

סוג הבחינה: גמר לבתי-ספר לטכנאים ולהנדסאים

מועד הבחינה: אביב תש"ף, 2020

סמל השאלון: 710923

נספחים: א. נספח לשאלה 2

ב. מילון מונחים

מערכות מכטרוניות ה'

(להנדסאי מכונות)

הוראות לנבחן

א. משך הבחינה: ארבע שעות.

ב. מבנה השאלון ומפתח ההערכה: בשאלון זה שלושה פרקים ובהם שמונה שאלות. עליך להשיב על שאלה אחת מן הפרק הראשון, על שאלה אחת מן הפרק השני, על שאלה אחת מן הפרק השלישי ועל שתי שאלות נוספות על-פי בחירתך. סך-הכול עליך לענות על חמש שאלות. לכל שאלה – 20 נקודות, סך-הכול – 100 נקודות.

ג. חומר עזר מותר לשימוש: מחשבון וכל חומר עזר כתוב בכתב יד או מודפס על נייר.

ד. הוראות מיוחדות:

1. בטרם תתחיל לענות על השאלות, קרא בעיון את השאלון כולו 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 נוספות.
4. בכל שאלה ניתנו הנתונים לפתרונה. אם לדעתך חסר נתון, הוסף אותו על-פי שיקול דעתך ופתור בעזרתו את השאלה. כתוב בתשובתך את הנתון שהוספת.
5. בתשובה על שאלת חישוב, עליך להציג את שלבי הפתרון באופן מפורט ולהסבירם בקצרה. קבלת מרב הנקודות מותנית במילוי דרישה זו.
6. לנוחותך, מצורף לשאלון זה מילון מונחים בשפות עברית, ערבית, אנגלית ורוסית. תוכל להיעזר בו בעת הצורך.

הוראות למשגיח:

בתום הבחינה על התלמיד לצרף את נספח א' למחברת הבחינה.

בשאלון זה 11 עמודים ו-4 עמודי נספחים.

ההנחיות בשאלון זה מנוסחות בלשון זכר, אך מכוונות הן לנבחנות והן לנבחנים.

בהצלחה!

המשך מעבר לדף

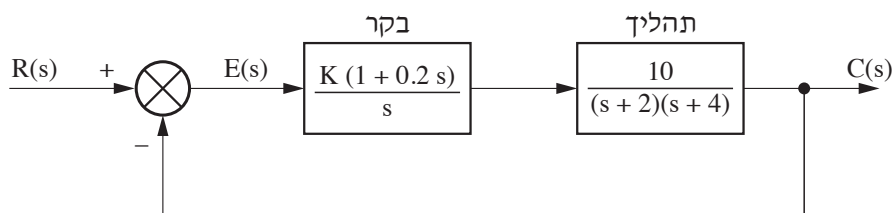
השאלות

בשאלון זה שלושה פרקים ובהם שמונה שאלות.
עליך להשיב על שאלה אחת מן הפרק הראשון, על שאלה אחת מן הפרק השני, על שאלה אחת מן הפרק השלישי ועל שתי שאלות נוספות על-פי בחירתך.
סך-הכול עליך לענות על חמש שאלות (לכל שאלה – 20 נקודות).

פרק ראשון: בקרת תהליכים

שאלה 1

באיור לשאלה זו נתון תרשים מלבנים של מערכת בקרה. למערכת זו משוב יחידה $H = 1$.



איור לשאלה 1

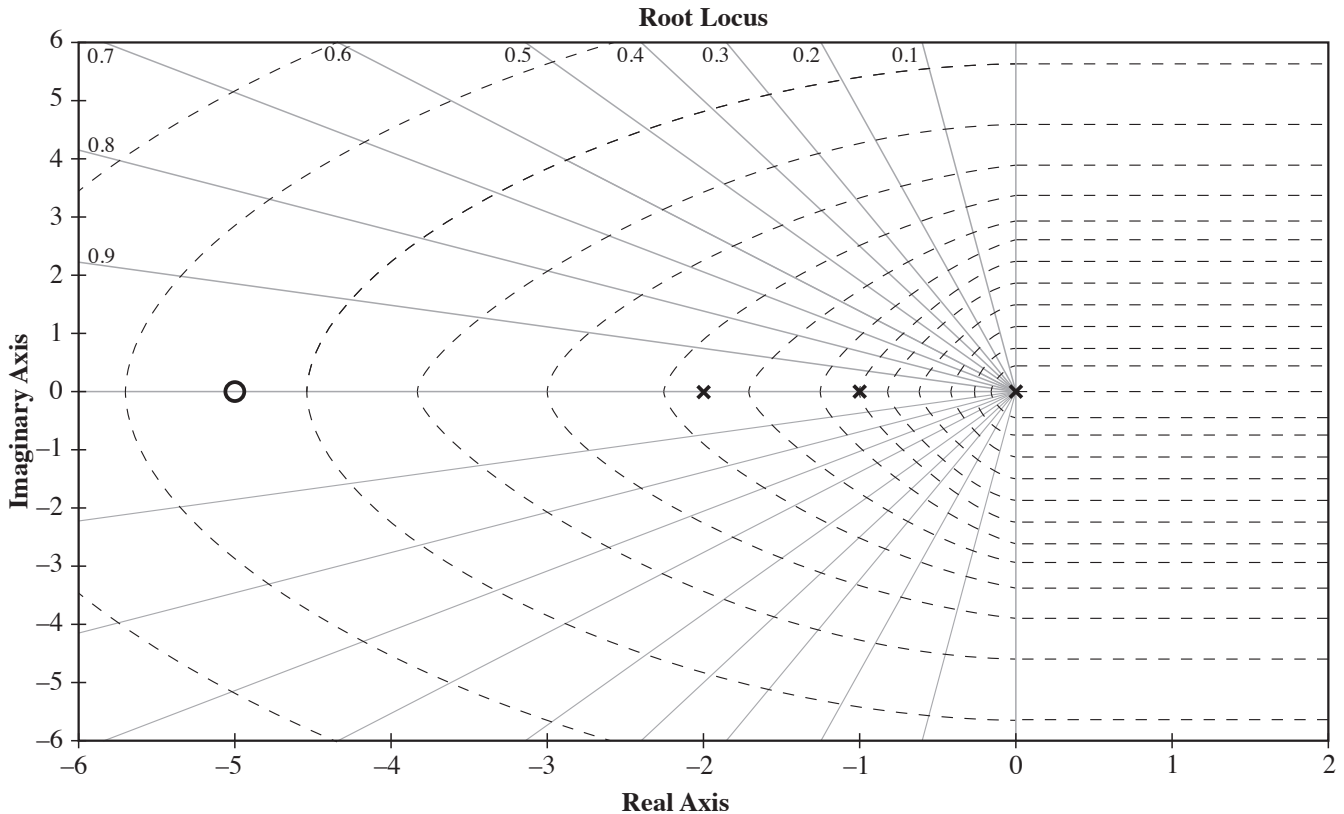
- 3 נק') א. ציין את סוג הבקר במערכת הבקרה המתוארת באיור.
- 7 נק') ב. כתוב את פונקציית התמסורת של המערכת בחוג סגור: $G_{cl}(s) = \frac{C(s)}{R(s)}$.
- 3 נק') ג. למערכת הוכנס האות $r_1(t) = 2$. חשב את שגיאת המערכת במצב מתמיד, e_{ss} , לאות הכניסה הזה.
- 7 נק') ד. למערכת הוכנס האות $r_2(t) = 0.5 \cdot t$. כתוב ביטוי לשגיאת המערכת במצב מתמיד, e_{ss} , לאות הכניסה זה, כתלות בהגבר הבקר K .

שאלה 2

באיור לשאלה זו נתונים מיקומי הקטבים והאפסים של מערכת בקרה בחוג פתוח, בעלת פונקציית התמסורת הזו:

$$KGH(s) = \frac{k(s+5)}{s(s+1)(s+2)}$$

למערכת זו משוב יחידה $H = 1$.



איור לשאלה 2

3 נק') א. ציין את סדר המערכת (order) ואת סוג המערכת (type).

האיור לשאלה זו נתון כמו שהוא גם בנספח א'.

3 נק') ב. חשב במחברתך את האסימפטוטות של המערכת (מיקום וזווית), וסרטט אותן בנספח א'.

5 נק') ג. חשב במחברתך את טווח הערכים של ההגבר K שעבורו המערכת תהיה יציבה.

6 נק') ד. השלם בנספח את דיאגרמת המג"ש של מערכת הבקרה הנתונה.

3 נק') ה. כתוב במחברתך מה ניתן להוסיף לפונקציית התמסורת של הבקר כדי שהמערכת תהיה יציבה עבור כל ערך של ההגבר K .

הערה: הדבק את מדבקת הנבחן שלך במקום המיועד לכך בנספח א', וצרף אותו למחברתך.

שאלה 3

להלן נתונים של מערכת בקרה:

פונקציית התמסורת של התהליך: $G_p(s) = \frac{10}{s(s+2)}$

פונקציית התמסורת של הבקר: $G_c(s) = \frac{K(s+6)}{s+3}$

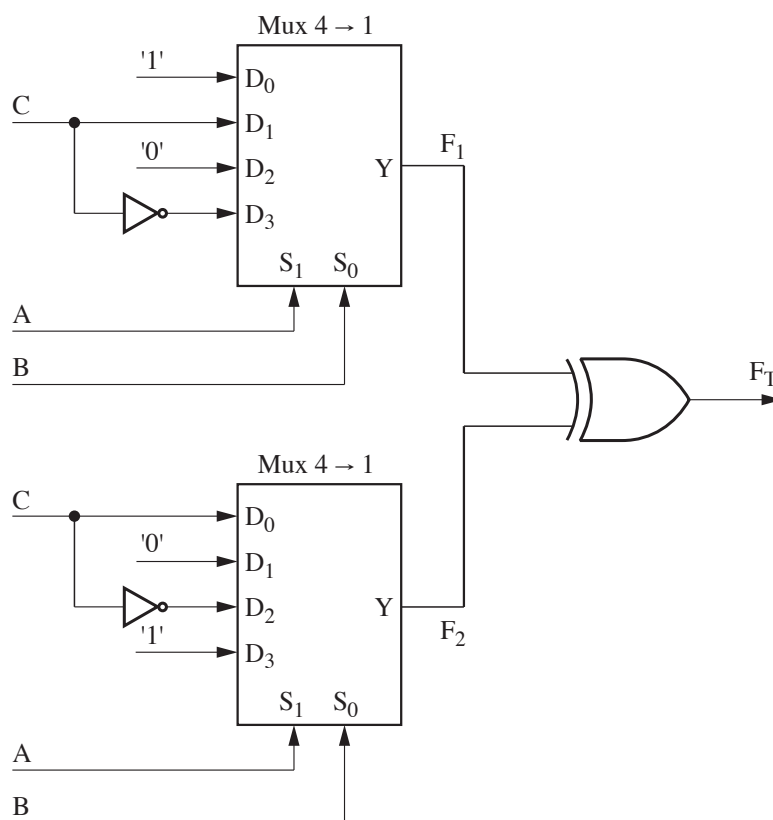
למערכת זו משוב יחידה $H = 1$.

- 5 נק' א. כתוב את פונקציית התמסורת של המערכת בחוג הסגור.
- 6 נק' ב. חשב את טווח הערכים של ההגבר K שעבורו המערכת תהיה יציבה.
- 9 נק' ג. למערכת הוכנס האות $r(t) = t$.
- 6 נק' 1. מה צריך להיות ערכו של ההגבר K כך ששגיאת המצב המתמיד לא תעלה על 5% ?
- 3 נק' 2. האם קיים ערך של ההגבר K שעבורו שגיאת המצב המתמיד לא תעלה על 2% ?
- נמק את תשובתך.

פרק שני: אלקטרוניקה

שאלה 4

באיור לשאלה זו מוצג המעגל הלוגי של מערכת לאיתור תקלות.



איור לשאלה 4

- למעגל שלוש כניסות: C, B, A .

- המעגל כולל שני מרבבים (Multiplexers). תפקידו של כל מרבב הוא לבחור באחת מבין הכניסות שתופיע ביציאה שלו, בהתאם לערכים של כניסות הבקרה, S_0 ו- S_1 .

- יציאות המרבבים הן: F_1, F_2 .

- יציאת המעגל היא: F_T .

(10 נק') א. מלא במחברתך טבלת אמת של המעגל הלוגי עבור הכניסות C, B, A והיציאות F_T, F_2, F_1 .
הערה: הכניסה A היא Most Significant Bit – MSB.

(5 נק') ב.

1. (1 נק') הצג במחברתך את הפונקצייה $F_1(A, B, C)$ באמצעות מפת קרנו.

2. (2 נק') היעזר במפת קרנו שהכנת, וכתוב את הביטוי המפושט ביותר של הפונקצייה $F_1(A, B, C)$.

3. (2 נק') ממש את הפונקצייה F_1 המפושטת באמצעות שערים לוגיים.

(5 נק') ג.

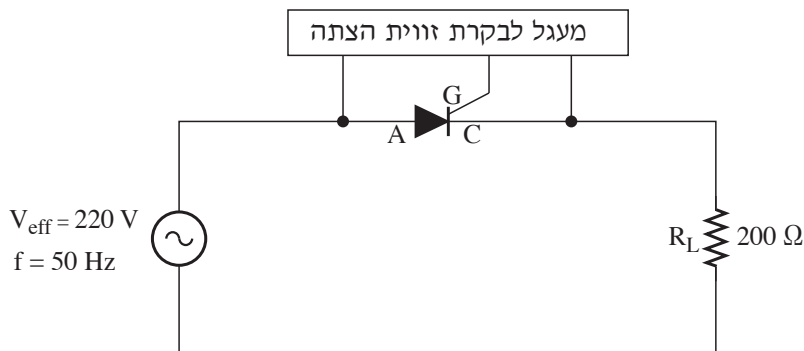
1. (1 נק') הצג במחברתך את הפונקצייה $F_T(A, B, C)$ באמצעות מפת קרנו.

2. (2 נק') היעזר במפת קרנו שהכנת, וכתוב את הביטוי המפושט ביותר של הפונקצייה $F_T(A, B, C)$.

3. (2 נק') ממש את הפונקצייה F_T המפושטת באמצעות שערים לוגיים.

שאלה 5

באיור א' לשאלה זו מוצג מעגל חשמלי לבקרת זווית ההצתה של רכיב שהדקיו הם: A, G, C.



איור א' לשאלה 5

א. (4 נק')

1. מהו שם הרכיב שהדקיו הם: A, G, C ?

2. ציין את שמותיהם של שלושת ההדקים: A, G, C.

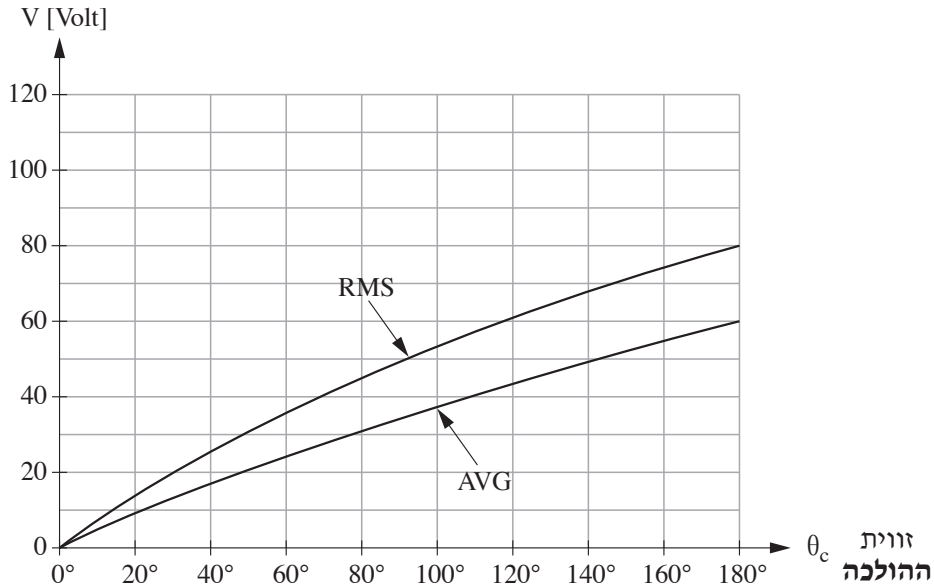
ב. (5 נק') מעגל ההצתה המתואר באיור א' מכוון כך שזווית ההצתה היא 90° .

סרטט במחברתך גרף המציג שני מחזורים של מתח הרשת כפונקצייה של הזמן.

סרטט מתחתיו, בהתאמה, גרף המציג שני מחזורים של מתח העומס (V_{R_L}) כפונקצייה של הזמן.

ציין בסרטוטך מתחי שיא ושפל וזמנים משמעותיים.

- ג. (6 נק') באיור ב' לשאלה זו מתואר אופיין המתח היעיל (RMS) ואופיין המתח הממוצע (AVG) כפונקציה של זווית ההולכה θ_c . אופיינים אלו מתאימים למעגל לבקרת זווית ההצתה המוצג באיור א'.



איור ב' לשאלה 5

1. (3 נק') מהו המתח היעיל (RMS) בזווית הצתה $\theta_f = 100^\circ$? בפתרון הנח זווית כיבוי: $\theta_x = 0^\circ$.
2. (3 נק') מהו המתח הממוצע (AVG) בזווית הצתה $\theta_f = 70^\circ$? בפתרון הנח זווית כיבוי: $\theta_x = 0^\circ$.

- ד. (5 נק') סרטט במחברתך מעגל חשמלי לבקרת זווית ההצתה של גל סינוס שלם.

שאלה 6

להלן נתונים הנקובים של מנוע לזרם ישר (DC) בעל מעגל עירור זר: $n_n = 1,800 \text{ RPM}$; $I_{a_n} = 220 \text{ A}$; $U_n = 400 \text{ V}$ כמו כן נתון: $R_a = 0.25 \Omega$.

להלן נוסחאות שיסייעו לך בפתרון השאלה:

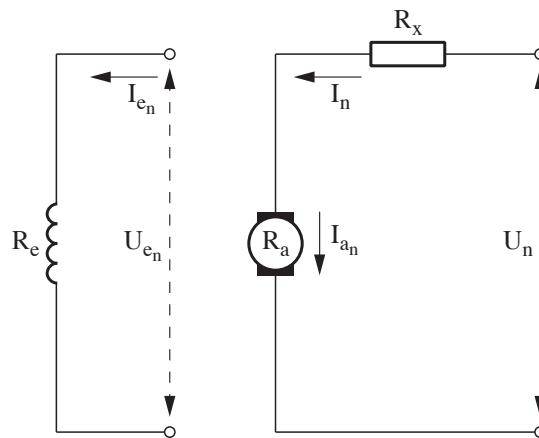
- הכא"מ של המנוע: $E = U - I_a \cdot R_a$

- ההספק האלקטרו-מגנטי של המנוע: $P_{em} = E \cdot I_a$

- מהירות הסיבוב של ציר המנוע: $n = \frac{E}{K_e \cdot \phi}$

(4 נק') א. חשב את הכא"מ של המנוע.

אחת השיטות לשינוי מהירות הסיבוב במנוע זרם ישר (DC) היא הוספת נגד R_x למעגל העוגן, כמוצג באיור לשאלה זו.



איור לשאלה 6

(12 נק') ב. מורידים את מהירות הסיבוב של המנוע ל- $1,514 \text{ RPM}$.

1. (4 נק') חשב את הכא"מ החדש של המנוע כאשר המנוע מועמס בעומס נקוב.

הערה: הנח כי השטף המגנטי של המנוע, ϕ , אינו משתנה.

2. (4 נק') חשב את זרם העוגן החדש העובר במנוע המועמס בעומס נקוב.

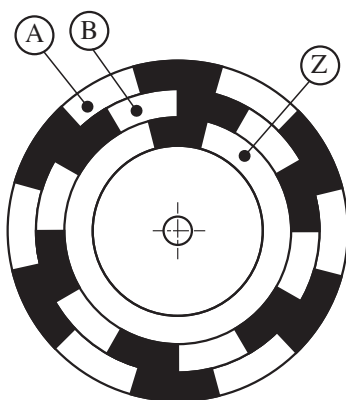
3. (4 נק') חשב את התנגדות הנגד R_x .

(4 נק') ג. ציין שתי שיטות נוספות לשינוי מהירות הסיבוב במנוע זרם ישר (DC) בעל עירור זר.

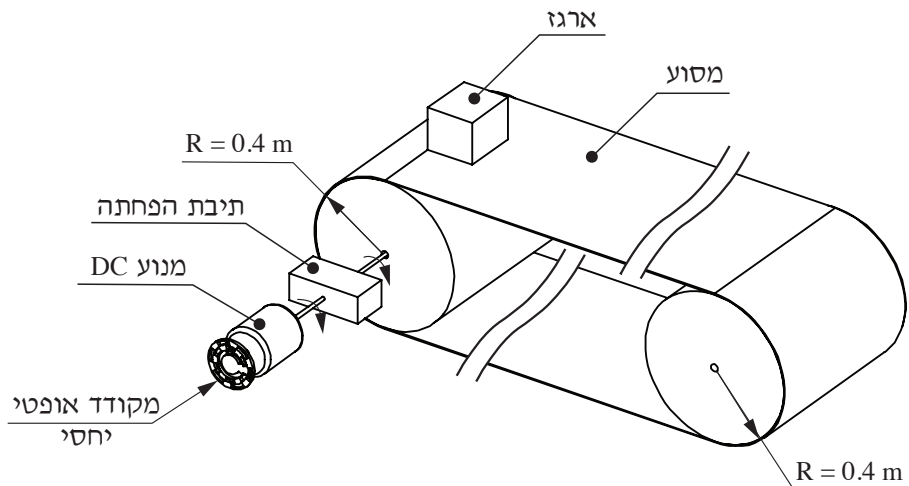
פרק שלישי: מכשור לבקרה

שאלה 7

באיור א' לשאלה זו מתואר חלק ממערכת לבקרת מהירות התנועה של מסוע המיועד להעברת ארגזים. על ציר המנוע מורכב מקודד אופטי יחסי (incremental encoder) בעל שני ערוצים: A ו-B. המבנה של המקודד מוצג באיור ב' לשאלה זו.



איור ב' לשאלה 7



איור א' לשאלה 7

7 (נק') א.

1. סרטט, זה מתחת לזה בהתאמה, שני מחזורים של צורת הפולסים של המתחים בשני הערוצים: $V_A(t)$, $V_B(t)$.

2. על סמך תשובתך בסעיף א' 1, הסבר כיצד נקבע כיוון הסיבוב של ציר המנוע.

3. איזה רכיב יש להוסיף למערכת כדי לקבוע את המיקום האמיתי של ארגז המונח על המסוע?

יש לסובב את המסוע בטווח מהירויות קוויות מ- $0.4 \frac{m}{sec}$ עד $2 \frac{m}{sec}$.

הרדיוס של גלגל המסוע הוא: $r = 0.4 m$.

יחס התמסורת של תיבת הפחתה הוא 1:8 (מהירות הסיבוב של ציר המנוע גדולה פי שמונה ממהירות הסיבוב של המסוע).

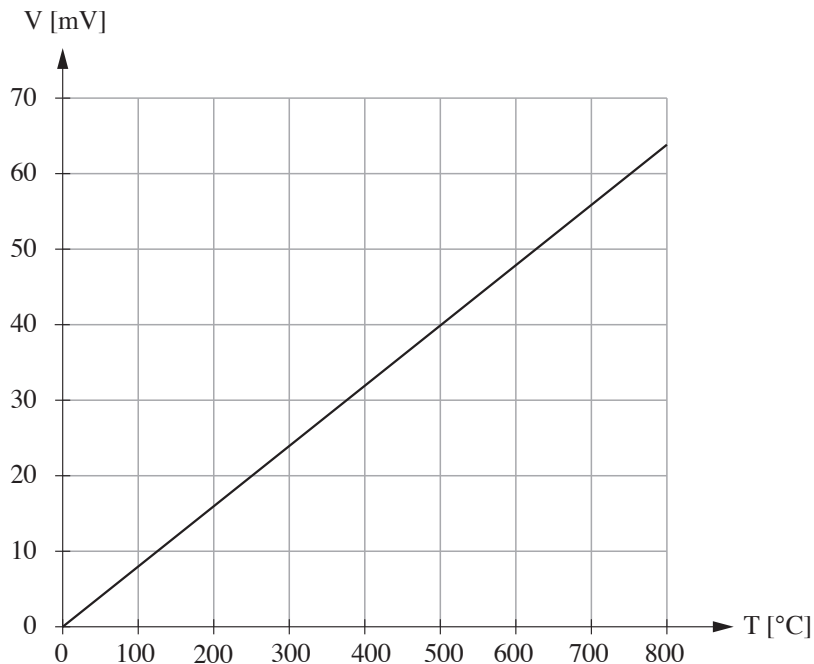
5 (נק') ב. מהו טווח מהירויות הסיבוב של ציר המנוע, ביחידות RPM?

5 (נק') ג. מהו מספר החריצים הנדרש בערוץ A של המקודד כך שיאפשר כושר הבחנה של $0.05 m$?

3 (נק') ד. המסוע התקדם למרחק של $1 m$ ונעצר. מהו מספר הפולסים שֶׁסֶפֶר המונה שבמקודד?

שאלה 8

באיור א' לשאלה זו נתון גרף של המתח החשמלי כפונקצייה של הטמפרטורה של חיישן צמד-חומני (thermocouple).



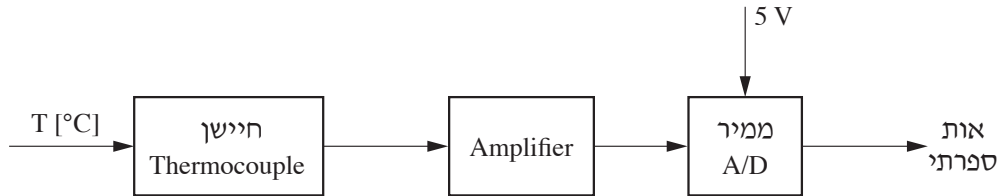
איור א' לשאלה 8

א. (2 נק') חשב את רגישות החיישן, ביחידות $\frac{mV}{^{\circ}C}$.

ב. (2 נק') תחום הטמפרטורות שהחיישן מודד הוא בין $0^{\circ}C$ ל- $800^{\circ}C$.

מהו תחום מתחי המוצא של החיישן עבור תחום המדידה הזה?

החיישן הזה פועל במערכת בקרה ממוחשבת, ולכן משתמשים בממיר A/D בעל מתח ייחוס של 5 V. באיור ב' לשאלה זו נתון תרשים מלבנים של המערכת.



איור ב' לשאלה 8

מגבר מתח (Amplifier) מותקן בין החיישן לממיר, כדי לקבל טווח מתחים שבין 0 V ל-5 V בכניסה לממיר A/D עבור תחום המדידה הרצוי (בין 0 °C ל-800 °C).

ג. (10 נק')

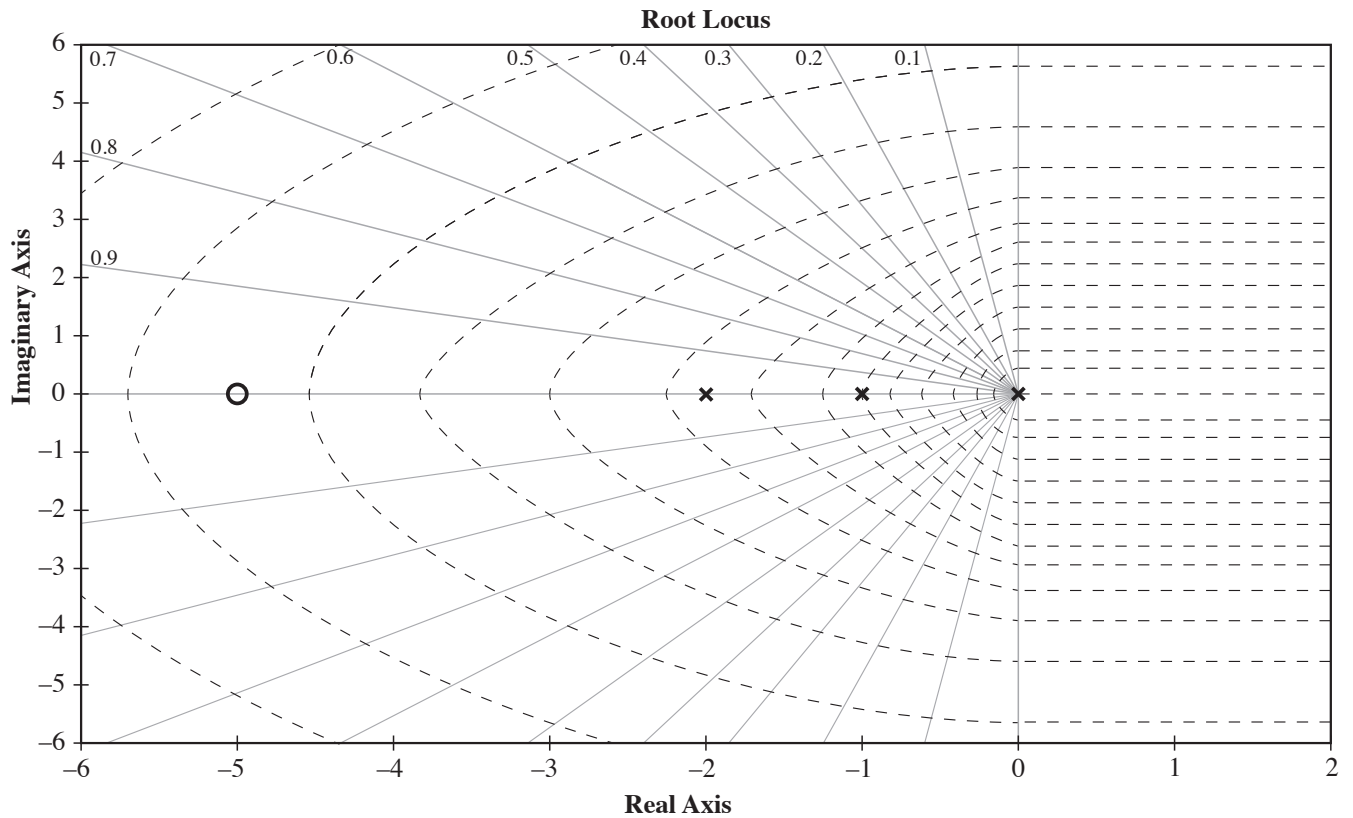
1. מהו ההגבר הדרוש למגבר המתח?

2. מהו מספר הסיביות (אורך המילה הבינארית) הנדרש במוצא ממיר ה-A/D כדי לאפשר

כושר הבחנה של 2 °C?

ד. (6 נק') כתוב את המילה הבינארית שתתקבל במוצא ממיר ה-A/D כאשר חיישן הטמפרטורה מודד טמפרטורה של T = 600 °C.

בהצלחה!



תרגום המונח			המונח
אנגלית	רוסית	ערבית	
disturbance signal	Помеха	إشارة التشويش	אות הפרעה
output signal	Выходной сигнал	إشارة المَخْرَج	אות יציאה
input signal	Входной сигнал	إشارة المدخل	אות כניסה
proportional controller	Пропорциональный регулятор	تحكُّم / مُتَحَكِّم تناسبِي	בקר יחסי
tap	Вентиль	حنفية (نقطة تفرُّع)	ברז
duty cycle	Относительная длительность включения	عامل دورة التشغيل	גורם מחזור
driver	Усилитель тока	مُشغِّل (دافع التيار)	דוחף זרם
amplification	Усиление	تضخيم	הגבר
voltage amplification	Усиление напряжения	تضخيم الجهد	הגבר מתח
pin	Выход	مُرَبِّط	הדק
ignition angle	Угол зажигания	زاوية الإشعال	זווית הצתה
closed loop	Замкнутая система	دائرة مغلقة	חוג סגור
sensor	Датчик	مِجَسَّ	חיישן
viscose friction	Вязкое трение	احتكاك فيسكوز لَزج	חיכוך ויסקוזי
truth table	Таблица истинности	جدول الصدق	טבלת-אמת
stable	Устойчивые	مستقر	יציב
step input	Входная единичная ступенчатая функция	إدخال تَدْرِيجِي	כניסת מדרגה
transistor amplifier	Транзисторный усилитель	مُضخِّم ترانزستوري	מגבר טרנזיסטורי
counter	Счетчик	عداد	מונה
controlled rectifier	Управляемый выпрямитель	مُقَوِّم مُراقَب	מיישר מבוקר
microcontroller	Микроконтроллер	ميكروكონترولر	מיקרו-בקר
switching	Переключение	تشغيل المفاتيح	מיתוג
tank	Резервуар	خزان	מִקְל

תרגום המונח			המונח
אנגלית	רוסית	ערבית	
A/D converter	Преобразователь A/D	مُحوّل A/D	ממיר A/D
stepper motor	Шаговый двигатель	مُحرّك خطويّ	מנוע צעד
conveyer	Конвейер	ناقل متحرّك	מסוע
logical circuit	Логическая схема	دائرة منطقيّة	מעגל לוגי
control system	Система управления	نظام التحكم	מערכת בקרה
stable system	Стабильная система	نظام مستقرّ	מערכת יציבה
air conditioning system	Система кондиционирования	نظام التكييف	מערכת מיזוג אוויר
level	Уровень	مستوى	מפלס
Karnaugh map	Таблица Карно	خارطة كارنو	מפת קרנו
steady state	Установившийся/ постоянный режим	حالة مُستمرّة	מצב מתמיד
effective voltage	Эффективное значение напряжения	الإجهاد الفعّال	מתח אפקטיבי
average voltage	Среднее значение напряжения	متوسّط الضغط	מתח ממוצע
sinusoidal voltage	Синусоидальное напряжение	جُهد المفتاح الإلكتروني مغناطيسيّ (السولنيد)	מתח סינוסואידלי
operating point	Рабочая точка	نقطة العمل	נקודת עבודה
bit	Бит	بِت	סיבית
anchor coil	Обмотка якоря	ملفّ العضو الثابت (ستاتور)	סליל עוגן
inductive load	Индуктивная нагрузка	حمل حثّي (تَحْرِيزِيّ)	עומס השראותי
resistive load	Резистивная нагрузка	حمل المُقاومة	עומס התנגדותי
luminance power	Сила освещения	شِدّة الإضاءة	עוצמת הארה
external excitation	Независимое возбуждение	تحريض خارجيّ	עירור זר
transfer function	Передаточная функция	دالّة الانتقال	פונקציית תמסורת
load line	Линия нагрузки	خطّ العمل	קו עבודה
control lines	Контролирующие линии	خطوط المراقبة	קווי בקרה

המונח	תרגום המונח		
	ערבית	רוסית	אנגלית
קוטב	قطب	Полнос	pole
קיטעון	قاطع	Режим отсечки	cut-off
קתודה משותפת	كاتود مشترك	Общий катод	common cathode
רוויה	مُشَبَّع	Режим насыщения	saturation
ריסון	كبح	Затухание	damping
שגיאה במצב מתמיד	الخطأ في حالة مُستَمِرَّة	Ошибка в установившемся/ постоянном режиме	steady state error
שער לוגי	بوابة منطقية	Логический элемент	logic gate
תדר	تردد	Частота	frequency
תהליך	عملية	Процесс	process
תפוקת הבקר	مُخْرَج التحكم	Выход контроллера	controller output
תצוגת שבעה מקטעים	عارضضة الأجزاء السبعة	Семи сегментный индикатор	seven segments display
תרשים מלבנים	مُخَطَّط المستطيلات	Функциональная схема	block diagram