

GIS 이물진단을 위한 초음파 측정 적용기술연구(II)

최재구*, 김익균*, 김민규*, 김익수*, 김광화*, 윤진열**
 * 한국전기연구원, ** 전력연구원

A study on the technology applying the acoustic wave measurement to diagnosing particles in GIS [II]

J.G.Choi*, I.K.Kim*, M.G.Kim*, I.S.Kim*, K.H.Kim*, J.Y.YOON**
 * KERI, ** KEPRI

Abstract - This paper described the outputs of acoustic sensors due to the vibration of particles in the mock up GIS. We used the two type of acoustic sensors which had 150kHz resonant frequency and 60kHz resonant frequency respectively. In the experiment of the mock up GIS, we paid attention to the magnitude and attenuation of sensor outputs due to particles. In this results the output of each sensor in frequency characteristic depended on the material of GIS tank and the output of sensor in magnitude characteristics depended on the size of particles and dropping height.

기는 내경이 1,000mm, 두께 80mm로 제작되었고, 사용재질은 알루미늄으로 하였다. 345kV용 GIS 탱크의 크기는 내경이 530mm, 두께 12mm로 제작되었고, 사용재질은 스텐레스 스틸로 하였다. 그리고, 실제로 전압이 인가된 상태에서 이물체에 대한 검출특성을 구하기 위하여 사용된 탱크내의 전극은, 정격전압보다 낮은 전압(110kV)에서 탱크 내면에서의 전계장도가 정격전압(440kV) 인가시와 동일하도록 하여, 이물에 작용하는 전계장도는 실제의 765kV 챔버와 같게 함과 동시에 낮은 전압에서도 쉽게 이물을 기동할 수 있도록 전계해석을 통하여 설계 및 제작되었다. 그림 1은 본 연구에 사용된 765kV급 GIS 실모델 탱크이다.

1. 서 론

우리 사회는 고도로 산업화되어 있으므로 전력공급에서 높은 신뢰성을 요구하고 있다. GIS는 SF₆ 가스로 절연하여 설비의 설치면적을 줄이고 기기의 신뢰성을 높였다. 그러나 GIS는 밀폐형이므로 육안점검이 불가능하고 고장발생시 복구에 장시간 및 고비용이 필요하다. 이와 같은 문제점을 해결하기 위해 GIS의 내부상태를 진단할 수 있는 기술 개발을 필요로 하고 있다. GIS는 내부도체, SF₆ 가스 그리고 개폐장치로 구성되어 있으므로, 중요 진단기술은 절연상태진단, 통전상태진단이 된다. 절연상태의 진단은 부분방전 측정을 중심으로 여러 가지 진단기술이 개발되고 있으며, 상당한 기술발전을 이룩하고 있다.

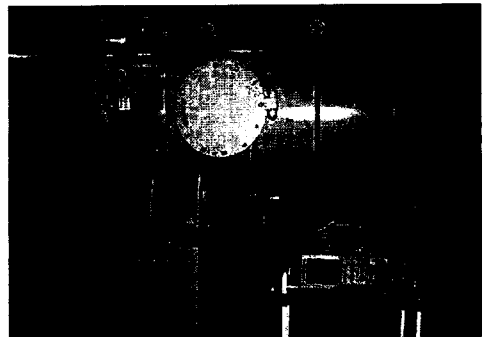


그림 1. 765kV용 GIS 실모델 탱크

GIS에서 절연진단 방법인 부분방전측정법은 전기적인 방법과 비전기적인 방법이 있으며 비전기적인 방법에서는 음파를 측정하는 초음파 측정방법이 현장기술로는 가장 유력한 방법이다. 전기적인 방법은 전자장의 잡음이 많아 이를 제거하는데 많은 노력이 필요하고 일반적인 기술자가 사용하기 어렵다. 그러나 초음파 방법은 전기적 방법에 비해 잡음의 영향이 적으며 탱크외부에서 센서를 표면에 부착하여 측정하기 때문에 쉽게 측정이 가능하다. 그리고 GIS운전중에도 측정이 가능하므로 현장 적용기술로 알맞다[1,2,3].

2.1.2. 실험방법

각종 이물들이 765kV 및 345kV GIS 실모델 탱크에서 어떤 특성을 갖는가를 밝히기 위하여 다음 표 1과 같은 이물에 대하여 실험을 실시하였다. 이 실험에서는 탱크의 내부에서 이물을 높이 1, 2, 4 및 25mm 에서 떨어뜨려 탱크외부에 초음파 센서(6I, 15I)를 부착하여 측정을 실시하였다. 그리고 센서 및 탱크의 특성을 고려한 교정을 하기 위하여 모든 실험에 앞서 ASTM E 976에 의한 교정을 실시하였다.

그러므로 본 연구에서는 초음파 측정법으로 부분방전 발생요인 중의 하나인 GIS의 이물체에 의한 진동을 측정하는 현장기술을 개발하기 위하여 실모델 GIS에서 이물의 진동에 대한 초음파의 크기와 특성을 측정하고 분석하여 현장 기술화하는데 목적이 있다.

그리고, 실제로 전압이 인가된 상태에서의 이물체에 대한 검출특성을 구하기 위하여 표 1의 이물 각각을 탱크 내에 두고 전압을 인가하여 각각의 이물체에 대한 검출특성을 구하였다.

2. 본 론

2.1 실험설비 구축 및 실험방법

2.1.1 실험설비 구축

GIS에 대한 초음파 측정기술을 얻기 위해서는 실제의 크기와 같은 탱크와 재질을 이용해야만이 실적이 가능한 자료를 확보할 수 있기 때문에 765kV 및 345kV용 GIS 실모델 탱크를 제작하였다. 765kV용 GIS 탱크의 크

표 1 실험에 사용된 이물의 종류, 크기 및 무게

종류	Al(0.80φ)			Cu(0.65φ)			세라믹볼			금속구		
	크기	15mm	10mm	5mm	15mm	10mm	5mm	3.6φ	2.1φ	1.5φ	1.0φ	0.7φ
무게 (mg)	20.0	15.0	7.5	40.0	26.0	13.5	79.0	17.0	5.0	8.0	2.8	

2.2 실험결과 및 고찰

2.2.1 교정실험

765kV 실모델 GIS에서 탱크, 센서 및 앰프의 특성을 고려한 교정을 실시하기 위하여 ASTM E 976에 의한 교정법에 의해 센서와의 거리를 60cm 간격을 두고 두 종류의 초음파센서(6I, 15I)를 같은 지점에 부착하여 측정하였다. 그 결과는 그림 4와 같다.

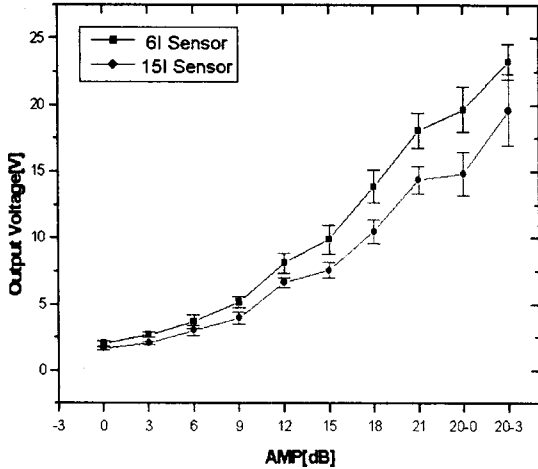
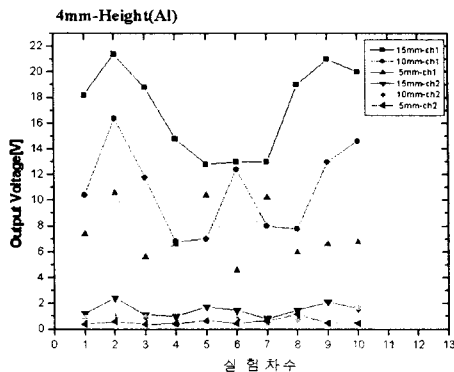


그림 2. ASTM E 976에 의한 초음파 교정결과

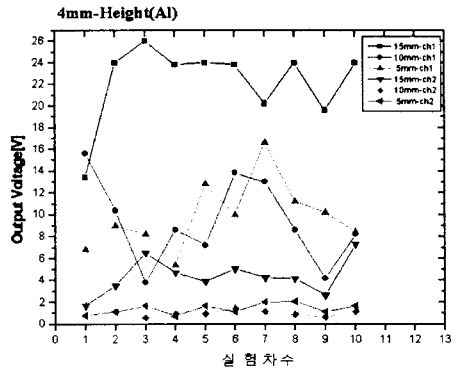
그림 2에서 횡축은 앰프의 증폭율이며 종축은 출력전압의 최고값이다. 6I센서에서 측정된 값이 15I센서에서 측정된 값보다 약 25% 큰 것으로 나타났다. 교정용 음원으로 사용한 ASTM E 976에 의한 교정법은 결과에서 보인 바와 같이, 큰 편차가 없는 것으로 측정되었으며, 교정원으로서 사용되기에 충분하다고 사료된다.

2.2.2 이물낙하실험

GIS 탱크의 내부에서 금속구, 막대형 알루미늄 및 구리 이물, 세라믹 볼을 낙하시켜 실험하였으며 그 결과의 예는 그림 3과 같다. 그림 3은 표 1의 알루미늄 이물 3 종류를 4mm 높이에서 낙하시키면서 낙하지점 바로 밑(ch1)과 낙하지점에서 60cm 떨어진 지점(ch2)에서 센서로 측정하는 것이다. 여기서 이물이 클수록 큰 값으로 측정되었고 낙하지점에서의 신호가 매우 큰 것으로 측정되었다. 그리고 센서간의 비교에서 6I센서는 15I센서에 비해 비교적 큰 값으로 측정되었다. 이 때, 두 센서의 결과는 동시에 측정된 결과가 아니다.



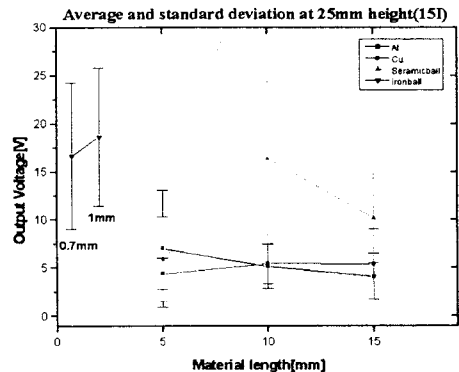
(a) 15I 센서측정결과



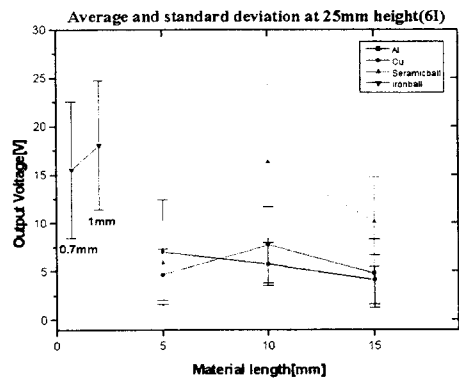
(b) 6I센서측정결과

그림 3. Al 이물의 낙하에 따른 센서별 검출결과 (높이 4mm, 센서 동시측정이 아님)

그림 4는 362kV급 실모델 GIS에서 표 1의 알루미늄, 구리, 세라믹 볼 및 금속구 이물 4종류를 25mm 높이에서 낙하시키면서 낙하지점에서 60cm 떨어진 지점에서 센서로 측정하는 것이다. 여기서 금속구가 상대적으로 약간 큰 값으로 측정되었고, 센서간의 비교에서 6I센서와 15I센서는 거의 같은 값으로 측정되었다.



(a) 15I 센서측정결과



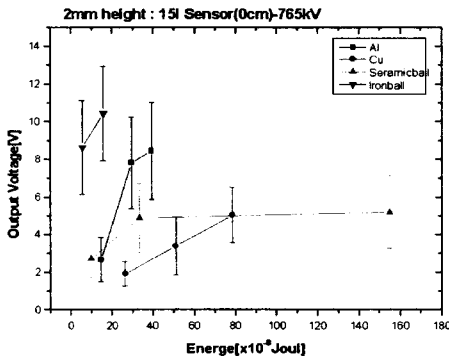
(b) 6I 센서측정결과

그림 4. 이물의 낙하에 따른 센서별 초음파 측정결과(높이 25mm)

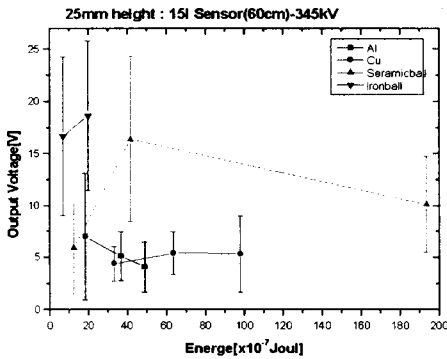
765kV급 GIS에서 이물 낙하시 초음파 센서 6I와 15I에서 측정된 결과를 분석하면 높은 위치에서 떨어져

는 것과 같은 종류의 이물에서는 크기가 큰 것이 신호가 큰 것으로 측정되었고, 멀어짐에 따라 신호의 감쇠가 나타나는 것으로 측정되었다. 몇 개 경우를 제외하고는 6I 쪽의 값이 큰 경우로 측정되었다.

362kV GIS에서 측정된 결과를 검토하면 765kV급에 비해 이물 크기에 비례하는 출력특성이 나타나지 않고 있으며, 출력신호의 크기도 작다. 센서6I와 15I의 측정결과와의 비교에서 거의 같은 값을 갖는 것으로 나타났다. 따라서 362kV GIS에서는 고주파 영역에서 측정신호가 765kV GIS에 비해 상대적으로 큰 것으로 평가된다. 이물의 낙하를 위치에너지로 환산하여 이물에 대한 출력특성을 나타내면 그림 5와 같다. 그림 5에서 보면, 에너지에 대해 출력이 비례하지 않지만, 같은 이물에 대해 에너지가 증가하면 출력이 증가한다. 금속구가 다른 이물에 비해 에너지당 출력이 크고, 그 다음은 알루미늄, 세라믹 볼, 구리 순서로 나타나고 있다. 금속구를 제외한 이물은 다른 실험조건에서는 다른 결과를 나타내는 경우도 있다.



(a) 765kV GIS에서 측정결과



(b) 362kV GIS에서의 측정결과

그림 5. 각종 이물의 낙하에너지와 초음파 출력의 관계

2.2.3 전압인가실험

실제로 765kV 모델 탱크에 전압이 인가된 상태에서 Al 15mm 이물에 대한 검출특성을 구한 결과는 그림 6과 같다. 이물의 기립전압은 145kV였으며, 센서의 검출전압은 대체로 인가전압에 비례하였다. 그리고, falling 전압은 50kV로 나타났다. 기립전압과 falling 전압의 특성으로부터, 실제의 GIS에서 한번의 과도전압의 인가로 인하여 금속이물이 기립한 후에는 정상상태로 회복한 후에도 이물의 진동이 계속 유지가능함을 알 수 있다.

Cu 15mm 이물에 대한 검출특성을 구한 결과는 그림 7과 같다. 기립전압은 알루미늄보다 큰 비중으로 인하여 212kV로 되었으며, falling 전압도 알루미늄 이물보다는 조금 높게 70kV로 나타났다.

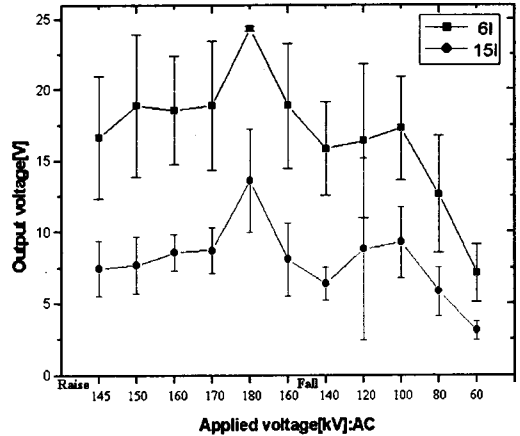


그림 6. Al 이물에 대한 전압인가실험 결과

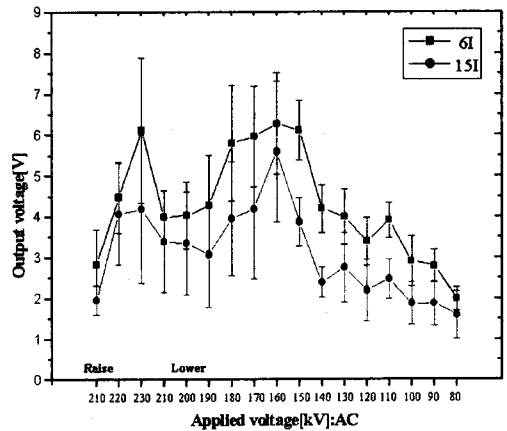


그림 7. Cu 이물에 대한 전압인가실험 결과

3. 결론

- 이상의 실험결과로부터 다음과 같은 결론을 얻었다.
- 가. ASTM E 976에 의한 교정법을 사용하여 GIS 탱크에서 초음파 측정을 위한 교정방법을 확립하였다.
 - 나. 초음파 및 주파수에 따른 출력특성은 탱크의 재질에 의존하였고, 초음파 출력의 크기는 낙하에너지에 어느정도 비례하는 특성도 있으나, 낙하시 접촉면의 형상에 크게 의존하는 것으로 나타났다.
 - 다. 탱크의 재질이 알루미늄인 경우가 스텐레스 스틸에 비해 출력이 큰 것으로 나타났다.
 - 라. 전압인가실험시 센서의 검출전압은 대체로 인가전압에 비례하였으며, 기립전압과 falling 전압의 특성으로부터 실제의 GIS에서 한번의 과도전압의 인가로 인하여 금속이물이 기립한 후에는 정상상태로 회복한 후에도 이물의 진동이 계속 유지가능함을 알 수 있었다.

[참고문헌]

1. 岡部成光의 3명, 'GIS내 금속이물의 부분방전특성과 진단기술' 일본전기학회 13권 115권 10호, 1994
2. L.E.Lungarrd 외 2인, 'Acoustic diagnosis of gas insulated Substations ; A Theoretical and experimental Basis, IEEE 90 WM 133-9 PWRD, 1990
3. M.Runde 외 3명, 'Acoustic diagnosis of high Voltage circuit breakers', IEEE 91SM 378-0 PWRD