

Narrow Band 방사전자파 측정에 의한 SF₆ 가스의 절연특성에 관한 연구

윤대희*, 박광서*, 김종환*, 도영희*, 최상태**, 김기채*, 이광식*
*영남대학교, **경주대학교

**A Study on the Breakdown Characteristics of a SF₆ Gas
by Measurement of Narrow Band Radiated Electromagnetic Wave**

D.H Yoon*, K.S Park*, J.H Kim*, Y.H Do*, S.T Choi**, K.C Kim*, K.S Lee*
*Yeungnam University. **Gyeongju University

Abstract - 산업 발전과 정보화 사회로 인한 전력 수요의 급증으로 안정된 전기에너지 공급을 위해 전력계통은 고전압·대용량화 되고 있다. 따라서 전력계통 현장에서 많이 사용되고 있는 GIS에 결함이 발생하면 치명적인 사고를 유발할 수 있다. 본 논문은 모의 GIS내 도전성 금속이물질 존재 시 발생하는 부분방전 신호를 절연진단 방법 중 하나인 UHF법을 이용하여 부분방전 시 방사되는 Narrow Band 방사전자파를 측정하여 SF₆ 가스의 절연 특성을 연구하였다. 이러한 연구는 GIS 및 전력기기에 사용되는 SF₆ 가스의 절연 이상으로 인한 사고를 미연에 방지하기 위한 부분방전 탐지에 중요한 기초 자료가 될 것으로 사료된다.

위해 모의 GIS 챔버내에 금속이물질을 인위적으로 만들어 넣고 교류고전압을 인가하고, 이때 발생하는 방사전자파를 EMI-EMC 측정용 안테나를 이용하여 측정하였다. GIS 내에서 부분방전에 의해 발생하는 방사전자파는 주파수 대역이 저주파에서 초고주파에 이르기까지 광범위한 대역에 걸쳐서 분포한다. 광대역에서 발생하는 전자파 중에서 전계강도 변화가 분명하게 나타나는 협대역(30[MHz]~2000[MHz])의 방사전자파 측정함으로써 인가전압에 따른 SF₆ 가스의 방전 특성을 측정 분석하였다.

1. 서 론

현대 산업 문명의 급속한 발전과 경제성장의 가속화로 인하여 에너지 수요는 급격히 증가하는 추세에 있다. 전력설비 및 기기는 안정적인 전력 공급을 위해 전력계통에서 담당하는 역할이 중요한 만큼 전력설비의 고장에 따른 전력공급 장애로 인한 사회적인 영향이 크고, 또한 복구에 많은 시간과 경비가 소요되어 경제적인 손실이 막대하다. 따라서 보다 안정적이고 신뢰도 높은 전력을 공급하기 위해 전력설비 및 기기의 유지, 보수를 통한 전기적 사고를 미연에 방지하는 진단기술을 필요로 하게 되었다.

전원 및 전력수송설비의 대도시 근교로의 입지가 제한되어 발전소용 부지의 효율적 사용 및 환경조화를 위해 설비의 축소화, 밀폐화가 불가피하므로 compact한 초고압대용량 전력기기의 사용이 확대되고 있다.

절연성능이 우수하고 불활성을 갖는 안정한 SF₆ 가스를 절연매체로 하는 전력설비들이 증가하고 있고, 대표적인 전력기기인 가스절연개폐장치(Gas Insulated Switchgear : GIS)는 40여년 전부터 상업화가 시작되어 현재 765kV급까지 광범위하게 사용되고 있고, 대도시로부터 지방 중소도시로 확산되어 건설, 운전 중에 있다.

GIS 설비 수량이 증가함에 따라 운전 중 사고 발생 건수도 증가추세에 있다. GIS 설비 사고를 예방하기 위한 기술개발 노력이 현재까지 전 세계에 걸쳐 꾸준히 진행되어온 결과 GIS 내부 결함을 검출하기 위한 방안으로 전기적 방법으로는 UHF 진단법을, 기계적 방법으로는 음향신호 진단법을 병행할 것을 추천하고 있다. 유럽이나 일본 등 극소수 선진국가에서 이러한 기술을 현장에 적용하고 있다. 하지만, 최신기술에 해당하여 기술장벽이 높고 완전한 현장 적용에는 보완해야 할 부분이 상당하기 때문에 아직도 세계 모든 나라에서 적용할 만큼 보편화되어 있지는 않고,^[1] 현재 우리나라는 GIS에서 사고가 발생하면 단순히 기기 모듈 전체를 교환하고 있는 실정이다.

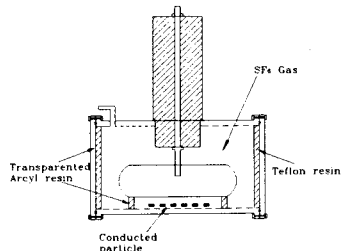
본 논문에서는 GIS 내부에 존재하는 결함을 모의하기

2. 실험장치 및 방법

2.1 실험장치

GIS 내부에서 금속 이물질에 의해 발생하는 부분방전을 모의하기 위해서 그림1과 같이 제작한 모의 GIS 챔버 내부에 길이 2[mm]의 금속이물질(스테인레스)을 인위적으로 만들어 넣었다. 모의 GIS 챔버의 한 쪽은 챔버 내부에서 발생하는 방사전자파의 감쇄를 최소화하여 측정할 수 있도록 방사전자파를 잘 통과시키는 테프론 재질로 만들고, 다른 쪽은 챔버 내부의 금속이물질의 거동을 관찰하기 위해서 투명 아크릴로 창을 만들었다. 또한 챔버 내부의 SF₆가스 압력은 현장에서 일반적으로 사용하고 있는 4기압으로 하였다. GIS의 버스바에 해당하는 원통 전극과 챔버의 외함과의 거리는 15[mm]이다. 방전진전에 따라 거동하는 금속이물질이 원통형 전극을 벗어나지 않도록 하기 위하여 원통전극의 양쪽 끝단에 투명 아크릴 스페이서를 설치하였다.

모의 GIS에서 방사되는 방사전자파를 측정하기 위한 EMI-EMC 측정용 안테나는 방사전자파 방생원인 모의 GIS로부터 1[m] 거리에 설치하였다.



1. 최대 인가전압 : 200[kV]
2. 최대 압력 : 10 기압 및 유지
3. 전극간 거리 변화 : 3~50[mm]

그림 1. 모의 GIS 챔버

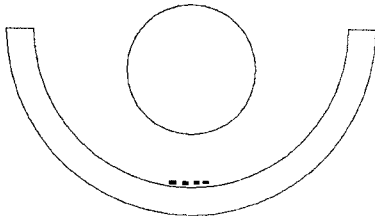


그림 2. 챔버내의 금속이물질

2.2 실험방법

그림 1과 같이 제작한 모의 GIS 내부에 4기압의 SF₆ 가스를 채우고 교류 고전압을 인가하였다. 전압원은 교류 고전압(Input : AC 200[V] 60[Hz], Output : AC 50[kV] 60[mA])을 사용하였고, 방전진전에 따른 방사전자파는 EMI-EMC 측정용 안테나(EMCO model 3142)와 스펙트럼 분석기(Advantest-R3131A)를 이용하여 측정하였다. 스펙트럼 분석기는 500개의 데이터를 측정하고, 데이터는 신호의 정의 값을 sweep time 1초 동안 20회 측정된 평균값을 취득하였다.

3. 실험결과 및 고찰

방사전자파 측정을 위해 사용된 EMI-EMC 안테나의 측정 가능 주파수 대역(30[MHz]-2[GHz]) 중에서 배경잡음(그림3)과 분명하게 구분되는 주파수 영역인 30[MHz]-200[MHz] 대역에서 방사전자파를 측정하였다.

각 인가전압에서의 주파수 스펙트럼에서 배경잡음 스펙트럼 값을 뺀 결과를 그림4에 나타냈다.

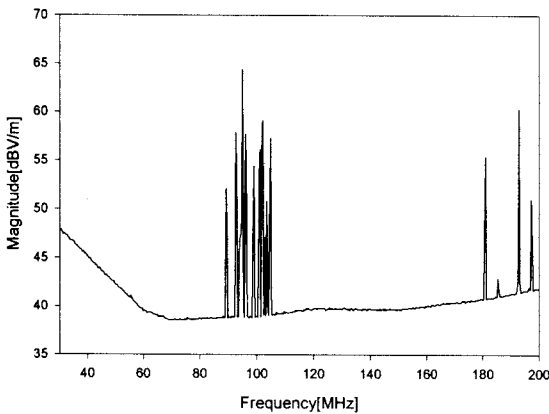


그림 3. Background Noise

인가된 전압이 24[kV] 이하에서는 60[MHz]-80[MHz] 부근에서 배경잡음과 구분되는 방사전자파 스펙트럼이 관측되고, 챔버 내부의 금속이물질은 인가전압이 21[kV] 일 때 챔버 바닥에서 조금씩 움직이기 시작하였다.

인가전압 27[kV]에서 금속이물질은 상하 진동을 시작하였고, 전압을 더욱 상승시킴에 따라 서서히 부상하였다. 그리고 이때의 주파수 스펙트럼을 살펴보면, 24[kV] 이하 전압에서 나타나던 60[MHz]-80[MHz] 대역이 90[MHz]까지 확대되었음을 알 수 있다. 또한 140[MHz]-180[MHz] 대역에서도 점차 변화하는 스펙트럼을 볼 수 있다.

그림5는 인가전압에 따라 배경잡음의 평균 전계강도 (133[dBuV/m]) 이상의 전계강도가 측정된 개수를 나타내고 있다. 인가전압이 증가함에 따라 점차 전계강도가 증가하는 것을 볼 수 있다.

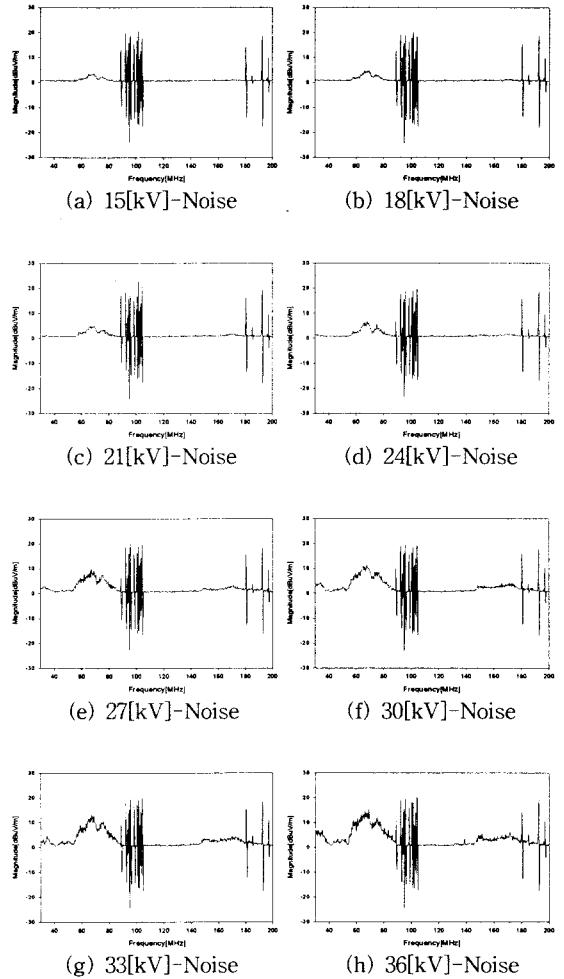


그림 4. 인가전압에 따른 방사전자파 스펙트럼

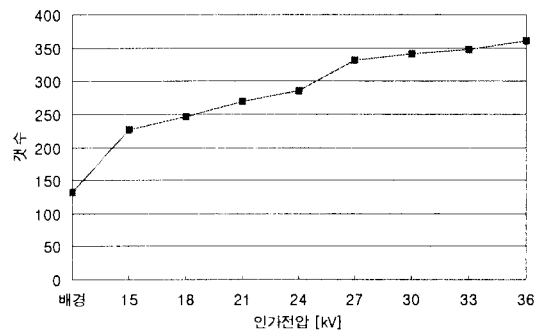


그림 5. 배경잡음 평균 전계강도 이상의 개수

그림6은 각각의 인가전압에서 발생된 전계강도 데이터 중 45[dBuV/m], 50[dBuV/m] 이상의 크기를 가지는 방사전자파 데이터 개수를 나타내고 있다. 금속이물질의 거동이 활발하게 되는 27[kV]이상에서 전계강도가 급격히 증가함을 볼 수 있다.

그림7-그림10은 인가전압에 따른 방전전류를 측정한다. 모의 GIS 챔버의 외함 접지층에 50[Ω] 무유도 저항을 통하여 전류를 측정해 본 결과, 교류 전압에서 발생하는 부분방전의 전형적인 위상인 전압의 60°, 270° 위상 부근에서 방전전류가 측정되었다.

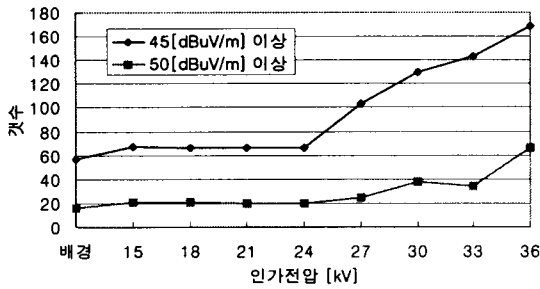
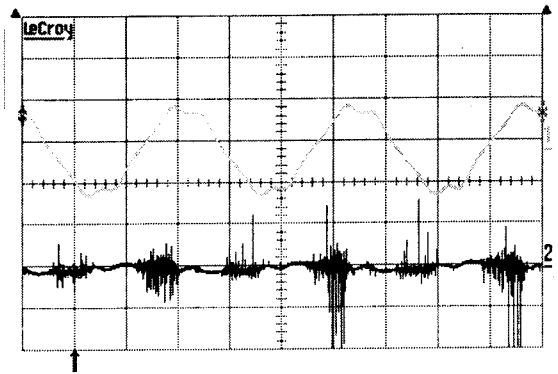


그림 6. 45, 50 [dBuV/m] 이상 데이터 개수



1. 인가전압 파형 2. 전류파형 (200[mV/div])
그림 10. 36[kV] 인가 시 전압, 전류 파형

이상에서 살펴본 바와 같이 인가전압 27[kV] 이상에서 방사전자파의 전계강도 및 방전 전류의 급격한 증가로부터 챔버내에서 부분방전이 급격히 진전되고 있음을 알 수 있다. 이것은 27[kV] 이하 전압에서 거동이 거의 없던 금속이물질이 27[kV] 이상 전압에서 전계에 의해 부상하고, 상하 진동을 하기 때문에 gap 간극이 줄어들고, 금속이물질이 전계 집중점이 되어 SF₆ 가스의 절연내력을 떨어뜨렸기 때문이다.

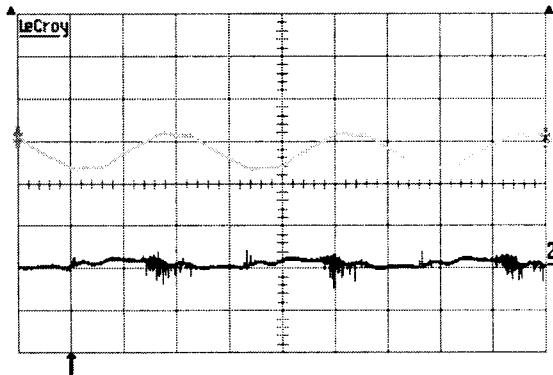
4. 결 론

본 논문에서는 GIS의 고장 원인 중 하나인 금속이물질이 GIS 내부에 존재할 경우 SF₆가스의 절연 특성을 연구하기 위하여 모의 GIS 챔버를 제작하여 SF₆ 가스를 4기압으로 채우고 부분방전에 의해 발생한 방사전자파 및 방전전류를 측정하는 연구이다.

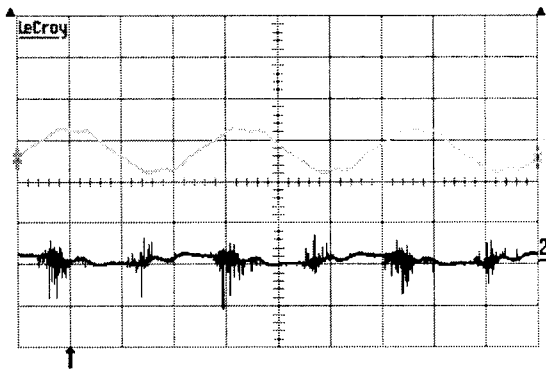
그 결과 인가전압이 27[kV] 이상에서 전계강도가 급격히 증가하여 부분방전이 빠르게 진행됨을 알 수 있고, 방전 전류를 측정함으로써 이것을 확인할 수 있었다. 광범위한 주파수 대역을 가지는 방사전자파 중에서 비교적 부분방전 초기에 탐지가 가능한 30[MHz] ~200[MHz] 대역인 협대역의 방사전자파를 측정함으로써 부분방전 예측이 가능함을 확인하였다.

[참 고 문 헌]

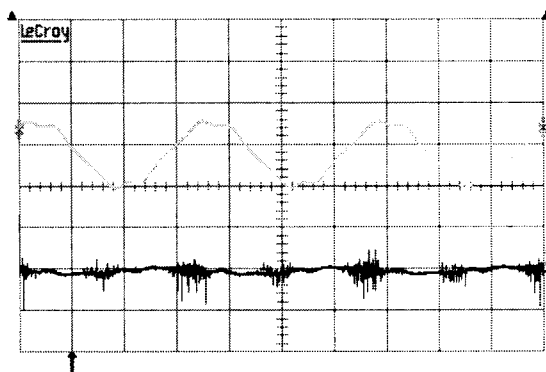
- [1] GIS 부분방전 검출기술 연구, 전력연구원, 2002. 10
- [2] H. Okubo, et "Electromagnetic Spectrum Radiated from Gas Discharge and its Relation to Partial-Discharge Characteristics" ETEP Vol.7, No.1. 1997
- [3] 김기채, 이광식, 이동인, "방사전자파에 의한 미소간극 방전원의 방전 전류 파형 추정", 한국전자파학회 논문지, Vol. 11, No. 1, 2002. 2월 [2] S
- [4] 이상훈 외 6인, "방사전자파 특성을 이용한 부분방전 검출의 기초연구", 대한전기학회 논문지 제49권 제7호 pp.412~417, 2000년 7월30일
- [5] Hikita, M, Hoshino, T. Kato, K. Hayakawa, N. Ueda, T, Okubo, H, "Discrimination of partial discharge electromagnetic signal in SF₆ gas from external noise using phase gate control method", IEEE International Symposium on Electrical Insulation, Vol,1, pp117~120, 1996



1. 인가전압 파형 2. 전류파형 (200[mV/div])
그림 7. 15[kV] 인가 시 전압, 전류 파형



1. 인가전압 파형 2. 전류파형 (200[mV/div])
그림 8. 18[kV] 인가 시 전압, 전류 파형



1. 인가전압 파형 2. 전류파형 (0.5[V/div])
그림 9. 27[kV] 인가 시 전압, 전류 파형