

מועד הבחינה :
קיץ תשפ"ג – 2023 – מועד ב'
מספר השאלון : 90619

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.

אין להעביר חומר עזר, ספרים ומחשבוני בין הנבחנים.

- ד. הוראות מיוחדות :
 1. יש לקרוא בעיון את ההנחיות בדף השער ואת כל שאלות הבחינה, ולוודא שהן מובנות.
 2. 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.
 3. 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.
 4. טיוטה יש לכתוב במחברת הבחינה בלבד. יש לרשום את המילה "טיוטה" בראש העמוד ולהעביר קו על הכתוב כדי שלא ייבדק.
 5. אין לאחד סעיפים! לכל סעיף שבשאלה יש לתת תשובה נפרדת.
 6. תשובה מלאה לסעיף שאלה הכרוך בחישובים היא תשובה שבה מוצג הביטוי המתמטי שלפיו ייעשה החישוב, הערכים מוצגים בביטוי, ותוצאת החישוב מוצגת באמצעות מספר ויחידות.
 7. כל מספר המוצג בביטוי מתמטי חייב להיות תוצאה של חישוב קודם או של נתון המופיע בגוף השאלה.
 8. אין השימוש במחשבון פוטר מהצורך להציג את הצבת הערכים בביטוי המתמטי.
 9. תשובה שאינה מנומקת או שאין דרך הפתרון מוצגת בה, לא תזכה בניקוד כלל.
 10. 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!

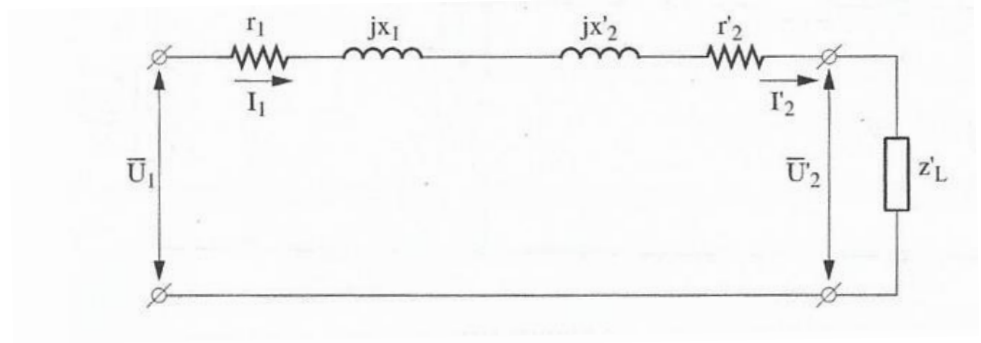
בהצלחה!

שאלה 1

באיור לשאלה 1 מוצג מעגל תמורה של שנאי חד מופעי.

נתוני הנקובים של השנאי הם: $S_n=5\text{kVA}$, $250/125\text{V}$

נתוני מעגל התמורה הם: $r_1=0.8\Omega$, $x_1=1.5\Omega$, $r_2'=0.7\Omega$, $x_2'=1.6\Omega$



איור לשאלה 1

אפשר להזניח את ענף המגנט והספק הריקם.

השנאי מוזן במתח נקוב ומועמס בזרם שווה לזרם הנקוב של השנאי ($I_2=I_{2n}$).

גורם ההספק בעומס נע בין 0.8 השראותי לבין 1 התנגדותי.

(7 נק') א. חשבו את המתח על פני העומס עבור שני גורמי ההספק.

(7 נק') ב. חשבו את נצילות השנאי המועמס עבור שני גורמי ההספק.

(6 נק') ג. שרטטו שני אופיינים $U_2=f(I_2)$ במערכת צירים אחת עבור שני גורמי ההספק.

שאלה 2

מנוע לזרם ישר בעירור נפרד בעל התנגדות $R_a=1.6\Omega$ מסובב עומס מכני.

אפשר להזניח איבודי המומנט בריקם $\Delta T_0=0$ דהיינו: $T_{LD}=T_{em}$

ברגע ההתנעה המומנט הנדרש הוא $T_{ST}=20\text{Nm}$.

נתונה משוואה המתארת את התלות בין מומנט העומס ומהירות הסיבוב:

$$T_{LD}=T_{ST} + k \cdot n_{LD}^2$$

k הוא מקדם קבוע עבור כל העמסה. אפשר להזניח את איבודי המומנט בריקם.

בהעמסה מסוימת במתח של 300V המנוע מפתח על צירו הספק של 8377W במהירות של 800 סל"ד ובנצילות של 85% .

(5 נק') א. חשבו את ערכו של המקדם k .

(5 נק') ב. שרטטו את אופיין המומנט בתלות מהירות הסיבוב $T_{LD}=f(n_{LD})$.

(5 נק') ג. חשבו את זרם העוגן במצב ההעמסה הנתון.

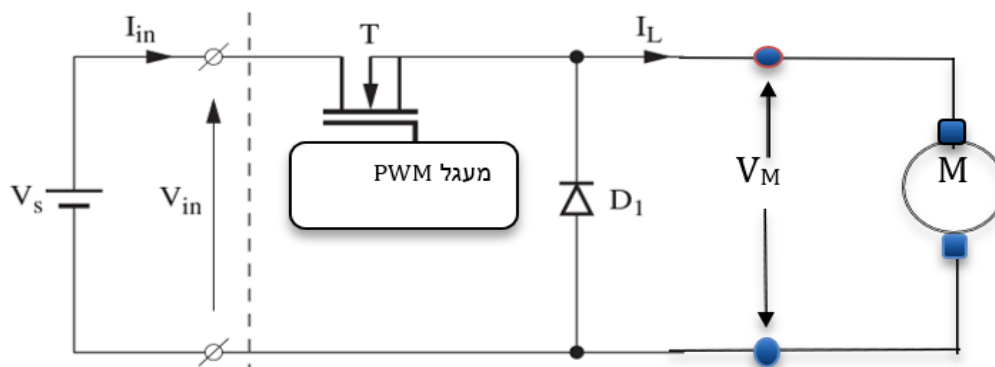
חשבו את T_{LD} במצב זה.

(5 נק') ד. המנוע מסובב את העומס המכני במהירות של 500 סל"ד.

חשבו את המומנט המתפתח על ציר המנוע, את זרם המנוע ואת מתח ההזנה הנדרש במקרה זה.

שאלה 3

באיור לשאלה 3 מתואר מעגל PWM ממיר DC/DC המחובר למנוע לזרם ישר בעל מגנט קבוע.



איור לשאלה 3

נתוני המנוע הנקובים הם: $U_n=250V$, $R_a=0.4\Omega$, $n_n=600\text{rpm}$, $P_{2n}=800W$, $\eta_n=80\%$.
 המעגל מחובר למקור מתח ישר $V_s=250V$, מועמס במומנט אלקטרו מגנטי נקוב
 והממיר מפיק ביציאתו דפקים (פולסים) לפי היחסים הבאים: $t_{on}=0.8\text{sec}$, $t_{off}=0.2\text{sec}$.

- 5 נק' א. הסבירו את עקרון פעולת המעגל ולמה הוא משמש.
- 10 נק' ב. חשבו את מתח המנוע הממוצע ואת מהירות סיבובו במצב זה.
- 5 נק' ג. חשבו את נצילות המנוע במצב זה.

שאלה 4

הנתונים הנקובים של מנוע השראה תלת-מופעי הם:
 $P_n=16.4\text{kW}$, $U_n=400V(\Delta)$, $\eta=76\%$, $\cos\phi=0.82$, $I_{2n}=30A$, $p=2$, $s_n=2\%$, $f_1=50\text{Hz}$
 אפשר להזניח את איבודי ההספק המכניים. סלילי הרוטור מחוברים בכוכב.

- 8 נק' א. חשבו את התנגדות סלילי הרוטור.
- 8 נק' ב. המנוע מועמס ב- 85% מהמומנט הנקוב.
 חשבו את ערך הנגד שיש לחבר בטור לכל סליל ברוטור בכדי להקטין את מהירות
 סיבוב הרוטור ל- 1200 סל"ד.
- 4 נק' ג. יש להקטין את מהירות סיבוב המנוע ל- 1200 סל"ד בעומס נקוב ובגורם חליקה
 השווה לערכו הנקוב. חשבו את התדר ואת המתח הנדרשים במצב זה.

שאלה 5

הנתונים הנקובים של גנרטור סינכרוני הם:

$$\cos\varphi_n=0.8 \text{ מפגר}, S_n=2500\text{kVA}, U_n=22\text{kV}, X_s=7\Omega, R_a=1.7\Omega$$

סלילי הסטטור מחוברים בכוכב, עקום המגנט הוא בתחום הלינארי.

זרם העירור הדרוש לקבלת מתח יציאה נקוב בריקם הוא 50A .

המחולל מועמס בעומס נקוב.

(6 נק') א. חשבו את הכא"מ המופעי, את הזווית בין הכא"מ למתח ואת זרם העירור הדרוש.

(4 נק') ב. שרטטו דיאגרמה פאזורית איכותית של הזרם והמתחים במחולל.

(6 נק') ג. חשבו את נצילות המחולל אם ידוע כי הפסדי הנחשת בסטטור הם 50%

מכלל הפסדי ההספק של המחולל.

(4 נק') ד. משפרים את גורם ההספק של העומס ל- 0.9 מפגר.

האם נדרש לשנות את זרם העירור כדי לקבל מתח נקוב ביציאת המחולל?

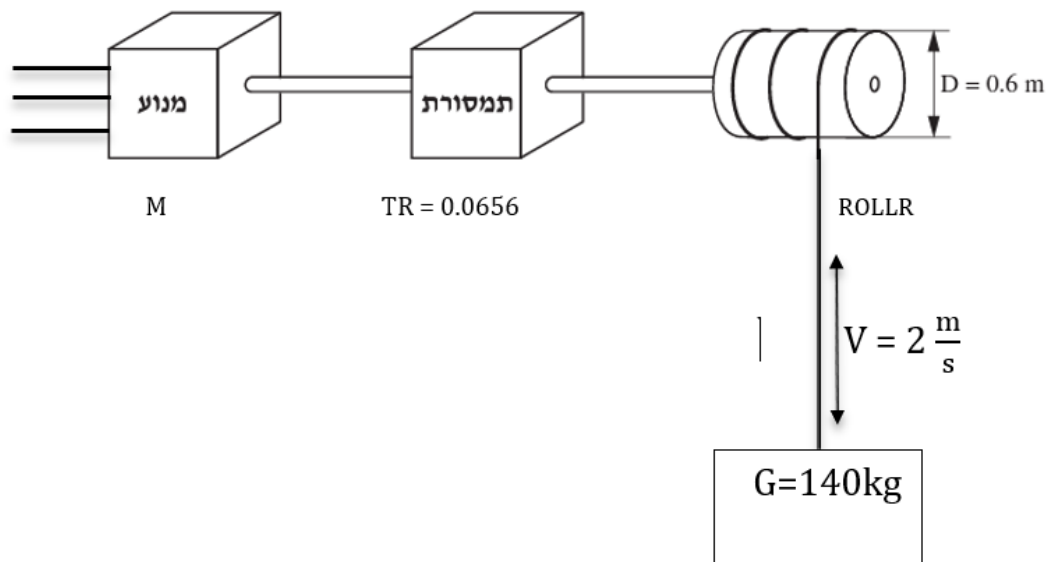
נדרש הסבר איכותי (במילים) ולא חישוב.

שאלה 6

באיור לשאלה 6 מתוארת מערכת הנע הכוללת מנוע השראה תלת מופעי, תמסורת, גליל, ועומס.

המנוע מחובר לרשת $400\text{V}/50\text{Hz}$. סלילי הסטטור מחוברים במשולש.

אפשר להזניח את ההפסדים המכניים במנוע. המנוע הוא בעל שלושה זוגות קטבים.



איור לשאלה 6

(6 נק') א. חשבו את מהירות סיבוב המנוע ואת המומנט המתפתח על צירו.

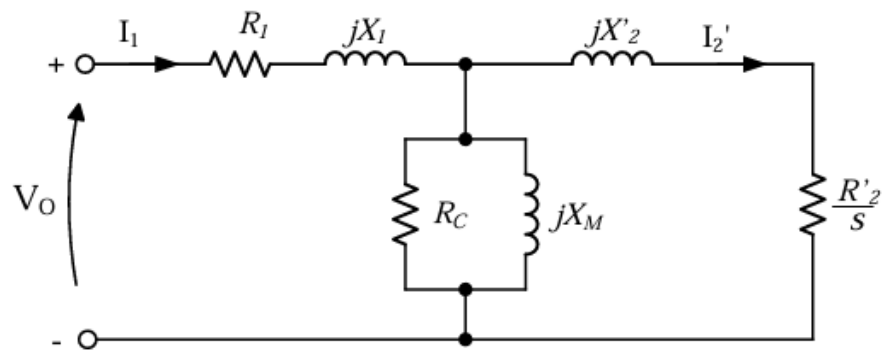
(8 נק') ב. חשבו את איבודי הנחשת ברוטור במצב המתואר.

(6 נק') ג. במצב העבודה המתואר המנוע צורך זרם של 6.18A מהרשת ובגורם הספק 0.8 השראות.

חשבו את נצילותו של המנוע במצב זה.

שאלה 7

באיור לשאלה 7 מוצג מעגל תמורה חד מופעי של מנוע השראה תלת מופעי.



איור לשאלה 7

נתוני מעגל התמורה: $R_1=0.6\Omega$, $X_1=1\Omega$, $R'_2=0.3\Omega$, $X'_2=0.5\Omega$, $R_c=150\Omega$, $X_M=30\Omega$

המנוע מחובר לרשת $400V/50Hz$ והוא בעל שני זוגות קטבים,

סלילי הסטטור מחוברים בכוכב. אפשר להזניח את הפסדי ההספק המכניים.

כאשר המנוע פועל בעומס נקוב מהירות סיבובו היא 1440 סל"ד.

כאשר המנוע פועל בריקם מהירות סיבובו היא 1485 סל"ד.

(5 נק') א. חשבו את עוצמת הזרם ואת גורם ההספק בכל אחד מהמצבים (נקוב וריקם).

(5 נק') ב. חשבו את ההפסדים החשמליים בסטטור וברוטור במצב של עומס נקוב.

(5 נק') ג. חשבו את הפסדי המגנט (ברזל) במצב של עומס נקוב.

(5 נק') ד. חשבו את הנצילות של המנוע בעבודה בעומס נקוב.

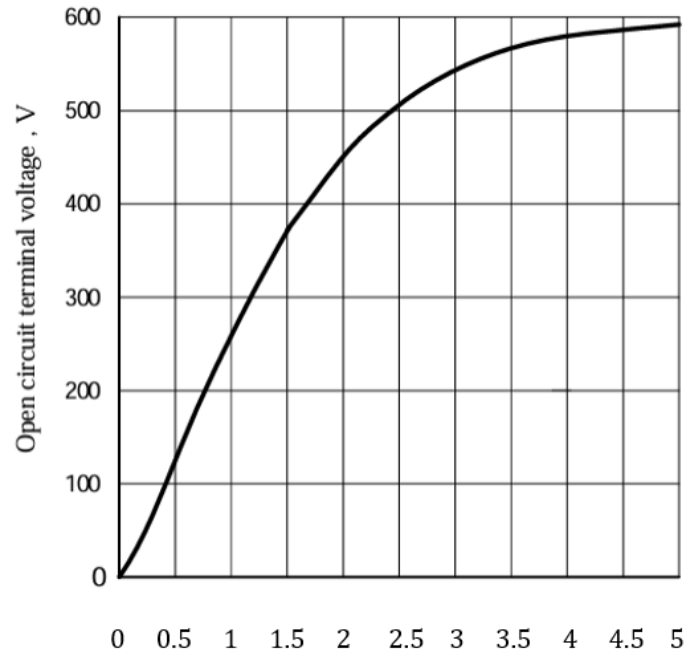
שאלה 8

הנתונים הנקובים של גנרטור סינכרוני הם :

חיבור משולש, שני זוגות קטבים, $450V/50Hz$, $X_s=0.2\Omega$, $R_a=0.02\Omega$

עקום המגנוט נמצא בתחום הלינארי.

באיור מוצג אופיין המבטא את תלות מתח המוצא של הגנרטור בזרם העירור במצב ריקם.



איור לשאלה 8

ביציאת הגנרטור מחובר עומס תלת-מופעי של $300kW$ בגורם הספק 0.8 מפגר.

ההפסדים הקבועים (מגנטיים ומכניים) בגנרטור הם $50kW$.

(10 נק') א. חשבו את זרם העירור הדרוש כדי לשמור על מתח יציאה של $450V$ במצב ההעמסה המתואר.

(10 נק') ב. חשבו את נצילותו של הגנרטור במצב ההעמסה המתואר.

בהצלחה!

© כל הזכויות שמורות למה"ט