

מכונאות ימית ט'

מתקני אניות, חשמל, אלקטרוניקה ובקרה

(לטכנאי מכונאות ימית)

הוראות לנבחן

א. משך הבחינה: ארבע שעות.

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

עליך לענות על שאלה אחת מן הפרק הראשון ועל ארבע

שאלות מן הפרק השני.

בסך-הכול עליך לענות על חמש שאלות.

לכל שאלה – 20 נקודות, ובסך-הכול – 100 נקודות.

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

בשאלון זה 8 עמודים ונוסחאון.

ההנחיות בשאלון זה מנוסחות בלשון זכר,

אך מכוונות לנבחנות ולנבחנים כאחד.

בהצלחה!

השאלות

פרק ראשון: מערכות חשמל ואוטומציה ימיות

ענה על אחת מבין השאלות 1-2 (20 נקודות).

שאלה 1

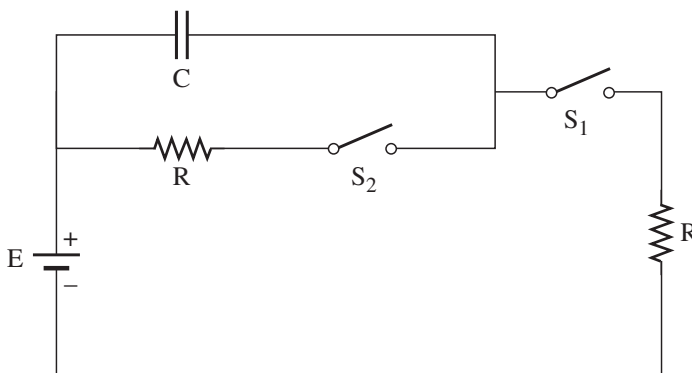
- א. 1. מהם שלושת התנאים לסנכרון גנרטור ללוח חשמל באנייה?
 2. כמה מגעים ראשיים מחברים את המתח, שמפיק גנרטור ימי, ללוח חשמל באנייה?
 3. כמה מגעים ראשיים מחברים את המתח, שמפיק גנרטור יבשתי, לצרכן?
- ב. אחת השיטות המקובלות לסנכרון גנרטור ללוח חשמל באנייה באמצעות מערכת של שלוש נורות היא "שיטת האור המסתובב".
1. הצג תרשים המתאר את אופן החיבור של הנורות ב"שיטת האור המסתובב".
 2. פרט את השלבים בתהליך הסנכרון של הגנרטור ללוח החשמל בשיטה זו.
 3. איזו שיטה נוספת קיימת לסנכרון גנרטור ללוח חשמל באנייה?

שאלה 2

- ברשת החשמל באנייה קיים מצב הנקרא "זליגת גוף".
- א. מהי "זליגת גוף"?
 - ב. כיצד מאתרים את הרכיב שבו מתרחשת "זליגת גוף"?
 - ג. מהו שמו של המכשיר המשמש למדידת זליגה? תאר, באמצעות איור, כיצד מחברים את המכשיר לצורך ביצוע המדידה.

פרק שני: אלקטרוניקה, המרת אנרגיה, אוטומציה, מכשור ובקרהענה על ארבע מבין השאלות 3-9 (לכל שאלה – 20 נקודות).**שאלה 3**

באיור לשאלה 3 נתון תרשים של מעגל חשמלי.

**איור לשאלה 3****נתונים:**התנגדות כל נגד: $R = 100 \text{ k}\Omega$ קיבול הקבל: $C = 5 \text{ }\mu\text{F}$ מתח הסוללה: $E = 10 \text{ V}$

- א.** במצב התחלתי שני המפסקים פתוחים, והמתח בין הדקי הקבל הוא 0 V .
חשב מה יהיה המתח בין הדקי הקבל, 0.5 sec לאחר שסוגרים את מפסק S_1 .
- ב.** סוגרים את מפסקים S_1 ו- S_2 , וממתינים זמן ממושך. חשב מה יהיה המתח בין הדקי הקבל C , לאחר ההמתנה.
- ג.** במצב התחלתי מפסק S_1 סגור, מפסק S_2 פתוח והמתח בין הדקי הקבל הוא 10 V .
פותחים את מפסק S_1 וסוגרים את מפסק S_2 . חשב כעבור כמה זמן יהיה המתח בין הדקי הקבל 4 V .

שאלה 4

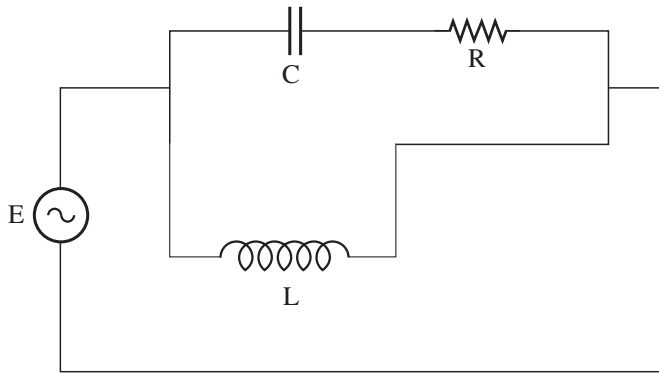
באיור לשאלה 4 נתון תרשים של מעגל חשמלי.
מתח ההזנה (E) הוא 50 V, והתדר שלו הוא 400 Hz.

נתונים:

$$C = 10 \mu\text{F}$$

$$R = 50 \Omega$$

$$L = 20 \text{ mH}$$



איור לשאלה 4

- א. חשב את ערכי העכבה השקולה (גודל וזווית) של הקבל והנגד.
- ב. חשב את ערכי העכבה השקולה (גודל וזווית) של כל המעגל.
- ג. חשב את הזרם במעגל ואת רכיביו – הממשי והמדומה.
- ד. חשב את ההספק היעיל ואת ההספק המדומה במעגל.

שאלה 5

באיור לשאלה 5 נתון תרשים של טרנזיסטור, המחובר בחיבור פולט משותף.

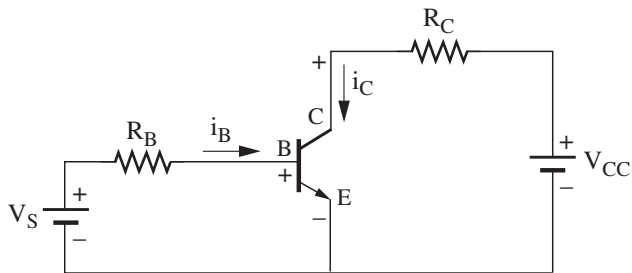
נתונים:

$$V_{CC} = 5 \text{ V}$$

$$R_B = 100 \text{ k}\Omega$$

$$R_C = 1 \text{ k}\Omega$$

בטרנזיסטור: $V_{BE} = 0.7 \text{ V}$; $\beta = 100$

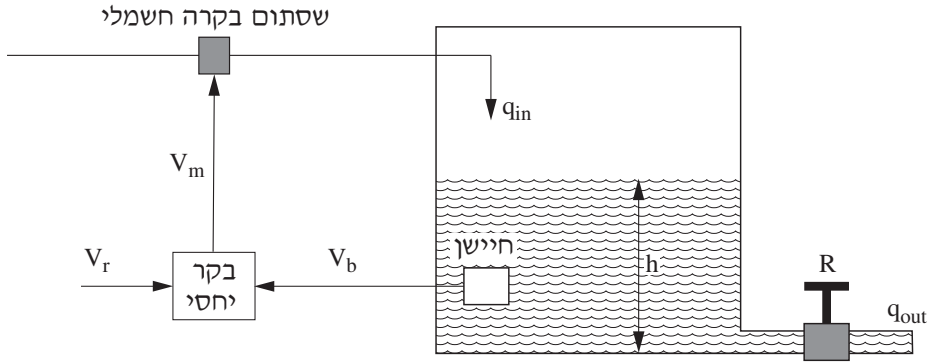


איור לשאלה 5

- א. חשב את ערכו של זרם i_C , הזורם דרך הקולט של הטרנזיסטור, כאשר: $V_S = 2 \text{ V}$.
- ב. חשב את ערכו של זרם הקצר (הזרם המרבי) שיכול לזרום דרך הקולט.
- ג. חשב את ערכו של המתח V_{CE} , אם משנים את המתח V_S ל- 6 V .
- ד. באיזה משלושת המצבים – קיטעון, הולכה או רוויה – יהיה הטרנזיסטור, כאשר: $V_S = 4.5 \text{ V}$? נמק את תשובתך.

שאלה 6

באיור לשאלה 6 מתוארת מערכת לבקרת המפלס, h , של המים במכל.



איור לשאלה 6

המערכת כוללת:

- מכל ובו המים.
 - שסתום R, המותקן בתחתית המכל, שדרכו יוצאים המים מהמכל בספיקה q_{out} .
 - חיישן המפיק מתח V_b , יחסי למפלס המים במכל.
 - בקר יחסי (מסוג P) המפיק אות תיקון, V_m .
 - הבקר מוזן במתח V_b , שמפיק החיישן, ובמתח V_r , המייצג את הערך הרצוי.
 - שסתום בקרה חשמלי, המכניס מים למכל בספיקה q_{in} .
 - ספיקת המים למכל יחסית למתח V_m , שמפיק הבקר.
- א.** תאר את מערכת הבקרה בעזרת דיאגרמת מלבנים. ציין מעל לכל מלבן את שם הרכיב שהוא מייצג, ומעל לכל חץ – את המשתנה שהוא מייצג ואת יחידות המידה של משתנה זה.
- ב.** משנים את המתח V_r , בשינוי מדרגה חיובי. תאר, בעזרת גרף איכותי, את השינוי של מפלס המים h , כפונקציה של הזמן שחלף מרגע הפעלת השינוי.

- ג. מגדילים את ההגבר של הבקר היחסי, המבקר את המערכת. הוסף לגרף האיכותי שבתשובתך לסעיף ב' קו, שיתאר את תגובת המערכת להגדלת ההגבר. איזה קו בגרף מתאים לבקר עם הגבר גדול, ואיזה קו מתאים לבקר עם הגבר קטן?
- ד. נתון שהמערכת נמצאת במצב סטטי. האם ספיקת המים q_{out} גדולה מספיקת המים q_{in} , קטנה ממנה או שווה לה? נמק את תשובתך.

שאלה 7

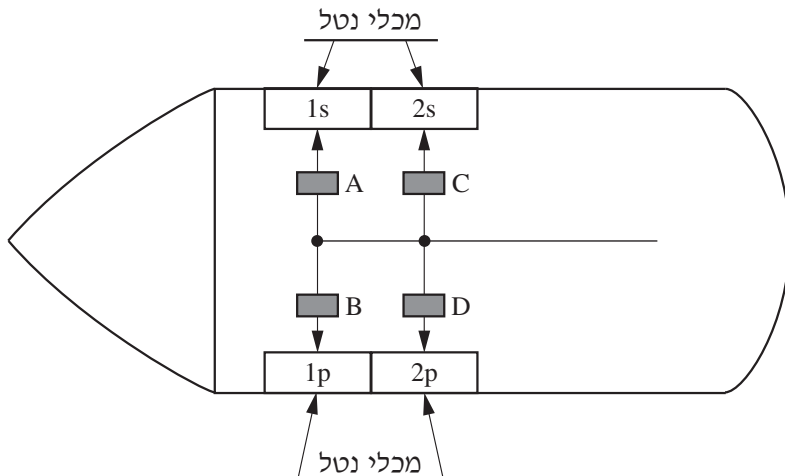
- שנאי אידיאלי מחובר למתח הזנה של 220 V, ומפיק מתח מוצא של 12 V .
למוצא השנאי מחובר נגד של 100Ω .
- א. מהו יחס ההשנאה של השנאי?
- ב. חשב את הזרם שמפיק השנאי לנגד.
- ג. חשב את הזרם שצורך השנאי מהרשת.
- ד. חשב את הספק המבוא של השנאי, את הספק המוצא של השנאי ואת הנצילות שלו.

שאלה 8

- א. מהו ההבדל העקרוני באופן ההעברה של אנרגיה חשמלית לרוטור, בין מכונה סינכרונית למכונה א-סינכרונית?
- ב. באיזו מכונה (סינכרונית או א-סינכרונית) נהוג להשתמש כמחולל (גנרטור), ובאיזו – נהוג להשתמש כמנוע?
- ג. הסבר בקצרה מהי "חליקה". באיזו מכונה (סינכרונית או א-סינכרונית) יש "חליקה"?

שאלה 9

באיור לשאלה 9 נתון מבט-על סכמתי של אנייה.



איור לשאלה 9

לאנייה ארבעה מכלי נטל (ballasts), המסומנים באיור כ- $1s, 2s, 1p$ ו- $2p$. המכלים מחוברים למערכת מי הנטל של האנייה באמצעות שסתומים A, B, C ו-D.

כאשר שני שסתומים נגדיים פתוחים (לדוגמה, שסתומים A ו-D), אין אספקת מים בקו, והאנייה נוטה לצד ימין: מים יעברו ממכל $2p$ שבצד שמאל למכל $1s$ שבצד ימין, ויגרמו להגברת ההטיה של האנייה. כדי להתריע מפני מצב זה, יש לבנות מערכת שתפעיל נורת אזהרה E, כאשר שסתומים נגדיים במערכת פתוחים.

א. תאר, בעזרת טבלת אמת (טבלת צירופים), את 16 המצבים האפשריים של ארבעת השסתומים A, B, C ו-D.

רשום בכל אחד מ-16 המצבים את ערכו של E. "1" לוגי יציין מצב שבו נורת האזהרה E מופעלת, ו-"0" לוגי יציין מצב שבו נורת האזהרה E כבויה.

ב. הצג את הפונקציה המפושטת להדלקת הנורה E. היעזר במפת קרנו למציאת הפונקציה.

בהצלחה!

לשאלונים 710941, 710943, אביב תשע"ב

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 - $r [\text{m}]$

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

$$\omega = 2 \pi f$$

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

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

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

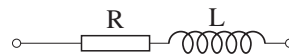
$$I_{AV} = \frac{2}{\pi} I_{\max}$$

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

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

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

2.2 מעגלים טוריים



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

$$|X_L| = \omega L$$



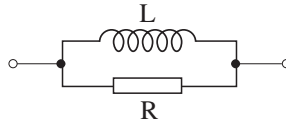
$$Z_{RC} = R - j X_C$$

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

מהירות זוויתית ברדיאן לשנייה	-	$\omega \left[\frac{\text{rad}}{\text{sec}} \right]$
זמן	-	$t [\text{sec}]$
זמן מחזור בשנייה	-	$T [\text{sec}]$
תדר (תדירות) בהרץ	-	$f \left[\text{Hz}, \frac{1}{\text{sec}} \right]$
זווית מופע	-	$\phi [\text{rad}, ^\circ]$
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 זרם באמפר	-	$I_{AV} [A]$
ערך ממוצע של מתח 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 - $Z [\Omega]$



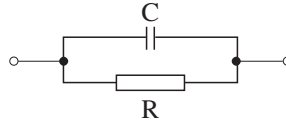
$$Y = \frac{1}{Z}$$

היגב השראתי - $X_L [\Omega]$

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

באום

היגב קיבולי באום - $X_C [\Omega]$



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

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

2.4 הספקים

ב-1 חלקי אום

$$S = P + jQ$$

הספק מדומה - $S [VA]$

$$S = UI$$

בוולט-אמפר

$$P = UI \cos \phi$$

הספק היגבי (עיוור) - $Q [VAR]$

$$Q = UI \sin \phi$$

בוולט-אמפר

ריאקטיבי

2.5 שיפור של מקדם ההספק

הספק ממשי - $P [W]$

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

בוואט

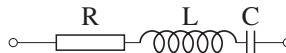
גורם הספק - $\cos \phi$

2.6 תהודה

זווית מופע קיימת - ϕ_1

תהודת מתח:

זווית מופע - ϕ_2



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

משופרת

$$X_L = X_C$$

עכבה של מעגל - Z_0

$$Z_0 = R$$

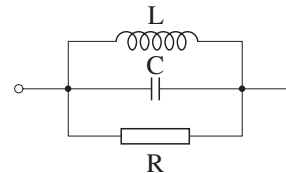
בתהודה, באום

מתירות מעגל - Y_0

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

בתהודה,

ב-1 חלקי אום



תהודת זרם:

תדר תהודה - f_0

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

$$X_L = X_C$$

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

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

בהרץ

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

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

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

4. תופעות מעבר

4.1 מעגל RC

בטעינה:

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

בפריקה:

$$u_c = Ue^{-t/\tau}$$

$$\tau = RC$$

4.2 מעגל RL

עליית הזרם במעגל:

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

דעיכת הזרם במעגל:

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

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

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

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

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

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

כאשר השטף קבוע:

$$E = K_e \phi n$$

$$C_e = K_e \phi$$

$$E = C_e \cdot n$$

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

1.2 מומנטים

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

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

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

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

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

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

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

U [V] – מתח זינה בוולט

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

M_s [N · m] – מומנט התנעה

בניוטון-מטר

R_a – התנגדות רוטור באום

1.4 התנעה בלי מתנע

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

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

2. מנוע זרם ישר בעירור טורי

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

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

הערה: נוסחת n לברזל לא רווי.

3. נצילות המכונה לזרם ישר

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

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

η – נצילות

P_{out} – הספק מכני במוצא של מנוע בוואט

U – מתח הדקים של מחולל בוולט

I – זרם מחולל מועמס באמפר

ΔP_{Cu} – הפסדי נחשת בוואט

ΔP_{Fe} – הפסדי ברזל בוואט

ΔP_{mech} – הפסדים מכניים בוואט

4. שנאי חד-מופעי

4.1 מתח מושרה בסליל

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]

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

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

4.2 יחס השנאה אידיאלי

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

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

5. מנוע השראתי

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

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

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

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

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

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

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

$$f_r = f \cdot s$$

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

$$I_{in} = \frac{P_n}{\sqrt{3} U_n \eta \cos \phi}$$

מכונה סינכרונית

$$U' = \sqrt{(U \cos \phi + I_a R_a)^2 + (U \sin \phi + I_a X_s)^2}$$

$$U_i, U' [V] \quad \text{מתח בין הדקי מכונה}$$

$$X_s [\Omega] \quad \text{היגב סינכרוני}$$

$$I_a [A] \quad \text{זרם העוגן}$$

$$R_a [\Omega] \quad \text{התנגדות העוגן}$$

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

ערך מרבי של מתח – V_m [V]

ערך יעיל של מתח – V_{RMS} [V]

ערך ממוצע של מתח – V_{AV} [V]

ערך יעיל של זרם – I_{RMS} [A]

ערך ממוצע של זרם – I_{AV} [A]

התנגדות עומס – R [Ω]

הספק על עומס – P [W]

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

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

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

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

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

יישור חד-מופעי – גל שלם בעומס אומי

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

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

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

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

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

טרנזיסטור

i_C – זרם דרך הקולט

i_{SC} – זרם קצר

V_S – מתח מבוא

V_{BE} – מפל מתח בין הפולט לבסיס

V_{CC} – מתח ייחוס

R_B – נגד הבסיס

R_C – נגד הקולט

$$i_C = \beta \left(\frac{V_S - V_{BE}}{R_B} \right)$$

$$i_{SC} = \frac{V_{CC}}{R_C}$$

אוטומציה, מכשור ובקרה תהליכי לחץ פנימטיים

זרימת גז דרך ברז:

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

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

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

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

תהליכים הידרוליים

מילוי מכל בעל ברז ביציאה:

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

עומד לפני ברז - $h_1 [\text{m}]$

עומד אחרי ברז - $h_2 [\text{m}]$

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