

임의의 입사파가 가해진 경우 시간 영역 적분방정식에서 V-안테나와
linear antenna에 대한 전류 분포 해석

박재범

김정기

중앙대학교 전자공학과

The distribution of V antenna and linear antenna in time-domain
integration equation by arbitrary incident

PAK JAE BUM
Dept. of Electronic

KIM JUNG KEE
YONG-SANG UNIV.

abstract

Integral equation in time domain is gained from maxwell equations When arbitrarily excitation is presented, characteristic curve helps to solve the current distribution on linea antenna and V antenna The current distribution of the integral equation is solved through numerical analysis and the moment method in numerical analysis is used.

1. 서 론

입사 전계에 대한 도체 해석은 그 도체에서 전류 분포를 구함으로써 입력 admittance, Power Pattern, scaftered field 등을 알 수 있으므로 전자장 이론 응용에 기초가 된다. 본 논문에서는 linear antenna와 V형 antenna에 대해 임의의 입사 전계가 가해졌을 경우의 전류 분포를 해석하였다.

안테나 해석에 관해 S.E.M(Singularity expansion method)을 사용하여 전류 분포를 계산하는 방법이 있다. 이는 시간 영역과 주파수 영역을 잇는 Fourier 변환 관계로부터 변환을 구하고 이 주파수 평면의 singularity로 response를 확장시켜 응답을 계산한다. 여기에서는 S.E.M과는 다른 방법으로 시간-공간영역에서의 미분방정식을 적분 방정식으로 변환하였다.

이들의 해를 구하는 때는 전자파와 도체에 대한 상호작용의 수식화 수치 해법에 의한 적분 방정식의 해석등의 두 부분으로 나누어 지는데 전자의 경우로써 도체의 전류 분포에 대한 수학적인 formu-

lation은 도체에서의 경계 조건과 Potential integral로 얻어진 적분 방정식이다.

후자의 수치 해법으로는 Moment Method, Finite Element Method 등을 들 수 있다. 이들 방법은 크게 두 가지로 구분되는데, 범 함수(functional)에 의한 Matrix 식으로의 직접적인 변환이 다른 하나이다.

전자는 주로 정의 구간이 유한하고 경계 조건이 주어진 경우에 대한 미분 방정식의 해석에 이용된다 있으며 적분 방정식의 해법에는 후자가 널리 사용된다.

본 논문에서는 후자의 대표적인 noment Method를 사용하였고 weighting function으로는 δ function을 사용함으로써 Simulationtime을 줄였다.

2. 본 론

Maxwell 방정식에서 적분 방정식을 유도해 보면

$$\mathbf{H} = \nabla \times \bar{\mathbf{A}} \quad (1)$$

$$\nabla \times \bar{\mathbf{H}} = \frac{\partial \bar{\mathbf{D}}}{\partial t} + \bar{\mathbf{J}} \quad (2)$$

$$\nabla \times \bar{\mathbf{E}} = -\frac{\partial \bar{\mathbf{B}}}{\partial t} \quad (3)$$

$$\bar{\nabla} \cdot \bar{\mathbf{E}} = \bar{\rho} + \bar{\nabla} \cdot \bar{\mathbf{D}} = 0 \quad (4)$$

이 된다.

여기서 Z-축을 따라 Antenna가 놓여 있다면 magnetic vector potential $A_z(z, t)$ 와 입사 전계 $E_{in}(Z, t)$ 의 관계식 (***)은

$$[\partial^2 A_z(z, t)] / \partial z^2 - c^{-2} [\partial^2 A_z(z, t)] / \partial t^2 = E_{in}(z, t) / \partial z^2 - c^{-2} [\partial^2 A_z(z, t)] / \partial t^2 \quad (5)$$

여기서 c와 e는 자기 광속과 절연 상수이다.

식 (11)을 식 (10)에 대입함으로써

$$\sum_n d_n \langle f_n \rangle = g \quad (12)$$

가 된다.

L range의 weighting function W_1, W_2, W_3, \dots 를 정의하고 W_m 과 식 (12)와 내적을 취하면

$$\sum d_n \langle W_m, Lf_n \rangle = \langle W_m, g \rangle \quad (13)$$

(m : 1, 2, 3, \dots)

이 되고

이 방정식들은

$$[\ell_{mn}] [\alpha_n] = [g_m] \quad (14)$$

여기서

$$\langle w_1, Lf_1 \rangle \langle w_1, Lf_2 \rangle \dots$$

$$\langle w_2, Lf_1 \rangle \langle w_2, Lf_2 \rangle \dots$$

$$[\ell_{mn}] = \begin{matrix} \alpha_1 & & \langle w_1, g \rangle \end{matrix} \quad (15)$$

$$[\alpha_n] = \alpha_2 \quad (16) \quad [g_m] = \langle w_2, g \rangle \quad (17)$$

으로 나타난다.

matrix (1)의 역 행렬을 구하고 이 값을 구하면

$$[\alpha_n] = [\ell_{nm}^{-1}] [g_m] \quad (18)$$

이 된다.

구하고자 하는 해 f는 식 (11)에서와 같이

$$f = [\tilde{f}_n] [\ell_{nm}] [g_m] \quad (19)$$

이 된다.

Moments method에서 basis function과 Weighting function을 어떻게 잡느냐에 따라 오차의 정도가 결정된다. 문제의 성격에 따라 다르겠지만 비교적 Weighting function과 basis function을 같게 취하는 Galerkin Method와 Weighting function을 S 함수를 취하는 point matching Method를 많이 사용하고 있다. 본 논문에서는 point matching Method의 경우로써 이중적분에 의한 계산 시간을 줄이기 위해 사용하였다. 그리고 basis function은 pulse function을 사용하였다.

식(9)를 수치 해석으로 풀기 위해서는 입사파를 결정해야 하는데, 입사파는 임의의 파형에서도 전류 분포를 구할 수 있겠으나 여기에서는 충격파를 사용하였다. 그 이유는 충격파의 입력에 출력 응답과 임의의 파형과 convolution을 취함으로써 임의의 파형의 출력을 알 수 있다는 회로 이론의 견지에서 사용되었다. Program 상에서 이상적인 충격파를 나타낼 수 없으므로 이와

유사한 Gaussian Impulse로 나타내었다.

$$\delta_g(t) = \exp[-a^2(t-t_{max})^2]$$

$$a : 1.5 \times 10^9$$

$$t_{max} : 1.43 \times 10^{-9} \text{ sec}$$

4. 결과 및 고찰

E-field 적분 방정식 식(9)를 Moment method에 적용하여 전류 분포를 구하였고, 또 sayre와 Harrington이 구한 H-field 미적분 방정식의 전류 분포와 비교하여 data와 그림으로 나타내었다.

전체 Segment 수는 22등분하였고 그중 11번째 segment에 대해 전류 분포를 구하였다.

그리고 그 결과가 잘 일치함을 알 수 있다.

Wire radius/L=0.00674 Source width=L/11 No. spatial segments=22 $E_s = \exp[-a^2(t-t_{max})^2]$ $a = 1.5 \times 10^9$ $t_{max} = 1.43 \times 10^{-9} \text{ sec}$		
TIME	H Field	E FIELD
1	3.5340498E-005	4.9317498E-005
2	9.5378578E-005	6.4857988E-005
3	2.3654738E-004	1.9487784E-004
4	4.2904787E-004	3.9509789E-004
5	6.4585763E-004	7.2022847E-004
6	1.7847567E-003	1.1787769E-003
7	1.6907985E-003	1.7307985E-003
8	2.3049856E-003	2.2749854E-003
9	2.7646597E-003	2.6885995E-003
10	2.8756401E-003	2.7804333E-003
11	2.7684323E-003	2.5267818E-003
12	1.9765326E-003	2.0244069E-003
13	1.2783421E-003	1.3383495E-003
14	8.7635466E-004	6.5705219E-004
15	1.0768436E-004	-1.093575E-004

Table 1 Linear Antenna에 대한 H-field와 E-field 전류값

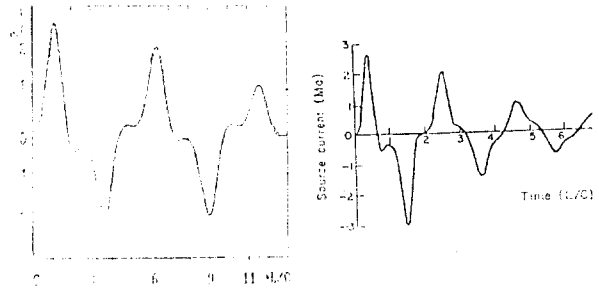


Figure 2 Linear Antenna에 대한 전류 변화 비교

No of spatial segments = 29
 $V = \exp[-a^2(t-t_0)^2]$
 $a = 1.5 \times 10^9$
 $t_0 = 1.43 \times 10^{-9}$ sec



Time	H-field	E-field
1	5.6507274E-005	5.6697274E-005
2	7.3876984E-005	8.6976627E-005
3	1.9890157E-004	2.118451E-004
4	3.8984012E-004	4.2103960E-004
5	7.4769141E-004	7.6674180E-004
6	1.1860857E-003	1.2464779E-003
7	1.8039447E-003	1.8139091E-003
8	2.3597781E-003	2.3748837E-003
9	2.7639917E-003	2.7675422E-003
10	2.8654226E-003	2.8507754E-003
11	2.5902282E-003	2.5925542E-003
12	1.988921E-003	2.0402626E-003
13	1.3206138E-003	1.3228647E-003
14	5.6432421E-004	6.3675932E-004
15	6.7456765E-005	8.9398065E-005
16	-4.2514475E-004	-2.5915975E-004

Table 2 V antenna에 대한 H-field와 E-field 전류값

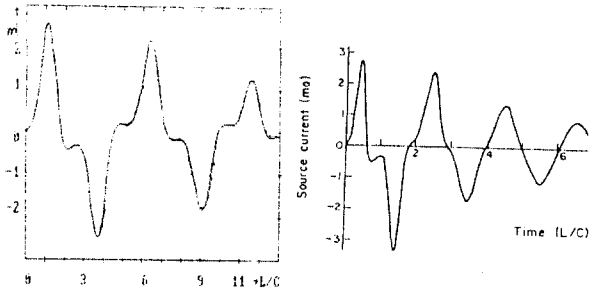


Fig. 3 V antenna에 대한 전류 변화 비교

5. 결 론

시간-공간 영역의 적분 방정식은 sayre와 Harrington이 구한 미적분 방정식에 비해 수치 해석이 쉬워짐을 알 수 있다.

그리고 전류 분포가 일치함도 알 수 있다.

그리고 characteristic curve를 사용하여 물리적 특성을 이해하는데 도움을 줌을 알 수 있다.

또 임의의 입사파 해석이 특별한 경우에만 한정되어 있는데 이 범위의 확장 연구가 필요하다 하겠다.

REFERENCE

1. Bennett, C.L., and A.M.Auckenthaler (1971), Transient and time domain solutions for antenna and scatterers, IEEE Int. Conv. Dig., 1971, 624-625
2. Brannin, F.H., Jr (1967), Transient analysis of lossless transmission lines, Proc. IEEE, 55, 2012-2013
3. FANFANIC M. TRICHE, "On the analysis of scattering and antenna problems using the singularity Expansion technique", IEEE vol. AP-21, No.1, 1973
4. LENNART MARIN, "Natural-mode representation of transient scattering from rotationally symmetric bodies", IEEE vol. AP-22, No. 2, March 1974
5. G. Krotzowich and G. Aklonis, "Functional analysis of N-point spaces", D.E.Brown, trans. Oxford; Pergamon, 1967, pp. 580-587
6. J.A. STRATTON, "Electromagnetic theory", MACGR-AW Hill, New York, 1941
7. Courant, R., and D. Hilbert (1952), Methods of Mathematical physics vol.2, pp. 62-81, Macmillan, New York