

부분방전 탐지를 위한 협대역 방사전자파 측정에 관한 연구

*윤대희 · *박광서 · *김기재 · *어광식 · **주재현 · ***김이국 · *박창기 · **이춘하
*영남대학교 · **거제대학교 · ***경일대학교 · *한국전력공사 · **호서대학교

A Study of Narrow Band Radio Electro-Magnetic Wave Measurement for Detection of Partial Discharge

*D.H. Yoon · *K.S. Park · *K.C. Kim · *K.S. Lee · **J.H. Joo · ***L.K. Kim · *C.K. Park · **C.H. Lee
*Yeungnam University · **Kojje College · ***Kyungil University · *KEPCO · **Hoseo University

Abstract - Partial discharge is attendant physical phenomenon on electromagnetic, sounds, lightning and mechanical vibration.

In this paper, we simulated GIS and measured the radiated electromagnetic wave emitted from partial discharge in SF₆ gas using antenna(30[MHz]~2[GHz]) and spectrum analyzer.

This paper describes characteristics of radiated electromagnetic waves with distance 1 [m] between antenna and discharge source.

파를 잘 통과시키는 테프론 재질로 창을 만들어 안테나로 방사전자파를 측정하기 용이하도록 하였다. 또한, 반대쪽은 챔버내의 금속이물질을 관찰할 수 있도록 하기 위하여 투명한 아크릴로 창을 만들었다. 그리고 길이 1[mm]의 금속이물질을 챔버내에 넣고 SF₆가스를 5기압으로 채웠다.

방사전자파를 측정하기 위한 안테나는 EMI-EMC 측정용 안테나를 사용하였고, 그림2와 같이 전자파 발생원으로부터 1(m) 거리에 안테나를 설치하였다.

1. 서 론

오늘날 정보산업 등의 발달로 인하여 전력의 수요가 증가하고, 보다 안정적인 전력 공급이 필요하게 되었다. 증가하는 전력수요를 충족하기 위해서 전력설비를 대형화, 중량화 및 초고압화 하고 있지만, 일반국민들은 이들 전력설비들이 자기 거주지 주변에 설치되는 것을 기피하는 현상이 점차 심화되고 있다. 또한 국토면적이 협소한 우리나라는 발전소 및 송변전설비를 건설하기 위한 부지확보에도 상당한 애로사항이 있다. 이러한 문제점의 해결 방안으로 가스절연개폐장치(GIS) 설비가 대도심으로부터 지방 중소도시로 확산되어 건설, 운전 중에 있다. GIS는 절연내력과 열적특성이 매우 우수한 SF₆가스를 절연물로 사용하고 있다. 그러나 GIS는 절연물(SF₆가스)을 밀폐시킨 상태이므로 내부에 금속이물질이 존재할 경우, 고전계에 의해 금속이물질이 부유하거나 GIS 금속용기에 부착하여 절연성능을 저하시켜 결국 절연파괴로 이어진다.⁽¹⁾

이러한 금속이물질에 의해 GIS 내부에서 부분방전이 진행되고, 이때 수 [kHz] ~ 수 [GHz]의 광범위한 주파수 성분을 가지는 방사전자파가 발생한다. 부분방전 펄스의 주파수 성분중 고주파 성분은 주위 노이즈의 영향을 덜 받는다는 점에 착안하여 최근 고주파를 측정하는 방법이 제시되어 각 전력기기 별로 많은 연구가 이루어지고 있다.⁽²⁾

본 논문에서는 모의 GIS 챔버를 만들어 내부에 금속이물질을 삽입하고 고전압을 인가하여, 이 때 발생하는 방사전자파를 안테나를 이용하여 측정함으로써 인가전압에 따른 방사전자파의 발생형태를 관측하였다. 또한, 광범위한 주파수 중에서 800[MHz]~1.3[GHz]의 좁은 대역의 고주파 방사전자파 측정에 의해 부분방전을 측정 및 분석하였다. 본 논문의 결과로 전력설비의 절연전단의 기초자료로 유용하게 응용 가능하다고 판단된다.

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 방사전자

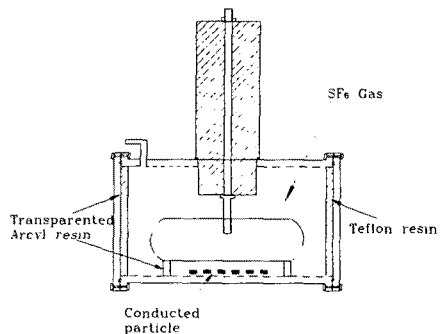


그림 1. 모의 GIS 챔버

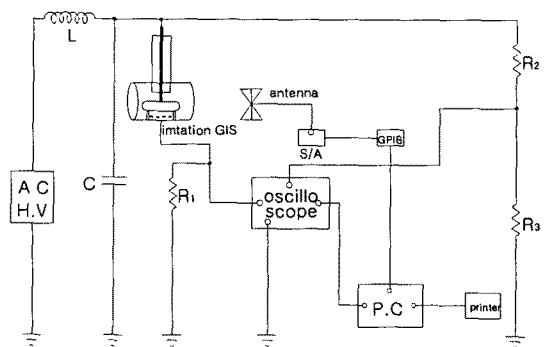


그림 2. 실험장치도

2.2 실험방법

그림1과 같이 모의 GIS 챔버에 SF₆ 가스를 5기압으로 채우고 고전압을 인가하였을 때 방출되는 방사전자파를 EMI-EMC 측정용 안테나(30[kHz]~2[GHz])를 이용하여 탐지하고 주파수 스펙트럼 아날라이저(Hewlett Packard RF Spectrum analyzer, 9[kHz]~6.5[GHz])로 측정하였다. 인가전압은 AC 전원(input : AC 220[V], output : AC 50[kV])

60[mA])을 사용하였으며, 10000:1 고전압 분배기를 사용하여 방전전압을 측정하였다. 최초로 background noise와 다른 형태의 파형이 측정되는 16[kV] 이후로 2 [kV]씩 전압을 증가하면서 각각의 전압에서 발생하는 방사전자파를 측정하였다.

또한, 무유도 저항(R1:50[Ω])을 사용하여 부분방전 발생시 접지측으로 흐르는 전류를 측정하였다.

3. 실험결과 및 고찰

그림3은 안테나의 측정 가능한 주파수 대역에서 측정한 결과를 보여주고 있다. 전압을 전혀 인가하지 않은 상태에서 주파수 스펙트럼은 100[MHz]와 900[MHz] 부근에서 40[dBμV/m]이상의 전계강도가 측정되었다.

그림4는 전압인가에 의해 발생하는 부분방전에 의한 방사전자파의 주파수 스펙트럼을 나타내고 있다.

200[MHz] 이하 대역과 1[GHz] 전후의 주파수 대역에서 background noise와 구별되는 부분방전에 의한 방사전자파를 측정할 수 있다. 그러나, 외부 noise의 영향이 더 적은 1[GHz] 전후 대역에서 발생하는 방사전자파를 측정함으로써 부분방전 현상을 측정하는 것이 더 좋은 것으로 판단되었다.

따라서, 주파수 대역을 800[MHz]~1.3[GHz]로 하여 협대역에서의 방사전자파를 탐지하여 부분방전을 측정하였다. 그 결과를 그림5에 나타냈다.

인가전압이 15 [kV]까지는 측정 주파수 대역에서 background noise와 비슷한 전계강도를 나타내고 있지만, 16[kV]부터는 대부분의 주파수에서 전계강도가 50dBμV/m를 넘어 이 대역의 방사전자파를 측정함으로써 모의 GIS 내부에서 급속이물질에 의한 부분방전을 탐지할 수 있었다.

그림6은 인가전압파형과 이때 부분방전에 의해 접지측으로 흐르는 전류펄스의 파형을 오실로스코프로 측정한 것이다. 15[kV]까지는 전류펄스 파형에 변화가 거의 없다가 16[kV]부터 전류펄스들이 생겨나고 있다. 이것은 그림5의 주파수 스펙트럼 결과와 잘 일치하고 있다.

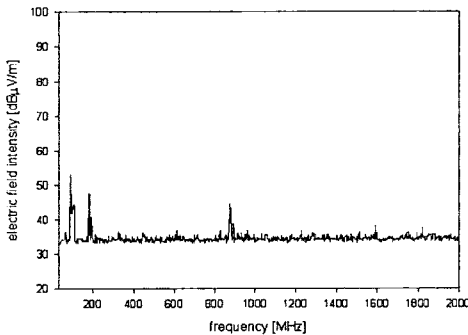
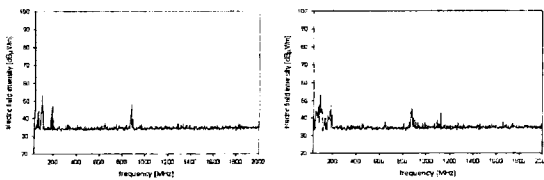
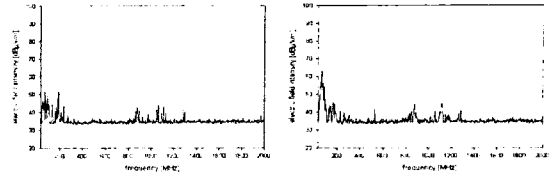


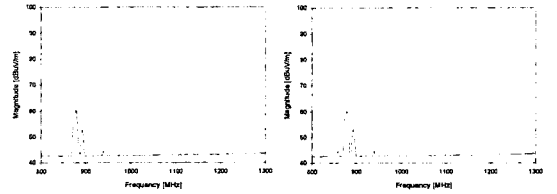
그림 3. background noise



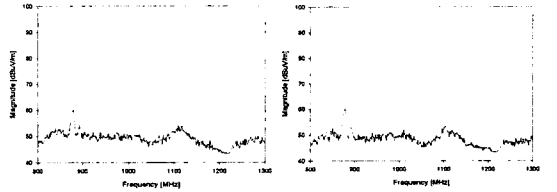
(a) 인가전압 14 [kV] (b) 인가전압 18 [kV]



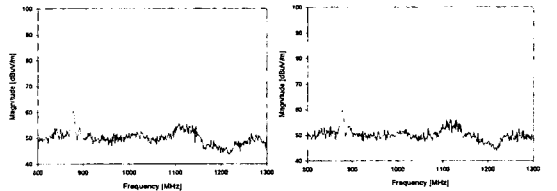
(c) 인가전압 24 [kV] (d) 인가전압 30 [kV]
그림 4. 전대역의 주파수 스펙트럼



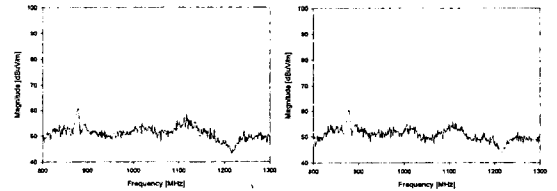
(a) background noise (b) 인가전압 15 [kV]



(c) 인가전압 16 [kV] (d) 인가전압 18 [kV]



(e) 인가전압 20 [kV] (f) 인가전압 22 [kV]



(g) 인가전압 24 [kV] (h) 인가전압 26 [kV]
그림 5. 협대역의 주파수 스펙트럼

그림7은 각각의 인가전압에서 10회씩 측정된 전계강도의 평균값 중에서 45[dBμV/m]이상, 50[dBμV/m]이상인 값들을 나타내고 있다. 45[dBμV/m]이상의 값들은 인가전압 16 [kV]에서 급격히 증가했다가 20 [kV]이상의 전압에서는 다시 그 수가 줄어들고 있다. 반면에 50[dBμV/m]이상의 값들을 보면, 20 [kV]이상의 전압에서 오히려 급격히 증가하고 있다. 이것은 인가전압이 클수록 더 큰 방전 펄스가 발생하고 있다는 것을 나타내고 있다.

그림8에서 보면, 각 전압에서 전계강도의 평균값을 나타내고 있다. 그림7에서 살펴본 바와 같이 인가전압이 증가함에 따라 방사되는 방전 펄스가 점점 커짐을 알 수 있다. 특히, 15 [kV]까지는 평균 전계강도가 약 43.5

(dB μ V/m)로 거의 일정한 반면 16 [kV]에서는 급격히 증가하고 있다. 이것은 모의 GIS 내에 넣어놓은 금속이물질이 인가전압을 증가함에 따라 일어서서 전극간의 거리를 좁히기 때문이라 생각된다.

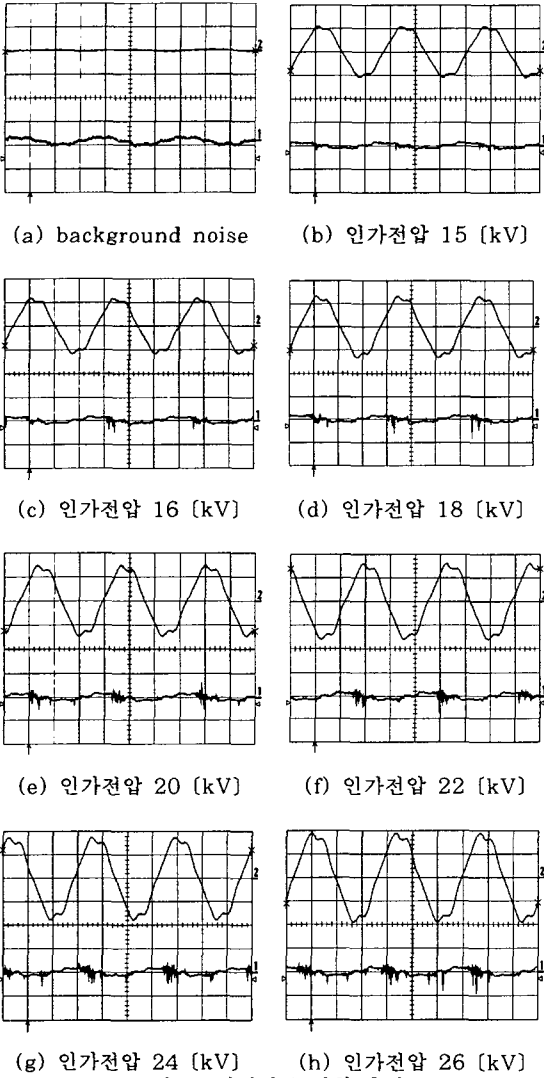


그림 6. 방전전류 파형 측정

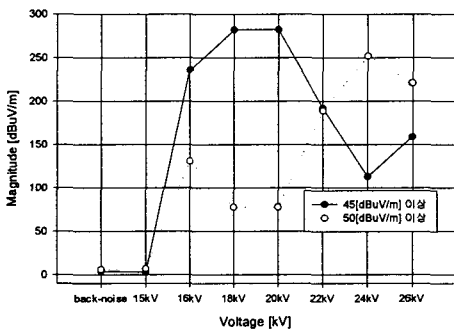


그림 7. 전압에 따른 전계강도

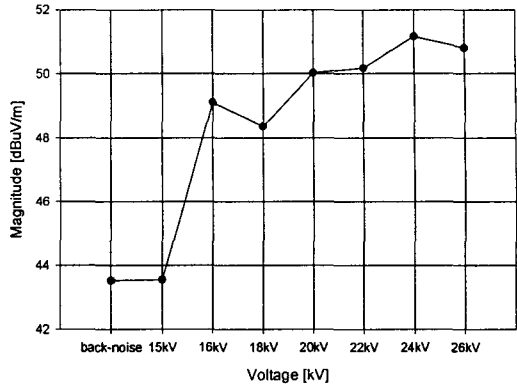


그림 8. 전계강도의 평균값

4. 결 론

본 논문에서는 GIS 내의 금속이물질이 GIS의 고장의 매우 중요한 원인 중 하나라는 것을 인지하고, GIS 내부에 금속이물질이 존재할 경우, GIS 내부에서 금속이물질에 의한 부분방전에 의한 방사전자파 특성을 연구하였다.

그 결과 인가전압이 16 [kV] 이상에서 background noise와 구분되는 주파수 스펙트럼 형태를 나타냈다. 또, 부분방전 발생시 광범위한 주파수 범위에 걸쳐 방사전자파가 생기고, 이러한 주파수 성분들 중에서 본 연구에서는 가장 확실한 변화를 나타내고 있는 800(MHz)~1.3(GHz)의 일정영역 주파수 대역에서 방사전자파를 측정함으로써 모의 GIS 내부에서 발생하는 부분방전을 탐지할 수 있었다.

[참 고 문 헌]

- (1) 민석원, 김용준, 김용식, "고체 절연체 내부 공극 또는 금속 이물질 존재시의 GIS 내부의 전계 해석", 대한 전기학회 논문지, 49C권 6호, pp.346~353, 2000.
- (2) 김정태, "최근 전력기기의 부분방전 진단 현황", 대한 전기학회 논문지, 49권 2호, pp.24~30, 2000.
- (3) Ki-chai Kim et al, "Estimation of Discharge Current Waveshapes on Short Gap Discharge by One Antenna Method", Trans. KEES, Vol.9 No.4, pp.837~842, 1998.
- (4) 김해준 외 6명, "SF6 가스 중 부분방전시 방사전자파의 주파수 스펙트럼 분포 특성", 대한전기학회 하계학술대회, pp.1747~1749, 2001.
- (5) Meijer, S. Gulski, E. Smit, J.J, "Pattern analysis of partial discharges in SF6 GIS", Dielectrics and Electrical Insulation, IEEE Trans., Vol.5, Issue.6, pp.830~842, 1998
- (6) B.F. Hampton and R.J. Meats, "Diagnostic measurements at UHF in gas insulated substations", IEE Proc., 135, Pt. C, No. 2, 1988.