

초음파센서를 이용한 GIS내 부분방전원의 식별

이용희, 이강원, 이용희*,신양섭*, 서정민*, 강성화**, 임기조
 *충북대학교, LG산전, **충청대학

Identification of partial discharge sources in GIS using AEsensor

Y.H.Lee, K.W.Lee, Y.H.Lee*, Y.S.Shin*, J.M. Seo*, S.H.kang**, K.J.Lim
 *Chungbuk Univ. LGIS. **Chungchung.colleg

Abstract - The use of ultrasound is proposed as the most economic and practical nondestructive test method for the detectin of electrical degradation in insulating materials. This paper has studied identification and characterization of partial discharge signals according to defects in GIS using AE(acoustic emission)sensor. Analysis of PD signals use ψ - v - n , skewness and kurtosis.

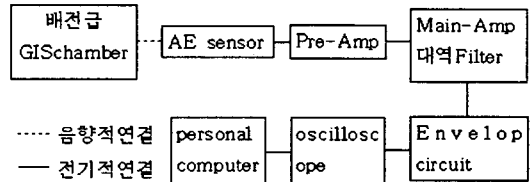


그림1. 실험장치 구성도

이후 최종 신호 data는 oscilloscope(Tectronix 1GHz)에 의해 특정부분방전원별로 100주기(1주기:16.68ms)의 AE출력신호를 검출하여 personal computer에 저장한후 data처리(ψ - v - n 분포)하였다.

1. 서 론

SF₆개스를 적용한 GIS(Gas Insulated substations)는 공간이 한정되어 있고, 서비스가 어려울 때 주로 설치된다. 특히 도시가 밀집되어 있는 지역과 무인지역에서 선호된다. GIS의 높은 신뢰성은 system내부의 결함에 의해 감소되고, 대부분의 결함은 금속파티클이다. 이는 스위치의 작동이나, 조립중에 발생하는 등의 불완전한 동작과정으로 주로 발생한다. (1) 본 논문에서는 배전급GIS내의 부분방전을 AE(초음파)센서를 이용하여 실시간으로 결함유무와 결함의 형태, 절연열화의 정도를 파악하기 위해 GIS내에 있을 수 있는 결함들(상도체의 돌출부에 의한 부분방전, GIS내부의 외함돌출부에 의한 부분방전, floating particle에 의한 부분방전)을 모의하였으며, 각 결함에 의한 부분방전시 발생하는 AE신호를 GIS의 외함에 부착되어 있는 AE센서를 이용하여 위상별 출력data의 수와 평균출력전압[ψ (위상)- v (AE출력전압)- n (출력data)]을 얻은후 이를 이용하여, 양의 주기와 음의 주기의 적분값들의 분포를 이용하여 부분방전의 상태를 추정하여보았으며, 전체위상에서의 skewness와 kurtosis의 크기 분포를 이용하여 본 논문에서 3가지의 결함을 모의하여 식별하였다.

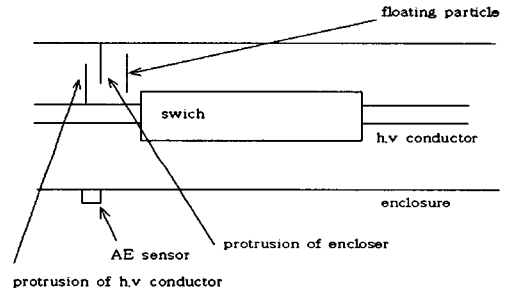


그림2. 결함의 모형과 AE센서의 위치

2. 실험 결과 및 고찰

2.1 실험장치구성

외함이 강판(두께2Cm)으로 구성된 배전급(22.9kV GIS)내의 부분방전에 의한 AE신호는 외함에 부착되어있는 AE sensor(PAC사 150kHz)에 의해 전압의 형태로 검출된다. 하지만 검출크기는 $\mu V \sim mV$ 의 매우 작기 때문에 케이블을 통과할 때의 손실을 줄이기 위해 Pre-amp에 의해 우선 40dB(100배)로 증폭되어 케이블을 따라 main-Amp로 전달된 후 800배의 증폭기를 사용하여 증폭시킨 후, 다시 AE신호의 주파수 대역만을 검출하고, 화이트노이즈와 전원노이즈를 줄이기 위하여 100~300kHz사이의 대역필터를 사용하였다. 필터를 통과한 AE신호는 다시 정보로써 이용할 수 있는 신호만을 이용하기 위하여 envelope 회로를 이용하여 최종 신호로 사용하였다.

GIS내에서 결함 중 본논문에서는 다음의 (1) Protrusion on h.v. electrode, (2) Protrusion on enclosure, (3) Floating particle 세가지에 대해서 실험을 수행하였으며, 그림2와 같이 결함을 구리도체로 모의하여 내부에 설치하였으며, AE sensor는 GIS 챔버의 외함벽에 설치되어 유기되는 초음파신호를 검출하게 된다.

2.2 실험결과 및 고찰

2.2.1 고압도체의 돌출부에 의한 부분방전

도전성도체나 기기의 결함에 의해 고압도체에 도전성 물체가 부착되어 부분방전이 발생하는 것을 모의하기 위하여 도전성 구리 도체를 고압도체에 부착하여 실험을 하였으며, 침단의 반경은 200(μm) 방전갭은 7mm로 하였다.

인가전압은 AE센서에서 검출이 가능한 전압으로부터 break down때까지 일정 전압을 인가하였다.

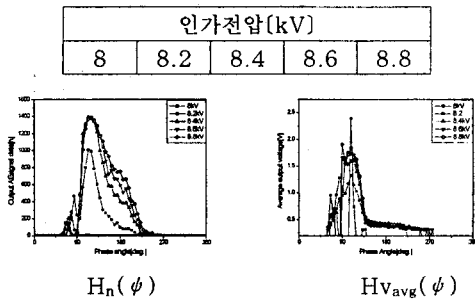


그림3. 고압도체의 돌출부에 의한 부분방전 발생시 AE센서의 위상에 따른 출력신호분포

그림3과 같이 고압도체의 돌출부에 의해 부분방전이 발생하게 되면 AE출력신호는 위상에서 양의 반주기에서 주로 펄스가 발생되고 있으며, 평균출력전압의 크기도 가장 크게 나타나고 있다. 또한 인가전압이 증가하면서 분포파형의 면적도 증가되고 있다.

2.2.2 외함의 돌출부에 의한 부분방전

내부의 여러요인에 의해 외함의 돌출부가 생겨 부분방전이 발생한다는 것을 모의하기 위하여 도전성 구리도체를 외함에 부착시켜 실험을 하였으며, 도체의 침단방경은 200[um], 방전갭은 5mm로 하였다.

인가전압은 AE센서의 출력신호가 나타난 후 부터 break down까지 일정전압을 인가하였다.

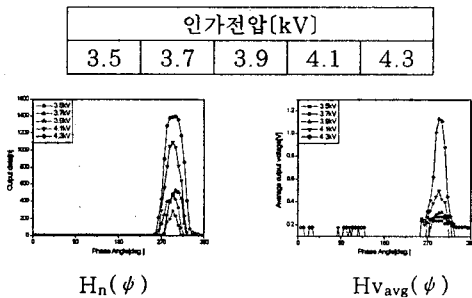


그림4. 외함돌출부에 의한 부분방전 발생시 AE센서의 위상에 따른 출력신호분포

외함의 돌출부에 의한 부분방전발생시 AE센서의 위상에 따른 출력신호의 분포를 보면 음의 반주기에서 주로 출력신호가 발생하고 있으며, 평균출력전압도 가장 크게 나타나고 있다.

2.2.3 부유도전성도체에 의한 부분방전발생시

GIS의 내부에서 전계의 영향에 의해 도전성도체가 전계에 이끌려 공중에 부유한 후 부분방전이 발생할때의 상황을 모의하기 위하여 도전성 구리도체를 고압도체와 외함간의 사이에 설치하여 부분방전을 발생시켰다.

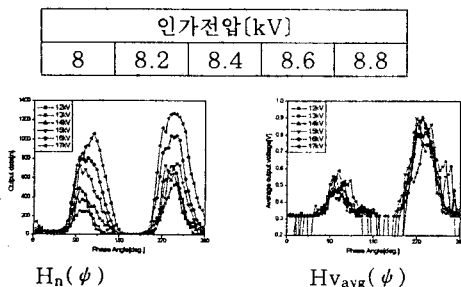


그림5. 부유도전성도체에 의한 부분방전 발생시 AE센서의 위상에 따른 출력신호분포

인가전압은 AE센서에서 파형이 관측된후 break down까지 일정전압을 인가하며 파형을 관찰하였다. 파형의 분포에서 양의 반주기와 음의 반주기 모두에서 AE출력신호가 관측되며, 평균출력전압도 모두에서 발생하고 있음을 알 수 있다. 인가전압이 증가되면서 파형의 면적도 증가되고 있음을 알 수 있다.

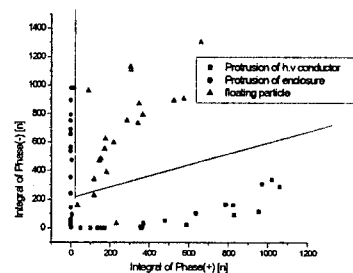
따라서 파형의 적분값과 skewness, kurtosis값을 이용한다면 결합별 부분방전의 특성을 잘 나타낼 수 있을 것이다.

2.2.4 위상별 특성

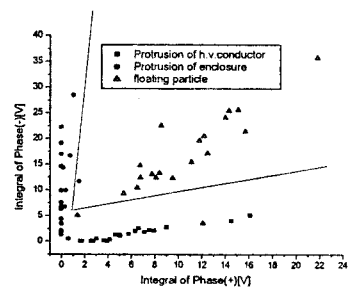
각 결합별 위상에 따른 출력신호의 특성을 보기 위해 양의 반주기와 음의 반주기로 나누어 분포파형의 적분값의 분포를 나타내었다.

그러기 위해 각각의 결합별로 실시간으로 관측하는 것을 모의하기 위해 5주간 위상별 파형을 관측한 후 한포인트를 결정하는 방법으로 하여 데이터 포인트를 결정하였으며, 방전갭 간격과 인가전압을 변화 시키면서서 20회를 측정하였다.

그림6은 결합별 양의 반주기와 음의 반주기의 적분값의 분포를 나타내고 있다. 그림에서 알수 있듯이 고압도체의 돌출부에 의한 부분방전 발생시에는 $H_n(\psi)$, $H_{v_{avg}}(\psi)$ 모두 양의 주기에서 주로 발생하므로 가로로 분포하고 있고, 외함의 돌출부에 의한 부분방전 발생시에는 음의 반주기에서 주로 발생하므로 세로축으로 분포하고 있으며, 부유 도전성도체에 의한 부분방전 발생시에는 양의 주기와 음의 주기모두에서 발생하므로 중간에서 분포하고 있는 것을 볼 수 있다. 이분포에서 원점을 중심으로 거리가 멀어지면서 인가전압이 높거나 방전갭이 작아 부분방전이 활발하게 이루어지고 있는 것을 관찰 할 수 있다. 이는 부분방전량의 증가에 의해 위상별 분포파형의 면적이 넓어지고 있기 때문이며, 이를 이용하여 부분방전의 정도를 추측할 수 있다.



(a) $H_n(\psi)$

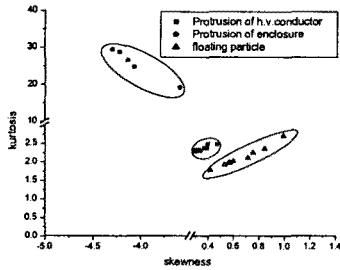


(b) $H_{v_{avg}}(\psi)$

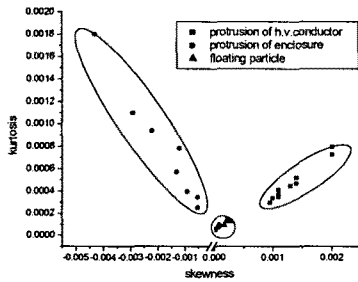
그림6. 결합별 각 반주기에 따른 적분값의 분포

2.2.5 특성값분포

부분방전원에 따라 부분방전에 의한 AE출력신호는 위상에 따라 다르게 나타나기 때문에 전 위상에서의 skewness분포가 다르게 나타날 것이며, kurtosis분포도 어느정도 다르게 나타날 것이다. 그렇기 때문에 이를 이용하여 방전원의 식별을 행하여보았다.



(a) $H_n(\psi)$



(b) $H_{v_{avg}}(\psi)$

그림 7. 결합별 skewness와 kurtosis분포

각각 3종의 방전원을 모의하여 설치한 배전급 GIS 상도체에 실제 인가되는 전압인 13.2kV의 전압을 인가하여 부분방전을 모의 하였으며, 50주기씩 10번을 측정하여 분포를 구하였다. 모든 방전원은 같은 재질의 도전성도체(구리)를 사용하였고, 센서와 방전원의 거리도 같도록 위치시켜 방전원 이외에 다른 조건이 틀리지 않게 하였다.

출력신호의 분포를 보면 $H_n(\psi)$ 분포에서 외함의 돌출부에 의한 부분방전 발생시의 AE센서의 출력신호는 kurtosis크기가 다른 결합들에 비해 상대적으로 높게 나타나고 있으며, skewness값은 음의 값으로 넓게 분포하고 있다. 고압도체의 돌출부에 의한 부분방전시의 AE출력신호는 skewness크기가 0의 값에 가깝게 분포하고 있고, kurtosis크기는 다른 결합들의 중간에 위치하고 있는 것을 볼 수 있다. 부유 도전성도체에 의한 부분방전발생시의 AE출력신호에서는 skewness크기가 양의 값으로 넓게 분포하고 있으며, kurtosis크기는 상대적으로 작게 분포하고 있다.

$H_{v_{avg}}(\psi)$ 분포에 의한 skewness와 kurtosis의 크기분에서는 이러한 분포들이 더욱 뚜렷하게 보이고 있는 것을 볼 수 있다.

3. 결론

방전원별로 부분방전에 따른 초음파신호를 초음파센서에 의해 검출하여 $\psi-v-n$ 해석을 하고, $H_n(\psi)$ 분포와 $H_{v_{avg}}(\psi)$ 분포에서의 적분값과 skewness, kurtosis를 구하여 분포를 해석한 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 방전원별로 위상에 따른 출력data와 평균출력전압이

다르게 나타났으며, 고압도체의 돌출부에 의한 부분방전 발생시에는 양의 주기에서 AE신호가 주로 발생하였고, 외함의 돌출부에 의한 부분방전시에는 음의 주기에서 AE출력신호가 주로 발생하였으며, 부유 도전성도체에 의한 부분방전 발생시에는 AE출력신호가 양의 주기와 음의 주기에서 모두 발생 하였다.

2. 인가전압이 증가되면서 위상별 출력값이 크게 나타남으로써 적분값이 증가됨을 확인할 수 있었으며, 양의 주기와 음의 주기 분포의 적분값을 이용하여 방전원의 방전의 정도(강도)를 알 수 있다.

3. 각 방전원별로 skewness와 kurtosis의 크기가 다르기 때문에 이들의 분포를 가지고 방전원의 식별이 가능하다.

(참 고 문 헌)

- [1] 電氣安全公社 "GIS 무정전 점검기법 연구" 1996.12
- [2] Edward Gulski "Digital Analysis of Partial Discharges" IEEE Transactions on Dielectrics and Electrical Insulation Vol.2 No.5, October 1995
- [3] L.Lundgaard, B.Skyberg "acoustic signals from corona discharges in GIS" IEEE
- [4] M. Runde, T. Aurud, K.Lj ϕ kels ψ y, L.E. Lundgaard, J.E.N ϕ kleby, B. Skyberg "Risk Assessment Basis of Moving Particles in Gas Insulated Substations" IEEE Transactions on Power Delivery, Vol. 12, No.2, April 1997
- [5] L.E.Lundgaard, G.Tangen, B.Skyberg, K.Faugstad "ACOUSTIC DIAGNOSES OF GIS: FIELD EXPERIENCE AND DEVELOPMENT OF EXPERT SYSTEM" Transactions on Power Delivery, Vol.7 No.1, January 1992
- [6] AKrivda "Automated Recognition of Partial Discharge" IEEE Transactions on Dielectrics and Electrical Insulation Vol.2 No.5, October 1995
- [7] D.W. Auckland, A.J.McGrail, C.D. Smith, B.R. Varlow, J. Zhao and D.zhu "THE APPLICATIN OF ULTRASOUND TO THE INSPECTIN OF INSULATION" 1995 IEEE 5th International Conference on Conduction and Breakdown in Solid Dielectics.