

GIS에 있어서 전기적 절연진단법에 대한 연구(1)

최재구*, 김영배, 김익수, 이형호
한국전기연구소 고전압연구팀

A Study on the Electrical Diagnostic Methods In GIS

Jae Gu Choi*, Young Bae Kim, Ik Soo Kim and Hyeong Ho Lee
High Voltage Research Team, KERI

Abstract - PD pulses have about one nanosecond rise time in the SF₆ gas insulation. These pulses propagate in the apparatus to PD sensors in the form of the voltage oscillation, high frequency current and the electromagnetic radiation. In this paper, we investigated the characteristics of two types of PD sensors, by putting high frequency signals in the form of sine waves and pulse into the test apparatus in air. Also, we measured PD quantity from the needle electrode and the sensitivity of the sensors. We found that PD of 70pC could be detected with this method and the study in SF₆ gas should be carried out for application to SF₆ GIS.

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 급속한 펄스성의 현상으로 나타나는 것은 잘 알려져 있다[1]. GIS감시용도로 이 대역의 신호를 검출하는 센서로서 UHF센서가 각종 개발·실용화되고 있다.

이번의 예비시험에 사용한 UHF센서로는 용량결합형의 내부전극형의 센서(이하 내부전극)와 GIS의 고전압도체를 탱크로부터 절연지지는 절연스페이서에서 매립된 전극(이하 매립전극)을 사용하였다.

2. 본 론

2.1 실험장치 및 실험방법

2.1.1 부분방전 검출용 센서

GIS내부에서 발생하는 PD를 검출하기 위해서 사용된 센서로서 매립전극 및 내부전극은 정전용량형의 센서로, 고전압도체와 탱크간에 발생하는 고주파전위변동을 용량 분압에 의해 검출함과 동시에 금속재의 검출전극을 전자파 발생공간에 설치하는 것에 의해 안테나로서 전자파에도 반응하는 것을 목적으로 하고 있다. 이 센서의 검출 감도특성으로서는 GIS용으로 지금까지 0.5pC이 확인되고 있다[2].

그림 1은 내부전극의 검출원리를 보이고 있으며, 그림 2는 검출파형의 예를 보이고 있다.

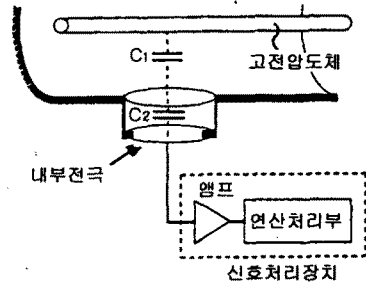


그림 1. 내부전극의 검출원리

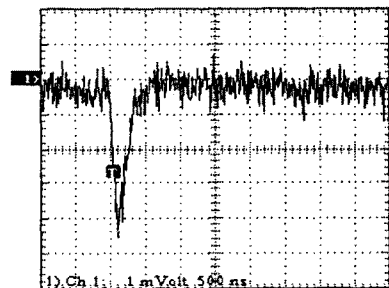


그림 2. 내부전극의 검출파형예

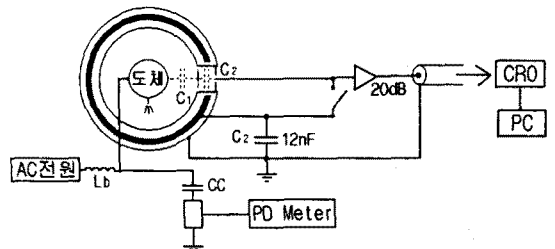


그림 3. UHF센서를 이용한 PD검출실험 회로도

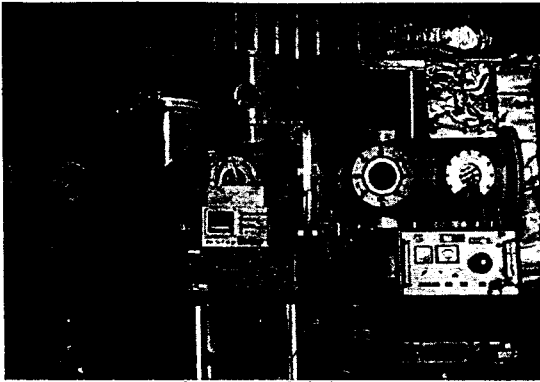


그림 4. GIS진단실험 전경

2.1.2 실험 방법

그림 3과 그림 4에 보이는 것처럼, 362kV GIS를 공시기로 하고, 내부의 고전압도체상에 침전극을 설치하여 부분방전을 모의했다. PD량은 PD meter(Robinson Instruments, Type 700)로 측정하였으며, 내부전극 및 매립전극형 UHF센서로 PD검출감도를 측정했다. 각 센서의 주파수응답 및 직각파응답특성은 침전극을 취부하지 않은 상태에서 모의신호를 전극간에 주입하여 센서로 얻어진 파형으로부터 구했다. 처음, 모의신호로서 정현파발생기(SG)에 의해 연속정현파를 전극간에 주입하고 각 센서의 주파수응답특성을 측정했다. 다음으로 펄스발생기(PG)에 의해 펄스신호를 마찬가지로 전극간에 모의신호로서 인가하여 각 센서의 직각파응답특성을 측정했다.

2.2 실험결과 및 분석

표 1은 도체상에 침전극을 취부하지 않은 상태에서 구한 각 센서의 주파수응답 및 직각파응답특성이다. 내부전극의 주파수특성은 0.1MHz에서 1MHz사이에서 측정했는데 0.1MHz에서 1/4800, 1.0MHz에서 1/1600으로 고주파가 될수록 주파수특성이 개선되는 것을 알 수 있다. rise time이 5ns인 직각파발생기를 사용하여 구한 내부전극의 직각파응답특성은 25ns였으며, 매립전극의 직각파응답특성은 75ns이었다. 이와 같이 직각파응답특성이 SF₆가스중의 부분방전과 같이 급준하지 못한 것은 공기중에서 실험이 행해졌기 때문인 것으로 사료된다.

표 1. 주파수응답 및 직각파응답특성

센서	입력파형	ratio	tr(ns)
앰프 無	매립전극	440m/300=	75
		1/700	
	직각파	60m/300=	무부하:5
		1/5000	부하:25
앰프 有 (20dB, 0.1~400MHz)	내부전극	300m/130=	25
		1/433	
	sine파	0.1MHz:1/4800	
		0.3MHz:1/4000	
		0.6MHz:1/2400	
		1.0MHz:1/1600	

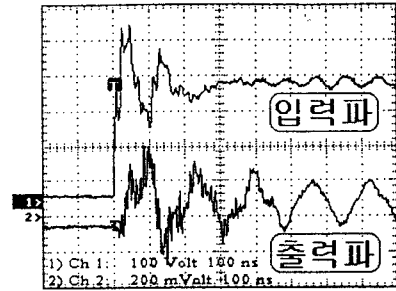


그림 5. 매립전극형 센서를 이용한 직각파응답특성(tr=75ns)

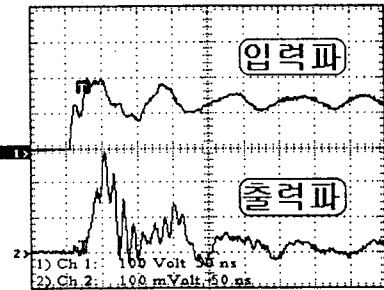


그림 6. 내부전극형 센서를 이용한 직각파응답특성(tr=25ns)

그림 5와 그림 6은 매립전극형 센서 및 내부전극형 센서를 이용해 얻은 직각파응답의 파형을 나타내고 있다. 그림 7은 각 센서들의 PD수신 감도를 측정하기 전에 ERA법에 따라 수행한 PD측정기의 교정결과를 보이고 있다.

표 2는 그림 3과 같이 도체상에 침전극을 취부하여 PD를 발생시켜서 매립전극 및 내부전극의 PD수신감도를 실험한 결과를 나타낸 것이다. 교정한 결과를 ◎로 나타내었다. 인가전압을 16kV로 했을 때 PD발생량은 70pC였으며, 이 때부터 매립전극형 센서로 PD를 오실로스코프를 통해서 검출할 수 있었다.

내부전극형 센서는 더 높은 PD량에서 측정이 가능했다. 그러므로, 공기중에서 매립전극형 센서와 내부전극형 센서로는 수 ns이하의 상승시간과 수십 pC 이하의 PD량을 가지는 GIS내의 도전성 이물에 의한 PD를 검출하는 것은 어려운 것을 알 수 있다.

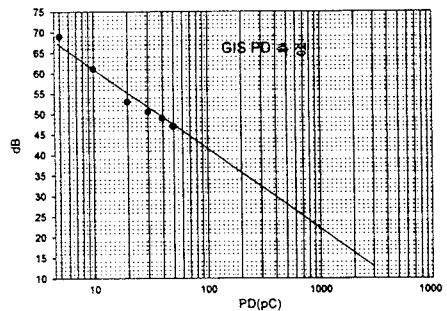


그림 7. PD측정의 교정

표 2. PD 측정 결과

PD(pC)	dB	인가전압 (kV)	구분	비고
5	69		◎	☆ : 실험값
10	61		◎	◎ : 교정값
20	53		◎	
30	51	6	◎☆	
40	49		◎	
50	47		◎	
70	44	16	☆	매립전극으로 감지 가능
1700	17	20	☆	
3000	13	30	☆	

3. 결 론

GIS 진단용의 UHF 센서로서 용량결합형의 내부전극 및 절연스페이스의 매립전극을 이용하여 실험을 수행한 결과, 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 내부전극형 센서의 주파수 응답 특성을 구한 결과, 고주파가 될수록 주파수 특성이 개선되는 것을 알았다.
2. 매립전극형 및 내부전극형 센서의 직각파 응답 특성에서는 각각 75ns 및 25ns의 rise time을 나타내었다.
3. 도체상에 침전극을 취부하여 PD를 발생시켜서 매립전극 및 내부전극의 PD 수신감도를 실험한 결과, 매립전극의 경우 70pC 이상의 PD를 검출할 수 있었다.

현재 저자들은 실제 GIS의 환경인 SF₆ 가스중에서의 각 센서들의 특성 및 PD 수신감도에 관한 연구를 수행하고 있다.

(참 고 문 헌)

- (1) R. Baumgäther 외, "Partial Discharge-Part X: PD in GIS-Measurements and Practical Considerations", IEEE Electrical Insulation Magazine, Vol. 8, No. 1, pp. 16-26, 1992
- (2) Akinobu Miyazaki 외, "Partial Discharge Test for the Test-After-Election of Long-distance GIL", 일본전기학회 기술보고, SP-96-70, pp. 81-88, 1996