GuyAI
מבית GOOL בגרויות

סוג הבחינה: בחינת גמר ממלכתית
מועד הבחינה: אביב 2026 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. מערכת בקרת טמפרטורה ליניארית מתוארת על ידי פונקציית התמסורת בחוג סגור: $G_f(s)=\frac{4}{s+6}$. במבוא המערכת נתנו מדרגת טמפרטורה קבועה בגודל $r=10\,^\circ\mathrm{C}$.
התגובה הסטטית של המערכת היא:

א. $c(\infty)=10\,^\circ\mathrm{C}$

ב. $c(\infty)=8\,^\circ\mathrm{C}$

ג. $c(\infty)=6.67\,^\circ\mathrm{C}$

ד. $c(\infty)=5\,^\circ\mathrm{C}$

(5 נקודות)

2. נתונה פונקציית התמסורת $G(s)=\frac{s+5}{s^2+10\cdot s+61}$.
התמרת לפלס ההפוכה של הפונקציה הנתונה היא:

א. $g(t)=e^{-5t}\cdot\cos(6t)$

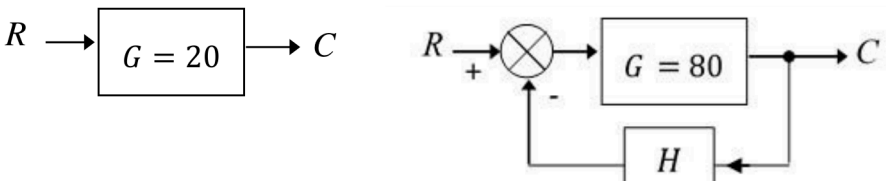
ב. $g(t)=e^{-6t}\cdot\sin(6t)$

ג. $g(t)=e^{-9t}\cdot\cos(5t)$

ד. $g(t)=e^{-4t}\cdot\cos(5t)$

(5 נקודות)

3. באיור לשאלה 3 מוצגים שני מגברים שונים, הימני עם משוב והשמאלי ללא משוב.



על מנת שההגבר בשני המגברים יהיה זהה, ערכו של H חייב להיות:

א. $H=0.0125$

ב. $H=0.0500$

ג. $H=0.5000$

ד. $H=0.0375$

(5 נקודות)

4. במערכת בקרה מותקן בקר פרופורציונלי P . הקשר בין השגיאה לבין אות היציאה של הבקר הוא: $C = e \cdot K_p$.

כאשר: K_p - תפוקת הבקר. e - השגיאה. C - אות היציאה של הבקר.

במהלך ניסוי מסוים הוחלט להגדיל את תפוקת הבקר K_p .

נתון:

- $K_{p1} = 3$ - תפוקת הבקר המקורית.
- $K_{p2} = 6$ - תפוקת הבקר כאשר הוגדלה.
- $e = 2$ - השגיאה נשארה קבועה לפני הגדלת תפוקת הבקר ולאחר הגדלת תפוקת הבקר.

פי כמה (n) השתנה אות היציאה של הבקר בעקבות שינוי תפוקת הבקר?

א. אות היציאה c קטן פי 2.

ב. אות היציאה c לא השתנה.

ג. אות היציאה c גדל פי 3.

ד. אות היציאה c גדל פי 2.

(5 נקודות)

5. במערכת בקרה מותקן בקר PI יחסי־אינטגרלי - Proportional Integral Controler.

נתון: $k_p = 2$, הגבר יחסי של הבקר.

$k_i = 1$, הגבר אינטגרלי של הבקר.

$e(t) = 3$, השגיאה של הבקר קבועה.

$P_0 = 2$, אות יציאת הבקר בזמן $t = 0$.

$p(t)$, אות יציאת הבקר.

אות היציאה של הבקר לאחר 4 שניות הוא:

א. $P(4) = 12$

ב. $P(4) = 32$

ג. $P(4) = 24$

ד. $P(4) = 18$

(5 נקודות)

6. במערכת מדידה תעשייתית יש צורך למדוד טמפרטורה ולהעביר את המידע לבקר המרוחק מספר מטרים מנקודת המדידה.

איזו מהאפשרויות הבאות מתארת נכון את **סדר הרכיבים ותפקידם** במערכת המדידה התקנית?

א. Sensor - מזהה את הגודל הפיזיקלי.

Transducer - ממיר את הגודל הפיזיקלי לאות חשמלי.

Transmission Line - מעביר את האות החשמלי לבקר.

ב. Transducer - מזהה את הגודל הפיזיקלי.

Sensor - מעביר את האות לבקר.

Transmission Line - מבצע המרה לאות החשמלי.

ג. Transmission Line - מזהה את הטמפרטורה.

Sensor – מגביר את האות.

Transducer - מעביר את המידע לבקר.

ד. Sensor - מעביר את האות לבקר.

Transmission Line - מזהה את הגודל הפיזיקלי.

Transducer - מאחסן את נתוני המדידה.

(5 נקודות)

7. מהם השיקולים המרכזיים בבחירת שסתום בקרה למערכת תעשייתית?

א. רק סוג החומר של גוף השסתום והעלות הכספית שלו.

ב. רק קוטר הצנרת וסוג החיבור המכני של השסתום.

ג. סוג הזרימה, לחץ הזורם וטמפרטורת העבודה, סוג הנוזל או הגז ודרישות הבקרה (דיוק ומהירות תגובה).

ד. רק סוג המפעיל (ידני, חשמלי או פנאומטי), ללא קשר לתנאי העבודה.

(5 נקודות)

8. מהו התפקיד המרכזי של בקר ניהול תעשייתי (בקר תהליכים תעשייתיים)?

א. להשוות בין הערך הנמדד של התאמה לערך הרצוי (Set Point) ולייצר אות בקרה להפעלת רכיב הביצוע.

ב. להמיר אנרגיה חשמלית לאנרגיה מכנית לצורך הפעלת מנוע.

ג. לאגור נתונים היסטוריים בלבד לצורכי תיעוד ובקרה סטטיסטית.

ד. לתאם את אות הכניסה לאות החיישן.

(5 נקודות)

9. מה מתארים תרשימי בודה (Bode) של מערכת ליניארית?

א. את התנהגות בזמן, כלומר את שינוי האות ביציאה כפונקציה של הזמן בעקבות כניסת נתון.

ב. את הקשר בין משרעת האות ביציאה לבין משרעת האות בכניסה כפונקציה של התדר, וכן את שינוי מופע האות עם התדר.

ג. את הערך המרבי של האות אשר המערכת יכולה להעביר ללא עיוות.

ד. את פעולת המערכת במצב רוויה בלבד.

(5 נקודות)

10. נפט זורם בצינור בזרימה אחידה. קוטרו הפנימי של הצינור $0.2\,m$. מהירות הזרימה של הנפט $2\,m/sec$.

הספיקה הנפחית של הנפט היא:

א. $Q = 0.031\ \frac{m^3}{sec}$

ב. $Q = 0.063\ \frac{m^3}{sec}$

ג. $Q = 0.126\ \frac{m^3}{sec}$

ד. $Q = 0.400\ \frac{m^3}{sec}$

(5 נקודות)

11. בשרטוט בקרה תעשייתי מופיע הרכיב המסומן LS .

מהי המשמעות התקנית של הסימון LS בשרטוטי הבקרה, ומה תפקידו במעגל של סימון זה?

א. LS - Logic System.

יחידת בקרה לוגית האחראית על קבלת החלטות במערכת.

ב. LS - Line Supply.

ספק מתח ראשי להזנת מעגל הבקרה.

ג. LS - Load Sensor.

חיישן עומס למדידת הזרם במנוע.

ד. LS - Limit Switch.

מפסק גבול המשמש לזיהוי הגעה למיקום קצה ומנתק או מאפשר את המשך פעולת המערכת.

(5 נקודות)

12. נתונה מערכת בקרה מסדר שני עם מקדם ריסון $\zeta = 0.3$ ותדירות טבעית $\omega_n = 0.1\ \left[\frac{rad}{sec}\right]$. מספקים אות מדרגת יחידה בכניסה למערכת. נתון: הגבר המערכת $K = 1$.

א. מהי פונקציית התמסורת $G(s)$ של המערכת?

(4 נקודות)

ב. מהו הערך המרבי של תגובת היתר $(O.S.)_{max}$?

(4 נקודות)

ג. מהי התדירות הזוויתית של התנודות המתרסנות ω_d ?

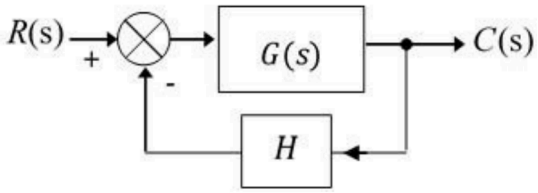
(3 נקודות)

ד. מהו הזמן בשניות t_p לקבלת הערך המרבי של תגובת היתר M_p ?

(4 נקודות)

13. באיור לשאלה 13 מוצגת סכמת מלבנים של מערכת בקרה בחוג סגור.

נתון: $H = 1$; $G(s) = \frac{9 \cdot (s^2+5)}{s^4+7 \cdot s^3+4 \cdot s^2+5 \cdot s+12}$



א. חשבו את קבועי השגיאה של המערכת k_P , k_v , k_a .

(9 נקודות)

ב. חשבו את שגיאת מצב מתמיד עבור הכניסה $r(t) = 19 \cdot u(t)$.

(6 נקודות)

14. נתונה מערכת בקרה ליניארית, אשר המשוואה האופינית שלה היא:

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

נתון ש- K הוא פרמטר חיובי וממשי.

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

(6 נקודות)

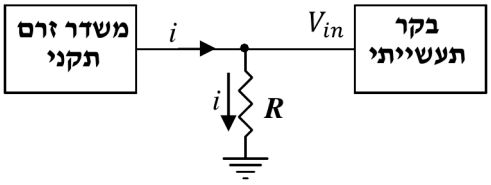
ב. חשבו את תחום הערכים של K שעבורו המערכת תהיה יציבה לפי קריטריון ראוט.

(6 נקודות)

ג. הסבירו מהי המשמעות הפיזיקלית של מצב שבו אחד האיברים בעמודה הראשונה של טבלת ראוט מתאפס.

(3 נקודות)

15. מערכת בקרה כוללת משדר זרם ובקר. משדר הזרם מוציא אות זרם תקני בתחום $4 \div 20\,ma$.
מחברים נגד R בטור למוצא משדר הזרם. הנגד מאפשר הפיכת הזרם של המשדר למתח תקני עבור כניסת הבקר בתחום $0 \div 5\,V$.
נתון: התנגדות המבוא של הבקר גבוהה מאוד. באיור לשאלה 15 מוצג חיבור הנגד.



א. מהי הנוסחה המקשרת את מתח הכניסה של הבקר לבין זרם המשדר $V_{in} = f(i)$?
(4 נקודות)

ב. מהו ערך הנגד $R\,[\Omega]$ הדרוש לצורך הפיכת תחום זרם המשדר לתחום המתח המבוקש?
(3 נקודות)

ג. המשדר מחובר למערכת פנאומטית לינארית הפועלת בתחום $P = 30 \div 80\,PSI$.
המערכת הפנאומטית מתואמת עם משדר הזרם הפועל בתחום $4 \div 20\,ma$ כפי שנרשם לעיל.

(1) מהו זרם המשדר i כאשר $P = 55\,PSI$?

(2) מהו מתח הכניסה V_{in} של הבקר כאשר $P = 55\,PSI$?

(8 נקודות)

16. במפעל תעשייתי משתמשים במתמר שהוא התקן קירבה קיבולי למדידת מרחקים קצרים. הקבל במתמר הינו חלק ממתנד RC שתדר התנודות שלו תלוי בערך הקיבול.
נתון:

1. קיבול הקבל ללא זהוי אובייקט: $C_0 = 100\,pF$.
2. קיבול הקבל כאשר מזוהה אובייקט: $C_1 = 150\,pF$.
3. התנגדות המעגל של המתנד: $R = 100\,k\Omega$.
4. תדירות התנודות: $f = \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot R \cdot C}$

א. חשבו את תדירות התנודות f_0 של מעגל RC כאשר לא מזהים עצם כלשהו.
(3 נקודות)

ב. חשבו את תדירות התנודות f_1 של מעגל RC כאשר כן מזהים עצם.
(3 נקודות)

ג. ענו בקצרה:

(1) הסבירו מדוע הקיבול עולה כאשר עצם מתקרב לאלקטרודות המתמר?

(2) ציינו יתרון אחד ומגבלה אחת של חיישני קרבה קיבוליים.

(6 נקודות)

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

ד. נתון מתמר אחר עם קבל לוחות אשר רוצים לדעת מהו המקדם הדיאלקטרי ε_r שלו.
נתוני המתמר:
1. שטח לוחות הקבל $A = 0.02\,m^2$.
2. ערך הקבל $C = 50\,pF$.
3. המרחק בין לוחות הקבל $d = 2.2\,cm$.

חשבו את המקדם הדיאלקטרי ε_r של הקבל האחר.
(3 נקודות)

17. נתונה מערכת בקרה לתהליך תעשייתי כלשהו (לדוגמה: בקרת טמפרטורה בתנור), המתוארת על-ידי פונקציית התמסורת של התהליך:

$$G_p(s) = \frac{2}{s\cdot(s+4)}$$

המערכת נמצאת בלולאת בקרה סגורה עם משוב יחידה, ומבוקרת באמצעות בקר PID המתואר על-ידי:

$$G_c(s) = K_d(s)\cdot s + \frac{K_i(s)}{s} + K_p(s)$$

א. כתבו את פונקציית התמסורת של הבקר בצורת שבר רציונלי אחד. הציגו את פונקציית התמסורת הכוללת של המערכת בלולאה פתוחה $G_{OL}(s)$.
(5 נקודות)

ב. כתבו את המשוואה האופיינית של המערכת בלולאה סגורה עם משוב יחידה.
נתון: $K_d(s) = 1,\ \ K_i(s) = 8,\ \ K_p(s) = 6$
(5 נקודות)

ג. הסבירו באופן איכותי כיצד כל אחד מהאיברים $D,\ I,\ P$ משפיע על מערכת הבקרה מבחינת:
1. זמן העלייה.
2. השגיאה במצב המתמיד.
3. יציבות המערכת.

(5 נקודות)

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