

ERA 부분방전 측정시스템의 측정불확도개선

허종철*** 김위영*** 김석수*** 오창수** 박정후*
 한국전기연구원*** 한국전력공사** 부산대학교*

Measurement uncertainty improvement of ERA PD measuring system in test laboratory

Jong-Cheol. Heo*** We-Young. Kim*** Seok-sou. Kim*** Chang-Soo. Oh** Chung-Hoo. Park*
 KERI*** KEPKO Busan National Univ.

Abstract - ERA PD measuring system has been using for partial discharge evaluation of power apparatus in test laboratories. So, the measurement uncertainty of PD measuring system (ERA), such as PD pulse calibrator rise and fall time, scale factor(k) and linearity, transfer impedance etc, is very important factor of test result in test laboratory. In this paper, we describe traceability and uncertainty improvement of PD measuring system in test laboratory based on IEC 60270.

1. 서 론

시험실에서 부분방전 성능평가에 사용되는 ERA PD 측정시스템은 결합콘덴서, PD 검출 Unit, PD Detector, Pulse calibrator, Voltage divider, 전압계, 차폐실 및 Noise free 시험용 변압기로 구성된다. 또한 이들 측정시스템의 측정 불확도는 PD Pulse calibrator의 Rise 및 Fall time, PD scale factor 및 선형성, PD detector의 전달 임피던스, 전압측정용 분압기의 scale factor 및 선형성등에 의해 영향을 받으며, 이들 측정시스템으로부터 얻어진 측정불확도는 측정의 결과에 대한 신뢰도에 직접적으로 영향을 미치므로 측정시스템의 소급성(Traceability)을 확보를 통한 측정불확도를 유지하는 것이 필요하다. 따라서 본 논문에서는 시험소 보유 부분방전 측정시스템의 측정불확도 유지를 위해 IEC 60270(2000) - High-voltage test technique, Partial discharge measurement 을 기준으로 측정시스템에 대해 국제 또는 국가표준에 의한 소급성 및 불확도를 언급한다.

〈표 1〉 부분방전 측정시스템의 요건

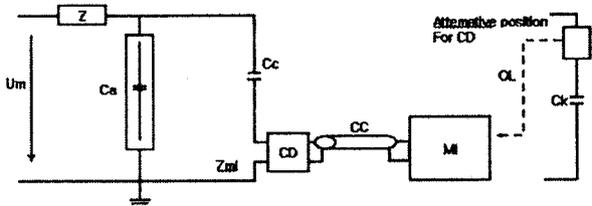
요소	불확도(Uncertainty)	
Calibrator	전하 q_0	$\pm 5\%$ or $\leq 1pC$
	Pulse 상승시간 (t_r)	$\pm 10\%$ ($\leq 60ns$)
	Pulse 반복주파수 (N)	$\pm 1\%$
PD 측정 시스템	Scale factor (k) 선형성	$\pm 5\%$
	Wide band계측기	$30kHz \leq f_1 \leq 100kHz$ $f_2 \leq 500kHz$ $100kHz \leq \Delta f \leq 400kHz$
Noise 레벨	·무전압상태 ·시험전압인가	\leq PD허용치의 50%
전압측정 시스템	분압기 및 측정 장치 선형성	$\pm 1\%$

따라서 본 연구에서는 IEC 60270에서 요구되는 변경된 PD측정요건에 대해서 언급하고, 시험소가 보유하고 있는 PD 측정시스템의 전압 및 PD 측정시스템의 소급성 확보에 대해서 언급한다.

2. 본 론

2.1 PD 측정시스템의 구성

부분방전 측정시스템은 크게 전압측정시스템과 PD Pulse 측정시스템으로 구분되며, 전압측정시스템은 분압기(Voltage divider), Digital 전압계 및 측정케이블로 구성되며, PD Pulse 측정시스템은 결합콘덴서(Coupling capacitor) 및 입력 Unit, PD Detector, PD pulse calibrator등으로 구성되며, 부분방전 측정시스템의 기본회로는 그림 1과 같다..



〈그림 1〉 부분방전(ERA)측정시스템의 기본회로

2.2 불확도 평가에 필요한 시험

측정시스템의 불확도 평가를 위해 실시된 시험의 종류는 다음과 같다.

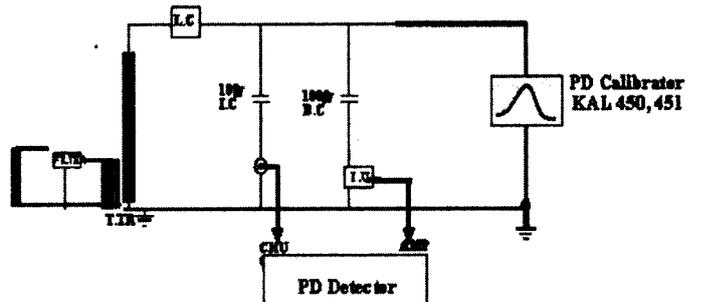
- 1) 전압측정시스템
 - Scale factor의 결정
 - 선형성시험
 - 단기안정성시험(B Type 불확도)
- 2) PD 측정시스템
 - PD Pulse calibrator 비교교정시험
 - PD 측정 Detector 선형성시험
 - Pulse resolution time 측정
 - 전달임피던스(Zf)의 측정

2.3 PD 측정시스템의 불확도평가

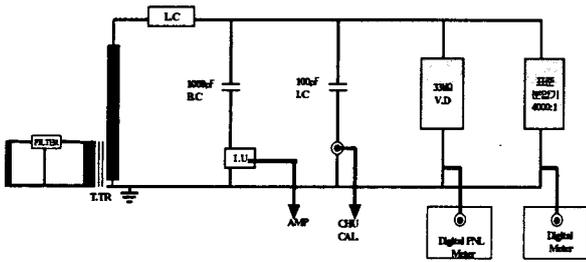
2.3.1 비교시험회로의 구성

PD Pulse Calibration 시스템(100pF)에 대한 calibrator 전하량 및 선형성시험회로는 그림2와 같으며, PD전압 측정시스템의 분압기에 대한 Scale factor 및 선형성 시험회로는 그림3과 같다. 전압회로 비교용 분압기는 소급성이 확보된 표준분압기를 사용하였으며, PD 시스템은 소급성을 유지하고 있는 Calibration pulse generator(KAL450, 451 Pulse 상승시간(t_r) $\leq 60ns$)를 이용해서 2pC - 2000pC의 범위에 대해 실시되었으며, 측정결과는 표 2 및 3과 같다.

〈그림 2〉 PD 측정시스템 Calibration회로



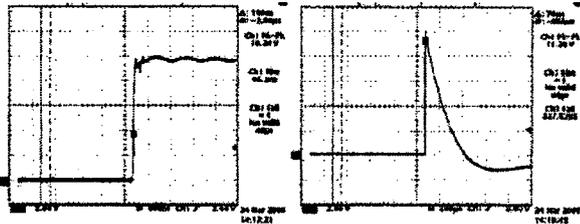
〈그림 3〉 전압측정시스템 비교시험회로



2.3.2 시스템 불확도산출

PD Pulse calibrator에 대해서는 Calibration pulse generator KAL450을 이용하여 5pC~100pC 범위에 대해서 Positive 및 Negative pulse에 대해 상승시간을 측정하였으며, KAL451을 이용하여 5pC~100pC 범위에 대해서 Positive pulse에 대한 상승시간을 측정하였으며, 측정결과는 그림 4와 같다.

〈그림 4〉 Pulse rise and fall time 측정

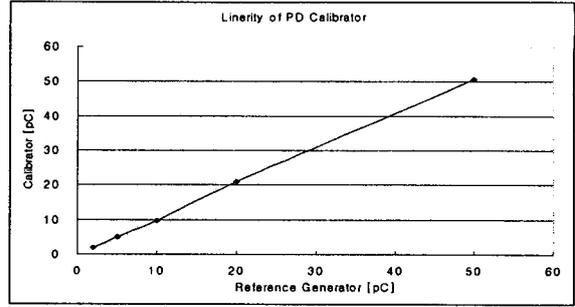


Pulse quantities	KAL 450 Rise time(ns)		KAL 451 Rise time(ns)
	Positive	Negative	Positive
5pC	16.0	18.4	3.2
10pC	16.4	19.3	5.0
20pC	17.0	20.0	14.0
50pC	17.9	21.2	17.2
100pC	18.6	22.3	19.0

PD Calibration 시스템(100pF)에 대한 불확도는 소급성을 유지하고 있는 Calibration pulse generator(KAL450, 451, Pulse 상승시간 (tr) ≤ 60ns)를 이용해서 2pC~50pC과 100pC~2000pC 범위에 대해 실시되었으며, PD Pulse calibrator의 상승시간 및 선형성에 대한 불확도는 IEC60270요건을 만족하였으며, 측정결과는 표 2 및 3과 같다.

〈표 2〉 PD Pulse Calibrator의 Linearity(2~50pC)

KAL450 Calibration pulse Gen.					
Linearity on 100pF PD Calibration system(Unit)					
Ref[pC]	Testing[pC]	Ref/Testing	Deviation in %	Absolute val.	Deviation
2	2.000	1	0.827137245	0.827	0.0083
5	5.000	1	0.827137245	0.827	0.0083
10	9.900	1.020408163	2.884833923	2.885	0.0288
20	21.000	0.952380952	-3.974155005	3.974	0.0397
50	50.700	0.986192304	-0.564953408	0.565	0.0056
				Average	0.99798483
				MAX Dev	2.974



〈표 3〉 PD Pulse Calibrator의 Linearity(100~2000pC)

KAL 451 Calibration pulse Gen.				
Linearity on 100pF PD Calibration system(Unit)				
Ref[pC]	Testing[pC]	Ref/Testing	Deviation in %	Absolute val.
100	101.000	0.99009901	0.144675834	0.145
200	200.000	1	1.146122592	1.146
500	508.000	0.984251969	-0.446729732	0.447
1000	1000.000	1	1.146122592	1.146
2000	2064.000	0.968992248	-1.990191287	1.990
Average				0.988668645
MAX Dev				1.990

* 계통불확도(B Type)

PD 측정시스템의 계통불확도는 유효자유도는 ∞, 신뢰도 95%(k=2)에서 다음과 같다.

$$U_s = k \sqrt{\left(\frac{U_{ref}}{2}\right)^2 + \frac{a_1^2}{3}} = 3.97\%$$

* 우연불확도(A Type)

$$U_r = \frac{t.s}{\sqrt{n}} : \text{우연불확도는 디지털계측기로 무시하였음.}$$

* 총합불확도(확장불확도)

$$U = \sqrt{U_s^2 + U_r^2} = \sqrt{3.97^2 + 0} \approx 3.97\%$$

3. 결 론

시험소 부분방전 측정시스템(ERA법)에 대하여 IEC 60270 및 60060-2에 따라 전압 및 PD pulse 측정시스템에 대한 Scale factor, 선형성, 전달임피던스(Zt)를 포함한 측정불확도를 측정된 결과 IEC 60270 및 60060-2의 요건을 만족하였으나, 불확도에 주요 기여요소인 계측기의 환경 및 온도조건등의 기여요소가 반영되지 못했다. 측정결과의 신뢰성을 유지하기 위해서는 측정시스템을 구성하고 있는 주요 기여요소들이 고려되어야 할 것으로 생각된다.

[참 고 문 헌]

- [1] IEC 60270(2000), High voltage test techniques - Partial discharge measurement
- [2] IEC 60060-2, Amendment, High voltage test techniques, Part2 : Measuring system, 1994.
- [3] "高電壓試驗所 認定制度と 所内 Impulse 電壓測定 System の 性能 評價" 日本電力中央研究所 No. T99903- 平成 11年 10月
- [4] "Calibration reproducibility in Partial Discharge Measuring Systems" CIGRE (WG D 1.33), Palermo, 2004. R. Gobbo, G. P esavent, A. Sc roccaro.