GuyAI
מבית GOOL בגרויות

סוג הבחינה: בחינת גמר ממלכתית
מועד הבחינה: קיץ 2026 מועד א'
סמל השאלון: 97161
שם התלמיד/ה: _____

מכונות חשמל והנע

הנדסת חשמל · הנדסאים

הוראות

א. משך הבחינה: ארבע שעות.

ב. מבנה השאלון ומפתח ההערכה: בשאלון זה שמונה שאלות. יש לענות על חמש שאלות בלבד, ערך כל שאלה 20 נקודות. סה"כ: 100 נקודות.

ג. חומר עזר מותר בשימוש: 1. מחשבון (אין להשתמש במחשב כף יד או במחשבון עם תקשורת חיצונית). 2. חוברת נוסחאות מה"ט המצורפת לשאלון הבחינה אין להעביר חומר עזר ומחשבונים בין הנבחנים.

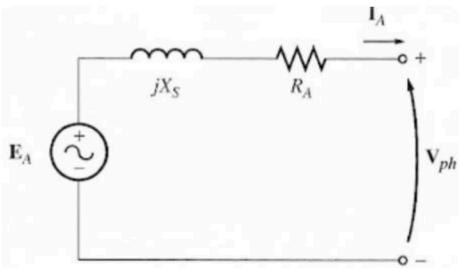
ד. הוראות מיוחדות: 1. יש לקרוא בעיון את ההנחיות בדף השער ואת כל שאלות הבחינה, ולוודא שהן מובנות. 2. יש להשאיר את העמוד הראשון במחברת הבחינה ריק. בסיום המבחן יש לרשום בעמוד זה את מספרי התשובות לבדיקה. התשובות ייבדקו לפי סדר כתיבתן בעמוד זה. לא ייבדקו תשובות עודפות. 3. יש לכתוב את התשובות בעט בלבד, בכתב 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 מוצבים בביטוי, ותוצאת החישוב מוצגת באמצעות מספר ויחידות. 7. כל מספר המוצב 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.

השאלות בשאלון זה מנוסחות בלשון רבים, אף על פי כן על כל תלמידה וכל תלמיד להשיב עליהן באופן אישי.

בהצלחה!

השאלות

1. נתון גנרטור סינכרוני מחובר בכוכב, מתח נקוב $13.8\,\text{kV}$ (מתח קו), הספק נקוב $50\,\text{MVA}$. מקדם הספק של העומס הנקוב הוא 0.8 מפגר. $R_a = 0.076\,\Omega$, $X_s = 4.57\,\Omega$ (לכל פאזה).



א. חשבו את כא"מ פאזי של הגנרטור וזווית ההעמסה δ במצב עבודה נקוב.

(8 נקודות)

ב. כתוצאה מהגדלת זרם העירור, הכא"מ של הגנרטור גדל ב-20% אך הזרם שצורך העומס נשאר נקוב וגם מקדם הספק של העומס נשאר 0.8 מפגר (העומס הוא דינמי מסוג זרם קבוע).

חשבו את מתח היציאה הפאזי (מתח על העומס) של הגנרטור במצב עבודה זה.

(7 נקודות)

ג. הסבירו מה זה עירור יתר של גנרטור סינכרוני ומה ההשפעה שלו על רשת החשמל (תניחו בסעיף זה שהגנרטור מחובר לרשת החשמל הארצית).

(5 נקודות)

2. זאת שאלה שמורכבת מ-4 שאלות אמריקאיות. יש לבחור את התשובה הנכונה לכל סעיף **ולרשום אותה במחברת הבחינה** (לא בשאלון).

2.1. מדוע ווסתי מהירות (VFD) שומרים על יחס קבוע בין המתח לתדר בטווח העבודה הנומינלי?

א. כדי לשמור על זרם קבוע בסלילי המנוע בכל מהירות

ב. כדי להבטיח שהספק המנוע יישאר קבוע גם במהירויות נמוכות.

ג. כדי לשמור על שטף מגנטי קבוע בתוך המנוע ובכך לשמור על יכולת הפקת מומנט יציבה.

ד. כדי למנוע מהמנוע לעבור את המהירות הסינכרונית שלו.

(5 נקודות)

2.2. כיצד משפיע שימוש בווסת מהירות (VFD) על זרם ההתנעה של המנוע לעומת התנעה ישירה?

א. הווסת מגדיל את זרם ההתנעה כדי לאפשר זינוק מהיר יותר של העומס

ב. הווסת מאפשר התנעה הדרגתית המגבילה את הזרם לערכים קרובים לזרם הנומינלי, ובכך מונע קפיצות זרם.

ג. אין השפעה על זרם ההתנעה, הווסת משפיע רק על המהירות הסופית.

ד. הווסת מבטל לחלוטין את זרם ההתנעה עד שהמנוע מגיע ל-50% מהמהירות.

(5 נקודות)

2.3. מנוע השראה בעל רוטור כלוב פועל בעומס נקוב. אם נחליף את הרוטור ברוטור בעל התנגדות גבוהה פי 2, אך נשמור על יתר נתוני המכונה וההזנה זהים:

א. המומנט המקסימלי יגדל פי 2 והחלקה הקריטית תגדל.

ב. המומנט המקסימלי לא ישתנה, אך הוא יתקבל בהחלקה גדולה פי 2.

ג. מומנט ההתנעה יקטן, שכן ההתנגדות הגבוהה מגבילה את הזרם.

ד. המהירות הסינכרונית של המנוע תקטן כדי לפצות על אובדן ההספק.

(5 נקודות)

2.4. מנוע השראה פועל באמצעות ווסת מהירות (VFD) המוריד את התדר ל- $25\,\text{Hz}$ (חצי מהתדר הנקוב) תוך שמירה על יחס V/f קבוע, מה יקרה למומנט המקסימלי של המנוע במצב זה

א. המומנט המקסימלי יגדל פי 2 כי הזרם יעלה.

ב. המומנט המקסימלי יקטן פי 4 בגלל ירידת המתח.

ג. המומנט המקסימלי יישאר כמעט ללא שינוי (בהזנחת התנגדות הסטטור).

ד. המומנט המקסימלי יתקבל במהירות הגבוהה מהמהירות הסינכרונית החדשה.

(5 נקודות)

3. נתון מנוע לזרם ישר בעל עירור מקבילי, $R_a = 0.25\,\Omega$, $R_f = 125\,\Omega$. המנוע מוזן במתח $250\,\text{V}$ (גם במצב עבודה בריקם וגם במצב עבודה נקוב).

כאשר המנוע עובד בריקם הוא צורך זרם של $5\,\text{A}$ ומסתובב במהירות של 1200 סל"ד. בעומס נקוב, המנוע צורך $52\,\text{A}$. ניתן להניח שזרם העירור לא משתנה כתלות בעומס.

חשבו את:

א. כא"מ של המנוע בריקם ובעומס נקוב.

(10 נקודות)

ב. מהירות המנוע בעומס נקוב.

(5 נקודות)

ג. מומנט האלקטרו-מגנטי T_{em} שמיצר המנוע בעומס נקוב.

(5 נקודות)

4. זאת שאלה שמורכבת מ-4 שאלות אמריקאיות. יש לבחור את התשובה הנכונה לכל סעיף **ולרשום אותה במחברת הבחינה** (לא בשאלון).

4.1. מהו התפקיד העיקרי של שמן השנאי בשנאי הספק גדולים?

א. שימון החלקים הנעים בתוך השנאי.

ב. קירור השנאי ובידוד חשמלי בין הסלילים לגוף השנאי.

ג. מניעת חדירת לחות מהאוויר החיצוני בלבד.

ד. הגברת השטף המגנטי בין הצד הראשוני למשני.

(5 נקודות)

4.2. מה פירוש שיטת הקירור המסומנת כ-ONAN?

א. שמן בזרימה מאולצת, אוויר בזרימה טבעית.

ב. שמן בזרימה טבעית, אוויר בזרימה מאולצת

ג. שמן בזרימה טבעית, אוויר בזרימה טבעית

ד. קירור באמצעות מים זורמים בתוך השמן

(5 נקודות)

4.3. היכן מותקן ממסר בוכהולץ (Buchholz Relay) בשנאי הספק?

א. בתוך ליבת השנאי בין הלוחות המבודדים.

ב. על גבי המבודדים של המתח הגבוה.

ג. בצינור המחבר בין מכל השנאי הראשי לבין מכל ההתפשטות

ד. בבסיס השנאי כדי לזהות רעידות אדמה.

(5 נקודות)

4.4. מה קורה לזרם הראשוני בשנאי הספק כאשר מחברים עומס לצד המשני?

א. הזרם הראשוני נשאר קבוע ללא קשר לעומס.

ב. הזרם הראשוני קטן כדי לשמור על הספק קבוע

ג. הזרם הראשוני גדל כדי לפצות על השטף המגנטי שיוצר זרם העומס במשני ולשמור על השטף בליבה כמעט קבוע.

ד. הזרם הראשוני הופך לזרם ישר (DC) כדי למנוע הפסדים.

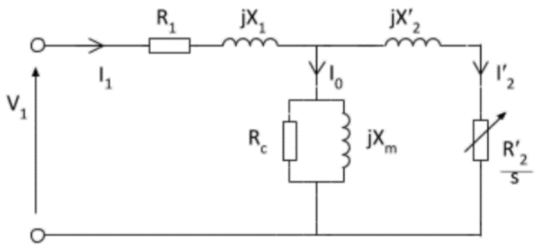
(5 נקודות)

5. נתון מנוע השראה תלת פאזי מחובר בכוכב, בעל 4 קטבים, מוזן ממתח $460\,\mathrm{V}$ (מתח קו), תדר $60\,\mathrm{Hz}$.

$$R_1 = 0.25\,\Omega,\ R_2' = 0.2\,\Omega,\ X_1 = 0.5\,\Omega,\ X_2' = 0.5\,\Omega,\ X_m = 30\,\Omega$$

המנוע עובד עם גורם חליקה של 3%. הפסדי ברזל זניחים (התנגדות R_c שואפת לאינסוף).

עבור מצב עבודה זה, חשבו את:



א. מהירות המנוע.

(4 נקודות)

ב. זרם הסטטור.

(9 נקודות)

נכתב ונבדק על ידי צוותי GOOL בגרויות ו-GuyAI · www.guyai.co.il

ג. מומנט האלקטרו-מגנטי T_{em} שמיצר המנוע.

(7 נקודות)

6. נתון גנרטור סינכרוני עם סטטור מחובר בכוכב, הספק נקוב $50\,\text{MVA}$, מתח קו נקוב $13.8\,\text{kV}$, $R_a = 0.12\,\Omega$, $X_s = 1.8\,\Omega$, מקדם הספק נקוב 0.85 מפגר, הפסדי ברזל נקובים + הפסדים מכניים נקובים $850\,\text{kW}$. מתח הגנרטור נשאר קבוע בכל מצבי העבודה.

עבור מצב עבודה נקוב, חשבו את:

א. כא"מ של גנרטור.

(8 נקודות)

ב. נצילות של הגנרטור (ניתן להזניח את הפסדי סליל העירור).

(8 נקודות)

ג. לפני שמחברים גנרטור סינכרוני לרשת חשמל קיימת, יש לוודא שארבעה תנאים מתקיימים במדויק. ציינו מהם ארבעת התנאים הללו.

(4 נקודות)

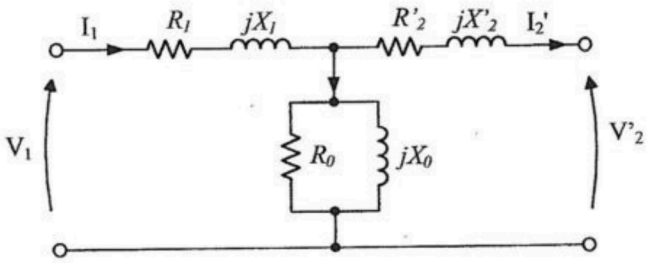
7. נתון שנאי חד פאזי מוריד מתח עם יחס השנאה 10, בעל הספק נקוב $100\,\text{kVA}$, מתח משני נקוב $240\,\text{V}$.

$R_1 = 0.4\,\Omega;\ X_1 = 1.75\,\Omega;\ R_2' = 0.4\,\Omega,\ X_2' = 1.75\,\Omega,\ R_0 = 4.5\,\text{k}\Omega,\ X_0 = 1.2\,\text{k}\Omega$

.

השנאי מזין את העומס הנקוב עם מקדם הספק 0.8 מפגר כאשר מתח העומס (בצד המשני של השנאי) הוא $240\,\text{V}$.

עבור מצב עבודה זה חשבו את:



א. מפל מתח על ענף המגנוט.

(7 נקודות)

ב. מתח ההזנה של השנאי.

(7 נקודות)

ג. הפסדי ברזל והפסדי נחושת של השנאי.

(6 נקודות)

נכתב ונבדק על ידי צוותי GOOL בגרויות ו-GuyAI · www.guyai.co.il

8. נתון מנוע DC מחובר בעירור מקבילי בעל נתונים נקובים: $R_a = 0.15\,\Omega$, $R_f = 160\,\Omega$, זרם נקוב $105\,\text{A}$, מתח נקוב $480\,\text{V}$, מהירות נקובה 1200 סל"ד. זרם ריקם $8\,\text{A}$. מפל מתח על המברשות $2\,\text{V}$.

במצב עבודה נקוב, חשבו את:

א. כא"מ של המנוע.

(7 נקודות)

ב. הפסדים מכניים של המנוע (ניתן להזניח את הפסדי ברזל).

(6 נקודות)

ג. הסבירו מה יקרה למהירות הסיבוב של המנוע במידה ומעגל העירור יתנתק בפתאומיות בזמן שהמנוע פועל ללא עומס. מדוע מצב זה נחשב למסוכן?

(7 נקודות)

כל מבחני מה"ט עם פתרונות מלאים: www.guyai.co.il/mahat