

## פרויקט MATLAB 2

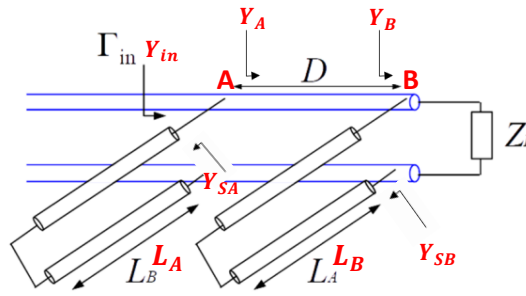


Figure 1: a double stub matching system with short-circuited stubs.

(A) לשם נוחות הפתרון, נסמן את נקודת החיבור השמאלית בנקודה A ואת נקודת החיבור הימנית בנקודה B, כמתואר באיור 1.

עבורנו התקבל:  $Z_L = 100 + 33j \Omega$

$$f_0 = 3 \text{ GHz}$$

$$\lambda_0 = \frac{v}{f_0} = \frac{3 \times 10^8}{3 \times 10^9} = 0.1 \text{ m}$$

בגלל החיבור במקביל, נעבוד עם אדמיטנסים ולא עם אימפדנסים במערכת.

$$Y_{in} = Y_c \Leftarrow Z_{in} = Z_c \Leftarrow \Gamma_{in} = \frac{Z_{in} - Z_c}{Z_{in} + Z_c} = 0 \text{ נדרוש שיתקיים:}$$

$$\overline{Z_L} = \frac{100 + 33j}{50} = 2 + 0.66j \Rightarrow \overline{Y_L} = \frac{1}{2 + 0.66j} = 0.45 - 0.15j \Omega$$

אדמיטנסי הגדמים מדומים טהורים, לכן נסמן:

$$\overline{Y_{SA}} = jX_A, \quad \overline{Y_{SB}} = jX_B$$

מאיור 1 ניתן לראות שמתקיים:

$$Y_{in} = Y_A + Y_{SA} \Rightarrow (\text{נרמול}) 1 = \overline{Y_A} + \overline{Y_{SA}} \Rightarrow \overline{Y_A} = 1 - jX_A$$

$$\overline{Y_B} = \overline{Y_L} + \overline{Y_{SB}} = 0.45 + (-0.15 + X_B)j$$

נשרטט בבחול את המעגל  $g = g_L = 0.45$  עליו נמצא האדמיטנס המנומל של העומס.

נשרטט באדום את המעגל  $g = 1$ .  $\overline{Y_A}$  נמצא על נקודה כלשהי עליו. נגלגל את  $\overline{Y_A}$  לכיוון העומס בזווית של

$$\frac{D}{\lambda_0} = \frac{0.0125}{0.1} = 0.125 \text{ ונדרוש שהתוצאה תהיה על המעגל הכחול. אלה הנקודות } \overline{Y_{Ba}} = 0.45 + 0.16j \text{ ו- } \overline{Y_{Bb}} = 0.45 + 1.85j$$

$$\overline{Y_{Aa}} = 1 + 0.85j \text{ ו- } \overline{Y_{Ab}} = 1 - 2.8j \text{ כעת נוכל למצוא את } X_A \text{ ו- } X_B:$$

$$\overline{Y_{Aa}} = 1 - jX_{Aa} \Rightarrow 1 + 0.85j = 1 - jX_{Aa} \Rightarrow X_{Aa} = -0.85$$

$$\overline{Y_{Ab}} = 1 - jX_{Ab} \Rightarrow 1 - 2.8j = 1 - jX_{Ab} \Rightarrow X_{Ab} = 2.8$$

$$\overline{Y_{Ba}} = 0.45 + (-0.15 + X_{Ba})j = 0.45 + 0.16j \Rightarrow X_{Ba} = 0.31$$

$$\overline{Y_{Bb}} = 0.45 + (-0.15 + X_{Bb})j = 0.45 + 1.85j \Rightarrow X_{Bb} = 2$$

כעת נוכל למצוא את אורכי הגדמים. נבדוק כמה מרחק עשינו בטבלה כשסובבנו לכיוון המקור מהנקודה המייצגת אדמיטנס של קצר (0,1) עד לאדמיטנסי הבניסה של הגדמים:

$$\overline{Y_{SAa}} = -0.85j \Rightarrow L_{Aa} = 0.388 - 0.25 = 0.138\lambda_0$$

$$\overline{Y_{SAb}} = 2.8j \Rightarrow L_{Ab} = 0.25 + 0.196 = 0.446\lambda_0$$

$$\overline{Y_{SBa}} = 0.31j \Rightarrow L_{Ba} = 0.048 + 0.25 = 0.298\lambda_0$$

$$\overline{Y_{SBb}} = 2j \Rightarrow L_{Bb} = 0.176 + 0.25 = 0.426\lambda_0$$

נבחר את האורכים הקצרים יותר, ונחזור לסימון המקורי של השאלה. סה"כ קיבלנו:

$$L_B = 0.138\lambda_0, L_A = 0.298\lambda_0$$

## The Complete Smith Chart

### Black Magic Design

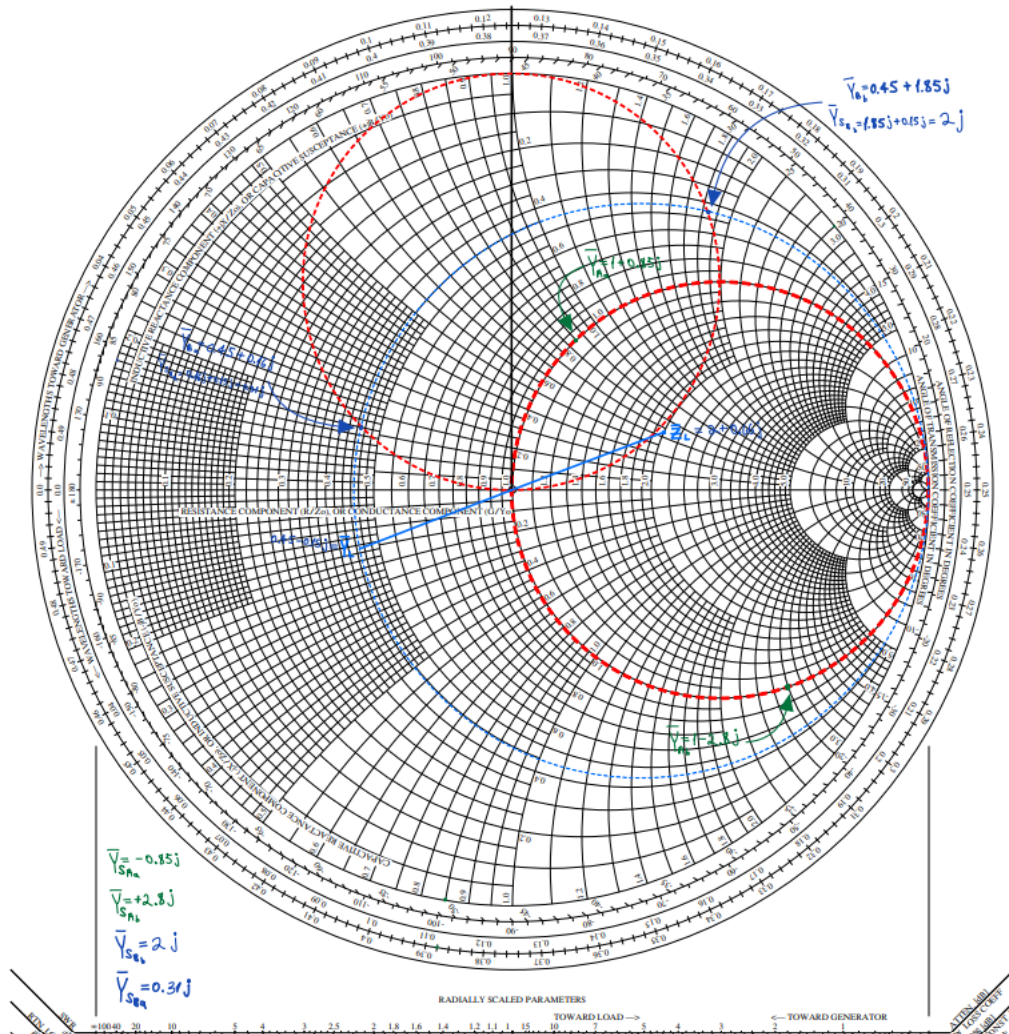
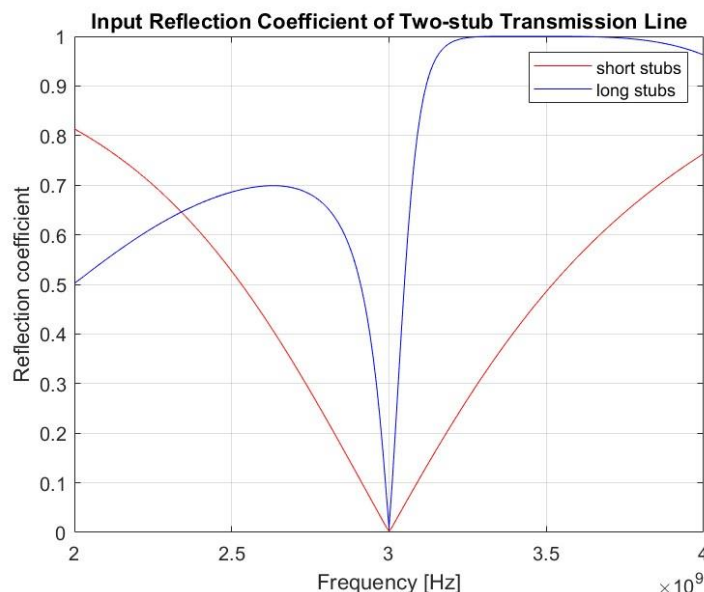


Figure 2: Smith Chart with the calculations described in item A.

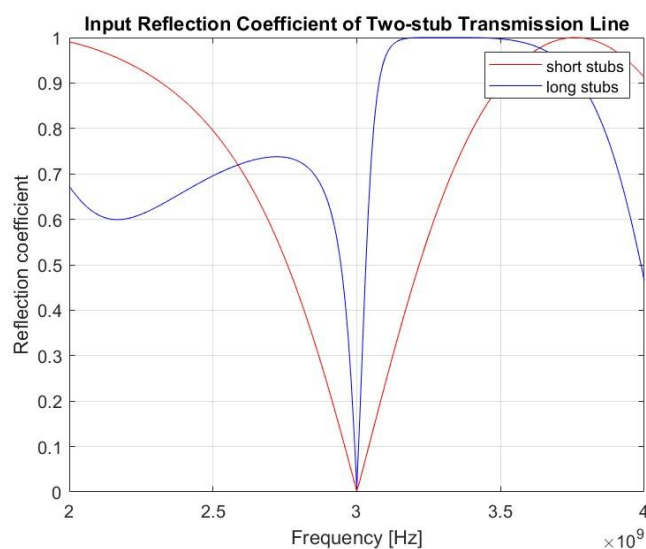
(B)



**Figure 3: the input reflection coefficient for the system found in item A, in the frequency range 2 GHz - 4 GHz.**

בגרף מוצגים שני הפתרונות האפשריים לבעיה. ניתן לראות כי בתדר עבורו ביצעו את התיאום  $f_0 = 3\text{GHz}$  התקבל  $\Gamma_{in} = 0$  כפי שציפינו. באופן כללי, ככל שמתרחקים מהתדר עבורו ביצענו את התיאום במערכת, מקדם ההחזרה גדל. ניתן לראות כי עבור הגדמים הקצרים יותר, מתקבלת מערכת יציבה יותר, כלומר, עבור הפתרון הקצר יותר, אם סוטים מהתדר עבורו ביצענו את התיאום, מקדם ההחזרה נשאר נמוך ביחס לפתרון הארוך יותר.

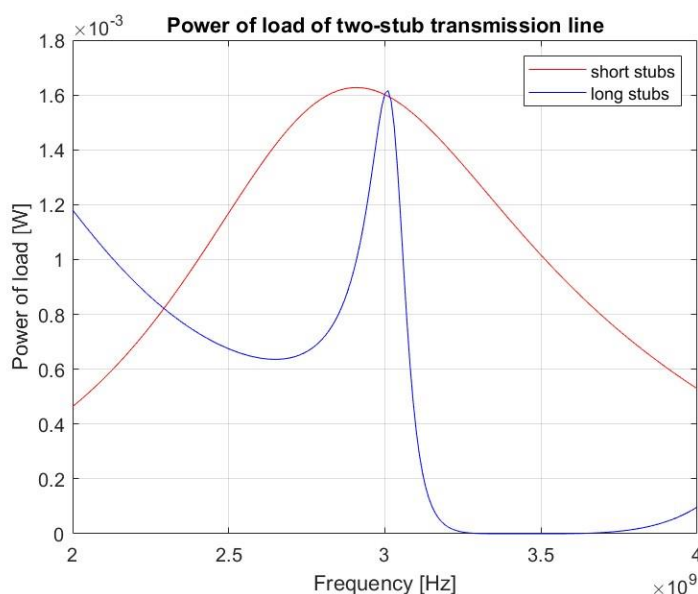
(C)



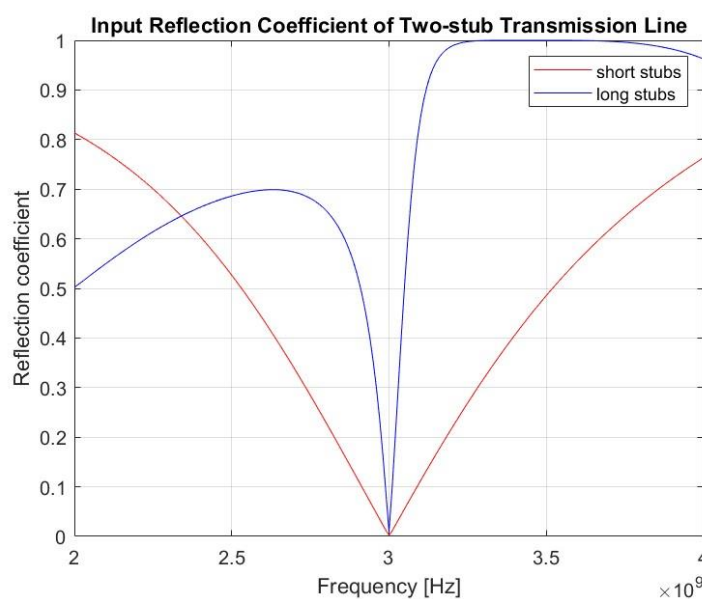
**Figure 4: the input reflection coefficient for longer stubs, in the frequency range 2 GHz - 4 GHz.**

גם כאן, ניתן לראות כי מתקבל מקדם החזרה  $\Gamma_{in} = 0$  בתדר  $f_0 = 3\text{GHz}$  עבורו ביצענו את התיאום. אך, בהשוואה לגרף מסעיף B, נקבל תיאום במערכת ברוחב סרט צר יותר, כלומר הפתרון פחות יציב. כל זאת כיוון שבעת אורכי הגדמים גדלו.

(D)



**Figure 5: the power transmitted to the load in the frequency range 2 GHz - 4 GHz.**



**Figure 6: the input reflection coefficient for the system found in item A, shown again for comparison with the power graph in figure 5.**

בגרף 5 מוצג ההספק של העומס כתלות בתדר. מהשוואה עם גרף 6 המציג את מקדם ההחזרה בבניסה כתלות בתדר, ניתן לראות כי הם עומדים ביחס הפוך. כלומר, ככל שמקדם ההחזרה נמוך יותר, כך ההספק בעומס גדול יותר. במצב של תיאום אין החזרות, וכל ההספק החשמלי נמסר מהמקור לעומס. עם זאת, ניתן לראות בגרף 5 כי נקודת המקסימום לא מתקבלת בתדר עבורו ביצענו את התיאום, כלומר בתדר  $\omega = 3 \text{ rad/sec}$  בו  $\Gamma_{in} = 0$ . יתכן שמחלק המתח לא מאפשר העברה מקסימלית. כידוע, על מנת לקבל הספק מקסימאלי בעומס עלינו לוודא שאימפדנס העומס, במקרה שלנו  $Z_{in}$  למעגל, שווה לצמוד המרוכב של אימפדנס המקור  $Z_g$ .

## Appendix

קוד של סעיף B:

```
%% Section B

Vp = 3*(10^8);
f = 2*(10^9):10*(10^6):4*(10^9);
Lamda = Vp./f;
lambda0 = 0.1;

LA1=0.298*lambda0;
LB1 =0.138*lambda0;

Gamma_in= Gamma_in_func(LA1,LB1);
figure
plot(f,abs(Gamma_in),'r')
hold on
grid on

LA2=0.426*lambda0;
LB2=0.446*lambda0;
Gamma_in= Gamma_in_func(LA2,LB2);
plot(f,abs(Gamma_in), 'b');

grid on
xlabel('Frequency [Hz]');
ylabel('Reflection coefficient');
title('Input Reflection Coefficient of Two-stub Transmission Line');
legend('short stubs', 'long stubs')
hold off

function [Gamma_in] = Gamma_in_func(LA,LB)

%variables

Zc = 50;
Vp = 3*(10^8);
f = 2*(10^9):10*(10^6):4*(10^9);
D = 0.0125;
Zl_normalized = (100+1j*33)/50;
Yl_normalized=1/Zl_normalized;
Lamda = Vp./f;
betha =(2*pi)./Lamda;

% Calculate Y_B_stub_normalized
Y_B_stub = -1j*cot(betha.*LA); % Rolling to Y_SB

% Calculate Y_Bin
Y_Bin = Y_B_stub + Yl_normalized;
Z_Bin= (1./Y_Bin);
Z_Bin_unnormalized = Z_Bin.*Zc;
Gama_in_B = (Z_Bin_unnormalized-Zc)./(Z_Bin_unnormalized+Zc);

% Calculate Y_A_in
Z_Ain = Zc.*((1+Gama_in_B.*exp(-2.*1j.*betha.*D))./...
(1-Gama_in_B.*exp(-2.*1j.*betha.*D)));
Z_Ain_normalized = Z_Ain./Zc;
Y_Ain = (1./Z_Ain_normalized);

% Calculate Y_A_stub_normalized
Y_A_stub = -1j*cot(betha.*LB); % Rolling to Y_SA

% Calculate Yin
Yin = Y_A_stub + Y_Ain;
Zin = (1./Yin);
Zin_unnormalized = Zin.*Zc;
Gamma_in = (Zin_unnormalized-Zc)./(Zin_unnormalized+Zc);
end
```

קוד של סעיף C:

```

%% Section C

Vp = 3*(10^8);
f = 2*(10^9):10*(10^6):4*(10^9);
Lamda = Vp./f;
lambda0 = 0.1;

LB1 = 0.138*lambda0;
LA1 = 0.298*lambda0 + 0.05;

Gamma_in = Gamma_in_func(LA1, LB1);
figure
plot(f, abs(Gamma_in), 'r');
hold on
grid on

LA2 = 0.426*lambda0 + 0.05;
LB2 = 0.446*lambda0;
Gamma_in = Gamma_in_func(LA2, LB2);
plot(f, abs(Gamma_in), 'b');

grid on
xlabel('Frequency [Hz]');
ylabel('Reflection coefficient');
title('Input Reflection Coefficient of Two-stub Transmission Line');
legend('short stubs', 'long stubs')

hold off

function [Gamma_in] = Gamma_in_func(LA, LB)

%variables

Zc = 50;
Vp = 3*(10^8);
f = 2*(10^9):10*(10^6):4*(10^9);
D = 0.0125;
Zl_normalized = (100 + 1j*33)/50;
Yl_normalized = 1/Zl_normalized;
Lamda = Vp./f;
betha = (2*pi)./Lamda;

% Calculate Y_B_stub_normalized
Y_B_stub = -1j*cot(betha.*LA); % Rolling to Y_SB

% Calculate Y_Bin
Y_Bin = Y_B_stub + Yl_normalized;
Z_Bin = (1./Y_Bin);
Z_Bin_unnormalized = Z_Bin.*Zc;
Gama_in_B = (Z_Bin_unnormalized - Zc)/(Z_Bin_unnormalized + Zc);

% Calculate Y_A_in
Z_Ain = Zc.*((1 + Gama_in_B.*exp(-2.*1j.*betha.*D))./(...
    (1 - Gama_in_B.*exp(-2.*1j.*betha.*D))));
Z_Ain_normalized = Z_Ain./Zc;
Y_Ain = (1./Z_Ain_normalized);

% Calculate Y_A_stub_normalized
Y_A_stub = -1j*cot(betha.*LB); % Rolling to Y_SA

% Calculate Yin
Yin = Y_A_stub + Y_Ain;
Zin = (1./Yin);
Zin_unnormalized = Zin.*Zc;
Gamma_in = (Zin_unnormalized - Zc)/(Zin_unnormalized + Zc);
end

```

קוד של סעיף ד:

```

%% Section D

Vp = 3*(10^8);
f = 2*(10^9):10*(10^6):4*(10^9);
Lamda = Vp./f;
lanbda0 = 0.1;

LA1=0.298.*lanbda0;
LB1 =0.138.*lanbda0;

P1= P_func(LA1,LB1);
figure
plot(f,P1, 'r')
hold on
grid on

LA2=0.426.*lanbda0;
LB2=0.446.*lanbda0;
P2= P_func(LA2,LB2);
plot(f,P2, 'b');

grid on
xlabel('Frequency [Hz]');
ylabel('Power of load [W]');
title('Power of load of two-stub transmission line');
legend("short stubs", "long stubs")
hold off

function [P] = P_func(LA,LB)

%variables
Zg=75;
Vg=1;
Zc = 50;
Vp = 3*(10^8);
f = 2*(10^9):10*(10^6):4*(10^9);
D = 0.0125;
Zl_normalized = (100+1j*33)/50;
Yl_normalized=1/Zl_normalized;
Lamda = Vp./f;
betha =(2*pi)./Lamda;

% Calculate Y_B_stub_normalized
Y_B_stub = -1j*cot(betha.*LA); % Rolling to Y_SB

% Calculate Y_Bin
Y_Bin = Y_B_stub + Yl_normalized;
Z_Bin= (1./Y_Bin);
Z_Bin_unnormalized = Z_Bin.*Zc;
Gama_in_B = (Z_Bin_unnormalized-Zc)./(Z_Bin_unnormalized+Zc);

% Calculate Y_A_in
Z_Ain = Zc.*((1+Gama_in_B.*exp(-2.*1j.*betha.*D))./(...
    (1-Gama_in_B.*exp(-2.*1j.*betha.*D))));
Z_Ain_normalized = Z_Ain./Zc;
Y_Ain = (1./Z_Ain_normalized);

% Calculate Y_A_stub_normalized
Y_A_stub = -1j*cot(betha.*LB); % Rolling to Y_SA

% Calculate Yin
Yin = Y_A_stub + Y_Ain;
Zin = (1./Yin);
Zin_unnormalized = Zin.*Zc;

% Calc power transmitted to the load
V0= Vg.*Zin_unnormalized./(Zin_unnormalized+Zg);
P = 0.5.*((abs(V0)).^2).*real(1./Zin_unnormalized); %p_in=p_load (קו חסר הפסדים)

end

```