

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

מגמת הנדסת אלקטרוניקה ומחשבים
התמחות מערכות מחשוב ובקרה

תכנית הלימודים במקצוע

תורת הבקרה

סמל מקצוע 11.9214

כיתה י"ד

כסלו תשס"ז (דצמבר 2006)

תכנית הלימודים במקצוע
תורת הבקרה – 132 שעות

כיתה י"ד

מספר שעות

ראשי פרקים

24	1. שימוש בהתמרת לפלס לפתרון משוואות דיפרנציאליות
14	2. התגובה של מערכות מסדר ראשון ומערכות מסדר שני כתלות בזמן
20	3. מציאת פונקציית התמסורת של מערכת בקרה
12	4. הכרת המבנה ואופן הפעולה של בקרים פניאומטיים
26	5. המיקום הגיאומטרי של השורשים (מ.ג.ש.)
20	6. ניתוח תגובת התדר של מערכת בקרה באמצעות דיאגרמות בודה
16	7. שיטת ניקויסט לבדיקת היציבות של מערכת בקרה
132	סך-הכול

- 1. שימוש בהתמרת לפלס לפתרון משוואות דיפרנציאליות** **24 שעות**
- 1.1 דוגמאות לייצוג מערכות בקרה ולייצוג מערכות חשמליות באמצעות משוואות דיפרנציאליות מסדר ראשון ומסדר שני, לדוגמה: משוואה דיפרנציאלית לייצוג מעגלי RC, מעגלי RL ו- מעגלי RCL, משוואה דיפרנציאלית מסדר ראשון המתארת תהליך חימום, משוואה דיפרנציאלית מסדר שני המתארת מערכת מכנית הכוללת מסה, קפיץ ומרסן.
- 1.2 פתרון של משוואות דיפרנציאליות מסדר ראשון ומסדר שני בשיטה הקלסית.
- 1.3 התמרת לפלס כאמצעי לפתרון משוואות דיפרנציאליות ויתרונה על-פני השיטה הקלסית.
- 1.4 משפטי התמרת לפלס, הצגת ההתמרות לביטויים נפוצים, טבלה של התמרת לפלס.
- 1.5 מציאה של התמרת ההפוכה לביטויים מורכבים באמצעות פירוק לגורמים.
- 2. התגובה של מערכות מסדר ראשון ומערכות מסדר שני כתלות בזמן** **14 שעות**
- 2.1 חישוב של השגיאה המתקבלת במצב המתמיד במערכות מסדר ראשון ובמערכות מסדר שני עבור מבואות מסוג הלם, מדרגה, שיפוע ופרבולה.
- 2.2 חישוב התגובה בזמן של מערכות מסדר ראשון עבור מבואות מסוג הלם, מדרגה, שיפוע ופרבולה, חישוב התגובה בזמן של מערכות מסדר שני עבור מקדמי ריסון שונים ועבור מבואות מסוג הלם, מדרגה, שיפוע ופרבולה.
- 3. מציאת פונקצית התמסורת של מערכת בקרה** **14 שעות**
- 3.1 מציאת פונקצית התמסורת של מערכת לבקרת מצב הפועלת בחוג סגור, ומורכבת ממנוע לזרם ישר (בעל שדה מגנטי קבוע) ופוטנציומטר כמתמר זווית.
- 3.2 מציאת פונקצית התמסורת של מערכת לבקרת מהירות המורכבת ממנוע לזרם ישר וטכומטר.
- 3.3 מציאת פונקצית התמסורת של מערכת לבקרת מצב הפועלת בחוג סגור, ומורכבת ממנוע לזרם חילופין וסלסין (סינכרו).
- 3.4 מציאת פונקצית התמסורת של תהליך חימום חשמלי הכולל איבוד חום לסביבה.
- 3.5 מציאת פונקצית התמסורת של מערכת להב פייה פניאומטית.
- 3.6 מציאת פונקצית התמסורת של מפעיל (Actuator) פניאומטי.
- 3.7 מציאת פונקצית התמסורת של בוכנה ושסתום בקרה הידראוליים.

4. הכרת המבנה ואופן הפעולה של בקרים פניאומטיים 12 שעות

- 4.1 הכרת המבנה ואופן הפעולה של בקר הפעל-הפסק (ON-OFF).
- 4.2 הכרת המבנה ואופן הפעולה של בקר יחסי.
- 4.3 הכרת המבנה ואופן הפעולה של בקר יחסי-אינטגרלי.
- 4.4 הכרת המבנה ואופן הפעולה של בקר יחסי-אינטגרלי-נגזרת.
- 4.5 הכרת המבנה ואופן הפעולה של ממירי לחץ לזרם וממירי זרם ללחץ, ואופן שילובם במערכת חשמלית ובמערכת פניאומטית .

5. המיקום הגיאומטרי של השורשים – שיטת Root Locus 26 שעות

- 5.1 מיפוי של אפסים וקטבים במישור המורכב.
- 5.2 מציאת הקטבים והאפסים של תמסורת החוג הפתוח.
- 5.3 חישוב האסימפטוטות: מרכזן וזוויתיהן.
- 5.4 חישוב של זוויות העזיבה מקוטב ושל זוויות ההתכנסות לאפס.
- 5.5 חישוב של נקודות החיתוך עם הציר המדומה ועם הציר הממשי.
- 5.6 סרטוט של המיקום הגיאומטרי של השורשים, קביעת מצב היציבות של המערכת ותגובתה לפי הקטבים הדומיננטיים.

6. ניתוח תגובת התדר של מערכת בקרה באמצעות דיאגרמות בודה 26 שעות

- 6.1 תיאור הקשר בין תגובת התדר של מערכת בקרה לתגובה שלה בזמן.
- 6.2 הצגה של הפרש הזווית בין אות המוצא לאות המבוא של מערכת הבקרה כפיגור בזמן.
- 6.3 הצגת פונקציית התמסורת של מערכת בקרה במישור התדר על-ידי החלפת המשתנה S (של התמרת לפלס) במשתנה המדומה- $j\omega$.
- 6.4 סרטוט של הקירוב האסימפטוטי של תלות הערך המוחלט של פונקציית התמסורת בתדר, סרטוט אסימפטוטי על-גבי נייר חצי לוגריתמי.
- 6.5 ביצוע קירוב אסימפטוטי לגרף של תלות זווית פונקציית בתדר. סרטוט הגרף האסימפטוטי על-גבי נייר חצי לוגריתמי.
- 6.5 ניתוח היציבות, או אי-היציבות של מערכת בקרה על-ידי מציאת עודף ההגבר ועודף הפאזה באמצעות הגרפים שסורטטו.
- 6.6 הצגת טבלות תיקון לסרטוטים של הגרפים האסימפטוטים.

7. שיטת ניקויסט לבדיקת היציבות של מערכת בקרה 16 שעות

- 7.1 הכרת הכללים לסרטוט עקום ניקויסט.
- 7.2 הכרת קריטריון היציבות של ניקויסט .
- 7.3 סרטוט של עקום ניקויסט, זווית וערך מוחלט, כתלות בתדר.
- 7.4 מציאת עודף ההגבר ועודף הפאזה באמצעות עקום ניקויסט.

ספרות מומלצת

1. מערכות בקרה ואוטומציה, פרופ' א. פסן, הוצאת מכלול, הטכניון, חיפה (1990).
2. מערכות משוב ובקרה, סדרת שאום (1957).
3. בקרה לינארית, חלקים א', ב', ג', פרופ' י. פויאר, הוצאת מטח ובית הספר לטכנולוגיה של האוניברסיטה הפתוחה (1980).
4. אלקטרוניקה תעשייתית, ו. רוזנבלום, הוצאת אורט (1982).
5. Linear Control System – Convention and Modern D'Azzo & Houpis McGraw-Hill (1986).