

# 압력 변화에 따른 SF<sub>6</sub> 가스의 주파수 스펙트럼 특성 분석

(Characteristics Analysis of Frequency Spectrum with Pressure Variation of SF<sub>6</sub> Gas)

윤대희\* · 도영희\* · 박광서\*\* · 최상태\*\*\* · 김기재\* · 이광식\*

(Dae-Hee Yoon\* · Young-Hoei Do\* · Kwang-Seo Park\* · Sang-Tae Choi\*\* · Ki-Chai Kim\* · Kwang-Sik Lee\*)

\*영남대학교, \*\*경일대학교, \*\*\*경주대학교

## Abstract

산업현장에서 많이 사용되고 있는 전력기기에 결함이 발생하면 치명적인 사고로 진전되어 경제적, 인적 손실이 발생할 수가 있다. 본 논문은 GIS에 사용되는 절연가스인 SF<sub>6</sub>의 압력 변화에 따른 부분방전을 모의하고, 발생하는 부분방전 신호를 절연 진단 방법 중 하나인 UHF법을 이용하여 부분방전 시 방사되는 방사전자파의 스펙트럼을 분석해 금속이물질이 SF<sub>6</sub> 가스 부분방전에 미치는 영향을 측정하였다. 이러한 연구는 현장 GIS 및 SF<sub>6</sub> 가스절연 전력설비에서 내부압력 변화 시 금속이물질에 의해 발생하는 절연과파 사고의 방지에 중요한 역할을 할 것으로 사료된다.

## 1. 서 론

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 안정한 SF<sub>6</sub> 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.<sup>[1]</sup>

또한 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.

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.<sup>[2]</sup>

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 SF<sub>6</sub> 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 그림1과 같이 제작하였다. 챔버의 한쪽은 방사전자파를 잘 통과시키는 테프론 재질로 창을 만들어 전자파의 감쇄를 최소화하여 안테나에서 방사전자파를 측정하기 용이하도록 하였다. 챔버 내부 직경은 200mm이며, 내부 깊이는 340mm로 된 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.

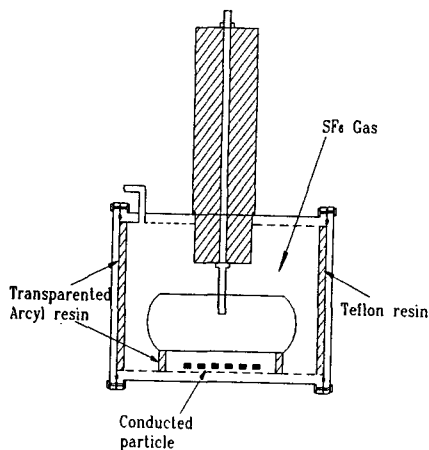
또한 다른 쪽은 챔버내의 금속이물질 거동을 관찰할 수 있도록 하기 위하여 투명한 아크릴로 창을 만들었다. 그리고 길이 1[mm], 지름 0.75[mm]의 금속이물질(스테인레스 스틸) 10개를 챔버내에

인위적으로 만들어 넣고, 챔버내의 SF<sub>6</sub> 가스 압력은 3, 4, 5기압으로 하였다. 원통전극과 바닥면과의 거리는 20[mm]이다. 금속이물질이 방전진전에 따라 원통형 전극을 벗어나지 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 안테나를 설치하였다.

## 2.2. 실험방법

그림1과 같이 모의 GIS 챔버에 SF<sub>6</sub> 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.



( 최대 가압 가능 압력 10기압 )  
그림1. 모의 GIS 챔버

## 3. 실험결과 및 고찰

안테나의 측정 가능한 주파수 대역 중에서 배경

잡음(그림2)과 확연히 구분되는 구간(30[MHz]~80[MHz])에서의 방사전자파를 측정하였다. 그 결과를 그림3, 4, 5에 나타냈다.

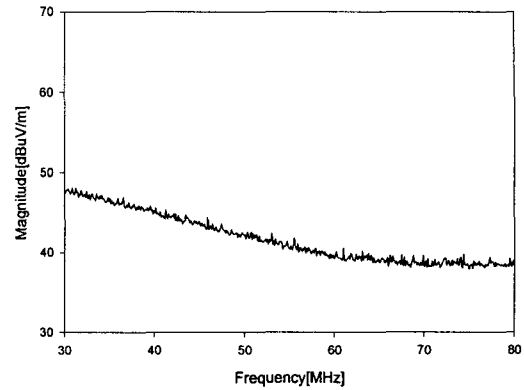
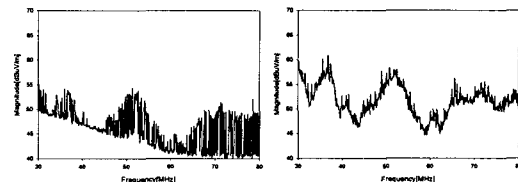
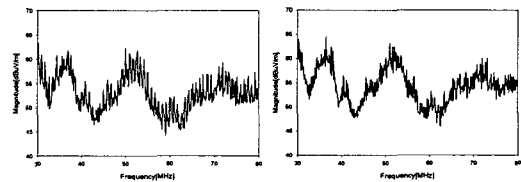


그림2. background noise



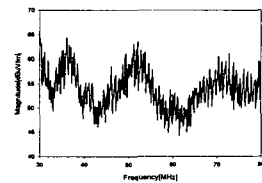
(a) 인가전압 25[kV]

(b) 인가전압 30[kV]



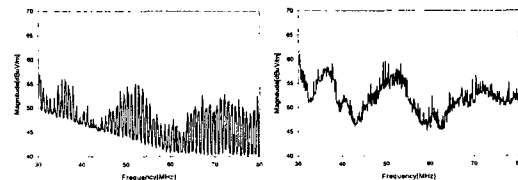
(c) 인가전압 35[kV]

(d) 인가전압 40[kV]



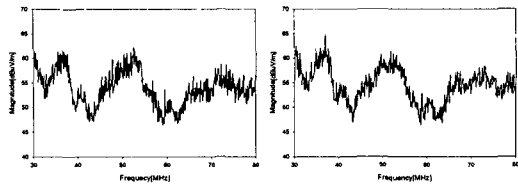
(e) 인가전압 45[kV]

그림3. 3기압하의 방사전자파 특성

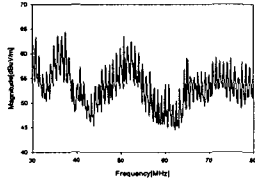


(a) 인가전압 27[kV]

(b) 인가전압 30[kV]

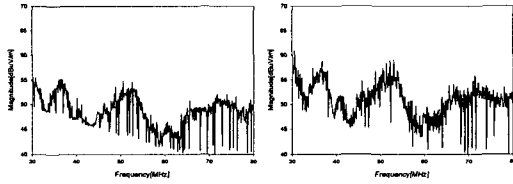


(c) 인가전압 33[kV] (d) 인가전압 36[kV]

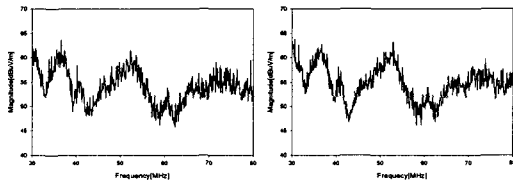


(e) 인가전압 45[kV]

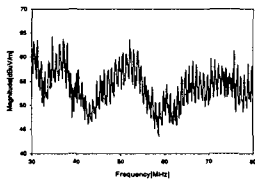
그림4. 4기압하의 방사전자파 특성



(a) 인가전압 27[kV] (b) 인가전압 30[kV]



(c) 인가전압 35[kV] (d) 인가전압 40[kV]



(e) 인가전압 45[kV]

그림5. 5기압하의 방사전자파 특성

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

챔버내에 놓여있는 금속 이물질은 3가지 기압에 서 각각의 인가전압에 따라 거의 동일한 움직임을 보여 주었다. 무질서하게 놓여 있던 금속 이물질이 25[kV]전압에서 수직으로 정렬하였고, 30[kV]에서 는 1~2개 정도가 직립하였고, 35[kV]에서는 모든 금속이물질이 직립하였다. 또, 40[kV]에서는 미세

한 유동이 관찰되었고, 45[kV]에서는 심하게 유동 하면서 부상하는 금속이물질도 관찰되었다.

그림6은 각 기압별로 인가전압에 따른 평균전계 강도를 나타내고 있다. 챔버내부의 압력이 증가할 수록 전계강도는 커지지만, 거의 유사한 값을 보이고 있다. 이것은 모의 GIS 챔버의 전극갭이 짧기 때문에 SF<sub>6</sub> 가스의 압력은 크게 영향을 미치지 못 하기 때문이라 생각된다.

그림7은 각각의 기압 하에서 발생하는 방사전자 파 중에서 평균전계강도 크기, 52[dBuV/m]이상의 크기를 가지는 갯수를 나타내는 것이다. 그림6의 평균전계강도가 40[kV]보다 45[kV]에서 약간 떨어 지는 이유가 그림7에서 보는 바와 같이 45[kV]에 서는 큰 방전보다 작은 방전들이 많이 일어나기 때문이라 생각된다. 또한 30[kV] 이상의 인가전압 에서 챔버내의 금속이물질들이 전계에 의해 직립 하여 전극 갭을 줄여주는 역할을 함으로써 전계강 도가 급격히 증가함을 볼 수 있다.

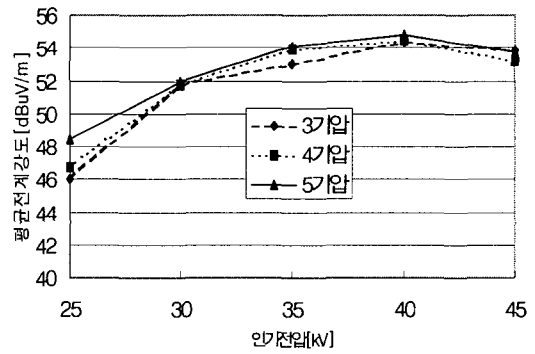


그림6. 인가전압에 따른 평균전계강도

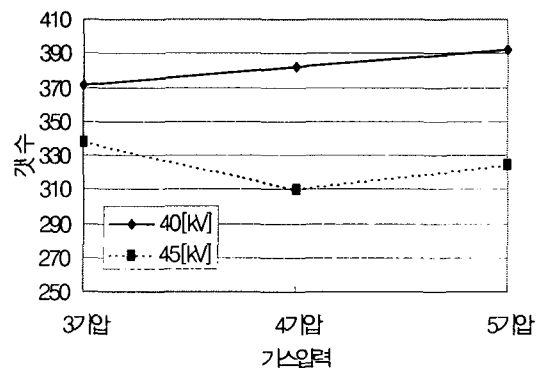


그림7. 52[dBuV/m]이상 개수

이상의 실험 결과로부터 챔버내의 금속이물질이 인가전압에 따라 전계에 의해 직립하고, 부상하여 gap 간극을 줄이고, 금속이물질이 전계 집중부가 되어 전극사이에서 미소 방전을 일으켜 SF<sub>6</sub>의 절연내력은 현저히 떨어진다고 생각된다. 또한, 챔버의 내부 압력을 증가시키면 절연내력은 증가하지만, 전극 갭이 짧은 경우는 가스 압력이 크게 영향을 미치지 않았다.

### 3. 결 론

본 논문에서는 GIS 내부의 SF<sub>6</sub> 절연가스의 압력변화에 따른 방사전자파의 주파수 스펙트럼 특성을 연구하기 위하여, GIS의 고장 원인 중 하나인 내부 금속이물질 존재를 모의하여 SF<sub>6</sub>가스의 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. 이후, 전원을 보강하여 갭 간극을 길게하여 압력변화에 따른 영향을 연구할 필요가 있겠다.

### 참 고 문 헌

- [1] 電氣學會 超傳導 マグネット 調査 専門 委員會 “超傳導 電力機器の 開發 動向”, 電氣學會 技術報告(Ⅱ部), 第192号 (昭 60-7)
- [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 미 소간극 방전원의 방전 전류 파형 추정”, 한국전자 과학회 논문지, Vol. 11, No. 1, 2002. 2월.[2] S
- [4] 이상훈 외 6인, “방사전자파 특성을 이용한 부분 방전 검출의 기초연구”, 대한전기학회 논문지 제49 권 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

### 감사의 글

본 연구는 (재)기초전력연구원 (과제번호 : R-2004-B-203)의 지원에 의하여 이루어진 연구로서, 관계부처에 감사드립니다.