

GIS에서 UHF 부분방전 검출법의 교정방안 연구

이우영, 정진교, 최영길
한국전기연구소

The Study of The Calibration Method for The UHF PD Detection in GIS

W.Y.Lee, J.K.Chong, Y.K.Choi
KERI

Abstract

The Ultra-High Frequency(UHF) method for detecting a partial discharge in Gas-Insulated Substation(GIS) has some advantages compared to a conventional method(IEC 270) but there is a shortage in view of a quantitative analysis. Therefore, this paper describes the implementation of a calibrator and the calibration process based on it. And its characteristics are confirmed through the experiment using the 362kV GIS chamber.

1. 서 론

전력기기의 절연진단을 위해 부분방전을 측정하는 방법은 기존의 IEC-270 방법 외에 UHF방식, 음향적 방식, 화학적 방식 등 여러 가지가 제안되고 나름대로의 장점을 가지고 적용되고 있지만 정량적 해석을 위한 교정방안에 있어서는 기존의 방식에 비해 상당한 취약점을 지니고 있다. 이들 방법 중 최근 많은 관심의 대상이 되고 있는 UHF에 대해서 이러한 문제점을 해결하기 위해 교정방안에 대해 연구되고 있다.[1]

따라서 본 논문에서는 UHF 검출방식에 적용될 수 있는 교정기를 구성하고 IEC 270의 걸보기 방전량과 교정기의 입력전압 크기와의 관계를 설정하기 위한 방안을 제시하며 362kV급 실험용 GIS 챔버에서 적용된 결과를 살펴본다. 그리고 제시된 교정과정 중 걸보기 방전량과 검출센서의 출력신호와 관계는 추후 수행되는 관련 연구 결과로 다루기로 한다.

2. 부분방전 교정기

1)교정기 구성 및 특성

부분방전에 의한 펄스전류의 형상은 일반적으로 그림 1과 같이 신호의 폭이 ns영역이 되고 크기는 수 mA 정도 되는 것으로 나타난다.[2]

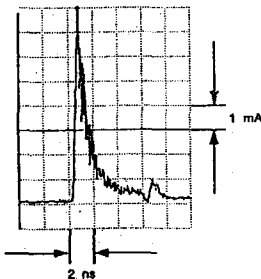
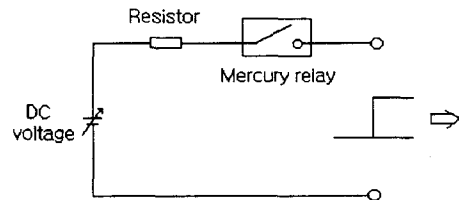


그림 1 부분방전의 전류파형

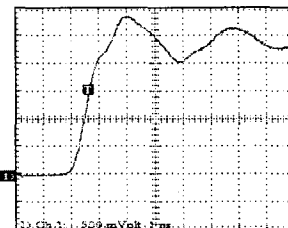
따라서 부분방전 교정기로는 그림 1과 유사한 형상의 전류파형을 발생시킬 수 있어야 하며 그 크기가 가변적이어야 한다는 조건들이 부분방전의 정량적 특성을 분석하기 위해 필요하다. 첫 번째 조건을 위해서는 상승시간이 그림 1의 전류파형 폭 정도 되는 짧은 unit step 펄스발생기의 구성이 요구되는데 이를 위해서는 천이시간이 아주 짧은 이상적인 스위치(ideal switch)가 구현되어야 한다. 이는 용량성 프루브(capacitive probe)에 unit step 펄스전압이 인가되면 프루브에는 인가된 전압의 기울기에 비례하는 크기를 가진 전류가 흐르게 되어 그림 1과 같은 부분방전에 의한 전류의 형상을 모의 할 수 있기 때문이다.[3]

부분방전의 크기변화를 모의하기 위해서는 천이 시의 전압크기가 가변적이어야 하기 때문에 이상적인 스위치에 인가되는 전압을 임의로 변화시킬 수 있어야 한다.

이러한 조건들을 만족시킬 수 있도록 본 논문에서는 부분방전 교정기를 구성하였으며 그림 2는 부분방전 교정기의 구성도를 나타낸 것이다. 그림 2에서 수은 릴레이(Mercury Relay)는 이상적 스위치의 기능을 담당하고 전압 크기를 가변 시킬 수 있는 직류전원의 전압을 교정기의 출력단에 출력시킴으로 상승시간(rising time)이 ns정도의 아주 빠른 unit step pulse파형을 발생시키게 된다.



a)교정기 구성도



b)교정기 출력전압 파형
(500mV/div, 1ns/div)

그림 2 부분방전 교정기의 구성과 출력전압

그림 2에 나타난 부분방전 교정기의 출력전압 파형으로부터 전압 “영”인 상태에서 안정상태의 전압 크기까지 소요되는 상승시간이 약 1ns정도이고 과도상태의 초기 침투치 까지의 시간이 약 2ns정도임을 알 수 있다.

그리고 부분방전 교정의 편의를 위해 이러한 상태전이 현상은 60Hz의 주기로 반복적으로 발생되도록 되어있다.

2)부분방전 교정방법

부분방전의 크기는 식 1과 같이 방전 시 발생하는 펄스전류의 크기와 펄스 폭에 의해 주어지는 전하량(q)으로 결정되지만 이를 정확하게 측정할 수 없기 때문에 일반적으로 사용되는 IEC 270 방법에서는 결보기 전하량의 개념을 도입하여 간접적인 방법으로 그 크기를 정량화하고 있다.

$$q = \int i dt \quad (1)$$

하지만 UHF방식에 의한 부분방전 측정에는 전하량을 근거로 한 교정이 이루어지지 않고 있어 사용 센서 감도의 설정기준 제시 및 측정된 결과의 정량적 분석이 어려운 실정에 있으며 지금까지는 주로 부분방전의 발생 크기에 대한 변화추이가 관심의 대상이 되고있다.

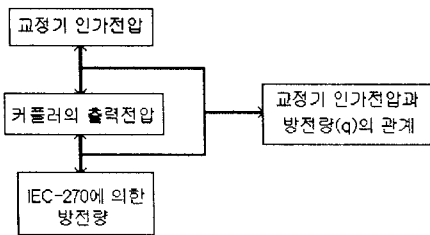


그림 3 제안된 교정기에 의한 교정방안

본 논문에서는 교정기의 인가전압 크기와 UHF신호용 커플러의 출력신호크기 관계 그리고 IEC 270법에 의한 방전량의 크기와 커플러의 출력신호크기 관계로부터 교정기의 입력전압과 방전량의 관계를 도출하는 것으로 그림 3에 표시된 방안으로 채택하고자 한다.

3. GIS 챔버에서의 측정결과

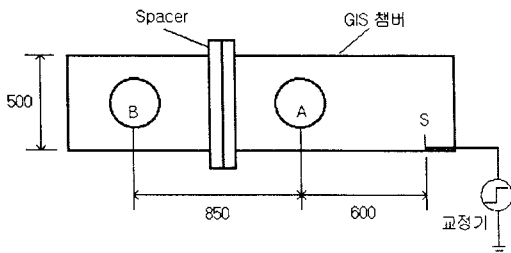


그림 4 교정실험을 위한 모의챔버 구성

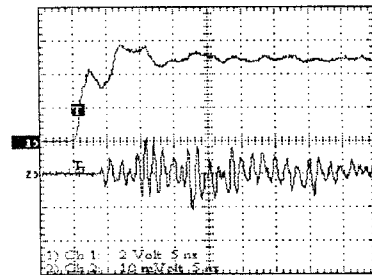
그림 4와 같은 362kV용 GIS 모델 챔버를 이용하여 제

작된 교정기에서 발생된 부분방전 모의신호(“S”에 위치)를 hatch cover plate(A, B)지점에서 각각 측정하여 교정기의 입력전압에 따른 검출신호의 크기관계를 구하였다. 사용된 GIS 모델챔버의 직경은 500mm이고 모의 방전원으로부터 검출센서까지의 거리는 각각 600mm(“A”지점), 1,450mm(“B”지점)이다. 그리고 지점 “A”와 지점 “B”사이에는 스페이스(spacer)가 위치하고 있으며 챔버 내부는 대기압 상태로 하였다. “S”지점에 설치된 발신용 안테나와 “A”, “B”지점에 설치한 수신용 안테나는 동일한 것으로 500mm의 동축케이블에 길이 100mm의 monopole 안테나로 구성하여 사용하였다.

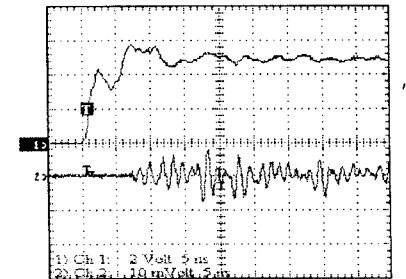
먼저 교정기의 인가전압과 검출센서의 출력신호와의 관계를 알아보기 위해 교정기의 출력전압을 가변시키면서 측정된 결과는 표 1과 같이 나타나 선형적인 관계가 있음을 보여주었다.

표 1 교정기 출력과 검출센서 출력의 관계

교정기 출력 (V)	검출센서 출력(mV)
5	6
10	10
15	14



a)검출센서 위치:“A” (5ns/div)

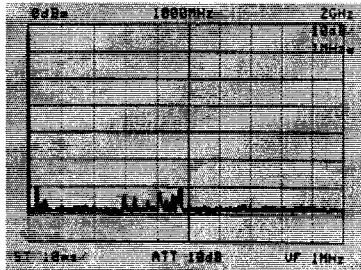


b)검출센서 위치 : “B” (5ns/div)

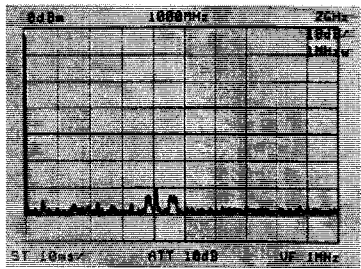
그림 5 GIS 챔버에서의 측정결과

그리고 그림 5는 커플러의 위치가 “A”, “B”인 경우에 측정된 결과를 나타낸 것으로 “B”지점에 위치한 검출센서의 경우(그림 5 b)가 “A”에 위치한 경우(그림 5 a)보

다 시간지연이 3ns정도 발생되었고 검출신호의 크기도 약 2mV(20%)가 감소된 것으로 나타났다. 그림 5에서 채널 1은 교정기의 출력전압 신호를 채널 2는 검출기의 신호를 측정 한 것이다. 이 결과는 GIS의 신호전송특성이 3.5ns/m정도가 됨을 알려준다. 또 검출센서의 출력신호 주파수 영역은 그림 6에 나타난 것과 같이 약 800MHz 부근에서 교정기에 의한 결과와 실제 부분방전에 의한 결과가 동일하게 나타났으며 관련된 연구들의 실 부분방전에 대한 측정결과들과도 잘 일치하는 것으로 나타나 구성된 교정기의 특성이 양호함을 보여주고 있다.[4] 그리고 이때 측정에 사용된 실제 부분방전은 1bar의 SF₆ 가스 내에서 침 반경이 10 μ m인 "Ogura"사의 침 전극에서 발생된 것을 대상으로 하였다. 공기 중에서 발생하는 침전극에 의한 부분방전의 전류는 본 실험에서 사용된 센서로는 검출되지 않았는데 이는 방전 전류의 형상이 SF₆가스에서 발생하는 것과 동일하지 않기 때문인 것으로 추정되었다.[5]



a)교정기 신호에 의한 결과



b)실제 부분방전에 의한 결과

그림 6 주파수 대역비교

4. 결 론

본 논문에서는 GIS 진단법 중 하나인 UHF 진단방식에서 부분방전의 정량적 분석을 위한 교정기를 구성하고 이를 근거로 한 교정방안을 제시하였다. 실험을 통해 제안된 교정기가 방전전류를 모의할 수 있음을 보였고 또 크기변화가 자유롭게 때문에 UHF방식의 신호처리 시스템 연구에 유용하게 사용될 수 있을 것으로 보인다. 제안된 교정과정은 두 단계로 구성되며 본 논문에서는 교정기의 출력전압과 검출센서의 출력신호 간의 관계를 결정하는 단계로서 이들간에 선형성의 관계가 있음을 살펴 보았고 또 실제 부분방전과의 비교를 통해 신호의 주파수 영역이 유사함을 확인하였다. 더불어 교정기를 통한 GIS의 UHF신호 전송특성도 얻을 수 있었다.

앞으로 실제 부분방전 신호에 대한 검출기의 응답특성 관계에 대한 연구단계를 계속하여 제안된 교정방안이 완성되어 질 수 있도록 관련 연구를 지속적으로 수행할 계획이다.

참고문헌

- [1]A.G. Sellars, S.J. MacGregor and O. Farish, "Calibrating the UHF Technique of Partial Discharge Detection using a PD simulator," IEEE Trans. on Dielectrics and Electrical Insulation Vol. 2, No. 1, February 1995
- [2]R. Baumgartner, B. Fruth etc., "Partial Discharge - Part X: PD in GIS-Measurement and Practical Considerations", IEEE Electrical Insulation Magazine, Vol. 8, No. 1, Jan/Febr 1992
- [3]M.D. Judd, O. Farish, B.F. Hampton, "The Excitation of UHF signals by PD in GIS", IEEE Trans. on Dielectric and Electrical Insulation, Vol. 3, No. 2, April 1996
- [4]A.G. Sellars, O. Farish, M.M. Peterson, "UHF Detection of Leader Discharges in SF₆," IEEE Trans. on Dielectrics and Electrical Insulation, Vol.2, No. 1, February 1995
- [5]M. Oyama etc., "Development of Detection and Diagnostic Techniques for Partial Discharges in GIS", IEEE Trans. on Power Delivery, Vol. 9, No. 2, April 1994