



מכונות חשמל והנע להנדסאים ולטכנאים – הנדסת חשמל הנחיות לנבחן

- א. משך הבחינה: ארבע שעות.
- ב. מבנה השאלון ומפתח הערכה: בשאלון זה 8 שאלות. יש לענות על 5 שאלות בלבד. ערך כל שאלה הוא 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 ומחשבוניס 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.
4. יש להתחיל כל תשובה בעמוד חדש ולציין את מספר השאלה ואת הסעיף. אין צורך להעתיק את השאלה עצמה.
5. טיוטה יש לכתוב במחברת הבחינה בלבד. יש לרשום את המילה "טיוטה" בראש העמוד ולהעביר קו על הכתוב כדי שלא ייבדק.
6. אין לאחד סעיפים! לכל סעיף שבשאלה יש לתת תשובה נפרדת.
7. תשובה מלאה לסעיף שאלה הכרוך בחישובים היא תשובה שבה מוצג הביטוי המתמטי שלפיו ייעשה החישוב, הערכים מוצגים בביטוי, ותוצאת החישוב מוצגת באמצעות מספר ויחידות.
8. כל מספר המוצג בביטוי מתמטי חייב להיות תוצאה של חישוב קודם או נתון המופיע בגוף השאלה.
9. אין השימוש במחשבון פוטר מהצורך להציג את הצבת הערכים בביטוי המתמטי.
10. תשובה שאינה מנומקת או שאין דרך הפתרון מוצגת בה לא תזכה בניקוד כלל.
11. אם להערכתך חסר נתון או קיים נתון שגוי בשאלה, עליך לציין זאת במפורש במחברת הבחינה, ולבחור ערך מתאים שיאפשר לך להמשיך בפתרון השאלה. חובה להסביר ולנמק את הבחירה.

חל איסור מוחלט להוציא שאלון או מחברת בחינה מחדר הבחינה!
ההנחיות בשאלון זה מנוסחות בלשון זכר, אך מכוונות לנבחנות ולנבחנים כאחד.

בהצלחה!

ענה על חמש מהשאלות מבין השאלות 8-1 (לכל שאלה – 20 נקודות).

שאלה מספר 1

השאלה מתייחסת לנושא שינוי המתח בשנאי עקב שינוי העומס.

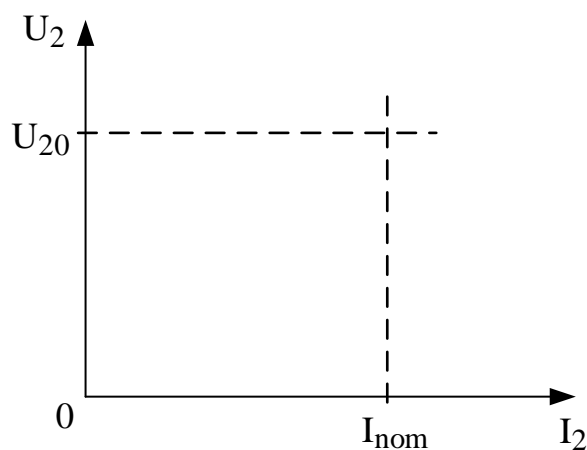
(10 נק') א. נתוני השנאי החד פאזי הם: $15kVA$, $2300/230V$. העכבה הטורית של השנאי:

$$(R_{eq} = R_1 + R_2', X_{eq} = X_1 + X_2') \quad Z = R_{eq} + jX_{eq} = 4.45 + j6.45(\Omega)$$

בתחום שינוי העומס בעל גורם הספק של 0.8 מפגר, ממצב ריקם ועד הנומינלי, נדרש לשמור על המתח הקבוע של 230V במוצא. באיזה תחום יש לשנות את המתח בראשוני כדי לקיים את הדרישה?

(6 נק') ב. ידוע ששינוי המתח בשנאי תלוי בגודל העומס (הזרם I_2) וסוג העומס

(זווית המופע φ_2). באיור לשאלה נתונה מערכת צירים $U_2 = f(I_2)$.



איור לשאלה 1

העתק את האיור למחברתך ושרטט באופן איכותי את שלוש העקומות של שינוי המתח על פני העומס עבור: העומס ההתנגדתי, העומס ההשראי והעומס הקיבולי.

(4 נק') ג. קיימות כמה שיטות לוויסות המתח בשנאי. ציין אחת מהן לפחות.

שאלה מספר 2

נתונים של שנאי תלת פאזי הם : $S_{nom} = 120kVA$, $3.3kV/0.4kV$.

(6 נק') א. בניסוי ריקם **במתח הנומינלי** נמדדו בכניסה לסליל הראשוני הערכים הבאים :

$$\cos \phi_{10} = 0.18 , I_{10} (\%) = 3\%$$

על סמך מדידות אלו, חשב את ההפסדים המגנטיים ΔP_{Fe} בשנאי. האם הם תלויים במידת העמסת השנאי? נמק את התשובה.

(6 נק') ב. בניסוי קצר **בזרם הנומינלי** נמדדו בכניסה הערכים הבאים :

$$\cos \phi_{1k} = 0.4 , U_{1k} (\%) = 6\%$$

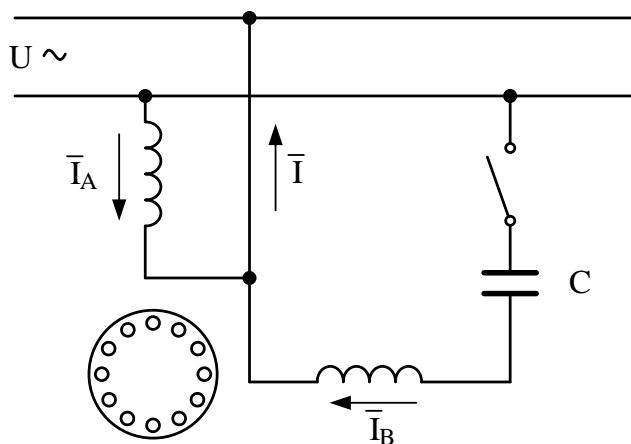
על סמך מדידות אלו, חשב את ההפסדים החשמליים ΔP_{cu} בשנאי במצב העבודה הנומינלי. האם הם תלויים במידת העמסת השנאי? נמק את התשובה.

(8 נק') ג. במצב עבודה מסוים השנאי מועמס ב- 50% מהעומס הנומינלי עם גורם הספק מפגר של 0.85. חשב את נצילותו של השנאי במצב העבודה הנתון.

שאלה מספר 3

התנאי ליצירת שדה מגנטי מסתובב במנוע השראה הוא קיום זרמים בסלילי הסטטור (שניים או יותר), בעלי זווית מופע שונה ביניהם.

6 נק' א. במנוע השראה תלת פאזי קיימים שלושה זרמים פאזיים. מהי זווית המופע ביניהם? בהמשך לשאלה נתייחס למנוע השראה חד פאזי עם התנעה קיבולית. תיאור המנוע עם ההתנעה הקיבולית מוצג באיור.



איור לשאלה 3

בסליל העזר (B) עם קבל C נוצר זרם אשר זווית המופע שלו, ביחס למתח ההזנה, שונה מזווית המופע בסליל הראשי (A). אחרי ההתנעה נהוג לנתק את סליל העזר.

6 נק' ב. איזו זווית מופע בין הזרמים I_A לבין I_B תגרום לקבלת מומנט ההתנעה הגדול ביותר?

8 נק' ג. שרטט באופן איכותי דיאגרמה וקטורית של המנוע בעת ההתנעה המכילה את ארבעת

$$\bar{I}_B, \bar{I}_A, \bar{I}, \bar{U}.$$

שאלה מספר 4

אין קשר בין סעיפי השאלה.

(8 נק') א. בדפי הנתונים של מנוע השראה מופיעים, בין היתר, היחסים בין המומנט המרבי T_{max} ,

מומנט ההתנעה T_{start} לבין המומנט הנומינלי T_{nom} . לדוגמה: $\frac{T_{max}}{T_{nom}} = 2.7$, $\frac{T_{start}}{T_{nom}} = 1.8$.

שרטט באופן איכותי את האופיין המכאני של מנוע השראה $T_M = f(n)$ וסמן עליו את הערכים T_{max} , T_{start} , T_{nom} .

(6 נק') ב. מומנט שמפתח מנוע השראה מחשבים על בסיס של ההספק הפעיל הנצרך. איך מנוצל

במנוע ההספק העיוור שגם נצרך ממקור ההזנה?

(6 נק') ג. בתעשייה נהוג שימוש במשני מהירות אלקטרוניים לוויסות המהירות של מנוע השראה.

שינוי המהירות מבוסס על שינוי תדירות המתח המגיע למנוע, אך באותו הזמן, משנים

גם את גודל המתח. הסבר למה נחוץ לשנות את המתח ובאיזה יחס לשינוי התדירות?

שאלה מספר 5

מנוע השראה תלת פאזי בחיבור כוכב מספק עומס הספק של $3.5kW$, במתח $400V$ $50Hz$.
במצב זה, מהירות המנוע היא $940rpm$, גורם ההספק 0.7 והנצילות 80% . התנגדות הסליל
הפאזי של הסטטור היא 0.6Ω . ההפסדים המכאניים במנוע הם $190W$.

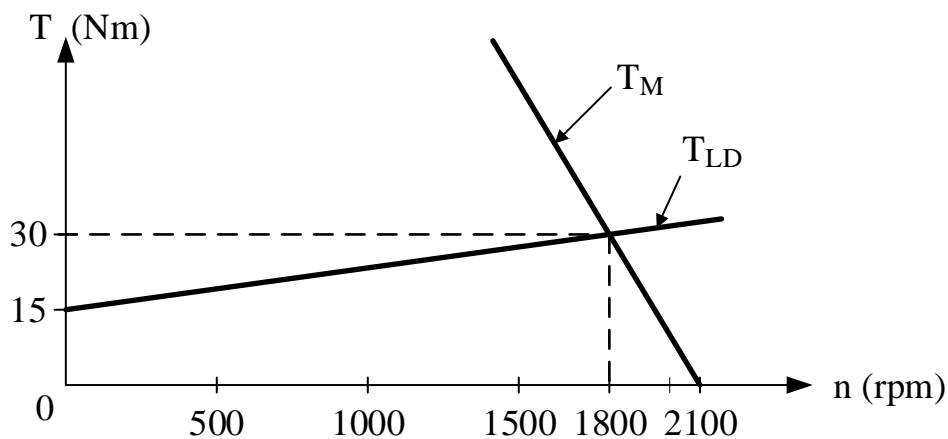
(4 נק') א. חשב את המומנט על ציר המנוע.

(8 נק') ב. חשב את המומנט האלקטרומגנטי.

(8 נק') ג. מהם ההפסדים המגנטיים במנוע?

שאלה מספר 6

מנוע DC בעל עירור זר מסובב עומס מכאני בעל אופיין $T_{LD} = f(n)$ כמתואר באיור לשאלה. באיור מתואר גם אופיין $T_M = f(n)$ של המנוע עבור מתח הזנה מסוים.



איור לשאלה 6

לכל אופיין מוגדרות שתי נקודות של תלות בין המומנט למהירות.

8 נק' א. כתוב, על סמך הנתונים, את שני הביטויים המבטאים תלות בין המומנטים T_M ו- T_{LD} לבין המהירות n .

4 נק' ב. תאר את הביטויים הנ"ל כפונקציות של המהירות הזוויתית ω .

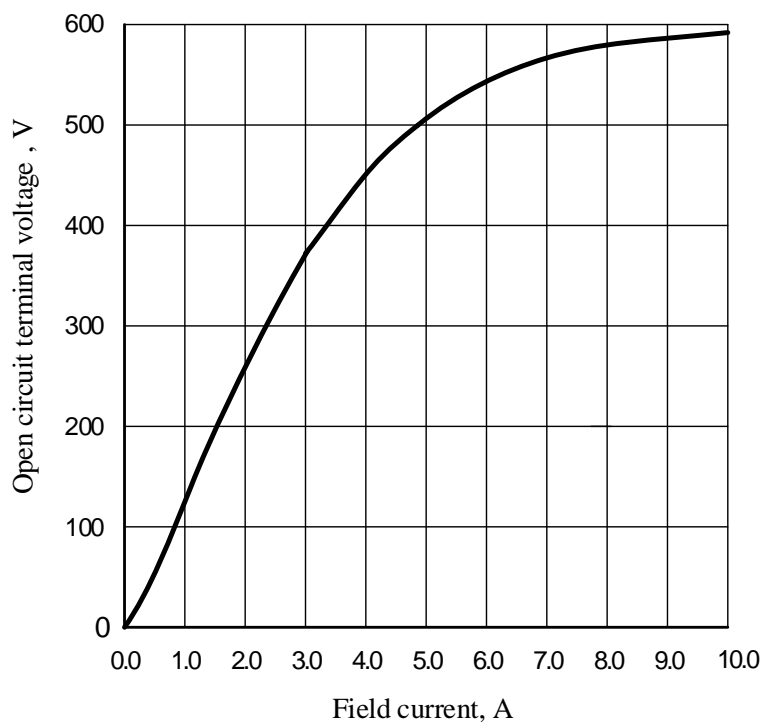
8 נק' ג. נתון שמומנט ההתמדה (האינרציה) השקול של העומס והמנוע הוא $J_{\Sigma} = 2 Nmsec^2$. מתניעים את המערכת ממצב המנוחה.

תאר את ביטוי השתנות המהירות ω בזמן $\omega = f(t)$ בתהליך ההתנעה. מהו קבוע הזמן של התהליך. בדוק שהביטוי נותן את המהירות $n = 1800 rpm$ במצב המתמיד.

שאלה מספר 7

נתוני גנרטור סינכרוני הם: חיבור סלילים במשולש, ארבעה קטבים, מתח נומינלי $450V, 50Hz$, התנגדות סליל פאזי $R_a = 0.015\Omega$, היגב סינכרוני $X_s = 0.1\Omega$. ההפסדים הקבועים (המגנטיים והמכאניים) בגנרטור הם $70kW$.

באיור לשאלה מוצג אופיין המבטא את התלות בין מתח המוצא של הגנרטור בריקם לבין זרם העירור.



איור לשאלה 7

- 4 נק') א. מצא את זרם העירור הנדרש לקבלת המתח $450V$ בריקם (ללא עומס).
- 8 נק') ב. הגנרטור מספק לצרכנים זרם של $1200A$ בגורם הספק 0.8 מפגר. מצא את זרם העירור הנדרש כדי לקבל את המתח של $450V$ בעומס הנתון.
- 8 נק') ג. חשב את נצילות הגנרטור בעומס הנתון בסעיף ב'.

שאלה מספר 8

נתון מנוע לזרם ישר בעל מגנטים קבועים (Permanent Magnet).
התנגדות סליל העוגן היא 0.8Ω . המנוע פועל במתח של 240V.

(4 נק') א. מהו תפקידם של מגנטים קבועים במנוע?

(4 נק') ב. המנוע פועל ללא עומס על צירו (בריקס), צורך זרם של 2.4A ומסתובב במהירות של 1040rpm. חשב את ההספק הנצרך. מהם סוגי ההפסדים שהספק זה מכסה אותם?

(6 נק') ג. במצב עבודה מסוים, המנוע צורך זרם של 20A. מה תהיה מהירות המנוע?

(6 נק') ד. על ידי הורדת מתח ההזנה רוצים להגיע למהירות של 400rpm. ידוע שהמומנט על ציר המנוע הוא קבוע, ללא תלות במהירות. איזה מתח יש לחבר למנוע?

בהצלחה!

© כל הזכויות שמורות למה"ט

מחון לשאלון 90619, מכונות חשמל והינע, קיץ 2018, מועד ב'

מספר שאלה	מספר סעיף	ניקוד לשאלה	מטרת השאלה	הערכה באחוזים
1	א	10	השפעת עומס על מתח השנאי	100
	ב	6	השפעת סוג העומס על מחת השנאי	100
	ג	4	הכרת שיטות לויסות מתח השנאי	100
2	א	6	חישוב הפסדי ברזל בשנאי	100
	ב	6	חישוב הפסדים חשמליים בשנאי	100
	ג	8	חישוב נצילות השנאי	100
3	א	6	הבנת יצירת השדה המסתובב	100
	ב	6	הבנת יצירת השדה המסתובב	100
	ג	8	הכרת דיאגרמה וקטורית של מנוע	100
4	א	8	הכרת אופיין מכאני של מנוע השראה	100
	ב	6	הכרת סוגי הספקים במנוע	100
	ג	6	הכרת משנה המהירות האלקטרוני	100
5	א	4	חישוב מומנט המוצא	100
	ב	8	חישוב מומנט אלקטרומגנטי	100
	ג	8	חישוב הפסדים במנוע	100
6	א	8	תיאור מתימטי של האופיין המכאני	100
	ב	4	תיאור מתימטי של האופיין המכאני	100
	ג	8	מציאת ביטוי שינוי המהירות בזמן	100
7	א	4	מציאת זרם עירור של גנרטור	100
	ב	8	חישוב המתח בגנרטור	100
	ג	8	חישוב נצילות הגנרטור	100
8	א	8	הכרת הספקים במנוע DC	100
	ב	6	חישובים במנוע DC	100
	ג	6	שינוי מהירות במנוע DC	100