

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

מערכות הספק

סמל מקצוע: 33.103

עדכון: ינואר 2007

מהדורה להערות

תוכן עניינים

מערכות הספק – לימודים עיוניים

מערכות הספק – לימודים התנסותיים

חלוקת השעות ללימודי המקצוע **מערכות הספק** בכיתה י"ב נתונה בטבלה להלן:

סה"כ			כיתה י"ב		שם המקצוע
כללי	ה	ע	ה	ע	
6	2	4	2	4	מערכות הספק

ראשי פרקים לתכנית לימודים במקצוע

מערכות הספק

לימודים עיוניים – כיתה י"ב – 4 ש"ש

מספר שעות מוקצות	נושאי הלימוד	
4	מערכות הספק – מבט כללי	1.
4	שיטות הזנה	2.
6	מבנה רשתות	3.
15	הגנות במערכות הספק	4.
15	שיטות הגנה מפני התחשמלות	5.
60	עקרונות בתכנון מערכות הספק	6.
4	מכשירים ביתיים	7.
12	תאורה חשמלית	8.

120 שעות

לימודים עיוניים

פירוט תכנית הלימודים במקצוע **מערכות הספק**

1	(4)	1. מערכות הספק: מבט כללי
		1.1 הסיבות להעדפת השימוש באנרגיה חשמלית על פני אנרגיות אחרות (מכנית, תרמית, וכיו"ב).
		1.2 מבנה מערכת החשמל
		1.2.1 תרשים עקרוני של מערכת החשמל: תחנות כוח, תחנות מיתוג, תחנות השנאה, רשת, צרכנים.
3		1.2.2 סקירה של מבנה מערכת החשמל:
		א. תחנות כוח: סוגים (הידרו-חשמלית, תרמית, גרעינית, סולרית, תחנת רוח), עקרון הפעולה, יתרונות וחסרונות.
		ב. תחנת מיתוג: ייעודה ומיקומה במערכת החשמל.
		ג. תחנת השנאה (תחנת משנה): ייעודה ומיקומה במערכת החשמל.
		ד. הרשת: ייעודה וצורותיה (רשת עילית, רשת תת-קרקעית).
		ה. רמות מתחים בישראל: מתח-על (400kV), מתח עליון (110 kV, 161 kV), מתח גבוה (6.3 kV, 12.6 kV, 22 kV, 33 kV), מתח נמוך (400 V).
2	(4)	2. שיטות הזנה
		2.1 הזנת צרכנים מן הרשת
		2.1.1 רשת עם מקור מתח אחד, צרן בודד או כמה צרכנים, אספקה מכיוון אחד.
		2.1.2 רשת עם מקור מתח אחד, צרן בודד או כמה צרכנים, אספקה משני כיוונים.
2		2.1.3 רשת עם כמה מקורות מתח, צרן בודד או כמה צרכנים, אספקה מכיוון אחד.
		2.1.5 רשת סבוכה, דוגמת רשת עירונית.
		2.2 הזנה בתחומי הצרן
		2.2.1 חיבור של כל צרן ישירות ללוח הראשי.
2		2.2.2 חיבור של כל צרן ללוח משנה ודרכו ללוח הראשי.
		2.2.3 חיבור של כל צרן לקו ראשי, המחובר ללוח הראשי.

3.	מבנה רשתות	
3.1	רשת עילית	
3.1.1	המרכיבים של רשת עילית: עמודים, מבודדים, מוליכים.	
3.1.2	מוליכים:	
	א. תכונות של החומרים שמהם עשויים מוליכי הרשת (נחושת, חמרן, חמרן-פלדה): מוליכות, חוזק מכני, משקל, עמידה בתנאי אקלים, מחיר.	
	ב. מבנה המוליכים: מלא, שזור.	
	ג. התלות של העמסת מוליכי הרשת בטמפרטורה המרבית המותרת ובטמפרטורת הסביבה.	
	ד. השוואה בין רשתות העשויות מוליכי נחושת ובין רשתות העשויות מוליכי חמרן.	
3.1.3	רשת עילית עם כבלים מבודדים: מבנה עקרוני, שדה השימוש.	2
3.2	רשת תת-קרקעית	
3.2.1	המרכיבים של רשת תת-קרקעית: כבל, תעלה, מדפים.	
3.2.2	כבלים:	
	א. המבנה של כבלים תת-קרקעיים: גידים, בידוד, מעטפת.	
	ב. סימול תקני של מבנה כבלים: NAYBY, NAYY, NYBY, NYBY, NYA, NYZ, N2XY (XLPE).	
	ג. התלות של העמסת כבל: במספר הכבלים בתעלה, בסידור הכבלים, בטמפרטורת הסביבה.	2
3.3	השוואה בין רשתות עיליות ובין רשתות תת-קרקעיות.	1
3.4	תנאי הסביבה לקביעת סוג הרשת בתוואי הקו.	1

4.	הגנות במערכות הספק	(15)
4.1	מקור התקלות במערכות הספק	
4.1.1	קצר: מהות הקצר ותוצאותיו (דינמיות ותרמיות), שיעורי זרם קצר, השפעת מיקום הקצר על שיעור זרם הקצר.	
4.1.2	זרם יתר: הגורמים והתוצאות.	
4.1.3	חוסר מופע: מהות התקלה ותוצאותיה.	2
4.2	עקרונות הפעולה של אמצעי ההגנה:	
4.2.1	עקרון הפעולה של הגנה תרמית: התכה, דו-מתכת.	
4.2.2	הגנה מגנטית: עקרון הפעולה של הגנה מגנטית, השימוש בהתקן אלקטרומגנטי כהגנה מפני זרם קצר.	2
4.3	הנתיך	
4.3.1	תפקיד הנתיך: עיקר ההגנה מפני זרם קצר. יכולת ההגנה מפני זרם יתר.	
4.3.2	אופייני הפעולה של נתיכים: מהיר, רגיל, איטי (מושהה).	
4.3.3	מיון הנתיכים לפי המבנה העקרוני שלהם ולפי שדה השימוש בהם: נתיך מתברג (קונטיננטלי), נתיך תעשייתי – נתיך בעל כושר ניתוק גבוה (HRC), נתיכים זעירים למכשירים.	
4.3.4	השפעת הטמפרטורה החיצונית על מהירות התגובה של נתיך.	3
4.4	מפסק אוטומטי מגנטי תרמי (מאמ"ת)	
4.4.1	תפקיד המאמ"ת: הגנה מפני זרם קצר (הגנה מגנטית), והגנה מפני זרם יתר (הגנה תרמית – חישת חום).	
4.4.2	המבנה העקרוני של המאמ"ת.	
4.4.3	אופייני הפעולה של מאמ"תים מסוג: A, B, C, ומשמעותם.	
4.4.4	מבנה המאמ"ת לפי סוג הזינה (זרם ישר, זרם חילופין).	
4.4.5	השימוש במאמ"תים במערכות תלת-מופעיות: שימוש בשלושה מאמ"תים חד-מופעיים המגושרים ביניהם ושימוש במאמ"ת תלת-מופע. יתרונות וחסרונות.	
4.4.6	מפסק חצי אוטומטי מתכונן למנועים	3
4.5	ברירות (סלקטיביות) בין אמצעי הגנה	
4.5.1	הגדרת המושג ברירות בין הגנות.	
4.5.2	מימוש הברירות בין נתיכים.	
4.5.3	מימוש הברירות בין נתיכים ומאמ"ת.	
4.5.4	מימוש הברירות בין מאמ"תים.	3
4.6	ממסר לחוסר מופע: מבנה עקרוני, עקרון הפעולה, שדה השימוש.	2

5. שיטות הגנה מפני התחשמות (15)

- 5.1 ההתחשמות: סיבותיה ותוצאותיה. 2
- 5.2 עקרונות ההגנה: א. ניתוק מהיר של הגוף המחושמל מן המקור של מתח הזינה. ב. שימוש במתח בטיחות. ג. מניעת הסגירה של לולאת התקלה באמצעות גוף האדם. 2
- 5.3 הארכת הגנה: מבנה עקרוני, תרשים חיבורים, עקרון הפעולה של הארכת הגנה. 2
- 5.4 הארכת יסוד ומרכיביה. 1
- 5.5 האיפוס: מבנה עקרוני, תרשים חיבורים, עקרון הפעולה של האיפוס. 2
- 5.6 מפסק פחת (מפסק מגן לזרם דלף): מבנה עקרוני, תרשים חיבורים, עקרון הפעולה של ממסר הפחת, תרשימי חיבורים, תחום השימוש. 2
- 5.7 מתח בטיחות: עקרון השיטה, תחום השימוש. 1
- 5.8 הפרד מגן (שנאי מבדל): מבנה עקרוני, תרשים חיבורים, עקרון הפעולה של שיטת "הפרד מגן", תחום השימוש. 2
- 5.9 בידוד כפול (בידוד מגן): מבנה עקרוני, תרשים חיבורים, עקרון הפעולה של שיטת בידוד כפול, תחום השימוש. 1

6. עקרונות בתכנון של מערכת הספק (60)

- 6.1 שלבי התכנון: 6.1.1 השגת הנתונים הדרושים, וריכוזם. 6.1.2 תרשים הפריסה הכללי של המערכת. 6.1.3 תרשים החיבורים העקרוני של המערכת. 6.1.4 תכנון המערכת בין מקור הזינה ובין הצרכן: בחירה של המוליכים/כבלים, המובילים, ההגנות, אמצעי המיתוג, וכיו"ב. 6.1.5 תרשים החיבורים המלא של המערכת. 6.1.6 מפרט טכני וכתב כמויות של המערכת. 5
- 6.2 מעגלים ביתיים: 6.2.1 סמלים גרפיים בתרשימים של מתקני חשמל. 6.2.2 הכרה של עקרון הפעולה, של המבנה ושל השימוש של האביזרים האלה: בית תקע, מפסק חד-קטבי, מפסק כפול, מפסק מחלף, מפסק דו-קטבי, לחצן, אוטומט חדר מדרגות, ממסר צעד, זמזם, שעון שבת. 6.2.3 הכרת התרשימים (העקרוניים) שבהם משולבים האביזרים שפורטו בסעיף הקודם. 10

	6.3	עקרונות בתכנון מתקן החשמל בדירת מגורים
	6.3.1	תרשים החיבורים של לוח דירתי.
	6.3.2	גדלים תקינים של חיבורים מחברת החשמל.
	6.3.3	הגדרה של מעגל סופי בהתאם לתקנות החשמל.
	6.3.4	קביעה של מספר המעגלים הסופיים.
	6.3.5	התקנת מעגלים סופיים בהתאם לתקנות הבטיחות.
	6.3.6	קביעה של מספר בתי התקע ומספר נקודות המאור.
	6.3.7	תכנון מערכת החשמל בדירת מגורים.
	6.3.8	תכנון לוח דירתי חד-מופעי.
14	6.3.9	תכנון לוח דירתי תלת-מופעי.
	6.4	נושאים בתכנון מערכות הספק
	6.4.1	מתווה (דיאגרמה) העמסה: צורת המתווה, המהות והמשמעות של המידע האגור במתווה, אופן בניית המתווה.
	6.4.2	מקדם הביקוש: מהות המושג, חשיבותו של מקדם הביקוש בתכנון מתקני חשמל, הגורמים המשפיעים על מקדם הביקוש (מספר הצרכנים הפועלים בו-זמנית, והעמסה).
	6.4.3	מקדם ההספק ושיפורו.
		א. החשיבות הכלכלית של שיפור מקדם ההספק.
		ב. דרכי המדידה של מקדם ההספק במערכות תלת-מופעיות: שיטה מעבדתית, שיטה תעשייתית, מד מקדם ההספק.
		ג. דרכים לשיפור מקדם ההספק.
8		ד. חישוב הספק וקיבוליות של קבלים הדרושים לשיפור מקדם ההספק, בהתאם לדרישות חברת החשמל.
	6.5	אמצעי הפעלה של מנועים חשמליים ואמצעי הגנה עליהם
	6.5.1	מתנע ישר לרשת, הכולל הגנה תרמית והגנה מגנטית שאפשר לכוילן.
	6.5.2	מתנע כוכב/משולש: מטרת השימוש במתנע, בדיקת האפשרות של חיבור המנוע על-ידי המתנע בהתאם לצורת החיבורים של המנוע ובהתאמה של מתח העבודה למתח הרשת.
	6.5.3	שיטות לחיבור יתרת הזרם: בקו המזין את המנוע או בטור עם כל אחד מסלילי המנוע (למנועים עם חיבור משולש ושישה מוצאים).
4	6.5.4	רגשי טמפרטורה (תרמיסטורים) הממוקמים בתוך המנוע.
9	6.6	עקרונות התכנון של מערכת החשמל בבית-מלאכה (גודל החיבור עד 3×80A)

6.7	מפלי מתח והפסדי הספק במערכות חשמל	
6.7.1	הסיבות למפלי מתח, מפלי מתח תקיניים.	
6.7.2	חישוב שטח החתך האחיד: לפי הקריטריון של מפל מתח מרבי או לפי הקריטריון של הפסדי הספק מרביים (הזנה ממקור אחד ומקדם הספק אחיד).	
6.7.3	חישוב מפל המתח והפסדי ההספק כאשר נתון שטח החתך של המוליכים בסוגים שונים של רשתות:	
	א. רשת זרם ישר עם אספקה מכיוון אחד וכמה צרכנים.	
	ב. רשת רדיאלית חד-מופעית ורשת רדיאלית תלת-מופעית בזרם חילופין עם כמה צרכנים.	10
7.	מכשירים ביתיים	(4)
7.1	סיווג על-פי עקרון הפעולה, המבנה והשימוש.	4
8.	מקורות אור חשמליים	(12)
8.1	מושגי יסוד בתאורה חשמלית: שטף אור, נצילות אורית, אורך חיים, חשיבותה של תאורה נכונה ומתאימה ליעדה.	
8.2	נורות ליבון: עקרון הפעולה, התכונות, צורות מיוחדות, אופיינים של נורות ליבון ונורות טונגסטן-הלוגן.	
8.3	נורות פריקה בגז: עקרון הפעולה, המבנה, התכונות המיוחדות, הגדלים האופייניים, מעגל החיבורים, מקום השימוש בנורות: כספית, כספית אור מעורב, נתרן, ניאון.	
8.4	נורות פלואורסנטיות: עקרון הפעולה, המבנה, הסוגים, התכונות, שיטות ההצתה, מעגלי החיבורים, תחומי השימוש של נורות פלואורסנטיות רגילות, תחומי השימוש של נורות פלואורסנטיות קומפקטיות, ושל נורות PL.	

לימודים התנסותיים

פירוט תכנית הלימודים ההתנסותיים במקצוע **מערכות הספק**

כיתה י"ב – 2 ש"ש

מס' שעות מוקצות	נושאי הלימוד
25	1. התקנות במעגלים ביתיים
35	2. מעגלי פיקוד עם ממסרים
—	
60 שעות	

לימודים התנסותיים

פירוט תכנית הלימודים במקצוע **מערכות הספק**

1. התקנת מעגלים ביתיים (25)

מטרות:

- א. הכרה של כללי הבטיחות וכללי העזרה הראשונה.
- ב. ביצוע המעגלים על גבי לוח התקנות הכולל צנרת ואביזרים מתאימים.
- ג. הכנת תרשימי המעגלים.
- ד. הכרת התקנים וההוראות המחייבים בביצוע המעגלים.

ניסוי מס' 1

מעגל חשמלי הכולל בית תקע, מפסק חד-קוטבי ומפסק כפול המאפשרים הדלקה של שלוש נורות הממוקמות במקומות שונים.

ניסוי מס' 2

מעגל חשמלי הכולל שני מפסקים מחלפים המאפשרים הדלקה בו-זמנית של נורת ליבון ונורת פלורסנט הממוקמות במקומות שונים (כולל הרכבת החלקים של נורת הפלורסנט).

ניסוי מס' 3

מעגל חשמלי המאפשר הדלקה בו-זמנית משלושה לחצנים של שלוש נורות הממוקמות במקומות שונים, באמצעות אוטומט חדר מדרגות; כולל מפסק עקיפה.

ניסוי מס' 4

מעגל חשמלי המאפשר הדלקה בו-זמנית באמצעות ממסר צעד של שתי נורות הממוקמות במקומות שונים.

ניסוי מס' 5

מעגל להפעלת דוד חשמלי לחימום מים.

ניסוי מס' 6

חיווט לוח ביתי, הכולל: מאמ"ת ראשי, מפסק פחת, שעון שבת עם מפסק עקיפה, שישה מאמ"תים למעגלים סופיים.

2. מעגלי פיקוד עם ממסרים (35)

מטרות:

- א. הכרת האביזרים והציוד השימושים במעגלי פיקוד: ממסרים לסוגיהם השונים, אביזרי הגנה, אביזרי בקרה, קוצבי זמן, אביזרי מיתוג, מנועים.
- ב. הכרת התרשימים של מעגלי העומס ומעגלי הפיקוד.
- ג. ביצוע המעגלים בעמדות פיקוד המכילות תעלות חיווט ואביזרים; כל המעגלים יכללו אביזרי מיתוג, אביזרי הגנה ואביזרי בקרה.
- ד. הפעלה של המעגלים ויכולת לאתר בהם תקלות על-פי תרשים זרימה.
- ה. הכרת התקנים וההוראות המחייבים בביצוע המעגלים.

ניסוי מס' 7

מעגל פיקוד להפעלת מנוע תלת-מופעי ממקום אחד.

ניסוי מס' 8

מעגל פיקוד להפעלת מנוע תלת-מופעי משני מקומות (ארבעה לחצנים).

ניסוי מס' 9

מעגל פיקוד להפעלה קבועה ורגעית של מנוע תלת-מופעי ממקום אחד, כולל הגנה מפני חוסר מופע.

ניסוי מס' 10

מעגל פיקוד להפעלת מנוע תלת-מופעי בשתי מגמות סיבוב, בשילוב עם מפסקי גבול; ההפעלה באמצעות לחצנים כפולים והמעבר מכיוון סיבוב אחד לכיוון הסיבוב השני הוא דרך מצב השבתה.

ניסוי מס' 11

מעגל פיקוד להפעלת מנוע חד-מופעי בשתי מגמות סיבוב; ההפעלה באמצעות לחצנים כפולים.

ניסוי מס' 12

מעגל פיקוד להפעלת מנוע תלת-מופעי לזמן קצוב עם השהייה בהפעלה.

ניסוי מס' 13

מעגל פיקוד להפעלה עוקבת של שני מנועים תלת-מופעיים:

א. באמצעות לחצנים

ב. בהפעלה אוטומטית.

ניסוי מס' 14

מעגל פיקוד להפעלת מנוע תלת-מופעי בהתנעת כוכב/משולש.

ניסוי מס' 15

מעגל פיקוד להפעלה של מנוע תלת-מופעי בשתי מהירויות, עם מעבר אוטומטי מן המהירות הנמוכה למהירות הגבוהה (לאחר זמן קצוב); המנוע יהיה מסוג ליפופים נפרדים או ליפופים משולבים (דלנדר).

ניסוי מס' 16

מעגל פיקוד להפעלת מנוע תלת-מופעי עם "עקיפה" של מפסק זרם היתר בזמן ההתנעה.