

반파장 공진다이폴 안테나의 설계와 안테나 치수가 안테나 인자에 미치는 영향

正會員 金 基 采* 正會員 鄭 樂 三*

A Design of Half-wave length Resonant Dipole Antennas and Variations of Antenna Factors by the Antenna Dimensions

Ki Chai KIM* Nak Sam CHUNG* *Regular Members*

要 約 EMC 안테나의 특성평가용으로 사용한 안테나 시험장(야외시험장)의 적합성을 평가하기 위한 반파장 공진다이폴안테나를 설계하고, 안테나의 치수변화가 안테나 인자에 미치는 영향에 대하여 고찰 하였다. 그 결과, 안테나의 길이 및 반경이 $\pm 1\text{mm}$ 정도 변화하더라도 안테나 인자에는 큰 영향을 미치지 않는다는 것을 확인할 수 있었다. 또한, 설계이론의 타당성을 확인하기 위하여 실험결과와도 비교하였다.

ABSTRACT We designed the half wavelength dipole antenna which can be used for the determination of the suitability of an antenna test site(open area test site) and considered the characteristics of antenna factors by using the moment methods. Antenna factors remain almost constant with negligible variations for the variations of $\pm 1\text{mm}$ antenna dimensions-radius and length. Comparisons are made between measured values and calculated results for the input impedance.

I. 서 론

컴퓨터와 같은 디지털기기 등에서 발생하는 방사성 방해 전자파가 TV의 수신장해를 일으키게 하는 등 최근에 와서 전자파 환경에 대한 관심이 높아지고 있다. 전자파 장애에 관련된 제품을 생산하는 산업체나 이를 시험하는 관련 시험기관에서는 불요전자파의 크기를 측정하는 측정시설인 야외시험장 등을 갖추고 방사성 방해 파의 측정을 실시하고 있다. 이러한 측정에서 사용하는 측정용 안테나(EMC 안테나라 칭함)는, 전압을 전계로 바꾸는 변환계수에 해당하는 안테나 인자(antenna factor)를 정확히 알고 있어야만 정밀정확한 측정이 가능하다.

이와같은 EMC 안테나의 특성평가를 위해서는 안테나 시험장이 필요하며 안테나 시험장은 시험장으로서의 적합성이 확인되어 있어야 한다. 안테나 시험장은 안테나의 특성 측정용으로 사용하는 측정시설인데, 방사성 잡음을 측정하기 위한 측정시설인 야외시험장의 입지조건 및 적합성을 만족하면 야외시험장을 안테나 시험장으로 사용(대용)할 수 있다. 단, 안테나 시험장은 불규칙한 외부잡음의 영향에 관한 방사성 잡음 측정용의 야외시험장 만큼 엄격하지 않아도 되지만 안테나 시험장의 적합성은 야외시험장의 적합성을 만족하여야 한다. 따라서, 야외시험장의 입지조건 및 적합성을 만족하면 야외시험장을 안테나 시험장으로도 사용할 수 있으므로, 특별한 이유가 없었던 안테나 시험장을 야외시험장으로 대표시키도록 한다.

야외시험장의 적합성 평가는 두 지점 사이의 전력 전송손실(이를 시험장 감쇠량(site atten-

*韓國標準研究所
Korea Standards Research Institute
論文番號 : 91-72(接受1991. 4. 1)

uation)이라 함)을 규정하여 평가하는 것이 일반적 이다.

본 논문에서는 EMC 안테나의 특성평가 뿐만 아니라, 방사성 방해과의 추정용으로 사용할 야외시험장의 적합성 평가용 반파장 공진다이폴 안테나를 설계하고, 안테나의 특성을 나타내는 안테나 인자에 대하여 검토 하였다. 야외시험장의 적합성 평가용 안테나는 적합성 평가의 자동화에 대응하여 광대역 안테나가 사용되기도 하지만 반파장 공진다이폴 안테나가 기본이다.

반파장 공진다이폴 안테나의 안테나인자에 관한 연구는 안테나의 반경이 사용파장에 비교하여 아주 작은 이상적인 경우에 대한 비국립표준기술연구원(NIST)의 연구결과가 있으나, 안테나의 지수변화가 안테나 인자에 미치는 영향에 대해서는 검토되어 있지 않다. 따라서, 본 논문에서는 안테나 제작시에 제작오차가 발생할 것을 상정하여, 설계한 안테나 지수로부터 안테나의 길이 및 반경이 벗어난 경우 안테나 인자가 변화하는 영향을 보다 일관한 수치해석법의 하나인 모멘트법으로 검토하였다.

그 결과, 안테나의 길이 및 반경이 $\pm 1\text{mm}$ 정도 변화 하더라도 안테나 인자는 크게 변화하지 않는다는 것을 확인할 수 있었다. 또한, 설계이론의 타당성을 확인하기 위하여 실험결과와도 비교 하였다. 본 논문에서 설계한 안테나는 표준다이폴안테나로 활용할 수 있을 것으로 생각된다.

II. 설계 이론

1. 구조와 좌표계

그림 1은 자유공간 속에 놓여진 다이폴 안테나의 구조와 좌표계를 나타낸다. 원전도체로 구성된 반경 a , 길이 $2l$ 인 다이폴 안테나가 Z 축상에 놓여있고 안테나의 중앙에서 전압 V 로 구전한다.

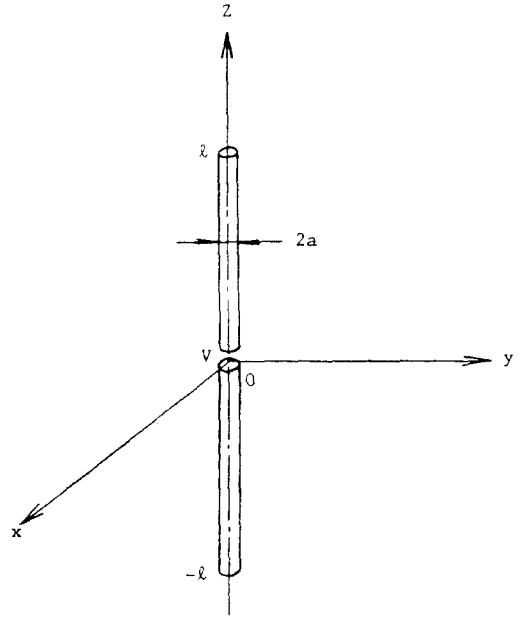


그림 1. 다이폴 안테나의 구조와 좌표계
Fig. 1. Geometry of a dipole antenna

2. 적분방정식

그림 1의 안테나에 흐르는 전류분포 \mathbf{J} 에 관한 적분방정식은 다음과 같다.¹⁾

$$\frac{1}{j\omega\epsilon_0} \oint_S \bar{\mathbf{K}}(\mathbf{r}, \mathbf{r}') \cdot \mathbf{J}(\mathbf{r}') dS' = -V\delta(Z)\hat{\mathbf{z}} \quad (1)$$

여기서, ϵ_0 및 ω 는 각각 진공의 유전율 및 각주파수이며 $\hat{\mathbf{z}}$ 는 Z 방향의 단위벡터, $\delta(Z)$ 는 Dirac의 Delta 함수, S' 는 안테나의 표면을 나타낸다.

식(1)에서 적분핵 $\bar{\mathbf{K}}(\mathbf{r}, \mathbf{r}')$ 는 자유공간 속에 놓여진 전류원이 전계를 생성하는 Dyadic Green 함수이며 다음과 같다.

$$\bar{\mathbf{K}}(\mathbf{r}, \mathbf{r}') = (\bar{\mathbf{I}}K_0^2 + \nabla\nabla) \cdot \bar{\mathbf{G}}(\mathbf{r}, \mathbf{r}') \quad (2)$$

단, $\bar{\mathbf{I}}$ 는 unit dyadic, $k_0 = \omega/c = \omega\sqrt{\epsilon_0\mu_0}$ 이고 \mathbf{r} 및 \mathbf{r}' 는 각각 관측점 및 파워점의 위치 벡터이다. 또한 $\bar{\mathbf{G}}(\mathbf{r}, \mathbf{r}')$ 는 자유공간의 전기형 Dyadic Green 함수이며, 시간인자 $\exp(j\omega t)$ 를 생략하였다.

3. 적분방정식의 해법

전류분포에 관한 적분방정식(1)의 해를 모멘트 방법으로 구한다. 먼저 전류분포 \mathbf{J} 를 다음과 같은 기지의 함수로 전개한다.

$$\mathbf{J}(\mathbf{r}) = \sum_{m=1}^M I_m \mathbf{F}_m(\mathbf{r}) \quad (3)$$

여기서, I_m 은 미지의 전개계수이다.

식(3)에서 전개함수 \mathbf{F}_m 은 다음과 같은 구분적 정현파 함수(piecewise sinusoidal function)를 사용한다.

$$\mathbf{F}_m(Z) = \begin{cases} \hat{z} \frac{\sin k_0(Z-Z_{m-1})}{\sin k_0 \Delta Z_{m-1}} & , Z_{m-1} \leq Z \leq Z_m \\ \hat{z} \frac{\sin k_0(Z_{m+1}-Z)}{\sin k_0 \Delta Z_m} & , Z_m \leq Z \leq Z_{m+1} \\ 0, & \text{elsewhere} \end{cases} \quad (4)$$

단, ΔZ_{m-1} , ΔZ_m 은 각각 $Z_{m-1} \sim Z_m$, $Z_m \sim Z_{m+1}$ 까지의 구간길이이다.

식(3)을 식(1)에 대입하고 Galerkin의 방법을 적용하면, 식(1)의 적분방정식은 다음과 같은 연립1차 방정식으로 변환된다.

$$\sum_{m=1}^M I_m Z_{mm} = V_m \quad (5)$$

$m=1, 2, \dots, M$

식(5)에서 일반화 임피던스행렬 Z_{mm} 및 일반화 전압행렬 V_m 는 다음식과 같다(구체적인 표현식은 문헌(5) 참조요).

$$Z_{mm} = \frac{1}{j\omega\epsilon_0} \oint_S \oint_S \mathbf{F}_m(\mathbf{r}) \cdot \overline{\mathbf{K}}(\mathbf{r}, \mathbf{r}') \cdot \mathbf{F}_m(\mathbf{r}') ds' ds \quad (6)$$

$$V_m = -V \oint_S \mathbf{F}_m(\mathbf{r}) \cdot \hat{z} \delta(Z) ds \quad (7)$$

식(5)로부터 I_m 을 구하여 식(3)에 대입하면 그림1의 안테나에 대한 전류분포를 구할 수 있

다. 다음 장의 수치계산예에서는 식(5)의 M 을 $M=39$ 로 선택하면 안정된 값으로 입력임피던스를 계산할 수 있다.⁽⁶⁾

4. 입력임피던스 및 공진길이 결정식

그림1의 안테나에 대한 입력임피던스는 전류분포의 식(3)으로 부터 다음과 같이 구해진다.

$$Z_{in} = R_{in} + jX_{in} = \frac{1}{2\pi a J(0)} \quad (8)$$

여기서, R_{in} 및 X_{in} 은 각각 입력저항 및 입력리액턴스이다.

안테나가 반파장 부근에서 공진하는 안테나의 길이를 반파장 공진길이라 하면(이러한 안테나를 반파장 공진 안테나라 함) 입력임피던스의 식(8)로 부터

$$I_m\{Z_{in}(2l, f, a)\} = 0 \quad (9)$$

를 만족하는 반파장 부근의 $2l_0$ 가 곧 반파장 공진길이이다. 이하, 반파장 공진길이를 L_0 로 표기하도록 한다. 식(9)에서 I_m 은 허수부분을 나타내며 f 는 사용주파수(공진주파수)이다.

공진길이 결정식(9)를 만족하는 $2l_0$ 를 구하면 반파장 부근에서의 공진길이를 용이하게 계산할 수 있다.

5. 안테나 인자

EMC안테나의 특성을 나타내는 정수는 그림 2에서 나타낸 것과같이 전계강도 E 와, 안테나 인자에 부하 임피던스 Z_L 이 연결 되었을때 안테나 단자에 나타나는 전압 V_L 로써 정의되는 다음과 같은 안테나 인자가 일반적으로 이용된다.

$$K = \frac{E}{V_L} \quad (10)$$

이러한 안테나 인자는 BALUN을 포함한 안테나 소자 등의 손실을 포함시켜 생각할 수도 있으

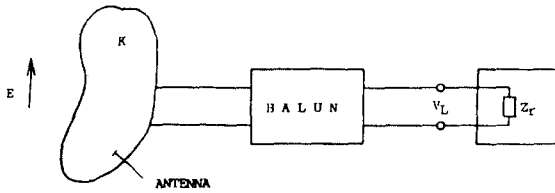


그림 2. 안테나 인자의 정의
Fig 2. Definitions of antenna factors

나 여기서는 BALUN 등의 손실을 고려하지 않기로 한다.

안테나 인자의 식(10)을 안테나의 입력 임피던스 및 유효길이로 표현하면 다음과 같이 나타낼 수 있다.

$$K = \frac{1}{|h_i|} \left(1 + \frac{|Z_{in}|}{Z_L}\right) \quad (11)$$

여기서, 유효길이가 h 및 입력 임피던스 Z_{in} 은 앞절에서 정식화한 모멘트 법으로 구할 수 있다.

III. 설계 예

1. 주파수 범위와 안테나의 반경

공간에 방사되는 방사선의 방해와 측정에 있어서 다이폴 안테나를 사용하는 주요 대상 주파수 영역은 30 MHz에서 1000 MHz 사이이다. 따라서, 이 주파수 영역에서 사용할 반파장 공진 다이폴 안테나를 설계한다.

설계할 안테나의 반경은 시판되고 있는 스테인리스 봉의 치수를 참고로 하여 다음과 같은 2 종류를 선택 하였으며 각각 안테나 A, 안테나 B 라고 명명하도록 한다.

안테나 A : $30 \text{ MHz} \leq f \leq 300 \text{ MHz}$

$$a = 3.175 \text{ mm}$$

안테나 B : $300 \text{ MHz} < f \leq 1000 \text{ MHz}$

$$a = 0.794 \text{ mm}$$

그림 3은 위에서 선택한 2종류의 안테나 A, B에 대한 반경의 주파수 특성을 나타낸다. 그림 3에서 알 수 있는 것과 같이 안테나 A의 반경은 상한 주파수 $f=300 \text{ MHz}$ 에 대하여 $a=0.003175\lambda$ (λ 는 사용주파수에 대한 파장), 안테나 B의 반경은 상한 주파수 $f=1000 \text{ MHz}$ 에 대하여 $a=0.00265\lambda$ 로 선택되어 있다. Richmond는 안테나의 반경이 0.007λ 이상이 되면 thin-wire 근사에 의문이 생긴다고 지적하고 있다.⁽²⁾ 따라서, 본 논문에서 설계할 안테나도 안테나의 반경이 0.007λ 이내에 들도록 주의 하였다.

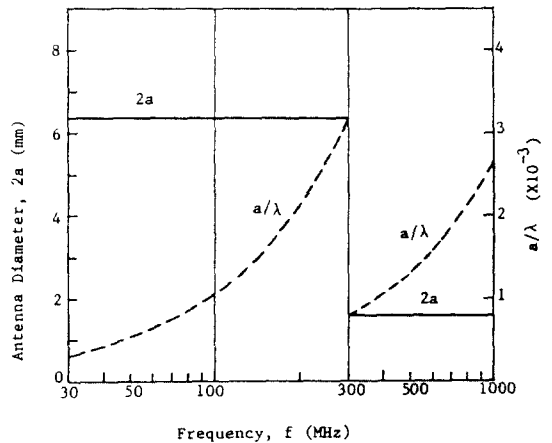


그림 3. 안테나 반경의 주파수 특성
Fig 3. Frequency characteristics of an antenna radius

2. 입력임피던스 및 공진길이

표 1은 앞장에서 정식화한 모멘트법으로 구한 입력임피던스의 실험치⁽³⁾와 계산치를 나타낸다. 표 1로부터 알 수 있는 것과 같이 모멘트법으로 구한 입력임피던스는 실험치와 잘 일치하고 있음을 확인할 수 있다.

앞의 1절에서 선택한 안테나 A, B에 대하여, II 상의 식(9)로부터 구한 반파장 부근에서의 공진길이의 계산 결과는 표 2와 같다. 공진길이 결정식(9)와 같은 초월방정식이 근을 구하는 방법은 여러가지 있지만 본 논문에서는 중점법을 사용하였다.⁽⁶⁾

표 1. 입력임피던스의 실험치와 이론치
Table 1. Theoretical value and experimental results on input impedances

a/λ	실험치 $[\Omega]$	이론치 $[\Omega]$
2.98×10^{-3}	$91.21 + j43.26$	$93.438 + j44.858$
3.97×10^{-4}	$96.42 + j43.54$	$97.180 + j43.584$

표 2에는 큰 논문에서 설계한 안테나의 제원 및 미국 국립표준기술연구원(NIST)에서 설계한 안테나와 ANSI 규격에서 제안하고 있는 안테나

의 제원을 함께 표시하였다.

그림 4는 공진길이의 주파수특성을 표 2로부터 그래프로 나타낸 것이며 공진시의 입력임피던스 계산결과도 함께 나타내었다. 그림 4에서 알 수 있는 것과 같이 공진시에는 입력임피던스가 72Ω 전후이며, 이 값은 King, W_d 의 3항근사로 계산한 결과⁽⁴⁾와도 잘 일치하고 있다.

표 2. 반파장 공진다이폴 안테나의 공진길이
Table 2. Resonant lengths of half wavelength resonant dipole antennas

단위 : mm

주파수 [MHz]	반파장 길이	본논문		ANSI		NIST	
		공진길이	직경	공진길이	직경	공진길이	직경
30	5,000	4,805	6,350	4,826	시정되어 있지않음	4,823	6,33
35	4,286	4,114	-	4,160	-	4,130	-
40	3,750	3,596	-	3,606	-	3,611	-
45	3,333	3,191	-	3,200	-	3,207	-
50	3,000	2,872	-	2,876	-	2,884	-
60	2,500	2,389	-	2,394	-	2,401	-
70	2,143	2,045	-	2,052	-	2,055	-
80	1,875	1,787	-	1,778	-	1,796	-
90	1,667	1,586	-	1,582	-	1,595	-
100	1,500	1,426	-	1,428	-	1,434	-
125	1,200	1,138	-	1,130	-	1,145	-
150	1,000	946.1	-	934	-	952.5	-
175	857.1	809.3	-	800	-	815.1	-
200	750.0	706.8	-	704	-	712.1	-
250	600.0	563.6	-	566	-	568.1	6.33
300	500.0	468.3	6,350	470	-	472.2	6.33
						479.4	1.53
400	375.0	356.5	1,588	350	-	358.7	1.53
500	300.0	284.5	-	286	-	286.4	-
600	250.0	236.5	-	234	-	238.2	-
700	214.3	202.3	-	204	-	203.9	-
800	187.5	176.7	-	177.8	-	178.1	-
900	166.7	156.8	-	158.8	-	158.1	-
1,000	150.0	140.9	1,588	152.4	-	142.1	1.53

* 초월방정식 $g(L)=0$ 에 대하여 구해야 할 근 L 의 값을 대략 알고 있을때(즉, 여기서는 반파장 부근) $L_1 < L < L_u$ 인 관계를 만족하는 L_1 과 L_u 를 정한다. 그 다음, L_1 , L_u 및 L_1 과 L_u 의 중점 L_c 에 대한 $g(L_1)$, $g(L_u)$, $g(L_c)$ 를 구하고, 이들의 부호를 판정하여 중점을 중심으로 2등분된 구간의 어느쪽에 근이 존재할까를 판별하여 그 구간에 대해서 위의 과정을 반복한다. 이러한 과정을 반복하면 중점을 진짜의 근(참근)에 접근시킬 수 있다(초월 방정식의 해법에 관한 문헌(5) 참조).

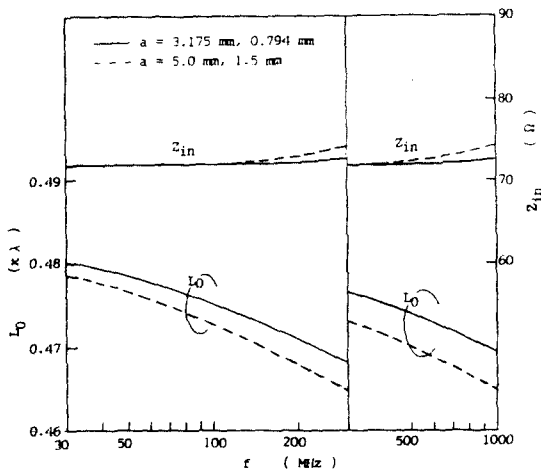


그림 4. 공진길이 및 공진시 입력임피던스의 주파수 특성
Fig. 4. Frequency characteristics of resonant lengths and input impedances

IV. 안테나 인자

안테나 A, B에 대하여, II 장의 식(11)으로부터 계산한 안테나 인자의 주파수 특성은 그림 5와 같다. 그림 5에는 반파장 공진다이폴 안테나와 반파장 다이폴 안테나와의 안테나 인자 차이 $\Delta K_1 (=K_r - K_h, K_r$: 반파장 공진다이폴 안테나의 안테나 인자, K_h : 반파장 다이폴 안테나의 안테나 인자)도 함께 나타내었다. 그림 5에서 알 수 있는 것과 같이 반파장 다이폴 안테나의 안테나 인자는 반파장 공진 다이폴 안테나의 안테나 인자와 비교하여 0.8 dB 정도 크다.

그림 6은 앞절에서 설계한 반파장 공진 다이폴 안테나 및 반파장 다이폴 안테나의 길이를 고정하고, 안테나 반경을 변화 시켰을 때의 안테나 인자 변화량의 주파수 특성을 나타낸다. 안테나 반경을 안테나 A, B의 상한 주파수 $f=300$ MHz, $f=1000$ MHz에 대하여 $a=0.005\lambda$ 즉, 안테나 A인 경우 $a=5.0$ mm, 안테나 B인 경우 $a=1.5$ mm로 변화했을 경우를 상정하였다.

그림 6에서 알 수 있는 것과 같이 안테나 반경 변화에 따른 반파장 공진 상태에서의 안테나 인자의 변화량 $\Delta K_a^r (=K_r - K_a^r, K_r: a=3.175$

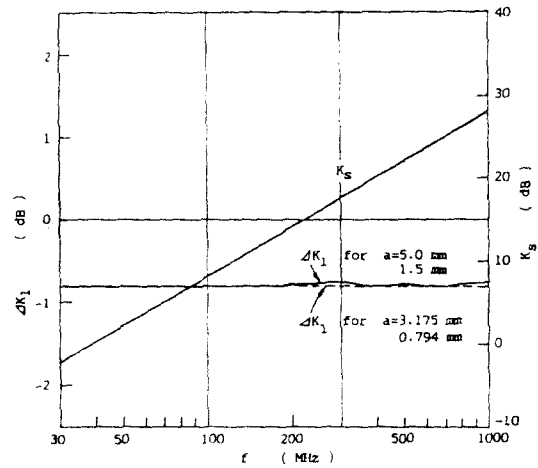


그림 5. 안테나 인자 및 ΔK_1 의 주파수 특성
Fig. 5. Frequency characteristics of antenna factors and ΔK_1

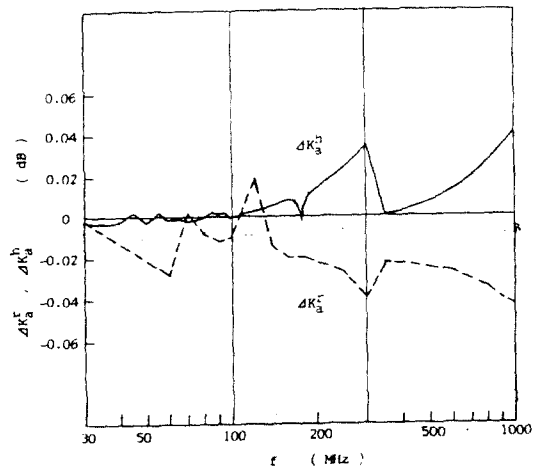


그림 6. 안테나 인자 변화량의 주파수 특성
Fig. 6. Frequency characteristics of antenna factor variations

mm/0.794 mm인 경우의 반파장 공진 다이폴 안테나의 안테나 인자, $K_a^r: a=5.0$ mm/1.5 mm로 변화했을 경우의 안테나 인자)은 약 ± 0.005 dB 이내에서 변화하고 있다. 즉, 안테나의 반경이 $a=3.175$ mm에서 $a=5.0$ mm로, $a=0.794$ mm에서 $a=1.5$ mm로 약 2배 정도 변화하더라도 안테나 인자의 변화는 ± 0.005 dB이내임을 알 수 있다.

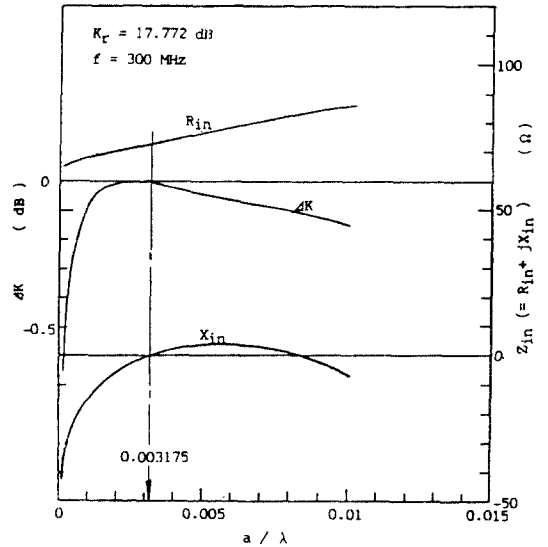
그림 6에는 안테나의 길이가 반파장인 경우의 안테나 인자 변화량 $\Delta K_a^h (=K_h - K_a^h, K_h : a=3.175 \text{ mm} / 0.794 \text{ mm}$ 인 경우의 반파장 길이에서의 안테나 인자, $K_a^h : a=5.0 \text{ mm} / 1.5 \text{ mm}$ 로 변화했을 경우의 반파장 길이에서의 안테나 인자)의 주파수 특성도 함께 나타내었다. 반파장 다이폴 안테나인 경우, 약 120 MHz 이하에서의 안테나 반경변화에 따른 안테나 인자의 변화는 거의 무시할 수 있음을 알 수 있다.

안테나 반경의 변화에 따른 안테나 인자의 변화양상을 조금더 자세히 살펴보기 위하여, 안테나 A, B의 상한 주파수인 $f=300 \text{ MHz}$, $f=1000 \text{ MHz}$ 에서의 안테나 반경에 대한 안테나 인자의 변화를 그림 7에 나타낸다. 그림 7(a), (b)에서 알 수 있는 것과 같이 안테나 인자의 변화량 $\Delta K (=K_r - K_a, K_r : a=3.175 \text{ mm} / a=0.794 \text{ mm}$ 인 경우의 반파장 공진다이폴 안테나의 안테나 인자, K_a : 반경을 변화시켰을 경우 각각의 반경에 대한 안테나 인자)는 안테나 반경이, 설계된 안테나의 반경보다 1 mm 정도 증가하면 $f=300 \text{ MHz}$ 에서는 $\Delta K \approx 0.03 \text{ dB}$ (그림 7(a)), $f=1000 \text{ MHz}$ 에서는 $\Delta K \approx -0.08 \text{ dB}$ (그림 7(b)) 정도이므로 안테나 제작시의 오차를 $\pm 1 \text{ mm}$ 로 상정하면 안테나 인자의 변화는 거의 무시해도 된다는 것이 명백해졌다. 그림 7에는 참고를 위하여 안테나 반경변화에 대한 입력임피던스의 변화도 함께 나타내었다.

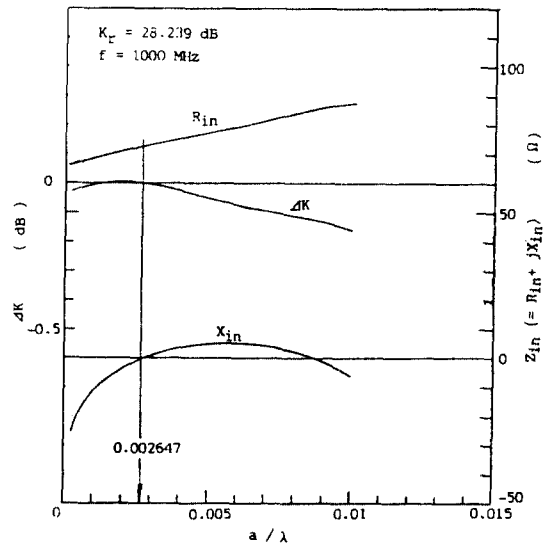
V. 결 론

야외시험장(안테나 시험장)의 적합성 평가용으로 사용할 반파장 공진다이폴 안테나를 모멘트법을 적용하여 설계하고, 안테나의 치수가 안테나 인자에 미치는 영향에 관하여 검토하였다.

그 결과, 안테나의 길이 및 반경이 $\pm 1 \text{ mm}$ 정도 변화하더라도 안테나 인자에는 큰 영향을 미치지 않는다는 것을 확인할 수 있었다. 따라서, 안테나 제작상의 오차를 $\pm 1 \text{ mm}$ 정도 상정하면 양호한 반파장 공진다이폴 안테나를 제작할



(a) 300 MHz



(b) 1000MHz

그림 7. 안테나 반경에 대한 안테나 인자 및 입력임피던스의 변화

Fig 7. Variations of antenna factor and input impedances vs. antenna radius

수 있을 것이다. 본 논문의 결과는 반파장 공진다이폴 안테나의 설계 및 제작에 유용하게 이용할 수 있을 것으로 기대된다. 또한, 본 안테나는

표준 반파장 공진다이폴 안테나로도 활용할 수 있을 것으로 생각된다.

감사의 글

본 연구결과는 과학기술처 특정연구 90-050 0-402의 지원으로 수행되었습니다. 관계자 여러분께 감사드립니다.

참 고 문 헌

1. M. T. Ma and M. Kanda, "Electromagnetic Compatibility and Interference Metrology", NBS Tech. Note

1099, July 1986.

2. J. H. Richmond, "Computer Program for Thin-wire Structures in a Homogeneous Conducting Medium", NASA Contractor Report CR-2399, June 1974.

3. R. W. P. King, "Tables of antenna characteristics", Plenum press, 1971.

4. R. W. P. King, R. B. Mack and S. S. Sandler, "Array of Cylindrical Dipoles", Cambridge University Press, 1968.

5. W. L. Stutzman, G. A. Thiele, "Antenna Theory and Design", Chap. 7, John Wiley & Sons, 1981.

6. T. Akasaka, "Numerical Computation", Chap. 5, Corona, Tokyo, 1974.



金 基 采 (Ki Chai KIM) 正會員
 1959年 10月 19日生
 1984年：嶺南大學校 電子工學科 卒業
 1986年：日本慶應大學 大學院 電氣工學科 工學碩士
 1989年：日本慶應大學 大學院 電氣工學科 工學博士
 1989年 - 現在：韓國標準研究所 電磁波研究室 先任研究員
 1988年：日本電子情報通信學會 學術獎勵賞 受賞
 ※主關心分野：電磁波理論 및 안테나工學



鄭 樂 三 (Nak Sam CHUNG) 正會員
 1939年 4月 22日生
 1967年：서울大學校 文理大 物理學科 卒業
 1973年：美國 Purdue大學 大學院 物理學科 理學博士 同大學 研究員
 1976年 - 1978年：美國 國立標準局(NBS) 客員研究員
 1986年 - 1987年：美國 STX. Senior Scientist.
 1978年 - 現在：韓國標準研究所 責任研究員 電氣研究部長
 ※主關心分野：時間周波數 및 電磁波標準