

פרויקט MATLAB 1

שאלות נוספות:

חלק א': פתרון הדהודים

1. ניתן לראות בגרף הראשון של סעיף B ש $v=0$ מזמן $t=0$ ועד למחצית זמן המחזור. הסיבה לכך היא, שזהו בדיוק הזמן שלוקח לגל הראשון היוצא מהמקור להגיע לנקודה $z=L/2$. ניתן להבין זאת מהנוסחה $T = \frac{L}{v}$ ומהתבוננות בגרף, כאשר T זהו הזמן שלוקח לגל להגיע מתחילת קו התמסורת ועד לסופו ולהיפך.

כמו כן, ניתן לראות כי בזמן $\frac{3T}{2}$ הגל החוזר יגיע לנקודה $z=L/2$ ונקבל שהמתח בנקודה זו שווה לסכום של הגל הראשון הפוגע בעומס יחד עם הגל המוחזר. כעת, לגבי הגרף השני ניתן לראות מיתון מסוים. כלומר, השינוי באותה נקודה כתוצאה מסכימת הגל החוזר השני עדיין נראה לעין אך השינוי הזה קטן יותר מאשר בגרף הראשון. הסיבה לכך היא שלמדנו בכיתה כי מקדמי ההחזרה בעומס ובמקור קטנים מ-1. והפתרון מורכב למעשה מסכום של גלים שמוכפלים במקדמי ההחזרה שהם שברים. עם הזמן התוספת לסכום הגלים הולכת וקטנה כי אנו מכפילים את הגלים במקדמי ההחזרה בחזקת מספר הגל ($1-n$ או n תלוי אם זה גל חוזר או פוגע והאם זה מקדם החזרה בעומס או במקור) הפוגע/חוזר.

בגרף האחרון ניתן לראות למעשה שקיבלנו פתרון יציב מעין תמונה של "גל עומד" כמצופה.

2. כפי שהסברנו בסעיף הקודם ניתן לראות בגרף הראשון בסעיף B, שהמתח הוא אפס מזמן $t=0$ ועד למחצית זמן המחזור. הסיבה לכך היא, שזהו בדיוק הזמן שלוקח לגל הראשון היוצא מהמקור להגיע לנקודה $z=L/2$ בה מתבצעות המדידות. ניתן להבין זאת מהנוסחה $T = \frac{L}{v}$ ומהתבוננות בגרף, כאשר T זהו הזמן שלוקח לגל להגיע מתחילת קו התמסורת ועד לסופו ולהיפך.

בנוסף, בגרף הראשון בסעיף C בזמן $t=0.5 \cdot T$ ניתן לראות שגל המתח הגיע לנקודה $z=L/2$. ולכן, נראה את אות הכניסה שלנו עד לנקודה זו. ומשם והלאה המתח הוא אפס כי הגל היוצא הראשון עדיין לא הגיע לחצי השני של קו התמסורת בזמן הנתון.

חלק ב': פתרון מצב יציב

3. כאשר מערכת נמצאת במצב יציב, עבר מספיק זמן כך שתופעות המעבר נגמרו וכל המתחים והזרמים במערכת התייצבו בערכים סינסיסואידליים קבועים. למעשה, פתרון המצב היציב הוא סכום של כל ההדהודים בתמסורת. האנרגיה של הגלים החוזרים הולכת וקטנה, ולאחר זמן רב הסכום שלהם מתכנס לפתרון המצב היציב.

4. בשני הסעיפים B, C ניתן לראות הבדל בין הגרפים במקטעי הזמן המוקדמים יותר. כצפוי, בחלק ב' האות נשאר יציב בכל אחד ממקטעי הזמן, לעומת האות בחלק א', שם ניתן לראות את תופעות המעבר של האות, כלומר שינוי באמפליטודה, הנגרמות כתוצאה מהדהודים בתמסורת. ככל שעובר הזמן ניתן לראות כי אכן פתרון ההדהודים מתכנס לפתרון המצב היציב, למשל במקטע הזמן האחרון שם יש התלכדות בין הגרפים.

כמו כן, אנו מבחינים בכך שהאות נכנס למצב היציב, כאשר ערך הנגד הוא 10 אוהם, בזמן מאוחר יותר מאשר כשערך הנגד היה 50 אוהם. הסיבה לכך היא שכעת הגלים הם בעלי אמפליטודה גדולה יותר ובנוסף ערך ה-DC של המתח במעגל יקטן, ניתן לראות זאת על ידי מחלק מתח $V_{d.c} = V_{g0} * \frac{R_L}{R_g + R_L}$. לכן, לוקח לגלים זמן רב יותר לדעוך עד להגעה למצב היציב והתכנסות לערך dc של המתח, $V_{d.c}$.

חלק א'- פתרון הדהודים

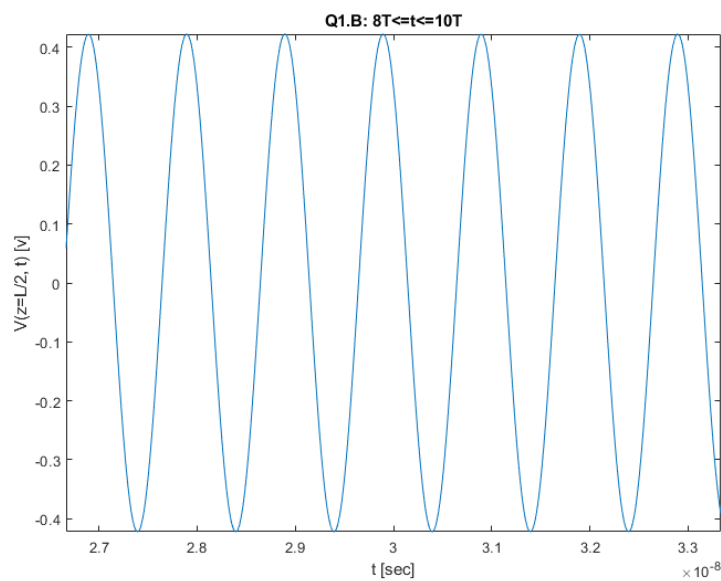
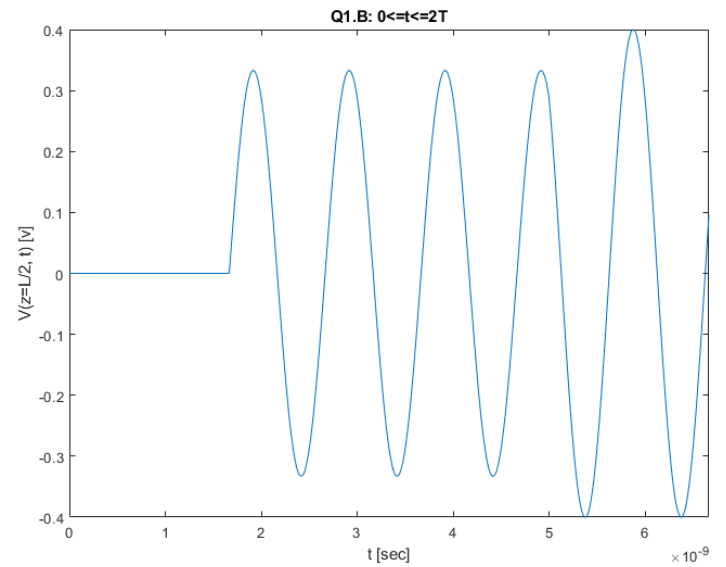
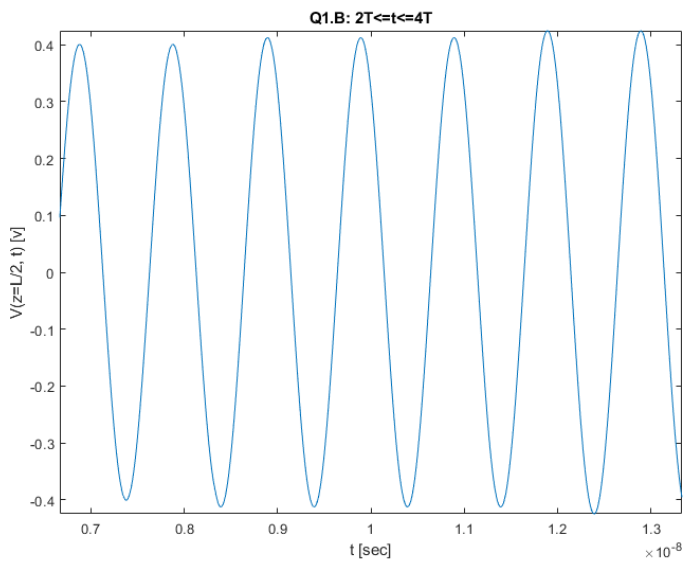
שאלה 1

סעיף A

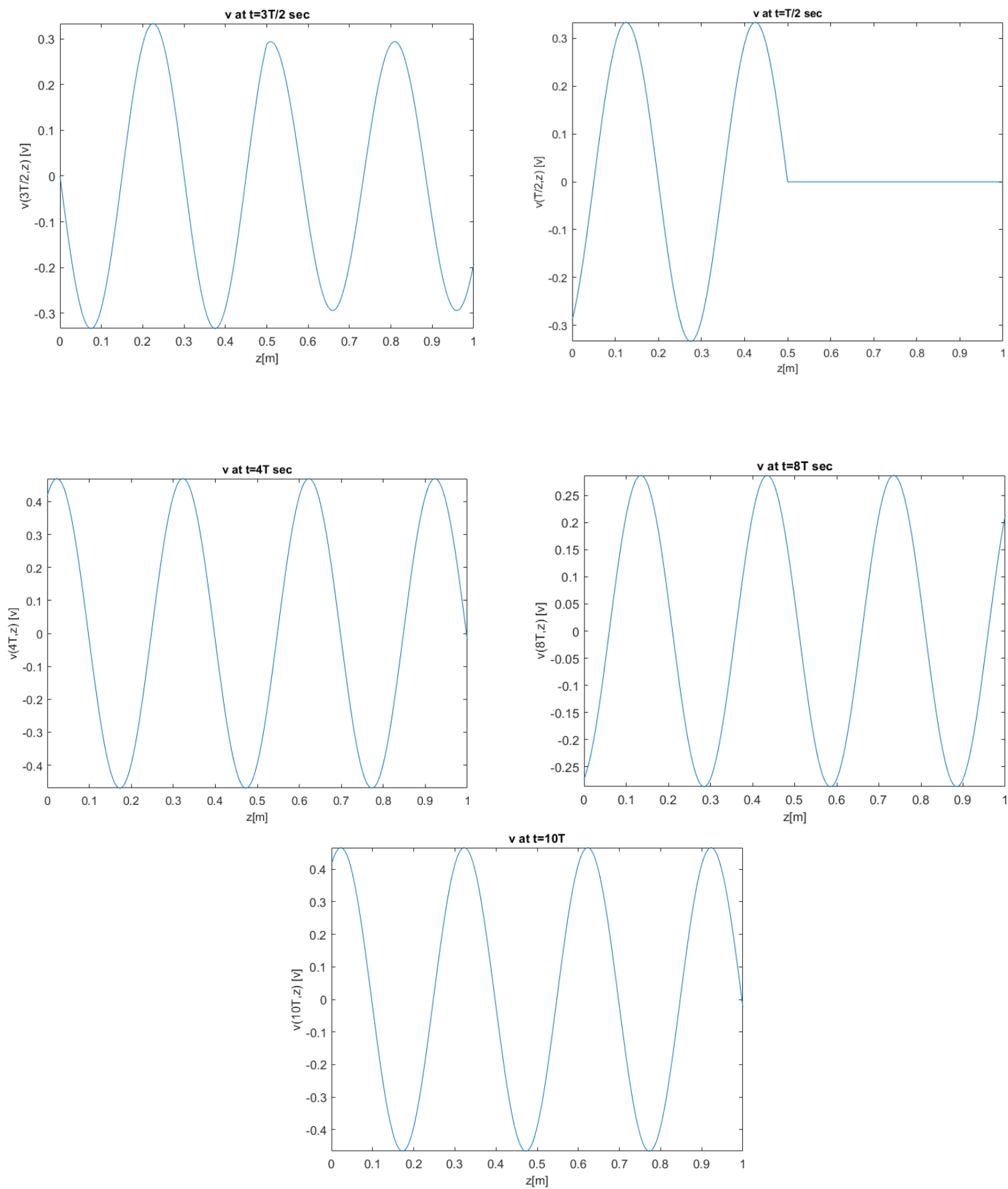
$$V(z, t) = \frac{Z_c}{R_g + Z_c} \left(\sum_{n=1}^{\infty} V_g(t - z/v - 2(n-1)T) * \text{Heaviside}((t - z/v - 2(n-1)T)) * \text{gama}_L^{n-1} * \text{gama}_g^{n-1} \right. \\ \left. + \sum_{n=1}^{\infty} V_g(t + z/v - 2nT) * \text{Heaviside}(t + z/v - 2nT) * \text{gama}_L^n * \text{gama}_g^{n-1} \right)$$

כאשר הסכום הראשון הוא סכום של גלים היוצאים מהמקור והסכום השני הינו סכום של גלים חוזרים.

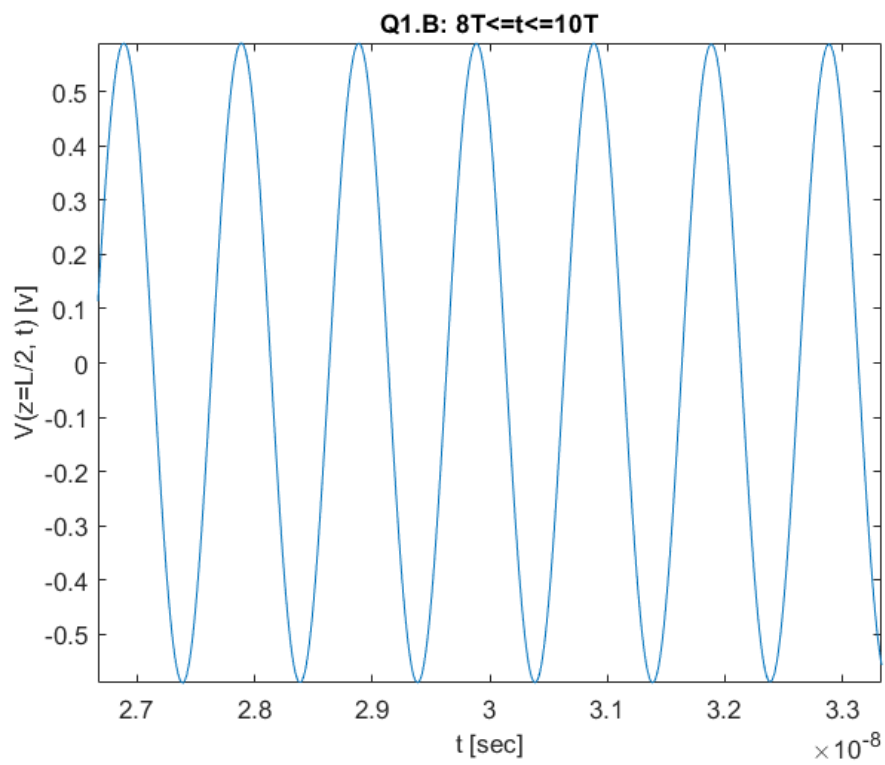
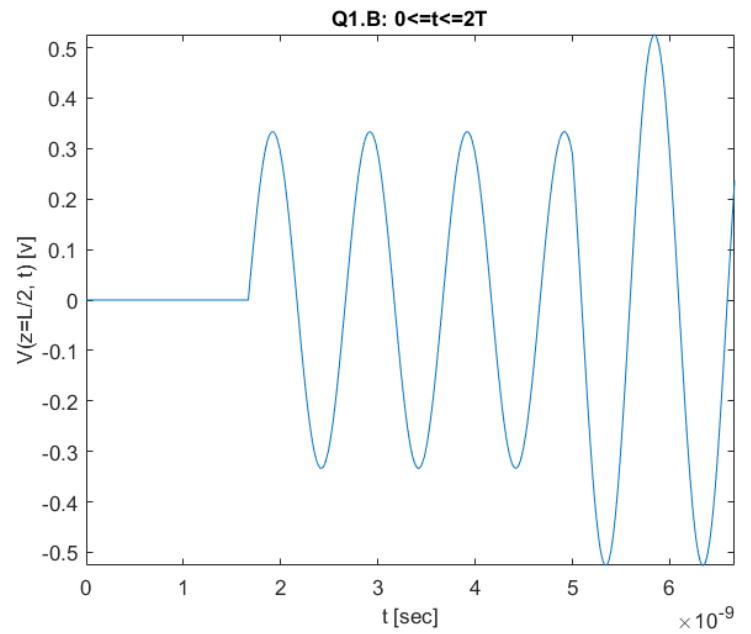
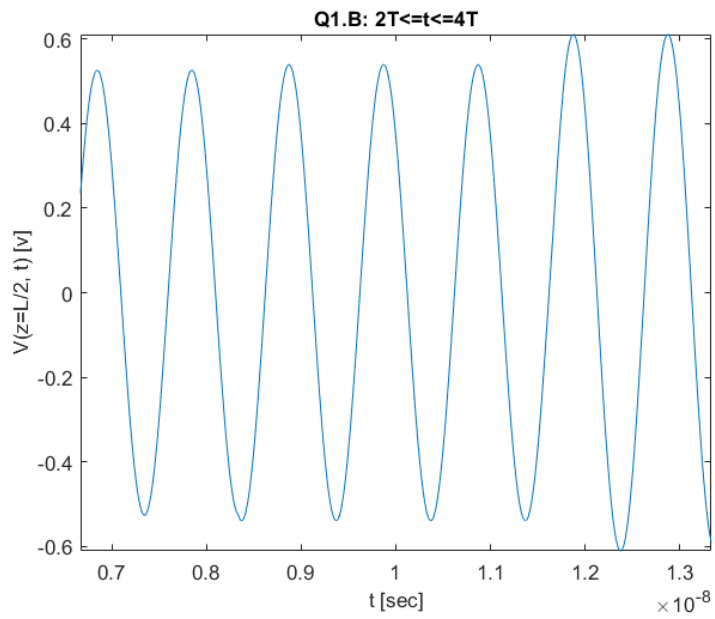
סעיף B

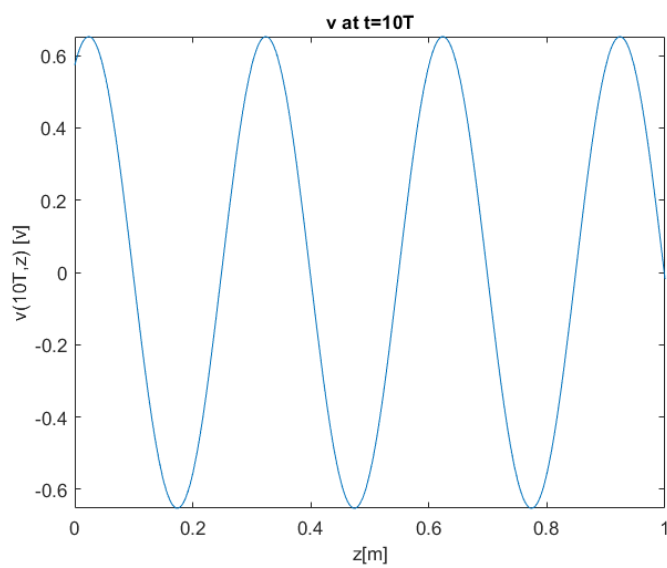
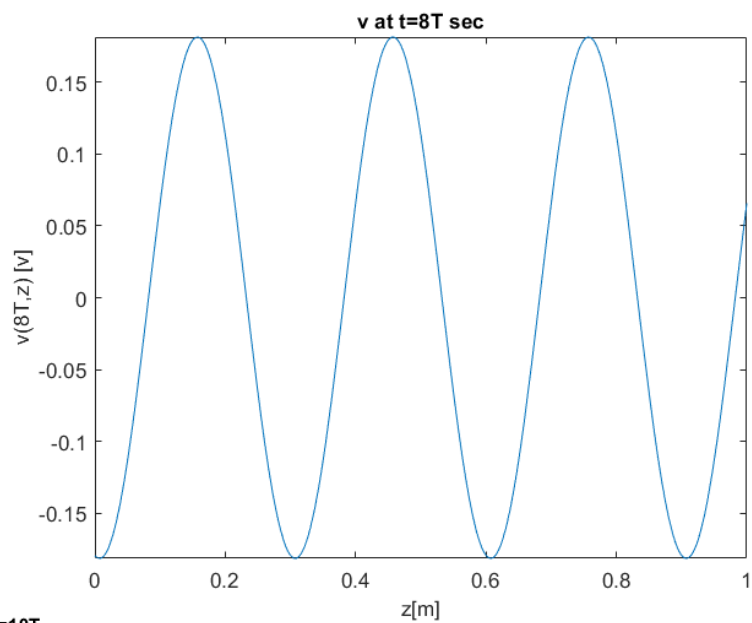
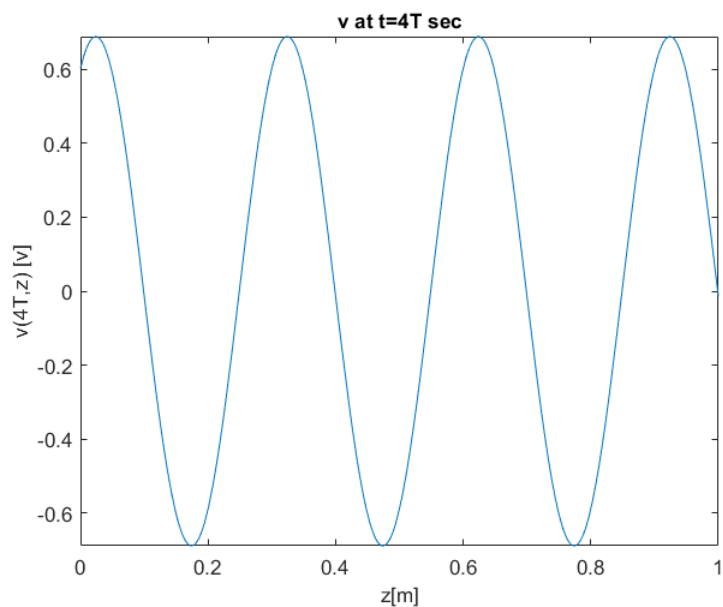
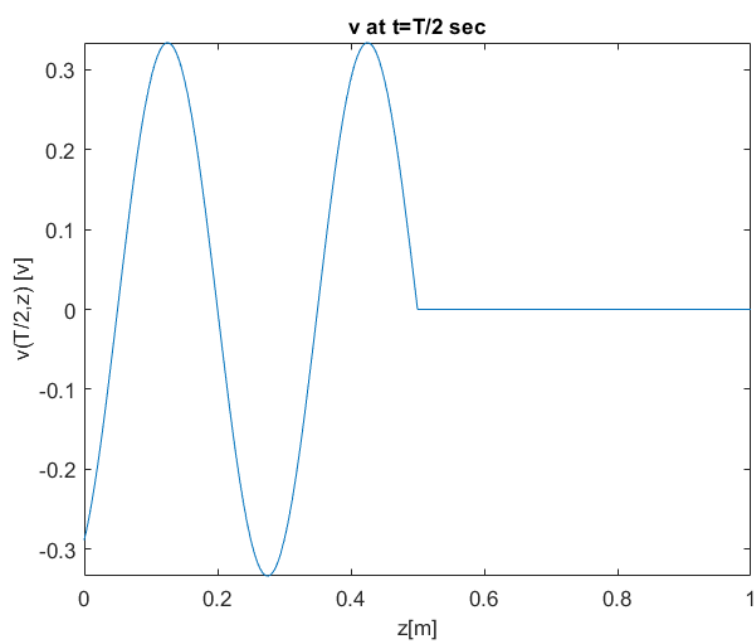
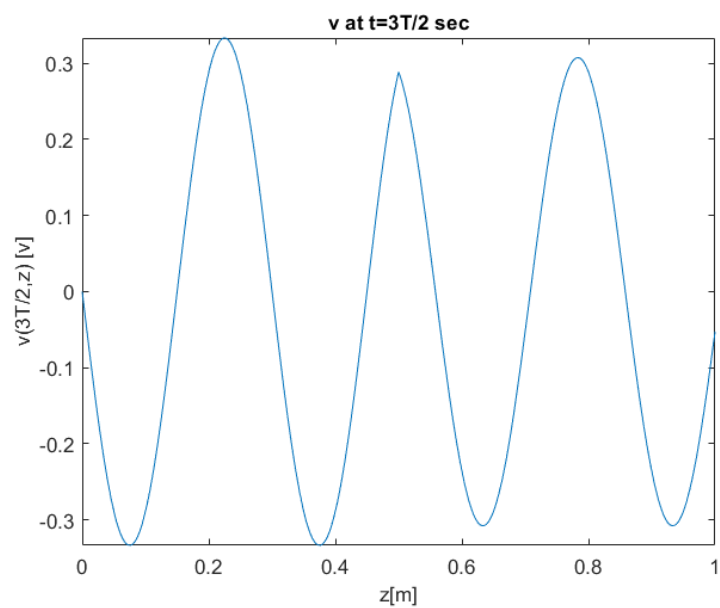


סעיף C



סעיף D_B



סעיף D_C עבור נגד $R=10\text{ ohm}$ 

בסעיף זה שינינו את נגד העומס R_L וכעת ערכו הוא 10 אוהם. על ידי הקטנת נגד העומס קיבלנו מקדם החזרה בעומס גדול יותר בערכו המוחלט. שינוי זה גורם לעלייה באמפליטודה גם של הגלים הפוגעים, אלו היוצאים מהמקור וגם לעלייה של הגלים החוזרים. כתוצאה מכך ניתן לראות כי בגרפים בסעיף D קיבלנו באמת גל מתח עם אמפליטודה גבוהה יותר.

חלק ב' - פתרון מצב יציב

שאלה 2

סעיף E

כפי שלמדנו בתרגול, נבצע את הפתרון לפי השלבים הבאים:

1. חישוב מקדם ההחזרה מהעומס
2. שיקוף העומס לכניסה של קווי התמסורת
3. פתרון מעגל הכניסה

(1)

$$\beta = \frac{\omega}{v} = \frac{2\pi f}{v} = \frac{2\pi \cdot 10^9}{3 \cdot 10^8} = \frac{20\pi}{3} \left[\frac{1}{m} \right]$$

$$\Gamma_L = \frac{R_L - Z_C}{R_L + Z_C} = \frac{50 - 100}{50 + 100} = -\frac{1}{3}$$

(2)

$$\Gamma_{in}(z = -L) = \Gamma_L \cdot e^{2j\beta z} = -\frac{1}{3} \cdot e^{2j \cdot \frac{20\pi}{3} \cdot (-1)} = \frac{1}{6} - \frac{\sqrt{3}}{6}j$$

$$Z_{in}(z = -L) = Z_C \frac{1 + \Gamma_{in}}{1 - \Gamma_{in}} = 100 \cdot \frac{1 + \frac{1}{6} - \frac{\sqrt{3}}{6}j}{1 - \frac{1}{6} - \frac{\sqrt{3}}{6}j} = 114.29 - 74.23j \Omega$$

(3) נשתמש במחלק מתח:

$$V_G = \sin(\omega t) = \cos\left(\omega t - \frac{\pi}{2}\right) = \operatorname{Re}\left\{e^{j(\omega t - \frac{\pi}{2})}\right\} \Rightarrow \tilde{V}_G = e^{-j\frac{\pi}{2}} = -j$$

$$V_{in} = \tilde{V}_G \frac{Z_{in}}{Z_{in} + R_G} = -j \cdot \frac{114.29 - 74.23j}{114.29 - 74.23j + 200} = -0.14 - 0.4j V$$

נשתמש בחוק אוהם:

$$I_{in} = \frac{V_{in}}{Z_{in}} = \frac{-0.14 - 0.4j}{114.29 - 74.23j} = 0.74 - 3j \text{ mA}$$

מנוסחה a2.38 בספר הקורס נוכל לקבל את פאזור המתח:

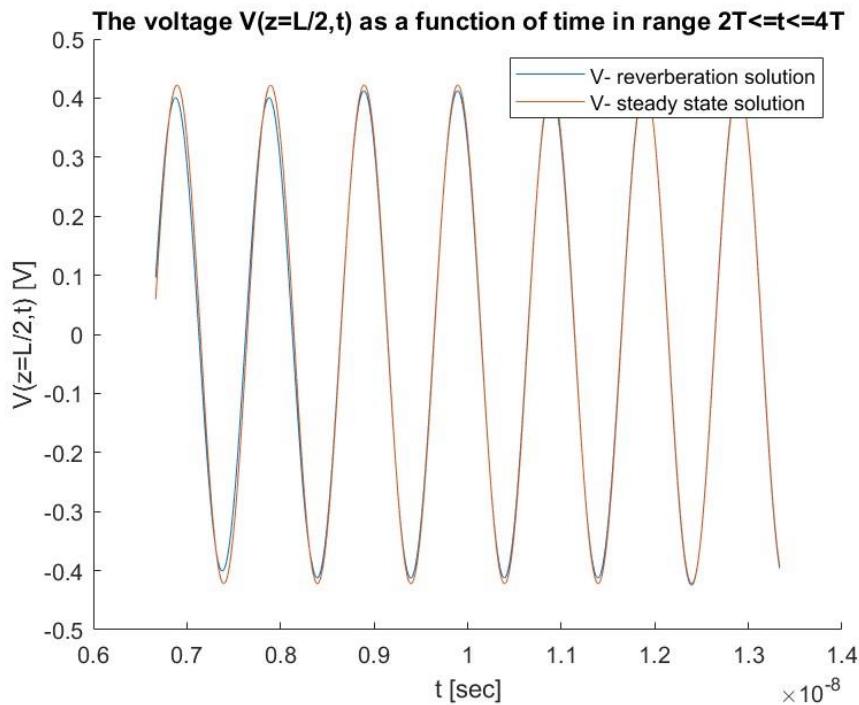
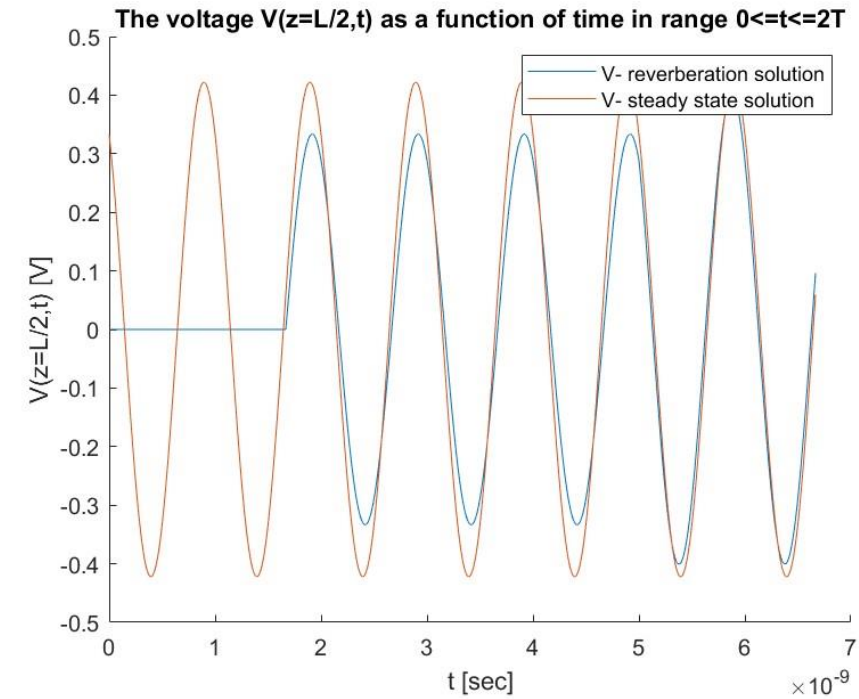
$$\tilde{V}(z) = V_{in} \cos(\beta z) - jZ_C I_{in} \sin(\beta z)$$

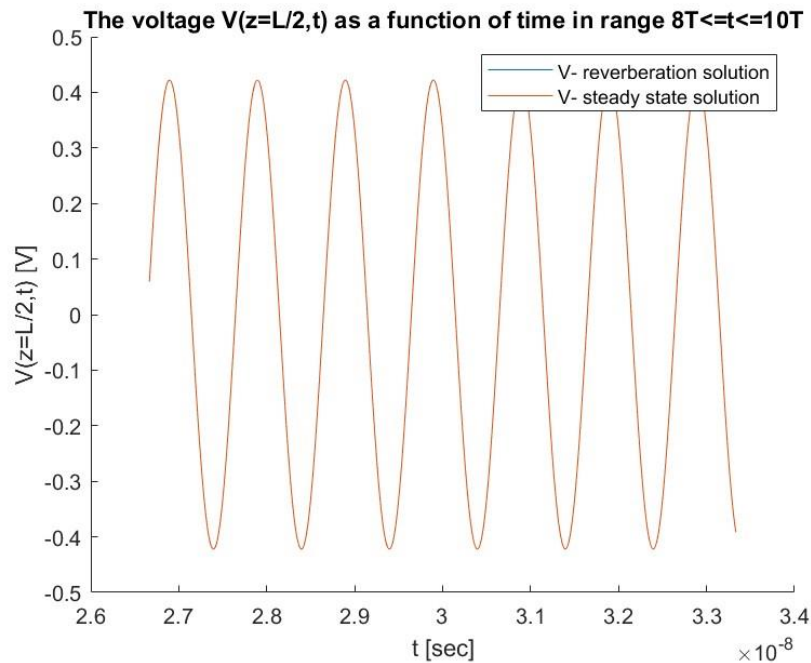
$$= (-0.14 - 0.4j) \cos\left(\frac{20\pi}{3}z\right) - j \cdot 100 \cdot (0.74 - 3j) \cdot 10^{-3} \sin\left(\frac{20\pi}{3}z\right)$$

והמתח כפונקציה של זמן ומקום :

$$V(z, t) = \operatorname{Re}\{V(z)e^{j\omega t}\} = \operatorname{Re}\{[V_{in} \cos(\beta z) - jZ_c I_{in} \sin(\beta z)]e^{j\omega t}\}$$

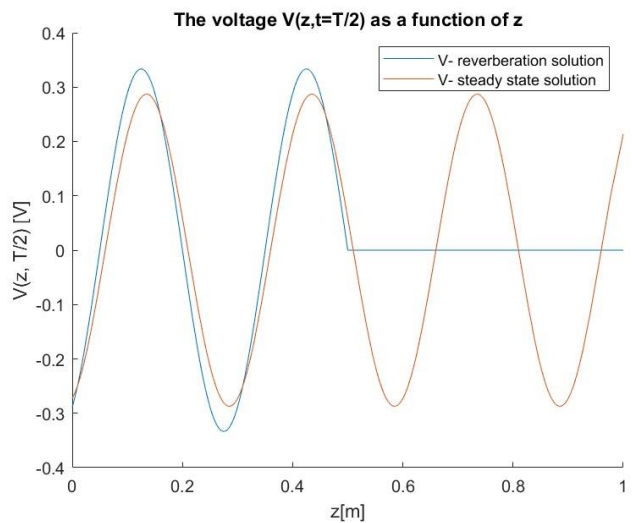
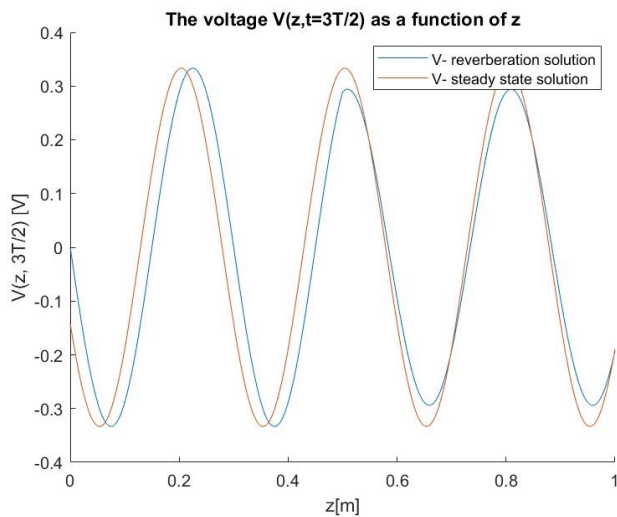
סעיף (B)F

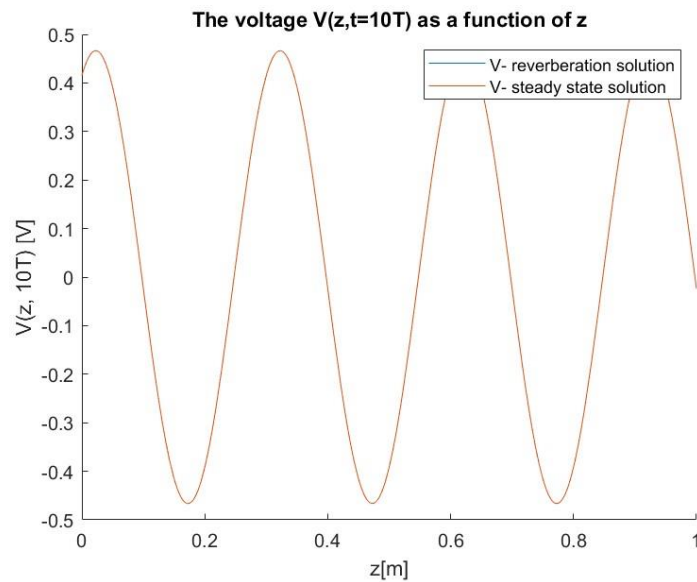
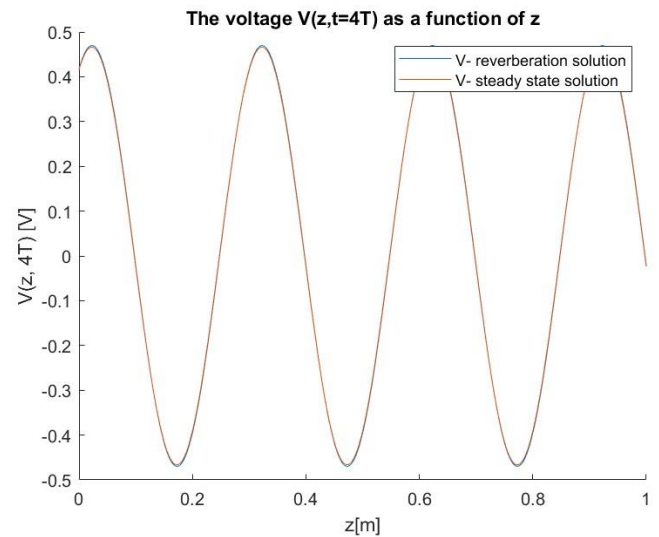
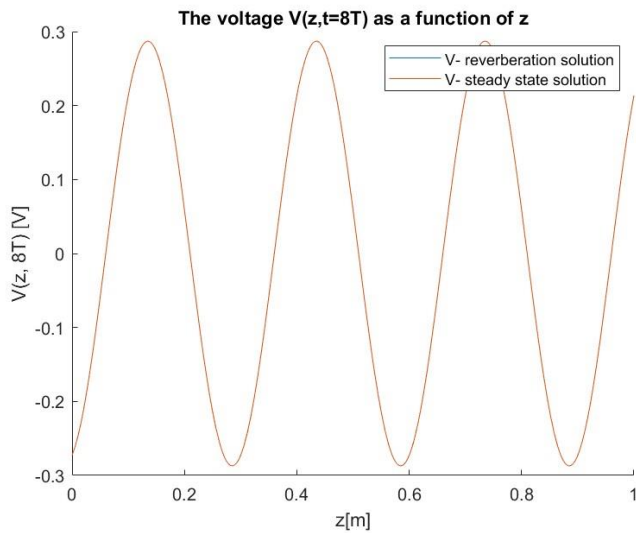




ניתן לראות מהגרפים כי אות המצב היציב נשאר זהה לאורך כל אחד ממקטעי הזמן, כצפוי ממצב יציב. כמו כן, אנו רואים כי אכן פתרון ההדהודים מתכנס לפתרון המצב היציב. במקטע הזמן האחרון שני הגרפים מתלכדים לחלוטין.

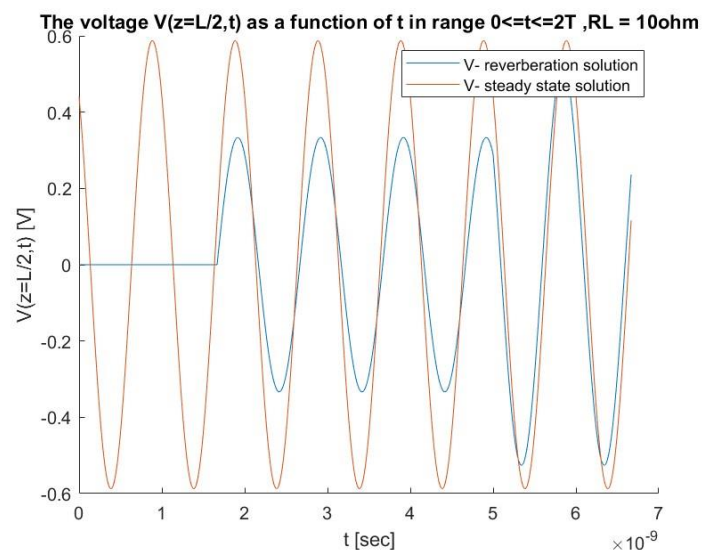
סעיף C)F



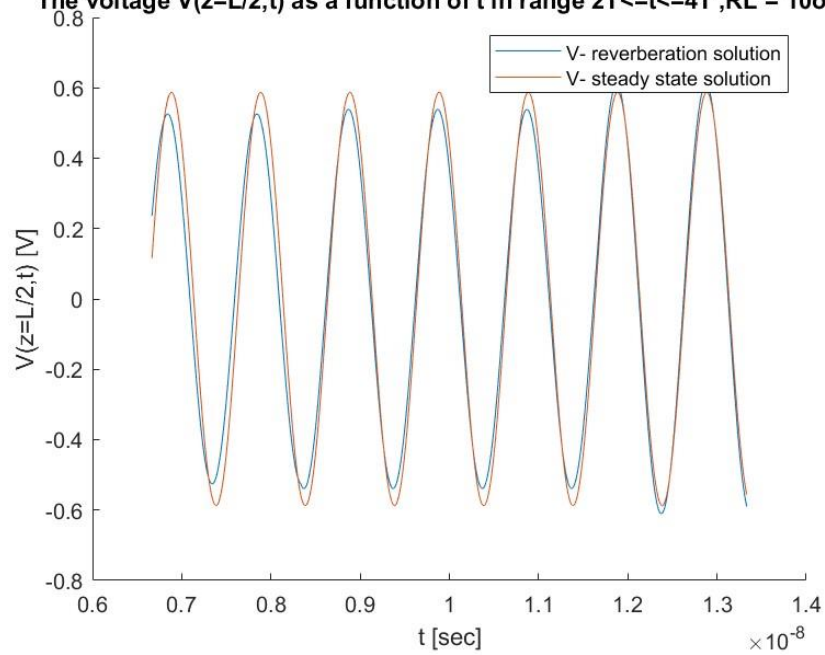


גם כאן ניתן לראות כי יש הבדלים בין הפתרונות בזמנים המוקדמים יותר, כאשר ההבדלים הגדולים ביותר ב- $t=T/2$ ו- $t=3T/2$. מ- $t=4T$ ניתן לראות שפתרון ההדהודים מתחיל להתכנס לפתרון המצב היציב.

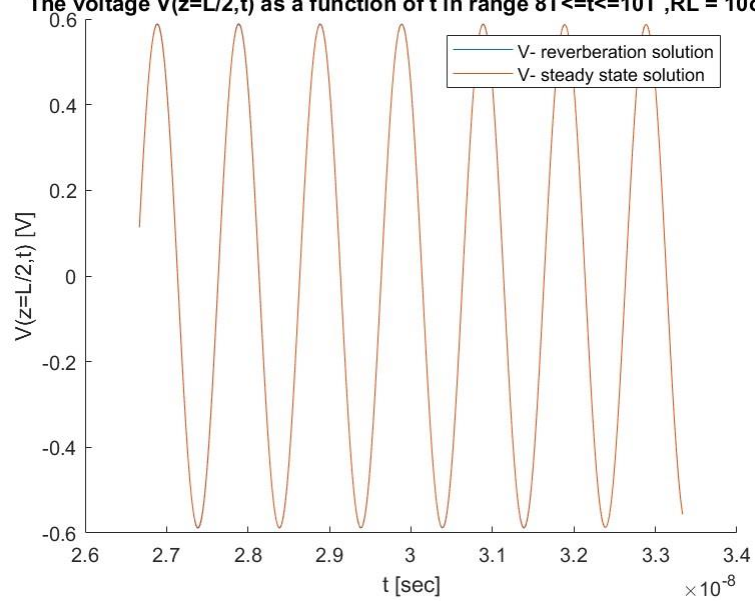
סעיף (D)

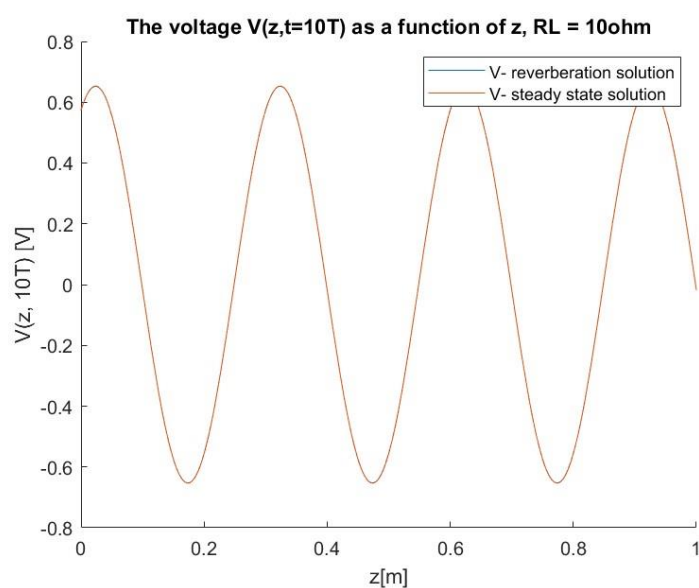
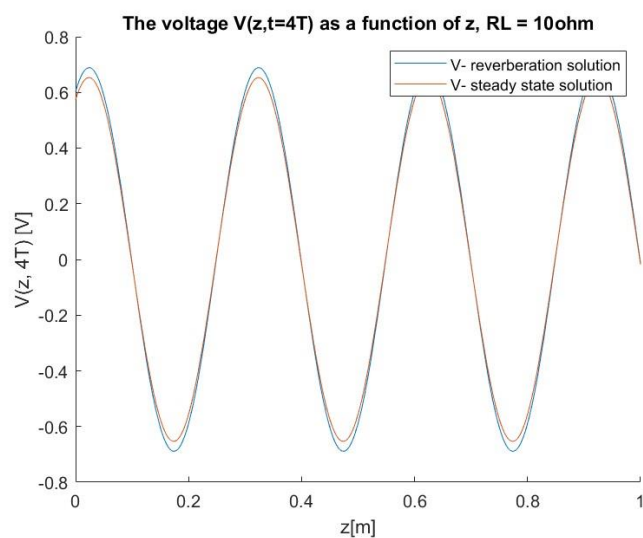
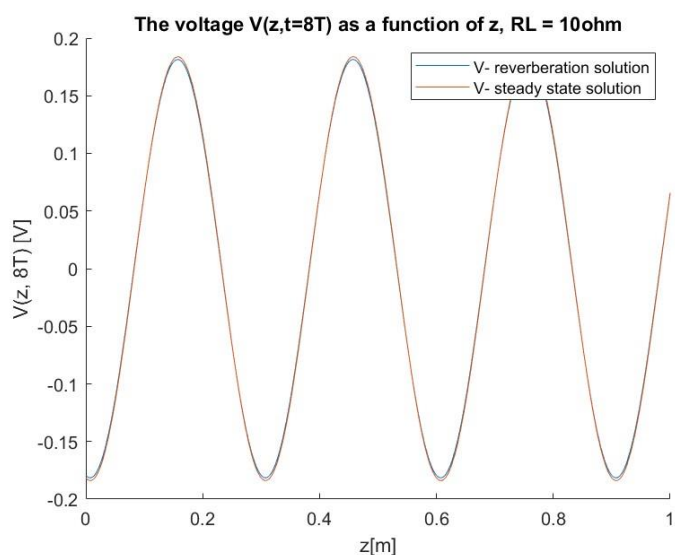
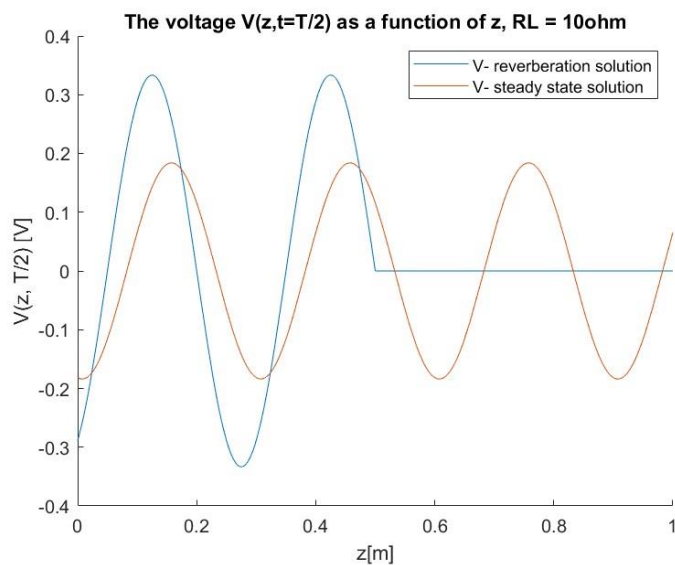
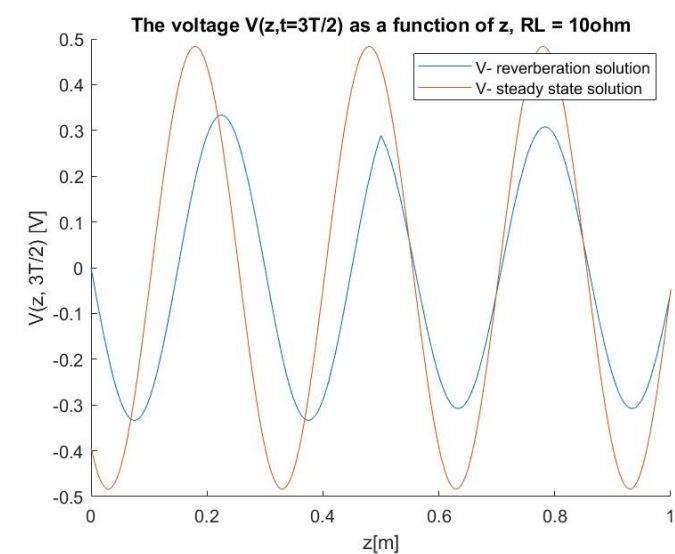


The voltage $V(z=L/2,t)$ as a function of t in range $2T \leq t \leq 4T$, $R_L = 10\text{ohm}$



The voltage $V(z=L/2,t)$ as a function of t in range $8T \leq t \leq 10T$, $R_L = 10\text{ohm}$





בדומה לחלק א', גם ניתן לראות כי האמפליטודה של הגלים גדלה עם הקטנת נגד העומס. בנוסף, ניתן לראות כי פתרון ההדהודים מתכנס לפתרון המצב היציב בזמן גדול יותר לעומת סעיפים B.F ו-C.F.

תוצאה זו מתיישבת עם כך שהאמפליטודה של הגלים גדלה מכיוון שהדעיכה של הגלים המוחזרים לוקחת יותר זמן, ולכן ההתכנסות למצב היציב לוקחת יותר זמן.

נספחים

```

%Q1_B

v = 3*(10^8);
L = 1;
T=L/v;
Zc = 100;
f = 10^9;
w = 2*pi*f;
RG = 200;
RL = 50;
gama_L = (RL-Zc)/(RL+Zc);
gama_G = (RG-Zc)/(RG+Zc);
Coeff = Zc/(Zc+RG);
z= L/2;
syms t;

% 0<=t<=2T

figure(1)
V1 = Coeff*(sin(w*(t-z/v))*heaviside(t-z/v)+gama_L*sin(w*(t-2*T+z/v))*heaviside(t-2*T+z/v));
fplot(V1,[0,2*T])
xlabel("t [sec]");
ylabel("V(z=L/2, t) [v]");
title('Q1.B: 0<=t<=2T');

% 2T<t<4T

V1_plus = 0;
V1_minus = 0;

for n = 1:2

    V1_plus = V1_plus + (gama_L*gama_G)^(n-1)*Coeff*sin(w*(t-(z/v)-2*(n-1)*T)).*heaviside(t-(z/v)-2*(n-1)*T);
    V1_minus = V1_minus + (gama_L)^(n)*gama_G^(n-1)*Coeff*sin(w*(t+(z/v)-2*n*T)).*heaviside((t+(z/v)-2*n*T));
    V1_2T_4T = V1_plus +V1_minus;

end

figure(2)
fplot(V1_2T_4T, [2*T, 4*T])
xlabel("t [sec]");
ylabel("V(z=L/2, t) [v]");
title('Q1.B: 2T<=t<=4T');

% 8T<t<10T

V1_plus = 0;
V1_minus = 0;

for n = 1:5

    V1_plus = V1_plus + (gama_L*gama_G)^(n-1)*Coeff*sin(w*(t-(z/v)-2*(n-1)*T)).*heaviside(t-(z/v)-2*(n-1)*T);
    V1_minus = V1_minus + (gama_L)^(n)*gama_G^(n-1)*Coeff*sin(w*(t+(z/v)-2*n*T)).*heaviside((t+(z/v)-2*n*T));
    V1_8T_10T = V1_plus +V1_minus;

end

figure(3)
fplot(V1_8T_10T, [8*T, 10*T])
xlabel("t [sec]");
ylabel("V(z=L/2, t) [v]");
title('Q1.B: 8T<=t<=10T');

```

```
%Q1_C

v = 3*(10^8);
L = 1;
T=L/v;
Zc = 100;
f = 10^9;
w = 2*pi*f;
RG = 200;
RL = 50;
gama_L = (RL-Zc)/(RL+Zc);
gama_G = (RG-Zc)/(RG+Zc);
Coeff = Zc/(Zc+RG);
syms z;

% v at t=T/2

t=0.5*T;
figure(1)
v1 = Coeff*(sin(w*(t-z/v))*heaviside(t-z/v)+gama_L*sin(w*(t-2*T+z/v))*heaviside(t-2*T+z/v));
fplot(v1,[0, 1])
xlabel('z[m]');
ylabel('v(T/2,z) [v]');
title('v at t=T/2 sec');

% v at t=3T/2

figure(2)
t=1.5*T;
v1= Coeff*(sin(w*(t-z/v))*heaviside(t-z/v)+gama_L*sin(w*(t-2*T+z/v))*heaviside(t-2*T+z/v));
fplot(v1,[0 1]);
xlabel('z[m]');
ylabel('v(3T/2,z) [v]');
title('v at t=3T/2 sec');
```

```

%t=4T;

V1_plus = 0;
V1_minus = 0;
t=4*T;

for n = 1:2

    V1_plus = V1_plus + (gama_L*gama_G)^(n-1)*Coeff*sin(w*(t-(z/v)-2*(n-1)*T)).*heaviside(t-(z/v)-2*(n-1)*T);
    V1_minus = V1_minus + (gama_L)^(n)*gama_G^(n-1)*Coeff*sin(w*(t+(z/v)-2*n*T)).*heaviside((t+(z/v)-2*n*T));
    v1 = V1_plus +V1_minus;

end

figure(3)
fplot(v1,[0 1]);
xlabel('z[m]');
ylabel('v(4T,z) [v]');
title('v at t=4T sec');

%t=8T;

V1_plus = 0;
V1_minus = 0;
t=8*T;

for n = 1:5

    V1_plus = V1_plus + (gama_L*gama_G)^(n-1)*Coeff*sin(w*(t-(z/v)-2*(n-1)*T)).*heaviside(t-(z/v)-2*(n-1)*T);
    V1_minus = V1_minus + (gama_L)^(n)*gama_G^(n-1)*Coeff*sin(w*(t+(z/v)-2*n*T)).*heaviside((t+(z/v)-2*n*T));
    v1 = V1_plus +V1_minus;

end

figure(4)
fplot(v1,[0 1]);
xlabel('z[m]');
ylabel('v(8T,z) [v]');
title('v at t=8T sec');

%t=10T;

V1_plus = 0;
V1_minus = 0;
t=10*T;

for n = 1:5

    V1_plus = V1_plus + (gama_L*gama_G)^(n-1)*Coeff*sin(w*(t-(z/v)-2*(n-1)*T)).*heaviside(t-(z/v)-2*(n-1)*T);
    V1_minus = V1_minus + (gama_L)^(n)*gama_G^(n-1)*Coeff*sin(w*(t+(z/v)-2*n*T)).*heaviside((t+(z/v)-2*n*T));
    v1 = V1_plus +V1_minus;

end

figure(5)
fplot(v1,[0 1]);
xlabel('z[m]');
ylabel('v(10T,z) [v]');
title('v at t=10T');

```

```

%Q1_D_B

v = 3*(10^8);
L = 1;
T=L/v;
Zc = 100;
f = 10^9;
w = 2*pi*f;
RG = 200;
RL = 10;
gama_L = (RL-Zc)/(RL+Zc);
gama_G = (RG-Zc)/(RG+Zc);
Coeff = Zc/(Zc+RG);
z= L/2;
syms t;

% 0<=t<=2T

figure(1)
V1 = Coeff*(sin(w*(t-z/v))*heaviside(t-z/v)+gama_L*sin(w*(t-2*T+z/v))*heaviside(t-2*T+z/v));
fplot(V1,[0,2*T])
xlabel("t [sec]");
ylabel("V(z=L/2, t) [v]");
title('Q1.B: 0<=t<=2T');

% 2T<t<4T

V1_plus = 0;
V1_minus = 0;

for n = 1:2

    V1_plus = V1_plus + (gama_L*gama_G)^(n-1)*Coeff*sin(w*(t-(z/v)-2*(n-1)*T)).*heaviside(t-(z/v)-2*(n-1)*T);
    V1_minus = V1_minus + (gama_L)^(n)*gama_G^(n-1)*Coeff*sin(w*(t+(z/v)-2*n*T)).*heaviside((t+(z/v)-2*n*T));
    V1_2T_4T = V1_plus +V1_minus;

end

figure(2)
fplot(V1_2T_4T, [2*T, 4*T])
xlabel("t [sec]");
ylabel("V(z=L/2, t) [v]");
title('Q1.B: 2T<=t<=4T');

% 8T<t<10T

V1_plus = 0;
V1_minus = 0;

for n = 1:5

    V1_plus = V1_plus + (gama_L*gama_G)^(n-1)*Coeff*sin(w*(t-(z/v)-2*(n-1)*T)).*heaviside(t-(z/v)-2*(n-1)*T);
    V1_minus = V1_minus + (gama_L)^(n)*gama_G^(n-1)*Coeff*sin(w*(t+(z/v)-2*n*T)).*heaviside((t+(z/v)-2*n*T));
    V1_8T_10T = V1_plus +V1_minus;

end

figure(3)
fplot(V1_8T_10T, [8*T, 10*T])
xlabel("t [sec]");
ylabel("V(z=L/2, t) [v]");
title('Q1.B: 8T<=t<=10T');

```



```
%Q1_D_C

v = 3*(10^8);
L = 1;
T=L/v;
Zc = 100;
f = 10^9;
w = 2*pi*f;
RG = 200;
RL = 10;
gama_L = (RL-Zc)/(RL+Zc);
gama_G = (RG-Zc)/(RG+Zc);
Coeff = Zc/(Zc+RG);
syms z;

% v at t=T/2

t=0.5*T;
figure(1)
v1 = Coeff*(sin(w*(t-z/v))*heaviside(t-z/v)+gama_L*sin(w*(t-2*T+z/v))*heaviside(t-2*T+z/v));
fplot(v1,[0, 1])
xlabel('z[m]');
ylabel('v(T/2,z) [v]');
title('v at t=T/2 sec');

% v at t=3T/2

figure(2)
t=1.5*T;
v1= Coeff*(sin(w*(t-z/v))*heaviside(t-z/v)+gama_L*sin(w*(t-2*T+z/v))*heaviside(t-2*T+z/v));
fplot(v1,[0 1]);
xlabel('z[m]');
ylabel('v(3T/2,z) [v]');
title('v at t=3T/2 sec');
```

```

%t=4T;

V1_plus = 0;
V1_minus = 0;
t=4*T;

for n = 1:2

    V1_plus = V1_plus + (gama_L*gama_G)^(n-1)*Coeff*sin(w*(t-(z/v)-2*(n-1)*T)).*heaviside(t-(z/v)-2*(n-1)*T);
    V1_minus = V1_minus + (gama_L)^(n)*gama_G^(n-1)*Coeff*sin(w*(t+(z/v)-2*n*T)).*heaviside((t+(z/v)-2*n*T));
    v1 = V1_plus +V1_minus;

end

figure(3)
fplot(v1,[0 1]);
xlabel('z[m]');
ylabel('v(4T,z) [v]');
title('v at t=4T sec');

%t=8T;

V1_plus = 0;
V1_minus = 0;
t=8*T;

for n = 1:5

    V1_plus = V1_plus + (gama_L*gama_G)^(n-1)*Coeff*sin(w*(t-(z/v)-2*(n-1)*T)).*heaviside(t-(z/v)-2*(n-1)*T);
    V1_minus = V1_minus + (gama_L)^(n)*gama_G^(n-1)*Coeff*sin(w*(t+(z/v)-2*n*T)).*heaviside((t+(z/v)-2*n*T));
    v1 = V1_plus +V1_minus;

end

figure(4)
fplot(v1,[0 1]);
xlabel('z[m]');
ylabel('v(8T,z) [v]');
title('v at t=8T sec');

%t=10T;

V1_plus = 0;
V1_minus = 0;
t=10*T;

for n = 1:5

    V1_plus = V1_plus + (gama_L*gama_G)^(n-1)*Coeff*sin(w*(t-(z/v)-2*(n-1)*T)).*heaviside(t-(z/v)-2*(n-1)*T);
    V1_minus = V1_minus + (gama_L)^(n)*gama_G^(n-1)*Coeff*sin(w*(t+(z/v)-2*n*T)).*heaviside((t+(z/v)-2*n*T));
    v1 = V1_plus +V1_minus;

end

figure(5)
fplot(v1,[0 1]);
xlabel('z[m]');
ylabel('v(10T,z) [v]');
title('v at t=10T');

```

```

%% Q.2.F(B)
% The voltage as a function of t
close all
v = 3*10^8;
Zc = 100;
L = 1;
f = 10^9;
w = 2*pi*f;
RG = 200;
RL = 50;
gama_G = (RG-Zc)/(RG+Zc);
Coeff = Zc/(Zc+RG);
syms t;

% calc V(z), V(z,t)
T = L/v;
z = L/2;
beta = w/v;
gamaL = (RL-Zc)/(RL+Zc);
gamaIn = gamaL*exp(-1i*2*beta*L);
Z_in = Zc*(1+gamaIn)/(1-gamaIn);
Vg = exp(-1i*pi/2);
V_in = Vg*Z_in/(Z_in+RG);
I_in = V_in/Z_in;
Vz = V_in*cos(beta*z)-1i*Zc*I_in*sin(beta*z);
Vzt = real(Vz.*exp(1i*w*t));

% V(z=L/2,t) in range 0<t<2T

figure(1)
V1 = Coeff*(sin(w*(t-z/v))*heaviside(t-z/v)+gama_L*sin(w*(t-2*T+z/v))*heaviside(t-2*T+z/v));
hold on
fplot(V1,[0,2*T])
fplot(Vzt,[0,2*T])
xlabel("t [sec]");
ylabel("V(z=L/2,t) [V]");
title('The voltage V(z=L/2,t) as a function of time in range 0<=t<=2T');
legend('V- reverberation solution','V- steady state solution')
hold off

% V(z=L/2,t) in range 2T<t<4T

V1_plus = 0;
V1_minus = 0;

for n = 1:2

    V1_plus = V1_plus + (gama_L*gama_G)^(n-1)*Coeff*sin(w*(t-(z/v)-2*(n-1)*T)).*heaviside(t-(z/v)-2*(n-1)*T);
    V1_minus = V1_minus + (gama_L)^(n)*gama_G^(n-1)*Coeff*sin(w*(t+(z/v)-2*n*T)).*heaviside((t+(z/v)-2*n*T));
    V1_2T_4T = V1_plus +V1_minus;

end

figure(2);
hold on
fplot(V1_2T_4T, [2*T, 4*T])
fplot(Vzt,[2*T, 4*T])
xlabel("t [sec]");
ylabel("V(z=L/2,t) [V]");
title('The voltage V(z=L/2,t) as a function of time in range 2T<=t<=4T');
legend('V- reverberation solution','V- steady state solution')
hold off

```

```

% V(z=L/2,t) in range 8T<t<10T

V1_plus = 0;
V1_minus = 0;

for n = 1:5

    V1_plus = V1_plus + (gama_L*gama_G)^(n-1)*Coeff*sin(w*(t-(z/v)-2*(n-1)*T)).*heaviside(t-(z/v)-2*(n-1)*T);
    V1_minus = V1_minus + (gama_L)^(n)*gama_G^(n-1)*Coeff*sin(w*(t+(z/v)-2*n*T)).*heaviside((t+(z/v)-2*n*T));
    V1_8T_10T = V1_plus +V1_minus;

end

figure(3);
hold on
fplot(V1_8T_10T, [8*T, 10*T])
fplot(Vzt,[8*T, 10*T])
xlabel("t [sec]");
ylabel("V(z=L/2,t) [V]");
title('The voltage V(z=L/2,t) as a function of time in range 8T<=t<=10T');
legend('V- reverberation solution','V- steady state solution')
hold off

```

```

%% Q.2.F(C)
% The voltage as a function of z

% V(z,t=T/2)
close all
syms z;
t=0.5*T;
figure(1);
hold on
v1 = Coeff*(sin(w*(t-z/v))*heaviside(t-z/v)+gama_L*sin(w*(t-2*T+z/v))*heaviside(t-2*T+z/v));
Vz = V_in*cos(beta*z)-1i*Zc*I_in*sin(beta*z);
Vzt = real(Vz.*exp(1i*w*t));
fplot(v1,[0, 1]);
fplot(Vzt,[0,1]);
xlabel('z[m]');
ylabel('V(z, T/2) [V]');
title('The voltage V(z,t=T/2) as a function of z');
legend('V- reverberation solution','V- steady state solution')
hold off

```

```

% V(z,t=3T/2)

figure(2);
hold on
t=1.5*T;
v1= Coeff*(sin(w*(t-z/v))*heaviside(t-z/v)+gama_L*sin(w*(t-2*T+z/v))*heaviside(t-2*T+z/v));
Vz = V_in*cos(beta*z)-1i*Zc*I_in*sin(beta*z);
Vzt = real(Vz.*exp(1i*w*t));
fplot(v1,[0 1]);
fplot(Vzt,[0,1])
xlabel('z[m]');
ylabel('V(z, 3T/2) [V]');
title('The voltage V(z,t=3T/2) as a function of z');
legend('V- reverberation solution','V- steady state solution')
hold off

```

```

% V(z,t=4T)

V1_plus = 0;
V1_minus = 0;
t=4*T;

for n = 1:2

    V1_plus = V1_plus + (gama_L*gama_G)^(n-1)*Coeff*sin(w*(t-(z/v)-2*(n-1)*T)).*heaviside(t-(z/v)-2*(n-1)*T);
    V1_minus = V1_minus + (gama_L)^(n)*gama_G^(n-1)*Coeff*sin(w*(t+(z/v)-2*n*T)).*heaviside((t+(z/v)-2*n*T));
    v1 = V1_plus +V1_minus;

end

Vz = V_in*cos(beta*z)-1i*Zc*I_in*sin(beta*z);
Vzt = real(Vz.*exp(1i*w*t));
figure(3);
hold on
fplot(v1,[0 1]);
fplot(Vzt,[0,1]);
xlabel('z[m]');
ylabel('V(z, 4T) [V]');
title('The voltage V(z,t=4T) as a function of z');
legend('V- reverberation solution','V- steady state solution')
hold off

% V(z,t=8T)

V1_plus = 0;
V1_minus = 0;
t=8*T;

for n = 1:5

    V1_plus = V1_plus + (gama_L*gama_G)^(n-1)*Coeff*sin(w*(t-(z/v)-2*(n-1)*T)).*heaviside(t-(z/v)-2*(n-1)*T);
    V1_minus = V1_minus + (gama_L)^(n)*gama_G^(n-1)*Coeff*sin(w*(t+(z/v)-2*n*T)).*heaviside((t+(z/v)-2*n*T));
    v1 = V1_plus +V1_minus;

end

Vz = V_in*cos(beta*z)-1i*Zc*I_in*sin(beta*z);
Vzt = real(Vz.*exp(1i*w*t));
figure(4);
hold on
fplot(v1,[0 1]);
fplot(Vzt,[0,1]);
xlabel('z[m]');
ylabel('V(z, 8T) [V]');
title('The voltage V(z,t=8T) as a function of z');
legend('V- reverberation solution','V- steady state solution')
hold off

```

```

% V(z,t=10T)

V1_plus = 0;
V1_minus = 0;
t=10*T;

for n = 1:5

    V1_plus = V1_plus + (gama_L*gama_G)^(n-1)*Coeff*sin(w*(t-(z/v)-2*(n-1)*T)).*heaviside(t-(z/v)-2*(n-1)*T);
    V1_minus = V1_minus + (gama_L)^(n)*gama_G^(n-1)*Coeff*sin(w*(t+(z/v)-2*n*T)).*heaviside(t+(z/v)-2*n*T);
    v1 = V1_plus +V1_minus;

end
Vz = V_in*cos(beta*z)-1i*Zc*I_in*sin(beta*z);
Vzt = real(Vz.*exp(1i*w*t));
figure(5);
hold on
fplot(v1,[0 1]);
fplot(Vzt,[0,1]);
xlabel('z[m]');
ylabel('V(z, 10T) [V]');
title('The voltage V(z,t=10T) as a function of z');
legend('V- reverberation solution','V- steady state solution')
hold off

```

קוד עבור $F_D(B)$:

```

%% Q.2.F(D1)
% The voltage as a function of t with RL = 10ohm
close all
v = 3*10^8;
Zc = 100;
L = 1;
f = 10^9;
w = 2*pi*f;
RG = 200;
RL = 10;
gama_G = (RG-Zc)/(RG+Zc);
Coeff = Zc/(Zc+RG);
syms t;

% calc V(z), V(z,t)
T = L/v;
z = L/2;
beta = w/v;
gamaL = (RL-Zc)/(RL+Zc);
gamaIn = gamaL*exp(-1i*2*beta*L);
Z_in = Zc*(1+gamaIn)/(1-gamaIn);
Vg = exp(-1i*pi/2);
V_in = Vg*Z_in/(Z_in+RG);
I_in = V_in/Z_in;
Vz = V_in*cos(beta*z)-1i*Zc*I_in*sin(beta*z);
Vzt = real(Vz.*exp(1i*w*t));

```

```
% V(z=L/2,t) in range 0<t<2T
```

```
figure(1)
V1 = Coeff*(sin(w*(t-z/v))*heaviside(t-z/v)+gama_L*sin(w*(t-2*T+z/v))*heaviside(t-2*T+z/v));
hold on
fplot(V1,[0,2*T])
fplot(Vzt,[0,2*T])
xlabel("t [sec]");
ylabel("V(z=L/2,t) [V]");
title('The voltage V(z=L/2,t) as a function of t in range 0<=t<=2T ,RL = 10ohm');
legend('V- reverberation solution','V- steady state solution')
hold off
```

```
% V(z=L/2,t) in range 2T<t<4T
```

```
V1_plus = 0;
V1_minus = 0;

for n = 1:2

    V1_plus = V1_plus + (gama_L*gama_G)^(n-1)*Coeff*sin(w*(t-(z/v)-2*(n-1)*T)).*heaviside(t-(z/v)-2*(n-1)*T);
    V1_minus = V1_minus + (gama_L)^(n)*gama_G^(n-1)*Coeff*sin(w*(t+(z/v)-2*n*T)).*heaviside((t+(z/v)-2*n*T));
    V1_2T_4T = V1_plus +V1_minus;
```

```
end
```

```
figure(2);
hold on
fplot(V1_2T_4T, [2*T, 4*T])
fplot(Vzt,[2*T, 4*T])
xlabel("t [sec]");
ylabel("V(z=L/2,t) [V]");
title('The voltage V(z=L/2,t) as a function of t in range 2T<=t<=4T ,RL = 10ohm');
legend('V- reverberation solution','V- steady state solution')
hold off
```

```
% V(z=L/2,t) in range 8T<t<10T
```

```
V1_plus = 0;
V1_minus = 0;
```

```
for n = 1:5
```

```
    V1_plus = V1_plus + (gama_L*gama_G)^(n-1)*Coeff*sin(w*(t-(z/v)-2*(n-1)*T)).*heaviside(t-(z/v)-2*(n-1)*T);
    V1_minus = V1_minus + (gama_L)^(n)*gama_G^(n-1)*Coeff*sin(w*(t+(z/v)-2*n*T)).*heaviside((t+(z/v)-2*n*T));
    V1_8T_10T = V1_plus +V1_minus;
```

```
end
```

```
figure(3);
hold on
fplot(V1_8T_10T, [8*T, 10*T])
fplot(Vzt,[8*T, 10*T])
xlabel("t [sec]");
ylabel("V(z=L/2,t) [V]");
title('The voltage V(z=L/2,t) as a function of t in range 8T<=t<=10T ,RL = 10ohm');
legend('V- reverberation solution','V- steady state solution')
hold off
```

```
%% Q.2.F(D2)
```

```
% The voltage as a function of z with RL = 10ohm
```

```
close all
syms z;
v = 3*10^8;
Zc = 100;
L = 1;
f = 10^9;
w = 2*pi*f;
RG = 200;
RL = 10;
gama_G = (RG-Zc)/(RG+Zc);
Coeff = Zc/(Zc+RG);
```

```
% calc V(z), V(z,t)
```

```
T = L/v;
beta = w/v;
gamaL = (RL-Zc)/(RL+Zc);
gamaIn = gamaL*exp(-1i*2*beta*L);
Z_in = Zc*(1+gamaIn)/(1-gamaIn);
Vg = exp(-1i*pi/2);
V_in = Vg*Z_in/(Z_in+RG);
I_in = V_in/Z_in;
```

```
% V(z,t=T/2)
```

```
t=0.5*T;
figure(1);
hold on
v1 = Coeff*(sin(w*(t-z/v))*heaviside(t-z/v)+gama_L*sin(w*(t-2*T+z/v))*heaviside(t-2*T+z/v));
Vz = V_in*cos(beta*z)-1i*Zc*I_in*sin(beta*z);
Vzt = real(Vz.*exp(1i*w*t));
fplot(v1,[0, 1]);
fplot(Vzt,[0,1]);
xlabel('z[m]');
ylabel('V(z, T/2) [V]');
title('The voltage V(z,t=T/2) as a function of z, RL = 10ohm');
legend('V- reverberation solution','V- steady state solution')
hold off
```

```
% V(z,t=3T/2)
```

```
figure(2);
hold on
t=1.5*T;
v1= Coeff*(sin(w*(t-z/v))*heaviside(t-z/v)+gama_L*sin(w*(t-2*T+z/v))*heaviside(t-2*T+z/v));
Vz = V_in*cos(beta*z)-1i*Zc*I_in*sin(beta*z);
Vzt = real(Vz.*exp(1i*w*t));
fplot(v1,[0 1]);
fplot(Vzt,[0,1])
xlabel('z[m]');
ylabel('V(z, 3T/2) [V]');
title('The voltage V(z,t=3T/2) as a function of z, RL = 10ohm');
legend('V- reverberation solution','V- steady state solution')
hold off
```

קוד עבור $F_D(C)$:


```

% V(z,t=4T)

V1_plus = 0;
V1_minus = 0;
t=4*T;

for n = 1:2

    V1_plus = V1_plus + (gama_L*gama_G)^(n-1)*Coeff*sin(w*(t-(z/v)-2*(n-1)*T)).*heaviside(t-(z/v)-2*(n-1)*T);
    V1_minus = V1_minus + (gama_L)^(n)*gama_G^(n-1)*Coeff*sin(w*(t+(z/v)-2*n*T)).*heaviside((t+(z/v)-2*n*T));
    v1 = V1_plus +V1_minus;

end

Vz = V_in*cos(beta*z)-1i*Zc*I_in*sin(beta*z);
Vzt = real(Vz.*exp(1i*w*t));
figure(3);
hold on
fplot(v1,[0 1]);
fplot(Vzt,[0,1]);
xlabel('z[m]');
ylabel('V(z, 4T) [V]');
title('The voltage V(z,t=4T) as a function of z, RL = 10ohm');
legend('V- reverberation solution','V- steady state solution')
hold off

% V(z,t=8T)

V1_plus = 0;
V1_minus = 0;
t=8*T;

for n = 1:5

    V1_plus = V1_plus + (gama_L*gama_G)^(n-1)*Coeff*sin(w*(t-(z/v)-2*(n-1)*T)).*heaviside(t-(z/v)-2*(n-1)*T);
    V1_minus = V1_minus + (gama_L)^(n)*gama_G^(n-1)*Coeff*sin(w*(t+(z/v)-2*n*T)).*heaviside((t+(z/v)-2*n*T));
    v1 = V1_plus +V1_minus;

end

Vz = V_in*cos(beta*z)-1i*Zc*I_in*sin(beta*z);
Vzt = real(Vz.*exp(1i*w*t));
figure(4);
hold on
fplot(v1,[0 1]);
fplot(Vzt,[0,1]);
xlabel('z[m]');
ylabel('V(z, 8T) [V]');
title('The voltage V(z,t=8T) as a function of z, RL = 10ohm');
legend('V- reverberation solution','V- steady state solution')
hold off

% V(z,t=10T)

V1_plus = 0;
V1_minus = 0;
t=10*T;

for n = 1:5

    V1_plus = V1_plus + (gama_L*gama_G)^(n-1)*Coeff*sin(w*(t-(z/v)-2*(n-1)*T)).*heaviside(t-(z/v)-2*(n-1)*T);
    V1_minus = V1_minus + (gama_L)^(n)*gama_G^(n-1)*Coeff*sin(w*(t+(z/v)-2*n*T)).*heaviside((t+(z/v)-2*n*T));
    v1 = V1_plus +V1_minus;

end

Vz = V_in*cos(beta*z)-1i*Zc*I_in*sin(beta*z);
Vzt = real(Vz.*exp(1i*w*t));
figure(5);
hold on
fplot(v1,[0 1]);
fplot(Vzt,[0,1]);
xlabel('z[m]');
ylabel('V(z, 10T) [V]');
title('The voltage V(z,t=10T) as a function of z, RL = 10ohm');
legend('V- reverberation solution','V- steady state solution')
hold off

```

