

מערכות מכטרוניות ה'

(להנדסאי מכונות)

הוראות לנבחן

א. משך הבחינה: ארבע שעות.

ב. מבנה השאלון ומפתח ההערכה: בשאלון זה שני פרקים, ובהם שמונה שאלות. עליך להשיב על שאלה 1 שבפרק הראשון ועל ארבע מבין השאלות 2–8 שבפרק השני.

פרק ראשון: מערכות מכטרוניות

פרק שני: בקרת תהליכים ומכשור לבקרה ולאלקטרוניקה תעשייתית

סה"כ: 100 נקודות

ג. חומר עזר מותר לשימוש: כל חומר עזר ומחשבון.

ד. הוראות מיוחדות:

1. בטרם תתחיל לענות על השאלות, קרא בעיון את השאלון וודא שההנחיות בדף השער מובנות לך היטב.

2. ענה על השאלות על-פי הסדר הנראה לך.

3. ענה על מספר השאלות הנדרש בשאלון. המעריך יעריך את מספר התשובות הנדרש בלבד, לפי סדר כתיבתן במחברתך, ולא יתייחס לתשובות הנוספות.

4. בכל שאלה ניתנו הנתונים לפתרונה. אם לדעתך חסר נתון, הוסף אותו על-פי שיקול דעתך ופתור בעזרתו את השאלה. רשום בתשובתך את הנתון שהוספת.

5. בתשובה לשאלה חישובית, עליך להציג את שלבי הפתרון באופן מפורט ולהסבירם בקצרה. קבלת מרב הנקודות מותנית במילוי דרישה זו.

בשאלון זה 10 עמודים.

ההנחיות בשאלון זה מנוסחות בלשון זכר, אך מכוונות לנבחנות ולנבחנים כאחד.

בהצלחה!

השאלות

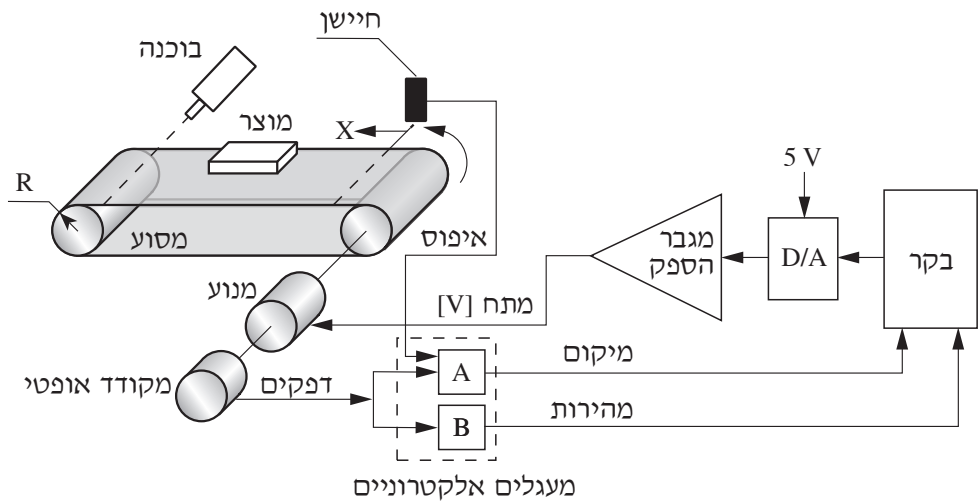
בשאלון זה שני פרקים, ובהם שמונה שאלות. עליך לענות על שאלה 1 שבפרק הראשון (20 נקודות), ועל ארבע מבין השאלות 2–8 שבפרק השני (לכל שאלה – 20 נקודות).

פרק ראשון: מערכות מכטרוניות (20 נקודות)

ענה על שאלה 1 – שאלת חובה.

שאלה 1

באיור א' לשאלה זו נתון תרשים של מתקן הכולל מסוע המונע על-ידי מנוע D.C. המנוע נשלט על-ידי מערכת בקרה.



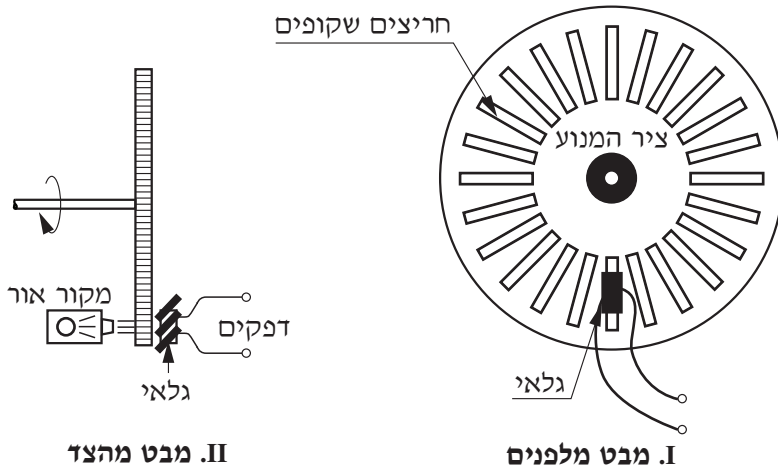
איור א' לשאלה 1

מערכת הבקרה מבקרת את מיקומו ואת מהירות התקדמותו של מוצר המונח על גבי המסוע. החיישן המותקן במערכת מזהה את המוצר המונח על-גבי המסוע וקובע את נקודת ההתחלה שבה $X = 0$.

במרחק X כלשהו מנקודת ההתחלה מותקנת בוכנה שתפקידה לדחוף את המוצר אל מחוץ למסוע כאשר הוא נמצא מולה.

מקודד אופטי (encoder) מותקן על ציר המנוע. תפקיד המקודד הוא לספק נתונים על מיקום המוצר ועל מהירותו.

באיור ב' לשאלה זו מתואר המקודד האופטי במבט מלפנים (I) ובמבט מהצד (II).



איור ב' לשאלה 1

– סיבוב אחד של ציר המנוע גורם לתנועה קווית של המסוע לאורך 20 cm .

א. 1. כדי שהבוכנה תפעל באופן תקין, מערכת הבקרה צריכה להבחין בתזוזה בשיעור 0.5 cm של המוצר. מה צריך להיות מספר החריצים במקודד כדי לקיים את הדרישה הזאת?

2. החיישן שבמערכת מאפס את קריאת המעגל האלקטרוני A (קובע אפס דפקים), שתפקידו לזהות את מיקום המוצר. המרחק שעבר המוצר מנקודת ההתחלה עד לבוכנה הוא $X = 3 \text{ m}$. מהו מספר הדפקים שספר המעגל האלקטרוני A בעת שהמוצר עבר את המרחק הזה?

ב. המעגל האלקטרוני B מודד את מהירות המסוע.

חשב את מהירות המסוע ביחידות $\frac{\text{m}}{\text{min}}$, כאשר המעגל B סופר 60 דפקים בשנייה.

ג. 1. כדי לבקר את קצב הסיבוב של המנוע, הבקר מפיק אות ספרתי בצורה של מילה בינארית. במעגל המתואר באיור א' מותקן ממיר D/A שתפקידו לתרגם את האות הספרתי לאות תקבילי (אות אנלוגי). נדרש לשנות את קצב הסיבוב של המנוע בתחום $(0 \div 200) \text{ r.p.m.}$.

1. המילה הבינארית שמפיק הבקר היא בעלת שש סיביות. מהו השינוי המינימלי בקצב הסיבוב של המנוע שניתן להשיג באמצעות הבקר?

2. נדרשת הבחנה של 2 r.p.m. בשינוי בקצב הסיבוב של המנוע. מה צריך להיות מספר הסיביות של המילה הבינארית שיפיק הבקר?

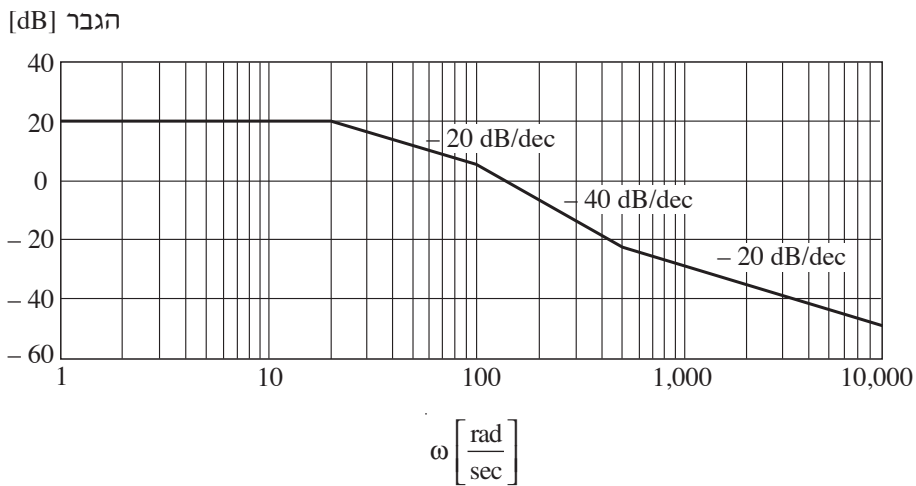
ד. מחליפים את מנוע ה-D.C. במנוע צעד (Step Motor). על איזה רכיב במערכת המתוארת באיור א' ניתן לוותר לאחר החלפת המנוע? נמק את תשובתך.

פרק שני: בקרת תהליכים ומכשור לבקרה ולאלקטרוניקה תעשייתית (80 נקודות)

ענה על ארבע מבין השאלות 2-8 (לכל שאלה – 20 נקודות).

שאלה 2

באיור לשאלה זו נתונה דיאגרמת בודה אסימפטוטית של מערכת בקרה כלשהי.

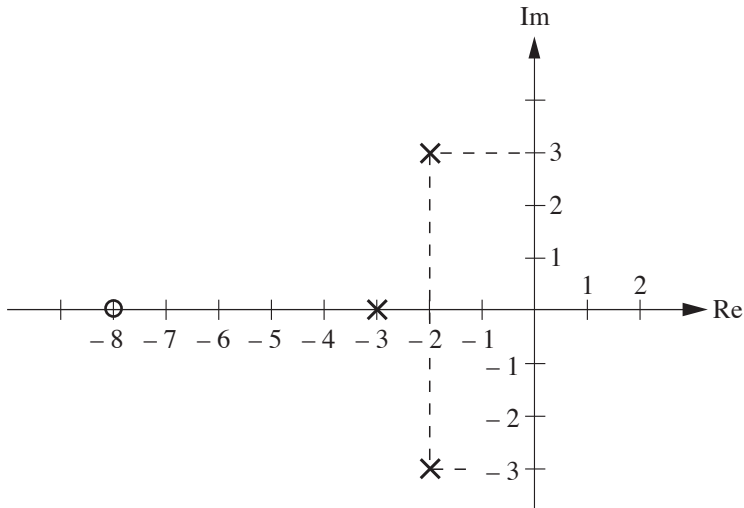


איור לשאלה 2

- א. רשום את פונקציית התמסורת של המערכת $G(s)$.
- ב. מהו תדר העירור שמעבר לו היחס בין אמפליטודת אות המוצא ובין אמפליטודת אות המבוא קטן מ-1 (כלומר, התדר שבו המערכת מנחיתה את אות המבוא)?
- ג. אות המבוא של המערכת הוא $u(t) = 30 \cdot \sin(10t)$. חשב את אמפליטודת אות המוצא מהמערכת.

שאלה 3

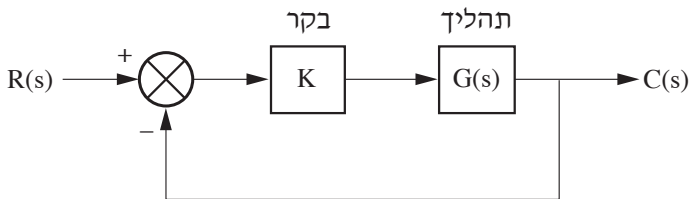
באיור א' לשאלה זו מתוארים במישור המרוכב שלושה קטבים (המסומנים ב-X) ואפס אחד (המסומן ב-O) של תהליך כלשהו.



איור א' לשאלה 3

א. רשום את פונקציית התמסורת של התהליך כמנה של פולינומים.

מוסיפים לתהליך הזה בקר פרופורציונאלי וסוגרים אותו במשוב שלילי, כמתואר באיור ב' לשאלה.

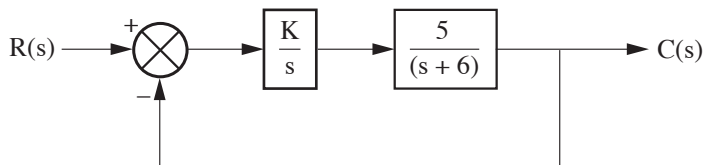


איור ב' לשאלה 3

ב. חשב את תחום ההגברים של הבקר שבעבורו המערכת תהיה יציבה בחוג סגור.

שאלה 4

באיור לשאלה זו נתון תרשים מלבנים של מערכת בקרה בחוג סגור.



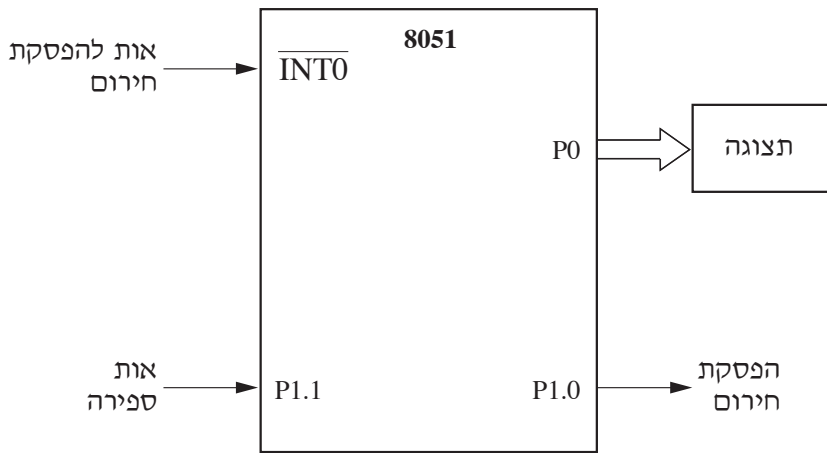
איור לשאלה 4

- א. רשום את פונקציית התמסורת של החוג הסגור.
 - ב. האם קיימת שגיאת עקיבה עבור כניסת מדרגה למערכת? נמק את תשובתך.
 - ג. חשב את ההגבר K שבעבורו התדר הטבעי של המערכת בחוג סגור יהיה $\omega_n = 10 \frac{\text{rad}}{\text{sec}}$.
 - ד. ללא קשר לתוצאה שהתקבלה בסעיף ג', נתון כי הגבר המערכת הוא $K = 45$.
1. חשב את יחס הריסון ואת התדר הטבעי של המערכת.
 2. חשב את השגיאה במצב מתמיד בעבור אות כניסת ריצה של $r = 6t$.

שאלה 5

מערכת מסוע מופעלת בעזרת בקר מסוג 8051. לבקר חוברו חיישנים כדי לבצע את הפעולות הבאות:

1. ספירת העצמים העוברים במסוע
 2. הפסקת פעולת המסוע במצבי חירום שונים
- באיור לשאלה מוצג תרשים של הבקר והחיבורים במבוא ובמוצא.

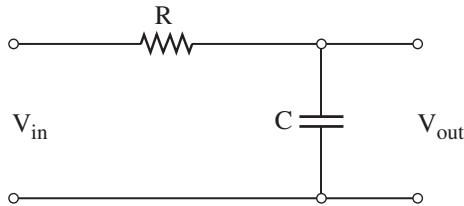


איור לשאלה 5

התצוגה מחוברת למפתח P0 של הבקר. במצב חירום, הבקר מפיק אות "0" לוגי לכניסת $\overline{\text{INT0}}$. כל חפץ שעובר על-גבי המסוע גורם לחיישן המתאים להפיק אות "1" לוגי הנשלח לכניסה P1.1 . הבקר יכול להפסיק את פעולת המסוע על-ידי שליחת אות "1" ליציאה P1.0 . כתוב תכנית המבצעת ספירה של החפצים העוברים על המסוע ושולחת את המספר המעודכן לתצוגה המחוברת לבקר. על התכנית להפסיק את פעולת המסוע בעת שמתרחשת תקלה.

שאלה 6

באיור לשאלה זו מתואר מעגל חשמלי שמשמש כמסנן אנלוגי המעביר אותות בעלי תדירות נמוכה (Low Pass Filter).



איור לשאלה 6

נתונים: $C = 2 \mu F$, $R = 1 k\Omega$

- א. רשום (במישור לפלס) את פונקציית התמסורת של המעגל: $G(s) = \frac{V_{out}(s)}{V_{in}(s)}$.
- ב. אות המבוא למעגל הוא $V_{in}(t) = 4 \cdot \sin(200t)$. רשום את אות המוצא של המעגל, $V_{out}(t)$.
- ג. מצא את התדירות ω של אות המבוא, שבעבורה אמפליטודת אות המוצא של המעגל תהיה מחצית מאמפליטודת אות המבוא.

שאלה 7

באיור א' לשאלה זו נתון תרשים מלבנים של בקר PD.



איור א' לשאלה 7

משוואת הבקר היא: $m(t) = K_p \cdot e(t) + T_d \frac{de(t)}{dt}$
כאשר,

$m(t)$ [mA] – תפוקת הבקר

$e(t)$ [mA] – שגיאת המערכת

K_p – ההגבר של החלק היחסי של הבקר

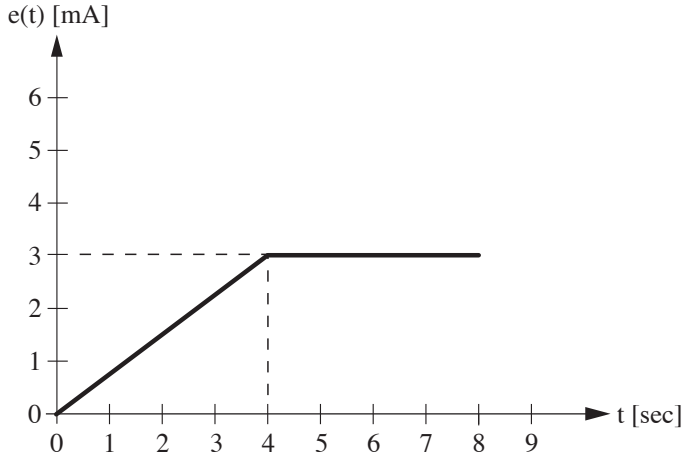
T_d – מקדם הנגזרת של הבקר

– הבקר מפיק במוצאו אות זרם בתחום $(0 \div 20) \text{ mA}$.

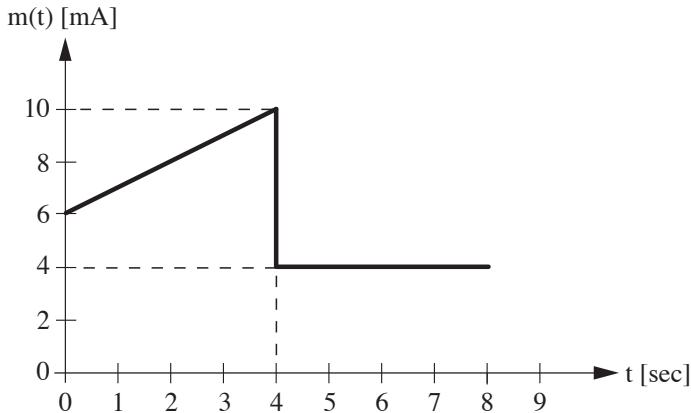
בדקו את הבקר בחוג פתוח על-ידי הכנסת אות שגיאה, $e(t)$.

באיור ב' לשאלה נתון גרף המתאר את שגיאת המערכת כפונקציה של הזמן, $e(t)$.

באיור ג' לשאלה נתון גרף המתאר את תפוקת הבקר כפונקציה של הזמן, $m(t)$.



איור ב' לשאלה 7

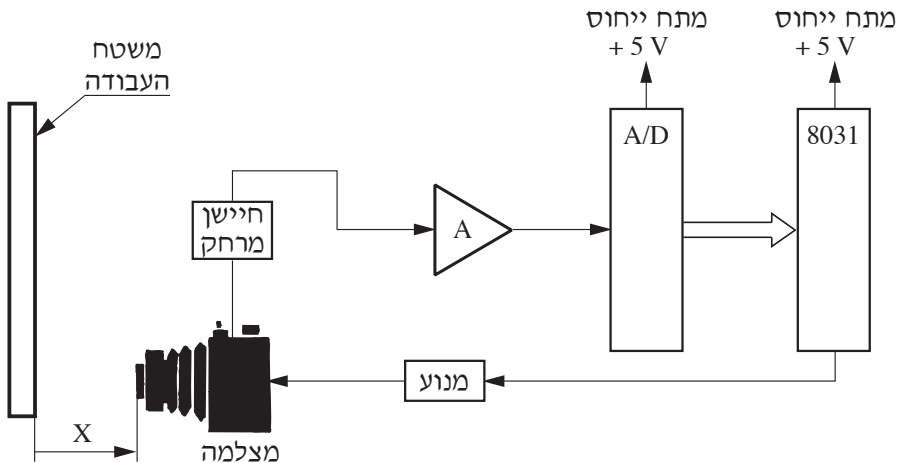


איור ג' לשאלה 7

- א. 1. מצא את ההגבר של החלק היחסי של הבקר, K_p .
2. מצא את מקדם הנגזרת של הבקר, T_d .
- ב. הסבר מהי הסיבה לירידת התפוקה של הבקר החל מהזמן $t = 4 \text{ sec}$.
- ג. ציין סוג של תהליך שבו משתמשים בבקרה מסוג PD.

שאלה 8

באיור לשאלה זו נתון תרשים של מערכת הכוללת מצלמה המחוברת למנוע. המנוע מאפשר לשלוט על מרחק המצלמה ממשטח העבודה, X.



איור לשאלה 8

המערכת כוללת גם את הרכיבים האלה:

- חיישן מרחק אנלוגי המחובר למצלמה, שתפקידו למדוד את מרחק המצלמה ממשטח העבודה.
טווח הפעולה של חיישן המרחק הוא $(0 \div 10)$ cm
מתח המוצא של החיישן הוא בתחום $(0 \div 2.5)$ Volt
- ממיר A/D
- בקר מסוג 8031 המחובר לממיר.

המערכת פועלת כך:

חיישן המרחק מפקד במוצאו אות מתח, הנכנס לממיר A/D. הממיר A/D מחובר לבקר 8031 המספק אות למנוע השולט על מרחק המצלמה ממשטח העבודה.

א. מהו ההגבר A של הממיר A/D, הדרוש כדי להשיג נצילות מקסימלית של הממיר?

ב. הממיר A/D הוא בעל 4 סיביות. מצא את השינוי המינימלי במרחק שהמערכת תוכל להבחין בו.

ג. כמה סיביות דרושות לממיר A/D כדי לזהות שינוי של 1 mm במרחק המצלמה ממשטח העבודה?

בהצלחה!