

협대역 방사전자파 측정에 의한 SF₆ 방전 탐지에 관한 연구

(A Study of SF₆ Discharge Detection for Narrow Band Radio Electro-Magnetic Wave Measurement)

윤대희* · 이현철* · 박광서* · 최상태** · 김기재* · 이광식*

(Dae-Hee Yoon* · Hyun-Chul Lee* · Kwang-Seo Park* · Sang-Tae Choi** · Ki-Chai Kim* · Kwang-Sik Lee*)

*영남대학교, **경주대학교

Abstract

현장에서 많이 사용되고 있는 GIS에 결함이 발생하면 치명적인 사고로 진전될 수가 있다. 본 논문은 모의 GIS내 도전성 금속이물질 존재 시 발생하는 부분방전 신호를 절연 진단 방법중 하나인 UHF법을 이용하여 부분방전 시 방사되는 방사전자파의 스펙트럼을 분석해 금속이물질이 SF₆ 가스 부분방전에 미치는 영향을 측정하였다. 이러한 연구는 현장 GIS 및 SF₆ 가스절연 전력설비에서 금속이물질에 의해 발생하는 절연과피 사고의 방지에 중요한 역할을 할 것으로 사료된다.

1. 서론

오늘날 정보산업 등의 발달로 인하여 전력의 수요가 증가하고, 보다 안정적인 전력 공급이 필요하게 되었다. 전력설비의 고장에 따른 전력공급 장애로 인한 사회적인 영향이 크고, 또한 복구에 많은 시간과 경비가 소요된다. 따라서 보다 안정적이고 신뢰도 높은 전력을 공급하기 위해 전력설비 및 기기의 유지와 보수를 통한 전기적 사고를 미연에 방지할 수 있는 진단기술을 필요로 하게 되었다.

전원 및 전력수송설비의 대도시 근교로의 입지가 제한되어 발·변전소용 부자의 효율적 사용 및 환경조화를 위해 설비의 축소화, 밀폐화가 불가피하므로 compact한 초고압·대용량 전력기기의 사용이 확대되고 있다. 이들 기기는 종래의 대기절연 방식을 탈피하여 절연성능이 우수하고 불활성을 갖는 안정한 SF₆ 가스를 절연매체로하여, 활선부를 밀폐하여 외기 및 환경에 영향을 받지 않도록 함으로서 높은 신뢰성을 가지게 되었다. 그 대표적인 전력기기인 가스절연개폐장치(Gas Insulated Switchgear : GIS)는 40여년 전부터 상업화가 시작되어 현재 765kV급까지 광범위하게 사용되고 있다.

이러한 상황에서 GIS를 포함한 전력기기의 안정성 확보를 위한 절연진단 기술이 개발되고 있다. 그 예로 X선 조사에 의한 감도의 대폭적인 향상, UHF 대역의 방사전자파 측정에 의한 S/N비(Signal/Noise Rate) 향상 등의 기술이 GIS 부분

방전 측정에 이용되고 있다.^[1]

본 논문에서는 모의 GIS 챔버내에 금속이물질을 인위적으로 만들어 넣고 교류고전압을 인가하였을 때 발생하는 방사전자파를 안테나를 이용하여 측정함으로써 인가전압 상승에 따라 발생하는 방사전자파를 관측하였다. 또한, 광범위한 대역에서 발생하는 전자파 중에서 확인한 변화를 보이는 협대역(30[MHz]~200[MHz])의 고주파 방사전자파 측정에 의해 SF₆ 가스의 방전 특성을 측정 분석하였다.

2. 실험장치 및 방법

2.1. 실험장치

GIS 내부에 금속이물질이 존재할 경우, GIS 내부에서 발생하는 부분방전을 탐지하기 위해서 모의 GIS 챔버를 그림2와 같이 제작하였다. 챔버의 한쪽은 방사전자파를 잘 통과시키는 테프론 재질로 창을 만들어 전자파의 감쇄를 최소화하여 안테나에서 방사전자파를 측정하기 용이하도록 하였다. 또한 다른 쪽은 챔버내의 금속이물질 거동을 관찰할 수 있도록 하기 위하여 투명한 아크릴로 창을 만들었다. 그리고 길이 2[mm]의 금속이물질을 챔버내에 인위적으로 만들어 넣고(그림1), 챔버내의 SF₆ 가스 압력은 4기압으로 하였다. 원통전극과 바닥면과의 거리는 15[mm]이다. 금속이물질이 방전진전에 따라 원통형 전극을 벗어나지 않도록 하기 위해 원통형 전극의 양면에 투명 아크릴을 스페이서로 사용하였다.

모의 GIS에서 방사되는 방사전자파를 측정하기 위한 안테나는 EMI-EMC 측정용 안테나를 사용하였고, 전자파 발생원으로부터 1[m] 거리에 안테나를 설치하였다.

2.2. 실험방법

그림2와 같이 모의 GIS 챔버에 SF₆ 가스를 4기압으로 채우고 고전압을 인가하였다. 전압원은 교류 고전압(Input : AC 200V 60Hz, Output: AC 50kV 60mA)을 사용하였으며 부분방전의 발생에서 절연 파괴까지 단계별로 방전진전에 따라 방사되는 전자파를 EMI-EMC 측정용인 BiConiLog 안테나(EMCO model 3142) 및 스펙트럼 분석기(Advantest - R3131A)를 이용하여 측정하였다. 스펙트럼 아날라이저로 측정한 데이터는 500개이고 데이터 취득 방법은 신호의 정의 값을 sweep time 1초 동안 20회 측정된 평균값을 취득하였다.

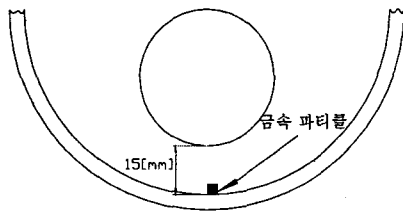
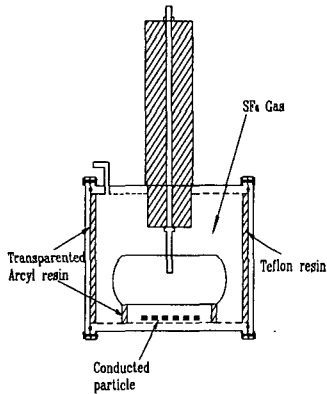


그림1. 챔버내의 금속이물질



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

그림2. 모의 GIS 챔버

3. 실험결과 및 고찰

안테나의 측정 가능한 주파수 대역 중에서 배경 잡음(그림3)과 확연히 구분되는 구간(30[MHz]~200[MHz])에서의 방사전자파를 측정하였다. 그 결과를 그림4에 나타냈다.

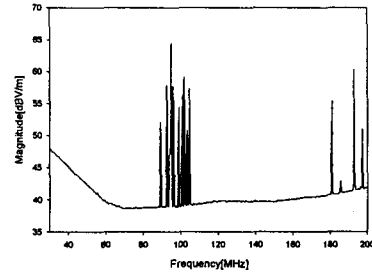


그림3. background noise

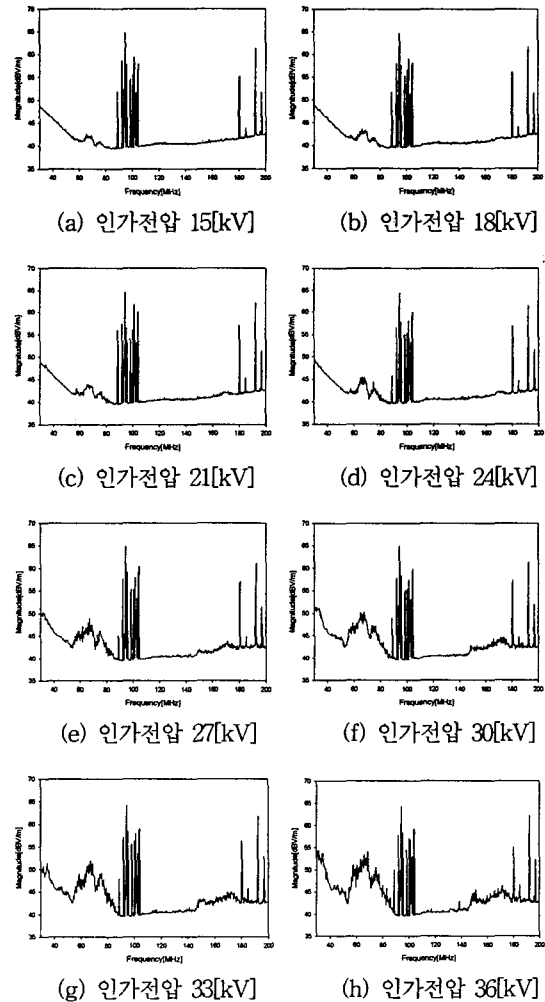


그림4. 인가전압에 따른 방사전자파 특성

인가전압이 15[kV], 18[kV]에서는 60[MHz]~80[MHz]부근에서 배경잡음과 구분되는 방사전자파가 측정되었지만, 챔버내부의 금속이물질의 움직임에는 변화가 없었고, 접지측 저항을 흐르는 전류는 각각 0.33[mA], 0.39[mA]였다.

인가전압이 21[kV]가 되었을 때, 금속이물질은 챔버내 바닥에서 조금씩 움직이기 시작했고, 인가전압이 27[kV]일 때, 금속이물질은 상하 진동을 시작했다. 이때의 주파수 스펙트럼을 보면 60[MHz]~80[MHz]영역 외에 140[MHz]~180[MHz]에서도 약간의 변화를 볼 수 있다. 또한, 33[kV]의 인가전압에서 부상하던 금속이물질이 버스바에 접촉하기 시작하였다.

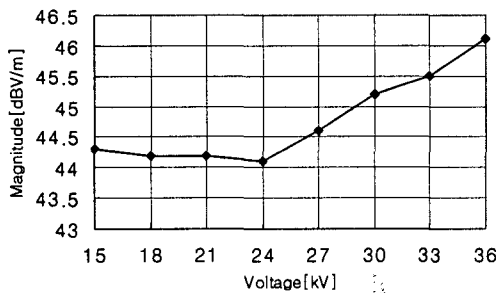


그림5. 인가전압에 따른 평균전계강도

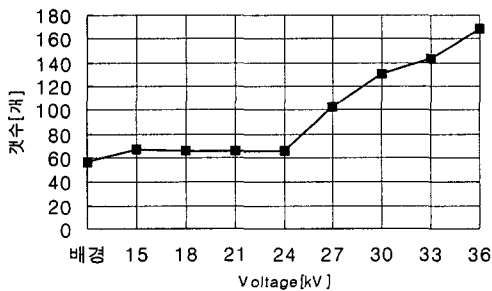


그림6. 45[dBV/m]이상 갯수

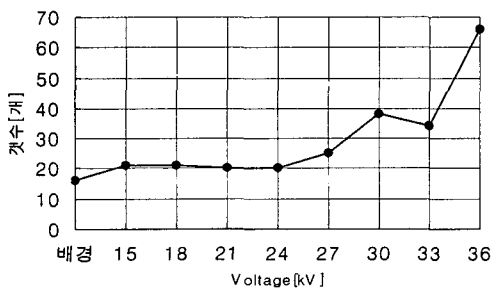


그림7. 50[dBV/m]이상 갯수

그림5는 각 인가전압에서 배경잡음의 평균 전계강도보다 큰 전계강도의 평균값을 나타내고 있고, 그림6, 그림7은 각각의 인가전압에서 발생하는 방사전자파 중에서 크기가 45[dBV/m], 50[dBV/m]이상의 갯수를 나타내는 것이다. 챔버내의 금속이물질이 전계에 의해 활발히 움직이기 시작하여 상하 진동을 하는 27[kV]부터 전계강도가 급격히 증가함을 볼 수 있다.

이는 챔버내의 금속이물질이 인가전압에 따른 전계에 의해 부상하고, 상하 진동을 함으로서 gap 간극이 줄어들고, 금속이물질이 전계 집중부가 되어 전극사이에서 미소 방전을 일으켜 SF₆의 절연에 악영향을 미친다. 따라서 금속이물질이 존재할 경우 SF₆ 가스의 절연내력은 현저히 떨어진다고 생각된다.

3. 결론

본 논문에서는 GIS 내의 금속이물질이 GIS의 고장에 매우 중요한 요인 중의 하나라는 것을 인지하고, GIS 내부에 금속이물질이 존재할 경우를 모의하여 SF₆가스의 부분방전 방사전자파 특성을 연구하였다. 그 결과 인가전압이 27[kV] 이상에서 배경잡음 스펙트럼과 확연히 구분되는 주파수 스펙트럼 형태를 나타냈다. 또한, 부분방전에 의해 발생하는 방사전자파의 광범위한 대역 중에서 30[MHz]~200[MHz] 대역의 전자파를 측정하여 비교적 방전진전 과정의 초기에 부분방전을 탐지할 수 있다는 것을 확인하였다.

참고 문헌

- [1] H. Okubo, et "Electromagnetic Spectrum Radiated from Gas Discharge and its Relation to Partial-Discharge Characteristics" ETEP Vol.7, No.1, 1997
- [2] 김기채, 이광식, 이동인, "방사전자파에 의한 미소 간극 방전원의 방전 전류 파형 추정", 한국전자파학회 논문지, Vol. 11, No. 1, 2002. 2월.[2] S
- [3] 이상훈 외 6인, "방사전자파 특성을 이용한 부분방전 검출의 기초연구", 대한전기학회 논문지 제49권 제7호 pp.412~417, 2000년 7월30일
- [4] 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

감사의 글

본 연구는 한국과학재단의 목적기초연구(과제번호 : R01-2000-00245)의 지원에 의하여 이루어진 연구로서, 관계부처에 감사드립니다.