

측정 거리에 따른 협대역 방사전자파 특성

윤대희*, 박광서*, 이현철*, 최은혁*, 윤병한#, 최상태\$, 박원주*, 이광식*
*영남대학교, #거창기능대학, \$경주대학교

Characteristics of Narrow Band Radio Electro-Magnetic Wave for Distance of Measurement

D.H. Yoon*, K.S. Park*, H.C. Lee*, Y.H. Choi*, B.H. Yoon#, S.T. Choi\$, W.J. Park*, K.S. Lee*
*Yeungnam University, #Keochang Polytechnic College, \$Gyeongju University

Abstract - 현장에서 많이 사용되고 있는 GIS에 결함이 발생하면 치명적인 사고로 진전될 수가 있다. 본 논문은 모의 GIS내 도전성 금속이물질 존재 시 발생하는 부분방전 신호를 절연진단 방법중 하나인 UHF법을 이용하여 부분방전 시 방사되는 방사전자파의 스펙트럼을 분석해서 방사전자파의 거리에 따른 감쇄율을 측정하였다. 이러한 연구는 현장 GIS 및 SF₆ 가스절연 전력설비에서 금속이물질에 의해 발생하는 방사전자파 측정에 중요한 역할을 할 것으로 사료된다.

1. 서 론

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 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 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. GIS는 구조의 특성상 사용 전압이 높을수록 사고 발생 빈도는 기하급수적으로 증가하는 특징이 있고, 변전 설비의 경우 GIS 설비 수량이 증가함에 따라 운전 중 사고 발생 건수도 증가추세에 있다. GIS 설비 사고를 예방하기 위한 기술개발 노력이 현재까지 전세계에 걸쳐 꾸준히 진행되어온 결과 오늘날에 와서는 유럽이나 일본 등 극소수 국가에서 현장에 적용하고 있기는 하지만 최신기술에 해당하여 기술 장벽이 높고 완전한 현장 적용에는 보완해야 할 부분이 상당하기 때문에 아직도 세계 모든 나라에서 적용할 만큼 보편화되어 있지는 않다.^[1]

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] GIS 내부 결함을 검출하기 위한 방안으로 지금까지 많은 학자들에 의해 다양한 방법들이 제시된 결과, 전기적

방법으로는 UHF 진단법을, 기계적 방법으로는 음향신호 진단법을 병행할 것을 추천하고 있다.

본 논문에서는 GIS 내부에 존재하는 결함을 모의하기 위해 모의 GIS 챔버내에 금속이물질을 인위적으로 만들어 놓고 교류고전압을 인가하였을 때 발생하는 방사전자파를 안테나를 이용하여 관측하였다. 또한, GIS 내에서 부분방전에 의해 발생하는 전자파는 주파수 대역이 0 [Hz]에서 초고주파에 이르기까지 광대역에 걸쳐서 분포한다. 광범위한 대역에서 발생하는 전자파 중에서 노이즈 처리 면에서 유리한 고주파 대역 중 확인한 변화를 보이는 협대역(150[MHz]~650[MHz], 950[MHz]~1450[MHz])의 고주파 방사전자파 측정에 의해 SF₆ 가스의 방전 특성을 측정 분석하였다.

2. 실험장치 및 방법

2.1 실험장치



그림1. 챔버내의 금속이물질

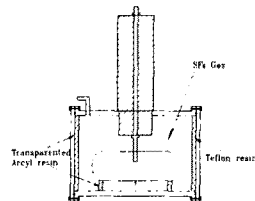


그림2. 모의 GIS 챔버

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

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 최소화 하여 안테나에서 방사전자파를 측정하기 용이하도록 하였다. 또한 다른 쪽은 챔버내의 상황을 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. 금속이물질의 끝단과 모의 GIS 바닥면과의 거리는 5[mm]이다.

모의 GIS에서 방사되는 방사전자파를 측정하기 위한 안테나는 EMI-EMC 측정용 안테나를 사용하였다.

2.2 실험 방법

그림2와 같이 모의 GIS 챔버의 원통형 전극에 금속이물질로 미소 돌기를 인위적으로 만들어 넣고, 챔버에 SF₆ 가스를 4기압으로 채우고 고전압을 인가하였다. 전압원은 교류 고전압(Input : AC 200V 60Hz, Output: AC 50kV 60mA)을 사용하였으며, 선정된 주파수 대역에서 GIS 내부에서 부분방전에 의해서 발생한 방사전자파를 EMI-EMC 측정용인 BiConiLog 안테나(EMCO model 3142)를 이용하여 측정하고, 스펙트럼 분석기 (Advantest - R3131A)를 이용하여 측정된 방사전자파의 주파수 특성을 분석하였다. 스펙트럼 아날라이저로 측정된 데이터는 500개이고 데이터 취득 방법은 신호의 정의 값을 sweep time 500[ms]로 30 초 동안 60회 측정된 max-hold값을 취득하였다. 거리에 따른 방사전자파 감쇄 특성을 관측하기 위해 전자파 발생원으로부터 1[m], 3[m], 5[m] 거리에 안테나를 설치하였다.

3. 실험결과 및 고찰

측정 주파수 대역을 선정하기 위해 전압(35kV)을 인가하고 안테나의 전 주파수 대역에서 방사전자파를 측정하여(그림3) 전계강도의 변화가 확인한 150[MHz] ~ 650 [MHz] (Low대역), 950[MHz] ~ 1450[MHz] (High대역) 2개의 협대역을 선정하였다. 측정 결과를 그림4와 그림5에 나타냈다.

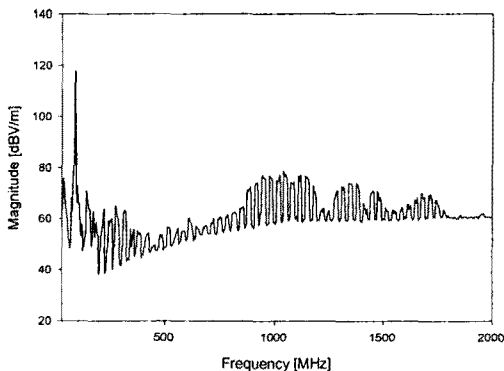
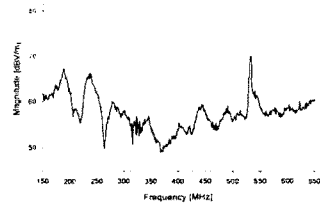
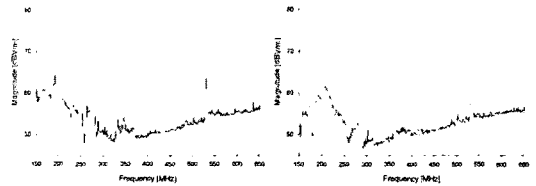


그림3. 30[MHz]~2[GHz] 방사전자파

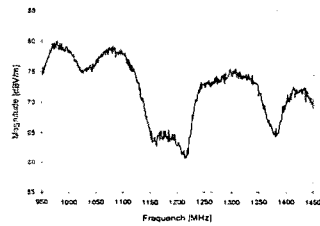


(a) Low대역 (1m)

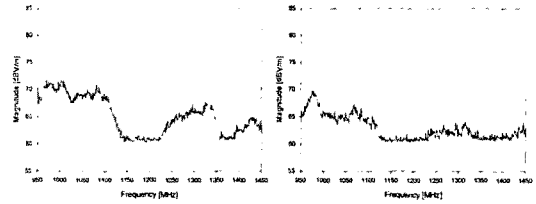


(b) Low대역 (3m) (c) Low대역 (5m)

그림4. Low 대역 주파수 감쇄 특성



(a) High대역 (1[m])



(b) High대역 (3[m]) (c) High대역 (5[m])

그림5. High 대역 주파수 감쇄 특성

인가 전압을 서서히 상승시키면서 스펙트럼 아날라이저로 방사전자파를 관측한 결과 20[kV] 이상에서 방사전자파가 관측되기 시작하였다.

안정적인 부분방전이 발생되는 35[kV]에서 방사전자파를 측정된 결과, BiConiLog 안테나로 측정할 수 있는 전대역을 측정된 그림 3에서 나타난 바와 같이 150[MHz] ~ 650 [MHz] (Low대역), 950[MHz] ~ 1450[MHz] (High대역)의 주파수 대역의 방사전자파가 발생하고 있음을 확인할 수 있다.

그림4에 나타낸 Low 대역의 경우 거리 1[m]에서 측정된 400[MHz]이상 주파수 영역의 파고치 부분들이 3[m], 5[m]에서는 나타나지 않고 있다. 또한 그림5의 High 대역에서는 1200[MHz] 이상의 주파수 영역에서 나타났던 신호들이 3[m]에서는 미약하게 나타나고, 5[m]에서는 거의 나타나지 않고 있다.

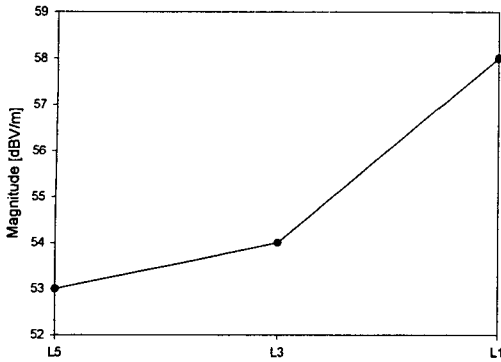


그림6. Low 대역 평균전계 강도

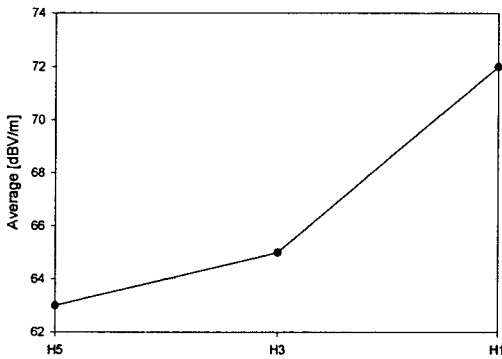


그림7. High 대역 평균 전계강도

표1. 평균 전계강도 감쇄율

	High 영역			Low 영역		
	H1 1[m]	H3 3[m]	H5 5[m]	L1 1[m]	L3 3[m]	L5 5[m]
평균 전계강도 (dBV/m)	72	65	63	58	54	53
감쇄율 (%)	0	10	13	0	7	9

그림6, 그림7과 표1은 Low 대역과 High 대역의 거리(1[m], 3[m], 5[m])에 따라 측정된 방사전자파의 평균전계 강도를 나타내고 있다.

Low 대역에서 거리 1[m]에서의 평균 전계강도는 58 [dBV/m]이고, 3[m]와 5[m]에서의 평균 전계강도는 각각 54[dBV/m], 53[dBV/m]로 1[m]에서의 평균 전계강도 보다 약 7%, 9%의 감쇄율을 보인다.

또한 High 대역에서는 1[m]에서 72[dBV/m]이던 평균 전계강도가 3[m], 5[m]에서는 65[dBV/m], 63[dBV/m]로 각각 약 10%, 13%의 감쇄율을 보이고 있다.

이와 같이 Low 대역 보다 High 대역이 거리에 따라 감쇄가 심하게 일어나고 있지만, 평균 전계강도는 Low 대역(거리 1[m]) 보다 High 대역(거리 5[m])이 더 크다.

따라서, UHF법을 이용한 부분방전 측정에서 협대역으로 방사전자파를 측정하고자 한다면, Low 대역 보다 High 대역에서 측정하는 것이 노이즈의 영향이 적을 뿐만 아니라, 평균 전계강도가 더 크기 때문에 부분방전 data 취득에 더 유리할 것으로 생각된다.

4. 결 론

본 논문에서는 고주파일수록 감쇄가 급격하게 되므로 부분방전 측정법 중 하나인 UHF법에 의한 부분방전 측정에서 고주파수 대역의 방사전자파를 측정하는 것이 노이즈 문제에서 저주파수와 비교해서 더 자유롭다는 것을 인지하고, GIS 내부에 도전성 파티클 존재에 의한 결함으로 발생하는 부분방전을 모의하고 방사전자파의 거리에 따른 감쇄 특성을 측정하였다.

Low 대역(150[MHz] ~ 650 [MHz])에서는 방전 초기에 부분방전 신호가 검출되지만, 그 신호가 미약하여 측정이 어려웠다. 그러나, 어느 정도 진전된 부분방전이 발생할 경우는 Low 대역보다 High 대역(950 [MHz] ~ 1450[MHz])의 신호가 더 크다.

따라서, 비록 거리에 따른 감쇄가 심하지만 High 대역의 주파수 영역에서 부분방전을 측정하는 것이 더 유리함을 알 수 있었다.

[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] 김기재, 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