC Voltage Measuring System

I. S. Choi, S. S. Kim, J. C. Heo, M. K. Kim

**Abstract** - For reliability of high voltage test results in test laboratory, traceability of measuring systems is to be needed. In this paper, it deals with traceability and uncertainty of AC voltage measuring system which is tested by comparison with reference divider.

1. 서 론

전기에너지는 수송, 변환, 제어 등의 편리한 점 때문에 산업 발달과 경제 향상에 따라 급격히 수요가 증가하고 있으며, 효율적인 수송을 위하여 초고전압 송전을 행하게 된다. 이러한 초고전압 송전과 더불어 양질의 전력을 공급하기 위하여 전력계통에 운용될 전력기기의 절연성능 검증은 필수적이다. 이 절연성능의 검증은 실제 사용되는 전압(교류전압 또는 직류전압)뿐만 아니라 과도적으로 발생하는 이상전압에 대하여도 전력기기 절연이 견딜 수 있음을 보이는 것이다.

이러한 성능검증시 측정값의 정확성을 요구되는 것은 주지의 사실이며, 국제 전기기술위원회(IEC)에서는 고전압 시험기술의 국제 규격화를 도모하도록 국가표준의 소급성(traceability) 확보에 의한 측정 정확도를 유지하도록 하는 제도를 도입할 것을 제시하고 있다.[1]

본 논문에서는 절연성능검증의 기본인 AC 내전압 측정용 Divider를 본원이 보유하고 있는 기준측정시스템과의 비교시험을 통해 비교시험절차와 측정시스템의 불확도를 평가한 내용을 소개한다.

2. 본 론

2.1 고전압측정시스템의 불확도

고전압 분야에서는 95 %의 신뢰수준으로 불확도를 평가하는 것이 일반적이며, 이러한 경우 정규분포로 환산하면 1.96σ의 범위로 되는데, 2σ의 값을 통상 사용하고 있다. 불확도를 평가하는 절차는 IEC 60060-2의 고전압 측정을 따른다[2].

(1) 우연적 기여 (A-type)

우연적 기여는 반복 측정으로부터 통계학적으로 유추되고, 측정값이 정규분포로 되려는 경향이 있다. 각각의 우연적 기여는 측정값 시료의 실험표준편차 ( $S_x$ )로 특정 지어 진다.

(2) 계통적 기여 (B-type)

- ① 계통적 기여는 통계적으로 평가되지 않고 다른 방법으로 평가된다. 그 예는 다음과 같다.
  - 교정 증명서에 기술된 측정계통 (또는 그 구성품)의 교정 불확도
  - 측정계통 환산계수 값의 이동 (열화)

- 교정 조건과 다른 일정한 조건하에서 측정계통의 이용
- ② 일단 측정계통 (또는 구성품)이 교정되고 시험에 사용되면, 교정 불확도는 시험결과와 불확도 평가에서 계통적 기여로 간주된다.

(3) 불확도간의 상관관계

만일 측정된 양 사이에 상관관계가 실제적이고 의미가 있다면, 무시해서는 안 된다. 가능한 한 이러한 상관관계는 상관된 양을 변화시켜 실험적으로 평가한다. 대부분의 경우 영향 받는 양이 상관되지 않는다고 가정하므로 측정량은 충분히 독립적이다. 그러나 측정량 사이의 상관관계를 무시할 수 없고 실험적으로 결정할 수 없는 경우에는 ISO TAG 4의 4.1항의 절차를 따른다.

(4) 전체 불확도

(a) 불확도 기여의 결합

정규분포에 대한 불확도는 다음과 같이 나타낸다.

$$U = k \cdot s \quad (P \% \text{ 추정 신뢰수준}) \quad (2.1)$$

여기서,  $k$  : 정규분포 인자(적용인자)이고  $n \rightarrow \infty$ 일 경우, 표 2.1을 따른다.

특별히 규정하지 않는 한 불확도는 대체로 신뢰수준 95 %와  $k=2$ 에서 평가된다. 여기에서는 불확도 분포의 결합에 대한 절차는 측정계통의 계통적 기여와 우연적 기여를 분리해 평가하도록 요구하고 있다.

전체 불확도  $U$ 는 계통적 기여  $U_s$ 와 우연적 기여  $U_r$ 의 제곱의 합에 대한 제곱근이다.

$$U = \sqrt{U_s^2 + U_r^2} \quad (2.2)$$

2.2 불확도 평가의 수준

측정계의 종합 불확도는 전술의  $U_s$ 로, 사용 환경의 변화, 사용조건 상이에 기인하는 불확도의 기여성분을 합성한 것으로 된다. 그리고 추가 하여야 할 기여 성분은 측정계가 실제로 사용될 수 있는 상황의 범위에 따라 변한다. 예를 들면 사용 환경의 변화에 관해서는 다음의 기여성분이 고려된다.

- 기온(온도 효과)
- 근접효과
- 시간(단기안정성, 장기 안정성)
- 기타

또한 사용조건 상이에 대해서는

- 파형(동특성에 의한 scale factor의 변동)
- 측정 전압의 파고치(직선성)
- digital 계측기의 분해능
- 기타

이들은 일반적으로 직사각형 성분을 가정한 B-type의

기여성분으로서 평가된다. 즉, 측정량의 상하한 값만이 추정되는 경우로 가정하여, 구간 폭의 1/2값 b %로 특징지어진다. 이때 정규분포로 환산한 1σ 상당의 량, 즉 표준 불확도는  $b/\sqrt{3}$  %로 주어진다. 지금 고려하여야 할 B-type 기여성분을  $b_1, b_2, \dots, b_j$ 라 놓을 때 종합 불확도  $U_{tot}$ 는 식 2.3으로 주어진다.

$$U_{tot} = 2 \cdot \sqrt{(U_s/2)^2 + b_1^2/3 + b_2^2/3 + \dots + b_j^2/3} \quad (2.3)$$

불확도 기여 성분의 종류를 표 2.2에 정리하였다.

표 2.1 Student's t의 분포(측정회수 n의 함수로써 신뢰 수준 P %가 규정되었을 때의 t 값)

n	P [%]			
	68.3	90.0	95.0	99.7
2	1.84	6.31	12.7	-
3	1.32	2.92	4.30	-
4	1.20	2.35	3.18	9.22
5	1.14	2.13	2.78	6.62
6	1.11	2.02	2.57	5.51
7	1.09	1.94	2.45	4.90
8	1.08	1.89	2.36	4.53
9	1.07	1.86	2.31	4.28
10	1.06	1.83	2.26	4.09
20	1.03	1.73	2.09	3.45
$\infty$ <sup>&lt;1&gt;</sup>	1.00	1.65	1.96 <sup>&lt;2&gt;</sup>	3.00

주 : <1>  $n \rightarrow \infty, t \rightarrow k$   
 <2> P = 95 %인 경우, k=2 이다.

표 2.2 고전압 계측에 있어서 불확도의 기여성분

A type		B type	
scale factor 결정		환경조건의 차이	
변동계수 : Se	기준계의 종합 불확도 : $U_o$	-선형성 -동특성 : bn -온도특성 -기타	
$\sigma = \frac{t \cdot S_e}{2\sqrt{n}}$	$\sigma = \frac{U_o}{2}$ (정규분포)	$\sigma = \frac{b_n}{\sqrt{3}}$ (적사각형분포)	

σ : 정규분포로 환산한 표준편차 상당의 양(표준 불확도)

### 2.3 비교시험

(1) 기준 측정시스템의 구성

- Rated measuring voltage : 200 kV
- Measuring cable : Coaxial cable, Type M17/84-RG 223, Length 30 m
- Input resistance : 1MΩ
- Display : digital (3 1/2 digits)
- Measuring range : 0 kV up to 199,9 kV

(2) 비교시험 대상 측정시스템의 구성

① 300 kV급 측정시스템

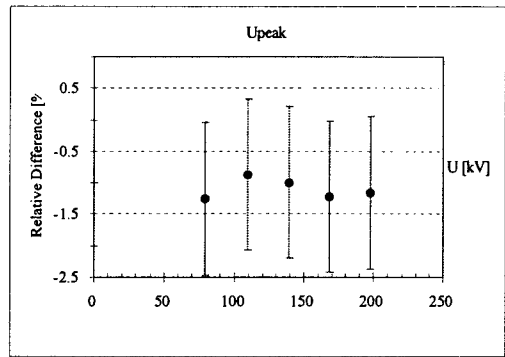
- Rated measuring voltage : 300 kV
- Measuring cable : 75Ω, 67 pF/m, impedance 75 Ω
- Measuring system : digital(3 1/2 digits)

## 3. 비교시험 결과

### 3.1 300 kV급 AC 내전압 측정시스템

① Scale factor

Reference [kV]	Test [kV]	Difference [%]	A-type [%]	B-type [%]	Overall [%]
80.09	79.086	-1.254	0.177	1.200	1.21
110.26	109.300	-0.871	0.115	1.200	1.21
140.26	138.870	-0.991	0.092	1.200	1.20
170.43	168.340	-1.226	0.037	1.200	1.20
199.85	197.540	-1.156	0.170	1.200	1.21



② 측정 불확도 평가

전압 80, 110, 140, 170, 200kV를 각각 10회씩 인가하여 얻어진 scale factor에 대한 계통적 측정불확도 중에서 가장 높은 200 kV 비교시험의 결과를 종합 불확도의 계산에 이용하였다.

Random uncertainty contribution, Ur

U_ref	U_test	U_ref/U_test
199.9	197.6	1.011639676
200.1	197.6	1.012651822
199.7	197.8	1.009605662
199.6	197.4	1.011144883
200.2	197.8	1.012133468
199.7	197.9	1.009095503
199.8	197.4	1.012158055
199.8	197.6	1.011133603
199.6	197.2	1.012170385
200.1	198.1	1.010095911
Correction factor		1.000
Average of scale factor		1.011
Standard Deviation		0.001
Standard Dev. in %		0.120
Uncertainty		0.086

Systematic uncertainty contribution, Us

	Contribution	Uncertainty
Resolution of RMS	0.08660254	0.1000
Resolution of MS	0.08660254	0.1414
Calibration uncert.	1.2	1.2042
Non-linearity	0.221	1.2309
Short-term stability	0.185	1.2493

따라서 종합불확도는 다음과 같이 계산된다

$$\therefore \text{Overall Uncertainty, } U = 1.256 \%$$

#### 4. 결 론

당원이 보유한 300kV급 AC 내전압시험기용 측정 Divider를 기준 Divider와 비교시험을 실시하였으며 그 결과 고전압시험에서 요구하는 종합불확도 한계내에 들어가는 것을 확인하였다.

#### [참 고 문 헌]

- [1] K. Feser, "Update on IEC 60 - High voltage test technique", CIGRE 33·94(WG 03) 14 IWD, pp. 1.2.1-1.2.8, Sept. 1994.
- [2] IEC 60060-2, Amendment, High voltage test techniques, Part 2 : Measuring system, 1994