

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 ב'

סמל מקצוע 33.9111

כיתה י"ד

שבט תשס"ח (פברואר 2008)

מהדורה להערות

תכנית הלימודים במקצוע

מערכות הספק ב' – 216 שעות

כיתה י"ד

מספר השעות	ראשי פרקים
9	1. סכמות תפעוליות של מסדרי חשמל
12	2. חישוב הפרמטרים ומעגלי התמורה של רשת חשמלית
6	3. חישוב הפרמטרים ומעגלי התמורה של שנאים
12	4. ביצוע של חישובים ברשת חשמלית באמצעות מעגלי תמורה
18	5. וויסות של המתח ושל התדירות ברשת החשמלית
9	6. תכנון של רשת חשמלית- שיקולים טכנו-כלכליים
9	7. חישוב של הפסדי הספק והפסדי אנרגיה ברשת חשמלית
24	8. ביצוע של חישובים שונים ברשת חשמלית (נושאים נבחרים)
12	9. הכרת שיטות לחיבור של נקודת האפס ברשת חשמלית
9	10. הכרת וסרטוט של סכמות חשמליות של תחנות השנאה שונות
6	11. הכרת חומרים המשמשים לבידוד במערכות הספק במתח גבוה ובמתח עליון
9	12. קשת חשמלית
15	13. מבנה ועיקרון הפעולה של ציוד המיתוג למתח גבוה ולמתח עליון
12	14. מתח יתר ברשתות למתח גבוה ולמתח עליון
24	15. ההגנות במערכות למתח גבוה ובמערכות למתח עליון
6	16. הארקות במתקני מתח גבוה
24	17. שלבים עיקריים בתכנון של מתקן חשמלי

216 סה"כ

9 שעות

1. הכרה וסרטוט של סכמות תפעוליות של מסדרי חשמל

- 1.1 מושגי יסוד בסכמות תפעוליות: שדה חשמלי, מפסק זרם, מנתק, מנתק עומס, מנתק הארקה, פס צבירה, מסדר.
- 1.2 המבנה עקרוני, יתרונות וחסרונות ותיחומי שימוש של תצורות המסדרים הבאים: מסדר בעל פס צבירה יחיד, מסדר בעל פס צבירה כפול, מסדר בעל פס צבירה להעברה ומסדר בעל מפסק וחצי.
- 1.3 הכרת פעולות תפעוליות במסדרים: הוצאה מניצול / חיבור לעומס (לשנאי), הוצאה מניצול / חיבור לעומס של שדה, פעולות מיתוג בפסי צבירה, חיגורים דרושים להפעלת ציוד מיתוג.

12 שעות

2. חישוב הפרמטרים ומעגלי התמורה של רשת חשמלית

- 2.1 פרמטרי אורך: חישוב ההתנגדות של מוליכי קו מתח עילי ושל קו מתח תת-קרקעי. חישוב ההשראות של קו מתח בתלות במחוג (רדיוס) של מוליכי הקו ובמרחק שבין המוליכים ובאורך הקו.
- 2.2 פרמטרי רוחב: חישוב הקיבוליות של קו מתח בתלות במרחק שבין המוליכים, במרחק שבין המוליכים לאדמה, באורך הקו, ובמחוג המוליכים.
- 2.3 תופעת קורונה: הסבר של התופעה, השפעתה על הרשת ודרכים למניעתה.
 - 2.3.1 הסבר של תופעת קורונה והשפעתה על הרשת ועל הסביבה.
 - 2.3.2 חישוב של המתח הקריטי והפסדי קורונה לאורך הרשת.
 - 2.3.3 הכרת האמצעים שיש לנקוט כדי למנוע את התופעה.
 - 2.3.4 חישוב של שטח החתך הדרוש של המוליכים וחישוב המרחק הדרוש בין המופעים כדי למנוע את התופעה.
- 2.4 סרטוט של מעגלי התמורה של רשת חשמלית: מעגל T ומעגל π והכרת מרכיביהם.
- 2.5 הכרת הפרמטרים של רשת עילית והפרמטרים של רשת תת-קרקעית.

6 שעות

3. מעגל התמורה של שנאי, חישוב הפרמטרים של מעגל התמורה

- 3.1 הכרת הערכים הנקובים של שנאי הספק תלת-מופעי: P_{CU} , I_0 , ΔP_{FE} , U_K , U_1/U_2 , S .
- 3.2 הכרת מעגל התמורה Γ של שנאי תלת-מופעי.
- 3.3 חישוב של הפרמטרים של סכמת התמורה Γ מתוך הערכים הנקובים של השנאי.

12 שעות

4. ביצוע של חישובים ברשת חשמלית באמצעות מעגלי תמורה

- *4.1 חישוב של מפלי המתח ברשת חשמלית ובשנאי באמצעות מעגלי תמורה שלהם.
- 4.2 סרטוט של הדיאגרמות הוקטוריות המתאימות.
- 4.3 חישוב של הפסדי ההספק הפעיל ושל ההספק ההיגבי ברשת חשמלית ובשנאי.

* חישוב של מפל המתח ברשת ייעשה בשיטה מדויקת ובשיטה מקורבת.

- 5. ויסות של המתח ושל התדירות ברשת החשמלית** **18 שעות**
- 5.1 ניתוח של הגורמים המשפיעים על יציבות של המתח ושל התדר ברשת חשמלית: חקירת השפעת השינויים בהעמסה על יציבות תדר הרשת, וחקירת השפעת השינויים בהספק העיוור (הראקטיבי) על יציבות מתח הרשת.
- 5.2 ויסות של מתח הרשת באמצעות חיבור של קבלים בטור. חישוב ההספק של הקבלים ומתחם הנקוב.
- 5.3 ויסות של מתח הרשת (ביצוע של חישובים מתאימים) באמצעות שינוי דרגות השנאה של השנאים.
- 5.4 ויסות של מתח הרשת על-ידי ייצור של הספק (עיוור) באמצעות מקזז סינכרוני. חישוב ההספק של המקזז הדרוש לשם ויסות למתח הרצוי.
- 5.5 ניתוח של כושר העברת הספק של מערכת חשמלית (חקירת היציבות הסטטית של מערכת חשמלית).
- 5.6 הכרת התגובה הדינאמית של מערכת הספק (הסבר ללא ביצוע של חישובים).
- 5.7 תיאור של תגובת גנראטור סינכרוני לשינויים גדולים בהעמסתו (לדוגמה: ביצוע של פעולות מיתוג פתאומיות).
- 6. שיקולים טכנו-כלכליים בתכנון של רשת חשמלית** **9 שעות**
- 6.1 הכרת מושגי יסוד בתורת הכלכלה: קרן, ערך נוכחי, ריבית, הוצאות קבועות (לדוגמה: הוצאות על תשתית), הוצאות משתנות (לדוגמה: הוצאות תפעול) ופחת.
- 6.2 הכרת מושגי יסוד בנושא צריכת אנרגיה: הספק מרבי, הספק ממוצע, עקומות עומס, משך זמן השימוש בהספק מרבי, משך זמן השימוש במצב של הפסדים מרביים.
- 6.3 חישוב של ההוצאות הקבועות בעת תכנון של רשת חשמלית: השקעה ראשונית, עלות הקמה, פחת וריבית. חישוב של ההוצאות המשתנות בעת תכנון רשת: עלות הפסדי האנרגיה ברשת והוצאות התחזוקה
- 6.4 חישוב של שטח חתך מוליכי הרשת מתוך שיקולים כלכליים, על-פי חוק קלווין.
- 6.5 הכרה של השיקולים הדרושים לבחירת מתח רשת מיטבי, ביצוע של חישובים מתאימים.
- 7. חישוב של הפסדי הספק והפסדי אנרגיה ברשת חשמלית** **9 שעות**
- 7.1 חישוב של הפסדי הספק ושל הפסדי אנרגיה במוליכי הרשת.
- 7.2 חישוב של הפסדי הספק ושל הפסדי אנרגיה בשנאי.
- 7.3 הכרת שיטות להקטנת הפסדי האנרגיה במערכת חשמלית בעת תכנון המערכת ובעת תפעולה השוטף.
- 7.4 חישוב, משיקולי חיסכון בהפסדי אנרגיה וחיסכון בהפסדי הספק, של ההספק המיטבי המצדיק חיבור של שנאי נוסף במקביל לזה הקיים במערכת.

***8. ביצוע של חישובים שונים ברשת חשמלית (נושאים נבחרים) 24 שעות**

- 8.1 שימוש במשפט תבנין לבדיקה של השינויים הנוצרים במפלי המתח ברשת כתוצאה מחיבור של ענפים נוספים במקביל לאלו הקיימים.
- 8.2 ביצוע של המרה ממשולש לכוכב ברשת נתונה.
- 8.3 פתרון של רשת באמצעות שיטת מתחי הצמתים.
- 8.4 פתרון של רשת על-ידי פרוק של עומסים מנקודות שונות ברשת והעברתם לנקודות אחרות.
- 8.5 חישוב של מפלי המתח ברשתות המוזנות משניים, או משלושה מקורות. חישוב של שטח החתך האחיד של הקו כאשר נתון מפל המתח המותר בקו. חישוב מפלי המתח בקו כאשר נתון שטח החתך.
- 8.6 מציאת שטח חתך בלתי אחיד של רשת, על-פי קריטריון של צפיפות זרם אחידה.
- 8.7 מציאת שטח חתך בלתי אחיד על-פי קריטריון של מינימום חומר.

9. הכרת שיטות לחיבור של נקודת האפס ברשת חשמלית 12 שעות

- 9.1 תיאור של היתרונות ושל החסרונות של רשת בעלת נקודת אפס מבודדת. סרטוט של הדיאגרמה הפאזורית של המתחים והזרמים ברשת במצב תקין ובעת תקלה (קצר של אחד מהמופעים לאדמה).
- 9.2 תיאור של היתרונות ושל החסרונות של רשת בעלת נקודת האפס מוארקת דרך סליל כיבוי. חישוב ההשראות של סליל הכיבוי (סליל פטרסון). סרטוט של הדיאגרמה הפאזורית של המתחים והזרמים ברשת במצב תקין ובעת תקלה (קצר של אחד מהמופעים לאדמה).
- 9.3 תיאור של היתרונות ושל החסרונות של רשת בעלת נקודת האפס מוארקת דרך נגד. חישוב של פוטנציאל נקודת האפס.
- 9.4 הכרת היתרונות והחסרונות של רשת בעלת נקודת האפס מוארקת ישירות לאדמה.
- 9.5 הדגמת היישום של השיטות השונות להארקת נקודת האפס ברשת החשמל הארצית.

10. הכרת וסרטוט של סכמות חשמליות של תחנות השנאה שונות 9 שעות

- 10.1 הכרת המבנה הטיפוסי והסכמה החשמלית של תחנת השנאה חיצונית. הכרת הסכמה של צד המתח הגבוה והכרת הסכמה של צד המתח הנמוך של תחנת השנאה המחוברת לרשת עילית מ.ג., הכוללת שנאי חלוקה אחד. אפיון האביזרים השונים הנדרשים. הצגת אופן בחירת ציוד המיתוג וציוד הגנה הדרושים.
- 10.2 הכרת המבנה הטיפוסי והסכמה החשמלית של תחנת השנאה פנימית. הכרת הסכמה של צד מתח הגבוה והסכמה של צד המתח הנמוך של תחנת השנאה המחוברת לרשת תת-קרקעית מ.ג., הכוללת שנאי חלוקה אחד.
- 10.3 תכנון של תחנת השנאה: קביעת הספק השנאים, בחירת ציוד המיתוג וההגנה, אפיון האביזרים הנדרשים.
- 10.4 הכרת התנאים להפעלת שנאים המחוברים במקביל. הצגת אופן התפעול של שנאים המחוברים במקביל.
- 10.5 הכרת סוגי הבדיקות התקופתיות של שנאים.

* ברשת חד-מופעית וברשת תלת-מופעית

- 11. הכרת חומרים המשמשים לבידוד במערכות הספק במתח גבוה ומתח עליון 9 שעות**
- 11.1 הכרת תכונות הבידוד של חומרים המשמשים במתח גבוה ומתח עליון – ציון הערכים האופייניים של החוזק הדיאלקטרי של: גזים שונים, אוויר, שמנים ומוצקים. תיאור השפעת המבנה הגיאומטרי של המבודד על כושר הבידוד שלו.
- 11.2 הכרת הערכים התקניים של חומרי הבידוד: הערך המרבי שמתח חילופין המחובר למשך דקה אחת כאשר הבידוד יבש, הערך המרבי של מתח החילופין למשך שנייה אחת כאשר הבידוד רטוב, אות הלב (BIL), מתח שיא, זמן עליה, זמן ירידה למחצית ערך שיא.
- 12. קשת חשמלית 6 שעות**
- 12.1 תיאור של התופעות המתרחשות בעת היווצרות של קשת חשמלית. הכרת המאפיינים הפיזיקאליים של קשת חשמלית.
- 12.2 כיבוי של קשת חשמלית הנוצרת ברשת הפועלת בזרם חילופין. סקירת השיטות לכיבוי הקשת: הגדלת אורך הקשת, קירור של הקשת, הקטנת המתח הפנוי להזנתה (תאי כיבוי).
- 13. מבנה ועיקרון הפעולה של ציוד המיתוג למתח גבוה ולמתח עליון 15 שעות**
- 13.1 הכרת המבנה ועיקרון הפעולה של מפסקים זרם שונים. מיון מפסקים לפי שיטת כיבוי הקשת: מפסק זרם באוויר, מפסק זרם אוויר דחוס, מפסק זרם בשמן, מפסק זרם דל-שמן, מפסק זרם בגז SF6, מפסק זרם בואקום.
- 13.2 הכרת המבנה ועיקרון הפעולה של ציוד הבטיחות: מנתקים לקו, מנתקי הארקה.
- 14. מתח יתר ברשתות למתח גבוה ולמתח עליון 12 שעות**
- 14.1 תיאור של הגורמים להיווצרות מתח יתר ברשת: פגיעת ברק, פעולות מיתוג, היווצרות של מתח יתר כתוצאה מתקלה חולפת.
- 14.2 הצגת שיטות להגנה על הרשת מפני היווצרות של מתח יתר כתוצאה מפעולות מיתוג.
- 14.3 הצגת שיטות להגנה על הרשת כתוצאה מפגיעת ברק: קולטי ברק, קרני פריקה, תיל הגנה מאורך, מגיני ברק.
- 14.4 תיאור המאפיינים הטכניים העיקריים, מבנה ואופן הפעולה של מגני הברק הבאים: מרווחי פריצה, מאטאל-אוקסייד, ואריגאפ.
- 14.5 השוואה בין שלושת הסוגים של מגני הברק.
- 15. ההגנות במערכות למתח גבוה ובמערכות למתח עליון 24 שעות**
- 15.1 הגנה על קווי חלוקה למתח גבוה: הגנה מפני זרם יתר, הגנה וואטמטרית, הגנה מפני זרם פחת. הצגת עיקרון הפעולה של התקני ההגנה הנזכרים. תיאור עקרוני של אופן חיבורו של מערך ההגנה במעגל למתח גבוה להבטחת: ברירות, אמינות ורגישות מתאימים של התקני ההגנה.

- 15.2 הכרת המבנה ועקרון פעולה של התקני ההגנה לקווי מתח עליון הבאים: הגנה כיוונית מפני זרם יתר, הגנת מרחק, הגנת תיל ניהוג, הגנת משען. תאור עקרוני של מערך ההגנה במעגל למתח עליון לשם הבטחת ברירות, אמינות ורגישות מתאימים של התקני ההגנה.
- 15.3 הגנת שנאים.
- 15.3.1 הכרת סוגי ההגנות (עקרון פעולה ומבנה עקרוני של התקן ההגנה) על שנאים מפני תקלות פנימיות: הגנה דיפרנציאלית, הגנה מפני זרם יתר, הגנה מפני עליית טמפרטורה, הגנה מפני גזים, הגנה מפני לחץ יתר. תיאור עקרוני של מבנה מערך ההגנה.
- 15.3.2 הכרת סוגי ההגנות (עקרון פעולה ומבנה עקרוני של התקן ההגנה) על שנאים מפני תקלות חיצוניות: הגנת זרם יתר מושהית, הגנה מפני קצר לגוף השנאי.
- 15.4 הכרת התקני ההגנה לפסי צבירה.
- 15.6 הכרת התקני ההגנה לגנראטורים.

16. הארקות במתקני מתח גבוה 4 שעות

- 16.1 הכרת מושגי היסוד: הארקה, הארקת הגנה, הארקת שיטה, מתח צעד, מתח מגע.
- 16.2 הכרת הארקות הגנה במסדרים ובעמודי חשמל.
- 16.2.1 הכרת שיטות להקטנת מתח הצעד ומתח המגע.
- 16.2.2 הכרת קו הארקה עילי.

17. שלבים עיקריים בתכנון של מתקן חשמלי 26 שעות

- 17.1 תכנון תחנת השנאה פנימית: הכרת השיקולים לבחירת הציוד הדרוש. סרטוט חד קווי של הלוח למתח גבוה ושל הלוח למתח נמוך.
- 17.2 תכנון תחנת השנאה חיצונית: הכרת השיקולים לבחירת הציוד הדרוש. סרטוט חד קווי של הלוח למתח גבוה ושל הלוח למתח נמוך.
- 17.3 תכנון מערכת אוטומטית להחלפת ההזנה מחיבור לחברת החשמל לגנראטור לשעת חרום. תכנון של לוח הגנראטור (חלוקת העומסים לשדה חיוני ובלתי חיוני) ומערכת הפיקוד.
- 17.4 תכנון של מערכת גיבוי למתח נמוך, UPS. הכרת תקנות החשמל הקשורות בהתקנת מערכות אל-פסק סטטיות למתח נמוך.
- 17.5 הכרת תקנות החשמל הקשורות למתקני חשמל באתרים רפואיים הפועלים במתח של עד 1000 V.
- 17.6 הכרת תקנות חשמל הקשורות למתקן חשמלי ציבורי בבניין רב קומות.
- 17.7 הכרת תקנות הבטיחות בעבודה (חשמל).