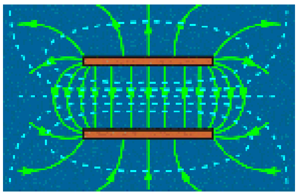
【仿真赛】手把手教您 Ansoft Maxwell 工程仿真实例

1. 静电场问题实例：平板电容器电容计算仿真

平板电容器模型描述：
上下两极板尺寸：25mm×25mm×2mm，材料：pec（理想导体）
介质尺寸：25mm×25mm×1mm，材料：mica（云母介质）
激励：电压源，上极板电压：5V，下极板电压：0V。
要求计算该电容器的电容值

1.建模（Model）
Project > Insert Maxwell 3D Design
File>Save as>Planar Cap（工程命名为“Planar Cap”）
选择求解器类型：Maxwell > Solution Type> Electric> Electrostatic（静电的）
创建下极板六面体
Draw > Box（创建下极板六面体）
下极板起点：（X,Y,Z）>（0, 0, 0）
坐标偏置：（dX,dY,dZ）>（25, 25,0）
坐标偏置：（dX,dY,dZ）>（0, 0, 2）
将六面体重命名为DownPlate
Assign Material > pec（设置材料为理想导体perfect conductor）
创建上极板六面体
Draw > Box（创建下极板六面体）
上极板起点：（X,Y,Z）>（0, 0, 3）
坐标偏置：（dX,dY,dZ）>（25, 25,0）
坐标偏置：（dX,dY,dZ）>（0, 0, 2）
将六面体重命名为UpPlate
Assign Material > pec（设置材料为理想导体perfect conductor）
创建中间的介质六面体
Draw > Box（创建下极板六面体）
介质板起点：（X,Y,Z）>（0, 0, 2）
坐标偏置：（dX,dY,dZ）>（25, 25,0）
坐标偏置：（dX,dY,dZ）>（0, 0, 1）
将六面体重命名为medium
Assign Material > mica（设置材料为云母mica，**也可以根据实际情况设置新材料**）
创建计算区域（Region）
Padding Percentage：0%
忽略电场的边缘效应（fringing effect）



电容器中电场分布的边缘效应

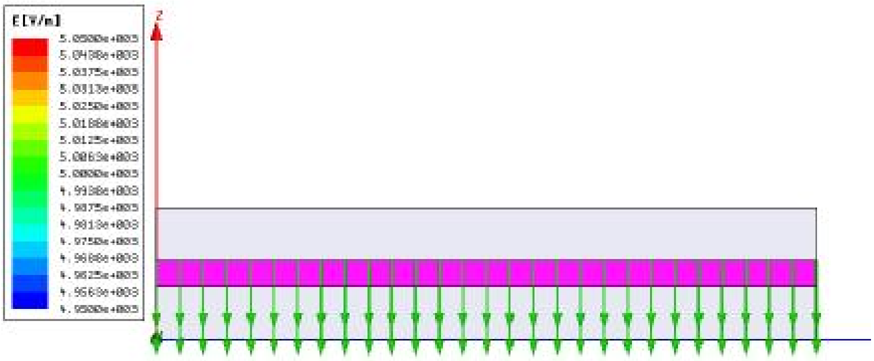
2.设置激励（Assign Excitation）
选中上极板UpPlate,
Maxwell 3D> Excitations > Assign（计划，分配） >Voltage > 5V
选中下极板DownPlate,
Maxwell 3D> Excitations > Assign >Voltage > 0V

3.设置计算参数（Assign Executive Parameter）
Maxwell 3D > Parameters > Assign > Matrix （矩阵）> Voltage1, Voltage2
4.设置自适应计算参数（Create Analysis Setup）
Maxwell 3D > Analysis Setup > Add Solution Setup

最大迭代次数：	Maximum number of passes > 10
误差要求：	Percent Error > 1%
每次迭代加密剖分单元比例：	Refinement per Pass > 50%

5. Check & Run

6. 查看结果
Maxwell 3D > Reselts > Solution data > Matrix
电容值：31.543pF



2. 恒定电场问题实例：导体中的电流仿真

恒定电场：

导体中，以恒定速度运动的电荷产生的电场称为恒定电场，或恒定电流场（DC conduction（传导））

恒定电场的源：

（1）Voltage Excitation，导体不同面上的电压

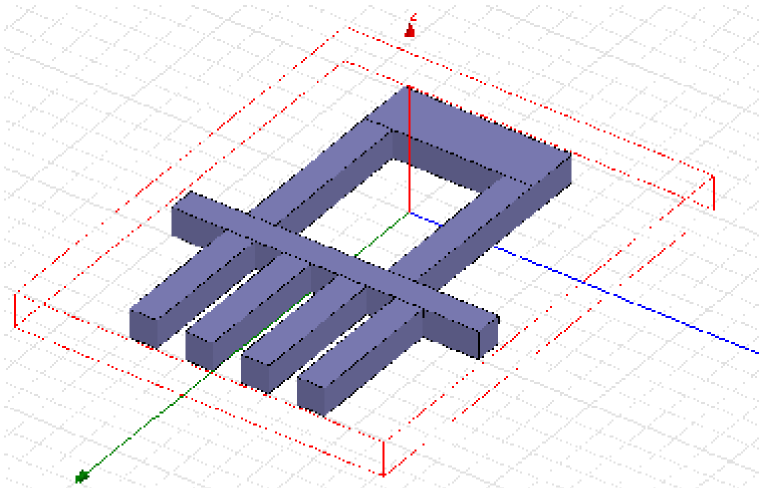
（2）Current Excitations，施加在导体表面的电流

（3）Sink（汇），一种吸收电流的设置，确保每个导体流入的电流等于流出的电流。只有在不使用Voltage Excitation时，才用Sink。保证$\nabla \cdot \boldsymbol{J} = 0$

DC conduction求解器：

不计算导体外的电场，计算时，不考虑材料的介电常数参数。

例：绘出如下图所示导体结构中的电流流向图



1.建模（Model）

Project > Insert Maxwell 3D Design

File>Save as>Planar Cap（工程命名为“DC Conduction”）

选择求解器类型：Maxwell > Solution Type> Electric> DC Conduction

创建导体Conductor

Draw > Box

起点：（X,Y,Z）>（1, -0.6, 0）

坐标偏置：（dX,dY,dZ）>（1, 0.2,0.2）

将六面体重命名为Conductor

Assign Material > Copper（设置材料为铜）

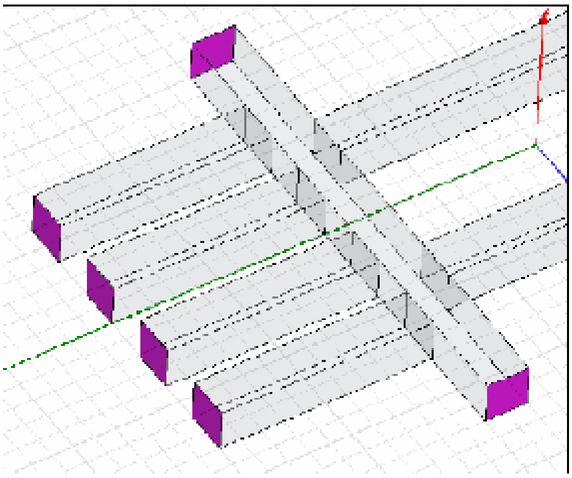
创建另3个并列的导体

Select Conductor

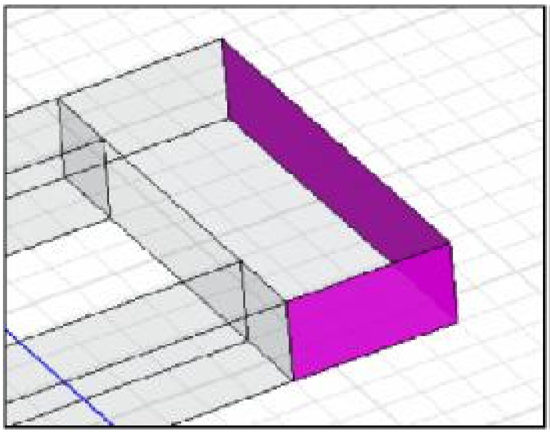
Edit > Duplicate（重复）> Along Line（沿线复制）

输入line矢量的第1个点：（0，0，0）

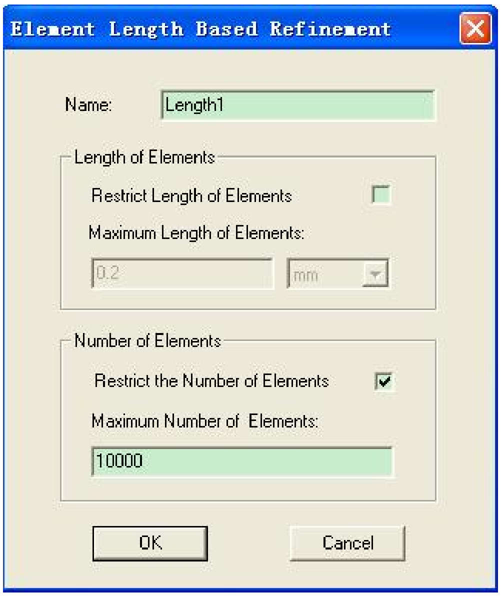
输入line矢量的第2个点：（0，0.4，0）
输入复制总数：4（包括原导体）
创建导体Conductor_4
Draw > Box
起点：（X,Y,Z）>（0.8, -1, 0）
坐标偏置：（dX,dY,dZ）>（0.2, 2.2,0.2）
将六面体重命名为Conductor_4
Assign Material > Copper（设置材料为铜）
创建导体Conductor_5
Draw > Box
起点：（X,Y,Z）>（0.8, -0.4, 0）
坐标偏置：（dX,dY,dZ）>（-1.2, 0.2,0.2）
将六面体重命名为Conductor_5
Assign Material > Copper（设置材料为铜）
创建导体Conductor_6
Select Conductor_5
Edit > Duplicate > Mirror（镜像复制）
输入对称镜像平面法向量在平面中的第1点坐标：（0，0，0）
输入对称镜像平面法向量在平面外的第2点坐标：（0，1，0）
上述设置表示镜像平面为XOZ平面
将六面体重命名为Conductor_6
创建导体Conductor_7
Draw > Box
起点：（X,Y,Z）>（-0.4，0.6，0）
坐标偏置：（dX,dY,dZ）>（-0.4, -1.2,0.2）
将六面体重命名为Conductor_sink
Assign Material > Copper（设置材料为铜）
创建计算区域（Region）
Padding Percentage：10%
2.设置激励（Assign Excitation）
按f，将体选择改为面选择
2.1 设置电流注入源
选中如下图所示6个面



Maxwell 3D> Excitations > Assign >Current > 1A
Maxwell 在上述6个面上产生6个输入电流激励源
2.2设置电流汇（Current Sink）
选中Current_sink导体的下列2侧面
Maxwell 3D> Excitations > Assign > Sink



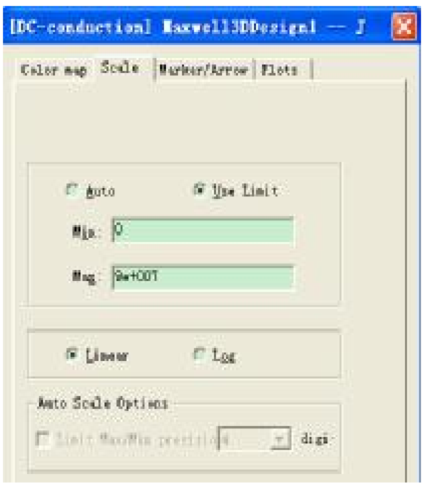
3.设置剖分操作（Assign Mesh Operations）
选中所有物体，Ctrl+A
Maxwell 3D> Mesh operations> Assign> Inside Selection> Length Based
不选Restrict length of elements
选中Restrict the number of elements
输入maximum number of elements：10000（设置剖分单元的最大数量）

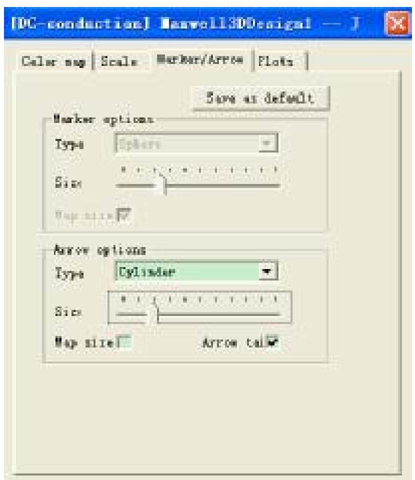


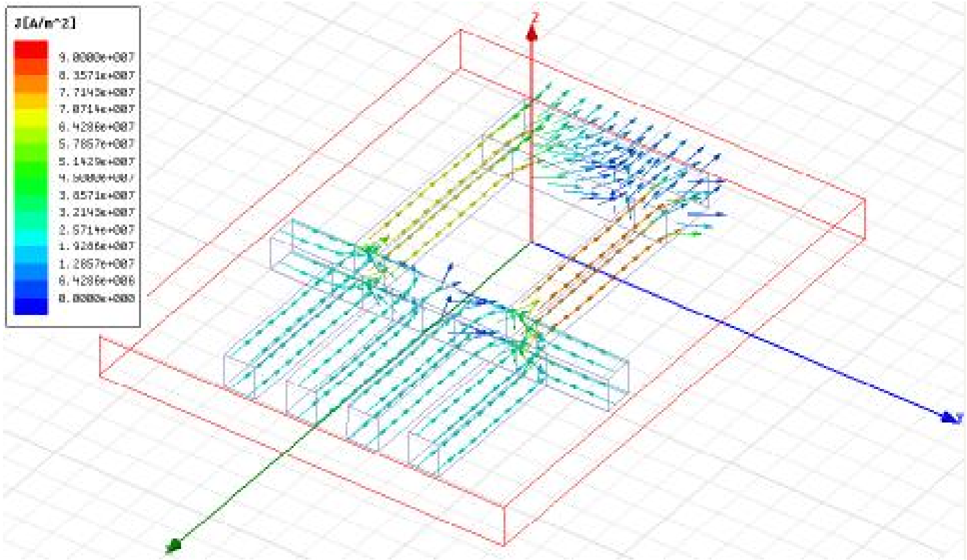
4.设置自适应计算参数（Create Analysis Setup）
Maxwell 3D > Analysis Setup > Add Solution Setup
Default

5. Check & Run

6. 后处理
绘出导体中的电流流向图
选中所有导体
Maxwell 3D > Fields > Fields >J > J_Vector
调节矢量箭头尺寸

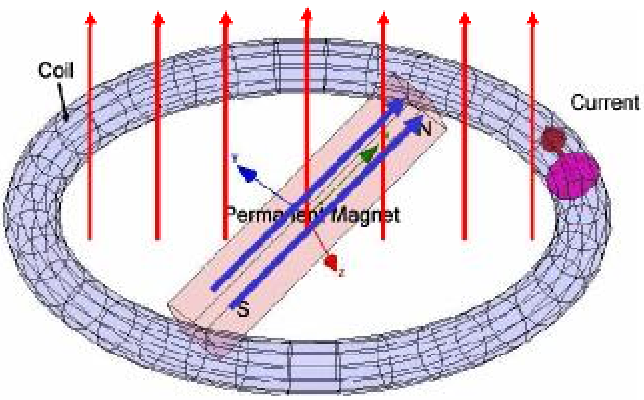






3. 恒定磁场问题实例：恒定磁场力矩计算

计算如下图所示永磁体模块在线圈磁场中所受力矩。



1.建模（Model）

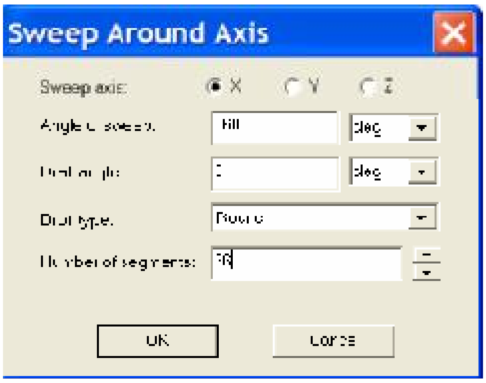
Project > Insert Maxwell 3D Design

File>Save as>Magnetostatic（静磁）（工程命名为“Magnetostatic”）

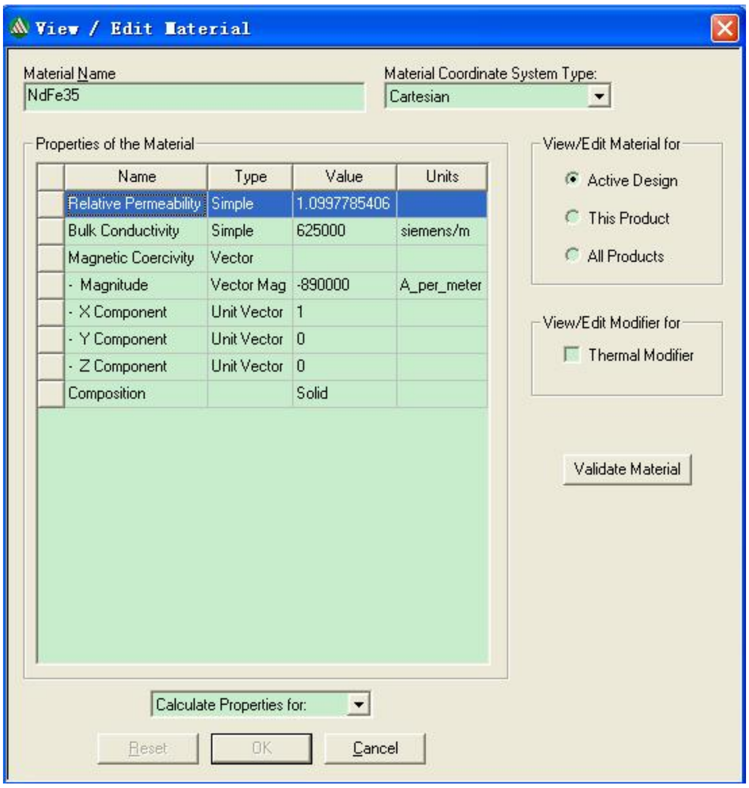
选择求解器类型：Maxwell > Solution Type> Electric> Magnetostatic

创建线圈

Draw > Regular Polygon（创建线圈横截面）
中心点坐标：（X,Y,Z）>（0, 5, 0）
设置截面半径：（dX,dY,dZ）>（0.5, 0,0）
截面多边形边数：Number of Segments: 12
将多边形重命名为Coil（线圈）
选中Coil
Draw > Sweep > Around Axis（设置如下）



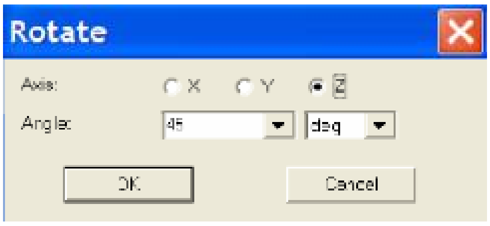
Assign Material > copper（设置材料为铜）
创建永磁体模型
Draw > Box（创建下极板六面体）
起点：（X,Y,Z）>（-3, -0.5, -0.5）
坐标偏置：（dX,dY,dZ）>（6,1,1）
将六面体重命名为Magnet（磁铁）
Assign Material > NdFe35（设置材料为NdFe35钕铁硼材料）



设置磁体的磁化方向（X,Y,Z）>（1,0,0）（磁体沿x轴正方向磁化）

创建激励电流加载面（Create Section）
Select Coil
Modeler > Surface > Section
Modeler > Boolean > Separate Bodies（分离两Section面）
删除1个截面
Select 1个截面，Del
将剩下的1个截面重命名为“Section1”

旋转线圈和激励电流加载面
选中 Coil和Section1



创建计算区域（Region）
Draw > Region
Padding Percentage：100%

2.设置激励（Assign Excitation）
选中线圈截面：Section1
Maxwell 3D> Excitations > Assign > Current
Name: Current1
Value: 100
Type: Stranded（链）

3.设置计算参数（Assign Executive Parameter）
选中 Magnet
Maxwell 3D > Parameters > Assign > Torque
Name: Torque1
Type: Virtual
Axis: Global::Z, Positive

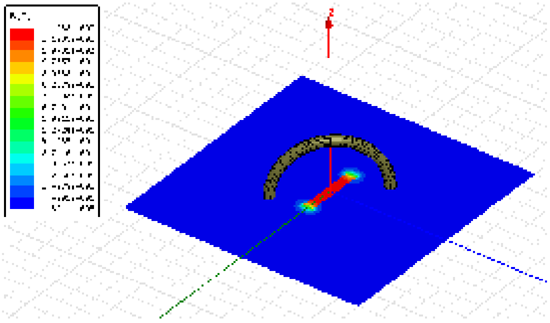
4.设置自适应计算参数（Create Analysis Setup）
Maxwell 3D > Analysis Setup > Add Solution Setup
最大迭代次数：　　Maximum number of passes ： 15
误差要求：　　Percent Error: 1%
每次迭代加密剖分单元比例：　　Refinement per Pass : 30%

5. Check & Run

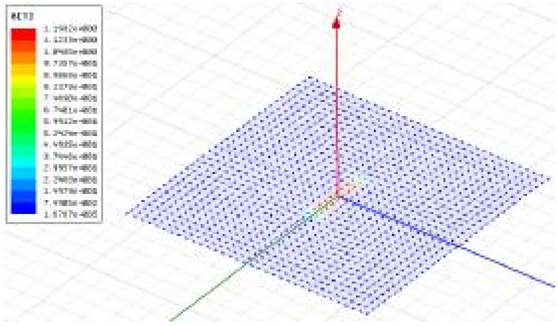
6. 查看结果

Maxwell 3D > Reselts > Solution data > Torque
力矩：-2.9288E-005 (N・m)

XOY平面磁场强度幅值分布图



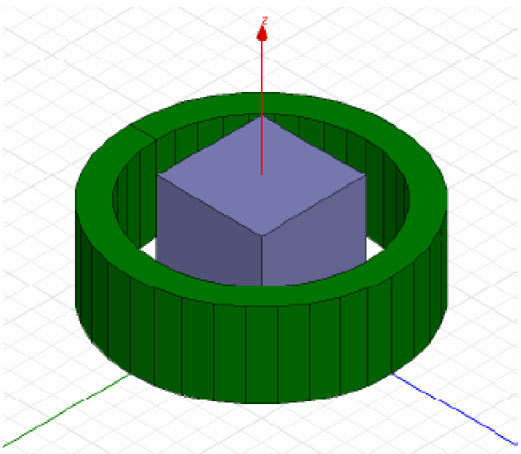
XOY平面磁场强度方向矢量图



4. 参数扫描问题实例：恒定磁场力矩计算

计算如下图所示铁块所受线圈磁场的作用力。

要求对线圈中的电流和铁块的高度做参数扫描，计算不同设置值时，作用力的大小。



1.建模（Model）

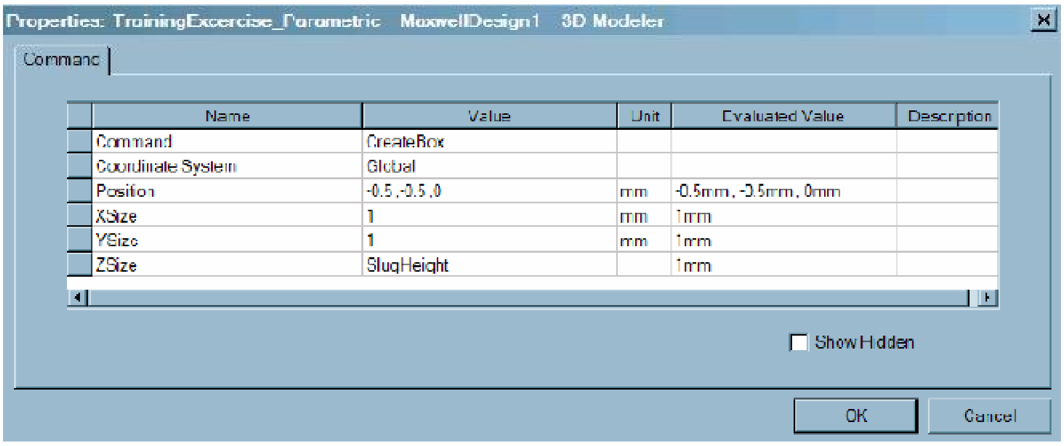
Project > Insert Maxwell 3D Design
File>Save as> Parametric（工程命名为“Parametric”）
选择求解器类型：Maxwell > Solution Type> Magnetostatic
创建线圈
Draw > Regular Polyhedron（创建多边形柱体1）
Center Position（中心点坐标）：　（X,Y,Z）>（0, 0, 0）mm
Start Position（起点坐标）：（X,Y,Z）>（1.25, 0,0）mm
Axis（对称轴）：Z
Height（柱体高度）：0.8mm
多边形边数：Number of Segments: 36
将多边形重命名为Polyhedron1

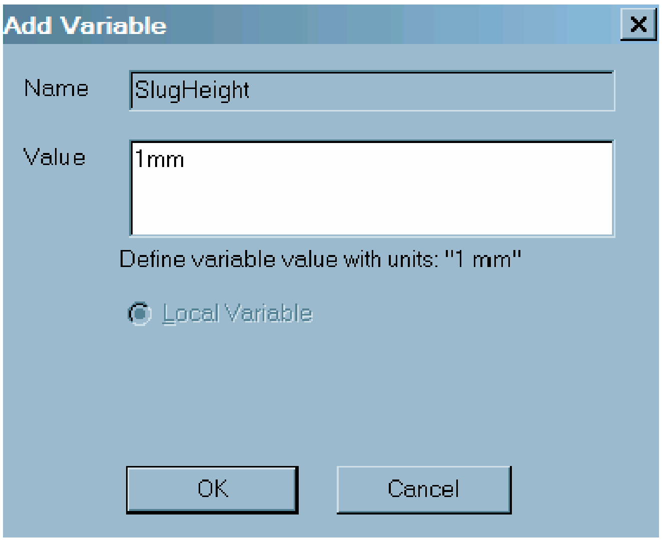
选中Polyhedron1（创建多边形柱体2）
CTRL_C，CTRL_V
修改相关设置
Center Position（中心点坐标）：　（X,Y,Z）>（0, 0, 0）mm
Start Position（起点坐标）：（X,Y,Z）>（1, 0,0）mm
Axis（对称轴）：Z
Height（柱体高度）：0.8mm
多边形边数：Number of Segments: 36
将多边形重命名为Polyhedron2

创建线圈
选中Polyhedron1，Polyhedron2
Modeler（建模）　> Boolean > Subtract（减去）
Blank Park: Polyhedron1
Tool Park:　Polyhedron2
将Polyhedron1重命名为Coil
Assign Material > copper（设置材料为铜）

创建铁块模型
Draw > Box
任意创建一个6面体
尺寸参数设置如下：

注意：ZSize参数的值为："SlugHeight"





将六面体重命名为Slug

Assign Material > iron（设置材料为iron）

创建计算区域（Region）

Draw > Region

Padding Percentage：200%

创建激励电流加载面（Create Section）

Select Coil

Modeler > Surface > Section

Section Plane: YZ平面

Modeler > Boolean > Separate Bodies（分离两Section面）

删除1个截面

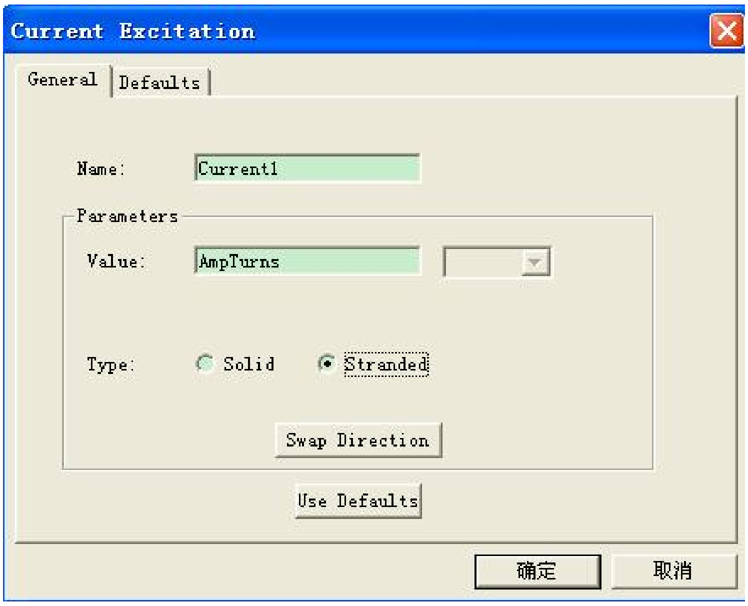
Select 1个截面，Del

将剩下的1个截面重命名为“Section1”

2.设置激励（Assign Excitation）

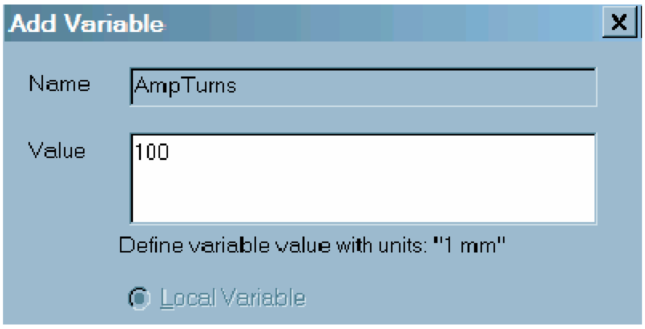
选中线圈截面：Section1

Maxwell 3D> Excitations > Assign > Current



Value: AmpTurns

Type: Stranded（线形激励电流）



3.设置计算参数（Assign Executive Parameter）

选中 Slug（弹头）

Maxwell 3D > Parameters > Assign > Force

Name: Force 1

Type: Virtual

4.设置自适应计算参数（Create Analysis Setup）

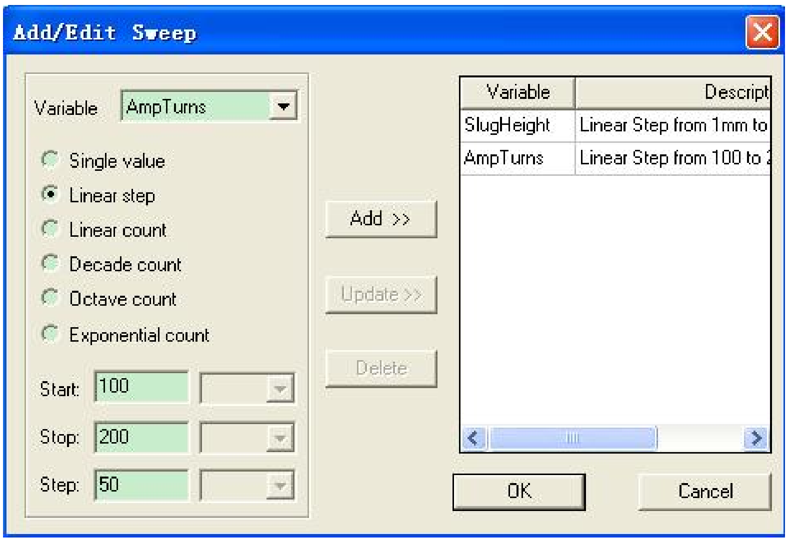
Maxwell 3D > Analysis Setup > Add Solution Setup

最大迭代次数： Maximum number of passes ： 5
误差要求： Percent Error: 1%
每次迭代加密剖分单元比例： Refinement per Pass : 30%

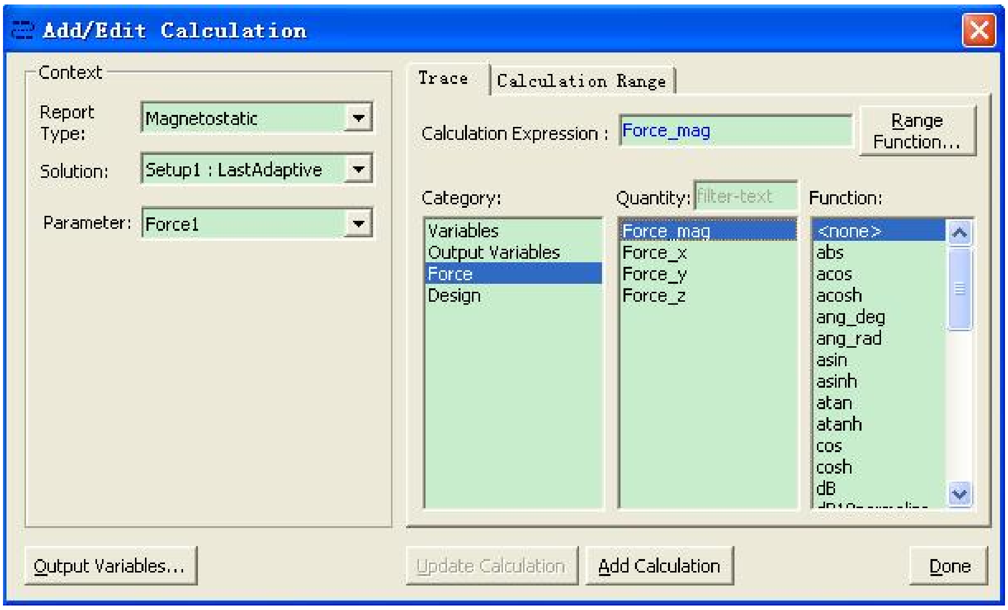
5. 创建参数扫描设置

Maxwell 3D > Optimetrics Analysis > Add Parametric
点击Add，创建扫描参数
variable选择： SlugHeight
linear step
Start =1, Stop =2, Step = 0.5
点击Add >>按键
将SlugHeight的扫描设置添加到右边空白栏

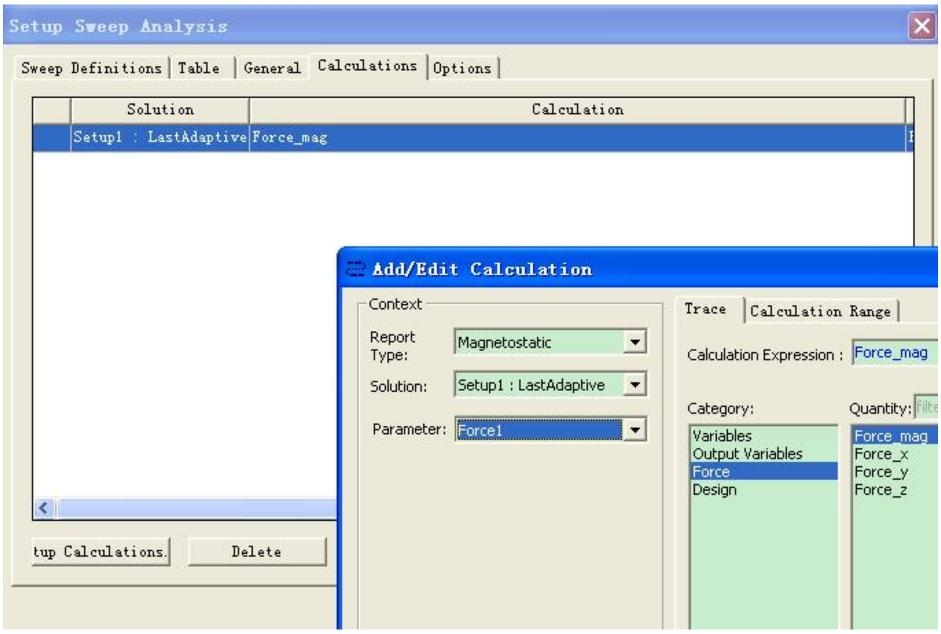
variable选择： AmpTurns （设置安匝数的扫描）
linear step
Start =100, Stop =200, Step =50
点击Add >>按键
将AmpTurns的扫描设置添加到右边空白栏
点击OK.



点击 Calculations子菜单
点击 Setup Calculations



点击Add Calculations

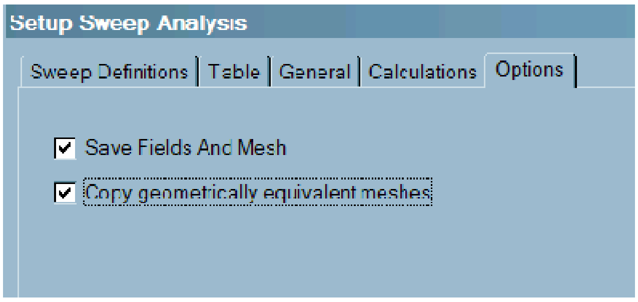


Setup1出现在Setup Sweep Analysis菜单中

点击Done

在Options 子菜单中

选中如下设置



“Save Field and Mesh ” :在每一步参数扫描计算后，保存相应的计算场量和剖分信息，一般，系统为节约内存，默认不保存。

“Copy geometrically equivalent meshes” 在下次计算中，可重复使用上次计算时未变形的模块的剖分数据。一般来说，频率扫描时，不推荐使用该选项，因为Ansoft的剖分算法是与频率相关的。

5. Check

6.计算

在Project Manager 窗口

Optimetrics

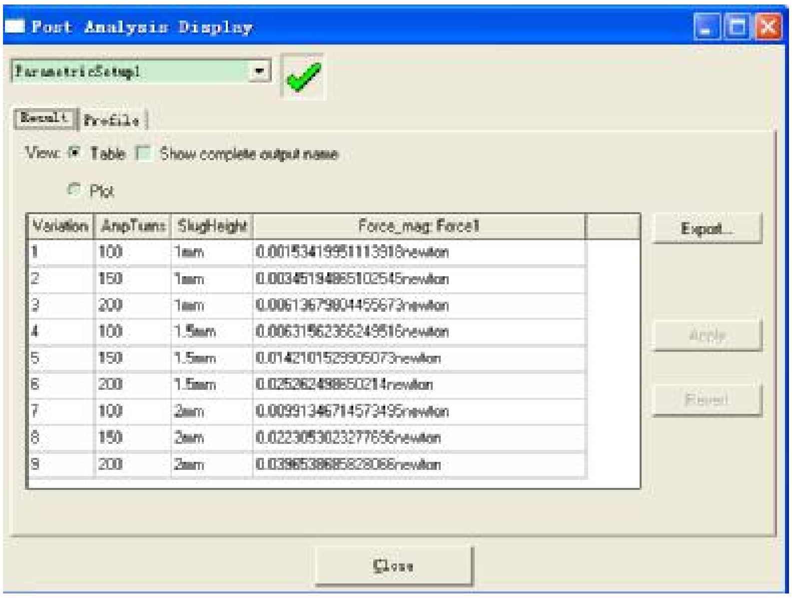
右键点击 ParametricSetup1

选择 Analyze

7. 查看结果

右键点击 ParametricSetup1

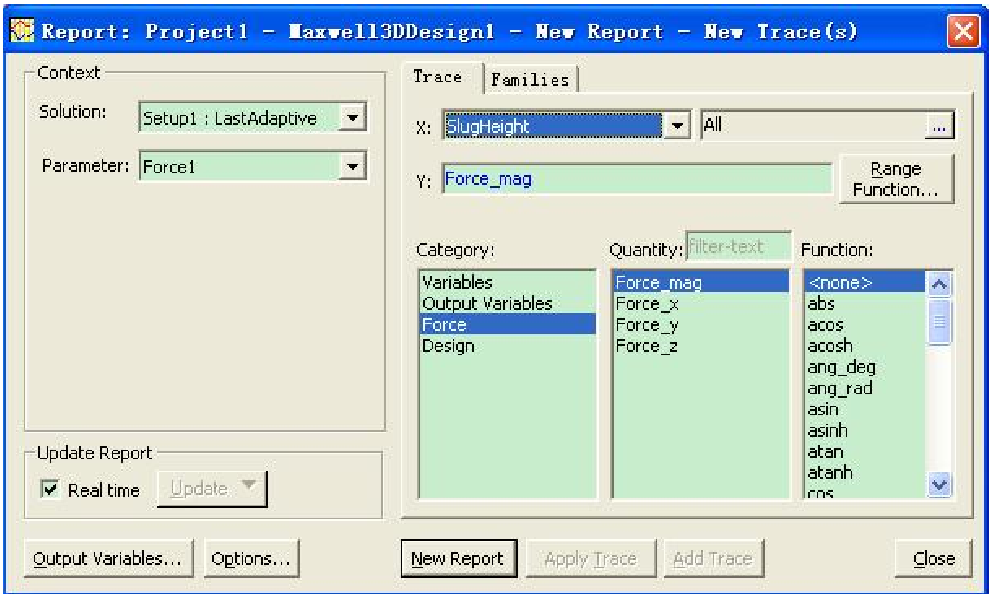
选择View Analysis Result



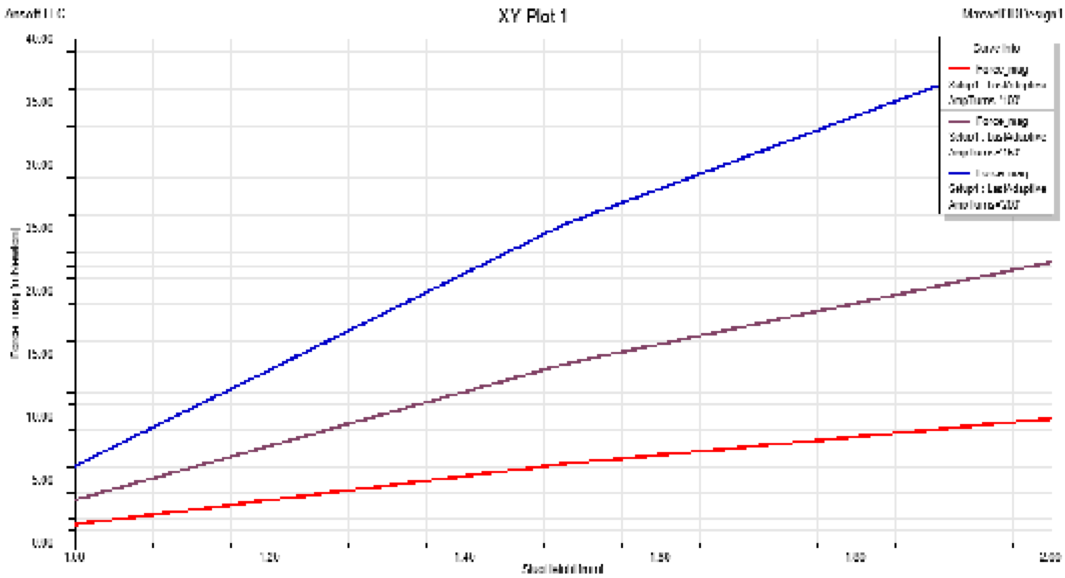
在Project Manager 窗口

右键点击Create Report

设置参数如下：

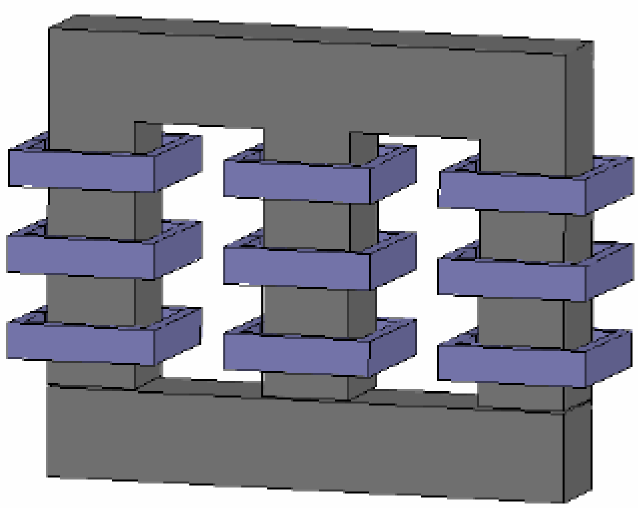


点击New Report


XY Plot 1
Curve Info
Force_mag
40.00
35.00
30.00
25.00
20.00
15.00
10.00
5.00
0.00
1.00
1.20
1.40
1.60
1.80
2.00

5. 恒定磁场实例：三相变压器电感计算

计算如下图所示变压器绕组的电感。（学习半对称模型的使用 half-symmetry）



1.建模（Model）

Project > Insert Maxwell 3D Design

File>Save as> Inductance （工程命名为“Inductance”）

选择求解器类型：Maxwell > Solution Type> Magnetostatic

改变作图单位 Modeler > Units > Select Units: in (inches)

创建变压器铁芯框架

Draw > Box

Position: （-1,-6,0）

Box尺寸：（XSize, YSize, ZSize）>（2,12,10）

Draw > Box

Position: （-1,1 ,2）

Box尺寸：（XSize, YSize, ZSize）>（2,3,6）

选中Box2

Edit > Duplicate > Around Axis

Axis: Z

Angle: 180 deg

Total number: 2

选中Box1 ，Box2，Box2_1

Modeler > Boolean > Subtract

Blank Parts: Box1

Tool Parts: Box2，Box2_1

不要选：“Clone tool objectsbefore subtracting”

Draw > Box（创建Gap（缺口））

Name	Value	Unit	Evaluated Value	Description
Command	CreateBox			
Coordinate Sy...	Global			
Position	-1 ,-6 ,2	in	-1in , -6in , 2in	
XSize	2	in	2in	
YSize	12	in	12in	
ZSize	gap		0.05in	

选中Box1 ，Box3

Modeler > Boolean > Subtract

Blank Parts: Box1

Tool Parts: Box3

不要选：“Clone tool objectsbefore subtracting”

选中Box1

Modeler > Boolean > Separate Bodies

将分离后的模型分别重命名为：“Core_E”（原Box1）和“Core_I”

将两者的材料重设为：“steel_1008” steel（钢）

创建线圈

Modeler > Grid Plane > YZ

Draw > Rectangle

设置如下：

Command

	Name	Value	Unit	Evaluated Value	Description
	Command	CreateRectangle			
	Coordinate Sy...	Global			
	Position	0 ,-3.6 ,3.5	in	0in , -3.6in , 3.5in	
	Axis	X			
	YSize	0.3	in	0.3in	
	ZSize	-0.8	in	-0.8in	

Modeler > Grid Plane > XY

Draw > Rectangle

设置如下：

	Name	Value	Unit	Evaluated Value	Description
	Command	CreateRectangle			
	Coordinate Sy...	Global			
	Position	1.5 ,-6.5 ,3	in	1.5in , -6.5in , 3in	
	Axis	Z			
	XSize	-3	in	-3in	
	YSize	3	in	3in	

选中Rectangle2

Modeler > Delete Last Operation（形成Rectangle1围绕的轨迹）

选中Rectangle1，Rectangle2

Draw > Sweep > Along Path（可以形成环形线圈）

Angle of twist: 0deg

Draft Angle: 0deg

Draft type: Round

选中Rectangle1

Edit > Duplicate > Along Line

（X,Y,Z）>（ 0, 0, 0）

（dX,dY,dZ）>（0, 0, 1.925）

Total Number: 3

选中Rectangle1, Rectangle1_1, Rectangle1_2

Edit > Duplicate > Along Line

（X,Y,Z）>（ 0, 0, 0）

（dX,dY,dZ）>（0, 5,0）

Total Number: 3

将Rectangle1, Rectangle1_1和 Rectangle1_2重命名为：Coil_left, Coil_left_1, Coil_left_2

将中间柱上线圈重命名为：Coil_mid, Coil_ mid _1, Coil_ mid _2

将右边柱上线圈重命名为：Coil_right, Coil_ right _1, Coil_ right _2

将所有Coil的材料改为Copper

创建激励电流加载面（Create Section）

选中所有线圈

Modeler > Surface > Section

选中YZ平面

Modeler > Boolean > Separate Bodies

Edit > Delete（删除多余的面）

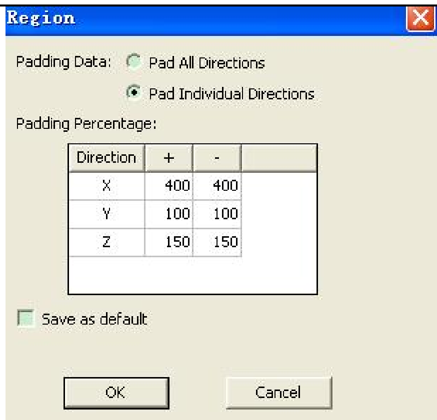
将左边柱上的截面重命名为：Section1, Section2 , Section3

将中间柱上的截面命名为：Section4, Section5 , Section6

将右边柱上的截面命名为：Section7, Section8 , Section9

创建计算区域（Region）

Draw > Region



2.设置激励（Assign Excitation）

选中左边柱上线圈截面：Section1,　Section2 , Section3

Maxwell 3D> Excitations > Assign > Current

Name: PhaseA

Value: -0.5*Mag

Type: Stranded

确认，弹出Add Variable窗口

Variable：Mag > Value: 30A

选中中间柱上线圈截面：Section4,　Section5 , Section6

Maxwell 3D> Excitations > Assign > Current

Name: PhaseB

Value: Mag

Type: Stranded

选中右边柱上线圈截面：Section7, Section8 , Section9

Maxwell 3D> Excitations > Assign > Current

Name: PhaseC

Value: -0.5*Mag

Type: Stranded

3.设置自适应计算参数（Create Analysis Setup）

Maxwell 3D > Analysis Setup > Add Solution Setup

最大迭代次数：　Maximum number of passes ：　10

误差要求：　Percent Error:　1%

每次迭代加密剖分单元比例：　Refinement per Pass :　30%

设置非线性残差：nonlinear residual: 0.001

4.设置计算参数（Assign Executive Parameter）

设置参数Matrix1（此处设置可以实现串并联和线圈匝数的设置）

Maxwell > Parameters > Assign > Matrix

弹出Matrix 窗口

在Setup子菜单下，include栏中确认打钩

在Post Processing子菜单下，Turns栏中全部改为30

选中PhaseA_1, PhaseA_2, PhaseA_3

点击按键：Group ->

将Group名改为PhaseA

选中PhaseB_1, PhaseB_2, PhaseB_3

点击按键：Group ->

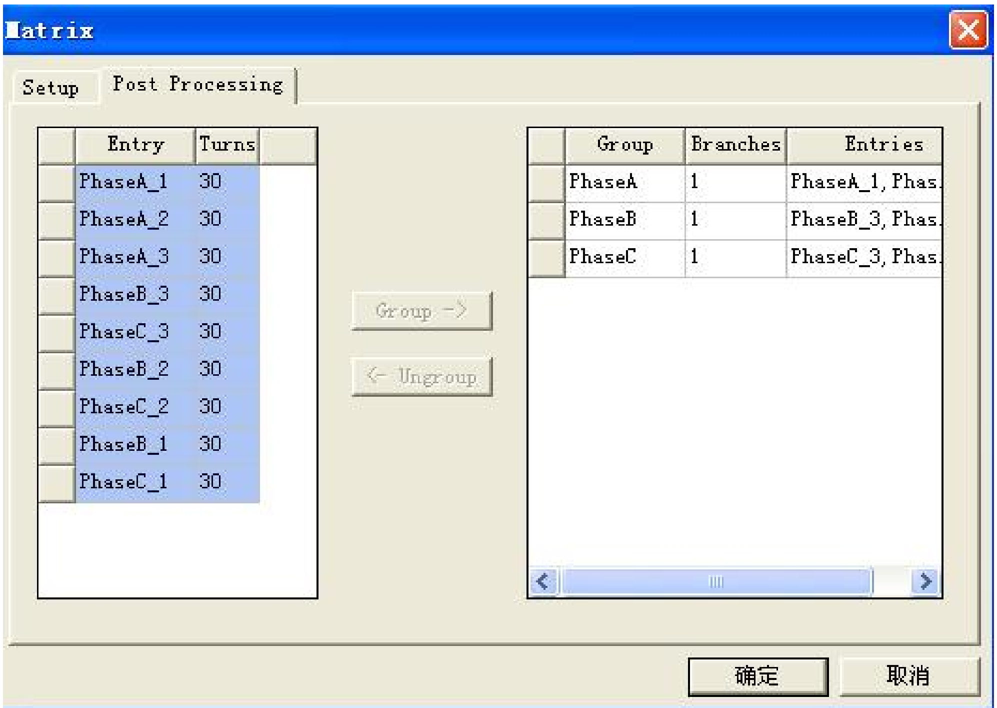
将Group名改为PhaseB

选中PhaseC_1, PhaseC_2, PhaseC_3

点击按键：Group ->

将Group名改为PhaseC

如下图所示：



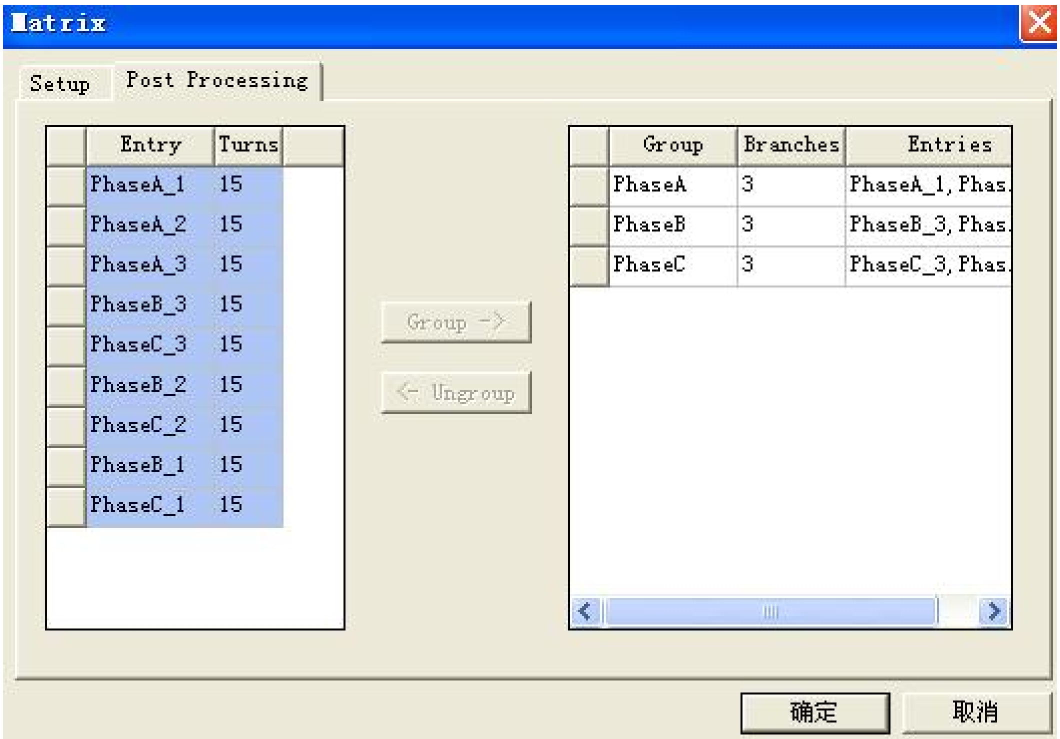
每个线圈有30匝，在同一个柱上的3个线圈是串联连接。

设置参数Matrix2

Maxwell > Parameters > Assign > Matrix

弹出Matrix 窗口

在Setup子菜单下，include栏中确认打钩
在Post Processing子菜单下，Turns栏中全部改为15
选中PhaseA_1, PhaseA_2, PhaseA_3
点击按键：Group ->
将Group名改为PhaseA
选中PhaseB_1, PhaseB_2, PhaseB_3
点击按键：Group ->
将Group名改为PhaseB
选中PhaseC_1, PhaseC_2, PhaseC_3
点击按键：Group ->
将Group名改为PhaseC
Branches全部改为3
如下图所示：



每个线圈有15匝，在同一个柱上的3个线圈是串联连接。

5. Check & Run

6. 查看结果

Parameters > Matrix>(点击右键)选择：View Solution

	PhaseA	PhaseB	PhaseC
PhaseA	14.658	-6.9696	-5.5504
PhaseB	-6.9696	15.942	-6.9687
PhaseC	-5.5504	-6.9687	14.654

继续仿真（根据模型的对称特点重新建模）

1.创建对称模型

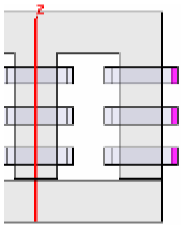
右键点击Project Manager窗口中的MaxwellDesign1
Copy
右键点击Project Manager窗口中的inductance
Paste
拷贝了原工程
Ctrl+A选中所有物体
将原模型以YZ平面为对称面劈开，保留X轴正半轴的部分。
Modeler > Boolean > Split（分割）
Split Plane : YZ
Keep Fragments: Positive side
Split Objects: Split entire selection

2.修改计算区域

Draw > Region
+X: 800
-X: 0

3.设置激励

将模型旋转到Split面朝外
按“f”键，切换选择方式为：面选择
选中最右边的线圈截面
Maxwell > Excitations > Assign > Current

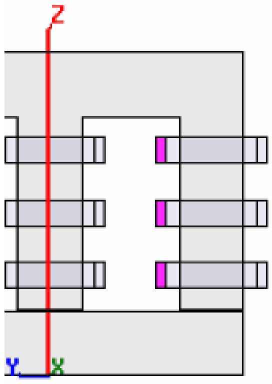


Base Name: PhaseA_in

Value: -0.5*Mag

Type: Stranded

选中最右边线圈的另一截面：



Maxwell > Excitations > Assign > Current

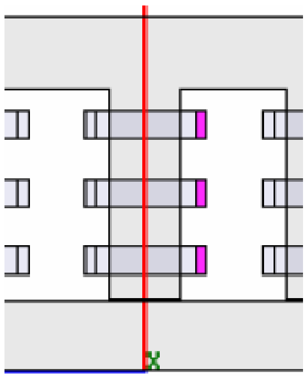
Base Name: PhaseA_out

Value: -0.5*Mag

Type: Stranded

点击 Swap（交换）（ Direction ，保证电流的方向是流出截面。

选中中间的线圈截面



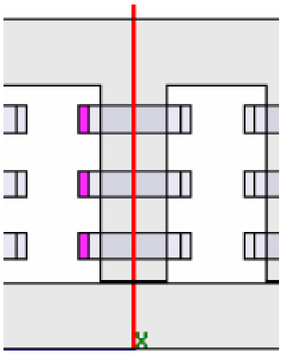
Maxwell > Excitations > Assign > Current

Base Name: PhaseB_in

Value: Mag

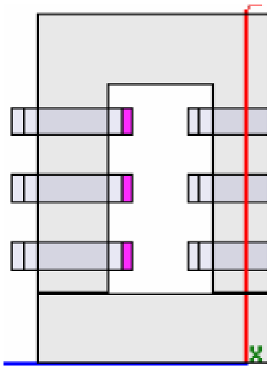
Type: Stranded

选中中间线圈的另一截面：

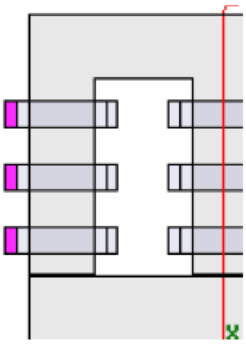


Maxwell > Excitations > Assign > Current
Base Name: PhaseB_out
Value: Mag
Type: Stranded
点击 Swap Direction，保证电流的方向是流出截面。

选中最左边的线圈截面



Maxwell > Excitations > Assign > Current
Base Name: PhaseC_in
Value: -0.5*Mag
Type: Stranded
选中最左边线圈的另一截面：



Maxwell > Excitations > Assign > Current

Base Name: PhaseC_out
Value: -0.5*Mag
Type: Stranded
点击 Swap Direction ，保证电流的方向是流出截面。
激励设置完毕

4.设置计算参数（Assign Executive Parameter）
Maxwell > Parameters > Assign > Matrix
弹出Matrix 窗口
在Setup子菜单下，include栏中确认打钩
在Post Processing子菜单下，Turns栏中全部改为30
选中PhaseA_in_1, PhaseA_ in_2, PhaseA_ in_3
点击按键：Group ->
将Group名改为PhaseA
选中PhaseB_ in_1, PhaseB_ in_2, PhaseB_ in_3
点击按键：Group ->
将Group名改为PhaseB
选中PhaseC_ in_1, PhaseC_ in_2, PhaseC_ in_3
点击按键：Group ->
将Group名改为PhaseC
5. Check & Run

6. 查看结果
Parameters > Matrix>(点击右键)选择：View Solution

	PhaseA	PhaseB	PhaseC
PhaseA	7.3294	-3.4844	-2.7764
PhaseB	-3.4844	7.9711	-3.483
PhaseC	-2.7764	-3.483	7.3269

计算结果为原来的一半，因为模型也是原来的一半。

6. 永磁体磁化方向设置：局部坐标系的使用

绘制4个同样形状的环状永磁体，对其设置不同的磁化方向，显示每个永磁体磁环的磁场分布。

1.建模（Model）

Project > Insert Maxwell 3D Design

File>Save as> Magnet（工程命名为“Magnet”）

选择求解器类型：Maxwell > Solution Type> Magnetostatic

右键点击项目管理器中的MaxwellDesign1，重命名为Ring01

创建第1个磁环

Draw > Regular Polyhedron（创建多边形柱体1）

输入center position:

（X,Y,Z）：（0, 0, -4）

输入圆柱体的半径和高度：

（dX,dY, dZ）：（40, 0, 8）

Number of segments ：36

将RegularPolyhedron1重命名为Ring01_1，颜色改为blue

Draw > Regular Polyhedron（创建多边形柱体2）

输入center position:

（X,Y,Z）：（0, 0, -4）

输入圆柱体的半径和高度：

（dX,dY, dZ）：（30, 0, 8）

Number of segments ：36

将RegularPolyhedron1重命名为Hole

选中Ring01_1和Hole（用Ring01_1减去Hole，得到圆环柱）

Modeler >Boolean > Subtract

Blank Parts: Ring01_1

Tool Parts: Hole

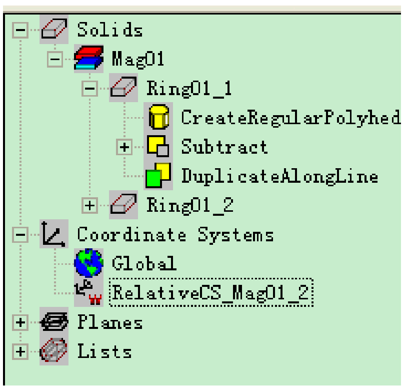
2. 设置磁环Ring01_1的材料

选中Ring01_1

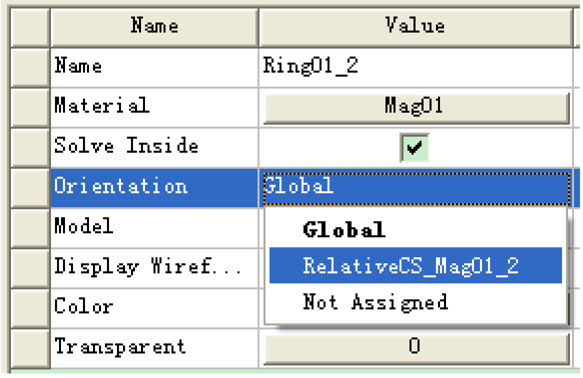
Assign Material
Add Material
Material Name Mag01
Material Coordinate System Cylindrical
Magnitude（大小） -837000
R Component 1
Ring01_1磁环以全局坐标系Global的Z轴为对称轴，其磁化方向以Z轴为轴心线，向外沿半径方向发散。

创建第2个磁环
选中Ring01_1
右键：Edit > Duplicate >Along Line
（X,Y,Z）：（0,0,0）
（dX,dY,dZ）：（120,0,0）
Total Number: 2
将Ring01_1_1重命名为：Ring01_2

创建局部坐标系：RelativeCS_Mag01_2
Modeler > Coordinate（坐标）（ System > Create > Relative CS > Offset
（X,Y,Z）：（120,-50,0）设置局部坐标系的坐标原点
双击Coordinate Systems栏下的RelativeCS1，将其重命名为：RelativeCS_Mag01_2



选中Ring01_2
鼠标右键点击，Edit > Properties
将Ring01_2磁环的工作坐标系改为局部坐标系RelativeCS_Mag01_2：



Ring01_2磁环以局部坐标系RelativeCS_Mag01_2的Z轴为对称轴，磁化方向向外沿半径方向发散。

将工作坐标系切换回Global坐标：
Modeler > Coordinate System > Set Working > Global

创建磁环3和磁环4
选中Ring01_1和Ring01_2
右键：Edit > Duplicate >Along Line
（X,Y,Z）：（0,0,0）
（dX,dY,dZ）：（0,120,0）
Total Number: 2
将Ring01_1_1重命名为：Ring02_1
将Ring01_2_1重命名为：Ring02_2

创建Ring02_2磁环的局部坐标系：RelativeCS_Mag02_2
Modeler > Coordinate System > Create > Relative CS > Both
（X,Y,Z）：（120,120,0）设置局部坐标系的坐标原点
设置坐标系的翻转：
（dX,dY,dZ）：（1, 0,0），Enter
（dX,dY,dZ）：（0, 0,-1）, Enter
双击Coordinate Systems栏下的RelativeCS1，将其重命名为：RelativeCS_Mag02_2

将工作坐标系切换回Global坐标：
Modeler > Coordinate System > Set Working > Global

选中Ring02_2

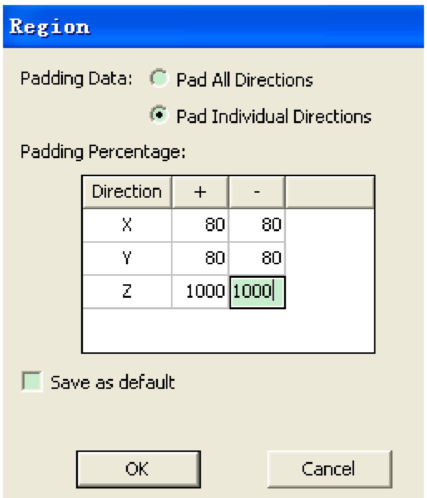
鼠标右键点击，Edit > Properties
将Ring02_2磁环的工作坐标系改为局部坐标系RelativeCS_Mag02_2：

2. 设置磁环Ring02_1和Ring02_2的材料

选中Ring02_1和Ring02_2
鼠标右键：Assign Material
Clone Material
Material Name: Mag02
Material Coordinate System: Cylindrical（圆柱）
Magnitude: -837000
R Component: 0
Z Component: 1
Ring02_1沿全局坐标系Global的Z轴方向磁化。
Ring02_2沿局部坐标系RelativeCS_Mag02_2的Z轴方向磁环。

3. 创建计算区域（Region）

将工作坐标系切换回Global坐标：
Modeler > Coordinate System > Set Working > Global
Draw > Region



4.设置自适应计算参数（Create Analysis Setup）

Maxwell 3D > Analysis Setup > Add Solution Setup
最大迭代次数： Maximum number of passes ： 10
误差要求： Percent Error: 3%

每次迭代加密剖分单元比例： Refinement per Pass : 30%
非线性残差：Nonlinear Residual: 0.01

5. Check & Run

6. 查看结果

绘出磁感应强度矢量图：

Fields > B > B_Vector

调整矢量箭头：

Scale子菜单

选中UseLimits

Min： 0

Max： 1

Apply

Marker/Arrow子菜单

去除Map Size选项

调节Size滑标到其1/3处

Apply

Plots子菜单

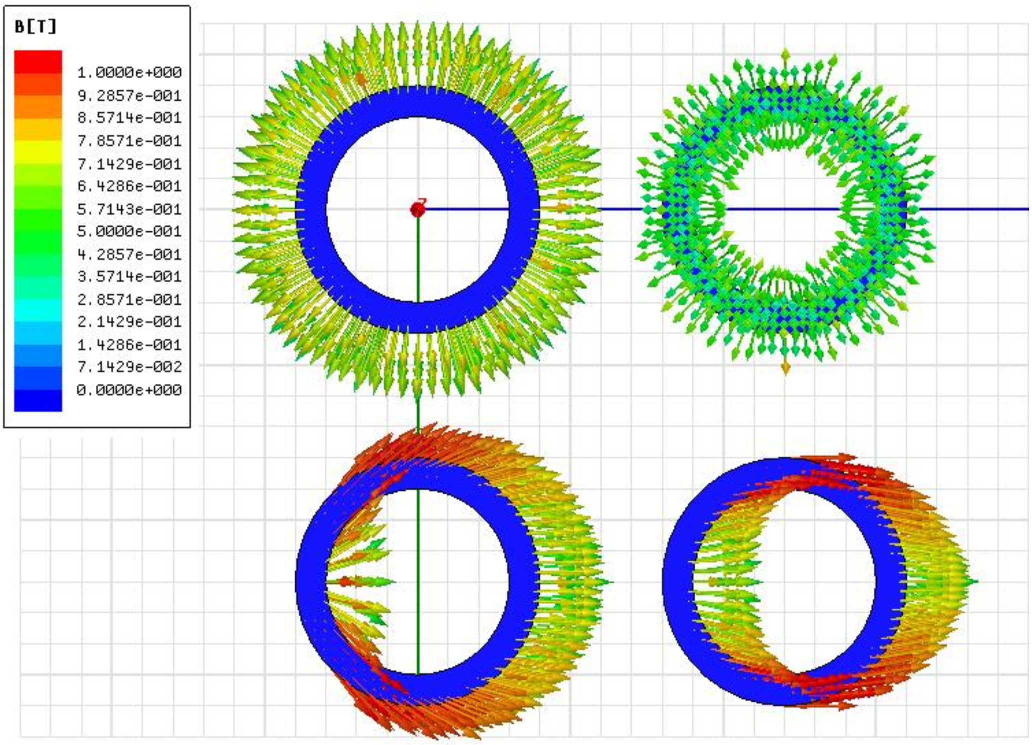
选中 Uniform

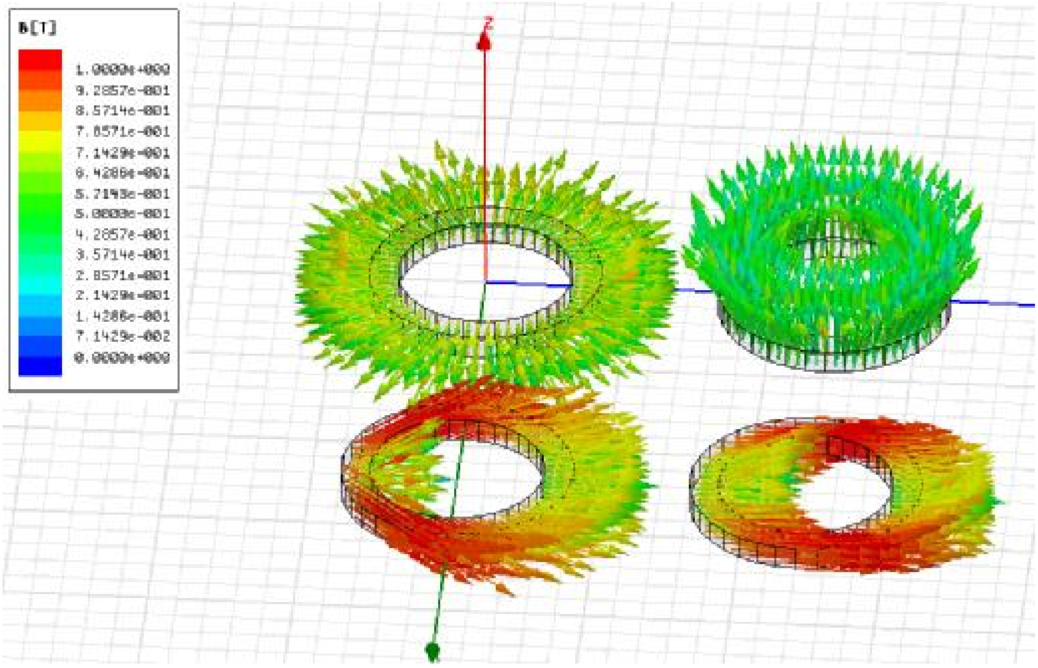
将Spacing size 滑标移到最小

Min 3

Maxs 10

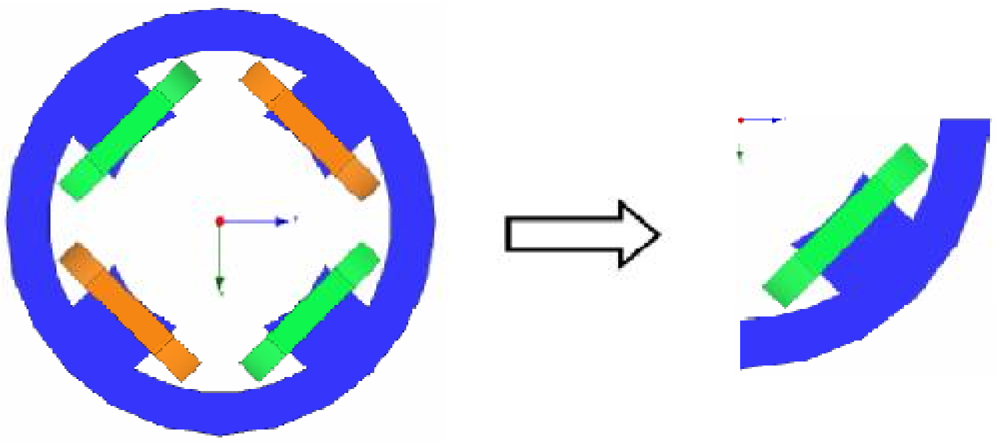
Apply.


B[T]
1.0000e+000
9.2857e-001
8.5714e-001
7.8571e-001
7.1429e-001
6.4286e-001
5.7143e-001
5.0000e-001
4.2857e-001
3.5714e-001
2.8571e-001
2.1429e-001
1.4286e-001
7.1429e-002
0.0000e+000


B[T]
1.0000e+000
9.2857e-001
8.5714e-001
7.8571e-001
7.1429e-001
6.4286e-001
5.7143e-001
5.0000e-001
4.2857e-001
3.5714e-001
2.8571e-001
2.1429e-001
1.4286e-001
7.1429e-002
0.0000e+000

7. Master/Slave边界使用实例：直流无刷电机内磁场计算

计算如下图所示四极无刷直流电机内的磁场分布。通过对比全模型和1/4模型的仿真，掌握匹配边界Master/Slave的用法。



一．全模型仿真

1.建模（Model）

Project > Insert Maxwell 3D Design

File>Save as> Master_Slave

将设计名由Maxwell3DDesign1改为Full_Model_1

选择求解器类型：Maxwell > Solution Type> Magnetostatic

创建电机模型

调用模型库中的现有模型

Draw > User Defined Primitive > Syslib > Rmxprt > SRMCore

电机的参数设计如下：

Name	Value	Unit	Evaluated Value	Description
Command	CreateUserDefinedPart			
Coordinate System	Global			
DLL Name	RMxprt/SRMCore			
DLL Location	syslib			
DLL Version	12.0			
DiaGap	80	mm	80mm	Core diameter on gap side, DiaGap<DiaYo...
DiaYoke	150	mm	150mm	Core diameter on yoke side, DiaYork<dia...
Length	10	mm	10mm	Core length
Poles	4		4	Number of poles
ThkYoke	15	mm	15mm	Yoke thickness
Embrace	0.5		0.5	Pole embrace (the ratio of pole arc to ...
EndExt	5	mm	5mm	Coil one-side end extended length
LenRegion	200	mm	200mm	Region length
InfoCore	1		1	0: core; 1: core & coils; 2: coil; 3: t...

将模型名由SRMCore1改为Stator

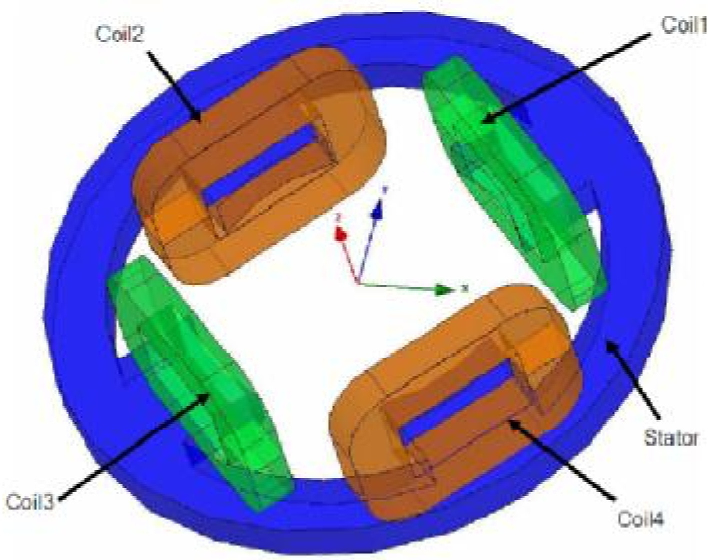
将材料改为镍（nickel）

分离模型

全选所有模型Ctrl+A

Modeler > Boolean > Separate Bodies

将线圈重命名为按逆时针顺序改为Coil1，Coil2， Coil3， Coil4



创建线圈的电流加载面

选中4个线圈，得到线圈截面

Modeler > Surface > Section > XY Plane

分离线圈截面

Modeler > Boolean > Separate Bodies

删除多余的截面

Del

2.设置激励电流

选中所有截面

Maxwell > Excitations > Assign > Current

Value ： 100 Amps

Type： Stranded

创建计算区域（Region）

Draw > Region

Padding Percentage：10%

3.设置自适应计算参数（Create Analysis Setup）

Maxwell 3D > Analysis Setup > Add Solution Setup

最大迭代次数： Maximum number of passes ： 15

误差要求： Percent Error: 1%

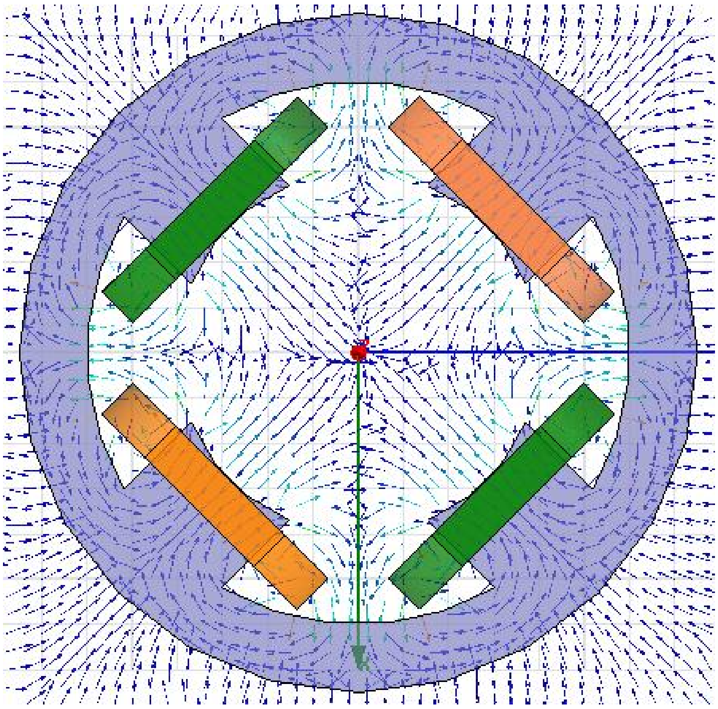
每次迭代加密剖分单元比例： Refinement per Pass : 30%

4. Check & Run

5. 查看结果

Planes > Global: XY

Field Overlays > Fields > H > H_Vector >Done



二．1/4 模型仿真

在Project manager栏下，选中Full_Model_1 > Copy > Paste

得到原设计的copy，重命名为Full_Model_2

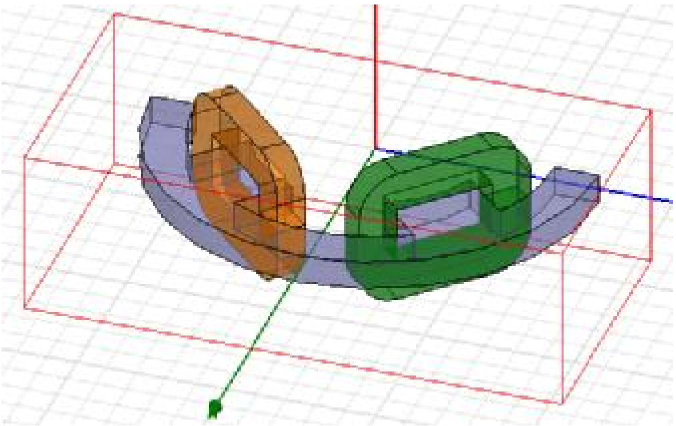
Ctrl+A，选中所有模型

Modeler > Boolean > Split

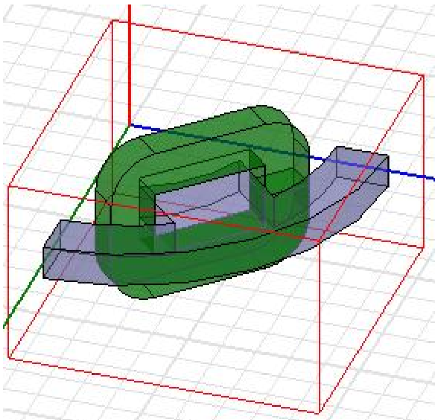
Split Plane > YZ

Keep Fragments > Positive Side

Split Objects > Split entire selection



Modeler > Boolean > Split
Split Plane > XZ
Keep Fragments > Positive Side
Split Objects > Split entire selection

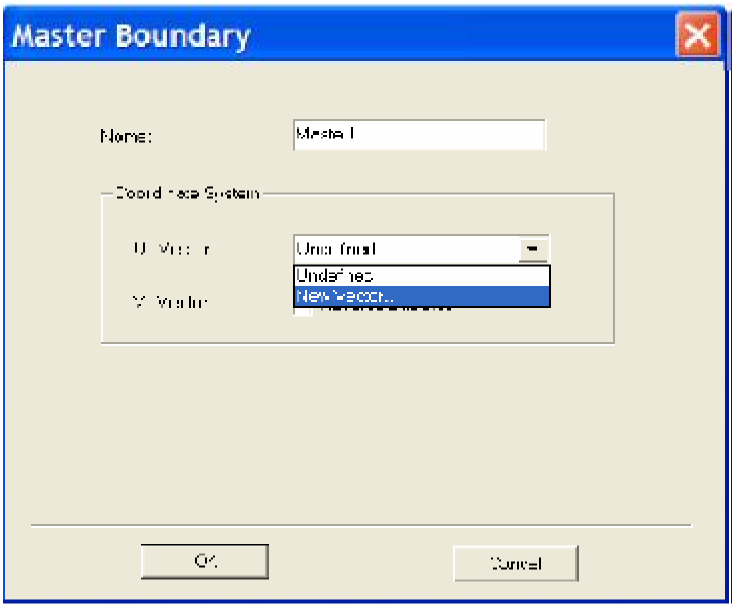


修改Region区域

	Name	Value	Unit	Evaluated Value
	Command	CreateRegion		
	Coordinate System	Global		
	+X Padding Percentage	10		10
	-X Padding Percentage	0		0
	+Y Padding Percentage	10		10
	-Y Padding Percentage	0		0
	+Z Padding Percentage	10		10
	-Z Padding Percentage	10		10

旋转模型，使XZ面朝外
按F键，将体选择改为面选择
选中XZ面
Assign Boundary > Master

选择New Vector

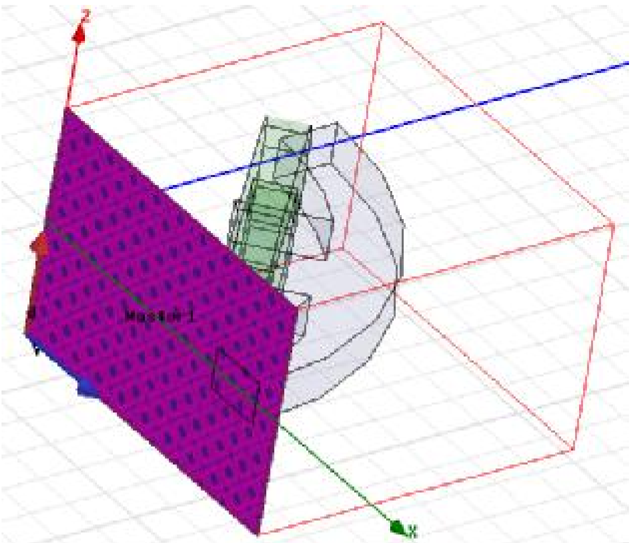


沿着Z轴正方向设置U Vector向量

起点（0，0，-20）

终点（0，0，20）

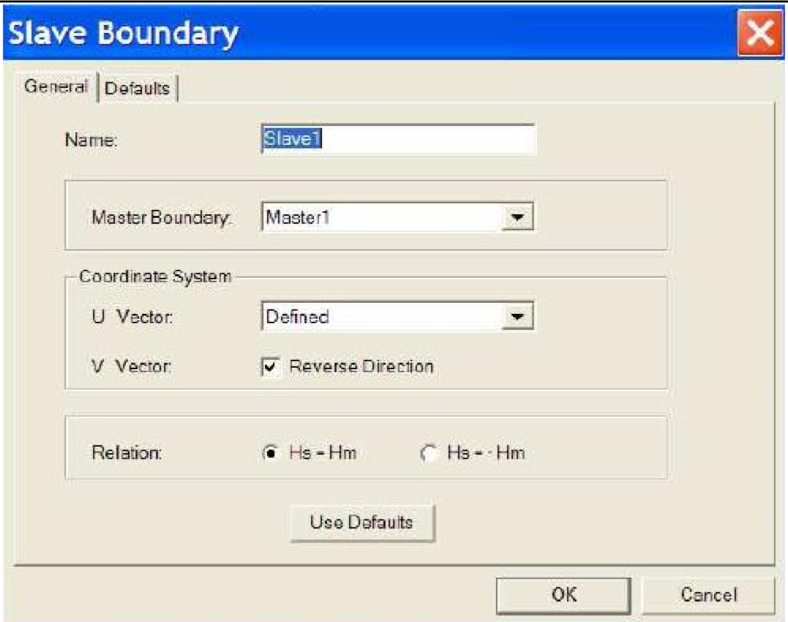
形成Master1面如下：



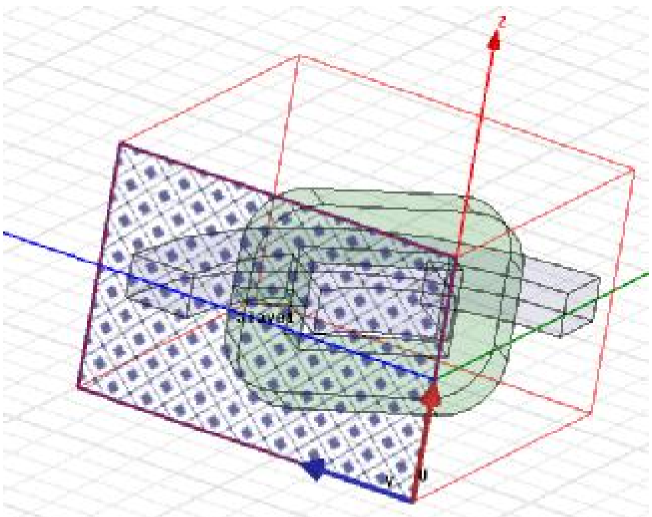
旋转模型，使YZ面朝外

选中YZ面

Assign Boundary > Slave



得到下图

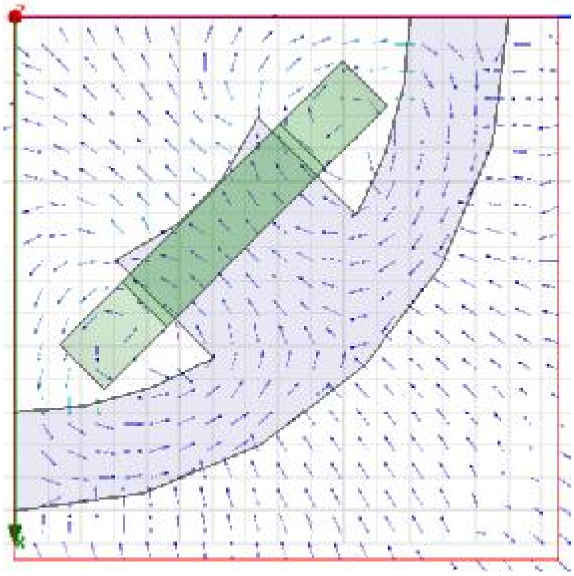


Check & Run

查看结果

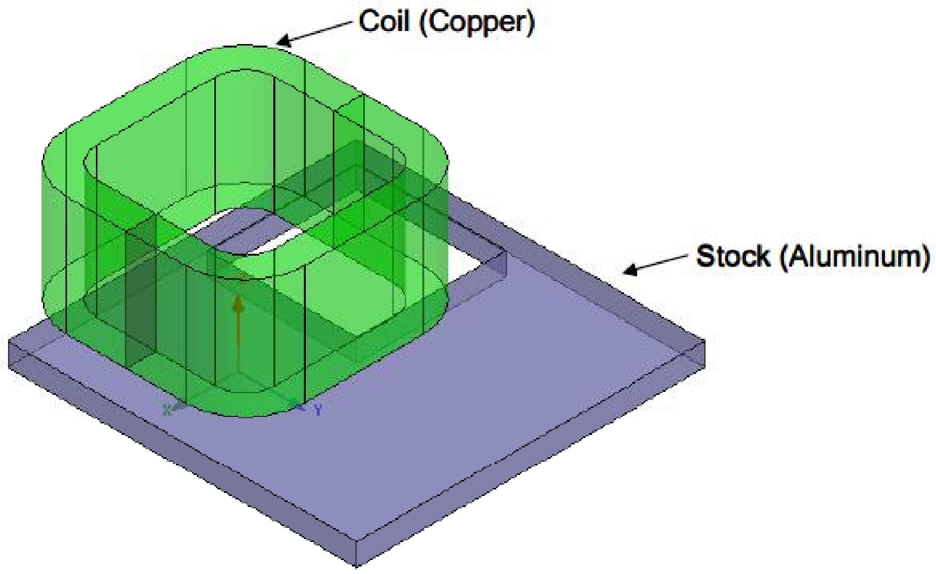
Planes > Global: XY

Field Overlays > Fields > H > H_Vector >Done



8. 涡流场分析实例

建立如下图所示的涡流分析模型



1.建模（Model）

Project > Insert Maxwell 3D Design

File>Save as> Eddycurrent（工程命名为“Eddycurrent”）

选择求解器类型：Maxwell > Solution Type> eddy current

改变作图单位 Modeler > Units > Select Units: mm

创建铝板模型（stock）

Draw > Box

Position: （0,0,0）

Box尺寸：（XSize, YSize, ZSize）>（294,294,19）

重命名为：stock

Draw > Box

Position: （18,18 ,0）

Box尺寸：（XSize, YSize, ZSize）>（126,126,19）

重命名为：hole

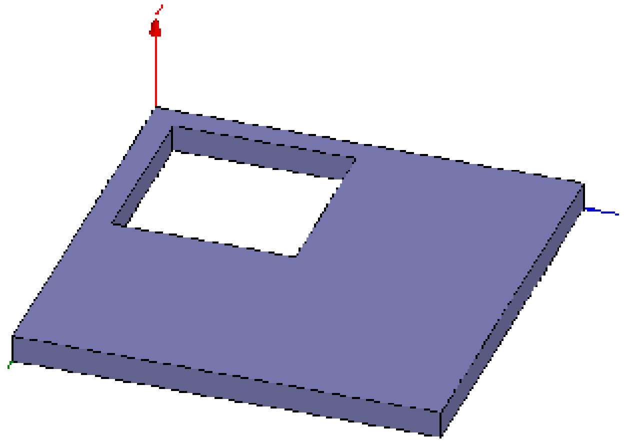
CTRL +A，选中两Box模型

Modeler > Boolean > Subtract

Blank Parts: stock

Tool Parts: hole

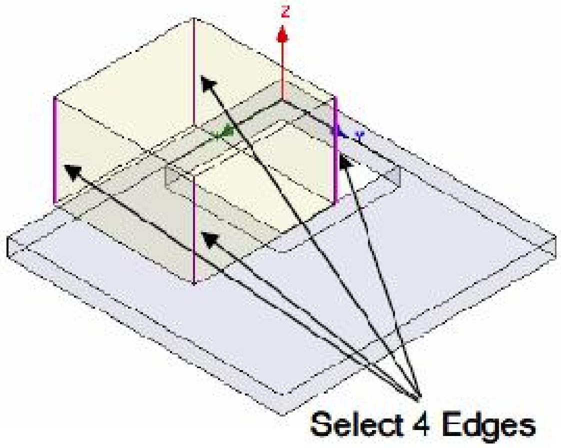
得到铝板模型如下：



材料设置为Aluminum

创建线圈模型（coil）

Draw > Box
Position：　（119,25,49）
Box尺寸：（XSize, YSize, ZSize）>（150,150,100）
重命名为：coilhole
按 E 键，将体选择改为边选择
选中coilhole模型的4个竖边，如下图所示：



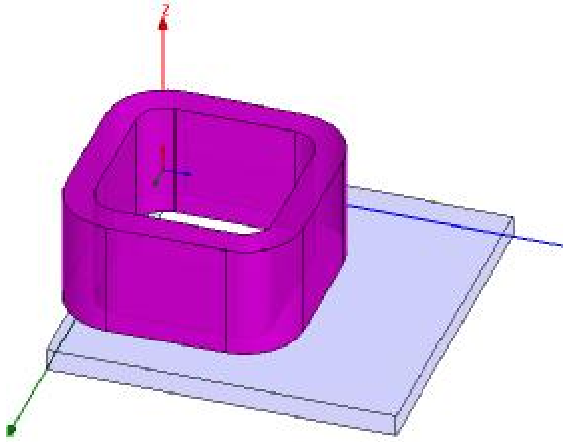
将所选边缘圆滑化

Modeler > Fillet
Fillet 参数设置：
1. Fillet Radius: 25mm
2. Setback Distance: 0mm

Draw > Box
Position：　（94,0,49）
Box尺寸：（XSize, YSize, ZSize）>（200,200,100）
重命名为：coil
按 E 键，将体选择改为边选择
选中coil模型的4个竖边，

将所选边缘圆滑化

Modeler > Fillet
Fillet 参数设置：
1. Fillet Radius: 50mm
2. Setback Distance: 0mm
选中coil和coilhole模型
Modeler > Boolean > Subtract
Blank Parts:　coil
Tool Parts:　coilhole
得到coil模型如下：
将coil的材料改为copper



创建相对坐标系

Modeler > Coordinate System > Create >Relative CS > Offset
相对坐标偏置 X: 200, Y: 100, Z: 0

设置激励电流加载面
选中coil
Modeler > Surface > Section > XZ
Modeler > Boolean > Separate Bodies

Del

2. 设置激励

选中线圈的截面

Maxwell 3D> Excitations > Assign > Current

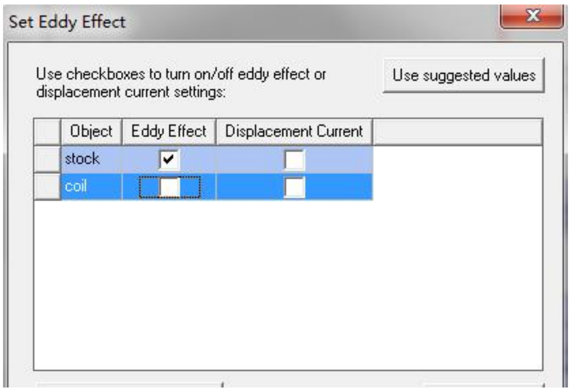
Name: Current1

Value: 2742 A

Type: Stranded

设置涡流存在区域

Maxwell 3D > Excitations > Set Eddy Effects



创建计算区域（Region）

Draw > Region

创建哑元Dummy

Dummy技术的优点：

只对所关心的局部区域进行加密剖分，提高该区域的计算精度，无需对整个区域进行加密，节约了计算资源。

将坐标系改为Global CS

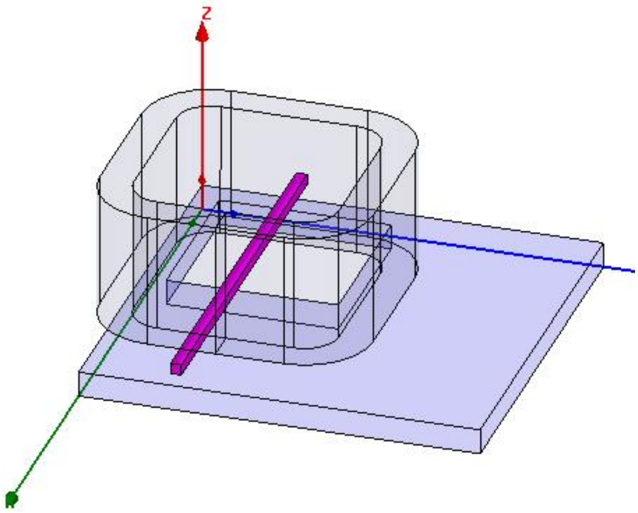
Draw > Box

Position：（-3,68,30）

Box尺寸：（XSize, YSize, ZSize）>（300,8,8）

重命名为：dummy

材料为真空



设置Dummy的剖分参数

选中Dummy

Maxwell > Mesh Operations > Assign > On Selection >Length Based.

不选Restrict Length of Elements

选中Restrict the Number of Elements

Maximum Number of Elements：1000

Select the menu item Maxwell>Analysis Setup > Apply Mesh Operations

3.设置自适应计算参数（Create Analysis Setup）

Maxwell 3D > Analysis Setup > Add Solution Setup

最大迭代次数： Maximum number of passes ： 10

误差要求： Percent Error: 2%

每次迭代加密剖分单元比例： Refinement per Pass : 50%

设置激励源的频率 Solver > Adaptive Frequency: 200 Hz

4. Check & Run

5.查看结果

使用Calculator计算器

绘出线段A（0，72，34），B（288，72，34）上的磁感应强度B的Z向分量实部值

设置Global CS为工作坐标系

Draw > Line

Select the menu item Draw > Line

输入起点：X: 0.0, Y: 72.0, Z: 34.0

Enter

输入终点：X: 288.0, Y: 72.0, Z: 34.0

Enter

将线段重命名为：FieldLine

计算B的z向分量实部

Maxwell 3D> Fields > Calculator

Quantity: B

Vector: Scal? > Scalar Z

General: Complex > Real

Smooth

Number

Type: Scalar

Value: 10000

OK

General: *

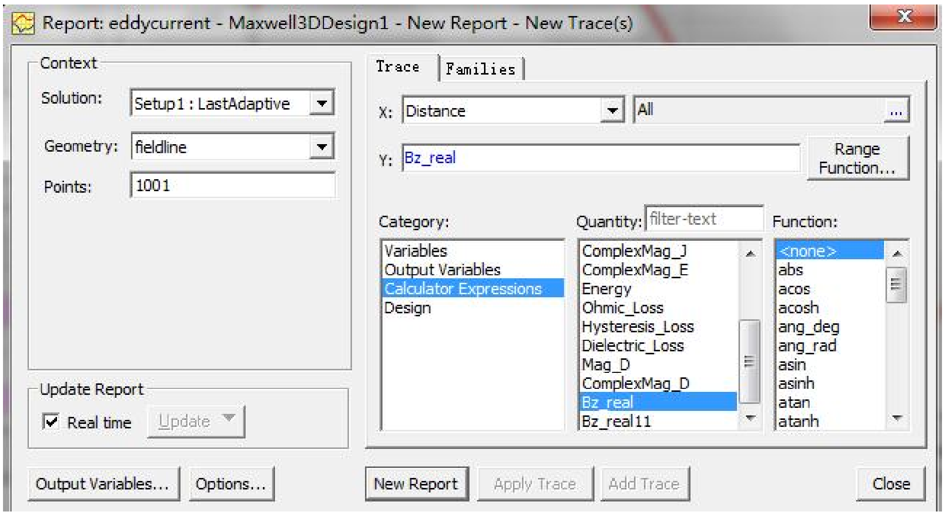
点击Add

输入Named Expression：Name: Bz_real

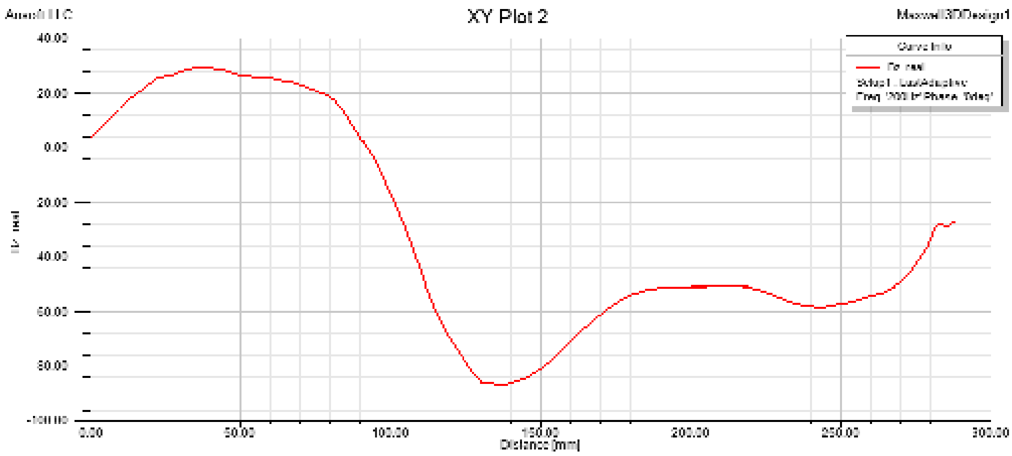
Done

Maxwell 3D > Results > Create Fields Report > Rectangular plot

设置如下图：



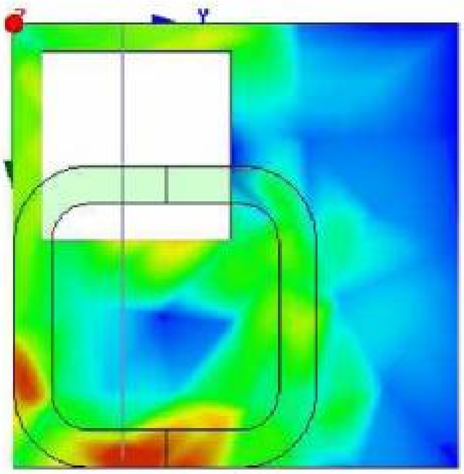
点击New Report



绘出stock中的涡流辐值分布：

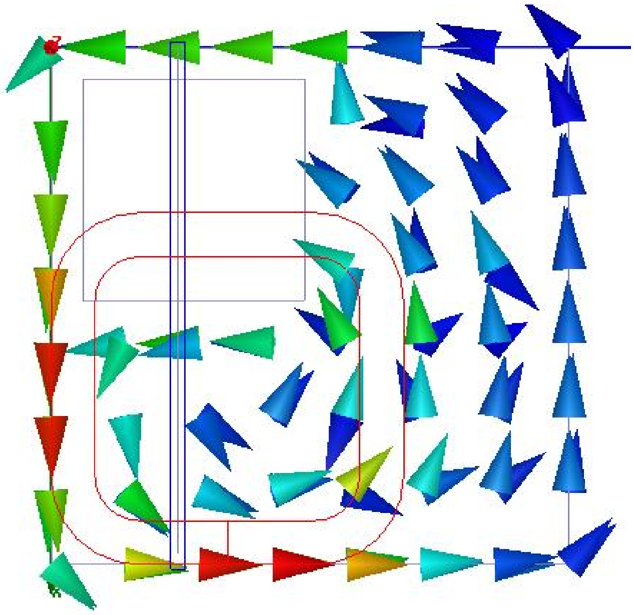
选中stock

Maxwell 3D > Fields > Fields > J > Mag_J



绘出stock中的涡流流向图

Maxwell 3D> Fields > Fields > J > Vector_J

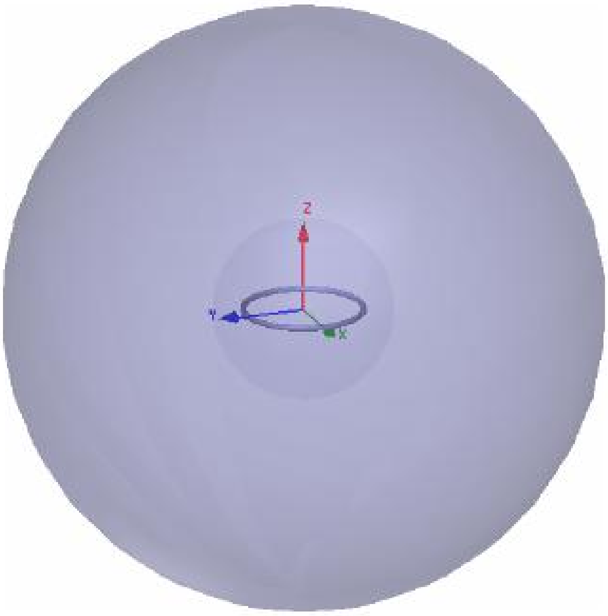


9. 涡流场问题实例：磁偶极子天线的近区场计算

计算如下图所示所受磁偶极子线圈的近区场在边界上的坡印廷矢量及其辐射电阻。

要求理解并掌握辐射边界的使用。

注意：由于Maxwell软件只适用于低频场合，所以不推荐采用该平台计算天线相关的高频场问题，本例只是为了说明如何使用辐射边界（Radiation Boundary）。



1.建模（Model）

Project > Insert Maxwell 3D Design

File>Save as> Dipole antenna （工程命名为“Dipole antenna”）

选择求解器类型：Maxwell > Solution Type> Eddy current

设置几何尺寸单位：

Modeler > Units > Select Units: m (meters)

创建线圈

Draw>Torus

中心点：（0,0,0）

输入线圈的内径：（0.0095,0,0）

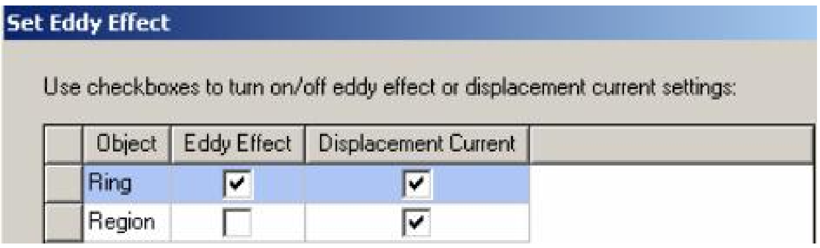
输入线圈的外径：（0.001,0,0）

将材料设置为Copper
重命名为：coil
创建计算区域Region
Draw>Sphere
中心点：（0,0,0）
输入球形计算区域的半径：（0.06,0,0）
材料设为vacuum

创建激励电流加载面（Create Section）
Select　coil
Modeler > Surface > Section
Section Plane: YZ平面
Modeler > Boolean > Separate Bodies（分离两Section面）
Del 删除1个截面
将剩下的1个截面重命名为“current”

2.设置激励（Assign Excitation）
选中线圈截面：current
Maxwell 3D> Excitations > Assign > Current
Value: 1.414
Type: soild

设置涡流效应和位移电流存在区域
Maxwell > Excitations > Set Eddy Effects
设置如下图：



设置辐射边界 Radiation Boundary
关于辐射边界的一些基本知识：
1．辐射边界在仿真电磁场开域问题时使用，辐射边界可完全吸收该边界所包围区域内向外辐射的电磁波，不会造成电磁波的反射。

2．辐射边界只在涡流求解器中使用。
3．辐射边界必须与位移电流（Displacement current）设置同时使用。
4．辐射边界一般都设为球形（也可以是其他形状），辐射边界到辐射源的距离一般大于电磁波波长的1/4。

在天线的辐射问题中，一般习惯将研究目标或区域的尺寸表示为电磁波波长（l，lambda）的函数。

将region的半径表示为 l 的函数

选中Region下的Create sphere
将半径radius改为：lambda/4+0.01 (m)
添加变量lambda的定义为：c0/frequ
这里c0表示真空中的光速
添加变量frequ的定义为：1.5GHz

按 f 键，改为面选择
选中Region的外表面
Maxwell > Boundaries > Assign > Radiation…

设置表面剖分的近似原则

选中外表面
Maxwell > Mesh Operations > Assign > Surface Approximation…
Maximum surface deviation：ignore
Set maximum normal deviation (angle)：15 deg
Set aspect ratio：10

Maximum surface deviation

表面偏差距离：模型的剖分三角平面与真实表面之间的距离
若模型真实表面是平面，则表面偏差距离为0。

Maximum normal deviation

模型的剖分三角平面与真实表面的法向分量之间的夹角。

Aspect ratio

剖分三角单元的Aspect ratio是指三角单元的外接圆半径与三角形内径的比值。若该参数为1，表示三角单元为等边三角形。对于平面剖

分，Aspect ratio的设置下限为4，对于曲面剖分，Aspect ratio的设置下限为1.2。

创建计算区域的外表面
选中Region区域的外表面
Modeler > Surface > Create Object From Face
将该面重命名为Outside

3.设置计算参数（Assign Executive Parameter）

Maxwell 3D > Parameters > Assign > Matrix

4.设置自适应计算参数（Create Analysis Setup）

Maxwell 3D > Analysis Setup > Add Solution Setup
最大迭代次数： Maximum number of passes ： 5
误差要求： Percent Error: 10%
频率设置： Solver > Adaptive Frequency: 1.5GHz

5. Check & Run

6.计算结果

计算辐射电阻
创建平均Poynting矢量的计算表达式

$$\vec{P} = \frac{1}{2}\mathrm{Re}\left\{\vec{E}\times\vec{H}^*\right\}$$

Maxwell 3D > Fields > Calculator…
Quantity > E
Quantity > H
Complex > Conj（取H矢量的共轭）
Cross（叉乘操作）
Complex > Real（取实部）
Number > 0.5
*
点击Add…
Named expressions > Poynting

Done

辐射电阻的计算公式：$R_r = \frac{P_{av}}{I_{rms}^2}$

其中 P_{av} 是边界上的辐射功率，其表达式为：

$$P_{av} = \iint_S \vec{P} \cdot d\vec{S} = \iint_S \frac{1}{2} \mathrm{Re}\left\{ \vec{E} \times \vec{H}^* \right\} \cdot d\vec{S}$$

Maxwell > Fields > Calculator

在Named Expressions栏中选中Poynting

Copy to stack（将Poynting的计算设置copy到Calculator堆栈中）

Geometry > Surface > Outside

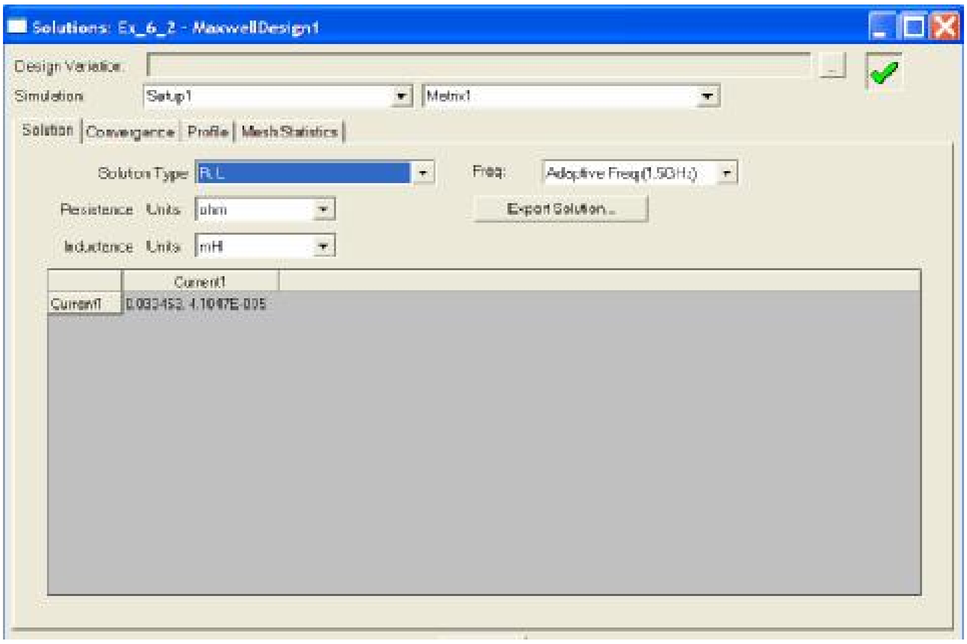
Normal（保留Poynting的法向分量）

积分

Eval（查看结果）

查看阻抗矩阵

Maxwell > Results > Solution Data

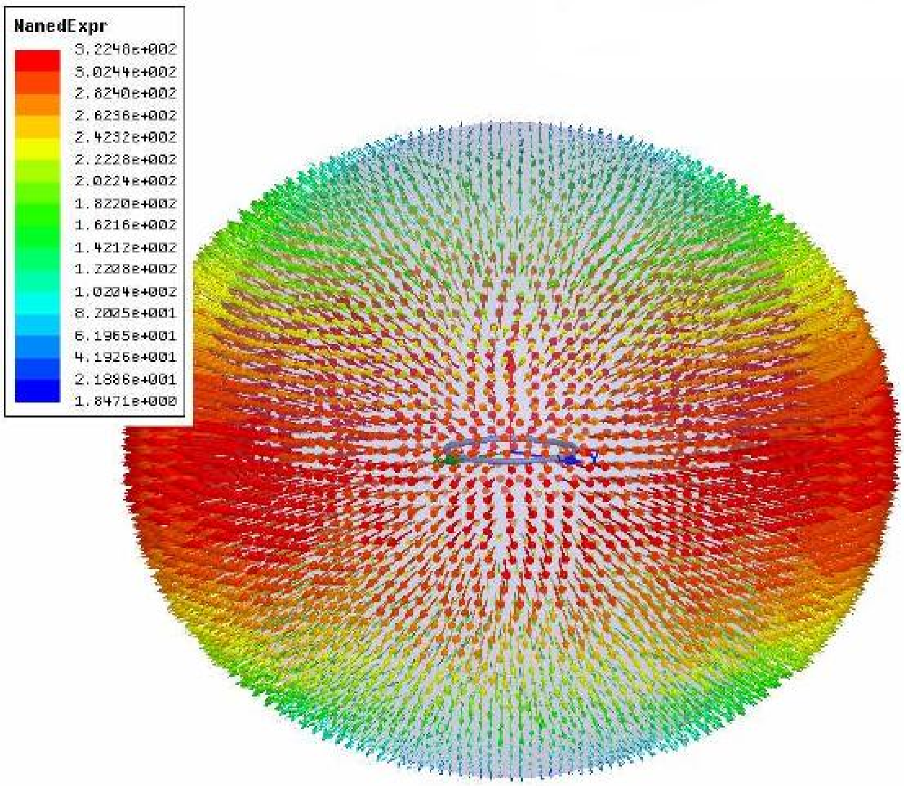


查看辐射边界上的Poynting矢量图

选中Region的外表面

Maxwell > Fields > Fields > Named Expression…

选中Poynting



10. 瞬态场实例：TEAM WORKSHOP PROBLEM 24

计算如下图所示电机转子中的磁场分布，线圈激励采用脉冲波形。

1.建模（Model）

Project > Insert Maxwell 3D Design

File>Save as> rotational actuator（工程命名为“rotational actuator”）

选择求解器类型：Maxwell > Solution Type> Transient

设置几何尺寸单位：

Modeler > Units > Select Units: mm

创建定子外磁路

Draw > Cylinder

下极板起点：（X,Y,Z）>（0, 0, 0）

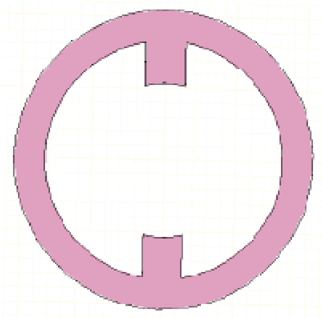
坐标偏置：（dX,dY,dZ）>（104.5, 0,25.4）

重命名为Outer_arm
颜色改为red
选中Outer_arm
CTRL+C
CTRL+V
得到第2个圆柱模型，将其重命名为Cylindertool
将Cylindertool的半径改为83.1mm，其他参数不变
选中Outer_arm和Cylindertool
Modeler > Boolean > Subtract
Blank Parts: Outer_arm
Tool Parts: Cylindertool

创建定子上的两磁极

Draw > Box
（X,Y,Z）>（-13.9, 0, 0）
（dX,dY,dZ）>（27.8, -40, 25.4）
选中该Box
Edit > Arrange > Move
输入位移矢量的起点（X,Y,Z）>（0, 0, 0）
输入位移矢量的终点偏置（dX,dY,dZ）>（0, -45, 0）
Edit>Duplicate>Mirror
（X,Y,Z）>（0, 0, 0）
（dX,dY,dZ）>（0, 1,0）
选中所有已绘制模型
Modeler>Boolean>Unite

Draw > Cylinder
（X,Y,Z）>（0, 0, 0）
（dX,dY,dZ）>（53.75, 0, 25.4）
选中Outer_arm和Cylinder1
Modeler>Boolean>Subtract
Blank Parts: Outer_arm
Tool Parts: Cylinder1



创建转子

Draw > Cylinder

（X,Y,Z）>（0, 0, 0）

（dX,dY,dZ）>（25.4, 0, 25.4）

重命名为Shaft

Draw > Cylinder

（X,Y,Z）>（0, 0, 0）

（dX,dY,dZ）>（38.1, 0, 25.4）

重命名为Inner_arm

选中Shaft和Inner_arm

Modeler>Boolean>Subtract

Blank Parts: Inner_arm

Tool Parts: Shaft

创建转子上的两磁极

Draw > Box

（X,Y,Z）>（-12.7, 0, 0）

（dX,dY,dZ）>（25.4, -20, 25.4）

选中该Box

Edit>Arrange>Move

输入位移矢量的起点（X,Y,Z）>（0, 0, 0）

输入位移矢量的终点偏置（dX,dY,dZ）>（0, -35, 0）

Edit>Duplicate>Mirror

（X,Y,Z）>（0, 0, 0）

（dX,dY,dZ）>（0, 1,0）

选中Inner_arm和刚绘制的2个Box模型

Modeler>Boolean>Unite

将新模型重命名为Innerarm

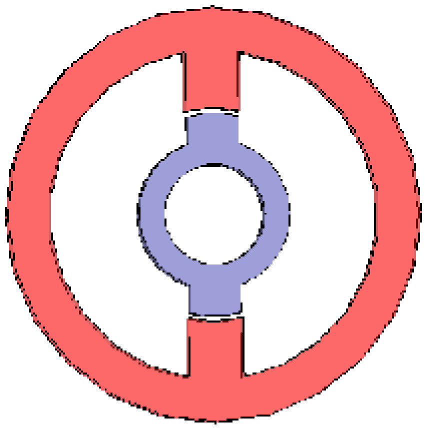
Draw > Cylinder

（X,Y,Z）>（0, 0, 0）

（dX,dY,dZ）>（51.05, 0, 25.4）

选中Innerarm和新创建的Cylinder2

Modeler > Boolean > Intersect



创建转子上的两线圈

先创建局部相对坐标系

Modeler > Coordinate System > Create > Relative CS > Offset

输入坐标偏置（X,Y,Z）>（0, 0, 12.7）

将局部坐标系设为工作坐标系

将绘图平面设为XZ平面：Modeler > Grid plane > XZ

Draw > Rectangle

（X,Y,Z）>（-17, 0, -15.5）

（dX,dY,dZ）>（34, 0, 31）

Edit > Select > Faces

选中刚创建的Rectangle

Modeler>Surface>Uncover Faces

由矩形平面得到闭合的矩形边框线，重命名为path

将绘图平面设为YZ平面：Modeler > Grid plane > YZ

绘制导线的截面：

Draw > Rectangle
（X,Y,Z）>（0, 0, 15.5）
（dX,dY,dZ）>（0, 17, 24）
将新创建的Rectangle重命名为coil1

选中path和coil1

Draw > Sweep>Along Path

OK

将线圈的边圆滑化

将局部坐标系设为工作坐标系

将绘图平面设为XZ平面：Modeler > Grid plane > XZ

Draw > Cylinder
（X,Y,Z）>（0, 0, 0）

（dX,dY,dZ）>（43, 17, 0）

选中新创建的Cylinder和coil1

Modeler > Boolean > intersection
重命名为coil
选中coil
Edit>Arrange>Move
输入位移矢量的起点（X,Y,Z）>（0, 0, 0）
输入位移矢量的终点偏置（dX,dY,dZ）>（0, 54.5, 0）
Edit>Duplicate>Mirror
（X,Y,Z）>（0, 0, 0）

（dX,dY,dZ）>（0, 1,0）

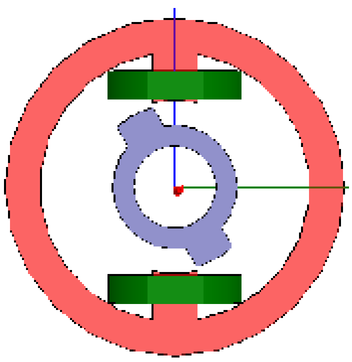
创建激励电流加载面

选中两线圈
Modeler > Surface>Section > XY
Modeler > Boolean>Separate Bodies

Del

创建Region区域
设为250%

选中Innerarm
Edit>Arrange>Rotate
Axis： Z
Angle: 29.5 deg



2.设置材料

设置定子为非线性材料
选中Out_arm
Assign Material > Add Material
Material Name: arm steel
在Relative Permeability参数的Type栏下，将simple改为Nonlinear
点击BH Curve，弹出BH Curve窗口
在H和B列分别输入下列数据

	H (A_per_meter)	B (tesla)
1	0	0
2	4000	1.413
3	8010	1.594
4	16010	1.751
5	24020	1.839
6	32030	1.896
7	40030	1.936
8	48040	1.967
9	64050	2.008
10	80070	2.042

	H (A_per_meter)	B (tesla)
11	96080	2.073
12	112100	2.101
13	128110	2.127
14	144120	2.151
15	176150	2.197
16	272230	2.325
17	304260	2.37
18	336290	2.42
19	396000	2.5

点击OK
点击Validate， 点击OK
将电导率Bulk Conductivity设为1000000S/m

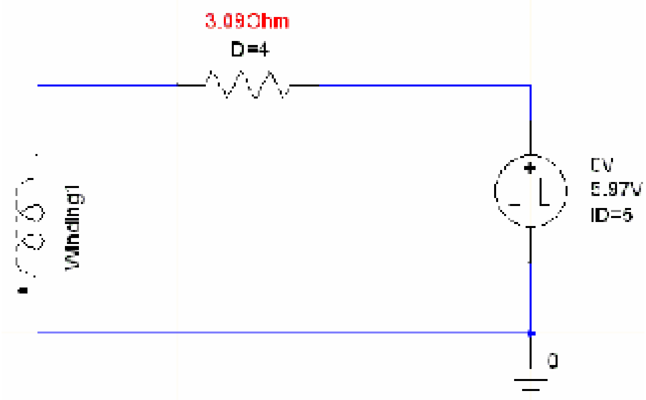
设置Out_arm的材料为arm steel
将Innerarm的材料也设为arm steel
将两线圈的材料设为Copper

3.设置激励

在Sheets栏下选中1个电流加载面
Assign Excitation > Coil Terminal >350
在Number of Conductors栏输入350
在Sheets栏下选中另1个电流加载面
Assign Excitation > Coil Terminal
在Number of Conductors栏输入350

在模型窗口右键单击
Assign Excitation > Add Winding
弹出Winding Definition窗口
在Type栏选择External， 并选中Stranded， 其他设置不变
在Project Manager栏选中Winding1， 右键单击， 选择Add Terminals
在弹出窗口中， 选中之前定义的两个线圈截面
此时， 两线圈截面已属于Winding

设置外部激励电路



打开外部电路编辑器：

开始>所有程序>Ansoft>Maxwell 12>Maxwell Circuit Editor

点击Project Manager 下的Components子栏

放置线圈

Maxwell Circuit Elements > Dedicated Elements > Winding

将Winding元件拖到绘图区域

右键 > Finish

将线圈重命名为Winding1，与Maxwell中的线圈同名

放置电阻

Maxwell Circuit Elements > Passive Elements > Res

将Res元件拖到绘图区域

右键 > Finish

将电阻值改为3.09欧

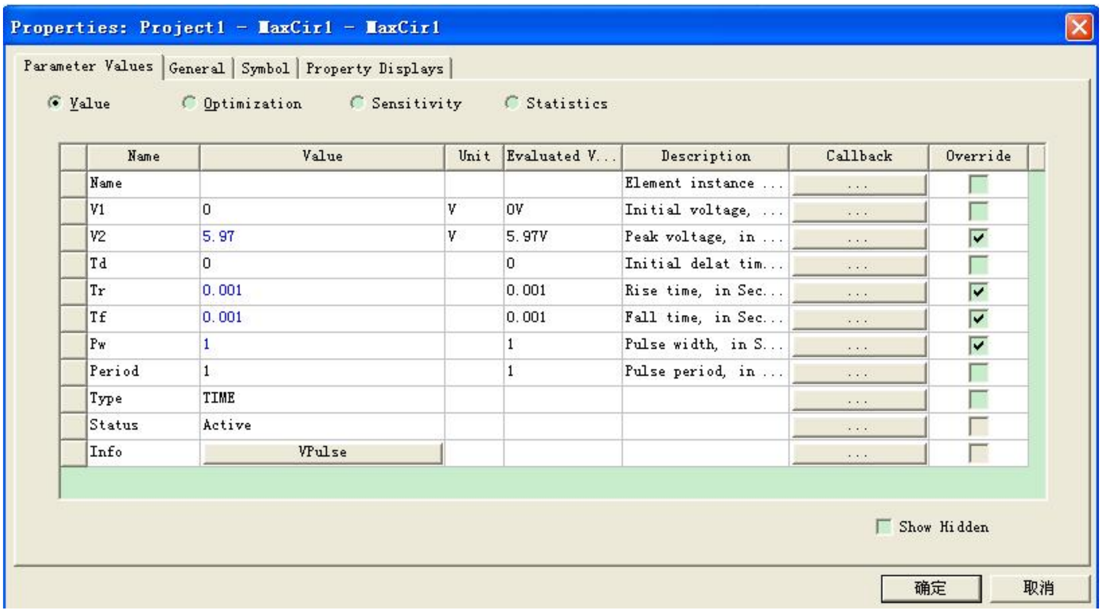
放置电压脉冲信号源

Maxwell Circuit Elements > Sources > VPulse

将Res元件拖到绘图区域

右键 > Finish

按下列参数设置电压脉冲源



连接各元件：Draw > Wire
放置参考地：Draw > Ground
连接Ground

导出电路的网络连接表

Maxwell Circuit > Browse Netlist
Netlist > Export
将文件命名为：“trans_circ”，保存
将工程保存为“rot_ext_circuit”
退出Maxwell Circuit Editor

在Maxwell 3D下设置外部激励

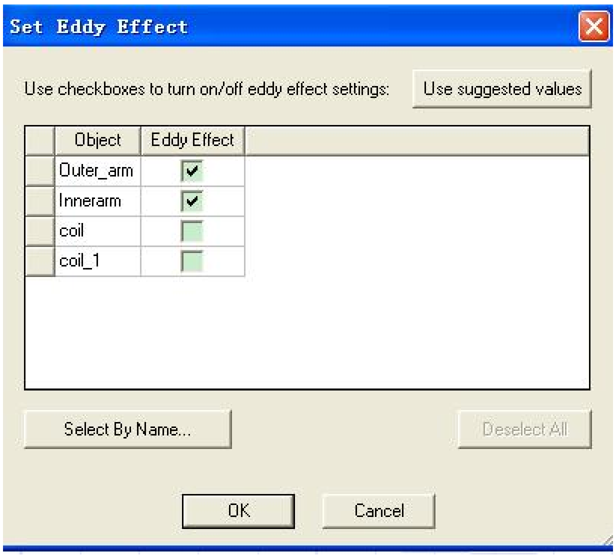
Maxwell 3D>Excitations>External Circuit>Edit External Circuit.
点击Import Circuit
导入“trans_circ.sph”文件

4.设置剖分规则

选中Outer_arm和Innerarm
Assign Mesh Operation>Inside Selection>Length Based.
Maximum Length of Elements: 10mm

5.设置涡流效应

Maxwell 3D>Excitations>Set Eddy Effects.



6.设置求解规则

Analysis>Add Solution Setup

General： Stop time>0.06s

Time step>0.005s

Save Field: Type>Linear step

Start >0.001

Stop >0.056

Step> 0.005

Add to list

OK

7. CHECK & RUN

8.后处理

绘制模型中间对称面上磁体中的磁场强度矢量图

选中Innerarm和Outer_arm模型

Modeler>List>Create>Object List

View>Set Solutions Context

设置后处理结果的时间间隔

Time > 0.01

OK

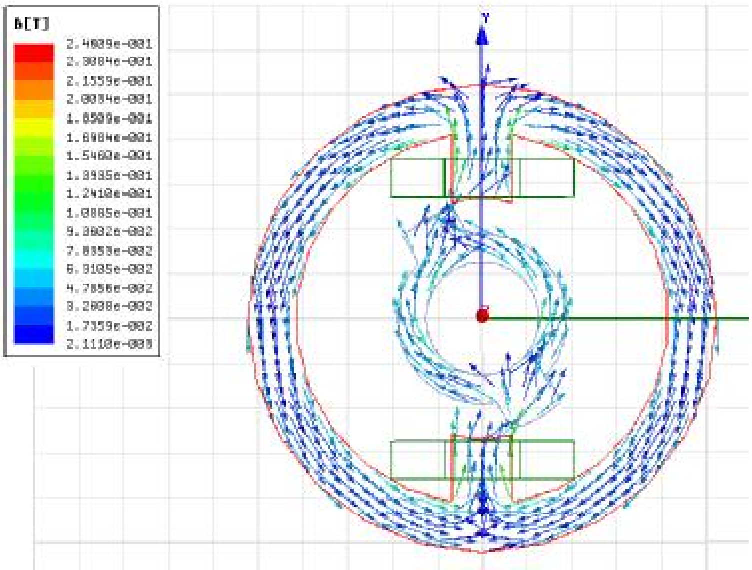
将工作坐标设为局部相对坐标系

在Planes下选中RelativeCS1:XY

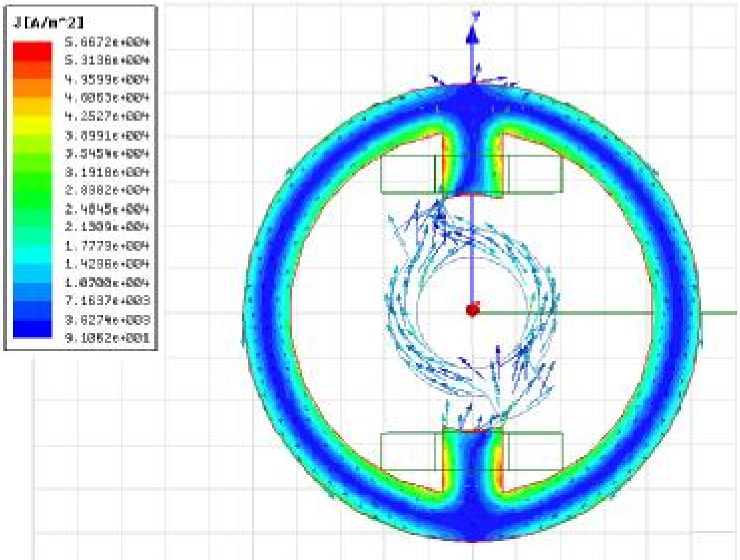
Field Overlays>Fields>B>B_Vector

Quanticy> B_Vector

In Volume> Objectlist1



绘制模型中间对称面上磁体中的电流强度幅值图

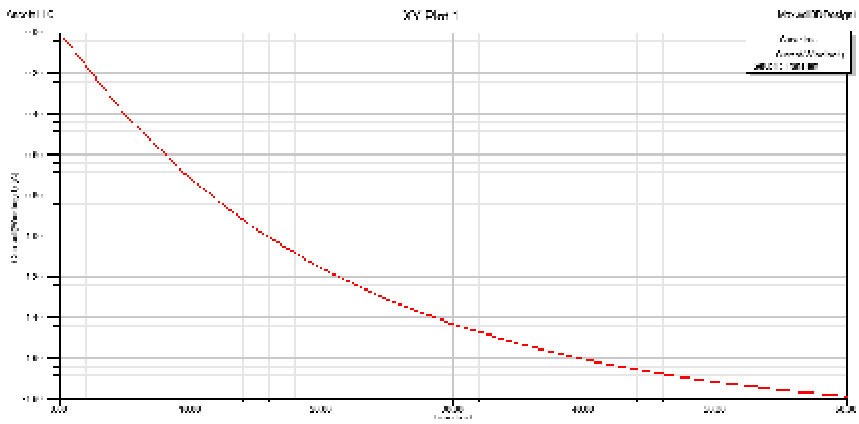


图中明显可以看出电流的趋肤效应

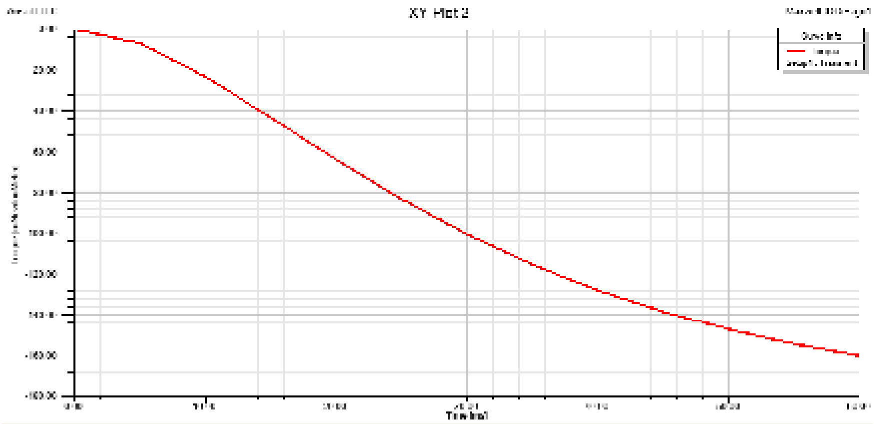
绘出激励电流随时间变化的曲线

Results>Create Transient Report>Rectangular Plot

New Report



绘出转子力矩随时间变化的曲线



Ansoft 快捷键
o: 选中实体
f：选中实体的某一面
e：选中实体的某一边
v：选中实体的某一顶点