

GIS내 이물진단을 위한 AE센서 적용기술

김광화^{*}, 최재구^{*}, 김민규^{*}, 선종호^{*}, 김익수^{*}, 윤진열^{**}
 * 한국전기연구원, ** 전력연구원

Development of application technology to diagnose particles with the acoustic emission sensors in 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 outputs of sensors and particles and we found that the ratios of outputs related with the lengths of particles. We developed the apparatus including the above diagnosis algorithm for GIS.

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, 이물에 작용하는 전계강도는 실제의 800kV 챔버와 같게 함과 동시에 낮은 전압에서도 쉽게 이물을 기립할 수 있도록 전계해석을 통하여 설계 및 제작을 하였다. 그림 1은 본 연구에 사용된 800kV급 GIS 실모델 탱크이다.

362kV급 GIS 탱크의 크기는 내경이 530mm, 두께 12mm 이며, 스텐레스 스틸로 제작되었다.

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. 이와같은 문제점을 해결하기 위해 GIS의 내부상태를 진단할 수 있는 기술 개발을 필요로 하고 있다. GIS는 내부 도체, SF₆ 가스 그리고 개폐장치로 구성되어 있으므로, 중요 진단기술은 절연상태진단, 통전상태진단이 된다. 절연상태의 진단은 부분방전 측정중심으로 여러 가지 진단기술이 개발되고 있으며, 상당한 기술발전을 이룩하고 있다.

GIS에서 절연진단 방법인 부분방전측정법은 전기적인 방법과 비전기적인 방법이 있으며 비전기적인 방법에서는 음파를 측정하는 초음파 측정방법이 현장기술로는 가장 유력한 방법이다. 전기적인 방법은 전자기장의 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].

그러므로 본 연구에서는 초음파 측정법으로 부분방전 발생요인 중의 하나인 GIS의 이물에 의한 진동을 측정하는 현장기술을 개발하기 위하여 실모델 GIS에서 전압 인가에 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 탱크를 제작하였다. 800kV용 GIS 탱크의 크기는 내경이

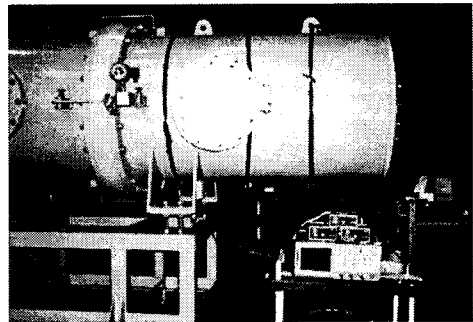


그림 1. 800kV용 GIS 실모델 탱크

2.1.2. 실험방법

각종 이물들이 GIS 실모델 탱크에서 어떤 특성을 갖는가를 밝히기 위하여 다음 표 1과 같은 이물에 대하여 실험을 실시하였다. 이 실험에서는 탱크의 내부전극에 전압을 인가하고 상승시키면서 관측창을 통하여 상태를 보면서 탱크외부에 초음파 센서(6I, 15I)를 부착하여 측정을 실시하였다. 그리고 센서 및 탱크의 특성을 고려한 교정을 하기 위하여 모든 실험에 앞서 ASTM E 976(연필시험)에 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 고찰⁴⁾

2.2.1 교정실험

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. 800kV급 GIS에서 그 결과는 그림 2와 같다.

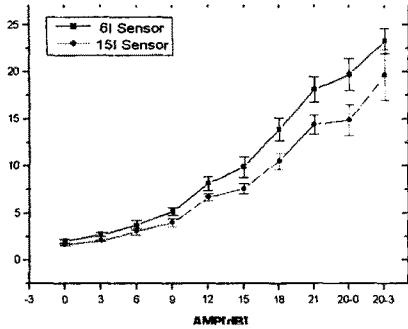


그림 2. ASTM E 976에 의한 초음파 교정결과

그림 2에서 횡축은 앰프의 증폭율이며 종축은 출력전압의 최고값이다. 6I센서에서 측정된 값이 15I센서에서 측정된 값보다 약 25% 큰 것으로 나타났다. 그리고 362kV급 GIS에서는 역으로 15I센서에서 측정된 값이 6I센서에서 측정된 값보다 약 40% 큰 것으로 나타났다.

2.2.2 전압인가에 의한 실험결과

그림 3은 800kV급 GIS에서 각 이물의 종류에 따른 기립 및 소멸전압을 나타내고 있다. 같은 크기의 이물에서 구리의 경우가 기립 및 소멸전압이 더 높으며, 기립 전압은 같은 종류의 이물에서 크기에 관계없이 거의 일정하고 소멸전압은 이물이 작을수록 높은 것으로 나타났다.

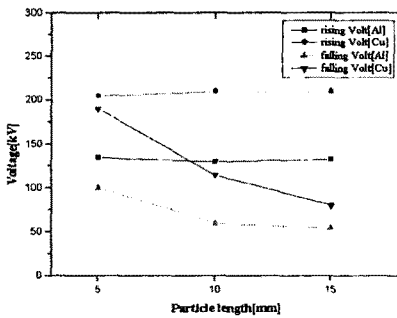


그림 3. 알루미늄과 구리이물의 기립 및 소멸전압 특성

그림 4는 알루미늄 이물의 크기가 10mm인 것을 탱크에 넣어 전압을 변화시키면서 측정한 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.

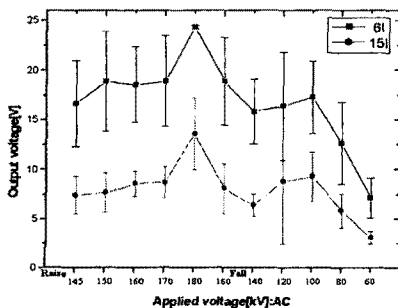
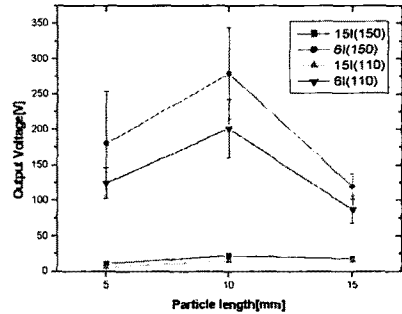


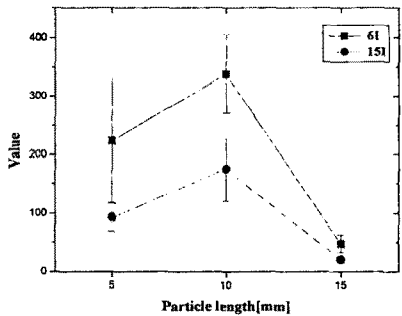
그림 4 인가전압 변화에 따른 이물별 초음파 출력특성

그림 5는 이물의 초음파 세기를 측정하여 나타내는 것으로 그림 5(a)는 800kV급 GIS에서 측정된 값이고 그림 5(b)는 362kV급 GIS에서 측정된 값이며 이 값들은 앰프의 증폭율이 같게 교정한 값으로 나타낸 것이다.

800kV급 GIS의 특성에서 6I에 비해 15I의 센서에서 작게 나타났다. 알루미늄 이물에서 측정된 신호가 구리 이물보다는 약간 큰 것으로 나타났다. 362kV급 GIS의 특성에서 6I에 비해 15I의 센서에서 크게 나타났다. 크기에 대한 신호 출력의 비례특성은 보기가 힘든 것으로 나타났다.



(a) 800kV급 GIS 알루미늄 이물의 경우



(b) 362kV급 GIS 알루미늄 이물의 경우

그림 5. 이물별 인가전압에 따른 초음파 측정결과

이상의 결과에서 센서의 비값을 식(1)과 같이 구하고

$$\text{비값} = \frac{6I \text{ 측정피크치}}{15I \text{ 측정피크치}} \quad (1)$$

이 비값과 이물의 크기를 비교하면 밀접한 관계가 있는 것을 알 수 있다.

800kV급 GIS에서는 이물이 클수록 비값이 작아지고 그 값의 범위는 5 - 20 정도이고, 362kV급 GIS에서는 이물이 클수록 비값이 증가하였으며 그 값의 범위는 1.94 - 2.43 정도이다. 따라서 이물 크기가 증가하면 센서간의 출력값의 차이가 줄어드는 것으로 나타났다.

2.3 개발된 GIS 진단장치⁵⁾

2.3.1 Hardware 특성

아래와 같은 사양으로 제작된 진단장치는 그림 6과 같다.

가. 입력 channel : 초음파 2 channel

가속도 2 channel

나. 주파수대역 : 초음파 40 ~ 300 kHz

가속도 10Hz ~ 20 kHz

다. 증폭율 : 초음파: ×1, ×5, ×10, ×15 (Selectable)

가속도: ×1, ×5, ×10, ×20 (Selectable)

- 라. Sampling rate : 초음파:1,2,4,8MHz
가속도 : 0.1,1,2 Mhz
- 마. Resolution : 초음파 12bits
가속도 12bits
- 바. 측정 Memory 크기 : 초음파 : 512KB
가속도 : 256KB
- 사. 휴대용 컴퓨터 사양 : OS : windows 2000,
펜티엄 III 750MHz이상, 기본메모리 : 128MB,
화면 : 14.1인치 이상, HDD : 20GB 이상
- 아. 공급센서 : 초음파센서 : R15I 센서 1개
R6I 센서 1개 (PAC. Co.)
가속도센서 : 1~10,000Hz, 500mV/ μ g,
(Wilcoxon. Co. 728A) 센서1개

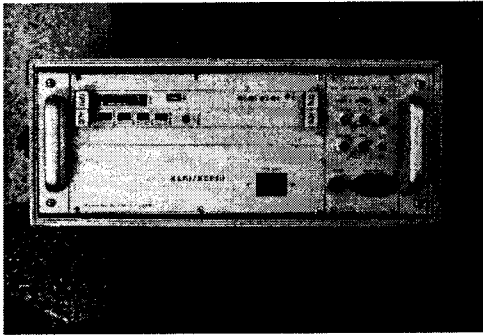


그림 6. 개발된 GIS 진단장치

2.3.1 Software 특성

본 연구에서 개발하고자 하는 측정기의 컴퓨터 Software 구성을 위하여 화면구성을 디자인하였다. 화면구성은 크게 6개로 구분되며 AUTO, MAIN, SETUP, UTILITY, WAVE 및 DATA VIEW로 하였다. 그리고 WAVE는 측정결과를 평가하기 위한 결합진단과 위치진단 및 통전진단을 하부화면으로 구성하였다. 다음의 항에서는 중요항목인 WAVE 대해서만 설명하였다.

초음파센서에서 측정되는 파형을 읽어드리고 분석·처리하는 과정을 거쳐 진단을 행하는 중심부분이다.

1) 결합진단

센서로부터 측정된 파의 특성 결과로부터 결합의 종류를 진단하는 것을 표시하는 것으로 그림 7과 같다. 그림 7에서 화면하단에 GIS의 성격전압, 탭크의 재질을 입력하도록 하고 측정된 결과로부터 이물의 크기와 종류를 분석·진단할 수 있도록 구성하였다. 이 화면에서는 교정 및 측정의 값을 자동으로 가져올 수 있고, 증폭율에 따라 내부에서 자동으로 계산이 가능하도록 하고 있다. 측정결과로부터 이물입자의 크기를 어느 정도 추정하여 자동으로 분석할 수 있도록 하였다.

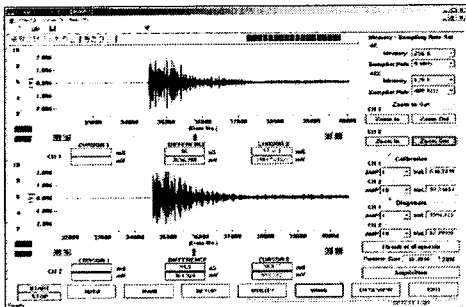


그림 7. 초음파측정 및 결합진단 화면

2) 위치진단

초음파로 전달되는 이상 신호의 위치점을 파악하기 위하여 2개의 센서로부터 전달되는 파를 적절히 프로그램 처리하여 센서로부터의 거리를 표시하는 것으로 그림 8과 같이 프로그램을 하였다. 그리고 Speed에 탱크재질에서 횡파의 속도를 Dif-time에 시간차를 그리고 S-Sdist에 센서간 거리를 기입하면 Dist에서 거리치를 나타내고 CH1dist에서 Ch1 센서로부터 이물 위치까지의 거리를 나타낸다.

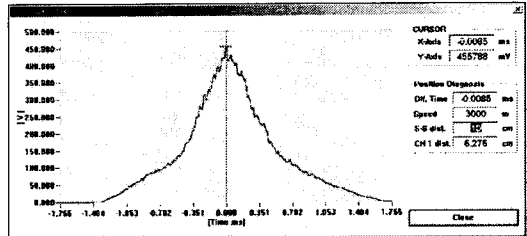


그림 8. 위치진단 화면

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 기립은 재료의 비중에 의존하고 소멸전압은 이물의 크기에 관계됨을 알 수 있었고, 일정 크기의 금속이물이 기립한 후에는 정상전압으로 회복한 후에도 이물의 진동이 계속 유지가 가능함을 알 수 있었다.
- 다. 초음파의 출력은 인가전압이 증가함에 따라 증가하는 것으로 나타났지만, 입자의 크기와 꼭 비례하지는 않는 것으로 나타났다.
- 라. 주파수 특성이 다른 초음파 센서를 사용하여 그 측정 결과에서 비의 값이 이물의 크기와 어느 정도 일정 관계가 있는 것으로 나타났다.
- 마. 현장에서 On-line 상태에서 GIS 진단이 가능한 컴퓨터가 장착된 자동분석형 진단장치를 개발하였다.

[참 고 문 헌]

1. 岡部成光의 3명, 'GIS내 금속이물의 부분방전특성과 진단 기술' 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
4. 김광화 외 5명, '800kV GIS 이물진단을 위한 초음파 측정 적용기술연구', 2001년도 대한전기학회 전기물성 응용부분회 추계학술대회, 2001. 11
5. 김광화 외 5명, 'GIS 이물 및 통전 진단장치 개발' 2002년도 대한전기학회 고전압 및 방전응용기술 연구회 춘계학술발표대회, 2002. 4