

## 슬리브 다이폴 안테나의 안테나 인자 특성

주 창현<sup>o</sup> 박 은정 김 기채  
영남대학교 전기공학과

ele0853@yumail.ac.kr, ahah66@yumail.ac.kr, kckim@yu.ac.kr

### Characteristics of Antenna Factor for Open Sleeve Dipole Antennas

Chang-Hyun Ju EunJung Park Ki-Chai Kim  
Department of Electrical Engineering, Yeungnam University  
214-1 Dae-dong, Kyeongsan, 712-749, Korea

#### Abstract

This paper presents the characteristics of antenna factors for sleeve dipole antennas with a broad bandwidth. The coupled integral equations for the unknown current distributions on each elements are derived and solved by applying Galerkin's method of moments. The flatness of antenna factor is considered. with variation of the length and number of sleeve elements.

**Key words** : EMI antennas, sleeve dipole antenna, sleeve antenna factor

#### 1. 서 론

오늘날 고도로 발달된 전기, 전자 관련기술은 전기, 전자, 정보처리기기들의 동작전류를 작아지게 하고 있으며, 처리신호도 아날로그에서 디지털화 되어가고 있다. 또한 기기 내부는 고밀도화 되고 있으므로 전기, 전자제품은 전도성 잡음 및 방사성 잡음에 대하여 내성이 강한 제품이 되도록 설계되어야 한다[1,2]. 이와 같은 제품의 개발에 있어서 장해 전자파의 측정은 매우 중요하며, 방사성 장해 전자파의 측정에 사용하는 EMI 안테나는 여러 가지 종류가 사용되고 있으며 평가 파라미터는 안테나 인자이다[1,2]. EMI 안테나의 안테나 인자에 대한 해석 결과도 여러 연구자들에 의해 보고되어 있다.

본 논문에서는 두 개 이상의 슬리브를 가지는 원형 배열 다이폴 안테나로 30 ~ 300 MHz에서 사용할 수 있는 슬리브 다이폴 안테나의 안테나 인자 특성을 검토하고 있다. 길이 200 cm의 다이폴 안테

나를 주파수 범위 30 ~ 300 MHz에서 슬리브 안테나의 길이와 개수 및 거리를 변화시켜 안테나 인자의 주파수 특성을 검토하였다.

이론해석 방법은 각 다이폴 안테나 소자의 상호 결합을 고려하여 다이폴 소자에 흐르는 전류분포에 관한 연립 적분방정식을 유도하고 구분적 정현함수를 사용한 Galerkin의 모멘트법[3]으로 해석하였다.

그 결과, 원주상에 배열한 슬리브의 길이가 50 ~ 60 cm에서 적절한 안테나 인자 특성을 가지고 있음을 알 수 있었으며, 슬리브 소자의 개수 변화에 있어서는 특성에 큰 변화를 보이지 않음을 알 수 있었다.

#### 2. 슬리브 다이폴 안테나의 구조

그림 1은 원형으로 배열된 슬리브 소자를 가지

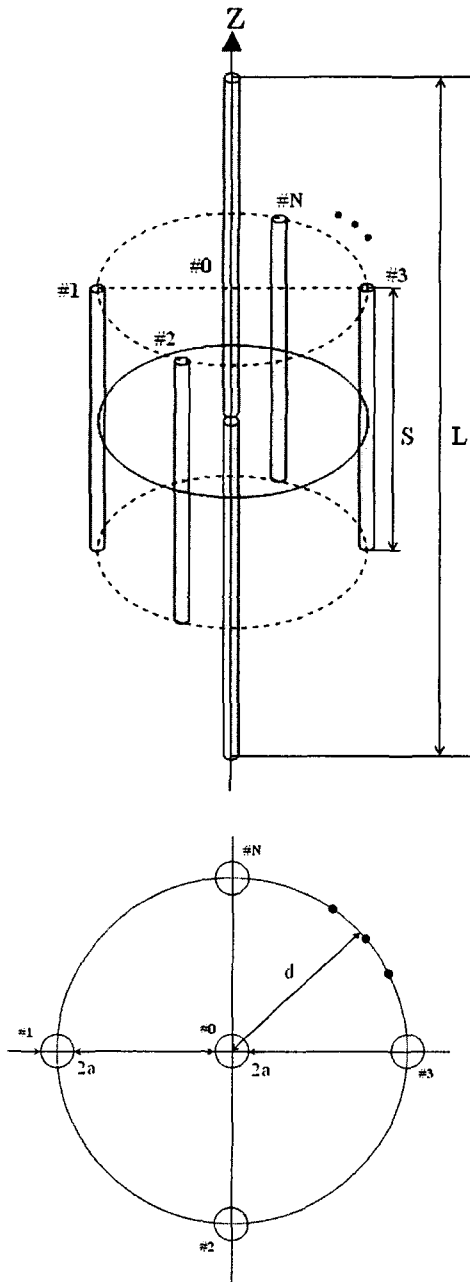


그림 1. 슬리브 다이폴 안테나의 구조.

는 슬리브 다이폴 안테나의 구조와 좌표계를 나타내고 있다. 급전용 소자로 길이 L, 반경 a인 다이폴 안테나가 원의 중심축 상인 Z축 상에 놓여져 있다. 거리 d인 위치에 길이가 S인 슬리브 소자가 2개 이상 원형으로 N개가 배열되어 있다.

본 논문에서는 슬리브 소자의 길이를 변화시켜

가면서 안테나 인자의 주파수 특성에서 가장 좋은 평탄도를 나타내는 길이를 확인하였으며, 슬리브 소자와 중심 다이폴 소자와의 거리를 변화시켜 안테나 인자의 주파수 특성 변화를 검토하였고, 슬리브의 개수 변화에 따른 특성도 검토하였다.

### 3. 적분 방정식과 모멘트 법 해석

그림 1과 같은 다이폴 소자로 구성된 슬리브 다이폴 안테나에 대하여, 각 다이폴 소자에 흐르는 전류분포에 관한 연립 적분방정식은 다음과 같다.

$$\frac{1}{j\omega\epsilon_0} \iint_{L_1} \overline{\overline{K}}_{m1} \cdot \overline{J}_1(z') dz' + \sum_{n=2}^N \frac{1}{j\omega\epsilon_0} \iint_{L_n} \overline{\overline{K}}_{mn} \cdot \overline{J}_n(z') dz' = -V_m \delta(z) \hat{z} \quad (1)$$

$(m=1, 2, \dots, N)$

여기서,  $\overline{J}_n$  은 #n 다이폴 안테나 소자의 전류분포를 나타내며,  $\delta(*)$  는 디랙의 델타함수,  $\hat{z}$  는 z 방향의 단위벡터이다. 그리고  $\omega$  는 각주파수를 나타내며  $\epsilon_0$  는 진공의 유전율이다. 또한, m=1일 때  $V_m=V_i$ 이고,  $m \geq 2$  일 때  $V_m=0$ 이다.

그림 1에서 안테나 소자 #0를 급전하고 나머지 소자를 무급전 소자로 사용하면 식 (1)의 우변의  $V_m$ 은 안테나 소자 #0를 제외한 무급전 소자에 대하여 다음과 같이 나타낼 수 있다.

$$V_m = -Z_L I_m(0) \quad (2)$$

여기서,  $Z_L$ 는 각 다이폴 안테나 소자의 중심 단자에 연결된 부하 임피던스이며 단자가 개방이면  $\infty \Omega$ , 단락이면  $0 \Omega$ 이다. 그리고  $I_m(0)$ 는 #m 안테나 소자의 장하점 전류값을 나타낸다. 본 논문에서는  $Z_L=0$ 를 선택하였다

식 (1)의 연립 적분방정식에서 적분핵  $\overline{\overline{K}}_{mn}$  은 전류원이 전계를 생성하는 다이폴 그린함수이며 다음 식으로 주어진다.

$$\overline{\overline{K}}_{mn}(z, z') = \left( \overline{\overline{I}}k^2 + \frac{\partial^2}{\partial z^2} \right) \cdot \overline{\overline{G}}_{mn}(z, z') \quad (3)$$

여기서  $k_0 = \sqrt{\epsilon_0 \mu_0}$ ,  $\overline{\overline{I}}$ 는 단위 다이애딕이며 자유공간의 그린함수는 다음과 같다.

$$\overline{\overline{G}}_{mn}(z, z') = \hat{z}\hat{z} \frac{e^{-jkR_{mn}}}{4\pi R_{mn}} \quad (4)$$

단,  $R_{mn}$ 은 안테나 소자 #m과 안테나 소자 #n 사이의 거리를 나타낸다.

연립 적분방정식 (1)의 해를 모멘트 법[3]으로 구하기 위해 각 다이폴 안테나 소자에 흐르는 전류 분포를 다음과 같이 기지의 함수로 전개한다.

$$J_n(z') = \sum_{q=0}^Q I_{nq} F_{nq}(z'), (n=0, 1, 2, \dots, N) \quad (5)$$

여기서,  $I_{nq}$ 는 미지수 복소 전개계수이며, 전개 함수  $F_{nq}$ 은 다음과 같이 구분적 정현함수를 사용한다.

$$F_{nq} = \begin{cases} \frac{\sin k(z' - z'_{q-1})}{\sin k\Delta z_q} \hat{z}, & z'_{q-1} \leq z' \leq z'_q \\ \frac{\sin k(z'_{q+1} - z')}{\sin k\Delta z_q} \hat{z}, & z'_q \leq z' \leq z'_{q+1} \end{cases} \quad (6)$$

여기서,  $\Delta z_q = z'_q - z'_{q-1} = z'_q + 1 - z'_{q-1}$ 이다.

식 (5)를 연립 적분방정식 (1)에 대입하고 Galerkin의 방법을 적용하면 연립 적분방정식 (1)은 다음과 같은 연립 일차방정식으로 귀착된다.

$$\sum_{n=0}^N \sum_{q=1}^Q I_{nq} \tilde{Z}_{mn}^{pq} = V_{mp} \quad (m=1, 2, \dots, N \quad p, q=1, 2, \dots, Q) \quad (7)$$

여기서, 대각행렬 요소는  $\tilde{Z}_{mn}^{pq} = Z_{mn}^{pp} - Z_L$  이고,

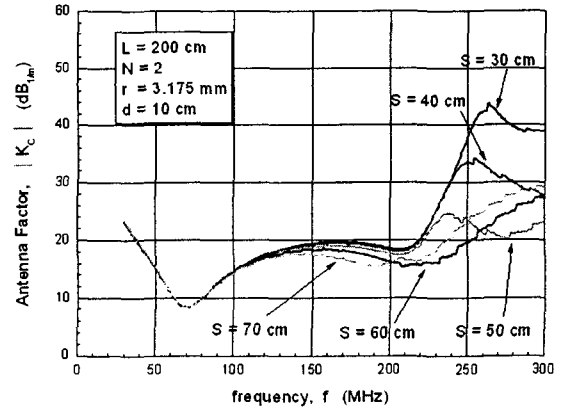


그림 3. 슬리브 다이폴 안테나의 안테나 인자의 주파수 특성.

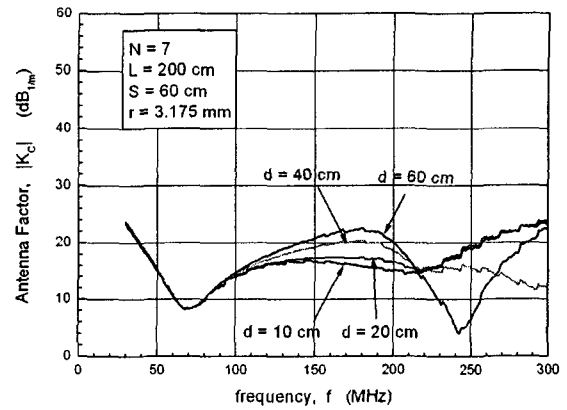


그림 4. 슬리브 다이폴 안테나의 안테나 인자의 주파수 특성.

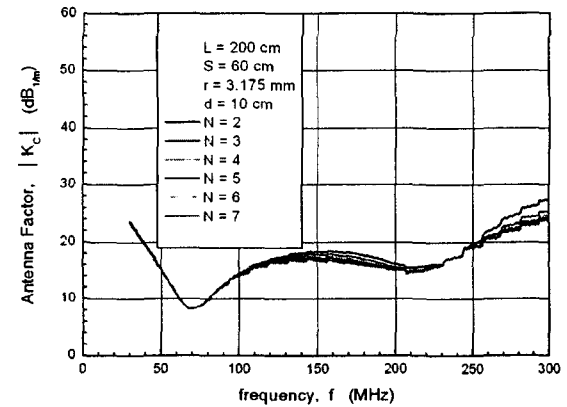


그림 5. 슬리브 다이폴 안테나의 안테나 인자의 주파수 특성.

그 외의 행렬요소는  $\bar{Z}_{mn}^{pq} = Z_{mn}^{pp}$  ( $p \neq q$ ) 이다.

식 (7)로부터 미지의 전개계수  $I_{nq}$ 를 구하면 식 (5)로부터 각 다이폴 안테나 소자에 흐르는 전류분포를 구할 수 있으며 이로부터 안테나의 인자 특성을 계산할 수 있다. 본 논문에서는 전류분포가 충분히 수렴하는  $Q = 39$ 를 선택하였다.

#### 4. 수치 계산결과 및 검토

앞의 이론식을 사용하여 슬리브 다이폴 안테나의 안테나 인자 특성을 검토하였다. 본 논문에서는 급전용 다이폴 안테나의 길이는 30 ~ 300 Mhz 대역에서 200 cm로 선택하고, 안테나 소자의 반경을  $a = 3.175$  mm로 고정하였다. 그림 3은 슬리브의 길이 S를 파라미터로 한 안테나 인자의 주파수 특성을 나타낸다. 그림 3으로부터 알 수 있는 것처럼, 슬리브의 길이가 30 ~ 300 Mhz 대역에서 50 cm 또는 60 cm일 때 적합한 안테나 인자 특성을 가진다.

그림 4는 슬리브의 길이를 60 cm로 고정하고 중심 다이폴 소자와 슬리브와의 간격 d를 파라미터로 한 안테나 인자의 주파수 특성을 나타내고 있다. 그림에서 알 수 있듯이 간격이 좁을수록 주파수 특성 평탄도가 개선된다.

그림 5는 슬리브의 길이를 60 cm, 중심 다이폴 소자와 슬리브와의 거리를 10 cm로 하고, 슬리브의 개수 N을 2개에서 7개로 변화시켰을 때의 안테나 인자의 주파수 특성이다. 그림 5에서 보듯이 슬리브의 개수가 많아질수록 안테나 인자의 특성 변화는 있지만 평탄도 개선에는 거의 효과가 없다는 것을 알 수 있다.

#### 5. 결 론

주파수 대역 30 ~ 300 Mhz 대역에서 사용하기 위한 슬리브 다이폴 안테나의 안테나 인자에 대해서 검토하였다.

이론해석으로는 슬리브 다이폴 안테나에 흐르는 미지 전류분포에 관한 연립 적분방정식을 유도하고 적분방정식의 해를 구분적 정현함수를 사용한 Galerkin의 모멘트 법으로 구하여 계산하였다.

30 ~ 300 Mhz 대역에서 사용하기 위한 슬리브

다이폴 안테나는 슬리브의 길이를 60 cm로 선택하고, 중심 다이폴 안테나와 슬리브와의 간격을 10 cm 정도로 할 경우 적절한 안테나 인자를 가지는 슬리브 다이폴 안테나를 실현할 수 있음을 확인할 수 있었다.

#### Acknowledgment

This research was supported by the EMERC(ElectroMagnetic Environment Research center) in Chungnam National University, one of IT Research Centers.

#### References

- [1] CISPR-16 part 1, "Specification for radio disturbance and immunity measuring apparatus and methods-Part 1, Radio disturbance and immunity measuring apparatus", 1993.
- [2] ANSI C63.4-1991, "American national standard methods of measurement of radio-noise emissions from low-voltage electrical and electronic equipment in the range of 9 kHz to 1 GHz", 1991.
- [3] R. F. Harrington, Field Computation by moment methods, New York: IEEE Press, 1993.
- [4] Li Jian-Ying, Gan Yeow-Beng, "Study on Sleeve Dipole Antenna", IEEE, March, 2005.