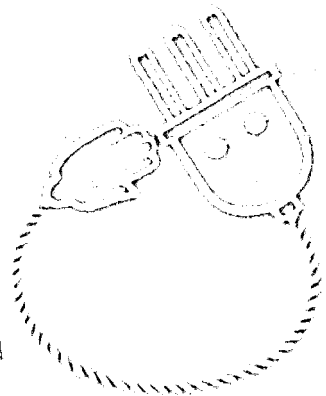
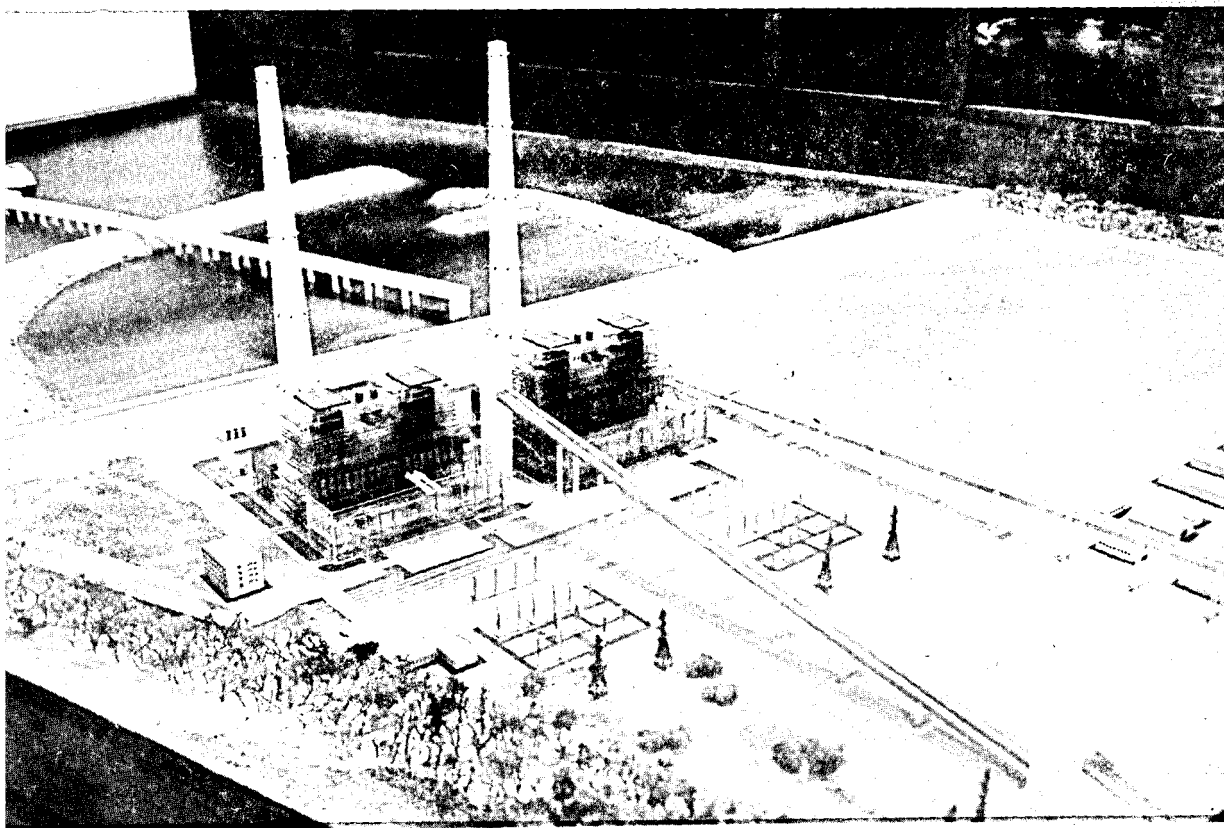


התקע המוצדיע



ע ל ו ן ל ח ש מ ל א י ם

בהוצאת חברת החשמל לישראל בע"מ



ספטמבר 1981

מס' 26

תוכן העיניים

3	„מ.ד.” — עובדות ומספרים
5	שינויים בחוק התכנון והבניה וההשלכות על מזמיני חיבורים
6	היערכות בפועל ליעול וחיסכון בחשמל — חובה!
7	תקנות הרשות הלאומית לאנרגיה התשמ”א — 1981
9	תמריצים להשקעות בחסכון אנרגיה בתעשייה
10	לשכות ייעוץ לחיסכון אנרגיה במבנים
11	חישוב איבודי אנרגיה חשמלית במערכת האספקה של המפעל
15	מועצת חשמלאים ארצית ליד מערכת „התקע המצדיע”
16	מינהל אנרגיה בתאורה
	סוללות קבלים — להספקת אנרגיה דאקטיבית ושיפור מקדם ההספק —
22	בקוי חברת החשמל
	מדור מודעות — שרות פרסומי
25	מערכת גילוי שרפות
30	הודעות המערכת
	— דברי דפוס הניתנים לרכישה במערכת
	— מועדוני „התקע המצדיע” — סדרה מס’ 7
31	שימושי התיריסטור במכונות זרם ישר ומנועי סרוו
	תאונת חשמל ולקחה
34	— תקנות חדשות נחקקות במטרה להגביר את רמת הבטיחות
37	— פירוק כבלים יכול להיות מסוכן
41	— רשת עילית וחצרות בתי ספר אסורים בכפיפה אחת
35	מכשיר חדש לבדיקת התאמה של מכשירים לת”י 900
38	פרקים בתורת החשמל: ערך אפקטיבי; קבלים — טעינה ופריקה
42	חשמלאי מוסמך — לימוד עצמי באמצעים משולבים
43	עובדי חברת החשמל מול ההפגזות בצפון

העורך:

א. לייסטר

המערכת:

צ. אביתר, י. בלבז, ס. זיסמן,

ל. יבלונובסקי, ש. מרדיקט,

י. נוימן, ז. ספורן, נ. פלג,

ג. פרבר, ה. ציפר

מנהלה:

ש. וולפסון

תסדיר וביצוע:

מ. ציסרון

כתובת המערכת:

חברת החשמל לישראל בע”מ

ת.ד. 25, תל-אביב — 61000

טלפון 03*625963

הדפסה:

דפוס ואופסט נורמן, חיפה.

ב ש ע ר :

דגם אתר מ.ד. המוצג באולם מרכז המידע הנמצא בכניסה לאתר תחנת הכח.

(ביקורים במרכז ובאתר יש לתאם עם משרד דובר חברת החשמל)

מ. ד. עובדות ומספרים

עם הפעלתה של תחנת הכוח החדשה בחדרה בפחם תיפסק תלותה של ישראל בנפט כמקור אנרגיה יחיד. ישראל היא המדינה הכמעט יחידה במערב התלויה בצורה בלעדית בנפט, שמרבית מקורותיו מצוי בידיים עוינות. שבע שנים עברו מאז אישרה ממשלת ישראל את המלצת חברת החשמל להפסיק להשתמש בנפט לייצור חשמל. משק החשמל בישראל צורך כשליש מכלל ייבוא הדלק הנוזלי למדינה, ותחום זה הוא הראשון שבו אפשר לעבור במהירות לשימוש בפחם ולחסוך מדי שנה מעל 2 מיליון טון דלק נוזלי. המשמעות הפוליטית של צעד זה תומחש לראשונה כבר בקיץ הקרוב עם הכנסת הפחם לשימוש ביחידה הראשונה, ותגיע לשיאה תוך שלוש שנים עת יופעלו 4 יחידותיה של התחנה וייצרו כ־40 אחוזים מן החשמל הדרוש למדינה באמצעות פחם. בכמות זו אפשר לספק את צרכיה הבסיסיים של המדינה בשעת חירום, גם אם יופסקו כל משלוחי הדלק הנוזלי והפחם לישראל. מאגרי הפחם הגדולים בתחנה יספיקו להפעלה רצופה של התחנה לתקופה ממושכת.

נתונים כלליים

- ★ בתחנה יפעלו 4 יחידות ייצור בהספק 350 מגוואט כל אחת, ובסך הכל — 1400 מגוואט.
- ★ תחנת הכוח בחדרה מצטרפת למערך הייצור של חברת החשמל שלו 3 אתרי תחנות־כוח קטוריות — בהספק כולל של 2160 מגוואט — בחיפה, בתל־אביב ובאשדוד.
- ★ עם הפעלתה המלאה של התחנה ב־1984, ייוצרו כ־40% מן החשמל של המדינה באמצעות פחם.
- ★ בתחנה יעבדו כ־450 עובדים. כיום נמצאים באתר 190 עובדים להפעלת היחידה הראשונה. מרבית העובדים נקלטו מבין תושבי הסביבה, חלקם — מקרב העובדים מחיפה וחלקם נקלט מבין עובדי תחנת הכוח באילת שנסגרה. העובדים עברו הכשרה מיוחדת לתפקידם — מהנוסים ואנשי משמרות, גם נשלחו להשתלמויות בתחנות־כוח המופעלות בפחם באירופה ובארצות־הברית.



נתונים כספיים

- ★ תקציב הקמת התחנה — כ־750 מליון דולר.
- ★ מחיר טון מוּט — 220 דולר.
- ★ מחיר טון פחם — 70 דולר.
- (טון מוּט שווה ערך ל־1½ טון פחם מבחינת ייצור חשמל)
- ★ מרכיב מחיר הדלק לייצור קילוואט־שעה חשמל:
- מוּט — 5.3 סנט לקוּט־ש.
- פחם — 2.5 סנט לקוּט־ש.
- ★ כשהתחנה תייצר חשמל בארבעת היחידות, בשנת 1984, יחסוך השימוש בפחם למדינה כ־230 מיליון דולר בשנה.

שילוב תעשייה מקומית וקבלני בניה מקומיים

חברת החשמל משתדלת לשלב תעשייה מקומית באספקת ציוד ובבנייה באתר התחנה. החברה העבירה יידע קצוצעי מחו"ל, הדריכה ועודדה יצרנים ישראלים לייצר עבורה. התוצאה — ייצור מקומי בלמעלה מ־60 מיליון דולר עבור תחנת הכוח ועבודות בנייה של קבלנים ישראלים בהיקף של כ־220 מיליון דולר.

נתוני פחם ודלק

- ★ 4 היחידות של תחנת הכוח יצרכו 3.3 מיליון טון פחם בשנה.
- ★ עד סוף העשור, לאחר בניית יחידות ייצור נוספות בדרום הארץ, תשתמש חברת החשמל בכ־8—7 מיליון טון פחם בשנה.
- ★ המעבר לפחם מצמצם את צריכת הדלק הנוזלי — תחנת חדרה תחסוך יבוא של 3—2 מיליון טון דלק נוזלי בשנה, בעוד שכיום משתמשת חברת החשמל ביותר מ־3 מיליון טון מוּט בשנה, הרי שבסוף העשור תצרוך החברה פחות ממיליון טון מוּט בשנה.
- ★ היקף מסחר פחם עולמי כיום כ־200 מיליון טון פחם בשנה.
- ★ יש בעולם רכבות פחם הניתנות להפקה בכדאיות כלכלית של היוּב, בכמות שתספיק לצריכת העולם לתקופה של כ־100 שנה.
- ★ כמחצית מן החשמל העולמי מיוצר כיום מפחם.

✧ הובלת פחם: כחמישית מכלל האניות המובילות פחם בעולם הן אניות ענק בסדר של מעל 100 אלף טון. מזה הפחם בחדרה בנוי לקליטת אניות מסוג זה. למעלה ממחצית האניות הן בגודל של 70—50 אלף טון. יש גם מעט אניות קטנות של 40—20 אלף טון.

תכנון התחנה והקמתה

✧ 1,700,000 שעות עבודה הושקעו בתכנון תחנת הכוח בחדרה. 70 אחוז מתוכן נעשו על ידי חברת החשמל ומתכננים ישראלים (1,200,000 שעות תכנון) והשאר על ידי מתכנני חברת הייעוץ הקנדית סרגנט אנו לגדי. חברת החשמל לישראל מגדילה בהתמדה את שיעור התכנון המקומי של תחנות הכוח, ולפי המתוכנן בתחנת הכוח הבאה כדרום הארץ ייעשה בארץ כ־90 אחוז מן התכנון.

✧ בשיא העבודה עבדו כאחר כ־2000 עובדים, מחציתם עובדי חברת החשמל ויתרם עובדי קבלנים.
✧ עיבוד הייצור המקומי — חברת החשמל מעודדת יזמים, בעלי מפעלים וקבלנים ישראלים להשתתף בבניית תחנות הכוח. מתוך כלל הציוד לתחנת הכוח בחדרה (בהיקף תקציבי של כ־320 מליון דולר) נרכש בארץ ציוד בכ־60 מליון דולר. קבלנים ישראלים ביצעו עבודות בהיקף של כ־270 מליון דולר.

✧ עבודות ההקמה של התחנה אופיינו בהיקף ובמורכבות טכנולוגית שלא היו כמוהן בישראל. נציין כמה נקודות בתחום זה:

— משקל כמה מן החלקים הכבדים שהובאו לארץ להקמת התחנה מגיע ל־240 טון. חברת החשמל רכשה מנוף ענק המסוגל להתמודד עם משקל כזה.

— לביסוס מיבני התחנה נוצקו בקרקע 762 כלונסאות בטון עד לעומק 50 מטרים. קוטר הכלונסאות נע בין 90 ס"מ ל־1.5 מטר. ליציקת כלונסאות אלו היה צורך ב־44,000 מ"ק בטון.

— עבודה מורכבת ביותר נעשתה לבניית הארובות שגובהן 250 מטרים. הקוטר העליון של הארובה — 11 מ' ואילו הקוטר התחתון מגיע ל־24.5 מטרים. בתוך מיבנה הבטון של הארובה מורכבת ארובת פלדה שמשקלה 340 טון.

— בבניית התחנה נעשו עבודות מתכת ובדיקת שלא היו עד כה בארץ. לדוגמא — להקמת מיבנה הברזל של אולמות רווידי הקיטור של התחנה נדרשו 11,000 טון ברזל. להרכבת כל אחד מדוודי הקיטור של התחנה נדרשו 13,000 ריתוכים (בתחנה 4 דוודי קיטור).

— כל אחד מדוודי הקיטור של התחנה מייצר 1,160 טון קיטור בשעה, בטמפרטורה של 540 מעלות צלסיוס ובלחץ של 155 אטמוספירות.

— הקיטור מניע את הטורבינה לייצור חשמל שמהירותה מגיעה ל־3,000 סיבובים בדקה.

תאריכים בשלבי רישוי והקמה

מארס 1971 — התוכנית להקמת תחנת־כוח במחצית הדרך בין חיפה ותל־אביב הוצגה לראשונה בפני המועצה הארצית לתכנון ולבנייה.

פברואר 1973 — ממשלת ישראל אישרה את התוכנית להקמת התחנה — לפי התכנון דאז אמורה היתה להיות מופעלת בולק נוזלי.

מלחמת יום כיפור — בעקבות המלחמה והאמברגו הערבי על משלוחי נפט, המליצה חברת החשמל להסב את התחנה החשה להפעלה בפחם.

יולי 1974 — ועדת השרים לענייני כלכלה סמכה ידיה על המלצה זו.

אוגוסט 1974 — ממשלת ישראל אישרה את המלצת ועדת השרים להסב את התחנה לשימוש בפחם ובדלק נוזלי.

מארס 1975 — החלו צבודות הכשרת השטח.

מאי 1976 — חברת החשמל הגישה למועצה הארצית לתכנון ולבניה הצעה לתיקונים ברישוי המקורי בהתאם לגדרש בעקבות ההחלטה להתאים את התחנה לשימוש בפחם.

מארס 1979 — אישור המועצה הארצית להפעלה בפחם.

דצמבר 1979 — אישור הממשלה לתכנית המיתאר הארצית המתקנת.

שמירת איכות הסביבה

מהיום הראשון לתכנון התחנה והקמתה ועד לרגע הפעלתה מקיימת חברת החשמל מאמץ מתמשך לשתף במידע את תושבי הסביבה. קיימו מפגשים, נערכו הרצאות ופעולות קהילתיות, חולק חימר הסברה, אורגנו סיורים בתחנה ונפתח מרכז מידע לציבור. במשך כל התקופה הזו ניסתה חברת החשמל לאמת את הטענה שהטכנולוגיה הקיימת והידע העדכני מאפשרים דריקום בשלום בין תחנת־כוח המופעלת בפחם ובין סביבה חקלאית ועירונית, כמקובל במקומות רבים בעולם.

לפני שהוחל בעבודות בשטח הגישה חברת החשמל תסקיר מפורט עניכרס על ההשפעות הסביבתיות הצפויות של תחנת הכוח החדשה. בהכנת התסקיר שותפו מוסדות מחקר רבים מן הארץ ומחול. תוצאות המחקרים הראו שניתן להפעיל את התחנה בפחם תוך שמירה על תקני הבריאות ובלא לפגוע בסביבה. יצויין כי זו הפעם הראשונה בתולדות מדינת ישראל שנעשתה עבודת רקע סביבתית כזו לפני הקמת מפעל או מיבנה חדש, וראוי שדבר זה ישמש כדוגמא לגורמים ציבוריים ופרטיים אחרים במדינה.

בין האמצעים הטכנולוגיים בתחנת הכוח שימוצו פגיעה בסביבה, נציין :

* ארובות בגובה 250 מטרים, הגבוהות ביותר בארץ (ארובת רדינג — 150 מטרים). גובה הרב של הארובה נועד לשחרר בגובה רב את גזי השריפה. לגובה זה נוסף העילוי הטבעי של הגנים החמים, המתרוממים לגובה רב ונמחלים בכמויות אויר גדולות. מיהול זה מביא לכך שבגם אם שוקעת חלק מהפלומה במרחק רב לגובה פני הקרקע, הרי שריכוזי המזהמים בה קטנים מאוד ונמצאים מתחת לקו התקן הישראלי.

* מערכות יעילות לבקרת שריפת הפחם מביאות לשריפה יעילה של הדלק בדווי השריפה ולמיעוט חלקיקים לא שרופים המשתחררים עם גזי השריפה.

* משקעים (מסננים) אלקטרוסטטים — מיתקני ענק ה"לוכדים" 99.5 אחוזים מן האפר המרחף הנוצר בדווי השריפה ומוגעים את שחרורו לאטמוספירה עם גזי השריפה.

* האפר הנוצר משריפת הפחם ישווק לתעשיית הבניין כחומר גלם.

* מערך תחנות לניטור אויר פועל מסביב לתחנה ומופעל על ידי אנג ערים חדרה. התחנות, הפועלות ברציפות כל שעות היממה, מספקות מידע שוטף על ריכוזי המזהמים באויר ויתנו התרעה מיידיית במקרה של הרעה במצב. אם, כתוצאה מתנאים מטאורולוגיים חריגים, ייוצר ניהום מעל לתקנים — תופסק מיד שריפתן פחם בתחנה.

(נמסר ע"י משרד הרובר — חברת החשמל לישראל)

שינויים בחוק התכנון והבניה וההשלכות על מזמיני חיבורים

בהמשך להודעה למזמיני חיבור חשמל, בדבר התיכון בחוק התכנון והבניה שתוקפו ב"1.6.81 שפורסמה בדף נספח ל,תקע המצדיע" מס' 25 — אפריל 1981, מצוטטים להלן עיקרי החוק :

חוק התכנון והבניה (תיקון מס' 16) התשמ"א — 1981

(פורסם בספר החוקים 1005, — ח' באדר א' התשמ"א — 12.2.81).
157 א'

(א) בסעיף זה —

- „החברה“ — חברת החשמל לישראל בע"מ או חברת החשמל למחוז ירושלים בע"מ, לפי הענין ;
„הרשות המאשרת“ — יושב ראש ועדה מקומית יחד עם מהנדס הועדה, או יושב ראש ועדת משנה לפי סעיף 18 יחד עם מהנדס הועדה המקומית ;
- (ב) (1) לא תחיל החברה בעבודה להספקת חשמל לבנין ולא תספק חשמל לצורך עבודות בניה, אלא לאחר שמבקש החשמל המציא לה אישור מאת הרשות המאשרת או היתר בניה.
(2) לא תספק החברה חשמל לבנין אלא לאחר שמבקש החשמל המציא לה אישור מאת הרשות המאשרת.
- (ג) (1) הרשות המאשרת תיתן אישור כאמור בסעיפים קטנים (ב) (ג) ו"ד) אם ניתן היתר לפי סעיף 145 לעבודות שלגביהן מבוקש חיבור החשמל, המים או הטלפון, או שבהן נבנה הבנין שלגביו מבוקש החיבור, לפי הענין.
- (2) ראתה הרשות המאשרת כי בנייתה של יחידת דווי, כסתר, שירותים או תעשייה היוותה סטייה מהיתר. רשאית היא להורות לחברה, למנהל או לספק, למנוע או להפסיק מתן חשמל, שירותי טלפון או מים, לפי הענין, לאותה יחידה.
- (3) הרואה עצמו נפגע על ידי סירוב ליתן אישור לפי סעיף זה או על ידי הוראה כאמור בסעיף קטן (1), רשאי לערער, לפני בית משפט השלום או בית המשפט העירוני, תוך שלושים יום מהיום שבו הודע לו על הסירוב או ההוראה.

על מי האמור בחוק יידרשו האישורים כלהלן :

1. אישור או היתר בניה לפני התחלת עבודות להספקת חשמל — כלומר החל ב"1.6.81 ואילך, החברה תקבל הזמנות לחיבורים חדשים למערכת הספקת החשמל רק אם ימציא המזמין אישור מאת הרשות המאשרת, או היתר בניה.
 2. אישור להספקת חשמל — כלומר החל ב"1.6.81 ואילך, החברה תספק חשמל לחיבורים חדשים למערכת הספקת החשמל רק לאחר שהמזמין ימציא אישור מאת הרשות המאשרת.
- בהכרת החשמל עובדו נוהלים פנימיים כרויים בהקשר להתלת חוק זה על מזמיני החיבורים. בעיות שיתעוררו אצל מזמיני חיבורים יוכלו להתברר במחלקות הצרכנים שמחוזות ובמשרדים האזוריים

היערכות בפועל ליעול וחיסכון בחשמל - חובה !

אינג' א. לייטנר

• מזה מספר שנים (למעשה מאז "פרוץ" משבר הדלק בסוף 1973) עוסקת חברת החשמל — במסגרת בכלול שרותיה לצרכני החשמל — בהכוונה ובהדרכה להיערכותם של הצרכנים במיגורים השונים ליעול וחסכון במשק החשמל שלהם.

• בנוסף לשורה ארוכה של מאמצים ורשימות בתקע המצדע"י ובעלוני הסברה ותדריך שהופקו על ידנו, בא הדבר לידי ביטוי בסקרים טכניים (בהיקפי ביצוע שונים) ובפעולות ייעוץ אינדיבידואליות שבוצעו אצל צרכנים רבים.

בתחילה נעשתה הפעולה במתכונת של סקרי לימוד ניסיוניים ע"י המחלקה לפיתוח הצריכה, שבאגף המסחרי ובשלב מאוחר יותר, ע"י מחלקות הצרכנים הטכניות המחוזיות של החברה.

• לאחרונה "נרתמו" לנושא מספר משרדי ייעוץ פרטיים והוקמו אף כמה חבמות הנותנות שרותי ייעוץ. חלק מהחברות פיתחו גם מערך שיווק של מתקנים שמטרתם ייעול וחסכון בצריכת החשמל. (כגון : מערכות קבלים לשיפור מקדם ההספק, מתקני בקרה לשליטה על הביקוש והצריכה וכו').

• צרכני חשמל רבים, שהתארגנו כהלכה, הן מההיבט הניהולי והן מהבחינה הטכנית, הגיעו להישגים מרשימים בתחום היעול והחסכון בחשמל — דבר שהתבטא גם בתוצאות מוחשיות בחשבון החשמל שלהם.

• מטבע הדברים היו אנשי מקצוע החשמל (מהנדסים, חשמלאי מפעלים) אלה ששימשו גורם מניע ומפעיל לפעולה במתקני הצריכה אשר באחריותם.

• המינהל לשימור אנרגיה במשרד האנרגיה והתשתית פועל רבות לעידוד הצרכנים לביצוע פעולות ממשיות בתחום היעול והחסכון בצריכת האנרגיה, ובכלל זה החשמל.

• ניתן לומר כי חשמלאים, ברמות השונות השומרים על עידכון שוטף של המידע והידע שלהם, מודעים כיום לצורך החיוני ביעול וחסכון בחשמל הן מבחינת משק הדלק הלאומי והן מבחינת שיקולי התועלת למשק המפעיל אותו הם משרתים. כד בכד עם זאת יש בידם מידע רחב על מיגוון האמצעים הטכניים בהם יש לנקוט כדי להגיע לתוצאות.

• מה שהיה תחילה בגדר היענות, וולנטריות של הצרכנים לפעולות ההסברה וההדרכה של הגורמים הממלכתיים — הגם שבדרך כלל, כאשר ההיערכות נעשית בצורה מיקצועית נמצא שכרה בצידה ובמרבית המקרים, תוך תקופה של חצי שנה עד שנתיים יש תחור ריאלי של ההשקעות בסקרים המוקדמים וביישום המעשי של המלצות הסקרים — הפך, החל במאי 1981, לחובה מכה תקנות !

• תקנות הרשות הלאומית לאנרגיה (פיקוח על יעילות צריכת אנרגיה במפעלים) אשר הנוסח המלא שלהן מופיע כלשונו בחוברת זו, קובעות, בין השאר, כי כל צרכן חשמל שצריכתו השנתית היא יותר מ-1 מיליון קוט"ש וכן תאגידים סטטוטוריים ורשויות מקומיות ללא קשר לצריכת החשמל שלהם, חייבים לקיים מערכת ניהול טכנית-אירגונית שמתפקדה לנהל בצורה נאותה את משק החשמל מההיבט של ייעול, חיסכון ומניעת בזבוז וצריכה לריק.

• לא נקבעו עדיין ע"י הממונה הארצי (ממלא תפקיד זה כיום הוא אינג' א. גולן מנהל המינהל לשימור אנרגיה במשרד האנרגיה והתשתית) הדפוסים המפורטים לגבי אופן תיפקודם של הממונים המפעליים בכל מה שנוגע לפעולות ולדיווחים ; יש להניח שבמרוצת הזמן כאשר יירכש נסיון מעשי רחב יותר יוגדרו הדברים בצורת מפורשת ומפורטת בנושאים כגון :

- ✱ הקישורים המקצועיים של הממונה המפעלי.
- ✱ תוכניות הדרכה והשתלמות לצוותים המפעליים.
- ✱ הדריכים והנחיות לתכנון, ביצוע ותפעול של מתקני חשמל חוץ התחשבות מירבית בהיבט האנרגטי.
- ✱ טכניקות מומלצות לביצוע מדידות וחישובי צריכה סגולית.
- ✱ שיטות מומלצות לחימום, קרור, הסקה במתקני צריכה שונים.
- ✱ מפרטים/תקנים מחייבים לצידוד חשמלי כדוגמת מגופים.
- ✱ הנחיות לגבי טכניקות מומלצות לבקרת ביקוש וצריכה לסוגי צרכנים שונים.
- ✱ טכניקות מתקדמות של איסוף נתונים וריכוזם ברמה הסקטוריאלית לצרכי לימוד, מעקב והיזון חוזר.

• המחלקה לפיתוח הצריכה שבאגף המסחרי של חברת החשמל והיחידות המיוחדות שהוקמו במחלקות הצרכנים הטכניות המחוזיות, בשיתוף פעולה עם לשכות הייעוץ של המינהל לשימור אנרגיה במשרד האנרגיה והתשתית, עומדים לרשות המעוניינים כיעוץ ובהכוונה.

אינג' א. לייטנר — מנהל המחלקה לפיתוח הצריכה, חברת החשמל.



רשומות

קובץ התקנות

3 במרס 1981

4207

כ"ז באדר א' התשמ"א

תקנות רשות לאומית לאנרגיה (מיקוח על יעילות צריכת אנרגיה במפעלים), התשמ"א-1981

בתוקף הסמכות לפי סעיפים 4(א) ו-25 לחוק רשות לאומית לאנרגיה, התשל"ו-1977, באישור שר האנרגיה והתשתית ולאחר קבלת חוות דעת של הועדה המייעצת, מתקינה הרשות הלאומית לאנרגיה תקנות אלה:

1. בתקנות אלה —

הגדרות

"הממונה הארצי" — מי שמונה לפי תקנה 2(א);

"ממונה משרדי" — מי שמונה לפי תקנה 2 במשרד הממשלתי שאליו קשור המפעל;

"ממונה מפעלי" — מי שמונה לפי תקנה 3;

— "מפעל"

- (1) צרכן אנרגיה שצריכת האנרגיה השנתית שלו היא לפחות 300 טון מווט או שווה ערך אנרגטי בדלקים אחרים או שצריכת החשמל שלו היא לפחות 1,000,000 קילוואט שעה;
- (2) כל האגיד סטטוטורי או רשות מקומית, ללא קשר לצריכת האנרגיה שלהם;

2. (א) שר האנרגיה והתשתית ימנה ממונה ארצי להיות אחראי לריכוז הפעולות לקידום ניצולה היעיל של האנרגיה לפי תקנות אלה, ולהנחיית הממונים המשרדיים בכל הנוגע לתקנות אלה.

מינוי ממונה
ארצי ובכוננים
משרדיים

(ב) כל שר אחר רשאי למנות מבין עובדי משרדו ממונה משרדי שירכז ויפקח על הפעולות לקידום ניצולה היעיל של האנרגיה לפי תקנות אלה במפעלים הקשורים לאותו משרד; על המינוי יודיע השר לשר האנרגיה והתשתית.

(ג) הממונה המשרדי יפעל לפי הנחיות הממונה הארצי.

3. (א) כל מפעל ימנה מבין עובדיו ממונה מפעלי לקידום ניצולה היעיל של האנרגיה במפעל.

מינוי בכוננים
מפעליים

(ב) המפעל יודיע בכתב לממונה המשרדי, תוך 30 ימים מיום תחילתן של תקנות אלה, את שם הממונה המפעלי שהוא מינה.

- (1) לפעול למניעת צריכה בזבזנית של אנרגיה, לרבות מאור, קירור, חימום והסקה, ולתיקון מהיר של כל תקלה הגורמת לאיבוד אנרגיה, לרבות גזילת קיטור, מים ואוויר;
- (2) לפקח על תפעול ותחזוקה המבטיחים נצילות מירבית של המיתקנים והתהליכים ולנקוט בפעולות הדרושות להבטחת נצילות מירבית זו;
- (3) למדוד צריכה חדשית של חשמל ודלקים לסוגיהם, ולחשב צריכה סגולית של אנרגיה ליחידת מוצר או לפי בסיס כמותי אחר המאפיין את פעילויות המפעל;
- (4) להבטיח התקנה ותקינות של מכשירי מדידה ובקרה המאפשרים ביצוע הפעולות לפי פסקאות (2) ו-(3), ולגרום לרישום סדיר של הנתונים לפי מכשירי בקרה אלה ולשמירת רישומים אלה;
- (5) להבטיח ביצוע ורישום של בדיקות תקופתיות של נצילות במיתקני בעירה ובדיקות אחרות של גורמים המשפיעים על נצילות ותקינות המיתקנים, בהתאם להוראות תפעול הציוד וכפי שיקבע הממונה המשרדי;
- (6) ליזום פעולות למניעת ירידה בנצילות המיתקנים ולמניעת עליה בצריכת אנרגיה סגולית, ולהמליץ על פעולות שימור אנרגיה העשויות להוריד צריכת אנרגיה סגולית זו, לרבות גיצול מירבי של חום שיורי;
- (7) לפעול להדרכה והשתלמות של הצוות המפעלי ולהכנת הוראות תפעול מפורטות.

5. (א) מפעל יגיש כל ששה חדשים לממונה המשרדי דו"ח אנרגיה במתכונת כפי שיודיע הממונה המשרדי למפעל (להלן — הדו"ח).

הוכח דיווח

(ב) הדו"ח יכלול פרטים אלה:

- (1) צריכת החשמל בקילוואט שעה וצריכת הדלקים הנוזלים בליטרים וצריכת גז ופחם בקילוגרמים במשך כל אחד מחדשי השנה ובשנה כולה: מקדם ההספק החשמלי ושיא הביקוש במפעלים שבהם הוא נמדד;
- (2) בכל דו"ח אחרי הראשון — השוואה בין הנתונים הנדרשים לפי פסקה (1) של אותה שנה ושל השנה הקודמת;
- (3) צריכת אנרגיה סגולית, בכל אחד מחדשי השנה ובשנה כולה;
- (4) פעולות שבוצעו לפי תקנה 4(1), (5), (6) ו-(7) ותוצאותיהן;
- (5) כל מידע אחר הקשור לצריכת האנרגיה במפעל לפי דרישת הממונה המשרדי.

(ג) הממונה הארצי רשאי לשנות את פרטי הדיווח כמפורט בתקנת משנה (ב) לגבי מפעל מסויים או סוג מפעלים, אם הדבר יתרום להצגה מהימנה יותר של מצב האנרגיה של המפעל או של סוג המפעלים.

(ד) הדו"ח הראשון יוגש בתום 30 ימים מיום תחילתן של תקנות אלה; ולאחר מכן יוגש דו"ח בתום כל ששה חדשים מהתאריך שבו הוגש הדו"ח הראשון.

(ה) הממונה המשרדי יעביר לממונה הארצי את הדוחות שהגישו לו המפעלים תוך 30 ימים מיום הגשתם.

(ו) המפעל ישמור העתק של כל דו"ח במפעל.

(1) המידע שיימסר בדו"ח יישמש לצרכי הממשלה לתכנון ומעקב אחר משק האנרגיה בלבד.

6. הממונה הארצי ומי שהוא הסמך בכתב והממונה המשרדי ומי שהוא הסמך בכתב, יהיו רשאים להיכנס למפעל ולוודא שהמפעל מקיים הוראות תקנות אלה. ביקורת במפעלים

7. (א) מפעל או אחד ממנהליו שעשה אחת מאלה, דינו — קנס 1000 שקלים: עונשין

(1) לא מינה ממונה מפעלי בהתאם לתקנה 3;

(2) לא גרם לכך שהממונה המפעלי ימלא את התפקידים המפורטים בתקנה 4;

(3) לא דיווח בהתאם לתקנה 5;

(4) לא איפשר לממונה הארצי או לממונה המשרדי או למי שהם הסמיכו להפעיל את סמכותם לפי תקנה 6.

8. המינויים לפי תקנה 2 יפורסמו ברשומות. פרסום

9. תחילתן של תקנות אלה חדישים מיום פרסומן. תחילה

דוד הגואל

י"ב באלול התש"ם (24 באוגוסט 1980)

יושב ראש הרשות הלאומית לאנרגיה

תמריצים להשקעות בחסכון אנרגיה בתעשייה

אינג' א. דרימר

דולאר — תנתן הלוואה של 40% מערך ההשקעה לתקופת פרעון של עד 10 שנים, מתוכם שנתיים בריבית בלבד, או 50% מערך ההשקעה לתקופת פרעון של עד 6 שנים, מתוכם שנתיים ריבית בלבד. הריבית להלוואות אלה הינה כמקובל בהלוואות הפיתוח. אין ההלוואות מרתנות בקבלת מעמד של מפעל מאושר ממרכז ההשקעות. אין אפשרות לקבל את ההלוואה במדה וניתן מענק ע"י משרד האנרגיה.

2. סיוע למתקני הדגמה

מפעל יוכל לקבל תמריץ לביצוע פעולות הדגמה לשימור אנרגיה. הכוונה ליישום ראשוני של טכנולוגיה מוכחת לשימור אנרגיה במשק בכלל או במגזר מסויים, במטרה להדגים טכנולוגיה זו ולעודד בכך שימוש נרחב בה. התנאים לזכאות לתמריץ הם: טכנולוגיה מוכחת, יישום ראשוני של טכנולוגיה זו, כדאיותה למשק המדינה וקיום פוטנציאל רחב ליישומה.

לצורך העידוד תוכר השקעה שמטרתה להביא לשימור אנרגיה ואין היא כשלעצמה מיועדת להחלפת ציוד שהתבלה או להרחבת פעילות. במקרה בו השקעה מיועדת לחידוש ציוד יוכר ההפרש בין ההשקעה בציוד חוסך אנרגיה לבין

במטרה לעודד חסכון באנרגיה במפעלי תעשייה ותיירות, פועלת במשרד האנרגיה והתשתית מערכת תמריצים לעידוד פעולות חסכון באנרגיה. במסגרת מערכת זו ניתן לקבל סיוע במימון באחת מהדרכים האלה:

1. סיוע לפעולות שימור אנרגיה

א. סיוע בביצוע פעולות רגילות לשימור אנרגיה (השקעה במתקנים בציוד או בשיטות עבודה הגורמות לצמצום צריכת האנרגיה ממקורות קונבנציונליים ברמת פעילות נתונה). הסיוע ינתן בצורת מענק בשיעור של עד 15% מהיקף ההשקעה. בהשקעות המיועדות לחידוש ציוד יוכר ההפרש בין ההשקעה בציוד חוסך האנרגיה לבין השקעה בציוד מקובל המיועד לאותה מטרה. לא ינתן תמריץ לפעולה שקיבלה תמיכה כספית מגוף ממשלתי אחר (לדוגמא, תכנית שמומנה על ידי הלוואות פיתוח).

ב. אלטרנטיבה אחרת למימון אותה פעולה היא באמצעות הלוואות פיתוח. ההלוואות תארי שרנה בתנאים האלה: בהשקעה עד 1 מיליון

אינג' א. דרימר — מנהל לשכת הייעוץ לחיסכון אנרגיה במפעלים ומוסדות.

השקעה בציוו מקובל המיועד לאותה מטרה. כאשר ההשקעה כוללת מספר מרכיבים יזכר אותו חלק שלה המיועד לשימור אנרגיה, כולל הסידורים להעברת האנרגיה ממתקן ההדגמה למערכת מקובלת.

התמריץ ינתן בצורת מענק בשיעור של 30% מהיקף ההשקעה בתנאי שלא ינתן סיוע כספי ל- אותה מטרה מנוף ממשלתי אחר. קבלת המענק כרוכה במתן אפשרות להדגמת המיתקן בפני מפ-עלים ומוסדות שיופנו לשם כך על ידי משרד ה-אנרגיה.

3. סקרים לאבחון אנרגטי

מפעל יכול להזמין סקר חסכון באנרגיה. מזמין הסקר זכאי לסיוע כספי המותנה בהתאמת ה-סקר למפרט הסטנדרטי של משרד האנרגיה. הלשכה לחסכון אנרגיה במפעלים ומוסדות ת-א-שר את ימי העבודה הדרושים לביצוע הסקר (לא יכללו ימים אשר לדעת הלשכה אינם תורמים ישירות לסקר החסכון).

מחיר יום עבודה יהיה בהתאם לאישור מזמין הסקר. המחיר לא יעלה על 5% מצריכה שנתית של אנרגיה.

לאחר אישור הסקר על ידי הלשכה לחסכון אנרגיה במפעלים ומוסדות, יקבל מזמין הסקר

הלוואה עומדת בגובה 50% מחשקעה המארי שרת לביצוע סקר החסכון. הלוואה זו תהפוך למענק אם מזמין הסקר יבצע את המלצות הסקר לשביעות רצונה של הלשכה.

במשך החודשים ספטמבר 1980 — מאי 1981, סייע משרד האנרגיה לפעולות שימור אנרגיה שעם הפעלתם הביאו לחסכון כולל של כ-15,000 טון דלק לשנה הכוללות פעולות שיחסכו כ-7 מיליון קוט"ש לשנה. כמו כן נתנה תמיכה ל-25 סקרי אבחון אנרגיה.

בנוסף לכך, משרד האנרגיה והתשתית בשיתוף עם המכון הישראלי לנפט ולאנרגיה מפעיל לשכת ייעוץ לחסכון באנרגיה במפעלים ומוסדות. הלש-כה נותנת מידע והדרכה למפעלים על ידי מהנד-סים ומומחים בנושאים: חסכון באנרגיה, טכנור-לוגיות בתחומי שימור אנרגיה, סקרי חסכון, מתקני הדגמה ותמריצים כספיים.

כתובת הלשכה:

לשכה לחסכון אנרגיה במפעלים ומוסדות,

רח' האוניברסיטה 26א, רמת אביב

ת.ד. 17081 ת"א. מיקוד 61170.

טל. 03-414271-2

לשכות ייעוץ לחיסכון אנרגיה במבנים

משרד האנרגיה והתשתית — המינהל לשימור אנרגיה, מפעיל בשיתוף עם מרכז הבניה הישראלי 3 לשכות ייעוץ לחיסכון אנרגיה במבנים (תל-אביב, ירושלים, רחובות). בקרוב תפתח לשכה נוספת בחיפה.

● שרותי ייעוץ לקהל הרחב

לשכות הייעוץ מיועדות לספק שרותים הנדסיים ומידע למיגוון רחב של מעוניינים מתוך הקהל הרחב בנושאי חיסכון ושימור אנרגיה ובצימצום ההוצאות לאנרגיה במבנים.

● שרותי ייעוץ למוסדות, משקים, מתכננים וכו'

הלשכה בתל-אביב מספקת שרותי ייעוץ לנציגי מוסדות, משקים, עיריות, משרדי ממשלה, מתכננים, אדריכלים, מהנדסים וכו'. שרות זה ניתן בכל יום רביעי בשעות הבוקר. הייעוץ כולל הצעת פתרונות עקרוניים לבעיות ספציפיות. הלשכה אינה מבצעת עבודות סקירה, מחקר או תכנון עבור גורמים פרטיים או ציבוריים.

● מענקים למערכות-שמש לחימום מים

משרד האנרגיה והתשתית מעודד התקנת מערכות שמש לחימום מים בבנינים קיימים ע"י מתן מענקים בשעור של עד 10% מההשקעה הראשונית. המענקים ניתנים בהתאם לדרישות ותנאים שנקבעו בגוהל אשר עובד למטרה זו.

לשכת הייעוץ בת"א מנהלת את המנגוון למתן המענקים ומספקת על איכות הביצוע של מערכות שמש. ניתן לקבל במשרדי הלשכה כל מידע הדרוש לועדי בתים המעוניינים בהתקנת מערכות שמש ובכלל זה תנאי קבלת המענקים מטעם משרד האנרגיה.

● לשכת הייעוץ בתל-אביב פועלת בבית מרכז הבניה רח' האוניברסיטה 40, רמת אביב, בימים א-ה בשעות 15.00-19.00, טלפון 03-425221.

● לשכת הייעוץ בירושלים פועלת בבית המתגורס, רח' הלל 35, בימים א' וז' בשעות 15.00-19.00, טלפון 02-226356

● לשכת הייעוץ ברחובות פועלת בבית העירייה רח' לוי אפשטיין 45, בימים ב' וד' בשעות 16.00-19.00, טלפון 054-54181.

איג' א. טווי — מנהל הלשכה לחיסכון אנרגיה במבנים



חישוב איבודי אנרגיה חשמלית במערכת האספקה של המפעל

אינג' פ. קישינאבסקי ז"ל

גודל זה משקף את העובדה שהזרם משתנה במשך התקופה והוא פוטר מהצורך לחשב בכל פעם את איבודי האנרגיה ע"י סיכום התרומות החלקיות של פרקי זמן רבים.

מגדירים כמו כן את מקדם תצורה של עקום הער מס, כדלקמן:

$$I_{sm} = K_f \cdot I_m$$

כאשר:

K_f — מקדם הצורה של עקום העומס כיממה אופיינית של העמסת הקו.

I_m — זרם חקו חממוצע בתקופה T_w

$$K_f = \sqrt{n} \cdot \frac{\sqrt{\sum_i (A_{ai})^2}}{A_a}$$

A_a — צריכת האנרגיה האקטיבית של חקו בזמן t .

A_{ai} — צריכת האנרגיה האקטיבית של חקו בזמן Δt .

הקשר בין אורכו של כל מירווח זמן לבין הזמן t נתון ע"י

$$\Delta t = \frac{t}{n}$$

בנוסחה זו, n הוא מספר מירווחי הזמן הנקב עים לצורך המדידות.

תערה: כדי לקבל דיוק מניח את הדעת, רצוי שמירווח הזמן Δt יהיה בין $\frac{1}{4}$ שעה ל- $\frac{1}{2}$ שעה.

יש לציין, כי במפעלים בהם תהליכי הייצור קבועים ביסודם ואין שינויים חריפים בעקום העומס היומי, ניתן — ע"י מספר בדיקות של מקדם הצורה — לקבוע את מקדם הצורה הי אופייני.

דבר זה פוטר מהצורך בחישוב מחודש של מקדם הצורה, בכל פעם שיהיה צורך בחי שוב איבודי האנרגיה. בדרך כלל נמצא מקדם הצורה בין הערכים 1.1—1.01. הערך הנמוך מתאים לצרכן המורכב ממספר רב של עומסים (לדוגמא: עומס כללי של מפעל), והערך הגבוה מתאים לקו בעל מספר קטן של עומסים (לדוגמא: מא: מכונות) ללא כל קשר לערך הממשי של העומס בקווים.

את ערכו של I_m ניתן לחשב בעזרת אחת מ-2 הנוסחאות:

$$I_m = \frac{\sqrt{A_a^2 + A_r^2}}{\sqrt{3} \cdot U \cdot T_w}$$

$$I_m = \frac{A_a}{\sqrt{3} \cdot U \cdot T_w \cdot \cos \varphi_{wm}}$$

במסגרת הפעולות ליעול השימוש באנרגיה חשמלית, יש לבצע חישוב של מוקדי צריכת החשמל ברשתות החלוקה המפעליות ובדיקת האפשרות להקטנת איבודי האנרגיה בהן.

חשוב לציין כי חישוב איבודי האנרגיה מהווה מרכיב בקביעת גודל הרשת, משטר העבודה של השנאים במפעל וכו'.

חישוב איבודי אנרגיה חשמלית בקווי האספקה

איבודי האנרגיה החשמלית ברשת האספקה ניתנים לחישוב ע"י מספר נתונים מוקדמים המאפיינים את עקום העומס בחלק זה או אחר של הרשת.

קיימות 2 שיטות עיקריות לחישוב האיבודים:

שיטה א' — לפי הממוצע של ריבוע הזרם בקו ומספר שעות העמסת חקו

סה"כ האיבודים האקטיביים מבוססים ע"י הנוסחה:

$$\Delta A_a = 3 I_{sm}^2 \cdot R \cdot T_w \cdot 10^{-3}$$

כאשר:

T_w (h) — מספר שעות העמסת חקו ביממה אופיינית.

R (Ω) — התנגדות חקו לפזה.

I_{sm} (A) — הממוצע של ריבוע הזרם.

ΔA_a (KWh) — איבודי חקו ביממה אופיינית.

הממוצע של ריבוע הזרם I_{sm} מוגדר כך שהוא גורם אותם איבודי אנרגיה כפי שנגרמים ע"י הזרם הממשי במשך התקופה שבה מתעניינים.

אינג' פנחס קישינאבסקי ז"ל שהיה עובד בכיר במהלקה לפיתוח הצריכה בחברת החשמל, נפטר ב-1973 אופן פתאומי בספטמבר אשתקד כשהוא בן 33 בלבד. המנוח סיים את לימודיו הטכניים בברה"מ, עלה ארצה ב-1973, התקבל לעבודה בחברת החשמל והתמחה כאן במכלול הנושאים הקשורים ביעול משק החשמל במתקני צריכה.

הוא הפך לבר-סמכא בקרב אנשי המקצוע בארץ, בהם: מהנדסים ראשיים ומנכל"ים של מפעלים, משרדי ייעוץ ותברות העוסקות בחיסכון ויעול בחשמל.

הוא מצא סיפוק רב בהדרכת חשמלאים ופרסם שורה של מאמרים ועבודות. מאמר זה, מפרי עטו, הובא לדפוס לאחר מותו.

כאשר:

- A_a (KWh) -- צריכת האנרגיה האקטיבית שק הו בקו ביממה.
- A_T (Kvarh) -- צריכת האנרגיה הראקטיבית של הקו ביממה.
- U (KV) -- מתח האספקה.
- $\cos\phi_{wm}$ -- מקדם ההספק הממוצע של הקו.

שיטה ב' — לפי מספר השעות האקוויוולנטיות של האיבודים (τ) והזרם המירבי בקו (I_{max})

סה"כ האיבודים האקטיביים מבוטאים ע"י ה נוסחה:

$$\Delta A_a = 3I_{max}^2 \cdot R \cdot \tau \cdot 10^{-3}$$

כאשר:

- τ (h) — מספר השעות האקוויוולנטיות של איבודי האנרגיה.
 - R (Ω) — התנגדות הקו לפזה.
 - I_{max} (A) — הערך המירבי של ממוצע הזרם ב משך $\frac{1}{2}$ שעה בתוך התקופה הנבדקת.
 - ΔA_a (KWh) — איבודי הקו לתקופת זמן (יממה, חודש, שנה).
- אנו רואים שבשיטה זו המיוצע מבוטא ע"י מספר השעות האקוויוולנטיות τ , גודל זה נקבע לפי הנו סחה:

$$\tau = T_o \cdot \left(\frac{T}{T_o}\right)^{1.7}$$

כאשר:

- T (h) — מספר השעות האקוויוולנטיות של העמסה המירבית.
- T_o (h) — תקופת הזמן הנדונה.
- T (h) — מוגדר כמספר השעות הדרושות להפעלת הקו בעומס המירבי כך שתתקבל אותה צריכת אנרגיה A_a כפי שמתקבלת במקרה הממשי בעומס משתנה.

מחגרה זו נובע:

$$T \cdot P_{max} = A_a$$

ומכאן

$$T = \frac{A_a}{P_{max}}$$

כמו כן נוכל לחשב את הזרם המירבי I_{max} (כדי להציב את ערכו בנוסחה של ΔA_a) לפי הנוסחה:

$$I_{max} = \frac{P_{max}}{\sqrt{3} \cdot U \cdot \cos\phi_{max}}$$

בנוסחה זו:

- P_{max} (KW) — ערך הממוצע של ההספק המירבי במשך $\frac{1}{2}$ שעה (שיא הביקוש).
- U (KV) — מתח האספקה.

ראינו אפוא 2 שיטות למישוט החישוב של איבודי האנרגיה בקווי אספקה. בכל אחת מהשיטות מופיע גודל אקוויוולנטי המבטא את המיוצע של גורמים משתנים — הזרם בסו וההספק. בשיטה א' גודל זה הוא I_{sm} ובשיטה ב' τ .

חישוב איבודי אנרגיה בשנאים

איבודי אנרגיה אקטיבית

איבודי האנרגיה האקטיבית בשנאים לתקופת זמן, מבוטאים ע"י 2 הנוסחאות החילופיות:

$$\Delta A_a = \Delta P_o \cdot T_o + \Delta P_K \cdot K_L^2 \cdot T_w$$

או

$$\Delta A_a = \Delta P_o \cdot T_o + \Delta P_K \cdot K_{Lmax}^2 \cdot \tau$$

כאשר:

- ΔA_a (KWh) — איבודי האנרגיה הכוללים בשנאי.
- ΔP_o (KW) — איבודי הריקס של השנאי (איבודי הברזל).
- ΔP_K (KW) — איבודי קצר של השנאי (איבודי הנחושות).
- T_o (h) — מספר שעות חיבור של השנאי לזינה.
- T_w (h) — מספר שעות העמסה של השנאי.
- K_L — מקדם ההעמסה המשוקלל של השנאי.
- K_{Lmax} — מקדם ההעמסה המירבי של השנאי.
- I_n (A) — הזרם הנקוב של השנאי.
- τ (h) — מספר השעות האקוויוולנטיות של איבודי האנרגיה.

מגדירים את מקדם ההעמסה המשוקלל של השנאי K_L וכן את מקדם ההעמסה המירבי שלו K_{Lmax} , לפי הנוסחאות:

$$K_L = \frac{I_m}{I_n}$$

$$K_{Lmax} = \frac{I_{max}}{I_n}$$

את I_{max} , I_m , I_n ניתן לקבל מתוך נתוני השנאי ומשטר עבודתו.

איבודי אנרגיה ראקטיבית

איבודי האנרגיה הראקטיבית בשנאים לתקופת זמן, מבוטאים ע"י 2 הנוסחאות החילופיות:

$$\Delta A_T = S_n \cdot \frac{I_o}{100} \cdot T_o + S_n \cdot \frac{U_{sc}}{100} \cdot K_L^2 \cdot T_w$$

או

$$\Delta A_T = S_n \cdot \frac{I_o}{100} \cdot T_o + S_n \cdot \frac{U_{sc}}{100} \cdot K_{Lmax}^2 \cdot \tau$$

המצב לאחר שיפור מקדם ההספק:
א. חישוב איבודי האנרגיה האקטיבית בקו

$$I_m = \frac{500,000}{\sqrt{3} \cdot 0.4 \cdot 4800 \cdot 0.92}$$

$$I_m = 163A$$

$$\Delta A_a = 3 \cdot (1.05)^2 \cdot (163)^2 \cdot 8 \cdot 10^{-3} \cdot 4800 \cdot 10^{-3}$$

$$\Delta A_a = 3370 \text{ kWh}$$

ב. חישוב איבודי החספק

$$\Delta P = 3 \cdot (1.05)^2 \cdot (163)^2 \cdot 8 \cdot 10^{-3} \cdot 10^{-3}$$

$$\Delta P = 0.7 \text{ KW}$$

לסיכום:

התקנתה של סוללת הקבלים לשיפור מקדם ההספק מ-0.7 ל-0.92 הביאה — בנוסף לביטול ה"קנס" בגין מקדם החספק גרוע בשעור 33% מחשבון ה-חשמל — לחיסכון ישיר:

א. הקטנת האיבודים השנתיים מ-5870 kWh ל-3370 kWh כלומר הקטנה של 2500 שהם — 0.5% מצריכת החשמל הכוללת של הצר-כן.

ב. הקטנת הביקוש המירבי השנתי ב-10.5 KW

דוגמת חישוב מס' 2

מפעל מוזן מ"ע"י 2 שנים בעלי הספק 630 KVA. השנאים פועלים בדרך כלל בנפרד, אבל ישנה אפי-שרות להעביר עומסים משנאי אחד לשני (במקרה שיש צורך להפסיק את אחד השנאים עקב תקלה, טיפול וכדומה).

שנאי אחד פועל במקדם עומס 0.6 במשך כל ה-שנה. השנאי השני פועל במקדם עומס 0.65, 6 חודשים בשנה ובשאר חודשי השנה במקדם עומס 0.1.

הנתונים —

ההספק המותקן: $2 \times 630 \text{ KVA}$

איבודי הברזל: $2 \times 1.0 \text{ KW}$

איבודי הנחושת: $2 \times 5.42 \text{ KW}$

מקדם העומס של שנאי מס' 1: $K_{L1} = 0.60$

מקדם העומס של שנאי מס' 2: $K_{L2} = 0.65$

יש לבחור את משטר העבודה האופטימלי של השנאים מבין 2 האפשרויות כדלקמן:

אפשרות א': 2 השנאים מחוברים לזינה 8760 שעות בשנה.

אפשרות ב': שנאי מס' 1 מחובר לזינה במשך כל השנה: במשך $\frac{1}{2}$ שנה מועמס במקדם עומס 0.6 ובחצי השנה הנותר — במקדם עומס 0.7.

שנאי מס' 2 מחובר לזינה במשך $\frac{1}{2}$ שנה ומועמס במקדם עומס 0.65.

נחשב בכל מקרה את סכום איבודי האנרגיה ה-אקטיבית ב-2 השנאים:

כאשר:

ΔA_r (KVAh) — איבודי האנרגיה הראקטיבית בשנאי.

I_o (%) — זרם הריקס של השנאי באחוזים.

U_{sc} (%) — מתח הקצר של השנאי, באחוזים.

S_n (KVA) — ההספק הנקוב של השנאי.

T_o , T_w , K_L , K_{Lmax} — כמו בנוסחאות המתייחסות לאיבודי אנרגיה אקטיבית.

אנו רואים כי גם לגבי שנאים (כפי שראינו קודם לגבי קווי אספקה) ישנן 2 שיטות לפישוט החישוב של איבודי האנרגיה. 2 הנוסחאות לאיבודים ה-אקטיביים ו-2 הנוסחאות לאיבודים הראקטיביים ממצות את 2 השיטות.

בשיטה א' נעשה המיצוע באמצעות מקדם ההעמ"ס המשוקלל K_L , בעוד שבשיטה ב' נעשה המי-צוע באמצעות מספר השעות האקוויולנטי של איבודי האנרגיה ז.

דוגמת חישוב מס' 1

נתון קו אספקה בעל הנתונים הבאים:

העברת אנרגיה שנתיית בקו: 500,000 kWh

מספר שעות העמסת הקו בשנה: 4800

מקדם החספק המשוקלל: 0.7

אורך הקו: 50 מטר

שטח החתך של מוליכי הקו (נחושת):

$$3 \times 120 \text{ mm}^2$$

מתח העבודה: 400V

מקדם הצורה של עקומת העומס: 1.05

מהו החיסכון באנרגיה כתוצאה משיפור מקדם החספק ל-0.92?

המצב לפני שיפור מקדם החספק:

א. חישוב איבודי האנרגיה האקטיבית בקו בשנה

$$I_m = \frac{A_a}{\sqrt{3} \cdot U \cdot T_w \cdot \cos \phi_w}$$

$$I_m = \frac{500,000}{\sqrt{3} \cdot 0.4 \cdot 4800 \cdot 0.7}$$

$$I_m = 215A$$

$$\Delta A_a = 3 K_L^2 \cdot I_m^2 \cdot R \cdot T_w \cdot 10^{-3}$$

$$\Delta A_a = 3 \cdot (1.05)^2 \cdot (215)^2 \cdot 8 \cdot 10^{-3} \cdot 4800 \cdot 10^{-3}$$

$$\Delta A_a = 5870 \text{ kWh}$$

הערה: הערך של $R = 8 \cdot 10^{-3}$, חושב מתוך נוסחת היסוד $R = \rho \frac{l}{S}$ ואפשר למצוא גם מתוך טבל-אות עזר בסיסיות.

ב. חישוב איבודי החספק בכבל הזינה בשיא העומס:

$$\Delta P = 3 \cdot K_f^2 \cdot I_m^2 \cdot R \cdot 10^{-3}$$

$$\Delta P = 3 \cdot (1.05)^2 \cdot (215)^2 \cdot 8 \cdot 10^{-3} \cdot 10^{-3}$$

$$\Delta P = 1.2 \text{ KW}$$

מספר השעות האקוויולנטיות של האיבודים:

$$\tau = T_o \cdot \left(\frac{T}{T_o}\right)^{1.7}$$

$$T = 8760 \left(\frac{4545}{8760}\right)^{1.7}$$

$$\tau = 2871 \text{ h}$$

חזרם המירבי:

$$I_{\max} = \frac{1100}{\sqrt{3} \cdot 0.4 \cdot 0.9}$$

$$I_{\max} = 1764 \text{ A}$$

מקדם החעמסה בשיא הביקוש:

$$K_{L\max} = \frac{1764}{2.910}$$

$$K_{L\max} = 0.969$$

מכאן, האיבודים השנתיים בשנאים —

$$\Delta A_a = 2.1 \cdot 8760 + 2.54 \cdot (0.969)^2 \cdot 2871$$

$$\Delta A_a = 47,173 \text{ KWh}$$

חישוב האיבודים השנתיים בכללי האספקה:

$$R = \frac{30}{52 \cdot 8.52}$$

$$R = 0.6 \cdot 10^{-3} \Omega$$

$$\Delta A_a = 3 \cdot (1764)^2 \cdot 0.6 \cdot 10^{-3} \cdot 2871 \cdot 10^{-3}$$

$$\Delta A_a = 16,080 \text{ KWh}$$

סה"כ האיבודים השנתיים במערכת האספקה על הלוח הראשי במתח נמוך:

$$47,173 + 16,080 = 63,253 \text{ KWh}$$

כעת נחזור על החישובים דלעיל ב התייחס לשיא הביקוש המוקטן שהוא 850 KW

$$T = \frac{5,000,000}{850}$$

$$T = 5882 \text{ h}$$

$$\tau = 8760 \left(\frac{5882}{8760}\right)^{1.7}$$

$$\tau = 4451 \text{ h}$$

$$I_{\max} = \frac{850}{\sqrt{3} \cdot 0.4 \cdot 0.9}$$

$$I_{\max} = 1363 \text{ A}$$

$$K_{L\max} = \frac{1363}{2.910}$$

$$K_{L\max} = 0.749$$

האיבודים השנתיים בשנאים:

$$\Delta A_a = 2.1 \cdot 8760 + 2.54 \cdot (0.749)^2$$

$$\Delta A_a = 44,488 \text{ KWh}$$

האיבודים השנתיים בכללים:

$$\Delta A_a = 3 \cdot (1363)^2 \cdot 0.6 \cdot 10^{-3} \cdot 4451 \cdot 10^{-3}$$

$$\Delta A_a = 14,884 \text{ KWh}$$

התקעה המצדעית מס' 26 — ספטמבר 1981

עבור אפשרות א' —

בשנאי הראשון:

$$\Delta A_1 = 1.8760 + 5.42 \cdot (0.6)^2 \cdot 8760$$

$$\Delta A_1 = 25,852 \text{ KWh}$$

בשנאי השני:

$$\Delta A_2 = 1.8760 + 5.42 \cdot \frac{8760}{2} \cdot (0.65^2 + 0.1^2)$$

$$\Delta A_2 = 19,027 \text{ KWh}$$

סה"כ האיבודים השנתיים

$$25,852 + 19,027 = 44,879 \text{ KWh}$$

עבור אפשרות ב' —

$$\Delta A_1 = 1.8760 + 5.42 \cdot \frac{8760}{2} \cdot (0.6^2 + 0.7^2)$$

$$\Delta A_1 = 28,939 \text{ KWh}$$

$$\Delta A_2 = \frac{8760}{2} \cdot (1 + 5.42 \cdot 0.65^2)$$

$$\Delta A_2 = 14,409 \text{ KWh}$$

סה"כ האיבודים השנתיים

$$28,939 + 14,409 = 43,348 \text{ KWh}$$

לסיכום: משטר העבודה לפי אפשרות ב' מביא להקטנת האיבודים בשנאים ב-1531 KWh, דבר המהווה 3% מסה"כ האיבודים השנתיים!

דוגמת חישוב מס' 3

למפעל מסוים הנתונים החשמליים הבאים —

צריכת החשמל השנתית: 5,000,000 KWh

שיא הביקוש השנתי: 1100 KW

מקדם ההספק המשוקלל: 0.9

מערכת מניה מצד מ"ג: 22000/110V 50/5A

המפעל מקבל האספקה משנאים שנתונים —

ההספק המותקן: 2x630 KVA

הפסדי הריקס: 2x1.0 KW

הפסדי הקצר: 2x5.4 KW

זרם הריקס: 0.5%

מתח הקצר: 4.2%

הזרם הנקוב: 910A

אורך הכבל המתבר בין השנאים ובין הלוח הי ראשי: 30m

שטח החתך של מוליכי הכבל הנ"ל:

$$2 \times 4 \times (3 \times 120) \text{ mm}^2$$

דרוש לחשב את ההשפעה של הקטנת שיא הביקוש של המפעל ל-850KW, על איבודי האנרגיה בקווי האספקה למפעל.

נחשב תחילה את האיבודים כאשר שיא הביקוש הוא 1100 KW:

מספר השעות האקוויולנטיות של ההעמסה:

$$T = \frac{A}{P_{\max}}$$

$$T = \frac{5,000,000}{1100}$$

$$T = 4545 \text{ h}$$

$$\Delta P_{\max} = 3 \cdot (I_{\max 1}^2 - I_{\max 2}^2) \cdot R \cdot 10^{-3}$$

$$\Delta P_{\max} = 3 \cdot (1764^2 - 1362^2) \cdot 0.6 \cdot 10^{-3} \cdot 10^{-3}$$

$$\Delta P_{\max} = 2.26 \text{ KW}$$

כלומר,

בסך הכל הוקטנו איבודי החספק בשעור:

$$4 + 2.26 = 6.2 \text{ KW}$$

חישוב זה מראה שכתוצאה מהקטנת שיא הביקוש בצד של 0.4 KV מ-1100 KW ל-850 KW מתקבל חיטכון נוסף של 6.2 KW בצד של 22 KV.

לסיכום,

עקב הקטנת שיא הביקוש במפעל מ-1100KW ל-850 KW — דבר רב משמעות בהוצאות החשמל ובניצול טוב יותר של מערכת החיבור — חלה גם הקטנה באיבודים השנתיים בשיעור של כ-6% וכן הקטנה של איבודי החספק בשיעור של 0.7%. זאת מבלי להביא בחשבון חיטכון נוסף במערכת החלוקה הפנימית של המפעל מהלוח הראשי ללוחות המשנה ולצרכנים השונים.

סה"כ האיבודים השנתיים במערכת האספקה עד הלוח הראשי במתח נמוך:

$$44,488 + 14,884 = 59,372 \text{ KWh}$$

כלומר,

קטנת האיבודים השנתיים במערכת האספקה עד הלוח הראשי עקב הקטנת שיא הביקוש מ-1100 KW ל-850 KW

$$63253 - 59372 = 3881 \text{ KWh}$$

עקב הקטנת שיא הביקוש מתקבל חיטכון נוסף באיבודי הספק.

נחשב תחילה את הקטנת איבודי החספק בשנאים

$$\Delta P_{\max} = \Delta P_{\text{cu}} \cdot (K_{L\max 1} - K_{L\max 2})$$

. **כאן טכס, וז"א**

$$\Delta P_{\max} = 2 \cdot 5.4 \cdot (0.969^2 - 0.749^2)$$

$$\Delta P_{\max} = 4 \text{ KW}$$

נחשב כעת את הקטנת איבודי החספק בכבלי הזינה:

מועצת חשמלאים ארצית ליד מערכת "התקע המצדיע"

במערכת התגבש הרעיון לפעול להקמת מועצת חשמלאים ארצית שתייצג את ציבור החשמלאים על מגזרי השונים, במגעים עם, "התקע המצדיע".

המטרה שלנו היא שהמועצה תהווה גוף מייצג שממנו נקבל גם היוון חוזר לגבי פעולות, "התקע המצדיע" וכן לגבי נושאים נוספים שהינם בעלי ענין משותף לחשמלאים ולחברת החשמל.

כמפגש חשמלאים שהתקיים בתחנת הכח מ"ד 16.6.81, הועלה הרעיון ע"י נציגי המערכת והתקבל בחיוב בקרב החשמלאים שהשתתפו במפגש.

הדברים יגובשו סופית לאחר הסדרה הקרובה של מועדוני, "התקע המצדיע" באיזורים.

מועדון "התקע המצדיע" ליועצי חשמל

ב-14.7.81 תתקיים מועדון "התקע המצדיע" ליועצי חשמל במתכונת של סיור מקצועי בתחנת הכח מ"ד בחדרה.

בחלק הראשון של המועדון הופיעו בפני היועצים, מהנדסים בכירים של חברת ה"חשמל אשר, "הציגו" את תחנת הכח החדשה.

בחלק השני התקיים סיור מודרך באתר התחנה.

בחלק המסיים של המועדון התקיים רב-שיח עם היועצים בהשתתפות נציגי הנהלת חברת החשמל ומערכת, "התקע המצדיע".

מדריך לחשמלאי / מאת אינג' ז. דוניבסקי

במהדורה החדשה שיצאה לאור לפני ימים אחדים ניתן הסבר, מלווה בדוגמאות, של התקנות החדשות אשר בחלקן כבר פורסמו רשמית, ובחלקן אושרו סופית ועומדות להתפרסם רשמית בזמן הקרוב.

בין החידושים במהדורה זו ההוראות החדשות להעמסת מוליכים והגנתם בפני זרם יתר, שינויים בתקנות להארקות יסוד, שרטוטים חדשים של דוגמאות לביצוע הארקות יסוד, ועוד.

מחיר הספר 60 שקל + מע"מ. ניתן להשיג בחנויות ספרים או להזמין אצל המחבר לפי הכתובת: חיפה, רח' דישראל 19, מיקוד 34333, טל' 241452(04).

מינהל אנרגיה בתאורה *

י. ביק

מבוא

רמת הארה מומלצת (טווח מותר) (Lux)	המקום (דוגמא)
20—150	תאורה כללית לאזורים משניים; פרודורים, רציפים, חדרי רחצה וכד'
150—1600	תאורה פנימית כללית; מכונות, סרטטים, עבודות אלקטרוניקה
1600	תאורה מקומית נוספת; עבודות מדויקות, שענות, חריטה וכד'

קביעת התקנים בתאורה — מדדים איכותיים

מטרת התקן לקבע רמת הארה מומלצת (או מחייבת) כדי שהעובדים יוכלו לעבוד בנחות וביעילות. התפוקה של מפעלים ויעילות העבודה במשרדים, תלויים בקיום תאורה הולמת. גם היקף המכירות (בתנויות המציגות מוצרים לראוה), תלוי במידה רבה בדרך ובעוצמה, שבה מאירים את המוצרים. יש תלות בין הדרישות להארה ובין התפוקה או המכירות.

הבהיקות — מידת הסינוור (GLARE):

בהיקות ישירה (נורת ליבון ללא אהיל) או עקיפה (נורה פלואורסצנטית) גורמת ברוב המקרים לאי נוחות ובמקרים קיצוניים אף לעוררן זמני. אי הנוחות גורמת בד"כ עיי בהיקות נמוכה שאינה מתמשכת, הגורמת לעייפות ולכאבי ראש. מדד לה ערכת הבהיקות מנוסח במפרט IES TECH.REP 10. אך אינו מושלם.

נאמנות הצבעים

זהו מדד לנכונות השחזור של הצבע המקורי — בתאורה מלאכותית.

הדרישות בתחום זה שונות באורח קיצוני: בתאור רת רחובות או בתאורה בטחונת — מספיק להבחיין בצללים ואילו בבתי חולים ובגלריות אומנות — יש צורך בהבחנה חדה בין צבעים שונים וזיהויים המוחלט. נאמנות הצבע תלויה בסוג מקור האור.

מראה הצבע

זהו מדד שונה מהקודם. בעזרתו ניתן לטווג את האור לפי נטייתו הספקטרלית: הוא מגדיר באיזה תחום קרינה מרוכז מירב שטף האור.

קנה המידה להערכה נקרא „טמפרטורת צבע מתר אמת" (K°). מדד זה גבוה כשהתאורה קרובה לל-

מחירי האנרגיה הגואים והצורך הלאומי לשימור אנרגיה, הביאו להכרה כי „מינהל אנרגיה" הוא משימה חשובה בכל המוסדות והארגונים צרכני האנרגיה.

לצורך זה, נתנה הממשלה גיבוי חוקי רשמי; מפעלים ומוסדות שצריכת האנרגיה שלהם גבוהה, חייבים למנות אדם אחד שיהיה אחראי („ממונה מפעלי") על נושא החיסכון באנרגיה, גם בתאורה. אין זו משימה להנהלה בלבד. כדי לחסוך ולהתיעל, יש צורך בשיטות פעולה של כל הגורמים; הצוות ההנדסי, הצוות הכלכלי, הפקידות וצוות האחזקה בכל הרמות.

האנרגיה המוקדשת לתאורה, צריכה להחשב כי תשומה בייצור, כמו כל תשומה אחרת והשאפה ליעול והגברת הפיריון חייבת להוביל למסקנה, שגם בתאורה ניתן לחסוך.

מסקרים ומחקרים שנערכו בשנים האחרונות בתקני-מאור קיימים מסתבר, שניתן לחסוך בהם עד 30% מצריכת האנרגיה, מבלי לפגוע ברמת ההארה המומלצת לפי התקנים.

במאמר זה רוכזו מידע והדרכה, על רוב ההיבטים של חסכון אנרגיה בתאורה; הדרישות הטכניות, אתר גורמי הבזבז, העקרונות לחסכון, והערכות טכניות וכלכליות. נסקרו גם גודמי מפתח הקשור רים בחסכון הכספי האפשרי — כתוצאה מחסכון באנרגיה בתאורה — הודות להתערבות הגורם הניהולי.

הערכה גסה למידת היעילות של מתקן מאור, יכולה לתת לנו בדיקה פשוטה — מדידת עצמת ההארה המתקבלת והשוואתה להמלצות התקנים. התשובה המתקבלת אינה על השאלה „האם נצילות מתקן המאור גבוהה?" אלא מרמזת על התאמת התכנון למטרה. ברור שבחדר ניתוח חייבת להיות עצמת הארה גבוהה מאשר בבית קולנוע.

המדד הכמותי לרמת ההארה הוא הלוקוס (lux) השווה לשטף אור של לומן (lumen) אחד למטר רבוע. המלצת התקן 1977 (IES (CIBS) לשלוש רמות עיקריות — לפי המקום המואר — ממחישה את ההבדלים בדרישות וגם את פוטנציאל החסכון — אם מתאימים כהלכה את רמת ההארה לדרישות:

(מבוסס על החוברת —

Energy Effective Lighting Manual)

יורם ביק-מורה לחשמל במסלול להכשרה מקצועית של האוניברסיטה הפתוחה.

בן ("קר") ונמוך, ככל שהתאורה קרובה לוורוד
("חם") ;

מראה הצבע	טמ'פ' צבע מתואמת (CCT)
קר	> 5000° K
בינוני (פומר)	3300—5000° K
חם	< 3300° K

מראה הצבע משפיע על האוירה וחשוב במקומות
נסחרים.

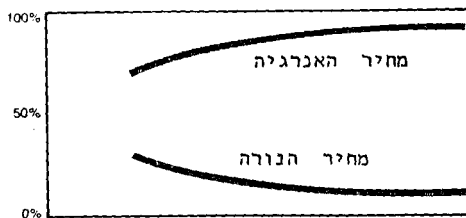
מרכיבי העלות בתאורה

לאחר שקבענו הערכה כללית להתאמת התאורה
לדרישות, מן הראוי לחקור, עבור מה אנו משל-
מים — איזה חלק מההוצאות הוא על אנרגיה ?
הבנת מרכיבי העלות, תורמת למאמץ לאיתור הור-
צאות מיותרות ומניעתן, משל „דע את האוייב“.
ניקה דוגמא פשוטה : נניח כי נורת ליבון רגילה
(230V 100W) עולה 7 שקלים. במשך 1000 שעות
חיייה הנקובות היא צורכת 100 קילוואטשעה. בהנ-
ייה שהתעריף הוא 70 אג' לקילוואטשעה, סה"כ
ההוצאה על אנרגיה חשמלית לתאורה — יהיה 70
שקלים (וסכום זה יגדל עם אורך חיי הנורה).

עלות הנורה כ-10% מסה"כ ההוצאה על תאורה
עלות האנרגיה כ-90% מסה"כ ההוצאות על תאורה
במשך 40 השנים האחרונות, עלה מחיר האנרגיה
בקצב מהיר יותר מעלית מחיר הנורה. באיור 1
מומחש הדבר מתוך מנגמת ההתבדרות של העקומות

איור 1

שינויים מקורבים במחיר הנורה (עקום התהון)
ובמחיר האנרגיה (עקום עליון) באחוזים, לפי חלקם
היהסי מהמחיר הכולל (לתקופה 1940—1980 באנגליה)
% מהמחיר הכולל



הזמן

כיום אנו מוציאים יותר כסף על החשמל מאשר על
מחיר הנורה, בהשוואה לשנים קודמות !

חסכון אנרגיה מתבטא איפוא, בחסכון כספי ניכר !
כדי להעריך כלכלית את מתקן התאורה, יש צורך
בניתוח מפורט יותר של מרכיבי העלות ; להכליל
את מחיר מתקן התאורה (מלבד הנורה), מחיר
ההתקנה (שכר עבודה וחומרים), מחיר החלפת
נורות ומחיר האחזקה (ניקיון ושכר עבודה עבור

החלפת הנורות). יש להבדיל בין הוצאות הון
לקניה והתקנה לבין הוצאות אחזקת המתקן.
בחינת כל מרכיבי העלות מראה
לנו שמרכיב האנרגיה הוא הבולט
מכולם.

תפקידו העיקרי של מינהל האנרגיה בתאורה —
לשנות את מרכיבי העלות הבודדים, ע"י שימוש
בציוד הארה יעיל יותר ו/או טכניקות חדשניות,
כדי להשיג אותה רמת הארה (או אף טובה ממנה)
עבור תצרוכת אנרגיה ומחיר נמוכים יותר.

הבדיקה מוכיחה, שהשקעה בהתייעלות אנרגטית
מצדיקה עצמה ותורמת ליעילות כלכלית ולחסכון
ההופך השקעה זו לרווחית. להלן שתי דוגמאות
(ע"פ נתוני המשק האנגלי, בחלקים יחסיים), זמן
פעולת שני המתקנים הוא 3000 שעות.

דוגמא א'

מתקן תאורה תעשייתי קיים (26.28 KW)
ואחרי הסבה (12.32 KW)

מידות האולם 60x40 מ'
רמת ההארה 300 LUX בשני המקרים

↓ 32.42%	69.15% מחיר האנרגיה
↓ 1.53%	1.97% מחיר האחזקה
↑ 8.54%	7.17% מחיר הנורות
↓ 9.92%	11.84% (מחיר ההון
↓ 7.67%	9.87% מחיר ההתקנה

בסה"כ חסכון של כ-40%

דוגמא ב'

מתקן תאורה מסחרי קיים (41.47 KW)
ואחרי הסבה (20.16 KW)

מידות האולם 50x30 מ'
רמת ההארה 500 LUX בשני המקרים

↓ 27.36%	56.28% מחיר האנרגיה
↓ 2.04%	3.05% מחיר האחזקה
↑ 5.87%	3.51% מחיר הנורות
↓ 24.43%	24.94% (מחיר ההון
↓ 9.16%	12.22% מחיר ההתקנה

בסה"כ חסכון של יותר מ-30%

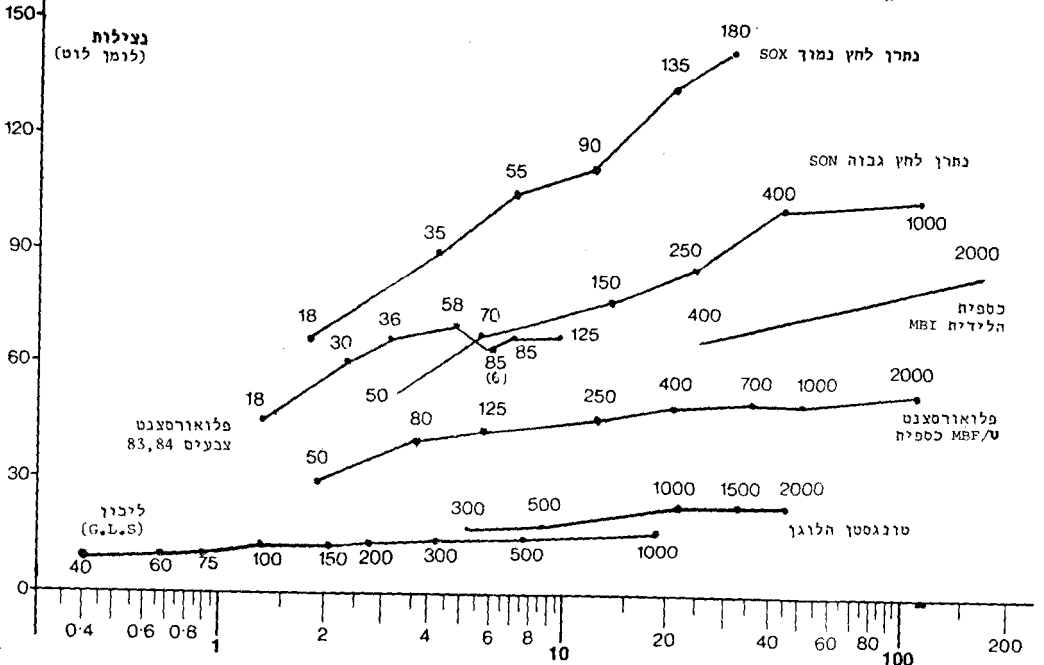
הניתוח ההשוואתי נעשה בהנחה שההשקעה היא
ל-5 שנים.

ששת העיקרים לחסכון אנרגיה בתאורה

לאחר שעמדנו על הקשר ההדוק שבין חסכון אנר-
גיה לחסכון בהוצאות ורמזנו כי הדבר אפשרי —
נעבור לסקירה של האמצעים להשגת המטרה ;

איור 2

נצילות מתקן המאור (כולל הרשת) בתלות בשטף האור המתוכנן עבור טיפוסים וסוגים עיקריים של גורות.



אלפי לומנים (מתוכננים)

ב. יש להשתמש ביעילות בתפוקת האור של הנורה

כלל זה מתייחס ליעילות של גופי תאורה. גוף תאור רה ומפזר אור, המתירים למירב שטף האור לעבור דרכם ולהגיע למשטח העבודה; תורמים להשגת חסכון אנרגיה.

גם הנורה היעילה ביותר לא תועיל, אם גוף ה"תאורה יחסום מעבר קרני אור, או יחזירם לתקרה. חשוב מאד לבחור כהלכה את מחזירי האור (או גופי-התאורה) עבור תאורת "הצפה" של שטחים או בנינים. יש להתאים פיזור האור לדרישה המיידית של המתקן. התאמה כושלת עלולה לגרום בזבוז אנרגיה וכסף ניכרים.

רצוי להקטין את הסתירה שבין המטרה התפקודית של גוף התאורה (הפצת האור) לבין המטרה האסתטית (יופי). יש להתאים את גובה תלית מקור האור (וגוף התאורה), למידה חדרושה של ריכוז האור ולסוג הנורה. הקפדה על גימור צבע באיכות טובה תורמת להגברת ההחזר מתקירות והתקרה ובכך לחסכון.

על גוף התאורה להתאים לתנאי הסביבה בהם הוא פועל. לחות, אורח מאכלת, טמפרטורה וחסינות מפני פגיעות מכניות והבלות מאלצים מבנה מיוחד של גוף התאורה. אם אינו עונה על הדרישות — סביר שיעילותו תפחת ולא יארכו

א. יש להשתמש במקור האור היעיל ביותר

עלינו לבחור מקור אור שמפיק שטף אור מירבי עבור הספק נתון ועונה על שאר הדרישות האיכר תיות. איור 2 מתאר השוואה של גורות חשמליות שונות, לפי נצילותן האורית.

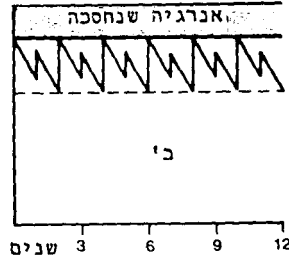
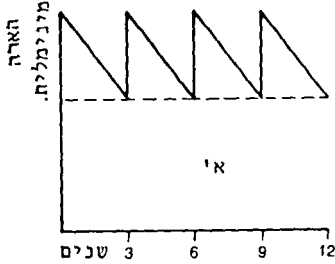
המספרים באיור (ליד העקומות), מציינים את הספק הנורה בווטים.

הנורה היעילה ביותר היא SOX (נתרן לחץ נמוך) והנורה הבזבזנית מכל היא נורת הליבון!

בעת תכנון מתקן התאורה, או בחינת מתקן קיים. יש להעדיף מקור אור ההופך את מירב האנרגיה לאור (בעל נצילות גבוהה). אסור לזנוח את שאר השיקולים בבחירת מקור האור — נורת נתרן לחץ נמוך (SOX) היא אמנם היעילה ביותר. אך גורמת לנאמנות-צבעים נמוכה ולכן — אינה מתאימה לחלוטין לתאורה פנימית. נורת הנתרן בלחץ גבוה (SON) היא בעלת נאמנות צבעים מניחה את ה"דעת ועדיפה על הפלואורסצנטית ששימשה בעבר (MBF/U). לאבחנה טובה בין צבעים, יש להשתמש בנורות כספית הלידית (MBI). בנורות ליבון רצוי להשתמש רק טחוסר ברירה (בחלונות ראוה — כאשר לנורה יש מחזירור מוכלל).

בחירה נכונה של מקור האור — לפי הדרישות — תתרום לחסכון ניכר באנרגיה.

השפעת תדירות הניקוי והחלפת הנורות על החיסכון.



את כל הנורות יחד ולשלב זאת בניקוי גופי התארה — הדבר חוסך שכר עבודה. הצטברות לכלוך ואבק עשויה להפחית את תפוקת האור בכדי $\frac{1}{5}$ במשך שנה אחת ויש להביא זאת בחשבון בעת התאמת גוף התאורה לסביבה. יש להעדיף מחזורי מאוורר, שהגישה אליו קלה.

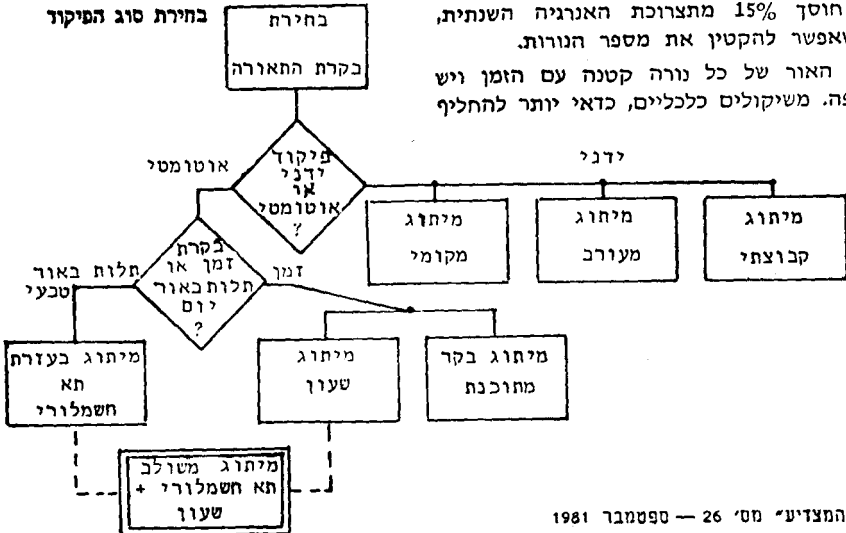
ז. העדפת תכניות התקנה חסכוניות

כל מחשבה מראש על חסכון אנרגיה בתאורה, מסייעת ליצירת מתקן יעיל יותר ומונעת הצורך בשינויים ואלתורים. אם מביאים בחשבון, בעת התכנון, את מערך האחזקה ומשטר הטיפול, ניתן להקטין את מספר מקורות האור. אם יש אור יום בשפע, צריך לאפשר הפסקה של חלק או כל הנורות, או לעמעם אותן. התכנון צריך להיות גמיש ולחזות מראש שינויים ביעוד המקום. רצוי לשלב כמה נורות בתוך כל גוף תאורה ולאפשר הפסקת חלק מהן ע"י מיתוג קבוצתי או בודד — בהתאם לרמת ההארה ביום.

ה. בקרה ושליטה על מיתוג מקורות האור

הדרישה הבסיסית לפיקוד היא פשוטה — "חבר את החשמל לתאורה כאשר היא נחוצה והפסק אותו כשאינה". אם הפיקוד ידני — האם ניתן איור 4

בחירת סוג הפיקוד



ימיו. יש להקטין ככל האפשר את הפסדי ההספק הפעיל על משקלים, אמצעי מיתוג ועמעמים.

רצוי להתאים את נפח גוף תאורה, שבו מותקנות שופרות פלואוריסצנטיות, לסמפרטורה החיצונית (עם או בלי מיוזג אויר). תפוקת האור נורטה לרדת כאשר טמפרטורת הסביבה עולה על 30°C או יורדת מ- 20°C . אם יש מיוזג אויר מרכזי ניתן להשתמש במפזרי האויר של גופי התאורה — ככניסות אויר ובכך לקרר את הנורות, להסיר אבק ולמנוע הצטברותו.

ג. שמירת תקינות ציוד התאורה — אחזקה נכונה

מתקני תאורה פועלים ביעילות, רק כאשר מתחזקים אותם כהלכה. אחזקה לקויה או חסרה והצטברות לכלוך ואבק מפחיתים את תפוקת האור.

במתקני תאורה קיימים, אפשר לחסוך בהוצאות, ע"י שינוי משטר האחזקה, כפי שמתואר באיור 3; איור 3 א' אפייני למתקן, שבו גופי התאורה מנוקיים והנורות מוחלפות כל 3 שנים. איור 3 ב' מתאר שינוי במדיניות האחזקה, גופי התאורה מנוקיים מדי שנה, אך הנורות מוחלפות כל שנתיים. הדבר חוסך 15% מתוצרת האנרגיה השנתית, מפני שאפשר להקטין את מספר הנורות.

תפוקת האור של כל נורה קטנה עם הזמן ויש להחליפה. משיקולים כלכליים, כדאי יותר להחליף

לסמוך על „הגורם האנושי” שיפעיל את התאורה בהתאם לצרכים?

תרשים הזרימה שבאיור 4 יסייע בבחירת סוג הפיקוד המתאים — לפי המענה על השאלות הנופיעות בתוך המסגרות המעויינות:

בעת התכנון יש לשאול השאלות הבאות:

1. האם עדיף להתקין מיתוג שעון או מערכת מיתוג מתוכנתת, כדי להבטיח שהתאורה תופעל זמן קצר לפני תחילת העבודה ותופסק זמן קצר אחרי סופה?

2. האם רמת הארה מוקטנת מספיקה למלאכות שמחוץ לשעות העבודה (נקיון או השלמת אספ' קה)?

3. איזה שטחים או אזורים, ראוי לחבר לפיקוד אוטומטי של תא פוטו-אלקטרי, למיתוג התאורה בהתאם לרמת ההארה בחוץ (אור טבעי)?

4. האם ניתן למתג בנפרד תאורה הקשורה לעי סוק ייחודי, כאשר השאר מואר באופן כללי?

5. האם עונתיות העסק משפיעה על מיתוג ה-תאורה (שטחי מכירות ואחסנה, חלונות ראווה ביום ובלילה וכו')?

אלה רק מקצת מן השאלות. באיור 4 לא הובאו כל הצירופים האפשריים למיתוג התאורה, כמענה על השאלות הנ"ל או אחרות. דוגמה אחת לשילוב מוצלח וחסכוני — צירוף של שעון עם תא הש-מלורי (פוטו-אלקטרי), הצירוף מבטיח שהתאורה תופעל בהתאם לרמת ההארה בחוץ אך לא מעבר לזמן שהוקצב, בתלות בעונה ובמשך הפעילות.

י. התחשיבות בתכנון פנים המבנה

פנים המבנה יכול להשפיע באופן משמעותי על היעילות האנרגטית של מתקן התאורה. ככל שצבע הקירות והתקרה בהיר יותר, כך גם כמות האור המוחזרת מהם רבה יותר. משום כך, דרושה כמות אנרגיה קטנה יותר, לחדר בהיר, מאשר לחדר כהה, עבור אותה רמת הארה.

ברור, שאם גוף התאורה מרכז אור לכוון משטח העבודה, פוחתת התלות בהחזר מהתקרה ומה-קירות.

הערכת הנצילות האנרגטית של מתקני תאורה

תצרוכת האנרגיה של מתקן תאורה תלויה בשני גורמים:

א. העומס המחובר (ההספק ב-KW)

ב. זמן השימוש (בשעות)

מדד היעילות הכלכלית של מתקן תאורה, מתאר את ההספק הדרוש בפועל להשגת רמת הארה מסויימת, יחסית לרמה תקנית הנחשבת כיעילה.

$$\text{מדד יעילות אנרגטית} = \frac{\text{ערך דרוש}}{\text{ערך בפועל}} = \frac{W/M^2/100 \text{ Lux}}{W/M^2/100 \text{ Lux}}$$

מדד זה מתאר, כמה וטים צריך, כדי לספק הארה של 100 לוקס לכל מ"ר — בהשוואה לגודל ה-מומלץ.

המשימה היא, להתקרב למנה 1, ע"י שימוש בכל הכללים לחסכון: מקור אור בעל נצילות גבוהה, גוף תאורה מתקדם ותכנית הארה קפדנית. הגדלת נצילות מקור האור משפיעה ישירות על הקטנת העומס הדרוש בפועל — עבור אותה רמת הארה, ותורמת לחסכון.

ניתן לסכם את תחומי השתנות המדד האנרגטי בשלוש רמות:

ניתן לחסוך מעט ≥ 0.75

יש מקום לחסכון, רצוי לבדוק המתקן $0.51-0.74$

יש מקום רב לחסכון, דרושה פעולה מיידיית! ≤ 0.51

הערכת בזבוז האנרגיה במתקן קיים, מתקבלת מהפחתת הערך הגבוה האפשרי (בסביבות 1) מה-ערך המעשי של מדד היעילות האנרגטית.

לדוגמא:

למתקן מסויים יש מדד יעילות אנרגטית 0.5.

עומס מותקן כולל 500 KW.

שעות פעולה בשנה 3000.

מחיר אנרגיה ממוצע (משוער) 80 אג' לקוט"ש.

הבזבוז יהיה:

$$600,000 = 0.8 \times 500 \times 3000 \times (1.0 - 0.5)$$

כלומר, 600,000 שקל מבזבזים מדי שנה על תאר-רה לא יעילה.

אמזן כלכלי

למרכיב האנרגיה חלק עיקרי בהוצאות לתאורה. המתקן שנצילותו האנרגטית משופרת, יהיה ברוב המקרים גם החסכוני ביותר בהוצאות, למרות זאת קיים הצורך לקביעת הערכה כלכלית;

יש לבדוק את ההוצאה הדרושה לייעול המתקן הקיים בעיניים כלכליות — כפרוייקט השקעה. יש לבחון אם החזר על השקעה זו באמת „מכסה” אותה. במיוחד בתקופה שבה האינפלציה גבוהה.

השקעה מחדש של הסכומים הנחסכים, בחסכון אנרגיה נוסף במפעל והכרה בהוצאות להגברת החסכון כבהוצאות עסקיות (הוצאה ליצירת הכנסה), מפחיתים את נטל המס על הרווח שנוצר מהחסכון.

כפי שציינתי במבוא; מנהל החסכון של גוף צורך אנרגיה צריך למנוע בזבוז בדרך של הקטנת הוצאות. הדבר מושג רק מתוך שיתוף פעולה הדוק בין כל הגורמים במפעל, במוסד או בבית העסק.

דרושה גמישות של מערכת התיקוב, עליהם לה-יות מוכנים להשקעה לא גדולה בהווה, עבור חסכון ניכר בעתיד. הגדלת סעיף האחזקה, הקניה או ההשקעה בציוד כה"כ ההוצאות, שקולה כנגד החסכון המובטח בעתיד, במיוחד כאשר מחירי האנרגיה נוטים רק לעלות.

איור 5

שלושת התחומים בהם עוסק מינהל אנרגיה בתאורה.



באיור 5 מתוארים (בדרך סכמטית) שלושת חמגי-זרים הראויים לתשומת לב:

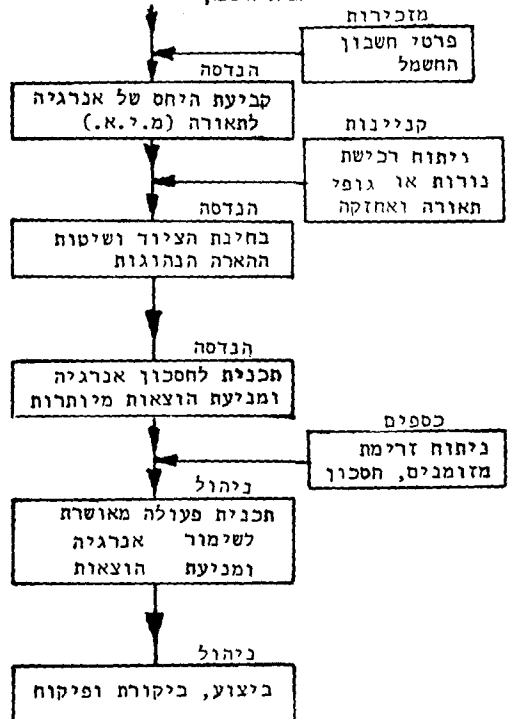
קביעת מידת היעילות של מקור האור היא מלאכה מורכבת בה משתתפים גורמים משטחים שונים: אנליטי, תכנוני-הנדסי ומעשי.

איור 6 מתאר, בעזרת תרשים מלבנים, את תהליך קביעת יעילות המתקן (פרוט של תיבה 2 באיור 15).

צת אנשים האחראים למניעתו. לעתים עדיף ל- השתמש באמצעי מיתוג אוטומטיים לתאורה כל- לית, במקום לסמוך על "הגורם האנושי" כפי ש- הוסבר קודם. רבות הן הדוגמאות, בהן סוללה כב- דה של נורות מופעלת ע"י מפסק אחד ממקום אחד — יש להמנע מכך ולאפשר שינוי החיווט וגמישות ההתקנה כדי לענות על צרכי התייעלות או שינויים בתפקוד המבנה. יש לראות מראש את הצורך בפיתוח או בשינויי מקום במערכת.

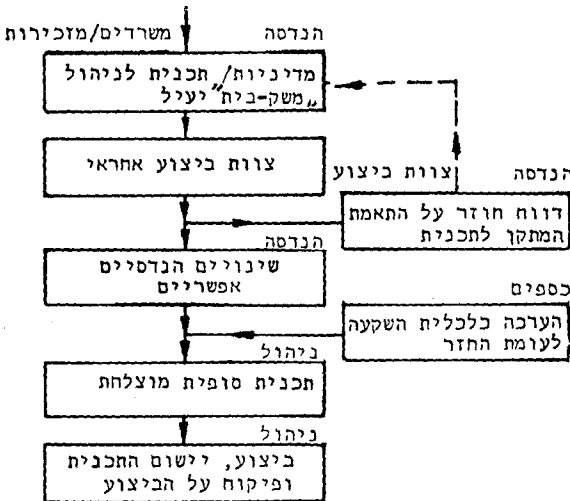
איור 6

תהליך קביעת יעילות מתקן המאורה והתוית חכנית היסכון



איור 7

משק בית יעיל בתאורה



איור 7 מתאר, באופן סכמטי, "ניהול משק בית" יעיל בתאורה, הדבר מדגיש שוב את הצורך בשי- תוף הפעולה הבין-מחלקתי ואת תפקידו של הגורם המתאם — "הממונה המפעלי".

דרג הניהול מתווה תכנות לניהול "משק בית" יעיל בתאורה, התאורה חייבת לפעול, רק כשהיא נחוצה ולהיות כבויה בשאר הזמן. בזבז חשמל וכסף קיים לעתים, מפני שאין אדם אחד או קב-

סוללות קבלים - להספקת אנרגיה ראקטיבית ושיפור מקדם ההספק - בקוי החלוקה העיליים

22 ק"ו של חברת החשמל

ד"ר ת. קמיל

האופטימלי במערכת החלוקה מ.ג., וכן תוצאות המדידות הנ"ל, הראו שיש מקום לשיפור משמער תי של מקדם ההספק בקוי החלוקה מ.ג. של החברה.

תאור בדיקות טכניות-כלכליות

הבדיקות התבצעו ב-2 מישורים במקביל:

א. במישור טכני, שכלל בדיקות השיטות הקיימות, סוגי הציוד הקיימים בשוק ואפשרויות התאמתם לתנאים שלנו מבחינת התקנה, תחזוקה ותפעול. הבדיקה הקיפה כמות מייצגת של חברות חשמל ויצרני ציוד בחו"ל, תוך התכתבות ענפה איתם ובדיקות בנושאי תכנון, התקנה, תחזוקה ותפעול.

ב. במישור כלכלי, שכלל איסוף מידע על מחירי הפריטים השונים ומרכיבי העלויות, וכן ניתוחים והשוואות בין האפשרויות השונות מבחינה כלכלית.

לאור התוצאות של מדידות ההספקים ביציאות של קוי חלוקה מ.ג. — נבחרו דגמים מתאימים של מערכות חלוקה שמהם נלקחו הנתונים הדרושים לניתוח טכני-כלכלי.

נבדקו האפשרויות הבאות לאספקת אנרגיה ראקטיבית:

א. באמצעות סוללות קבלים למתח גבוה המותקנות על עמודים של קוי מתח גבוה.
ב. באמצעות סוללות קבלים למתח נמוך המותקנות על עמודים של קווי מתח נמוך ליד שנאי החלוקה.

כל אלה נבדקו תוך השוואה לשיטה הנוכחית — סוללות קבלים למתח גבוה המותקנות בתחנות משנה.

להלן הגורמים שנלקחו בחשבון בהשוואות הכלכליות הנ"ל:

- עלות הרכישה וההתקנה של סוללות הקבלים.
- החיסכון הנובע מהקטנת איבודי הספק במערכת הודות לחיבור סוללות הקבלים.
- החיסכון, הנובע מהקטנת איבודי אנרגיה במערכת, הודות לחיבור סוללות הקבלים.
- החיסכון, הנובע מהקטנת ההעמסה של אמצעי ההובלה של המערכת כתוצאה מחיבור סוללות הקבלים.

במסגרת הפעילויות של חברת החשמל להספקת אנרגיה ראקטיבית ולשיפור מקדם ההספק של מערכת האספקה, נבדקה — ביחידת הרשת הארץ-צית של החברה — האפשרות להספקת אנרגיה ראקטיבית באמצעות סוללות קבלים אשר יותקנו בקוי החלוקה.

מאמר זה דן בבדיקה עבור מערכת חלוקה עילית 22 ק"ו.

בדיקות טכניות-כלכליות שנעשו בנדון הראו, שעבור מערכת חלוקה עילית 22 ק"ו, השיטה הוולה ביותר להספקת אנרגיה ראקטיבית היא באמצעות סוללות קבלים 24 ק"ו המותקנות על עמודים של קוי חלוקה למתח גבוה (נקרא להן כאן: סוללות קבליקו 24 ק"ו).

שימוש זה בסוללות קבליקו אינו קיים עדיין במערכת החלוקה הישראלית, אך הוא מקובל בארצות צפון אמריקה. לאור תוצאות סקרים שונים ובדיקות טכניות-כלכליות, החליטה חברת החשמל לרכוש כמות ניסיונית של 20 סוללות קבליקו 24 ק"ו — כל אחת להספק ראקטיבי של 1.8 מגווא"ר.

בדיקת מקדם ההספק ביציאות של קוי חלוקה מ.ג.

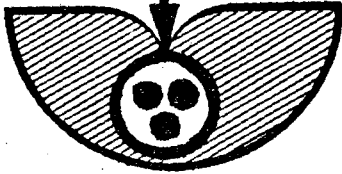
בעקבות ההחלטה לבדוק את האפשרות לייצור אנרגיה ראקטיבית ולשיפור מקדם ההספק של מערכת האספקה באמצעות סוללות הקבלים, הוזכרו לעיל, נוצר צורך לאסוף מידע על המצב הקיים של מקדם ההספק ביציאות של קוי מתח גבוה.

לשם השגת מידע זה נערכו מדידות של הספקים אקטיביים וראקטיביים ביציאות של קוי מ.ג. שהם אופייניים לסוגים שונים של הצריכה (צריכה ביתית; צריכה ציבורית ומסחרית; ישובים חקלאיים; תעשייה קלה; תעשייה כבדה; משאבות מים). מדידות אלה בוצעו ב-12 קוי מ.ג. סמוך לתקופת שיא העומס בקיץ וכן סמוך לתקופת שיא העומס בחורף. ממדידות אלה התקבלו עקרי מות ופרמטרים אופייניים של העמסת קוי מ.ג. מידע זה שימש בסיס לקביעת משטר העבודה של סוללות קבלי קו מ.ג., אשר ניתוגן יבוצע באמצעות שיעון פיקוד.

תוצאות הישובים שנעשו לקביעת מקדם ההספק

ד"ר ת. קמיל — הרשת הארצית, חברת החשמל.

בדקן כבל



**בדיקת כבלים
קביעת מקומם בשטח
אתור מקום התקלה**

מרקו אלקלעי - מהנדס חשמל

ת.ד. 27154, יפו 61271

טלפון: 821661

למידע נוסף סמן מס' 282

שרות פרסומי לקוראים

למעוניינים במידע נוסף!

כדי לקבל מידע נוסף:

1. סמן בדף השרות הפרסומי את מספרי המודעות בהן יש לך ענין במידע נוסף.
2. מלא את שמך וכתובתך, בכתב יד ברור בכל משבצת מהמודעות שסימנת.

3. שלח את דף השרות (בשלמותו) לפי כתובת המערכת:

מערכת „התקע המצדיע“

ת.ד. 8810

חיפה 31087

הפרטים יישלחו למפרסם המודעה, אשר ימציא לך מידע נוסף הנמצא ברשותו.

„אוריון“

**חשמל לתעשיה
מבנים ורשת**

שותפות לבצוע ואחזקת

מתקני חשמל

טבריה ת.ד. 457

טל. 6-92455 (067)

- תאורת רחובות, גן ובטחון
- מקלטים ומבנים
- רשתות ותעשיה.

למידע נוסף סמן מס' 283

לתשומת-לב המפרסמים!

לנוחיות כל אלה, המעוניינים במסירת חומר-פרסומי לכתב-העת שלנו הננו מצרפים מחירון לרכישת מקום לפרסום.

שטח עמוד נטו:

גובה — 20 ס"מ

רוחב — 13.5 ס"מ

המחיר:

1 עמוד — 1000 שקל

1/2 " — 600 שקל

1/4 " — 300 שקל

לא כולל מ.ע.מ.

ההדפסה היא באופסט

(אין צורך בגלופות)

באם הנך מעונין בפרסום מודעה בגליון הקרוב של עתוננו, שלח דוגמה ממנה לפי כתובת המערכת.

שרות פרסומי - דף למידע נוסף

284	283	282
שם	שם	שם
כתובת	כתובת	כתובת
287	286	285
שם	שם	שם
כתובת	כתובת	כתובת
290	289	288
שם	שם	שם
כתובת	כתובת	כתובת
293	292	291
שם	שם	שם
כתובת	כתובת	כתובת
296	295	294
שם	שם	שם
כתובת	כתובת	כתובת
299	298	297
שם	שם	שם
כתובת	כתובת	כתובת
302	301	300
שם	שם	שם
כתובת	כתובת	כתובת
305	304	303
שם	שם	שם
כתובת	כתובת	כתובת
308	307	306
שם	שם	שם
כתובת	כתובת	כתובת

חברת החשמל לישראל בע"מ
רח ז'בוטינסקי 42 ראשליצ
דצמבר - לנואר 1961
חשבון

מספר הצרכן
012

חשבון החשמל?

מספר חודשי
מספר חודשי
מספר חודשי

שדה בנק ישראל

מספר חודשי
מספר חודשי
מספר חודשי

הנך מתבקש לשלם חשבון זה עד חשבונוך יוגש לבנק. שאם לא כן תחויב בדמי גבייה/רבות בנקים נמחרת מעבר לחשבון. בתום 5 ימים מתאריך זה תהיה צפוי לנתוק החשמל, והנראה לא תשלחו.



חברת החשמל מציעה לך לשלם את חשבון החשמל מחשבוך בבנק באמצעות הוראת קבע. זה כדאי.

■ אתה חוסך זמן ועמידה בתור. ■ אינך צריך לחשוש מניתוק חשמל במקרה ולא שילמת את החשבון במועדו. ■ לא תשלם דמי גבייה אם שכחת לשלם את החשבון בזמן. ■ תהנה מהקטנת התשלום על חשבון הצריכה השוטפת. ■ החשבון ישלח לביתך כרגיל. ■ ותוכל לבדוק ולבקר אותו. ■ חשבונוך יחוייב רק לאחר 10 ימים מיום הוצאתו.

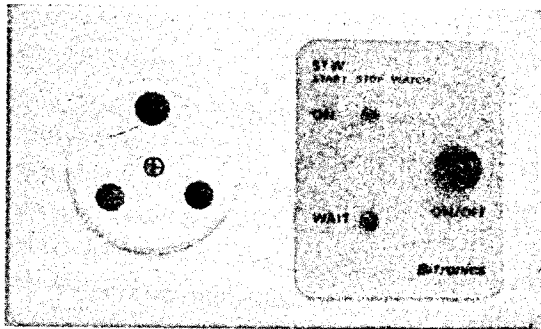
הצמריך גם אתה לי 220.000 צרכנים שכבר נהנים מהסדר נוח זה. זה כדאי.

כימים אלה נשלחים לצרכנים מפסי הרשאה לחיוב חשבון. באמצעות טופס זה תוכל לתת הוראת קבע לסניף הבנק שלך. לתשלום חשבון החשמל.

תודה. חברת החשמל לישראל

STW-START STOP WATCH

יחידה לבקרה ולהגנה על מזגנים



סדרת ה-STW מתוצרת "ביטרוניקס" מיועדת לחסכון באנרגיה והגנה על מזגני חלון. ביסודו מחליף ה-STW את לחצן ה"סטרט-סטופ" הקונבנציונלי ("ריליין"). אולם, בנוסף לעצם תכונת ה"סטרט-סטופ" נחן ה-STW בתכונות הבאות:

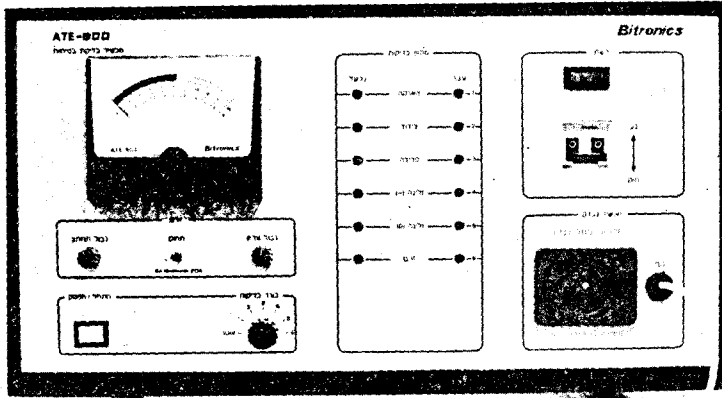
- * השהייה: ה-STW לא מאפשר להפעיל מחדש את המזגן במשך פרק זמן מסוים (למשל 4 דקות), הניתן לתכנות ע"י המשתמש, לאחר הכיבוי. תכונה זו באה למניעת הפעלת המזגן בטרם התאזנו הלחצים לאחר הפסקתו.
 - * הגנה אחרי הפסקת חשמל: הפעלה מדורגת של כל המזגנים לאחר חזרת הרשת.
 - * הפסקה עצמית אוטומטית: ה-STW מפסיק את המזגן אוטומטית לאחר פעולה רצופה במשך פרק מסוים (למשל שעה אחת), הניתן לתכנות ע"י המשתמש. תכונה זו באה לחסוך אנרגיה במקרים שבהם פעולת המזגן אינה נחוצה, כגון:
 - המזגן נשאר דולק בחדר ריק;
 - הטמפרטורה בחדר נוחה ואינה מחייבת הפעלת המזגן מחדש;
 - שכחו את המזגן עובד בתום יום עבודה.
 - * הגנה בפני שינויי מתח רשת: ה-STW מפסיק את המזגן אוטומטית בכל מקרה שמתח הרשת נמוך יותר מ-195 וולט או גבוה יותר מ-253 וולט.
 - * לחיצת הפעלה: הפעלת המזגן מצריכה לחיצה "מפורשת" על לחצן "הפעל".
 - * חיויי ואינדיקציה: שתי נוריות LED מציגות למשתמש את מצב המזגן:
 - נורית אדומה (WAIT) - המזגן בהמתנה;
 - נורית ירוקה (ON) - המזגן בפעולה.
 - * מיתוג סטטי: המערכת משתמשת במיתוג סטטי אלקטרוני להפעלת המזגן.
 - * החשת הזמן: לצורך בדיקת המערכת או לצורך הדגמתה, ניתן להחיש את פעולת המערכת פי 60.
 - * תכנות: המערכת כוללת אפשרות לקבוע את זמני ההשהייה בהפעלה ובהפסקה בצורה פשוטה ונוחה.
 - * התקנה: התקנת המערכת פשוטה ביותר: לאחר התקנת הקופסא על הקיר, יש לחבר שלושה חוטי הזנה (פאזה, אפס וארקה) למהדקים המסומנים. ה-STW ניתן להזמנה במגוון אפשרויות התקנה: מעל הטיח ומתחת לטיח, וכן עם או בלי שקע.
- ** ניתן להזמין את היחידה מותאמת גם למפוח נחשוך (Fan & Coil).

גד טכנולוגיות בע"מ

רח' דבנה 30 תל אביב 64920. טל. 253942 (03)

ATE-900

מערכת בדיקת בטיחות חשמל



מכשיר בדיקה יחיד מסוגו בעולם, מתוצרת "ביטרוניקס", מיוצר בטכנולוגיה חדישה של דור המחשבים המבוטסת על אלקטרוניקה ספרתית. בדיקה אוטומטית, אמינה ומהירה של הפרמטרים הבאים:

- רציפות הארקה.
- התנגדות הבידוד.
- כושר הבידוד (פריצה).
- זרם הזליגה לפאזה.
- זרם הזליגה לאפס.
- זרם עבודה.

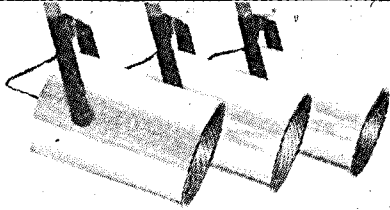
הבדיקות הן בהתאם לדרישות תקן 900 של מכון התקנים למכשירי חשמל.

- * הבדיקות בפורמט זמנים קבוע ואחיד והזמן ניתן לשינוי לכל בדיקה.
- * אינדיקציה מיידית ל"עבר-נכשל" לכל בדיקה.
- * אפשרות לבצוע ידני לכל בדיקה בנפרד.
- * תפעול המכשיר אינו דורש בכל מקרה, מגע יד אדם בעת הבדיקה.
- * בורר זרמי עבודה.
- * אופציה לחיבור מדפסת.
- * חסינות לרעשים חשמליים.

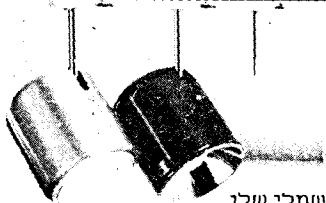
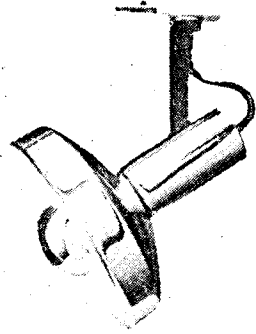
המכשיר מתאים ליצרני מכשירי חשמל, בתי מלון, בתי חולים, קבוצים, מפעלי תעשייה וכדומה.

גד טכנולוגיות בע"מ

רח' דבנה 30 תל אביב 64920. טל. 253942 (03)



**אור
חדש
בגעש**



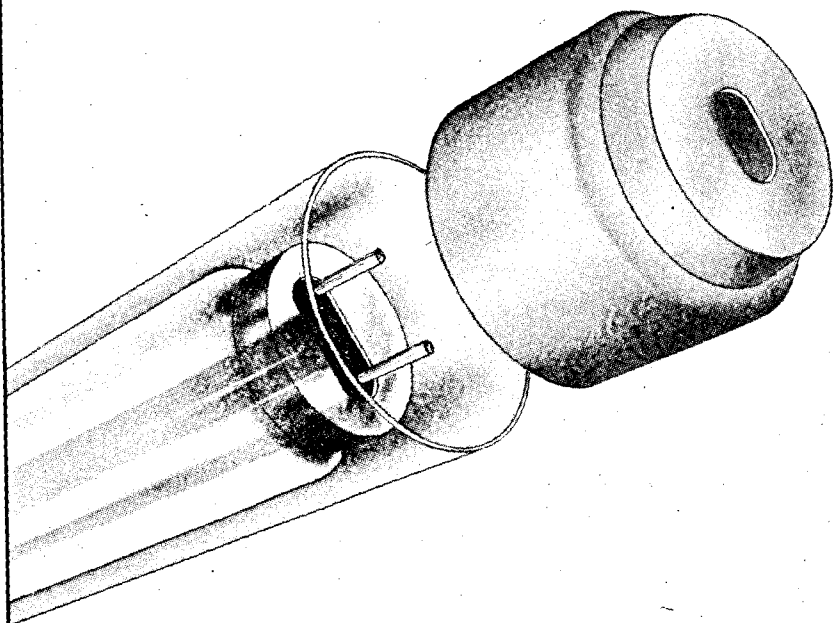
פסי-צבירה וספוטים

געש משלים את המעגל החשמלי של
עם פסי צבירה וזרקורים (תלת-פאזיים
וחד-פאזיים).

מעטה תוכל לציין בהזמנה:
פסי צבירה וספוטים יחד עם גופי תאורה
אחרים של געש, לנוחותך המלאה.

קיבוץ געש 60950, טל. 052-789858
מוצרי תכנן רח' הארבעה 8, ת"א,
טל. 03-268251, ובכל מרכזי תכנן בארץ.
אזור הצפון: זוגר אור מפרץ וויפה,
חול מוסך חושי, טל. 04-932137

מכעלי תאורה
געש 

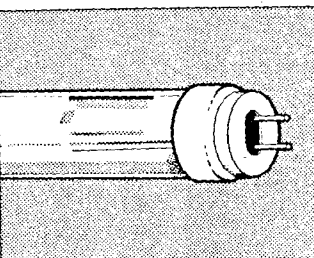


שפופרות-מגן לנורות פלואורסצנטיות

היא עשויה מפולי-קרבונט
גמיש וניתנת לשימוש חוזר.

שפופרות-מגן של געש
מונעות גם פגיעה אפשרית
בעובדים או בלקוחות
וחוסכות לך תשלום פיצויים
מיותר.

שפופרות-מגן אלו אושרו
ע"י המחלקה למזון ולתרופות
של ממשלת ארה"ב.



אם אתה בעל מסעדה,
בעל מפעל למזון
או לתעשיות עדינות אחרות —
עליך לשמור על מוצריך
מפני שברי זכוכית
ומפני חומרים כימיים הטמונים
בגוף הנורה הפלואורסצנטית.

שפופרות-מגן של געש
על כל נורה פלואורסצנטית
מגינה עליה מפני מכות קלות
ומונעת התפוררות רסיסי הזכוכית.

נוכח¹ תאורה

געש

קיבוץ געש 60950, טל. 052-78985*8.
מוצרי חכן. רח' הארבעה 8, ת"א,
טל. 03*268251, ובכל מרכזי חכן בארץ.
אזור הצפון: זהר' אור מפרץ חיפה,
מזל מוסך חושי, טל. 04*932137.



רק בטבע
תמצא מקור כוח
אמין יותר
מאשר **Onan**



גישה זו של "מערכת מורכבת" מאפשרת לנו להציע לך אחריות ממקור אחד בלבד, דבר אותו לא תקבל מאלה האוספים את כל הרכיבים מיצרנים שונים ומרכיבים אותם יחד. **אמינות** — הבאה לידי ביטוי בארגון מכירות, שרות ואספקה שוטפת של חלקי חילוף. **אמינות** — הינה תוצאה של נסיון מתמשך של למעלה מ-50 שנה של פעילות.

רק כוחו של הטבע אמין יותר מ"ONAN".

האמינות — של ONAN היא שעושה את ההבדל. **אמינות** — במערכות כח לשעת חרום ובמערכות כח ניידות, בתחום הספקים של 1.5 קילוואט עד 4.0 מגאוואט. **אמינות** — היא המטרה של מחקר ופיתוח מתמשך לגילוי צרכי לקוחותנו. **אמינות** — זהו היעד אליו מופנות סדרות הבדיקות הקפדניות של המוצר, ברמת הרכיב הבדוד ועד ל"מערכת המורכבת".

נציגים בלעדים: א.מ. הנדסה בע"מ. שדי רוטשילד 15 ת"א טל' 652010, 653848

Onan

למידע נוסף סמן מס' 288

'AARDING'

ציוד להארקה



- יעילות
- אמינות
- בטיחות
- שרות

המשוק

אטקה בטח

בני ברק רח' בר, מוכנא 6 טל': 03-707146
סניף חיפה: רח' השייש 3 טל': 04-740801

למידע נוסף סמן מס' 290

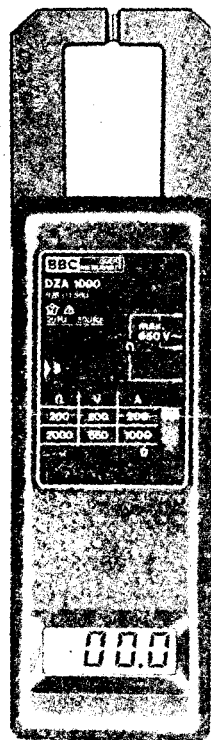
חברת ישראנוקס בע"מ

רח' ארלוזורוב 25, תל אביב ת.ד. 6014 מיקוד: 62-488
טלמון: 03-248213-4-5 טלפקס: 03-2266

BBC GOERZ

BROWN BOVERI

צבת דיגטלי



למידת זרם
עד 1000A
מתח חילופין
עד 650V
התנגדות
בדיוק של 0.1Ω

מהמלאי!

מחיר 285 דולר
לא כולל מ.ע.מ.
כמו כן:

מד כופל

הספק נייד (צבת) מד הספק

נייד (צבת)

מכשיר מדידה ורישום בידיים, לוחות למדידת זרמים ומתחים בכל התחומים, שבאי זרם, מתמרי מתח וזרם, מודדי טחכרטורה, רשמים לטחכרטורה, מודדי התנגדות בידוד והארקות.

למידע נוסף סמן מס' 289

SACE סַע'ה

מפסק זרם נובומקס חדש

G 2

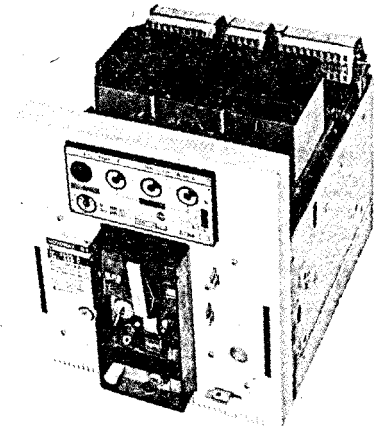
מתח עד 660 וולט

1250, 1600, 2000 א'

380 וולט, 50 קא'

סימוני אזעקה שונים
להפעלה מוגנטית או תרמית

מגוון של נעילות וחיגורים



סניף אזור הצפון:
רח' השיש 3, חיפה.
טל. 04-740801

המשווק

אטקה בטח

בני ברק רח' בר כוכבא 6 טל: 03-707146

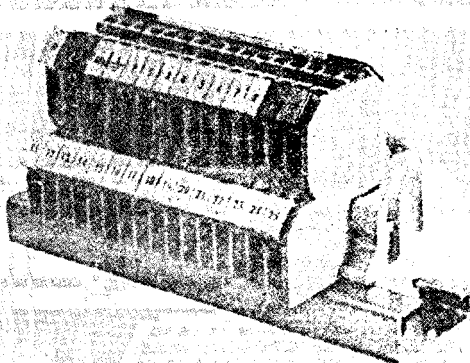
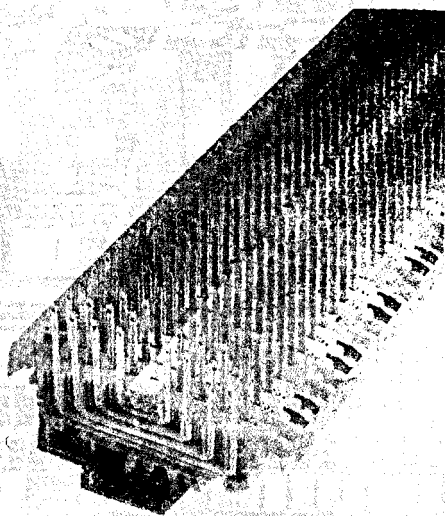
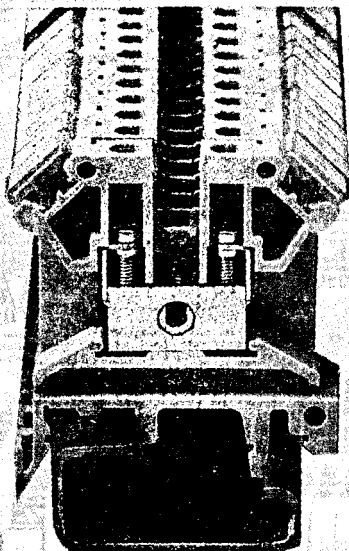


Phönix Terminals

פְּנִיקְס

...of copper plus ideas

המהדק האידיאלי



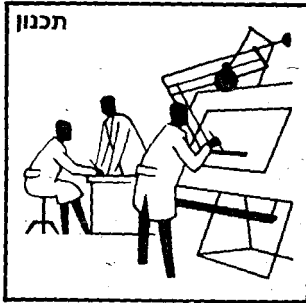
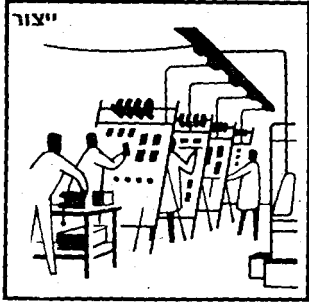
- * להרכבה מהירה
- * על שלושת סוגי מסילות DIN
- * לזרם חזק עד 240 ממ"ר
- * לאלקטרוניקה
- * לתעשייה הכימית
- * לאזורים נפיצים (Ex)
- * להברגה, הלחמה, לחיבור בתקע
- * ובנוסף: כרטיסים למעגלים מודפסים

סניף אזור הצפון:
רח' השיש 3, חיפה.
טל 04-740801

המשוק

אטקה בטח

בני ברק רח' בר כוכבא 6 טל: 03-707146



**אמינות
איכות
אחריות**

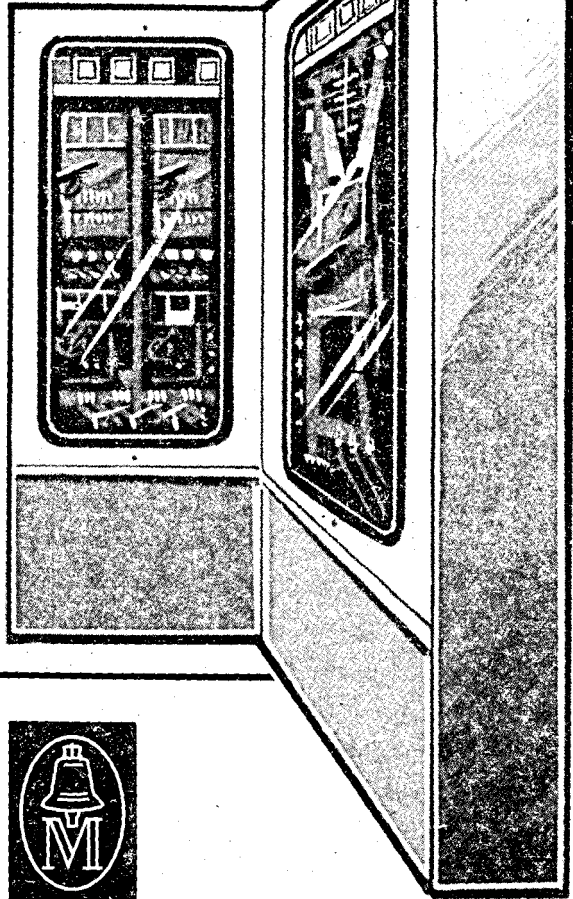
* מגבילי זרם קצר מגבילים ומקטינים

שני גורמים מסכנים את המיתקן
כאשר עובר בו זרם הקצר והם:

1. התחממות יתר העלולה לגרום לשריפה.
2. כוחות דינמיים העלולים לגרום נזקים חמורים לחיבורים לחוטים ולפסים.

שני הגורמים האלה עלולים להרוס את המתקן ולגרום לאסון.

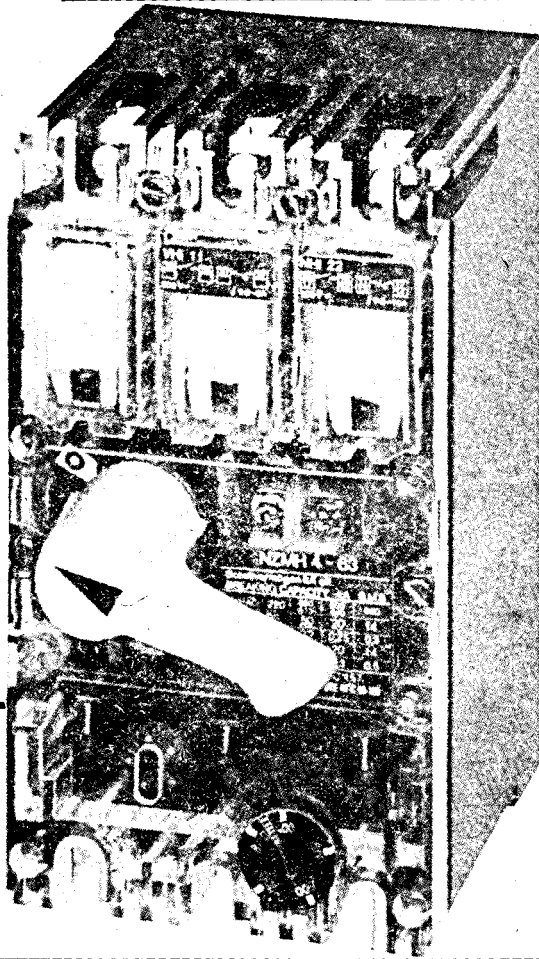
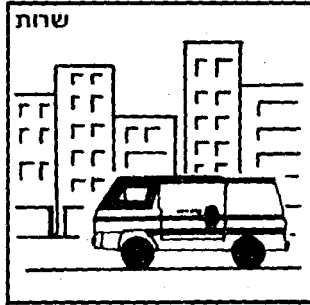
היקף ההרס תלוי בגודלו של הספק הקצר.



קצנשטיין, אדלר ון תל-אביב, דרך פתח-תקו

הנדסה אלקטרו מכנית חיפה בע"מ.
לוחות והנדסת חשמל כפר-סבא בע"מ.
קדקו בע"מ.
ק.מ.ק. הנדסת חשמל בע"מ.
ק.א. אלקטרו-מכניקה באר שבע בע"מ.





KLÖCKNER-MOELLE
זקים למיתקן!

מגביל הזרם
מקטין את
הספק הקצר
ל-1/4!

★ מגבילי זרם קצר NZMH

NZMH4 ■ NZMH6 ■
NZMH9 ■ NZMH11 ■

ת' בע"מ
37, טלפון: 614668

יפה. _____ טל. 04-532175-6-7
פר סבא. _____ טל. 052-24003
שקלון. _____ טל. 051-26719
ושלים. _____ טל. 02-536332
ארשבע. _____ טל. 057-35916

צנורות פלסטיים שרטוריים תקניים



לחוטי חשמל וטלפון בבנין
מתאימים לתקן 728

וולטה כף שרשורי

להתקנה ביציקות בטון
מתחת לריצוף. מתכופך בקלות

וולטה גל לא בווער

להתקנה בגגות, רעפים,
מחיצות, תיקרות כפולות
ובכל מקום בו דרוש צינור
לא בווער תיקני

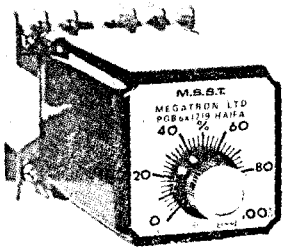
וולטה גל

להתקנה בקירות ובירידות
ממנורות וקופסאות,
שומר על הקוטר בסיבוב,
מתכופך בקלות.



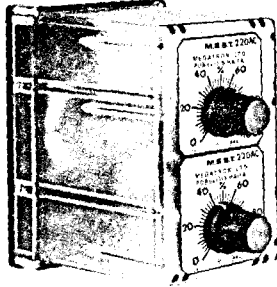
וולטה כרמיאל

משרד: ת.ד. 2036 בני-ברק 51120 טלפון: 03-778021
מפעל: אזור התעשייה כרמיאל 20100 טלפון: 04-985243, 987539



megatron
electronics & controls ltd.

גם לך מגיע להנות ממוצר אמין, נוו להחזקה, מסופק מהמלאי במחיר נמוך. אם עדיין לא קבלת את הקטלוג של הטימרים תוצרת מגטרון דרוש אותו מיד! מיגוון של סוגי הפעלה, תחומי זמן, מתחי הפעלה.



אחריות 5 שנים לפעולה תקינה!

מגטרון

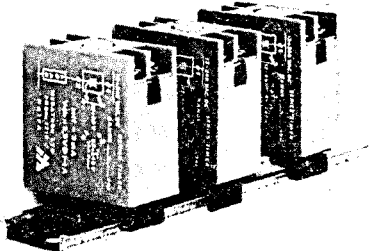
אלקטרוניקה ובקרה בע"מ
ת.ד. 1719 חיפה, טל. 04-888356

למידע נוסף סמן מס' 296

חדש!
טיימר
טורי

M.S.S.T. 701

megatron
electronics & controls ltd.



- יחידה אחת חמתאימה למתח החל מ-12 וולט ועד 230 וולט.
- 10 תחומי זמן ניתנים לבחירה ע"י חיבור פנימי מ-1 שניה עד 16 דקות.
- מתאים למסילת DIN סטנדרטית. איכות מעולה במחיר נמוך (\$17) אספקה מהמלאי!

מגטרון

אלקטרוניקה ובקרה בע"מ
ת.ד. 1719 חיפה, טל. 04-888356

למידע נוסף סמן מס' 297

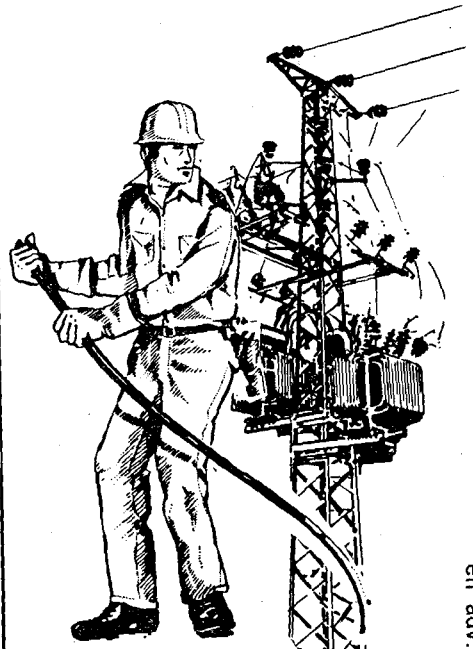
יעד אלקטריקה

שרות וביצוע עבודות חשמל בע"מ.
נצרת עילית.
אזור תעשייה ב' רח' העמל 3, ת.ד. 609
טל. 70-74434-065

מפיצים בלעדיים
בצפון הארץ
לציוד טלמכניקה



Telemecanique



eli adv.

למידע נוסף סמן מס' 295

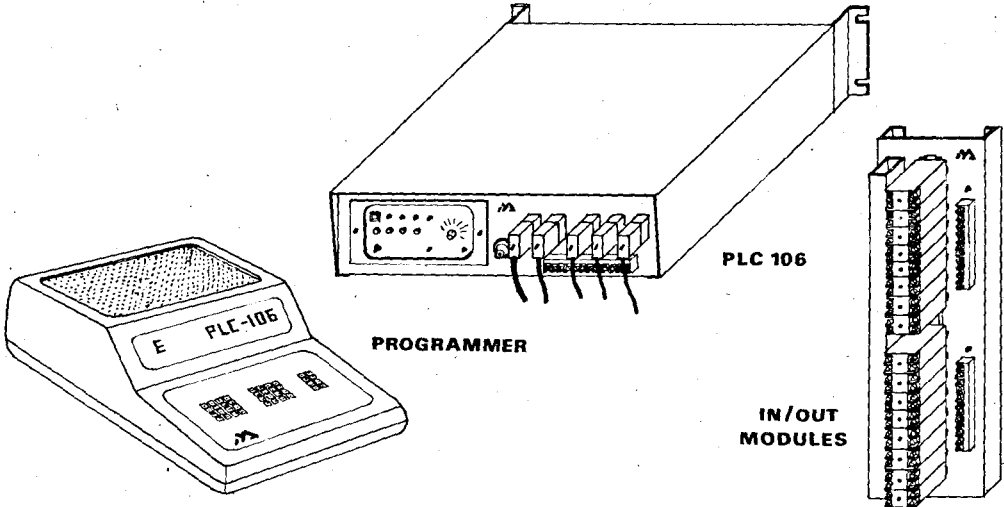


**megatron
electronics
& controls ltd**

מגטרון אלקטרוניקה ובקרה בע"מ

גאה להציג את הבקר הלוגי המתוכנת החדש

PLC 106



- 48 כניסות ויציאות ניתנות לבחירה
- 56 ממטרים פנימיים לבנית פונקציות ללא חיבורים חיצוניים
- * כל סוגי הטיימרים ניתנים לתיכנות בזמנים החל מ-0.1 שניה עד 99,990 שניות
- * מונים ל-4 ספרות, ניתן לחבר לכל כניסה ולחבר אותם בקסקדה
- * מתח הזנה 110/220 וולט או אפשרות חיבור למצבר 24 וולט.
- * זכרון תכנות : 800 בתים, התכנות מתבצע בשיטת "דיאגרמת סולס" ע"י יחידת תכנות.
- * מחיר מפתח !! רק - \$ 1495 מהמלאי בארץ (לא כולל יחידת תכנות ומודולי I/O)
- * הבקר מקבל ומוציא אותות ברמה של 24 וולט. עבור אותות 110/220 וולט קיימים מודולי I/O. לכל כניסה או יציאה מודול נפרד הכולל נתיך ואינדיקציות.
- * 16 מודולים I/O מורכבים על בסיס משותף עם תקע לחיבור מהיר, ניתן לחבר סימולטור במקום המודולים.
- * אופציות נוספות לנוחיות המתכנן והמשתמש.

אלקטרוניקה ובקרה בע"מ

ת.ד. 1719 חיפה, טל. 04-88835-6

מגטרון

P.L.C.
PROGRAMMABLE LOGIC
CONTROLLER
SCHIELE

מיני בקר מתוכנת
קל לתכנות והרכבה

אספקה מהמלאי -
זול במיוחד!

**מפעלי מתכת
וחשמל
כפר בלום**

דוגע 12150

טלפון:

067-49270/1/2

טלקס:

6734 KEMP IL



למידע נוסף סמן מס' 300

קבוץ כפר בלום
(בגליל העליון)
מעוניין לקלוט
מהנדסי וטכנאי חשמל,
אלקטרוניקה ומחשבים

למטרות מועמדות.

נא לפנות אל:

מרכזת ועדת קליטה,

כפר בלום 12150

ד.ג. גליל עליון.

למידע נוסף סמן מס' 301



megatron

electronics & control ltd.

יצרנים של:

- * מערכות התרעה
- * קוצבי זמן מהבהבים
- * יחידות להמרת סיגנלים
- * בקרים מיוחדים
- * מתקנים ומכשור בהתאם
למפרטי המזמין



מפיצים של:

מפסקי לחץ טמפ' וזרימה
מפסקי קרבה אינדוקטיביים
ומפסקים מגנטיים,
בקרי גובה

מגטרוני

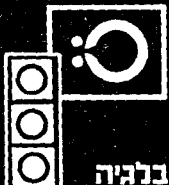
אלקטרוניקה ובקרה בע"מ
ת.ד. 1719 חיפה, טל. 04-888356

למידע נוסף סמן מס' 299

לדשותך צוות אנשי מכירות וקטלוג מוצרים הגדול בארץ

יבואים וחביצים בלעדיים:

MAKO
מכסמי השמל
ביתיים



בלגיה

KÜHNEL

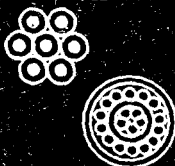
ביקוד
פוטואלקטרי



אוסטריה

**CONZEN-
KABEL**

כבלים



גרמניה

FRIEDLAND

פנמונים
לבית
ולחברות



אנגליה

MAEHLER & KAEGE

ציוד חוגן
התפוצצות



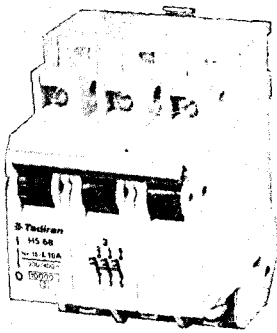
גרמניה

קשטון חומרי השמל בע"מ

תל אביב 61000 רחוב אלנובי 121 ת.ד. 802 טל. 613208-623854

אספקה מהמלאי

חשמלאי, אל תוותר על מוצרי תדיראן.

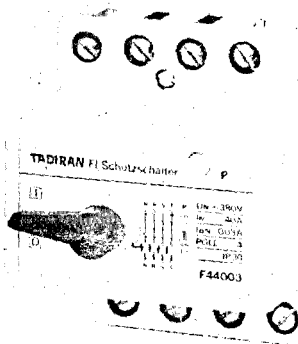


מפסיקי זרם אוטומטיים זעירים **10 000**
3

דגם KOPP HS-68

עצמת ניתוק גבוהה במיוחד עד 15KA
ב-220/380 וולט, $\cos \phi = 0.4$.
סלקטיביות לפי דרגה 3 בזרמים עד
10KA לפי VDE 0641/6.78.
זרמים נקובים 6, 10, 16, 20, 25, 32 אמפר.
הגנה מגנטית ותרמית באפיינים G-L.
ממדים קטנים — 68 מ"מ עומק,
17.5 מ"מ רוחב.

- ☆ מסופקים בדגמים ☆ חד קוטביים
- ☆ דו קוטביים ☆ תלת קוטביים
- ☆ חד קוטביים עם ייתוק האפס. ☆
- ☆ תלת קוטביים עם ניתוק האפס. ☆



ממסרי זרם פחת

חד מופעי ותלת מופעי
לשמוש ביתי ותעשיתי

לפי תקן VDE 0664/3.63.
זמן ניתוק פחות מ-20 מילישניות.

כושר ניתוק 3000 אמפר.

אורך חיים 20,000 פעולות.

התקנה באמצעות ברגים או חיבור למסילת
DIN סטנדרטית.

מהדקים מתאימים למוליכים עד חתך 25 מ"מ².
דרגת אטימות IP20. (עם כיסוי מהדקים).

מתאים להפיכת חבורי "הזנה" ו"יציאה".



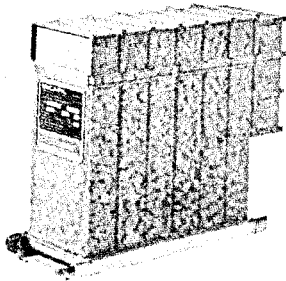
תדיראן

חרושת חשמל

רח' המרכבה 29 חולון, ת.ד. 33 — טל. (03)809141 טלקס 35436

למידע נוסף סמן מס' 303

חשמלאי, אל תוותר על מוצרי תדיראן.



קבלים לשפור כופל ההספק
מתוצרת MICAFIL שוצריה
לפי תקנים IEC 70A/68, VDE 0560-4/4.73
הפסדים נמוכים פחות מ-0.5 ואט/קוא"ר
ריפוי עצמי של פריצות
נגדי פריקה ומשרן להגבלת זרם טעינה
ראשוני בתוך הקבלים
מבנה מודולרי קטן מימדים וקטן משקל



תדיראן

החשית השמל

רח' המרכבה 29 חולון, ת.ד. 33 — טל. (03)809141 טלקס 35436

למידע נוסף סמו מס' 304

מועצת פועלי חיפה

משרד העבודה והרווחה

המרכז להשתלמות מקצועית-חיפה קורסים במקצועות החשמל

1. הסבה לחשמלאי מוסמך-למוד מקצוע
2. לחשמלאים; הכנה לבחינות רשוי מוסמך
הכנה לבחינות רשוי ראשי ובכיר.
3. אלקטרוניקה תעשיתית לחשמלאים;
עיוני ומעשי שלב א' ו-ב'.
4. הכנה לבחינות רשוי מתח גבוה.
5. מעגלי פקוד תעשיתית-עיוני ומעשי.
6. הנע ומכונות חשמל — עיוני ומעשי.

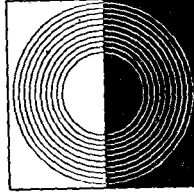
ה ה ר ש מ ה :

בשעות הערב בבסמ"ת בנין ראשי,
בשעות הבוקר-במועצת פועלי חיפה
רח' החלוץ חדר 214, טלפון 641781

למידע נוסף סמן מס' 305

LIGHTING
CENTRE

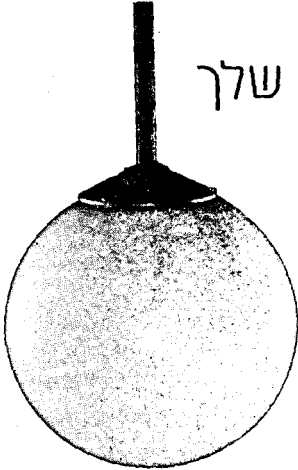
לייטינג סנטר בע"מ



שטייניץ

מפעלי תאורה

חשמלאי, קבלן לעבודות חשמל
בידינו הפתרון לבעיות התאורה שלך



אנו מעמידים לשרותך את 35 שנות הוותק והנסיון שצברנו
בשטח התאורה.

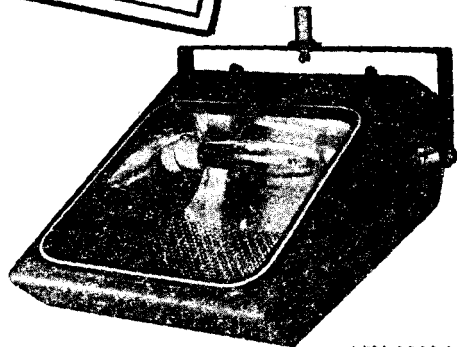
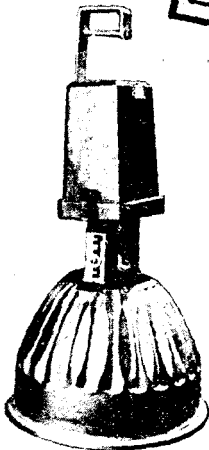
תחומי ההתמחות שלנו:

תאורת ספורט * הצפה * בטחון * תעשייה * במה *
רחוב * נורות * אביזרי תאורה מיוחדים לחסכון באנרגיה

אנו מציעים:

- * יעוץ הנדסי ומקצועי חינם
- * אספקת גופי תאורה מייצור מקומי ומיבוא
- * אספקת כל סוגי הנורות
- * אספקת גופי תאורה ונורות ביבוא ישיר באמצעות
משרדנו בארה"ב
- * אחריות אמינות ומוניטין.

נסה אותנו ואנו נוכיח את יכולתנו



כתובותינו:

תל-אביב - רח' התעשייה 12 מיקוד 67139, ת.ד. 20230
טל. 336043-6 טלקס: 33379.
חיפה והצפון - "מגדלור 2000 בע"מ" - הבאמנים 27.
טל. 04-523738.

אלמו הנדסה בע"מ



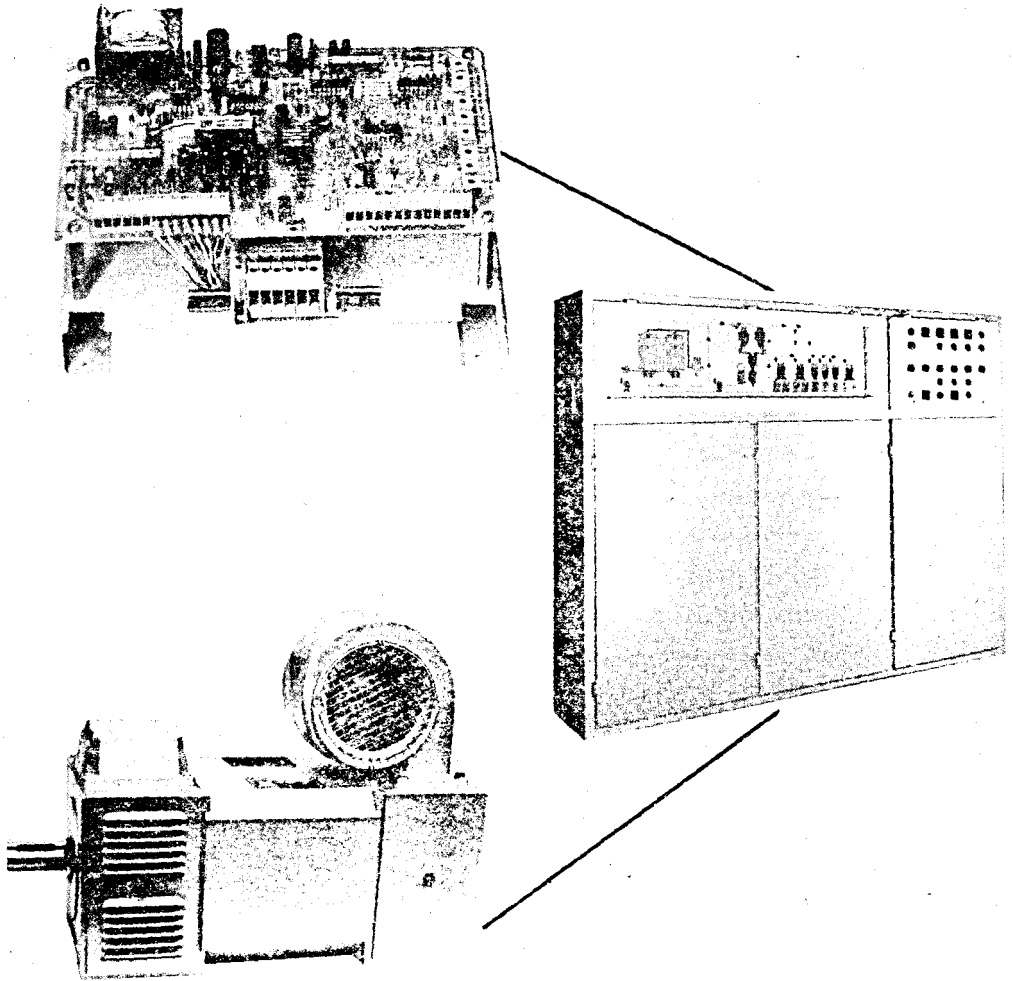
יעוץ, שווק, תכנון מערכות הנעה השמלית מבוקרת

- מנועי זרם ישר מ-1 ואט עד 500 קילואט
- בקרת מהירות אלקטרונית למנועי זרם ישר
- בקרת מהירות (תדר/מתח) למנועי זרם חילופין
- מנועי ובקרי סרוו
- מנועי גיר מ-0.3 KgM עד 30000 KgM
- מנועי מומנט
- בלמים ומצמדים אלקטרומגנטיים

אחריות ושרות לכל מוצרינו

קרית מטלון, פתח תקוה 49103, ת.ד. 463, טלפון: 03-922861

אלמו הנדסה בע"מ



קרית מטלון, פתח תקוה 49103, ת.ד. 463, טלפון: 03-922861

שליק החשמלני מזהיר!

כוח רב טמון בזרם החשמל. אי אפשר לראות אותו. אך הוא תמיד נמצא לידנו. בבית, בבית-הספר, ברחוב ובכל מקום. הוא משמש אותנו לתאורה, חימום וקירור, ולעוד אלפי שימושים שונים. אולם בכוחו של החשמל טמונות גם סכנות גדולות. שימוש בלתי זהיר בחשמל עלול לגרום להתחשמלות ולסכנת חיים. בימי החופש הגדול היוזר שבעתים!



אל תטפס על עמודי חשמל
טיפוס על עמודי חשמל
מסוכן ביותר.
העמוד נושא חוטי חשמל בעלי
מתח חזק. טיפוס על העמוד
עלול לגרום להתחשמלות!



אל תעוף עיפון
מתחת לחוטי חשמל
חוטי החשמל המתוחים
בין העמודים שברחוב
נושאים חשמל רב-יעוצמה.
אם חוט העיפון יגע בהם
הוא עלול להעביר את זרם
החשמל לידך ולסכן את חייך.
העף עיפונים רק בשטח
פתוח לגמרי!



אל תשחק מתחת לחוטי חשמל
קווי החשמל בנויים היטב,
כדי שלא יסכנו אותך.
אל תזרוק עליהם כדור או
חפצים אחרים, כי בכך אתה
עלול לגרום להתחשמלות.
אל תשחק בקרבתם!



אל תיגע במכשירי חשמל כשרגליך יחמוט
סכנת ההתחשמלות גדלה כאשר נוגעים
במכשירי החשמל בידיים רטובות,
או כשעומדים יחפים על הרצפה.
היזהר! אל תיגע במכשיר
חשמלי בידיים רטובות והקפד
לנוול נעלים לפני כל נגיעה
במכשיר חשמלי.

חברת החשמל לישראל

יש לציין, שחיבור סוללות לקוי מערכת החלוקה יקטין את מפלי המתח, וישפר את פרופיל המתח בקוי החלוקה, גורמים אלה לא נכללו בהשוואות הכלכליות הנ"ל.

בחירת קוי חלוקה עיליים (22 ק"ו) להתקנת סוללות הקבלים ומיקום הסוללות בקוים אלה

עבור הכמות הניסיונית של 20 סוללות קבלי-קו מ.ג., נבחרו 20 קוי חלוקה עיליים 22 ק"ו עמ"ר סים למדי, אשר מזיינים בעיקר צריכה ביתית או תעשייה קלה (בתי מלאכה וכו').

בחירת שני סוגים אלה של צרכנים נעשתה מהסירבות הבאות:

א. מהמדידות שנעשו ביציאות של קוי חלוקה מ.ג. ניתן לראות, שבקוי מ.ג. המזיינים בעיקר צריכה ביתית היחס בין הערך המינימלי של העומס הראקטיבי לבין ערך השיא שלו היה גבוה. לדוגמא — באחד מקוים אלה יחס זה הגיע ל-60%, בעוד שהיחס בין הערך המינימלי של העומס הראקטיבי לבין הערך הממוצע שלו היה כ-80%.

בקוים המזיינים סוגים אחרים של צריכה, התקבלו יחסים נמוכים מאלה במידה ניכרת.

תוצאות אלה הובילו למסקנות הבאות:

בקוי מ.ג. עמוסים למדי, המזיינים בעיקר צריכה ביתית, אפשר להתקין סוללות קבלים כך שיהיו מחוברות לצמימות, ויספקו חלק ניכר מהעומס הראקטיבי (כ-60% בקו שנלקח לדוגמא), וכן חלק ניכר מהאנרגיה הראקטיבית (כ-80% באותו קו).

בקוי מ.ג. עמוסים למדי, המזיינים את רובם של סוגי הצריכה האחרים, אפשר להתקין סוללות קבלים ממותנות; מיתוגן ייעשה בהתאם למשטר ההעמסה של הקוים.

ג. אצל רוב הצרכנים משני הסוגים הנ"ל (צריכה ביתית ותעשייה קלה) אין מנייה של האנרגיה הראקטיבית ולכן אין לצפות לשיפור ניכר של מקדם ההספק בצרכנים אלה, עקב העלאת הערך התקני של מקדם ההספק המחייב את הצרכנים. (כידוע, מניית האנרגיה הראקטיבית משמשת בסיס לחיוב חשבון הצרכן בגין מקדם ההספק הנמוך מהערך התקני — 0.92). מיקום הסוללות בקוים נקבע כך שיביא להפחתה מכסימלית של איבודי ההספק פעיל בקוים אלה, בהתחשב גם באפשרויות הפיזיות הנוחות למיקום (עמודי זווית פנויים).

להלכה, אם מניחים שפילוג העומס לאורך קו מ.ג. הוא אחיד, ושטח חתך הקו קבוע, הרי הפחתה המכסימלית של איבודי ההספק פעיל בקו תתקבל באמצעות סוללת קבלים בעלת ההספק ראקטיבי Q_c המתקנת בקו במרחק l מתחילת הקו, באופן ש:

$$Q_c = \frac{2}{3} Q \quad \text{ו} \quad l = \frac{2}{3} L$$

בנוסחה זו:

Q — ההספק הראקטיבי בתחילת הקו.
 L — אורכו הכולל של הקו.

עבור סוללת קבלים נתונה (כלומר, כאשר ההספק הראקטיבי של הסוללה, Q_c , נתון) המיקום ה-אופטימלי של הסוללה בקו (דהיינו — המיקום אשר יביא להפחתה המכסימלית של איבודי הספק פעיל בקו) נתון ע"י:

$$\frac{l}{L} = 1 - \frac{Q_c}{2Q}$$

ומכאן המרחק המבוקש:

$$l = L \left(1 - \frac{Q_c}{2Q} \right)$$

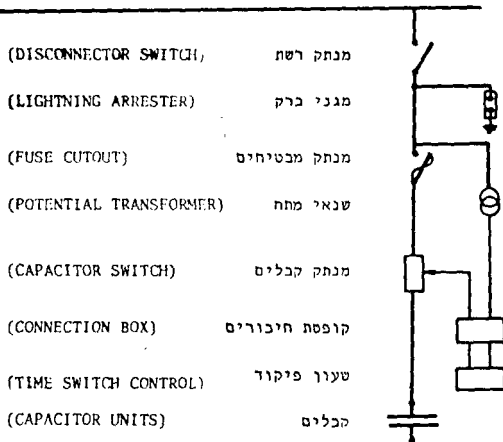
תיאור סוללת קבלי-קו 24 ק"ו

20 סוללות קבלי-קו 24 ק"ו הראשונות אשר הוזמנו ע"י חברת החשמל הן בעלות הספק 1.8 מגוא"ר כל אחת. כל סוללה מורכבת מ-9 קבלים חד-פזיים (3 קבלים מחוברים במקביל בכל פזה), המחוברים בכוכב עם נקודת אפס מבודדת (Ungrounded WyE Connection)

כל סוללה כוללת ציוד הגנה (מבטחים), ציוד מיתוג (מנתק קבלים) וציוד פיקוד (שעון פיקוד). בתרשים שלהלן מתוארים מרכיבי הסוללה וחיבורה לרשת.

תרשים חשמלי חד-קו של סוללת קבלי-קו 24 ק"ו

קו עילי 22 ק"ו (22 KV OVERHEAD LINE)



להלן תיאור קצר של מרכיבי הסוללה:

א. הקבלים

הקבלים הם חד-פזיים למתח נקוב (נומינלי) של 13.8 ק"ו והספק נקוב 200 קוא"ר; לתדירות נקובה 50 הרץ.

הקבלים ממולאים נוזל דיאלקטרי שהוא מיוחד בכך שאינו רעיל (Non Pcb Dielectric Fluid) בכל קבל נמצאים 2 מבדדים בעלי אורך זחילה 28". זהו אורך גבוה מהמקובל, שנועד לאפשר עמידה בתנאים האטמוספריים המיוחדים לישראל.

מעקב על ההתקנה, התחזוקה והתפעול של סוללות הקבלים

המעקב יתחיל מייד לאחר התחלת ההתקנות. מעקב זה יספק מידע וניסיון על ההתקנה, התחזוקה והתפעול של הסוללות.

על יסוד המידע שיתקבל ממעקב זה, תבוצע בדיקה טכנית-כלכלית של כדאיות הספקת האנרגיה הראקטיבית באמצעות סוללות קבלים אלה.

בהמשך לבדיקה חוזרת זאת ולניסיון שיירכש ממעקב זה, תגובש מדיניות חברת החשמל לגבי הספקת אנרגיה ראקטיבית ולגבי שיפור מקדם ההספק במערכת החלוקה במתח גבוה, באמצעות סוללות קבלים אלה.

נציין כאן, שבמסגרת הפרויקט של מחקר העומס וכן כדי לבצע את המעקב על תפעול סוללות קבלים אלה, נרכשו — יחד עם ציוד מדידה ורישום אנרגיות על סרט מגנטי, המיועד למחקר העומס — 10 מערכות מדידה מאותו סוג אשר יחוברו ביציאות של קוי המתח הגבוה, שבהם יותקנו סוללות הקבלים.

תוכניות לעתיד

א. מתוכננות הזמנות נוספות של סוללות קבלי-קו מ.ג. (בשלב הבא יוזמנו 28 סוללות קבלי-קו 24 ק"ו, 1.8 מגווא"ר כ"א).

ב. להלן המדיניות המתוכננת לגבי התקנת סוללות קבלים אלה:

1. למידת זרימת אנרגיה ראקטיבית במערכת הכללית.

2. בחירת אזורים בהם קיים מחסור ניכר באנרגיה ראקטיבית.

3. בחירת תחנות משנה בתוך אזורים אלה. תועדפנה תחנות משנה שאינן מצוידות בסוללות קבלים או בקומפנסטורים סינכרוניים, המחוברים לפסי צבירה מ.ג. של תחנות משנה אלה.

4. בחירת קוי מ.ג. (מתוך אלה היוצאים מתחנות משנה הנ"ל), בהם דרוש וניתן להתקין סוללות קבלים מ.ג.

5. עריכת מדידות מתאימות של הספקים אקטיביים וראקטיביים ביציאות הקוים אשר נבחרו קודם, כדי לקבוע את סוג הסוללות (קבועות או ממותנות), וכן את גודלן ואת מיקומן בקוים הללו.



9 הקבלים של הסוללה סופקו כשהם מותקנים על מסגרת, הבנויה מפרופיל מתכת.

ב. מנתק הקבלים

עבור כמות ניסיונית זאת של סוללות הקבלים, הוזמנו 2 סוגים שונים של מנתק קבלים:

א. מנתק קבלים תלת-פזי עם מיתוג בשמן.

ב. מנתק קבלים תלת-פזי עם מיתוג בריק (וא"קום).

מנתקים אלה יפעלו בצורה אוטומטית באמצעות שעון הפיקוד, ניתן להפעיל אותם בצורה מכנית (ידנית) באמצעות ידית הפעלה.

ג. שעון הפיקוד

לשעון הפיקוד מחזור שבועי. תפקידו לפקד על מיתוג הסוללה בצורה אוטומטית בהתאם ללוח זמנים שנקבע לפי משטר ההעמסה של קו המתח הגבוה, אשר אליו מחוברת הסוללה.

ד. שנאי המתח

תפקיד שנאי המתח (24000 וולט / 120 וולט) להזין את שעון הפיקוד ואת המנוע של מנתק הקבלים.

ה. המבטחים

תפקיד המבטחים (מבטח אחד לכל פזה) להגן על הסוללה בפני תקלות העלולות לגרום להתבקעות מיכלי הקבלים. מבטחים אלה מותאמים בתכנון תיהם, ע"י היצרן, לגודל הסוללה ולסוג הקבלים. המבטחים מותקנים במנתקי-מבטחים.

ו. מנתק המבטחים

לכל סוללה 3 מנתקי מבטחים (מנתק מבטחים לכל פזה), המותקנים על זרוע, זרוע זו עשויה מפרופיל מתכת, ועליה יותקן גם שנאי המתח. הזרוע ממוקמת מעל הסוללה. שרפת נתיך תגרום פתיחה אוטומטית של מנתק המבטחים. דבר זה מאפשר לערוך מהקרקע בדיקה חזותית של מצב הנתיכים.

ז. מגיני ברק

מאחר שסוללת קבלים מהווה צומת חשמלי עבור גלי-ברקים, רצוי לצייד אותה במגיני ברק מתאי-דם, כדי לשפר את הגנת המערכת בפני ברקים.

ח. מנתק הרשת

תפקיד מנתק רשת להפריד מבחינה חשמלית את הסוללה, על כל מרכיביה, מהרשת. מיתוג מנתק הרשת ייעשה רק כאשר מנתק הקבלים פתוח.

סוללת הקבלים תותקן עם כל מרכיביה על עמוד זווית קיים בקו המתח הגבוה שלו היא מיועדת העמוד חייב להתאים מבחינה פיזית לצורך זה. התקני סוללת הקבלים על עמודי זווית תוכננו ע"י יחידת הרשת הארצית של חברת החשמל.

מערכת גילוי שרפות

אינג' א. י. איצקוביץ

ולכן שעל המערכת לגלות פריצת אש אמיתית בשלביה הראשונים. על המערכת להיות אמינה לאורך זמן, וכן לגלות ולתת התראה בכל תנאי סביבה.

לגבי מהירות התגובה; הכוונה לכך, שעם גילוי מוקד האש חייבת המערכת להפעיל מערכת אזעקה, הכוללת חיוג אוטומטי למכני האש, ובמקביל למסור הודעה לכל הנמצאים במקום השרפה.

שיטות גילוי שרפות

מערכת גילוי שרפות כוללת בדרך כלל שלושה מרכיבים:

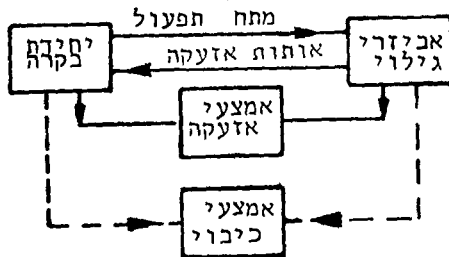
- א. יחידת בקרה (מרכיזה)
- ב. גלאים
- ג. אמצעי אזעקה (צופרים או מנורות).

הגלאים הפזורים בדרך כלל בכל תחום המתקן המוגן, קשורים אל יחידת הבקרה. כאשר אחד מהם "חש" בשריפה, הוא יוצר תנאי אזעקה. יחידת הבקרה קולטת את אות האזעקה, ומפעילה את אמצעי ההתרעה שנקבעו עבורה: צופר, תאור, רה, חיוג למכני אש, מערכת כיבוי אוטומטית, וכו'.

הגלאים מקבלים את מתח ההפעלה מיחידת הבקרה ומעבירים אליה את אותות האזעקה. יחידת הבקרה מבקרת את פעולתם התקינה של הגלאים ושל שאר חלקי המערכת. כמרכיב מתרגמת את האותות החשמליים המתקבלים מהגלאים, לאותות חזותיים או אותות קוליים (או גם אלה וגם אלה). כאמור, שני המרכיבים הראשונים של המערכת, יחידת הבקרה והגלאים, מפעילים את המרכיב השלישי — אמצעי האזעקה. יחידת הבקרה והגלאים מפעילים את אמצעי האזעקה בעת ובעונה אחת או בזמנים שונים.

איור 1

תרשים מלבנים של מערכת אוטומטית לגילוי שרפות



בשנים האחרונות הולכות השרפות ומתרבות, וממילא גדלים הנוקים הנובעים מהשרפות עצמן או מפעולות הכיבוי.

ריבוי השרפות נובע בעיקרו משינוי בחומרי ה- בנייה. בעוד שבעבר השתמשו בבנייה מוצקת, כיום הבנייה יותר מתועשת, והמרכיבים דליקים יותר.

אשר לנוקים — בנוסף לנוקים הנגרמים ישירות ע"י השריפה נוקים אחרים כגון: ירידת ערך הבניין, אבדן ניירת, הפסד לקוחות, פגיעה בשמו הטוב של העסק, אבדן ימי עבודה וכו'. בגלל הסיבות שהוזכרו לעיל, החל לאחרונה פיר תוח מוגבר של מערכות גילוי עשן ואש, וכן מערכות כיבוי אוטומטיות.

הניסיון שהצטבר בקרב העוסקים בגילוי והתראה בפני שריפת מורה, כי כל שריפה מתפשטת בשלבים הבאים:

שלב א' — פריצת האש (מופיעה להבה קטנה ואף בלתי נראית; נפלטים עשן וגזים).

שלב ב' — התפשטות האש (האש גדלה ונראית, העשן גובר).

שלב ג' — הלהבה בעיצומה (להבות גדולות ועשן).
שלב ד' — דעיכה (אש קטנה ועשן).

במרבית השרפות שפרצו עד כה, גילוי המאוכר גם לכן שתחליף הכיבוי החל רק לאחר השלב הראשון או השני. האש, הנמצאת בעיצומה בשלבים מאוחרים אלה, מחייבת שימוש באמצעים נמצאים לכיבוי, ואז, גם אם משתלטים על הלהבות, הנוק המתגלה לאחר מכן רב. במקרים אלה קשה לומר מה עולה על מה: נזקי האש או נזקי הכיבוי. המסקנה מן האמור מצביעה על הצורך בגילוי השריפה בעודה בשלב הראשון. גילוי בשלב זה מותר מספיק זמן כדי לפעול לכיבוי האש לפני התפשטותה. דבר זה מאפשר שימוש באמצעים מקומיים ומוגבלים לכיבוי. ברור, כי במקרה כזה הנוק הן מהשריפה והן מכיבוי עשוי להיות קטן יחסית.

הפקידה של מערכת התראה בפני אש להתריע תוך זמן קצר על פריצת אש בבניין, ולהזעיק את הנורמים הדרושים. בחירת מערכת בקרה, גילוי והתראה אינה קלה; בפרט כאשר מדובר בהגנה על חיי אדם או על ציוד חשוב ויקר, או על שנייה גם יחד. מערכת כזו חייבת להיות אמינה מאוד ומהירת תגובה.

אשר לאמינות; הכוונה למינימום של הפעלות סרק

אינג' א. י. איצקוביץ — מחלקת אחזקת הרשח במחוז הצפון, חברת החשמל.

מערכת המטרה אוטומטית

מערכת ההמטרה מיועדת להציל מפעלים מזקים חמורים. המערכת מאתרת את מוקד האש, באמצעות צעות מים, ומזעיקה אנשי כיבוי. המים מותזים אך ורק במקום בו פרצה האש, דרך נחיר המתוכנן להזרים לא יותר מהכמות הדרושה לכיבוי ללא גרימת נזקי מים במקומות שבהם האש לא פגעה. מאחר שמערכת המטרה אוטומטית היא מכשיר בטיחותי, שאינו מופעל במשך פרקי זמן ארוכים, ולעומת זאת חייב לפעול במלוא העוצמה ברגע המכריע של התחלת שרפה היא מחייבת אמינות גבוהה ביותר. האמינות נקבעת על ידי הגורמים הבאים:

- איכות מרכיבי המערכת והתאמתם לתפקידם.
- תכנון ויישום מיומנים.
- תחזוקה שוטפת ואמינה.

מתקן אזעקה הידרואולי

מתקן זה מורכב ממנוע, המופעל באמצעות זרם מים. מנוע זה מסובב פעמון, המצלצל בשעה שזורמים מים במערכת.

מתקני אזעקה חשמליים

מתקנים אלה הינם מפסקים חשמליים, המופעלים על ידי לחץ מים או על ידי זרימת מים. ברז האזעקה מפעיל, במקביל למתקן האזעקה ההידראולי, מפסק חשמלי המופעל על ידי לחץ. מפסק זה מעביר פיקוד חשמלי לנקודות מרוחקות כגון: שירותי כבאות. האות מצויין, כי מערכת ההמטרה גילתה אש. ניתן להפסיק או להפעיל באמצעות הפיקוד הני"ל מערכות נוספות, כגון: מיזוג אוויר, דלתות חסינות אש, הפסקת חשמל וכו'.

כאשר מערכת גדולה מסתעפת למספר רב של אגפים או קומות, מתקנים בכניסה לכל אגף מפסק חשמלי, המופעל על ידי זרימה. מפסק זה מוסר את חשמלי אל לוח בקרה כאשר זורמים מים באגף שבו הוא נמצא, ומאפשר בכך איתור מהיר של המקום שבו נתגלתה האש.

תכנון מערכות המטרה אוטומטיות

תכנון מערכות המטרה אוטומטיות הינו נושא חשוב ומורכב. התכנון מחייב הכרה לעומק של בטיחות אש וכן ידע רב בתכנון צנרת, בהידראוליקה ובבקרה חשמלית ואלקטרוניקה.

- איכות התכנון נקבעת על ידי הגורמים הבאים:
- בחירת ממטרים מתאימים לחלל המוגן.
- מיקום נכון של הממטרים בחלל המוגן.
- תכנון נכון של קוטרי הצנרת.
- קביעת הכמויות והלחץ של המים הדרושים בכניסה למערכת.
- תכנון מתאים של האזעקה.

במקרה שצפויה פריצת אש במתקנים בעלי ערך כספי גבוה, כגון לוח חשמל, ארכיון, מקום אחסון חומרים יקרים וכו', ניתן להפעיל בנוסף למערכת האזעקה גם מערכת כיבוי אוטומטית, המופעלת על ידי גלאי. מערכת כיבוי מופעלת בדרך כלל על ידי פליטת גז הכיבוי פראון 1301, שהוא בעל כושר כיבוי גבוה ואינו מפריש רעלים (דבר זה חשוב במקומות ציבוריים). קיימת גם מערכת כיבוי אוטומטית הפועלת בשיטה של המטרת מים. מערכת הכיבוי כוללת גלאים, המותקנים מתקרת המבנה. גלאים אלה רגישים לעשן, המתעבה בחלל המבנה כאשר פורצת בו שרפה.

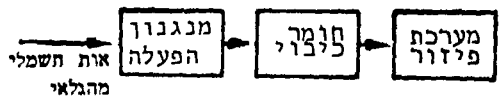
מתוך התרשים המלבני (איור 1) של המערכת לגילוי ולכיבוי, ניתן לראות כי היחידה לכיבוי אוטומטי מקבילה לאמצעי האזעקה. מערכת הכיבוי האוטומטית אינה מחליפה את מערכת הגילוי אלא משלימה אותה. מערכת הכיבוי האוטומטית אינה פעילה ללא מערכת גילוי, אלא במקרים בהם גשמי יחידת הכיבוי הם גשמים תרמיים. אות חשמלי נמסר מאחד מגלאי העשן או מאחד מגלי אי האש אל מנגנון ההפעלה. ביחידה זו גורם האות לתנועה מכנית, אשר פותחת שסתום במיכל של חומר הכיבוי. חומר הכיבוי מתפזר דרך מערכת הכוללת צנרת עם פיות התזה. תפקידו (או) חומר הכיבוי לקרר את הסביבה ולמנוע הספקת חמצן לאש שהתפתחה כבר.

זרימת גז הכיבוי מתוך המיכלים מתבצעת דרך שסתום שאין בו חלקים נעים, ופריצות הדרך של חומר הכיבוי נעשות באמצעות נפץ, הפורץ דסקית בטחון.

שיטה זו מבטיחה אמינות מירבית, בלאי מועט ופעולה בטוחה בכל עת. כמורכב שיטה זו מבטיחה התחלה מהירה של זרימת חומר הכיבוי עם גילוי השרפה, כדי ליצור בתוך פרק זמן קצר ביותר אוירה אחידה רווית פראון 1301, שבה אין האש יכולה להתקיים.

איור 2

תרשים מלבנים של מערכת כיבוי



שלושת המלבנים שבאיור 2 מהווים יחד את יחידת הכיבוי. הגודל והמספר של יחידות הכיבוי שיש להתקין נקבעים בהתאם לנפח האזור המוגן. רצוי להדגיש, שיחידות כיבוי הפועלות עם מיכל גז יעילות בעיקר במקומות סגורים.

מלבד מערכת כיבוי אוטומטית הפועלת באמצעות גז, קיימת גם מערכת המטרה אוטומטית. מובן, שמערכות המטרה אוטומטיות ממוקמות רק במ

גלאי חום

השיטה הפשוטה והנפוצה ביותר לגילוי שרפות היא באמצעות גלאי חום (טמפרטורה). בשיטה הנ"ל פותחו שני סוגי גלאים: גלאים לטמפרטורה קבועה וגלאים רגישים לקצב שינוי הטמפרטורה. גלאי חום פועל בצורה פשוטה מאוד, באמצעות דרמתכת (בימטל). בעת שרפה עולה טמפרטורת הסביבה והגלאי מגיב כאשר טמפרטורת הסביבה עולה על גבול הנקבע מראש. גבול זה ניתן לשינוי טווח. הגילוי היעיל של הגלאי הוא כ-10 מ"ר.

בגלאי לטמפרטורה קבועה מופעלת ההתראה כאשר הטמפרטורה עולה על ערך קבוע מראש. בסוג השני מופעלת ההתראה כאשר קצב עליית הטמפרטורה (שיעור העליה ליחידת זמן) עולה על ערך הנקבע מראש. הגלאי מגיב כאשר הטמפרטורה עולה בקצב מהיר. הוא בנוי ממיכל אוויר המכוסה סרעפת (דיאפרגמה) בעלת מרווח אוויר (חריץ). מרווח אוויר זה מתוכנן כך, שיוצא אוויר כאשר קצב השינוי הוא בערך 8°C לדקה. כאשר השינוי מהיר יותר, המרווח נסגר והסרעפת יוצרת מגע.

גלאי חום הם פשוטים להתקנה ואמינים; אולם חסרונם הגדול בכך שאינם רגישים ללהבה בשלבי פריצתה הראשוניים בזמן שכמויות החום הנפלטות עדיין נמוכות. נדרש משך זמן ארוך למדי עד אשר ניתן להבחין שינוי טמפרטורה. היענותם של גלאים אלה איטית, ואין הם מגלים את השרפה בשלבים הראשוניים.

להרבה ארצות (ארצנו בתוכם), בשל שינויי חטמפ"רטורה האפייניים להפרשי יום-לילה ולהפרשי עונות השנה, מתאים שימוש הגלאים הרגישים לקצב שינוי הטמפרטורה. שימוש בגלאים אלה מקנה בטיחות יתר בפני התראות שווא, אך מפ"חית מרגישות הגילוי עוד יותר. עובדות אלה מוציאות את גלאי החום מכלל האפשרות לשמש לאיתור מוקדם של שרפות, גלאים אלה משמשים במקומות בהם קיים חשש לאי הופעת עשן ולהבה בעת השרפה.

כל גלאי החום פועלים על עיקרון של טמפרטורה קבועה. דבר זה מתקבל על ידי קפיץ, שמוחזק

לצורך התכנון מחלקים את המתקנים שיש להגן עליהם לשלוש דרגות של סיכון, על פי כמויות החומר הבעיר הנמצא בהם:

— סכון נמוך: בניינים בעלי מסען אש נמוך יחסית, בתי ספר, בתי חולים, בתי מלון, מוזאוניס וכו'.

— סיכון רגיל: מבנים תעשייתיים ומבנים מסח"ריים.

סיכון גבוה ביותר: מפעלים הכוללים תהליכי ייצור בעלי סיכון (מפעלי גומי, מיקצף, צבעים וכו'), וכן מפעלים הכוללים סיכונים אחרים. עבור כל אחת מהקבוצות הללו מגדירים שלושה גורמים בסיסיים:

- א. צפיפות ההמטרה — זוהי ספיקת המים הנדרשת ליחידת שטח.
- ב. שטח ההמטרה המירבי — זהו גודל השטח עליו מסוגלת המערכת להמטיר מים ביעילות בשעת שרפה.
- ג. משך זמן ההמטרה — זהו משך הזמן המינימלי, שעבורו יש להבטיח הספקת מים למערכת.

מערכת הגילוי

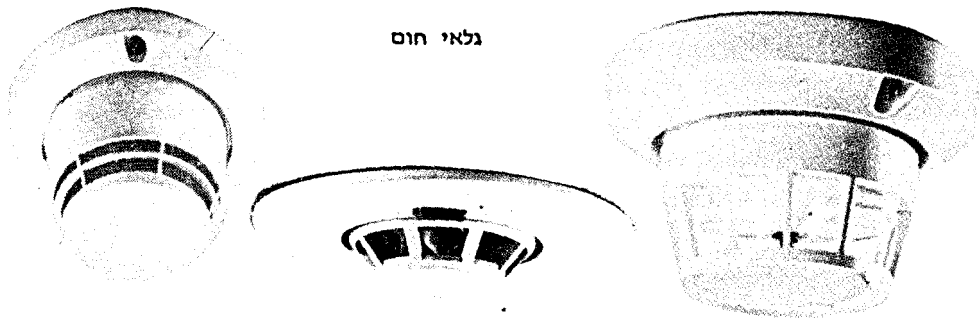
הגלאים הם מרכיבים חשובים ביותר במערכת אוטומטית לגילוי שריפות. הם קובעים את רגישותה וטיבה של מערכת הגילוי. שיטת פעולתם ודרך תגובתם, הם אשר יכתיבו תוך כמה זמן מרגע פרוץ הדלקה תינתן האזעקה. בדרך כלל, מערכת הגילוי מורכבת ממספר סוגי גלאים הממוקמים באזורים שונים של המתקן המוגן. הגלאים מות"אמים לצרכים שונים ומגוונים.

ניתן להתאים גלאים לחדרי בקרה המכילים ציוד חשמלי ואלקטרוני עם כמות גדולה של PVC; למקומות גבוהים מאוד; לתעלות מיזוג אוויר; מקומות עם ריכוזי דלק וכו'. כאמור בוחרים את סוג הגלאי בהתאם לאופי האזור המוגן.

קיימים שלושה סוגי-אב של גלאים:

- א. גלאי חום;
- ב. גלאי עשן;
- ג. גלאי להבה;

גלאי חום



בלחיצה והולחם במצב זה בעזרת בדיל. כאשר הטמפרטורה סביב גלאי החום עולה על נקודת ההיתוך של הבדיל, משתחרר הקפיץ ומחבר מגעים (שבמצב רגיל הם מתוחים), אשר מפעילים את האזעקה. השילוב של גלאי טמפרטורה קבועה עם גלאי שינוי טמפרטורה, שימושי במרבית המקומות בהם אין דרישה לגילוי מוקדם של האש, זאת בגלל ההיענותו האיטית. אין להרכיב בקו ישר עם מפזרי חום או מעל תנורים ויחידות חימום אחרות.

קיימים גלאי חום עמידים בפני התפוצצות, המתאימים לשימוש באזורים שהאווירה בהם מסוגלת לדלקמן:

קבוצה א': אוויר רווי אדי בנזין, וכן אוויר רווי נפט, פרופאן, אלכוהול, אצטון, לקה, גז טבעי וכו'.

קבוצה ב': אוויר רווי אבקת מתכת (לרבות אלומיניום, מגנזיום וסגסוגותיהם).

קבוצה ג': אוויר רווי אבק פחם לסוגיו, וכן אוויר רווי אבקת קמח, עמילן וכו'.

את גלאי החום יש להרכיב על התקרות שמעל האזורים שיש צורך להגן עליהם. מכון התקנים בארה"ב מאשר מרחק 15.5 מטר בין גלאי לגלאי. בתקרות המופרדות ע"י חוצצים, קירות וכו', המרחק חייב להיות 8 מטר או פחות. לגבי גלאים הפועלים על עיקרון של טמפרטורה קבועה בלבד, יש להוסיף גלאי בכל חלק מהמבנה הסוטה מהצורה הכללית, כגון: בליטות.

גלאי עשן

גלאי עשן הם השימושיים שבגלאים, מאחר שעשן הוא הסימן הראשון והתופעה השכיחה ביותר של שרפה.

קיימים שלושה סוגי גלאי עשן:

1. גלאים של גז שרפה:

גלאים אלה מגלים פרודות של גזי שרפה, כמו פחמן חד-חמצני. הם אינם שימושיים ביותר, מאחר שלא כל חומר פולט בשרפתו אותם גזים, ואף לא בכמות הדרושה להפעלת הגלאי.

2. גלאים פוטואלקטריים:

גלאי זה כולל מקור אור ותא פוטואלקטרי. קרני האור היוצאות מהמקור פוגעות בחלקיקי העשן ומוסתות לכיוונים שונים. חלק מהקרניים מגיעות לתא הפוטואלקטרי ומפעילות את האזעקה.

הגלאים מסוג הפוטואלקטריים עשויים ממוליכים למחצה, ופועלים על עיקרון של פוטודיודה ופיזור אור.

בגלאים אלה מקטין העשן החודר לגלאי את שקיפות האוויר, ובכך משפיע על כמות האור

המגיעה אל התא הפוטואלקטרי. הוא פועל בבתחילת נמוך מאוד — 12 וולט. הגלאי רגיש לעשן שחור ולעשן אפור. על הגלאי מורכבת דיודה המאותתת כל זמן שהגלאי בפעולה.

בזמן הפעלת הגלאי, כלומר ברגע שהגלאי חש שרפה, תדירות ההבהוב גדלה מאוד וכך ניתן לזהבחיין בפקודה הניתנת ע"י הגלאי. ניתן לחבר נורת סימון נוספת, ועל ידי כך לקבל מידע מהחדר שבו הגלאי פועל.

תא הגילוי מאפשר כניסת עשן מסביב לגלאי בהיקף 360 מעלות. לגלאי יש מערכת ויסות עצמית, שבעזרתה הוא שומר על התנאים הדרושים לגילוי גם במצב של התיישנות, אבק ולכלוך.

אין להרכיב את הגלאים באזורים הקרובים למאוררים או למזגנים, כדי למנוע את הרחקת העשן או דילולו ע"י האוויר הנקי.

3. גלאי יינון (יוניזציה):

הגלאי מכיל מקור רדיואקטיבי הפולט קרני אלפא אשר מייננות את האוויר שבין שתי אלקטרודות; עקב כך נוצר זרם קבוע במעגל. כאשר חלקיקי עשן חודרים לגלאי, הם חוסמים את מעבר קרני האלפא ומאיטים את תהליך היינון; כתוצאה מכך פוחתת עצמת הזרם, שינוי זה בעצמת הזרם יוצר אות אזעקה.

על סמך מחקר וניסויים רבים התברר כי השיטה הטובה והמהירה לגילוי שרפות חייבת להתבסס על גילוי הגזים הנפלטים מן השרפה כבר בשכיבה הראשונים.

גזים אלה. המתאפיינים בפרודות גדולות מאלה של האוויר, מתפשטים במהירות ניכרת סביב הלהבה.

גלאים אלה רגישים ללהבה בשלבי פריצתה הראשונים יותר מכל סוג אחר אשר קיים כיום בשווקים. הכמויות הזעירות הבלתי נראות (לעיני תים אף בלתי ניתנות להרחחה) של גזי שרפה, הנפלטים מהאש בשלביה הראשונים, מספיקים להפעלת אזעקה.

גלאי להבה

גלאים אלה מגיבים לעצם פריצת הלהבה. הם פועלים על סמך הקרינה הנפלטת מן הלהבה, לעיתים מתחום הנראה ולעיתים מתחום האינפרא אדום.

קיימים מספר רב של גלאים הפועלים בשיטה זו. הטובים ביניהם רגישים לקרינה האינפרא אדום מה, הכוללת תדרים מסויימים, אפייניים ללהבה, גלאים אלה מאפשרים הגנה טובה מאוד בכל אותם מקומות שבהם צפויה פריצה מיידיית של הלהבה, בלוויית לשונות אש, לדוגמה: מיכלי



עקה. בזמן הפעלת מערכת אזעקה ע"י גלאי זה יש להפסיק מיידית את פעולתם של המזגנים, כדי למנוע התפשטות מהירה של האש. כדי להשיג יעילות מירבית, חשוב ביותר לתכנן את מיקום הגלאי בצורה נכונה. רצוי תמיד להתייעץ עם מומחה בתחום זרימת אויר. יש להימנע ממיקומו של הגלאי בקרבת מזגני אויר ומערכות הסקה.

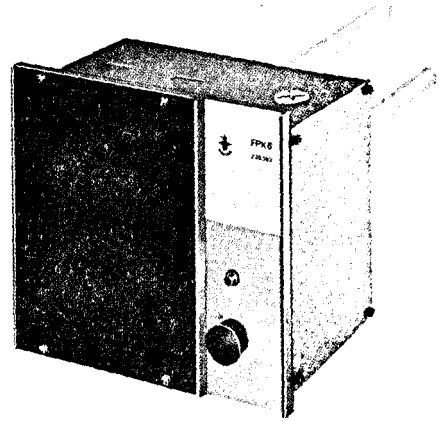
דלק, מוסכי מטוסים, בתי חרושת מסוימים וכו'. במקומות שבהם הלהבה מתפתחת בתהליך איטי, ללא לשונות אש, יעילותם של גלאים אלה נמוך כה יחסית.

גלאים לתעלות מיוזג אויר

גלאים אלה מיועדים לגלות נוכחות תוצרי לוואי של שרפה ועשן בתוך מערכת הספקת אויר. אל תוך הגלאי נלקחות דגימות אויר דרך צינור יניקה. כאשר ריכוז תוצר הלוואי של העשן או

יחידת בקרה / שליטה מרכזית

יחידת הבקרה היא למעשה היחידה המרכזית במערכת אוטומטית לגילוי ולכיבוי שרפות. לוח הפיקוד והבקרה מבקר ומפקח על פעולת הגל-אים ועל פעולת המערכת כולה. הלוח מחולק לאזורים, בהתאם לצרכי האזור המוגן. בזמן גילוי שריפה, הלוח מסמן את האזור שבו נמצא מקור השרפה, ובו זמנית מבצע את פעולות המניעה השונות; למשל: הפעלת מערכת כיבוי, אזעקה חזותית, אזעקה קולית (צופר) וכו'.

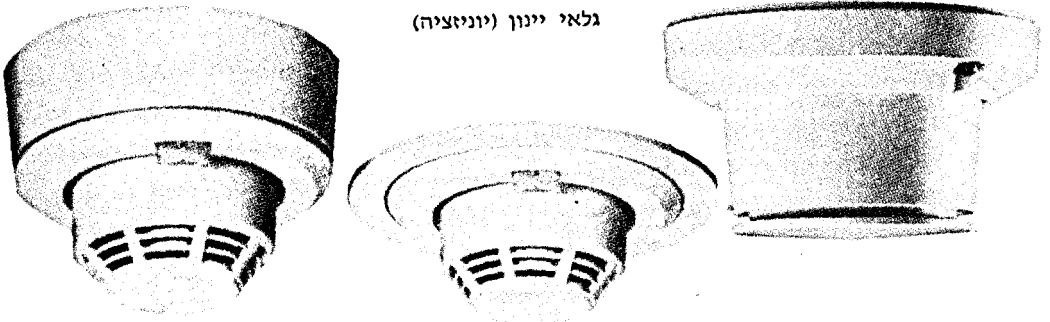


היחידה המרכזית מסוגלת לשלוט על מספר אזורים, בהתאם לסוג המרכזות ולתכנונה. היחידה מסוגלת לבקר ולפקח על מערכת הגנת אש ואינסטלציה כללית. כיוון שקיימת מערכת אזעקה עם שני מצבי כוונות (יום ולילה), ניתן לתכנן מערכת לגילוי שרפות בשתי רמות.

של השרפה מגיע ל-3 מיליגרם בנפח של 0.03 מטר מעוקב, יחידת הגלאי מפעילה את האז-

יחידת הבקרה מסוגלת לבדוק את האותות מהאזורים המוגנים בארבעה מצבים שונים:

גלאי יינון (יוניזציה)



סגירת דלתות; הפסקת פעולתם של מזגני אויר וניתוק לוחות חשמל.
 בהתאם לתכנון המערכת כולה ניתן להפעיל את יחידת הבקרה באמצעות גלאי אחד או באמצעות שני גלאים.
 במצב תקלה (קצר, נתק, נפילת מתח קיצונית או תקלה בהספקת המתח), יחידת הבקרה מאותתת על קיום התקלה.
 במצב בדיקה, מעגלי הבדיקה מאפשרים לבחון גלאים לקויים לפי אזורים.

1. מצב רגיל — המערכת במצב כוונות.
2. מצב אזעקה.
3. מצב תקלה.
4. מצב בדיקה.

לכל אחד מהמצבים הנ"ל קיימת נורית בלוח המציינת את מצב המערכת. במצב אזעקה, היחידה מסוגלת לתת בו זמנית פקודה להפעלת אזעקה חזותית או אזעקה קולית. כמו כן, היחידה מסוגלת לתת פקודה לכיבוי אשר אוטומטי;

דברי דפוס הניתנים לרכישה במערכת "התקע המצדיע"

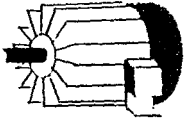
1. לאור, לפי המתוכנן, בשנה הקרובה).
5. חוק החשמל ותקנותיו
 כדי לסייע בידי החשמלאי בידיעת חוק החשמל ותקנותיו, רכשה המערכת כמות מסוימת של החוברות הללו במהדורתן ה-עדכנית, הדבר מאפשר לחשמלאים לרכוש אותן ללא קושי.
6. עוקדנים לשמירה במרכז של חוברות "התקע המצדיע".
 כל עוקדן, העשוי כריכה קשה, מתאים לריכוז של 10 חוברות.
 פרטים נוספים ומחירים מעודכנים, המת-ייחסים לכל אחד מדברי הדפוס הנ"ל, ניתן לקבל באחת מ-2 הדרכים:
 — על ידי פניה בכתב:
 מערכת "התקע המצדיע"
 חברת החשמל לישראל בע"מ ת.ד. 25
 תל-אביב 61000.
 — על ידי פניה בטלפון
 למשרד המערכת בת"א:
 טלפון: 03-625963, 03-614343/487.

1. קובץ "התקע המצדיע" (חלק א')
 הקובץ כולל ריכוז מסווג של המאמרים והרשימות שהופיעו ב-10 החוברות הרא-שונות, שיצאו לאור בתקופה: אוגוסט 1966 — מרץ 1971.
2. תדפיסי מאמרים ורשימות שהופיעו בחוברות "התקע המצדיע" 11-20
 מפאת קשיים טכניים בהוצאת חלק ב' של קובץ "התקע המצדיע", החליטה המערכת לאפשר — כהסדר ביניים — הזמנת תד-פיסי מאמרים נבחרים שהופיעו בחוברות 11-20 שיצאו לאור בתקופה: ינואר 1975 — יולי 1978.
3. חוברות "התקע המצדיע" 21-24
 4 חוברות אלה מהוות את חטיבה ג' של "התקע המצדיע" (יצאו לאור בתקופה: דצמבר 1978 — ספטמבר 1980).
4. חוברות "התקע המצדיע" 25, 26
 2 חוברות אלה מהוות את המחצית הרא-שונה של חטיבה ד' של "התקע המצדיע".
 2) החוברות הבאות — 27, 28 — יצאו

לחשמלאים — סדרה מס' 7 מועדוני "התקע המצדיע"

ב. סקירה ודיון על חידושים בחקיקה ובתקינה.
 הכוונה להציג בפני החשמלאים שינויים ו-תוספות לתקנות אשר כבר אושרו סופית וכן נושאים ובעיות אשר נמצאים עדיין ב-דיון בוועדת ההוראה אשר מעוניינת לקבל היזון חוזר מהחשמלאים.
 * בכל מועדון ישתתף נציג מוסמך של ה-יחידה לחשמל במשרד העבודה, אשר יעמוד לרשות חברי המועדון למתן מידע שוטף בענייני רשויות והשתלמויות.

הסדרה מס' 7 של מועדוני "התקע המצ-דיע" תתחיל לפי המתוכנן, בחודש אוק-טובר והיא תתמקד — בנוסף לדיון בבע-יות כלליות שתועלנה ע"י החשמלאים — בנושאים כדלקמן:
 א. הרצאה — "מכשירי מדידה המשמשים את החשמלאי". מטרת ההרצאה להציג את עקרונות המבנה והשימוש של מכשירי ה-מדידה הבסיסיים אשר אמורים להמצא ברשות החשמלאי כדי שימלא בצורה נאותה את הנדרש בהתאם לתקנות החשמל וכללי המקצוע.



מנועי סרנו

אינג' ד. קדרור

להפעיל מתג רגיל או מנוע בעל קומוטטור או טבעות החלקה או כל מכשיר חשמלי שעלול ליצור ניצוץ שיגרום לפיצוץ או דליקה.

לעיתים גם למשקל נמוך קיימת חשיבות רבה, כאשר מדובר במטוסים למשל.

בהמשך יבואו הסברים כלליים ללא פירוט ערכי הרכיבים שתלויים, כמובן, בהספק היציאה של המכונה ובכללי הפעלת מנועים (זרם התנעה וכו') בהספקה חד-פזית ניתן להפעיל, בשיטת יישור חצי גל, מנועים עד 1 כ"ס. בשיטת יישור גל שלם ניתן להפעיל מנועים עד 20 כ"ס. למנועים מעל 20 כ"ס נהוג להשתמש בשיטת היישור התלת-פזית.

מנועים לזרם ישר

למכונות זרם ישר חסרון גדול בהיותן זקוקות לקומוטטור. בזמן עבודה נוצרות בקומוטטור קשי-תות חשמליות וניצוצות וזה דורש טיפול ואחזקה שוטפת: יש להחליף מברשות (פחמים) מדי פעם, לחדש קומוטטור ע"י חריטה, או במקרה הגרוע להחליף את הקומוטטור. טיפולי אחזקה מבצעים אנשי אחזקה, דבר הגורם לייקור המערכת.

למרות שמכונות ההשראה זולות יחסית ואינן דורשות אחזקה שוטפת, משתמשים הרבה גם ב-מכונות לזרם ישר, כשהסיבה לכך היא אופן ויסות מהירות פשוט יחסית לעומת מכונות זרם חילופין. נוסף לאופן ויסות המהירות הפשוט יחסית מצט"ינות המכונות לזרם ישר במומנט התנעה גבוה, כך שניתן להשתמש בהן עבור עומסים בעלי אי-נרציה גבוהה, כמו למשל: גריה, משיכה, סחיבה, הרמה וכו'.

הזנת סלילי המנוע לזרם ישר חייבת להיות כמו-בן, זרם ישר, אך לא בהכרח שההספקה תשאר כזו כשתיריסקטורים משתתפים בבקרת המנוע. בכי-די לספק למנוע הספק מבוקר ע"י תיריסקטורים עדיף להשתמש בהזנת זרם חילופין, כיוון שאפש-רויות הביצוע אז רבות יותר מאשר בזרם ישר. מחזוריות זרם החילופין מאפשרת לבצע "קיצוץ" (choppe) של צורת המתח ו/או זרם החילופין וע"י כך לשלוט על ההספק הנמסר למנוע. בזרם חילופין מיושר, התיריסקטור מגיע למצב אי-הולכה באופן טבעי בזמן שזרם המחזור מתאפס, בעוד שבשימוש מהספקת זרם ישר קבוע, הדבר דורש סידור מיוחד. עם "קיצוץ" צורת מחזור המתח ו/או הזרם, שטף הרוטור מוקטן וניתן להגיע למתח אינרציה שתתאים לפעולת המנוע.

את סימול התיריסקטור ואופיינו ראינו כבר בחובי-רת "התקעה המצדיע" מס' 25 במאמר "שילוב ה-אורגואלקטרוניקה בייצור ובחלוקה של האנרגיה החשמלית" בציור מס' 1 ו-2 בהתאמה.

באופן עקרוני, כדי להביא את התיריסקטור למצב הולכה, דרוש קודם כל שחיבור המתח אנודה - קתודה יהיה בממתח קדימה. אחר כך, במצב זה, עם הופעת פולס מתאים בשער, יוצת התיריסקטור, יעבור למצב הולכה וישאר במצב זה גם לאחר הפסקת הפולס בשער כל זמן שזרם דרכו זרם גבוה מזרם האחיהזה I_H .

בכדי להחזיר את התיריסקטור למצב אי הולכה יש לגרום לאיפוס הזרם דרכו וזה נעשה או באופן טבעי אם מחובר התיריסקטור לזרם חילופין (או לזרם מיושר) או באופן מאולץ ע"י הפסקת הזרם דרכו. לאחר שהכרנו את תכונת התיריסקטור נראה איך ניתן לשלב ולהשתמש בו עבור מכונות לזרם ישר ומכונות לזרם חילופין.

מבוא למכונות זרם ישר

בין הרכיבים המשמשים לבקרת מכונות חשמליות התיריסקטור הינו אחר השימושיים ביותר לויסות מתח, לויסות מהירות, לייצוב מהירות, לבקרת מקדם ההספק, לבקרת מצב, או לחיבור ישיר למברשות, כך שבמהירות פעולת המכונה לא ייווצ-רו הפסדים. הספקת המתח לתיריסקטור יכולה להיות ממתח חילופין או ממתח ישר.

בדרך כלל, את יתרונות השימוש ברכיב זה אי-אחר, יש לשקול כנגד חסרונו וכנגד שיטות אחרות, השיקולים קשורים ביעילות, בתגובה, באחזקה, בעלות האחזקה, במידות הרכיב, במשקל הרכיב, במשך החיים, במהימנות, באמינות ובהתאמה ל-מטרות ספציפיות: כמו למשל, טמפרטורות קיצו-ניות, לחץ, סביבה דליקה וכו'.

בהתאם לשיקולים הנ"ל נבחר התיריסקטור כרכיב המתאים ביותר, והוא תופס מקום נכבד בין הרכיבים השימושיים כיום במכשירים שונים.

מבין כל השימושים שהזכרנו נראה כי בקרת וויסות מהירות של מכונות עד כ-1000 כ"ס ע"י תיריסק-טורים, זולה בהשוואה לשיטות אחרות שקיימות כיום ומשיגה את אותן המטרות בדיוק.

למרות שהשימוש בתיריסקטורים זול, ישנם מצבים בהם לא קובע רק השיקול הכלכלי. למשל, כשי-דרושה מהימנות גבוהה: בסביבה דליקה אסור

אינג' ד. קדרור - הרשת הארצית, חברת החשמל.

התנעת מנועים לזרם ישר

מלכד המקרה של מנועים קטנים בעלי התנגדות גדולה, לא ניתן לחבר את ההספקה ישירות לרוטור. וההסבר לכך הוא כדלהלן:
פרמטרי המנוע קשורים זה לזה לפי המשוואות הבאות:

$$E = K \cdot \phi \cdot n \quad (I)$$

$$V = E + IR \quad (II) \quad \text{כאשר:}$$

E — כא"מ מושרה בסליל הרוטור.

K — קבוע המנוע.

ϕ — שטף כולל בכל קוטב.

n — מהירות המנוע.

V — מתח כניסה.

I — זרם הרוטור.

R — התנגדות הרוטור.

ע"י הצבת I ב-II נקבל את נוסחת הזרם הרוטורי

$$I = \frac{V - K \cdot \phi \cdot n}{R} \quad (III) \quad \text{הבאה:}$$

ברגע ההתנעה: מהירות המנוע $n=0$, והכא"מ הנגדי $E=0$, ולכן המגבילים היחידים של זרם ההתנעה הם התנגדות הרוטור הקבועה R והמתח V. כיוון שבהתנעה לא קיים כא"מ נגדי, זרם ההתנעה יכול להגיע לערך הגבוה פי 20 מערך הזרם הנומינלי של המנוע (הזרם בעומס מלא) זרם גבוה כזה בהתנעה אינו רצוי ויש לנקוט באמצעים למניעת תופעה זו.

אחד האמצעים המקובלים להקטנת זרם ההתנעה מתבצע ע"י חוספת נגדים בטור לרוטור. בדרך כלל הנגדים הינם בעלי התנגדות של פי 3 או פי 4 מהתנגדות הרוטור. לאחר שהמנוע מאיץ נוצר כא"מ נגדי מושרה ברוטור ואז כבר אפשר להוציא את ההתנגדויות, (שחוברו בטור לרוטור) באופן הדרגתי עד לקיצורם המלא.

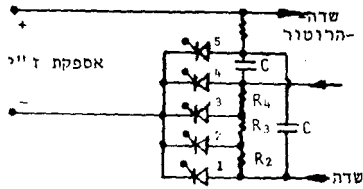
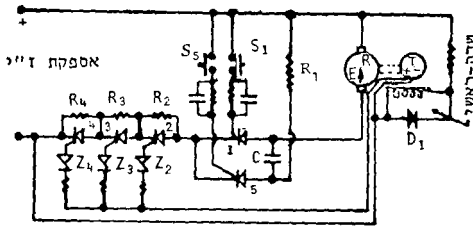
מיתוג מכני בעזרת מגעונים קשור בהיווצרות ניצוצות וקשתות חשמליות, דבר הגורם להחלשת המגעים ודורש אחזקה וטיפול מתאימים. שימוש בתיריסטורים יכול לבוא במקום המגעונים והמתגים המכניים וע"י כך נוכל להימנע משימוש בחלקים נעים ואף נוכל להמנע משימוש בנגדי התנעה, כאשר במקרה זה התיריסטורים יחליפו את המתגים הקונבנציונליים. חיבור נגדים בטור לרוטור גורם להפסדים גדולים בהתנעה לפי $I^2 \cdot R_3$ (ההתנגדות הנוספת בטור לרוטור). שימוש במתנע תיריסטורי מקטין הפסדים אלה.

התנעה בעזרת נגדים

סכמה בסיסית להתנעת מנוע לזרם ישר בעלת שלוש דרגות התנעה, בעזרת 5 תיריסטורים מר-פיעה בציר 1.

ציור 1

מתנע נגדים למכונות זרם ישר



תאור פעולת המתנע:

נניח תחילה שכל התיריסטורים שבציר 1 העליון חסומים, כלומר נמצאים במצב אי הולכה. עתה, לשם התנעת המכונה נסגור את המפסק S_1 וזה יגרום להולכת תיריסטור מס' 1 ולזרם רוטורי שיזרום דרך הנגדים R_2, R_3, R_4 ולכן הוא יוגבל על ידם. כל הנ"ל קורה כמובן כאשר זרם זרם שדה גדול ובזמן זה גם גדל מטען הקבל C. עם סגירת המפסק S_1 מתבצעת התנעה אוטומטית כדלהלן: זרם זרם ברוטור, נוצר מומנט, הרוטור מואץ, המהירות גדלה, הכא"מ הנגדי גדל, זרם הרוטור קטן, מתח הטכונגרטור (הקשור לציר הרוטור) גדל, עד אשר דיודת הזר Z_2 ניצתת וגורמת להצתת תיריסטור מס' 2, הגורם לקיצור R_2 והוצאתו ממעגל הרוטור, דבר זה גורם להגדלת הזרם ברוטור, כלומר להגדלת המומנט הגורמת להאצה, להגדלת המהירות, להגדלת הכא"מ הנגדי וע"י כך שוב קטן זרם הרוטור ומתח הטכונגרטור גדל ודיודת הזר Z_3 ניצתת וגורמת להצתת תיריסטור מס' 3 הגורם לקיצור R_3 והוצאתו ממעגל הרוטור. באופן דומה נמשך ה" מחזור עד לקיצור כל הנגדים והמנוע מגיע למהירותו הנומינלית המבוקשת.

דיודות הזר Z_2, Z_3, Z_4 נבחרות כך שיוצתו עבור $\frac{1}{2}, \frac{1}{3}, \frac{1}{4}$ ר"ל מהמהירות המכסימלית והנגדים R_2, R_3, R_4 נבחרים כך שהזרם יוגבל לערך כים מתאימים.

לשם עצירת המנוע נלחץ על המפסק S_5 וזה

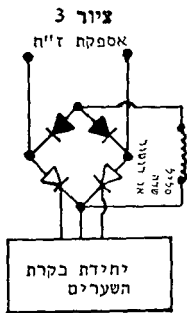
לבצע במעגל הרוטור או במעגל השדה או בשניהם יחד. מבחינת דיוק הבקרה אפשרי להסתפק ב־ אופיני המכונה הטבעיים. אם דרושה בקרה מדויקת יותר אפשר להשתמש בעזרת משב טכוגנר־טור. המעגלים שנראה בהמשך יתארו מספר אפ־ שריות לקבלת דרישות מסוימות של בקרה. את המהירות כפונקציה של הפרמטרים החשובים ניתן לקבל ממשוואה III:

$$n = \frac{V - I \cdot R}{K \cdot \Phi} \quad (IV)$$

בהזנחת ההתנגדות הקטנה R, נראה כי ניתן לשלוט על המהירות בדרכים הבאות: 1. ע"י שינוי מתח ההזנה v; 2. ע"י שינוי השטף Φ . תחום ויסות המהירות תלוי, כמובן, בקבוע המור־מנט או בהספק הקבוע שדורש העומס. ויסות המהירות מתאפשר ע"י שמירת שטף קבוע ושינוי מתח ההזנה, או ע"י שמירת מתח הזנה קבוע ושינוי השטף המתבצע ע"י שינוי זרם השדה.

ויסות מתח השדה או מתח הרוטור מהספקת זרם חילופין

מהספקה חד־פזית אפשר לקבל מתח ישר בעזרת מיישר גשר רגיל. המתח המתקבל משתנה מאפס וולט עד למתח מכסימלי של הרשת. ציור 3 מדגים זאת.



זוית ההצתה של התייריסטורים ניתנת לשינוי בין 0° ל־ 90° . אין צורך בבקרה נוספת לחסימת ה־תייריסטורים כיוון שפעולה זו נוצרת באופן טבעי בכל חצי מחזור כאשר הזרם קטן לאפס.

את כושר היישור ניתן להגדיל תוך שימוש בשיטת היישור התלת־פזית וכך גם להגדיל את כושר ההספק הנמסר לרוטור.

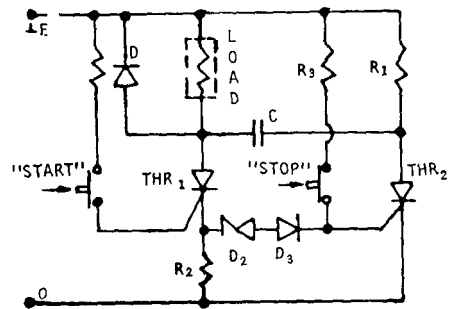
בציור 4 רואים כי שערי התייריסטורים ממונחים ע"י מתנד הגורם לחסימה או הצתת התייריסטור־רים שבגשר, כתוצאה פמתח בקרה המסופק ל־מתנד דרך המגבר. הגברת האותות חיונית כיוון שהפרש המתח שבין מתח הרוטור לבין המתח הנלקח כייחוס מריאוסטט ויסות המהירות, קטן מאוד ואינו מאפשר הפעלה כלשהי ללא הגברה. במעגל זה ניתן גם פיצוי להתנגדות זליגת הרוטור.

יגרום להצתת תיריסטור מס' 5 ולחסימת תיריסט־טור מס' 1. (היות שהקבל C ממונת הפוך) כי תוצאה מכך הזרם הרוטורי יופסק וזה יגרום לחסימת תיריסטורים מס' 2, 3, 4, בגלל איפוס הזרם דרכם.

בזמן דעיכת הזרם בליפופי השדה, הוא זורם דרך דיודה D_1 וכך אנו מגינים על התייריסטורים וה־קבל C יוכל להטען מחדש עם סגירת המפסק S_1 . הגנה בפני מהירות יתר ניתן לבצע בקלות ע"י חבר מתאים מיציאת הטכוגנרטור לשער תיריסט־טור מס' 5.

בציור מס' 1 התחתון רואים סידור של התנעה באמצעות תיריסטורים בחיבור מקבילי ובמקרה של קלקול אחד התייריסטורים ימשך המנוע את פעולתו.

ציור 2



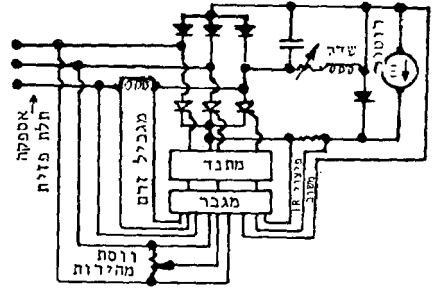
בעזרת הרעיון שמובא במעגל שבציור 2 נוכל גם להוסיף הגנה בפני זרם יתר. במעגל זה קיימת אפשרות, לחיבור העומס וניתוקו באופן רצוני או כתוצאה מזרם יתר. ע"י לחיצה על לחצן ה־"START" ניצת תיריסטור מס' 1 ומזרים זרם דרך העומס (LOAD) ודרך הנגד R_2 . אם יוזרם זרם יתר, תוצת דיודת הזנר Z_2 , בגלל עליית המתח על R_2 וכתוצאה מכך יזרום זרם לשער של תיריסטור מס' 2 והוא יוצת ויחסום את תיריסט־טור מס' 1.

התנעה בעזרת תיריסטורים

בעקרון של "קיצוץ" מתח החילופין ניתן להשתמש להתנעת המנוע ללא צורך בנגדים. בשיטה זו מתח ההספקה לרוטור ממונת באופן מחזורי כך שעל זמני המחזור ניתן לשלוט, וכתוצאה מכך שולטים על רמת המתח הממוצע וההספק הממור־צע הנמסר לרוטור. בשיטה זו קיימים הפסדי אנרגיה המיוחסים למעגל הקומוטציה, אך הם קטנים בהרבה בהשוואה להפסדים הנגרמים ב־מקרה של שימוש בנגדי התנעה ולכן שיטה זו יעילה יותר.

בקרת מהירות של מכונות זרם ישר

את בקרת המהירות של מכונות זרם ישר, ניתן



הסידור הנ"ל גורם להעלאת מתח הרוטור וכך ניתן לקבל אופיין מהירות ממומנט ה"משתטח" מ"הר מאוד. על מנת לקבל אופיין התנעה הגיוני קיים מגביל זרם.

בסידור כנ"ל של "קיצוץ" מתח ההספקה החד-פזית משתמשים להפעלת מנועים בעלי הספק קטן של כמה כ"ס מעטים. יתרון השימוש בשיטה זו הינו בכך שאין כאן ניצוצות דינמיים אך לעומת זאת ייתכן וצריך להגן על התריסטורים בעזרת דיודה במקביל לרוטור, מפני סכנת היווצרות מ"מתח הפוך גדול מדי כאשר הרוטור אינו מחובר להספקה.

במאמרים שיבואו בהמשך, נסיים את נושאי שי"מוש התריסטורים במכונות זרם ישר ומנועי סרוו ונעבור לשימושי התריסטורים במכונות לזרם חילופין.



אינג' ו. זיס

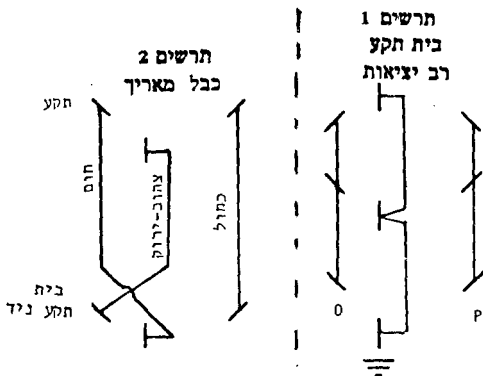
תקנות חדשות נחקקות במטרה להגביר את רמת הבטיחות של

מתקני חשמל

את הכבל המאריך של המקרר ליציאה העליונה וברגע שניגשה למקרר התחשמלה למוות. לפי תרשימים 1 ו-2 לא יקשה לראות שהמקרר במקרה זה אינו עובד, אך גופו המתכתי נמצא תחת מתח 230 וולט כלפי האדמה.

הלקחים

- 1) למעשה, הלקח העיקרי מובא במבוא למאמר זה.
- 2) קיום מפסק מגן, המופעל בזרם דלף, בלוח הצרכן היה מונע את התאונה.



המשד בעמוד 37 ו-41

החקיקה המצדעית מס' 26 - ספטמבר 1981

אחת המטרות של תקנות החשמל היא שיפור רמת הבטיחות של מתקני חשמל. אחת הדוגמאות הנה הגדלת מספר בתי תקע במתקני חשמל ביתיים במטרה לצמצם את השימוש בכבלים מאי-ריכים ובבתי תקע רב-יציאות.

נמחיש זאת על ידי תאונה שקרתה בעבר.

התאונה

בביתה של משפחת פלוני היו מחוברים תנור אפיה ומקרר לבית תקע רב יציאות (עם 3 יציאות). שתי יציאות בבית התקע האמור היו בעלות חיבורים תקינים (פזה בצד ימין, אפס בצד שמאל והארקה למטה) ואילו ביציאה השלישית הוצלבו הפזה והאפס (ראה תרשים מס' 1). המקרר היה מחובר באמצעות כבל מאריך בעל חיבורים בלתי תקינים כפי שמראה תרשים מס' 2. כל עוד היה מחובר המקרר לאחת משתי היציאות התחתונות עבד המקרר בין פזה והארקה וגופו המתכתי היה מאופס, אך ביום מסוים, ניתקה גב' פלוני את הכבל המאריך של המקרר שאותו רצתה לרחוץ. לאחר גמר הרחיצה חיברה, משום מה,

אינג' ו. זיס - הממונה בפועל על עניני החשמל, משרד האנרגיה והתשתית



מה חדש במכשיר השמל

מכשיר חדש לבדיקת העמידה של מכשירי חשמל בדרישות ת"י 900

אינג' י. בהגן

במקומות רבים נוצר צורך בבדיקה מהירה ואמינה של ציוד חשמלי לעמידה בתקני הבטיחות:

— במחלקות בקרת איכות של מפעלים המייצרים ציוד חשמלי, ובהם מהווה הבדיקה החשמלית הסופית את צוואר הבקבוק של קו הייצור.

— בחשמליות של קיבוצים, החייבים לתקן ולבדוק כמויות גדולות של ציוד חשמלי עם כח אדם מצומצם ולא מקצועי.

— במחלקות חשמל של מפעלים, בתי מלון, תאגידים וכו', שבהם יש תעבורה רבה של מכשירים חשמליים.

— אצל יבואני ציוד חשמלי המעבירים את הציוד המיובא בבדיקות הנדרשות על-פי תקני הבטיחות החשמליים.

את הבדיקות החשמליות יש לבצע בהתאם לתקן הבטיחות למכשירי חשמל לשימוש ביתי ולשימושים דומים — ת"י 900.

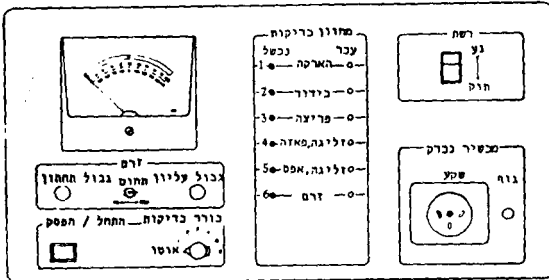
התקן דורש, בנוסף לבדיקות איכותיות, גם מספר בדיקות כמותיות, הדורשות חיבור מכשירי מדידה וציוד עזר למכשיר הנבדק.

לאחרונה, פותח בארץ מכשיר בדיקה המיועד למכן ולייעל את ביצוע הבדיקות, תוך כדי הגדלה משמעותית של רמת הבטיחות המושגת (שרטוט 1)

המערכת מבצעת 6 בדיקות חשמליות, הקבועות ומוגדרות בתקן, והן:

שרטוט 1

מילואח המפעיל



במעגל הבידוד. ערך התנגדות הבידוד המיזערי המותר לפי התקן הוא 2 מגה-אום.

בדיקת כושר בידוד (פריצה)

הבדיקה מבוצעת לפי סעיף 16.4 בת"י 900. בעת הבדיקה מפעילים מתח חילופין סינוסואידלי גבוה בין הפזה והאפס של המכשיר הנבדק, המ-חוברים יחד, לבין הזק הארקה (באמצעות חלקי המתכת הנגישים של המכשיר הנבדק).

מתח הבדיקה הוא בין 1,500 וולט.

התקן דורש שבשעת הבדיקה לא תתהווה פריצה ולא יופיעו ניצוצות.

דרישה זו נבדקת באמצעות מעקב צמוד אחרי זרם הזליגה דרך הבידוד:

במקרה של פריצה — הזרם עולה מעל ערכו הרגיל במקרה של ניצוצות — מופיעים „ספייקים” של זרם (קפיצות זרם לזמן קצר).

- א. בדיקת רציפות הארקה.
- ב. בדיקת התנגדות הבידוד.
- ג. בדיקת כושר הבידוד (פריצה).
- ד. בדיקת זרם הזליגה לפזה.
- ה. בדיקת זרם הזליגה לאפס.
- ו. בדיקת זרם עבודה.

מפרט טכני — מרוט הבדיקות

בדיקת רציפות הארקה

הבדיקה מבוצעת לפי סעיף 27.5 בת"י 900. בעת הבדיקה מזרימים דרך מעגל הארקה של המכשיר הנבדק זרם בן 25 אמפר, ומודדים במצב זה את ההתנגדות בין הזק הארקה בתקע המכ-שיר הנבדק לבין חלקי המתכת הנגישים שלו.

ערך ההתנגדות המירבי המותר לפי התקן הוא 0.1 אום.

יש להדגיש כי עקב ערכה הנמוך של ההתנגדות הנמדדת יש צורך במעגלי איפוס, אשר מקזיז את ההתנגדויות של המוליכים והחיבורים ומשאירים את ערכה „הנקי” של התנגדות הארקה כערך הנמדד.

בדיקת התנגדות הבידוד

הבדיקה מבוצעת לפי סעיף 16.3 בת"י 900.

בעת הבדיקה מפעילים מתח ישר בן 500 וולט בין הפזה והאפס של המכשיר הנבדק, המחוברים יחד, לבין הזק הארקה (באמצעות חלקי המתכת הנגי-שים של המכשיר הנבדק). במצב זה בודקים את התנגדות הבידוד ע"י מדידת הזרם הישר העובר

אינג' י. בהגן — מהנדס יועץ.

מערכת הבדיקה עוקבת הן אחרי עליות הזרם והן אחרי „הספייקים” על-מנת לאתר ליקויים בבידוד.

בדיקת זרם הזליגה לפזה

הבדיקה מבוצעת לפי סעיף 16.2 בת"י 900. למכשיר הנבדק מסופק מתח חילופין בערך הדרוש. בין הדק הפזה לחלקי מתכת נגישים במכשיר מת-חבר מעגל למדידת זרם, שהתנגדותו 2000 אוהם, ותחום תדרי המעבר שלו 20 עד 5000 הרץ. זרם הזליגה נמדד באמצעות מעגל זה. ערך זרם הזליגה המירבי המותר לפי התקן הוא 0.75 מיליאמפר למכשירים מיטלטלים ו-3.5 מילי-אמפר למכשירים נייחים.

בדיקת זרם הזליגה לאפס

הבדיקה מבוצעת לפי סעיף 16.2 בת"י 900. ביצוע הבדיקה זהה לביצוע בדיקת זרם הזליגה לפזה, כמתואר לעיל, אלא שמעגל מדידת הזרם מתחבר בין הדק האפס לבין חלקי המתכת ה-נגישים של המכשיר הנבדק.

בדיקת זרם עבודה

למכשיר הנבדק מסופק מתח חילופין נומינלי. צריכת הזרם שלו נבדקת ברציפות, וחייבת להיות בין הגבולות שקובע היצרן. המשתמש במכשיר מציג את גבולות המדידה ה-רצויים (גבול עליון וגבול תחתון) באמצעות ווסתים הנמצאים על מילואת המכשיר, או באמצעות בורר. זרם העבודה חייב להישמר בין הגבולות שנקבעו. כל חריגה ולו גם רגעית, מהגבולות הנ"ל גורמת לכשלון הבדיקה.

תפעול המכשיר

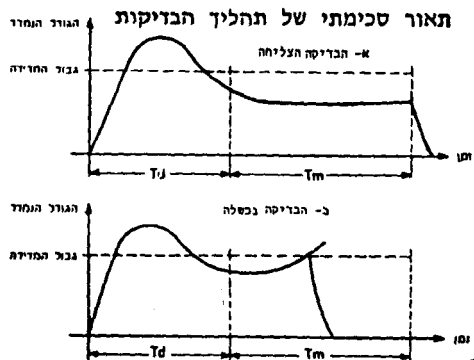
המכשיר ניתן להפעלה בשני אופני פעולה עיק-ריים:

א. מצב ידני, אשר בו מתבצעות הבדיקות בצורה הבאה: המפעיל בוחר, באמצעות בורר הבדיקות, את הבדיקה שברצונו לבצע, ועם התחלת התהליך מתבצעת הבדיקה הנבחרת.

ב. מצב אוטומטי, אשר בו מתבצעות כל הבדי-קות בזו אחר זו בצורה אוטומטית.

תהליך הבדיקות

שרטוט 2



כל הבדיקות הן במצב אוטומטי והן במצב ידני, מתבצעות בפרומט זמנים קבוע ואחיד, כאשר הזמן (כפרמטר) ניתן לשינוי כל בדיקה בנפרד.

בדיקה טיפוסית מוצגת להלן:

עם תחילת הבדיקה ממונתגת מערכת המדידה ל-ביצוע הבדיקה הספציפית, והמתחים הדרושים מופעלים על המכשיר הנבדק.

המדדה עצמה לא מתחילה מיד, כי אם בשהוי T_D מטרת השהוי היא לתת לתופעות המעבר (הטרנזיינטים) לדעוך, ולא להשפיע על תוצאות המדידה.

בתום השהוי נפתח „חלון המדידה”, שאורכו T_M במשך כל „חלון המדידה” נסקרת התנהגות ה-מכשיר הנבדק, ומספיק שתחרוג לפרק זמן קצר מהגבולות הדרושים על-מנת להכריז על כשלון אותה בדיקה.

סך הכל זמן הבדיקה הוא $T_D + T_M$ וזהו משך הזמן שבו ממונתג מערך המדידה הספציפי למכשיר הנבדק.

יש להדגיש שבמקרה של גילוי חריגה, מופסקת הבדיקה מיד עם גילוי החריגה, ולא מחכה עד לסיום „חלון המדידה”.

הזמנים T_D ו- T_M ניתנים לקביעה נפרדת לכל אחת מהבדיקות.

למשל, בבדיקת הארקה אפשר לבחור זמן שהוי של 0.5 שניה וזמן מדידה של 5 שניות. בבדיקת התנגדות הבדוד זמן שהוי של 1 שניה וזמן מדידה של 8 שניות וכו'.

בציור 2א' רואים תהליך בדיקה שהצליחה: על אף שהערך הנמדד חרג בתקופת השהוי (T_D)

מהגבולות — המערכת מאפשרת את המשך הבדי-קה, ובסופו של דבר הגודל מתייצב והמדידה מצליחה. סך הכל זמן הבדיקה $T_D + T_M$.

בציור 2ב' רואים תהליך בדיקה שנכשל: במשך השהוי T_D על אף החריגה, המערכת מאפשרת את המשך הבדיקה. אולם במשך „חלון המדידה” חריגה מהגבולות מביאה להפסקה מידית של תהליך הבדיקה.

בטיחות בתפעול

היות וחלק מהבדיקות מבוצעות במתחים גבוהים, הושם דגש בעת תכנון המכשיר על בטיחות תפעול מירבית.

בטיחות תפעול זו הושגה הן באמצעות תכנון קפ-דני של מערכת המתחים הגבוהים והן באמצעות ישום הנדסת אנוש מתאימה בתפעול.

בין הדגשים שהושמו ניתן למנות:

א. תפעול המכשיר אינו דורש, בכל מקרה, מגע יד של העובד בעת הבדיקה.

מבנה

המכשיר בנוי בטכנולוגיה חדישה של דור המחשבים, המבוססת על אלקטרוניקה ספרתית. הרכיבים האלקטרוניים מורכבים על גבי מעגלים מודפסים, והמעגלים מחוברים ביניהם באמצעות פתילים וחיטים.

הלוגי הוא באמצעות רכיבי משפחת CMOS, ה"מציינים בחסינות גבוהה לרעשים חשמליים ובפיוור הספק נמוך. תכונות אלה מאפשרות התאמת המכשיר לסבבה, "רועשת" מבחינה חשמלית. עקב המבנה האלקטרוני מצטיין המכשיר באמינות גבוהה.

מערכת המיתוג מורכבת ממתנעים (ולא ממסרים), להגדלת האמינות והבטיחות של המכשיר.

ב. בתום כל בדיקה, בין אם הצליחה ובין אם נכשלה מבחינת עמידות בתקן, מוסרים כל המתחיים מהמכשיר הנבדק, ומכשיר הבדיקה עובר למצב "מנוחה".

ג. כל המתחיים הגבוהים צפים.

ד. העברת בורר הבדיקות תוך כדי ביצוע בדיקה גורמת להפסקה מיידית של הבדיקה, ניתוק כל המתחיים, והעברת המערכת למצב "מנוחה".

ה. סדר הבדיקות במצב "אוטומטי" הוא כזה, שכל בדיקה מהווה תנאי בטיחותי לביצוע הבדיקה הבאה.

הבדיקה הבאה לא מתבצעת במצב "אוטומטי" אם בדיקה קודמת נכשלה.

(המשך מעמוד 34)

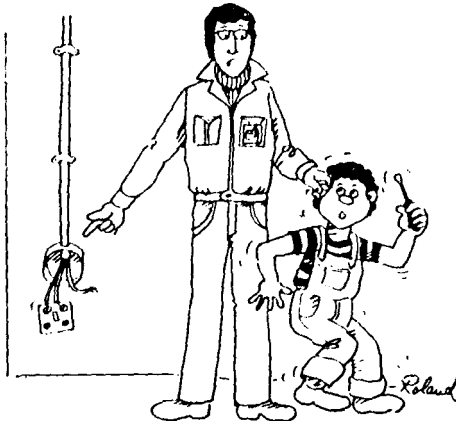
פירוק כבלים יכול להיות מסוכן

ידידות בלתי מבודדות, אי לכך הוא סגר מעגל חשמלי לאדמה דרך החלק העליון של גופו ודרך הצינור שעליו הוא יושב.

הלקחים

ברור שאמצעי ההגנה אשר הותקנו היו נכונים אך לא מספיקים. היה צריך לנקוט באמצעים נוספים כדלהלן:

- 1) שימוש במספריים ובמשורר בעלי ידידות העשיריות מחומר בידוד.
- 2) שימוש במשקפי מגן.
- 3) ישיבה או עמידה על משטח מבודד מהאדמה. קיימת שיטה טובה יותר והיא חיתוך כבלים באמצעות מכשיר חיתוך מיוחד עם הפעלה מרוחקת אשר מונעת אפשרות כלשהי למגע גלווני בין המפעיל ובין גידי כבל שמסיבה כלשהי נשאר תחת מתח.



התאונה

משה, עוזר לחשמלאי, עסק בפירוק כבלי חשמל במחלקה של מפעל כימי. הכבלים היו מותקנים על סולמות מתכת מיוחדים שבקרבתם עברו צנורות רבים המאפיינים את המפעל הכימי. הפירוק נעשה במטרה לחדש את המתקן כולו ולהתאימו לחידושים הטכנולוגיים במחלקה.

לפני פירוק הכבלים ננקטו אמצעי הזהירות הבאים:

1. הופסקה הספקת החשמל לכל הלוחות במחלקה.
2. קוצרו כל כבלי ההספקה בכניסה ללוחות החשמל.
3. קוצרו כל הכבלים היוצאים מלוחות החשמל, ביציאות.

לאחר התקנת אמצעי ההגנה האלה, התחיל משה בחיתוך כבלים ישנים, קטע קטע, בכיוון מהצרכנים ועד ללוחות. הפירוק התבצע על ידי חיתוך הכבלים עם משורר או עם מספריים (בהתאם לחתך הכבל). בזמן הפירוק ישב, בדרך כלל, משה על צינורות שונים העוברים במחלקה. לפתע נשמעה צעקתו של משה, הוא צנח על הרצפה וכל המאמר ציס להצילו עלו בתוהו.

בחקירת התאונה התבררו הפרטים הבאים:

- 1) משה נהרג כתוצאה ממכת חשמל
- 2) מכת החשמל נגרמה כתוצאה מחיתוך כבל פיקוד ללא שריון, להפעלת מתקן אעקה במפעל, שאחד מגידיו היה תחת מתח 230 וולט כלפי האדמה.
- 3) משה השתמש בשעת התאונה במספריים עם

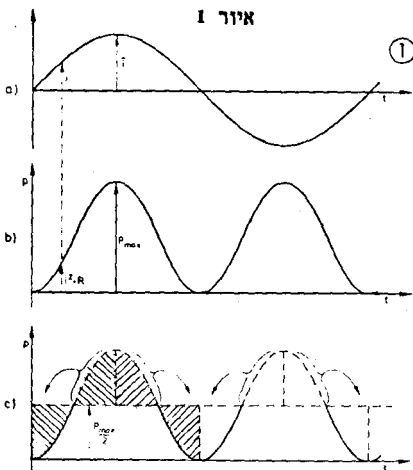
פרקים בתורת החשמל



ערך אפקטיבי *

קביעת ערכה של עצמת זרם ישר אינה מהווה בעיה מאחר שעצמת זרם ישר נשארת קבועה בפרק הזמן של המדידה. לעומת זאת, זרם חילופין סינוסי משנה את עצמתו ואת כיוונו כל הזמן. כדי שיהיה מדד גם לעצמתם של זרמים משתנים, דרוש להגדיר ערך מספרי קבוע שיבטא את עצמת הזרם, למרות השתנותה. דבר זה אמור גם לגבי מתחי חילופין. בהמשך נסביר כיצד להתייחס לערכים הנמדדים במכשירי מדידה שונים.

לפתרון הבעיה ניעזר בתיאורים גרפיים של השתנות ההספק הרגעי של זרם החילופין עם הזמן, לאורך מחזור אחד (ראה איור 1).



איור 1 מתאר את זרם החילופין הסינוסי כתלות בזמן במשך מחזור אחד, איור 1' מתאר את ההספק הרגעי כתלות בזמן, עבור אותו מחזור של הזרם. בכל רגע ורגע ההספק הרגעי הוא:

$$p = i^2 R$$

הגדרת הערך האפקטיבי לפי חום

נהוג לכנות את הערך המספרי האמור „ערך אפקטיבי” בשם אחר, שגירסתו העברית מקובלת פחות, הוא „שורש ממוצע הריבועים” (root mean square — r.m.s.)

הערך האפקטיבי של זרם חילופין עונה על השאלה מהי עצמת הזרם הישר, המפיק חום באותו קצב כמו זרם החילופין, שאותו אנו מעוניינים למדוד. הערה: גדלים המבטאים זרם ישר או מתח ישר, וכן ערכים אפקטיביים, מסומנים באותיות גדולות (U; I). לעומת זאת, ערכים רגועים של זרמי חי לופין או מתחי חילופין מסומנים באותיות קטנות (u; i).

כל הזרמים המפיקים אותו קצב של חום הם בעלי הספקים שווים. ההספק של זרם ישר הוא כידוע: $P = I^2 R$. בארם חילופין — הבעיה מחריפה מעט: כיצד נגדיר ונחשב הספק, אם העצמה אינה קבועה (כמו בנוסחה לזרם ישר $P = I^2 R$) אלא משתנית עם הזמן, ואף כיוון הזרם מתחלף?

* תורגם ועובד ע"י אינג' ס. גליקמן מתוך: "der electromeister"

שאלות

- באמצעות אוסצילוגרף נמדד מהח סינוסי $I_{max} = 34V$.
 - מהו ערכו המירבי (I_{max}) של הזרם העובר דרך נגד בן 68Ω , המחובר למתח הנ"ל.
 - מהו ערכו המירבי של ההספק בנגד זה?
 - מהם הערכים האפקטיביים של המתח (U), הזרם (I) וההספק (P)?
- קבל לשיפור מקדם ההספק, ללא נגד פריקה, מחובר לרשת חד-מופעית $230V, 50Hz$. מהו המתח המירבי בין הדקי הקבל לאחר ניתוקו מהרשת?
- לרשת חילופין חד-מופעית מחוברים צרכנים שונים, מבצעים מדידות במכשיר מסוג "סליל נע" המכיל מיישר זרם. האם עלולה להופיע שגיאה במדידת:
 - עצמת זרם הריקס של שנאי פעמון.
 - המתח בין הדקי נורת ליבון, המווסתת על ידי עמעם (וויסות זה נעשה ע"י קטיעת חלק ממחזור החילופין).
 - המתח בין הדקי גוף חימום.

תשובות

- $I_{max} = U_{max}/R = 34V/68\Omega = 0.5A$
 - $P_{max} = I_{max} \cdot U_{max} = 34V \cdot 0.5A = 17W$
 - $U = 34V/\sqrt{2} = 24V$
 - $I = 0.5A/\sqrt{2} = 0.354A$
 - אבל: $P = P_{max}/2 = 17/2 = 8.5W$
 - $U_{max} = 230V \cdot \sqrt{2} = 325.22V$
- במקרים א', ב' עלולים להופיע עיוותים בצורת הגל, כלומר — הצורה עלולה להיות לא סינוסית; לכן יש לצפות לשגיאות במדידה.



ערכו של p חיובי בין אם i חיובי ובין אם i שלילי בגלל ההעלאה בריבוע (מספר שלילי בריבוע שווה למספר חיובי). כעת נתעניין בהספק הממוצע במשך מחזור שלם, שהוא הקובע את קצב החימום הנגרם ע"י הזרם. באיור ג' מתואר שוב ההספק כתלות בזמן, אלא שהפעם התיאור מורכב מ"כיפות" ו"עמקים". כל "כיפה" זהה בצורתה ובממדיה ל"עמק" הבא אחריה, ומכאן רואים שערכו הממוצע של ההספק שווה למחצית ההספק המירבי P_{max} . כמו כן רואים שההספק הרגעי מגיע לשיאו בדיוק ברגע שהזרם נמצא בשיאו (I_{max}). לפי כל אלה נוכל לבטא את ההספק הממוצע של זרם החילופין כדלקמן:

$$P = \frac{I_{max}^2 \cdot R}{2} = I_{max} \cdot I_{max} \cdot \frac{R}{2}$$

במקום המספר 2 בנוסחה זו נרשום $\sqrt{2} \cdot \sqrt{2}$, ואז הנוסחה תקבל את הצורה:

$$P = \frac{I_{max}}{\sqrt{2}} \cdot \frac{I_{max}}{\sqrt{2}} \cdot R$$

הערך האפקטיבי של זרם החילופין (לפי הגדרה) שווה לגודלו של זרם קבוע I בעל אותו הספק ממוצע. מכאן:

$$I_{eff}^2 \cdot R = \frac{I_{max}}{\sqrt{2}} \cdot \frac{I_{max}}{\sqrt{2}} \cdot R$$

כלומר:

$$I_{eff}^2 = \frac{I_{max}^2}{2}$$

ערכו האפקטיבי של הזרם הוא אפוא:

$$I_{eff} = \frac{I_{max}}{\sqrt{2}} = \frac{I_{max}}{1.41} = 0.707 I_{max}$$

נהוג לסמן את I_{eff} בקיצור I :

$$I = 0.707 I_{max}$$

יחס זה נכון גם לגבי הערך האפקטיבי של מתח החילופין $(U = U_{eff})$:

$$U = \frac{U_{max}}{\sqrt{2}} = \frac{U_{max}}{1.41} = 0.707 U_{max}$$

$$U = 0.707 U_{max}$$

זכור! הערך האפקטיבי שמצאנו נכון רק לגבי מתחים סינוסיים וזרמים סינוסיים. כל סטייה מהצורה הסינוסית משנה את הערך האפקטיבי.

שגיאות במדידת מתחי חילופין וזרמי חילופין

אין קושי במדידת מתחי חילופין וזרמי חילופין במכשירי מדידה מסוג "ברזל נע", לא כן לגבי מדידה במכשירי "סליל נע", המכילים מיישר זרם כדי להתאימם לזרם חילופין. הסקלה במכשירים אלה מכויילת רק עבור זרם חילופין סינוסי. צורות גל שאינן סינוסיות גורמות שגיאה במדידה, ההר-לכת וגדלה ככל שהסטייה מצורת הסינוס גדולה יותר.

קבלים — טעינה ופריקה

טען ע"י הזרם. מתח הקבל מקטין את המתח שבין הדקי הנגד לפי:

$$U_R = U_0 - U_C$$

עקב כך, זרם הטעינה קטן, בהתאם לנוסחה:

$$I_C = \frac{(U_0 - U_C)}{R}$$

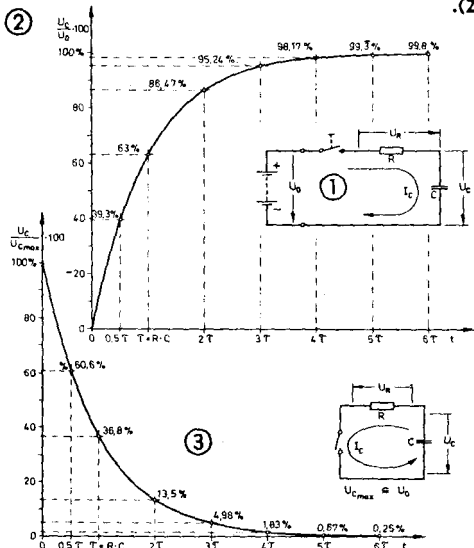
אילו הזרם ההתחלתי I_0 היה קבוע, היה הקבל נטען במלואו (למתח U_0) במשך זמן $t = U_0 \cdot C / I_0$

למעשה יידרש זמן רב יותר, מכיוון שהזרם הולך וקטן. בכל זאת ישנה משמעות לזמן t המצוין למעלה. נסמן אותו τ , ולפי חוק אום ($U/I_0 = R$) נקבל שזמן זה שווה ל:

$$\tau = U_0 \cdot C / I_0 = R \cdot C$$

נהוג לכנות זמן זה „קבוע הזמן“ (time constant). **זכור:** כאשר עובר זמן τ מתחילת הטעינה, הקבל טעון במתח השווה ל-63.2% ממתח המקור ($U_C / U_0 = 63.2\%$).

אפשר לוודא יחס זה ע"י מדידת מתח הקבל כעבור זמן τ עצמת הזרם יורדת לאחר זמן τ ל-36.8% מערכה המירבי (כלומר — מערכה ההתחלתית). כעבור זמן 2τ מתחילת הטעינה, מתח הקבל עולה בעוד 23.25% (עלייה זו היא 63.2% מההפרש של 36.8% בין מתח המקור לבין מתח הקבל ברגע τ). בסך הכל מתח הקבל כעבור זמן 2τ הוא 86.45% ממתח המקור ($U_C / U_0 = 86.45\%$). כעבור זמן 3τ היחס בין מתח הקבל למתח המקור הוא $U_C / U_0 = 95\%$. כעבור זמן 5τ מתחילת הטעינה — מתקבל $U_C / U_0 = 99.32\%$ (ראה איור 2).



קבלים הם רכיבים המהווים מרכיב חשוב במכשירים חשמליים ובמכשירים אלקטרוניים. הודות לכושרו של הקבל לאגור אנרגיה חשמלית, משתמשים שים **היגב** שלו **לקינור** השראויות, כמו כן משמשים קבלים לחסימת רכיבים ישרים של מתחים מורכבים (המכילים גם רכיבי חילופין), וכן **לדיכוי** רכיבי חילופין של מתחים מורכבים. במקרה הראשון הם נקראים קבלי צימוד, ובמקרה השני — קבלי סינון.

צירופים של קבלים וסלילים מהווים מעגלי **תהודה** (ה) ליצירת **תנודות** בתדרים שונים, או להפרדתן. שימוש חשוב נוסף של קבלים נעשה במעגלי השיתוף (timing) היה וזימון.

גודלו של המטען החשמלי (כמות האלקטרונים) שנאגר בקבל נמצא ביחס ישר לקיבול הקבל ולמתח הטעינה. הדבר מבוטא בנוסחה:

$$Q = U \cdot C$$

הגדלים בנוסחה זו:

- Q - מטען; נמדד בקולון (C)
- U - מתח; נמדד בוולט (V)
- C - קיבול; נמדד בפרד (F)
- I - פרד (I = אמפר שניה·וולט)

המטען Q גדל ביחס ישר לעצמת הזרם I ולזמן הטעינה t, לפי הנוסחה:

$$Q = I_C \cdot t$$

בעזרת שילוב שתי הנוסחאות ניתן לקבוע את הזמן t, הדרוש לטעינת קבל בעל קיבול C, במקרה שמתח המקור והזרם קבועים. זמן זה נתון בנוסחה:

$$t = \frac{U \cdot C}{I_C}$$

נוסחה פשוטה זו נכונה, כאמור, רק במקרה שזרם הטעינה ישר וקבוע, בכל מקרה אחר יש להניח, שטעינת הקבל נעשית דרך התנגדות המחוברת בטור עם הקבל. ההתנגדות כוללת את התנגדות של הנגד, המקור והמוליכים (ראה איור 1).

ברגע התחלת הטעינה, כאשר הקבל ריק ממטען לגמרי, מתח הדקי הקבל U_C הוא אפס. ברגע זה עצמת הזרם במעגל מגיעה לערכה המירבי, הנקבע ע"י מתח המקור U_0 וההתנגדות R, לפי חוק אום.

מאחר שהזרם קובע את קצב הטעינה (מהירות הטעינה) $-\Delta U_C / \Delta t$, הקצב המירבי מתקבל ברגע הראשון, בגלל ערכו המירבי של הזרם. מצב זה אינו נמשך אלא חולף, מפני שהקבל מתחיל להי-

תורגם ועובד ע"י אינג' ס. גליקמן מתוך: "der electromelster"

4. מהו המתח בין הדקי הנגד לאחר 500ms.
1s, 3s מתחילת הפריקה?

תשובות

- קבוע הזמן הוא: $\tau = R \cdot C = 4.7 \mu F \cdot 220 k\Omega = 1.034 s$
- קבוע הזמן אינו תלוי בגודלו של מתח המקור לכן גם במתח 48V - $\tau = 1.034 s$
- מתח הקבל לאחר 300ms הוא:
 $U_c = U_0 (1 - e^{-t/\tau}) = 24V \cdot (1 - e^{-0.3s/1.034s}) = 6.04V$
לאחר 1.5s:
 $U_c = 24V (1 - e^{-1.5s/1.034s}) = 18.37V$
אחרי 4s:
 $U_c = 24V (1 - e^{-4s/1.034s}) = 23.5V$

- בזמן הפריקה, הקבל מזין את הנגד, ומתח הקבל זהה למתח הנגד. לכן:
לאחר 500ms:
 $U_R = U_c = U_0 e^{-t/\tau} = 24V \cdot e^{-0.5s/1.034s} = 14.8V$
לאחר 1s:
 $U_R = U_c = 24V \cdot e^{-1s/1.034s} = 9.12V$
לאחר 3s:
 $U_R = U_c = 24V \cdot e^{-3s/1.034s} = 1.32V$

- להלן סדר הפעולות במחשב, עבור הסעיף האחרון (3s):
- $$3 \left[\frac{\square}{\pm} \right] 1.304 \left[\square \right] = 2.901$$
- $$2.901 \left[\frac{\square}{+/-} \right] - 2.901$$
- $$-2.901 \left[\frac{\square}{e^x} \right] = 0.549$$
- $$0.549 \left[\frac{\square}{\times} \right] 24 \left[\square \right] = 1.318$$

באופן מעשי אפשר לומר, שכעבור חמישה קבועי זמן (5τ) מתחילת הטעינה — הקבל טעון במלך או.

האופי הפיזיקלי של תהליך הטעינה מתואר ע"י פונקציה אקספוננציאלית — חזקה של e; e הוא הבסיס של הלוגריטמים הטבעיים $e = 2.718281828$. בעזרת הנוסחה הבאה אפשר למצוא את מתח הקבל בזמן t כלשהו:

$$U_c = U_0 (1 - e^{-t/\tau})$$

חישוב זה די פשוט במחשב מדעיתכני: מבצעים תחילה את זמן פעולת החילוק t/τ ; לוחצים על הלחץ $\left[\frac{\square}{+/-} \right]$ ואחר כך — על הלחץ $\left[\frac{\square}{e^x} \right]$. מחסרים את התוצאה מ-1 וכופלים במתח המקור. גם פריקת הקבל היא פונקציה אקספוננציאלית (ראה איור 3).

כעבור זמן 5τ הפריקה נחשבת מוחלטת מבחינה מעשית.

כעבור זמן τ מתחילת הפריקה, המתח מהווה 36.8% מהמתח המירבי. בתחילת הפריקה זרם במעגל זרם בעצמה המירבית. את המתח ברגע כלשהו t ניתן לחשב לפי הנוסחה:

$$U_c = U_0 e^{-t/\tau}$$

שאלות לדוגמא

- נתוני המעגל הטורי הם:
 $R = 220 k\Omega$; $C = 4.7 \mu F$
- מתח המקור הוא 24V, ישר.
- מהו קבוע הזמן?
 - מה יהיה קבוע הזמן אם נעלה את מתח המקור ל-48V?
 - מהו מתח הקבל לאחר 300ms, 1.5s, 4s מתחילת הטעינה? (הטעינה נעשית במתח מקור 24V)?

(המשך מעמוד 34)

רשת עילית וחצרות בתי-ספר ומגרשי משחקים אסורים בכפיפה אחת

התאונה

בתאונה שאירעה, לא מכבר, באחד מבתי הספר, הת-חשמו 2 תלמידות ואחות בית הספר שבאה להצילו. להלן תאור המקרה:

בזמן סופת ברקים נקרע תיל מתח גבוה בין מבדד לבין גשר המחבר אותו עם מנתק הרשת. כתוצאה מכך ירד תיל אחת הפזות לגובה הנמוך ממטר אחד מעל פני הקרקע בחצר בית הספר המשמשת כמגרש משחקים. לרוע המזל, ירד התיל קרוב לגדר עשויה רשת פלדה כך, שכמעט אי אפשר היה להבחין בו, ולכן נתקעו בו התלמידות בזמן המשחק. רק בנס בלתי רגיל, לא הסתיים המקרה באסון.

מקרה כזה הוא נדיר ביותר, שכן קרע בתיל מתח גבוה נורם, בדרך כלל, לנפילתו על האדמה והפסקת הקו. מעניין לציין, שקווי מתח נמוך, העוברים מעל חצרות של בתי ספר, מהווים סכנה חמורה יותר מאשר קווי מתח גבוה, כיוון שהמרחק בין תילי מתח נמוך הוא כ-30-40 ס"מ בלבד, וגובהם מעל פני הקרקע נמוך יותר מגובה התילים בקווי מתח גבוה. בזמן משחקים, קורה, לא פעם, שהכדור פוגע בתילי מתח נמוך וגורם לנגיעה של תיל אחד

בשני, בשל המרחק הקטן ביניהם. נגיעות מסוג זה גורמות לשריפת חלק מגידי התיל והחלשתו המכנית, אך לא לשריפת נתיכי הרשת, כי נגיעת החוטים זה בזה היא קצרה ביותר. חוטים אשר נחלשו עלולים, מאוחר יותר, להיקרע וליפול בשטח חצר בית הספר. בדרך כלל הם נשארים תחת מתח, כי קווי מתח נמוך אינם מצוידים בהגנות רגישות כמו קווי מתח גבוה.

לא מזמן התלוננה הנהלת אחד מבתי-הספר על מעבר קו מתח נמוך מעל חצר בית הספר, בעקבותיו נתגלו תילים מוחלשים שחלק מגידיהם היו שרופים. בשלב ראשון תוקנו התילים המוחלשים ובשלב שני הועתק הקו מחוץ לחצר בית הספר, דבר שמנע אסון.

חלקה

בסיכומו של דבר יש לציין שאין לתכנן ולאשר העברת קווי חשמל מעל חצרות בתי ספר. על מנת למנוע הפיכת שטחים עם קווי חשמל לחצרות בתי ספר או מגרשי משחקים, על הגורמים האחראים לדאוג, על חשבונם, להעקת קווי החשמל, לפני הפיכת שטחים אלה לחצרות של בתי ספר או מגרשי משחקים.

חשמלאי מוסמך - לימוד עצמי באמצעים משולבים

- יח' 6 — צרכנים בחבור מעורב.
יח' 7-8 — אלקטרוכימיה ותאים
זרם ישר מעגלים מורכבים.
יח' 9 — סכימטיקה חשמלית — מעגלי תאורה.
יח' 10 — קבלים.
יח' 11 — מגנטיות ואלקטרומגנטיות.
יח' 12 — זרם חילופין — יסודות.
יח' 13 — זרם חילופין מעגלים מורכבים.
יח' 14 — מעגלי תהודה ומקדם ההספק.
יח' 15 — זרם חילופין — מערכת תלת מופעות.
יח' 16 — מכשירי מדידה ושיטות מדידה.
יח' 17 — סכימטיקה חשמלית — מבוא לפקוד.
יח' 18 — שנאים.
יח' 19 — מכונות חשמל — מנוע השראה.
יח' 20 — סכימטיקה חשמלית — מעגלי פקוד
מנועים.
יח' 21 — מכונות חשמל — מנוע לזרם ישר.
יח' 22-23 — חומרי חשמל ומכשירים חשמליים
(חימום, קירור, כח).
יח' 25-26 — יסודות התאורה החשמלית, התקני
תאורה.
יח' 27 — רשתות מתח נמוך.
יח' 28 — תקינה ובטיחות בחשמל.
יח' 29 — מתקני חשמל — עקרונות התכנון.
את היחידות האלה יכולים לרכוש באוניברסיטה
הפתוחה גם אנשים שאינם לומדים בקורס ומעוני
יינים בחומר לרענון לחזרה או לשימוש בעסקים
המקצועי.
2. מעבדה ביתית — כל לומד מקבל לביתו
מעבדה לביצוע ניסויים בתחומי לימוד שונים של
הקורס. המעבדה כוללת לוח ניסויים, רכיבים
ואביזרים לביצוע הניסויים, ספקי מתח ישר
וחילופין, רב מודד ועוד. המעבדה היא כלי ניסוי
מעשי הממחישה ללומד את הנאמר ביחידות
הלימוד הכתובות, ומקנה לו גם צדדים מעשיים
של מקצוע החשמל.
3. משדרי טלוויזיה — בקורס משולבים משדרי
טלוויזיה בנושאי זרם ישר, זרם חילופין ובטיחות
בחשמל. המשדרים מוקרנים בטלוויזיה בשעות
אחה"צ ובימים המתואמים עם תוכנית הלימודים.
המשדרים מוקרנים גם במעגל סגור בפגישות תקר
פתיות.
4. פגישות תקופתיות וימים מרוכזים לעבודה
מעשית.

המחלקה להכשרה מקצועית במרכז לטכנולוגיה
חינוכית עוסקת מזה מספר שנים בפתוח קורסים
להכשרה והשתלמות מקצועית בשיטת הלימוד
העצמי תוך שילוב אמצעי לימוד חדשניים ומגוונים.
בתחום החשמל פתח המרכז בשיתוף עם האוני-
ברסיטה הפתוחה ומשרד העבודה והרווחה —
האגף לפתוח כח אדם, קורס בלימוד עצמי באמ-
צעים משולבים „חשמלאי מוסמך“.

הקורס שפותח מופעל בשיטת הלימוד העצמי
ע"י האוניברסיטה הפתוחה. הקורס בנוי מ-4
שלבים בני 4-5 חודשים כל אחד.

תוכנית הלימודים הותאמה לתוכנית הלימודים
הרשמית של משרד העבודה להשמלאי מוסמך.
בהתאם לה, נערכות בחינות הגמר ע"י משרד
העבודה במהלך הקורס ובסופו.

הלימוד בקורס מתבצע תוך שימוש באמצעים הבאים:

1. יחידות כתובות ללימוד עצמי — הנשלחות
לביתו של הלומד ובנויות במיוחד ללימוד אישי.
2. מעבדה ביתית — היא מושאלת לכל לומד
המשתמש בה בביתו במהלך הקורס.
3. משדרי טלוויזיה — המשולבים בנושאי הלימוד
בקורס.
4. פגישות תקופתיות וימים מרוכזים לעבודה
מעשית.
5. קשר טלפוני עם מנחה.
6. מערכת עבודות בית, מבחנים ותרגילים.
אפרט עתה אמצעים אלה ותרומתם ללימוד:

1. יחידות כתובות ללימוד עצמי — היחידות
נכתבו במיוחד ללימוד אישי. החומר המוגש בהן
בנוי מן הקל אל הכבד. הוא כולל הסברים ברורים
וברמה המתאימה לקורס. הוא כולל תרגילים
רבים עם פתרונות, שאלות חזרה ושאלות להערכה
עצמית לפיהן יוכל הלומד לבדוק את מידת
התקדמותו ואת ידיעותיו. כמו כן כולל החומר
ניסויים משולבים עם המעבדה הביתית.

בקורס יחידות הלימוד הבאות:

- יח' 1-2 — זרם ישר, מבנה החומר מתח חשמלי
והתנגדות.
יח' 3 — זרם ישר — המעגל החשמלי וחוק
אוהם.
יח' 4 — זרם ישר — צרכנים בטור ובמקביל.
יח' 5 — חומרי חשמל — מוליכים ומבודדים.

התקדמות הלימודים ומצד שני מידע ללומדים על הנקודות החלשות שלהם, על הנושאים עליהם הם צריכים לחזור ועוד. כמו כן יש בקורס מבחני גמר בתום כל שלב, תרגילי עבודה מעשית הנושאים ציון, תרגילי תכנון ועוד.

השיטות ואמצעי הלימוד שתוארו מאפשרים בעיקר לימוד עצמי. הלימוד העצמי מאפשר גמישות רבה ללומד בבחירת הזמן, הקצב והמקום המתאימים לו ביותר ללמוד. ע"י כך יכולים להצטרף למעגל הלימודים המעוניינים לרכוש מקצוע או להשתלם במקצועם, גם אנשים הגרים במקומות מרוחקים, אנשים העובדים בשעות היום ואחרים ששיטת הלימוד שתוארה תקסום להם. בדבר פרטים נוספים ניתן לפנות:

המרכז לטכנולוגיה חינוכית.

רח' קלאוזנר 16, רמת אביב, ת.ד. 39513,
טלפון 03-423222

(נמסר ע"י אינג' י. זילברשטיין — מנהל המחלקה להכשרה מקצועית במרכז לטכנולוגיה חינוכית)

אחת ל-3 שבועות לערך מתקיימות פגישות תקר פתיות עם מנחה מקצועי במרכזי לימוד בשעות הערב. בפגישות אלו דנים בנושאים שהתקשו בהם בזמן לימודיהם בבית ומשלימים נושאי עבודה מעשית בחשמל. הפגישות מתקיימות במרכזי הכשרה מקצועית של משרד העבודה והרווחה ב-3 או 4 הערים הגדולות, תוך שימוש במתקנים ובציוד המתאים הקיים במרכזים לצורכי הקורס. אחת ל-2-3 חודשים באים הלימודים ליום או יומיים מרוכזים לביצוע תרגילי עבודה, התקנות ותכנון במקצועות החשמל.

5. קשר טלפוני עם מנחה: הלימוד יכול להתקשר בטלפון למנחה קבוצתו לברור בעיות הקשורות בחומר הלימוד הביתי, או הקשורות בניסויים עם המעבדה הביתית.

6. מבחנים ועבודות בית: במסגרת מבחני הבית ועבודות הבית בקורס קיימים מבחנים ועבודות מסוגים שונים. מבחנים לבדיקה ע"י מנחה, מבחנים לבדיקה ע"י מחשב, וגליונות תוצאות ניסויים לבדיקה ע"י המנחה. מערכת מבחנים זו נותנת מצד אחד מידע לצוות הקורס על מידת

עובדי חברת החשמל מול ההפגזות בצפון

במהלך ההפגזות שארעו במחצית השניה של חודש יולי השנה (בין ה-15 ל-24 בו), בצפון הארץ נפגעו עשרות קווי חשמל בישובי, „אצבע הגליל“ ובגליל המערבי.

עובדי חברת החשמל גילו מסירות רבה והקרבה ועשו מעל ומעבר לגדרש ולעתים תוך סיכון עצמי בכדי להחזיר את אספקת החשמל במהירות המירבית לצרכנים אשר הקיום המזינים אותם נפגעו.

פרט למקרים בודדים נמשכו הפסקות חשמל שעות מספר בלבד, בעוד עובדי מחלקות ההשגחה, האחזקה, הביצוע והחיבורים של אזורי צפת ונהריה, ממשיכים במלאכה תוך מאמץ מרוכז ועושים הכל בכדי להחזיר את האספקה לצרכנים בהקדם האפשרי.

למעשה, המשיכו עובדי החברה באזורים ברוב עבודות השגרה היומיות כשעל כתפיהם מוטל העומס הנוסף, עקב הפגיעות בקווי החשמל, שתוקנו ביום ולעתים אף בלילה.

ברוב הנטל, כאמור, נשאו עובדי הכפיים ועל-כך התקבלו ברכותיהם ותודתם של גורמים רבים מקרב הצרכנים באזורים שנפגעו.

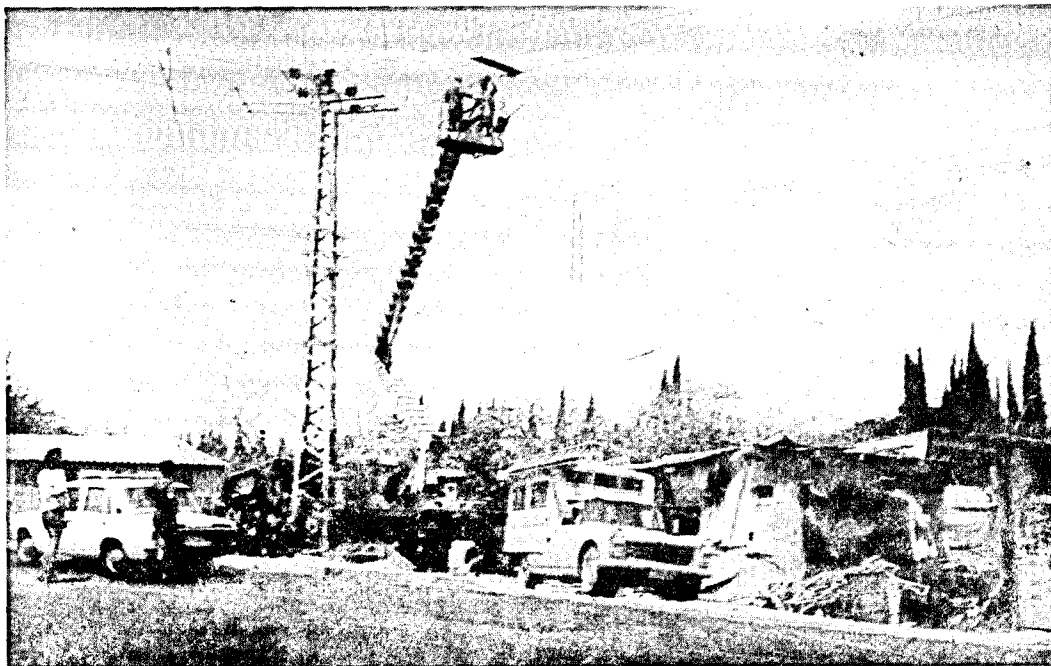
הנהלת חברת החשמל עקבה באופן שוטף וצמוד אחרי הארועים בשטח ומנכ"ל החברה מר א. יעקבסון דיווח לדיירקטוריון על התרשמותו האישית מסיור שערך בצפון הארץ.

יו"ר הדיירקטוריון מר י. הרמלך העביר לעובדי החברה את הערכת מועצת המנהלים על אומץ ליבם ומסירותם של העובדים.

לברכה ותודה מיוחדת זכו עובדי החברה על עזרה מהירה ומרוכזת שהגישו למפעל יצרני גדול בגליל המערבי, בעת ששוקמו חדר החשמל והטרנספורמטורים של המפעל כשעבודות הצוות נמשכת בתנאי חרום ותוך סיכון עצמי רב.

ד. פירר — לשכת מנהל מחוז הצפון, חברת החשמל

בנהריה: על רקע ההרס/מירי קטיושות מבצעים עובדי חברת החשמל תיקון גידים של תילי קו מתח גבוה שנפגעו מרסיסים.



בקרית שמונה :: בטרם גדמו הדי הקטיושות בערכים אנשי חברת החשמל לביצוע התיקונים.

