

GIS 절연진단 센서 설계

최은혁*, 김기채, 이광식
영남대학교
choieunhyuck@yumail.ac.kr

A Design of Insulted Diagnosis Sensor for GIS

Eun-Hyuck Choi · Gi-Chai Kim · Kwang-Sik Lee
Yeungnam Univ.

Abstract

If obstacle in GIS(Gas Insulted Switchgear), its affects are great are on the community and it is consequently demanded lots of difficulties to recover and repair. Accordingly, diagnosis techniques, that are able to prevent from accidents before they happen by providing more stable and highly reliable power effectively and finding sign of the accidents is very important. A novel UHF(Ultra High Frequency)-microstrip antenna is presented. The measured impedance bandwidth of the proposed antenna is from 0.5[GHz] to 15[GHz] with the stop band from 0.5[GHz] to 10.7[GHz] for VSWR<2. Form results of this study, The antenna is will play an important role for the sensor for insulation diagnosis system by UHF method of real site GIS and power equipment using SF₆ gas

Key words : UHF, GIS, Microstrip antenna, Insulation diagnosis

1. 서론

고압가스를 절연매체로 하는 가스절연개폐장치나 변압기 등과 같은 고전압 전력기기는 신뢰성 향상을 위해 기기의 운전 중에 이상 유무를 검출할 수 있는 상시감시 시스템체제 구축이 대단히 중요하다.

대표적인 전력기기인 GIS(Gas Insulted Switchgear)는 설계 및 운전 중에 결함이 존재할 경우 운전시간이 경과함에 따라 이 결함에 의해 절연열화가 진전되는 것이 일반적인 현상이며, 다른 전력기기들과 같이 GIS 내부에서도 절연파괴가 일어나기 전에 부분방전에 의한 방사전자파 검출을 통해 운전자가 결함의 존재 유무를 인지하는 UHF(Ultra High Frequency) 기술 등과 같은 절연진단기술에 관한 연구가 보고 되고 있다.

UHF 기술은 전자파 검출법의 한 방법으로서 UHF 대역의 안테나 센서를 GIS에 내장 혹은 외장

시켜 내부의 부분방전 현상을 검출하는 방식이다. GIS 내에서 부분방전에 의해 초고주파에 이르기까지 광대역에 걸쳐서 발생하는 전자파는 GIS 내부에서 다양한 종류의 공진현상을 일으켜 3 μ s 동안 전자파가 지속되는 현상을 보이게 되며, 이러한 전자파를 적절한 센서를 이용하여 부분방전 검출이 가능하게 된다.

일반적으로 UHF 기술에서는 측정대상 주파수 대역 선정에 있어 노이즈 처리 면에서 상당히 유리하다고 알려져 있는 500[MHz]부터 주파수가 높을수록 전자파에 따른 손실이 크고 측정장비 개발이 상대적으로 어려워지며 여러 가지 전파환경(방송파, 통신주파수 대역 등)을 고려하여 1.5[GHz]로 한다. [1][2]

본 연구에서는 UHF대역에서 사용될 수 있는 다양한 형태의 안테나 중에서 마이크로스트립을 이용한

UHF 안테나 모델의 측정 주파수 대역을 500[MHz]-2.0([GHz]로 조정하여 설계하고자 한다. 마이크로스트립 안테나를 이용한 UHF 센서 모델은 평면상의 기판에 복사계와 급전계를 동시에 구성할 수 있으며, 얇고, 가볍고, 소형화가 가능할 뿐만 아니라, 인쇄 회로의 기법을 이용하여 손쉽게 제작할 수 있어 제작비용이 저렴하다, 특히, 광범위한 주파수를 측정할 수 있는 장점이 있다.

따라서 본 논문은 GIS 내부에 장착 가능한 UHF 센서 모델을 맥스웰방정식을 시간, 공간에서 차분화, 해석 공간의 전자계를 전계와 자계를 상호간 계산을 이용해서 시간적으로 갱신하여 출력점의 시간응답을 얻는 방법인 FDTD(Finite Difference Time Domain)법을 이용하여 설계하였으며, 시뮬레이션을 통해 실제 적용가능성을 판단해보고자 한다.

2. GIS 절연진단용 센서의 필요성

최근 변전소에 일반적으로 적용하고 있는 GIS는 20년 이상의 내구성을 보장하는 무보수로 설계가 이루어지지만, 현재 국내에는 20년 이상된 GIS가 상당수 있으며 또한 내구성과 상관없이 제작, 또는 설치, 유지보수상의 결함으로 인한 GIS 고장이 발생되고 있다. 이러한 GIS 내부고장은 복구시간이 장시간 소요되며 산업, 경제적 측면에서 볼 때 정전으로 인한 경제적 비용이 매우 크게 발생한다.

그러나 SF₆ 가스가 절연매체인 GIS는 모선, 차단기, 단로기, 접지장치 변성기 등이 밀폐된 금속 공간 내에 구비되어 있으며 신설 및 기존 변전소의 무인화로 기기 운전자가 GIS 내부에서 일어나는 미세한 결함들을 알아내기는 쉽지 않다. 이를 반영하듯 표1의 1998년부터 2003년 동안 우리나라에서 발생한 전력설비별 고장발생 현황을 보면 GIS의 고장이 전체 744건중 90건에 달하며, 이 수치는 전체 전력설비 고장의 12.1%를 차지하고 있다.

표 1. '98~'03년 전력 설비별 고장발생 현황

구분	M.Tr	LA	CB	GIS	MCSG	DS
계	104	15	90	90	15	40
구분	BUS	PT	CT	기타	합 계	
계	62	9	6	313	744	

이러한 상황에서 최근의 GIS 보수점검방식이 일정 주기에 따른 예방보전(Time Based Maintenance)에서 기기상태에 의한 점검방식(Condition Based Maintenance)이 도입되면서, 변전소 전체의 수명연장과 운전비용 절감에 많은 연구가 이루어지지만, 절연파괴 고장을 미연에 방지하기는 매우 어렵다. 또한 국내 GIS에 사용되고 있는 센서는 대부분 국외제품을 사용하고 있는 실정이며, 국내 GIS 및 전력기기에 사용되는 안테나형 센서의 성능에 대한 시험방법이나 기준이 확립되어 있지 않다. 또한 국내에서 개발된 센서는 신뢰성이 문제로 대두되고 있는 실정이다.

이에 전력설비의 대용량화 고전압화에도 불구하고 부지확보 차원에서 소형화 및 옥내화가 불가피하여 GIS를 비롯한 전력설비들의 고 신뢰성과 안정성을 확보하기 위해서 상시감시 시스템 체제 구축을 위한 센서의 개발이 필요하다고 사려된다.

3. 안테나 구조 / 설계

그림 1은 SF₆ 가스 중 실제 GIS의 전기적 사고 발생의 원인인 GIS 내부에 도전성 파티클 존재시, 미소돌기 존재시, 연면 방전 존재시, 절연성 파티클 존재시의 각각 부분방전의 발생과 방전진전에 따른 방사전자파를 측정하기 위하여 설계 제작한 실험용

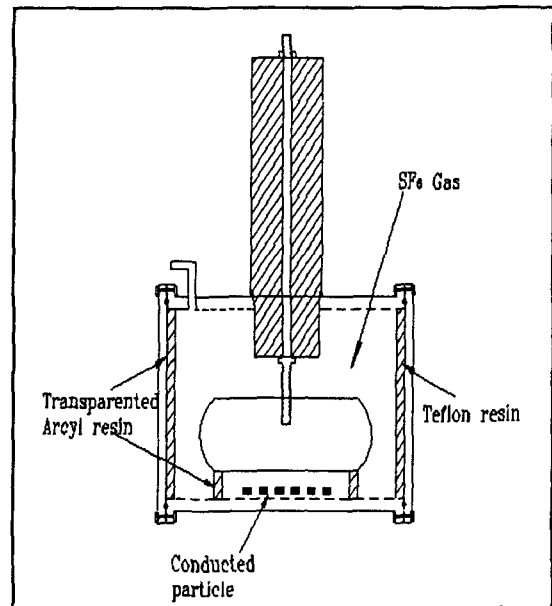
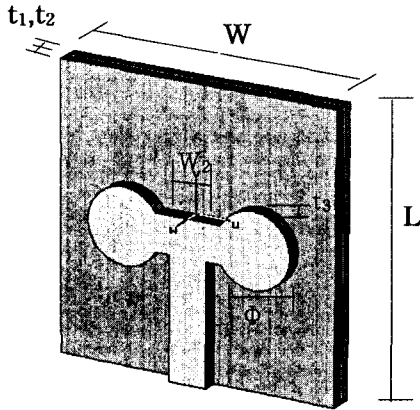


그림 1. 실험용 모의 GIS

모의 GIS의 개략도이다. 본 논문에서는 안테나를 실험용 모의 GIS의 Teflon-resin에 설치하여 방진 진전에 따른 방사전자파를 측정할 수 있는 UHF 센서를 설계하였다.

그림 2는 제안된 안테나 구조이다. Micro-strip 구조는 물리적인 직관성이 있어 해석이 용이한 전송선로모델로 하였으며, 해석과 제작의 용이성, 우수한 방사특성, 낮은 교차편파 방사와 보다 광대역을 측정하기 위하여 원형 패치로 설계하였다. sub1은 유전율 2.2인 기판을 사용하였고, sub2와 sub3는 재질을 전기도체(PEC)로 설정하였다.



구분	W	L	W ₂	φ	t ₁	t ₂	t ₃
mm	30	30	4	4	1.588	1	1

그림 2. 제안된 안테나 구조

4. 시뮬레이션 결과 및 고찰

일반적으로 안테나에 있어 가장 중요한 S₁₁ 파라미터를 그림 3에서 보여주고 있다. 안테나의 S₁₁ 파라미터는 -20[dB] 이하의 값에서 안테나의 측정 주파수 대역을 결정함으로써 신뢰성을 가진다. 하지만, 일반적으로 -10[dB]이하의 값을 갖는 주파수 대역을 그 안테나의 측정주파수대로 사용한다. 따라서 그림 3에서 보는 것과 같이 -10[dB]이하의 값을 갖는 주파수 대역은 약 0.5 ~ 10.7[GHz] 사이에서 나타나고 있으며, 안테나 설계시 고려한 UHF 기술에서의 측정대상 주파수 대역을 만족하고 있다. 또한 VSWR의 그래프에서 2이하의 주파수 대역에서 그 안테나의 측정범위 설정한다. 그림 4에서 그림 3에서와 비슷한 0.5~10.7[GHz]에서 2이하의 값을 가짐을 확인할 수 있다.

S-파라미터계산은 보통 시뮬레이션 시간 간격에 대한 근사오차와 유한한 메쉬 해상도에 따른 부정확

성에서 수치적 부정확성에 의하여 영향을 받게 된다.

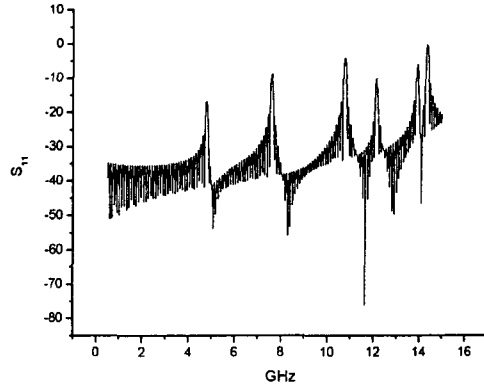


그림 3. S₁₁의 주파수 특성

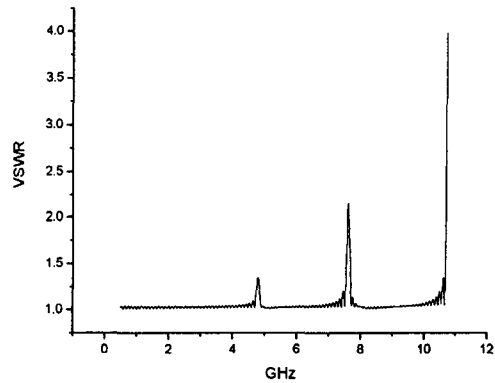


그림 4. VSWR의 주파수 특성

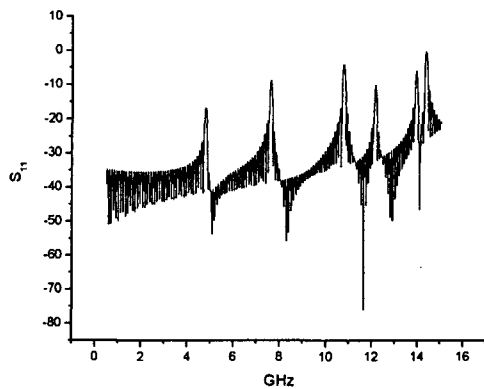


그림 5. -40[dB]의 S₁₁ 특성

시간에 따른 포트 모드의 증폭신호는 푸리에 변환을 통하여 추출된 S-파라미터에서 계산되는데 시간 신호에 대한 자체 정확도가 높아도 결국 시간 대비 신호가 영까지 감쇄된다는 가정에서 푸리에 변환을 하기 때문에 부정확성을 초래할 수 있다. 또한 S-파라미터에 리플이 야기되어 결과 정확도에 영향을 미칠 수 있다. 따라서 그림 5에서 보는 것과 같이 이러한 근사 오차의 레벨을 줄이기 위하여 필터구조에서 -30[dB]에서 -40[dB]까지 증가시켜서 정확도를 확인하였다.

5. 결 론

본 논문은 절연진단기술에 적용을 위하여 UHF 대역의 측정이 가능한 마이크로스트립 안테나 설계를 통해 실제 적용가능성을 검토한 연구이다.

설계된 마이크로스트립 안테나가 시뮬레이션을 통하여 측정주파수 대역이 0.5 ~ 10.7 [GHz]임을 확인하여, UHF를 이용한 절연진단 기술에서 사용하는 주파수 대역에서 사용할 수 있음을 확인하였다.

앞으로 본 논문에서 설계된 마이크로스트립 안테나를 실제 제작하고, 모의 GIS의 부분방전신호를 측정/분석하여 실제 전력기기의 이상 유무를 검출할 수 있는 상시 감시 시스템 구축에 사용이 기대된다.

참 고 문 헌

- [1] 한국전력연구원 전력계통연구실, "GIS 부분방전 검출기술 연구(최종보고서)", 한국전력공사, 2002.10.
- [2] 이광식 외, "방사전자파 측정분석에 의한 절연진단 시스템 개발에 관한 기초연구", 한국과학재단, 2003.10.28
- [3] 이문수 외, *안테나 이론*, 도서출판 미래컴, 2001.8.31
- [4] 윤영중 외, *안테나 이론과 설계*, 교보문고, 2000.3.1
- [5] Balanis. *Advanced Engineering Electromagnetics*, WILEY, 1998