

סוג הבחינה: גמר לבתי-ספר לטכנאים ולהנדסאים

מועד הבחינה: אביב תשס"ט, 2009

סמל השאלון: 710943

נספח: לשאלה 2

נוסחאון

מכונאות ימית ה'

מתקני אניות, חשמל, אלקטרוניקה ובקרה

(להנדסאי מכונאות ימית)

הוראות לנבחן

א. משך הבחינה: ארבע שעות.

ב. מבנה השאלון ומפתח ההערכה: בשאלון זה ארבעה פרקים ובהם תשע שאלות.

עליך לענות על שאלה אחת מכל פרק ועל שאלה אחת נוספת על-פי בחירתך. בסך-הכול עליך לענות על חמש שאלות.

לכל שאלה – 20 נקודות (סך-הכול – 100 נקודות).

ג. חומר עזר מותר לשימוש: מחשבון בעל תצוגה של שורה אחת, לשימוש אישי בלבד.

בשאלון זה 11 עמודים, עמוד נספח אחד ונוסחאון.

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

בהצלחה!

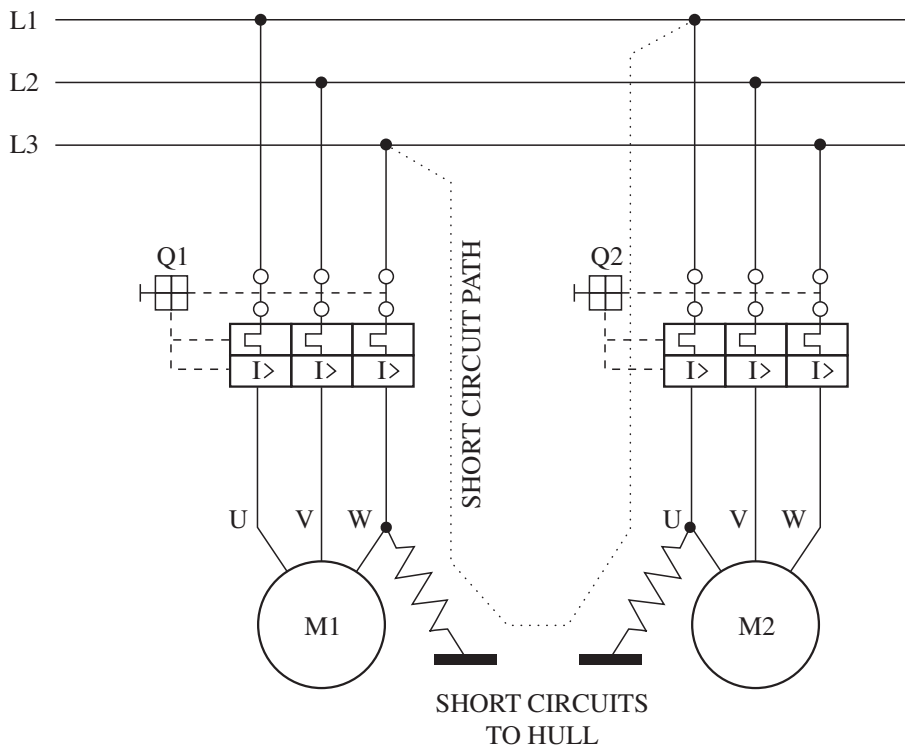
השאלות

ענה על שאלה אחת מכל פרק ועל שאלה אחת נוספת על-פי בחירתך.

פרק ראשון: מערכות חשמל ואוטומציה ימיות

שאלה 1 (20 נקודות)

באיור לשאלה 1 נתון תרשים של מעגל חשמלי המהווה חלק מרשת החשמל באנייה. המעגל כולל חיבורים היוצרים תקלה חשמלית.



איור לשאלה 1

- א.** מהי התקלה החשמלית הנגרמת כתוצאה מהחיבורים המתוארים בתרשים?
- ב.** רשת החשמל באנייה נקראת "רשת צפה". על-פי מה ניתן לזהות את הרשת הזאת במעגל החשמלי שבאיור לשאלה, מדוע משתמשים בה באניות ומהו המאפיין העיקרי שלה?
- ג.** קבע לגבי כל אחד מן המנועים המסומנים ב-M1 ו-M2 אם הוא יסתובב בכל אחד מהמצבים האלה:
1. Q1 ו-Q2 מנותקים.
 2. Q1 מחובר ו-Q2 מנותק.
 3. Q1 ו-Q2 מחוברים.
 4. Q1 ו-Q2 מחוברים, אך המגע של M2 לגוף האנייה אינו בפאזה U אלא בפאזה W.

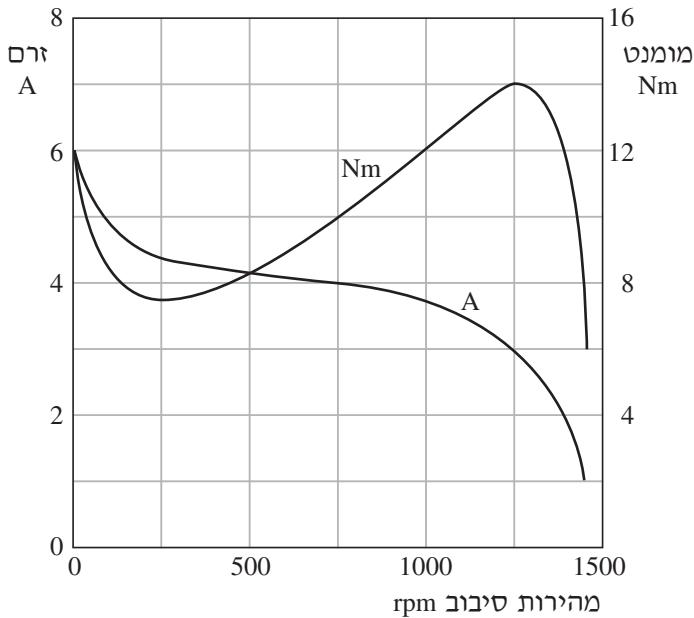
שאלה 2 (20 נקודות)

- בנספח לשאלה זו נתון תרשים של מערכת החשמל של גנרטור-ציר באנייה.
- בשדה 6 של התרשים מופיע רכיב הקרוי SYNCHR.COMP (synchrocompensator).
- א.** קבע אם רכיב זה הוא מכונה סינכרונית או אסינכרונית וציין שני תפקידים שיש לרכיב זה באנייה.
- ב.** תאר את תהליך ההתנעה של ה־ SYNCHR.COMP.

פרק שני: המרת אנרגיה

שאלה 3 (20 נקודות)

מנוע השראתי חד-פאזי, אסינכרוני, עם שני זוגות קטבים, מוזן מרשת חשמל שהתדר שלה הוא 50 Hz .
באיור לשאלה 3 מתואר גרף המתאר את המומנט המתקבל על גל המנוע ואת הזרם הנצרך מהרשת כתלות במהירות הסיבוב של גל המנוע.
הנח שהמנוע **איזאלי** ושניתן להזניח את כל ההפסדים החשמליים והמכניים שלו.



איור לשאלה 3

א. נתון שמהירות הסיבוב של גל המנוע זהה לתדירות של השדה האלקטרומגנטי במנוע.

1. חשב את מהירות הסיבוב של גל המנוע.
2. מהו ערך החליקה, s ?
3. מהו הזרם הנצרך מהרשת על-ידי המנוע?
4. מהו הספק המנוע?

ב. כאשר מהירות הסיבוב של גל המנוע זהה לתדירות השדה, מעמיסים אותו במומנט של 12 Nm .

קבע:

1. אם מהירות הסיבוב של המנוע תגדל, תקטן או תישאר ללא שינוי.

2. אם החליקה במנוע תגדל, תקטן או תישאר ללא שינוי.

3. אם הזרם הנצרך על-ידי המנוע יקטן, יגדל או יישאר ללא שינוי.

4. אם הספק המנוע יקטן, יגדל או יישאר ללא שינוי.

ג. כאשר גל המנוע מסתובב ומספק מומנט של 12 Nm , מגדילים את העומס כך שהמומנט הנדרש מהמנוע עולה ל-16 Nm . קבע:

1. את ערכה של מהירות הסיבוב של גל המנוע.

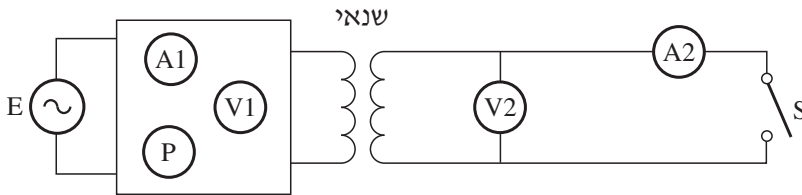
2. את ערך החליקה במנוע.

3. את הזרם הנצרך על-ידי המנוע.

4. את הספק המנוע.

שאלה 4

באיור לשאלה 4 מתוארת מערכת לבדיקת שנאי חד־מופעי שיחס הליפופים בו: $K = 2$, כלומר, המתח המשני גדול פי שניים מהמתח הראשוני. התנגדות הסליל הראשוני היא: $R_1 = 1.3 \Omega$ והתנגדות הסליל המשני היא: $R_2 = 1.07 \Omega$.



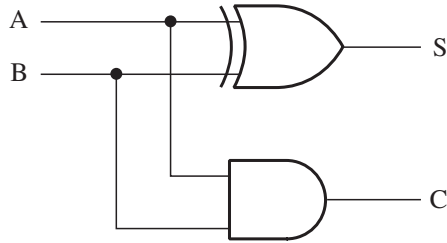
איור לשאלה 4

- א. מהו שם הבדיקה שמבצעים כאשר המפסק S במצב פתוח, ומהו שם הבדיקה שמבצעים כאשר המפסק במצב סגור?
- ב. כאשר המפסק S פתוח, התקבלו במד הזרם A_1 , במד המתח V_1 ובמד ההספק P הקריאות האלה, בהתאמה: $P_1 = 7.2 \text{ W}$, $V_1 = 230 \text{ V}$, $I_1 = 196 \text{ mA}$.
 חשב את ערכו של גורם ההספק $\cos \varphi$, ואת נתוני ליבת המגנט: R_0 ו- X_0 .
- ג. כאשר המפסק S סגור, התקבלו הקריאות הבאות: $I_2 = 4.43 \text{ A}$, $I_1 = 2.28 \text{ A}$ ו- $V_1 = 13.8 \text{ V}$.
 חשב את הערכים של גורם ההספק $\cos \varphi$, של התנגדות הקצר R_K , של היגב הקצר X_K ושל עכבת הקצר Z_K .

פרק שלישי: מיתוג, ומערכות ספרתיות

שאלה 5

באיור לשאלה 5 מתואר מסכם למחצה (Half Adder, HA).



איור לשאלה 5

- א. מהם שמות המשתנים שיש להזין בכל אחד מהמבואות A ו-B לצורך ביצוע פעולת המסכם?
- ב. מהם שמות המשתנים שיתקבלו בכל אחד מהמוצאים S ו-C?
- ג. תאר בעזרת טבלת אמת את ערכי A ו-B האפשריים ואת ערכי S ו-C המתקבלים מהם.
- ד. הסבר מהו מסכם מלא (Full Adder, FA).

שאלה 6

לפניך טבלת אמת המתארת את הפונקציה $E = f(A, B, C, D)$.

A	B	C	D	E
0	0	0	0	1
0	0	0	1	1
0	0	1	0	ϕ
0	0	1	1	ϕ
0	1	0	0	0
0	1	0	1	1
0	1	1	0	ϕ
0	1	1	1	1
1	0	0	0	0
1	0	0	1	0
1	0	1	0	0
1	0	1	1	0
1	1	0	0	0
1	1	0	1	1
1	1	1	0	1
1	1	1	1	1

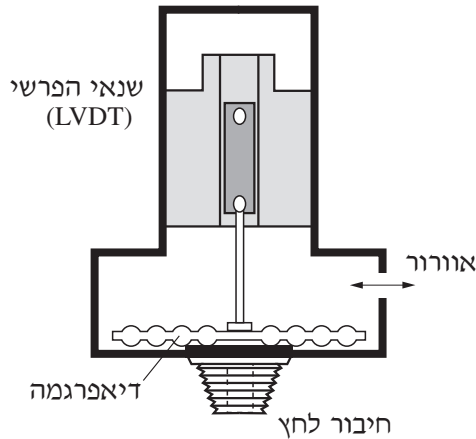
א. רשום את מפת הקרנו המתאימה לפונקציה E, וצמצם אותה בעזרת המפה.

ב. ממש את הפונקציה בעזרת שערי NAND בעלי שני מבואות בלבד.

פרק רביעי: מיכשור, מערכת וטכניקות בקרה

שאלה 7

- א. מהו סולם לחץ מוחלט (לחץ אבסולוטי) ומהו סולם לחץ מכשיר (לחץ מנומטרי). איזה מהשניים שימושי יותר במערכות פנימטיות ומדוע?
- ב. באיור לשאלה 7 מתואר מד לחץ הכולל שנאי הפרשי לינארי (LVDT).

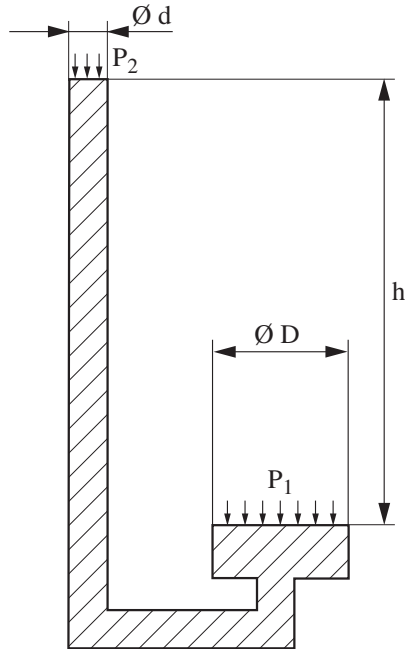


איור לשאלה 7

1. הסבר את עקרון הפעולה של מד הלחץ, וציין בהסברך את תפקיד הדיאפרגמה ואת תפקיד השנאי ההפרשי.
2. קבע אם המערכת מודדת לחץ מוחלט או לחץ מנומטרי ונמק את תשובתך.

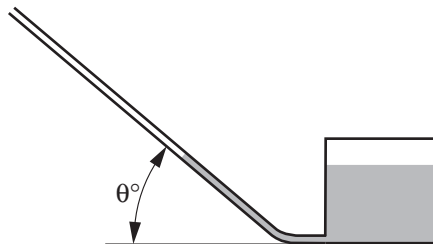
שאלה 8

באיור א' לשאלה 8 מתואר מד לחץ (מנומטר) מסוג צינור ומכל.



איור א' לשאלה 8

- א. רשום נוסחה המקשרת בין הגובה h ובין הלחצים P_1 ו- P_2 כאשר צפיפות הנוזל שבמד הלחץ היא γ .
- ב. ציין מהו ההבדל העיקרי בין מכשיר זה ובין מד לחץ מסוג U .
- ג. כאשר רגישות מד הלחץ מסוג צינור ומכל נמוכה מדי, ניתן להגדיל אותה על-ידי שימוש במד לחץ מסוג צינור ומכל שיש לו צינור משופע (ראה איור ב' לשאלה 8). הסבר מדוע מתקבלת במכשיר זה רגישות גבוהה יותר.

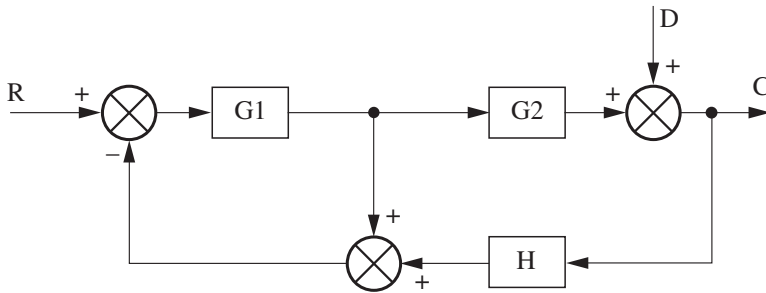


איור ב' לשאלה 8

ד. במדידה באמצעות מד לחץ מסוג צינור ומכל (איור א'), זו הנוזל שבמד הלחץ: $\Delta h = 10 \text{ mm}$.
 מה תהיה התזוזה של הנוזל אם המדידה תתבצע באמצעות מד לחץ מסוג צינור משופע ומכל (איור ב'), שהצינור בו נטוי בזווית של $\theta = 45^\circ$?

שאלה 9

באיור לשאלה 9 נתונה דיאגרמת מלבנים של מערכת בקרה.

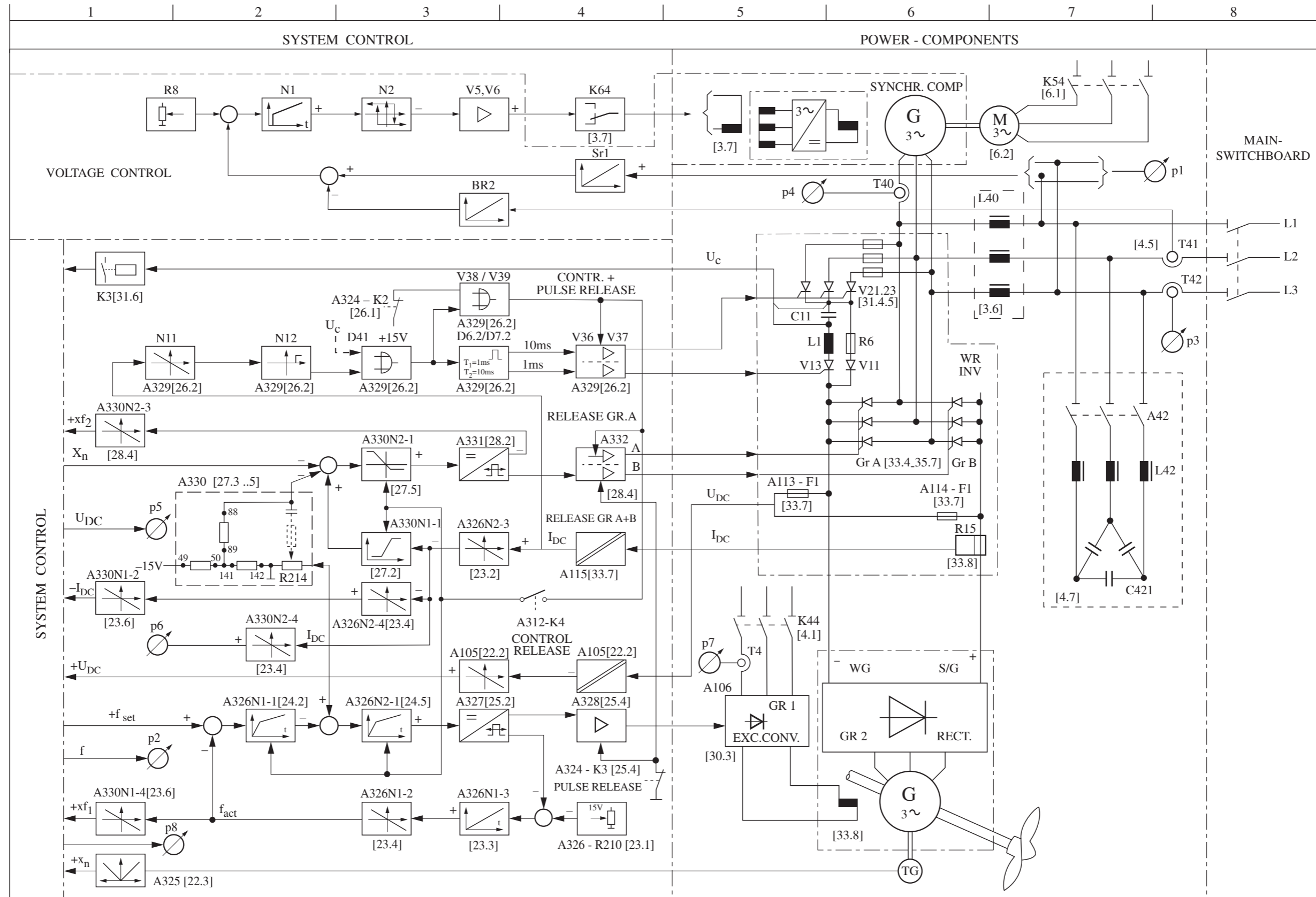


איור לשאלה 9

א. מצא את יחס התמסורת $\frac{C}{R}$ של המערכת. (הנח $\Delta D = 0$).

ב. מצא את יחס התמסורת $\frac{C}{D}$ של המערכת. (הנח $\Delta R = 0$).

בהצלחה!



נספח: נוסחאון (10 עמודים)

לשאלונים 710941, 710943, אביב תשס"ט

תורת החשמל

כל הגדלים נתונים ביחידות SI

1. אלקטרוסטטיקה

1.1 חוק קולון

$$F = \frac{1}{4\pi\epsilon} \cdot \frac{q_1 q_2}{r^2} = \frac{k}{\epsilon_r} \cdot \frac{q_1 q_2}{r^2}$$

$$k = \frac{1}{4\pi \times \epsilon_0} = 9 \times 10^9 \left[\frac{\text{m}}{\text{F}} \right]$$

1.2 שדה חשמלי

$$E = \frac{F}{q}$$

1.3 קבוע דיאלקטרי

$$\epsilon = \epsilon_0 \cdot \epsilon_r$$

$$\epsilon_0 = \frac{1}{36\pi \times 10^9} = 8.85 \times 10^{-12} \left[\frac{\text{F}}{\text{m}} \right]$$

1.4 מתח חשמלי

$$U = \frac{E}{r}$$

1.5 קיבול של קבל

$$C = \frac{\epsilon A}{d}; C = \frac{Q}{U}$$

1.6 אנרגיה אגורה בקבל

$$W_C = \frac{1}{2} C U^2$$

עוצמת השדה החשמלי
בניוטון לקולון - $E \left[\frac{\text{N}}{\text{C}} \right]$

כוח בניוטון - $F [\text{N}]$

מטען בקולון - $q [\text{C}]$

כמות המטען בקולון - $Q [\text{C}]$

מרחק בין מטענים במטר - $r [\text{m}]$

קבוע דיאלקטרי
בפרד למטר - $\epsilon \left[\frac{\text{F}}{\text{m}} \right]$

קבוע דיאלקטרי של ריק
בפרד למטר - $\epsilon_0 \left[\frac{\text{F}}{\text{m}} \right]$

קבוע דיאלקטרי יחסי - ϵ_r

שטח במ"ר - $A [\text{m}^2]$

קיבול בפרד - $C [\text{F}]$

אנרגיה בג'אול - $W [\text{J}]$

מרחק בין לוחות של קבל
במטר - $d [\text{m}]$

מתח או הפרש - $U [\text{V}]$

פוטנציאלים בוולט

קיבול שקול בפרד - $C_T [\text{F}]$

1.7 חיבור קבלים:

חיבור מקבילי

$$C_T = \sum_1^m C_m$$

חיבור טורי

$$\frac{1}{C_T} = \sum_1^m \frac{1}{C_m}$$

2. המעגל החשמלי בזרם חילופין

2.1 נוסחאות בסיסיות

$$\omega = 2\pi t$$

$$T = \frac{1}{f}$$

$$i = I_{\max} \sin(\omega t \pm \phi)$$

$$u = U_{\max} \sin(\omega t \pm \phi)$$

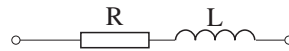
$$I_{AV} = \frac{2}{\pi} I_{\max}$$

$$U_{AV} = \frac{2}{\pi} U_{\max}$$

$$I_{\text{eff}} = I = \frac{1}{\sqrt{2}} I_{\max}$$

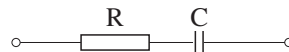
$$U_{\text{eff}} = U = \frac{1}{\sqrt{2}} U_{\max}$$

2.2 מעגלים טוריים



$$Z_{RL} = R + j X_L$$

$$|X_L| = \omega L$$



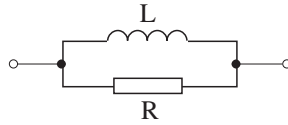
$$Z_{RC} = R - j X_C$$

$$|X_C| = \frac{1}{\omega C}$$

- מהירות זוויתית
ברדיאן לשנייה - $\omega \left[\frac{\text{rad}}{\text{sec}} \right]$
- זמן מחזור בשנייה - $T [\text{sec}]$
- תדר (תדירות)
בהרץ - $f \left[\text{Hz}, \frac{1}{\text{sec}} \right]$
- ערך רגעי של זרם
באמפר - $i [A]$
- ערך שיא של מתח
בוולט - $U_m, U_{\max} [V]$
- ערך רגעי של מתח
בוולט - $u [V]$
- ערך שיא של זרם
באמפר - $I_m, I_{\max} [A]$
- ערך ממוצע של
הזרם באמפר - $I_{AV} [A]$
- ערך ממוצע של
המתח בוולט - $U_{AV} [V]$
- ערך יעיל של זרם
באמפר - $I, I_{\text{eff}} [A]$
- ערך יעיל של מתח
בוולט - $U, U_{\text{eff}} [V]$
- התנגדות באום - $R [\Omega]$
- השראות בהנרי - $L [H]$

2.3 מעגלים מקביליים

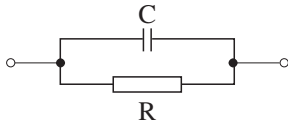
עכבה באום - $Z [\Omega]$
 היגב השראתי באום - $X_L [\Omega]$



$$Y = \frac{1}{Z}$$

$$Y_{RL} = \frac{1}{R} - j \frac{1}{X_L}$$

היגב קיבולי באום - $X_C [\Omega]$



$$Y_{RC} = \frac{1}{R} - j \frac{1}{X_C}$$

2.4 הספקים

מתירות - $Y \left[\frac{1}{\Omega} \right]$
 ב-1 חלקי אום

$$S = P + jQ$$

הספק מדומה - $S [VA]$
 בוולט-אמפר

$$S = UI$$

$$P = UI \cos \phi$$

הספק היגבי (עיוור) - $Q [VAR]$
 בוולט-אמפר ריאקטיבי

$$Q = UI \sin \phi$$

2.5 שיפור מקדם ההספק

הספק ממשי - $P [W]$
 בוואט

$$C = \frac{P}{\epsilon U^2} [\text{tg} \phi_1 - \text{tg} \phi_2]$$

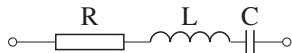
גורם הספק - $\cos \phi$

2.6 תהודה

זווית מופע קיימת - ϕ_1

תהודת מתח

זווית מופע משופרת - ϕ_2



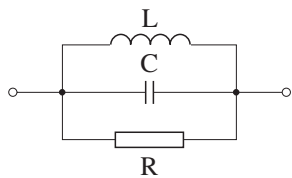
$$Z = R + j(X_L - X_C)$$

$$X_L = X_C$$

$$Z_0 = R$$

עכבה של מעגל בתהודה, באום - Z_0

מתירות בתהודה, - Y_0



$$f_0 = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$$

תהודת זרם

ב-1 חלקי אום תדר תהודה בהרץ - f_0

$$Y = \frac{1}{R} + j \left(\frac{1}{X_C} - \frac{1}{X_L} \right)$$

$$X_L = X_C$$

$$Y_0 = \frac{1}{R} \Rightarrow Z_0 = R$$

$$U_L = \sqrt{3}U_{Ph}$$

.3 מערכות תלת-מופעיות

3.1 עומס סימטרי בחיבור Y

$$U_L = \sqrt{3} U_{Ph}$$

$$I_L = I_{ph}$$

3.2 עומס סימטרי בחיבור Δ

$$U_L = U_{ph}$$

$$I_L = \sqrt{3} I_{Ph}$$

3.3 הספק ממשי כולל

$$P = \sqrt{3} U_L I_L \cos \varphi$$

- U_L [V] מתח קו בוולט
- X_{ph} [V] מתח מופע בוולט
- I_L [A] זרם קו באמפר
- I_{ph} [A] זרם מופע באמפר
- P [W] הספק בוואט

.4 תופעות מעבר

4.1 מעגל RC

בטעינה

$$u_c = U \left(1 - e^{-t/\tau}\right)$$

בפריקה

$$u_c = U e^{-t/\tau}$$

$$\tau = RC$$

4.2 מעגל RL

עליית הזרם במעגל

$$i_L = \frac{U}{R} \left(1 - e^{-t/\tau}\right)$$

דעיכת הזרם במעגל

$$i_L = \frac{U}{R} e^{-t/\tau}$$

$$\tau = \frac{L}{R}$$

- u_c [V] מתח רגעי על קבל בוולט
- i_L [A] זרם רגעי דרך סליל באמפר
- U [V] מתח מקור (מתח ישר) בוולט
- R [Ω] התנגדות מעגל באום
- τ [sec] קבוע הזמן בשנייה

המרת אנרגיה

כל הגדלים נתונים ביחידות SI/M.K.S.

$$1 \text{ hp} = 735.5 \text{ W}$$

$$1 \text{ N} = 1 \text{ kg} \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$$

$$g = 9.81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$$

1. מכונות לזרם ישר

1.1 מתח מושרה

$$E = \frac{Z_p n \phi}{60a}$$

$$K_e = \frac{Z_p}{60a}$$

כאשר השטף קבוע:

$$E = K_e \phi n$$

$$C_e = K_e \phi$$

$$E = C_e \cdot n$$

1.2 מומנטים

$$M = \frac{P_n}{\omega}$$

$$M = 9.55 \times 10^6 \frac{P_n}{n_n}$$

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

$$M_{em} = \frac{Z_p}{2\pi a} \phi I_a$$

$$M_{em} = K_m \phi I_a$$

$$K_m = \frac{Z_p}{2\pi a}$$

E [V] - מתח מושרה ברוטור בוולט

Z - מספר מוליכים ברוטור

p - מספר זוגות של קטבים

n [rpm] - מהירות סיבוב בסל"ד

a - מספר זוגות של ענפים מקבילים

ϕ [Wb] - שטף בובר

P_n [W] - הספק נקוב בוואט

K_e, C_e, K_m, C_m - מקדמים

n_n [rpm] - מהירות סיבוב נקובה בסל"ד

I_a [A] - זרם רוטור באמפר

I_f [A] - זרם שדה מקבילי

M_{em} [N · m] - מומנט אלקטרומגנטי

בניוטון-מטר

M [N · m] - מומנט בניוטון-מטר

$\omega \left[\frac{\text{rad}}{\text{sec}} \right]$ - מהירות זוויתית ברדיאן לשנייה

כאשר השטף קבוע:

$$C_m = K_m \cdot \phi$$

$$M_{em} = C_m I_a$$

$$\frac{K_e}{K_m} = \frac{\frac{Z_p}{60a}}{\frac{Z_p}{2\pi a}} = \frac{\pi}{30} = 0.1047$$

1.3 מהירות סיבוב

מתח זינה בוולט - $U [V]$

$$n = \frac{U - I_a R_a}{K_m \phi}$$

מומנט התנעה - $M_s [N \cdot m]$

1.4 התנעה בלי מתנע

בניוטון-מטר

$$U = \frac{M_s R_a}{K_m \phi}$$

התנגדות רוטור באום - R_a

$$U = \frac{0.1047 M_s R_a}{K_c \phi}$$

מקדמים - K_m^*, K_e^*

.2 מנוע זרם ישר בעירור טורי

התנגדות של סליל עירור - $R_f [\Omega]$

$$M = K_m^* I_a^2$$

(שדה) באום

$$n = \frac{U - I_a (R_a + R_f)}{K_e^* I_a}$$

הערה: נוסחת n עבור ברזל לא רווי.

.3 נצילות המכונה לזרם ישר

נצילות - η

הספק מכני במוצא של מנוע בוואט - P_{out}

$$\eta_{מנוע} = \frac{P_{out}}{P_{out} + \Delta P_{Cu} + \Delta P_{Fe} + \Delta P_{mech}}$$

מתח הדקים של מחולל בוולט - U

$$\eta_{מחולל} = \frac{UI}{UI + \Delta P_{Cu} + \Delta P_{Fe} + \Delta P_{mech}}$$

זרם מחולל מועמס באמפר - I

הפסדי נחושת בוואט - ΔP_{Cu}

הפסדי ברזל בוואט - ΔP_{Fe}

הפסדים מכניים בוואט - ΔP_{mech}

אביב תשס"ט

4. שנאי חד-מופעי

4.1 מתח מושרה בסליל

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

$$E_2 = 4.44 f B_{\max} S N_2$$

מתח מושרה בסליל ראשוני בוולט	-	E_1 [V]
מתח מושרה בסליל שניוני בוולט	-	E_2 [V]
שטף מרבי בגרעין בוובר	-	ϕ_{\max} [Wb]
מספר כריכות בסליל ראשוני	-	N_1
מספר כריכות בסליל שניוני	-	N_2
תדירות בהרץ	-	f [Hz]
השראה מגנטית מרבית בוובר למ"ר	-	B_{\max} [Wb / m ²]
שטח חתך של גרעין במ"ר	-	S [m ²]

4.2 יחס השנאה אידיאלי

$$K = \frac{U_1}{U_2} = \frac{I_2}{I_1}$$

יחס השנאה	-	k
מתח הדקים ראשוני בוולט	-	U_1
מתח הדקים שניוני בוולט	-	U_2
זרם דרך סליל ראשוני באמפר	-	I_1
זרם דרך סליל שניוני באמפר	-	I_2

5. מנוע השראתי

מקדם חליקה	- s
הפסדי נחושת ברוטור בוואט	- ΔP_{Cu} [W]
מהירות זוויתית נקובה ברדיאן לשנייה	- $\omega_n \left[\frac{\text{rad}}{\text{sec}} \right]$
הספק אלקטרומגנטי בוואט	- P_{em} [W]
הספק ריק בוואט	- P_o [W]
זרם ריק באמפר	- I_o [A]
גורם הספק בריק	- $\cos\phi_o$
מהירות נקובה בסל"ד	- n_n [rpm]
מהירות סינכרונית בסל"ד	- n_s [rpm]
מתח קו בוולט	- U_L [V]
מומנט נקוב בניוטון-מטר	- M_a [N · m]
תדירות רשת	- f [Hz]
תדירות זרם הרוטור	- f_r [Hz]
מספר זוגות הקטבים	- N

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

$$P_{mech} = (1 - s) P_{em}$$

$$\Delta P_{Cu} = s P_{em}$$

$$P_o = \sqrt{3} U_L I_o \cos\phi_o$$

$$M_a = \frac{P_a}{\Omega_a}$$

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

$$f_r = f \cdot s$$

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

מכונה סינכרונית:

מתח בין הדקי מכונה	- U_i, U' [V]	$U' = \sqrt{(U \cos \phi + I_a R_a)^2 + (U \sin \phi + I_a X_s)^2}$
היגב סינכרוני	- X_s [Ω]	
זרם העוגן	- I_a [A]	
התנגדות העוגן	- R_a [Ω]	

מיתוג ומערכות ספרתיות

כללי האלגברה הבוליאנית:

$$(A + B)(A + C) = A + BC$$

$$AB + AC = A(B+C)$$

$$A + AB = A$$

$$A(A + B) = A$$

$$A + \bar{A}B = A + B$$

$$A(\bar{A} + B) = AB$$

כללי דה-מורגן:

$$\overline{A + B} = \bar{A} \cdot \bar{B}$$

$$\overline{A \cdot B} = \bar{A} + \bar{B}$$

אלקטרוניקה

יישור חד-מופעי – חצי גל בעומס אומי

$$V_{AV} = \frac{V_m}{\pi}$$

$$V_{RMS} = \frac{V_m}{2}$$

$$I_{AV} = \frac{V_{AV}}{R}$$

$$I_{RMS} = \frac{V_{RMS}}{R}$$

$$P = \frac{V_{RMS}^2}{R}$$

ערך מרבי של מתח – V_m [V]

ערך יעיל של מתח – V_{RMS} [V]

ערך ממוצע של מתח – V_{AV} [V]

ערך ממוצע של זרם – I_{AV} [A]

ערך יעיל של זרם – I_{RMS} [A]

התנגדות עומס – R [Ω]

הספק על עומס – P [W]

יישור חד-מופעי – גל שלם בעומס אומי

$$V_{AV} = \frac{2V_m}{\pi}$$

$$V_{RMS} = \frac{V_m}{\sqrt{2}}$$

$$I_{AV} = \frac{V_{AV}}{R}$$

$$I_{RMS} = \frac{V_{RMS}}{R}$$

$$P = \frac{V_{RMS}^2}{R}$$

אוטומציה, מכשור ובקרה

תהליכי לחץ פנימטיים:

זרימת גז דרך ברז:

$$q = \frac{P_1 - P_2}{R_p}$$

ספיקה - $q \left[\frac{m^3}{min} \right]$

לחץ - $P_1 ; P_2 [at] = 10^5 \left[\frac{N}{m^2} \right]$

התנגדות פנימטית - $R_p \left[\frac{N \cdot min}{m^5} \right]$

תהליכים הידרוליים:

מילוי מכל בעל ברז ביציאה:

$$q = \frac{h_1 - h_2}{R_h}$$

עומד לפני ברז - $h_1 [m]$

עומד אחרי ברז - $h_2 [m]$

התנגדות הידרולית - $R_h \left[\frac{min}{m^2} \right]$

בהצלחה!