

800kV GIS 이물진단을 위한 초음파 측정 적용기술연구

김 광 화\*, 최 재 구\*, 김 민 규\*, 선 종 호\*, 김 익 수\*, 윤 진 열\*\*

\* 한국전기연구원, \*\* 전력연구원

A Study on the Technology Applying the Acoustic Wave Measurement to Diagnosing Particles in 800kV GIS

K.H.Kim\*, J.G.Choi\*, M.K.Kim\*, J.H.Sun\*, I.S.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 relationship between applied voltages and sensor outputs due to particles. In this results fall down voltages depended on the material and length of particles but lift off voltages depended on the materials of particles. And the sensors outputs were increased with applied voltages in the same particle.

크를 제작하였다. 800kV용 GIS 탱크의 크기는 내경이 1,000mm, 두께 80mm로 제작되었고, 사용재질은 알루미늄으로 하였다. 그리고, 실제로 전압이 인가된 상태에서 이물체에 대한 검출특성을 구하기 위하여 사용된 탱크 내의 전극은, 정격전압보다 낮은 전압(110kV)에서 탱크 내면에서의 전계강도가 정격전압(440kV) 인가시와 동일하도록 하여, 이물체에 작용하는 전계강도는 실제의 800kV 챔버와 같게 함과 동시에 낮은 전압에서도 쉽게 이물체를 기립할 수 있도록 전계해석을 통하여 설계 및 제작되었다. 그림 1은 본 연구에 사용된 800kV급 GIS 실모델 탱크이다.

1. 서 론

우리 사회는 고도로 산업화되어 있으므로 전력공급에서 높은 신뢰성을 요구하고 있다. GIS는 SF<sub>6</sub> 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, SF<sub>6</sub> 가스 그리고 개폐장치로 구성되어 있으므로, 중요 진단기술은 절연상태진단, 통전상태진단이 된다. 절연상태의 진단은 부분방전 측정을 중심으로 여러 가지 진단기술이 개발되고 있으며, 상당한 기술발전을 이룩하고있다.

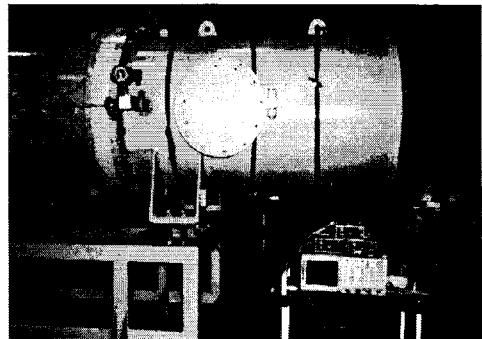


그림 1. 800kV용 GIS 실모델 탱크

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 GIS운전 중에도 측정이 가능하므로 현장 적용기술로 알맞다[1,2,3].

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

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 이용해야 실적용이 가능한 자료를 확보할 수 있기 때문에 800kV용 GIS 실모델 탱

2.1.2. 실험방법

각종 이물들이 800kV GIS 실모델 탱크에서 어떤 특성을 갖는가를 밝히기 위하여 다음 표 1과 같은 이물체에 대하여 실험을 실시하였다. 이 실험에서는 탱크의 내부 전극에 전압을 인가하고 상승시키면서 관측창을 통하여 상태를 보면서 동시에 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.

표 1 실험에 사용된 이물의 종류, 크기 및 무게

종류	Al(0.80φ)			Cu(0.65φ)			
	크기(mm)	15	10	5	15	10	5
무게(mg)	20.0	15.0	7.5	40.0	26.0	13.5	

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 2와 같다.

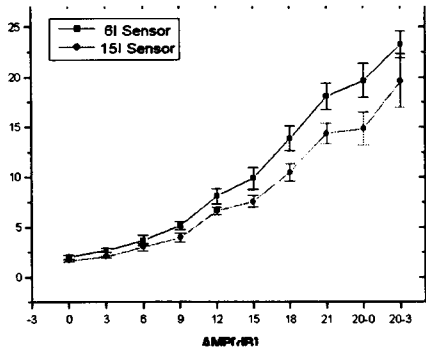


그림 2. ASTM E 976에 의한 초음파 교정결과

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 전압인가에 의한 실험결과

그림 3은 각 이물의 종류에 따른 기립 및 소멸전압을 나타내고 있다. 같은 크기의 이물에서 구리의 경우가 기립 및 소멸전압이 더 높으며, 기립전압은 같은 종류의 이물에서 크기에 관계없이 거의 일정하고 소멸전압은 이물이 작을수록 높은 것으로 나타났다.

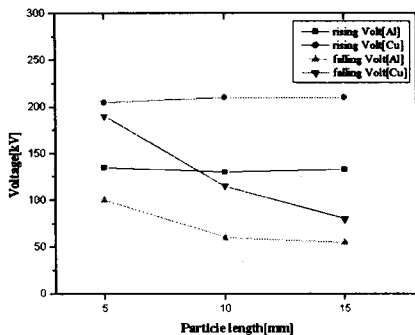
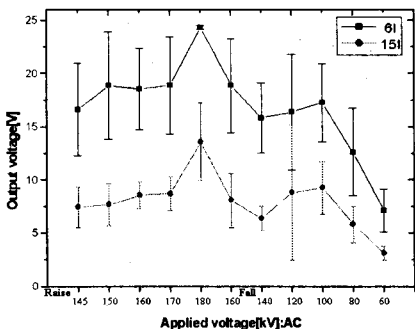
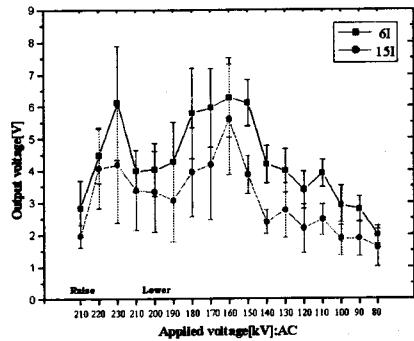


그림 3. 알루미늄과 구리이물의 기립 및 소멸전압 특성

그림 4는 알루미늄 및 구리 이물의 크기가 10mm인 것을 탱크에 넣어 전압을 변화시키면서 측정 한 결과이다. 이 결과에서 전압이 증가하면 이물에서 출력되는 값이 증가하는 것으로 나타났지만, 큰 차이가 있는 것은 아니다. 따라서 본 실험에서 800kV의 정격전압에 해당되는 110kV와 이보다 과전압인 150kV에서 측정을 하는 것으로 하였다.

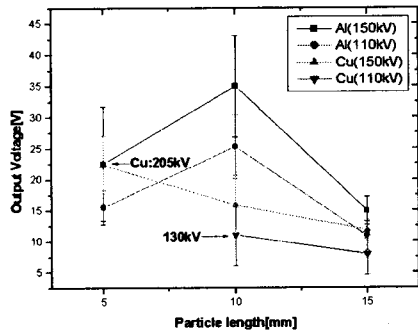


(a) 알루미늄 이물에서 출력결과

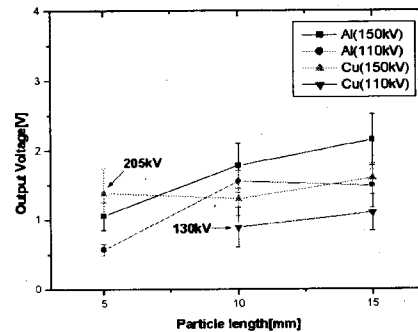


(b) 구리이물에서 출력결과  
그림 4 인가전압 변화에 따른 이물별 초음파 출력특성

그림 5는 이물의 초음파 세기를 측정하여 나타내는 것으로 그림 5(a)는 15I 센서에서 측정된 값이고 그림 5(b)는 6I 센서에서 측정된 값이며 이 값들은 앰프의 증폭율을 21dB로 교정한 값으로 나타낸 것이다. 여기서 나타난 특성에서 6I에 비해 15I의 센서에서 작게 나타났다. 알루미늄 이물에서 측정된 신호가 구리 이물보다는 약간 큰 것으로 나타났다. 크기에 대한 신호 출력의 비례특성은 보기가 힘든 것으로 나타났다.



(a) 15I 센서 측정결과



(b) 6I 센서 측정결과

그림 5. 이물별 인가전압에 따른 초음파 측정결과

그림 6은 그림 5의 결과를 열필심 부러뜨리기의 교정치를 고려한 값으로 환산하여 나타낸 것이다. 이것을 본 연구에서 절대값이라 하겠다. 이의 방법은 다음의 식(1)과 같다.

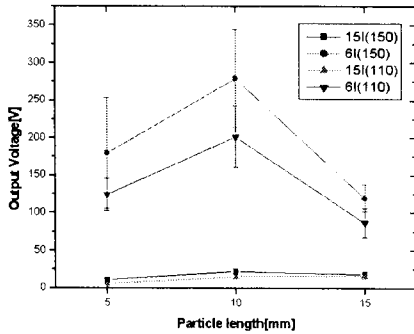
(앰프 증폭율로 환산된 값/같은 증폭율에서 환산된 교정치의 값)\*100 = 절대값 --(1)

이 그림에서 특성은 센서의 종류에 따른 값의 차이의 비를 알 수 있다. 6I 센서출력이 15I 센서출력보다 훨씬 큰 값을 알 수 있다.

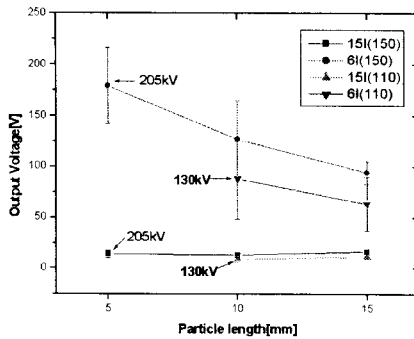
이 결과에서 이물의 크기에 따른 센서별 출력의 비를 보면 이물의 크기가 작을수록 비값이 커지는 것을 알 수 있었다.

(참고 문헌)

1. 岡部成光 외 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



(a) 알루미늄 이물의 경우



(b) 구리 이물의 경우

그림 6. 절대값으로 나타난 센서별 초음파 측정결과

이상의 이물 실험에서 구리인 경우 10mm 이하에서는 통상의 운전전압에서 기립에 의한 진동이 발생하지 않는 것으로 평가되지만, 알루미늄 이물에서는 5mm인 경우도 100kV에서 기립이 소멸되므로 이물이 5mm보다 작은 경우도 정격전압에서 기립하여 진동하는 것으로 평가된다.

그리고 이물 실험에서 길이가 10mm 이상이고 인가 전압이 150kV를 넘어가면 가끔씩 침락현상이 발생하므로 이물의 발생은 GIS 절연에 심각한 절연파괴현상을 초래할 수 있다는 결론을 얻을 수 있었다.

### 3. 결 론

- 이상의 실험결과로부터 다음과 같은 결론을 얻었다.
- 가. ASTM E 976에 의한 교정법을 사용하여 GIS 탱크에서 초음파 측정을 위한 교정방법을 확립하였다.
  - 나. 이물의 기립전압은 재료의 비중에 의존하고 소멸전압은 이물의 크기에 관계됨을 알 수 있었고, 일정 크기의 금속이물이 기립한 후에는 정상전압으로 회복한 후에도 이물의 진동의 유지가 가능함을 알 수 있었다.
  - 다. 구리의 이물이 10mm이상인 것과 알루미늄의 이물이 5mm이상인 것은 800kV GIS의 정상운전전압에서 계속적인 기립을 유지할 수 있는 것으로 평가된다.
  - 라. 초음파의 출력은 인가전압이 증가함에 따라 어느 정도 증가하는 것으로 나타났지만, 입자의 크기와 꼭 비례하지는 않는 것으로 나타났다.
  - 마. 주파수 특성이 다른 초음파 센서를 사용하여 그 측정 결과에서 비의 값이 이물의 크기와 어느 정도 일정 관계가 있는 것으로 나타났다.