

더미 안테나를 사용한 모노폴 안테나 보정계수 추출

Use of Dummy Antenna to Monopole Antenna Factor

안 형 배 · 이 종 악

Heung-Bae Ahn · Jong-Arc Lee

요 약

이번 연구는 국제전자파장해특별위원회(CISPR A)에서 논의되고 있는 30 MHz 이하의 전계 세기 측정에 사용되는 1 m 모노폴 측정용 안테나의 계수를 설명하고 이를 대체하여 사용할 수 있는 더미안테나를 제작하여 측정을 하였다. 주파수 150 kHz~30 MHz에 사용할 수 있는 더미 안테나를 제작하여 안테나 계수를 측정 한 결과 주파수 150 kHz~25 MHz에서는 양호한 결과를 얻을 수 있었다. 따라서 더미 안테나를 사용함으로써 1 m 모노폴 안테나 계수 확인을 위한 대체 측정방법으로 활용될 수 있음을 확인할 수 있었다.

Abstract

This paper has been studied a calibration techniques in CISPR A for 1 m monopole antenna factor in the frequency range below 30 MHz. The equivalent capacitance substitution method uses a dummy antenna in place of the actual rod element. Dummy antenna measure frequency from 150 kHz to 30 MHz and good results factor from 150 kHz to 25 MHz compare to using 1 m monopole antenna factor. It will be use to substitute dummy antenna factor for 1 m monopole antenna factor.

Key words : Dummy Antenna, Antenna Factor, EMC, Monopole, CISPR

I. 서 론

국제 전자파장해 규제는 유럽, 미국을 중심으로 시작되어 점차 전세계적으로 파급되고 있으며 현재는 공통된 규격을 적용시키기 위하여 국제전자파장해특별위원회(CISPR : International Special Committee on Radio Interference)를 중심으로 전자파 적합성(EMC: Electro Magnetic Compatibility) 연구가 진행되고 있다^[1]. 국내에서 생산되는 전기·전자제품은 타 통신기기에 영향을 주지 않도록 불요전자파에 대한 EMC 측정을 하여야 하며, EMC 측정을 위해서는 EMC 측정용 안테나가 필요하다. 적합한 안테나를 사용하여 불요전자파 크기를 측정하기 위

해서는 안테나에 대한 정확한 교정 시험이 이루어져야 한다. 이를 위해서 국내와 미국(NIST) 등 외국의 측정시험기관에서는 거리가 10 m, 또는 30 m 거리의 OATS(Open Area Test Site)에서 표준안테나법, 표준시험장법, Swept주파수법, 참조안테나법 등을 이용하여 안테나 인자에 대한 교정 측정을 하고 있다. 불요 전자파의 크기를 측정하는데 사용하는 EMC 측정용 안테나는 통화를 목적으로 하는 통신용 안테나와 다르게 안테나 인자가 중요한 요소로써 작용한다. 안테나 인자는 안테나가 놓여진 곳의 전자기장 세기와 안테나에 연결된 부하 양단에 걸리는 출력 전압과의 관계를 나타내는 인수이며, 이 인수는 안테나 실효길이, 부정합(不整合), 그리고 전

건국대학교 전자정보통신공학과(Dept of Electronic and Information Communication Engineering, Konkuk University)

· 논문 번호 : 20020624-072

· 수정완료일자 : 2002년 9월 25일

더미 안테나를 사용한 모노폴 안테나 보정계수 추출

2-1 모노폴 안테나 인자추출

먼저 방송용 주파수인 Long Wave(0.15~0.30 MHz)와 Medium Wave(0.53~2.0 MHz) 및 Short Wave(5.9~6.2 MHz)에서 주로 사용되고 있는 모노폴 안테나(1 m)의 인자를 국제전자파장해특별위원회에서 제안한 방식을 이용해 구해 보도록 하겠다. 그림 2는 신호발생기에서 발생한 입력 신호를 Rod Antenna의 캐패시턴스 $C_a = 10$ pF에 가해주며, 또한 케이블의 캐패시턴스 $C_c = 60$ pF으로 하여 임피던스 매칭된 신호가 수신계측기에 나타나는 신호의 세기를 표시하도록 설계한다. 모노폴 안테나에 가해지는 입력 전압이 V_a 일 경우에 그때의 전계 세기는 E^i 로 표현할 수 있고, 안테나의 실효길이 h_e 가 접지면 위에 세워져 있다고 했을 때 $V_a = E_i \cdot h_e$ 이다.

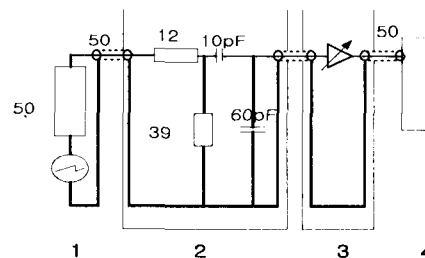
실효길이 $h_e = \frac{\lambda}{2\pi} \tan(\pi \frac{h}{\lambda}) \approx \frac{h}{2}$ 이 되어, $f < 30$ MHz에 대해서 0.2 dB 보다 작은 오차값을 갖도록 $\tan(\pi \frac{h}{\lambda}) \approx \pi \frac{h}{\lambda}$ 으로 치환하여 사용할 수 있다.

$f < 30$ MHz에서 $h = 0.787$ m의 Rod 안테나 인자를 다음과 같이 구할 수 있다.

$$AF_{rod} = \frac{E^i}{V_o} = \frac{E_i}{V_a} \frac{V_a}{V_o} = \frac{1}{h_e} \frac{(C_a + C_c)}{C_a} \approx \frac{14}{h} = 25.0 \text{ dBm}^{-1}$$

$\lambda/8$ 보다 짧은 실린더형태의 모노폴(rod) 안테나의 정의를 아래와 같이 표현할 수 있다^{[1],[2]}.

$$h_e = \frac{\lambda}{2\pi} \tan \frac{\pi h}{\lambda} \quad (1)$$



1. Signal generator, 2. Artificial Antenna Network, 3. Antenna Matching Unit, 4. Measuring Receiver

그림 2. 매칭유니트를 사용한 출력 임피던스 측정

Fig. 2. Measurement of the output impedance of antenna matching unit.

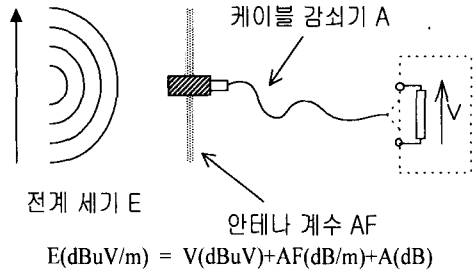


그림 1. 전계필드의 세기 측정

Fig. 1. Measurement of Voltage and E-field.

송손실의 영향을 포함하고 있다. 측정용 안테나는 방해파 측정기(EMI receiver) 또는 스펙트럼 분석기의 입력측에 연결된 전송선로(동축 케이블)에 접속하여 시험물체(EUT)에서 발생하는 전자파로부터 전계의 세기를 측정한다^[7]. EMI 측정에 사용하는 방해파 측정기 또는 스펙트럼분석기는 전송선로 부하에 나타나는 전압을 측정하며, 피측정기로부터 방출되는 전계강도의 크기를 구하기 위해서는 스펙트럼 분석기로 측정한 전압으로 부터 전계강도를 산출해야 한다. 이때 안테나계의 특성을 나타내는 전계강도와 부하전압과의 비를 결정해 두어야 한다. 이 비를 EMC 안테나의 안테나 인자라고 하며 일반적으로 특별한 언급이 없으면 최대 전계강도를 수신할 때, 방해파 측정기에 나타나는 전압과 전계강도의 비를 안테나 인자로 정의한다^[4]. 그림 1에서는 최대 전계강도를 측정하고자 할 때 측정 과정을 나타내고 있다. 측정기에 수신되는 최대 수신 전계를 측정하기 위해서는 케이블에 의한 케이블 감쇠를 더하고 기준 안테나에서 제공하는 안테나 인자를 추가하며 스펙트럼분석기로부터 읽은 수치를 더하여 최대 전계강도를 측정한다^[3].

본 논문에서는 전기 및 정보통신 기기로 부터 방출되는 불요 전자파 크기를 측정하기 위하여 현재 CISPR(국제전자파장해특별위원회) A 그룹에서 제안한 주파수 범위가 150 kHz에서 30 MHz에서 사용되는 EMC 측정용 모노폴(rod) 안테나에 대한 안테나 인자 추출 방법을 설명하고, 1 m 모노폴 안테나 인자를 대체할 수 있는 더미(dummy) 안테나를 제작하고 측정하여 안테나 인자를 구현해 보았다.

II. 본 론

$$C_a = \frac{55.6h}{\ln(\frac{2h}{a}) - 1} \frac{\tan \frac{2\pi h}{\lambda}}{\frac{2\pi h}{\lambda}} \quad (2)$$

$$C_h = 20 \log h_e \quad (3)$$

위의 수식을 통해서 모노폴 안테나(1 m rod)의 실효고(h_e)는 0.5 m 임을 알 수 있으며 높이 보정계수(C_h)는 -6 dB(m)이고 캐패시턴스(C_a)는 10 pF를 구할 수 있다^[6]. EMC 측정용 안테나의 안테나 인자는 적용방법에 따라 측정된 전계 강도가 달라지므로 전계강도의 측정에서 정확한 안테나 인자를 적용할 수 있는 평가 방법이 확립되어야 한다. 안테나 보정인자(AF) dB(1/m)의 방정식을 아래와 같이 적용할 수 있다.

$$AF = V_D - V_L - C_h \quad (4)$$

이때 V_D 는 dB(uV)단위로 발생된 신호의 출력이고, V_L 는 dB(uV)단위로 Matching Network의 출력으로 측정할 수 있고, C_h 는 dB(m)단위로 실효고(effective height에 대한) 높이 보정 계수이다.

2-2 Dummy Antenna 제작 및 실험

그림 3은 CISPR A에서 제안한 모노폴 안테나 인자를 추출하기 위해 제작한 더미 안테나를 보여주고 있다. 안테나 캐패시턴스 값은 방정식 (2)로 부터 구할 수 있고 5 %의 허용오차를 갖는 마이카(Silver Mica) 콘덴서를 사용하였으며, 캐패시턴스를 포함한 컨넥터 양단 길이는 40 mm를 초과하지 않게 설계하였다.

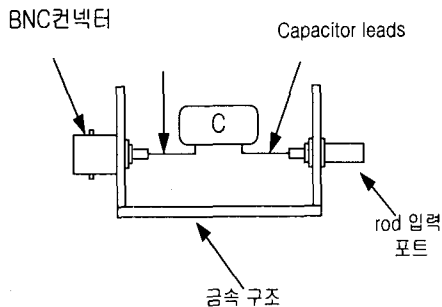


그림 3. CISPR A에서 제안한 더미 안테나 구성형태
Fig. 3. Use to propose Dummy Antenna from CISPR A.

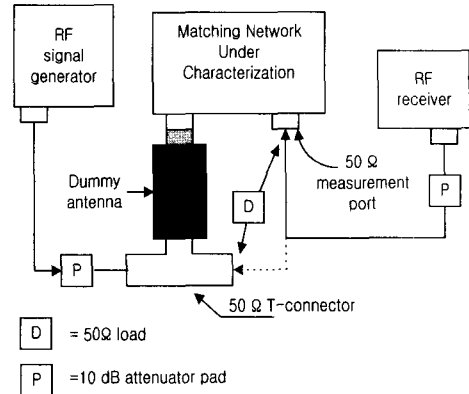


그림 4. 신호발생기를 사용한 측정
Fig. 4. Meathod using signal generator.

그림 4는 신호발생기(signal generator)와 RF receiver를 사용하여 제작된 더미안테나를 측정하기 위한 구성도이다. 매칭네트워크를 통과한 수신 신호 전압 V_L dB(uV)을 RF receiver로 측정하며, 케이블 손실 등을 제외한 기준 신호 전압 V_D dB(uV)를 측정하였다.

측정시 신호 입력장비는 Rohde & Schwarz 의 signal generator를 사용하였고 수신신호 검출은 Rohde & Schwarz의 EMI test receiver display를 사용하여 측정하였다.

측정한 결과 값을 수식 (1)~(4)를 이용하여 계산을 하여 표 1에 나타내었다. 측정용 캐패시턴스는 온도에 대한 안정성을 갖추고 고주파 특성에 대한 신뢰성이 좋은 마이카 콘덴서를 사용하였다.

2-3 실험 결과 및 고찰

그림 5는 그림 4와 같이 더미 안테나를 제작하고 시스템을 구성하여 RF 수신단에서 측정된 측정치로 신호 전압 V_L 을 30 MHz에서 측정된 값을 나타내고 있다. 신호 발생기에서 0 dBm의 신호를 가했을 경우에 -14.49 dBm 수신된 신호는 손실치 -1.14 dBm 과 보상치 -5.73 dBm을 가산했을 때 안테나 인자(AF)는 19.08 dBm을 나타내고 있다.

그림 6은 EMC 측정용으로 현재 많이 사용되는 바이코니칼 안테나와 로그피리오딕 안테나에 대한 주파수에 대한 안테나 인자값을 나타내었다. 30 MHz에서 300 MHz까지는 바이코니칼 안테나를 측

더미 안테나를 사용한 모노폴 안테나 보정계수 추출

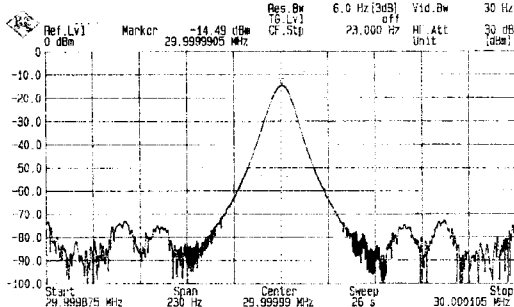


그림 5. RF수신단에서 측정된 측정치
Fig. 5. Measurement result of RF receiver.

정용으로 많이 사용하며, 300 MHz에서 1 GHz 까지는 로그피리오딕 안테나를 EMC 측정용으로 주로 사용하고 있다³⁾.

그림 7은 주파수 범위가 150 kHz 에서 30 MHz 대역에서 현재 사용중인 EMC 측정용 모노폴(rod) 안테나 EMCO 2981, 2856 안테나의 인자값과 그림 3과 같이 제작하여 그림 4에 의해서 측정된 더미 안테나의 인자값과 비교한 결과 값을 나타내고 있다. 주파수 150 kHz에서 5 MHz 대역에서는 비교적 안테나 인자값이 일치하는 것을 볼 수 있었고 5 MHz 이상에서는 다소의 차이가 발생하고 있다. 이러한

표 1. 주파수에 대한 더미안테나의 안테나 계수 (AF) 산출 및 측정
Table 1. Measurements and calculation Dummy antenna factor for frequency.

주파수 (kHz)	길이 (m)	Ch (dBm)	C (pF)	Vd (dBm)	Vl (dBm)	AF (dBm)
150	1.0	-6.0	10.0	-0.6	-57.3	62.7
250	1.0	-6.0	10.0	-0.7	-53.0	58.3
500	1.0	-6.0	10.0	-0.7	-47.0	52.3
750	1.0	-6.0	10.0	-0.7	-43.5	48.8
1000	1.0	-6.0	10.0	-0.7	-41.5	46.8
2500	1.0	-6.0	10.0	-0.8	-34.0	39.2
5000	1.0	-6.0	10.0	-0.9	-30.1	35.2
7500	1.0	-6.0	10.1	-0.8	-28.0	33.3
10000	1.0	-6.0	10.2	-0.8	-26.6	31.2
15000	1.0	-6.0	10.3	-0.9	-19.6	24.7
20000	1.0	-5.9	10.6	-1.0	-19.2	24.1
24000	1.0	-5.8	10.9	-1.1	-16.3	21.1
26000	1.0	-5.8	11.1	-1.1	-15.6	20.4
30000	1.0	-5.7	11.6	-1.1	-14.5	19.1

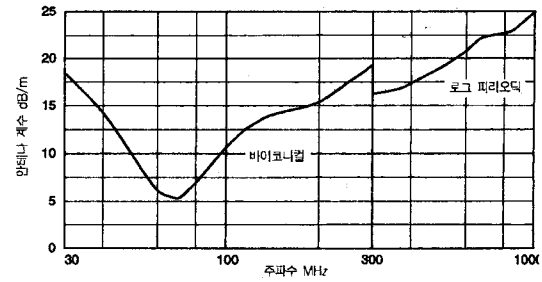


그림 6. 바이코니칼과 로그피리오딕 안테나의 주파수에 대한 안테나 인자
Fig. 6. Biconical and Log Periodic antenna factor for frequency.

현상은 측정용 캐패시턴스 C(pF) 값을 주파수 150 kHz~5 MHz에서는 10.0(pF) 으로 고정하였을 경우 측정용 안테나 계수를 정확히 측정할 수 있으며, 주파수 6 Mhz~30 MHz에서는 측정용 캐패시턴스 C(pF) 값을 10.1(pF)~11.6(pF) 로 바꾸어 측정해야만 오차 발생이 작아진다. 그러나 국제무선장해특별위원회(CISPR)에서는 주파수 6 MHz~30 MHz에서도 10(pF)의 캐패시턴스로 고정하여 측정하고자 하므로써 약간의 오차가 발생하지만 인정하면서 측정의 편리성을 유지하고 있다. 따라서 캐패시턴스를 주파수 150 kHz~30 MHz에서 10(pF)로 고정하여 측정했을 때 더미 안테나 계수는 주파수 25 MHz 이상에서 사용하는 측정용 안테나 계수와 차이값이 발생되고 있다. 더미안테나를 모노폴안테나 대신 사용하였을 경우 편리하게 제작하여 30 MHz 이하에 대한 안테나팩터를 빠른 시간에 알 수 있는 장점이 있지만 실험에서 알 수 있듯이 25 MHz 이상에서는 기준모노폴 안테나와 비교해서 오차가 커진다는 단점이 발생하고 있다. 오차 발생은 더미 안테나와 측정장비 사이에 매칭의 불일치성에 의한 것으로, 매칭네트워크를 정확히 구성하고 케이블 손실, 측정장비 등 측정과정에 대한 오차보정을 정확히 하여 더미안테나와 측정용 안테나 사이의 오차값을 줄일 수 있으며 앞으로 보완해야 할 부분이다.

또한 보정계수 C_h 값이 주파수 150 kHz~19 MHz에서는 일정한 -6 dBm 값을 유지하지만 주파수 20~30 MHz 에서는 -5.9 dBm ~ -5.7 dBm로 변하고 있어서 더미 안테나와 측정용 안테나간에 0.3 dBm까지 차이값이 발생하고 있다.

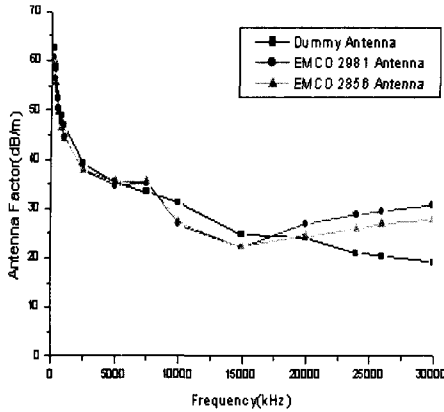


그림 7. 제작된 더미 안테나와 사용되고 있는 1 m 모노폴 안테나의 인자 비교

Fig. 7. Compare 1 m monopole antenna factor to dummy antenna factor.

오차 발생에 대한 위 내용을 종합해 보면 국제무선장해특별위원회(CISPR)에서는 5 MHz 이상에서 작은 오차가 발생하는 식 (1), (2), (3)을 그대로 사용하면서 측정시 발생하는 오차의 감소를 위해서는 더미안테나와 측정기 사이에 매칭을 정확히 하고, 특히 주파수 25~30 MHz에서 발생하는 오차에 대해서는 앞으로 좀 더 보완해 나갈 예정으로 추진되고 있다.

III. 결 론

불요전자파의 크기를 측정하기 위해서는 전송선로의 부하에 나타나는 전압을 측정하며 측정된 전압으로부터 전계 강도를 산출해 낼 수 있다. 이때 필요한 것이 안테나 인자이며, 이번 논문은 주파수

가 150 kHz 에서 30 MHz까지 주로 사용하는 모노폴(rod)안테나 대신에 더미안테나를 사용하여 안테나 인자 대체 가능성을 제시하였고 현재 CISPR A 에서 제안하고 있는 방식을 검증하였으며, 150 kHz 에서 30 MHz의 측정용 1 m 모노폴 안테나 설계의 기초 자료로 활용될 것으로 사료된다.

참 고 문 헌

- [1] IEC CISPR/A/270CD, CISPR/A/296/CDV, "Radio-interference measurements and statistical method", 2001.
- [2] IEC CISPR 16-1 Amd.1 f10 Ed.2.0, "Frequency range 150 kHz to 30 MHz", pp. 69, 2001.
- [3] IEEE 291, "IEEE Standard Methods for Measuring Electromagnetic Field Strength of Sinusoidal Continuous Waves, 30 Hz to 30 GHz", IEEE, USA, pp. 28-29, 1991.
- [4] 이진용, 전자방해의 원인과 대책, 기전연구사, pp. 95-96, 2001년.
- [5] 김기채, "부하측의 부정합이 다이폴 안테나의 안테나 인자에 미치는 영향", 추계 마이크로파 및 전파 학술대회 논문집, pp. 185-186, 1999년.
- [6] IEC CISPR/A/279/CC, "Use of monopole(rod) antenna", 2000.
- [7] ANSI C 63.4-1991, "American national standard for methods of measurement of radio noise emissions from low voltage electrical and electronic equipment in the range of 9 kHz to 40 GHz", pp. 16, 37, 1991.

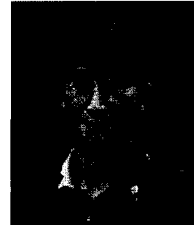
안 형 배



1991년 2월: 경남대학교 전자공학과 (공학사)
 1998년 2월: 연세대학교 공학대학원 전자공학과 (공학석사)
 1998년 2월: 건국대학교 대학원 전자공학과 박사과정
 2001년 1월~현재: 정보통신부 전

파연구소 공업연구사
 [주 관심분야] RF 소자 및 EMC

이 중 악



1966년 2월: 한양대학교 전기공학과 (공학사)
 1970년 2월: 연세대학교 전기공학과 (공학석사)
 1974년 2월: 연세대학교 전기공학과 (공학박사)
 1978년 3월~현재: 건국대학교 전

자공학과 교수
 [주 관심분야] RF 소자 및 회로분석