

מערכות מכטרוניות ה'

(להנדסאי מכונות)

הוראות לנבחנים

א. משך הבחינה: ארבע שעות.

ב. מבנה השאלון ומפתח ההערכה: בשאלון זה שלושה פרקים ובהם שמונה שאלות.

עליכם לענות על ארבע שאלות על-פי בחירתכם, מכל השאלון.

לכל שאלה – 25 נקודות, סך-הכול – 100 נקודות.

ג. חומר עזר מותר בשימוש: מחשבון, מילונית מאושרת על ידי אגף הבחינות, וכל חומר עזר כתוב בכתב יד או מודפס על נייר.

ד. הוראות מיוחדות:

- בטרם תתחילו לענות על השאלות, קראו בעיון את השאלון כולו וודאו שההנחיות בדף השער מובנות לכם היטב.
- ענו על השאלות על-פי הסדר הנראה לכם.
- ענו על מספר השאלות הנדרש בשאלון. המעריך יקרא ויעריך את מספר התשובות הנדרש בלבד, לפי סדר כתיבתן במחברת, ולא יתייחס לתשובות נוספות.
- בכל שאלה ניתנו הנתונים לפתרונה. אם לדעתכם חסר נתון, הוסיפו אותו על-פי שיקול דעתכם ופתרו בעזרתו את השאלה. כתבו בתשובה את הנתון שהוספתם.
- בתשובה על שאלת חישוב, עליכם להציג את שלבי הפתרון באופן מפורט ולהסבירם בקצרה. קבלת מרב הנקודות מותנית במילוי דרישה זו.
- בנספח לשאלון זה מובא מילון מונחים בשפות עברית, ערבית, אנגלית ורוסית. תוכלו להיעזר בו בעת הצורך.

כתבו במחברת הבחינה בלבד, בעמודים נפרדים, כל מה שברצונכם לכתוב כטייטה (ראשי פרקים, חישובים וכדומה).
כתבו "טייטה" בראש כל עמוד טייטה. כתיבת טייטות כלשהן על דפים שמחוץ למחברת הבחינה עלולה לגרום לפסילת הבחינה!

בשאלון זה 6 עמודים ו-2 עמודי נספח.

השאלות בשאלון זה מנוסחות בלשון רבים,
אף על פי כן על כל תלמידה וכל תלמיד להשיב עליהן באופן אישי.

בהצלחה!

השאלות

בשאלון זה שלושה פרקים ובהם שמונה שאלות.
עליכם לענות על ארבע שאלות על-פי בחירתכם, מכל השאלון (לכל שאלה – 25 נקודות).

פרק ראשון: אלקטרוניקה

שאלה 1

במערכת לוגית נתונות ארבע כניסות בינאריות A_0, A_1, B_0, B_1 ושתי יציאות בינאריות Y_0 ו- Y_1 .
כאשר:

- A_0 ו- A_1 מייצגות את שתי סיביות ה-MSB (Most Significant Bits)
- B_0 ו- B_1 מייצגות את שתי סיביות ה-LSB (Least Significant Bits)

דרישות המערכת הן:

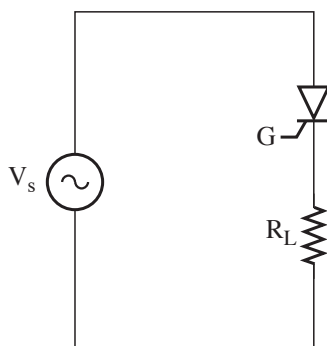
תנאי השוואה בין LSB ל-MSB	פלט (Y_0, Y_1)
$LSB > MSB$	01
$LSB < MSB$	10
$LSB = MSB$	00

- 10 נק') א. כתבו את טבלת האמת שמייצגת את המערכת.
- 6 נק') ב. צמצמו את הביטויים של היציאות Y_0 ו- Y_1 למינימום ליטרלים.
- 9 נק') ג. ממשו את המעגל בעזרת שערים לוגיים בסיסיים (AND, OR, NOT).

שאלה 2

באיור לשאלה 2 מתואר מעגל הכולל SCR המחובר לעומס התנגדותי $R_L = 100 \Omega$ ולמקור מתח חילופין $V_s(t) = 220\sqrt{2} \sin(\omega t)$.
תדירות הרשת היא 50 Hz.

SCR מופעל על ידי פולס שער (Gate) שניתן בכל מחזור בזווית הצתה α .



איור לשאלה 2

9 נק') א. סרטטו את צורת גל המתח על העומס עבור:

1. $\alpha = 30^\circ$

2. $\alpha = 90^\circ$

3. $\alpha = 150^\circ$

8 נק') ב. חשבו את הערך הממוצע של מתח היציאה על העומס V_{avg} לכל אחת מזוויות ההצתה $150^\circ, 90^\circ, 30^\circ$.

השתמשו בביטוי: $V_{avg} = \frac{V_{in}}{\pi} (1 + \cos \alpha)$

8 נק') ג. הסבירו כיצד שינוי זווית ההצתה משפיע על ההספק בעומס, ומה היתרון של שימוש ב-SCR בהשוואה לשימוש בנגד משתנה לשליטה בעוצמה.

שאלה 3

להלן נתוניו של מנוע השראה:

הספק המוצא: 5 kW

הנצילות: 60%

החליקה: 0.04

הפסדי הסטטור: 40% מכלל הפסדי המנוע

המנוע מחובר לרשת 50 Hz

6 נק') א. חשבו את ההספק הנצרך מהרשת.

7 נק') ב. חשבו את הפסדי המנוע, הסטטור והרוטור.

6 נק') ג. חשבו את ההספק האלקטרומגנטי.

6 נק') ד. חשבו את מהירות הסיבוב, אם ידוע שלמנוע יש 3 זוגות קטבים.

פרק שני: בקרת תהליכים

שאלה 4

נתונה פונקציית תמסורת של מערכת:

$$G_P = \frac{K}{s(s^2 + 2s + 2)}$$

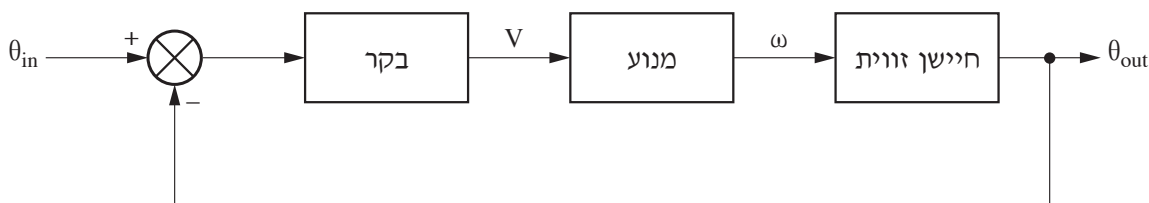
- א. (7 נק') סרטטו את דיאגרמת המג"ש של המערכת. (אם יש זוויות יציאה מקטבים מדומים אין צורך לחשב, סרטטו ביד חופשית את המהלך של הענף).
- ב. (6 נק') האם הנקודה $s = -0.5 + 0.866j$ נמצאת על המג"ש? נמקו תשובתכם.
- ג. (6 נק') קיימת דרישה לשגיאת מצב מתמיד הקטנה מ-15% לכניסת מדרגה. מה צריך להיות ההגבר כדי לענות על הדרישה? (יש לוודא יציבות של המערכת).
- ד. (6 נק') הבקר היחסי הוחלף בבקר $G_C = K(s + 1)^2$. עבור אילו ערכי K ניתן יהיה לענות על הדרישה לשגיאת מצב מתמיד הקטנה מ-15% לכניסת ריצה (מהירות)?

שאלה 5

באיור לשאלה 5 נתון תרשים מלבנים. יש לבצע תכן של מערכת לבקרת זווית.

הערה: חיישן הזווית מתרגם את מהירות הסיבוב של המנוע לזווית.

פונקציית התמסורת של המנוע היא: $G_m = \frac{50}{0.5s + 1}$



איור לשאלה 5

- א. (6 נק') העתיקו את התרשים למחברתכם והוסיפו את פונקציות התמסורת המתאימות בכל מלבן, וכתבו את פונקציית התמסורת $\frac{\theta_{out}}{\theta_{in}}$. (המערכת מבוקרת עם בקר פרופורציונלי).
- ב. (6 נק') למערכת נדרש יחס ריסון של $\tau = 0.7$. חשבו את הגבר הבקר ואת זמן ההתייצבות של המערכת לפי יחס זה.
- ג. (8 נק') מחליפים את הבקר היחסי בבקר PD, $G_C = K(s + 3)$. סרטטו את דיאגרמת המג"ש של המערכת.
- ד. (5 נק') על פי המג"ש שקיבלתם בסעיף ג', העריכו מה יהיה זמן התגובה המהיר ביותר של המערכת בחוג סגור, כאשר יחס הריסון יהיה בקירוב שווה ל-1.

שאלה 6

נתונה פונקציית תמסורת של חוג פתוח:

$$KGH(s) = \frac{K(s+4)}{(s+1)(s+1+j)(s+1-j)}$$

- (7 נק') א. כתבו את המשוואה האופיינית של המערכת בחוג סגור.
(9 נק') ב. מצאו את ערכו של ההגבר הקריטי של המערכת בעזרת טבלת ראוט.
(9 נק') ג. מה יהיה תדר התנודה של תגובת המערכת כאשר ההגבר יהיה ההגבר הקריטי?
(הציבו במשוואה האופיינית $s = j\omega$).

פרק שלישי: מכשור לבקרה

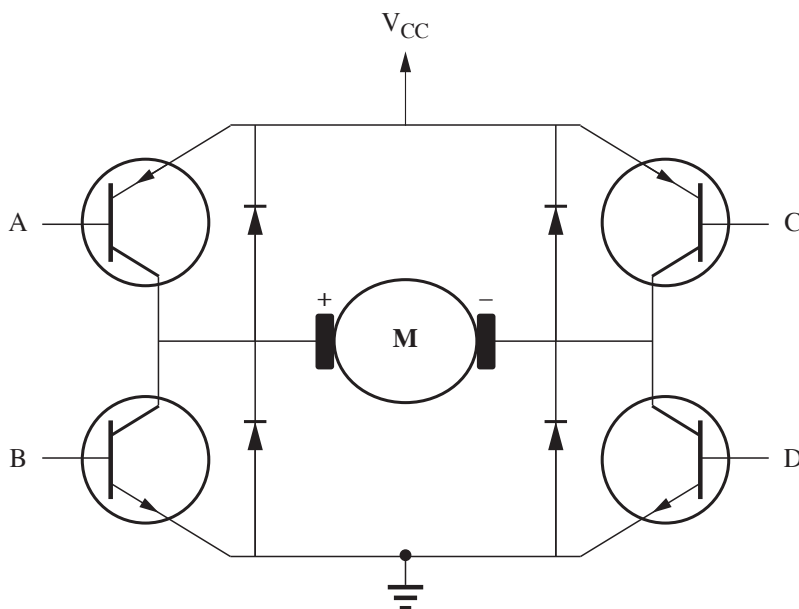
שאלה 7

נתון ממיר A/D בעל כושר הבחנה (רזולוציה) של 4.884 מיליוולט. המתח המרבי בכניסה הוא 20 V .

- (6 נק') א. חשבו את מספר המוצאים הספרתיים של הממיר.
(6 נק') ב. חשבו את המוצא אם במבוא מופיע מתח של 13.72 V .
(6 נק') ג. חשבו את מתח המבוא אם במוצא מופיעה המחרוזת 1010101010_{LBS} ·MBS.
(7 נק') ד. רוצים לשלב את הממיר במערכת בקרה למהירות מנוע בחוג סגור, הנשלטת באמצעות מחשב. סרטטו תרשים מלבנים עקרוני של המערכת המוצעת.

שאלה 8

באיור לשאלה 8 נתון מעגל בקרה למנוע זרם ישר.



איור לשאלה 8

- א. (6 נק') הסבירו את עקרון הפעולה של המעגל ואת תפקיד הדיודות.
- ב. (8 נק') העתיקו למחברתכם את הטבלה הנתונה והשלימו בעמודה השמאלית את מצב התנועה של המנוע (קדימה, אחורה או עמידה). הסבירו מה קורה במעגל בכל אחד מהמצבים.

תנועת המנוע	D	C	B	A
	1	0	0	1
	0	1	1	0
	0	1	0	1

1 – מופעל; 0 – לא מופעל

- ג. (6 נק') במעגל הנתון רוצים להחליף את הטרנזיסטורים הביפולריים בטרנזיסטורים מסוג MOSFET. האם בעקבות ההחלפה יחול שיפור במעגל הבקרה? נמקו את תשובתכם.
- ד. (5 נק') במעגל הנתון, האם ניתן לבקר את מהירות המנוע בשיטת PWM? נמקו את תשובתכם.

בהצלחה!

המונח	תרגום המונח		
	ערבית	רוסית	אנגלית
אות הפרעה	إشارة التشويش	Помеха	disturbance signal
אות יציאה	إشارة المَخْرَج	Выходной сигнал	output signal
אות כניסה	إشارة المدخل	Входной сигнал	input signal
בקר יחסי	تحكُّم / مُتحكَّم تناسبيّ	Пропорциональный регулятор	proportional controller
ברז	حنفيّة (نقطة تفرُّع)	вентиль	tap
גורם מחזור	عامل دورة التشغيل	Относительная длительность включения	duty cycle
דוחף זרם	مُشغِّل (دافع التيار)	Усилитель тока	driver
הגבר	تضخيم	Усиление	amplification
הגבר מתח	تضخيم الجهد	Усиление напряжения	voltage amplification
הדק	مربط	выход	pin
זווית הצתה	زاوية الإشعال	Угол зажигания	ignition angle
חוג סגור	دائرة مغلقة	Замкнутая система	closed loop
חיישן	مِجسّ	Датчик	sensor
חיכוך ויסקוזי	احتكاك فيسكوز لَزج	Вискозное трение	viscose friction
טבלת-אמת	جدول الصدق	Таблица истинности	truth table
יציב	مستقرّ	Устойчивые	stable
כניסת מדרגה	إدخال تَدْرِيجِيّ	Входная единичная ступенчатая функция	step input
מגבר טרנזיסטורי	مُضخِّم ترانزستوريّ	Транзисторный усилитель	transistor amplifier
מונה	عداد	счетчик	counter
מיישר מבוקר	مُقَوِّم مُراقَب	управляемый выпрямитель	controlled rectifier
מיקרו-בקר	ميكروكონترولر	Микроконтроллер	microcontroller
מיתוג	تشغيل المفاتيح	Переключение	switching
מָכָל	خزان	резервуар	tank
ממיר A/D	مُحوِّل A/D	Преобразователь A/D	A/D converter
מנוע צעד	مُحرِّك خطويّ	шаговый двигатель	stepper motor
מסוע	ناقل متحرِّك	Конвейер	conveyer
מעגל לוגי	دائرة منطقيّة	Логическая схема	logical circuit
מערכת בקרה	نظام التحكم	Система управления	control system
מערכת יציבה	نظام مستقرّ	Стабильная система	stable system

תרגום המונח			המונח
אנגלית	רוסית	ערבית	
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 مُستَمِرَّة	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 الإلكترو 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	شِدَّة الإضاءة	עוצמת הארה
external excitation	независимое возбуждение	تحريض خارجي	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
pole	Полус	قطب	קוטב
cut-off	Режим отсечки	قاطع	קיטעון
common cathode	Общий катод	كاتود مشترك	קתודה משותפת
saturation	Режим насыщения	مُشَبَّع	רוויה
damping	Затухание	كبح	ריסון
steady state error	Ошибка в установившемся/ постоянном режиме	الخطأ في حالة مُستَمِرَّة	שגיאה במצב מתמיד
logic gate	Логический элемент	بوابة منطقيّة	שער לוגי
frequency	Частота	تردّد	תדר
process	Процесс	عملية	תהליך
controller output	выход контроллера	مُخْرَج التحكم	תפוקת הבקר
seven segments display	Семи сегментный индикатор	عارضه الأجزاء السبعة	תצוגת שבעה מקטעים
block diagram	Функциональная схема	مُخَطَّط المستطيلات	תרשים מלבניים