

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

## מגמת הנדסת חשמל בקרה ואנרגיה

תכנית לימודים במקצוע

# מעבדת התמחות

סמל מקצוע 33.9115

כיתה י"ד

## **הנחיות למעבדת התמחות**

המעבדה מורכבת מניסויים בנושאים הבאים:

1. מכונת חשמל
2. בקרים מתכנתים
3. אלקטרוניקת הספק

## תכנית הלימודים במקצוע

### מעבדת התמחות – 84 שעות

#### כיתה י"ד

#### א. מכונות חשמל

##### 1. מכונה לזרם ישר

###### 1.1 אופייני עבודה של מחולל בעירור מעורב

- 1.1.1 מדידה וסרטוט של אופיין ריקם של המחולל: תלות הכא"מ בזרם העירור במצב של מהירות קבועה וללא ההעמסה,  $E=f(I_e)_{n=\text{constant}}$ , מדידה וסרטוט של האופיין נעשית בעת עליית זרם העירור ובעת ירידת הזרם.
- 1.1.2 מדידת וסרטוט של מתח ההדקים של המנוע כתלות בזרם העוגן,  $U=f(I_a)_{i=\text{constant}, n=\text{constant}}$ , בזרם עירור קבוע ובמהירות קבועה:
- בעירור מקבילי בלבד (ללא עירור טורי)
  - בעירור טורי מתחבר
  - בעירור טורי מתחסר.

###### 1.2 אופייני עבודה של מנוע בעירור מעורב בהעמסה

סרטוט האופיינים מבוצע עבור עירור טורי מתחבר, ועבור עירור טורי מתחסר.

- 1.2.1 מדידה וסרטוט של מהירות הסיבוב של המנוע כתלות בהספק המכני של המנוע (הספק המתפתח בגל) במתח הזנה קבוע,  $n=f(P)_{U=\text{constant}}$ .
- 1.2.2 מדידת וסרטוט של זרם העוגן כתלות בהספק המכני של המנוע (הספק המתפתח בגל) במתח הזנה קבוע,  $I_a=f(p)_{U=\text{constant}}$ .
- 1.2.3 מדידת וסרטוט של נצילות המנוע כתלות בהספק המכני של המנוע (הספק המתפתח בגל) במתח הזנה קבוע,  $I_a=f(p)_{U=\text{constant}}$ .
- 1.2.4 מדידת וסרטוט של המומנט הנוצר כתלות בהספק המכני של המנוע (הספק המתפתח בגל) במתח הזנה קבוע,  $I_a=f(p)_{U=\text{constant}}$ .

##### 2. שנאי תלת-מופעי

###### 2.1 מדידת מתחים יחס השנאה בסוגי חיבורים שונים

- 2.1.1 מדידת מתחי המופע והמתחים השלובים בראשוני ובמשני עבור החיבורים הבאים: כוכב/כוכב, כוכב/משולש, כוכב/זיג-זג, משולש/כוכב, משולש/משולש ומשולש/זיג-זג.
- 2.1.2 קביעת קבוצת החיבורים המתאימה חישוב יחס השנאה בין המתחים המופעיים והמתחים השלובים עבור כל אחד מסוגי החיבורים שבסעיף 2.1.1.

## 2.2 שנאי תלת מופעי בריקם

- 2.2.1 מדידת מתחי המופע והמתחים השלובים בראשוני ובמשני של השנאי, מדידת זרם המופע וההספק הכולל בריקם עבור החיבורים הבאים: משולש/כוכב ומשולש/זיג-זג עד לעליית מתח של 120% מהמתח הנקוב. חישוב של הפרמטרים  $X_\mu$  ו- $R_\mu$  עבור המתחים  $80\%U_n$ ,  $100\%U_n$ ,  $120\%U_n$ .

## 2.3 שנאי תלת מופעי בקצר

- 2.3.1 מדידת מתחי המופע והמתחים השלובים בראשוני ובמשני של השנאי, מדידת זרם המופע וההספק הכולל בקצר עבור החיבורים הבאים: משולש/כוכב ומשולש/זיג-זג עד לעליית זרם של 120% מהזרם הנקוב. חישוב של הפרמטרים  $X_k$  ו- $R_k$  עבור הזרמים  $80\%I_n$ ,  $100\%I_n$ ,  $120\%I_n$ .

## 2.4 שנאי תלת מופעי בהעמסה

- 2.4.1 מדידת מתחי המופע והמתחים השלובים בראשוני ובמשני של השנאי עבור החיבורים הבאים משולש/כוכב ומשולש/זיג-זג עבור עומסים התנגדותי שצריכת הזרם שלהם היא עד ל-120% מהזרם הנקוב.

## 3. מכונה סינכרונית תלת-מופעית

### 3.1 מחולל סינכרוני

- 3.1.1 מדידת אופיין המחולל בריקם (כא"מ בתלות בזרם העירור  $E=f(I_e)_{n=\text{constant}}$  במהירות קבועה וללא ההעמסה), בעליית זרם העירור ובירידתו.
- 3.1.2 מדידת אופיין המחולל בקצר (זרם העוגן בתלות בזרם העירור  $I_a=f(I_e)_{n=\text{constant}}$  במהירות קבועה), בעליית זרם העירור ובירידתו. קביעת העכבה הסינכרונית מתוך ניסויי ריקם וקצר.
- 3.1.3 סינכרון מחולל סינכרוני לרשת בשתי שיטות לפחות (סינכרון בחושך, סינכרון באור וסינכרון בעזרת סינכרוסקופ).

### 3.2 מנוע סינכרוני

- 3.2.1 ביצוע התנעה של מנוע סינכרוני באמצעות משנה תדר.
- 3.2.2 ביצוע התנעה של מנוע סינכרוני באמצעות חיבור של נגד נוסף במעגל העירור בתחילת ההתנעה, וחיבור של סליל העירור למתח ישר בסוף ההתנעה (התנעה אסינכרונית).
- 3.2.3 מדידה וסרטוט של אופייני V של מנוע סינכרוני – תלות זרם העוגן בזרם העירור עבור עומסים שונים המחברים לציר המנוע.

## 4. הפעלת מנוע צעד

- 4.1 חיבור של מערכת להפעלת מנוע צעד באמצעות מעגל מוכלל ייעודי. המערכת כוללת: מפסקים, מתנד גל ריבועי, מעגל מוכלל לייצור ולדחיפה של אותות למנוע. הפעלת המנוע נעשית בהעמסה (מסוע, למשל).
- 4.2 הפעלת המנוע, ידנית ואוטומטית, לשני כיווני הסיבוב. שינוי של מהירות הסיבוב של המנוע על-ידי שינוי תדר אות המחולל.
- 4.4 מדידת מתחים וזרמים, בנקודות שונות במעגל, בזמן עצירת המנוע ובזמן תנועתו.

## ב. בקרים מתכנתים

### 1. תהליכי בקרה

#### 1.1 בקרה של תהליכים תעשייתיים (כמו: מילוי של בקבוקים בנוזל / מילוי של קופסאות שימורים/ מיון של פירות)

1.1.1 תכנון והפעלה של מערכת להדמיית תהליך יצור תעשייתי. המערכת מורכבת משלוש תחנות האלה לפחות:

א. סרט נע שמותקנים בו מספר מנועים

ב. מערכת מנייה

ג. מערכת למילוי המורכבת ממערכת למדידת גובה הנוזל, או ממערכת שקילה

ד. מערכת לאריזה ופינוי המוצר (פיקוק, הדבקת תוויות)

#### 1.2 הפעלת מערכת של אוויר דחוס, או מדחסי קירור, או דודי קיטור (מערכת אחת מתוך השלוש)

1.2.1 תכנון של ההגנות השונות הנדרשות להגנה על המערכות החשמליות והמכניות של: המדחסים, משאבות קירור ומשאבות חימום, לכל מערכת (מדחס, משאבה) מחוברים שני מנועים. תכנון של מערכת הצתה בדוד.

1.2.2 הפעלה של המנועים במערכות שנבחרו בהתאם למתמרי לחץ, או מתמרי טמפרטורה המותקנים.

1.2.3 תכנון הפעלת זוג המנועים המחוברים להתקנים השונים כך ש יפעלו לסירוגין למשכי זמן קבועים.

#### 1.3 הפעלת תהליך טכנולוגי

1.3.1 תכנון והפעלה של תהליך המשלב חישנים בינאריים (דיגיטליים) וחישנים רציפים (אנלוגיים). התהליך יכלול בקר מתוכנת הכולל מבואות ומוצאים ספרתיים ומבואות רציפים.

1.3.2 תוכנת הבקר תכלול שימוש בפונקציות מתמטיות, פונקציות העברת נתונים ופונקציות השוואה. התוכנה תכלול כיוול המבואות הרציפים ליחידות הנדסיות, הפעלות של מוצאים מהבקר בהתאם לערכים נקובים של המבואות הרציפים, ואיסוף וצבירת נתונים מהתהליך, לדוגמה איסוף נתוני טמפרטורה במשך פרק זמן נתון, וחישוב הממוצע שלהם.

1.3.3 להלן, לדוגמה, תיאור של תהליך טכנולוגי אפשרי: מדידות טמפרטורה ממוצעת בחדר/אולם. על-ידי פיזור של מספר חישני טמפרטורה והצגת הטמפרטורה הממוצעת (מיצוע של הטמפרטורה הנמדדת על-ידי כלל החיישנים). הפעלת יחידות קירור/אוורור בהתאם לטווח טמפרטורות רצוי. מדידות התאורה בחדר ומחוץ לחדר והפעלת גופי תאורה בהתאם לעוצמת התאורה ו/או פתיחת וסגירת תריסים.

## 2. אדם מכונה

הניסויים מבוצעים באמצעות תכנת ממשק אדם מכונה מתאימה\* המותקנת במחשב, ובקר מתכנת המחובר אליו. את ההכרה והלימוד הבסיסי של הממשק יש לבצע סביב תהליכי בקרה כמו: צומת מרומזר, למשל, כאשר במהלך הניסויים 1-4 נעשית הבנייה ועיבוי של התהליך.

### 2.1 הגדרת מאפייני התקשורת בין המחשב לבקר המתכנת. הגדרת משתנים בתכנת ה-HMI

- 2.1.1 הכרת תפריטי התכנה והגדרת ערוץ תקשורת בין התוכנה (מחשב) לבין הבקר המתכנת (communication driver).
- 2.1.2 הכרת מאפייני ערוץ התקשורת (RS-232): הגדרת סוג הבקר עמו פועלת התכנה, ערוץ התקשורת במחשב (COM) באמצעותו מחובר הבקר, נתוני התקשורת (קצב שידור, מספר ספרות נתון, ספרת ביקורת, ספרת התחלה).
- 2.1.3 הגדרת משתנים בתוכנה (TAGS): משתנה וירטואלי (DUMMY) שבעזרתו מבוצעים מספר ניסויים, ומשתני בקר (PLC). קישור למשתנים בבקר המתכנת על-פי הכתובות הייעודיות של הבקר המתכנת המחובר למחשב. הגדרת תגים (TAGS) מסוג דיסקרטי (תג דו-מצבי) ומסוג תקבילי (תג רציף).
- 2.1.4 הגבלת ערך של משתנה תוכנה (HIGH LIMIT ו-LOW LIMIT), כיול של משתנה לערך הנדסי (ENGINEERING UNIT), לדוגמה – כיול משתנה של קוצב זמן להצגת משתנה בשניות.
- 2.1.5 ביצוע של בדיקת תקשורת, באמצעות חלון SINGLE TAG, או חלון MULTIPLE TAGS, בין התגים המוגדרים לבין הבקר, לדוגמה: קריאת מצבן של המבואות לבקר באמצעות חלון הבדיקה, הפעלת ממסרי המוצא של הבקר באמצעות חלון התצוגה, שינוי ערכם של אוגרים בבקר באמצעות חלון התצוגה.

### 2.2 סרטוט של תמונה של פונקציות אנימציה ופונקציות הפעלה

- 2.2.1 הכרת כלי הציור והעריכה – כלים לסרטוט צורות גרפיות (DRAWING), כלים לבחירת צבע (COLOR), כלים לעריכת תמונה (OPERATIONS, ALIGN), כתיבת כותרות וטקסט (TEXT), ביצוע ציורי רקע בצורות שונות ובצבעים שונים. פתיחת ספריית הרכיבים המוכנים (CLUSTER LIB) ו"שתילת" סרטוטים מוכנים של מכלים, מנועים, ברזים חשמליים וכדומה (סרטוטים סטטיים ודינמיים) בתמונה. חלוקת התמונה למספר אזורים (ZONES) וביצוע "קפיצות" מאזור לאזור (GOTO ZONE).
- 2.2.2 הכרת כלים המשמשים ליצירת דינמיקה (כמו תנועה, שינוי צבע) בצורה קיימת (DYNAMIC DEFINITION): שינוי של צבע (FILL COLOR), שינוי מיקום (MOVE), שינוי גודל (SCALE), סיבוב הצורה (ROTATE), שינוי עמודה-בר-גרף (FILL), יצירת צג ספרתי. קישור של הפונקציה הדינמית למשתנה בבקר המתכנת.

\* כדוגמת תכנת WIZCON, תכנת Instant HMI, ואחרות.

2.2.3 הכרת כלים המשמשים להזנת נתונים לבקר ולביצוע הפעלות (TRIGGER): הגדרת לחצני הפעלה, כדוגמת הפעל / נתק, הגדרת לחצנים להזנת נתונים, הגדרת תפריט ללחצנים השונים. שינוי הערכים של המשתנים הוירטואליים ושל משתני הבקר המתכנת.

### 2.3 יצירת והצגת גרפים ומצגי התרעות

2.3.1 יצירת גרפים בזמן אמת (CHART) – גרף המציג נתון תקבילי, או נתון של קוצב זמן בזמן ביצוע של מנייה, או גרף המציג שינוי במצב של מבוא תקבילי (גל מרובע).

2.3.2 בניית והפעלת מצגי התרעות (ALARMS) – הגדרת התנאים להפעלת התראה, בניית התרעה המופיעה בתמונה (ALARM DEFINITION), הפעלת התרעה והצגתה על המסך בהתאם לשינוי מצב של משתנה בתוכנת הממשק. בניית "חלונות" לאיסוף התרעות (EVENT SUMMARIES), הכרת אופן הצגת אישור של ההתרעות (ACKNOWLEDGE). מיון של התראות לפי מפתחות (FAMILY, ZONE).

### 2.4 ניסוי מספר 4 יצירת תת-תכניות (מקרו) ומתכונים

2.4.1 בניית MACROS לשם ביצוע של פעולות שונות בתכנית – פתיחת קובץ וסגירת קובץ, טעינת ערכים למשתנים בעזרת מקשי המקלדת, טעינת מתכון.

2.4.2 הגדרת מתכונים (RECIPE): הגדרת מודל מתכון הקובע את המשתנים המרכיבים את המתכון, והגדרת מתכון הקובע את ערכי המשתנים.

### 2.5 בנייה והפעלה של תכנית לבקרת תהליך – ניסוי מסכם

הניסוי כולל כתיבת תכנית, לפחות אחת, לבקרת תהליך. במסגרת הניסוי תכתב תכנית לבקר המתכנת ותכנית ליצירת מסך מפעיל מתאים בתוכנת ה-HMI. על מסך המפעיל להציג, בהדמיה, את תהליך הבקרה של המתבצע בבקר המתכנת, ולאפשר ביצוע של הפעלות בתהליך הבקרה מתוך מסך המפעיל.

#### תהליכי הבקרה המוצעים\*

2.5.1 לוח להצגת מצב הניקוד של משחק כדורסל. הלוח מציג את הניקוד של שתי הקבוצות: "אורחים" ו"בית", ומלחצנים (TRIGGER) שבאמצעותם משנים, או מתקנים, את הניקוד המוצג בצג. ניתן להפעיל, בנוסף, חיזוי המתריע כאשר הפרש הניקוד גבוה מערך נתון.

2.5.2 מערכת לבקרת מצב המילוי של נוזל במכלים. הפעלת ברזי המילוי נעשית באמצעות הפעלת מבוא תקבילי של הבקר המתכנת, או באמצעות לחצני פתיחת ברזי מילוי בהדמיה במסך המפעיל. התרעות מתאימות מופעלות כאשר גובה הנוזל במכלים הוא מעל מפלס מסוים מוגדר.

2.5.3 צומת רמזורים מבוקר (צומת T או צומת X), כאשר ניתן לשנות את זמני המופעים של הרמזור באמצעות מתכונים (RECIPE) ולחצני טעינה.

\* ניתן לבצע את התהליכים באמצעות בקר מתכנת המקושר למחשב ש"רצה" תכנת הדמיה, או בהדמיה בלבד בתכנת הממשק.

### 3. אלקטרוניקה של מערכות הספק

#### 3.1 מעגלי ישור

- 3.1.1 בניית מעגל ישור חד-מופעי חד-דרכי ודו-דרכי הממומשים באמצעות דיודות ושנאי. חיבור של עומס התנגדותי במוצא המיישר. מדידה של הערך הממוצע ושל הערך היעיל של הזרם בעומס. חיבור משקף תנודות למבוא ולעומס וסרטוט צורות הגלים המתקבלות.
- 3.1.2 בניית מעגל ישור תלת-מופעי חד-דרכי ודו-דרכי הממומשים באמצעות דיודות ושנאי.
- 3.1.3 חיבור של עומס התנגדותי במוצא המיישר. מדידה של הערך הממוצע ושל הערך היעיל של הזרם בעומס. חיבור משקף תנודות למבוא ולעומס וסרטוט צורות הגלים המתקבלות.

#### 3.2 בקרת הספק במעלי זרם חילופין

- 3.2.1 הרכבת מעגל עמעם (DIMMER) המבוסס על טריאק המחובר לעומס התנגדותי. מדידת המתח היעיל המתקבל במוצא העמעם, עבור מספר זוויות הולכה. סרטוט גרף המתח היעיל כתלות בזווית ההולכה.
- 3.2.2 חיבור משקף תנודות למוצא ולמבוא העמעם וסרטוט צורות הגלים המתקבלות. שינוי זוויות ההולכה וסרטוט צורות הגלים.

#### 3.3 בקרת הספק במעגלי זרם ישר – שיטת אפנון רוחב הדופק PWM

- 3.3.1 הרכבת מחולל לגל-ריבועי שניתן לשנות את גורם המחזור שלו (למשל באמצעות המעגל המוכלל 555, או באמצעות רכיב ייעודי). חיבור של דוחף זרם למוצא המחולל. הפעלת המערכת כשהיא מחוברת לעומס התנגדותי.
- 3.3.2 חיבור של משקף תנודות למוצא ומדידת גורם המחזור. חיבור מד זרם לעומס. סרטוט של גרף ההספק המתפתח במוצא כתלות בגורם המחזור.

#### 3.4 ממירים ממותגים (DC to DC converters)

- 3.4.1 מימוש של ממיר מסוג כלשהו באמצעות רכיבים בדידים וחיבורו לעומס התנגדותי. חיבור משקף תנודות וסרטוט של צורות הגלים המתקבלות בנקודות שונות במעגל.
- 3.4.2 מדידה של מתח זרם המבוא, מתח זרם המוצא, חישוב של גורם המחזור ושל נצילות ההמרה. מימוש של ממיר כלשהו באמצעות מעגל מוכלל מתאים וחיבורו לעומס התנגדותי. חיבור משקף תנודות וסרטוט של צורות הגלים המתקבלות בנקודות שונות במעגל. מדידה של מתח זרם המבוא, מתח זרם המוצא, חישוב של גורם המחזור ושל נצילות ההמרה.