

전자장 해석 프로그램 개발

이정중, 홍정표, 이주*, 김와성*, 이희춘**
 창원대학교 전기공학과, 한양대학교 전기공학과*, 씨엠에스테크놀로지**

Development of Program Package for Electromagnetic Field Analysis

Jung-Jong Lee, Jung-Pyo Hong, Ju Lee*, Wa-Sung Kim*, Hee-Choon Lee**
 Dept. of Electrical Engineering, Chang-won Univ. Han-yang Univ.*, CMS Technologies,Inc.**

Abstract - This paper introduce of program package for the numerical analysis of Electromagnetic field analysis using Finite Element Method, called Electro Magnetic Field(EMF). This software tool is developed by Changwon Nat'l Univ. cooperative with Hanyang Univ. and produced on a commercial scale. EMF has a simple, easy to use graphical interface which steps user through th problem setup, high accurate solution, and fast computation.

해석을 실행하는 Solver, 그리고 힘, 자속밀도 등 각종 파라미터를 확인하는 PostView로 구성되어 있다.

2.2 프로그램의 개발 및 사용 환경

프로그램은 사용자 중심의 인터페이스를 구성하기 위하여 Visual C++(MFC)언어와 Borland C++ builder로 개발되었다. 프로그램을 설치하기 위한 사용 환경은 Microsoft Windows 95/98/2000, 펜티엄 PC, 주 메모리 16MB 이상이다.

1. 서 론

전기적 에너지를 기계적 에너지로 변화시켜주는 각종 전기기기의 설계를 위한 전자장 해석 분야는 크게 등가 회로적인 방법과 수치 해석적인 방법이 쓰이고 있다. 등가회로적인 방법은 기기의 형상이 복잡하면 적용하기가 쉽지 않으며 해석모델의 비선형성을 고려하기가 어렵고 해의 정확성을 얻기가 어려운 반면 수치 해석적인 방법은 등가회로적인 단점을 보완 할 수 있으며, 특히 공극 자속밀도, 힘 등의 분포적인 특성해석이 가능하고 해의 정밀도가 높은 장점을 가지고 있다. 따라서 실제 제품을 생산할 경우 실제 제품을 제작하여 실험으로 특성을 알아내지 않더라도, 수치해석적인 방법으로 기기의 특성을 알 수 있어 많은 시간과 비용을 줄일 수 있다 [1,2].

본 논문에서 발표할 E.M.F 프로그램은 창원대학교 전기공학과 한양대학교 전자전기공학부, CMS Technologies, Inc.에서 공동으로 개발한 제품으로 전자장 및 열해석 Software이다. E.M.F 프로그램은 전력용기기, 자성소자 및 각종 모터를 포함한 전자 에너지 변환기기의 특성을 해석하기 위하여 유한요소법을 사용한 2차원 수치해석 프로그램이다. 사용자 운영중심에 초점을 맞추어 사용자가 쉽게 조작하여 해석결과를 얻을 수 있도록 개발된 전문 해석용 tool이다. E.M.F 프로그램에서는 대형 상용 프로그램들이 가지고 있는 복잡성을 해소하기 위하여 최소한의 기능만을 부여하여 편의성을 높였으며 user별로 원하는 답을 쉽게 얻을 수 있도록 S/W를 재구성하는 가변구조 체계를 갖고 있다.

본 논문에서는 E.M.F 전자장 해석 프로그램의 주요 기능과 특징을 소개하였다.

2. 본 론

2.1 EMF 프로그램의 전체 구성

일반적인 수치해석 프로그램은 크게 3 단계로 나뉘어진다. 수치연산의 실행 전 단계까지를 Pre-processor라고 하고 수치연산을 실행하는 Solver와 결과를 확인하는 Post-processor로 구성된다. 개발된 EMF프로그램은 Geometry model 을 생성 할 수 있는 Modeler 프로그램을 내장하고 있으며, 재질 정수입력과 요소분할을 실행하는 Pre-processor 단계인 PreView, 각종 풀이 방법 및 BH-curve 생성, BH-curve를 이용한 비선형

2.3 Geometry 생성 프로그램(Modeler)

Geometry 생성프로그램(이하Modeler)은 상용 CA-D프로그램과 사용방법이 유사하고 각종 Edit 기능이 포함되어 있다. 공학에서 많이 쓰이는 dxf 확장자를 사용할 수 있어 타 프로그램과의 호환이 용이하다.

E.M.F 전용 Modeler로 쉽게 활용 할 수 있다. 그림 1은 Modeler 화면을 보여준다.

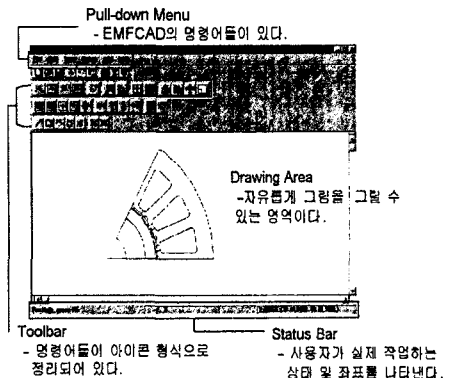


그림 1 Geometry Modeler

2.4 Pre-processor(PreView)

PreView에서는 재질정수입력, 경계조건설정, 자동으로 소분할 과정을 수행한다. 유한요소법에 관한 전문 지식이 부족한 초보자라도 재질정수, 경계조건 그리고 외부 전원 등을 간단한 입력조작에 의해 쉽게 수행할 수 있다.

2.4.1 영역 재질 입력

영역의 재질 입력은 선택한 영역의 투자율, 도전율, 전류가 흐르는 도선일 경우에는 전류의 크기와 위상, 영구자석일 경우에는 잔류자속밀도 B_r 과 자화방향을 입력한다. 철심일 경우에는 철심의 종류를 선택하면, 비선형 해석시 철심의 포화를 고려 할 수 있다. 재질 입력시

정전계와 정자계, 시변자계가 각각 다르게 창이 나타나므로 사용자 입력 오류를 줄였다. 그림 2은 BLDC (Brushless DC motor)의 재질을 설정한 화면이다.

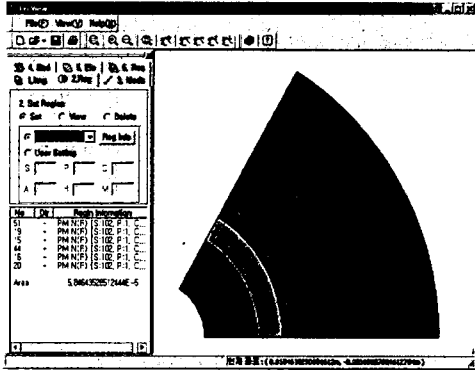


그림 2 재질입력메뉴의 전체화면

2.4.2. 선과 호에 대한 노드 개수 정의

자동요소분할 과정을 실행하기 전에 각 선과 호에 노드의 개수와 분할 비율을 설정한다. 노드의 분할은 요소 분할의 초기 분할을 설정하는데 이 과정으로써 사용자는 원하는 크기의 요소를 생성시킬 수 있다.

2.4.3. 경계조건(Boundary condition)설정

경계조건의 설정은 고정경계조건과 주기경계조건으로 주어지는데 사용자는 원하는 사항으로 선을 선택하면 경계조건은 간단하게 입력된다. 그림 4는 주기경계조건을 설정한 화면이다.

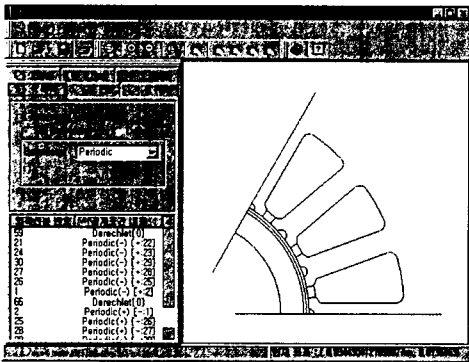


그림 3 경계조건 설정 화면

2.4.4 자동요소분할(Auto Mesh Generation)

유한요소해석을 위하여 영역을 분할한다. 본 프로그램에서는 삼각요소를 사용하였다. 요소분할과정에서 선과 호에 설정한 절점이 초기 노드로 설정된다. 그림 4는 영역을 삼각요소로 나눈 화면으로 좌측에 창은 각 요소의 절점 좌표를 나타낸다.

2.4.5 요소의 결과보기

결과 창에서는 PreView에서 실행한 모든 사항을 확인할 수 있다. 요소의 정확한 생성과 재질정보, 경계조건 등을 확인한다. 여기서 Mesh 가 원하는 형태로 나오지 않았다면 원하는 선에 절점을 추가하여 자동 요소 분할을 실행한다.

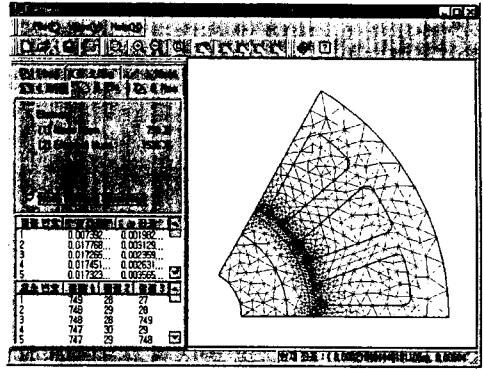


그림 4 요소분할 화면

2.5 Solver

정전계, 정자계, 시변자계, 과도상태 및 3차원 축대칭과 같은 전자기 시스템에서 일어나는 제반 현상에 관한 다양한 분야에 적용할 수 있도록 Solver를 갖추고 있다. 또한 Coupled 문제 중에서 Thermal field의 정상상태와 과도상태 해석이 가능하다. 그림 5는 Solver 모델 설정단계를 보여주고 있다. Option에서 선형해석과 비선형 해석을 설정하게 되어 있다. 비선형 해석일 경우 절심재질에 따른 포화를 고려하게 된다.

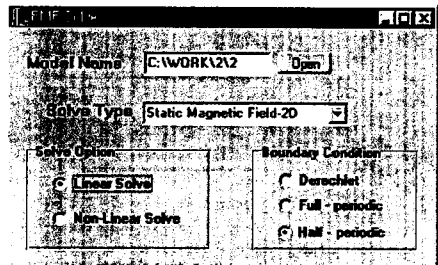


그림 5 Solver 설정화면

해석 가능한 문제 유형은 다음과 같다.

- ① Electrostatics, 3-D Axis
- ② Magneto-statics(Vector potential), 3-D Axis
- ③ Magneto-statics(Scalar potential), 3-D Axis
- ④ Time-Harmonics, 3-D Axis
- ⑤ Steady state thermal
- ⑥ Transient magnetic
- ⑦ Transient thermal

2.5.1 동특성 해석

매 시간 스텝마다 상대적으로 이동하는 해석모델의 경우 Moving line technique을 이용하여 해석 영역을 재분할하지 않고 가동부의 이동을 고려하여 해석시간을 단축하고 연속적인 현상의 해석결과를 얻을 수 있다.

2.5.2 B-H 특성 Library

상용으로 시판되는 구조강판 및 자성재료에 대한 자기적 특성에 관한 데이터를 내장하여 비선형 해석시 유용하게 사용될 수 있도록 하였다.

2.5.3 B-H Curve Drawing Tool

User가 사용하고자 하는 자성재료의 자기포화특성을 이 tool을 사용하여 쉽게 시각화하여 데이터 베이스로

관리 할 수 있으며 데이터를 변환하여 E.M.F를 사용한 비선형 해석에 사용한다.

2.5.4 포화특성곡선

E.M.F 프로그램을 이용하여 비선형 해석을 하기 위한 자성재료의 자기포화특성 데이터를 제공하고 있다. 또한 이러한 B-H 곡선을 쉽게 그래프화하여 해석에 이용할 수 있고 재질에 대한 데이터 베이스를 구성할 수 있다.

2.6 Post-processor(PostView)

PostView에서는 Solver에서 구한 해로 힘, 자속밀도, 에너지 등 각종 파라미터를 알 수 있으며 간편하게 조작 가능하다. 다양한 결과를 효율적으로 도시하여 고찰이 가능하도록 하였다. 결과 화면의 아이콘과 메뉴에서 원하는 항목을 선택함으로써 여러 형태의 해석결과를 쉽게 볼 수 있다.

2.6.1 등포텐셜 분포도

등포텐셜은 자계 해석일 경우 자속의 흐름을 알 수 있고, 전계 해석의 경우에는 전계의 흐름을 알 수 있다. 그림 6은 해석된 정자계 모델의 등포텐셜을 연결한 등포텐셜 분포를 나타낸다.

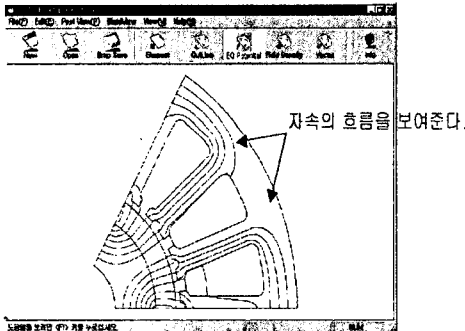


그림 6 등포텐셜을 연결한 자속선

2.6.2 Field Density 보기

정자계와 시변자계로 해석했을 경우 Field Density는 자속밀도분포를 나타내고 정전계에서 해석했을 경우 전계의 세기를 나타낸다. 또한 마우스로 해석 영역에 클릭하여 국부적 위치에서의 포화상태를 확인 할 수 있다. 그림 7은 해석된 BLDC의 자속밀도를 보여준다.



그림 7 자속밀도

2.6.3 Field Vector Display

자속밀도 또는 전계를 크기와 방향으로 나타낸다. 자속의 흐름을 쉽게 알 수 있다. 그림 8은 크기와 방향으로 나타낸 자속을 보여준다.

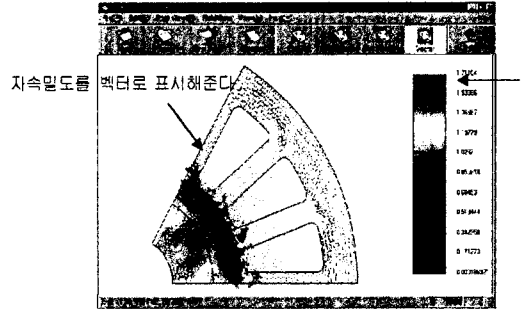


그림 8 Vector Field Display

2.6.4 자속밀도와 힘의 X-Y Plotting

자속밀도와 힘을 X-Y 그래프로 나타낸다. 마우스로 선이나 호를 그리거나 키보드로 입력하면 그림 10과 같이 힘 또는 자속 밀도 등을 알 수 있다.

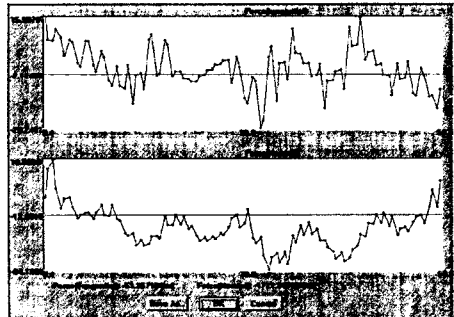


그림 10 Force Distribution

3. 결 론

본 논문에서는 상용 전자장 해석프로그램으로 윈도우 기반의 E.M.F 전자장해석 프로그램을 소개하였으며 한 정된 지면을 빌어 주요 기능과 특성을 기술하였다. 현재 E.M.F 프로그램은 실제 제품을 개발하는 일부 회사에서 유용하게 사용되고 있다. 아직 미흡한 점이 많이 산적해 있으나 외국의 상용프로그램들에 비교하여 사용자의 편리성과 프로그램의 성능에서 뒤지지 않으리라 사료되며, 앞으로 3차원 기능의 추가와 사용자 중심에 맞추어 점차적으로 개선할 계획이다. 국내 전자장 및 전동기 설계 S/W 산업에 조금이나마 보탬이 되었으면 하며 끝으로 본 제품이 개발되기까지 많은 기술적 지원을 해주신 CMS Technologies, Inc.의 관계자 분께 감사드립니다.

(참 고 문 헌)

- [1] 이기식, 황은식 "전자장 현상의 이해를 위한 컴퓨터 프로그램 개발" 대한전기학회 춘계학술대회 논문지, pp.41-43, 1999
- [2] 이중호 "전자장수치해석 상용용 소프트웨어의 소개", 전기학회지 Vol.49, No. 5 pp.39-42, 2000