

리액턴스 장하 EMC 모노폴 안테나의 감도 특성

김 기 채 ° 정 운 주
영남대학교 전자정보공학부

On the Sensitivity Characteristics of EMC Monopole Antennas with Reactance Loading

Ki-Chai Kim Woon Joo Jeong
School of Electrical Engineering & Computer Science
Yeungnam University, kckim@yu.ac.kr

ABSTRACT

본 논문에서는 전자계의 시간 변화 파형을 측정하기 위한 모노폴 안테나의 감도 특성을 개선하기 위해 리액턴스 소자를 안테나에 직렬 또는 병렬 연결한 경우의 감도 특성에 관하여 검토하고 있다. 이론 해석의 결과, 리액턴스 소자를 병렬로 연결할 경우에는 장하 리액턴스의 값이 무한대일 때 감도 특성이 가장 양호하였으며, 직렬로 연결한 경우에는 최대의 감도 특성을 갖는 리액턴스의 값이 존재한다는 것을 알 수 있었다.

I. 서 론

EMC 안테나의 특성 평가 파라미터는 안테나 인자(antenna factor)이다. 전자계의 진폭뿐만 아니라 진폭과 위상을 동시에 측정하는 경우, 또는 전자계의 시간 변화 파형을 측정하는 경우에는 주파수 영역에서 사용하는 기존의 안테나 인자 개념을 그대로 적용할 수 없으며, 안테나 인자에 위상 정보를 추가한 복소 안테나 인자(Complex Antenna Factor, CAF)가 필요하게 된다[1,2]. 시간 영역에서의 전자계 측정용으로 많이 사용되고 있는 모노폴 안테나의 복소 안테나 인자에 관해서는 복소 안테나 인자의 측정법이 검토되고 있으며[1], 일반적인 모노폴 안테나의 감도 및 주파수 특성 등에 관해서도 검토

되어 있다[3]. 또한, 저주파 대역에서의 반사를 줄이기 위해 집저항을 접속한 모노폴 안테나의 복소 안테나 인자에 대해서도 검토되고 있다[4].

본 논문에서는 모노폴 안테나의 감도 특성을 개선하기 위해 리액턴스 소자를 직렬 또는 병렬로 연결한 경우의 전달함수의 주파수 특성 등을 구분적 정현함수를 사용한 Galerkin의 모멘트법을 적용하여 검토하고 있다. 이론 해석의 결과, 리액턴스 소자를 병렬로 연결할 경우에는 리액턴스 값이 무한대일 때 감도 특성이 가장 양호하였으며, 리액턴스 소자를 직렬로 연결할 경우에는 감도 특성을 가장 양호하게 하는 리액턴스의 값이 존재한다는 것을 알 수 있었다.

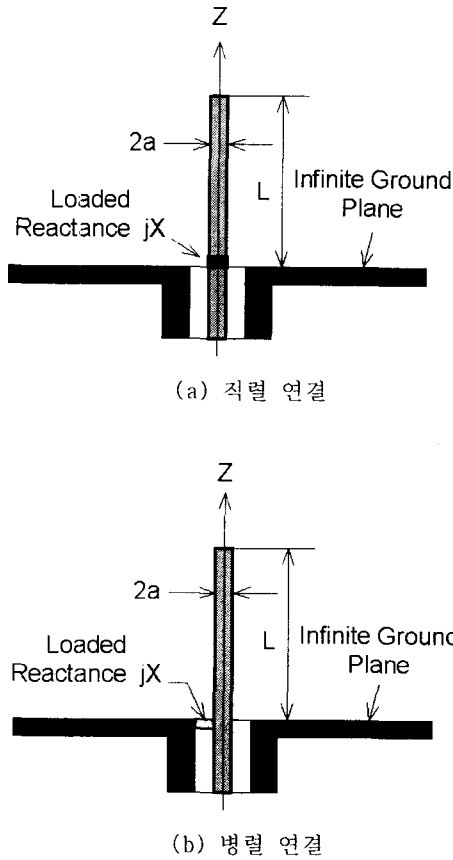


그림 1 리액턴스 장하 EMC 모노폴 안테나

II. 이론해석

1. 모노폴 안테나의 구조와 적분방정식

그림 1은 모노폴 안테나의 구조를 나타낸다. 무한히 넓은 접지판 위에 동축선로로 급전되는 반경 a , 길이 L 의 모노폴 안테나가 설치되어 있으며 리액턴스 소자는 직렬 또는 병렬로 접속되어 있다.

그림 1과 같은 모노폴 안테나의 이론 해석을 용이하게 하기 위해 영상법을 적용하고, 안테나의 반경은 사용파장에 비교하여 충분히 작다고 가정한다. 안테나의 급전부에서 델타함수 전원으로 급전한다고 가정하면 안테나의 중심축을 따라서 흐르는 전류분포에 관한 적분방정식

은 다음과 같다.

$$\frac{1}{j\omega\epsilon_0} \int \left[\frac{\partial^2}{\partial z^2} + k_0^2 \right] \frac{e^{-jk_0 R(z,z')}}{4\pi R(z,z')} I(z') dz' = -V\delta(z) + jX\delta(z+c) \quad (1)$$

여기서, V 는 급전전압이며, ω 및 ϵ_0 는 각각 각주파수 및 진공의 유전율이다. 그리고, $k_0 = \omega\sqrt{\epsilon_0\mu_0}$ 이며, X 는 장하 리액턴스, c 는 장하점의 위치를 나타낸다.

전류분포에 관한 적분방정식(1)의 해를 구하기 위해 전류분포를 다음과 같은 기저의 함수로 전개한다.

$$I(z') = \sum_{n=1}^N I_n F_n(z') \quad (2)$$

여기서, I_n 은 구해야 할 전류분포의 전개계수이며, 전개함수 F_n 은 구분적 정현함수를 사용한다. 식(2)를 식(1)에 대입하고 Galerkin의 방법을 적용하면 적분방정식(1)은 다음과 같은 연립 일차방정식으로 변환된다.

$$\sum_{n=1}^N Z_{mn} I_n = V_m \quad (3)$$

식(3)에서 Z_{mn} 은 일반화된 임피던스 행렬, V_m 은 일반화된 전압 행렬이며 이들의 구체적인 표현식은 생략하도록 한다.

식(3)으로부터 전개계수를 구하면 전류분포의 식(2)로부터 모노폴 안테나에 흐르는 전류분포를 구할 수 있으며, 다음 절에서 논의하는 전달함수의 주파수 특성 등을 계산할 수 있다.

2. 감도 특성

안테나에 입사하는 전계와 안테나를 통하

여 수신기에 나타나는 수신 전압과의 관계는 다음 식으로 나타낼 수 있다.

$$V_r(\omega) = R(\omega)E(\omega) \quad (4)$$

여기서, E 는 입사 전계의 크기이고, R 은 안테나 및 수신기의 특성에 관계되는 전달함수이며 정규화 전달함수는 다음 식으로 주어진다.

$$R_N(\omega) = \frac{Z_T h_c(\omega)}{Z_T + Z_m(\omega)} \cdot \frac{1}{L} \quad (5)$$

정규화 전달함수는 안테나의 입력 임피던스 Z_m 과 유효길이 h_c 및 Z_T 속에 포함되어 있는 수신기의 임피던스(통상 50Ω)와 장하 리액턴스의 값에 관계되며, 모노폴 안테나에 흐르는 전류분포를 구하면 계산할 수 있다.

모노폴 안테나의 입력 임피던스는 전류분포를 구하면 계산할 수 있으며 다음 식으로 표현할 수 있다.

$$Z_m = \frac{V}{I(0)} \quad (6)$$

여기서, V 및 $I(0)$ 는 각각 급전전압 및 급전점 전류치를 나타낸다.

식(5)에서 유효길이는 유효길이의 정의식에 식(2)를 대입하면 다음과 같다.

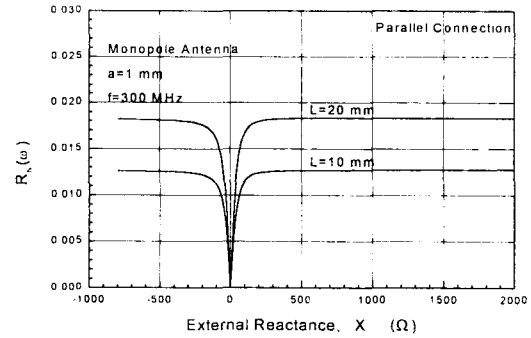
$$\begin{aligned} h_c &= \frac{1}{I_0} \int_{-l}^l I(z) dz \\ &= \frac{2}{I_0} \sum_{n=1}^N \frac{I_n}{k_0 \sin k_0 \Delta z_n} (1 - \cos k_0 \Delta z_n) \end{aligned} \quad (7)$$

여기서, I_0 는 전류의 최대치이며, I_n 은 전개 계수, $\Delta z_n = z_n - z_{n-1} = z_{n+1} - z_n$ 이다.

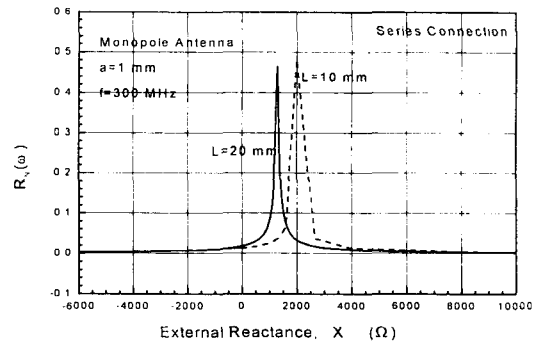
III. 수치계산 결과 및 검토

수치계산에 사용하는 모노폴 안테나의 제원은 다음과 같다. 안테나의 반경은 $a = 1 \text{ mm}$ 로 선택하고, 안테나의 길이는 $L = 10 \text{ mm}$ 와 $L = 20 \text{ mm}$ 의 두 종류를 사용한다. 안테나의 제원을 이와 같이 선택한 이유는 안테나의 길이가 25 mm 이하인 소형 안테나를 ESD 현상의 측정에 많이 사용하고 있기 때문이다[2].

감도특성의 개선을 위한 리액턴스 소자는 안테나에 직렬 또는 병렬로 연결하였으며, 계산에 사용한 주파수 대역은 30 MHz 에서 5 GHz 의 대역을 선택하였다. 그리고, 전류분포의 분할수는



(a) 병렬 연결



(b) 직렬 연결

그림 2 정규화 전달함수의 장하 리액턴스 특성

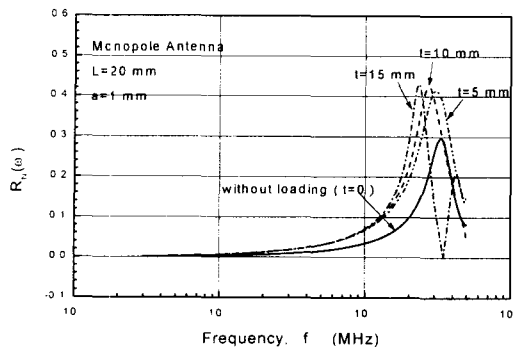


그림 3. 정규화 전달함수의 주파수 특성

부분 영역 세그먼트의 길이가 $\Delta Z_n = 0.0125\lambda$ (λ 는 사용파장)의 조건을 만족하도록 각 주파수에 대하여 $N=2L/0.0125\lambda$ 개가 되도록 선택하였다.

그림 2는 장하 리액턴스를 직렬 또는 병렬로 연결하였을 경우 식(5)로부터 계산한 정규화 전달함수의 장하 리액턴스 특성을 나타낸다. 그림 2(a)는 장하 리액턴스를 병렬로 연결한 경우이며, 장하 리액턴스의 값이 $\pm 300 \Omega$ 이상이면 감도특성은 최대가 된다는 것을 알 수 있다. 즉, 아무것도 연결하지 않은 개방상태에서 감도특성이 가장 양호하다. 그림 2(b)는 장하 리액턴스를 직렬로 연결한 경우이며, 안테나의 길이에 따라서 가장 양호한 감도 특성을 갖게하는 장하 리액턴스의 값이 존재한다는 것을 알 수 있다.

그림 3은 안테나의 길이가 20 mm인 경우, 장하 리액턴스를 구성하는 리액턴스의 길이를 파라미터로 하였을 때 감도의 주파수 특성을 나타낸다. 그림으로부터 알 수 있는 것처럼, 장하 리액턴스를 직렬로 연결할 경우에는 병렬로 연결할 경우와는 달리 적절한 리액턴스를 연결하는 것이 양호한 감도 특성을 나타낸다는 것을 알 수 있다.

IV. 결론

본 논문에서는 ESD 현상 등과 같은 펄스 형태의 전자파를 측정하기 위해 많이 사용되고 있는 모노폴 안테나에 리액턴스를 연결한 경우의 전달함수에 관하여 검토하였다. 이론 해석의 결과, 장하 리액턴스를 병렬로 연결하는 것보다는 직렬로 연결하는 것이 감도가 개선된다는 것을 알 수 있었다. 본 안테나는 ESD 현상의 연구뿐만 아니라 방전 현상 등과 같은 펄스 형태의 전자파 잡음 연구에 유용하게 이용할 수 있을 것으로 기대된다.

참고문헌

- [1] I.Yokoshima, S. Ishigami, A.Sukimoto, and H. Iida: "Measurements of Complex Antenna Factor of Monopole Antenna", Technical Report of IEICE, EMCJ93-20, pp.11-16, June 1993.
- [2] M.Honda: "Fundamental Aspects of ESD Phenomena and Its Measurement Techniques", Trans. of IEICE, Vol.E79-B, No.4, pp.457-461, April 1996.
- [3] 김기채: "모노폴 안테나의 복소 안테나 인자 해석", Telecommunications Review, 제 7권, 제6호, pp.841- 848, Nov. □ Dec. 1997.
- [4] 김기채: "모노폴 안테나의 복소 안테나 인자", 한국전자파학회 논문지, 투고중, 2000.