

מערכות פיקוד ובקרה א'

יחידת לימוד אחת

(כיתה י"ב)

הוראות לנבחן

א. משך הבחינה: שעותיים.

ב. מבנה השאלון ומפתח ההערכה: בשאלון שלושה פרקים, ובהם שמונה שאלות. יש לענות על ארבע שאלות בלבד: שאלה אחת לפחות מן הפרק הראשון ושאלה אחת לפחות מן הפרק השני. לכל שאלה — 25 נקודות. סך-הכול — 100 נקודות.

ג. חומר עזר מותר לשימוש: מחשבון.

ד. הוראות מיוחדות:

- ענה על מספר השאלות הנדרש בשאלון. המעריך יקרא ויעריך את מספר השאלות הנדרש בלבד, לפי סדר כתיבתן במחברתך, ולא יתייחס לתשובות נוספות.
- התחל כל תשובה לשאלה חדשה בעמוד חדש.
- רשום את תשובותיך אך ורק בעט.
- הקפד לנסח את תשובותיך כהלכה ולסרטט את תרשימיך בהירות.
- כתוב את תשובותיך בכתב-יד ברור, כדי לאפשר הערכה נאותה שלהן.
- אם לדעתך חסרים נתונים הדרושים לפתרון השאלה, אתה רשאי להוסיף אותם, בתנאי שתנמק מדוע הוספת אותם.
- בכתיבת פתרונות חישוביים, קבלת מֶרב הנקודות מותנית בהשלמת כל המהלכים שלהלן, בסדר שבו הם רשומים:
 - * רישום הנוסחה המתאימה.
 - * הצבה של כל הערכים ביחידות המתאימות.
 - * חישוב (אפשר באמצעות מחשבון).
 - * רישום התוצאה המתקבלת יחד עם יחידות המידה המתאימות.
 - * ליווי הפתרון החישובי בהסבר קצר.

בשאלון זה 5 עמודים ונוסחאון.

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

בהצלחה!

השאלות

בשאלון שלושה פרקים, ובהם שמונה שאלות. יש לענות על ארבע שאלות בלבד, שאלה אחת לפחות מן הפרק הראשון ושאלה אחת לפחות מן הפרק השני.

פרק ראשון: מערכות הספק

ענה על שאלה אחת לפחות מבין השאלות 1–3 (לכל שאלה – 25 נקודות).

שאלה 1

בהפעלת מזגן ביתי משתמשים במפסק אוטומטי מגנטי-תרמי (מאמ"ת) של 16 A .

א. איזו הגנה תפעל במקרה של עומס יתר? נמק את תשובתך.

ב. איזו הגנה תפעל במקרה של קצר? נמק את תשובתך.

שאלה 2

מנוע תלת-מופעי של משאבת מים מחובר ישירות לרשת החשמל 400 V / 50 Hz .

נתוני מנוע המשאבה: $\eta = 86\%$; $\cos \varphi = 0.84$; $P = 5.5 \text{ kW}$.

א. חשב את הזרם במעגל ההזנה של המנוע.

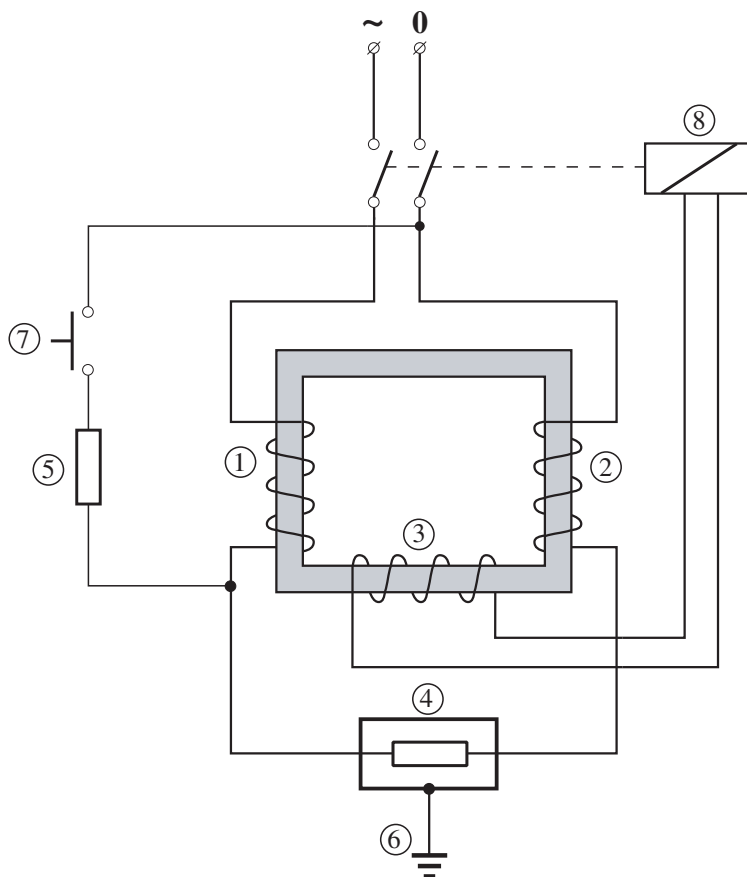
ב. 1. לרשותך מבטחים שזרמיהם הנקובים הם: 10 A , 16 A , 25 A ו- 32 A .

איזה מבטח מביניהם יש לחבר במעגל ההזנה של המנוע? נמק את קביעתך.

2. מהו סוג המפסק שיש לחבר במעגל ההזנה של המנוע?

שאלה 3

באיור לשאלה 3 נתון תרשים עקרוני של ממסר פחת.



איור לשאלה 3

- א. מהו תפקידו של ממסר פחת במתקן חשמלי?
- ב. רשום את שמות הרכיבים המסומנים באיור בספרות $(1) \div (8)$.

פרק שני: המרת אנרגיה

ענה על שאלה אחת לפחות מבין השאלות 4–6 (לכל שאלה – 25 נקודות).

שאלה 4

שנאי חד-מופעי אידיאלי מוזן מרשת חשמל שהתדר שלה הוא 50 Hz .

שטח החתך האחיד של גרעין השנאי הוא 0.015 m^2 , והשדה המגנטי המרבי שלו הוא $1.5 \frac{\text{Wb}}{\text{m}^2}$.
המתח בסליל הראשוני של השנאי הוא 250 V , והמתח בסליל השניוני – 125 V .

א. חשב את יחס ההשנאה של השנאי.

ב. חשב את מספר הכריכות בסליל הראשוני ואת מספר הכריכות בסליל השניוני.

שאלה 5

נתוניו הנקובים של מנוע השראתי תלת-מופעי הם:

30 kW ; 920 r.p.m. ; 400 V / 50 Hz

א. חשב את המהירות הזוויתית של המנוע.

ב. חשב את מומנט הסיבוב על ציר המנוע.

שאלה 6

נתון מנוע השראתי תלת-מופעי.

א. סרטט אופיין של מומנט המנוע בתלות במהירות הרוטור.

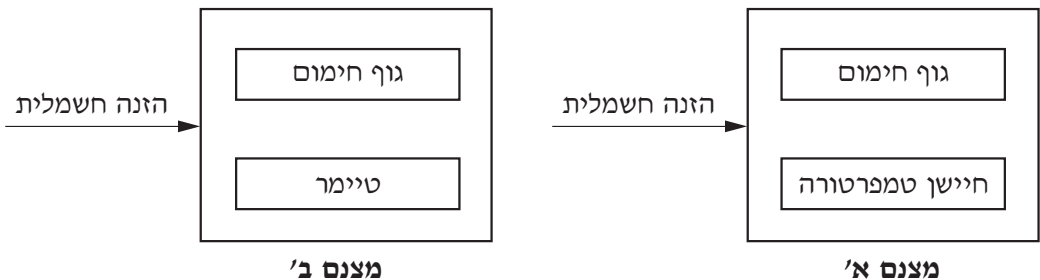
ב. ציין על האופיין שסרטטת את מומנט ההתנעה, את המומנט המרבי ואת המומנט הנקוב.

פרק שלישי: בקרה ומערכות ממוחשבות

(לכל שאלה – 25 נקודות).

שאלה 7

באיור לשאלה 7 נתונים תרשימי-מלבנים עקרוניים של שני מצנמים (טוסטרים). כל מצנם כולל גוף חימום חשמלי ומערכת בקרה.



איור לשאלה 7

ציין מהו סוג הבקרה (בקרה בחוג פתוח, בקרה בחוג סגור) בכל אחד מן המצנמים. נמק את תשובתך.

שאלה 8

מערכת לבקרת המפלס של נוזל במְכָל־אגירה כוללת משאבת מילוי, פתח ריקון, לוח חיווי עם נוריות סימון, ושני מדי מפלס. מְכָל־האגירה מלא בתחילת תהליך הבקרה. המערכת מבקרת את הגובה של מפלס הנוזל במכל, ומפעילה את משאבת המילוי ולוח החיווי כמתואר להלן:

1. אם גובה המפלס ירד למחצית גובה המכל – נדלקת נורית סימון אדומה ומופעלת משאבת המילוי.
 2. אם גובה המפלס מקסימלי – מופסקת פעולת משאבת המילוי ונדלקת נורית סימון ירוקה.
- א. רשום סוג של חיישן המתאים למדידת מפלס הנוזל במערכת הזו.
- ב. מהו סוג ניהול הבקרה (בקרה בדידה/בקרה רציפה) במערכת הזו? נמק את תשובתך בהתאם לסוג החיישן שרשמת בסעיף א'.

בהצלחה!

אין להעביר את הנוסחאון
לנבחן אחר

נוסחאון במערכות פיקוד ובקרה

(9 עמודים)

הגדלים בנוסחאון מופיעים ביחידות SI

$$1 \text{ [N} \cdot \text{m]} = \frac{1}{9.81} \text{ [kgf} \cdot \text{m]}$$

א. המרת אנרגיה

1. מכונות לזרם ישר

1.1 מתח מושרה

$$E = \frac{Npn\Phi}{60 a}$$

$$C_e = \frac{Np}{60 a}$$

$$E = C_e \cdot \Phi \cdot n$$

—	E	[V]	כא"מ מושרה ברוטור
—	N		מספר מוליכים ברוטור
—	p		מספר זוגות קטבים
—	n	[r.p.m]	מהירות סיבוב
—	a		מספר זוגות ענפים
			מקבילים ברוטור
—	Φ	[Wb]	שטף
—	C_e		מקדם

1.2 מומנטים

מומנט נקוב	—	M	$[N \cdot m]$	$M = \frac{P}{\omega}$
הספק	—	P	$[W]$	
מהירות זוויתית	—	ω	$\left[\frac{\text{rad}}{\text{sec}} \right]$	$\omega = 2 \pi \frac{n}{60}$
מהירות סיבוב	—	n	$[r.p.m]$	
מקדם	—	C_m		$C_m = \frac{N_p}{2 \pi a}$
מספר מוליכים ברוטור	—	N		
מספר זוגות קטבים	—	p		
מספר זוגות ענפים	—	a		
מקבילים ברוטור				
מומנט אלקטרומגנטי	—	M_{em}	$[N \cdot m]$	$M_{em} = C_m \Phi I_a$
שטף	—	Φ	$[Wb]$	$P_{em} = E I_a$
זרם הרוטור	—	I_a	$[A]$	
הספק אלקטרומגנטי	—	P_{em}	$[W]$	$\frac{C_e}{C_m} = 0.1047$

1.3 מהירות סיבוב

				$n = \frac{U - I_a R_a}{C_e \Phi}$	במנוע:
מתח זינה	—	U	$[V]$		
התנגדות סליל הרוטור	—	R_a	$[\Omega]$	$I_a = I + I_f$	בגנרטור:

1.4 מכונה לזרם ישר בעירור מקבילי

הזרם הנצרך/המסופק — I [A]

זרם סליל העירור — I_f [A]

זרם סליל הרוטור — I_a [A]

$$I = I_a + I_f$$

במנוע:

$$I_a = I + I_f$$

בגנרטור:

2. שנאי חד-מופעי

2.1 מתח מושרה בסליל

כא"מ מושרה בסליל הראשוני — E_1 [V]

כא"מ מושרה בסליל השניוני — E_2 [V]

שטף מרבי בגרעין — $\Phi_{\max}$ [Wb]

מספר הכריכות בסליל הראשוני — N_1

מספר הכריכות בסליל השניוני — N_2

תדירות — f [Hz]

השראה מגנטית מרבית — $B_{\max}$ [Wb / m²] ; [T]

שטח החתך של הגרעין — A [m²]

יחס השנאה — a

מתח בסליל הראשוני — U_1 [V]

מתח בסליל השניוני — U_2 [V]

זרם בסליל הראשוני — I_1 [A]

זרם בסליל השניוני — I_2 [A]

$$E_1 = 4.44 f \Phi_{\max} N_1$$

$$E_2 = 4.44 f \Phi_{\max} N_2$$

$$\Phi_{\max} = B_{\max} A$$

$$a = \frac{N_1}{N_2} = \frac{U_1}{U_2} = \frac{I_2}{I_1}$$

2.2 נצילות השנאי

$$\beta = \frac{S}{S_n}$$

גורם העמסה	—	β
הספק מדומה	—	S [VA]
הספק מדומה נקוב	—	S_n [VA]

$$\eta = \frac{P_2}{P_2 + \Delta P_{Cu} + \Delta P_{Fe}}$$

נצילות השנאי	—	η
הספק המוצא	—	P_2 [W]
הפסדי נחושת	—	ΔP_{Cu} [W]

$$\eta = \frac{\beta \cdot S_n \cos \varphi_2}{\beta S_n \cos \varphi_2 + \beta^2 \Delta P_{Cu_n} + \Delta P_{Fe}}$$

הפסדי ברזל	—	ΔP_{Fe} [W]
הפסדי נחושת בזרם נקוב	—	ΔP_{Cu_n} [W]

3. מנוע השראתי

$$\omega_n = \frac{2\pi n_n}{60}$$

$$M_n = \frac{P_n}{\omega_n}$$

מומנט נקוב	—	M_n [N · m]
הספק נקוב	—	P_n [W]
מהירות זוויתית נקובה	—	ω_n $\left[\frac{\text{rad}}{\text{sec}} \right]$

מהירות הרוטור	—	n_n [r.p.m]
---------------	---	---------------

מהירות סינכרונית	—	n_s [r.p.m]
------------------	---	---------------

מספר זוגות קטבים	—	p
------------------	---	-----

מקדם החליקה	—	s
-------------	---	-----

$$s = \frac{n_s - n_n}{n_s}$$

$$n_s = \frac{60 f}{p}$$

תדירות הרשת	—	f_1 [Hz]
-------------	---	------------

תדירות זרמי הרוטור	—	f_2 [Hz]
--------------------	---	------------

$$f_2 = s f_1$$

זרם נקוב	—	I_n [A]
----------	---	-----------

נצילות המנוע	—	η
--------------	---	--------

מקדם ההספק של המנוע	—	$\cos \varphi$
---------------------	---	----------------

מתח ההזנה הקווי	—	U [V]
-----------------	---	---------

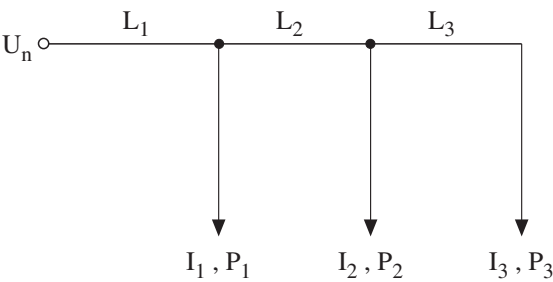
$$I_n = \frac{P_n}{\sqrt{3}U \cdot \cos \varphi \cdot \eta}$$

ב. מערכות הספק

1. מוליכות סגולית של מוליכים

חמרן	נחושת	
34 – 37	55 – 57	γ – מוליכות סגולית $[m / \Omega mm^2]$

2. מפלי מתח והפסדי הספק



במתח ישר

מפל המתח	–	ΔU [V]
מוליכות סגולית	–	γ $[m / \Omega mm^2]$
שטח חתך המוליך	–	A $[mm^2]$
הפסדי הספק	–	ΔP [W]
זרם של צרכן n	–	I_n [A]
מתח נומינלי של הרשת	–	U_n [V]

$$\Delta U = \frac{2}{\gamma A} \left[L_1 (I_1 + I_2 + I_3) + L_2 (I_2 + I_3) + L_3 I_3 \right]$$
$$= \frac{2}{\gamma A} \left[I_1 L_1 + I_2 (L_1 + L_2) + I_3 (L_1 + L_2 + L_3) \right]$$

$$\Delta P = \frac{2}{\gamma A} \left[L_1 (I_1 + I_2 + I_3)^2 + L_2 (I_2 + I_3)^2 + L_3 I_3^2 \right]$$

$$I_n = \frac{P_n}{U_n}$$

שיפור מקדם ההספק ($\cos \varphi$)

3.

$$P = S \cos \varphi$$

— P [kW] הספק אקטיבי של הצרכן

$$Q = S \sin \varphi$$

— S [kVA] הספק מדומה של הצרכן

— φ [°] זווית בין זרם ומתח של הצרכן

$$Q = P \tan \varphi$$

— Q [kVAr] הספק ריאקטיבי של הצרכן

$$S = \sqrt{P^2 + Q^2}$$

— Q_c [kVAr] הספק ריאקטיבי של סוללת

קבלים, הנדרשת לשיפור
מקדם ההספק

$$Q_c = P (\tan \varphi_1 - \tan \varphi_2)$$

— φ_1 [°] זווית לפני השיפור

— φ_2 [°] זווית אחרי השיפור

$$Q_{c1} = \frac{Q_c}{3}$$

— Q_{c1} [kVAr] הספק הקבל במופע אחד

— C [μF] קיבול הקבל הנדרש (במופע

אחד)

$$C = \frac{Q_{c1} \cdot 10^9}{U^2 \omega}$$

— U [V] מתח על הקבל

$$\omega = 2\pi f$$

— f [Hz] תדירות הרשת

מקדם ההספק הנדרש על-ידי

חברת החשמל: 0.92 .

4. תכנון מתקן חשמל

4.1 מקדם הביקוש

P_m [kW] — ההספק המותקן במתקן

P_f [kW] — צריכת ההספק הצפויה
בפועל

k — מקדם הביקוש

$$P_f = P_m \cdot k$$

מקדם הביקוש של בניין לפי מספר הדירות שבו

מספר דירות בבניין	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
מקדם הביקוש	0.95	0.90	0.87	0.81	0.75	0.72	0.70	0.68	0.65	0.64	0.63

מספר דירות בבניין	13	14	15	18	20	25	30	35	40	45	50
מקדם הביקוש	0.62	0.61	0.60	0.59	0.58	0.57	0.56	0.55	0.54	0.53	0.52

4.2 מבטח להגנה בפני זרם העמסת יתר בלבד

I_b [A] — זרם העבודה הממושך
במעגל

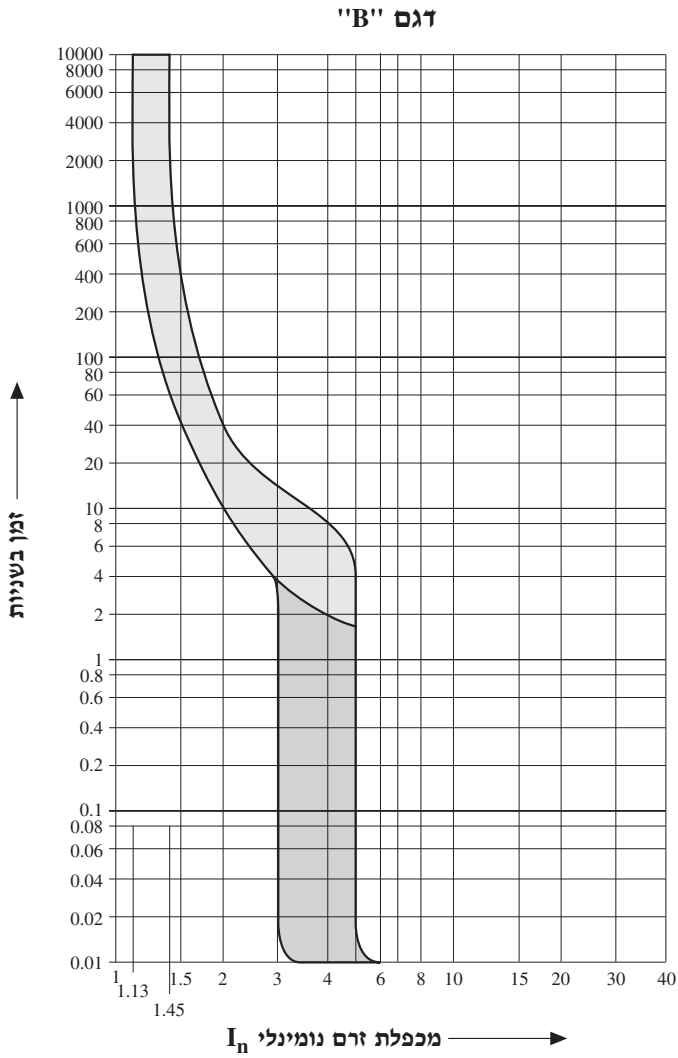
I_n [A] — הזרם הנומינלי של המבטח
או הזרם שאליו הוא כוון

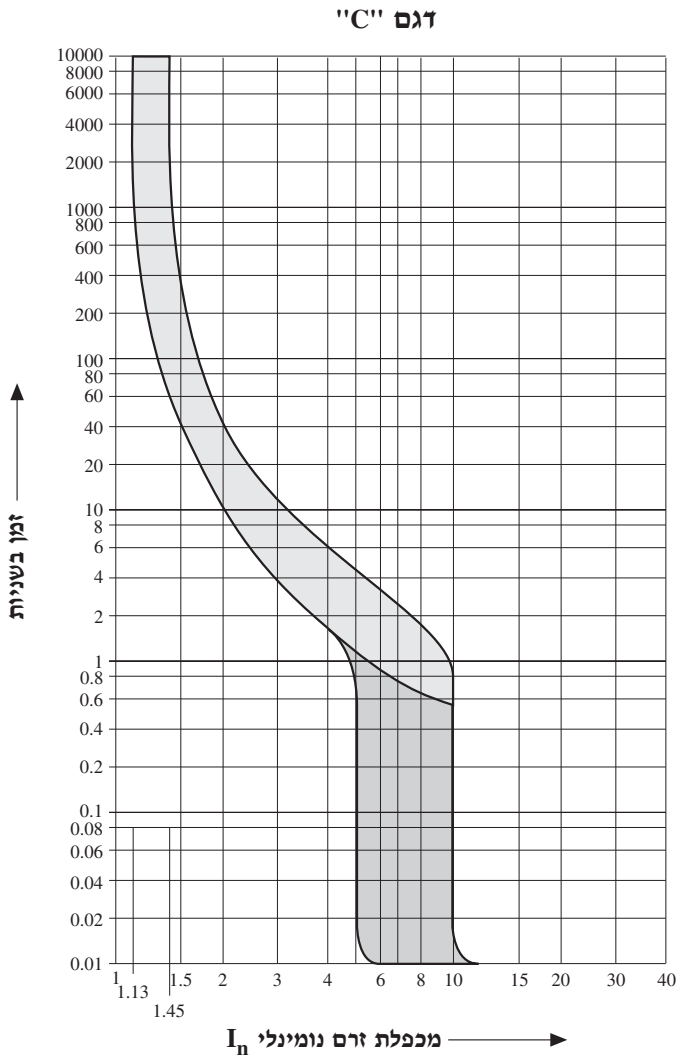
I_z [A] — הזרם המתמיד המרבי של
המוליך

$$I_b \leq I_n \leq I_z$$

מעגל חד-מופעי	מעגל תלת-מופעי
$I_b = \frac{P}{U \cdot \cos \varphi \cdot \eta}$ $U = 230 \text{ V}$	$I_b = \frac{P}{\sqrt{3} U \cdot \cos \varphi \cdot \eta}$ $U = 400 \text{ V}$

5. אופיינים של מפסקים חצי-אוטומטיים זעירים





בהצלחה!