

# מגמת הנדסת חשמל

מקצוע התמחות

## מערכות הספק, פיקוד ובקרה

תכנית הלימודים במקצוע

### המרת אנרגיה

סמל מקצוע: 33.101

חלוקת השעות ללימודי המקצוע **המרת אנרגיה** המומלצת נתונה להלן:

סה"כ			כיתה י"ב		כיתה י"א		שם המקצוע
כללי	ה	ע	ה	ע	ה	ע	
4	1	3	1	3			המרת אנרגיה

עדכון: יולי 2020

מהדורה להערות

המקצוע המרת אנרגיה כולל לימודים עיוניים והתנסותיים, שבהם התלמיד לומד את עקרונות הפעולה של מכונת חשמל בזרם ישר ובזרם חילופין ושנאים, לימוד הנושאים בתכנית זו מבוסס על לימודים קודמים של מגנטיות ואלקטרומגנטיות ומדגימים את היישום של נושא תיאורטי זה במערכות חשמליות כגון שנאים, מנועים ומחוללים.

### המרת אנרגיה לימודים עיוניים כיתה יב – 90 שעות

#### תכנים

שעות	נושא
2	פרק 1: העיקרון של המרת אנרגיה
30	פרק 2: שנאים
34	פרק 3: מכונות השראה
24	פרק 4: מכונה לזרם ישר
<b>90</b>	<b>סה"כ שעות:</b>

#### 1. העיקרון של המרת אנרגיה ----- 2

- 1.1 המרת אנרגיה מסוג אחד לאנרגיה מסוג אחר: תיאור, דוגמאות
- 1.2 היתרונות והחסרונות של הפקת אנרגיה חשמלית ושל המרתה

#### 2. שנאים ----- 30

##### 2.1 שנאי חד-מופעי ----- 22

###### 2.1.1 שנאי אידיאלי

א. המבנה העקרוני

ב. עקרון הפעולה

ג. חישוב הכוח האלקטרו-מניע המושרה בסליל

ד. תמסורת מתחים וזרמים

###### 2.1.2 שנאי מעשי בריקים

א. פעולת השנאי בריקים

ב. הפסדי השנאי בריקים

ג. סכימת התמורה של שנאי בריקים

###### 2.1.3 שנאי מעשי בעומס

א. עבודת שנאי בעומס - עקרון פעולה ותרשים חיבורים

ב. סכימת התמורה של שנאי בעומס

ג. הספקים וההפסדים של שנאי בעומס מלא, ובעומס חלקי: תרשים זרימה, חישובים

2.1.4	בדיקות וניסויים של שנאי
	א. הכרה של שלט השנאי, משמעות הנתונים הרשומים בו
	ב. בדיקות תקינות של שנאי: רציפות הסלילים, הבידוד
	ג. ניסוי שנאי בריקם: מטרות (הפסדי ריקם, פרמטרים של שנאי בריקם),
	תרשים חיבורים, נוסחאות וחישובים
	ד. ניסוי שנאי בקצר: מטרות (הפסדי קצר, פרמטרים של שנאי בקצר),
	תרשים חיבורים, נוסחאות וחישובים
2.2	שנאי תלת מופעי ----- 8
2.2.1	הרכבת שנאי תלת-מופעי:
	א. כצירוף של שלושה שנאים חד-מופעיים
	ב. כשנאי בעל ליבה משותפת
	מבנה, תרשים, יתרונות וחסרונות
2.2.2	תרשים חיבורים עקרוני של שנאי תלת-מופעי, בחיבורים:
	כוכב/כוכב, משולש/משולש, כוכב/משולש, משולש/כוכב, משולש/זיגזג
<b>3</b>	<b>מכונת השראה (אסינכרונית) ----- 34</b>
3.1	המבנה, עקרון הפעולה ----- 8
3.1.1	המבנה העקרוני של מנוע רוטור כלוב
3.1.2	המושגים: הספק, מומנט, מהירות בתנועה מכנית; הקשר המתמטי בין המושגים
	האלה, דוגמאות מספריות וחישובים
3.1.3	העיקרון של יצירת שדה מגנטי מסתובב במנוע השראה תלת-מופעיי:
	א. הסבר עקרוני באמצעות תרשימים
	ב. מהירות השדה המסתובב (מהירות סינכרונית), דוגמאות וחישובים
3.1.4	עקרון הפעולה של מכונת השראה: מהירות השדה המגנטי המסתובב, מהירות
	הרוטור, המושג חליקה, חישוב החליקה
3.1.5	משמעות הערכים הנקובים (הנומינליים) בשלט המכונה: מתח, זרם, הספק,
	מהירות
3.2	סכימת התמורה של מכונת השראה ----- 2
3.3	הפעולה של מנוע השראה ----- 14
3.3.1	פעולת המנוע בריקם, פעולת המנוע בעומס, תדירות זרמי הרוטור, כא"מ מושרה
	ברוטור, זרם ברוטור, תיאור הקשרים וביצוע חישובים
3.3.2	האופיין המכני: מומנט המנוע בתלות במהירות הרוטור או בתלות בחליקה
3.3.3	המושגים: מומנט התנעה, מומנט מרבי, חליקה קריטית, מומנט נקוב
3.4	שיטות לשינוי המהירות של מנוע השראה: עקרון השיטה אופיינים תחום השימוש
3.4.1	שינוי המהירות על-ידי שינוי מספר הקטבים:
	א. ליפופים משותפים (דלנדר)
	ב. ליפופים נפרדים
3.4.2	שינוי מהירות על-ידי שינוי התדירות

- 3.5 התנעת מנועים השראתיים תלת-מופעיים-----4
- 3.5.1 בעיות בהתנעה ישירה של מנוע השראה במתח מלא: מומנט וזרם, אופיינים
- 3.5.2 שיטות להתנעה של מנוע השראה רוטור כלוב במתח מוקטן:  
א. התנעה באמצעות כוכב/משולש  
ג. התנעה באמצעות מתנע רך (מתנע אלקטרוני) – הסבר עקרוני.
- 3.6 מנוע השראה חד-מופעי -----6
- 3.6.1 עקרון הפעולה ועקרון ההתנעה של המנוע החד-מופעי
- 3.6.2 מנוע חד-מופעי בעל ליפוף עזר, קבל ומפסק צנטרפוגלי: מבנה, עקרון הפעולה, הפיכת כיוון הסיבוב, תחומי השימוש
- 3.6.3 מנוע חד-מופעי עם פיצול ליפופים: מבנה, עקרון הפעולה, הפיכת כיוון הסיבוב, תחום השימוש
- 3.6.4 מנוע חד-מופעי בעל טבעות קָצָר: מבנה, עקרון הפעולה, תחום השימוש

4. מכונה לזרם ישר ----- 24

4.1 המבנה, עקרון הפעולה, דוגמאות שימוש ----- 8

4.1.1 מבנה המכונה

4.1.2 סיווג מכונה לזרם ישר: מחולל, מנוע

4.1.3 משמעות הערכים הנקובים בשלט המכונה: המתח, הזרם, ההספק, המהירות

4.1.4 עקרון הפעולה של המכונה לזרם ישר כמחולל וכמנוע, חישובים: הכא"מ,

המומנט האלקטרומגנטי, המומנט המכני

4.2 מחולל לזרם ישר ----- 8

א. בעירור זר

ב. בעירור מקבילי: עקרון העירור העצמי

תרשימי חיבורים; חישובים: מתחים, זרמים, הספקים. הכרת אופייני המחולל:

הפנימי  $E=f(I_e)$ , החיצוני  $U=f(I)$

4.3 מנוע לזרם ישר ----- 8

א. בעירור מקבילי

ב. בעירור טורי

תרשימי חיבורים; חישובים: מתחים, זרמים, הספקים, מומנטים. הכרת אופייני המנוע

ומשמעותם  $M=f(I)$ ,  $n=f(I)$ ,  $M=f(n)$

## המרת אנרגיה לימודים התנסותיים כיתה יב – 30 שעות

### כללי

\* הניסויים יבוצעו במעבדה באמצעות צב"ד ממשי (ספקי כוח, מכשירי מדידה, וכיו"ב), מכונות חשמל (מנועים, גנרטורים, שנאים). השנאים יהיו בהספק של 500 VA לפחות.

כל אחד מן הניסויים יכלול:

1. רקע תיאורטי (דוח מכין)
  2. הרכבת מעגל הניסוי
  3. ביצוע המדידות הנדרשות
  4. ניתוח התוצאות: חישובים, בדיקת התוצאות המעשיות מול הערכים התיאורטיים, בניית אופיינים, ביה"ס יבחר לבצע לפחות 2 ניסויים בנושא שנאים (ניסוי 1-3), 2 ניסויים בנושא מנוע השראה (ניסוי 4-6), ו-2 ניסויים בנושא מחולל/מנוע לזרם ישר (ניסוי 7-9)
- מומלץ שמשך הביצוע של כל אחד מן הניסויים יהיה כ-4 שעות.

### ניסוי 1: שנאי חד-מופעי – ניסוי בריקם

- א. הכרה של שלט השנאי, הבנה של משמעות המידע הרשום בשלט.
- ב. מדידה של התנגדות הבידוד בין הסלילים, ובין הסלילים לגוף, בעזרת מד התנגדות בידוד.
- ג. מדידת הפרמטרים של השנאי בניסוי בריקם:  $P_0, U_0, I_0$ , חילוץ:  $\cos\phi_0, R_\mu, X_\mu$

### ניסוי 2: שנאי חד-מופעי – ניסוי בעומס

- א. הכרה של שלט השנאי, הבנה של משמעות המידע הרשום בשלט.
- ב. מדידה של התנגדות הבידוד בין הסלילים, ובין הסלילים לגוף, בעזרת מד התנגדות בידוד.
- ג. הזנת השנאי במתח נקוב, והעמסתו בעומסי התנגדות שונים. מדידה של הפרמטרים:  $I_1, I_2, U_1, U_2, P_1, P_2$ ; חישוב נצילות השנאי, חישוב מפל המתח בסליל המשני, ובניית האופיינים:  $U_2 = f(I_2), \eta = f(I_2)$

### ניסוי 3: שנאי חד-מופעי – ניסוי בקצר

- א. הכרה של שלט השנאי, והבנה של משמעות המידע הרשום בשלט.
- ב. מדידה של התנגדות הבידוד בין הסלילים, ובין הסלילים לגוף, בעזרת מד התנגדות בידוד.
- ג. מדידת הפרמטרים של השנאי בניסוי קצר תקיני:  $P_k, U_k, I_k$ , חילוץ:  $\cos\phi_k, R_k, X_k$

### ניסוי 4: מנוע השראה תלת-מופעי – ניסוי בריקם

- א. הכרה של שלט המנוע, הבנה של משמעות המידע הרשום בשלט.
- ב. מדידה של התנגדות הבידוד בין הסלילים, ובין הסלילים לגוף, בעזרת מד התנגדות בידוד.
- ג. מדידה של התנגדות הסלילים בשיטת מתח זזרם (בזרם ישר).
- ד. הפעלת המנוע בריקם, מדידה של:  $P_0, U_0, I_0$ , חישוב הרכיבים של מעגל התמורה:  $R_\mu, X_\mu$

### ניסוי 5: מנוע השראה תלת-מופעי – ניסוי בעומס

- א. הכרה של שלט המנוע, הבנה של משמעות המידע הרשום בשלט.
- ב. מדידה של התנגדות הבידוד בין הסלילים ובין הסלילים לגוף בעזרת מד-התנגדות בידוד.
- ג. מדידה של התנגדות הסלילים בשיטת מתח זרם (בזרם ישר).
- ד. הפעלת המנוע בעומס, מדידה של:  $P_{out}, P_{in}, U_L, I_L$ ;  $n$ ; בניית האופיינים:  $I = f(P_{out})$   
 $\cos\phi = f(P_{out}), n = f(P_{out})$ .

### ניסוי 6: מדידת זרמים במנוע השראה תלת-מופעי בריקם בחיבור כוכב ובחיבור משולש

- א. הכרה של שלט המנוע, הבנה של משמעות המידע הרשום בשלט.
- ב. מדידת  $I_L$  בחיבור כוכב של סלילי המנוע.
- ג. מדידת  $I_{PH}, I_L$  בחיבור משולש של סלילי המנוע.
- ד. חישוב היחס בין הזרמים הקווים בחיבור משולש ובין הזרמים הקווים בחיבור כוכב.
- ה. חישוב היחס בין הזרמים המופעיים בחיבור משולש ובין הזרמים המופעיים בחיבור כוכב.

### ניסוי 7: מחולל לזרם ישר בעירור נפרד – ניסוי בריקם

- א. הכרה של שלט המכונה, הבנה של משמעות המידע הרשום בשלט.
- ב. מדידה של התנגדות הבידוד בין הסלילים, ובין הסלילים לגוף, בעזרת מד התנגדות בידוד.
- ג. מדידת הכא"מ בתלות בזרם העירור, בניית האופיין  $E=f(I_f)$  בעליית הזרם ובירידתו, במהירות קבועה.

### ניסוי 8: מחולל בעירור מקבילי – ניסוי בעומס

- א. הכרה של שלט המכונה, הבנה של משמעות המידע הרשום בשלט.
- ב. מדידת ההתנגדות של מעגל העירור ושל מעגל העוגן בשיטת מתח זרם (בזרם ישר).
- ג. העמסה של המחולל בעירור מקבילי ובניית אופיין העומס  $U=f(I_a)$  כאשר המהירות זרם העירור קבועים.
- ד. אימות התנאים להתעוררות המחולל.

### ניסוי 9: מנוע לזרם ישר בעירור זר – השפעת מתח הרוטור על המהירות במצב עבודה

#### בריקם

- א. הכרת שלט המכונה, הבנה של משמעות המידע הרשום בשלט.
- ב. מדידת ההתנגדות של מעגל העירור ושל מעגל העוגן בשיטת מתח זרם.
- ג. מדידה של מהירות המנוע בתלות במתח הרוטור, בניית האופיין  $n=f(U)$ .