GuyAI
מבית GOOL בגרויות

סוג הבחינה: בחינת גמר ממלכתית
מועד הבחינה: אביב 2026 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. איזו מהאמירות הבאות מתארת בצורה הטובה ביותר את תפקידו של משוב שלילי במערכות בקרה?

א. הוא מגביר את השגיאות בתהליך המבוקר.

ב. הוא מסייע בשמירה על יציבות המערכת על ידי הפחתת השפעות של שינויים חיצוניים.

ג. הוא מבצע התאמה רק כאשר יש עיכוב משמעותי בתגובה של המערכת.

ד. הוא משפר את הביצועים על ידי הגדלת התגובה של המערכת לשינויים.

(5 נקודות)

2. נתונה פונקציית התמסורת של מערכת בקרה מסוימת $G(s) = \frac{10}{s^2+3\cdot s+10}$. למערכת זו נתנו קלט $u(t) = 5$.

הפלט של מערכת הבקרה $y(t)$ על פי משפט הערך הסופי הוא:

א. 0.5

ב. 1

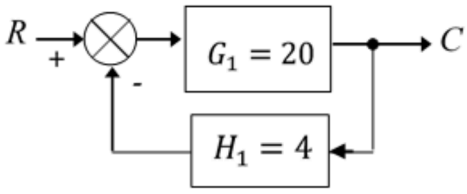
ג. 2

ד. 5

(5 נקודות)

3. באיור לשאלה 3 מוצגת סכמת מלבנים של מערכת בקרה בחוג סגור. על מנת להגדיל את הגבר המערכת $G_f(s) = \frac{C(s)}{R(s)}$ הגדילו את G_1 פי שניים והקטינו את H_1 פי שניים.

יחסית להגבר המערכת המקורי, הגבר המערכת החדש גדל פי:



א. $n = 2.0$

ב. $n = 4.0$

ג. $n = 1.8$

ד. ללא שינוי, כי הגדילו את G_1 פי שניים והקטינו את H_1 פי שניים.

(5 נקודות)

4. במערכת בעלת שני פיגורים לבקרה דו-מצבית, נתון שהפיגור הראשון T_1 הוא 2 שניות והפיגור השני T_2 הוא 3 שניות. במערכת זו נתנו פקודה לשינוי המצב שיהיה קבוע.

זמן התגובה הכולל של המערכת Settling Time במצב המתמיד הוא:

א. $ST = 2.5\,sec$

ב. $ST = 2.0\,sec$

ג. $ST = 5.0\,sec$

ד. $ST = 3.0\,sec$

(5 נקודות)

5. במערכת בקרה מותקן בקר יחסי Proportional Controler בזמן $t = 2\,sec$ אות מוצא הבקר $m(t) = 27\,\%$.

נתון: ההגבר היחסי של הבקר $k_p = 4$.

שגיאת הבקר קבועה $e(t) = 5\%$.

אות יציאת הבקר m_0 בזמן $t = 0$ הוא:

א. $m_0 = 7\,\%$

ב. $m_0 = 4\,\%$

ג. $m_0 = 5\,\%$

ד. $m_0 = 2\,\%$

(5 נקודות)

6. במערכת בקרה בחוג סגור, הערך הרצוי (Desired value) הוא $100\,V$. חיישן מדידה נמצא במסלול המשוב ובעל הגבר של $H = 0.95$. מערכת הבקרה הגיעה למצב מתמיד שבו המתח במוצא הוא $100\,V$.

שגיאת המדידה (ההפרש בין הערך הרצוי לערך הנמדד) היא:

א. $e = 105\,V$

ב. $e = 0\,V$

ג. $e = 5\,V$

ד. $e = 95\,V$

(5 נקודות)

7. שסתום בקרה בעל מקדם זרימה של $C_v = 15$ מותקן בקו מים. הפרש הלחצים על פני השסתום $\Delta P = 9\,psi$.

נתון: המים בטמפרטורת החדר ומשקלם הסגולי $G = 1$.

ספיקת המים דרך שסתום הבקרה היא:

א. $Q = 135\,GPM$

ב. $Q = 15\,GPM$

ג. $Q = 45\,GPM$

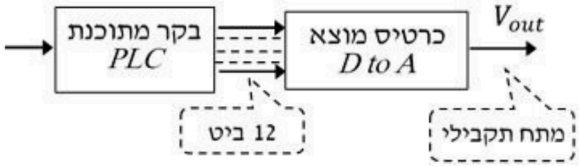
ד. $Q = 5\,GPM$

(5 נקודות)

8. באיור לשאלה 8 מוצג בקר מתוכנת PLC למדידת מהירות מנוע. לבקר המתוכנת יש כרטיס מוצא מסוג D/A .

הרזולוציה של יציאת הבקר היא 12 ביט. המתח התקבילי של כרטיס המוצא הוא בתחום $0 \div 10\,V$, בהתאמה לאות המבוא הספרתי. הבקר המתוכנת חישב שעל המנוע לעבוד ב- 60% ממהירותו המרבית.

ב- 60% ממהירותו המרבית של המנוע, המספר העשרוני n של האות הספרתי במבוא כרטיס המוצא ומתח המוצא V_{out} של הכרטיס הם:



א. $V_{out} = 5\,V \;,\; n = 2048$

ב. $V_{out} = 6\,V \;,\; n = 2457$

ג. $V_{out} = 6\,V \;,\; n = 1600$

ד. $V_{out} = 10V \;,\; n = 2457$

(5 נקודות)

9. מסת משקולת של $m = 150\,Kg$ נמדדת במתמר כוח (Load Cell) המותקן במערכת שקילה תעשייתית.

מדידת המשקל בפועל במתמר היא $m = 154\,Kg$.

שגיאת הכיול היחסית של מערכת השקילה ביחס לערך המדויק (True Value) היא:

א. 1.33%

ב. 2%

ג. 4%

ד. 2.66%

(5 נקודות)

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

10. מד לחץ (Manometer) בעל תחום מדידה (Scale) של $0 \div 200\,bar$, מודד לחץ אחיד הפועל על בוכנה ששטח החתך שלה $A = 1.59\,cm^2$. לחץ הבוכנה שנמדד הוא $154\,bar$.

הכוח F אשר הפעיל את הבוכנה הוא:

א. $F = 2508.5\,N$

ב. $F = 2448.6\,N$

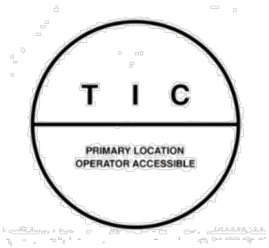
ג. $F = 2452.5\,N$

ד. $F = 2511.4\,N$

(5 נקודות)

11. באיור לשאלה 11 מוצג סימון מתוך שרטוט של מערכת בקרה המבוסס על תקן ISA. באיור מופיע עיגול ובתוכו האותיות TIC.

משמעות הסימון המופיע באיור היא:



א. מתמר זרם לטמפרטורה (Temperature-to-Current) המותקן בתוך ארון חשמל אחורי.

ב. בקר אינדיקטור לטמפרטורה (Temperature Indicator Controller) המותקן בלוח הבקרה הראשי.

ג. משדר טמפרטורה (Temperature Transmitter) המותקן פיזית בשטח (באתר).

ד. ברז בקרה לטמפרטורה (Temperature Control Valve) המופעל פנאומטית.

(5 נקודות)

12. נתונה מערכת בקרה בחוג סגור לבקרת מהירות של מנוע DC. הפונקציה המתארת את המנוע (התהליך) היא: $G(s) = \frac{10}{2 \cdot s + 1}$. המערכת פועלת עם משוב יחידה שלילי $H = 1$ ובקר בעל הגבר $K = 4$.

א. מהי פונקציית התמסורת של המערכת בחוג סגור $G_f(s) = \frac{C(s)}{R(s)}$?

(4 נקודות)

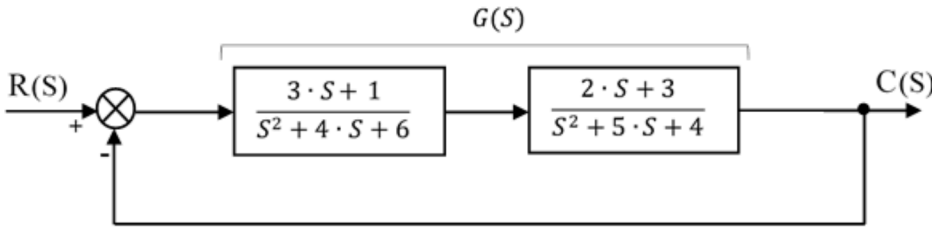
ב. מהו קבוע הזמן τ_1 של החוג הסגור?

(4 נקודות)

ג. אם נגדיל את הגבר הבקר ל- $K = 9$, כיצד ישתנה קבוע הזמן של המערכת? סמנו את קבוע הזמן החדש ב- τ_2 . הסבירו את הקשר בין הגבר המערכת לבין מהירות התגובה שלה.

(7 נקודות)

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



א. מהי פונקציית התמסורת: $G(s)\cdot H(s)$ בחוג הפתוח?

(3 נקודות)

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

(7 נקודות)

ג. מהי שגיאת המערכת e_{ss} במצב מתמיד, עבור כניסת מדרגת יחידה $r(t)=3\cdot u(t)$?

(5 נקודות)

14. נתונה מערכת בקרה אשר המשוואה האופינית שלה היא:

$P(s)=s^4+3\cdot s^3+2\cdot s^2+4\cdot s+K$.

נתון ש- K הוא פרמטר חיובי וממשי.

א. רשמו טבלת ראוט-הורוביץ עבור המשוואה האופינית של מערכת הבקרה.

(9 נקודות)

ב. חָשְׁבוּ את תחום הערכים של K שעבורו המערכת תהיה יציבה לפי קריטריון ראוט-הורוביץ.

(6 נקודות)

15. במערכת בקרה תעשייתית נעשה שימוש במתמר פניאומטי-חשמלי הממיר אות לחץ בטווח של $3\div 15\,psi$ לאות זרם תְקני בטווח של $4\div 20\,mA$. המתמר נחשב למתמר ליניארי.

א. מהי הנוסחה המקשרת את זרם היציאה I_{out} לבין הלחץ P בכניסה $I_{out}=f(P)$?
רשמו את המשוואה בצורה: $I_{out}=m\cdot P+b$.

(4 נקודות)

ב. במהלך עבודת המערכת, מד הלחץ בכניסה למתמר הראה ערך של $9.6\,psi$. מהו זרם המוצא אשר התקבל ביחידות של מיליאמפר (mA). הציגו את דרך החישוב.

(5 נקודות)

ג. בקר ה- PLC במערכת מזהה זרם של $10\,mA$ המגיע מהמתמר. טכנאי טוען שהלחץ בקו הוא בדיוק 45% מטווח המדידה (Span) של הלחץ.

(1) חָשְׁבוּ מהו הלחץ הפיזי המתאים לזרם של $10\,mA$.

(2) האם טענת הטכנאי נכונה? **נמקו** באמצעות חישוב אחוז הלחץ מתוך הטווח.

(6 נקודות)

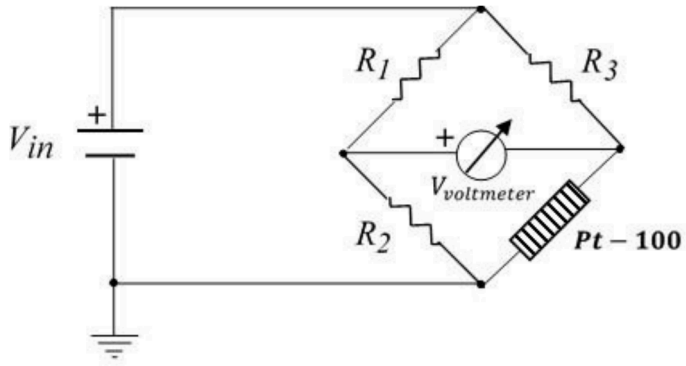
16. במפעל תעשייתי משתמשים בחיישן טמפרטורה מסוג $Pt-100$ המבוסס על שינוי ההתנגדות של פלטינה עם שינוי בטמפרטורה.

נתון:

1. התנגדות החיישן ב- $0\,^\circ C$ היא $100\,\Omega$.
2. קצב שינוי התנגדות החיישן $\alpha = 0.00385\ [1/^\circ C]$.

א. מהי התנגדות החיישן R בטמפרטורה $25\,^\circ C$?

(5 נקודות)



ב. באיור לסעיף ב' מוצג חיישן $Pt-100$ המחובר לגשר וינסטון מאוזן, $V_{voltmeter} = 0\,V$. החיישן המוצג באיור משמש למדידת טמפרטורה במפעל. מהי הטמפרטורה הנמדדת?

נתון: $R_1 = 100\,\Omega$, $R_2 = 200\,\Omega$, $R_3 = 75\,\Omega$

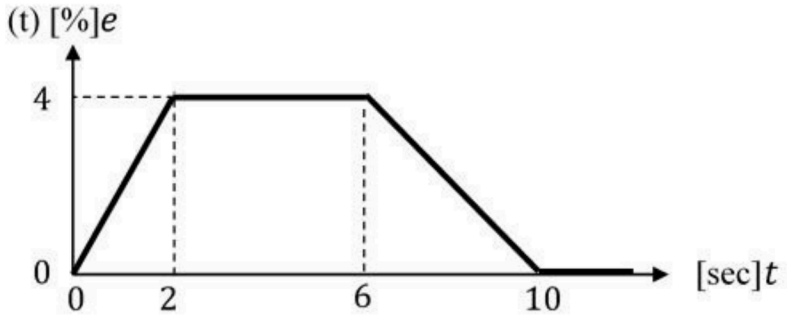
(6 נקודות)

ג. הסבירו בקצרה את היתרונות של חיישני $Pt-100$ בהשוואה לחיישני טמפרטורה אחרים, כמו חיישני תרמיסטור ועוד.

(4 נקודות)

17. באיור לשאלה 17 מוצג אות שגיאה במבוא בקר מסוג I בעל הנתונים הבאים:

- תפוקת הבקר כשהשגיאה שווה לאפס - $P_0 = 10\%$.
- קבוע הבקר - $K_I = 2\,[sec^{-1}]$.



א. מהי תגובת הבקר לאות המתואר באיור בזמנים: $t = 0, 2, 6, 10\ sec$?

(9 נקודות)

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

ב. סרטטו את תגובת הבקר לאות המתואר באיור, לזמנים שבאיור. ציינו ערכים אופייניים בשרטוט.

(6 נקודות)

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