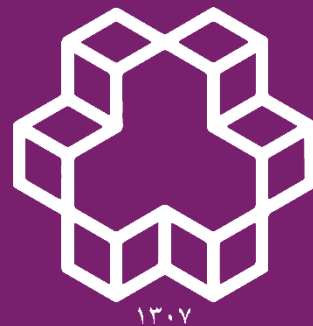


دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی

K. N. TOOSI UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



۱۳۰۷

ترم 4041 – تمرین سری دوم کامپیوتری

درس: الکترومغناطیس مهندسی 

استاد: دکتر شاملی 

دستیاران آموزشی: شیخی، تلقری، نقوی، سلمانزاده، نعمتی، ابراهیمی 

موعد تحویل: 1404/11/06 

1) دو پوسته مخروطی بینهایت را در نظر بگیرید که محور تقارن آنها مشترک و راس هر دو روی یک نقطه قرار دارد. زاویه بین پوسته اول با محور تقارن θ_0 و زاویه بین پوسته دوم با محور تقارن θ_1 است. شرایط اولیه و شرایط مرزی نیز به شرح زیر است:

• در $t < 0$:

$$V(\theta, 0^-) = 0 \quad , \quad \text{for } \theta_0 < \theta < \theta_1$$

• در $t \geq 0$:

$$V(\theta_0, t) = V_0$$

$$V(\theta_1, t) = V_1$$

❖ پارامترها را به صورت زیر در نظر بگیرید:

$$\theta_0 = 15^\circ \quad , \quad \theta_1 = 85^\circ \quad , \quad V_0 = -2V \quad , \quad V_1 = 10V$$

الف) تابع پتانسیل $V(\theta, t)$ را نمایش دهید.

راهنمایی: از دستور pdepe استفاده کنید و پارامتر m را صفر قرار دهید.

ب) تابع پتانسیل را در حالت پایدار ($V(\theta)$) رسم کنید و آن را با تابع بدست آمده از روش تحلیلی مقایسه کنید. برای مقایسه، منحنی حاصل از حل تحلیلی و نمودار شبیه‌سازی عددی را در یک شکل رسم کنید.

ج) میدان الکتریکی بین پوسته‌ها را در حالت پایدار بدست آورید و نمودار آن را رسم کنید.

2) حلقه‌ای به شعاع 1 cm روی صفحه xy قرار دارد و مرکز آن مبدا مختصات است. در این حلقه جریان 4 آمپر به صورت ساعتگرد در حال چرخش است. بردارهای میدان مغناطیسی ناشی از حلقه را در همه نقاط فضا، به صورت سه‌بعدی نمایش دهید. همچنین مقدار میدان مغناطیسی (*Magnitude*) روی محور z را هم به صورت تحلیلی و هم از داده‌های کدنویسی استخراج و این دو را با هم مقایسه کنید.

راهنمایی: از قانون بیوساوار ($dB = \frac{\mu_0 \times I \times dl \times r}{4\pi \times |r|^3}$) استفاده کنید. همچنین کد مربوط به ایجاد حلقه نیز در اختیارتان گذاشته شده است.

3) میدان مغناطیسی اطراف سیم‌های حامل جریان معمولاً با فرض «طول بی‌نهایت» و با استفاده از قانون آمپر محاسبه می‌شود. هدف این پروژه، به چالش کشیدن این فرض از طریق شبیه‌سازی سه‌بعدی یک هادی با طول محدود در نرم‌افزار COMSOL و تحلیل تفاوت‌های فیزیکی میان واقعیت و تئوری است.

تعریف پارامترهای سیستم

مدلی که باید طراحی کنید به مشخصات زیر است:

- هادی: استوانه‌ای مسی به طول $L = 100\text{ mm}$ و شعاع $R = 2\text{ mm}$
- منبع تغذیه: اعمال جریان DC به شدت $I = 5\text{ A}$ در راستای محور z
- محیط شبیه‌سازی: یک استوانه هوا که باید به گونه‌ای ابعاددهی شود که اثرات مرزی (*Boundary Effects*) بر نتایج میدان در نزدیکی میله تأثیرگذار نباشد.

گام‌های اجرایی و خواسته‌های پروژه

بخش اول: شبیه‌سازی و بصری‌سازی (Visualization)

1. نمایش توزیع چگالی شار مغناطیسی ($normB$) به صورت *Slice* در صفحات مختلف.
2. رسم خطوط میدان مغناطیسی (*Streamlines*) به صورت سه‌بعدی؛ شما باید به طور مشخص نحوه انحراف خطوط در دو سر میله (نقاط ورود و خروج جریان) را تحلیل کنید.

بخش دوم: تحلیل کمی و استخراج نمودار

1. رسم نمودار تغییرات B بر حسب فاصله شعاعی (r) در صفحه میانی $(z = 0)$.
2. رسم نمودار شدت میدان B در طول یک خط موازی با میله (مثلاً در فاصله $5mm$ از سطح سیم) از ابتدا تا انتهای دامنه برای مشاهده افت میدان در لبه‌ها.

بخش سوم: تحلیلی

مقدار میدان را در نقطه $(r = 10mm, z = 0)$ با استفاده از فرمول تحلیلی سیم بی‌نهایت $B = \frac{\mu_0 I}{2\pi r}$ محاسبه کنید.

1. مقدار به دست آمده را با نتیجه شبیه سازی مقایسه کرده و درصد خطا را گزارش کنید.
2. سوال اصلی: با استفاده از قانون «بیوساوار»، رابطه‌ای برای میدان مغناطیسی در مرکز یک سیم با طول محدود L استخراج کنید و نشان دهید چرا نتیجه COMSOL به این رابطه نزدیک‌تر است تا رابطه سیم بی‌نهایت.

الزامات گزارش نویسی

- ارائه تصاویر مش‌بندی (Mesh) و اثبات استقلال جواب از مش.
- تحلیل برداری میدان در نقاطی که جریان وارد و خارج می‌شود.
- نتیجه‌گیری در مورد اینکه در چه نسبت‌هایی از L/R می‌توان از مدل سیم بی‌نهایت با اغماض استفاده کرد؟

با آرزوی بهترین‌ها