

Wide band 측정기를 이용한 PD계측에서 측정신뢰도의 추정에 관한 연구

정종일*, 김종형*, 손화영*, 김규섭*, 허창수**

*한국전기연구원 전기기기시험부, **인하대학교 전자전기공학부

Study on the measuring uncertainty of wide band PD measuring instrument

Jung-Il Jeong*, Jong-Hyung Kim*, Hwa-young Shon*, Kyu-Sub Kim*, Chang-Su Huh**

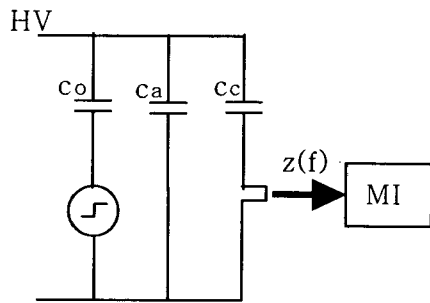
*Korea Electrotechnology Research Institute, **Inha Univ.

Abstract - 보이드, 이물, 돌기 등 고분자 절연체 내의 결함은 이곳에 전계가 가해질 때, 국부적 전계집중을 유발하며, 절연체 내의 미소 방전을 일으킨다. 이 때 발생한 미소 방전에 의해 보이드 표면의 고분자 물질은 기계적, 화학적 열화를 일으키며, 이에 따라 전기적 트리를 형성하게 된다. 이러한 트리는 결국 절연체의 절연파괴로 진전되므로, 고분자 물질을 절연물로 사용하는 전력기기의 경우에는 신뢰성에 큰 문제를 유발한다. 따라서, 이러한 방전(부분방전)이 일어날 때 생기는 전기적 신호를 검출하여, 절연물의 신뢰성을 평가하는 것은 매우 중요하다. 이러한 부분방전은 IEC등 국제기술기준에 그 제한 값이 정하여져 있으며, 본 논문에서는 이러한 값을 수학적으로 평가하는 방법에 대해 연구 하였다.

가된 전계 강도에 따라 그 펄스의 반복 주파수가 결정되게 된다[3].

1. 서 론

부분방전(Partial Discharge : PD)에 따른 방전전하량, 부분방전 개시전압 및 부분방전 소멸전압은 건식 수변전기기의 신뢰성을 평가하는데 매우 중요한 요소이다 [1][2]. 부분방전은 고분자 절연시스템 내의 보이드, 이물, 돌기등의 결함부에 국부적으로 가해지는 고전계에 기인하며, 발생된 부분방전에 의해 결함부의 고분자 물질의 기계적 손상이 일어나며[1], 이러한 기계적 손상이 계속되면, 고분자 절연 시스템의 영구적인 절연파괴로 이어질 수 있다.



- Ca : 시료
- Cc : 커플링 캐패시터
- Co 및 step function generator : 교정시스템
- Z(f) : 전달 함수
- MI : 계측기
- Co : 캐패시터

그림 1 시험설비 다이어그램

따라서, 건식 절연시스템을 사용하는 전력기기의 경우 운전전압범위에서 부분방전이 없어야 장기적 신뢰성을 가질 수 있으며, 부분방전 개시전압 이하에서 사용하는 것이 신뢰성 측면에서 보다 중요하다. 또한, 방전의 특성상 개시전압과 소멸전압이 다르므로 기기의 최고 사용전압의 신중한 선택이 요구된다.

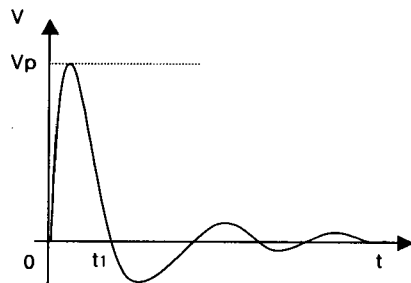


그림 2 응답특성

이러한 PD의 제량에 대한 전기적 측정방법으로는 IEC 60270의 시험방법이 널리 이용되고 있으나, 규격에서도 언급되어 있듯이 PD 펄스의 중첩, 변형 등의 문제가 PD 전하량, PD 개시전압 및 PD 소멸전압의 정확한 측정에 노이즈로써 영향을 미치고 있다.

또한, 정확한 방전 전하량은 수학적 통계 과정을 거쳐야 그 신뢰성을 확보할 수 있다.

2. 본 론

2.1 측정 시스템

그림 1은 PD의 측정에 사용되는 시험설비의 다이어그램이며, 그림 2는 이러한 시스템의 교정 펄스에 대한 전형적인 응답 특성을 나타내고 있다. 이러한 교정 펄스에 대한 응답 특성은 전달함수 및 측정기기의 밴드 폭에 의존하게 되며, 실제 측정에 있어서 그 기준값을 제공한다.

이러한 PD 펄스는 만일 PD 펄스가 절연체 내의 단일 보이드에 의한다면, 보이드의 크기에 따라 결정되며, 인

2.2 측정시스템의 uncertainty 추정

우선 전체 측정시스템의 uncertainty를 추정하기 위해

다음과 같은 조건을 유지 하였다.

- 1) 설비환경 - 전자파 차폐실 내
- 2) 온도 - 상온으로 일정하게 유지

이러한 조건으로 교정기(calibrator)의 입력과 측정시스템의 출력을 측정 비교하여 측정 시스템의 uncertainty를 추정하였다.

2.2.1 반복 측정을 통한 추정

- 1) 측정회수 : n
- 2) 측정값의 평균 : x
- 3) 측정값의 표준편차 : s

2.2.2 측정의 수학적 모델

$$A = f(X) = f(A_r) = A_r \quad (1)$$

여기서

A_r : 디지털계측시스템이 재측한 부분방전량

2.2.3 uncertainty 산출

- 1) 상기 식(1)에서 변수사이에는 상호간의 상관관계가 없으므로 합성 표준 uncertainty $u_c(A)$ 는 다음식으로부터 구한다.

$$u_c^2(A) = \sum_{i=1}^N \left[\frac{\partial f}{\partial x_i} \right]^2 u^2(x_i) \quad (2)$$

위의 식(2)로부터 측정하고자 하는 동작전압(V)의 합성 표준 uncertainty $u_c(A)$ 는 다음과 같다.

$$u_c^2(A) = u^2(\overline{A_r}) + u^2(\Delta A_1) + u^2(\Delta A_2)$$

여기서,

$u^2(\overline{A_r})$: 반복측정시 A형 uncertainty

$u^2(\Delta A_1)$: 교정기의 uncertainty 평가

$u^2(\Delta A_2)$: 계측시스템의 digit 평가

2.2.4. uncertainty의 성분 분석

- 1) A형 uncertainty 평가
 측정 데이터의 평균값 : x
 측정데이터의 표준편차 : s
 그러므로 A형 표준uncertainty는

$$u_a = \frac{s}{\sqrt{n}}$$

가 되고 자유도는

$$\nu_a = n - 1$$

가 된다.

- 2) B형 uncertainty 평가
 (1) 교정기의 uncertainty 평가

- (2) 계측시스템의 digit 평가
 계측시스템의 digit는 직각분포이다.
 digit의 uncertainty 평가는 다음과 같다.

$$u(\Delta A_2) = \frac{\text{반범위}}{\sqrt{3}}$$

이것은 직각분포이므로 자유도는 다음과 같다.

$$\nu_{A2} = \infty \text{ 이다.}$$

- (3) 전하량에 대한 uncertainty : $u_c(A)$

$u_c(A)$ 는 다음과 같다.

$$u_c^2(A) = u^2(\overline{A_r}) + u^2(\Delta A_1) + u^2(\Delta A_2)$$

$$u_c(A) = \sqrt{u^2(\overline{A_r}) + u^2(\Delta A_1) + u^2(\Delta A_2)}$$

전하량에 대한 자유도는 다음과 같다.

$$\nu_{c(A)} = \frac{u^4(A)}{\left(\frac{u^4(\overline{A_r})}{\nu_{A_r}} + \frac{u^4(\Delta A_1)}{\nu_{\Delta A_1}} + \frac{u^4(\Delta A_2)}{\nu_{\Delta A_2}} \right)}$$

- 3) 확장 uncertainty

t-분포표에서 신뢰수준 95.45%인 포함인자는 $k=2$ 이다. 따라서 확장 uncertainty는 다음과 같다.

$$u = k \times u_c(W)$$

3. 결 론

전식 절연방식을 사용하는 많은 전력기기의 경우 그 신뢰성을 평가하기 위해 PD의 크기, PD 발생전압 및 PD 소멸 전압을 측정하게 된다. 여기서, PD의 크기는 IEC를 비롯한 많은 국제/국내규격들이 그 허용 상한 값을 지정하여 이 값 이하로 제품의 품질을 유지하도록 규정한다. 따라서, 측정을 통한 PD 크기의 평가에서는 본 논문과 같이 반복 측정을 통하여 재측된 값을 통계적으로 추정하여 그 신뢰도를 높여야 할 것이다.

[참 고 문 헌]

[1] R. Batrnkas, "Partial Discharges Their Mechanism, Detection and Measurement", IEEE DEI, Vol. 9, No. 5, pp 763 - 808, 2002
 [2] G. Zingales, "The Requirements of a PD Measuring System Analyzed in the Time Domain", IEEE DEI, Vol. 7, No. 1, pp 2 - 7, 2000
 [3] Dieter Kind, Kurt Feser, High-Voltage Test Techniques 2nd Revised and Enlarged Ed., Newnes, 2001.