

평행 손실판 장하에 의한 슬릿 침투 전자파의 저감 특성

(Reduction Characteristics of Electromagnetic Penetration Through Narrow Slots by Resistive Sheet Loading)

조준호^o 박은정 김경봉 김기채
영남대학교 전기공학과

chojh1215@ynu.ac.kr, ahah66@ynu.ac.kr, gja22@ynu.ac.kr, kckim@yu.ac.kr

Jun Ho Cho, Eun Jung Park, Kyung Bong Kim, Ki-Chai Kim
Department of Electrical Engineering, Yeungnam University
214-1 Dae-dong, Kyeongsan, 712-749, Korea

Abstract

This paper presents a reduction method of penetrated electromagnetic fields through a narrow slot with resistive sheet in a planar conducting screen of infinite extent. When a plane wave is excited to the narrow slot, the aperture electric field is controlled by the parallel plates connected on the slot. The magnitude of penetrated electromagnetic fields through the narrow slot is controlled by the electric field distribution on the slot. The results show that the magnitude of the penetrated electromagnetic field can be effectively reduced by installing the resistive plates on the slot.

1. 서론

무한도체평판상의 개구를 통한 전자계의 침투문제는 많은 연구자들에 의해 연구되었다 [1]-[5]. 전기·전자장치들의 차폐문제는 슬릿 개구로 침투하는 전자파의 크기가 매우 중요한 역할을 한다. 개구면에 평행한 도선을 설치하여 무한도체평판상의 좁은 개구를 통한 침투 전자파의 저감에 관한 연구는 이미 보고되어 있다[6, 7].

본 논문에서는 평면파가 무한 도체 평판상의 슬릿 개구로 입사할 때, 개구에 손실이 있는 평행 손실판을 설치한 경우의 침투 전자파 저감 특성 FDTD법을 적용하여 검토하였다. 이론해석 결과, 평면파가 슬릿 개구면으로 입사할 때, 개구면에 설치된 삼각형 모양의 평행판을 조절하고 개구면 전계분포를 제

어하여 침투 전자파를 저감시킬 수 있음을 확인하였다.

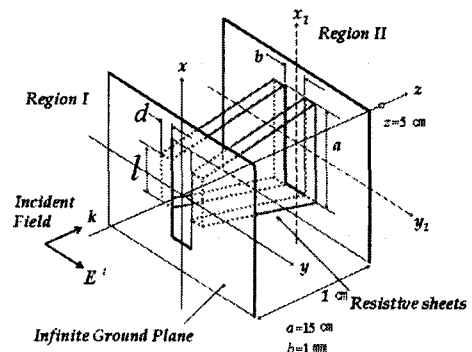


그림 1. 슬릿에 평행 손실판이 장하된 무한도체 평판상의 슬릿.

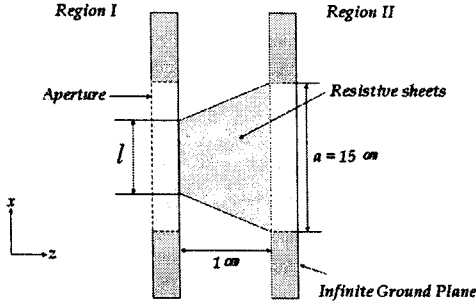


그림 2. xz평면에서 슬릿에 평행 손실판이 장착된 무한도체 평판상 슬릿.

2. 삼각판 장하 무한도체 평판

그림 1은 폭이 좁은 슬릿이 있는 무한평판의 좌표계를 나타내고 있다. 무한평판은 xy평면에 놓여 있고, x축과 평행하게 슬릿이 있다. 밑변의 길이가 15cm이고 윗변의 길이가 l , 평판의 두께가 d 이며, 높이가 1 cm인 평행 손실판이 z축과 평행하게 설치되어 있다. 평행 손실판의 전자기적 특성은 $\mu_r = 1$, $\epsilon_r = 4$ 이며, $\sigma = 1.1 \text{ MS/m}$ 이다.

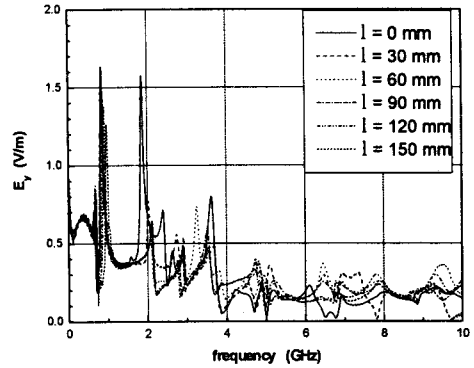
그림 1에서 영역 I ($z < 0$)에는 입사 평면파가 존재하며 입사파는 개구를 통해 영역 II ($z > 0$)로 침투한다. 두 영역은 모두 자유 공간을 가정하였다.

그림 2는 평행 손실판의 모양을 알기 쉽게 나타내기 위하여 xz평면에 나타낸 그림이다.

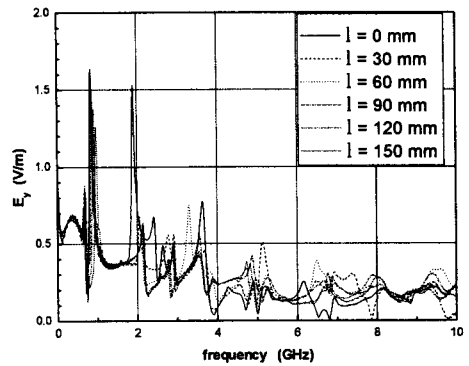
슬릿에 장하하는 평행 손실판의 두께 d 를 1~5 mm까지 2 mm씩 변화시켰으며, 각각의 평행 손실판의 윗변길이 l 를 0 ~ 150 mm까지 30 mm씩 변화시켜가며 침투 전계의 주파수 특성을 확인 하였다.

평면파가 개구면으로 입사하면 개구면 상에 전계분포가 형성되어 자유가 만들어지고 이것이 2차 파원이 되어 영역 II에 침투 전자계를 형성시킨다.

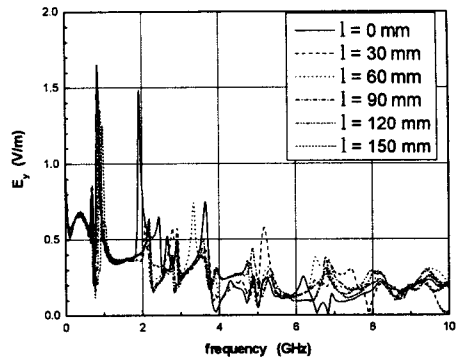
본 논문에서는 개구면 전계분포, 즉 자유를 제어하면 침투 전자파의 크기를 제어할 수 있음을 보인 참고문헌 [6, 7]과 마찬가지로 개구면 자유의 제어를 위해 평행 손실판을 개구면에 설치한 구조에 대하여 침투 전자파의 저감 특성을 검토하였다.



(a) $d = 1 \text{ mm}$ 인 경우



(b) $d = 3 \text{ mm}$ 인 경우



(c) $d = 5 \text{ mm}$ 인 경우

그림 3. 평행 손실판 장하에 대한 침투 전계의 주파수 특성.

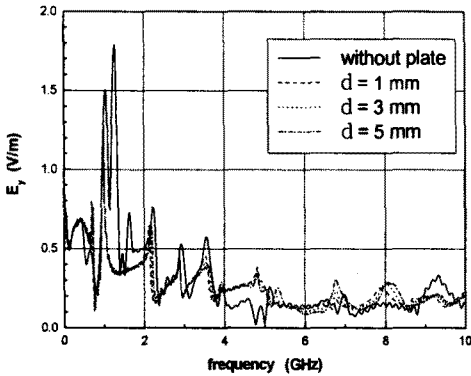


그림 4. 윗변의 길이가 150 mm인 경우 두께를 변화한 평행 손실판을 장하한 구조에 대한 침투 전계의 주파수 특성

3. 수치 계산결과 및 검토

수치 계산에 사용한 슬릿은 슬릿의 폭이 파장에 비해 매우 작은 구조이며 크기는 $a=15$ cm, $b=1$ mm이다.

그림 3은 영역 I에서 평면파가 평행 손실판이 설치된 개구로 입사할 때, 영역 II의 $z=5$ cm위치에서의 침투 전계의 주파수 특성을 나타내고 있다. 그림 3 (a)는 개구면을 두께가 1 mm인 평행 손실판의 윗변을 0~150 mm까지 30 mm씩 변화시켜가며 장하한 구조에 대한 침투 전계의 주파수 특성이고 그림 3 (b)는 개구면을 두께가 3 mm인 평행 손실판의 윗변을 0~150 mm까지 30 mm씩 변화시켜가며 장하한 구조에 대한 침투 전계의 주파수 특성이며, 그림 3 (c)는 개구면을 두께가 5 mm인 평행 손실판의 윗변을 0~150 mm까지 30 mm씩 변화시켜가며 장하한 구조에 대한 주파수 특성이다.

그림 3에서 보는 것처럼 평행 손실판의 두께와 윗변의 길이를 조절하면 침투 전자파의 크기를 감소시킬 수 있다. 특히, 모든 두께에서 평행 손실판의 윗변의 길이 l 이 150 mm일 때 침투 전계의 크기가 가장 작다는 것을 알 수 있다.

그림 4는 슬릿 개구에 평행 손실판을 설치하지 않았을 때와 평행 손실판의 윗변의 길이 l 을 150 mm로 고정하고 두께를 변화하였을 때, 주파수에 따른 침투 전계의 크기를 나타내고 있다.

실선은 평행 손실판이 없을 경우를 나타낸다. 이 경우 침투된 전계의 최대치는 0.94 GHz와 2.9 GHz에서 나타난다. 이 주파수들은 길이가 150 mm인 슬릿 개구의 공진 주파수와 일치한다.

그림 4에서 알 수 있듯이 무한도체 평판에 평행 손실판이 없는 경우보다 평행 손실판을 설치하였을 때가 침투 전자파의 크기가 작아진다는 것을 알 수 있으나, 평행 손실판의 두께에 따른 침투 전자파의 크기 변화는 거의 없다는 것을 알 수 있다.

4. 결론

본 논문에서는 2개의 무한도체평판에 폭이 좁은 개구가 있을 때, 평행 손실판을 설치한 경우에 대한 침투하는 침투전계의 주파수 특성을 FDTD법으로 검토하였다. 그 결과, 슬릿 개구에 평행 손실판을 설치하면 침투하는 전계의 크기를 효과적으로 저감시킬 수 있음을 확인할 수 있었다. 특히, 대칭하는 두 개의 평행 손실판을 무한 도체평판상의 슬릿 개구에 설치하면, 침투전자파를 효과적으로 저감시킬 수 있으므로 2개의 인접한 기기의 EMI 제어기법으로 적용할 수 있을 것으로 기대된다.

ACKNOWLEDGMENT

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

REFERENCES

- [1] C. D. Taylor, "Electromagnetic pulse penetration through small apertures," IEEE Tran. on Electroma. Compa., vol. EMC-15, no.1, pp 17~26, February 1973.
- [2] C. M. Butler and K. R. Umashankar, "Electromagnetic excitation of a wire through an aperture-perforated conducting screen," IEEE Tran. on Antenna and propag., vol.AP-24, no.4, pp.456~462, July 1976.
- [3] C. M. Butler, Y. Rahmat-Samii and R. Mittra, "Elecnomagnetic penetration through apertures in conducting surfaces," IEEE Tran. on Antenna and propag., vol.AP-26, no.1, pp.291~301, Jan. 1978.
- [4] Y. Rahmat-Samii and R. Mittra, "Elecnomagnetic coupling through small apertures in a conducting screen," IEEE Tran. Antennas and propagat., vol.AP-25, no.3, pp.180~187, Mar. 1977.
- [5] E. R. Reed and C. M. Butler, "Time-domain electromagnetic penetration through arbitrarily shaped narrow slots in conducting screens," IEEE Tran. Electromag. Compat., vol.34, no.3, pp 161~172, August 1992.
- [6] Ki-Chai Kim and Min Seok Kim, "On the reduction technique of electromagnetic penetration through narrow slots in conducting screen", KJJC-AP/EMC/EMI 2001 Proceeding, pp. 107-110, Sep. 2001.
- [7] Ki-Chai Kim, Sung Min Lim, and Min Seok Kim, "Reduction of Electromagnetic Penetration through Narrow Slots in Conducting Screenby Two Parallel Wires", IEICE Transaction on Comm., in press, vol.E-88-B, no.43, pp.1743~1745, April. 2005.