

초전도체 안테나의 근사해석에 관한 연구

황재호*

*경주대학교

A Study on Approximate Analysis of Superconductor Antenna

Jae-Ho Hwang*

*Gyeongju University

E-mail : jhhwang@gnu.ac.kr

요 약

본 논문에서는 초전도체 안테나와 같이 유전체 기판위에 인쇄된 안테나를 근사법을 이용하여 해석하고 있다. 해석 방법으로는 안테나에 인접한 유전체내부에 발생하는 분극전류 도출, 이를 모멘트법(MoM)을 이용하여 해석한다. 이와 같은 해석법은 계산시간이 단축되는 장점이 있으며, 기판의 유전율이 낮은 경우 매우 유용하다. 본 논문은 기판에 인쇄된 다이폴안테나의 특성을 근사법으로 해석하고 경과를 측정치와 비교하여 유효성을 검토한다.

ABSTRACT

The paper deals with the approximate analysis of printed antenna like superconductor antenna. Analysis of antenna with polarization current in dielectric layer using Moment method. This approximation is very useful for printed antenna on dielectric plane with low dielectric constant. In this paper, we compared numerical results of this method with measurement results.

키워드

초전도체안테나, 유전체특성, 분극전류, 임피던스특성, 모멘트법

I. 서 론

최근 다양한 무선시스템의 활용이 급증하고 있고, 이에 고주파부품 및 안테나의 소형화 기술이 발전되고 있다. 초전도체안테나의 경우, 임계온도(T_c)이하의 저온에서 저항이 영이 되어 고 완전 반자성 특성을 가지게 되어 효율이 높은 안테나를 구현할 수 있다. 고효율안테나를 구현하기위한 초전도체 안테나에 대한 연구는 산화물초전도체가 발견되기 전부터 시작되었으며, 상온의 안테나보다 효율 특성이 크게 개선된 결과를 얻을 수 있었다. 한편, 산화물 초전도 재료의 발견이후에는 스테브 부착 다이폴안테나, 초전도 헤리컬안테나에 1/4파장 임피던스 트랜스포머를 장착한 안

테나 등이 보고되었다.[1],[2] 그러나 안테나를 소형화하는 데는 고려해야 할 사항이 있다. 일반적으로 안테나를 소형화하는데 있어 어려운 점은 안테나를 사용하는 파장에 비해 아주 짧게 하면 손실저항이 증가하게 되는데 이는 방사효율을 감소시키는 원인이 된다. 또한 안테나를 소형화하게 되면 입력임피던스의 실수부인 저항값은 작아지고 허수부인 리액턴스값이 높아지게 된다. 또한 초전도체는 박막 또는 후막으로 형성되기 때문에 안테나제작 하려면 반드시 기판이 필요하다. 따라서 안테나의 해석에 있어서도 기판으로 사용한 유전체의 영향을 고려해야만 한다. 이와 같은 안테나를 엄밀히 해석하려면 사용되는 기판 매질의 Green함수를 도출하여 매질의 전자계를 구해야

하나, Green함수의 수식이 복잡한 형태로 도출되기 때문에 계산시간이 길어지는 단점이 있다.[3][4]

따라서 본 논문에서는 유전체의 영향을 근사적으로 해석할 수 있는 준정근사법(quasi-static approximation)을 이용하여 급전부를 포함한 안테나를 모멘트법으로 수치 해석하고 FDTD법과 측정치와 비교하여 유효성을 검토한다.

II. 안테나 구조 및 해석방법

그림1은 접지면이 없는 기판상에 인쇄된 소형 안테나를 나타내고 있다. 안테나의 형태는 급전부를 중심으로 직선형 다이폴을 U자형으로 꺾은 구조를 하고 있다.

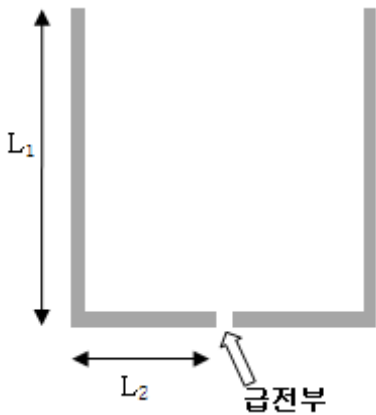


그림 1. 유전체기판상의 안테나 구조

이와 같이 유전체기판에 인쇄된 안테나를 해석하려면 사용되는 기판 매질의 Green함수를 도출하여 매질의 전자계를 구해야 하나, 본 논문에서는 유전체의 영향을 근사적으로 해석할 수 있는 준정근사법을 이용하여 급전부를 포함한 안테나를 모멘트법으로 수치 해석한다.

준정근사법이란 유전체 기판위의 안테나를 해석함에 있어 유전체의 특성을 내부에 형성되는 분극전류로 근사하는 것을 말하며 이때 분극전류는 다음과 같이 나타낼 수 있다.

$$\bar{J}^d = j\omega\epsilon_0(\epsilon_r - 1)\bar{E}^d \quad (1)$$

여기서 \bar{E}^d 는 유전체 내부의 전계로 분극전류와 마찬가지로 안테나에 수직한 방향성분으로 나타난다. 이와 같이 분극전류로 유전체의 영향을 고려한다면 이제는 안테나를 자유공간상에 놓여 있는 것으로 생각할 수 있다. 이와 같은 안테나를 모멘트법으로 해석하기 위해서는 안테나를 여러

개의 세그먼트로 분할하여야 하는데, 각 세그먼트간의 상호임피던스는 다음과 같이 정식화 할 수 있다.

$$Z_{ij} = -\frac{1}{I_i I_j} \left(\int_v \bar{E} \cdot \bar{J} dV + \int_v \bar{E} \cdot \bar{J}^d dV \right) \quad (2)$$

여기서 분극전류 \bar{J}^d 가 포함된 항은 유전체의 특성을 포함하고 있어 기판으로 사용하는 매질의 전자계특성을 반영하게 된다.

한편, 수치해석에 있어 안테나를 형성하는 도체의 전체길이($2L_1+2L_2$)은 10cm로 하고 도체손실과 유전체 손실은 고려하지 않는다. 또한 도체의 폭(w)은 길이에 비해 넓지 않기 때문에 수치해석에 있어서는 등가적으로 반경을 w/4로 하는 원통형 선형안테나로 해석한다.

III. 입력임피던스 특성 결과

그림2에서 그림4는 그림1과 같은 구조의 안테나를 해석 모델로 하여 계산한 입력임피던스 특성을 나타내고 있다. 그림2는 기판의 비유전율과 두께를 각각 $\epsilon_r=2.6$ 과 $d=0.8$ mm로 하였을 때의 입력임피던스로 근사법을 이용한 모멘트법의 결과가 FDTD법과 측정치 결과와 거의 일치함을 알 수 있다.

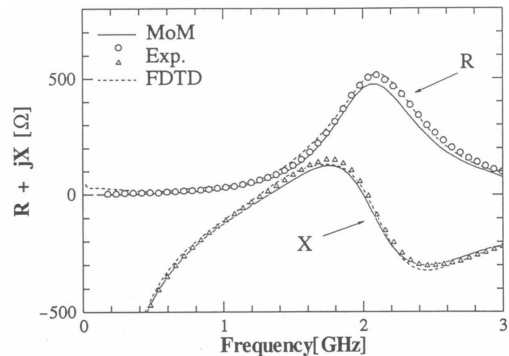


그림 2. 입력임피던스 특성 ($\epsilon_r=2.6, d=0.8$ mm, $w=5$ mm)

또한 그림3은 그림2에 있어 기판의 비유전율과 두께는 동일하고 도체의 폭을 $w=5$ mm에서 $w=1$ mm로 하였을 경우의 결과를 나타내고 있다. 공진주파수는 2 GHz로 그림1의 결과와 거의 같지만 입력임피던스의 실수부인 저항값이 약 2배 정도 커지는 것을 알 수 있다. 또한 측정치와 비교해 볼 때 공진주파수가 약 100 MHz 정도 차이가 나는 것을 알 수 있는데, 이는 모멘트법을 적용함

에 있어 파원(source)과 관측점이 너무 인접해 있어 나타나는 오차로 생각할 수 있다.

을 알 수 있었다. 따라서 본 근사해석법은 기판의 비유전율이 낮고 기판의 두께가 얇은 경우에 유효한 해석법임을 명확히 하였다.

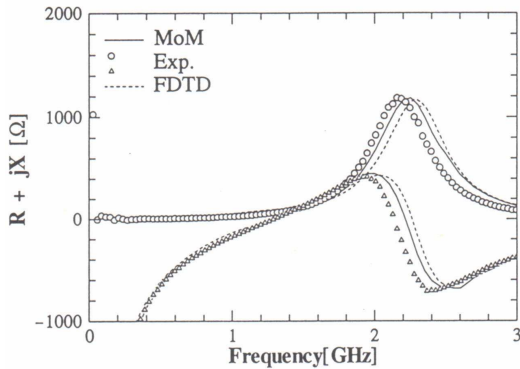


그림 2. 입력임피던스 특성 ($\epsilon_r=2.6$, $d=0.8$ mm, $w=1$ mm)

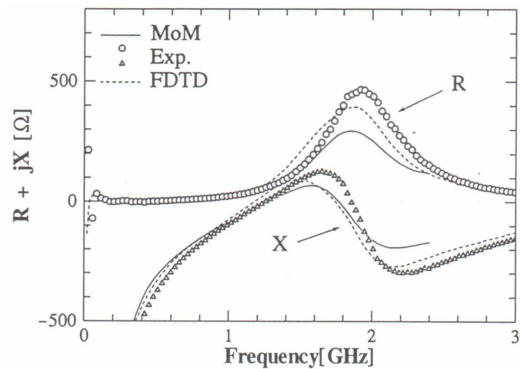


그림 3. 입력임피던스 특성 ($\epsilon_r=9$, $d=0.68$ mm, $w=5$ mm)

그림3은 기판의 비유전율과 두께를 각각 $\epsilon_r=9$ 와 $d=0.68$ mm로 하였을 때의 입력임피던스로 측정치와 상당한 오차가 나타남을 알 수 있다. 이는 유전체내부의 전자계특성을 분극전류로 근사하여 해석하는데 있어 근사의 범위를 벗어나는 한계로 생각 할 수 있다.

V. 결 론

본 논문은 초전도체 안테나와 같이 유전체 기판위에 박막 또는 인쇄된 안테나를 보다 간단히 해석하기 위해 유전체내부의 전자계특성을 분극전류로 근사하여 해석하였다. 수치해석 방법으로는 모멘트법을 이용하였으며 결과의 유효성을 확인하기 위해 FDTD법과 측정치의 결과와 비교 검토 하였다. 비교 결과 유전체 기판의 비유전율이 2.6정도로 낮은 경우 각각의 결과는 거의 일치하나, 비유전율이 9를 초과 할 경우 오차가 발생함

참고문헌

- [1] S. K. Khamas , M. J. Mehler, T. S. Maclean, C. E. Gough, N. McNalford and M. A. Harmer, "High-Tc superconducting short dipole antenna," *Electron. Lett.*, Vol.25, 25th year of publication, pp. S69-70, Nov. 1989.
- [2] O. Michikami, et.al., "High-Tc superconducting microwave devices for communication systems," *ISS'92*, Nov. 1992.
- [3] D. M. Pozar, S. M. Voda, "A rigorous analysis of a Microstripline fed patch antenna", *IEEE Trans. AP.*, Vol.35, No.12, pp. 1343-1349, Dec. 1987.
- [4] I. Park, R. Mittra and M. I. Aksun, "Numerically efficient analysis of planar microstrip configurations using closed-form Green's functions", *IEEE Trans. MTT.*, Vol.43, No.2, pp. 394-400, Feb. 1995.
- [5] J. R. James and P. S. Hall, *Handbook of Microstrip Antennas*, IEE Electromagnetic Wave Series, Vol.28, 1989
- [6] D. M. Pozar, *Microwave Engineering*, Addison Wesley, 1990.