

꼭지절단 원추형 페라이트 전파흡수체의 최적설계 및 제작에 관한 연구

김동일¹⁾, 박중구¹⁾, 정세모²⁾, 원영수³⁾, 이영구⁴⁾

A Study on Design and Fabrication of Ferrite Wave Absorber in Top-Cut Corn Array Type

D. I. Kim, J. G. Park, S. M. Chung, Y. S. Won, Y. G. Lee

Abstract

The remarkable progress of electronics and radio communications technology has made our life abundant. On the other hand, the countermeasure of EMC becomes more important socially according to the increased use of electromagnetic waves. It had been required that the absorbing ability of an electromagnetic wave absorber is more than 20 dB, the bandwidth of which is required through 30 MHz to 1,000 MHz for satisfying the international standard about an anechoic chamber for EMI/EMS measurement. From November of 1998, however, the CISPR11 has accepted the extended frequency band from 30 MHz to 18 GHz in the bandwidth of EMI measurement. In this paper, we proposed the cutting corn-shaped type satisfying the above requirements and carried out broadband design using the equivalent material constants method. Moreover, we have fabricated it and compared its characteristics with simulated one.

1. 서론

최근의 전자통신기술의 발달은 일상생활을 편리하게 해주는 반면, 전자파 발생요인의 증가와 함께 심화되고 있는 전자파장해에 대한 대책이 사회적으로 큰 관심을 끌고 있다. 이에 대한 대책으로, 국제적으로는 CISPR, 미국에서는 FCC, ANSI등의 규제가 제정 되었으며, 우리나라에서도 전자통신용장비의 전자파장해(EMI ; Electromagnetic Interference)/전자파 양립성(EMC ; Electromagnetic Compatibility) 규제를 만들어 국제적인 규제에 대비하고 있다. 한편, EMI/EMC 규제에 대비하여 전파암실(Anechoic Chamber)용 전파흡수체의 수요가 급격하게 증가되고 있는 실정이다. 특히, EMI/EMC 규제와 관련하여 전기·전자기기에서의 방사전자파를 측정하기 위한 전파암실용 전파흡수체가 국제규격기준(ANSI C634-1991, CISPR A SEC 109, 또는 IEC 801-3)을 충분히 만족시키기 위해서는, 20 dB 이상의 전자파흡수능을 가지는 주파수대역이 30 MHz에서 1 GHz 정도의 성능이 요구되어 왔다.

그러나, 1998년 11월 6일 CISPR(국제무선장해특별위원회)에서는 방사(Emission)측정 주파수 범위가 30 MHz ~ 1 GHz이었으나, 3 GHz에서 18 GHz까지를 추가하여 측정할 것을 CISPR11으로 수용하였다[1]. 따라서, 곧이어 ANSI(America National Standard Institute) 및 IEC(International Electrotechnical Commission)등에서도 후속조치가 있을 것으로 예상된다.

본 연구에서는 등가재료정수법[2]-[4]으로 꼭지절단 원추와 원기둥이라는 새로운 형태의 페라이트 전파흡수체의 등가재료정수를 계산, 최적설계하여 시뮬레이션 한 결과 30MHz ~ 50 GHz 이상의 대역폭에서 20 dB 이상의 전파흡수능을 얻었다.

1) 한국해양대학교 전파공학과
2) 한국해양대학교 해사수송과학부
3) 부산방송 기술연구소
4) 동국산업(주)

2. 등가재료정수의 계산

2.1 등가유전율

그림 1과 같이 y방향으로 폭 w, x방향으로 두 평판 사이의 간격이 g인 평행판 전송선로에서 z방향으로 전류가 흐르는 경우, z방향의 단위길이당 용량을 계산한다. 이때 $z = 0$ 에서 평행판 사이의 전위차 $V(t)$ 는 일정하며 정상전류가 흐르는 것으로 한다. 아래쪽 평판의 전위는 +I, 위쪽 평판의 전위는 -I로 하면 전계 E_x 는 +x 방향을 향한다.

금속판에서 y방향의 폭 w, z방향의 길이 a의 구역에 있는 전하를 Q, 평행도체판간의 총 용량을 C, 전송선로에 채워진 물질의 유전율을 ϵ 이라고 하면 단위길이당 용량은 식(1)과 같다.

$$\frac{C}{a} = \frac{\epsilon W}{g} \tag{1}$$

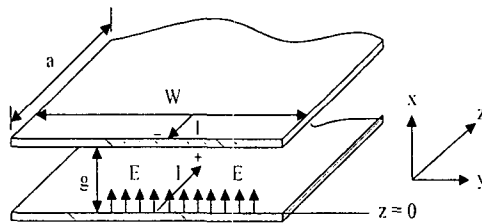


그림 1. 평행판 전송선로

2.2 등가 투자율

그림 1에서 ga영역에서의 자기인덕턴스를 L이라고 하면 등가 투자율의 계산이 가능하다. 전송선로에서 아래쪽 판에서는 +z방향으로, 위쪽판에서는 -z방향으로 흐르는 전류를 I, +y방향으로 유기되는 자계를 H, 자속밀도를 B, 전송선로에 채워진 물질의 투자율을 μ , ga를 자르는 자속을 Φ , 평행도체판간의 총 합성인덕턴스를 L이라고 하면, 단위 길이당 인덕턴스는 식(2)와 같이 주어진다.

$$\frac{L}{a} = \frac{g\mu}{W} \tag{2}$$

3. 제안한 전파효수체의 설계

그림 2의 꼭지절단 원추형 전파효수체의 등가재료정수를 구하면 다음과 같다. 우선 그림 2에서 보듯이 꼭지절단 원추형 전파효수체는 그 구성이 1층부의 타일형 페라이트와 2층부의 꼭지절단 원추부로 나뉘어져 있다. 이때, 1층부의 경우 타일형 전체가 페라이트로 채워져 있으므로 1층의 등가유전율 및 등가투자율은 곧 페라이트 타일의 실효유전율 및 등가투자율과 같다.

2층의 경우 꼭지절단 원추기둥이 있는 부분과 공기가 있는 부분이 혼재해 있으므로 그림 3, 4와 같이 등가회로화하여 2층부의 등가유전율로 모델링 할 수 있다. 여기서, 2층부는 경사져 있으므로 Δt 의 두께를 가지는 여러 개의 판이 겹쳐져 있는 모델로 근사[5]하여 등가유전율과 등가투자율을 식 (3), 식 (4)와 같이 구할 수 있다.

$$\epsilon_{eff} = \frac{a \cdot [(a-dt) \cdot \epsilon_r + dt]}{a(x_{n+1} - x_n) \cdot \epsilon_r} + \frac{[(a-x_n + n\Delta t)(x_{n+1} - x_n)] \cdot \epsilon_r}{a(x_{n+1} - x_n) \cdot \epsilon_r} \tag{3}$$

$$\mu_{eff} = \frac{a \cdot [(a-x_n) \cdot \mu_r + (x_n - n\Delta t)]}{a \cdot dt \cdot \mu_r} + \frac{dt(a-x_n + n\Delta t) \cdot \mu_r}{a \cdot dt \cdot \mu_r} \tag{4}$$

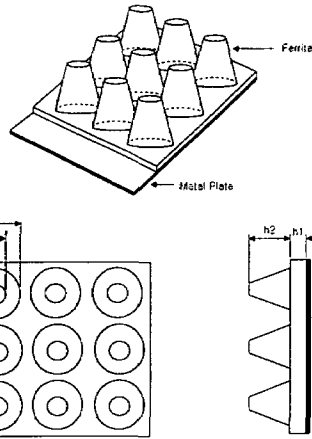


그림 2. 꼭지절단 원추형 전파흡수체

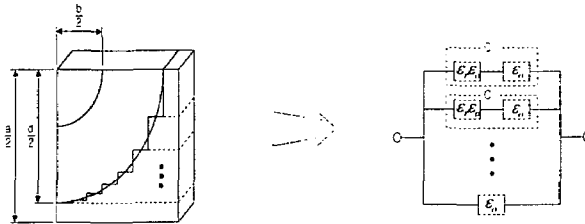


그림 3. 2층부의 등가유전을 모델

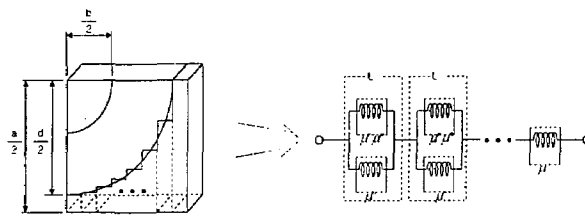


그림 4. 2층부의 등가투자율 모델

4. 최적 설계 및 제작

그림 5에 꼭지절단 원추형 전파흡수체의 설계결과를 나타내었으며, 표1에 정리하였다. 설계결과에서 보듯이 꼭지절단 원추형 전파흡수체의 경우 30 MHz ~ 50 GHz 이상의 대역에서 20 dB 이상의 전파흡수능을 가지고 있음을 알 수 있다. 또한, 표1에서 보듯이 전체높이가 42.2mm 밖에 되지 않아 전파무향실에 적용할 경우 실내 유효공간확장에 매우 유리함을 알 수 있다. 또한, 원추의 끝부분을 잘라내어 원추꼭지로 인한 위험 또는 사고의 예방에도 유효하다.

표 1. 꼭지절단 원추형 전파흡수체의 설계사양 및 흡수특성

페라이트의 재료정수	흡수체의 치수(mm)					20 dB 흡수 대역폭
	a	b	d	h1	h2	
$K = 2,500$ $f_m = 2.5 \text{ MHz}$ $\epsilon_r = 14$	20	8.5	3.5	7.2	35	30 MHz ~ 50 GHz 이상

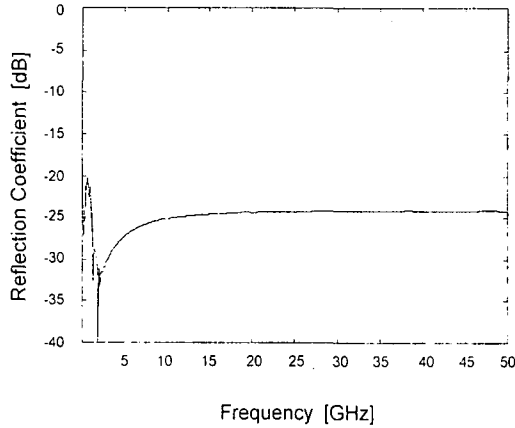


그림 5. 꼭지절단 원추형 전파흡수체의 주파수특성

그림 6은 제작된 꼭지절단 원추형 전파흡수체를 넣어서 완성된 측정 시스템을 나타내고 있다. 전파흡수체는 측정을 위하여 제작된 측정장치인 스트립라인 내에 설치된다. 스트립라인의 한쪽 끝, 즉 흡수체의 뒤쪽은 Short되어 있고 그림상의 오른쪽은 Network analyzer에 연결되어 있다.

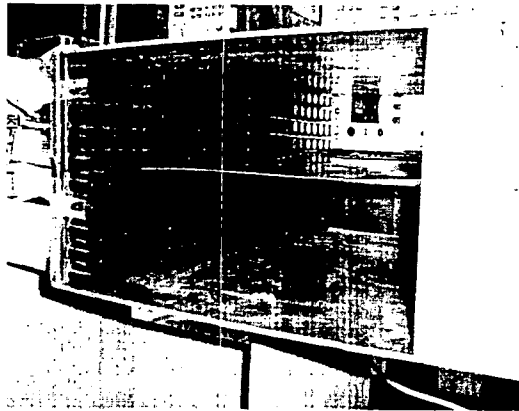


그림 6. 제작된 측정시스템

위와 같은 측정 시스템을 이용하여 측정한 전파흡수체의 흡수능을 그림 7에 나타내었다. 네 개의 그림 중 우측 하단의 그림이 스트립 라인 내부의 공간 중 전파흡수체가 있는 곳에서의 전파흡수능을 나타내고 있다. 가장 위쪽의 선이 기준선인 0 dB를 나타내고 측정주파수 대역은 40 MHz에서 2 GHz까지이다. 그림에서 알 수 있듯이 약 1 GHz까지의 대역에서 20 dB 이상의 전파흡수능을 나타내고 있다.

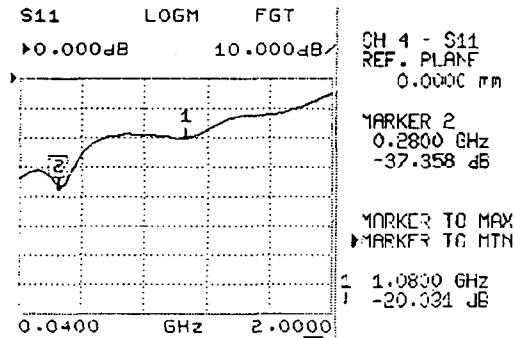


그림 7. 측정 결과 그래프

주파수 대역을 설계시만큼 확장시키지 못한 원인으로는 스트립라인의 신뢰할 수 있는 사용가능 주파수 대역이 약 500 - 600 MHz에 이르지 못한 것이 주요 원인이며, 제작시 발생한 커넥터 부분과 스트립라인의 시작부분의 불완전한 접속으로 인한 고주파에서의 손실 또한 컸다.

5. 결 론

현재 급격히 발달하고 있는 전자기기의 사용주파수는 점차로 높아지고 있다. 이에 각국은 수입되는 전자제품의 EMI/EMC 특성이 불량할 경우 수입규제를 가하는 실정이다. 이러한 추세에 맞추어 EMI/EMC 시험에 반드시 필요한 전자파암실용 전파흡수체의 개발은 필연적이라고 할 수 있다.

본 논문에서는 이러한 문제점을 해결하고자 꼭지절단 원추형이라는 새로운 형태의 페라이트 전파흡수체를 설계하고 제작하여 그 특성을 보였다. 제안한 전파흡수체는 현재까지 낮은 두께를 가지면서도 30 MHz ~ 50 GHz 이상에 이르는 초광대역에서 20 dB 이상의 전파흡수능의 설계결과를 보였다.

또한, 제작을 통한 측정으로부터 40 MHz에서 약 1 GHz까지 20 dB의 전파흡수능을 가짐을 보였다. 스트립라인이 가지는 주파수 상한과 제작에 관련한 오차로 인해 설계결과와는 차이가 있으나, 보다 정밀한 측정시스템을 고안하여 재측정함으로써 오차의 상당부분을 줄일 수 있을 것이다.

참고문헌

- [1] CISPR/B/220/RVC, CISPR11, Nov. 8. 1998.
- [2] Dong Il Kim, M. Takshashi, H. Anzai, and S. Y. Jun, "Electromagnetic Wave Absorber with Wide-Band Frequency Characteristics Using Exponentially Tapered Ferrite," IEEE Trans. EMC, vol. 38, no. 2, pp.173-177, Feb. 1996.
- [3] Dong Il Kim, S. Y. Jun, "Design of Improved Grid Type Electromagnetic Wave absorber Using Exponentially Tapered Ferrite," '96 KJC-EMCT, 논문집, pp.627-630, 1996.
- [4] 김동일, 전상엽, 정세모, "제2층에 십자형 슬롯을 가지는 2층형 초광대역 전자파흡수체의 개발", 한국 전자파학회 종합학술대회 논문집, pp.8-12, 1995.
- [5] 김동일, 박종구, 원영수, "십자돌기형 페라이트 전파흡수체의 광대역 설계", 한국전자파학회지, pp.372-378, 2000. 4