GuyAI
מבית GOOL בגרויות

סוג הבחינה: בחינת גמר ממלכתית
מועד הבחינה: קיץ 2025 מועד א'
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. מהו היתרון המרכזי של מערכת בקרת מפלס עם משוב?

א. מאפשרת שמירה על מפלס קבוע למרות שינויים חיצוניים.

ב. מפחיתה את הצורך בהתערבות ידנית של המפעיל.

ג. מגבירה את קצב מילוי המיכל ללא חשש מהצפה.

ד. מבטלת לחלוטין את האפשרות לירידת המפלס.

(5 נקודות)

2. נתונה פונקציית התמסורת: $G(s)=\frac{13}{s\cdot(s+2)}$. מהי התמרת לפלס של תגובת המערכת לכניסת מדרגת יחידה $r(t)=1$.

א. $C(s)=\frac{13}{s(s+2)}$.

ב. $C(s)=\frac{13}{s+2}$.

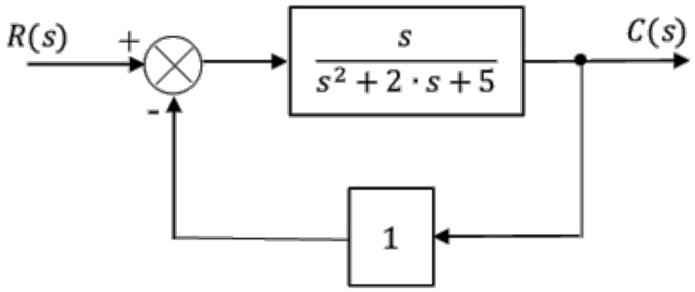
ג. $C(s)=\frac{1}{s}\cdot\frac{13}{s\cdot(s+2)}$.

ד. $C(s)=\frac{6.5}{s+2}-\frac{13}{s^2}$.

(5 נקודות)

3. באיור לשאלה 3 מוצג תרשים מלבנים של מערכת בקרה. למערכת בקרה זו הכניסו אות מדרגת יחידה במבוא.

אות המוצא $C(s)$ של מערכת הבקרה הוא:



א. $\frac{s}{s^2+4\cdot s+5}$

ב. $\frac{s}{s^2+3\cdot s+5}$

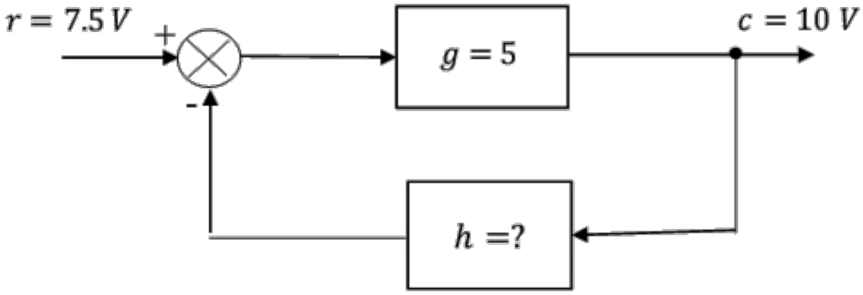
ג. $\frac{3}{s^2+6\cdot s+2}$

ד. $\frac{1}{s^2+3\cdot s+5}$

(5 נקודות)

4. באיור לשאלה 4 מוצגת סכמת מלבנים של מערכת בקרה. כל הערכים המספריים המוצגים בסכמה נמדדו באותו זמן וכאשר המערכת פועלת.

על פי הערכים המספריים המוצגים בסכמה, ערך המשוב h הוא:



א. 0.80

ב. 0.25

ג. 0.55

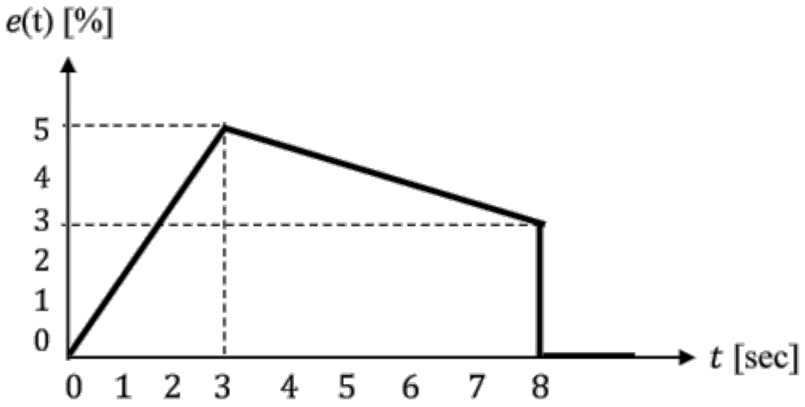
ד. 1.06

(5 נקודות)

5. באיור לשאלה 5 נתון אופיין שגיאה עבור בקר יחסי - Proportional Controller.

נתון: $P_0 = 12.6\,\%$, $k_P = 2.3$.

ערכה הרגעי של תגובת הבקר $P(t)\,[\%]$ בזמן $t = 5\,\text{sec}$ הוא:



א. $P(5) = 32.21\,\%$

ב. $P(5) = 28.05\,\%$

ג. $P(5) = 31.81\,\%$

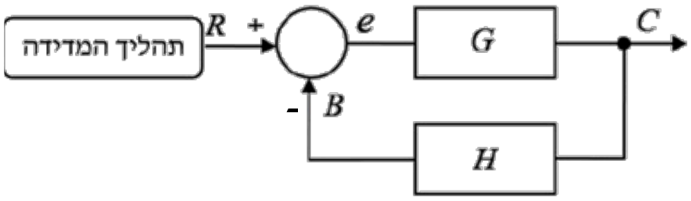
ד. $P(5) = 22.26\,\%$

(5 נקודות)

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

6. באיור לשאלה 6 מוצגת מערכת בקרה כללית בחוג סגור.

מהו תפקידו המרכזי של תהליך המדידה במערכת בקרה, ומה מהבאים מייצג את מבנה מערכת המדידה התקני?



א. תהליך המדידה ממוקם בסוף המערכת ותפקידו להפעיל את המתמר. המבנה כולל: מתמר, בורר, ממסר.

ב. תהליך המדידה ממוקם בתחילת מערכת הבקרה, תפקידו לספק נתונים מדויקים להשוואה עם ערך הייחוס. המבנה כולל: חיישן, מתמר, בקר.

ג. תהליך המדידה מבצע פקודות של הבקר, וממוקם לאחר יחידת העיבוד. המבנה כולל: בקר, חיישן, מדפסת.

ד. תהליך המדידה ממוקם לאחר המפעיל (Actuator), ומבנהו כולל: משדר, ממסר, בורר.

(5 נקודות)

7. באיור לשאלה 7 מוצג שסתום בקרה.

מה מהבאים מתאר בצורה הנכונה את תפקידי שסתום הבקרה ואת אחת מצורות הסיווג המקובלות שלו?



א. שסתום הבקרה מפקח על תקינות הצנרת, ומסווג לפי צבע גוף השסתום.

ב. שסתום הבקרה שולט על זרימת החומר בתהליך, וניתן לסווגו לפי מבנה הגוף, סוג המפעיל או ייעודו.

ג. שסתום הבקרה אחראי להפעיל את המתמר, ומסווג לפי סוג החיישן.

ד. שסתום הבקרה מודד את לחץ הזרימה, ומסווג לפי סוג החומר שעובר בו.

(5 נקודות)

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

8. באיור לשאלה 8 מוצג בקר תעשייתי.

איזה מהפרמטרים הבאים נחשב לפרמטר מרכזי בבקר תעשייתי, ומה תפקידו?



א. צבע הלחצנים - מאפשר זיהוי של סוג הבקר.

ב. זמן תגובה - קובע את קצב פעולת המפעיל הידני בלבד.

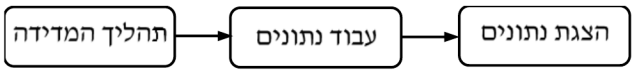
ג. מתח הזנה - קובע את התאמת הבקר למערכת החשמל ומאפשר את פעולתו התקינה.

ד. מספר החיישנים - קובע את רמת האמינות של מערכת המדידה בלבד.

(5 נקודות)

9. באיור לשאלה 9 מוצגת מערכת בקרה.

מהו היסטרזיס (Hysteresis) במערכת בקרה, ומה השפעתו האפשרית על תפקוד המערכת?



א. פער בין ערך הסף להפעלה לערך הסף לכיבוי, שנועד למנוע הפעלות וכיבויים תכופים מדי.

ב. תופעה שבה המערכת מגיבה באותה צורה לכניסה שונה, ללא קשר לערך קודם.

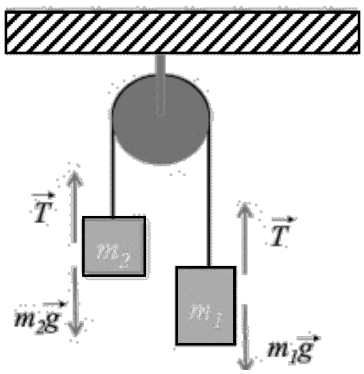
ג. עיכוב קבוע בתגובה של הבקר, שגורם להפסקת פעולתו.

ד. הפרעה חיצונית שמובילה לשיבוש קבוע בתקשורת בין החיישן למפעיל.

(5 נקודות)

10. באיור לשאלה 10 מוצגות שתי מסות והכוחות עליהן.

מה הנכון לגבי כוח ומשקל?



א. כוח הוא מדידה של נפח הגוף, ומשקל הוא מדידה של צפיפות.

ב. כוח נמדד בקילוגרמים, ומשקל נמדד בגרמים.

ג. אין הבדל - כוח ומשקל הם תמיד אותו דבר ומשתמשים באותן יחידות בכל מצב.

ד. כוח הוא תוצאה של מסה כפול תאוצה, ומשקל הוא מקרה פרטי של כוח שבו התאוצה היא תאוצת הכובד.

(5 נקודות)

11. באיור לשאלה 11 מוצג הסמל ISA, האגודה הבינלאומית לאוטומציה.
מה מטרתם של הסימונים הגרפיים שנקבעו על ידי אגודת ISA בתרשימי מערכות בקרה?



א. לאפשר ייצור מהיר יותר של ציוד מדידה במפעלים

ב. להבטיח שכל מערכת בקרה תיבנה לפי תכנון אמריקאי בלבד

ג. לאפשר תקשורת אחידה וברורה בין אנשי מקצוע לגבי מיקום ותפקוד רכיבים במערכת

ד. להחליף את הצורך בתיעוד טכני כתוב או הוראות יצרן

(5 נקודות)

12. באיור לשאלה 12 מוצגת מערכת בקרה פיזיקלית ליניארית המתוארת על ידי המשוואה הדיפרנציאלית הבאה:

$$25 \cdot u(t) = 25 \cdot y(t) + 4 \cdot \frac{dy}{dt} + \frac{d^2y}{dt^2}$$

נתון:

1. $y(t)$ - התגובה של מערכת הבקרה.
2. $u(t)$ - אות המבוא למערכת (יחידת מדרגה).
3. נקודת ההתחלה היא תנאי אפס.



א. חשבו את פונקציית התמסורת של מערכת הבקרה, $G(s) = \frac{Y(s)}{U(s)}$.

(4 נקודות)

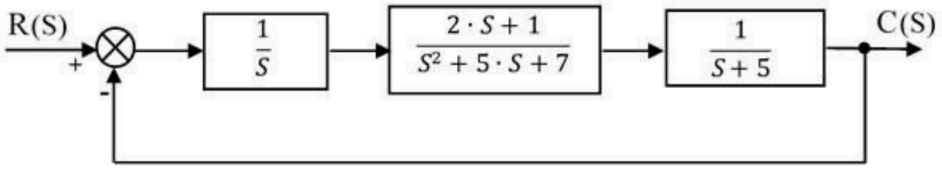
ב. מהי התדירות הטבעית הבלתי מרוסנת ω_n של המערכת? מהו מקדם הריסון ζ של המערכת?

(6 נקודות)

ג. חשבו את תדירות התנודה המרוסנת ω_d של המערכת.

(5 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. מהו סוג המערכת? **נמקו את תשובתכם.**

(2 נקודות)

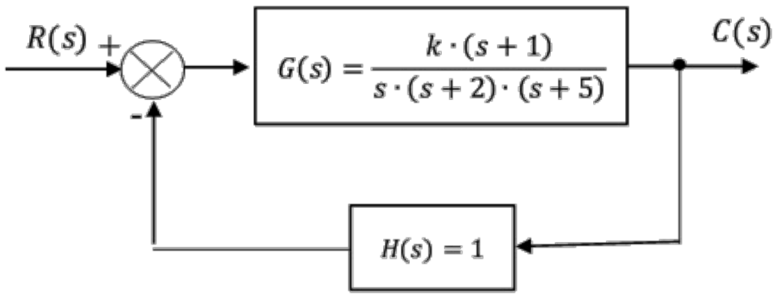
ג. מהם קבועי השגיאה של המערכת: K_p, K_v, K_a ?

(6 נקודות)

ד. מהי שגיאת המערכת e_{ss} במצב מתמיד, עבור כניסת מדרגת יחידה - $r(t)=u(t)$?

(4 נקודות)

14. באיור לשאלה 14 מוצגת סכמת בלוקים של מערכת בקרה מסוימת. הפרמטר k הוא הגבר המערכת בחוג פתוח.



א. חשבו את פונקציית התמסורת בחוג-פתוח של מערכת הבקרה.

(5 נקודות)

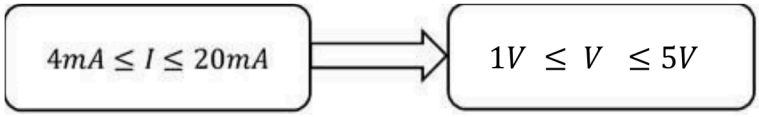
ב. חשבו את תחום הערכים של k שעבורם המערכת יציבה.

(7 נקודות)

ג. מה יקרה ליציבות המערכת אם נבחר $k=50$? **נמקו את תשובתכם.**

(3 נקודות)

15. באיור לשאלה 15 מוצגת סכמת עקרונית של המרת זרם למתח במערכת בקרה מסוימת.



א. מהו ערך הנגד R שיש לחבר למערכת הבקרה על מנת להפוך זרם למתח בגבולות הרשומים באיור? הציגו חישובים בתשובתכם.

(5 נקודות)

ב. מחברים למערכת הבקרה את הנגד R שחישבתם בסעיף א' לעיל. מה יהיה מתח המוצא V_{out} כאשר הזרם הנמדד הוא $I = 0\,\text{mA}$? הסבירו משמעות תוצאה זו למערכת הבקרה. יש להשוות מערכת שבה הזרם הוא בטווח $4\,\text{mA} \leq I \leq 20\,\text{mA}$ לעומת מערכת שבה זרם בטווח $0\,\text{mA} \leq I \leq 20\,\text{mA}$.

(5 נקודות)

ג. מדוע נפוץ להשתמש בטווח $4\,\text{mA} \leq I \leq 20\,\text{mA}$ לעומת הטווח $0\,\text{mA} \leq I \leq 20\,\text{mA}$?

(5 נקודות)

16. א. הסבר בקצרה ובמילים שלך את ההבדל בין שלושת המושגים הבאים:

- לחץ מוחלט (Absolute Pressure)
- לחץ יחסי (Gauge Pressure)
- לחץ הפרשי (Differential Pressure)

(5 נקודות)



ב. באיור ב' לשאלה 16 מוצג מכל סגור שמותקן בו מד לחץ המראה קריאה של $450\,\text{kPa}$ (קילו-פסקל). לחץ הסביבה (הלחץ האטמוספרי) באותו מקום הוא $14.68\,\text{PSI}$. מהו הלחץ המוחלט בתוך המכל? את התשובה יש לכתוב ביחידות kPa .

(5 נקודות)

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

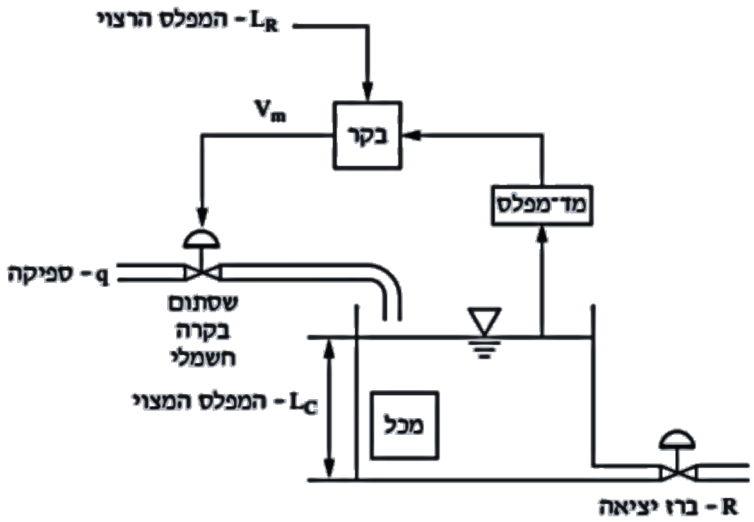
ג. לצורך מדידת זרימה בצינור, מודדים את הלחץ משני צידי אלמנט חוסם (כמו אורפיס).
המדידות מראות כי הלחץ לפני האלמנט החוסם הוא $P_1 = 3.2\,\text{bar}$ והלחץ אחריו הוא $P_2 = 2100\,\text{mmHg}$.
מהו הלחץ ההפרשי על פני האלמנט החוסם? את התשובה יש לכתוב ביחידות bar.

(5 נקודות)

17. באיור לשאלה 17 מוצגת מערכת בקרה המבקרת מפלס מים. תפקידו של שסתום הבקרה הוא לווסת את ספיקת המים הנכנסים למכל. כאשר המתח V_m במוצא הבקר שווה לאפס שסתום הבקרה החשמלי סגור.

נתון:

1. פונקציית הבקרה היא: $V_m = 0.5 \cdot V_{max} + k \cdot e$.
2. המתח המרבי עבור V_{max} במוצא הבקר הוא $2\,\text{V}$.
3. k הוא קבוע הבקר. L_C המפלס המצוי.
4. e היא השגיאה. L_R המפלס הרצוי.



א. מהו המשתנה המבקֵר ומהו המשתנה המבוקר במערכת זו?

(3 נקודות)

ב. מהו מתח המוצא של הבקר כאשר $L_C = L_R = 2\,\text{m}$?

(3 נקודות)

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

ג. במצב הנתון בסעיף ב' לעיל סוגרים חלקית את ברז היציאה, R , כאשר $L_C = L_R = 2\,\mathrm{m}$.

(1) האם לאחר השינוי, השגיאה במערכת e תגדל תקטן או תישאר ללא שינוי? האם השגיאה e היא חיובית או שלילית? **נמקו תשובתכם.**

(2) האם עקב השינוי המתח במוצא הבקר V_m יגדל או יקטן או יישאר ללא שינוי? **נמקו תשובתכם.**

(3) האם זמן רב לאחר השינוי, מפלס הנוזל L_C יחזור להיות $2\,\mathrm{m}$ או גדול מכך או קטן מכך? **נמקו תשובתכם.**

(6 נקודות)

ד. מתקינים את שסתום הבקרה החשמלי במקום ברז היציאה R שנמצא במוצא המכל. ספיקת המים הנכנסים ישירות למכל היא קבועה. בשאר רכיבי המערכת לא חל שינוי. האם המשוב שיתקבל מהמערכת במצב החדש הוא משוב חיובי? או שלילי? **נמקו תשובתכם.**

(3 נקודות)

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

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