

מכונות חשמל והנע להנדסאים – הנדסת חשמל הנחיות לבחינה

- א. משך הבחינה : ארבע שעות.
- ב. מבנה השאלון ומפתח הערכה : בשאלון זה שמונה שאלות. יש לענות על חמש שאלות בלבד, ערך כל שאלה 20 נקודות. סה"כ: 100 נקודות.
- ג. חומר עזר מותר לשימוש : 1. מחשבון (אין להשתמש במחשב כף יד או במחשבון עם תקשורת חיצונית).
2. קלסר אחד בלבד עם חומר ההרצאות. אין להוציא דפים מהקלסר.
3. שני ספרי לימוד.
- ד. הוראות מיוחדות : אין להעביר חומר עזר, ספרים ומחשבוני בין הנבחנים.
- יש לקרוא בעיון את ההנחיות בדף השער ואת כל שאלות הבחינה, ולוודא שהן מובנות.
 - יש להשאיר את העמוד הראשון במחברת הבחינה ריק. בסיום המבחן יש לרשום בעמוד זה את מספרי התשובות לבדיקה. התשובות ייבדקו לפי סדר כתיבתן בעמוד זה. לא ייבדקו תשובות עודפות.
 - יש לכתוב את התשובות **בעט בלבד**, בכתב יד ברור.
 - יש להתחיל כל תשובה בעמוד חדש ולציין את מספר השאלה ואת הסעיף. אין צורך להעתיק את השאלה עצמה.
 - טיוטה יש לכתוב במחברת הבחינה בלבד. יש לרשום את המילה "טיוטה" בראש העמוד ולהעביר קו על הכתוב כדי שלא ייבדק.
 - אין לאחד סעיפים!** לכל סעיף שבשאלה יש לתת תשובה נפרדת.
 - תשובה מלאה לסעיף שאלה הכרוך בחישובים היא תשובה שבה מוצג הביטוי המתמטי שלפיו ייעשה החישוב, הערכים מוצגים בביטוי, ותוצאת החישוב מוצגת באמצעות מספר ויחידות.
 - כל מספר המוצג בביטוי מתמטי חייב להיות תוצאה של חישוב קודם או של נתון המופיע בגוף השאלה.
 - אין השימוש במחשבון פוטר מהצורך להציג את הצבת הערכים בביטוי המתמטי.
 - תשובה שאינה מנומקת או שאין דרך הפתרון מוצגת בה **לא תזכה בניקוד כלל**.
 - אם להערכתכם חסר נתון או יש נתון שגוי בשאלה, עליכם לציין זאת במפורש במחברת הבחינה ולבחור ערך מתאים שיאפשר להמשיך בפתרון השאלה. חובה להסביר ולנמק את הבחירה.

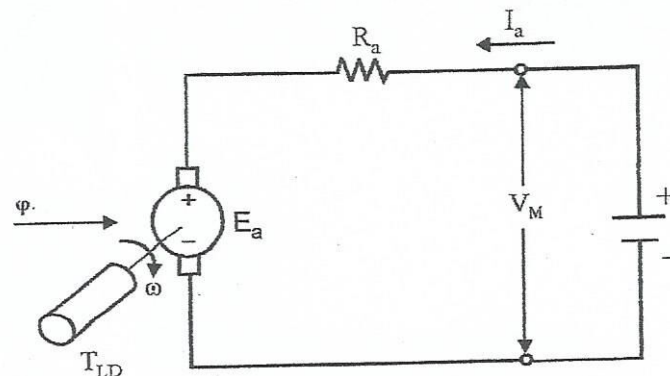
חל איסור מוחלט להוציא שאלון או מחברת בחינה מחדר הבחינה!

בהצלחה!

ענו על חמש מהשאלות מבין השאלות 1-8, ערך כל שאלה – 20 נקודות.

שאלה 1

באיור לשאלה 1 מוצג מעגל תמורה של מנוע DC בעל עירור זר.



איור לשאלה 1

משוואת המתחים של מעגל הזנת המנוע היא: $V_M = E_a + I_a \cdot R_a$.

(10 נק') א. נמקו את התשובות לשאלות הבאות:

1. באיזה מאפייני המנוע תלוי הכא"ם E_a ?
 2. האם שינוי המתח V_M למנוע ישנה בהכרח את הזרם I_a ?
 - אם התשובה היא "לא", אז איך זה מתיישב עם משוואת המתחים?
 3. האם הוספת נגד בטור למעגל העוון ישנה בהכרח את הזרם I_a ?
 - אם התשובה היא "לא", אז איך זה מתיישב עם משוואת המתחים?
- (10 נק') ב. בעבודת מנוע השראה, עם חיבור הסלילים במשולש, נמדדו את הערכים הבאים:

$$400V, 50Hz, 42A, 2850 \text{ rpm}, \cos \varphi = 0.82$$

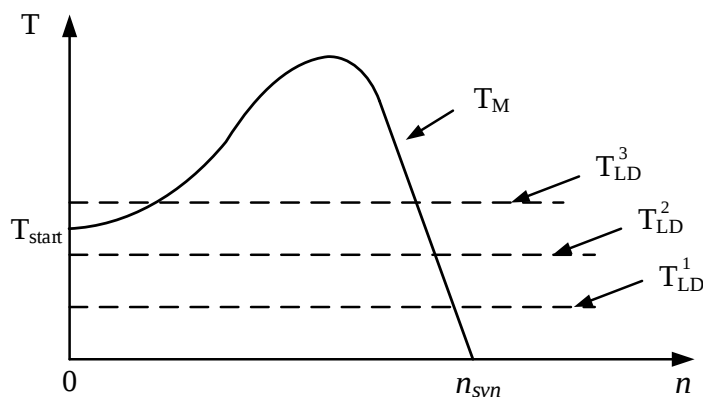
ההתנגדות של הסליל הפאזי של הסטטור היא $R_l = 0.2\Omega$

$$\Delta P_{Fe} = 500W, \Delta P_{mech} = 520W$$

חשבו את נצילות המנוע במצב העבודה הנתון.

שאלה 2

באיור לשאלה 2 מוצגים אופיין מכאני של מנוע השראה $T_M = f(n)$ ושלושה אופיינים מכאניים של העומס $T_{LD} = f(n)$. העומס הוא מסוג סרט נע (מומנט קבוע).



איור לשאלה 2

נהוג להתניע את המערכת במצב שבו הסרט ריק מהחומר.

לעתים עקב התקלה, הסרט נעצר עם החומר עליו, וצריך להתניע את המערכת כאשר הסרט מועמס בחומר

באיור לשאלה 2 מוצגים שלושה אופיינים: T_{LD}^1 , T_{LD}^2 ו- T_{LD}^3 עבור כמות שונה של החומר על פני הסרט.

(4 נק') א. **הסבירו**, למה במצב העמסה המתואר באמצעות האופיין T_{LD}^3 אי אפשר להתניע את המערכת?

(4 נק') ב. העתיקו למחברת את האיור עם אופיין המנוע T_M ושני אופייני ההעמסה T_{LD}^1 ו- T_{LD}^2 .

ציינו על פני האיור, בנקודת הביניים n^* , את גודל המומנט הדינמי של המנוע עבור שני מצבי הפעולה.

(8 נק') ג. האם **זמן ההתנעה** (פרק הזמן מחיבור המתח למנוע ועד ההתייצבות במהירות הקבועה) שווה בשני

מצבי ההעמסה? אם לא, באיזה מצב הוא ארוך יותר? **נמקו** את התשובה.

יש להתייחס לגדלים של מומנט ההתמד J ושל המומנט הדינמי T_{din} בשני המקרים, ולביטוי של

$$T_{din} = J \cdot \frac{d\omega}{dt}$$

(4 נק') ד. העתיקו למחברת את האופיין המכני T_M של המנוע בלבד.

סמנו, על פני האופיין, את החלק שבו מתאפשרת **עבודה יציבה** של המנוע.

שאלה 3

אין קשר בין הסעיפים א' ו- ב'.

(8 נק') א. במדידת שנאי מסוים **בריקם** (ללא עומס) במתח הנומינלי נמדדו:

$$I_0 = 2.4A \text{ וגורם הספק } \cos \varphi = 0.28.$$

את הזרם הנמדד אפשר לתאר כמורכב משני חלקים:

אחד I_{0a} – פעיל (אקטיבי) והשני I_{0r} – היגבי (ריאקטיבי).

1. חשבו את מרכיבי הזרם.
2. מה תפקידו של המרכיב I_{0a} בפעולת השנאי בריקם?
3. מה תפקידו של המרכיב I_{0r} בפעולת השנאי בריקם?

(12 נק') ב. נבדקו שני שנאים חד פאזיים, תוצרת שני יצרנים שונים, בעלי נתונים זהים:

$$15KVA \text{ ו- } 2300/230V.$$

כדי למצוא את מתחי הקצר של השנאים, בוצעו ניסויי קצר לכל שנאי.

לשנאי מיצרן "a" נתקבלו: $R_1 = 2.2\Omega, R_2' = 2.3\Omega, X_1 = 3.2\Omega, X_2' = 3.3\Omega$.

לשנאי מיצרן "b" נתקבלו: $R_1 = 1.9\Omega, R_2' = 2.0\Omega, X_1 = 3.1\Omega, X_2' = 3.2\Omega$.

(6 נק') 1. חשבו את מתחי הקצר $u_k(\%)$ של כל אחד מהשנאים.

(6 נק') 2. שני השנאים פועלים במקביל על העומס של 30 KVA.

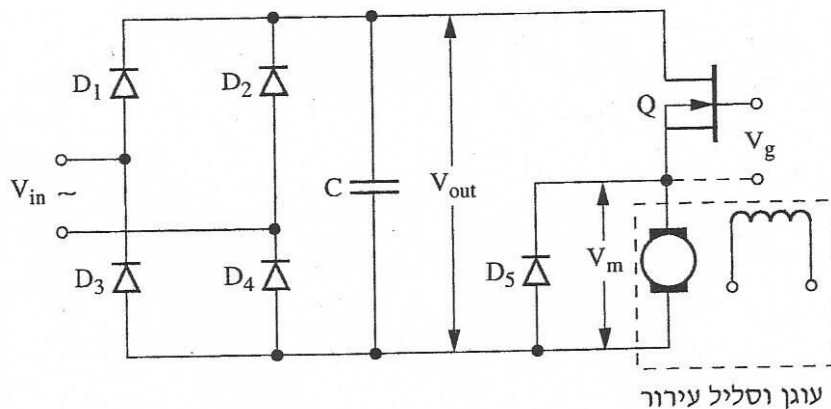
מהי חלוקת העומס בין השנאים?

האם, לפי החישוב, אחד השנאים מועמס בעומס יתר?

אם כן, מהו העומס המשותף המותר?

שאלה 4

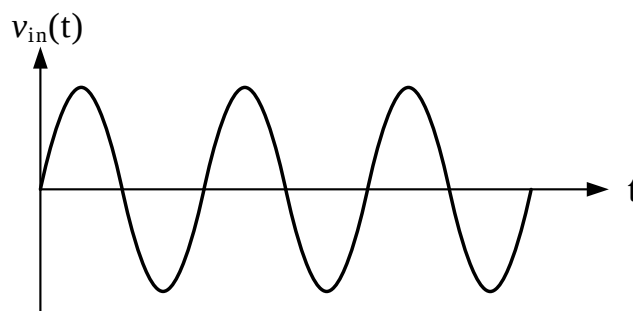
באיור א' לשאלה 4 מוצג מעגל הזנת מנוע DC ממקור זרם חילופין דרך מיישר גשר דיודות. הטרנזיסטור Q מאפשר לבקר את מהירות המנוע.



איור א' לשאלה 4

(6 נק') א. המסנן הקיבולי C מקרב את גל המתח v_{out} לצורת המתח הישר.

באיור ב' לשאלה 4 מוצג גל מתח חילופין v_{in} המחובר למעגל.



איור ב' לשאלה 4

העתיקו את האיור ב' למחברת. סרטטו מתחת לאיור, באופן איכותי, את גל המתח v_{out} ,

ללא המסנן C, ומתחתיו את הגל עם המסנן C.

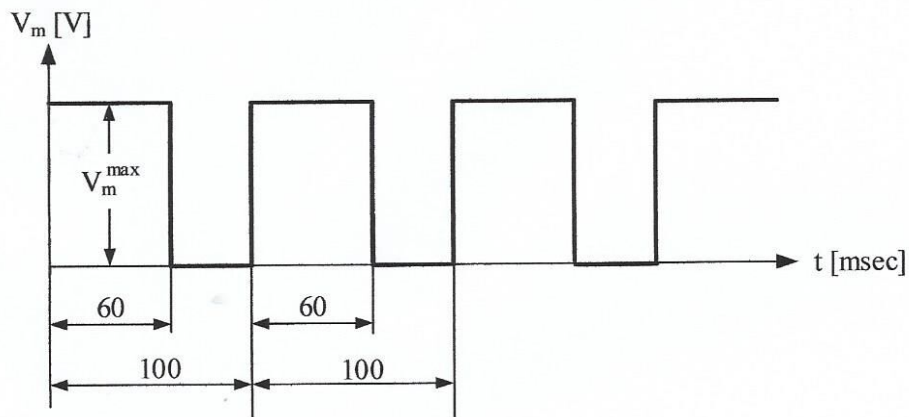
(4 נק') ב. נתון המתח היעיל בכניסה $V_{in} = 230V$.

בהנחה שקיבול הקבל C גדול מאוד, חשבו את גודל המתח V_{out} .

שימו לב: המשך השאלה בעמוד הבא.

(6 נק') ג. הטרנזיסטור Q מסוג MOSFET פועל בשיטת PWC (בקרת רוחב הדופק) ומאפשר לווסת את מהירות המנוע.

באיור ג' לשאלה 4 נתון גל המתח המתקבל בין הדקי המנוע כפונקציה של הזמן. המתח מבוקר באמצעות הטרנזיסטור Q בשיטת PWC.



איור ג' לשאלה 4

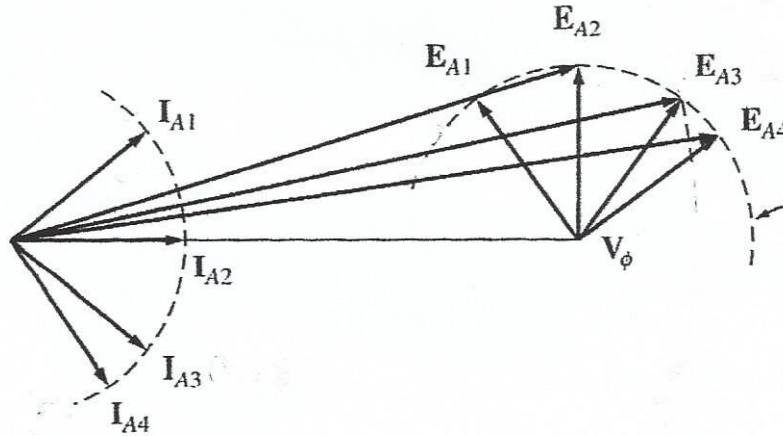
בהנחה שהטרנזיסטור Q אידיאלי, מצאו את המתח $V_m^{\max}$ המרבי ואת המתח V_m^{aver} הממוצע בין הדקי המנוע.

(4 נק') ד. מהו תפקידה של הדיודה D_5 במעגל בקרת המנוע?

שאלה 5

אין קשר בין הסעיף א' לסעיפים ב' ו- ג'.

(8 נק') א. באיור לשאלה 5 מוצג אוסף של דיאגרמות וקטוריות עבור פאזה אחת של הגנרטור הסינכרוני למצבי העבודה השונים של מערכת אספקת החשמל. ההתנגדות האווהמית של הסליל הפאזי זניחה.



איור לשאלה 5

מתוך הרשימה שלמטה יש לבחור את ההיגד שמתאר נכון את פעולת המערכת עם הגנרטור הסינכרוני במצבים השונים המתוארות באיור לשאלה ולהעתיקו למחברת (אין צורך להסביר את הבחירה):

1. גודל זרם העומס, המתח וזרם העירור הם **קבועים**.
2. גודל זרם העומס וזרם העירור הם **קבועים**, המתח **משתנה**.
3. המתח וזרם העירור הם **קבועים**, גודל זרם העומס **משתנה**.
4. גודל זרם העומס והמתח הם **קבועים**, זרם העירור **משתנה**.
5. גודל זרם העומס **קבוע**, המתח וזרם העירור **משתנים**.

(8 נק') ב. נתוני גנרטור סינכרוני הם:

חיבור הסלילים **כוכב**, $S_{nom} = 200kVA$, $480V, 50Hz$, $2p = 2$, $X_s = 0.25\Omega$, $R_a = 0.04\Omega$, $\eta = 88\%$.

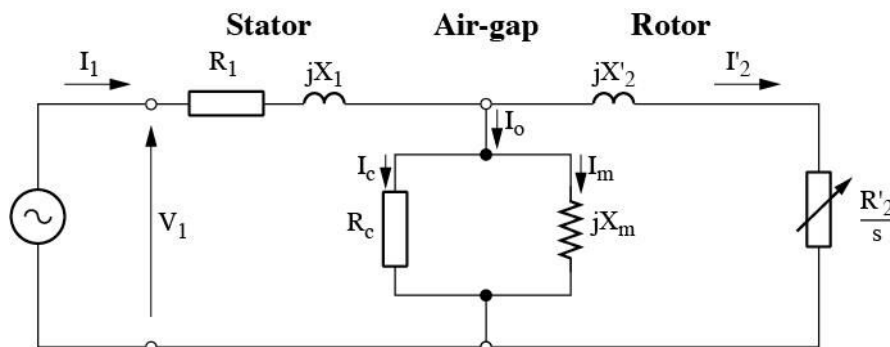
עומס המחובר לגנרטור הוא בעל גורם הספק $\cos \varphi = 0.8$ מפגר.

חשבו את הכא"ם לפאזה E_a ואת זווית העומס δ בעבודת הגנרטור בעומס הנומינלי.

(4 נק') ג. **חשבו** את ההספק המכני P_{in} המושקע בכניסה ואת המומנט T_{in} המופעל על ציר הגנרטור בעומס הנומינלי.

שאלה 6

נתוני מנוע השראה הם: חיבור סלילים Y, ארבעה קטבים, 400V, 50Hz.
באיור לשאלה 6 מוצג מעגל תמורה מדויק של פאזת מנוע השראה.



איור לשאלה 6

מאפייני מעגל התמורה הם: $R_c = 122\Omega$, $X_m = 20\Omega$, $X'_2 = 1.066\Omega$, $R'_2 = 0.154\Omega$, $X_1 = 0.852\Omega$, $R_1 = 0.15\Omega$.

מתייחסים לתחום רחב של פעולת המנוע בו ההחלקה משתנה בין $s = 0.02$ ל- $s = 0.06$.

(4 נק') א. חשבו את הזרם I_1 ואת גורם ההספק $\cos \varphi$ עבור המצב שבו ההחלקה היא $s = 0.02$.

(4 נק') ב. חשבו את הזרם I_1 ואת גורם ההספק $\cos \varphi$ עבור המצב שבו $s = 0.06$.

(4 נק') ג. בהסתמך על הידע של התנהגות זרם במנוע בעומסים משתנים,

סרטטו במחברת את העקומה $I_1 = f(s)$ תוך שימוש בשתי הנקודות שחושבו.

השלימו באופן איכותי את העקומה עבור $s = 0$ ו- $s > 0.06$.

(4 נק') ד. בהסתמך על הידע של התנהגות גורם הספק בעומסים משתנים,

סרטטו במחברת את העקומה $\cos \varphi = f(s)$ תוך שימוש בשתי הנקודות שחושבו.

השלימו באופן איכותי את העקומה עבור $s = 0$ ו- $s > 0.06$.

(4 נק') ה. חשבו את מהירות המנוע n עבור ההחלקות $s = 0.06$, $s = 0.02$ ו- $s = 0$.

סרטטו את העקומה $n = f(s)$.

הערה: אפשר למקם את שלוש העקומות במערכת צירים אחת תוך קביעת קנה המידה עבור כל מאפיין.

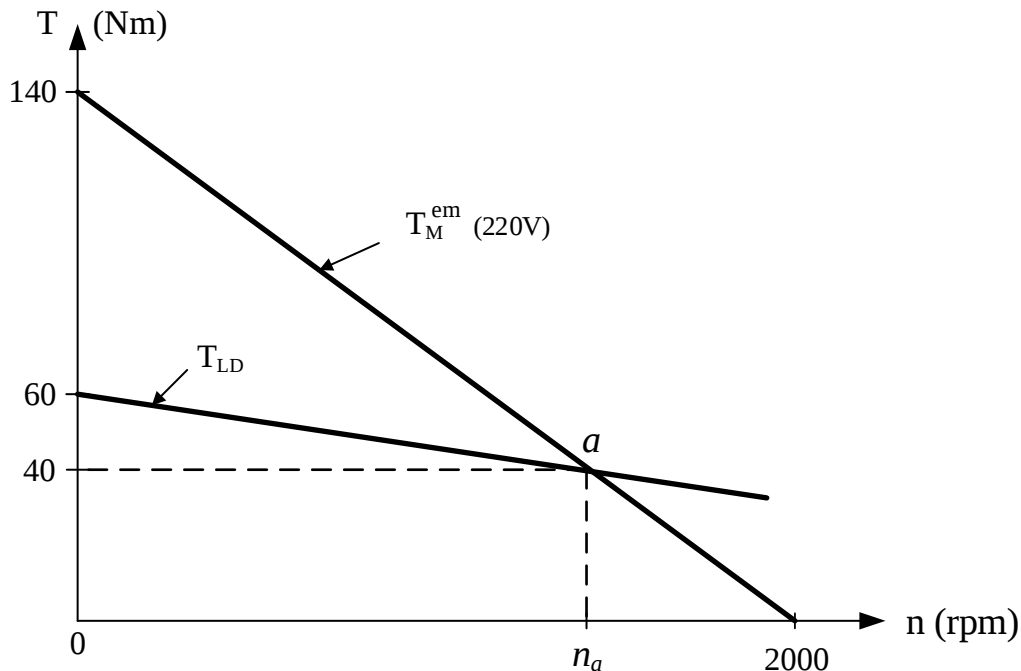
שאלה 7

מנוע DC בעל עירור זר מוזן במתח 220V ומסובב עומס מכני.

(8 נק') א. באיור א' לשאלה 7 מוצגים שני אופיינים מכניים:

האופיין האלקטרומגנטי של המנוע T_M^{em} והאופיין של העומס T_{LD} .

נקודת העבודה מסומנת באות a.



איור א' לשאלה 7

חשבו את המהירות n_a , את הזרם I_a במהירות n_a ואת התנגדות העוגן R_{arm} .

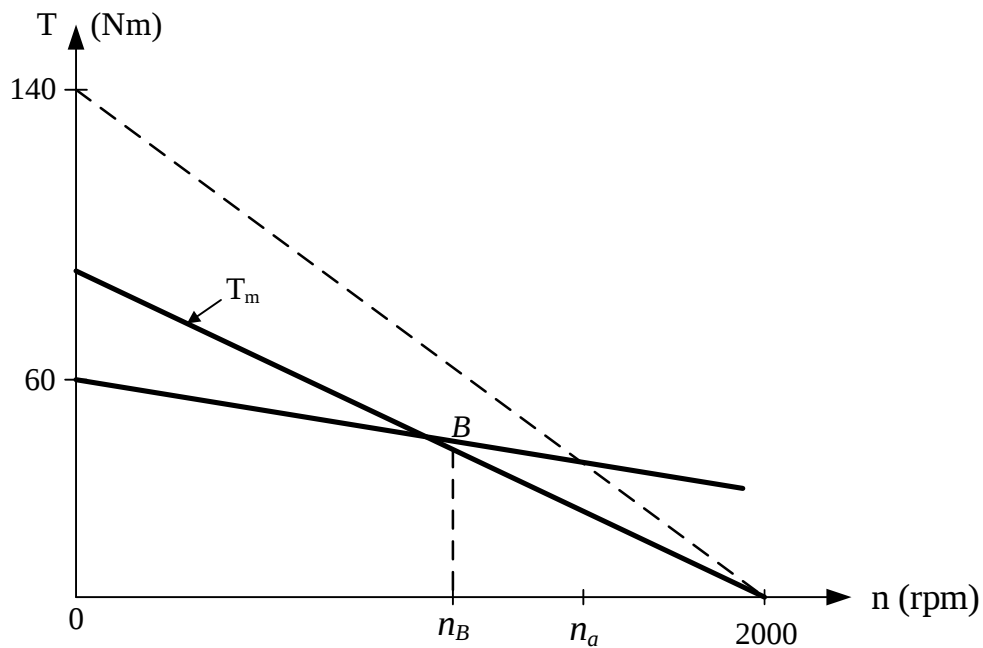
בפתרון יש להיעזר בנתונים המופיעים באיור א' לשאלה 7.

שימו לב: המשך השאלה בעמוד הבא.

(8 נק') ב. על מנת להוריד את מהירות המנוע לערך של 70% מהמהירות n_a הוסיפו נגד R_{add} בטור לסליל העוגן.

באיור ב' לשאלה 7 נראה האופיין המכני החדש של המנוע T'_M , עם התנגדות $R_{arm} + R_{add}$ במעגל העוגן.

נקודת העבודה החדשה מסומנת באות b.



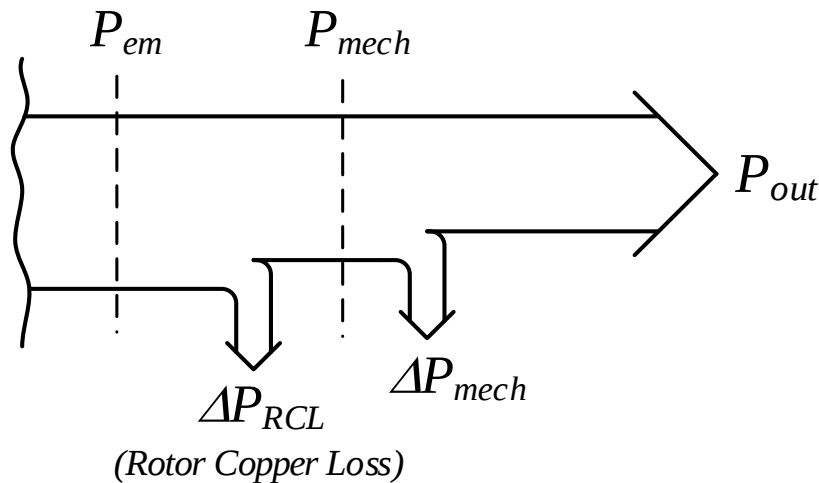
איור ב' לשאלה 7

חשבו את הזרם I_b במצב העבודה החדש ואת ערך הנגד R_{add} .

(4 נק') ג. מהם החסרונות של שיטת הוספת נגדים למעגל העוגן בהשוואה לשיטת הורדת מתח ההזנה לצורך הורדת מהירות המנוע?

שאלה 8

באיור לשאלה 8 מוצג חלק מתרשים זרימת האנרגיה (הספקים והפסדים) במנוע השראה.



איור לשאלה 8

הניחו שההספק האלקטרומגנטי, P_{em} , נתון.

ידוע גם הקשר בין ההספקים P_{mech} ו- P_{em} : $P_{mech} = (1-s) \cdot P_{em}$, כאשר s – החלקה.

(6 נק') א. המומנט האלקטרומגנטי T_{em} שווה ל- $T_{em} = \frac{P_{em}}{\omega_1}$, כאשר ω_1 – המהירות הזוויתית של השדה המסתובב.

הוכיחו שאת המומנט T_{em} ניתן לחשב גם באמצעות הנוסחה הבאה:

$$T_{em} = \frac{P_{mech}}{\omega_M}, \text{ כאשר } \omega_M \text{ – המהירות הזוויתית של ציר המנוע.}$$

(6 נק') ב. פתחו נוסחה לחישוב ההפסדים החשמליים ברוטור ΔP_{RCL} על סמך ידיעת ההספק P_{em} והחלקה s .

(8 נק') ג. השלימו את תרשים זרימת האנרגיה. אילו הפסדים יש עוד לקחת בחשבון כדי להגיע להספק הכניסה P_{in} ?

בהצלחה!

© כל הזכויות שמורות למה"ט

מחווון מכונות חשמל והינע להנדסאים 90619 מועד א' קיץ 22

מספר שאלה	סעיף	ניקוד לשאלה	מטרת השאלה	רמת הערכה (אחוזים)
1	א	10	הבנת מעגל התמורה של מנוע DC.	תשובה נכונה-100%
	ב	10	חישובים במנוע DC.	תשובה נכונה-100%
2	א	4	הבנת האופיין המכני של מנוע השראה.	תשובה נכונה-100%
	ב	4	הבנת האופיין המכני של מנוע השראה.	תשובה נכונה-100%
	ג	8	הבנת התהליך הדינמי של התנעת המנוע.	תשובה נכונה-100%
	ד	4	הבנת האופיין המכני של מנוע השראה.	תשובה נכונה-100%
3	א	8	הבנת ההליך מיגנוט השנאי.	תשובה נכונה-100%
	ב	12	חישובים בשנאי על בסיס מעגל התמורה.	תשובה נכונה-100%
4	א	6	הכרת פעולת המיישר.	תשובה נכונה-100%
	ב	4	הכרת פעולת המיישר.	תשובה נכונה-100%
	ג	6	הכרת שיטת בקרה PWC.	תשובה נכונה-100%
	ד	4	הכרת מעגל בקרה של מנוע DC.	תשובה נכונה-100%
5	א	8	הבנת דיאגרמה וקטורית של גנרטור סינכרוני.	תשובה נכונה-100%
	ב	8	חישובים בגנרטור סינכרוני.	תשובה נכונה-100%
	ג	4	חישובים בגנרטור סינכרוני.	תשובה נכונה-100%
6	א	4	חישובים במנוע AC על בסיס מעגל התמורה.	תשובה נכונה-100%
	ב	4	חישובים במנוע AC על בסיס מעגל התמורה.	תשובה נכונה-100%
	ג	4	בניית אופיין של תלות הזרם בהחלקה.	תשובה נכונה-100%
	ד	4	בניית אופיין של תלות גורם הספק בהחלקה.	תשובה נכונה-100%
	ה	4	בניית אופיין של תלות המהירות בהחלקה.	תשובה נכונה-100%
7	א	8	חישובים במנוע DC על בסיס האופיין המכני.	תשובה נכונה-100%
	ב	8	חישובים במנוע DC על בסיס האופיין המכני.	תשובה נכונה-100%
	ג	4	התייחסות להכנסת נגד לעוגן מנוע DC.	תשובה נכונה-100%
8	א	6	הכרת הספקים והפסדים במנוע השראה.	תשובה נכונה-100%
	ב	6	הכרת הספקים והפסדים במנוע השראה.	תשובה נכונה-100%
	ג	8	הכרת הספקים והפסדים במנוע השראה.	תשובה נכונה-100%

דחוף!

לכבוד
המכללות ובתי הספר
להכשרת הנדסאים וטכנאים

הנדון: הבהרה לבחינת גמר ממלכתית

תאריך בחינה:	6.7.2022	שעת העברה בדוא"ל:	11:00
מגמה:	הנדסת חשמל		
שם הבחינה:	מכונות חשמל והנע		
סמל הבחינה	90619		

עמוד 10, שאלה 7, סעיף ב

"באזור ב' לשאלה 7 נראה האופיין המכני החדש של המנוע T_m " (במקום T'_m)

בברכה,
מחלקת בחינות

01-3-07 (01/07)