

**절연진단용 Cavity 센서의 제작 및 측정**

이창훈, 이창욱, 최은혁, 김정배\*, 김기채, 이광식  
 영남대학교, \*효성중공업

**The Production and Measurement of Cavity-Sensor for Insulation Diagnosis**

Chang-Hun. Lee · Chang-Uk. Lee · Eun-Hyuck. Choi · Jung-Bea. Kim\* · Gi-Chai. Kim · Kwang-Sik. Lee  
 Yeungnam University, \*Hyosung Heavy Industries

**Abstract** - GIS와 같은 전력기기들은 내부에 다양한 원인에 따라 이 결합에 의해 절연열화가 진전되는 것이 일반적인 현상이며, 결국 사고로 이어지게 된다. 따라서 절연열화과정에서 부분방전 현상에 의한 전자파 신호를 보다 효율적으로 검출할 수 있는 센서를 설계하기 위해 본 논문에서는 UHF 대역의 측정이 가능한 Cavity 안테나를 이용하여 절연진단기술에서의 적용가능성을 검토해 보았다.

**1. 서 론**

GIS가 전력계통에 사용되는 비중은 날로 증가하여, 근래에 와서는 발·변전소를 막론하고 대부분의 Switching 설비는 GIS로 건설되고 있는 추세이다. 하지만, 설비 자체가 기존 Open terminal type 설비에 비해 고가이고 사고발생시 재산상의 손실이나 계통에 미치는 영향이 크다. 또한 그에 따른 복구비용이 많고 복구시간 또한 시간이 소요되는 단점을 가지고 있다. 따라서 GIS의 고 신뢰도를 유지하기 위하여 설비사고 예방을 위하여 GIS 결합을 사전에 인지하는 예방진단기술이 필수적이다.

이러한 예방진단기술로서 GIS는 설계 및 운전 중에 결합이 존재할 경우 운전 시간이 경과함에 따라 이 결합에 의해 절연열화가 진전되는 것이 일반적인 현상이며, 또한 다른 전력기기들과 같이 GIS 내부에서도 절연파괴가 일어나기 전에 부분방전에 의한 방사전자파의 검출을 통해 운전자가 결합의 존재 유무를 인지하는 UHF 기술 등과 같은 절연진단기술에 관한 연구가 많이 보고되고 있다.

일반적으로 알려진 UHF 기술에서는 측정대상 주파수 대역 선전에 있어 노이즈 처리 면에서 상당히 유리한 500 MHz부터 주파수가 높을수록 전파에 따른 손실이 크고 측정 장비의 개발이 상대적으로 어려워지며, 여러 가지 방출파나 통신주파수 대역 등을 고려한 1.5 GHz로 하여 적용되고 있다.

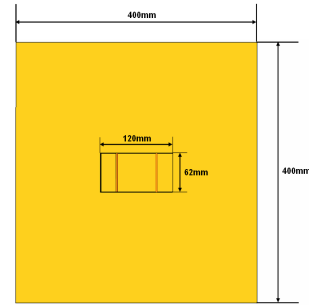
본 연구에서는 UHF 대역에서 사용될 수 있는 다양한 형태의 안테나 중에서 Cavity 센서의 특성을 알아보고자 한다. 최근 중계기용 안테나로 유전체 기판을 사용한 가볍고 제작이 용이한 마이크로 스트립 배열 안테나가 많이 사용되고 있으나, 급전라인에 의한 손실과 표면파 손실, 임피던스 변환회로에 의한 반사손실 등의 단점으로 인한 높은 제작비용으로 인해 많은 부담이 되고 있는 실정이다.

따라서 본 논문에서는 GIS 내부에 장착 가능한 UHF 센서 모델을 개발하기 위해 유전체 손실이나 급전라인의 손실을 줄이는 방안으로, 일반적인 마이크로 스트립 급전라인 대신에 Cavity를 이용한 안테나의 특성을 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 시뮬레이션 하였으며, 시뮬레이션을 통해 실제 적용가능성을 판단해 보고자 한다.

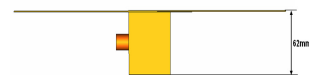
**2. 본 론**

**2.1 안테나의 구조**

<그림 1>은 Cavity 안테나의 구조이다. 안테나의 크기는 400×400×62 mm<sup>3</sup>이며, 중앙에서 사각 도파관을 통해 입사된 필드는 Cavity를 거쳐서 각각의 슬롯으로 급전된다. 따라서 기존 마이크로 스트립이나 동축 케이블에 비하여 급전 부분의 손실이 적어지게 되고 효율은 극대화시킬 수 있다.



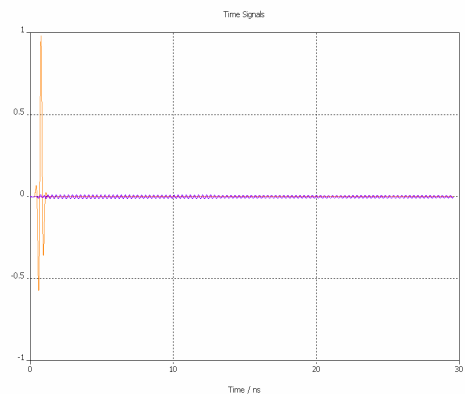
(a) 정면도



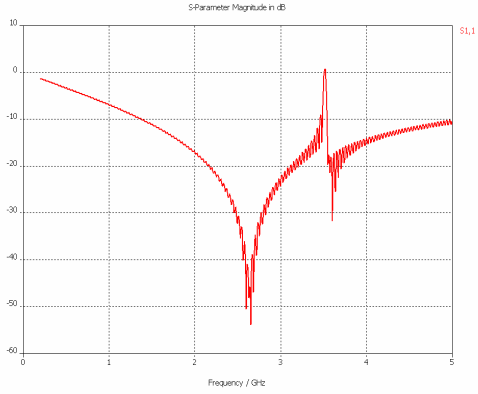
(b) 측면도

<그림 1> Cavity 안테나 구조

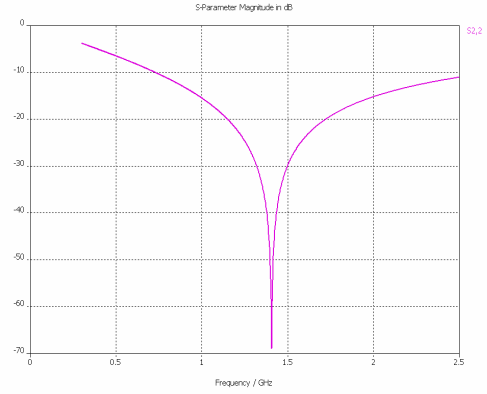
**2.2 시뮬레이션 결과**



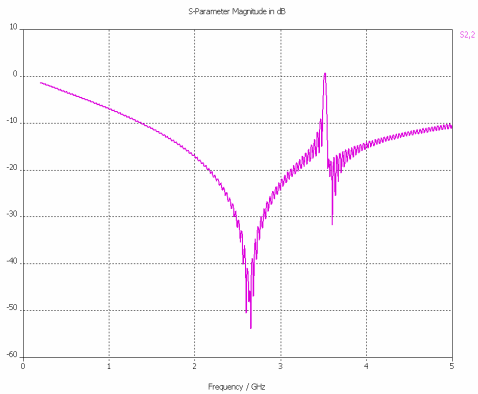
(a) 포트신호 ( 0.2 ~ 5[GHz] S-parameters )



(b) S<sub>11</sub> Parameter (0.2~5[GHz])



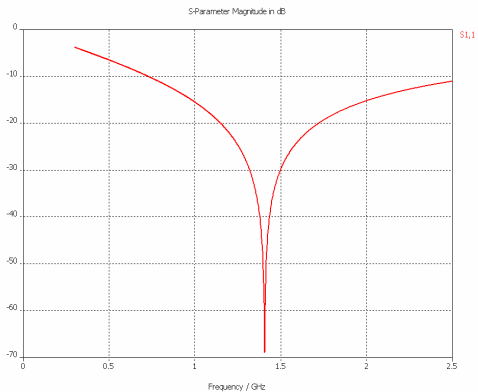
(b) S<sub>22</sub> Parameter (0.3~2.5[GHz])



(c) S<sub>22</sub> Parameter (0.2~5[GHz])

<그림 2> 0.2~5[GHz]일 때 포트신호 및 S<sub>11</sub>, S<sub>22</sub> 주파수 특성

<그림 2>는 0.2 ~ 5[GHz] 사이의 주파수 대역을 설정하여 나타낸 파라미터이다. <그림 2>의 (a)의 포트신호에 대하여 포트에서의 입사파, 반사파의 진폭을 시간의 변화에 따라 보여주고 있으며, 입사파 진폭은 i1이며, 반사파 진폭은 o1,1이다. 설계된 안테나의 공진 주파수 출력이 2.6[GHz] 정도임을 알 수 있다. 일반적으로 안테나에 있어 가장 중요한 S<sub>11</sub> 파라미터는 -20 [dB] 이하의 값에서 안테나의 측정주파수 대역을 결정함으로써 신뢰성을 가진다. 그러나 일반적으로 -10 [dB] 이하의 값을 갖는 주파수 대역을 그 안테나의 측정주파수대로 사용한다. 따라서 -10 [dB] 이하의 값을 갖는 주파수 대역은 약 1.3 ~ 5[GHz] 사이에서 나타남을 알 수 있다.



(a) S<sub>11</sub> Parameter (0.3~2.5[GHz])

<그림 3> 0.3 ~ 2.5[GHz]일 때 S<sub>11</sub>, S<sub>22</sub> 주파수 특성

<그림 3>에서 보는 것과 같이 공진 주파수 대역은 1.4[GHz] 정도이고, -10 [dB] 이하의 값을 갖는 주파수 대역은 약 0.7 ~ 2.5[GHz] 사이에서 나타나고 있으며, 절연진단용 안테나 센서 설계시 고려되어야 할 UHF 주파수 대역에 만족함을 알 수 있다.

### 3. 결 론

본 연구에서는 UHF(Ultra High Frequency) 대역의 측정이 가능한 Cavity 안테나를 이용하여 절연진단기술에서의 적용가능성을 검토한 연구이다.

제한된 안테나는 유전체 손실이나 급전라인의 손실이 없는 공기를 매질로 하므로, 고효력에 적합하며 고효율을 가진다. 또한 제작이 용이한 구조를 가지므로 대량 생산 시 많은 장점을 가질 것으로 기대된다. 시뮬레이션을 통하여 Cavity 안테나가 0.2 ~ 5[GHz] 대역에서는 -10 [dB] 이하의 Return loss 값을 가지는 측정주파수 대역이 약 1.3 ~ 5[GHz]로 나타났으며, 0.3 ~ 2.5[GHz]의 대역일 경우는 측정주파수 대역이 약 0.7 ~ 2.5[GHz]으로 나타남으로써 대표적인 전력기기인 GIS에서 UHF 대역을 이용한 절연진단기술에서 사용하는 주파수 대역에서 사용 가능함을 확인할 수 있었다.

앞으로 본 논문에서 시뮬레이션한 Cavity 안테나를 좀 더 보완한다면 실용 GIS에 응용가능할 것으로 기대된다.

### [참 고 문 헌]

- [1] W. T. Slingsby, J. P. McGeehan, "Antenna isolation measurement for on-frequency radio repeaters", in 1995 Antennas Propagat. ICAP '95. Ninth International Conf. on, vol. 1, pp. 239-243, Apr. 1995.
- [2] 한국전력연구원 전력계통연구실, "GIS 부분방전 검출기술 연구(최종보고서)", 한국전력공사, 2002.10.
- [3] J. R. James, P. S. Hall, Microstrip Antenna Theory and Design, London: Peter Peregrinus, chap. 5, 6, 1981.
- [4] 이광식 외, "방사전자파 측정분석에 의한 절연진단 시스템 개발에 관한 기초연구", 한국과학재단, 2003.10.28
- [5] R. C. Johnson, Antenna Engineering Handbook, McGraw-Hill, Inc. 3rd Edition, 1993
- [6] 최은혁 외 5명, "절연진단용 UWB-안테나 모델 설계", 대한전기학회 고전압 및 방전응용기술 연구회 춘계학술대회 논문집, 2005.
- [7] 이문수 외, 안테나 이론, 도서출판 미래컴, 2001.8.31
- [8] 윤영중 외, 안테나 이론과 설계, 교보문고, 2000.3.1
- [9] Balanis, Advanced Engineering Electromagnetics, WILEY, 1998
- [10] 최은혁 외 5명, "표준모노폴 안테나를 이용한 전력설비용 절연진단 센서 검증", 한국조명·전기설비학회 추계 학술대회 논문집, 2006.11.3