



מבוא לבקרה (034040)

גליון תרגילי בית מס' 1

שאלה מס' 1

נתונות פונקציות התמסורת הבאות:

1. $G_1(s) = \frac{3}{2s+1}$

2. $G_2(s) = \frac{3}{2s-1}$

3. $G_3(s) = \frac{10(s+1)}{s+10}$

4. $G_4(s) = \frac{s+10}{s+1}$

5. $G_5(s) = \frac{2}{s^3+0.2s^2+4s}$

6. $G_6(s) = \frac{9(s-1)}{s^2+6s+9}$

עבור כל אחת מפה"ת:

א. ציירו גרף בודה אסימפטוטי.

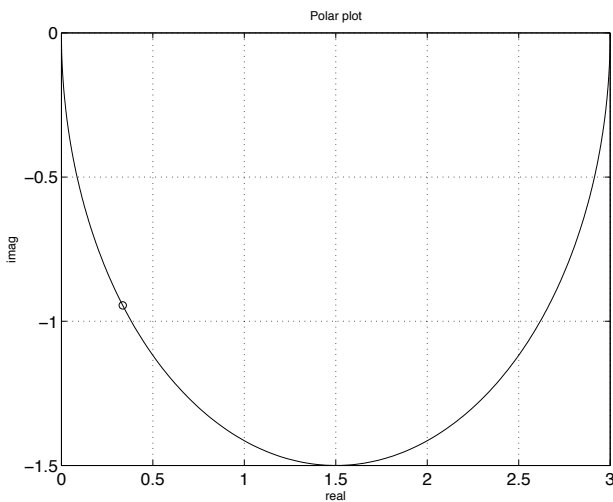
ב. ציירו (איכותית) גרף פולרי.

ג. ציינו על עקומי הבודה ועל העקומים הפולריים בהן $|G(j\omega)| = 1$ ו- $\angle G(j\omega) = -180^\circ$ (אם קיימות).

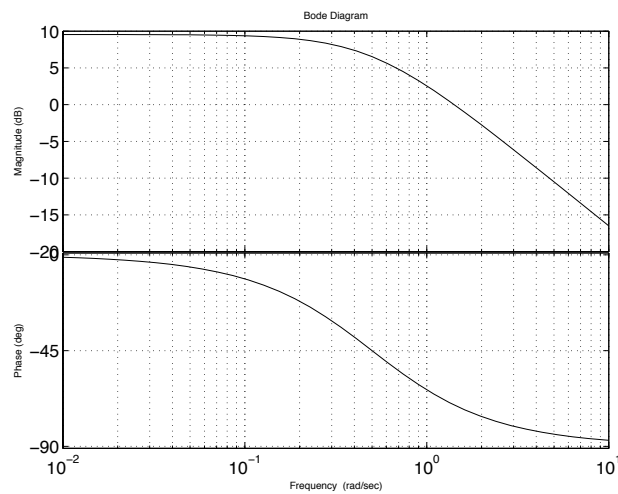
ד. השוו את התוצאות שקיבלתם עם הגרפים המתקבלים בתוכנת MATLAB (`nyquist(P)`, `bode(P)`)

פתרון לשאלה מס' 1

מטרת השאלה היא חזרה על חומר שנלמד בקורס "מערכות לינאריות". הסברים מפורטים נמצאים בחוברת של ז. פלמור "מערכות לינאריות", פרק 9.2. השוו את התשובות שקיבלתם עם ציורים 1-6.

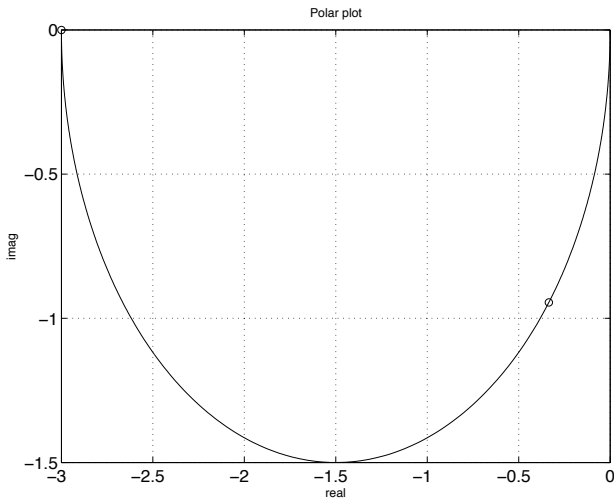


(ב) עקום פולרי. נקודות מסומנות: $|G_1(1.41)| = 1$

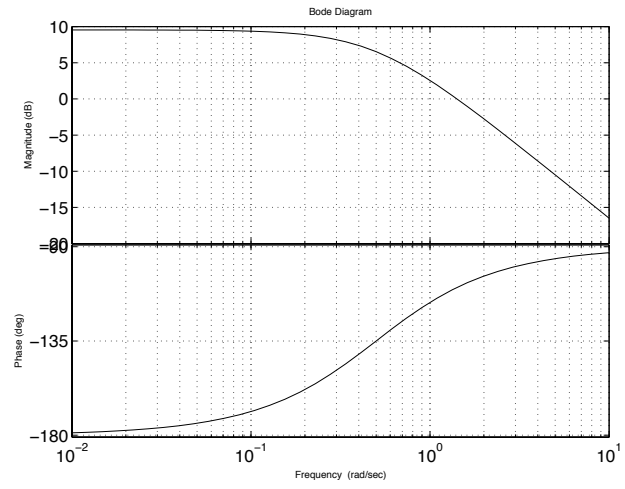


(א) עקום בודה

ציור 1: עקום פולרי ועקום בודה של $G_1 = \frac{3}{2s+1}$

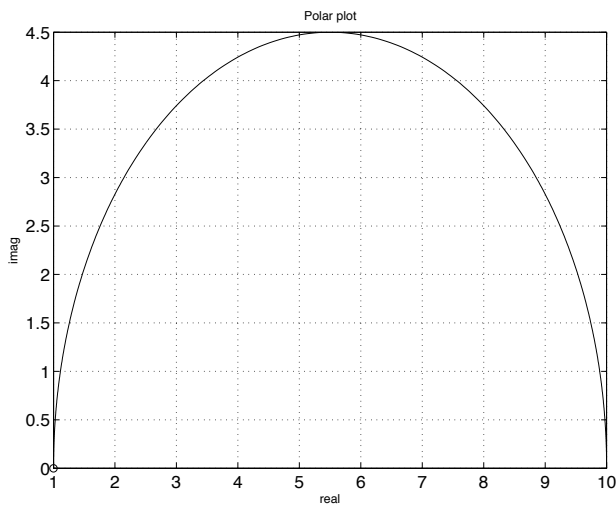


(ב) עקום פולרי. נקודות מסומנות: $|G_2(1.41)| = 1$

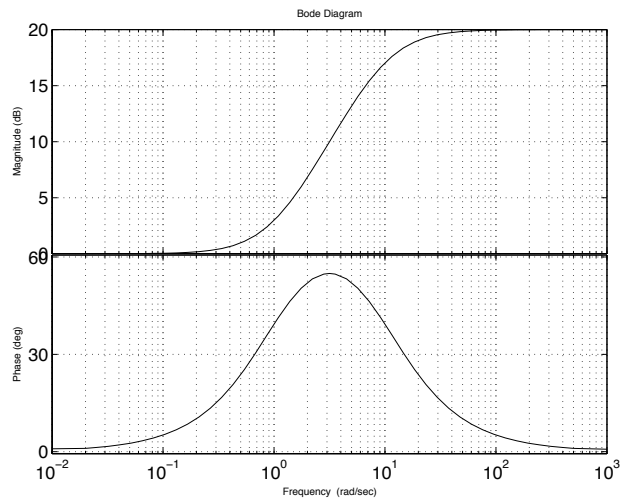


(א) עקום בודה

ציור 2: עקום פולרי ועקום בודה של $G_2 = \frac{3}{2s-1}$

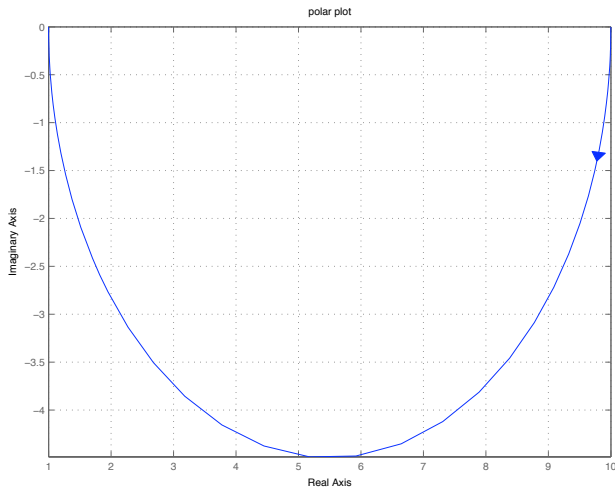


(ב) עקום פולרי. נקודות מסומנות: $|G_3(0)| = 1$

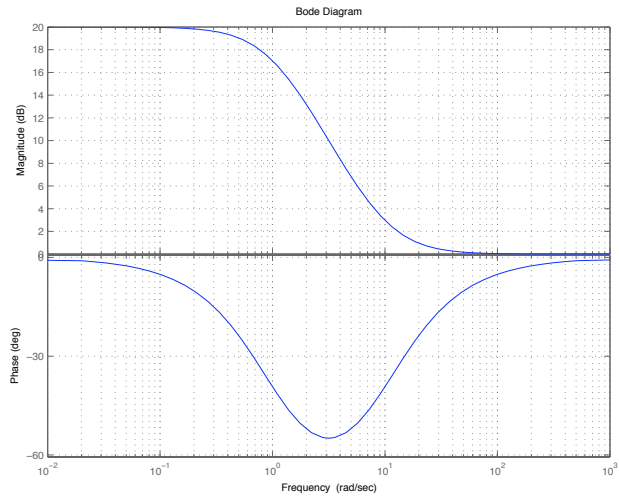


(א) עקום בודה

ציור 3: עקום פולרי ועקום בודה של $G_3 = \frac{10(s+1)}{(s+10)}$

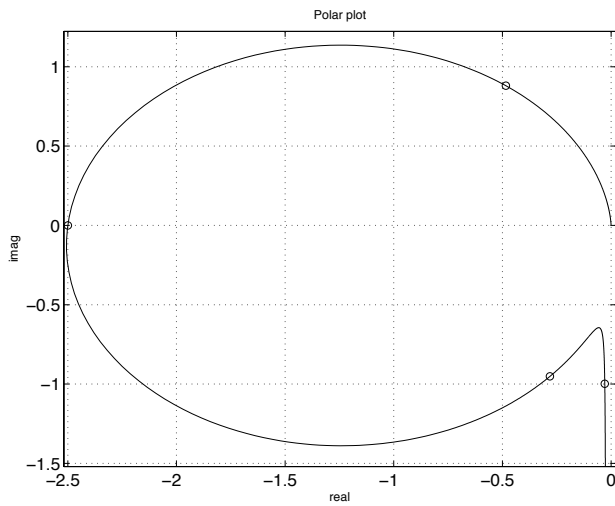


(ב) עקום פולרי. נקודות מסומנות: $|G_4(0)| = 10$

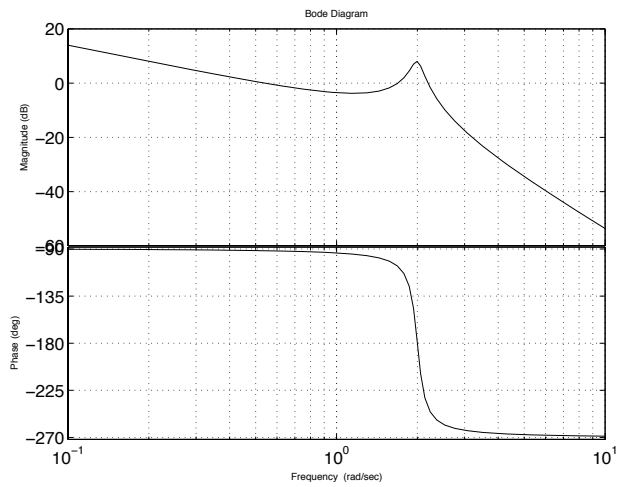


(א) עקום בודה

ציור 4: עקום פולרי ועקום בודה של $G_4 = \frac{s+10}{s+1}$.

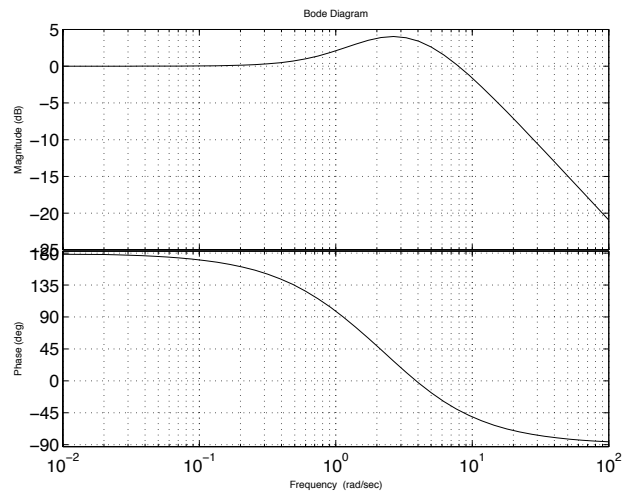
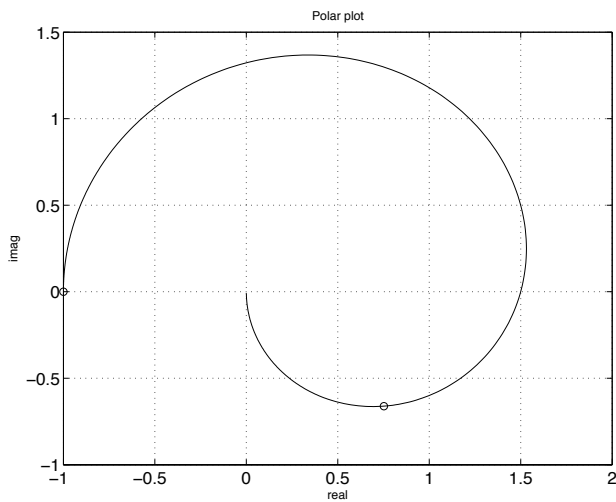


(ב) עקום פולרי. נקודות מסומנות: $\angle(G_5(2)) = -180^\circ$
 $|G_5(0.58, 1.69, 2.19)| = 1$



(א) עקום בודה

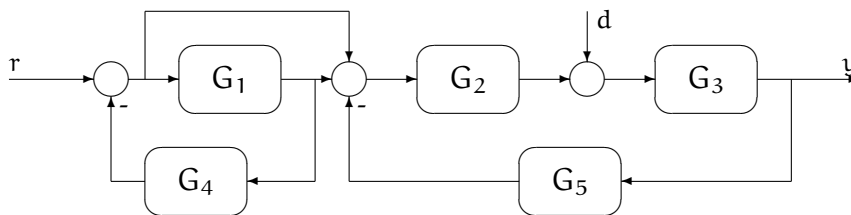
ציור 5: עקום פולרי ועקום בודה של $G_5 = \frac{2}{s^3 + 0.2s^2 + 4s}$



(א) עקום בודה

(ב) עקום פולרי. נקודות מסומנות: $\angle(G_6(0)) = -180^\circ$
 $|G_6(0, 7.92)| = 1$

ציור 6: עקום פולרי ועקום בודה של $G_6 = \frac{9(s-1)}{s^2+6s+9}$



ציור 7: דיאגרמת הבלוקים לשאלה מס' 2

שאלה מס' 2

נתונה דיאגרמת הבלוקים שבציור 7. מצאו את הקשרים הבאים: $\frac{e}{r}$, $\frac{y}{d}$, $\frac{y}{r}$ כאשר $e = r - y$.

פתרון לשאלה מס' 2

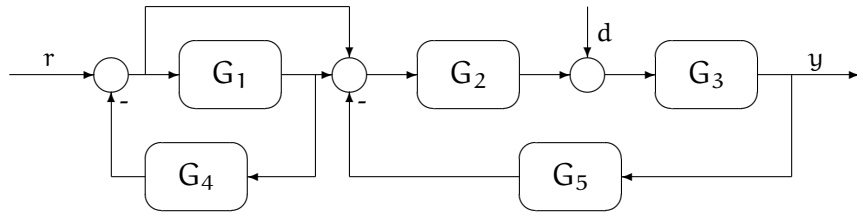
תהליך הפתרון של השאלה נתון בציור מס' 8.

$$\frac{y}{d} = \frac{G_3}{1+G_2G_3G_5} \bullet$$

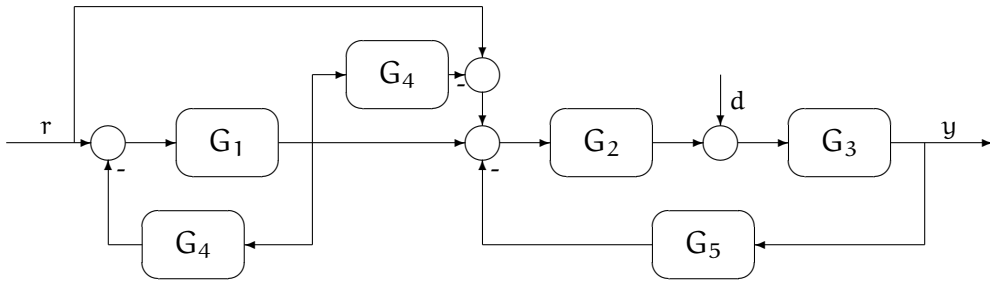
$$\frac{e}{d} = \frac{-G_3}{1+G_2G_3G_5} \bullet$$

$$\frac{y}{r} = \frac{1+G_1G_4+G_1-G_1G_4}{1+G_1G_4} \cdot \frac{G_2G_3}{1+G_2G_3G_5} = \frac{(1+G_1)G_2G_3}{1+G_1G_4+G_2G_3G_5+G_1G_2G_3G_4G_5} \bullet$$

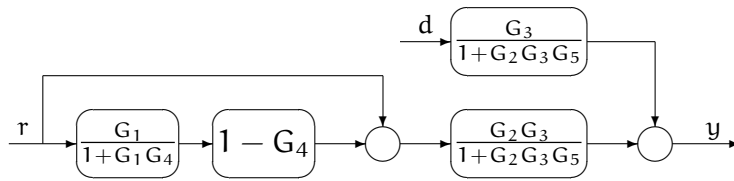
$$\frac{e}{r} = 1 - \frac{y}{r} \bullet$$



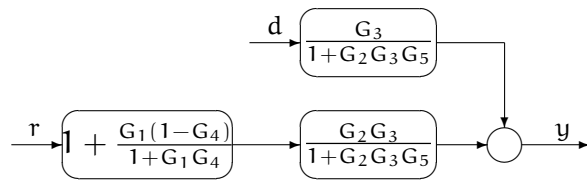
(א)



(ב)

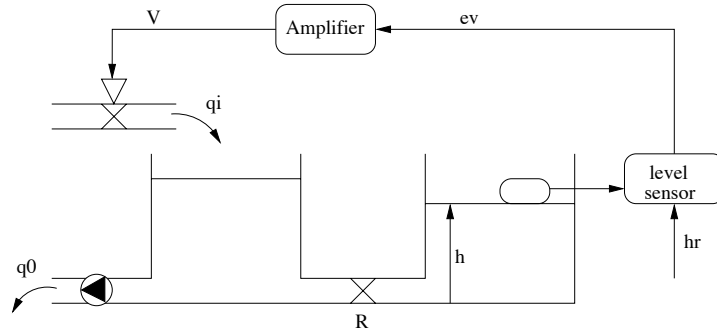


(ג)



(ד)

ציור 8: שלבי הפתרון של שאלה מס' 2.



ציור 9: מערכת המיכלים

שאלה מס' 3

בציור 9 מתוארת מערכת לבקרת מפלס המים. הגובה $h(t)$ במיכל הימני נמדד ע"י מד מפלס ומושווה לערך הרצוי $h_r(t)$. השגיאה מתורגמת למתח $e_v(t)$ הפרופורציונלי לשגיאה במפלס המים, כלומר $e_v(t) = K_r(h_r(t) - h(t))$. המתח $e_v(t)$ מוגבר ע"י מגבר בעל קבוע K ומתקבל המתח $V(t)$ המפעיל את השסתום. ניתן להניח כי הקשר בין $V(t)$ לספיקה $q_i(t)$ הוא ליניארי ונתון ע"י המיכלים היא ליניארית וערכה R . שטח החתך של כל אחד מהמיכלים הוא A .

א. ציירו דיאגרמת בלוקים המתארת את המערכת.

ב. מצאו את פונקציות התמסורת הבאות: $\frac{h(s)}{q_0(s)}$, $\frac{h(s)}{h_r(s)}$

פתרון לשאלה מס' 3

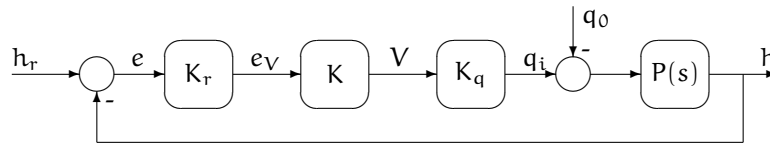
א. נסכם את המשוואות:

$$\begin{aligned} e_v(t) &= K_r(h_r(t) - h(t)) \\ V &= Ke_v \\ q_i &= K_q V \\ h &= P(s)(q_0 - q_i) \end{aligned}$$

על מנת למצוא את $P(s)$ נסמן ב- h_L את גובה המים במיכל השמאלי. נקבל:

$$\begin{cases} q_i - q_0 - \frac{h_L - h}{R} = \dot{h}_L A \\ \frac{h_L - h}{R} = \dot{h} A \end{cases} \Rightarrow \frac{h}{q_i - q_0} = \frac{1}{As(RAs+2)} = P(s)$$

דיאגרמת הבלוקים של המערכת מתוארת בציור 10.



ציור 10: דיאגרמת הבלוקים

ב.

$$\begin{aligned} \frac{h(s)}{h_r(s)} &= \frac{K_r K K_q P}{1 + K_r K K_q P} = \frac{K_r K K_q}{RA^2 s^2 + 2As + K_r K K_q} \\ \frac{h(s)}{q_0(s)} &= \frac{P}{1 + K_r K K_q P} = \frac{-1}{RA^2 s^2 + 2As + K_r K K_q} \end{aligned}$$