

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 ארבע תשובות בלבד, לפי סדר כתיבתן במחברתך, ולא יתייחס לתשובות נוספות.
- התחל כל תשובה בעמוד חדש.
- רשום את תשובותיך אך ורק בעט.
- הקפד לנסח את תשובותיך כראוי ולסרטט את תרשימיך בבהירות.
- כתוב את תשובותיך בכתב-יד ברור, כדי לאפשר הערכה נאותה.
- 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 התוצאות המתקבלות ולצדן יחידות המדידה המתאימות.

* ליווי הפתרון החישובי בהסבר קצר, לפי הצורך.

בשאלון זה 7 עמודים ו-9 עמודי נוסחאון.

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

בהצלחה!

השאלות

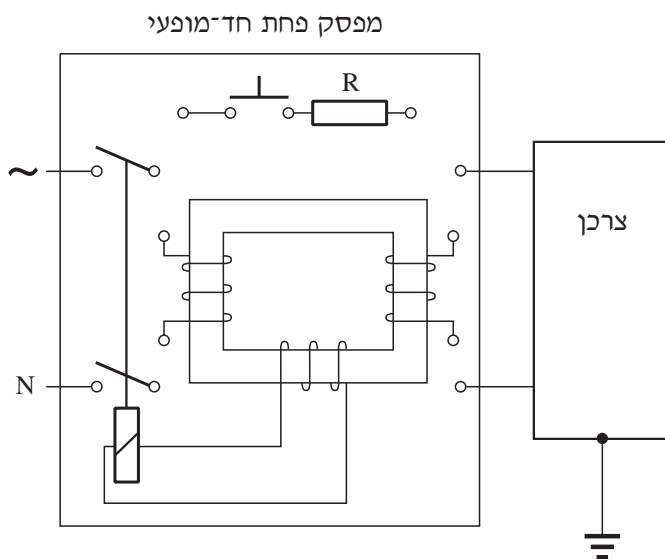
בשאלון זה שלושה פרקים, ובהם שמונה שאלות. יש לענות על ארבע שאלות בלבד, שאלה אחת לפחות מן הפרק הראשון ושאלה אחת לפחות מן הפרק השני.

פרק ראשון: מערכות הספק

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

שאלה 1

באיור לשאלה 1 נתון תרשים עקרוני חלקי של מפסק פחת חד-מופעי עם לחצן בדיקה. העתק את התרשים העקרוני למחברתך.



איור לשאלה 1

א. השלם בתרשים שבמחברתך את החיבורים החסרים במעגל החשמלי (המגנטי).

ב. השלם את החיבורים החסרים במעגל לחצן הבדיקה.

- ג. העתק את הטבלה שלהלן למחברתך והשלם בכל שורה את סוג מפסק הפחת הנדרש לכל אחד משלושת סוגי הצרכנים השונים. מפסקי הפחת העומדים לרשותך הם מהסוגים הבאים: 25 A/300 mA ; 25 A/30 mA ; 25 A/10 mA .

הצרכן	מפסק הפחת הנדרש
דירת מגורים	
מדיח כלים תעשייתי	
חדר מרחצאות במכון כושר	

טבלה לשאלה 1

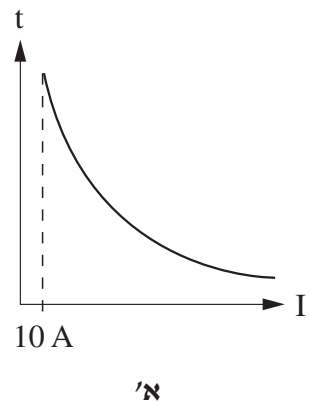
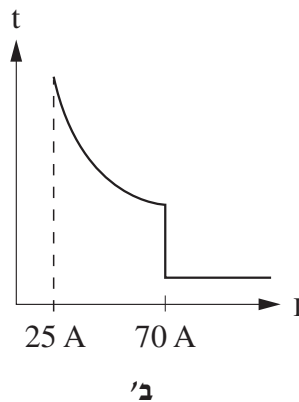
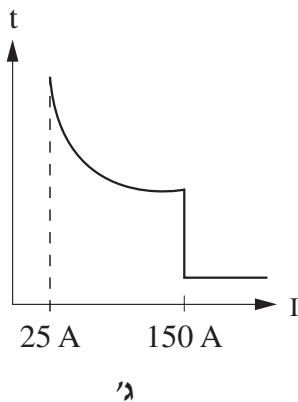
שאלה 2

נתוניו של מנוע השראה תלת-מופעי הם:

$$11 \text{ kW} ; 400 \text{ V} ; 50 \text{ Hz} ; \cos \varphi = 0.82 ; \eta = 85\%$$

$$I_{\text{start}} = 6 \cdot I_n$$

- א. חשב את הזרם הנקוב של המנוע.
- ב. באיור לשאלה 2 נתונים שלושה סוגי מבטחים לקו ההזנה של המנוע. קבע איזה מהם הוא המתאים ביותר להגנה על המנוע. נמק את קביעתך.



איור לשאלה 2

שאלה 3

דוד חשמל ביתי לחימום מים כולל את הרכיבים החשמליים והמכניים הבאים:

1. מכל הדוד
2. גוף חימום
3. תרמוסטט
4. מפסק הפעלה
5. נורת סימון
6. מבטח
7. הארקה

סרטט תרשים עקרוני הכולל את שבעת הרכיבים שנמנו לעיל וכן את כל החיבורים החשמליים הנדרשים לעבודה תקינה של דוד החשמל.

פרק שני: המרת אנרגיה

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

שאלה 4

נתוניו של שנאי חד-מופעי אידאלי הם:

$$1 \text{ kVA} ; U_2 = 50 \text{ V} ; I_1 = 10 \text{ A}$$

- א. חשב את יחס ההשנאה של השנאי.
- ב. חשב את הזרם הנקוב I_2 .
- ג. חשב את המתח על הסליל השניוני, אם ידוע כי מספר הליפופים בסליל השניוני הוקטן ל-40% ממספר הליפופים ההתחלתי.

שאלה 5

למנוע השראה תלת-מופעי בעל 2 זוגות קטבים יש מקדם חליקה נקוב של 2% . המנוע מוזן מרשת תלת-מופעית 400 V/50 Hz .

- א. חשב את המהירות הסינכרונית של המנוע.
- ב. חשב את מהירות הרוטור.
- ג. חשב את הספק המנוע, אם נתון שהזרם הנקוב הוא 10 A במקדם הספק 0.8 ובנצילות של 85% .

שאלה 6

- א. באיזו מהירות מתקבל מומנט ההתנעה במנוע השראה תלת-מופעי?
- ב. מהו המומנט המתקבל במנוע השראה תלת-מופעי על-גבי ציר המנוע בחליקה קריטית?
- ג. מעוניינים לחבר לציר המנוע עומס נגדי בעל מומנט שערכו 20 Nm . נתונים שלושה מנועי השראה תלת-מופעיים בעלי מומנטי ההתנעה האלה:

$$M_{st1} = 10 \text{ Nm} ; M_{st2} = 15 \text{ Nm} ; M_{st3} = 25 \text{ Nm}$$

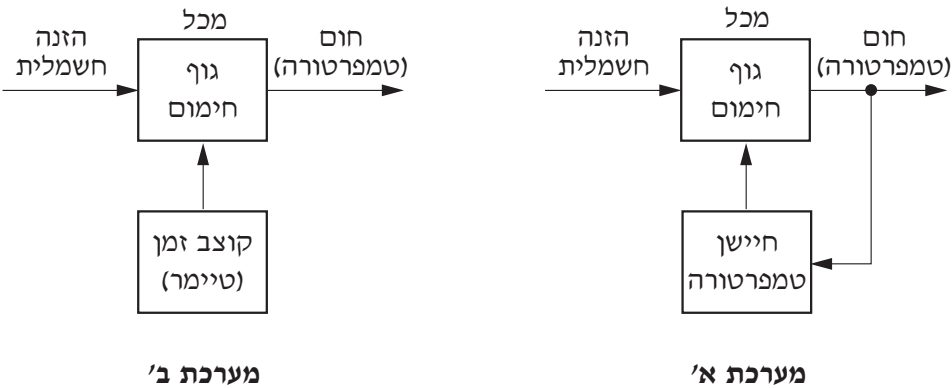
איזה מהמנועים הוא המתאים ביותר לעבודה תקינה? נמק את תשובתך.

פרק שלישי: בקרה ומערכות ממוחשבות

לכל שאלה – 25 נקודות.

שאלה 7

באיור לשאלה 7 מתואר תרשים מלבנים עקרוני של שתי מערכות חימום במקל.



איור לשאלה 7

העתק את הטבלה שלהלן למחברתך והשלם אותה.

מערכת	סוג חוג הבקרה	סוג ניהול הבקרה
מערכת א'		
מערכת ב'		

שאלה 8

בטבלה שלהלן נתונה רשימת רכיבים במכונת כביסה.
העתק את הטבלה למחברתך וסמן (X) בעמודה המתארת נכונה את תפקידו של כל אחד מן הרכיבים.

חיישן	יחידת שליטה	מפעיל	הרכיב
			1. מנוע חשמלי
			2. ברז חשמלי
			3. גוף חימום
			4. תרמוסטט
			5. מפסק מגע בדלת הכנסת הכבסים
			6. מצוף
			7. טיימר
			8. משאבת ריקון
			9. בורר פעולת כביסה

בהצלחה!

זכות היוצרים שמורה למדינת ישראל.
אין להעתיק או לפרסם אלא ברשות משרד החינוך.

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

$$E = \frac{N_p n \Phi}{60 a}$$

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

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

—	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

גורם העמסה	—	β
הספק מדומה	—	S [VA]
הספק מדומה נקוב	—	S_n [VA]
נצילות השנאי	—	η
הספק המוצא	—	P_2 [W]
הפסדי נחושת	—	ΔP_{Cu} [W]
הפסדי ברזל	—	ΔP_{Fe} [W]
הפסדי נחושת בזרם נקוב	—	ΔP_{Cu_n} [W]

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

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

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

3. מנוע השראתי

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

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

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

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

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

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]

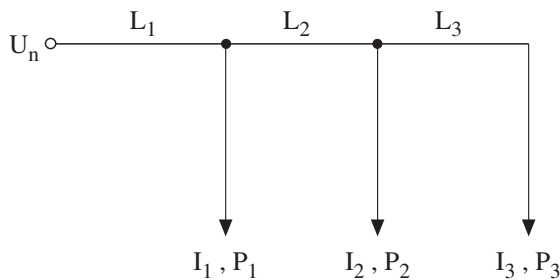
$$I_n = \frac{P_n}{\sqrt{3}U \cdot \cos \varphi \cdot \eta}$$

ב. מערכות הספק

1. מוליכות סגולית של מוליכים

חומר	נחושת	
34 – 37	55 – 57	γ – מוליכות סגולית [$\text{m} / \Omega \text{mm}^2$]

2. מפלי מתח והפסדי הספק



במתח ישר

מפל המתח	—	ΔU [V]
מוליכות סגולית	—	γ [$\text{m} / \Omega \text{mm}^2$]
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

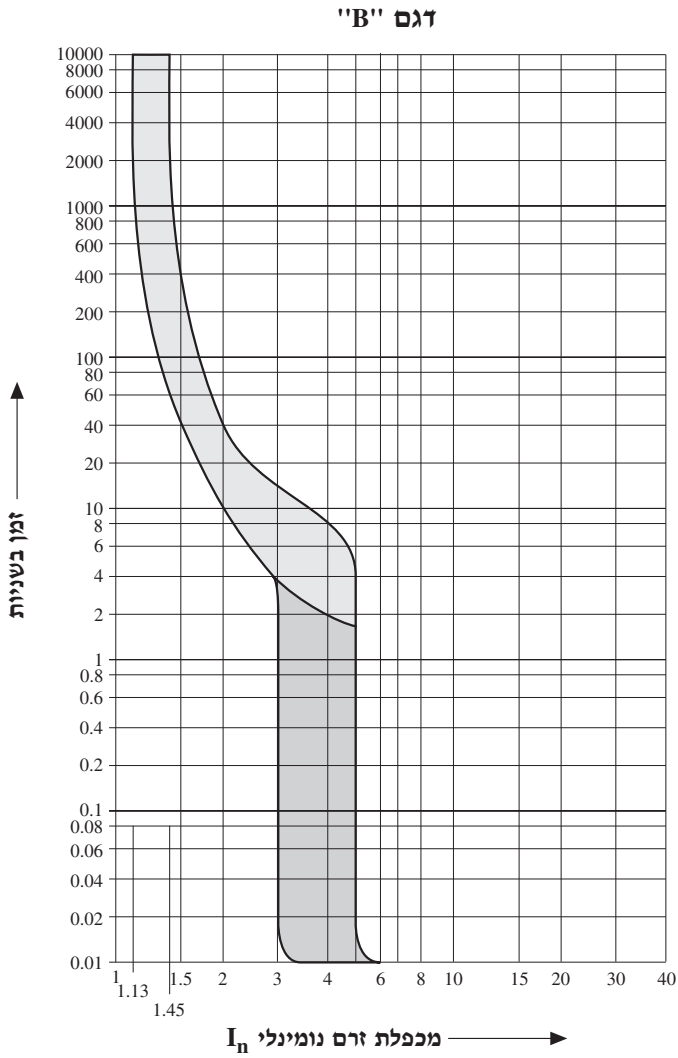
I_n [A] — הזרם הנומינלי של המבטח
או הזרם שאליו הוא כוון

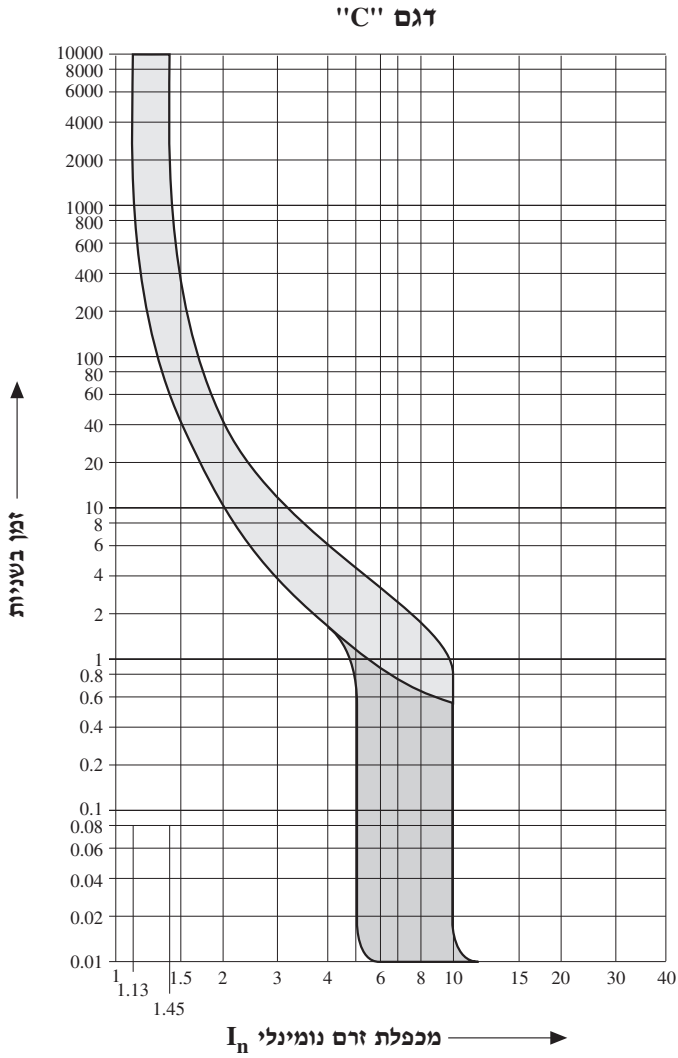
I_z [A] — הזרם המתמיד המרבי של
המוליך

$$I_b \leq I_n \leq I_z$$

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!