A 4

2차원 개 영역 교류자장 문제의 유한요소 해석

강원대학교 김 원범* 정 현교
서울대학교 고 창섭 한 송엽

2-D Finite-element analysis for open boundary alternating magnetic field problem.

Kangweon National University W.B. Kim* H.K. Jung
Seoul National University C.S. Koh S.Y. Hahn

1. 서 론

지금까지 개 영역 자장해석에 있어서 수치해석법으로 유한요소법이 많이 적용되어져 왔으나 임의의 폐 경계 설정에 따른 계산오차, 폐 경계 설정기준의 불분명, 컴퓨터 기억용량의 대용량화, 그리고 많은 계산시간의 소요 등 어려운 문제점들이 발생하게 된다. 그러므로 개 영역 문제를 보다 효율적으로 다룰수 있는 방법으로 국부범함수를 이용하여 무한영역의 정보를 유한영역의 경계적분으로 치환시켜 해석함으로써 유한요소법에 의한 해석시 발생하는 단점들을 극복하고 보다 더 정확한 해를 얻을 수 있다.

2. 기본이론

교류자장 문제의 지배방정식은 맥스웰 방정식과 몇개의 보조 관계식들로 부터 유도하면 2차원 문제에서

$$\nabla^2 A = -\mu J_s + jw\mu\sigma A \tag{1}$$

와 같은 스칼라 편미분 방정식으로 바뀌게 된다. 여기서 J_s와 A는 각각 자계원 및 자기벡터포텐셜이다. 그리고 전체 계산영역을 유한요소법을 적용시키는 영역 R_1과 고유함수로써 자기포텐셜을 근사화 시키는 영역 R_2로 나누고 각 영역에서의 포텐셜을 각각 A_1, A_2 라고 하면 지배방정식은

영역 R_1에서 , $\nabla^2 A_1 = -\mu_1 J_s + jw\mu_1\sigma A_1$ (2)

영역 R_2에서, $\nabla^2 A_2 = 0$ (3)

와 같이 된다. 그리고 두 영역의 공유 경계 Γ 에서는 자계의 연속조건들로 부터

$$A_1 = A_2 \tag{4}$$

$$\frac{1}{\mu_1}\frac{\partial A_1}{\partial n_1} = -\frac{1}{\mu_2}\frac{\partial A_2}{\partial n_2} \tag{5}$$

의 경계조건을 갖게 된다. 여기서 μ_1,μ_2는 각 영역의 투자율이고 n_1,n_2는 각 영역으로 부터의 외향 단위 법선벡터를 나타낸다.

식(2),(3),(4)와(5)를 이용하여 범함수π를 구하면

$$\pi = \int_{R_1} \left[\frac{1}{2} V_1(\nabla A_1)^2 + j\frac{w\sigma}{2} A_1^2 + J_s A_1\right] dR + \int_\Gamma \left[V_2 A_{2n}\left(A_1 - \frac{1}{2} A_2\right)\right] d\Gamma \tag{6}$$

로 얻어진다. 식 (6)은 무한 계산영역중 유한요소영역인 R_1만에 대한 범함수인 국부 범함수(Localized Function) 가 된다.

3. 사례연구

그림1,2는 국부범함수를 사용한 알고리즘을 균일 교류자장 내에 구도체가 존재하는 모델에 적용시켜 그 결과를 해석적인 해 및 기존의 유한요소법의 결과와 공유경계면 상에서 비교한 것으로서 각각 벡터포텐셜의 실수부와 허수부를 그린것이다.실수부의 경우 두 결과가 모두 해석적인 해와 잘 일치하고 있으나 허수부의 경우는 기존 유한요소법에 의한 결과는 많은 오차를 포함하고 있는 것을 볼 수 있다.

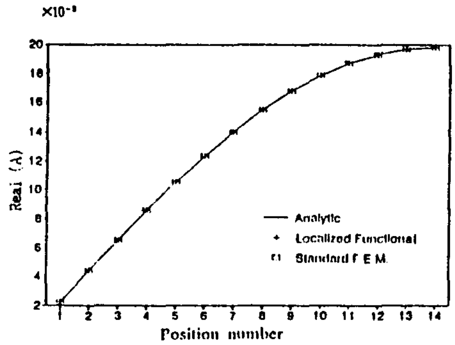

Fig.1. Comparison of Real part of vector potentials on boundary Γ

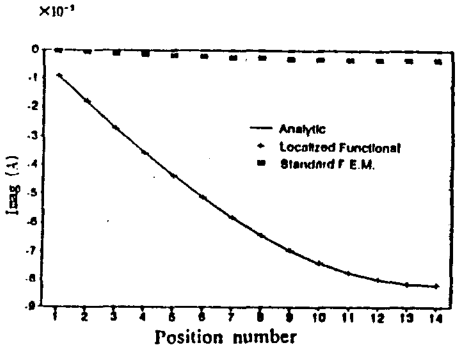

Fig.1. Comparison of Imaginary part of vector potentials on boundary Γ

4. 결 론

2차원 개 영역 교류자장 수치해석을 위해 벡터포텐셜을 사용하여 유도된 국부범함수를 이용한 새로운 변분법을 제시하였다. 본 방법을 사용함으로써 같은 계산 노력하에서 기존 유한요소법보다 매우 정확한 결과를 얻을 수 있었다. 따라서 본 방법은 2차원 개 영역 교류자장 문제해석에 유력한 수법이 될 것으로 사료되며 3차원 문제에도 확장 적용시킬 수 있도록 더욱 연구되어 져야 할 것이다.

5. 참고문헌

[1] A. Trokov and W.L. Wood, International Journal for Numerical Methods in Engineering, 15(1), 1083(1980).

[2] I.H. Kim, H.K.Jung, G.S. Lee, and S.Y. Hahn, Tournal of Applied Physics, 53, 8372(1982).

[3] H,K.Jung, G.S. Lee, and S.Y. Hahn, Journal of Applied Physics,56(5), 2201 (1984).

[4] H,K. Jung, G.S. Lee, and S.Y. Hahn, IEEE Trans. on Magnetics, 21(5), 2118 (1985).

[5] H,K. Jung, G.S. Lee, and S.Y. Hahn, IEEE Trans. on Magnetics, 21(6), 2196 (1985).