

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

## מגמת הנדסת חשמל בקרה ואנרגיה

תכנית לימודים במקצוע

# מערכות הספק א'

סמל מקצוע 33.9101

כיתה י"ג

שבט תשס"ח (פברואר 2008)

תכנית הלימודים במקצוע  
מערכות הספק א' – 144 שעות

כיתה י"ג

<u>מס' שעות</u>	<u>ראשי פרקים</u>
8	1. מבנה המערכת הארצית לאספקת חשמל
6	2. תעריפי חשמל הנהוגים בישראל
24	3. תהליך בחירת שטח החתך של מוליכים
14	4. שיפור מקדם הספק
10	5. מבטחים – הגנה בפני זרם קצר וזרם יתר
8	6. לוח החשמל
20	7. קצר ברשתות חשמל
16	8. בטיחות בחשמל – תכנון, תפעול ותחזוקה
10	9. מערכות להספקת חשמל בשעת חרום
24	10. תורת המאור וחישובי תאורה
4	11. תקנות בדבר רישיונות לביצוע עבודות חשמל
<hr/>	
144 שעות	סה"כ

- 1.1 מערכת ייצור
- 1.1.1 מיון מקורות אנרגיה המשמשים ליצור חשמל:
- א. מקורות מתכלים:
- אנרגיה פוסילית – פחם, מזוט, סולר, גז.
- אנרגיה גרעינית.
- ב. מקורות בלתי מתכלים:
- רוח, שמש, מפל מים, גאות ושפל.
- ג. השוואה בין המקורות האנרגיה השונים מבחינת, בין השאר, זמינות מקורות האנרגיה, יעילות (יחס עלות תועלת).
- 1.1.2 מבנה עקרוני של תחנת כוח חשמלית ותיאור תהליך ייצור האנרגיה ממקורות מתכלים ב:
- א. תחנה טרמו-אלקטרית (דלקים פוסיליים).
- ב. תחנה הידרו-אלקטרית.
- ג. תחנה טרמו-גרעינית.
- 1.1.3 סקירה קצרה של שיטות נוספות לייצור חשמל. שיטות המבוססות על ניצול אנרגיית הרוח, אנרגיית השמש ואנרגיית גלי-ים.
- השוואה בין תהליכי ייצור החשמל השונים מבחינת, בין השאר, עלות הקמה, מיקום התחנה, יעלות תהליך הייצור וזיהום הסביבה.
- 1.2 מערכת הובלה:
- 1.2.1 מבנה עקרוני של תחנת השנאה ושל תחנת מיתוג.
- 1.2.2 קווי תמסורת: מבנה של רשתות עליות – רשת למתח ורשת למתח-על: רשת רדיאלית, רשת טבעתית ורשת סבוכה. השוואה בין הרשתות השונות מבחינת המבנה שלהן.
- 1.3 מערכת חלוקה:
- מבנה עקרוני תחנות משנה. קווי-חלוקה במתח גבוה: מבנה קווים עליים וקווים תת-קרקעיים, השוואה בין סוגי הקווים מבחינת מבנה ובידוד.
- 1.4 צרכנים:
- מיון צרכנים על-פי: רמת מתח החיבור לצרכן, סוג הצרכן.
- 1.5 נתונים סטטיסטיים:
- נתונים עדכניים על משק החשמל בארץ: יכולת הייצור העומדת לרשות המשק, חלוקת צריכת החשמל לפי אזורים ועל-פי שעות היממה. שיא ביקוש החשמל, עלויות ייצור אנרגיית חשמל.

- 2. תעריפי חשמל הנהוגים בישראל** **6 ש'**
- 2.1 עלויות ייצור החשמל בארץ.
- 2.2 תעריף החשמל: פרוט הסוגים השונים של תעריפי חשמל, אופן בחירת התעריף על-פי גודל החיבור. תעריפי החשמל כאמצעי לעידוד חסכון וייעול צריכת אנרגיה חשמלית.
- 2.3 אומדן צריכת החשמל במתקן ביתי ובמתקן תעשייתי. חישוב גובה התשלום עבור צריכת אנרגיה חשמלית לפי התעריפים השונים. חישוב גובה הקנסות בגין גורם הספק נמוך מדרישת חברת החשמל.
- \*3. תהליך בחירת שטח החתך של מוליכים** **24 ש'**
- 3.1 התחממות מוליכים: מידת התחממות מוליכים כאשר זורם בהם, זרם מתמיד (קבוע) וכאשר עוצמת הזרם משתנה לסירוגין (זמן מחזור עד 10 דקות).
- 3.2 הסבר הקשר (בעזרת חשבוים מתאימים) בין שטח חתך המוליך לבין צפיפות הזרם המותרת בו.
- 3.3 אופן השימוש בטבלאות העמסה המותרת לפי הנחיות חוק החשמל.
- 3.4 אופן בחירת שטח החתך של מוליך תקני בהתאם ל: שיטת ההתקנה, טמפרטורת הסביבה, מספר המוליכים/הכבלים, בהתאם לחוק החשמל ותקנותיו ונתוני היצרן.
- 3.5 בדיקת התאמת בחירת שטח החתך למפל המתח מותר על-פי חוק החשמל ותקנותיו (באמצעות חישובים).
- 3.6 חישוב הפסדי הספק והפסדי אנרגיה במוליך.
- 3.8 חישוב שטח חתך על-פי מגבלת מפל מתח מותר, עבור: רשת רדיאלית, רשת המוזנת משני מקורות מתח שווים, רשת המוזנת משני מקורות מתח שונים.
- 3.7 חישוב שטח חתך על-פי מגבלת הפסדי הספק מותרים – עבור שטח חתך אחיד ועבור שטח חתך בלתי אחיד ברשת רדיאלית, ברשת המוזנת משני מקורות מתח שווים ורשת המוזנת משני מקורות מתח שונים.

\* את החישובים הנדרשים בסעיפים 3.4-3.7 יש לערוך עבור: רשת למתח ישר, ורשת למתח חילופין, חד-מופעיות ותלת-מופעיות.

- 4. שיפור מקדם הספק** **14 ש'**
- 4.1 השפעת מקדם ההספק גבוה על משק האנרגיה הארצי: הקטנת מפלי המתח בקווי ההולכה, הקטנת הפסדי האנרגיה ברשת, הקטנת הזרם בקווים, הקטנת שטחי החתך של קווי החלוקה ושל הסלילים בשנאים (הקטנת ממדי השנאים והספקם). הקטנת עלות האנרגיה לצרכן.
- 4.2 שיטות למדידת מקדם ההספק: מדידה ישירה, מדידה עקיפה (באמצעות מוני-אנרגיה). חישוב גורם הספק ממוצע.
- 4.3 דרכים לשיפור מקדם ההספק (טבעיות ומלאכותיות).
- 4.4 שיקולים בבחירת השיטה לשיפור מקדם ההספק.
- 4.5 שיפור מקדם ההספק באמצעות סוללת קבלים – חישוב גודל סוללת הקבלים הדרושה ל: קיזוז מרכזי, קיזוז קבוצתי וקיזוז בודד (סרטוט סכמת מעגל המדידה, מעגל הפיקוד ומעגל הכוח).
- 4.6 היתרונות והחסרונות של כל אחת מהשיטות וכדאיות יישומן (שיקולים כלכליים בבחירת הספק הסוללות וחישוב זמן החזר ההשקעה).
- 4.7 חישוב התנגדות נגדי הפריקה הדרושים.
- 4.8 תכנון מעגל ההזנה לסוללת הקבלים הדרושה לשיפור מקדם הספק.
- 4.9 חישוב הגנות למעגל ההזנה של הקבלים ובחירת שטח החתך של המוליכים.

- 5. מבטחים – הגנה בפני זרם יתר וזרם קצר** **10 ש'**
- 5.1 נתיכים: סוגים שונים של נתיכים, עקרון הפעולה של נתיכים למתח נמוך. אופיין זרם-זמן של נתיך. תיאור המפרט הטכני של נתיך. הכרת התקן הישראלי בנושא נתיכים (230 חלק 1).
- 5.2 מפסק אוטומטי: מבנה ועקרון פעולה של מנגנון אלקטרומכני להגנה מפני זרם-יתר וזרם קצר (הגנה תרמית והגנה מגנטית). מפסק אוטומטי מגביל זרם קצר, ומפסק אוטומטי מבוקר מעבד זעיר. הכרת התקן הישראלי בנושא מפסקים אוטומטיים (745).
- 5.3 בחירת מבטחים: הכרת תקנות החשמל ואופן יישומן. הגדרת נתונים מאפיינים למבטח: זרם נומינלי, זרם הפסק מזערי וכושר הפסקה.
- 5.4 בדיקת סלקטיביות (חישובים ושימוש בנתוני יצרן) לזרם יתר ולזרם קצר - בין: נתיך לנתיך, בין נתיך למפסק-אוטומטי, בין מפסק-אוטומטי לנתיך ובין מפסק-אוטומטי למפסק-אוטומטי.
- 5.5 הגנה עורפית לקבוצת מבטחים בעלי כושר ניתוק נמוך מהדרוש.
- 5.6 כונון מפסק-אוטומטי.

- 6. לוח החשמל 8 ש'**
- 6.1 **מושגי יסוד בחוזק חומרים:** תכונות מכניות של החומרים, מאמצים בחומר, פעולת כוחות דינאמיים וסטטיים על החומר, התעייפות החומר.
- 6.2 דרגות ההגנה של המעטפת לציוד חשמלי IPXXX (תקן ישראלי 981).
- 6.3 אופן בחירת פסי צבירה ואופן התקנתם על-פי חישובים ושימוש בנתוני היצרן.
- 6.3.1 בדיקת מאמצים דינאמיים בפסי צבירה ומבודדים (פס אחד לפאזה, שניים, או שלושה פסים לפאזה). חישוב מאמצי כפיפה בין פסי צבירה של פאזות שונות ובין פסי צבירה של אותה פאזה.
- 6.3.2 בדיקה תרמית של פסי צבירה.
- 6.4 אופן בחירת מכשירי המדידה והחיווי למדידה תרמית ולמדידת מאמצים. תרשים החיבורים של המכשירים בלוחות. (סכמה חשמלית)
- 7. קצר ברשתות חשמל 20 ש'**
- 7.1 סוגי הפרעות הגורמות להופעת קצרים ברשת.
- 7.2 קצר כתופעת מעבר, ניתוח מעגל LR הניזון ממקור לזרם ישר וממקור לזרם חילופין. הגדרת של מרכיב הזרם הישר מרכיב זרם החילופין וזרם ההלם. דוגמאות ותרגול נוסף.
- 7.3 סכמת תמורה של מערכת חשמלית תלת-מופעית (סימטרית) לצורך חישוב זרם קצר.
- 7.4 חישוב זרם קצר תלת-מופעי מתמיד וזרם ההלם הצפויים בנקודות שונות ברשת הפועלת במתח נמוך וברשת הפועלת במתח גבוה. חישוב הספק הקצר בנקודת הקצר.
- 7.5 תרומת האנרגיה האגורה במכשירים לזרם קצר: מנוע השראה, סוללת קבלים לשיפור גורם הספק.
- 7.6 כושר הניתוק של מבטחים ואופן קביעתו.
- 7.7 אמצעים להגבלת עוצמת זרם הקצר התלת-מופעי: חיבור משנק (ריאקטור), חישוב גודל המשנק, פיצול פסי צבירה.
- 8. בטיחות בחשמל – תכנון, תפעול ותחזוקה 16 ש'**
- 8.1 השפעת מעבר זרם חשמלי בגוף האדם
- 8.2 הכרה ויישום של תקנות החשמל הקשורות בהתחשמלות – הארקות ואמצעי הגנה בפני חישמול במתח עד 1000 V.
- 8.3 הכרת מושגי יסוד: לולאת התקלה, הארקת שיטה, אלקטרודה.
- 8.4 הארקות הגנה (TT).
- 8.5 מתקן הארקה, הארקות יסוד. חישוב התנגדות האלקטרודה. אמצעים לקבלת התנגדות רצויה.

- 8.6 איפוס (TN-S) (TN-C-S).
- 8.7 זינה צפה (IT).
- 8.8 הפרדת מגן.
- 8.9 מתח נמוך מאוד.
- 8.10 מפסק מגן.
- 8.11 בידוד כפול.
- 8.12 בטיחות חשמל תפעול ותחזוקה: הכרה ויישום של תקנות בטיחות בעבודה.
- 8.13 ניתוח תאונות עבודה הקשורות בהתחשמלות ובסיבותיהן.
- 9. מערכות להספקת חשמל בשעת חרום** **10 ש'**
- 9.1 מערכות אל-פסק: מבנה ועקרון פעולה של מערכת אל-פסק סטטית.
- 9.2 מיון מערכות אל-פסק לפי אופן פעולתן. מאפיינים לבחירת מערכת אל-פסק סטטית.
- 9.3 דיזל גנראטורים: מבנה ועקרון פעולה של המערכת. מערכות סובבות במבנה מחליף, במבנה טורי ובמבנה מקבילי.
- 9.4 מקלט ציבורי: הכרת הדרישות ממתקן החשמל במקלט. תכנון תרשים חד-קווי של לוח החשמל במקלט.
- 10. תורת המאור וחישובי תאורה** **24 ש'**
- 10.1 מושגי יסוד בהנדסת המאור: אנרגיית האור ומקורותיה, גדלים ויחידות פוטומטרית והקשרים ביניהם – שטף אור, עוצמת אור, זווית מרחבית, נצילות אורית של מקור אור, כמות האור, רמת ההארה, בהיקות ופליטה אורית. הקשר בין ההארה לעוצמת האור של מקור אור נקודתי חוק הקוסינוס, חוק ריבוע המרחק, עקום פולארי, עקום יזולוקס.
- 10.2 מקורות אור חשמליים: מבנה, עקרון פעולה, נצילות, תחומי שימוש של מקורות האור הבאים:
- נורות ליבון
  - נורת הלוגן
  - נורות פריקה בגז: נורה פלואורסצנטית, נורת כספית, נורת נתן בלחץ נמוך ובלחץ גבוה, נורת מטל-הלייד.
- סכמת חיבורים של הנורות הכוללת את ציוד העזר הדרוש להדלקתן.
- 10.3 גופי תאורה: תכונות אופטיות, עקום פוטומטרי, מיון גופי תאורה לפי צורת פיזור האור שלהם.

10.4 עקרונות התכנון של תאורת פנים: הפרמטרים הנדרשים לתכנון: מידות המתקן (אולם/חדר), מידת החזרת האור מהתקרה ומהקירות, כמות האבק במתקן ורמת ההארה הדרושה במתקן.

תכנון מתקן המאור לפי שיטת מקדמי הנצילות האורית. חישוב באמצעות תוכנה ייעודית של יצרני ציוד תאורה.

10.5 עקרונות התכנון תאורת חוץ: תכנון מתקן מאור למגרשי משחקים (כדורגל / כדורסל), רחובות וכבישים. חישוב המתקן על-פי שיטת ההארה הנקודתית. חישוב באמצעות תוכנת מחשב ייעודית של יצרני ציוד תאורה.

10.6 תקנים וחוקים: התקן ישראלי 1529 – עקרונות הנדסת אנוש בתחום הראייה: תאורת מקומות העבודה שבתוך מבנים. המלצות CIE. תקנות והוראות בטיחות.

4 ש'

#### 11. תקנות בדבר רישיונות לביצוע עבודות חשמל

11.1 הכרת סוגי הרישיונות הקיימים.

11.2 תיאור הזכויות והחובות המוקנות על-ידי כל אחד מסוגי הרישיונות.