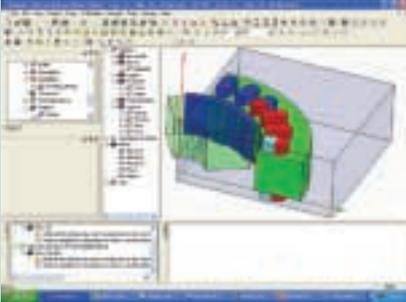


# Maxwell<sup>®</sup> 2D / Maxwell<sup>®</sup> 3D

## Powerful Simulation Software for Electromagnetic and Electromechanical Analysis

### Electromechanical 설계용 전자장 해석 소프트웨어



Maxwell 2D / Maxwell 3D는 모터나 Magnetic Head 등을 기본으로 하는 각종 Electromechanical한 제품개발을 위한 설계 지원 툴입니다. 전자장을 해석하고 전계강도나 자속밀도를 산출하는 것으로 어떻게 대처해야 하는지 시각적으로 판단할 수가 있습니다. 또한 힘이나 토크 같은 Parameter 계산 능력으로 실측치와의 수치적인 비교평가도 가능해 집니다. Adaptive Auto Mesh기능을 보유하는 유한요소법 해석의 채용으로 시제작 비용 및 설계, 시간의 대폭적인 단축을 실현합니다.

#### 해석대상

각종모터(회전형 모터, 리니어 모터)  
 슬레노이드(AC, DC)  
 변압기(Toroidal, Ballast, Ferrite Core)  
 자기 기록 장치(HDD용 head, VTR head)

액츄에이터  
 센서(Hall sensor, VR sensor, flaw sensor)  
 차단기(AC circuit breaker)  
 기타(각종 영구자석, MEMS)

#### 주요특징

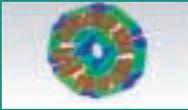
##### Maxwell 2D/3D 구성

- 2D / 3D Electrostatic (정전장 해석)
- 2D / 3D DC Magnetostatic (정자장 해석)
- 2D / 3D Eddy Current (교류자장 해석)
- 2D / 3D Transient(과도 해석)
- 2D / 3D Thermal(열연계 해석)
- 2D / 3D Parametrics(파라메트릭 해석)
- 등가회로 생성 (Simplorer, Maxwell Spice)
- Schematic Capture

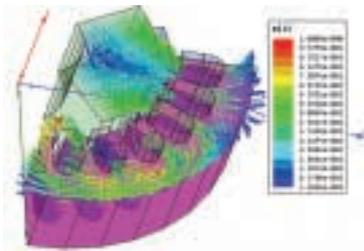
- 재료특성 데이터베이스(임의재료 추가가능)
- 전자력, 토크, LCR의계산
- 전장, 자장분포
- 벡터 표시, 벡터 연산 기능
- Pre, Post 일체형
- 등가 회로 연계
- 직접법, ICCG법 솔버
- 2차변 요소
- 감자점의 산출 기능
- 투자율 보존 기능

#### Maxwell EM 3D v11 New Features



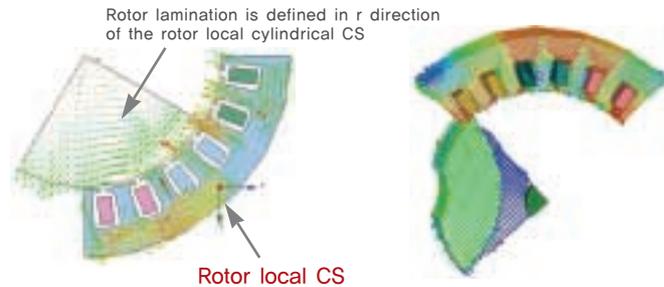


Dynamic demagnetization



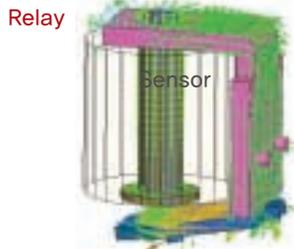
< B Field in rotor and stator >

General 3D non-linear anisotropy and nonlinear lamination support

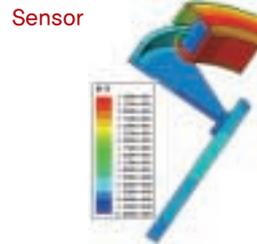


< B plot of magnetic reluctance motor & Flux Density Plot >

More motion types in 3D transient

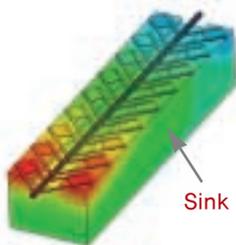


< Non-cylindrical rotation for relay, DC contactor, circuit breaker applications >

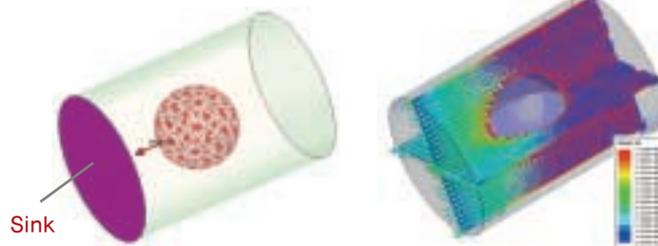


< Allows general moving bands with different radii for rotational motion >

New Electrostatic Solution



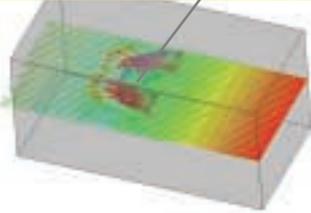
< Fishbone Structure and Sink Concept >



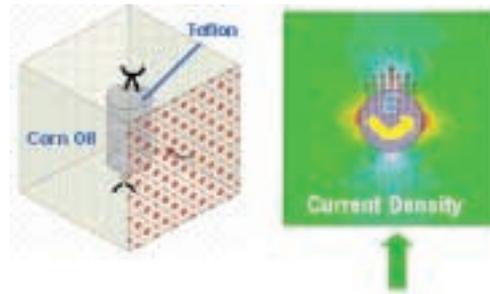
< Current Terminals on Arbitrary Surface >

# Powerful Simulation Software for Electromagnetic and Electromechanical Analysis

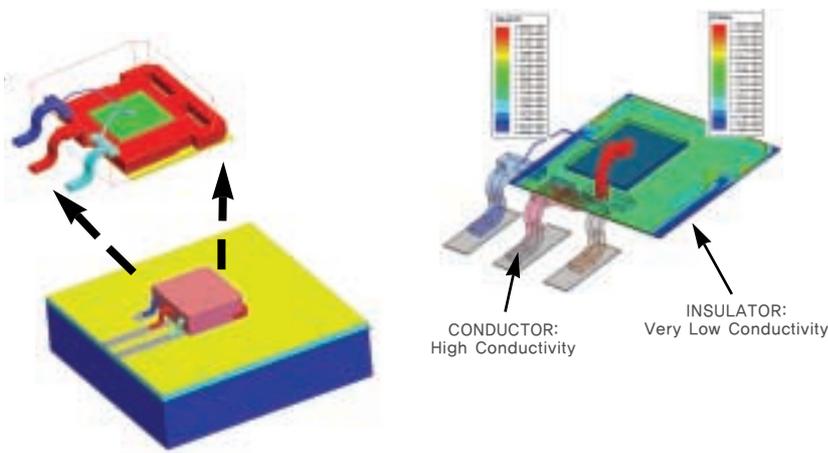
$$\begin{bmatrix} \sigma_{rr}(r,\varphi,z) & 0 & 0 \\ 0 & \sigma_{\varphi\varphi}(r,\varphi,z) & 0 \\ 0 & 0 & \sigma_{zz}(r,\varphi,z) \end{bmatrix}$$



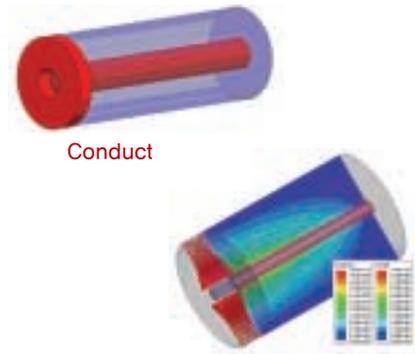
< Spatially Varying Anisotropic Conductivity >



< Rotor in Insulating Material >



< Efficient Solution of Problems with Wide Conductivity Range >



< E field in both conductor and insulator >

## Adaptive Auto Mesh(2D/3D)

Maxwell EM시리즈는 해석방법으로 유한요소법을 사용하고 있으며, Adaptive Auto Mesh를 이용한 유한요소법을 채택하여, 전자기학 및 수치해석의 지식과 경험이 필요로 하는 Mesh 생성으로부터 사용자를 해방시킵니다. 해석정도에 대해 목표치를 설정함으로써 해석 목표에 도달 할 수 있도록 반복계산을 하여 자동적

으로 Mesh를 재분할 합니다.

그 결과, 자기적인 에너지변화가 격심한 부분에는 상세한 Mesh를 만들고 변화가 약한부분에는 커다란 Mesh를 만들게 됩니다. 또한, 수동으로 분할이 어렵다고하는 스쿠형상의 Adaptive Auto Mesh의 적응도 가능합니다.

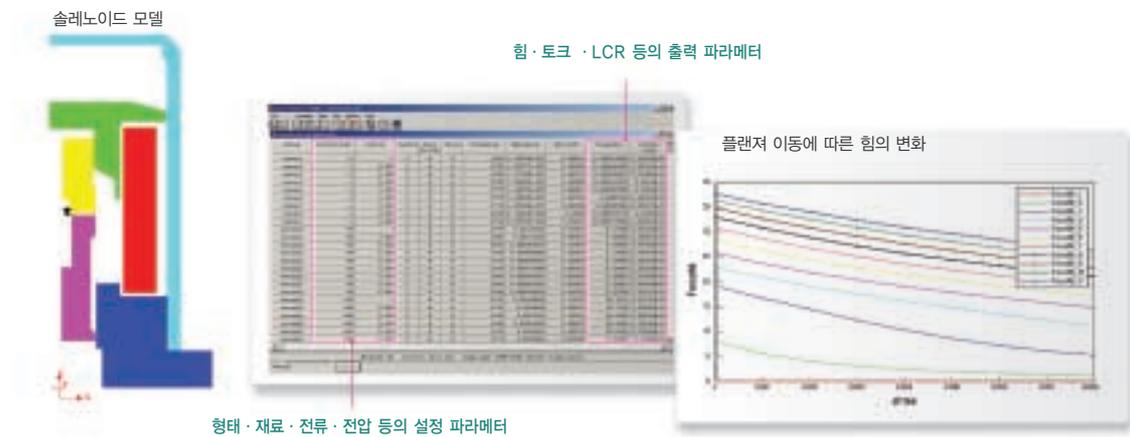


## 파라메트릭 자동 해석 기능

파라메트릭 자동해석 기능은 형상, 재료특성, 전류, 전압등의 패턴을 파라미터 수로 설정, 결과를 파라메트릭 테이블로 출력합니다.

파라메트릭 테이블 스텝에서의 각 계산은 Adaptive Auto Mesh에서 자동계산 됩니다.

파라메트릭 · 테이블



# Powerful Simulation Software for Electromagnetic and Electromechanical Analysis

회로시뮬레이터와 전자장 해석 툴을 통합한 시뮬레이션 툴

## 시스템 회로 & EM Co-Simulation

Electronics 제품 설계에는 디바이스 각단의 전자장해석 뿐만이 아니라 실제로 디바이스를 가동하여 만든 특성의 검토가 필요 합니다. 등가회로 생성기능은 회로 시뮬레이터와의 링크로 인하여 과도회로 해석을 가능하게 합니다.

### 등가회로생성

파라메트릭 자동작성기능으로 작성된 파라미터를 회로 시뮬레이터로 사용할 수 있는 등가회로로 교체할 수가 있습니다. 회로 시뮬레이터에서 과도해석을 가능하게 합니다. 자원시뮬레이터 : Simplorer, Ansoft Spice

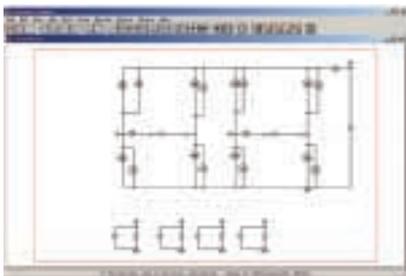
### 등가회로 생성화면



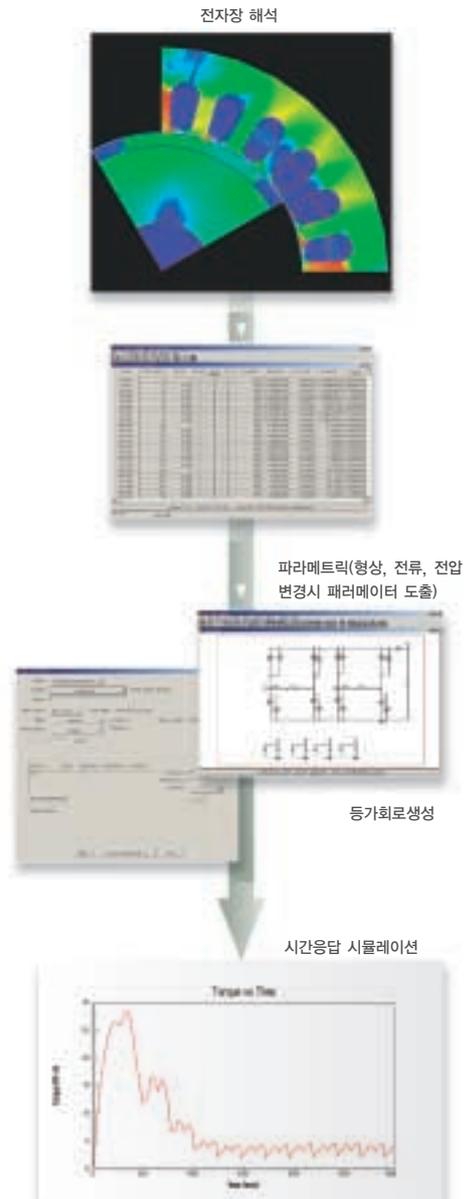
### Ansoft Spice

Ansoft Spice는 Maxwell 2D/Maxwell 3D에 표준 장착 되어있는 회로 시뮬레이터 입니다. 등가회로 생성기능으로 작성된 파라미터를 인식하여, 상세한 자기 디바이스의 특성을 고려한 회로 시뮬레이션을 실행합니다.

### 회로입력화면



### 과도해석의 절차, 순서



- 응용분야
  - 변압기
  - 솔레노이드
  - 회전형센서
  - 모터
  - 기타

## 과도해석

Maxwell 2D와 Maxwell 3D는 같은 기능을 보유, 전원소로서 임의파형(삼각파, 단구형파 등)의 전류, 전압설정이 가능합니다. 해석결과에는 시간축에 대한 각종특성(토크, 힘등)을 고정밀도로 산출합니다.

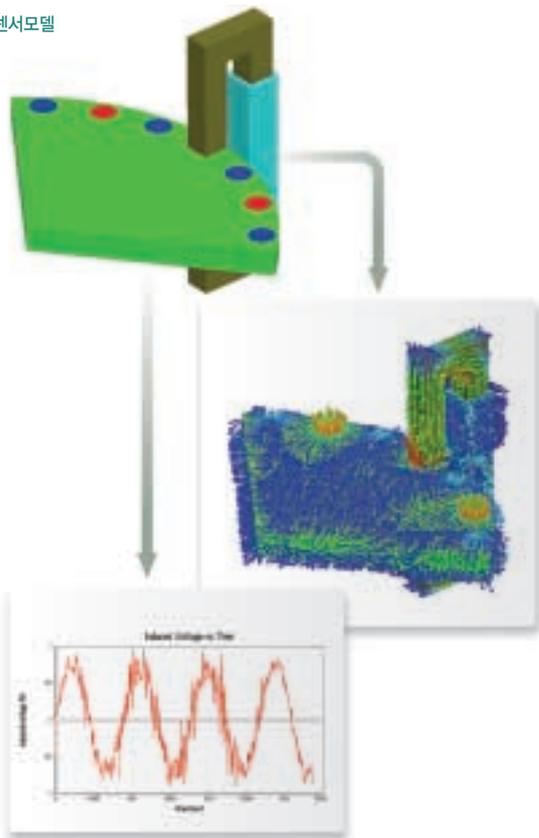
### 기능개요(1) [설정]

- 구형파, 삼각파등 임의전류파형 입력
- 전기계, 기계계 외부회로의 접속

### 기능개요(2) [결과]

- 시간변화에 의한 토크
- 시간변화에 의한 힘
- 시간변화에 의한 자장
- Power loss
- 유도 전류
- 기타

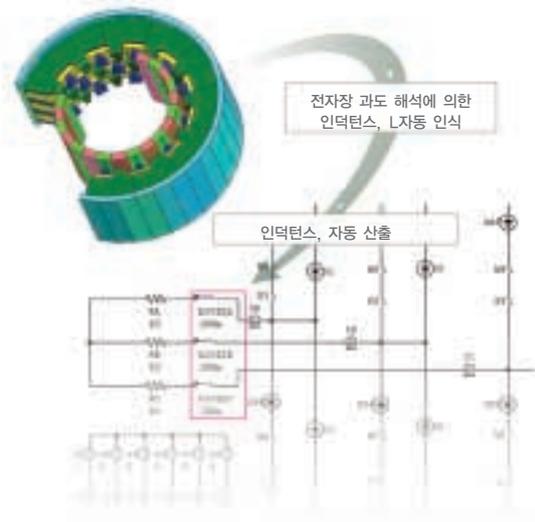
센서모델



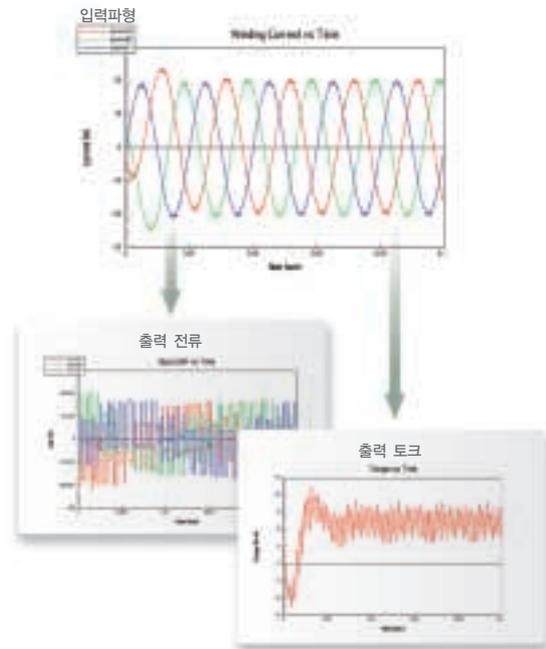
## 회로 연계 기능

자장해석과 회로 시뮬레이터를 Direct로 링크하는 기능을 장착합니다. 전원소스의 터미널을 외부회로에 접속함에 따라, 회로 시뮬레이터와의 링크가 가능해집니다.

모터 · 드라이브 회로



제어회로의 파형(PWM제어)



# Powerful Simulation Software for Electromagnetic and Electromechanical Analysis

## 과도 해석의 특징

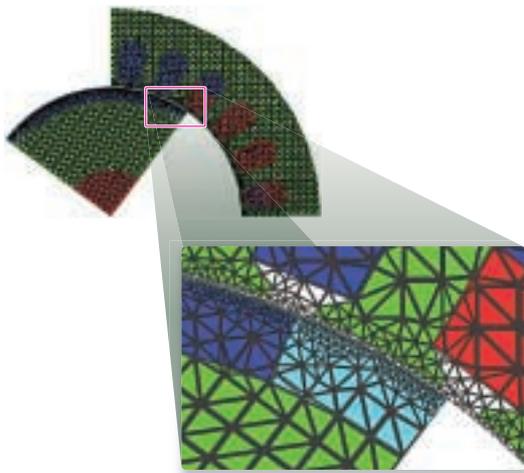
- 회전운동, 직선운동에의 대응
- 회로 연계기능
- 소스의 함수정의
  - 시간
  - 위치(이동)
  - 스피드
- 코어 손실계산
- 토크, 힘 계산
- 타임스텝 함수정의
- Seed Mesh의 사용(2D)
- 고정 Mesh의 사용(3D)
- Time dependent 재질 정수정의

## 과도해석에 있어서의 Mesh

### 2D/Moving surface method

2차원 과도해석은 기존의 가동부분의 형상이 변화하기 때문에 Mesh를 다시 작성해야 하는 필요가 있었다. Moving surface method 가동부분의 갭과 Mesh를 고칠 필요 없이 코어부분을 나누는 것으로 불필요한 요소를 줄이고, 해석시간의 단축을 실현하고 있습니다.

무빙 서페이스 Mesh

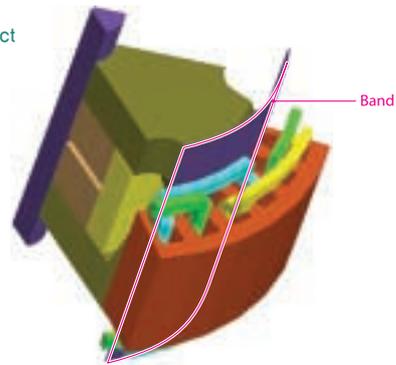


### 3D/Band

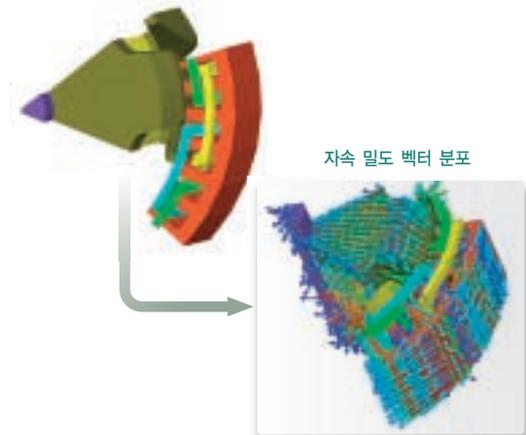
3차원 과도해석은 물체의 고정자와 가동자 사이에 Band라고 불리는 오브젝트를 설정합니다. 3차원해석은 근본적으로 1회씩 해석 스텝이 필요하기 때문에 고정자와 가동축의 Mesh를 보유, Band부분만을 재Mesh합니다.

Re-Mesh를 자동으로 실행함으로 설계자의 부담을 경감할 수 있습니다.

Band object



과도해석에 의한 로터의 회전

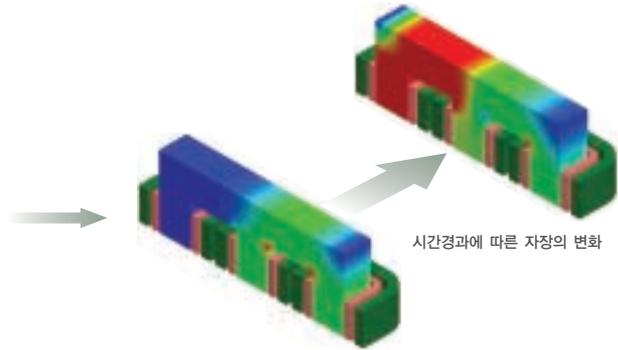
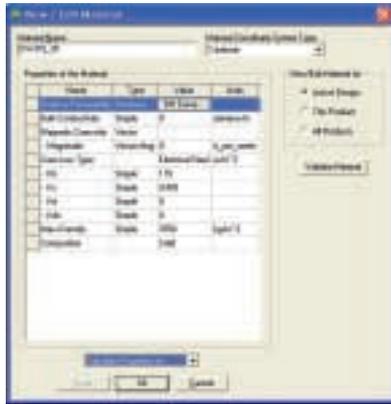


## 코어손실(철손) 계산기능

업계 유일의 Modified Steinmetz 방정식을 이용하여 비선형 코어 내의 손실 (철손)을 계산 할 수 있습니다. 코어손실계산을 위한 필요 파라미터는 손실계수(와전류손, 히스테리시스손, 잔류손)입니다.

코어손실을 포함한 변압기 해석

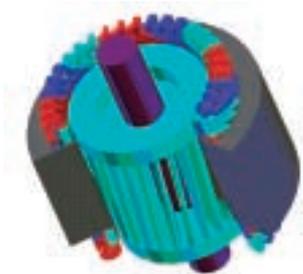
손실계수 설정



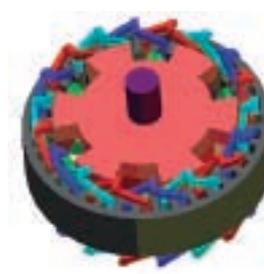
## Scription 기능(VB 이용)

VB Script를 이용하여 Maxwell 3D modeling에서 부터 재질값 부여, 소스 및 경계 조건 뿐 아니라 변수를 이용하여 파라메트릭 기능까지 포함한 시뮬레이션을 수행할 수 있다.

복잡한 모터 모델의 해석



스큐 모델



복잡한 권선의 모터 모델



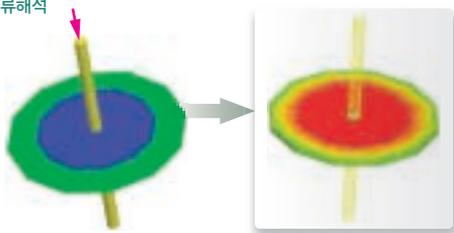
claw-pole 모델

## Near-field 해석 기능

### 변위전류(3D) / 표피효과(2D/3D)

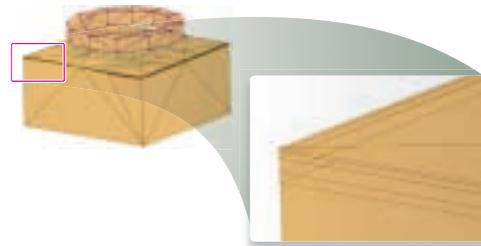
Maxwell 3D는 변위전류를 고려함으로써 주파수가 높은 영역에 의 해석 정도를 향상시키고 있습니다.

변위전류해석



또한, 표피효과(skin effect) 고찰도 가능합니다.

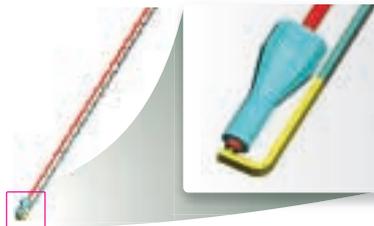
표피효과를 고려한 레이어 Mesh



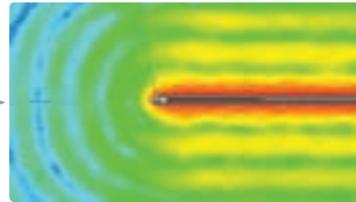
### 방사해석기능(3D)

Maxwell 3D는 Near-field 문제 대응이 가능합니다. 방사 경계 조건을 설정합니다.

스파크 플러그



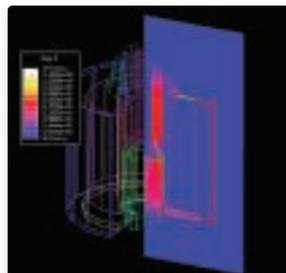
방사 해석



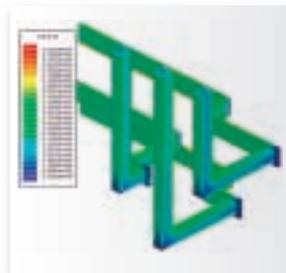
## 결과 출력

- 자속밀도
- 자계강도
- 자속선
- 전류밀도
- 벡터 표시
- 벡터 연산 결과
- 손실계산
- 애니메이션
- 그래프
- 기타

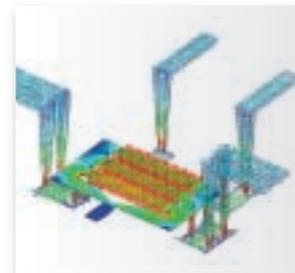
자속 밀도



전류 밀도



벡터 분포



# Optimetrics for Maxwell 3D | 설계최적화 툴

Optimetrics은 해석대칭 모델의 각 구조형상, 재료정수를 변수화하여 자동적으로 변이시키는 것으로 형상과 재료에 대한 기생 성분의 경향을 조사하고 목표치를 설정해 자동적으로 형상과 재료를 최적화 하는 Add-On module입니다.

## 해석 제어

Optimetrics는 다양한 설계변경 파라미터를 정의할 수 있습니다.

- 3D형상 파라미터
- 3D방향 위치 파라미터
- 재료특성 파라미터
- 입력조건(전류, 전압) 파라미터
- 설계변수와 설계기준의 임의작성
- Cost function의 정의
- 최적화 조건의 설정

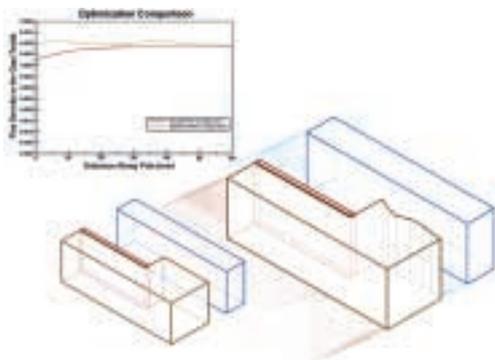
## Optimetrics의 기능

- 파라메트릭 해석  
변수에 대하여 스텝 값을 지정하여 상이한 변수조합을 자동적으로 해석을 실행할 수가 있습니다.
- 최적화  
Cost function과 해석결과의 목표치를 설정하고 최적의 형상, 재료정수를 자동적으로 구할 수가 있습니다.
- 감도해석  
디자인의 재단을 변화시켜, 각 변수에 대한 해석결과의 감도를 알아볼 수 있습니다.

릴레이에 의한 가동부분 동작



풀 형상을 변화시키는 7개의 포인트를 설계변경 파라미터로 선택하여 에어갭 내의 자장이 균일하게 되는 최적의 형상을 구한 예



각도와 코일 전류 변화에 따른 최적 설계

Sweep coil current from 1to 1200 Amp-Turns  
Sweep armature position from 0.75 to-4 degree

