

전계센서의 원리를 이용한 공기중 부분방전신호 검출

PD Detection in Air by Capacitive Electric Field Sensor

이용희, 이강원, 박성희, 강성화*, 신양섭**, 임기조

(Y. H. Lee, K. W. Lee, S. H. Park, S. H. Kang*, Y. S. Shin**, K. J. Lim)

Abstract

Partial discharges(PD) in air, corona discharges, deteriorate the insulation strength. So, it is necessary to detect PD at an early stage before the system failure and extensive damage to the equipment. PD emit signals which can be detected by applying an capacitive electric field diagnosis. In this paper, We measured signals by capacitive electric field sensor and analyzed FFT from PD, and then compared conventional electric PD detecting method to capacitive electric field diagnosis by Ψ -q-n, Ψ -v-n, Ψ -n, Ψ -q distributions.

Key Words : capacitive electric field sensor, FFT, Ψ -n distributions, Ψ -q-n distributions

1. 서 론

전력설비에서 발생하는 부분방전은 기기 및 선로에 있어서 열화 및 에너지 손실 등 심각한 영향을 미친다. GIS의 경우 부분방전은 절연강도를 심각하게 저하시키고, 이로 인한 service 중단 및 유지보수비 등의 증가로 인하여 재정적인 피해를 야기한다. 그러므로 부분방전의 효과적인 검출기술은 기기 및 선로의 운용에 있어서 더욱 신뢰성을 높일 수 있게 한다.[1,2,] GIS에 기존의 전기적인 측정법(접지저항측정방식)을 적용하기에는 다접지 방식, 측정장비 절연 문제 등의 많은 장애가 존재한다. 이러한 장애를 극복하기 위한 여러 가지 새로운 부분방전검출법 등이 제안되고 있으나, 아직 까지 사용되는 센서는 고가이며, 또한 설치가 비교

적 어렵다. 본 논문에서는 설치가 매우 간단하며, 또한 피측정물과의 전기적 절연이 비교적 용이한 커패시터의 원리를 이용한 용량성 전계센서를 개발하고, 또한 센서를 이용하여 부분방전을 측정한 후 기존의 부분방전측정기에서의 결과와 비교하여 부분방전검출기로서의 실제적용 가능성을 검토하였다.

2. 실험방법

2.1 용량성 전계센서의 측정원리

본 실험에서 사용된 부분방전측정용 용량성전계센서의 원리는 식(1)과 같이 표현된다.

$$i = c \frac{dv}{dt} \tag{1}$$

여기서 c 는 센서의 커패시턴스이고, v 는 GIS외함 접지측을 기준으로 한 전위를 나타낸다. 식(1)에서 보는 바와 같이 v 의 시간에 따른 변화율은 변위전

충북대학교 전기공학과
(충청북도 청주시 흥덕구 개신동 산48번지)
TEL : 043)261-2424
E-mail : triple-i@hanmail.net

류 i 로서 표현되므로, 방전이 발생하여 외함의 전위가 순간적(수 $ms \sim$ 수 ns 정도)으로 변화하게 되면 커패시턴스 c 의 용량성전계센서에 연결된 저항 R 에는 iR 의 전압이 측정된다. 이때 측정된 전압에는 저주파분(전원주파수)과 고주파분이 함께 존재하므로, 저항앞단에 결합 커패시턴스 c_c 를 이용하여 고주파성분만을 통과시키는 것이 필요하다. 이러한 원리를 적용하여 용량성 전계센서를 전류원 i 로 표시한 등가회로는 그림 1과 같다.

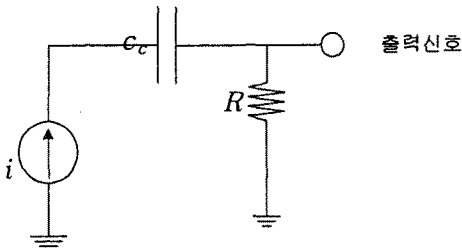


그림 1. 용량성 측정용 등가회로
Fig. 1. Equivalent circuit of capacitive measurements

2.2 실험방법

본 논문에서 용량성센서를 GIS를 모의한 철제 외함에 직접 설치하여 실제로 측정된 실험구성도를 그림 2에 나타내었다.

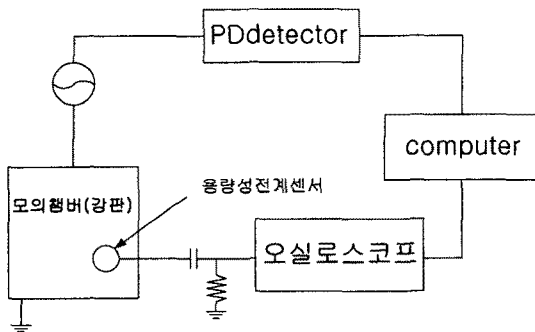


그림 2. 용량성 센서를 적용한 측정회로
Fig. 2. Measuring block diagram by capacitive sensor

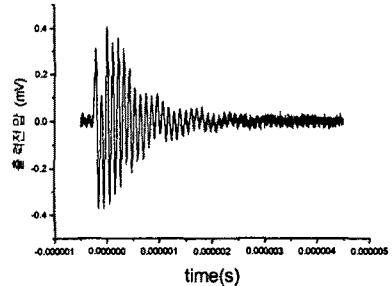
실험은 외함이 강판으로 되어 있는 모의 GIS 챔버 내에 침단의 반경이 $\Psi=0.1mm$ 인 구리침을 외함

과 1cm 간격으로 설치하고, 전압을 인가하여 챔버 내에서 부분방전을 발생 시켰다. 이때 교류전압을 5kV, 6kV, 7kV, 8kV로 인가하면서 각각의 경우에 대하여 PD detector(biddle사)로 부분방전을 측정함과 동시에 용량성 전계센서로부터의 신호를 오실로스코프(tektronix TDS 680B)로 파형을 측정한 후 GPIB를 이용하여 데이터를 컴퓨터로 전송한 후 컴퓨터 내에서 데이터를 처리하였으며, 이러한 과정을 거쳐 부분방전측정기로부터의 결과와 비교를 시도하였다.

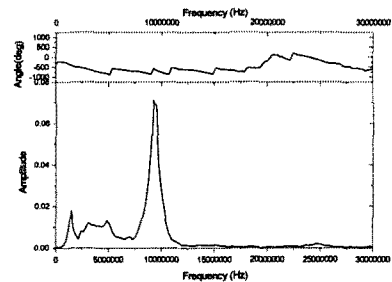
용량성 센서의 출력측에는 저주파 성분을 제거하고 센서출력을 전압으로 검출하기 위해 저항과 캐패시터를 사용하였다.

2.3 실험결과 및 고찰

용량성센서에 의해 검출된 신호는 처음에는 급증한 후 약 10MHz의 진동으로 시간에 따라 감쇠하는 파형을 보여준다.



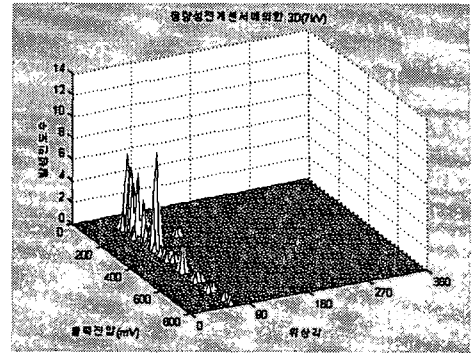
(a) 용량성센서에 의한 출력신호파형
(a) Output signal by capacitive electric field sensor



(b) (a)의 신호를 FFT 처리한 결과
(b) FFT of (a)

그림 3. 용량성 전계센서에 의한 출력파형과
Fig. 3. Output signal and FFT of the signal by capacitive electric field sensor

이것은 출력 파형에 대한 FFT 분석결과인 그림 (b)로부터 확인 할 수 있다. 그림 3(b)의 결과를 통하여 용량성 센서에서 출력된 저주파성분이 결합 커패시터에 의하여 효과적으로 억제되었으며, 저항을 포함한 회로의 주파수밴드는 약1.5MHz부터 10MHz 부근까지이며, 신호파형에서 확인한 바와 같이 10MHz부근에서의 최대치는 공진현상에 의한 것으로서 오실로스코프 및 프로브내의 커패시턴스와 인덕턴스에 의하여 발생된 것으로 보여지므로 용량성 센서를 사용하는 경우 이러한 외부 커패시턴스와 인덕턴스의 영향을 최대한 줄이는 것이 필요하다. 그러나 이러한 파형을 낮은 샘플링(1Ms/s)으로 관찰하게 되면 하나의 펄스파형으로서 나타나는 것을 확인할 수 있다. 이와 같은 펄스파형을 여러 주기동안 계속 측정하면 각 위상별 크기와 발생빈도에 대하여 하나의 패턴으로서 일종의 $\Phi-q-n$ 분포를 이루게 되며, 그 결과가 그림 4에서 보여지며, 이때의 인가전압은 7kV이고, 300주기 동안 측정된 결과이다. 그림 4(a)는 부분방전측정기를 이용한 전기적 검출방법에 의한 $\Phi-q-n$ 분포이고, 그림4(b)는 용량성 센서를 이용하여 방전 전하량과 비교할수 있는 출력전압(v)에 의한 $\Phi-v-n$ 분포를 보여준다. 그림 4(a)와 (b)를 비교하면 알수 있듯이 용량성 센서를 이용한 측정이 발생위상각과 패턴에 있어서 전기적 검출법에 의한것과 매우 동일함을 알 수 있다.

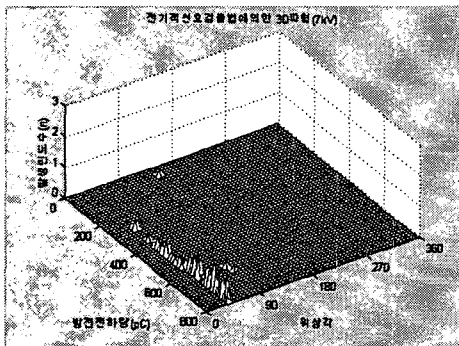


(b) 용량성전계센서에 의한 $\Psi-v-n$ 분포
(b) $\Psi-v-n$ of capacitive electric field sensor

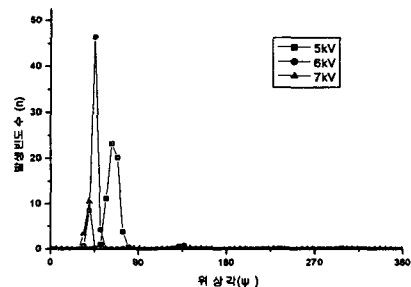
그림 4. 전기적검출법과 용량성전계센서법의 비교
Fig. 4. Electrical PD detecting method and capacitive electric field sensor

그림 5는 전압을 각각 5kV, 6kV, 7kV로 인가한 경우, 전기적 검출법으로 300주기동안 측정된 결과와 용량성센서를 이용하여 300주기동안 측정된 결과를 위상에 따른 발생빈도수($\Psi-n$)와 위상에 따른 방전크기(전계센서에서는 출력전압의크기)($\Psi-q$)분포로 나타내어 비교한 결과이다.

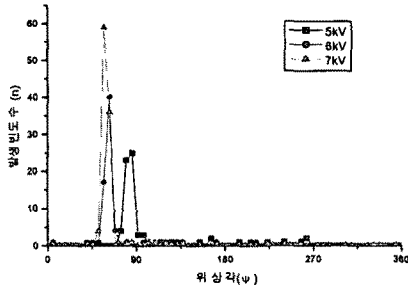
그림 5(a)에서 알수 있듯이 각각의 인가전압하에서 전기적 측정법 및 용량성센서측정법 모두 부분방전이 거의 0도와 90도 사이에서 측정되었다는 것을 확인할 수 있었다. 그러나 전기적 검출법의 경우 전압이 증가함에 따라 발생빈도수가 감소하였으나, 용량성센서의 경우 전압이 증가함에 따라 발생빈도수가 증가하였다.



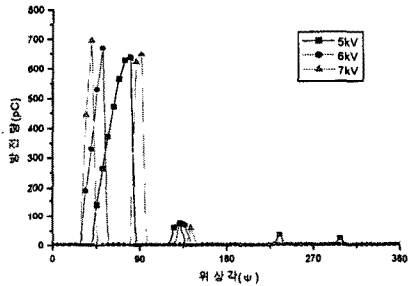
(a) 전기적 검출법에 의한 $\Psi-q-n$ 분포3D
(a) $\Psi-q-n$ of electrical PD detecting method



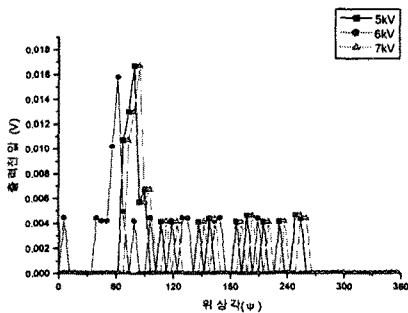
(a) 전기적검출법에 의한 $\Psi-n$ 분포
(a) $\Psi-n$ distribution of electrical PD detecting method



(b) 용량성전계센서 출력의 Ψ -n 분포
 (b) Ψ -n distribution of capacitive electric field sensor



(c) 전기적검출법에 의한 Ψ -q 분포
 (c) Ψ -q distribution of electrical PD detecting method



(d) 용량성전계센서의 출력의 Ψ -v 분포
 (d) Ψ -v distribution of capacitive electric field sensor

그림 5. 전기적 검출법과 용량성전계센서의 측정 결과 비교

Fig. 5. Results of electrical PD detecting method and capacitive electric field sensor

또한, 그림 5의 (c)와 (d)에서는 위상각에 따른 전기적검출법에 의한 Ψ -q 분포와 용량성전계센서의 출력에 의한 Ψ -v 분포를 보여준다. 그림 5(c)의 경우는 방전전하량이 인가전압에 따라 증가를 하지만, 그림 5(d)의 경우는 6kV의 인가전압에서의 출력최대전압이 5kV의 인가전압인 경우보다 작게 나오는 것을 관찰할 수 있다. 이러한 차이는 낮은 샘플링주파수에 기인하는 것으로 보여진다. 샘플링주파수가 충분히 높지 않은 경우 일부의 펄스파형에 대하여 관찰할 수 없는 결과가 생길 수 있다. 또한 그림 5(d)에서 양의 주기와 음의 주기에서 각 인가전압마다 계속 보여지는 약 0.0045V 정도의 출력전압들은 노이즈로서 생각할 수 있다.

3. 결론

본논문에서는 저렴한 가격으로 내부 부분방전을 검출하여 GIS를 진단하기 위하여 용량성 전계센서를 적용하여 검출 가능성을 검토하여 다음의 결론을 얻었다.

1. 전기적 측정법 및 용량성 센서법을 적용하여 검출된 신호 각각의 Ψ -n, Ψ -q, Ψ -q-n 및 Ψ -v-n 분포는 유사한 패턴을 보여 주었다.
2. 전기적 검출법을 적용하기 어려운 경우에 용량성전계센서의 원리를 적용하면 비교적 양호한 진단을 할 수 있을 것으로 생각된다.

참고 문헌

- [1] Feroz Ahmed, et, "Characterisation of Acoustic Signal and Pattern Recognition of Free Moving Metallic Particle Motion Modes in GIS", ICICS'97 Singapore, 9-12 Sep. 1997
- [2] L. E. Lundgaard, et "Acoustic Diagnosis of Gas Insulated Substations; A Theoretical and Experimental Basis" IEEE Transactions on Power Delivery, Vol.5.No.4, November 1990
- [3] Md. Enamul Haque, et "Application of Acoustic Sensing and Signal Processing for PD Detection in GIS
- [4] S.Kusumoto, et "Diagnostic Technique of Gas Insulated Substation by partial discharge detection", IEEE, Vol. PAS-99, No.4, July/Aug.1980