GIS 절연진단을 위한 센서 구조별 주파수 특성

(Frequency response of Sensors for GIS insulation-diagnosis)

최은혁, 김정배, 김기채, 이광식
(Eun-HyEok Choi · Jung-Bae Kim · Gi-Chai Kim · Kwang-Sik Lee)

Abstract

If obstacle in GIS(Gas Insulted Switchgear), its affects are great are on the community and it is consequently demanded lots of difficulities 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. The strip-senser measured impedance bandwidth of the proposed antenna is from 0.5[GHz] to 2.5[GHz] with the stop band from 0.5[GHz] to 1.7[GHz] for VSWR<2. The antenna is will play an important role for the senser for insulation diagnosis system by UHF method of real site GIS and power equipment using SF_6 gas.

1. 서 론

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 Insulated 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 발생되는 전자파는 GIS 내부에서 다양한 종류의 공진현상을 일으켜 3μs 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 전파에 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 스트립 형태와 광대역으로 주로 사용되는 헬리컬 형태를 이용하여 UHF 안테나 모델의 측정 주파수 대역을 500[MHz] - 1.5 [GHz]에서의 주파수특성을 살펴보고자 한다. 일반적인 스트립 안테나를 이용한 UHF 센서 모델은 평면상의 기판에 복사계와 급전계를 동시에 구성할 수 있으며, 얇고, 가볍고, 소형화가 가능할 뿐 아니라, 인쇄 회로의 기법을 이용하여 손쉽게 제작할 수 있어 제작비용이 저렴하다, 특히, 광범위한 주파수를 측정할 수 있는 장점이 있다. 또한 헬리컬형 센서는 안테나 소자가 나성상으로 된 것으로 극초단파대의 텔레비전 방송용 및 이동 무선 기지국 안테나 등으로 광대역에 주로 많이 사용된다.

따라서 본 논문은 GIS 내부에 장착 가능한 UHF센서 모델을 맥스웰방정식의 시간, 공간에서 차분화, 해석 공간의 전자계를 전계와 자계의 상호간 계산을 이용해서 시간적으로 갱신하여 출력점의 시간응답을 얻는 방법인 FDTD(Finite Difference Time Domain)법을 이용하여 설계하였으며, 시뮬레이션을 통해 실제 적용가능성을 판단해보고자 한다. 또한 GIS 모형에 의한 센서 교정법을 통하여 센서의 신뢰성을 확보하고자 한다.

2. 센서의 구조

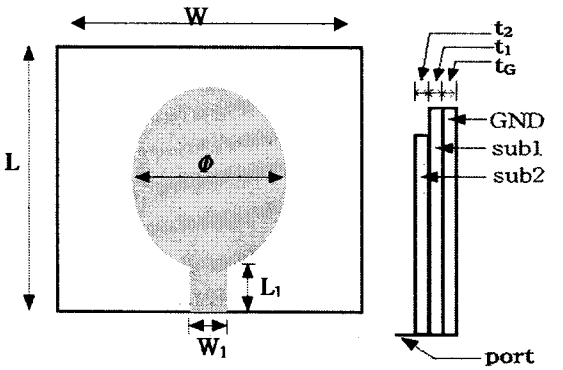
2.1. 스트립형 센서 구조

그림 1는 제안된 센서 구조이다. strip 구조는 물리적인 직관성이 있어 해석이 용이한 전송선로모델로 하

였으며, 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. 세부 설계 파라미터는 표 1과 같다.

표 1. 설계 파라미터

항목	L	W	Φ	L_1	W_1	t_1	t_2	t_G
[cm]	10	12	7	1.5	1	0.1588		

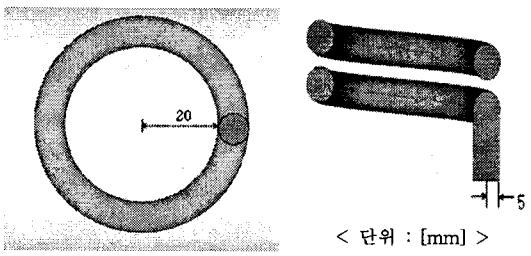


(a)정면도 (b) 측면도

그림 1 제안된 스트립형 센서의 구조

2.2. 헬리컬형 센서 구조

B헬리컬 센서는 안테나 소자가 나선상으로 된 것으로 최대 방사 방향은 축 방향이며, 원편파의 전파가 송수신되므로 위성 통신 등에 사용된다. 특히 나선의 전류 분포는 각 턴에 상당하는 점에서 위상이 같게 되며, 반파장을 사이에 두고 합성되므로 수직면의 지향성을 한정하여 수평 방향에 전방향적으로 수평 편파가 방사된다. 그림 2와 같이 PEC를 540도 회전한 헬리컬형 센서를 모의하였다.



< 단위 : [mm] >

그림 2 제안된 헬리컬-안테나의 구조

3. 시뮬레이션 결과 및 고찰

일반적으로 안테나에 있어 가장 중요한 $S_{1,1}$ 파라미터를 공기중과 모의 GIS에 장착해서 나온 결과를 그림 2와 그림3에서 보여주고 있다. 안테나의 $S_{1,1}$ 파라미터는 -20[dB] 이하의 값에서 안테나의 측정주파수 대역을 결정함으로써 신뢰성을 가진다. 하지만, 일반적으로 -10[dB]이하의 값을 갖는 주파수 대역을 그 안테나의 측정주파수대로 사용한다.

3.1 스트립형 센서 결과

일반적으로 센서에 있어 가장 중요한 S1,1 파라미터를 그림 3에서 보여주고 있다. 설계된 안테나의 공진주파수 출력이 0.92 [GHz]정도임을 알 수 있다. 안테나의 S1,1 파라미터는 -20[dB] 이하의 값에서 안테나의 측정주파수 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 ~ 1.7[GHz] 사이에서 나타나고 있으며, 안테나 설계시 고려한 UHF 기술에서의 측정대상 주파수 대역을 만족하고 있다. 또한 그림 4 VSWR의 그래프에서 2이하의 주파수 대역에서 그 안테나의 측정범위 설정한다. 그림 5에서 그림 4에서와 비슷한 0.5~1.7[GHz]에서 2이하의 값을 가짐을 확인할수 있다.

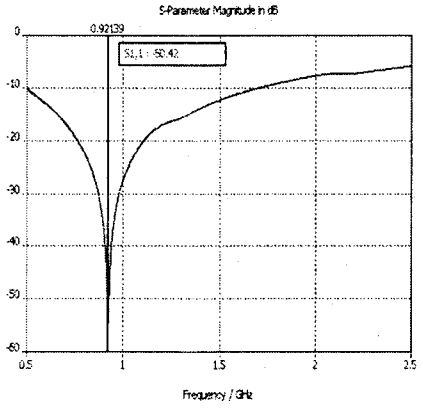


그림 3. 스트립형 센서의 S1,1 Parameter

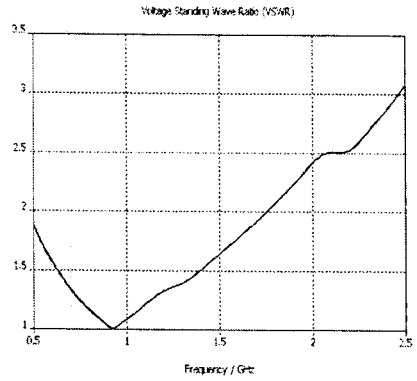


그림 4. 스트립 센서의 VSWR

3.2 헬리컬형 센서 결과

GIS내의 전자파는 수 Ghz 대에 이르는 주파수 성분을 가지며 GIS 내부를 진행하면서 반사, 굴절, 감쇠현상을 보이면서 TE11, TE21, TE31, TE41의 모드형상으로 전파된다. 이때 전파하는 전자파의 모양은 GIS의 구조와 부분방전 전류의 특성에 의해 결정된다. GIS는 전자파의 측면에서 동축 도파관으로 생각 할 수 있다. 동축 도파관에서의 경계조건에 의해 특정 형태의 전자파만이 전파될 수 있다. 따라서 기중의 주파수 특성이 우수한 센서라도 GIS의 특수한 환경내에서는 주파수특성이 크게 달라진다. 헬리컬형 센서를 GIS 내에서 시뮬레이션 한 결과 그림 5와 같이 평균 약 -3 dB 정도로 나타났다. 따라서 UHF 진단용 센서로 사용시 부분방전에 의한 방사전자파 측정용으로 이용가능한 것으로 나타났다.

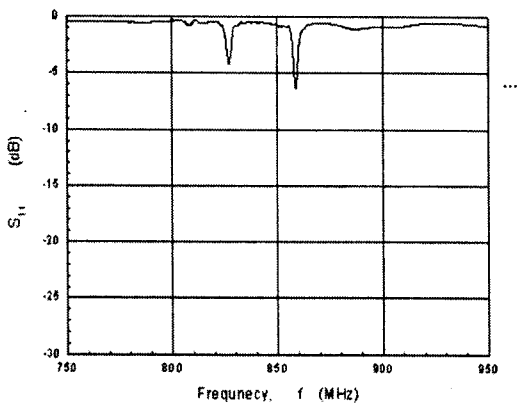


그림 5. 헬리컬 센서의 S1,1 Parameter

그림 6은 기본 헬리컬형 센서에서 이심율을 2배로 설정한 주파수 특성이며, 그림 7은 기본 헬리컬 형태에서 회전각도를 540도에서 720도로 설정한 주파수 특성이다. 그 결과 -10 dB에 크게 못 미치는 결과를 얻어 헬리컬 형태의 센서는 GIS내 UHF 진단용 센서로 사용시 부분방전 진단용으로 활용될 수 있음을 확인하였으나, 일반적 신뢰성을 갖는 -10[dB]에 미치지 못하였다.

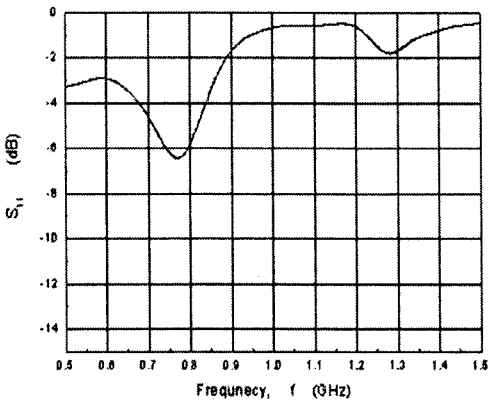


그림 6. 이심률 2배 일때 주파수 특성

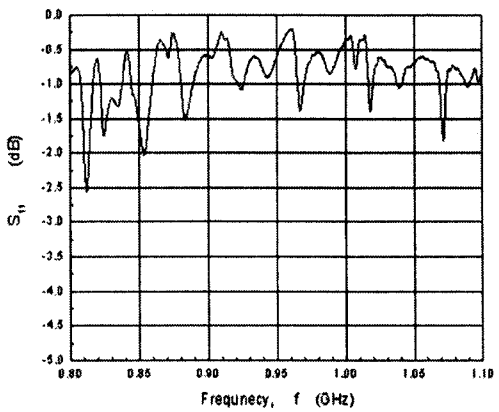


그림 7. 회전각 720도일때 주파수 특성

3. 결 론

본 논문은 절연진단기술에 적용을 위하여 UHF 대역의 측정이 가능한 스트립형 센서와 헬리컬형 센서 설계를 통해 실제 적용가능성을 검토한 연구이다. 설계된 스트립형 안테나가 시뮬레이션을 통하여 측정주파수 대역이 0.5~1.7 [GHz]임을 확인하였다. 대표적인 전력기기 GIS에서 UHF을 이용한 절연진단에 사용하는 0.5 ~

1.5 [GHz] 주파수 대역에서 사용할 수 있음을 확인하였다.

반면에 헬리컬형 센서를 GIS 내에서 시뮬레이션한 결과 평균 약 -3 dB 정도로 나타났다. 또한 기본 헬리컬 형태에서 이심률을 2배와 회전각도를 540도에서 720도로 변경한 주파수 특성도 약 -3, -1 [dB] 정도로 나타났다. 따라서 지금가지 연구한 기본적 헬리컬형 센서는 UHF 진단용 센서로 사용시 부분방전에 의한 방사전자파 측정용으로 이용 가능한 것으로 나타났다.

앞으로 본 논문에서 설계된 스트립형 센서와 헬리컬형 센서를 보완하여 신뢰성 있는 UHF센서를 설계하여 실제 제작하면, 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