

## תרגילים

## תרגיל 1

$$GH_{(s)} = \frac{k}{s^2(s+40)} \quad \text{נתונה הפונקציה:}$$

- א. שרטט עקום ניקויסט של המערכת והראה כי המערכת אינה יציבה לפי הגרף.  
 ב. הוסיפו למערכת משוב  $(s+4)$  הראה לפי ניקויסט שהמערכת יציבה.  
 ג. הוסיפו רשת תיקון הבאה למערכת  $GH$  (ללא המשוב של סעיף ב)

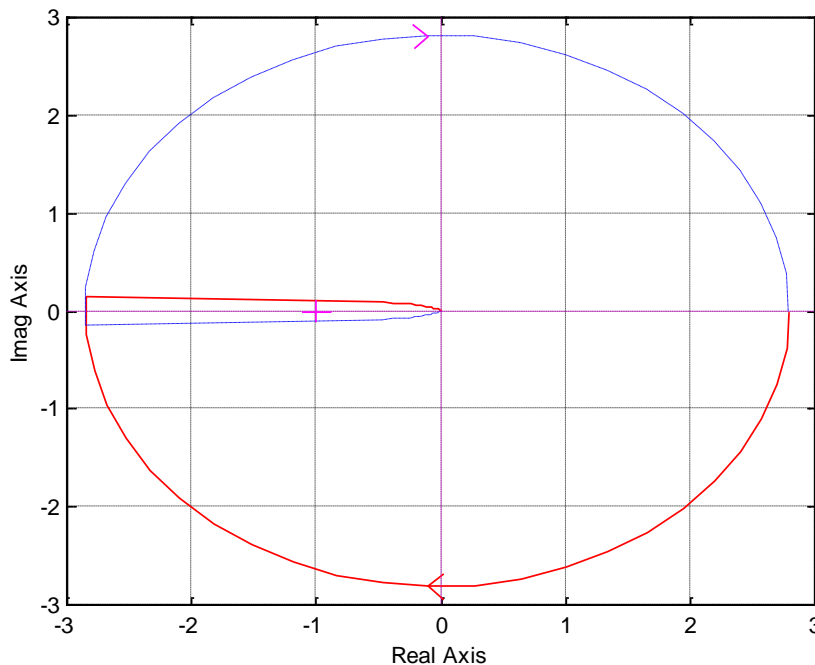
$$G_c = \frac{s+4}{s+40}$$

בדוק לפי ראוט, תחום  $k$  שהמערכת יציבה לאחר התיקון.

## פתרון 1

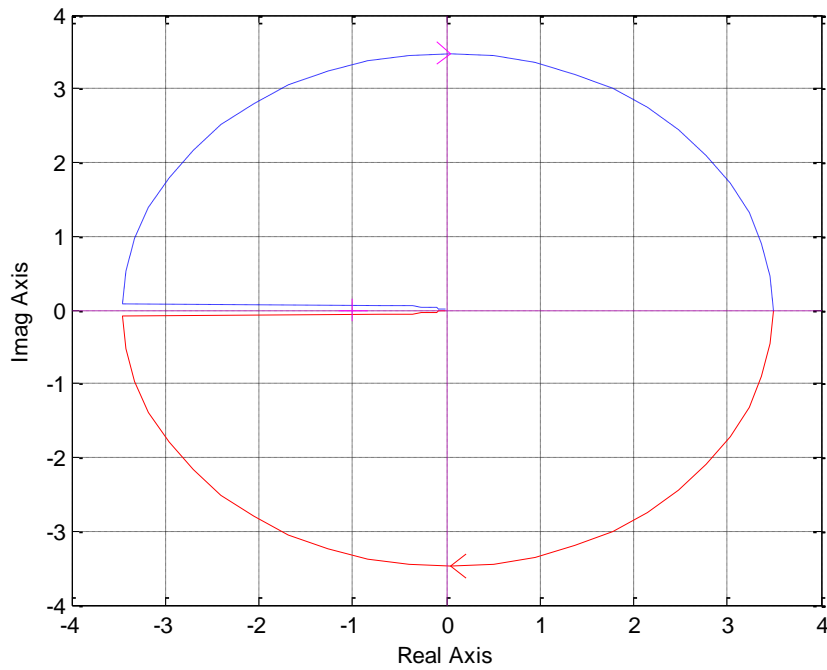
א.

$$GH_{(s)} = \frac{k}{s^2(s+4)}$$



עבור כל  $K$  המערכת אינה יציבה, מספר ההקפות  $N=-2$  (כולל מעגל אינסופי).

ב. מערכת יציבה, מספר ההקפות  $0 =$



ג. בדיקת יציבות לפי ראוט:

$$GH(s) = \frac{k}{s^2(s+40)} \cdot \frac{s+4}{s+40} \Rightarrow \frac{C}{R} = \frac{k(s+4)}{s^4 + 80s^3 + 1600s^2 + ks + 4k}$$

$$P(s) = s^4 + 80s^3 + 1600s^2 + ks + 4k$$

$$s^4 \quad 1 \quad 1600 \quad 4k \quad 0$$

$$s^3 \quad 80 \quad k \quad 0 \quad 0$$

$$s^2 \quad \frac{128000-k}{80} \quad 4k \quad 0$$

$$s^1 \quad a \quad 0$$

$$s^0 \quad 4k$$

$$\frac{128000-k}{80} > 0 \Rightarrow k < 128000$$

$$a = \frac{\frac{128000-k}{80} \cdot k - 320k}{\frac{128000-k}{80}} = \frac{102400k - k^2}{128000-k} \Rightarrow 0 < k < 102400$$

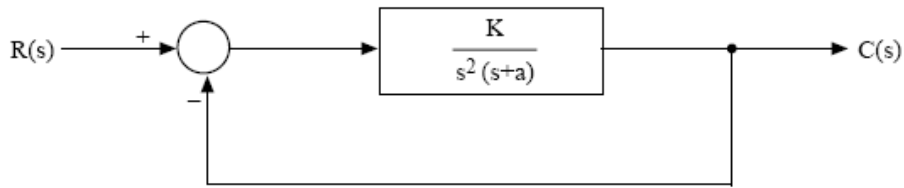
$$k > 0$$

מהתנאים הנ"ל נקבל יציבות :

$$0 < k < 102400$$

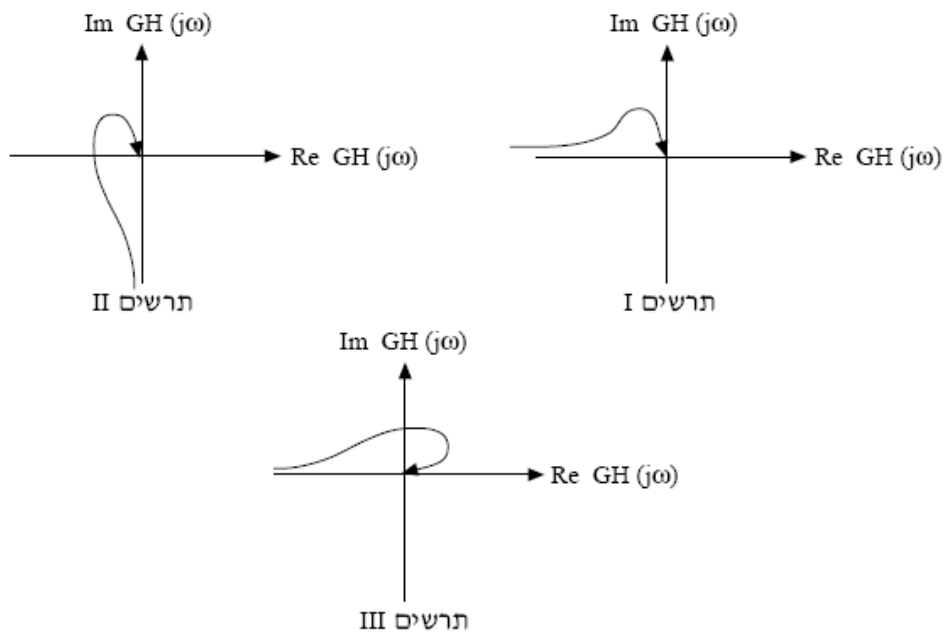
## תרגיל 2

באיור א' לשאלה 1 מתוארת מערכת בקרה עם משוב יחידה.



איור א' לשאלה 1

באיור ב' לשאלה 1 מופיעים שלושה תרשימים: I, II, III.



א. איזה מבין התרשימים שבאיור ב' הוא תיאור של המערכת הנתונה על-פי נייקוויסט? נמק את תשובתך.

ב. מוסיפים למערכת הנתונה באיור א' רשת תיקון לקידום מופע.

1. רשום את הביטוי של  $GH(s)$  עבור המערכת הכוללת את רשת התיקון.

2. סרטט את עקום נייקוויסט של המערכת עם רשת התיקון.

3. האם המערכת עם רשת התיקון יכולה להיות יציבה? אם כן – באילו תנאים? אם לא – נמק את תשובתך.

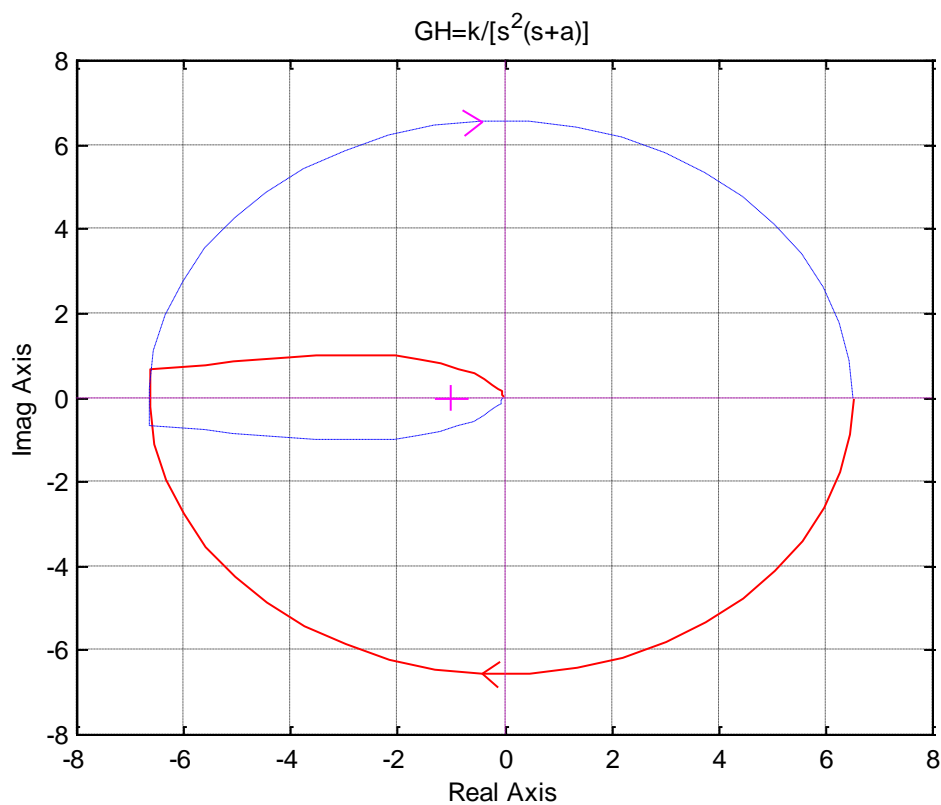
## פתרון 2

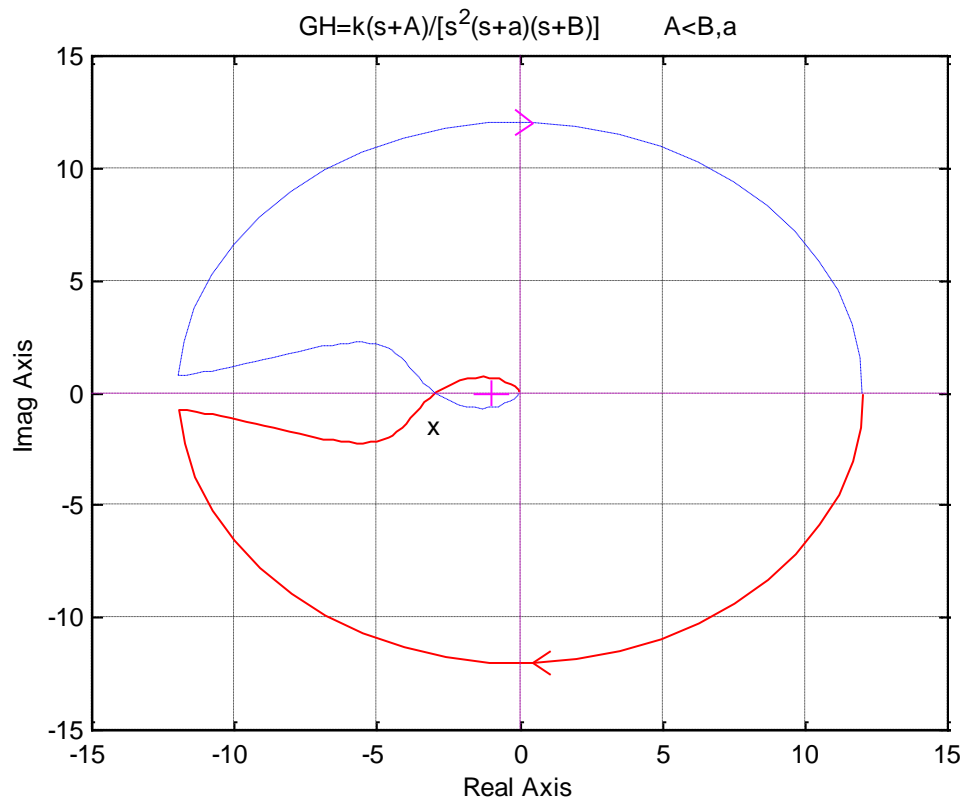
- א. תרשים 1 מתאר את המערכת הנתונה, כי הזווית משתנה בין  $-180$  ל-  $-270$  מעלות. קוטב בראשית כפול תורם  $-180$  מעלות וקוטב פשוט נוסף תורם בין  $0$  ל-  $-90$  מעלות.
- ב.

1. רשת קידום מופע  $G_c = \frac{s+A}{s+B}$  כאשר:  $A < B$

ביטוי של המערכת כולל רשת תיקון יהיה:  $GH_{(s)} = \frac{K(s+A)}{s^2(s+a)(s+B)}$

2. לפני תיקון

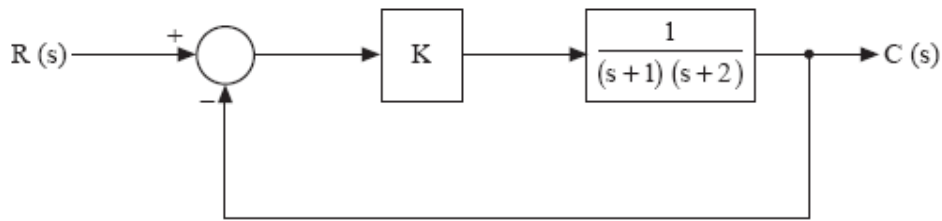




3. כדי שהמערכת תהיה יציבה צריך ש-  $A < a$  ולדאוג להגבר מתאים שנקודה  $x$  תהיה מימין לנקודה  $(-1)$  כדי לקבל  $0$  הקפות. אם  $N=P$  אז המערכת יציבה.

## תרגיל 3

באיור לשאלה 2 מתוארת מערכת בקרה עם משוּב יחידה.



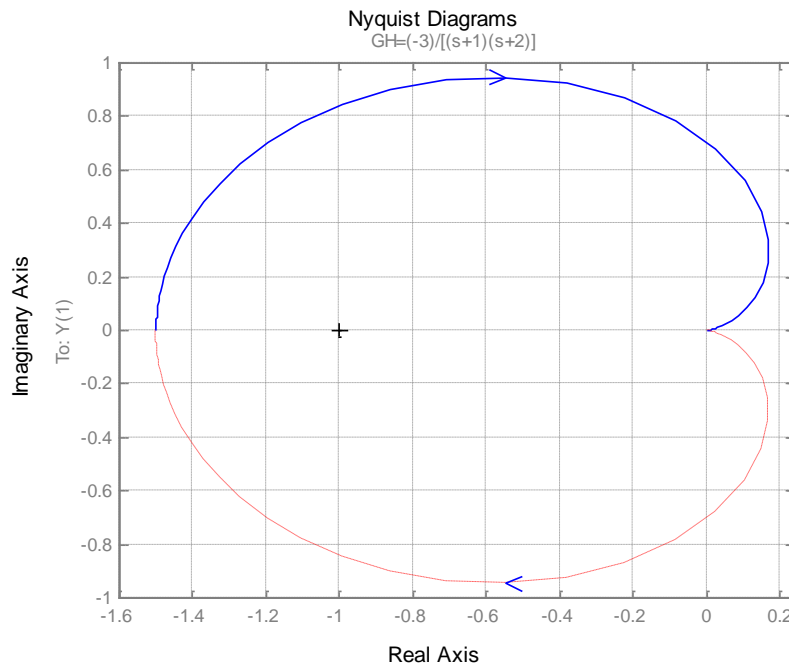
- א. אות מבוא, שעוצמתו 1 V ותדירותו 0 Hz, נמסר למערכת הבקרה, כאשר היא פועלת **בחוג פתוח**. כתוצאה מכך מתקבל במוצא המערכת אות שעוצמתו -1.5 V. היעזר בנתון זה, וחשב את ערכו של K.
- ב. סרטט את עקום נייקויסט של המערכת במישור  $GH(j\omega)$  עבור ערך ה-K שמצאת בסעיף א', והסבר מדוע המערכת אינה יציבה במקרה זה.
- ג. מצא את תחום ערכי K, שעבורו תהיה המערכת הנתונה יציבה.

## פתרון 3

א. עבור תדר  $\omega = 0$

$$s = 0 \Rightarrow GH = \frac{k}{1 \cdot 2} = \frac{-1.5}{1} = -1.5 \Rightarrow k = -3$$

ב.



לא יציב  $N = -1, P = 0 \Rightarrow N \neq P$

ג. לפי ראוט

$$P_{(s)} = s^2 + 2s + 2 + k$$

$$\begin{array}{r} s^2 \\ s^1 \\ s^0 \end{array} \begin{array}{r} 1 \\ 3 \\ 2+k \end{array} \begin{array}{r} 2+k \\ 0 \\ \end{array} \begin{array}{r} 0 \\ \\ \end{array} \Rightarrow 2+k > 0 \Rightarrow k > -2 \quad \text{מערכת יציבה עבור:}$$

#### תרגיל 4

נתונה מערכת עם משוב יחידה

$$G_{(j\omega)} = \frac{100(1+30s)}{(s)^2(1+5s)(1+10s)}$$

שרטט עקום ניקויסט ובדוק יציבות

#### פתרון 4

.א.

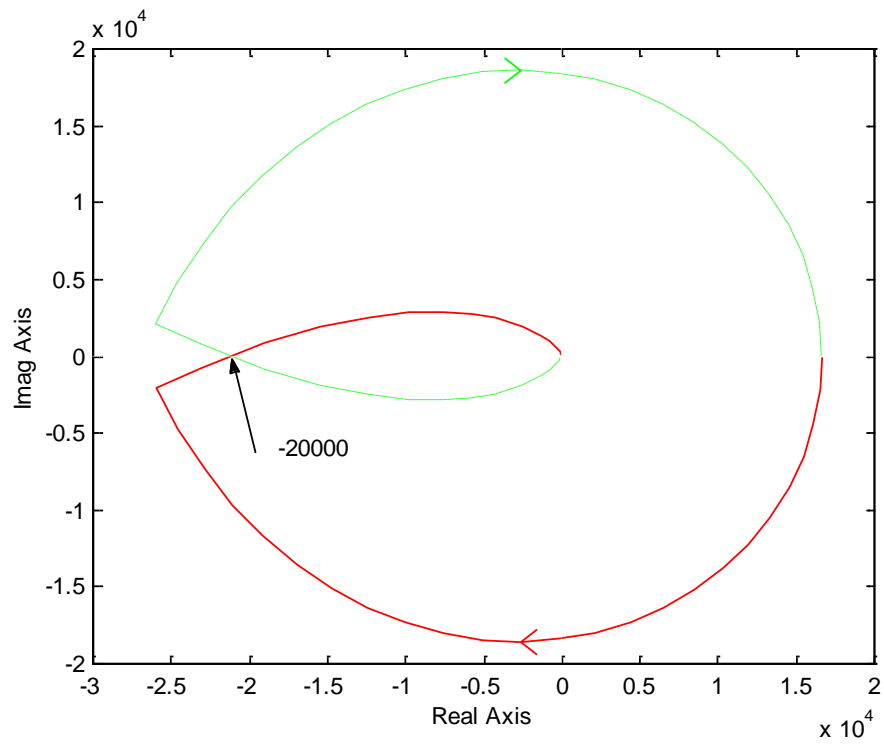
$$G_{(j\omega)} = \frac{100(1+j\omega 30)}{(j\omega)^2(1+j\omega 5)(1+j\omega 10)}$$

$$\theta_\omega = -180^\circ + \tan^{-1} 30\omega - \tan^{-1} 5\omega - \tan^{-1} 10\omega$$

$$|G| = \frac{100\sqrt{1+(30\omega)^2}}{\omega^2\sqrt{1+(5\omega)^2}\sqrt{1+(10\omega)^2}}$$

$\omega$	0	0.01	0.05	0.08	$\omega_\pi = 0.1$	0.2	1	10	$\infty$
$\theta$	-180	-172	-164	-173	<b>-180</b>	-208	-255	-269	-270
GH	$\infty$	$1.04 \cdot 10^6$	62572	29453	<b>20000</b>	4809	59	0.06	





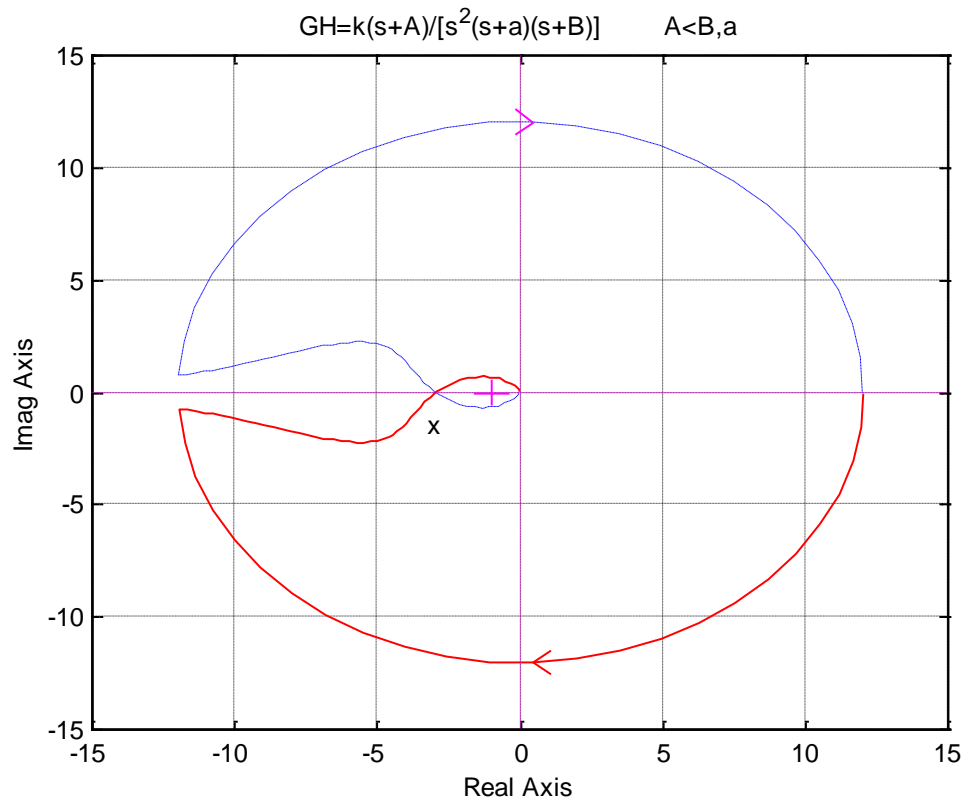
ב. תדר בו הגרף חותך את הציר הממשי הוא:  $\omega_\pi = 0.1 \frac{rad}{sec}$

ג. מספר ההקפות :  $N=-2$

$P=0$

לכן המערכת לא יציבה  $N \neq P$

## תרגיל 5



נתון  $k=1$ ,  $x=-3$  והמעגל החיצוני הוא אינסופי.

- א. בדוק יציבות עבור  $k=1$ .
- ב. מצא תחום  $k$  שהמערכת יציבה (חיובי ושליילי).

## תרגיל 6

פונקצית התמסורת בחוג פתוח של מערכת בקרה הפועלת בחוג סגור הנה:

$$GH_{(s)} = \frac{16}{(s+2)^3}$$

- א. שרטט עקום ניקויסט (סמן ערכים מספרים).
- ב. בדוק יציבות לפי השרטוט וחשב עודף מופע והגבר.
- ג. בדוק יציבות לפי ראוט.