

מועד הבחינה :
קיץ תשפ"ג – 2023 – מועד א'
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

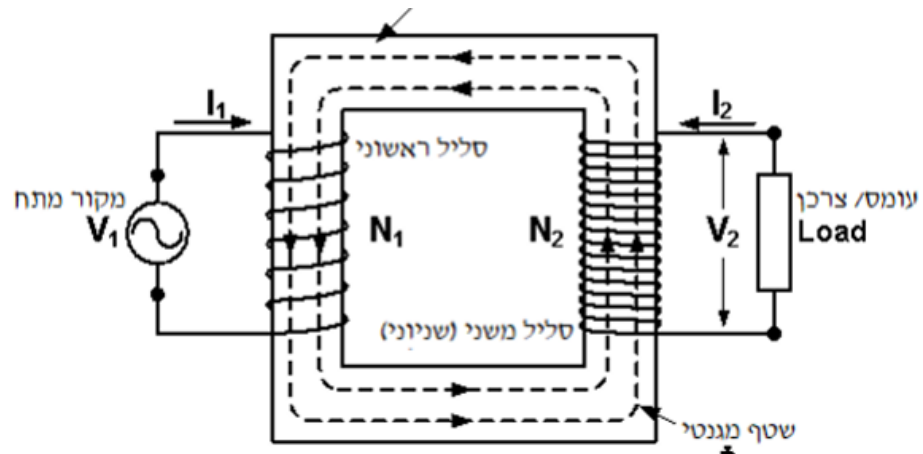
באיור לשאלה 1 מתואר תרשים סכמטי של שנאי חד מופעי בעומס.

נתוני הנקובים של שנאי מעלה מתח הם: 500VA , $115\text{V}/230\text{V}$.

נתוני הצרכן: מפגר $P=375\text{W}$, $\cos\phi=0.75$.

להלן תוצאות ניסויי קצר וריקס בשנאי בהזנה מצד המתח הנמוך:

$U_k=5\%$, $I_k=I_n$, $\cos\phi_k=0.3$, $U_o=U_n$, $I_o=5\%$, $\cos\phi_o=0.2$



איור לשאלה 1

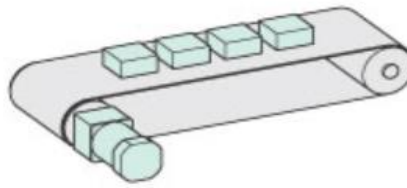
(10 נק') א. סרטטו וחשבו מעגל תמורה מסוג Γ (גמא) משוקף לצד הראשוני.

(5 נק') ב. חשבו את מתח יציאת השנאי המועמס V_2 .

(5 נק') ג. חשבו את נצילותו של השנאי המועמס.

שאלה 2

באיור לשאלה 2 מוצג מסוע להעברת ארגזים. את המסוע מניעים באמצעות מנוע השראתי תלת מופעי.



איור לשאלה 2

אל ציר המנוע מחוברת תמסורת בעלת מקדם: $TR=0.025$

נתוניו הטכניים של המסוע הם:

קוטר הגלגלת – 30cm , משקל מרבי מותר – 50kg , מהירות סיבוב הגלגלות – 36 סל"ד.

נתוניו הטכניים של המנוע הם:

$$U_n=400\text{V}, f=50\text{Hz}, \cos\phi=0.85, \eta=80\%$$

(10 נק') א. מהו המומנט הנדרש מהמנוע להפעיל את המסוע במשקל המרבי.

(5 נק') ב. חשבו את הספק המוצא הנדרש של המנוע להפעלת המסוע.

(5 נק') ג. חשבו את הזרם אשר צורך המנוע בזמן ההעמסה המרבית.

שאלה 3

מחולל סינכרוני תלת מופעי שסליליו מחוברים בכוכב מופעל בריקם ומספק מתח שלוב של 400V בתדר של 50Hz .

בעבודתו בריקם, זרם העירור שווה ל- 4A .

עם חיבור עומס אוהמי טהור של 8Ω בהדקי המחולל זרם העירור שווה ל- 6A כדי לשמור על מתח הדקים קבוע השווה ל- 400V .

המחולל פועל בתחום הלינארי של עקום המגנט.

ניתן להזניח את ההתנגדות $R_a=0$.

(10 נק') א. חשבו את ההיגב הסינכרוני למופע במחולל. אל המחולל מחובר עומס של 6kW

במקדם הספק 0.8 מפגר במתח שלוב של 400V .

(3 נק') ב. חשבו את הכא"מ המופעי של המחולל ואת הזווית בינו לבין המתח.

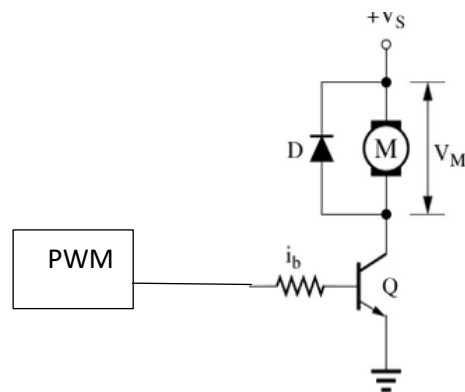
(3 נק') ג. מהו זרם העירור הנדרש במקרה זה לשמירת מתח הדקים של 400V .

(4 נק') ד. סרטטו דיאגרמה פאזורית של הזרם והמתחים עבור המחולל המועמס.

רשמו עליה את הערכים המחושבים המתאימים.

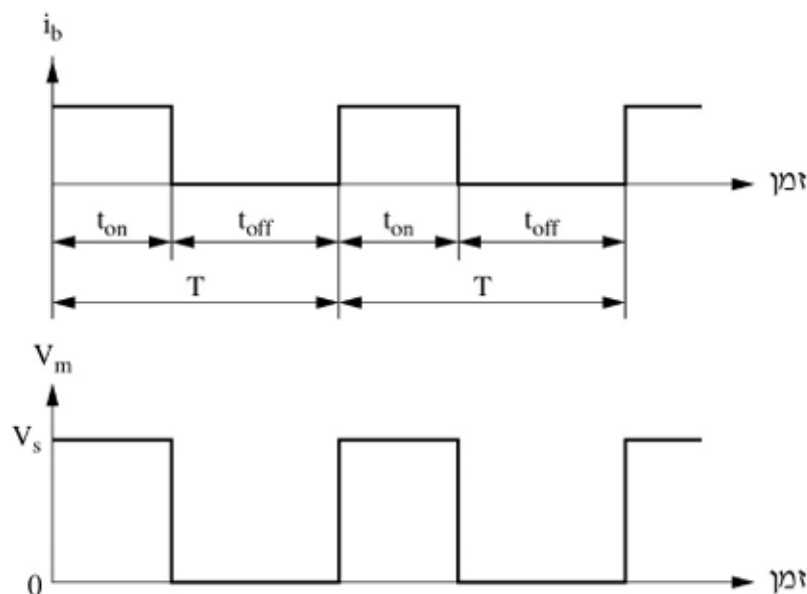
שאלה 4

באיור א' לשאלה 4, מוצג מעגל לבקרת מהירות סיבוב של מנוע לזרם ישר בעירור זר:



איור א' לשאלה 4

בקרת המהירות מתבצעת באמצעות שינוי המתח הממוצע המסופק למנוע. שינוי המתח הממוצע מתקבל באמצעות בקרת רוחב דופק PWM וטרנזיסטור. מעגל הבקרה מספק זרם לבסיס הטרנזיסטור בצורה מחזורית. באיור ב' לשאלה 4, מוצג אופיין זרם בסיס הטרנזיסטור I_b כפונקציה של הזמן t ומתח המנוע V_m כפונקציה של הזמן t .



איור ב' לשאלה 4

עבור מתח $V_s = 30V$ וזמנים $t_{on} = 10\text{sec}$ ו- $T = 25\text{sec}$ נתקבלה מהירות סיבוב מסוימת.

- 5 נק' א. חשבו את יחס המיתוג (DUTY CYCLE) במצב המתואר.
- 5 נק' ב. חשבו את מתח המנוע V_m הממוצע במצב המתואר.
- 5 נק' ג. מהו תפקידם של הדיודה D המחוברת במקביל למנוע M ושל הטרנזיסטור Q?
- 5 נק' ד. הסבירו מה זה PWM. תנו דוגמא לשימוש ב-PWM.

שאלה 5

למנוע השראה תלת פאזי הנתונים הבאים : $U_n=400V$, $n_n=960rpm$, $f=50Hz$.
ניתן להזניח את ההפסדים המכניים ואת הפסדי הברזל ברוטור.
המומנט המרבי אשר מפתח המנוע : $T_k=T_{cr}=300Nm$ במהירות של 850 סל"ד.

- 5 נק' א. חשבו את מומנט ההתנעה T_{st} כאשר מתניעים את המנוע במתחו הנקוב.
5 נק' ב. חשבו את המומנט הנקוב T_n אשר מפתח המנוע.
5 נק' ג. חשבו את הספקו הנקוב P_n של המנוע.
5 נק' ד. חשבו את מומנט ההתנעה בהתנעת כוכב-משולש.

שאלה 6

למנוע זרם ישר בעירור זר (נפרד) הנתונים הנקובים הבאים :

$$P_n=60kW, U_n=360V, I_{an}=200A, R_a=0.05\Omega$$

ניתן להזניח את מפל המתח על המברשות. ידוע כי המנוע פועל בתחום הלינארי של עקום המגנט.
המנוע מוזן במתח הקטן ב- 20% מהמתח הנקוב.
במצב זה מהירות הריקם (ללא העמסה מכנית) שווה ל- 1400 סל"ד.

- 6 נק' א. חשבו את מהירות סיבוב המנוע במצב של מתח מופחת והעמסה במומנט אלקטרו מגנטי נקוב.
6 נק' ב. המנוע מוזן במתח נקוב ובמומנט אלקטרו מגנטי נקוב.
במצב זה מוסיפים התנגדות טורית של 0.01Ω למעגל העוגן.
חשבו את מהירות המנוע במצב הפעלה זה.
8 נק' ג. סרטטו אופיין מכני מומנט ביחס מהירות הסיבוב $T=f(n)$ עבור הסעיפים א+ב.

שאלה 7

נתונים שלושה שנאים תלת פאזיים מקבוצת חיבורים Dy5 ומתחים $12.6/0.4kV$.
השנאים מחוברים במקביל לעומס משותף בעל הספק $2250kVA$.
נתוני השנאים הם :

$$\text{שנאי 1 : } U_k=630V, S_{1n}=850kVA$$

$$\text{שנאי 2 : } U_k=567V, S_{2n}=750kVA$$

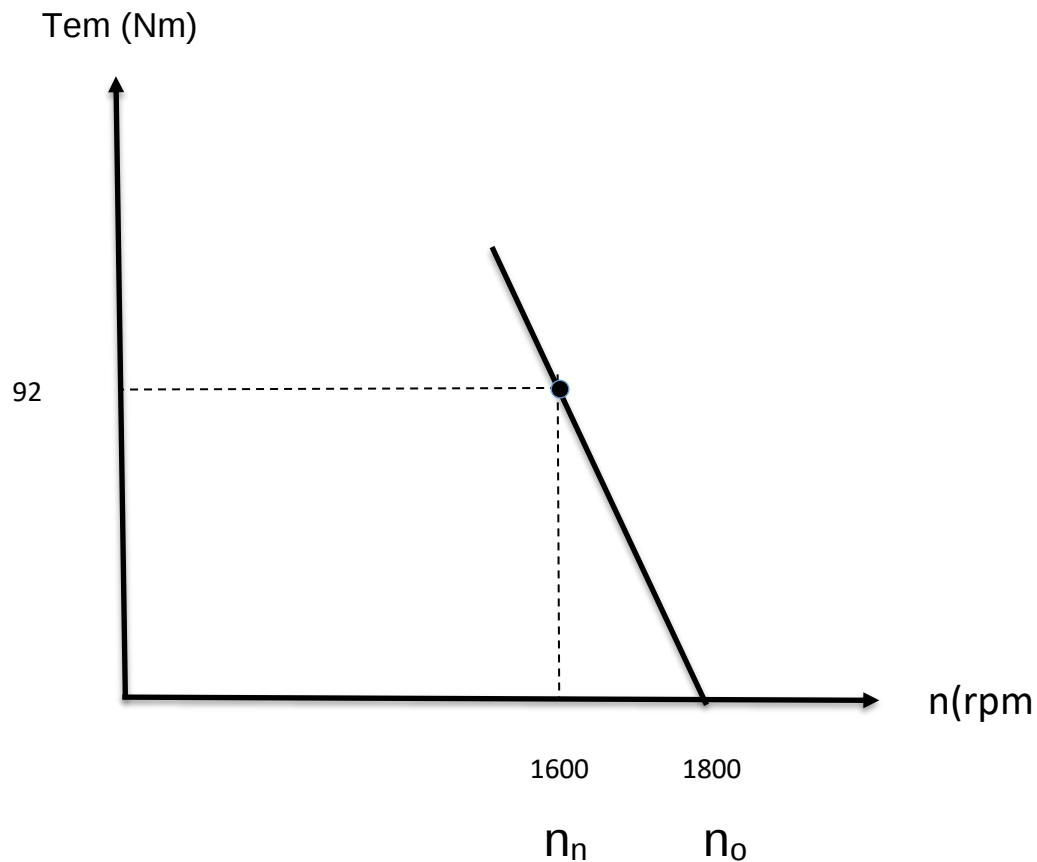
$$\text{שנאי 3 : } U_k=504V, S_{3n}=500kVA$$

הערה : ניסויי הקצר נערכו בהזנה מצד המתח הגבוה של השנאים.

- 5 נק' א. חשבו את חלוקת ההספקים בין שלושת השנאים.
2 נק' ב. האם מצב חלוקת ההספקים תקין? נמקו.
5 נק' ג. חשבו את הספקו המרבי של עומס שאפשר לחבר לשלושת השנאים,
כך שאף אחד מהשנאים הפועלים במקביל, לא יפעל במצב של עומס יתר.
8 נק' ד. חשבו את חלוקת ההספקים החדשה ואת גורם ההעמסה β של כל שנאי
במקרה של העמסה לפי סעיף ג'.

שאלה 8

באיור לשאלה מוצג אופיין מכני טבעי ($T_{em}=f(n)$) של מנוע DC בעירור נפרד (זר).



איור לשאלה 8

נתוני המנוע הם: $U_n=250V$, $R_a=0.4\Omega$.

- (6 נק') א. חשבו את הכא"מ המתפתח בעוגן ואת זרם העוגן במצב עבודה נקוב.
- (6 נק') ב. הקטינו את מתח ההזנה ב- 20% כאשר המומנט האלקטרו מגנטי נותר ללא שינוי. חשבו את זרם העוגן ואת מהירות הסיבוב במצב העבודה החדש.
- (8 נק') ג. סרטטו את האופיין המכני הטבעי והוסיפו בו את האופיין המכני במצב העבודה החדש.

בהצלחה!

© כל הזכויות שמורות למה"ט