

GTEM cell의 특성 임피던스와 전계 균일도

正會員 李 愛 卿* 正會員 梁 基 坤*

The Characteristic Impedance and
the Electric Field Uniformity of a GTEM CellAe-Kyoung Lee*, Ki-Kon Yang* *Regular Members*

요 약

GTEM cell의 특성 임피던스에 대한 정확한 값을 알면 그것을 설계하는데 매우 유용하다. 본 논문은 전자파 감응성 및 복사 측정 모두에 사용할 수 있는 GTEM cell을 그의 개방각을 고려한 특성 임피던스에 대해 논한다. 해석을 위해 over-RGM에 대해 기술하고, 이 수치해석법을 좌표계에 실시한다. 몇가지 결과를 다른 논문의 것들과 비교하고, 본 해석의 정당성을 입증한다. GTEM cell 단면 상의 기하학적 구조 변화에 따른 특성 임피던스 값들을 구하고 개방각이 특성 임피던스에 미치는 영향을 보인다. 마지막으로 여러 개방각에 대한 단면 상의 전계 균일도를 구한다.

ABSTRACT

A knowledge of the accurate characteristic impedance of a GTEM cell is very useful to design it. This paper discusses the characteristic impedance of a GTEM cell applicable to both susceptibility and emission measurements, considering opening angle of it. The over-RGM for analysis is described; this numerical method is operated with respect to the spherical coordinate system. Some results are compared with others' and the validity of this analysis is established. The characteristic impedances of a GTEM cell with the variation of geometrical constructions on cross section are presented; the effect of the opening angle on the characteristic impedance is shown. Finally, the electric field uniformities on a cross section of a GTEM cell are considered for various opening angles.

I. 서 론

그림 1에 보이는 GTEM cell은 TEM cell과 더불어 공간 및 비용 문제를 극복한 대표적인 EMI/S(Ele-

ctromagnetic Interference/Susceptibility) 측정 장비로서 스위스의 ABB Research Center에서 연구 개발된 이래 현재 세계적으로 4개 회사(EMCO, Ray Proof, MEB 그리고 ELENA)에서 제작·판매하고 있다. GTEM cell내 파 전파(波傳播, wave propagation)의 기본 발상은 TEM cell에서 주요단점으로 지적되었던 상한 주파수 문제_[12,13]를 극복하고자 하

*韓國電子通信研究所
Electronics And Telecommunications Research Institute
論文番號 : 93198
接受日字 : 1993年 10月 18日

는 것으로 원천(source)으로부터 구형파(spherical wave)를 50 ohm 구동 동축선으로 TEM 파에 어떠한 왜곡도 없이 분포혼합종단(distributed hybrid termination)으로 전파하는데 있다. 분포종단(distributed termination)은 TEM cell과 같은 집중 부하(concentrated load) 형태가 아니다. 그것은 전류 이외에도 파(wave)까지도 종단시킬 수 있도록 저주파 대역(≈ 100 MHz)의 전류 종단을 위해서는 분포 저항장하(distributed resistance load, distributed resistor board)를 사용하고, 고주파 대역의 전자파 종단(termination)을 위해 흡수체를 사용한다.^[6,7,8]

본 연구는 구체적인 내부 치수가 공개되어 있지 않은 GTEM cell을 자체 해석에 의한 설계 및 제작을 위해 시도되었다. 임피던스 정합을 위한 정확한 구조 파악은 GTEM cell의 설계에 큰 부분을 차지한다고 본다. 따라서 본 논문에서는 GTEM cell의 셉텀(septum)과 외부 도체가 이루는 특성 임피던스 해석에 중점을 둔다. 일반적인 전송선의 특성 임피던스를 해석하는 방법은 여러가지가 있으며, 대부분 직각 좌표계의 단면(x-y 평면)에 관하여 즉, 파(wave)의 진행 방향(z)으로 형태의 변화가 없는 경우에 한해서만 적용이 가능하도록 되어 있다. 그러나 앞서 기술된 바와 같이 구형파를 형성하는 GTEM cell은 그림 1 (a)로부터 파의 진행 방향에 대해 단면의 크기는 동일하지 않으나 cell의 입출력 단자를 기점으로 확대되는 형태임을 고려하여 본 논문에서는 파의 진행 방향을 r로 하는 구좌표계를 선택한다.

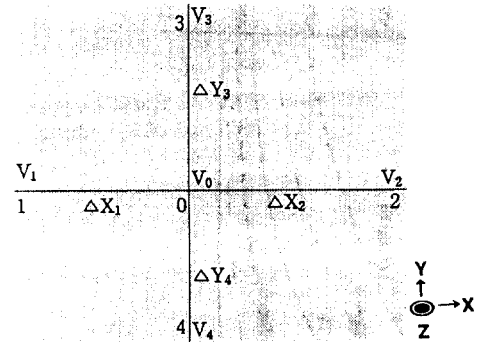
수식은 Laplace 방정식을 적용하고, 해석 방법은 over-RGM₂을 이용한다. 이 수치 해석법은 반복법이므로 단시간에 정확한 결과값에 도달하도록 하기 위해 최적의 댐핑(1-DAMP)을 찾아 내고, 구해진

몇가지 결과를 타 결과들과 비교, 분석하도록 한다. 해석에 사용되는 이론을 다음 제 II절에서 기술하고 제 III절에서 그 결과를 가지고 논의할 것이다.

II. 이 론

II-1. 등가전위

주어진 영역의 경계상의 전위가 확실하고 한 방향으로 그 전위 값이 변화하지 않는 문제에서 우리는 나머지 두 방향이 형성하는 단면 상의 전위 분포를 구할 수가 있다. 본 논문에서는 전송선 단면이 임의의 형태를 가질 때에도 적용이 가능하도록 격자(格子, grid)화 시킴으로써 방정식은 불연속적(discrete)인 형태를 취한다. 이를 위해서는 단면을 격자화하여 Laplace 방정식을 반복 계산을 한다. 즉, 불연속적 형태의 Laplace 방정식을 해석한다고 할 수 있다.^[1,2]



(a) 직각 단면

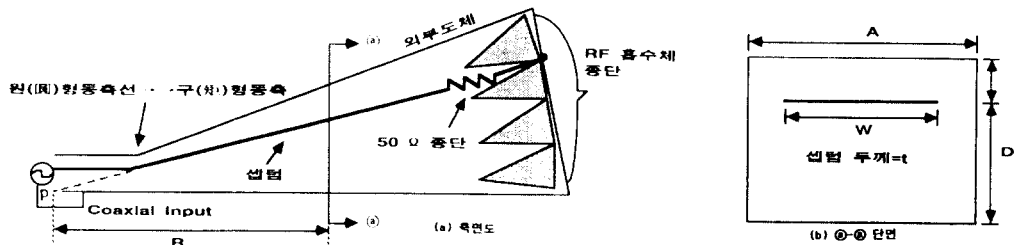
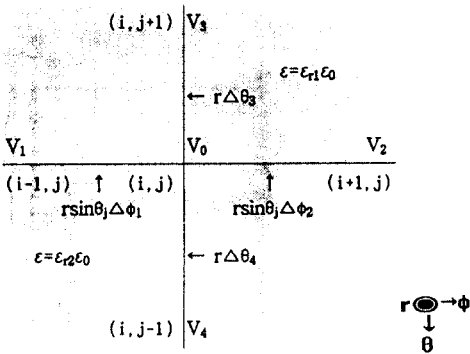


그림 1. GTEM cell
Fig 1. the GTEM cell



(b) 구(球)형 단면

그림 2. 주변 네 점의 전위에 대한 점 0의 전위
Fig 2. Construction to find potential at point 0 with respect to four surrounding points

전송선 내부 영역에서 전하를 포함하지 않는 균일한 매질이고, V_1, V_2, V_3 그리고 V_4 를 알고 있는 경우 V_0 를 구하기 위해 Laplace 방정식을 적용하면

$$\nabla^2 V = 0$$

$$\frac{\partial}{\partial x} \left(\frac{\partial V}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(\frac{\partial V}{\partial y} \right) = 0$$

$$\frac{\frac{V_2 - V_0}{\Delta X_2} - \frac{V_0 - V_1}{\Delta X_1}}{\frac{\Delta X_1 + \Delta X_2}{2}} - \frac{\frac{V_3 - V_0}{\Delta Y_3} - \frac{V_0 - V_4}{\Delta Y_4}}{\frac{\Delta Y_3 + \Delta Y_4}{2}} = 0$$

이며, $\Delta X_1, \Delta X_2, \Delta X_3$ 그리고 ΔY_4 는 격자변의 길이이다. 이 식으로부터

$$V_0 = \frac{V_1}{(1+a)(1+b)} + \frac{V_2}{(1+a^{-1})(1+b)} + \frac{V_3}{(1+c)(1+b^{-1})} + \frac{V_4}{(1+c^{-1})(1+b^{-1})} \quad (1-1)$$

$$a = \frac{\Delta X_1}{\Delta X_2}$$

여기에서 $b = \frac{\Delta X_1 \Delta X_1}{\Delta Y_3 \Delta Y_4}$

$$c = \frac{\Delta Y_3}{\Delta Y_4} \text{ 이다.}$$

이상 논의된 방법은 z축에 대해서는 potential 변화가 없는 경우에 적용가능하다. 따라서 GTEM cell의 경우에는 그림 2(b)와 같이 파의 진행 방향을 r로 하는 좌표계를 사용하면 r방향에 대해서 potential의 변화가 무시할 수 있을 정도로 적으므로 위의 이론을 적용할 수 있다.

적용단면은 r이 일정한 $\theta-\phi$ 면이며, 위 그림에서 (i,j)가 구하고자 하는 격자점의 번호이다. 즉, 식 (1-1)에서 V_0 는 $V(i,j)$ 라 표기하고, $\Delta X_1, \Delta X_2, \Delta Y_3$, 그리고 ΔY_4 는 각각 $r \sin \theta_j \Delta \phi_1, r \sin \theta_j \Delta \phi_2, r \Delta \theta_3$ 그리고 $r \Delta \theta_4$ 라 대체하면 된다.

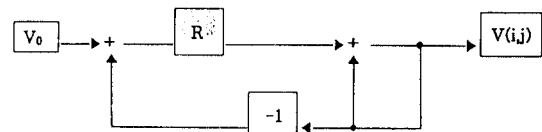
$$a = \frac{r \sin \theta_j \Delta \phi_1}{r \sin \theta_j \Delta \phi_2}$$

$$b = \frac{r \sin \theta_j \Delta \phi_1 r \sin \theta_j \Delta \phi_2}{r \Delta \theta_3 r \Delta \theta_4}$$

$$c = \frac{r \Delta \theta_3}{r \Delta \theta_4} \quad (1-2)$$

II-2. 제한율

본 연구에서는 $V(i,j)$ 즉, V_0 를 계산함에 있어 보다 신속한 수렴을 유도하기 위해 계산시 식 (2)와 같이 옛 $V(i,j)$ 을 제한시키되 제한량(1-DAMP)을 조절함으로써 수렴율을 가속한다.

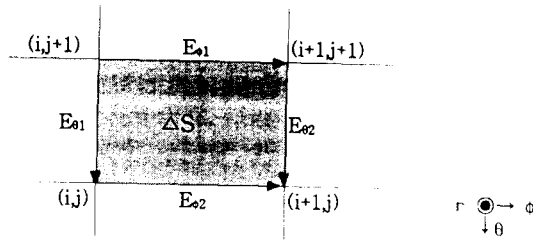


$$V_{new}(i,j) = R \cdot V_0 + (1-R) \cdot V_{old}(i,j)$$

제동변수(DAMP)가 1인 경우 식 (2)는 식 (1)과 동일하게 된다. 본 연구에서는 다양한 DAMF 값에 따른 수렴도를 비교하고 수렴도가 높고 안정된 DAMP를 구하여, 이후 GTEM cell의 형태 변화에 따른 특성 임피던스 해석에 그 값을 사용한다.

II-3. 캐패시턴스 및 특성 임피던스

GTEM cell 내부 전계는 앞서 반복법으로 구해진 전위분포를 이용하여 $E = -\nabla V$ 로 부터 쉽게 얻을 수 있다.



$$E_{\phi} \cong \frac{1}{2} \left[\frac{V_{i,j} - V_{i+1,j}}{r \sin \theta_j d\phi} + \frac{V_{i,j+1} - V_{i+1,j+1}}{r \sin \theta_{j+1} d\phi} \right]$$

$$E_{\theta} \cong \frac{1}{2} \left[\frac{V_{i,j} - V_{i,j+1}}{rd\theta} + \frac{V_{i+1,j} - V_{i+1,j+1}}{rd\theta} \right] \quad (3)$$

이 영역에 분포하는 전기장에 저장된 에너지는 다음과 같다.

$$\Delta U = \frac{1}{2} \epsilon |E|^2 \Delta S = \frac{1}{2} \epsilon (E_{\theta}^2 + E_{\phi}^2) (rd\theta \cdot r \sin d\phi) \quad (4)$$

따라서 GTEM cell 내에 저장되는 단위 길이당 에너지 U는 모든 격자 내의 에너지의 합이 된다.

$$U = \sum_{j=1}^{L_1} \sum_{i=1}^{L_2} \Delta U = \frac{1}{2} C V_{septum}^2 \quad (5)$$

내부도체(세퍼)의 전압(V_{septum})이 +1 volt이면, $C = 2U$ 이다. 그리고 특성 임피던스는 캐패시턴스와 다음의 관계가 있으므로 GTEM cell 내부 전계로부터 최종적인 특성 임피던스를 구할 수가 있다.

$$Z_0 = \eta \frac{\epsilon}{C} = \frac{\sqrt{\mu\epsilon}}{2U} \quad (6)$$

III. 결과분석

III-1. 제한율에 따른 특성 임피던스

앞서 논의된 바 있는 최적 제한율(1-DAMP)을 알아보기 위해 제동(制動)변수, DAMP 값에 따른 임피던스로 수렴과정을 아래 그림에서 나타낸다.

그림 3에서 제동변수(DAMP)가 1.5(DAMP < 2.0)일 때 수렴 속도가 대체로 좋은 것으로 나타났으며, 특히 2.0에 근접할 수록 수렴도가 뛰어나고 안정감을 보여준다. 그리고 2.0보다 큰 값일 때는 전혀 수렴하지 않음을 알 수 있다.

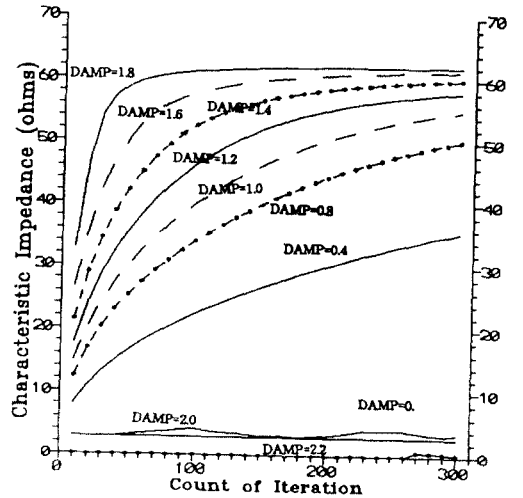


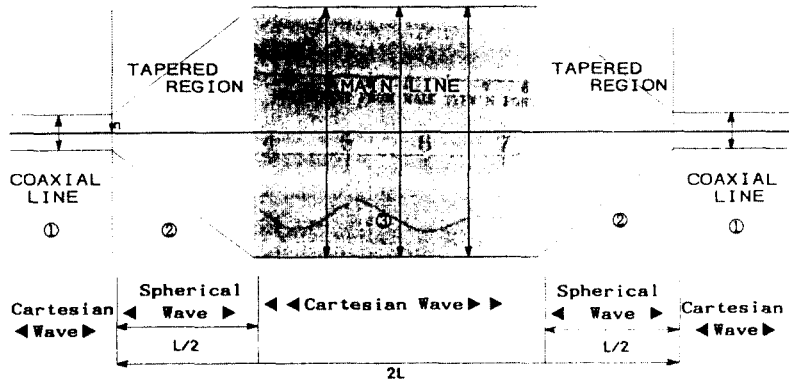
그림 3. 제동(制動)변수값에 따른 GTEM cell의 특성 임피던스 수렴

Fig 3. the Rates of Convergence to the Characteristic Impedance for some Damping parameter values

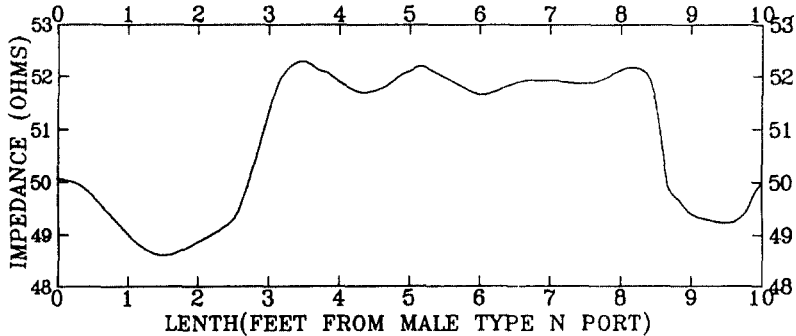
III-2. TEM cell의 특성 임피던스

GTEM cell에 본 이론을 곧 바로 적용하기 전에 cell 치수와 그의 특성 임피던스의 측정치를 공개하고 있는 NIST(National Institute for Standards and Technology)의 TEM cell의 테이퍼 영역(tapered region)과 사용 영역(main line)에 우선 시도해 그 실험치와 비교하고자 한다. NIST는 그림 4에 보이는 시험영역에 놓이는 피시험체의 부하(load) 효과를 고려하여 사용영역의 임피던스를 52 Ω으로 제작하였다.

테이퍼 영역은 그림 4(a)에서 보는 바와 같이 전후로 서로 다른 크기의, 단면이 일정한 전송선이 이어진다. 그러므로 이 테이퍼 영역은 z 좌표값에 따라서 단면이 일정한 전송선에 가까와 질수록 전기 분포가 그의 영향을 많이 받을 것으로 추측된다. 즉, 단면의 크기가 급격히 변화하는 영역에서는 일상적인 직각 평면파가 존재하지 못한다. 한쪽 테이퍼 영역(②-③, ②)의 중앙(z ≐ L/4, 7L/4)은 양쪽에 이어지는 전송선의 영향을 가장 적게 받을 것이다. 그림 4 (b)는 NIST에서 TEM cell에 대해 측정된 특성 임피던스이다. 테이퍼 영역에서 임피던스는 52 Ω이 되어야 함에도 불구하고 48~49 Ω으로 급격히 떨어짐을 볼 수 있다. NIST에서는 TEM cell 제작시 이론적 설계를 기치지 않고 임피던스 실측정을 통해 시험영역(③)의 구조를 제작하고 테이퍼 영역(②은 영역(1)과 ③)



(a) TEM cell
(a) The TEM cell



(b) TEM cell의 분포 임피던스(A=150cm, B=D=75cm, t=0.157cm, W=123.83cm, L=A)

그림 4. TEM cell과 측정된 특성 임피던스_[4]
Fig 4. the TEM cell and the Measured Characteristic Impedance_[4]

을 연결하는 중간 단계의 역할만 하는 것으로 그다지 중요하게 다루지 않는 것으로 생각된다. 그러나 GTEM cell의 경우는 전계가 테이퍼 영역이 확장된 형태이므로 이 부분에 대한 이론적 규명이 반드시 수반되어야 한다고 본다. 따라서 본 논문에서는 이 영역을 위해서 논의된 두 가지, 먼저 보통의 전송선 단면에 적용가능한 평면파에 대한 식(1-1), 그리고 구(球)형파에 대한 식(1-2)를 적용하여 임피던스를 해석해 보고 이 결과를 다른 결과들_[3, 5]과 함께 표 1에서 NIST의 실험치_[4]와 비교한다.

표에서 TEM cell의 측정 영역(main line, 영역 ③)에서는 방법 ㉔, ㉕, ㉖ 그리고 ㉗에 의한 결과들이 NIST의 실험치와 잘 일치한다. 단, 방법 ㉘ 적용시

표 1. TEM cell의 특성 임피던스

Table 1. The Characteristic Impedance of the TEM cell

Methods	Characteristic Impedance(Ω)	
	Main Line	Tapered Region
㉔ NIST 측정치 _[4]	51.7~52.2	48.7, 49.7
㉕ Mixed BEM _[5]	51.7 ○	46.1 △
㉖ Transmission line design handbook _[3]	51.7 ○	57.6 ×
㉗ 식(1-1)	52.16 ○	58.4 ×
㉘ 식(1-2)	52.16 ○	49.9 ○

R을 매우 큰 값으로 둘으로써 개방각 효과를 없앴다. 그러나 테이퍼 영역(영역 2)에서는 방법에 따라 다소의 차를 보이고 있음을 볼 수 있다. 이로써 구형화가 전달되는 영역에서 일반 전송선 해석 방법으로 특성 임피던스를 평가하게 되면, 위 표의 방법 2 및 3의 결과와 같이 오차가 발생할 수 있다. 결과 2는 3차원으로 영역 (1)+(3)에서 potential을 구하여 그로부터 특성 임피던스를 얻게 되는데, 본 논문의 결과인 2과 비교하면 측정치에 대해 정확도가 떨어짐을 보게 된다. 이유는 그들이 설계 조건 적용시 식 (7.3)에 보이듯이 테이퍼 영역의 끝을 평면과와 구(球)형화가 동시에 존재하는 과도영역임에도 불구하고 평면과와 동일하게 적용한 때문으로 보인다. 그들은

이 사용한 설계 조건은 다음과 같다. 5)

$$\phi = 1.0 \quad \text{셸탑} \quad (7-1)$$

$$\phi = 0.0 \quad \text{외부도체} \quad (7-2)$$

$$\frac{\partial \phi}{\partial n} = 0.0 \quad \text{테이퍼영역의 끝} \quad (7-3)$$

여기서 ϕ 는 potential이며, n의 방향은 그림 4의 (a)에서 보인다.

본 연구의 이러한 타당성을 갖고 이제 GTEM cell을 구형 평면과가 존재하는 영역으로 보고 GTEM cell의 개방각을 비롯해 단면 상의 여러 기하학적 변수에 대한 그 특성 임피던스를 다음 절에서 살펴 보고자 한다.

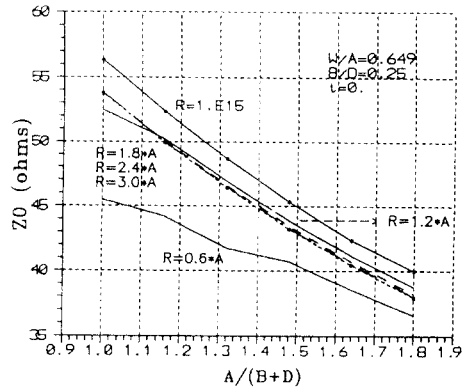
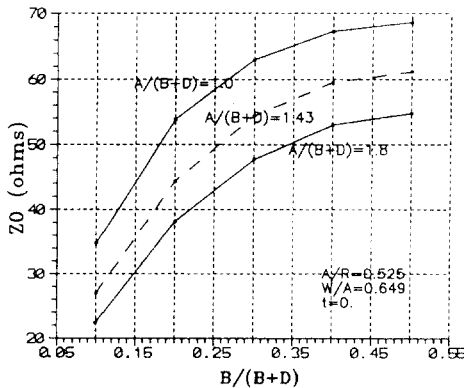
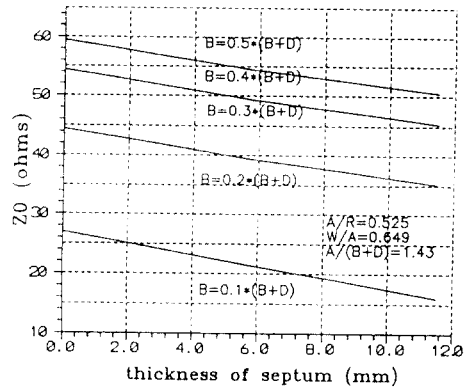
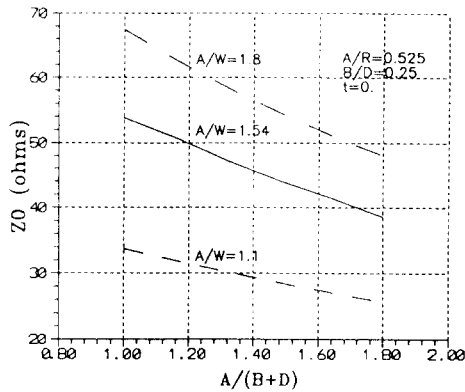


그림 5. GTEM cell의 특성 임피던스
Fig 5. the Characteristic Impedance of GTEM cell

III-3. GTEM cell의 특성 임피던스

III-2의 결과적인 수식 (1-2)를 사용하여 이제 GTEM cell의 다양한 단면 구조에 따른 특성 임피던스를 살펴보도록 한다. 구조 변수는 그림 1에 보이는 A, B, W, t 그리고 GTEM cell의 개방 각도(opening angle)를 결정하는 길이 R이다. 최근 GTEM cell의 특성 임피던스를 해석한 Roberto^[11]는 단면 크기가 GTEM cell의 길이를 따라 일정한 전송선으로 간주하고 계산하였으므로 표 1의 (3) 또는 (4)의 결과와 동일할 것이고, 이는 부정확한 값이라고 생각된다. 따라서 본 논문에서는 식 (1-2)에 의한 특성 임피던스 결과들에 대해서만 언급하도록 하겠다.

그림 5에서 (a), (b) 그리고 (c)는 단면 상의 특성을 구한 것이고 (d)는 GTEM cell 전송 방향 길이의 관점에서 본 임피던스 변화량이다. 먼저 GTEM cell 단면 상에서는 $A/(B+D)$, A/W , t 그리고 $B/(B+D)$ 등을 변수로 GTEM cell의 특성 임피던스를 나타내고 있다. $A/(B+D)$ 가 커지면 동시에 상대적인 캐패시턴스 효과도 커지게 된다. 캐패시턴스와 특성 임피던스는 식 (6)으로부터 매질이 동일한 경우 반비례 관계를 가지므로 특성 임피던스 값은 떨어지게 된다. 그리고 A/W 값이 커지면 외부 도체와 내부 도체가 이루는 평판 면적 효과가 줄어들고, 따라서 캐패시턴스 값이 떨어져 임피던스는 커지게 된다. 그림 (b)에서는 셉텀 두께가 클수록 임피던스는 줄어들 것임을 미루어 알 수 있다. 이러한 단면 길이 변수에 대한 결과는 기존의 TEM cell의 특성 임피던스와 그 경향은 비슷하다.^[9, 10] 그러나 본 연구에서 얻은 중요한 결과는 그림 (d)로부터 GTEM cell의 임피던스 값 자체는 그것의 개방각에 의해 변화됨을 볼 수 있다. 즉, 동일한 단면 형태를 갖더라도 그림 1에 보이는 그 단면으로 부터 정점 P에 이르는 거리 R에 따라 임피던스는 수 Ω 에서 크게는 R이 단면을 이루는 길이 변수(A)에 비해 상대적으로 매우 짧은 경우 10 Ω 이상의 차를 가질 수 있다는 것이다.

III-4. 전계분포

GTEM cell의 개방각 20°에 대해 그림 1(b)의 ㉠-㉠ 단면에서의 각 전계 성분을 그림 6에서 나타낸다.

그림 6(b)는 GTEM cell내 전송파가 구형파이므로 그림 6(b)에서 셉텀에 가까울 수록 E_y 가 커짐을 알 수 있다. 그리고 이미 TEM cell내 전계 분포로부터 많이 알려졌다듯이 (a)와 (c)에서 E_x 는 셉텀 양 끝으로 갈수록 반대 방향을 가지면서 커지고 E_z 성분은

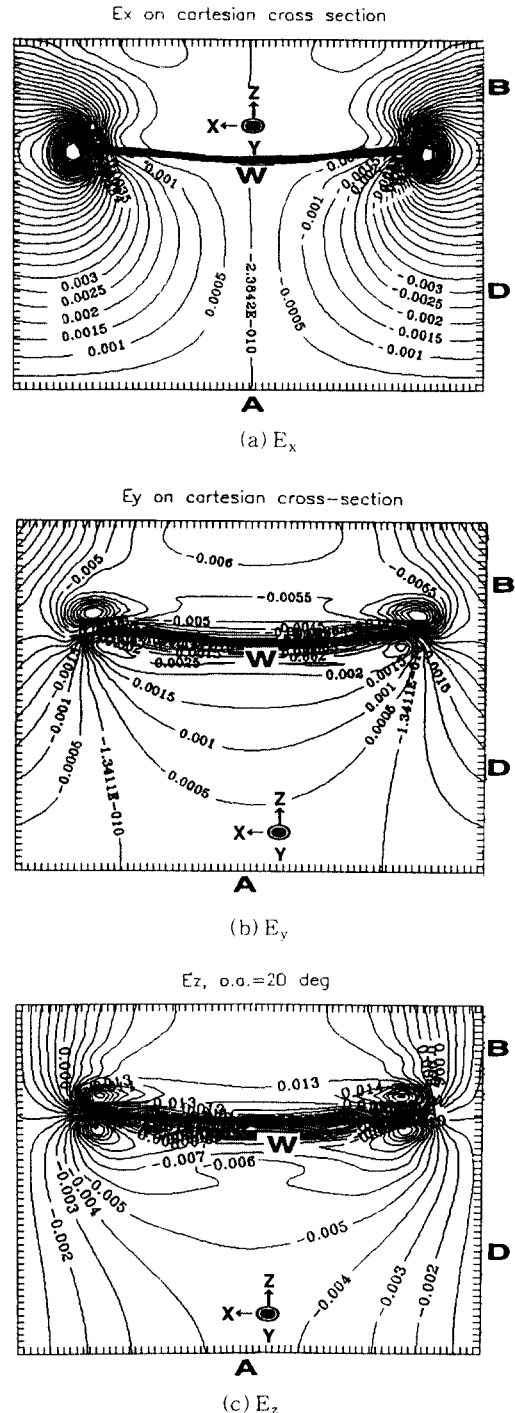


그림 6. GTEM cell의 단면에서의 전계 각 성분(V/m)
Fig 6. the Electric Field Components on the Cross-Section of GTEM cell(V/m)

셋톱에 가까와 지며 커지고, 또한 셋톱 위 영역이 셋톱 아래 영역보다 기리가 더 작으므로 더 큰 전계가 분포한다.

그림 7은 개방각에 따른 연직 방향 전계, E_z 의 균일도로서 (a)는 개방각이 0° 인 일반 전송선의 경우이고, (b), (c) 그리고 (d)는 각각 14.4° , 20° , 25° 의 개방각을 갖는 GTEM cell의 전계 균일 영역을 1 dB 단위로 나타낸 것이다. 각 그래프의 짐작 표시는 dB의 기준차가 되는 지점을 나타낸다. 이 결과에서 한 가지 흥미로운 사실은 개방각이 클수록 연직 전계의 균일 영역이 넓어짐을 관찰할 수 있다는 것이다. 그것은 미루어 짐작하건대 그림 6(c)에서 보는 바와 같이 셋톱에 가까울 수록 연직 전계 성분이 큰 값을 나

타낸다. 우리는 그림 1(b)와 같은 수직 단면에서의 전계분포를 원하므로 구면 상의 전계를 수직다면 상의 값으로 전환하게 되면 구형파의 전계는 R에 반비례하므로 멀어질수록 크기가 감소한다. 그리고 그림 8에서 나타내고 있듯이 z값이 클수록 수직 단면까지의 거리 차가 커지므로 동일한 구면 상의 전계값이 수직 단면 값으로 전환될때 z 좌표값이 작은 곳은 덜 감소하고 전계값이 큰 영역인 z 값이 큰 쪽은 많이 감소한다. 따라서 연직성분의 균일 전계영역은 넓어질 수가 있는 것이다. 그러나 이는 다른 성분은 배제하고 오직 연직 성분만 고려한 것이고 또한 개방각이 커지면 전송방향의 전계성분, E_v 가 커진다.

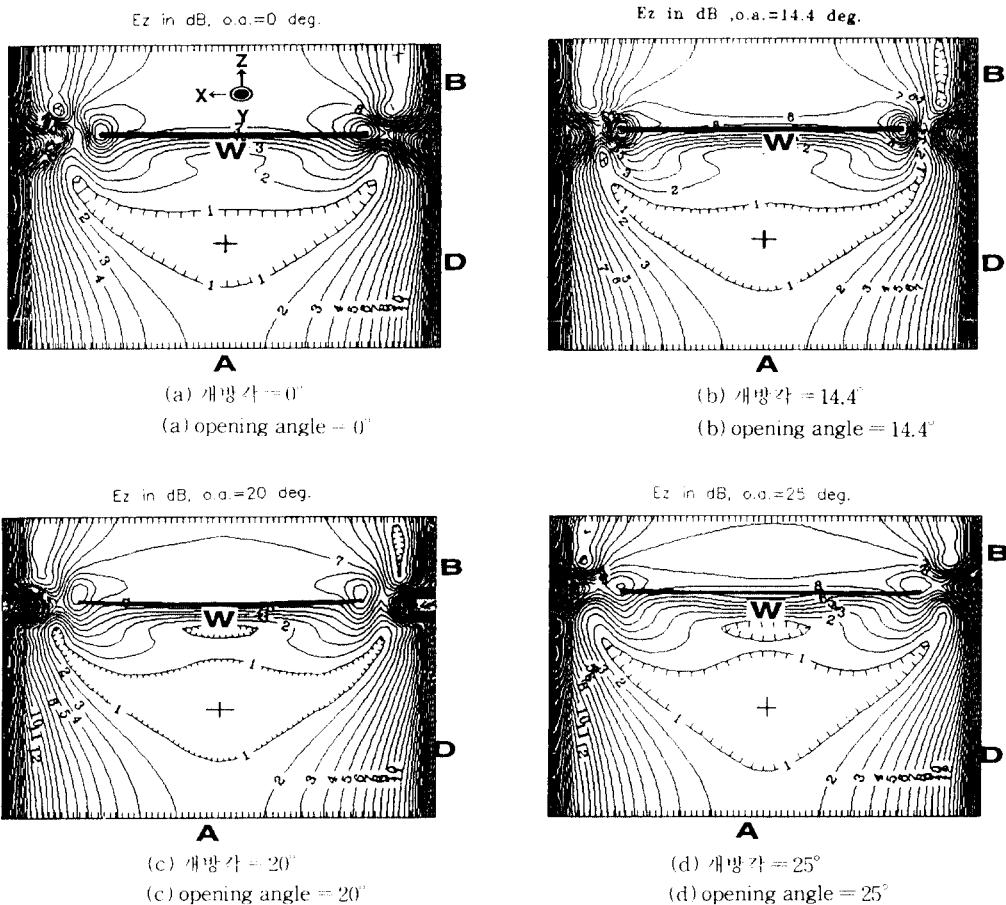


그림 7. 개방각에 따른 전계 E_z (dB)
Fig 7. the E_z with the variation of opening angle(dB)

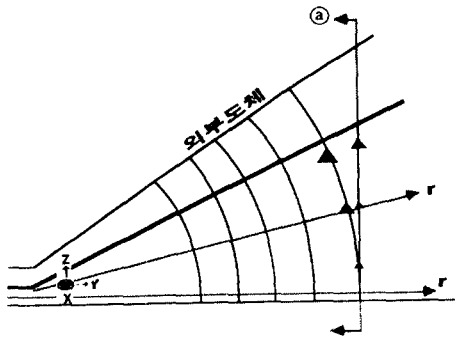


그림 8. GTEM cell 측면에서 본 전계의 도식화

IV. 결 론

GTEM cell과 TEM cell은 그 구조적인 차이로부터 후자는 평면파를 전파하고 전자는 구형파(球形波)를 전파한다. 본 논문은 이러한 특성의 이론적 해석에 관심을 갖고 먼저 본 방법의 정당성을 입증하고자 TEM cell에서 부분적으로 구형파를 형성하는 테이퍼 영역의 특성 임피던스를 해석하고 NIST의 실험치를 비롯한 기타 이론치들과 비교 분석하였다. 그리고 GTEM cell의 개방 각도를 포함한 다양한 단면 형태에 따른 특성 임피던스 구하여 차후 cell 설계·제작에 정확성을 기하도록 하였으며, GTEM cell 형태에 따른 전계분포의 균일도를 해석하여 EMI/S 시험시 피시험체가 놓이는 영역을 dB로 환산해보았다.

본 논문의 결과들로부터 GTEM cell 설계시 그 형태 변수(단면치수 및 개방각도)와 피시험체(EUT)가 차지하는 영역의 균일장 조성, 이 두 가지의 최적점(trade-off)을 설계자의 원하는 바에 따라 결정하는 것이 중요하다고 본다. 이 점에 좀더 자세히 기술한다면 다음 두 가지로 나누어 생각해 볼 수 있을 것이다. 첫째, cell 사용자가 원하는 분포 장(field)이 균일 평면파라면 측정시 자유공간으로 환원 알고리즘은 수학적으로 간단할 것이다. 그러나 그러기 위해서는 cell의 개방각이 되도록 작아야 오차는 줄어들 것이고^[6,8] 동일한 단면에 대해 상대적으로 길이가 긴(R 값이 큰) cell을 형성하므로 공간 활용도 측면에서는 단점으로 지적될 수 있다. 참고로 ABB Research Center에서는 cell의 개방각을 20° 정도로 설계하고 있다. 즉, 균일 평면파로부터 벗어나게 되는 오차는 어느정도 무시할 수 있는 한계 각도를 그들은 20°라고 보는 것이다. 두번째는 설계자가 작은 공간에서

넓은 시험영역 확보를 위해 개방각을 크게 설정한다면 전계 연직성분(E_z)의 균일 영역은 커지나 전파방향성분(E_y)이 커지게 되어 TEM cell에서와 같은 균일 평면파가 아닌 구형파를 형성하므로 그런 장(field) 조성에 맞는 환원 알고리즘을 새로이 개발한다면 매우 합리적인 EMI/S 측정 장비로서 역할을 할 수 있을 것이다.

앞으로는 GTEM cell의 내부 셉텀에 연결되는 50Ω 종단을 위한 저항체들로 이루어진 분포저항장하(distributed resistance load, distributed resistor board)에 대한 설계를 비롯하여 시험영역에 존재하는 구형파 및 고차모드들 간의 결합관계를 고려한 합리적인 고도 오차가 적은 EMI 측정 알고리즘 개발이 이루어져야 할 것이다.

참 고 문 헌

1. John D. Kraus, Electromagnetics, McGraw-Hill, Inc., 1984.
2. Lawrence N. Dworsky, Moden transmission line theory and applications, John Willy & Sons, Inc., 1979.
3. Brian C. Wadell, Transmission line design handbook, Artech House, Inc., 1991.
4. Myron L. Crawford, "Generation of Standard EM Fields Using TEM Transmission Cells," IEEE Trans. on EMC, vol. 16, No.4, 1974, pp 189-195.
5. Yasuhiro Danaka, Toshihisa Honma and Ikuo Kaji, "A Three-Dimensional Analysis of a TEM Cell Model by a Mixed Boundary Element Method," Department of Electrical Engineering, Faculty of Engineering, Hokaido University, Japan, EMC-16(4) : pp 189-195, 1974
6. D. Hansen, P. Wilson, D. Koenigstein and H. Schaer, "A Broadband Alternative EMC Test Chamber Based on a TEM Cell Anechoic Chamber Hybrid Concept," Proceedings of the 1989 Internatioanl Symposium on Electromagnetic Compatibility, Japan, Sep.
7. Don Weiss, "A Users Insight into Radiated Emission Testing with GTEM Cells," Proc. IEEE 1991 Nat. Symp. on EMC, pp. 157-162
8. P. Wilson, D. Hansen and D. Koenigstein,

- "Simultion Open Area Test Site Emission Measurements Based on Data obtained in a Novel Broadband TEM cell," Proc. IEEE 1989 Symp. on EMC pp 171-177
9. Tippet, Jhon Charles, "Model Characteristics of Rectangular Coaxial Transmission Line," University of Colorado at Boulder, PH.D., 1978
10. 윤재훈, 최익권, "모멘트법을 이용한 임의의 구형 내부도체를 갖는 TEM Cell의 특성분석," 한국통신학회지, 1990. 11.
11. Roberto De Leo, T. Rozzi, Carlo Svara and Leonardo Zappelli, "Rogorous Analysis of the GTEM Cell," IEEE Trans. on Microwave Theory and Techniques, vol. 39, No.3, pp 488-500, Mar. 1991.
12. S.K. Das and B.K. Sinha, "Numerical Solution of Higher Order Mode Cutoff Frequencies in Symmetric TEM cell Using Finite Element Method," IEEE Trans. EMC-32(4) pp.264-268, Nov. 1990.
13. 이애경, 이상희, 김정기, "고차모드로 인한 TEM cell의 대역 제한," 대한전자공학회 논문지 제 28 권 A권 제 11호, pp.12-19, 1991년 11월

李 愛 卿(Ae-Kyoung Lee)

정회원

1990년 2월 : 중앙대학교 전자공학과 학사

1992년 2월 : 중앙대학교 전자공학과 석사

1992년 2월 ~ : 한국전자통신연구소 전파공학연구소 연구원

梁 基 坤(Ki-Kon Yang)

정회원

1977년 8월 : 한국항공대학교 통신공학과(학사)

1992년 2월 : 한국항공대학교 통신정보공학과(석사)

1977년 ~ 1978년 : 외무부 외신과 근무

1978년 ~ 1984년 : 한국통신기술공사 과장

1984년 ~ 1985년 : 현대전자산업(주) 과장

1985년 ~ 현재 : 한국전자통신연구소 무선기술연구소 연구원