

משרד החינוך
המינהל למדע ולטכנולוגיה
הפיקוח על מגמת הנדסת אלקטרוניקה ומחשבים
ומגמת מערכות בקרה ואנרגיה

מגמת מערכות בקרה ואנרגיה

התמחות

מערכות הספק, פיקוד ובקרה

תכנית הלימודים במקצוע

המרת אנרגיה

סמל מקצוע: 33.101

עדכון: ינואר 2007

מהדורה להערות

תוכן עניינים

המרת אנרגיה – לימודים עיוניים

המרת אנרגיה – לימודים התנסותיים

חלוקת השעות ללימודי המקצוע **המרת אנרגיה** בכיתה י"ב נתונה בטבלה להלן:

סה"כ			כיתה י"ב		שם המקצוע
כללי	ה	ע	ה	ע	
6	2	4	2	4	המרת אנרגיה

ראשי פרקים לתכנית הלימודים במקצוע

המרת אנרגיה

לימודים עיוניים – כיתה י"ב – 4 ש"ש

מס' שעות מוקצות	נושאי הלימוד	
4	העיקרון של המרת אנרגיה	1.
34	שנאים	2.
40	מכונת השראה (אסינכרונית)	3.
28	המכונה לזרם ישר	4.
14	מנועים מיוחדים	5.
120 שעות		

לימודים עיוניים

פירוט תכנית הלימודים במקצוע **המרת אנרגיה**

1. העיקרון של המרת אנרגיה (4)
- 1.1 המרת אנרגיה מסוג אחד לאנרגיה מסוג אחר: תיאור, דוגמאות 3
- 1.2 היתרונות והחסרונות של הפקת אנרגיה חשמלית ושל המרתה 1

2. שנאים (34)

- 2.1 שנאי חד-מופעי
- 2.1.1 שנאי אידיאלי:
- א. המבנה העקרוני
- ב. עקרון הפעולה
- ג. חישוב הכוח האלקטרו-מניע המושרה בסליל
- ד. תמסורת מתחים וזרמים
- ה. דיאגרמה של המתחים והזרמים בריקים ובעומס 6
- 2.1.2 שנאי מעשי בריקים
- א. פעולת השנאי בריקים
- ב. הפסדי השנאי בריקים
- ג. סכימת התמורה של שנאי בריקים
- ד. דיאגרמת המתחים והזרמים של שנאי בריקים 6
- 2.1.3 שנאי מעשי בעומס
- א. עבודת שנאי בעומס- עקרון פעולה ותרשים חיבורים
- ב. סכימת התמורה של שנאי בעומס
- ג. דיאגרמת המתחים והזרמים של שנאי בעומס
- ד. ההספקים וההפסדים של שנאי בעומס מלא, ובעומס חלקי: תרשים זרימה, חישובים
- ה. נצילות השנאי 7
- 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 בריקים: מטרות (הפסדי ריקים, פרמטרים של שנאי בריקים), תרשים חיבורים, נוסחאות וחישובים
- ד. ניסוי שנאי בקצור: מטרות (הפסדי קצר, פרמטרים של שנאי בקצור), תרשים חיבורים, נוסחאות וחישובים 5

2.2 שנאי תלת-מופעי

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 משמעות הערכים הנקובים (הנומינליים) בשלט השנאי: המתח,

הזרם, ההספק, התדר

2.2.3 תרשים חיבורים עקרוני של שנאי תלת-מופעי, בחיבורים:

כוכב/כוכב, משולש/משולש, כוכב/משולש, משולש/כוכב,

משולש/זיגזג

5

2.3 שנאים מיוחדים

2.3.1 שנאי עצמי (שנאי-בו) חד-מופעי:

א. המבנה, עקרון הפעולה, תרשים חיבורים עקרוני

ב. תמסורת מתחים וזרמים

ג. תחום השימוש, יתרונות וחסרונות

ד. איסור השימוש בשנאי עצמי לקבלת מתח בטיחות

2.3.2 שנאי מדידה: שנאי זרם, שנאי מתח

א. המבנה, עקרון הפעולה, תרשים חיבורים עקרוני

ב. תחום השימוש, מגבלות השימוש

2.3.3 שנאי ריתוך

עקרון הפעולה, תחום השימוש

5

3. מכונת השראה (אסינכרונית) (40)

3.1 המבנה, עקרון הפעולה

3.1.1 המבנה העקרוני של מנוע רוטור כלוב

3.1.2 המושגים: הספק, מומנט, מהירות בתנועה מכנית; הקשר

המתמטי בין המושגים האלה

3.1.3 העיקרון של יצירת שדה מגנטי מסתובב במנוע השראה תלת-מופעי:

א. הסבר עקרוני באמצעות תרשימים

ב. מהירות השדה המסתובב (מהירות סינכרונית)

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:

המתח, הזרם, ההספק, המהירות

8

3.2 תרשים תמורה של מכונת השראה

5

3.3 הפעולה של מנוע השראה

	3.3.1	פעולת המנוע בריקם, פעולת המנוע בעומס, תדירות זרמי הרוטור, כא"מ מושרה ברוטור, זרם ברוטור, נוסחאות וחישובים
	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
10		
	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
4	3.4.2	שינוי המהירות על-ידי שינוי התדר
	3.5	התנעת מנועים השראתיים תלת-מופעיים
	3.5.1	בעיות בהתנעה של מנוע השראה במתח מלא: מומנט וזרם, אופיינים (התנעה ישירה)
	3.5.2	שיטות להתנעה של מנוע השראה רוטור כלוב במתח מוקטן: א. התנעה באמצעות כוכב/משולש ב. התנעה באמצעות שנאי עצמי (שנאי-בו)
5	3.5.3	התנעה באמצעות מתנע רך (מתנע אלקטרוני)
	3.6	מנוע השראה חד-מופע:
	3.6.1	עקרון הפעולה ועקרון ההתנעה של המנוע החד-מופע
	3.6.2	מנוע חד-מופע בעל ליפוף עזר, קבל ומפסק צנטרפוגלי: מבנה, עקרון הפעולה, הפיכת כיוון הסיבוב, תחום השימוש
	3.6.3	מנוע חד-מופע עם פיצול ליפופים: המבנה, עקרון הפעולה, הפיכת כיוון הסיבוב, תחום השימוש
	3.6.4	מנוע חד-מופע בעל טבעות קָצֶר: המבנה, עקרון הפעולה, תחום השימוש
8		
(28)	4.	המכונה לזרם ישר
	4.1	המבנה, עקרון הפעולה, דוגמאות שימוש
	4.1.1	מבנה המכונה
	4.1.2	סיווג מכונה לזרם ישר: מחולל, מנוע
	4.1.3	משמעות הערכים הנקובים (הנומינליים) בשלט המכונה: המתח, הזרם, ההספק, המהירות
	4.1.4	עקרון הפעולה של המכונה לזרם ישר כמחולל וכמנוע, חישובים: הכא"מ, המומנט האלקטרומגנטי, המומנט המכני
6		

	4.2	מחולל לזרם ישר:
		א. בעירור זר
		ב. בעירור מקבילי: עקרון העירור העצמי
		תרשימי חיבורים; חישובים: מתחים, זרמים, הספקים
11		הכרת האופיינים ומשמעותם: הפנימי $E=f(I_e)$, החיצוני $U=f(I)$
	4.3	מנוע לזרם ישר:
	4.3.1	א. מנוע בעירור מקבילי
		ב. מנוע בעירור טורי
		תרשימי חיבורים; חישובים: מתחים, זרמים, הספקים,
		מומנטים; הכרת האופיינים ומשמעותם: $M=f(I)$, $n=f(I)$, $M=f(n)$
8		ג. הסכנה בתקלה במערכת העירור
	4.4	מעגלי התנעה למנועים לזרם ישר בעירור מקבילי ובעירור טורי
3		תרשים חיבורים, עקרון הפעולה, חישוב זרם ההתנעה
(14)	5.	מנועים מיוחדים
		המבנה, עקרון הפעולה ושדה השימוש של:
6	5.1	מנוע קולקטור לזרם חילופין (מנוע אוניברסלי)
	5.2	מנוע צעד
		א. עם רילוקטנס משתנה
		ב. עם מגנט תמידי ברוטור
6		ג. היברידי
2	5.3	מנוע לזרם ישר ללא מברשות

לימודים התנסותיים

פירוט תכנית הלימודים ההתנסותיים במקצוע המרת אנרגיה

כיתה י"ב – 2 ש"ש

* הניסויים יבוצעו במעבדה באמצעות צב"ד ממשי (ספקי כוח, מכשירי מדידה, וכיו"ב), מכונות חשמל (מנועים, גנרטורים, שנאים).

השנאים יהיו בהספק של 500VA, לפחות.

כל אחד מן הניסויים יכלול את: הכרת הנושא מבחינה תיאורטית (דוח מכין), הרכבת מעגל הניסוי, ביצוע המדידות הנדרשות, חישובים, ניתוח התוצאות, בניית אופיינים. מומלץ שמשך הביצוע של כל אחד מן הניסויים יהיה כ-6 שעות.

ניסוי 1: שנאי חד-מופעי – ניסוי בריקם

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

ניסוי 2: שנאי חד-מופעי – ניסוי בעומס

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

ניסוי 3: שנאי חד-מופעי – ניסוי בקצר

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

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 וזרם (בזרם ישר).
- ד. הפעלת המנוע בריקם, מדידה של: P_o , U_o , I_o , חישוב הרכיבים של מעגל התמורה:
 R_μ , X_μ .

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 וזרם (בזרם ישר).
- ד. הפעלת המנוע בעומס, מדידה של: P_{in} , P_{out} , 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_L , I_{PH} בחיבור משולש של סלילי המנוע.
- ד. חישוב היחס בין הזרמים הקווים בחיבור משולש ובין הזרמים הקווים בחיבור כוכב.
- ה. חישוב היחס בין הזרמים המופיעים בחיבור משולש ובין הזרמים המופיעים 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 וזרם (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 וזרם.
- ג. מדידה של מהירות המנוע בתלות במתח הרוטור, בניית האופיין $n=f(U)$.

ניסוי 10: הפעלת מנוע צעד

- א. הכרה של שלט המנוע, הבנה של משמעות המידע הרשום בו.
- ב. חיבור מערכת להפעלת מנוע צעד, הכוללת: מפסקים, מתנד גל ריבועי, מעגל מוכלל לייצור ולדחיפה של אותות למנוע. המנוע יחובר לעומס – כדוגמת מסוע.
- ג. הפעלת המנוע, ידנית ואוטומטית, לשני הכיוונים, במהירות נתונה; שינוי המהירות באמצעות שינוי תדר האות.
- ד. מדידת מתחים וזרמים בעצירה ובתנועה.