



روش های عددی در الکترومغناطیس

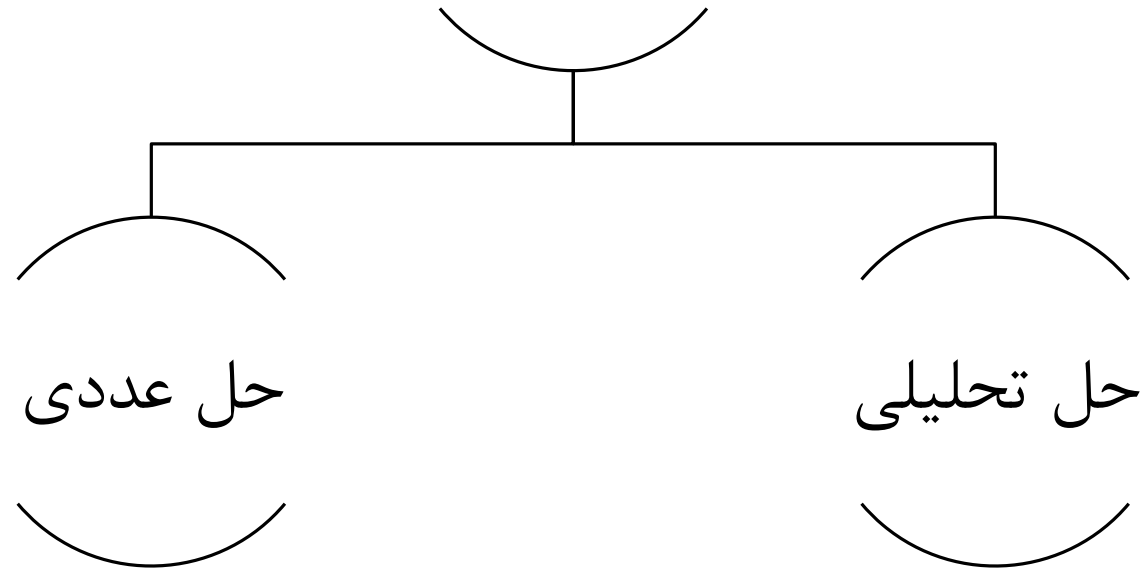
# روش اجزای محدود

---

ارائه دهنده: حسام محمود صالحی  
استاد درس: دکتر آذر تفریحی  
دانشگاه صنعتی اصفهان  
دانشکده ی فیزیک  
خرداد ماه ۱۳۹۸

---

حل مسائل الكتر ومغناطيس



# روش‌های حل عددی

روش اجزای محدود

روش تفاضل محدود

روش ممان

روش خط انتقال

...

# روش اجزای محدود

---

## □ تاریخچه

- ارائه شده در دهه‌ی ۴۰ میلادی توسط الکساندر هرنيكوف و ریچارد کورانن.
- اولین استفاده در دهه‌ی ۵۰ میلادی در ساخت هواپیما
- استفاده روزافزون در شاخه‌های مختلف مهندسی

# روش اجزای محدود

---

## □ ایده‌ی اصلی

- تقسیم حوزه‌ی حل به زیرحوزه‌های کوچکتری به نام "اجزای محدود"
- ارتباط مقادیر مجهول در یک زیرحوزه با لبه‌ی آن
- دقت روش

# روش اجزای محدود

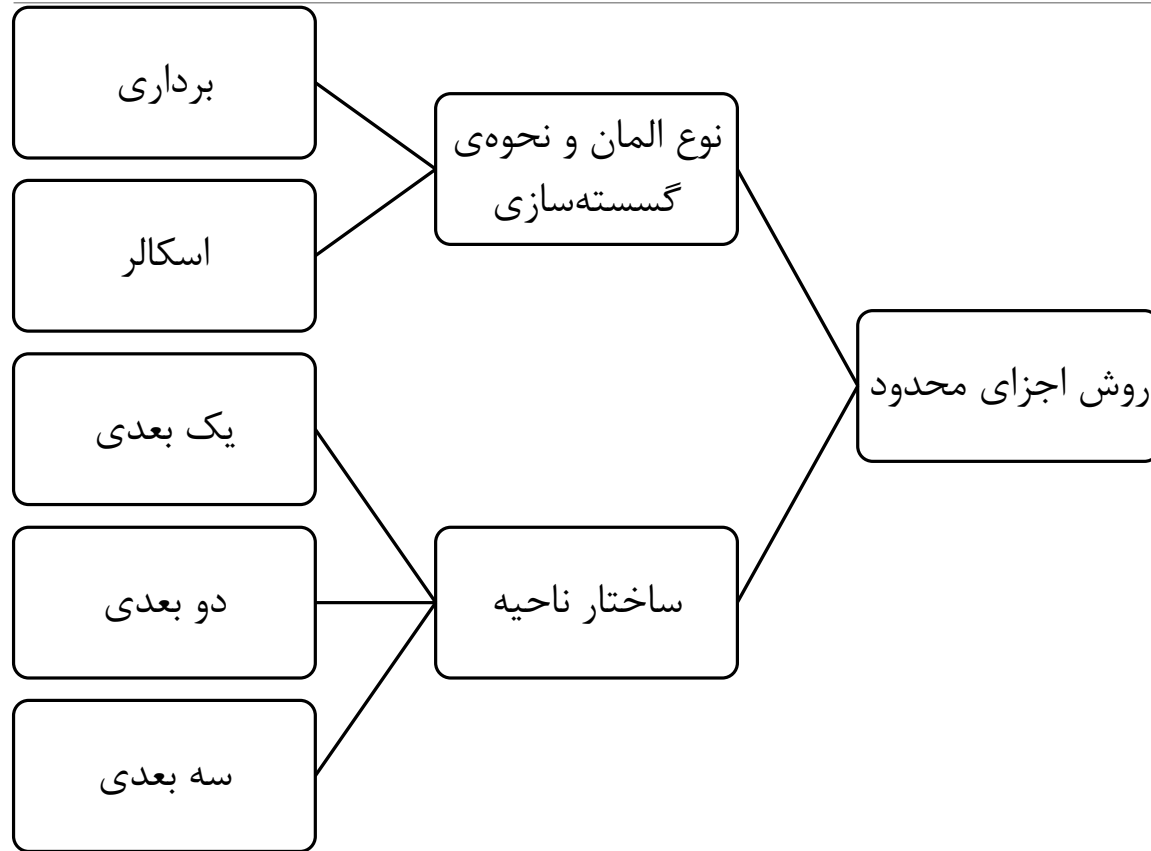
---

## □ گام های حل مسئله

- گسسته‌سازی
- انتخاب توابع درونیابی
- به دست آوردن معادله‌ی ماتریسی کل سیستم
- حل معادله‌ی ماتریسی

# روش اجزای محدود

□ دسته‌بندی



# روش اجزای محدود

---

## □ روش اجزای محدود برداری

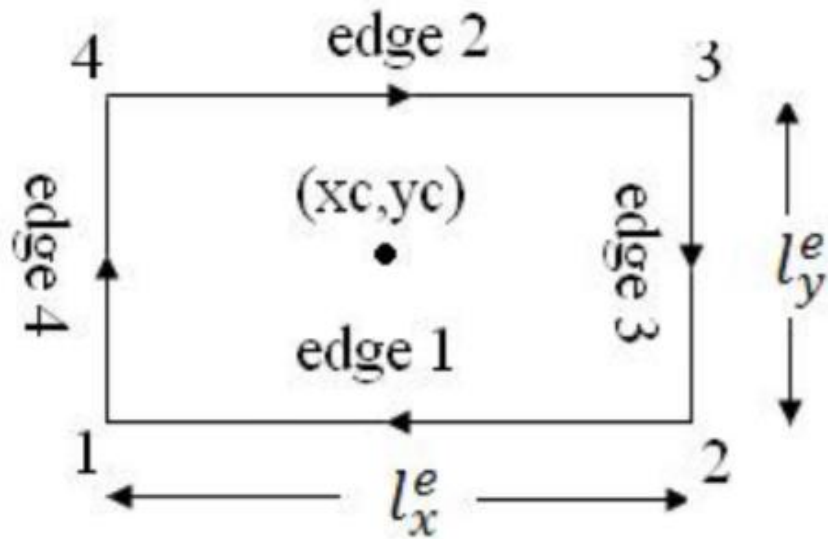
- در مواردی که روش اسکالر دارای نقص است به کار می‌رود
- در نحوه‌ی تعریف توابع درونیابی و نوع المان‌ها با روش اسکالر متفاوت است



# روش اجزای محدود

□ روش اجزای محدود برداری

■ المان سطح مستطیلی



# روش اجزای محدود

روش اجزای محدود برداری  $\square$

$$U_x^e = \frac{1}{l_y} \left( y_c^e + \frac{l_y}{2} \cdot y \right) U_x^e 1 + \frac{1}{l_y} \left( y - \frac{l_y}{2} \cdot y_c^e \right) U_x^e 2$$

$$U_y^e = \frac{1}{l_x} \left( x_c^e + \frac{l_x}{2} \cdot x \right) U_y^e 1 + \frac{1}{l_x} \left( x - \frac{l_x}{2} \cdot x_c^e \right) U_y^e 2$$

# روش اجزای محدود

روش اجزای محدود برداری □

$$\bar{u}^e = \sum_{i=1}^4 N_i^e u_i^e$$

$$N_1^e = \frac{1}{l_y^e} \left( y_c^e + \frac{l_y^e}{2} - y \right) \hat{x}$$

$$N_2^e = \frac{1}{l_y^e} \left( y - \frac{l_y^e}{2} - y_c^e \right) \hat{x}$$

$$N_3^e = \frac{1}{l_x^e} \left( x_c^e + \frac{l_x^e}{2} - x \right) \hat{y}$$

$$N_4^e = \frac{1}{l_x^e} \left( x - \frac{l_x^e}{2} - x_c^e \right) \hat{y}$$

# روش اجزای محدود

---

□ نرم افزارهای شبیه ساز در حوزه ی الکترومغناطیس

▪ کامسول (Comsol)

▪ ماکسول (Maxwell)

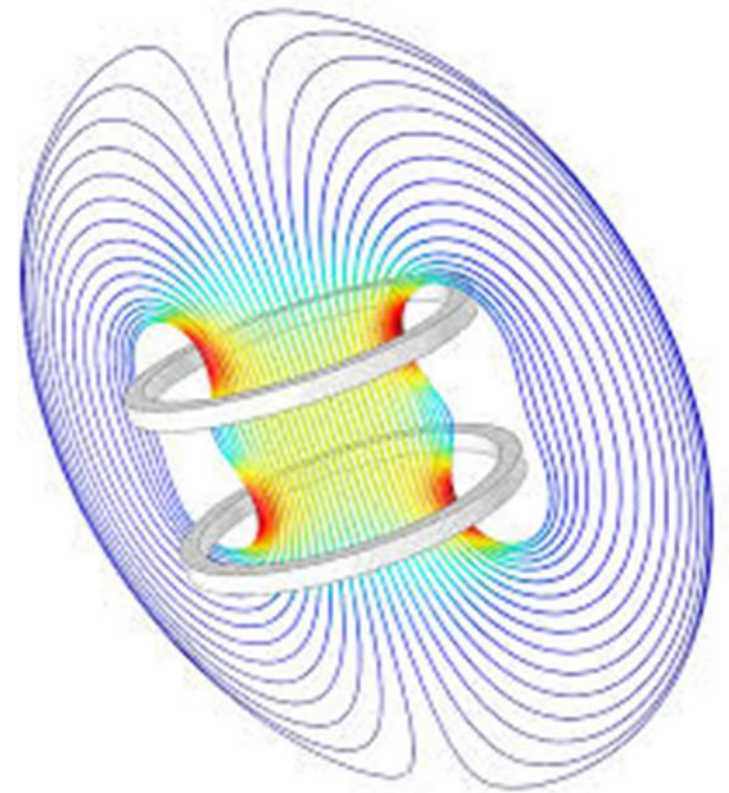
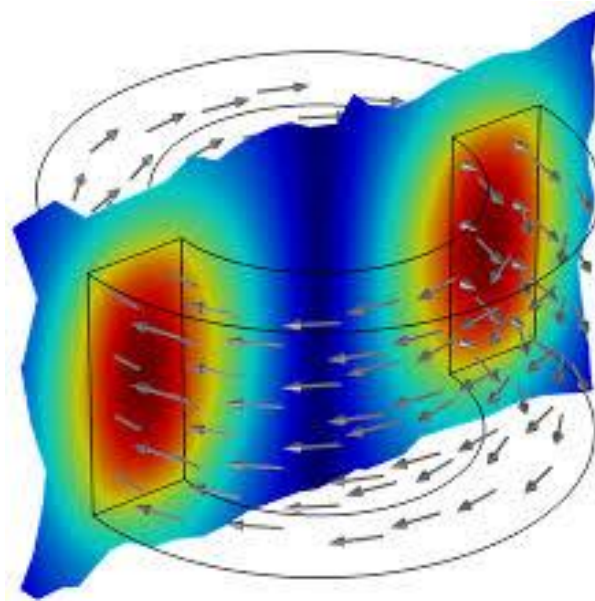
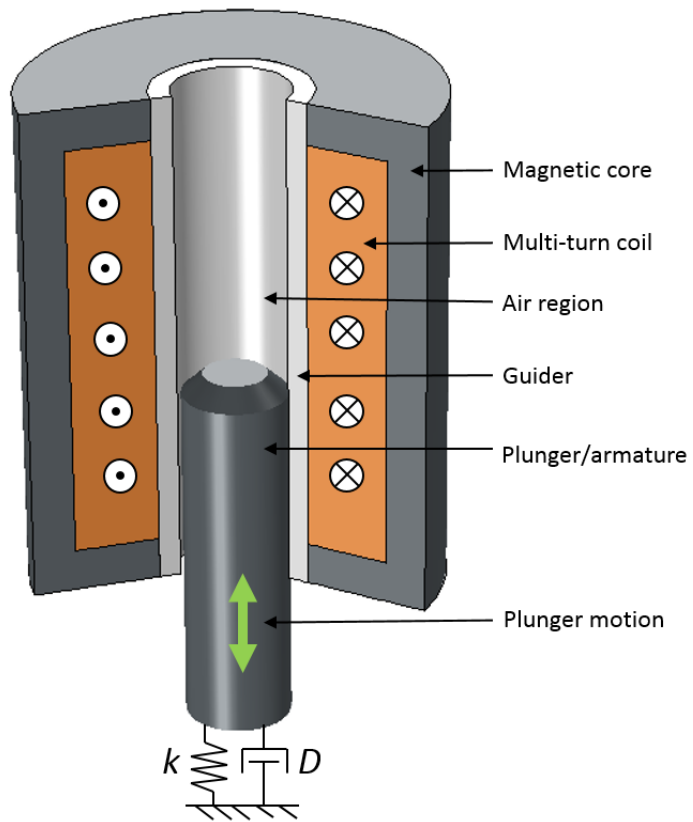
▪ ...

روش اجزای محدود

□ نرم افزار Comsol



# روش اجزای محدود



Application Builder Component Parameters Variables Functions Import Build All Add Material Electromagnetic Waves, Frequency Domain Add Physics Build Mesh Mesh 1 Compute Study 1 Add Study Electric Field (emw) Add Plot Group Windows Reset Desktop

### Model Builder

- car\_emienc.mph
  - Global Definitions
  - Component 1
    - Definitions
    - Geometry 1
    - Materials
    - Electromagnetic Waves, Frequency Domain
    - Mesh 1
  - Study 1
    - Step 1: Frequency Domain
    - Solver Configurations
  - Results

### Settings

Mesh

Build All

Label: Mesh 1

Mesh Settings

Sequence type: Physics-controlled mesh

Element size: Normal

### Graphics

1.47 GB | 1.61 GB



Project Manager

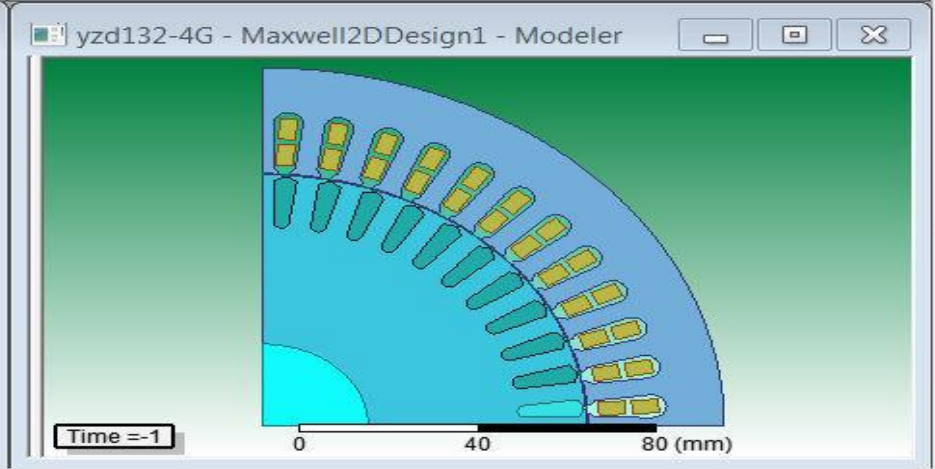
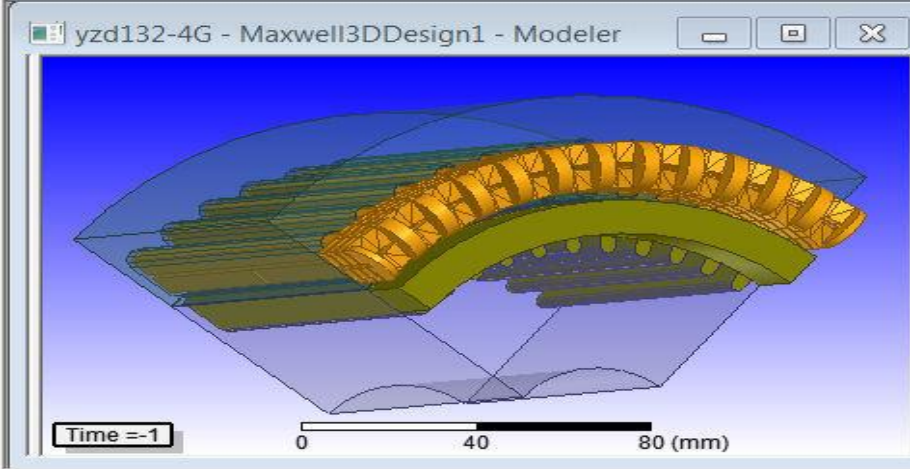
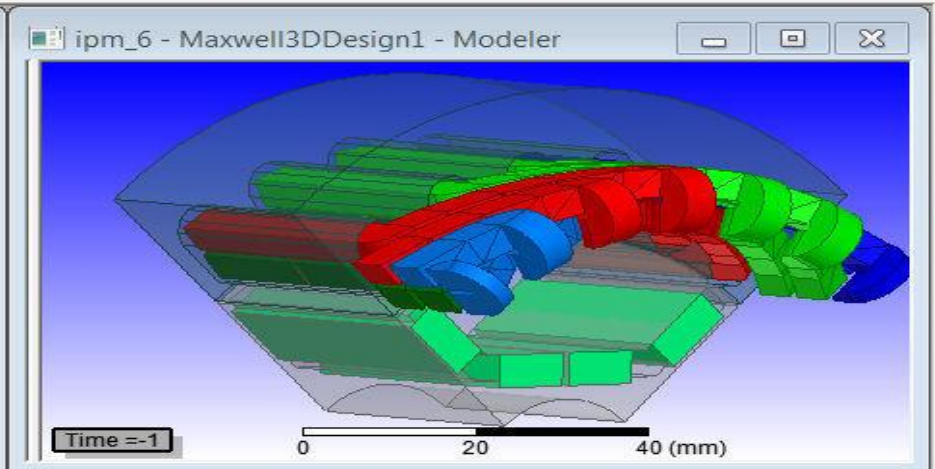
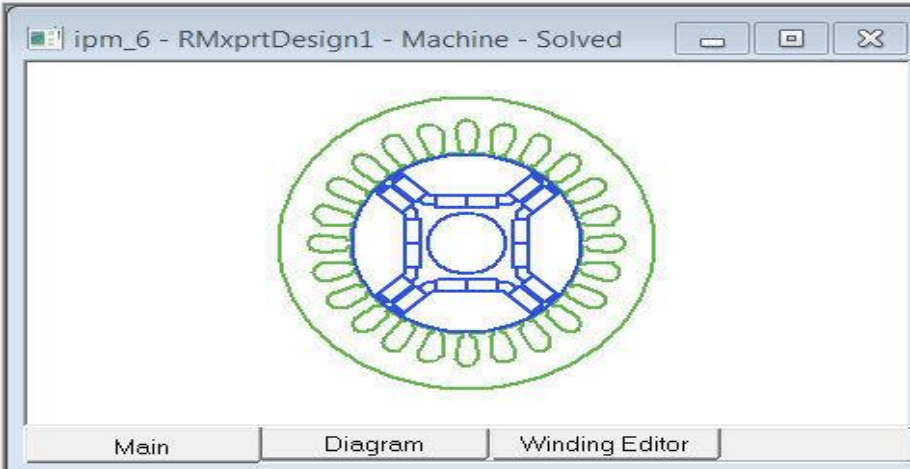
- Boundaries
- Excitations
- Parameters
- Mesh Operations
- Analysis
  - Setup1
  - Optimetrics
  - Results
    - Stator Currents
      - Current(PhaseA)
      - Current(PhaseB)
      - Current(PhaseC)

Project

Properties

Name	Value	Unit	Evaluated V...
Name	Setup1		
Enabled	<input checked="" type="checkbox"/>		
Stop Ti...	0.083333333	s	0.083333333s
Time St..	8e-005	s	8e-005s

General Advanced Solver



ipm\_6 (C:/Program Files/AnsysEM/AnsysEM15.0/Win64/Examples/Maxwell/RMxprt/ipm/)

- RMxprtDesign1 (Generic Rotating Machines)
- Normal completion of simulation on server: Local Machine. (8:47:55 PM Oct 08, 2013)

Nothing is selected

NUM



# روش اجزای محدود

---

□ نرم افزارهای شبیه ساز در حوزه های دیگر

▪ انسیس (Ansys)

▪ نسترن (Nastran)

▪ پلکسیس (Plaxis)

▪ ...

# از توجه شما سپاسگزاریم

پروژه‌ی ارائه شده کاری است از

حسام محمودصالحی

سینا اعتبار

سیدمحمد مهدی ثناگستر

فربدنادرپور

فاطمه اسکندری

پرنیان سجادپور