

GIS에 있어서 UHF법을 이용한 부분방전 검출에 대한 연구

윤진열, 정길조, 최재구, 김광화, 한상욱*
전력연구원, *한국전기연구소, **충남대학교

A Study on the PD Detection Using a UHF Method in GIS

J. Y. Yoon, K. J. Jung, *J. G. Choi, *K.H. Kim and **S. O. Han
KEPRI, *KERI, **Chungnam Nat'l Univ.

Abstract - PD pulses have about one nanosecond rise time in the SF₆ gas insulation. These pulses propagate through GIS chamber to PD sensors in the form of the electromagnetic radiation. In this paper, we investigated the characteristics of disc sensors and monopole antenna, by putting high frequency signals into the test cell in SF₆ gas by means of a 1ns rise time pulse generator and 60Hz power supply respectively. Also, we measured PD quantity from the needle electrode and the location effect of output terminal beneath the disk sensors.

1. 서 론

가스절연개폐장치(GIS)는 충전부를 밀폐용기로 가두고 전기적으로 높은 절연력을 가지는 SF₆가스를 봉입함으로써 종래의 개방형 변전소에 비해 compactness, 안전, 무보수, 고신뢰성 등의 우수한 특징을 가지고 있기 때문에 각 변전소에서 채용되고 있다.

이와 같이 GIS는 밀폐용기로 되어 있어 많은 특징을 가지고 있지만, 반면, 용이하게 내부의 상황을 파악하기 어렵고, 만일의 내부사고 발생시에는 사고부분의 측정과 복구작업이 용이하지 않은 측면을 가진다. 또, 한편에서는 사회의 고도화가 점점 진행되고 있고, 전력의 안정공급에 대한 사회적 요청이 높아지고 있다. 이 때문에 기기의 운전상태를 정확히 진단하여 사고를 미연에 방지하는 진단기술의 중요성이 증가하고 있다.

GIS 등의 전력기기가 어떤 원인으로 절연성능이 저하하면 아크섬락사고가 이르기 전에 전조현상으로서 부분방전이 발생한다. 일반적으로 절연진단은 이 부분방전의 유무에 의해 이상판정을 행하지만, 부분방전은 광, 음파, 기계적 진동 그리고 전기적 진동 등의 여러 가지의 물리현상을 수반하기 때문에 많은 부분방전검출방법이 제안되고 있다.

가스절연공간에 있어서 부분방전은 1~2ns정도의 급준한 펄스성의 현상으로 나타나는 것은 잘 알려져 있다[1]. GIS감시용도로 이 대역의 신호를 검출하는 센서로서 UHF센서가 각종 개발·실용화되고 있다.

본 논문에서는 UHF센서의 일종인 내부전극형 센서의 부분방전 검출특성을, monopole 안테나와 비교하여, 고찰하였다. 또한 내부전극형 센서의 전계분포에 따른 검출특성을 구하기 위해 전극 가운데와 가장자리에 검출단자를 설치하여 PD신호를 검출하였다. 실험에는 전원으로써 펄스발생기(1ns 상승시간)와 60Hz 고전압전원(Max.:50kVrms)을 사용하였다.

2. 본 론

2.1 내부전극형 센서의 안테나 이론

저주파대에서 내부전극형 센서는 그림 1과 같이 도체와 내부전극사이의 C₁과 내부전극형 센서와 접지사이의 C₂의 용량분압기로서 작용한다[2]. 실규모 362kV GIS에서 C₁은 약 0.2pF이며, 제작된 내부전극의 C₂는 약 40pF이다. 그림 2는 저주파대에서 용량분압기로서의 내부전극형 센서의 등가회로를 나타내고 있다. 등가회로의 주파수응답은 그림 3과 같다.

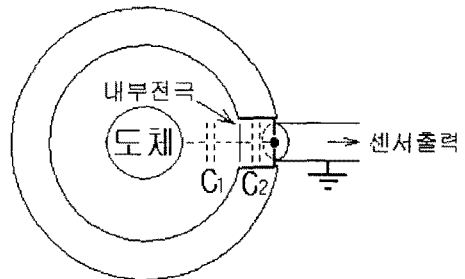


그림 1. 내부전극이 취부된 GIS의 단면도

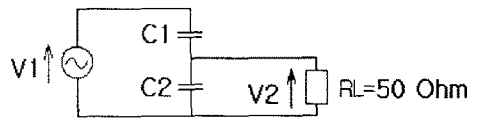


그림 2. 내부전극의 등가회로

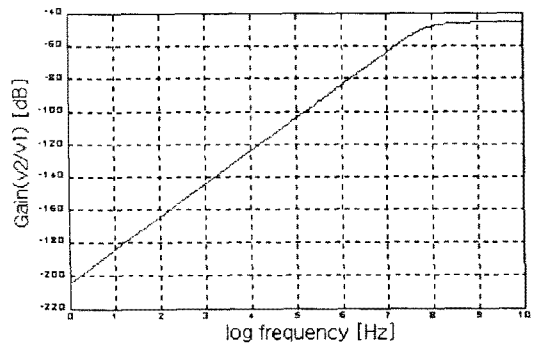


그림 3. 용량분압기로서 내부전극의 주파수응답(C₁=0.2pF, C₂=40pF)

그림 3에서 주파수응답은 고역필터의 특성을 보이고 있으며, 이론적으로 UHF대에서 일정한 주파수응답을 나타내고 있다. 그러나 실제로는 내부전극의 주파수응답은 UHF대에서 회로의 인덕턴스와 전극표면에서의 시간지

연 등에 기인한 공진을 가지게 된다. 그러므로 용량분압 기로서의 내부전극형 센서는 UHF대에서는 적당하지 않게 된다. 그래서 안테나이론을 도입하면, 3GHz까지의 주파수대에서 내부전극형 센서의 안테나 임피던스는 그림 4와 같이 정전용량 C_a 와 저항 R_a 의 직렬임피던스로 근사가 가능하다. C_a 와 R_a 는 안테나의 기하학적 형상에 의존한다[3]. 이에 대한 자세한 이론적 고찰은 현재 진행 중이다.

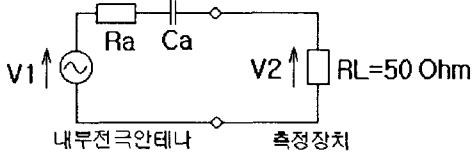
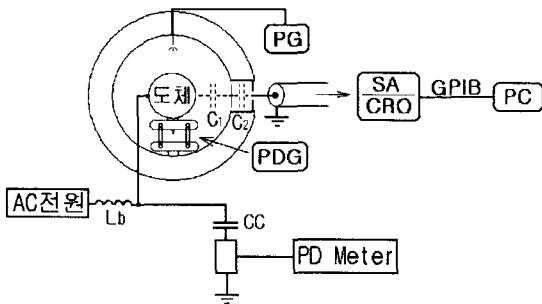


그림 4. UHF대에서 내부전극안테나의 등가회로

2.2 실험장치 및 방법

그림 5는 3m의 362kV GIS 체임버를 이용한 실험장치도이다. 실험에 사용된 내부전극은 145mm 직경의 동판이며, 전극의 끝에서 20mm 지점의 한 곳과 가운데에 검출된 신호의 인출을 위해 BNC콘넥터를 설치하였다. monopole안테나는 직경 0.6mm, 길이 50mm의 동선을 이용하여 제작하였으며, 신호검출의 거리를 동일하게 하기 위하여 내부전극과 같은 위치에 설치하였다.



PG : pulse generator, SA : spectrum analyzer
CRO : oscilloscope, CC : coupling capacitor
Lb : breaking Impedance, PDG : PD generator

그림 5. 실험장치도

표.1 실험방법

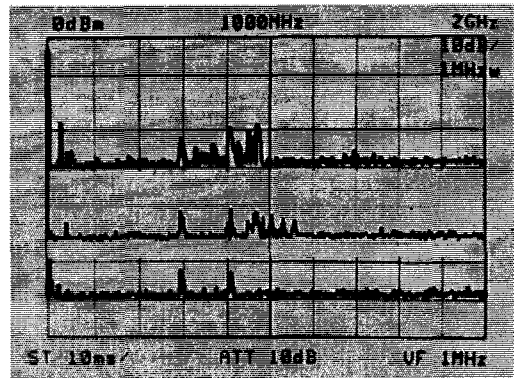
신호원	Type	사용된 센서
pulse 발생기 ($t_r:1ns$, Amp.:15V)	A1	내부전극형 센서(가장자리)
	A2	내부전극형 센서(가운데)
	A3	monopole 안테나
60Hz 전원 (30kVrms)	B1	내부전극형 센서(가장자리)
	B2	내부전극형 센서(가운데)
	B3	monopole 안테나

실험은 표 1과 같이 크게 두 가지로 수행하였다. 첫번째 방법은 Type A1, A2, A3이 속하며, 펄스발생기로부터 기지의 펄스를 GIS에 방사하여 GIS용기면에 취부되어 있는 세 가지 센서로써 신호를 각각 검출하는 것이며, 두 번째 방법은 Type B1, B2, B3이 속하며, 중심도체와 GIS용기 사이에 취부된 부분방전 발생장치(SF₆가스 1bar)에 상용주파수전원을 인가한 후 각 센서를 이용하여 PD신호를 검출하는 것이다. 센서로부터 얻어진 신호

는 오실로스코프(Tektronix TDS510A, 500MS/s)와 스펙트럼 분석기(Advantest, 100MHz~3.5GHz)를 이용하여 분석되었다. PD량은 PD meter(Robinson Instruments, Type 700)를 이용하여 측정하였다.

2.3 실험결과 및 고찰

그림 7은 각각 Type A1, A2 그리고 A3의 실험에 의해 검출된 펄스신호의 스펙트럼이다. Type A1에 의한 스펙트럼은 600MHz에서 960MHz 사이에 존재한다. Type A2의 스펙트럼은 600MHz 부근과 800~1120MHz사이에 존재한다. 그리고, Type A3의 스펙트럼은 600MHz와 800MHz부근에만 존재한다. 스펙트럼에서 알 수 있듯이, 잡음이 없는 주파수대에서의 부분방전검출이라는 UHF센서 고유의 장점에서 보면, Type A2의 검출 스펙트럼은 1GHz이상에서도 부분방전의 검출이 가능하기 때문에 내부전극형 센서는 UHF센서로서 적용이 가능하다고 사료된다. 두 내부전극형 센서의 인출선의 위치에 의한 차이는 뚜렷하다. 이것은 내부전극형 센서의 검출감도가 인출위치에 의존하기 때문이라고 사료된다.



상 : Type A1, 중 : Type A2, 하 : Type A3
그림 7. 각 센서에 의해 검출된 펄스신호의 스펙트럼

그림 8, 그림 9 그리고 그림 10은 Type A1, A2 그리고 A3의 실험에 의해 시간영역에 대한 PD신호를 각각 검출한 파형이다. 아래쪽이 1ns 상승시간의 모의펄스, 위쪽이 각 센서의 검출파형이다. 각 센서의 검출파형의 진폭은 그림 7의 스펙트럼의 그것과 일치한다. 검출파형의 심한 진동은 GIS내에서의 반사에 기인한 것이며, 이것은 단일 펄스에 비해 상대적으로 매우 긴 시간동안 지속하기 때문에 부분방전 검출에 중요한 요소라고 사료된다. 여기서, sampling rate가 낮은 오실로스코프를 사용하였기 때문에, 완벽하게 PD펄스를 재현했다고는 할 수 없을 것이다.

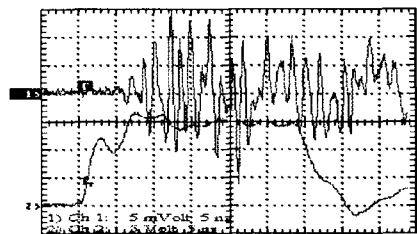


그림 8. Type A1 실험에 의한 검출파형
(상:5mV/div, 5ns/div, 하:5V/div, 5ns/div)

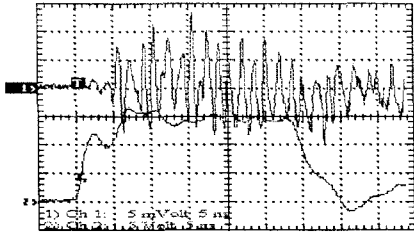


그림 8. Type A2 실험에 의한 검출파형
(상:5mV/div, 5ns/div, 하:5V/div, 5ns/div)

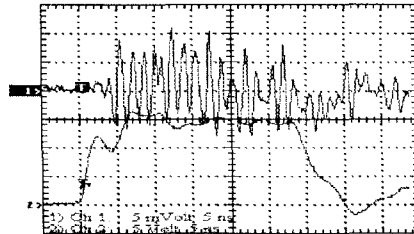


그림 9. Type A3 실험에 의한 검출파형
(상:5mV/div, 5ns/div, 하:5V/div, 5ns/div)

그림 10은 30kVrms의 60Hz 전압을 인가시, 실험방법 Type B2에 의한 검출파형을 나타내고 있다. 그리고, 그림 11은 GIS내의 부분방전 발생장치(PDG)에 30kVrms의 60Hz 전압을 인가했을 때(실험방법 중에서 Type B1, B2 그리고 B3), 각 센서에서 검출된 스펙트럼이다. 그림 7과 유사한 결과를 보이고 있으나, 600MHz부근의 스펙트럼이 사라진 것을 볼 수 있다. 이것은 부분방전의 신호원이 바뀌었기 때문이라고 사료된다. 이와 같은 모의펄스와 실제 부분방전펄스의 검출스펙트럼의 차이는 방전원에 의한 부분방전 패턴분석에 적용이 가능하다고 사료된다.

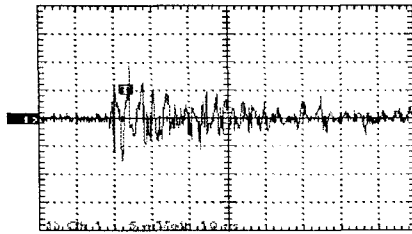
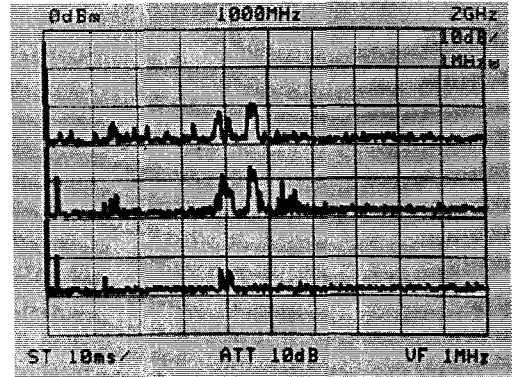


그림 10. Type B2 실험(30kV, 100pC)에 의한 검출파형
(5mV/div, 10ns/div)



상 : Type B1, 중 : Type B2, 하 : Type B3
그림 11. 각 센서에 의해 검출된 PD 스펙트럼

3. 결 론

GIS내의 부분방전검출용의 UHF센서로서 내부전극형 센서 및 monopole 안테나를 이용하여 실험을 수행한 결과, 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 내부전극형 센서는 monopole 안테나와 비교하여 더 높은 주파수에서 부분방전이 검출되었다.
2. 내부전극형 센서의 인출선의 위치에 따라서 센서의 검출감도에 차이가 발생하였다. 가장자리에 콘넥터를 연결한 것이 높은 검출감도를 보였다.
3. 모의펄스와 실제 부분방전펄스의 검출스펙트럼의 차이(600MHz부근 성분의 유무)를 나타내었으며, 이는 방전원에 의한 부분방전 패턴분석에 적용이 가능하다고 사료된다.

[참 고 문 헌]

- (1) R. Baumgäther et. al, "Partial Discharge-Part X:PD in GIS-Measurements and Practical Considerations". IEEE Electrical Insulation Magazine, Vol. 8, No. 1, pp. 16-26, 1992
- (2) R. Kurrer et. al, "Antenna Theory of Flat Sensors for Partial Discharge Detection at UHF in GIS, 9th ISH, pp. 5615-1~5615-4, 1995
- (3) J. Meixner and W. Kloepfer, "Theorie der ebenen Ringspaltantenne", Zeitschrift für angewandte Physik, Band 3, Heft 5, S. 119-129, 1947