

도전성 이물질 존재 시 SF₆ 가스의 부분방전 특성 분석

(Characteristic Analysis of SF₆ Gas Partial Discharge with Conductive Particles)

윤대희* · 김한원* · 배진호* · 송현직** · 김민희** · 이광식***

(D.H. Yoon* · H.W. Kim* · J.H. Bae* · H.J. Song** · M.H. Kim** · K.S. Lee***)

*미래테크(주), **영남이공대학, ***영남대학교

Abstract

산업현장에서 많이 사용되고 있는 전력기기에 결함이 발생하면 치명적인 사고로 진전되어 경제적, 인적 손실이 발생할 수 있다. 본 논문은 현재 대전력기기에서 많이 사용되는 SF₆ 절연가스의 압력 변화에 따른 부분방전을 모의하고, UHF법을 이용한 모의 GIS 내부 부분방전 신호 측정 및 접지 전류를 측정하여 부분방전 시 방사되는 방사전자파의 스펙트럼 특성과 접지 전류 파형 특성을 분석하여, 챔버 내의 압력 변화가 SF₆ 가스 부분방전에 미치는 영향을 측정하였다. 이러한 연구는 현장 GIS 및 SF₆ 가스 절연 전력설비에서 내부 압력 변화가 원인이 되어 발생하는 절연과과 사고의 방지에 중요한 역할을 할 것으로 사료된다.

1. 서론

전원 및 전력수송설비의 대도시 근교로의 입지가 제한되어 발·변전소용 부지의 효율적 사용 및 환경조화를 위해 설비의 축소화, 밀폐화가 불가피하므로 compact한 초고압·대용량 전력기기의 사용이 확대되고 있다. 이들 기기는 종래의 대기절연방식을 탈피하여 절연성능이 우수하고 불활성을 갖는 안정적인 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.[1]

또한 정보산업 등의 발달로 인하여 전력의 수요가 증가하고, 보다 안정적인 전력 공급이 필요하게 되었다. 전력설비의 고장에 따른 전력공급 장애로 인한 사회적 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.

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 부분방전 측정에 이용되고 있다. [2]

본 논문에서는 모의 GIS 챔버내에 금속이물질을 인위적으로 만들어 넣고 챔버내부의 압력변화에 따라 발생하는 부분방전 신호를 안테나를 이용하여 측정함으로써 인가전압 상승에 따라 발생하는 방사전자파를 관측하였다. 또한, 광범위한 대역에서 발생하는 전자파 중에서 부분방전 발생 초기부터 변화가 나타나는 30[MHz]~80[MHz] 대역의 방사전자파 측정에 의해 SF₆ 가스의 방전 특성을 측정 분석하였다.

2. 실험장치 및 방법

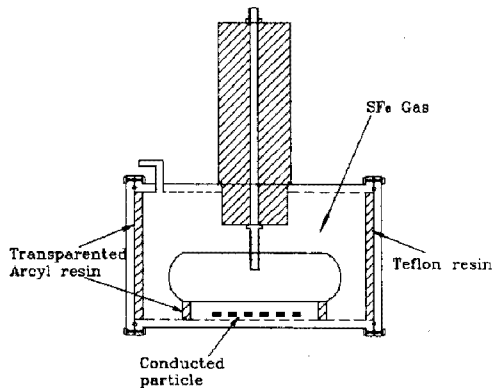
2.1. 실험장치

GIS 내부에서 발생하는 부분방전을 모의하기 위해서 GIS 챔버를 그림1과 같이 제작하였다. 챔버의 한쪽은 방사전자파를 측정하기 위해 전자파의 감쇄를 최소화하는 테프론 재질로 창을 만들었다. 모의 챔버의 내부 직경 200mm, 내부 길이 340mm로된 원통형이고, 고전압 인가 전극은 스테인레스 재질로 길이 270[mm], 직경 50[mm]의 원통형이다. 인가 가능한 최대 전압은 200[kV]이고, 전극간 거리는 3~50[mm]까지 변화가 가능하다.

또한 다른 쪽 창은 챔버내의 금속이물질 거동을 관찰할 수 있도록 하기 위하여 투명한 아크릴로 창을 만들었다. 그리고 길이 1[mm], 지름 0.75[mm]의 금속이물질(스테인레스 스틸) 10개를 챔버내에 인위적으로 만들어 넣고, 챔버내의 SF₆ 가스 압력 변화는 3, 4, 5기압으로 하였다. 원통전극과 바닥면과의 거리는 20[mm]이다. 금속이물질의 거동에 따라 원통형 전극 영향권을 벗어

나지 않도록 하기 위해 원통형 전극의 양면에 투명 아크릴로 스페이서를 설치하였다.

모의 GIS에서 방사되는 방사전자파를 측정하기 위한 안테나는 EMI-EMC 측정용 안테나(30[MHz] ~ 2[GHz])를 사용하였고, 전자파 발생원으로부터 1[m] 거리에 설치하였다.



(최대 가압 가능 압력 10기압)
그림1. 모의 GIS 챔버

2.2. 실험방법

그림1과 같이 모의 GIS 챔버에 SF₆ 가스가 각각 3, 4, 5기압 일때 45[kV]까지 고전압을 인가하여 실험하였다. 전압원은 교류 고전압(Input : AC 200V 60Hz, Output: AC 50kV 60mA)을 사용하였으며 부분방전의 발생에서 방전진전에 따라 방사되는 전자파 스펙트럼을 측정하기 위해 EMI-EMC 측정용인 BiConiLog 안테나(EMCO model 3142) 및 스펙트럼 분석기(Advantest - R3131A)를 이용하여 측정하였다. 스펙트럼 아날라이저로 측정된 데이터는 500개이고 데이터 취득 방법은 신호의 정의 값을 sweep time 1초로 30회 측정된 Max Hold 값을 취득하였다.

3. 실험결과 및 고찰

안테나의 측정 가능한 주파수 대역 중에서 배경잡음(그림2)과 확연히 구분되는 구간(30[MHz]~80[MHz])에서의 방사전자파를 측정하였다. 그 결과를 그림3, 4, 5에 나타냈다.

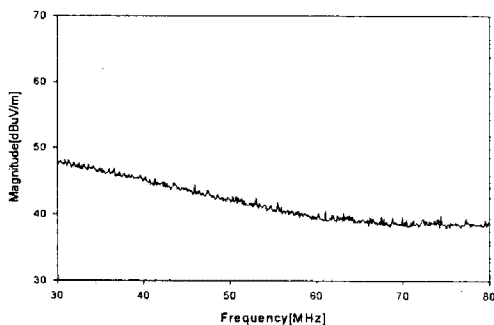
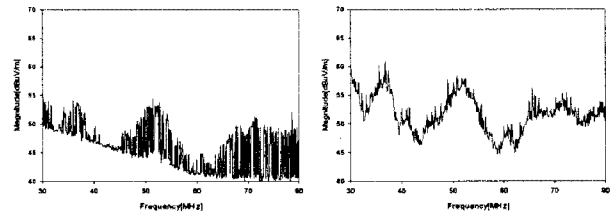


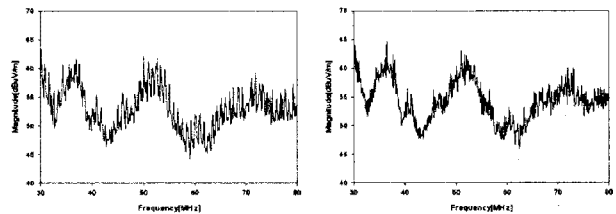
그림2. background noise

챔버의 내부기압 3, 4, 5기압에서 동일하게 인가 전압이 25[kV]에서 배경잡음과 구분되는 방사전자파가 측정되기 시작했다.



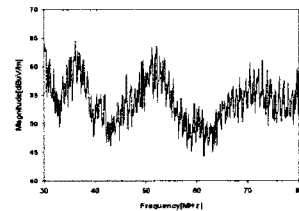
(a) 인가전압 25[kV]

(b) 인가전압 30[kV]



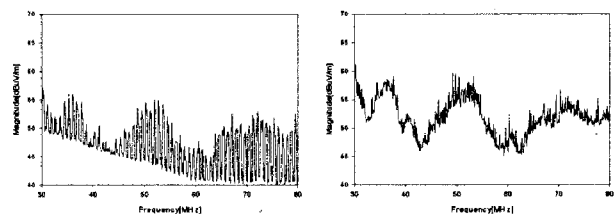
(c) 인가전압 35[kV]

(d) 인가전압 40[kV]



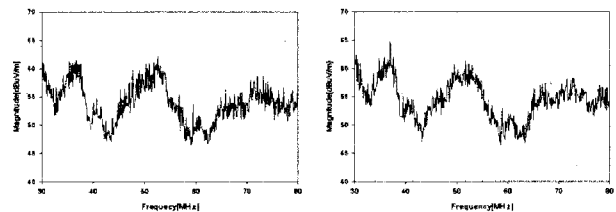
(e) 인가전압 45[kV]

그림3. 3기압하의 방사전자파 특성



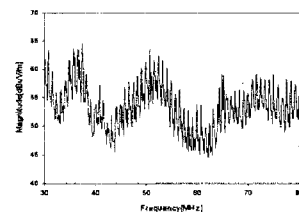
(a) 인가전압 27[kV]

(b) 인가전압 30[kV]



(c) 인가전압 35[kV]

(d) 인가전압 40[kV]



(e) 인가전압 45[kV]

그림4. 4기압하의 방사전자파 특성

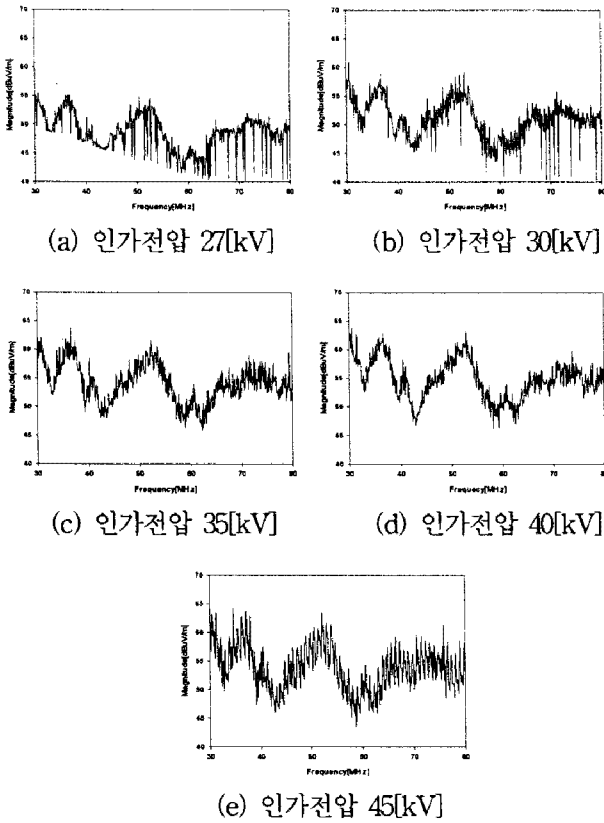


그림5. 5기압하의 방사전자파 특성

그림6은 챔버내에 놓여있는 금속 이물질의 거동을 개념화한 것이다. 3가지 기압에서 각각의 인가전압에 따라 거의 동일한 움직임을 보여 주었다.

무질서하게 놓여 있던 금속 이물질이 25[kV]전압에서 일렬로 정렬하였고, 30[kV]에서는 1~2개 정도가 직립하였고, 35[kV]에서는 모든 금속이물질이 직립하였다. 또, 40[kV]에서는 미세한 유동이 관찰되었고, 45[kV]에서는 심하게 유동하면서 부상하는 금속이물질도 관찰되었다. 챔버 내부의 압력이 증가할수록 전계강도는 커지지만, 거의 유사한 값을 보이고 있다. 이것은 모의 GIS 챔버의 전극갭이 짧기 때문에 SF₆ 가스의 압력은 크게 영향을 미치지 못하기 때문이라 생각된다.

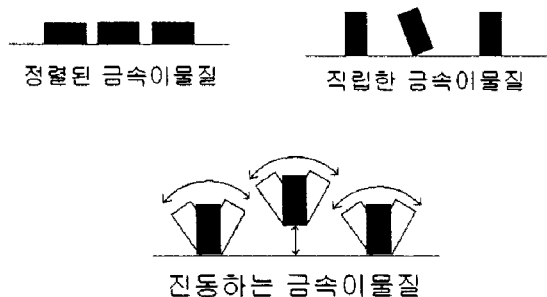


그림6. 챔버내부의 금속이물질 거동

금속이물질의 떨림이 발생하기 시작하는 30[kV]에서부터 방사전자파의 전계강도가 급격히 증가한다. 이 결과로부터 금속이물질의 진동에 의해 금속이물질이 챔버의 외함 바다과 충돌하게 되고 이때 부분방전이 발생할 확률이 큼을 알 수 있었다.

3. 결론

본 논문에서는 GIS 내부의 SF₆ 절연가스의 압력변화에 따른 방사전자파의 주파수 스펙트럼 특성을 연구하기 위하여, GIS의 고장 원인 중 하나인 내부 금속이물질 존재를 모의하여 SF₆가스의 부분방전 방사전자파 특성을 연구하였다. 그 결과 인가전압이 25[kV] 이상에서 배경잡음 스펙트럼과 확연히 구분되는 부분방전 방사전자파 주파수 스펙트럼 형태를 관측할 수 있었다.

부분방전에 의해 발생하는 방사전자파의 광범위한 대역 중에서 30[MHz]~80[MHz] 대역의 전자파를 측정하여 비교적 방전진전 과정의 초기에 부분방전을 탐지 할 수 있다는 것을 확인하였다. 또한 절연가스의 압력이 증가할수록 절연내력은 증가하지만, 갭 간극이 짧은 경우는 그 영향력이 미약함을 확인할 수 있었다.

또한, 도전성 이물질의 거동으로 인하여 챔버의 바다과 충돌을 일으키는 30[kV]에서 방사전자파의 전계강도가 급격히 증가하므로, 이러한 충돌에 의해 부분방전이 발생할 확률이 높다는 것을 알 수 있었다.

참고문헌

- [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 미소간극 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] Hiikita, 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
- [5] H. Okubo, et "Electromagnetic Spectrum Radiated from Gas Discharge and its Relation to Partial-Discharge Characteristics" ETEP Vol.7, No1. 1997