

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

מגמת מערכות בקרה ואנרגיה

התמחות

מערכות הספק, פיקוד ובקרה

תכנית הלימודים במקצוע

בקרה ומערכות ממוחשבות

סמל מקצוע: 33.102

עדכון: ינואר 2007

מהדורה להערות

תוכן העניינים

בקרה ומערכות ממוחשבות – לימודים עיוניים

בקרה ומערכות ממוחשבות – לימודים התנסותיים

נספח – תרשימים עקרוניים

חלוקת השעות ללימודי המקצוע **בקרה ומערכות ממוחשבות** בכיתה י"ב נתונה בטבלה להלן:

סה"כ			כיתה י"ב		שם המקצוע
כללי	ה	ע	ה	ע	
6	2	4	2	4	בקרה ומערכות ממוחשבות

ראשי פרקים לתכנית לימודים במקצוע

בקרה ומערכות ממוחשבות

לימודים עיוניים – כיתה י"ב – 4 ש"ש

מספר שעות מוקצות	נושאי הלימוד
30	1. מבוא לבקרה ממוחשבת
70	2. שיטות בבקרה ממוחשבת
20	3. מערכות ממשק
120 שעות	

לימודים עיוניים

פירוט תכנית הלימודים במקצוע

בקרה ומערכות ממוחשבות

1. מבוא לבקרה ממוחשבת (30)

- 1.1 בקרת תהליך, שליטה וניהול הספק במערכות חשמליות: תיאור המבנה העקרוני של מערכת באמצעות דיאגרמת מלבנים¹
- 1.2 דוגמה יישומית למערכת בקרת שליטה וניהול הספק במערכת חשמלית²
- 1.3 אלגוריתם תכנוני של בקרה במערכת חשמלית. תיאור של תהליך מבוקר בדרכים האלה:
 - 1.3.1 תיאור מילולי
 - 1.3.2 תיאור גרפי: תרשים זרימה, תרשים בועות
- 1.4 עקרונות בקרה בחוג פתוח ובקרה בחוג סגור
- 1.5 ניהול הבקרה: בקרה בדידה, בקרה רציפה
- 1.6 שליטה על מערכת הבקרה: מערכת בעלת שליטה חיצונית ומערכת ללא שליטה חיצונית
- 1.7 סוגי וויסותים במערכות בקרה
- 1.8 חישנים תעשייתיים ואיפיונם; לדוגמה: לחץ (מגע) וקירבה (קיבולי, השראתי, אופטי)
- 1.9 רכיבי פיקוד תעשייתיים ואיפיונם: ממסרים (אלקטרו מכניים), טרנזיסטורי הספק
- 1.10 פעילים תעשייתיים ואיפיונם; לדוגמה: ברזים חשמליים, שסתומים חשמליים ומנועים
- 1.11 חיווי: תצוגה, התרעה

2. שיטות בבקרה ממוחשבת (70)

- 2.1 מערכת בקרה מבוססת-מחשב (6)
 - 2.1.1 מבנה עקרוני של מערכת בקרה מבוססת-מחשב*
 - 2.1.2 תפקיד הכרטיס לאיסוף נתונים
 - 2.1.3 נתונים אנלוגיים וספרתיים: ההבדל ביניהם ואופן ייצוגם
 - 2.1.4 הצורך בהמרת נתונים מאנלוגי לספרתי (A/D) ומספרתי לאנלוגי (D/A)
- 2.2 מערכת בקרה מבוססת בקר מתוכנת³ (32)

¹ ראו תרשים עקרוני 1 בנספח המצורף.

² ראו תרשים עקרוני 2 בנספח המצורף.

³ ראו תרשים עקרוני 3 בנספח המצורף.

- 2.2.1 מבנה עקרוני של מערכת בקרה מבוססת בקר מתוכנת
- 2.2.2 בקר מתוכנת: מבנה הבקר ואופן פעולתו.
 - 2.2.2.1 המאפיינים העיקריים של הבקר המתוכנת
 - 2.2.2.2 המבנה העקרוני של הבקר המתוכנת
 - 2.2.2.3 עקרונות ואופן הפעולה של הבקר
- 2.2.3 עקרונות התכנות של הבקר המתוכנת
 - 2.2.3.1 קשרים לוגיים בסיסים: NOT, OR, AND
 - 2.2.3.2 שפת הוראות
 - 2.2.3.3 דיאגרמת סולם
 - 2.2.3.4 ממסרים פנימיים וחיצוניים
 - 2.2.3.5 פקודות קלט פלט: OUT, IN
 - 2.2.3.6 השלבים בכתיבת תכנית לבקר המתוכנת
 - 2.2.3.7 מונים וזמננים: COUNTERS, TIMERS: עקרון הפעולה, שילוב בתכנית ודוגמאות
 - 2.2.3.8 יצירת התניות על-ידי קשרים פשוטים
- 2.2.4 כתיבת תכניות לבקרת תהליכים, לפיקוד ושליטה
 - 2.2.4.1 שלבי הביצוע:
 - א. תיכון: תיאור הבעיה בדרך מילולית או גרפית
 - ב. הגדרת משתנים בעזרת טבלאות: משתני כניסה ומשתני יציאה
 - ג. תכנית: כתיבת תכנית בדיאגרמה בצורת סולם
 - ד. תכנון: תכנון מערכת הספק. התכנון יבוצע בתרשים חד-קווי הכולל את הצרכנים, (לדוגמה: מנועים, גופי חימום), את ההגנות עליהם וחיווי, בשילוב מגעיי הבקר.
 - 2.2.4.2 דוגמאות ליישום תכנוני:

(ניתן להביא בפני התלמידים דוגמאות יישומיות שונות מאלו המובאות בהמשך, בתנאי שרמתן ומורכבותן דומה לדוגמאות שבהמשך)

 - א. תכנון מערכת בקרה לצביעת מוצרים הכוללת 2 מסועים: אחד לצביעה והשני לייבוש. מסוע הייבוש לא יוכל להתחיל בפעולתו לפני סיום הפעולה של מסוע הצביעה. המערכת תכלול לחצנים אלה: לחצני הפעלה, לחצני הפסקה, לחצני הפסקה לזמן חירום, לחצני סוף מסלול. המערכת תכלול גם נוריות לחיווי פעולה/אי פעולה של כל אחד מחלקי המערכת. לדוגמה: נוריות לחיווי הימצאות צבע במיכל.
 - ב. מערכת לשמירת טמפרטורת המים בבריכה. כאשר טמפרטורת המים יורדת מתחת לטמפרטורה הרצויה, מועברת כמות מים למיכל החימום. כמות זו מחוממת במיכל לטמפרטורה נדרשת ומוחזרת לבריכה. המערכת תכלול מיכל חיצוני לבריכה, שמותקנים בו אביזרים אלה: גוף חימום (לצורך חימום המים), ברזי מילוי, משאבות הורקה, תרמוסטטים ומצופי גובה נוזל, וחיוויים על מצב המערכת.

ג. מערכת לבקרת שער חשמלי בכניסה לחניון. המערכת תמנה את מספר כלי הרכיב בחניון ותתריע כאשר החניון מלא. המערכת תכלול מונה מעלה-מטה, מערכת חישה לפתיחת השערים וסגירתם, שער כניסה ושער יציאה. הפתיחה והסגירה של השערים תיעשה על-ידי מנועים שאפשר להפעילם בשני כיוונים. תתאפשר הפעלה ידנית של השערים במקביל להפעלתם באופן אוטומטי. המערכת תכלול חיוויים על מצבה.

(20)

3. מערכות ממשק

- 3.1 תיאור המערכות, סוגיהן, הוספת חיוויים, התראות ושליטה
- 3.1.1 תיאור ממשקים – מכונה-מכונה ומכונה-אדם (UMI)
- 3.1.2 ייעוד ואיפיון ממשקים
- 3.1.3 גישות לשליטה, להצגת נתונים ולחיווי
 - 3.1.3.1 לוח סינאופטי
 - 3.1.3.2 לוח פיקוד
 - 3.1.3.3 לוח הפעלה ממוחשב

ראשי פרקים לתכנית לימודים במקצוע

בקרה ומערכות ממוחשבות

לימודים התנסותיים – כיתה י"ב – 2 ש"ש

נושאי הלימוד	מס' שעות מוקצות
1. ביצוע ניסויים באמצעות בקר מתוכנת, ברכיבים ממשיים (מפעילים וחישנים) ובהדמיה – באמצעות תוכנת הדמיה ממוחשבת (UMI)	30
2. ביצוע פרויקטונים באמצעות בקר מתוכנת ותוכנת הדמיה ממוחשבת	20
	60 שעות

חלק מן הניסויים יבוצע באמצעות בקר מתוכנת, בשילוב רכיבי קצה ממשיים, וחלק יבוצע בהדמיה באמצעות בקר מתוכנת.

יש לוודא שכל תלמיד יבצע לפחות 4 מן הניסויים בבקר מעשי, יזין את התכנית באמצעות תכנת, או באמצעות "הורדת" קובץ הפעלה מהבקר למחשב. התלמיד יחבר את מבואות ומוצאי הבקר למפעילים (כגון מנועים) וחישנים (כגון לחצנים, מפסקי סוף מסלול) וחיוויים.

ביצוע הניסויים יעשה בהקשר לפעולתן של מערכות תעשייתיות ממשיות. דוגמאות: מערכת אוטומטית לייצור משקאות ומערכת לייצור שימורים.

בכל אחד מהניסויים הבאים מתוארות הדרישות מהמערכת. בכל ניסוי מצוין אם יש לבצעו בציוד ממשי או בהדמיה. המורה יכול לבחור מערכות דוגמה אחרות לביצוע הניסויים; עליו לשמור רק שהתלמיד יתנסה בנושאים הנדרשים בהיקף הנדרש.

מערכת לייצור משקאות⁴ כוללת שני מיכלים המזרימים את תכולתם למיכל ייצור, על-ידי הפעלת ברזים חשמליים. הערבוב במיכל הייצור נעשה באמצעות מנוע חשמלי. שני גופי חימום טבולים בנוזל שבמיכל. אפשר להזרים את הנוזל המוכן לשלב הבא בייצור על-ידי ברז חשמלי. במערכת מותקנים מצופים, חישני טמפרטורה וחישני זרימה. בלוח הבקרה מותקנות נוריות חיווי שתפקידן להעיד על מצב התהליך ולהתריע בכל פעם שקורית תקלה במערכת.

מערכת ייצור שימורים הכוללת שלושה פסי הרכבה (מסועים) הפועלים ברצף. על הפסים מותקן חישן אופטי המאפשר מנייה של הקופסאות. בכל מסוע מותקנים חישניי מגע (סוף מסלול) ומפסקי בטיחות. המסועים יופעלו בעזרת מנועים חד-פאזיים ותלת-פאזיים. יש אפשרות לשנות את כיוון תנועת המסוע. במקביל למערכת הפיקוד המופעלת על-ידי הבקר תותקן מערכת ידנית המבוססת על מגעונים.

⁴ ראו תרשים עקרוני 4 בנספח המצורף.

לימודים התנסותיים

פירוט תכנית הלימודים ההתנסותיים במקצוע

בקרה ומערכות ממוחשבות

1. ניסויים בעזרת בקר מתוכנת ברכיבים ממשיים ובהדמיה, ובעזרת מערכת הדמיה ממוחשבת

ניסויים 1-3 יבוצעו בהקשר למערכת ייצור משקאות. ניסויים 4-6 יבוצעו בהקשר למערכת ייצור שימורים. יש לבצע את כל הניסויים.

ניסוי 1: תהליך בשליטה ידנית – לחצני הפעל-הפסק – יבוצע בעזרת הבקר

בניסוי זה, הברזים של שני המיכלים צריכים למלא את מיכל הערבוב; לחיצה על הלחצנים המתאימים של המפעיל תקבע כמה זמן הם יפעלו. לחיצה נוספת על המפעיל, לאחר המילוי, תגרום להפעלת מערכת הערבול ואחד משני גופי החימום – למשך הזמן שנקבע על-ידי לחיצת המפעיל. בכל אחד מהשלבים תידלק נורית לחיווי מצב הפעולה. במערכת יותקנו גם נוריות לחיווי תקלה, שתפקידן להעיד על תקינות הפעולה (או אי-תקינות הפעולה) של הברזים, מנוע הערבוב וגופי החימום שהופעלו.

ניסוי 2: תהליך בשליטה ידנית ושילוב אוטומטי – התניות – יבוצע בעזרת הבקר

בניסוי זה תבוצע הפעלה ידנית של ברזי המיכלים והחזקה עצמית שלהם. בהמשך יופעל גוף חימום אחד בלבד (לא ניתן להפעיל את שניהם). במיכלים מותקנים חישני מצוף שתפקידם להפסיק את פעולת ברזי הריקון כאשר המיכלים מתרוקנים; פעולות הערבול והחימום נמשכות לאחר התרוקנות המיכלים, למשך זמן הנתון לשיקולו של המפעיל.

ניסוי 3: תהליך אוטומטי – יבוצע בעזרת הבקר בהדמיה

בניסוי זה תבוצע הפעלה אוטומטית של שני המיכלים; הפסקת הריקון תיעשה כעבור זמן נתון. שני המיכלים מרוקנים את תכולתם למיכל הערבוב במשך זמן זהה. בהמשך מופעלים שני גופי החימום ותהליך הערבוב במשך זמן נתון. לכל מפעיל תהיה נורית חיווי מתאימה שתעיד על תקינות פעולתו. בסוף התהליך יועבר תוכן מיכל הערבוב לשלב הבא של הייצור בעזרת ברז ריקון מתאים ותהליך יתחיל מחדש (תהליך מחזורי – ציקלי).

רשות: אם התרוקנו שני המיכלים, שבהם נמצאים נוזלי הגלם, ניתן למלא אותם על-ידי ברזי מילוי מתאימים.

ניסוי 4: הפעלה עוקבת של שלושה מפעילים ורכיב מנייה – תבוצע בעזרת הבקר

בניסוי זה מופעלים שלושה מסועים בזה אחר זה: סיום תנועת המסוע הראשון גורמת להפעלת המסוע השני וסיום פעולת המסוע השני גורמת להפעלת המסוע השלישי. בין הפעלת מסוע אחד למשנהו קיימת השהיית זמן. על המסוע השלישי מותקן חישן אופטי המפעיל את מונה קופסאות השימורים. מערך ההפעלה יכלול אחזקה עצמית, הגנות וחיוויים, בכל מסוע מותקן מפסק בטיחות.

ניסוי 5: הפעלה עוקבת של שלושה מנועים הכוללת אפשרות להתנעת אחד מהמנועים בשיטת כוכב משולש; ההפעלה תבוצע בעזרת בקר, מגעונים ומנועים

שלושת המסועים מופעלים בניסוי זה כפי שהופעלו בניסוי 4, אולם קיימת מערכת פיקוד כפולה: אפשר להשתמש בבקר ואפשר להשתמש בלוח פיקוד מגעונים. יש אפשרות לשנות את כיוון הסיבוב של אחד מהמנועים. התנעה של אחד מהמנועים תיעשה בשיטת כוכב משולש.

ניסוי 6: הפעלה עוקבת של שלושה מפעילים, רכיב מנייה ומערכת חיוויים – תבוצע בהדמיה

הפעלת שלושת המסועים בזה אחר זה, בהשהיית זמן; אפשר להפוך את כיוון התנועה של המסועים וכך להניע את קו הייצור לכיוון ההפוך. קיימת אפשרות מנייה בכניסה למערכת וביציאה ממנה, והוספת התרעה על חוסר התאמה במנייה. מערך ההפעלה יכלול אחזקה עצמית, הגנות וחיוויים; בכל מסוע מותקן מפסק בטיחות.

2. ביצוע פרויקטונים ייעשה בכמה דרכים אפשריות: באמצעות בקר מתוכנת ורכיבי קצה ממשיים, באמצעות בקר בהדמיה, ובאמצעות מערכת הדמיה ממוחשבת (מסכי מפעיל)

מתוך ששת הפרויקטונים המוצעים, התלמיד צריך לבצע לפחות שניים; אפשר לבחור פרויקטונים אחרים, בתנאי שיהיו דומים לפרויקטונים המוצעים בהיקף וברמת המורכבות. פרויקטון אחד (לפחות) יבוצע בעזרת מערכת בקר מתוכנת, רכיבי קצה ממשיים ולוח פיקוד. כמו-כן יש לבצע בהדמיה לפחות פרויקטון אחד. בכל אחד מן הפרויקטונים שיבוצעו, התלמיד צריך לבנות לפחות חלק ממסך UMI של התהליך. מידת המורכבות של פרויקטונים 5 ו-6 נתונה לשיקוליו של בית-הספר.

פרויקטון 1: מערכת חיווי ובקרה לחניון מכוניות

המערכת מורכבת ממונה מעלה/מטה המופעל על-ידי אותות שיוצרים חישנים המותקנים בשני השערים: שער המבוא ושער המוצא. פעולת החישן בשער המבוא גורמת למניית המונה כלפי מעלה, ופעולת החישן בשער המוצא גורמת למניית המונה כלפי מטה. כאשר תפוסת החניון מגיעה לתפוסה המרבית שלו, מופעלת נורית התראה. בכל אחד מהשערים מותקן מנוע המשמש לפתיחת השער או לסגירתו. במעגל החשמלי של המערכת מותקנים רכיבים אלה: לחצנים, מנועים, אביזרי הגנה למנועים, מחוונים המעידים על תקינות המערכות השונות ועל מצב תפוסת החניון. שלושה מצבים אפשריים מוגדרים לגבי מצב פעולתו של החניון: 1. תפוסת חניון מלאה; 2. תפוסה חלקית; 3. החניון סגור.

פרויקטון 2: הדמיית תאורת שלט פרסומת

במעגל התאורה יש 6 נורות (או יותר), והן דולקות באופנים שונים. בשלב ראשון הנורות פועלות אחת אחרי השנייה, במרווחי זמן קצרים; כך מתקבלת התופעה של "אורות רצים". משך הזמן המוקצה לשלב זה הוא 20 שניות. בשלב השני של ההדמיה דולקות כל הנורות יחד במשך 20 שניות. בשלב השלישי כל הנורות מהבהבות: דולקות לשנייה וכבות לשנייה; מתבצעים 10 מחזורים (כל מחזור נמשך 2 שניות).

התהליך כולו מחזורי והוא יימשך כל עוד לא נלחץ הלחצן הפסק.

פרויקטון 3: הדמיית פעולתה של מכונת כביסה

המערכת מדגימה מחזור פעולת כביסה.

המעגל כולל אביזרים אלה: מנוע שיש לו שתי מהירויות, מד גובה מים בעל שתי דרגות, ברז חשמלי לכניסת מים, משאבה לריקון מים, גוף חימום, תרמוסטט ומפסק בטיחות המפסיק את פעולת המכונה כאשר פותחים את המכסה להכנסת הכביסה במהלך פעולתה.

פרויקטון 4: הדגמת פעולת כספת חשמלית

המערכת כוללת דגם לכספת שבה מותקן מנעול חשמלי ומערכת אזעקה. הכספת נפתחת לאחר הקשת קוד פתיחה, הכולל שישה מספרים. מנעול הכספת נפתח באמצעות ממסר השהיה שפועל רק לאחר הקשה על ארבעה מתוך ששת המקשים, בתנאי שיוקשו בסדר נתון ובמרווח זמן מזערי בין ההקשה על המקש השלישי והרביעי. בכל מקרה שבו אירעה טעות בהקשה, כלומר, סדר ההקשה היה שגוי, או משך הזמן היה ארוך מהזמן המזערי המותר בין ההקשה על המקש השלישי לרביעי – האזעקה תופעל, והמנעול, כמובן לא ייפתח.

פרויקטון 5: הדגמת פעולת מעלית

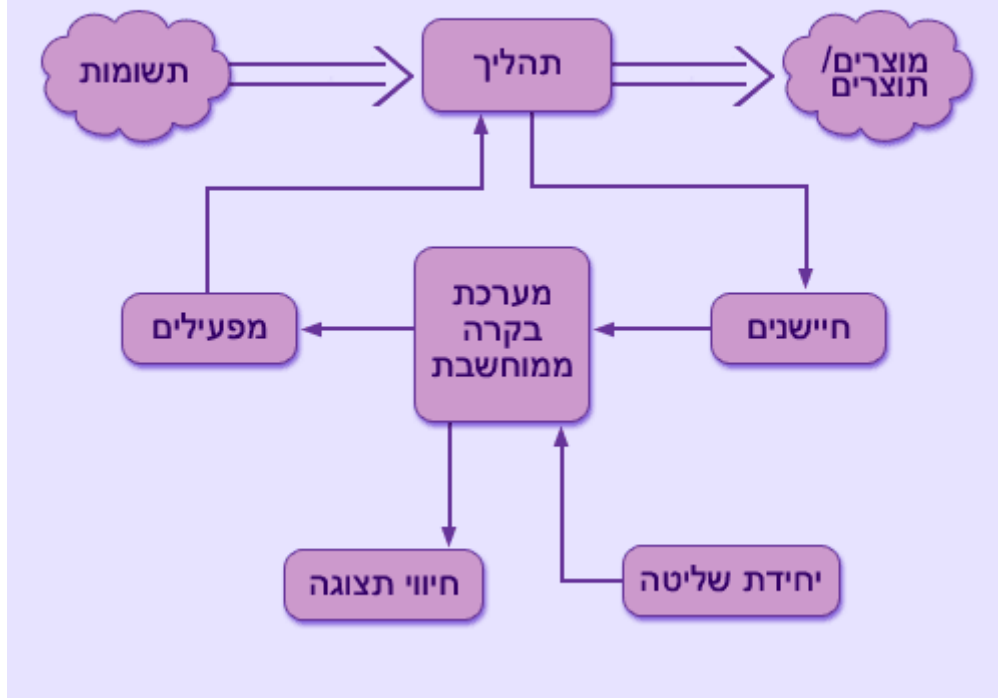
המערכת כוללת דגם של מעלית המותקנת בבניין שיש בו מספר קומות. למעלית שתי תכניות בקרה: הפעלה ידנית, והפעלה אוטומטית (מעלית שבת).

פרויקטון 6: הדגמת פעולת רמזור

הרמזור יותקן בצומת של שתי דרכים (הצטלבות בין שתי דרכים). בצומת ארבעה מעברי חצייה. כל רכב המגיע אל הצומת יכול להמשיך בדרכו לכל כיוון: פנייה ימינה, שמאלה, או להמשיך בתנועתו ישר קדימה.

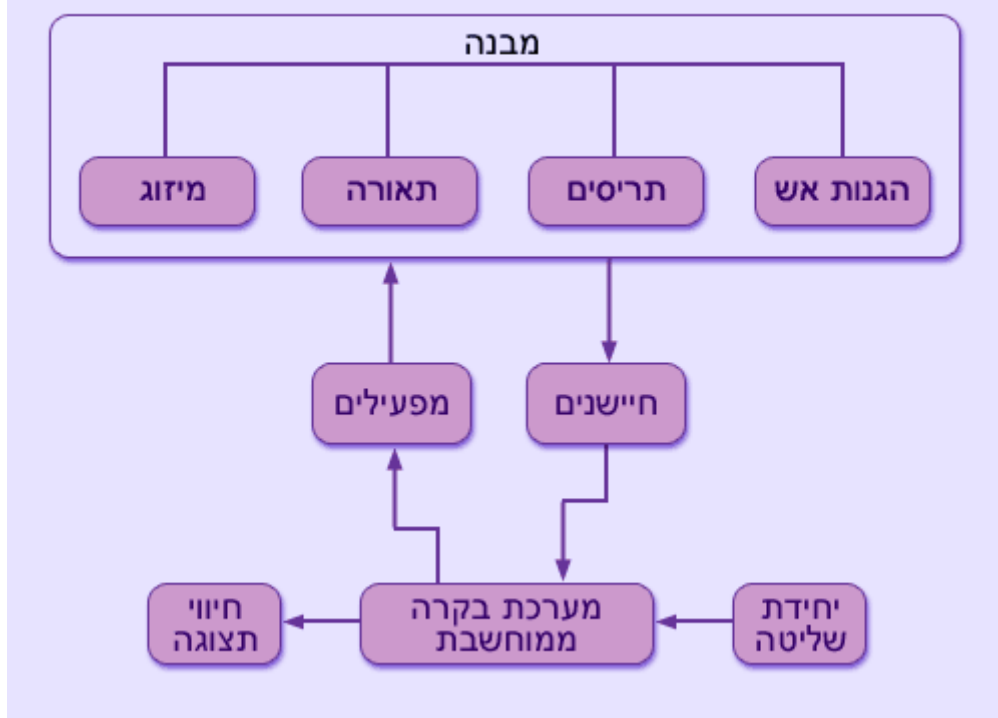
נספח – תרשימים עקרוניים

תאור עקרוני של בקרת תהליך

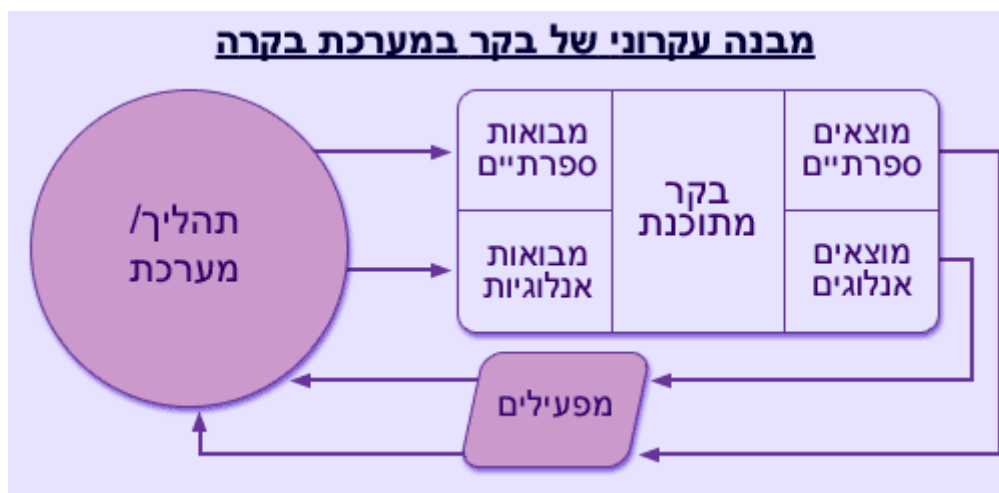


תרשים 1 – תיאור עקרוני של בקרת תהליך

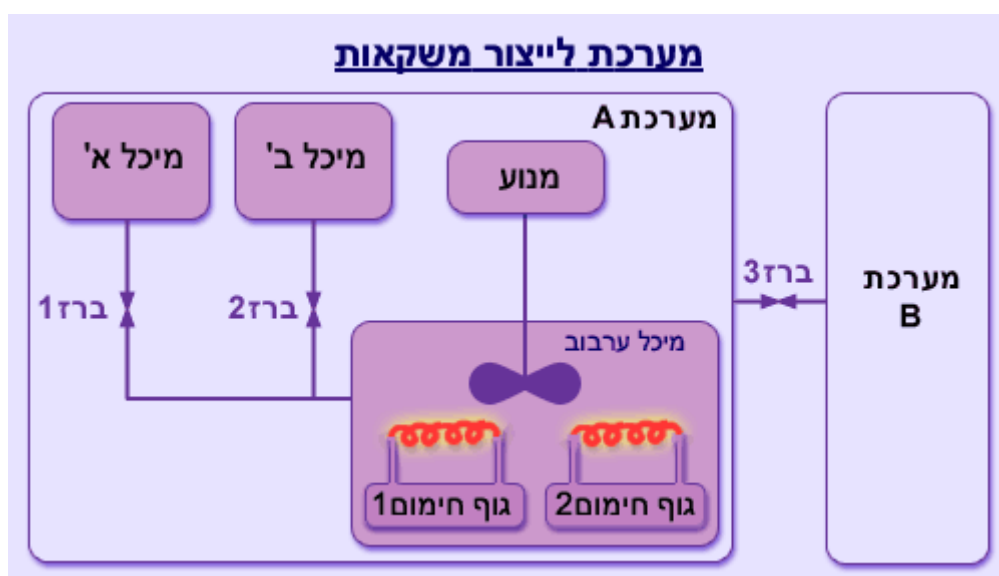
תאור עקרוני של מערכת שליטה ממוחשבת (בקרת מבנים)



תרשים 2 – תיאור עקרוני של מערכת שליטה ממוחשבת (בקרת מבנים)



תרשים 3 – מבנה עקרוני של בקר במערכת בקרה



תרשים 4 – מערכת לייצור משקאות