بسم الله الرحمن الرحیم

MATLAB®

Coax Cable

Ali Naghiloo 40010093
M. Mahdi Nobakhti 40010103

www.fppt.info

Code :

```
%% EM's matlab project of Dr. Ghatan
%% Coded by: Naghiloo & Nobakhti

clc ; close all ; clear
%% Define parameters:

% X axis
X0 = 0.6;
c = 1;
abs_x = 0.6;

% Y axis
y0 = 0.6;
d = 0.8;
abs_y = 0.6;
```

برای کامنت گذاری در میان کد زحمت زیادی کشیده شده است، لذا به آنها هم حین خواندن متن توجه کرده زیرا متن و کد و کامنت ها مکمل هم هستند و به درک بهتر کمک می‌کنند.

Explanation :

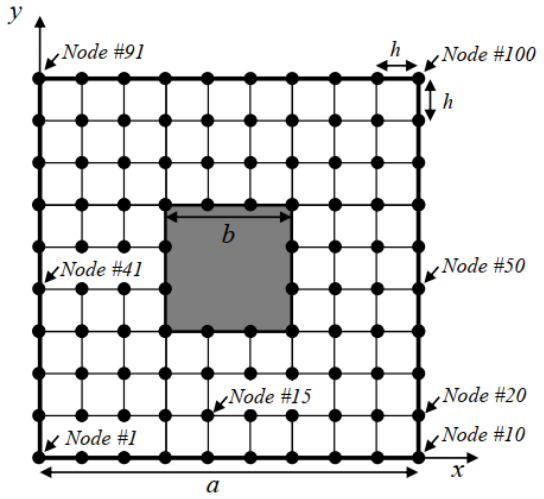
فرآیند تبدیل این پروژه به یک مسئله گسسته که به روش تفاضل محدود معروف است شامل مراحل زیر است:

✓ گسسته کردن هندسه مسئله: در این مرحله ناحیه ای را که می خواهیم در آن ظرفیت را تعیین کنیم،

پتانسیل به قطعات کوچک تقسیم می شود. به این منظور کابل کواکسیال مربعی را یک شبکه مطابق شکل زیر در نظر میگیریم. که به **node** یا همان **step** (در کد ما) بستگی دارد.

به این ترتیب ابتدا پارامتر های این شبیه سازی را مطابق کد در متغیر های مشاهده شده، ذخیره می‌کنیم.

در ادامه نیز طبق آنچه مشاهده میکنید، **step**هایمان را مشخص میکنیم، هرچه عدد بزرگتری را وارد کنیم، نتیجه خطای کمتر و در نتیجه نزدیک بودن هرچه تمام تر خروجی به عدد جواب را دارا می‌باشد.



fppt.com

Code :

```
%% steps of unit length:
disp(['bigger step (range: 5-100) give us more exactly result but depend on' ...
    ' ur PC configuration need much time.'])
disp('So 10 is quicker but not so Exact')
steps = input('Hi Mr. Alinezhad, please enter an step(read upper sentence):');
% step is our node too
dx = 1/steps;
dy = 1/steps;

x = 0:dx:(X0+c+abs_x);
y = 0:dy:(y0+d+abs_y);

A = length(0:dx:X0); % 1st of inner conductor along X axis
B = length(0:dx:X0+c); % 2nd  of inner conductor along X axis
C = length(0:dx:X0+c+abs_x); % outer conductor along X axis
D = length(0:dy:y0); % 1st of inner conductor along Y axis
E = length(0:dy:y0+d); % 2nd of inner conductor along Y axis
F = length(0:dy:y0+d+abs_y); % outer conductor along Y axis
```

```
bigger step (range: 5-100) give us more exactly result but depend on ur PC configuration need much time.
So 10 is quicker but not so Exact
Hi Mr. Alinezhad, please enter an step(read upper sentence):10
```

Explanation :

در ادامه تشریح کد باید یاد آور شد مطابق کد روبرو با توجه به الگوریتمی که ما در نظر گرفتیم، هرچه تعداد node ها یا همان step ها را عدد بزرگتری انتخاب کنیم، هم عدد خطای کمتری دارد و به جواب نزدیک‌تر خواهد شد، هم نمودار توزیع پتانسیل سه بعدی ما پیوسته‌تر و دقیق تر خواهد شد اما هم مدت زیادی طول می‌کشد و هم ممکن است لپ تاپ شما از پسش بر نیاید. ما در انتها دو خروجی، یکبار برای عددی بزرگ و یکبار برای عددی کوچک، می‌گیریم.

به این منظور ما درون الگوریتم کد خود انتخاب step را به عهده ران کننده متلب گذاشته و در ابتدا عدد آن‌را از کاربر گرفته و در متغیر آن ذخیره می‌کنیم و ران شدن ادامه می‌یابد و با پارامتر های سوال، موقعیت قسمت درونی و بیرونی را در متغیر هایی که مشاهده می‌کنید، ذخیره شده و طول آن آرایه ها را با دستور length گرفته تا بازه ای که قرار است for ها و while های ما در ادامه کد برای روش تقاضل محدود (Finite Difference) کار کنند، به درستی عمل کنند.

fppt.com

Code :

```
28  A = length(0:dx:X0); % 1st of inner conductor along X axis
29  B = length(0:dx:X0+c); % 2nd  of inner conductor along X axis
30  C = length(0:dx:X0+c+abs_x); % outer conductor along X axis
31  D = length(0:dy:y0); % 1st of inner conductor along Y axis
32  E = length(0:dy:y0+d); % 2nd of inner conductor along Y axis
33  F = length(0:dy:y0+d+abs_y); % outer conductor along Y axis
34
35  %% Boundary Condition:
36  Vo = 1; % for example assuming it 1 volt
37  phi = zeros(F,C); % initialising variable
38
39  % outer layaer
40  phi(1,:) = 0;
41  phi(F,:) = 0;
42  phi(:,1) = 0;
43  phi(:,C) = 0;
```

Explanation :

روش finite difference به صورت کلی روشی است برای حل تقریبی مسایل به کمک مدل سازی در این روش به کمک معادله لاپلاس مشتق تابع پتانسیل V را به کمک تفاضل معادل آن بدست میاوریم .

برای حل یک سوال به روش finite difference method در الکترومغناطیس ابتدا باید شرایط مرزی را در تمام نواحی تعیین کرد که در این سوال شرایط محیطی مانند ε در همه جا یکسان است .

در ادامه برای حل معادله و مشتق گیری باید V را تعیین کنیم که ولتاژ بیرونی در این سوال صفر است (به زمین متصل شده است) و برای حل سوال ولتاژ داخلی را هم ما V=1 فرض کردیم.

بعد از مشخص کردن شرایط مرزی و ابعاد جسم هادیمان به تعیین ولتاژ در مرز بیرونی پرداختیم.

در خط ۲۸ تا ۳۳ ما به تعیین محدوده جسم و تعریف بازه هایی از آن پرداختیم تا در ادامه کارمان راحت تر باشد به عنوان مثال A یک جز طول در راستای محور x ها است که بین محور yها و ضلع سمت چپ جسممان قرار دارد و B هم مانند A است فقط در بازه ضلع سمت راست جسم تا x=aو همین توضیحات برای D و E هم هست فقط در راستای محور y ها.

در خط ۳۵ تا ۴۳ نیز با بهره‌گیری از ماتریس ها و آدرس دهی به آرایه های مربوط به مرز بیرونی کابل، ولتاژ آن‌را زمین می‌کنیم.

fppt.com

Code :

```
45  % Assigning voltage at inner conductor and intialising all free node to 0V
46
47  for l = 2:F-1
48      for m = 2:C-1
49          if (m>=A && m<=B) && (l>=D && l<=E)
50             phi(l,m) = Vo;
51          else
52             phi(l,m) = 0;
53          end
54      end
55  end
56
57  % solving Laplace equation by Finite-Difference:
58  p = 1;
59  v(:,:,p) = phi;
60  phi_initial = phi;
61  error1 = v(:,:,p)-zeros(F,C);
62  error2 = rms(rms(error1)); % RMS error between two iteration
63  RMS_err(p) = error2; % Storing RMS error between iterations
64  while error2 > 1e-30   % iteration
65      p = p+1;
66
67
68  for l = 2:F-1
69
70      for m = 2:C-1
71
72          if (m>=A && m<=B) && (l>=D && l<=E)
73             phi(l,m) = 1;
74          else
75             phi(l,m)= (phi(l,m-1)+phi(l,m+1)+phi(l-1,m)+phi(l+1,m))/4;
76          end
```

Explanation :

در خط ۴۵ به بعد،مکانیزم اصلی این پروژه شروع می‌شود. ما برای تعیین ولتاژ در شرایط مرزی ما از دو تا for و یک if استفاده کردیم که با توجه به شروط داریم تعیین میکنیم که اگر نقطه روی اضلاع افتاد ولتاژش برابر با Vo یا همان ولتاژ داخل جسم شود .

در ادامه با تعیین p=1 به عنوان یک نقطه میخواهیم ولتاژ را برای بازه های محدود پیدا کنیم و قدم قدم ولتاژ گره ها را پیدا کنیم در این قسمت باید در ارتباط با RMSE یا همان rms_error این را گفت که این عملگر به ما کمک میکند تا اختلاف بین مقدار مدل شده با مقدار واقعی را بسنجیم و یک ابزار برای مقایسه خطاهای پیش بینی شده توسط یک مجموعه داده است که در اینجا این داده ها همان ولتاژ های پیدا شده ی ما است

fppt.com

Code :

```
for l = 2:F-1

    for m = 2:C-1

        if (m>=A && m<=B) && (l>=D && l<=E)
           phi(l,m) = 1;
        else
           phi(l,m)= (phi(l,m-1)+phi(l,m+1)+phi(l-1,m)+phi(l+1,m))/4;
        end

    end
end

v(:,:,p)= phi;
error1 = v(:,:,p)-v(:,:,p-1);
error2 = rms(rms(error1));
RMS_err(p) = error2; % Storing RMS error between iterations
mesh(x,y,phi,'Linewidth',5)
pause(0.01)
end
```

Explanation :

دوباره اینجا برای نقاطی که با این شبیه سازی روی خطوط مرزی یا همان اضلاع می افتند با دو For و if ولتاژ این نقاط را برابر مقدار ولتاژ درونی میگذاریم که همان Vo است و در غیر این صورت phiنقاط برابر با ، میانیگین phi نقاط در فواصل بین اضلاع جسم تا محور x و y و x=a و y=b می باشد.

به طور کلی به عنوان جمع بندی، روش FD را همان الگوریتم iteration به معنی از سرگیری‌های مکرر و استفاده از آن در for و while هایمان است که قدم به قدم و نقطه به نقطه از یک سطح کابل شروع و به سطح دیگر کابل می‌رسیم.

fppt.com

Code :

```
%% Graphic settings:
mesh(x,y,phi,'Linewidth',5)
xlabel('x',FontSize=10,Color='m')
ylabel('y',FontSize=10,Color='m')
zlabel('Potential',FontSize=10,Color='m')
title('Potential distribution for coax rectangular',FontSize=14,Color='r')
```

Explanation :

در ادامه پلات کردن mesh ها، برای مشخص شده پنجره figure ما و همچنین نام axis ها و در نهایت زیبایی کار، به تنظیمات گرافیکی و فونتی پلات خود پرداختیم.
با دستور lable نام محور ها را با رنگ magenta، با دستور title عنوان پنجره پلات خود و در خود دستور mesh نیز ضخامت خطوط را عددی ضخیم انتخاب میکنیم.

fppt.com

Explanation :

و اما بخش مهم کارکه همان متغیر int است.

که علت بکار گیری این نام و وجه تسمیه آن، کلمه integral است، زیرا که در قانون گاوس (Gauss's Law) ، باید ضریب گذردهی را در جواب یک انتگرال ضرب کرد و این متغیر نیز اینجا دقیقا به همین کاربرد هست.

int برابر با همان مقادیر انتگرالی است که در تمام سطوح ما چه مرزی و چه غیر آن حاصل شد و در واقع اختلاف محدوده‌ها است.

از آنجا که $\varepsilon_r = 1$ است، پس ε همان ضریب گذردهی در خلا هست یعنی ε_0 که در کد مقدار آن تا چند رقم اعشار استفاده شده است.

در نهایت نیز از آن جا که ما از روشی استفاده کردیم که ولتاژ V دلخواهی(۱ ولت) را فرض کرده وسپس از آن به مقدار بار Qمشخصی می‌رسیم و از تقسیم بار به ولتاژ، به ظرفیت خازن Capacitance می‌رسیم.

تشریح کد به پایان رسید و خروجی ها در اسلاید آخر قابل مشاهده هستند.

Code :

```
%% Calculating charge of outside the inner conductor & then C by
 % Gauss's Law
INT =sum((phi(D,A:B)- phi(D-1,A:B))) + sum ((phi(E,A:B)-phi(E+1,A:B))) + sum((phi(D:E,A)- phi(D:E,A-1))) + sum((phi(D:E,B)-phi(D:E,B+1)));
% epsilon = e0 * er = e0 (due to er==1)
epsilon = 8.854187e-12; % Permitivity of free space
Q = epsilon*INT; % Charge enclosed

V= Vo-0; % Voltage difference between inner(V=0) and outer conductor
Capacitance = Q/V % Capcitance per unit of length
```

fppt.com

output :

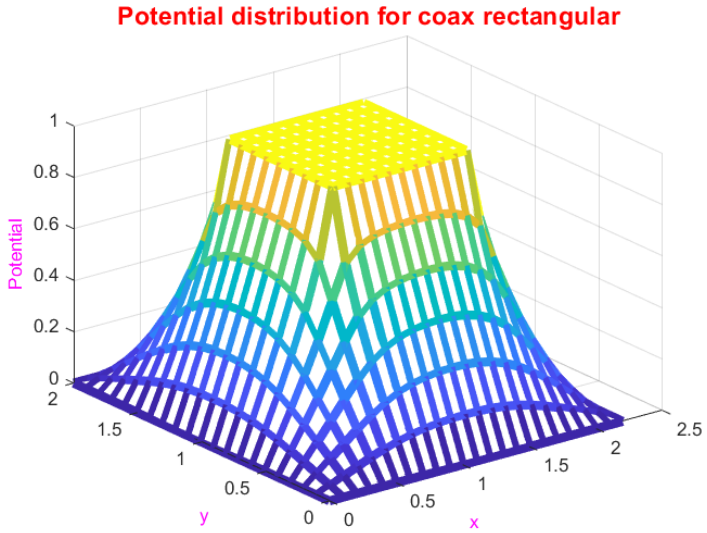
همان طور که در ابتدا گفته شد، با توجه به مقدار **step** وارد شده از طرف کاربر، نتیجه متفاوت خواهد بود. هرچه عدد بزرگتر، شکل پیوسته‌تر و عدد به جواب نزدیک‌تر خواهد بود اما هر لپ تاپی از پس آن بر نمی‌آید و طول می‌کشد.

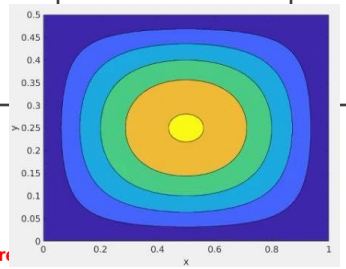
ما مثلا به ازای دو مقدار خروجی را در اینجا آوردیم .همانطور که می‌بینند کد ما کار می‌کند و نتایج درستی نشان می‌دهد.

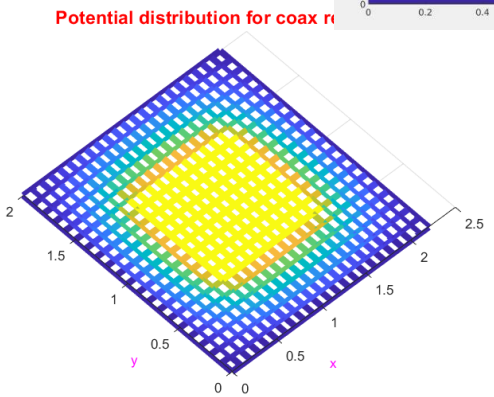
Capacitance Per Unit Length Actual Value	Capacitance Per Unit Length Value From Your Code
71.5 pF/m	Capacitance = 7.4030e-11

Capacitance Per Unit Length Actual Value	Capacitance Per Unit Length Value From Your Code
71.5 pF/m	Capacitance = 7.3206e-11

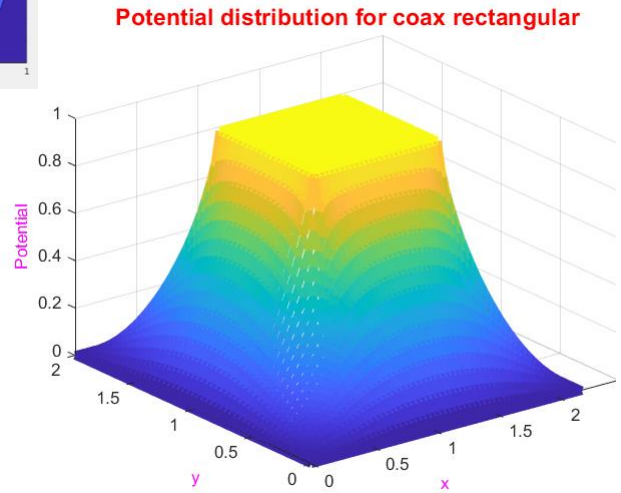
step = 10

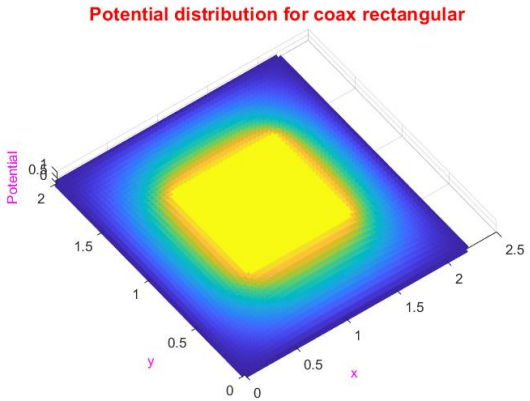






step = 25





fppt.com