

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

## מגמת הנדסת חשמל בקרה ואנרגיה

תכנית לימודים במקצוע

# מערכות וטכניקות בקרה

סמל מקצוע 33.9114

כיתה י"ד

## תכנית הלימודים במקצוע

### מערכות וטכניקות בקרה – 72 שעות

#### כיתה י"ד

מספר השעות	ראשי פרקים
3	1. מבוא למערכת בקרה (חזרה)
6	2. תיאור של מאפייני מערכת בקרה
11	3. חיישנים ומתמרים במערכת בקרה
4	4. שיקולי תכנון בהתאמת חיישנים ומתמרים לסביבת העבודה
10	5. משוואות דיפרנציאליות של מערכות חשמליות מסדר ראשון
10	6. משוואות דיפרנציאליות של מערכות חשמליות מסדר שני
10	7. התמרות לפלס
8	8. ניתוח של מעגלים חשמליים במישור הזמן ובמישור לפלס
10	9. יציבות של מערכת בקרה
<hr/> 72	סה"כ

- 1. מבוא למערכת בקרה (חזרה) 3 שעות**
- 1.1 מטרתה של מערכת בקרה
  - 1.2 הסבר של המושגים: בקרת תהליך ומשתנה מבוקר.
  - 1.3 זיהוי של תהליכים ושל משתנים מבוקרים במערכות בקרה שונות (יש להביא דוגמאות מתחומי בקרה שונים במיוחד ממערכות חשמליות לבקרת הספק).
  - 1.4 תיאור של מערכת בקרה באמצעות תרשים מלבנים: אות מבוא, אות מוצא ותיאור פונקציונאלי של הקשר בין מוצא ומבוא של מערכות בקרה בחוג פתוח ומערכות הפועלות בחוג סגור (כעקרונות בלבד)
  - 1.5 תיאור המבנה והתפקיד של המרכיבים הפיזיים השונים של מערכת בקרה: חיישנים ומתמרים, משווה, בקר תהליך ומפעילים. (יש לתת דוגמאות לכל אחד מן המרכיבים).
- 2. תיאור של מאפייני מערכת בקרה 6 שעות**
- 2.1 תיאור של סוגי הבקרה השונים: רציפה, בדידה, דו-מצבית ורב-מצבית.
  - 2.2 תיאור של השפעת משוב שלילי ומשוב חיובי על פעולתה של מערכת בקרה.
  - 2.3 התאמת הבקרה הנדרשת לאופן פעולת המערכת - עבודה בחוג סגור או בחוג פתוח.
  - 2.4 הסבר של מאפייני מערכת לינארית (המוגניות וסופרפוזיציה).
  - 2.5 תיאור וסרטוט של אותות המבוא ומוצא של מערכת לינארית.
  - 2.6 תיאור וסרטוט של אותות המבוא והמוצא של מערכת לא לינארית.
  - 2.5 תיאור של תחום הפעולה של מערכת בקרה והגורמים המשפיעים עליו (רוויה וחשל).
- 3. חיישנים ומתמרים במערכות בקרה 11 שעות**
- 3.1 תיאור הצורך במתמרים ובחיישנים במערכות בקרה.
  - 3.2 תיאור של הקשרים האנליטיים (כאשר ניתן לתארם באופן כזה) והגרפיים בין המבואות והמוצאים של מתמרים וחיישנים.
  - 3.3 סוג של חיישנים לפי קריטריונים שונים:
    - מגע (מפסק זעיר וגלגלת)
    - קרבה (השראי וקיבולי)
    - אופטי (משדר/ מקלט, לולאה)
    - מידת מרחק (אולטרה סוני, אינפרה אדום)
    - מידת עוצמת הארה (פוטודיודה, פוטטרנזיסטור, LDR),
    - מידת טמפרטורה (ממתח אחורי על דיודה, צמד תרמי, מתמר מוכלל [למשל LM35]).
    - מידת לחץ ( מד מעוות, מתמר פיזואלקטרי)
    - מידת מהירות זרימה ומהירות סיבוב (מד מעוות טכו גנרטור, מקודד)
  - 3.4 תיאור של המבנה, אופן הפעולה ושדה השימוש בחיישנים המבוססים על התנגדות כגון: חיישן עוצמת הארה (LDR), חיישן טמפרטורה (NTC, PTC).

- 3.5 תיאור של המבנה, אופן הפעולה ושדה השימוש בחיישנים המבוססים על מערכות אופטיות
- 3.6 תיאור וניתוח של מעגלי מתמר המבוססים על חיישנים. שילוב של חיישנים במעגל גשר ויטסטון.
- 3.7 תיאור של חיישנים ומתמרים מעשיים, הכרת דפי המפרט שלהם. הכרת גרף הקשר של האות החשמלי של החיישן כתלות באות הפיזיקאלי. הכרת גרף הקשר בין האות הפיזיקאלי לאות חשמלי תיקני  
(0-5V , 0-20mA , 4-20mA)

#### 4. שיקולי תכנון להתאמת חיישנים ומתמרים לסביבת העבודה 4 שעות

- 4.1 תיאור של התאמת חיישנים לתנאי עבודה קשים – לחות, לחץ, קרינה UV, IP.
- 4.2 תיאור של אופן התאמת חיישנים לעבודה בסביבה נפיצה – EX, הצורך בחיבור של חוצצים (barriers) במערכת.
- 4.3 תיאור של בעיות זליגה חשמלית ואופן הטיפול בהן.

#### 5. משוואות דיפרנציאליות של מערכות חשמליות מסדר ראשון 10 שעות

- 5.1 הסבר ותיאור מתמטי, באמצעות משוואה דיפרנציאלית, של תופעות מעבר מסדר ראשון במעגלי מסוג נגד-קבל או נגד-סליל טוריים המחוברים למקור מתח. תיאור תנאי התחלה.
- 5.2 הצגת הפתרון של מערכת בעלת משוואה דיפרנציאלית מסדר ראשון לאות מדרגה. מציאת: קבוע הזמן, ערך התחלתי, ערך סופי וערך רגעי, במעגלים השונים.
- 5.3 תיאור גרפי של התגובה לאות מדרגה כתלות בזמן במערכת מסדר ראשון.

#### 6. משוואות דיפרנציאליות של מערכות חשמליות מסדר שני 10 שעות

- 6.1 תיאור מתמטי באמצעות משוואה דיפרנציאלית מסדר שני של מעגל חשמלי מסוג נגד, קבל וסליל המחוברים בטור למקור מתח.
- 6.2 תיאור גרפי של התגובה של המעגל הטורי הנזכר לאות מדרגה, עבור מצבים של: ריסון יתר, ריסון קריטי ותת ריסון.
- 6.3 תיאור המאפיינים של מערכות מסדר שני: מקדם הריסון, תדירות זוויתית, תדירות טבעית ( $\omega_0$ ), תדירות מרוסנת ( $\omega_0$ ), ערך מרבי, זמן התייצבות.

#### 7. התמרות לפלס 10 שעות

- 7.1 מושגי יסוד: מישור הזמן ומישור לפלס. תכונות של התמרת לפלס.
- 7.2 מציאת התמרה ישירה והתמרה הפוכה של פונקציות בסיסיות באמצעות טבלה.
- 7.3 הצגה ושימוש במשפט הערך ההתחלתי והערך הסופי

#### 8. ניתוח של מעגלים חשמליים במישור הזמן ובמישור לפלס 8 שעות

- 8.1 בניית פונקצית תמסורת של מערכת בקרה במישור לפלס על פי משוואה דיפרנציאלית מסדר ראשון או שני. מציאת התגובה של מערכת למבוא מדרגה על-פי פונקצית התמסורת.

8.2 ניתוח של מעגלים חשמליים מסדר ראשון מסוג נגד-קבל ונגד-סליל טוריים במישור הזמן באמצעות שימוש בהתמרות לפלס..

10 שעות

### 9. יציבות של מערכת בקרה

- 9.1 הסבר מושג היציבות במערכת בקרה.
- 9.2 תיאור גרפי של מערכת בקרה באמצעות עקומי בודה אסימפטוטיים (הגבר ומופע) .
- 9.3 בדיקת יציבות באמצעות עקומי בודה (שולי ההגבר והמופע).

### ספרות מומלצת

1. מערכות בקרה ואוטומציה, פרופ' פסן, הוצאת מכלול, הטכניון, חיפה (1990)
2. מערכות משוב ובקרה, סדרת שאום (1957)
3. בקרה לינארית, חלקים א', ב', ג', פרופסור פויאר, הוצאת מטח ובית-הספר של האוניברסיטה הפתוחה (1980)
4. אלקטרוניקה תעשייתית, וילי רוזנבלום, הוצאת אורט (1982)
5. מערכות מחשוב ובקרה - מערכות בקרה, ר. יהל ו-z. בהיר, הוצאת או"פ-מטח (2006).
6. *Linear Control System – Convention and Modern* D'Azzo & Houpis McGraw-Hill (1986)