GuyAI
מבית GOOL בגרויות

סוג הבחינה: בחינת גמר ממלכתית
מועד הבחינה: קיץ 2022 מועד ב'
סמל השאלון: 97112
שם התלמיד/ה: _____

מערכות בקרה, רכיבים ומתמירים

הנדסת אלקטרוניקה · הנדסאים וטכנאים

הוראות

א. משך הבחינה: ארבע שעות.

ב. מבנה השאלון ומפתח ההערכה: 17 שאלות בשאלון. השאלון מחולק לשני חלקים. חלק א' - שאלות סגורות. יש לענות על שמונה שאלות בלבד, מתוך השאלות 1-11. ערך כל שאלה חמש נקודות, סה"כ 40 נקודות. חלק ב' - שאלות פתוחות. יש לענות על ארבע שאלות בלבד, מתוך השאלות 12-17. ערך כל שאלה 15 נקודות, סה"כ 60 נקודות. סה"כ: 100 נקודות.

ג. חומר עזר מותר בשימוש: מחשבון (אין להשתמש במחשב כף יד או במחשבון עם תקשורת חיצונית). דפי נוסחאות יצורפו לשאלון הבחינה.

ד. הוראות מיוחדות: פתרונות לתרגילי חישוב יש להציג בסדר הזה: הסבר מילולי של פעולת החישוב, כתיבת הנוסחה המתאימה, הצבה (כל הערכים ביחידות המתאימות), כתיבת התוצאה עד שלוש ספרות משמעותיות אחרי הנקודה העשרונית, בציון יחידות המידה המתאימות ושימוש בכופלים הנדסיים או חזקות של 10. הוראות כלליות: 1. יש לקרוא בעיון את ההנחיות בדף השער ואת כל שאלות הבחינה ולוודא שהן מובנות. 2. יש להשאיר את העמוד הראשון במחברת הבחינה ריק. בסיום המבחן יש לרשום בעמוד זה את מספרי התשובות לבדיקה. התשובות תבדקנה לפי סדר כתיבתן בעמוד זה. לא תבדקנה תשובות עודפות. 3. יש לכתוב את התשובות בעט בלבד, בכתב יד ברור. אין להשתמש בנוזל תיקון. 4. יש להתחיל כל תשובה בעמוד חדש ולציין את מספר השאלה ואת הסעיף. אין צורך להעתיק את השאלה עצמה. אין למספר את עמודי מחברת הבחינה. 5. טיוטה יש לכתוב במחברת הבחינה בלבד. יש לרשום את המילה "טיוטה" בראש העמוד ולהעביר קו על הכתוב כדי שלא ייבדק. 6. יש להציג פתרון מלא ומנומק, כולל חישובים לפי הצורך. הצגת תשובה סופית ללא שלבי הפתרון לא תזכה בניקוד. 7. אם לדעתכם חסר נתון בשאלה, יש לציין זאת ולהוסיף נתון שיאפשר להמשיך בפתרון השאלה, נמקו את בחירתכם.

השאלות בשאלון זה מנוסחות בלשון רבים, אף על פי כן על כל תלמידה וכל תלמיד להשיב עליהן באופן אישי.

בהצלחה!

השאלות

1. נתונה פונקציית תמסורת $G(s)$ של מערכת בקרה מסוימת.

$$G(s) = \frac{15}{s^2 + 13 \cdot s + 8}$$

התדירות הטבעית ω_n ומקדם הריסון ξ של פונקציה זו הם:

א. $\omega_n = 2.83 \left[\frac{Rad}{sec}\right]$; $\xi = 2.299$

ב. $\omega_n = 3.41 \left[\frac{Rad}{sec}\right]$; $\xi = 1.299$

ג. $\omega_n = 0.81 \left[\frac{Rad}{sec}\right]$; $\xi = 2.645$

ד. $\omega_n = 1.45 \left[\frac{Rad}{sec}\right]$; $\xi = 3.299$

2. התמרת לפלס ההפוכה של הפונקציה $G(s) = \frac{3}{s^2+3 \cdot s}$.

א. $g(t) = e^{-3t} \cdot u(t)$

ב. $g(t) = u(t) - e^{-3 \cdot t}$

ג. $g(t) = e^{-3t} \cdot \sin 3t$

ד. $g(t) = u(t) \cdot \cos 3t$

3. פונקציית התמסורת של מערכת בקרה מסוימת היא $G(s) = \frac{23}{S^2+14 \cdot S+37}$.

לפונקציה זו מסרו בכניסה אות מדרגת יחידה.

במצב המתמיד ערכה של פונקציה זו הוא:

א. $g(t) = 0.916$

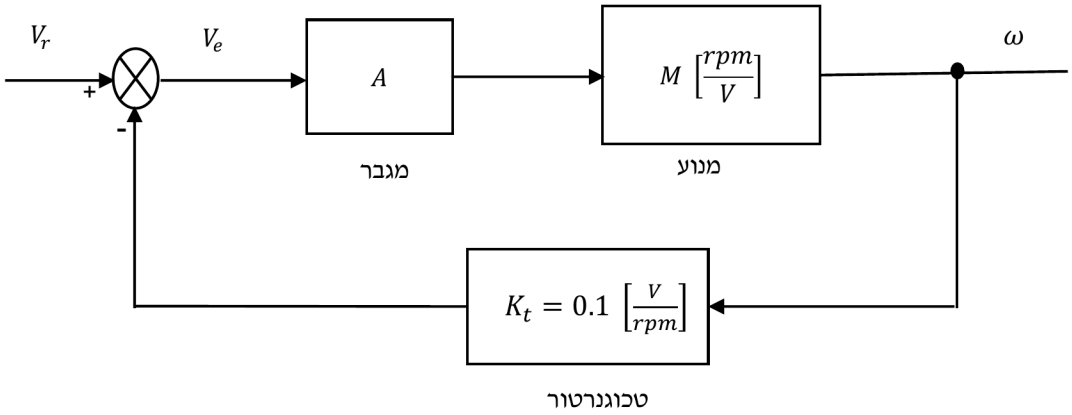
ב. $g(t) = 1.345$

ג. $g(t) = 1.128$

ד. $g(t) = 0.622$

4. באיור לשאלה 4 מוצגת סכמת מלבנים של מערכת בקרת מהירות סיבוב מנוע.

נתון: $V_r = 20\,[V]$.



אם מהירות סיבוב המנוע $\omega = 120\,\text{rpm}$ **, מהי שגיאת המערכת?**

א. $V_e = 9\,V$.

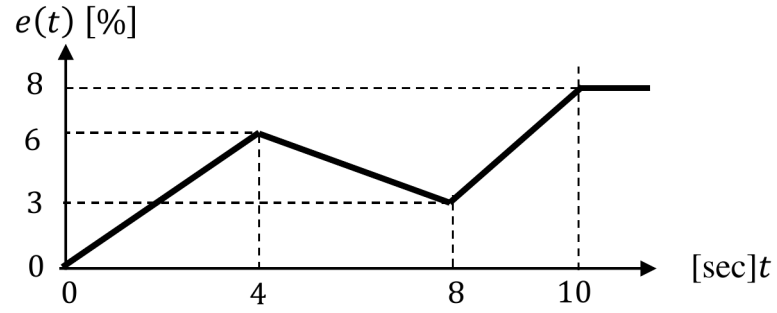
ב. $V_e = 4\,V$.

ג. $V_e = 8\,V$.

ד. $V_e = 2\,V$.

5. באיור לשאלה 5 מתואר אות שגיאה במבוא בקר מסוג P **בעל הנתונים הבאים:**

תפוקת הבקר כשהשגיאה שווה לאפס- $P_0 = 12\%$ **, קבוע הבקר:** $K_P = 3$.



תגובת הבקר לאות המתואר באיור בזמן $t = 8\,sec$ **היא:**

א. $p(t=8) = 30\,\%$

ב. $p(t=8) = 24\,\%$

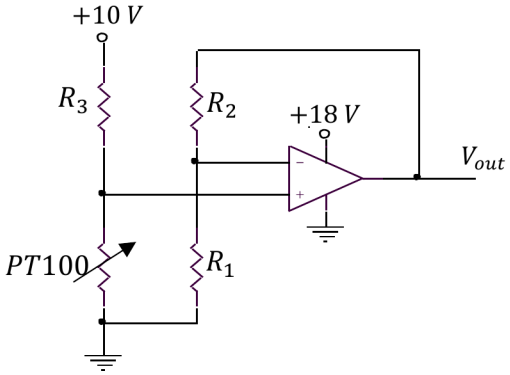
ג. $p(t=8) = 34\,\%$

ד. $p(t=8) = 28\,\%$

נכתב ונבדק על ידי צוותי GOOL בגרויות ו-GuyAI · www.guyai.co.il

6. באיור לשאלה 6 מוצג מעגל אלקטרוני למדידת טמפרטורה באמצעות חיישן $PT100$ עם מקדם אלפא $\alpha = 0.00385\,[1/^\circ\mathrm{C}]$. המעגל כולל מגבר שרת אידאלי, חיישן $PT100$ ושלושה נגדים.

התנגדות החיישן PT100 בטמפרטורה $0\,^\circ\mathrm{C}$ היא $100\,\Omega$. **נתון:** $R_1 = 20\,k\Omega$, $R_2 = 20\,k\Omega$, $R_3 = 150\,\Omega$.



מתח המוצא V_{out} בטמפרטורה של $T = 129.87\,^\circ\mathrm{C}$ הוא:

א. $V_{out} = 18\,V$

ב. $V_{out} = 7.5\,V$

ג. $V_{out} = 10\,V$

ד. $V_{out} = 5\,V$

7. נדרש להזרים שמן בספיקה של $Q = 13\left[\frac{gallon}{min}\right]$ במפל לחץ של $\Delta P = 12.3\,[PSI]$ דרך שסתום בקרה.

המשקל הסגולי ($specific\ gravity$) של השמן $s.g. = 0.78\left[\frac{gr}{cm^3}\right]$.

ה- C_v של שסתום בקרה הוא:

א. $C_v = 1.98$

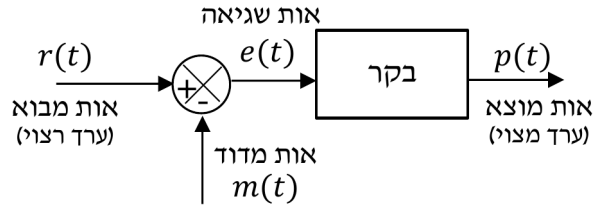
ב. $C_v = 4.05$

ג. $C_v = 3.27$

ד. $C_v = 2.51$

8. באיור לשאלה 8 מוצג תרשים מלבנים של בקר מהירות רכב. **נתון:** הערך המרבי - $r_{max} = 155\left[\frac{km}{h}\right]$.

הערך המזערי - $r_{min} = 20\left[\frac{km}{h}\right]$. הערך הרצוי - $r(t) = 100\left[\frac{km}{h}\right]$.



נכתב ונבדק על ידי צוותי GOOL בגרויות ו-GuyAI · www.guyai.co.il

בעבור הערך בפועל (המהירות הנמדדת) של $m(t) = 95.5\left[\frac{km}{h}\right]$ שגיאת הבקר היא:

א. $e(\%) = 3.33\,\%$

ב. $e(\%) = 2.78\,\%$

ג. $e(\%) = 4.12\,\%$

ד. $e(\%) = 6.56\,\%$

9. היסטרזיס - $Hysteresis$ של מערכת מדידה מוגדר כ:

א. היחס שבין השינוי שחל באות המוצא של מתמר לעומת אות המבוא שגרם אותו.

ב. תגובת מערכת שאיננה תלויה רק בעירור ובמצב הסביבה אלא גם במצב הקודם (ה"היסטורי") של המערכת.

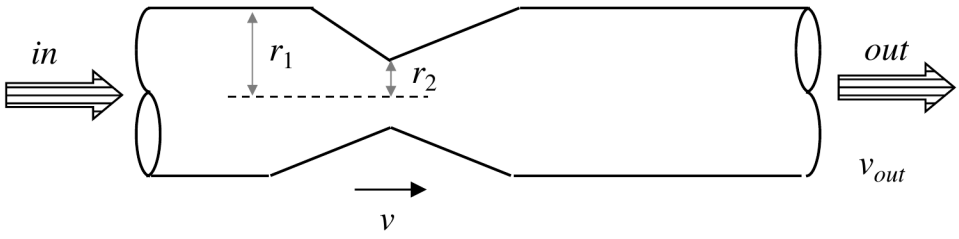
ג. מידת הקירבה של הערך הנמדד של הערך שנחשב לאמיתי.

ד. ההפרש המזערי בין שני ערכי מדידה סמוכים שמכשיר המדידה מסוגל להבחין ביניהם.

10. באיור לשאלה 10 מוצג צינור עם הצרה (צינור ונטורי) לספיקת נפט. רדיוס החתך של הצינור בחלקו הרחב $r_1 = 13\,cm$, ובחלקו הצר - $r_2 = 6.4\,cm$.

נתון: מהירות הנפט בחלקו הצר של הצינור $v = 3.4\left[\frac{m}{sec}\right]$.

חיכוך המים בצינור זניח.



מהירות ספיקת הנפט ביציאה מהצינור v_{out} היא:

א. $v_{out} = 3.400\left[\frac{m}{sec}\right]$

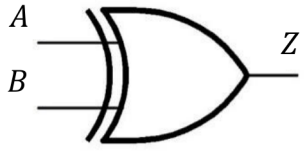
ב. $v_{out} = 1.324\left[\frac{m}{sec}\right]$

ג. $v_{out} = 0.824\left[\frac{m}{sec}\right]$

ד. $v_{out} = 2.167\left[\frac{m}{sec}\right]$

11. באיור לשאלה 11 מוצג סימון מעגל לוגי (רכיב לוגי) המשמש כפונקציה בתרשים זרימה של תהליך מסוים.

הסימון הוא על פי האגודה הבין-לאומית לאוטומציה - ISA .



נכתב ונבדק על ידי צוותי GOOL בגרויות ו-GuyAI · www.guyai.co.il

סימון המעגל הלוגי מתאר פונקציה של:

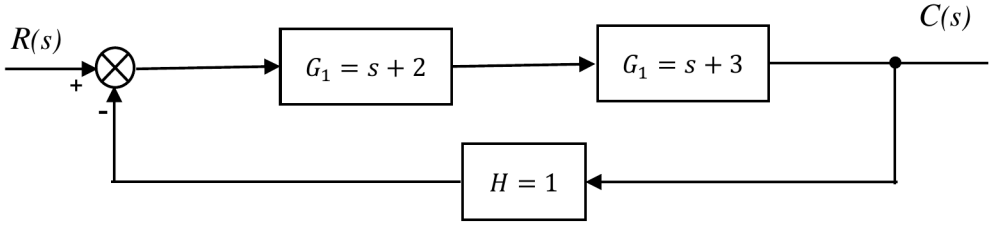
א. שער "או" OR

ב. שער "גם" AND

ג. שער "לא-או" NOR

ד. שער "eXclusive OR" XOR

12. באיור לשאלה 12 מוצגת סכמת מלבנים של מערכת בקרה מסוימת.



א. מהי פונקציית התמסורת של מערכת הבקרה? $G_f = \frac{C(s)}{R(s)}$.

(4 נקודות)

ב. מהו סדר מערכת הבקרה? נמקו את תשובתכם.

(3 נקודות)

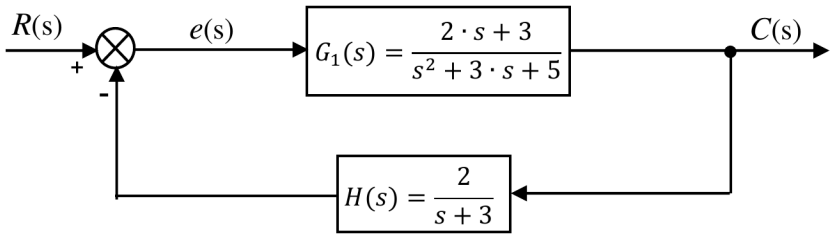
ג. מהי התדירות הטבעית ω_n של מערכת הבקרה?

(4 נקודות)

ד. מהו מקדם הריסון ξ של מערכת הבקרה?

(4 נקודות)

13. באיור לשאלה 13 מוצג תרשים מלבנים של מערכת בקרה מסוימת.



א. מהי פונקציית התמסורת של שגיאת המערכת $G(s) = \frac{e(s)}{R(s)}$?

(3 נקודות)

ב. מהו סוג המערכת? נמקו את תשובתכם.

(2 נקודות)

ג. מהם קבועי השגיאה של המערכת: K_p, K_v, K_a ?

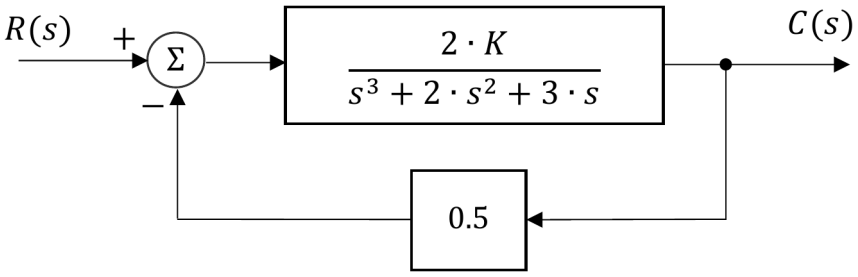
(6 נקודות)

נכתב ונבדק על ידי צוותי GOOL בגרויות ו-GuyAI · www.guyai.co.il

ד. מהי שגיאת המערכת e_{ss} במצב מתמיד, עבור כניסת מהירות: $r(t) = t \cdot u(t)$?

(4 נקודות)

14. **באיור לשאלה 14 מוצג תרשים מלבנים של מערכת בקרה.**



א. מהי פונקציית התמסורת של מערכת הבקרה $G_f(s) = \frac{C(s)}{R(s)}$?

(5 נקודות)

ב. מהי פונקציית התמסורת בחוג-פתוח $G_{open_loop}(s)$ של מערכת הבקרה הנתונה?

(3 נקודות)

ג. מהו תחום הערכים של K , שעבורו מערכת הבקרה תהיה יציבה, על פי הקריטריון של ראוט-הורביץ?

(7 נקודות)

נכתב ונבדק על ידי צוותי GOOL בגרויות ו-GuyAI · www.guyai.co.il

15. באיור לשאלה 15 מוצג מעגל חשמלי להפעלת מפעיל פנאומטי. המעגל בנוי מגשר של שלושה נגדים ופוטנציומטר R_T .

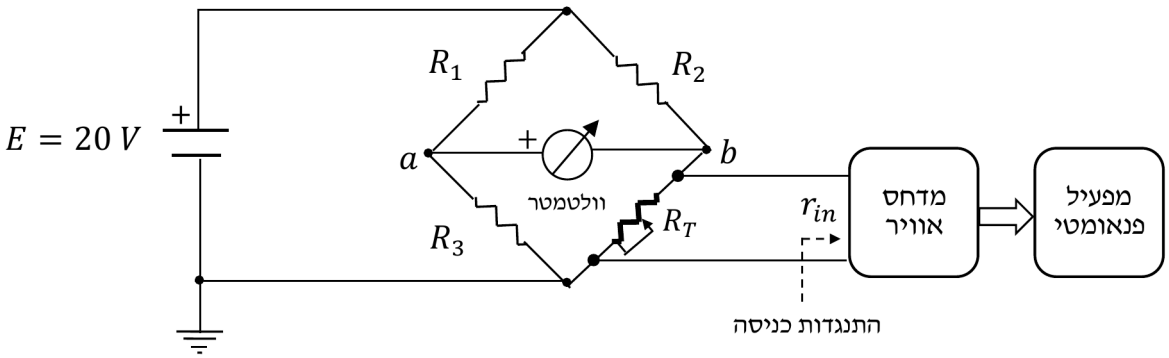
מתח הפוטנציומטר V_T קובע את לחץ האוויר במפעיל הפנאומטי.

מדחס האוויר מעביר את לחץ האוויר למפעיל הפנאומטי. ההתנגדות האומית של מבוא המדחס גדולה מאוד, $r_{in} \to \infty$. המתח V_{ab} מועבר למערכת ממוחשבת (אינה מוצגת באיור) המחשבת את לחץ האוויר במפעיל הפנאומטי.

נתון: $R_1 = R_2 = R_3 = R_T(max) = 20\,K\Omega$. לחץ האוויר שנוצר לינארי יחסית למתח על פני הפוטנציומטר.

כאשר המתח על הפוטנציומטר $V_{T1} = 6\,V$, לחץ האוויר במפעיל הפניאומטי בערך של- $P_1 = 6\,PSI$.

כאשר המתח על הפוטנציומטר $V_{T2} = 9\,V$, לחץ האוויר במפעיל הפניאומטי בערך של- $P_2 = 24\,PSI$.



א. מה שמו של גשר הנגדים במעגל החשמלי? הסבירו את פעולתו.

(3 נקודות)

ב. מהי הנוסחה המקשרת בין לחץ האוויר P במפעיל הפניאומטי בתלות מתח הפוטנציומטר V_T .

$P = f(V_T)$.

(4 נקודות)

ג. מהי קריאת הוולטמטר בעבור לחץ אוויר של $P = 12\,PSI$?

(4 נקודות)

ד. מה ערכו של הפוטנציומטר R_T בעבור לחץ אוויר של $P = 12\,PSI$?

(4 נקודות)

נכתב ונבדק על ידי צוותי GOOL בגרויות ו-GuyAI · www.guyai.co.il

16. באיור לשאלה 16 מוצגת מערכת הכוללת מכל אטום המכיל נפט אשר נלחץ באמצעות אוויר דחוס P_{air} .

גובה הנפט במכל הוא h . מכל הנפט פתוח לצינור הנמצא בתחתיתו והכולל ברז (שאינו מוצג באיור).

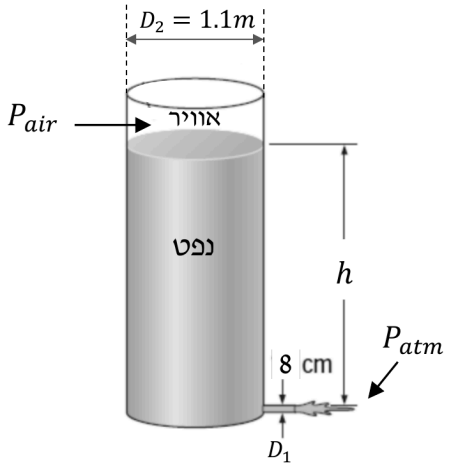
במצב התחלתי הברז סגור. קוטר הצינור $D_1 = 8\,cm$ והוא פתוח לאטמוספירה.

נתון: לחץ האוויר והלחץ האטמוספרי (בהתאמה): $P_{atm} = 110\,kPa$, $P_{air} = 270\,kPa$.

תאוצת הכובד $g = 981\,cm/sec^2$. קוטר המכל $D_2 = 1.1\,m$. צפיפות הנפט $\rho = 0.8\left[\frac{gr}{cm^3}\right]$.

גובה הנפט במכל $h = 1.2\,m$.

בפתרונכם הזניחו את חיכוך הנפט בדופן המכל ובדופן הצינור.



א. מהו נפח הנפט V_{oil} ? ומהו משקלו W_{oil} ?

(4 נקודות)

ב. פותחים את ברז הנפט לרווחה. מהי מהירות הנפט ההתחלתית $v_{initial}$ בצינור?

בפתרונכם היעזרו בנוסחה: $P_{air} + \rho \cdot g \cdot h = \frac{\rho \cdot (v_{initial})^2}{2} + P_{atm}$.

(6 נקודות)

ג. מהי ספיקת הנפט ההתחלתית $Q_{initial}$ בצינור?

(5 נקודות)

17. בקר יחסי פועל לפי המשוואה: $p(t) = k_p \cdot e(t) + p_0$

$p(t)$ - מוצא הבקר באחוזים.

$e(t)$ - שגיאת הבקר באחוזים.

לבקר זה הנתונים הבאים: $k_p = 5$ ו- $p_0 = 55$.

א. מה שמו באנגלית של הבקר הנתון וכיצד הוא פועל?

(3 נקודות)

נכתב ונבדק על ידי צוותי GOOL בגרויות ו-GuyAI · www.guyai.co.il

ב. על פי הנתונים הרשומים לעיל, סרטטו את אופיין הבקר הנתון: $p_t = f[e(t)]\ [\%]$.
ציינו ערכים מתאימים על הצירים.
(6 נקודות)

ג. מהו התחום היחסי ($Proportional\ Band$) של הבקר הנתון באחוזים ($P.B.[\%]$)?
סמנו תחום זה על אופיין הבקר שסרטטתם בסעיף ב'.
(3 נקודות)

ד. מהי שגיאת הבקר $e_t\ [\%]$ בעבור מוצא של $p_t = 70\%$.
(3 נקודות)

כל מבחני מה"ט עם פתרונות מלאים: www.guyai.co.il/mahat