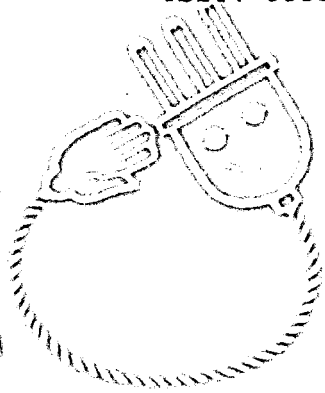
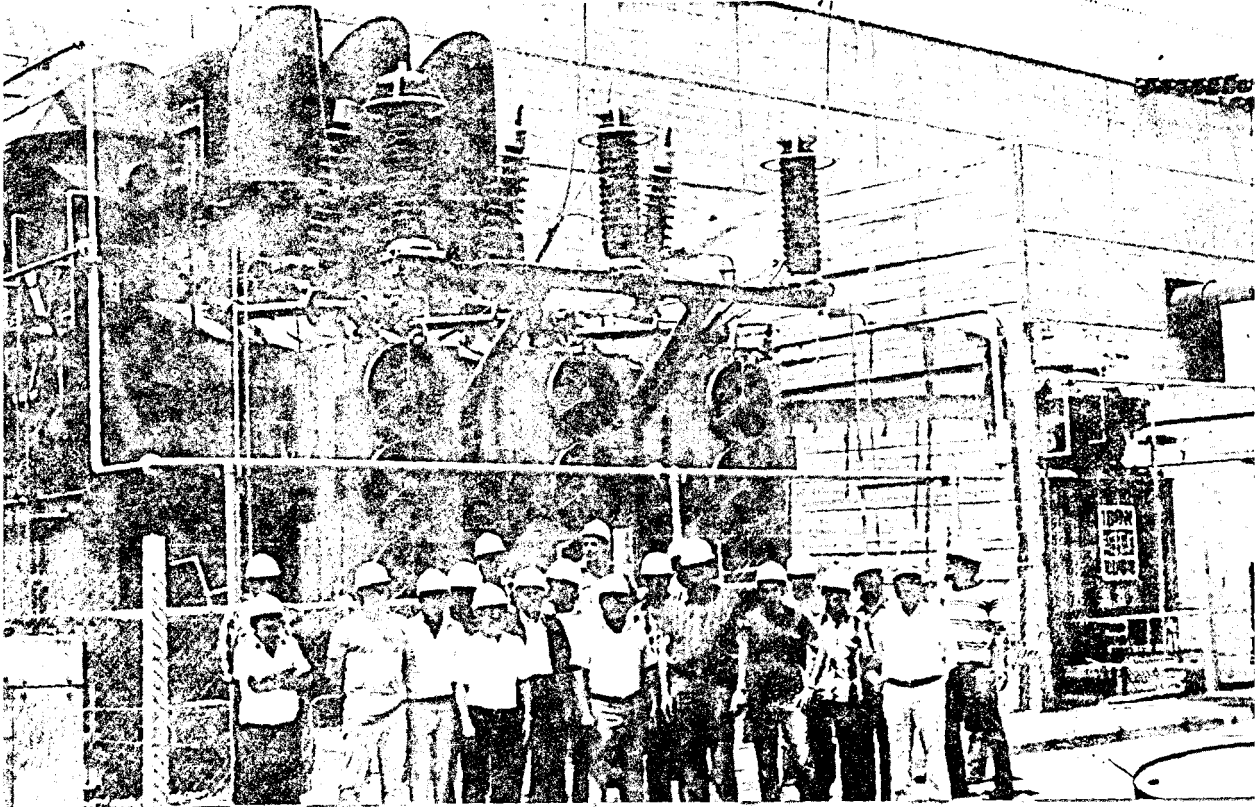


# התקע המצדיע



ע ל ו ן ל ח ש מ ל א י ם

בהוצאת חברת החשמל לישראל בע"מ



## תוכן העניינים

3	הרקע הרעיוני המשמש כבסיס לתקנות החדשות בדבר העמסת מוליכים . . . . .
8	הפעם נהרג חשמלאי . . . . .
9	העמסת מוליכים והגנתם בפני זרם יתר . . . . .
13	צבעי מוליכים . . . . .
14	הארקות יסוד — עידכון התקנות . . . . .
16	חיסכון ויעול בצריכת החשמל של מזגני-חלון ע"י הזנתם דרך „חסגנים” . . . . .
19	תנורי מיקרו-גל לשימוש ביתי . . . . .
22	הפעלה נסיונית של תעו"ז — 1.4.82 . . . . .
	<b>מדור מודעות — שרות פרסומי</b>
23	תחנות משנה פנימיות קומפקטיות במרכזים עירוניים . . . . .
27	מועדון „התקעה-המצדיע” . . . . .
28	הגבלת זרמי קצר . . . . .
32	ניצול חום תעשייתי שיוורי לייצור חשמל מפעלי . . . . .
36	הפקת חשמל מאנרגית הרוח . . . . .
40	חקירת תאונות חשמל קטלניות . . . . .
43	מגמות חדשות ברישוי חשמלאים . . . . .
43	החלה הכנסה לניצול של סוללות קבלי-קו מקבילות 24 ק"ו . . . . .

העורך :

א. לייסנר

העורך משנה :

א. זמרקו

המערכת :

צ. אביתר, י. בלבל, מ. זיסמן,

ל. יבלונובסקי, ש. מרדיקס,

י. נוימן, ז. ספורן, נ. פלג.

ג. פרבר, ה. ציפר

מנהלה :

ש. זולפטון

תסדיר וביצוע :

מ. ציטרון

כתובת המערכת :

חברת החשמל לישראל בע"מ

ת. ז. 25, תל-אביב — 61000

טלפון 03-625963

הדפסה :

דפוס זאופסט נורמן, חיפה.

### בשער :

**חברי מועדון „התקעה-המצדיע” מאזור נהריה על רקע אחד משנאי  
ההספק של תחנת-הכח מ"ד, בעת סיור מקצועי בתחנה החדשה.**

# הרקע הרעיוני הנושם בבסיס לתקנות החדשות בדבר העמסת מוליכים

פרופ' י. נאות

מבוא

א — מקדם שינוי ההתנגדות עם הטמפרטורה  $[1/^\circ\text{C}]$

S — שטח החתך של המוליך  $[\text{mm}^2]$

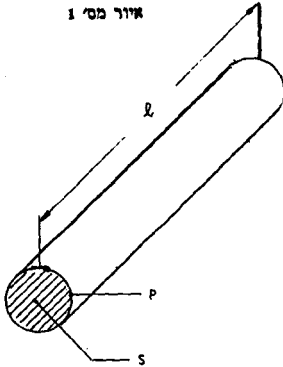
I — עוצמת הזרם החשמלי במוליך [A]

ℓ — אורך המוליך (m)

\* בכל הנוסחאות שתבואנה  $\theta$  מסמן תמיד עלית טמפרטורה מעל לטמפרטורת הסביבה.

כתוצאה מזרם-החום עולה טמפרטורת המוליך מעל זו של סביבתו והחום הנוצר בו מתפזר אל הסביבה. בהפרכי טמפרטורות המופיעים במתקנים (כמה עשרות מעלות צלזיוס) פשר לבטא את זרם-החום העוזב את המוליך (ראה איור מס' 1) בנוסחה:

איור מס' 1



$$(2) P_H = h \times \rho \times \ell \times \theta$$

$P_H$  — זרם החום העוזב את המוליך [Watt]

$\rho$  — היקף המוליך [m]

ℓ — אורך המוליך [m]

h — מקדם פיזור החום  $[\text{W}/\text{m}^2 \cdot ^\circ\text{C}]$

$\theta$  — הפרש הטמפרטורות בין המוליך וסביבתו  $[^\circ\text{C}]$   
( $\rho \times \ell$  היא שטח הקרור של המוליך)  $[\text{m}^2]$

ברור שטמפרטורת שיווי המשקל תתקבל כאשר זרם החום הנוצר שווה לזה העוזב את המוליך. תנאי זה מבטא במשוואה:

$$(3) \frac{\rho_0 (1 + \alpha \theta) \ell}{S} I^2 = h \times \rho \times \ell \times \theta$$

מכאן מקבלים:

$$(4) I = \sqrt{\frac{h \times \rho \times S \times \theta}{\rho_0 (1 + \alpha \theta)}}$$

התקנות בדבר העמסת מוליכים באות להסדיר את תכנון מתקני החשמל כך שלא ייתכנו מצבים בהם נשקפת סכנה למתקן (סכנה לרכוש) ו/או סכנה ל- מפעיל המתקן (סכנת נפש).

המושג „סכנה לרכוש” אינו כולל רק סכנה של הרס המתקן כי אם גם סכנה לסביבתו ו/או סכנה של בלאי מהיר מעבר למקובל.

תקנות אלה, ככל תקנה טכנית, חייבות להיות מנור-סחות בצורה פשוטה ומובנת היטב לכל בעל מקצוע ללא התחשבות ברמתו המקצועית והשכלתו העיר-נית. מסיבה זו, מגדירות התקנות מצבים „אסוריים” ומצבים „מותריים”, תוך דאגה לכך שהמצבים ה- „מותריים” מאבטחים את המתקן במקרה החמור ביותר האפשרי.

ברם, כל בעל נסיון בתכנון יודע שעולם הטכנולוגיה איננו עולם שחור-לבן וישנם הרבה מצבי ביניים בהם אפשר להציע פתרונות זולים יותר ובכל זאת בטוחים מספיק כדי למנוע תקלות מכל סוג.

הקו המנחה את התקנות החדשות מצטיין בכך ש- עשה נסיון רציני להגיע למימוש מסוימת על מנת לאפשר מיצוי כל האפשרויות הטכניות במסירת ה- איסורים ההכרחיים. התקנות החדשות מבוססות בעיקר על תקנות I.E.C עם שינויים שהועדה הישרא-לית (שלמחבר היה הכבוד להיות בה חבר) הכניסה במגמה מפורשת להגמיש אותן ככל האפשר.

בהמשך המאמר ניתנות כמה דוגמאות המסבירות את האמור לעיל בצורה ברורה.

## הזרם המתמדי

כל מוליך שדרכו עובר זרם, מפתח כמות מסוימת של חום בכל יחידת זמן (זרם-החום). כמות זו ניתנת להיחשב בעזרת חוק ג'אול:

$$(1) P_H = \frac{\rho_0 (1 + \alpha \theta) \ell}{S} \cdot I^2$$

כאשר:

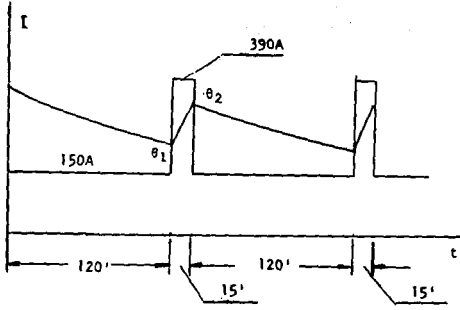
$P_H$  — זרם-החום הנוצר במוליך [Watt]  
(1 Watt = 0.239 kcal/sec)

$\rho_0$  — ההתנגדות הסגולית של המוליך  $[\frac{\Omega \text{mm}^2}{\text{m}}]$

$\theta$  — הפרש הטמפרטורות בין המוליך וסביבתו  $[^\circ\text{C}]$

פרופ' י. נאות — הפקולטה לחשמל, הטכניון.

איור מס' 2



החוזרות במחזוריות; אחת בת שתיים בה הזרם שווה ל-150 אמפר, השניה בת 15 דקות בה הזרם מגיע ל-390 אמפר. נסמן ב- $\theta_1$  את טמפרטורת ה- מוליך בסוף התקופה בה הזרם 150 אמפר וב- $\theta_2$  את שבסוף התקופה בה הזרם 390 אמפר. בכל זמן אחר הטמפרטורה תקבע לפי המשוואה הידועה:

$$(5) \quad \theta = \theta_{\infty} [1 - e^{-t/T}] + \theta_0 e^{-t/T}$$

כאשר:

- $\theta_{\infty}$  — הטמפרטורה הסופית אליה היה מגיע  $[\text{°C}]$  המוליך אילו הזרם היה ממשיך בערכו ללא הגבלת זמן.
- $\theta_0$  — טמפרטורת המוליך בתחילת התקופה.  $[\text{°C}]$
- $t$  — הזמן מתחילת התקופה  $[\text{min}]$
- $T$  — קבוע זמן האופייני למוליך הנדון.  $[\text{min}]$
- $e$  — בסיס הלוגריטמוס הטבעי (קבוע מתמטי)  $= 2.7183$

במקרה שלנו, משטר הטמפרטורות יתיצב כאשר הטמפרטורה הסופית של תקופה מסוימת זהה ל-טמפרטורה ההתחלתית של התקופה הבאה אחריה. נניח, לדוגמה, שמדובר במוליך מנוחשת בעל שטח חתך 120 ממ"ר.

הזרם המתמיד המתאים למוליך זה, לפי תנאי הת-קנתו:  $I_z = 286 \text{ A}$   
עליית הטמפרטורה המותרת בזרם-המתמיד תהיה  $40\text{°C}$ .

קבוע הזמן של המוליך יהיה 25 דקות. על סמך נתונים אלה נוכל לחשב בקירוב ראשון את הטמפרטורות הסופיות של שתי התקופות: עבור התקופה של 150 אמפר יהיה:

$$\theta_{\infty 1} = 40(150/286)^2 = 11.003\text{°C}$$

כדי שהמוליך הנדון יוכל לעבוד זמן ממושך בלי תקלות יש להגביל את הטמפרטורה שלו בהתאם לסוג הבידוד העוטף אותו. לדוגמה, מוליך מבודד ב-P.V.C אסור שהטמפרטורה שלו תעלה מעל ל- $70\text{°C}$ . אם הטמפרטורה האופפת שווה ל- $30\text{°C}$ , יהיה:

$$\theta = 70 - 30 = 40\text{°C}$$

אם נציג טמפרטורה זו בנוסחה (4) נגדיר את הזרם-המתמיד המותר במוליך זה או, בקצור, הזרם-המתמיד  $I_z$  של המוליך. נוסחה (4) דורשת הסברים נוספים:

(א) הזרם-המתמיד תלוי בטמפרטורת-הסביבה. ה-תקנות החזרות, בהיותן תקנות לאומיות מבוססות על טמפרטורת-סביבה סבירה בישראל.

(ב) הזרם-המתמיד תלוי בחומר המוליך ( $\rho_0$ ) אי לכך התקנות קובעות את הזרם-המתמיד המותר במוליכי נחושת ואלומיניום.

(ג) הזרם-המתמיד תלוי בשטח החתך  $s$  ובהיקף ה-חתך  $p$ . התקנות מתייחסות למוליכים בעלי חתך עגול. במוליכים בעלי צורת חתך שונה (למשל: מר-ליכים סקטרויאליים) הזרם-המתמיד שונה אפילו אם לא משתנים יתר התנאים.

(ד) תנאי ההתקנה משפיעים מאד על הזרם המתמיד מפני שהם משנים את מקדם פיזור החום בצור-רה משמעותית ביותר. המקדם  $h$  לא ניתן לחישוב עיוני כי אם רק לקביעה ניסיונית.

מסיבה זו התקנות מפרשות את הזרם-המתמיד ב-טבלאות שונות שהן פרי של מחקר ניסיוני, כל אחת מהן מתייחסת לאופן התקנה מקובל. בכל טבלה מצויינת הטמפרטורה האופפת המתאימה.

על מנת להגן על המוליכים בפני סכנת עליית הטמ-פרטורה בגלל זרם גבוה מדי, משתמשים לרוב ב-"מבטחים תרמיים" (נתיכים או מבטחים אחרים). בטבלאות מצויין גם הזרם הנומינלי של המבטח ה-המתאים לחתך הנדון. התקנות דורשות שזרם זה יהיה קטן או שווה לזרם-המתמיד של המוליך.

על מנת לאפשר התקנה בתנאים שונים מאלה המ-פורשים בטבלאות, מביאות התקנות גם מקדמי תיקון בהם יש להכפיל את הזרם-המתמיד כדי לק-חת בחשבון את התנאים המיוחדים בהם המוליך מותקן.

### מצבי עומס שונים

כאמור במבוא, ההתחשבות בזרם-המתמיד מוליכה תמיד לתכנון בטוח, אבל לעתים קרובות, בזבזי.

על מנת להבליט זאת נתחשב בדוגמת של מוליך הנושא עומס מקוטע כמתואר באיור מס' 2.

נחקור בצורה מדויקת מהלך טמפרטורת המוליך ל-אורך הזמן. העומס הנדון מורכב משתי תקופות

עבור התקופה של 390 אמפר:

$$\theta_{\infty 2} = 40(390/286)^2 = 74.380^\circ\text{C}$$

כאשר:

$\theta_{\infty 1}$  — הטמפרטורה הסופית המתייחסת לתקופה הראשונה.

$\theta_{\infty 2}$  — הטמפרטורה הסופית המתייחסת לתקופה השנייה.

אם נציג מספרים אלה במשוואה (5) נקבל:

$$(6) \begin{cases} \theta_2 = 74.380[1 - e^{-15/25}] + \theta_1 e^{-15/25} \\ \theta_1 = 11.003[1 - e^{-120/25}] + \theta_2 e^{-120/25} \end{cases}$$

$\theta_1$  — הטמפרטורה של המוליך בסוף התקופה הראשונה.

$\theta_2$  — הטמפרטורה של המוליך בסוף התקופה השנייה.

זו מערכת לינארית בעלת שני נעלמים פתרונה נותן:

$$\theta_1 = 11.233^\circ\text{C}$$

$$\theta_2 = 39.358^\circ\text{C}$$

מזה רואים שטמפרטורת המוליך תנוע בין הגבולות  $30 + 11.233 = 41.233^\circ\text{C}$  ו- $30 + 39.538 = 69.538^\circ\text{C}$  ולא תחרוג אף פעם מהגבול המותר של  $70^\circ\text{C}$ . נמצא אם כן שבעומס הנתון, המוליך של 120 ממ"ר ממלא תפקידו על הצד הטוב.

ברם, אם נפעל לפי התקנות כלשונן, נמצא כי על מנת לקיים זרם של 390 אמפר יש להגן על המוליך בנתיך של 400 אמפר לפחות, ובאותם תנאי התקנה יתאים לכך מוליך של 240 ממ"ר.

הסיבה לתוצאה מאלפת זו היא שמוליך של 240 ממ"ר יכול לשאת זרם מתמיד של 411 אמפר ואילו, במקרה הנדון, הזרם מגיע ל-390 אמפר בפרקי זמן קצרים יחסית, ביניהם ישנם פרקי זמן של שעתיים בהם המוליך מספיק להתקרר.

אין ספק שאם ננהג לפי התקנות נימצא על הצד הבטוח באופן מוחלט, אבל דבר זה יהיה על חשבון השקעה כספית בחומר ובמשאבים. מובן מאליו שבין שני פתרונות קיצוניים אלה (120 או 240 ממ"ר) ישנם גם פתרונות ביניים כגון: 150 או 185 ממ"ר. המתכנן, לפני בחירתו הסופית, יצטרך לתת תשובה לשאלות שונות כגון: מה הבטחון שהעומס לא ישנה

חלוקתו בזמן האם לא צופים תוספת עומס בעתיד התשובה לשאלות כגון אלה תדריך את המתכנן בבחירתו לאור הנסיבות.

### בעית ההבטחה

בבעיה הנדונה, בחירת הפתרון של 120 ממ"ר (או כל פתרון אחר קטן מ-240 ממ"ר) בצרוף לעובדה שהנתיך חייב להיות בעל זרם נומינלי של 400 אמפר לפחות, מעוררת את השאלה האם נתיך זה מגן על המוליך במקרה של קצר?

גם לשאלה זו אפשר לתת תשובה בהסתמך על מש-וואות החימום הידועות. נניח ש  $\theta_m$  היא הטמפרטורה בה נשקפת סכנה של הרס מיידי למוליך. (במורליכים מבודדים ב.v.p היא שווה ל- $160^\circ\text{C}$ , כלומר  $130^\circ\text{C}$  מעל לטמפרטורת סביבה של  $30^\circ\text{C}$ ).

אם נציג  $\theta_m$  במקום  $\theta$  בנוסחה (5) ונהפוך אותה, נוכל לחשב את הזמן הדרוש כדי להגיע לטמפרטורה זו:

$$(7) \quad t = T \times \ln \frac{1 - \frac{\theta_0}{\theta_\infty}}{\frac{\theta_m}{\theta_\infty}}$$

כאשר:

$t$  — הזמן הדרוש כדי שהמוליך יגיע לטמפרטורה המסכנת אותו

$T$  — קבוע הזמן של המוליך

$\ln$  — הלוגריטמוס הטבעי.

$\theta_0$  — הטמפרטורה ההתחלתית של המוליך [ $^\circ\text{C}$ ]

$\theta_m$  — הטמפרטורה בה נשקפת סכנה של הרס מיידי למוליך [ $^\circ\text{C}$ ]

$\theta_\infty$  — הטמפרטורה הסופית אליה היה המוליך מגיע אילו היה מוסיף להתחמם זמן בלתי מוגבל [ $^\circ\text{C}$ ]

$\theta_\infty$  נותן את הקשר לעוצמת זרם הקצר, מפני ש:

$$(8) \quad \theta_\infty = \theta_a \left( \frac{I_k}{I_z} \right)^2$$

כאשר:

$\theta_\infty$  — כמו בנוסחה (7)

$\theta_a$  — טמפרטורה מותרת במוליך לזמן בלתי מוגבל ( $^\circ\text{C}$ )

(בבידוד p.v.c מותרת טמפרטורה של  $70^\circ\text{C}$ )

דחינו  $\theta_a = 40^\circ\text{C}$ , במקרה שטמפרטורת הסביבה נלקחת כ- $30^\circ\text{C}$ )

$I_z$  — חזרם המתמיד המותר (A)  
 $I_k$  — זרם הקצר (A)

מובן שהמקרה הגרוע ביותר הוא זה בו הקצר קורה כשהמוליך נמצא בטמפרטורה המירבית המותרת, בגלל עבודה קודמת.

אם נפעיל נוסחה זו על המוליך של 120 מ"מ תוך הנחה ש- $\theta_0$  שווה ל- $40^\circ\text{C}$  נקבל את התוצאות ה"מרוכזות בעמודה מס' 3 בטבלה מס' 1.

טבלה מס' 1

1	2	3	4	5	6	7
זרם קצר	הזמן עד להרס המוליך	לפי חליטות מדויק	500 איטי	500 מהיר	750 מהיר	1000 מהיר
A	לפי התקנות	לפי חליטות מדויק	500	500	750	1000
500	762	2622	=	=	=	=
750	339	582	505.60	126	=	=
1000	190	282.68	111.06	40.92	470.52	=
2000	47.61	62.57	20.46	7.38	28.55	74.77
3000	21.16	27.24	8.68	2.27	11.40	27.91
4000	11.90	15.21	4.81	1.73	6.20	14.23
5000	7.62	9.70	3.06	1.10	3.90	8.87
6000	5.29	6.73	2.11	0.76	2.69	6.07
7000	3.89	4.94	1.55	0.56	1.97	4.42
8000	2.98	3.78	1.18	0.43	1.50	3.37
9000	2.35	2.98	0.94	0.34	1.18	2.65
100000	1.90	2.42	0.76	0.27	0.96	2.14
200000	0.48	0.60	0.19	0.07	0.24	0.53

בטבלה זו נתונים בעמודות 4, 5, 6, 7 זמני הניתוק של המבטחים השונים הבאים: זרם נומינלי 500 אמפר-איטי ( $T = 120 \text{ sec}$ )

זרם נומינלי 500 אמפר-מהיר ( $T = 50 \text{ sec}$ )

זרם נומינלי 750 אמפר-מהיר ( $T = 60 \text{ sec}$ );

זרם נומינלי 1000 אמפר-מהיר ( $T = 70 \text{ sec}$ ).

אם נשווה את הזמנים הנתונים בעמודות אלה עם הזמנים בעמודה מס' 3 נמצא כי כל אחד מהמבטחים האלה מסוגל להגן על המוליך, אבל רק מזרם מסוים ומעלה.

למשל: המבטחים בעלי זרם נומינלי של 500 אמפר מגינים על המוליך בזרם קצר העולה על 750 אמפר; המבטח בעל זרם נומינלי של 750 אמפר מגן רק מזרם קצר העולה על 2000 אמפר, ואילו המבטח בעל זרם נומינלי של 1000 אמפר מגן רק בזרם קצר העולה על 4000 אמפר.

נראה כי עבור כל צרף מוליך מבטח קיים גבול המפריד בין עוצמות זרם בהן אין הגנה לעוצמות זרם בהן קיימת הגנה. גבול זה תלוי בזרמים הנומינליים של רכיבי הצרף ובקבועי הזמן שלהם.

המתבר מציע לכנות גבול זה "סף-ההגנה" ולמצוא בכך פתרון גיוני לבעיה השנויה במחלוקת, מחו הגבול המפריד בין מצב של יתרת זרם ומצב של קצר.

כל זרם שהוא גדול מחזרם המתמיד של המוליך אבל קטן מסף-ההגנה יהיה "זרם-יתר" ואילו-כל זרם העובר את סף ההגנה יהיה זרם-קצר.

המסקנה הטכנית המשתמעת מהמצאים האלה היא, שאם רוצים להגן על המוליך בכל תחום הזרם מים לא נוכל לעשות זאת במבטח אחד אלא אם כן נבנה אותו במיוחד עם קבוע זמן מתאים לעומס הנדון.

באופן מעשי הדבר לא ניתן לבצוע; לכן מקובל הפתרון הפשוט להשתמש בשני מבטחים בטור, ה"אחד מותאם לתנאי זרם-יתר, השני לתנאי זרם-קצר.

ברם, מצב של זרם יתר אינו תמיד סביר. לדוגמא: אם העומס הנדון נובע מהצטברות של צרכנים בעלי זרם-קבוע (תנורים חשמליים, למשל), אין שום חשש של זרם-יתר, אם דאגנו לכך, עקום העומס יהיה בהתאם לצרף הצרכנים בזמן.

הדבר היחיד שיוכל לקרות הוא קצר בנקודה כל שהיא במתקן. עוצמת זרם הקצר ניתנת לחישוב עפ"י אימפדנס המעגל, ואז כל מבטח שסף-ההגנה שלו נמוך מעוצמת זרם-הקצר יהווה הגנה מספקת למעגל זה.

עד כאן החישוב המדויק. כיצד מתיחסות התקנות למקרים כגון אלה?

התקנות מכירות בעובדה שישנם מקרים בהם מס-פיקה הגנה בפני זרם קצר בלבד.

תוך הבנה שלא יכולים לדרוש מכל חשמלאי לבצע את החישוב המדויק, מציעות התקנות נוסחה פשוטה, שהיא בהישג ידו של כל חשמלאי, אפילו אין לו השכלה טכנית גבוהה. נוסחה זו נותנת את הזמן העובר עד להרס המוליך (בשניות) תוך הנחה כאילו שום תוסס אינו מתפורר לסביבה וכל זרם-החום מושקע בהעלאת הטמפרטורה של המוליך. ברור שבהנחה זו נקבל זמנים קצרים יותר מאשר בחישוב המדויק ובכך נהיה בצד הבטוח. הנוסחה המקורבת היא:

$$(9) \quad t = \left( \frac{K \cdot S}{I_k} \right)^2$$

כאשר:

t — כמו בנוסחה (7)

K — קבוע; בנחשת 115.

S — באלומיניום 74.

S — שטח החתך (מ"מ<sup>2</sup>)

$I_k$  — זרם הקצר (A)

התקנות דורשות שזמן ניתוקו של המבטח יהיה

קצר מזמן זה.

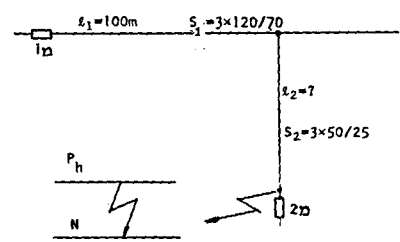
בטבלה מס' 1 רוכזו הזמנים המחושבים לפי הנוסחה המקורבת בעמודה מס' 2. השוואת העמודות 2 ו-3 מראה שבזרמים נמוכים, הפער בין החישוב המדויק והחישוב לפי נוסחה (9) גדול, אבל פער זה הולך ומצטמק ככל שעוצמת הזרם גדלה. עובדה זו מצדיקה בהחלט את השימוש בנוסחה המקורבת ברוב המקרים. נבדוק כעת כיצד היינו משנים את שינוי פוטנו לו הסתמכנו על התוצאות של החישוב המקורב בלבד: המבטח בעל זרם נומינלי של 1000 אמפר היה נפסל לשימוש אף על פי שלפי החישוב המדויק הוא היה עדיין מוגן, כניכול, בזרמים העולים על 4000 אמפר, ברם, הפרש הזמנים כל כך קטן שכל מתכנן אחראי היה פוסל אותו בכל מקרה. לגבי המבטח בעל זרם נומינלי של 750 אמפר, המסקנה לא היתה משתנה ואילו לגבי המבטחים בעלי זרם נומינלי של 500 אמפר היינו מסתייגים מהמבטח האיטי מפני שסף-ההגנתו היה עולה מעל ל-1000 אמפר והיינו מקבלים את המבטח המהיר, כלומר — היינו מגינים עים לאותה המסקנה אליה היינו מגיעים על סמך החישוב המדויק.

כל מבטח תרמי, ובמיוחד המפסקים האוטומטיים הכוללים אלמנט מגנטי להפסקה בזרמי קצר גבר היס, פועלים במקרה זה בזמן מוצהר קטן מאד. ברם מדובר בזמן ממוצע כאשר הפיזור סביבו גדול למדי. מסיבה זו אם השימוש בנוסחה המקורבת מצביע על זמן קצר מאד (פחות מ-0.1 שניה) קשה מאד לסמוך על זמן הפסקת המבטח. אם נחקור ביתר דיוק מה המשמעות הפיזיקלית של המקדם  $k$  נמצא שהגודל  $k^2 \int_0^{\Delta t} I^2 dt$  האינטגרל הקצר עד להפסקתו הוא הזמן העובר מתחילת הקצר עד להפסקתו מוחלטת ע"י המבטח. אינטגרל זה מכונה הלם החום של זרם הקצר. בניי המבטחים למיניהם אינם מסוגלים להבטיח זמן הפסקה מדויק בזרמי קצר גבוהים, אבל הם מסוגלים למדוד את הלם-החום שהמבטח מאפשר שיתחווה, בעת פעולתו בתנאים הגרועים ביותר. לפיכך הם מציינים את עוצמתו של הלם-החום המירבי בקטלוגים שלהם.

במקרה זה נוסחה (9) הופכת לדרישה פשוטה, דהיינו — שהמכפלה  $(ks)^2$  תהיה גדולה מהלם החום המוצהר ע"י היצרן.

**הסתעפות ללא הגנה בפני זרם קצר**

איור מס' 3



דוגמה נוספת המבליטה את נמישות התקנות החד-שיות מופיעה בנושא של הסתעפות ללא הגנה בפני זרם קצר (הסתעפות בלי נתיכים). ראה איור מס' 3. מקרה זה נפוץ במתקני תעשייה. עד כה היו קיימות תקנות קשורות המגבילות את אורך ההסתעפות ל-3 ו/או 8 מ' בהתאם לנסיבות. תקנות אלה בוטלו ובמקומן נתקבל העקרון ההגיוני הבא:

אם ההגנה בפני קצר נעשית בעזרת נתיכים יש לדרוש שעוצמת זרם הקצר הצפוי תהיה גדולה לפחות פי 3 מעוצמת הזרם הנומינלי של הנתוך הקרוב ביותר למקום הקצר שלפי סכימת המעגל מתפקידו לנתק זרם זה.

יחד עם זאת יש לדרוש שנתוך זה יהיה מסוגל להגן (לפי הנוסחה (9) על כל המוליכים שבשליטתו, לרבות מוליך ההסתעפות בעל החתך הקטן ביותר. נניח, לשם הסברה, שמדובר בקצר בין פאזה לאפס בנקודה המסומנת באיור מס' 3 במקרה זה הנתוך שידרש לפעול הוא מ-1. אם נסמן ב- $Z_{ph1}$  את האימפדנס לכל יחידת אורך של מוליכי הפאזה בנקעים 1 ו-2 וכן ב- $Z_{01}$  ו- $Z_{02}$  את האימפדנס של מוליכי האפס בהתאמה, נוכל לחשב את עוצמת הזרם הנומינלי של הנתוך הגדול ביותר שבתנאים המוריים מקיים את דרישת התקנות, בעזרת הנוסחה:

$$(10) \quad I_n = \frac{0.8V_{ph}}{3[\ell_1(Z_{ph1} + Z_{01}) + \ell_2(Z_{ph2} + Z_{02})]}$$

כאשר:

$V_{ph}$  — המתח הפזי (וולט)

— אימפדנס ליחידת אורך של מוליך הפזה ומוליך האפס של הקטע מס' 1.  $\begin{cases} Z_{ph1} \\ Z_{01} \end{cases}$

— הערכים כנ"ל המתתייחסים לקטע מס' 2.  $\begin{cases} Z_{ph2} \\ Z_{02} \end{cases}$

אם הזרם הנומינלי של הנתוך מ, קטן מ- $I_n$  (מירבי) ההגנה מובטחת וההסתעפות ממלאה את הדרישה בלי קשר עם אורכה. את הנוסחה הזאת נוכל גם להפוך כדי לחשב את האורך המירבי המותר לכל הסתעפות.

נקח לדוגמה את המקרה של איור מס' 3 ונשאל את עצמנו מה אורך ההסתעפות שנוכל להרשות במרחק של 100 מ' מהנתוך מ. אם נתחשב בכך ש:

$$I_n = 160A \quad S_1 = (3 \times 120 / 70)$$

$$\ell_1 = 100m \quad S_2 = (3 \times 50 / 20)$$

$$Z_{ph1} = 0.196\Omega/km, \quad Z_{01} = 0.317\Omega/km$$

$$Z_{ph2} = 0.436\Omega/km, \quad Z_{02} = 0.860\Omega/km$$

ונפעיל את הנוסחה (10) נקבל :

$$160 = \frac{0.8 \times 230}{3[0.1(0.196 + 0.317) + \ell_2(0.436 + 0.860)]} =$$

$$= \frac{184}{0.154 + 3.888\ell_2}$$

אשר נותנת מיד :

$$\ell_2 = \frac{184 - 160 \times 0.154}{3.888 \times 160} =$$

$$= 0.257 \text{ km} = 257 \text{ m}$$

נוצאה זו מראה לנו שאורך ההסתעפות, בתנאים הנדונים, יכול להגיע עד כדי 250 מ. ברם, לפני שנחליט על כך סופית עלינו לבדוק אם נתיך של 160 אמפר מסוגל להגן על מוליך של 25 ממ"ר (מוליך האפס) לפי דרישות נוסחה (9).

חשוב הזמן המותר לזרם קצר מראה :

$$t = \left( \frac{115 \times 25}{3 \times 160} \right)^2 = 35.88 \text{ sec}$$

לפי הנתונים של נתיכים מהירים יש להניח שזמן ההפסקה לא יעלה 3.55 שניות, לכן הקונפיגורציה של איור מס' 3 מותרת עד לאורך הסתעפות של 250 מ'.

אם ננסה לפתור את אותה הבעיה במקרה שהחסי תעפות יוצאת במרחק של 250 מ מהנתיך מ1 נמצא שאורכה יוגבל ל-197 מ'.

יתרה מזו, הבדיקה לפי נוסחה (9) באה להבטיח שהמתכנו לא יכנס למליכוד מבלי לשים לב לכד.

לדוגמה, ניח שרצים להסתעף במרחק של 100 מ' מהמבטח מ1 במוליך בעל שטח חתך של 10 ממ"ר, לפי נוסחת האימפדנסים נמצא שהדבר אפשרי אם אורך ההסתעפות מסמיק קצר.

ברם, הבדיקה לפי נוסחה (9) מראה שבמוליך של 10 ממ"ר אין להרשות קיום זרם קצר של 480 אמפר מעבר ל-5.74 שניות. אם נשווה מספר זה עם זמן פעולת הנתיך (3.55 שניות) נראה שכאן מהמר רים על מירווח של 2 שניות ומן הראוי להמנע מלעשות זאת.

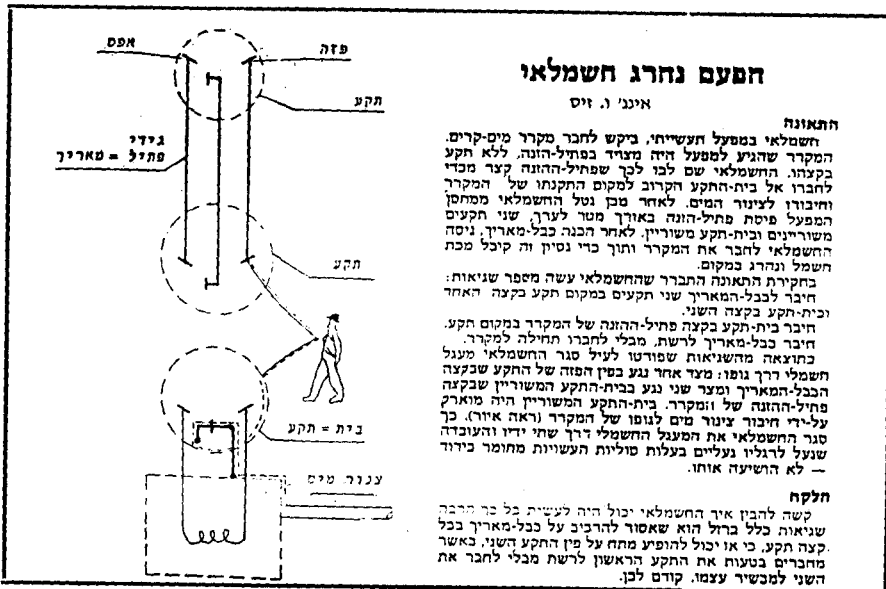
### ס כ ו ם

הדוגמאות שהובאו לעיל מוכיחות שהתקנות החד-שות משתדלות למזג פשטות וגמישות במידה כזו שכל חשמלאי יוכל להגיע לפתרון הגיוני בלי להס-תבך בחשובים מסובכים.

מובן מאליו שעם כל הרצון הטוב, יש בתקנות מידה מסוימת של כפייה. זו מנת חלקה של כל תקנה מחייבת.

מסיבה זו, בועדה לתקנות בדבר העמסת מוליכים, התעוררה השאלה אם יש לראות תקנות אלו כ"החמלצה" או לתת להן תוקף של תקנות מחייבות. רוב חברי הועדה היו בדעה שיש להוציא תקנות מחייבות.

לדעת המחבר אפשר לקוות שבזאת נעשתה עבודה נאמנה ותועלת ציבור החשמלאים והמשתמשים במתקני החשמל שבוצעו כהלכה.



### המעם נהרג חשמלאו

אינני י. זיס

#### התאונה

החשמלאי במפעל העשייתי, ביקש לחבר מקרר מים-קרים. המקרר שהגיע למפעל היה מצויד בפחיל-הזנה, ללא תקע בקצהו. החשמלאי שם לבו לכך שפחיל-הזנה קצר מכדי לחברו אל בית-התקע הקרוב לסכום התקנות של המקרר וחיבורו לצינור המים. לאחר מכן נטל החשמלאי ממחסן המפעל מיסת פחיל-הזנה באורך מטר לערך, שני תקעים משוריינים ובית-תקע משורייני. לאחר הכנה כבל-מאריך, ניסה החשמלאי לחבר את המקרר ותוך כדי נסיון זה קיבל מכת חשמל ונהרג במקום. בחקירת התאונה התברר שהחשמלאי עשה מספר שגיאות: חיבר לבבל-המאריך שני תקעים במקום תקע בקצה האחד וכינת-תקע בקצה השני. חיבר בית-תקע בקצה פחיל-הזנה של המקרר במקום תקע חיבר כבל-מאריך לרשת, מבלי לחברו תחילה למקרר. כתוצאה מהשגיאות שפורטו לעיל סגר החשמלאי מעגל חשמלי דרך גופו: מצד אחד נגע בפחיל-הזנה של התקע שבקצה הכבל-המאריך ומצד שני נגע בבית-התקע המשורייני שבקצה פחיל-הזנה של המקרר. בית-התקע המשורייני היה מוארק על-ידי חיבור צינור מים לגופו של המקרר (ראה איור). כך סגר החשמלאי את המעגל החשמלי דרך שתי ידיו והעובדה שנעל לרליוו נעליים בעלות סוליות העשויות מחומר בידוד - לא השיעה אותו.

#### חלקה

קשה לתקן את החשמלאי יכול היה לעשות כל כך הרבה שגיאות כלל ברזל הוא שאסור להרכיב על כבל-מאריך בכל קצה תקע, כל או יכול להופיע מחת על פני התקע השני, כאשר מחברים בטעות את התקע הראשון לרשת מבלי לחבר את השני למכשיר עצמו. קודם לכן.



# הענוסת מוליכים והגנתם בפני זרם יתר

(קטעים מתוך ספרו של אינג' ז. דוניבסקי מרכז ועדת ההוראות )  
\* הדברים להלן מבוססים על הדיונים בוועדת ההוראות הפועלת ליד משרד  
האנרגיה והתשתית.  
\* הקטעים מתייחסים לתקנות החשמל — העמסת מוליכים אשר נמצאים  
עתה בשלבי הדפסה.

## הגדרות

**"זרם יתר"** — זרם אשר עולה, מסיבה כלשהי, על הזרם  
הנומינלי של הציוד החשמלי.

**"זרם קצר"** — זרם יתר המופיע כאשר בגלל תקלה מתהווה  
חיבור בעל עכבה (אימפדנס) נמוכה מאוד יחסית בין שתי נקודות שקיים  
ביניהן מתח.

**"עומס יתר"** — עומס אשר כתוצאה ממנו מופיע זרם יתר  
במעגל כשלא קיים בו קצר. מצב כזה קיים במקרה של מנוע אשר,  
בגלל תקלה, ניזון על ידי שתי פזות בלבד, או במקרה של חיבור עומס  
מעל למתוכנן.

**"זרם מתמיד"** — זרם אשר עוצמתו האפקטיבית איננה משתנית  
באופן משמעותי, כך שהטמפרטורה של המוליך, בו עובר הזרם, קבועה  
למעשה.

**"טמפרטורה אופפת"** — טמפרטורה בקרבתו המידית של  
המוליך בזמן שלא עובר בו זרם.

**"הגנה כוללת"** — הגנה בפני זרם קצר וזרם יתר כאחד.

**"מבטח"** — אזור המיועד לנתק אוטומטית זרם במתקן החשמל,  
כאשר עוצמת הזרם עולה על הזרם הנומינלי של המבטח. ניתוק הזרם  
ייעשה בכל מקרה תוך זמן אשר נקבע על ידי התקן של המבטח. מבטח  
יכול להיות משני סוגים: נתיך או מפסק זרם אוטומטי.

## תנאים כלליים

כל ההנחיות להעמסת מוליכים ולהגנתם בפני זרם יתר מתייחסות  
למוליכים העונים על התנאים הכללים הבאים:

- א. מתח הזינה עד 1000 וולט בין המוליכים;
- ב. חומר המוליכים: נחושת או אלומיניום;
- ג. חומר הבידוד: פוליוויניל כלוריד (PVC);
- ד. אסור שהמוליך יגיע לטמפרטורה העולה על 70 מעלות בזמן  
עבודה תקינה ועל 160 מעלות בתנאי קצר;

- ה. טמפרטורה אופפת: 35 מעלות באויר ו-30 מעלות באדמה;  
 ו. התנגדות תרמית סגולית של האדמה: 120 מעלות צלסיוס —  
 ס"מ לוט;  
 ז. כל הנתונים מתייחסים לכבל אחד או למוביל אחד עם מוליכים,  
 כאשר אינם מושפעים מהתחממות של כבלים או מוליכים  
 אחרים בקרבתם,

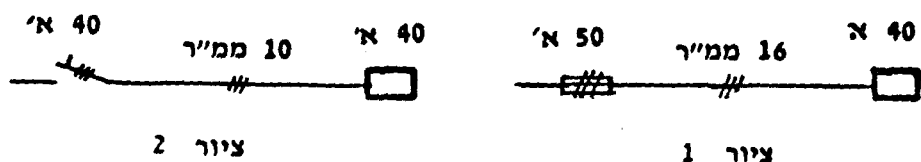
### מפסק אוטומטי להגנת המוליך בפני עומס יתר.

כאשר משתמשים במפסק אוטומטי הכולל ממסר להגנה בפני עומס יתר הניתן לכיוונון, מותר שזרם הכיוונון יהיה שווה לזרם המתמיד המי-רבי של המוליך.

כידוע, הזרם הנומינלי של הנתיך המגן על המוליך גם בפני עומס יתר תמיד קטן יותר מהזרם המירבי המותר במוליך, ודבר זה אינו מאפשר ניצולו היעיל של המוליך. ברור לכן כי השימוש במפסק אוטומטי אשר ניתן לכוונן עד לזרם מירבי במוליך יאפשר להעמיס יותר את המוליך ולנצלו באופן יעיל יותר.

### דוגמה.

יש להעביר זרם של 40 אמפר במוליכים מותקנים בצנור. עלינו להש-תמש, כאמור, בנתיכים בעלי זרם נומינלי שאינו קטן מהזרם במעגל. נבחר איפה, בנתיכים בעלי זרם נומינלי של 50 אמפר. לפי הטבלה מס' 1 החתך המתאים של המוליכים הינו 16 מ"מ (ציור 1)



עיון בטבלה מס' 1 מראה כי ניתן היה להשתמש במוליכים בעלי חתך קטן יותר, של 10 מ"מ, המתאימים לזרם מתמיד מכסימלי של 46 אמפר. דבר זה מתאפשר, אם נגן על המוליכים בפני עומס יתר על ידי מפסק זרם אוטומטי בעל אופיין מתאים, המכוויל ל-40 אמפר. ברור כי השימוש במוליכים בעלי חתך 10 מ"מ יביא לניצול יעיל יותר של המוליכים. (ציור 2)

## טבלאות של הזרם המתמיד המירבי במוליכים ובכבלים ושל הנתונים המתאימים.

הזרם המירבי במוליכים ובכבלים מותקנים לפי שיטות ההתקנה א', ב', ג', ד', ה', ו'

**מוליכים מאלומיניום**

מעגל חד-פזי		מעגל חלת-פזי		חתך ממ"ר
זרם מתמיד אמפר	נתון אמפר	זרם מתמיד אמפר	נתון אמפר	
16	23	16	20	4
20	29	20	26	6
32	40	25	36	10
32	54	32	49	16
63	73	50	64	25
80	91	63	80	35
100	109	80	97	50
125	139	100	123	70
160	168	125	149	95
160	195	160	173	120

הזרם המירבי במוליכים ובכבלים מותקנים לפי שיטות ההתקנה א', ב', ג', ד', ה', ו'

**מוליכים מנחושת**

מעגל חד-פזי		מעגל חלת-פזי		חתך ממ"ר
זרם מתמיד אמפר	נתון אמפר	זרם מתמיד אמפר	נתון אמפר	
10	16	10	14	1.5
16	22	16	19	2.5
20	29	20	26	4
32	38	25	33	6
32	53	32	46	10
63	70	50	63	16
80	94	63	82	25
100	116	80	103	35
125	140	100	124	50
160	178	125	159	70
200	215	160	192	95
250	250	200	222	120

הטמפרטורה האופפת 35°

עוצמת הזרם הנומינלי של הנתונים בטבלאות מתייחסת לשימוש בהם כהגנה בפני עומס יתר וזרם קצר כאחד.

### מוליכים יחידים וכבלים באוויר בטמפרטורה אופפת שונה

כאשר מוליכים או כבלים נמצאים באוויר בטמפרטורה שונה מ-35 מעלות, יש להכפיל את הנתונים על הזרם המתמיד המירבי מהטבלאות 1, 2, 3 ו-4 במקדם המתאים:

טמפרטורה	45	40	35	30	25	20	15
המקדם	0.79	0.87	0.93	1	1.07	1.12	1.17

### כבלים באדמה בעלת התנגדות תרמית סגולית שונה

כאשר כבלים נמצאים באדמה בעלת התנגדות תרמית סגולית שונה מ-120 מעלות צלסיוס — ס"מ לוט, יש להכפיל את הנתונים על הזרם המתמיד המירבי מהטבלאות 5, 6, 7 ו-8 במקדם מתאים:

התנגדות סגולית	300	250	200	150	120	100	70
המקדם	0.67	0.74	0.81	0.89	1.00	1.07	1.19

טמפרטורה	45	40	35	30	25	20	15
המקדם	0.84	0.93	1.00	1.07	1.15	1.20	1.24




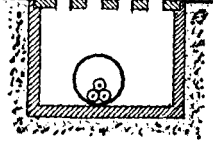
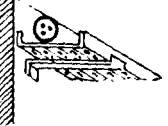
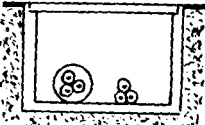
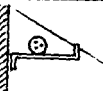
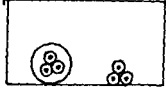

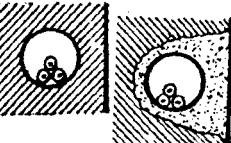
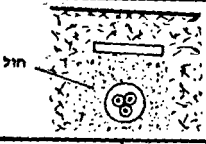
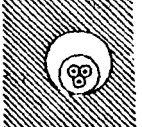
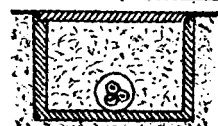
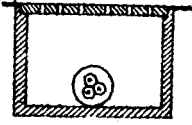
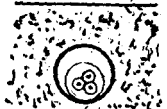
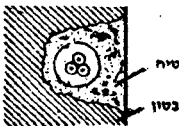
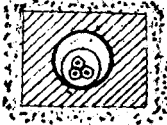
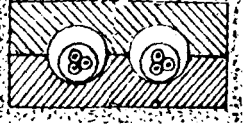
אם הטמפרטורה האופפת מגיעה ל-40°C למשך שעות אחדות בלבד ביממה, לא נדרש לשנות את הערכים של הזרם המתמיד המכסימלי הנתונים בטבלאות.

### כבלים באדמה בטמפרטורה אופפת שונה

כאשר כבלים נמצאים באדמה בטמפרטורה שונה מ-30 מעלות, יש להכפיל את הנתונים על הזרם המתמיד המירבי מהטבלאות 5, 6, 7 ו-8 במקדם מתאים:

## שיטות ההתקנה של מוליכים וכבלים

(לכל שיטה מתאימה טבלה המגדירה את הזרם המירבי והנתיכים המתאימים).

תאור השיטה	סכימה
<p>9. כבלים צמודים לקיר.</p> 	<p>1. מוליכים בצנור בהתקנה גלויה.</p> 
<p>10. כבלים צמודים לתקרה.</p> 	<p>2. מוליכים בצנור המותקן בתעלה רחבה פתוחה או מאווררת החתך של תעלה כזו צריך להיות רחב מאוד בהשוואה לשטח החתך הכולל של כל הכבלים והצנורות הנמצאים בה (trench — באנגלית).</p> 
<p>11. כבלים על מגש מחורר.</p> 	<p>3. כבלים בתעלה רחבה סגורה.</p> 
<p>12. כבלים חפשיים באויר.</p> 	<p>4. כבלים בתעלה צרה סגורה או מאווררת. שטח החתך של תעלה כזו אינו רחב יותר מהנדרש כדי להתקין בה כל המוליכים, והכבלים, כגון תעלה ברצפת מבנה (trunking — באנגלית).</p> 
<p>13. כבל מנחושת נושא את עצמו: ערכים מהטבלה 3 מוכפלים ב-1.05.</p> 	<p>5. מוליכים בצנור או בתעלה צרה בהתקנה סמויה בתוך טיח, ביציקת בטון או טיח במילוי רצפה.</p> 
<p>14. כבלים טמונים במישרין באדמה עם כיסוי מגן על ידי לוחות בטון, ברצפות וכיו"ב.</p> 	<p>6. מוליכים או כבלים בצנור, בתעלה צרה, או בחלל בתוך מבנה.</p> 
<p>15. כבלים בתעלה רחבה עשויה מבטון או חומר דומה ממולאה בחול או חומר מתאים אחר.</p> 	<p>7. כבלים בתעלה רחבה פתוחה או מאווררת.</p> 
<p>16. כבלים בצנור או בתעלה צרה טמונים באדמה.</p> 	<p>8. כבלים טמונים במישרין בטיח. טמון באדמה.</p> 
<p>17. כבלים בצנור או בתעלה צרה בתוך גוש בטון הטמון באדמה.</p> 	<p>18. כבלים במוביל טרומי. טמון באדמה.</p> 

## צבעי מוליכים

במשך שנים רבות היה מקובל בארץ לסמן את המוליכים בהתאם לתקן  
ישראלי בצבעים הבאים:

פזה — אדום, אפס — שחור, הארקה — לבן.

בכבלים תלת-פזיים היו צבעי מוליכי הפזה: אדום, צהוב, כחול.  
לפי התקנות אשר פורסמו לפני שנים אחדות שונו צבעי המוליכים  
ונקבע שהצבעים יהיו:

פזה — חום, אפס — שחור, הארקה — צהוב-ירוק.

הנסיון הראה כי צבע אחד לכל שלשת מוליכי הפזות, צבע חום, לא  
נוח בעבודה ומקשה על זיהוי מוליכי הפזות השונות, במיוחד בבבלים.  
הוחלט לכן לאחרונה לשנות שוב את הצבעים של מוליכי הפזות אשר  
נקבעו ל-

מוליכי הפזות: חום, כחול או סגול

הצבעים של מוליכי האפס והארקה נשארו ללא שינוי: אפס —  
שחור, הארקה — צהוב-ירוק.

כל מוליך פזה בכבל חייב להיות בצבע שונה. לא כן במתקנים עם  
מוליכים אשר בהם מותר לחשמלאי להשתמש כמוליך הפזה במוליך בצבע  
כלשהו מתוך שלשת הצבעים: חום, כחול וסגול. מותר לכן לחשמלאי  
להתקין מעגל חד-פזי עם מוליך פזה סגול, או מעגל תלת-פזי עם שלשה  
מוליכים כחולים או מוליך אחד חום ושני מוליכים סגולים וכד', כרצונו.  
בחיווט של לוחות חשמל מותר להשתמש במוליכים בצבע כלשהו, פרט  
למוליך הארקה אשר חייב להיות בצבע ירוק-צהוב.

יש לסמן לפי ייעודם את פסי הצבירה בלוח. הסימון יכול להיות על  
ידי אותיות או צבע. בפסים מבודדים מותר שצבע הבידוד יהיה כלשהו, פרט  
לצבע ירוק או צהוב.

ההוראות לגבי הצבעים של מוליכי הפזות אינן מתייחסות למוליכים  
ולכבלים של מעגלי בקרה, אולם אסור להשתמש במעגלים אלה במוליכים  
בצבע ירוק או צהוב, או בשילוב של צבעים אלה.

יש לדאוג גם במוליכים יחידים וגם בכבלים, כי תהיה תמיד אפשרות  
לזהות את הצבע של המוליך בחיבורו בתיבת הסתעפות או אל מכשיר.  
כאשר בקצה של מוליך מוסתר הצבע על ידי שרוול מבדד, יש לסמן את  
השרוול בצבע.

במעגלים לזרם ישיר יש להשתמש במוליכים בצבעים אלה:

מוליך חיובי — חום,  
מוליך שלילי — שחור,  
מוליך התווך — כחול

# הארקות יסוד - עידכון התקנות

אינג' נ. פלג

כידוע פורסמו לראשונה בחודש מאי 1978 תקנות החשמל (הארקות יסוד) קובץ התקנות 3854.

התקנות הללו הוכנו ע"י ועדת משנה שמונתה ע"י ועדת ההוראות הקבועה לענין חוק החשמל הפועלת באופן קבוע במסגרת משרד האנרגיה והתשתיות. ועדת המשנה, שעבודתה אושרה ע"י ועדת ההוראות, התבססה בעבודתה בעיקר על חומר שנאסף מגרמניה, אוסטריה ואנגליה.

למשמעות ולפשר הדרישות החדשות ולא דאגו לעיתים להסדרת העניינים הטכניים והאינוניים בינם לבין החשמלאים, באתרי הבניה, בעיתוי הנכון.

נוסף לכך התברר שהיו גם ליקויים מסויימים בתקנות עצמן.

הנושא חזר ועלה בפגישות עם חשמלאים וקבלני חשמל ואנשי קונסטרוקציות, בימי עיון שבהם נדון נושא הארקות היסוד וגם במגעים היומימיים בין החשמלאים לבין בודקי חברת החשמל.

לאור הנסיון שהצטבר במשך כשנתיים לאחר כניסתן לתוקף של התקנות (במהדורת 1978) היה ברור לוועדת ההוראות כי יש צורך בעידכון התקנות.

ועדת המשנה שהכינה את התקנות חדשה את פעילותה, נעזרה במומחים להנדסה אזרחית ו-קונסטרוקציות, התייחסה לנסיון המעשי שהצטבר ובכלל זה הערות והצעות של יועצי חשמל וחשמלאים והתוצאה באה לידי ביטוי במהדורה חדשה של התקנות שפורסמה ב-13.9.81 קובץ התקנות 4271 :

**תקנות החשמל (הארקות יסוד), התשמ"א — 1981**

תקנות אלה באות במקום התקנות באותו שם משנת 1978.

בכדי להקל על המשתמשים בתקנות לא בחרה הועדה בדרך, "הקלה" של פרסום תיקונים לסעיפים שונים אלא דאגה לפרסום מלא של כל סעיפי התקנות.

המתבקש מכך הוא שעל כל המשתמשים בתקנות הללו לדאוג להימצאות החוברת החדשה תוך ביטול החוברת הישנה וזאת כדי למנוע אי הבנות.

יש להדגיש כי לא חל כל שינוי בקונצפציות היסודיות ועיקר השינויים מתבטאים בשיפור ובהבהרת הניסוחים, השמטת דרישות שהתברר ש-היו מיותרות ו/או לא ישימות, הוספת דרישות מסויימות שלא היתה לגביהן התייחסות, שיפור

2. **הקונצפציות שהינחו את מחברי התקנות היו :**

א. מציאת אלקטרודה חילופית לאלקטרודה ש-היתה מקובלת בארץ בדרך כלל, דהיינו — צנרת המים המתכתית.

ב. השגת אפקט של "כלוב פאראדי" בתוך המבנה, כך שלא יוכלו להתהוות הפרשי פוטנציאלים משמעותיים ומסוכנים בין חלקי מתכת שונים (כולל גופים מאורקים) בתוך המבנה.

במקביל עמדה לנגד עיני הועדה חשיבות האופי-ציה הטכנית העתידית של הפעלת שיטת האיפוס המודרנית דהיינו — חיבור בין מוליך האפס של החיבור המזין את המבנה ובין הארקות היסוד וזאת על מנת להבטיח רציפות מתכתית לזרמי התקלה העשויים להתהוות במבנה. ("לולאת ה-תקלה" או "מעגל הארקה" כמוגדר בתקנות: מסלול זרם התקלה ממקור הזינה דרך מוליכי הזינה, מוליכי הארקה, הארקות יסוד המסה הכללית של האדמה, הארקות שיטה של מקור הזינה, כולם או מקצתם, המחובכים זה לזה בטור או במקביל, ושדרך מסלול זה עובר זרם תקלה או זרם פחת.)

הצורך בהתקנת הארקות יסוד היווה מהפכה מסויימת מבחינת הגישה והרגלי העבודה החל משלב התכנון (הנדסה אזרחית וקונסטרוקציות) והמשך בשלב הביצוע, שחייב שיתוף ותאום — בין החשמלאים (האחראים להארקות היסוד המהווה חלק בלתי נפרד ממתקן החשמל) לבין הבנאים — בשלב יצירת היסודות של המבנה, דבר שלא היה קיים עד אז.

נוסף לזאת חייב הדבר את החשמלאים לרכוש מיומנויות בתחומי עבודה נוספים כגון: ריתוך, קריאת תוכניות קונסטרוקציה של מבנה וכו' כמו שהדברים מתרחשים בדרך כלל במציאות ביישום שיטות וטכניקות חדשות, היו גם כאן "חריקות" — אצל המתכננים התעוררו שאלות ובעיות בקשר לפרוש הדרישות שבתקנות והבנת השירטוטים; אצל קבלני הבנין שלא היו מודעים

אינג' נ. פלג — יחידת הרשת הארצית,  
חברת החשמל וחבר ועד ההוראות  
שליד משרד האנרגיה והתשתיות.

לים לכל כניסה של אספקת חשמל. הכוונה היא כי במבנה בעל מספר חדרי מדרגות, למשל, שלכל אחד מהם יש חיבור חשמל נפרד יהיה פס הש- וואת פוטנציאלים נפרד בהקשר לכל חיבור. זאת על מנת לאפשר בעתיד את הפעלת שיטת האיפוס.

### ✱ תקנה 8 (חיבורים אל פס השוואת הפוטנציאלים) —

נעשתה הפרדה בין חיבורי הארקות הגנה וחיבורי הארקות שיטה של גנרטור, שנאי או ממיר ת- מותקנים במבנה וכן נוספה דרישה לחיבור תעלות מתכתיות של מיוזג אויר מרכזי אל הפס.

### ✱ תקנה 9 (מוליכי הארקה ומוליכי חיבור) —

נוספה דרישה הקובעת כי מוליך הארקה המחובר יותר מלוח ראשי אחד אל פס השוואת הפוטנציאלים יהיה שלם לכל אורכו ותכנון לא יפתח מ-10 מ"ר.

במלים אחרות: במבנה רב־קומות שבו מותקן מוליך הארקה ראשי ההסתעפויות ללוחות הקומ- תיים חייבות להתבצע ע"י מהדקים מתאימים ללא חיתוך מוליך ההארקה הראשי.

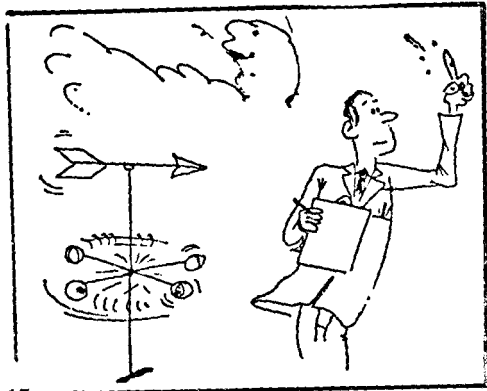
### ✱ תקנה 10 (השוואת פוטנציאלים במתקן ביתי) —

הושמטה הדרישה לחיבור, בתוך הדירה, בין פס ההארקה בלוח לבין שרותים מתכתיים אחרים (גז, דלק וכו') וכן הצורך לחיבור אמבטיה מ- תכתית.

נשארה רק החובה לחבר לפס ההארקה את צינור המים הקרים בלבד.

**הערה:** חיבור צנרת גז, הסקה וכו' למערכת הארקות היסוד חייב להעשות בכניסה למבנה, לפי המתחייב מתקנה 8.

\* לגבי הנספחים שהם השרטוטים המתארים את ביצוע הנדרש בתקנות (במהדורה הישנה היו 7 נספחים, במהדורה החדשה יש 10 נספחים) הוכנסו, כפי שנאמר לעיל, עידכונים, פירוטים, תיקונים וכו' ויש ללמוד אותם לכשעצמם.



שירטוטים שנעשו הפעם, כאמור, בתאום עם מומחי בנין וקונסטרוקציות.

להלן פרוט השינויים העיקריים לפי סדר הסעי- פים (לא חל כל שינוי במיפוסר סעיפי התקנות):

### ✱ תקנה 3 (מבנה אלקטרוות הארקה היסוד) —

הוכנס סעיף משנה (ג) הפוסר מחובת ההתקנה של הארקות יסוד בתוספת למבנה קיים שאין בו הארקות יסוד. אולם אם תותקן הארקות יסוד בתוספת, היא חייבת להיות מחוברת למערכת הארקה הקיימת במבנה ("Bonding").

### ✱ תקנה 3 (מבנה אלקטרוות הארקה היסוד) —

— בהתאם להערות אנשי מקצוע הוכנס במקום המונח „ברזל“ המונח „פלדה“. ברור שתיקון זה נמשך, בהתאם לענין, לכל אורך התקנות.

— נאמר מפורשות שטבעת הגישור מותר שתהיה אחת מפלדות הזיון של המבנה, או מפס או מוט פלדה שהונחו במיוחד למטרה זו.

— התייחסות למבנה בצורת „ח“ (מוסכים, סכ- כות וכו') בהקשר לסגירת טבעת הגישור.

— התייחסות לאופן ביצוע הארקות יסוד במבנה מסוג „קונסטרוקציה מפלדה“. דבר שלא היה קיים במהדורה הראשונה.

— אין התייחסות ספציפית לעובי שכבת הבטון על הפלדה המשמשת במערכת הארקות היסוד) ולתכולת הצמנט שבבטון אלא במקרים מיוחדים של התקנת טבעת גישור שאיננה חלק מקונסטרוק- צית המבנה עצמו, בקרקעות קורוזיביות במיוחד וכו'. דבר זה נעשה מתוך הידיעה שמה שמתאים להגן על הפלדה לפי התקן הישראלי מס' 466 (חוקת הבטון) עונה על הדרישות לגבי הארקות יסוד.

### ✱ תקנה 4 (הבטחת רציפות חשמלית)

יש פרוט רחב יותר של הדרישות ביחס לחיבורים בין חלקי הפלדה ומצד שני ניתן פטור מחובת הגישור של פלדות זיון הרצפה לטבעת הגישור — סעיף זה נוגע בעיקרו לבניה טרומית.

### ✱ תקנה 6 (מבנה פס השוואת הפוטנציאלים) —

ניתנה אפשרות לפס השוואת פוטנציאלים שאיננו מנהושת טהורה אלא עליו להכיל בכל מקרה 50% נחושת לפחות, בחתך של 160 מ"ר לפחות.

### ✱ תקנה 7 (התקנת פס השוואת הפוטנציאלים) —

נוספה דרישה שיש להתקין פס השוואת פוטנציא-

# חיסכון וייעול בצריכת החשמל של מזגני-חלון ע"י הזנתם דרך "חסגנים"

אינג' א. לייטנר

## הגידול במצאי מזגני-חלון במבנים

אולם את המזגן לא מנתקים והוא ממשיך לעבוד ולצרוך חשמל לריק.

א. קיים אמנם במזגני החלון תרמוסטט פנימי הניתן לכיוון, אשר מטרתו למנוע קירור מוגזם בקיץ או חימום מוגזם בחורף. במקרים רבים מכוונים האנשים את התרמוסטט לערך המכסימלי, ל.י. תוך מחשבה מוטעית, שהדבר יגרום להאצת הקירור או החימום מיד לאחר הפעלת המזגן בעת הכניסה לחדר.

למעשה מנתק התרמוסטט את המדחס (שהוא צרכן החשמל העיקרי במזגן) כאשר הטמפרטורה מגיעה לערך מסוים המתאים לטמפרטורת סביבה מסויימת ואין לו השפעה על מהירות התהליך.

אולם אם המזגן מותקן בחדר גדול יחסית לתפוצתו ו/או הנידוד התרמי והאטימה של החדר אינם תקינים, הרי שבפועל לא ינתק התרמוסטט והמדחס יעבוד ללא הפסקה כל עוד המזגן מחוץ בר לזינה.

יתרה מזאת, קיימים מקרים שבהם הטמפרטורה בחדר מוגזמת (יותר מ-20—18 מעלות צלזיוס בחורף או פחות מ-26—25 מעלות צלזיוס בקיץ) והתרמוסטט "כוון" ל"מכסימום" לא מפסיק את המדחס.

### "החסגן" מהו?

כדי לממש את פוטנציאל החיסכון המשמעותי ה"גלום" בזבוזים ה"ני", מציעות לאחרונה מספר חברות — העוסקות בציוד בקרה — יחידות חי-סכון/הגנה המיועדות להתקנה (מעל לטיח או מתחת לטיח) בין המזגן ובין מקור הזינה ואשר ניתן להשיג באמצעותן את החיסכון בנוסף להגנה חשמלית על חלקי המזגן (בעיקר המדחס) ועל מתקן החשמל בכללו.

יחידת חיסכון/הגנה (להלן — "חסגן") כוללת, בדרך כלל, ביתתקע תקני ולידו ("Built-in") התקן מיתוג אלקטרוני המחליף את לחצן ה"Start-Stop" הקונבנציונלי המקובל למזגני חלון.

הסגן מודרני ומשוכלל מבצע, בדרך כלל, את הפעולות כדלקמן:

#### א. הפסקה עצמית אוטומטית

החסגן מפסיק את המזגן, אוטומטית, לאחר ש"פעל" במשך פרק זמן מסויים. פרק הזמן (למשל — 1 שעה, 50 דקות, 1½ שעה וכו') ניתן לכיוונון/תיכונות ע"י מי שהוסמך לכך. בדרך כלל זהו

בשנים האחרונות אנו עדים למגמה הולכת וגוררת של התקנת מזגני אויר אינדיבידואליים ("מזגני-חלון") בבתי מגורים, במבנים של מוסדות (מרפאות, בתי הבראה) מבני תעשייה ומלאכה רבי-חדריים, במחנות צה"ל ועוד. המדובר במבנים קיימים אשר נבנו מלכתחילה ללא מתקני מיזוג ובמבנים חדשים אשר מתוכננים מראש לניצול מזגנים אינדיבידואליים ולא מערכות מיזוג אויר מרכזיות.

עם העליה הדרסטית במחירי הדלקים השונים נמצא השימוש במזגני אויר לחימום חדרים בחורף מוהיבט של ההוצאות השוטפות לחשמל — זול בתשוואה לשיטות חימום אלטרנטיביות, הן בחש"מל והן בדלק נוזלי או גז. לכן נהוג לכלול כיום במרבית מזגני החלון את "יחידת ההיפוך" כך שהמזגן המשמש בקיץ לקירור משמש בחורף ל"חימום בפעולה כמשאבת חום דריכוונית.

בצורה כזו של ניצול המזגן בחורף, מקבלים מכל קו"ט"ש חשמל יותר מ-2000 קק"ל של חום (לעומת 860 קק"ל המתקבלות מכל קו"ט"ש חשמל בתנורי הסקה חשמליים רגילים, כגון: רדיאטורים, קוני-בקטורים, מפזרי חום וכו').

### פוטנציאל החיסכון והייעול

השימוש הנרחב במזגני-חלון, הן בחודשי הקיץ והן בחודשי החורף. מביא לכך כי במקרים רבים מופעל המזגן במרוצת השנה 150—225 ימי עבודה. במקומות בהם לא הנהנים מהמזגן הם גם המשלמים את חשבון החשמל (להבדיל מהמזכב בדירות מגורים) יש, מטבע הדברים, בזבוז רב!

הנסיון מלמד כי קיים פוטנציאל חיסכון משמעותי בצריכת החשמל של מזגני-חלון במקומות כאלה; המדובר בצריכת חשמל מיותרת או, במלים אחרות, בזבוז חשמל.

א. בהרבה חדרים נמצאים מזגני-חלון שפועלים גם לאחר שעות העבודה ולמעשה — ברציפות 24 שעות ביממה, כיוון שמחוסר תשומת לב לא טורה איש לנתקם עם גמר יום העבודה.

א. גם במהלך שעות העבודה קיימים מצבים שבהם העובדים עוזבים את החדר למספר שעות,

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



חשמלאי האחזקה ו/או הממונה המפעלי האחראי לפיקוח על יעילות צריכת האנרגיה.

**ב. השהיית הפעלה חוזרת**

ההסגן לא מאפשר להפעיל את המזגן במשך פרק זמן מסוים — הניתן לכיוונון/תיכנות בדומה לא-מור לעיל — לאחר שהופסקה פעולתו מסיבה כלשהי.

**ג. הפסקה בעת חריגת מתח האספקה מתחומי ערכיו הנומינליים**

ההסגן מפסיק אוטומטית את המזגן בכל מקרה של חריגת מתח האספקה מתחומי ערכיו הנומינליים.

כון הראוי לציין, כי המיתוג של החסגן הוא סטטי-אלקטרוני, ללא מגעים נעים, באמצעות טריאק. הצתת הטרילאק היא כזו שאיננה גורמת, לרעשים אלקטרומגנטיים.

תכופות נשאלת השאלה האם אין ההתנתעות ה-חוזרות של המזגן (אחת לשעה למשל) עלולות לגרום נזק למזגן.

התשובה היא חד-משמעית: לא גורם למזגן נזק. שכן, המזגן מיסודו מתוכנן לעבוד על בסיס מחזורי תחת בקרת התרמוסטט הפנימי שלו.

**התועלת שבחסכון**

**א. מניעת נזק למזגן כתוצאה משינויים רדיקליים במתח האספקה**

כאשר מתח האספקה חורג מתחומי המתח הנקוב בגרמים למזגן נזקים: כאשר יש מצב של תת-מתח (פחות מ-195 וולט) צורך המזגן זרם מוגבר דבר הגורם לחימום המנוע ולהריסתו.

כאשר יש מצב של מתח-יתר (יותר מ-245 וולט) עלולה להתהוות פריצה בבידוד החשמלי בוסף לעצם חימום המנוע עקב ההספק המוגבר.

בכל מקרה, מזגן המזגן דרך חסגן טובים סיכוייו להאריך ימים ופוחתים הסיכויים שידרש טיפול תחזוקתי רב.

**ב. מניעת הפרעות ו/או נזקים למתקן החשמלי**

זרם ההתנעה של מזגן-חלון גבוה פי 4-6 מהזרם הנומינלי שלו.

עובדה זו יוצרת בעיה במתקן, זו יש מזגני חלון רבים: עם החזרה של אספקת החשמל לאחר הפסקה, כאשר המזגנים נמצאים במצב „מופעל“ — מותנעים כל המזגנים ברוזמנית ונוצר זרם התנעה כולל שעלול לגרום להפרעה (פעולת מע-רכות ההגנה של המתקן — מפסקים אוטומטיים או נתיכים) או לנזקים.

עיי תיכנות/כיוונון לא אחיד של אלמנט ה-“Start-Stop” האלקטרוני, מגיעים לפיזור זמני הפעלת המזגנים כשחוזרת אספקת החשמל, אחרי הפסקה, דבר שמקטין את הזרם הכולל הברזמני.

**ג. מניעת נזק למזגן כתוצאה מהתנעה חוזרת ללא השהייה**

כאשר המזגן מותנע מחדש בטרם חלף זמן מספיק מהדממתו הקודמת, לא מספיקים הלחצים במדחס להתאזן והוא נאלץ לעבוד כנגד לחץ גבוה. דבר זה גורם נזק הן למנוע והן למדחס משום הזרמים הגבוהים והמאמצים המכניים הכרוכים ב-התנעה כזו. כל יצרן ממליץ על פרק זמן מינימלי הדרוש להשהייה בין הדממת המזגן להפעלתו המחודשת פרק זמן זה נע בין 2 דקות ל-6 דקות, תלוי בסוג המזגן ובגודלו.

**ד. מניעת העבודה לריק של המזגנים**

ההפסקה העצמית האוטומטית לאחר שהמזגן פעל במשך פרק זמן מסויים תצמצם בצורה ניכרת את פעולת המזגן כאשר אין איש בחדר גם בשעות העבודה.

יתרה מזאת, גם אם יש אנשים בחדר ותנאי הנוחות בחדר אינם מתאימים את עבודת המזגן, הם לא „יטריחו“ עצמם להפעילו מחדש ובכך יושג חיסכון. קיימת אגמם, בחלק מהחסגנים, אופציה להפעלה אוטומטית בתום תקופת ההשיהייה, אולם המציאות הראתה כי עדיפה השיטה בה הפעלה מחדש, אחרי הפסקה, חייבת לקעשות בצורה ידנית.

כתוצאה מכך — לאחר שעות העבודה אין כל סיכוי שהמזגנים יעבדו לריק, מעבר למשך הפערי-לה עד להפסקה העצמית.

בטבלה להלן מובאת דוגמא של נתוני מערכת סטנדרטית המאפשרת תיכנות משך השהייה ה-פעולה ומשך הפעולה עד להפסקה עצמית אוטור-מטית.

30 דקות	8 דקות	4 דקות	2 דקות	ללא השהייה	השהיית הפעולה
ללא הפסקה	2 שעות	1 שעה	30 דקות	8 דקות	משך הפעולה עד להפסקה עצמית

✧ בהנחה של 200 ימי פעולה בשנה (קירור רי-חימום), למשל, נגיע לחיסכון שנתי למזגן: 360 קוט"ש — 600 קוט"ש!

בנוסף לחיסכון הישיר כנ"ל, מתבטא החיסכון העקיף בהארכת חיי המזגן ומרכיביו וכן במניעת שיבושים בעבודה התקינה עקב תקלות במתקן החשמל.

### חישוב כלכלי

חישוב כלכלי מלא, אותו אמור לעשות הממונה על צריכת האנרגיה במפעל, חייב להביא בחשבון בצד „ההוצאות” את מחיר החסגן ואת עלות ההתקנה ובצד „ההכנסות” — את ההקטנה ב- הוצאות החשמל, את הארכת חיי המזגנים, את ההקטנה בהפרעות ושיבושים בעבודה הסדירה ואת ההוצאות הנמנעות לחיבור חשמל מוגדל. יאפשר להקטין את גודל החיבור הנדרש אם מת-בססים על כך שהמזגנים לא יכנסו אף פעם, כולם כאחד, לפעולה (!).

ניתן, כמובן, לתכנת כל צירוף של זמן השהייה עם זמן משך הפעולה עד להפסקה עצמית, ובכך להגיע ל-25 אפשרויות.

ניתן להגיע למערכות עם בסיס זמן שונה ובכך עולה מספר האפשרויות ללא גבול.

### החיסכון הצפוי

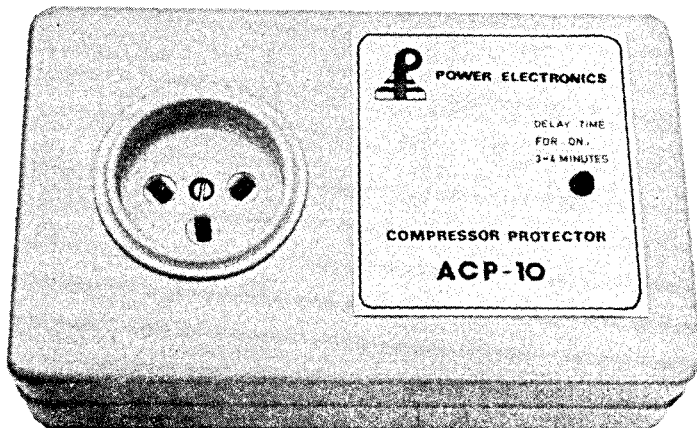
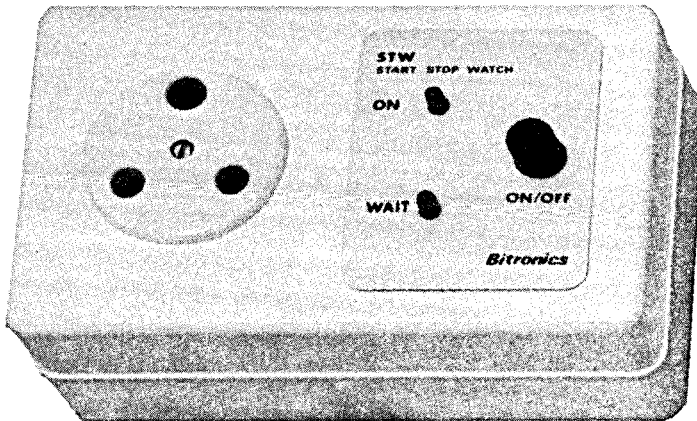
החיסכון הישיר ע"י התקנת חסגנים ניתן להע-רכה והוא תלוי, למעשה, במספר השעות בשנה בהם הופעלו המזגנים לריק.

סקרים בשטח מראים כי במשרדים ובמתקנים רב-חדריים אחרים מגיע שעור החיסכון ל-15%—25% מהצריכה לפני התקנת החסגנים.

✧ אם נניח משרד או סדנא הפועלים במשך 8 שעות ביום הרי פרק הזמן בו נמנעת פעולת ה-מזגנים לריק הוא 1.2 שעות — 2 שעות.

✧ בהתייחס להספק ממוצע של 1.5 קו"ט ל-מזגן, הרי שהחיסכון היומי בחשמל הוא 1.8 קוט"ש — 3 קוט"ש.

דוגמאות של „חסגנים”



# תנורי מיקרו-גל לשימוש ביתי

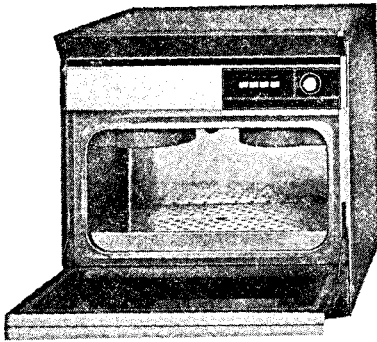
א. ונגרקו — כלכלן

בעשור האחרון חלה התפתחות מרשימה בפיתוח מכשירים הפועלים על עקרון המיקרו-גל (MICRO WAVE) לשימוש ביתי. אחד המכשירים שהיקף השיווק שלו גדל במאות אחוזים הוא תנור בישול/אפיה/צליה המופעל בשיטה זו. מחירו של התנור הולך ופוחת ככל שהוא הופך להיות מכשיר המקובל בשימוש היומיומי במשקי בית רבים. בארה"ב, למשל, אשר בה החל השימוש הרחב בתנורי מיקרו-גל, חל גידול מ-50 אלף תנורים בשנת 1972 עד ליותר מ-1.5 מיליון תנורים בשנת 1980.

הפופולריות ההולכת וגדלה של תנורי המיקרו-גל נובעת מ-2 סיבות עיקריות (א) הזמן הקצר הנדרש להכנת התבשיל/המאפה. (ב) פשטות ההפעלה והאחזקה.

בארץ אין עדיין שיווק בקנה מידה רחב של תנורי מיקרו-גל אם כי קיימים בשימוש תנורים שהובאו בשנים האחרונות, בעיקר ביבוא אישי ולאחרונה גם על ידי יבואנים לשיווק מסחרי.

תנור מיקרו-גל



## עקרון הפעולה

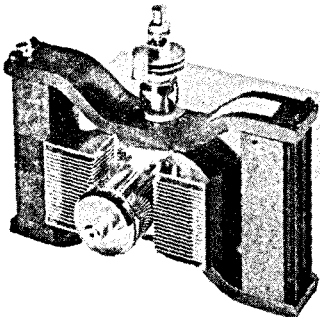
בשיטת החימום „המסורתית“ לבישול/אפיה/צליה (בחשמל או בגז) מקבלים רק פני המזון חימום ישיר, בעוד שאר המזון מחומם ע"י הולכה (Conduction) או ע"י העברה (Convection) — כאשר מדובר בנוזלים.

מהירות השלמת הפעולה בשיטה „המסורתית“ תלויה בגובה הטמפרטורה ובסוג המזון — הקובע עים את מהירות ההולכה או ההעברה של החום לכל חלקי המזון המחומם. החימום באנרגיית גלי המיקרו שונה מהחימום בשיטות „המסורתיות“ בכך שהאנרגיה המסופקת חודרת עמוק יותר לתוך המזון ואין כמעט צורך בהובלה או בהולכה. בכך מתקצרה, באופן משמעותי, משך התהליך. החימום בתנור מיקרו-גל מבוסס על ההתנגשויות והחייכוך הבינ-מולקולריים אשר נוצרים בחומר המזון, כתוצאה מהתנדודות (אוסצילציות) של גלי המיקרו המוקרנים עליו. עוצמת התהליך גבוהה יותר ככל שהמזון הוא בעל תכולה גבוהה יותר של נוזלים.

האנרגיה הקינטית שלהן לאנרגיית החום. גלי המיקרו מיוצרים ע"י שפופרת אלקטרונית המכונה „מגנטרון“ (איורים 1, 2), שפופרת זו מש-משת כאוסצילטור (נדנד) ומשדרת גלי מיקרו „הנקלטים“ ע"י המזון שבתנור ומחוללים בו את התהליך האנרגטי שתואר לעיל.

איור מס' 1

שפופרת „מגנטרון“ להספק יציאה של 2/2.5 קו"ט



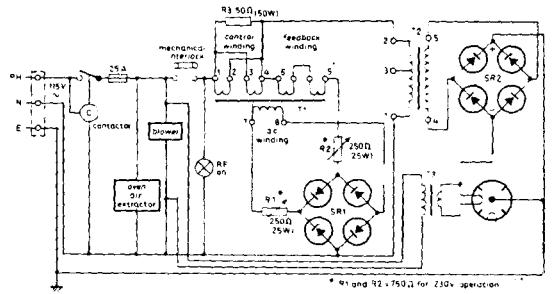
חומרי מזון כמו שומן, שרירים, עצמות וכ"י מי אופייניים בעקומות תגובה שונות הנמוכות, בדרך כלל, מאלו של נוזלים. כלומר, ככל שהמזון מכיל יותר נוזלים התהליך מהיר יותר.

מולקולות המזון הן 'קטבים' חשמליים זעירים אשר מנחים את עצמם במהירות עקב השדות המגנטיים המתחלפים הנוצרים ע"י אנרגיית גלי המיקרו.

תנועת המולקולות המתמשכת גורמת לאותן הדי-נשויות ולחייכוך בין לבין עצמן ובכך הופכת

א. ונגרקו — המחלקה לפיתוח הצריכה, האגף המסחרי, חברת החשמל.

איור מס' 2  
סכימה כללית של המעגל החשמלי של שופרת "מגנטרון"



הוא העדר ה"שיזוף" במזון שהוכן בתנור כזה, לעומת זה שנאפה או ניצלה בתנור הקונבנציונלי. דבר זה נובע מהעובדה שהאוויר בחלל תנור מיקרו-גל איננו מתחמם ולכן השכבה העליונה של הי-מזון איננה מקבלת את הצבע והרום כפי שהדבר קורה בתנור רגיל.

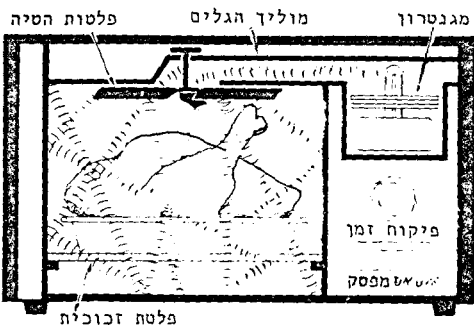
חלק מהיצרנים של תנורי מיקרו-גל מוסיפים ב-תנור גם גופי חימום רגילים ("אינפרא-אדום") רק בכדי שתהיה אפשרות להעניק למזון את הצבע החום.

ההספקים המקובלים בתנורי מיקרו-גל חד-פזיים לשימוש ביתי הינם בדרך כלל בין 1 ל-4 קו"ט. (1, 1.5, 2.5, 4 קו"ט) תנורים בעלי הספק מעל 4 קו"ט מיועדים להזנה לתל-פזיות.

מעניין לציין כי בניגוד לחימום המסורתי הרי החום המתפתח ע"י אנרגיית גלי המיקרו מת-פתח בתוך המזון שהוקרן ע"י הגלים הללו ומ- "לכ" המזון הוא מתפשט לחלקים הקרים יותר שלו. לכן ממליצים היצרנים בהוראות השימוש להשאיר את המזון שהוכן בתנור מיקרו-גל, ל-זמן מסוים מחוץ לתנור בגמר הפעולה. זמן הי-המתנה נחשב כחלק ממשך התהליך. משך זמן ההמתנה תלוי בעובי גושי המזון — ככל שגושים אלה יהיו דקים יותר ייתקצר זמן ההמתנה מחוץ לתנור ולהיפך. לדוגמה, חביטה שהוכנה בתנור מיקרו-גל אין צורך בהמתנה, אלא עד שתתקרר לטמפרטורה שתאפשר אכילתה.

ניתן לבשל, לאפית או לצלות את המזון כאשר הוא נתון בכלי זכוכית, חרסינה, ניילון או נייר (לא נייר כסף!) אשר מהווים חומרים עבירים לגלי המיקרו ומאפשרים חדירתם לתוך המזון המצוי בתוכו.

איור מס' 3  
חלקי התנור העיקריים — והמזון המתחמם



ההיבט הבטיחותי — סכנת הקרינה

בין המומחים מקובלת הקביעה (המבוססת בדרך כלל על מחקרים וניסויים) כי רקמות גוף האדם עלולות להיפגע כאשר הן חשופות לקרינת מיקרו-גל העולה בצפיפות ההספק שלה (Power)

מאפייני תנור מיקרו-גל: אורך הגל, ההספק

רוב התנורים המיוצרים כיום, מופעלים בתדירות של 2450 MHz. זו התדירות שהוקצתה ליצרני תנורי מיקרו-גל בארה"ב. קביעת תדירות זו נבעה בין השאר, ממחקרים שהראו כי גלים אלקטרומגנטיים בתדירות זו מאופיינים בהתחלקות אחידה יותר בתוך חלל התנור; דבר זה מאפשר הנחת המזון בכל חלק ממרחב התא מבלי שהי-בר משפיע על התוצאה של התהליך.

להנבלת מינון התדירויות המותרות לתנורי מיקרו-גל יש סיבה בסיסית נוספת — למנוע הפרעות למשתמשים באנרגיית המיקרו-גלים למט-רות ושרותים אחרים כמו שידורי אלחוט, רדאר וכו' שעבורם הוקצו תחומי תדר אחרים.

לאחרונה נמתחה בקורת על קביעת התדירות הנ"ל ויש מומחים המצביעים על תדירות של 915 MHz כרצויה יותר מההיבט של הקטנת הסיכונים הבטיחותיים (דליפת קרינה מסוכנת). מקובל, לעתים, לסמן את התדירויות לפי אורך הגל כאשר נוסחת הקשר בין אורך הגל והתדירות היא

$$3 \times 10^{10} = \nu \times \lambda$$

כאשר:

$\nu$  — התדירות

$\lambda$  — אורך הגל

$3 \times 10^{10}$  — מהירות הגלים האלקטרומגנטיים ב-ס"מ לשנייה.

בהתאם לנ"ל הערך של 2450 MHz מתאים ל-12.2 ס"מ ו-915 MHz ל-3.3 ס"מ.

עומק החדירה של האנרגיה האלקטרומגנטית בגוף גלי המיקרו הוא פונקציה ל"ל התדירות (או אורך הגל): ככל שהתדירות נמוכה יותר (אורך הגל גדול יותר) — גדלה החדירה.

נקודות נוספות המאפיינות את תנורי המיקרו-גל

של הערכות למערך בישול/אפיה המותאם לתנורי מיקרו-גל.

כדי להבטיח יישום סדיר של תנורי מיקרו-גל בארץ, בעיקר מההיבט הבטיחותי נערך מכון הי-תקנים הישראלי לבדיקת התנורים המיובאים ל-ארץ ולאחרונה פורסם תקן ישראלי חדש (ת"י 1150 מנובמבר 1981) — „דרישות בטיחות ל-מכשירי בישול בגלי מיקרו“.

התקן, שאושר כתקן ישראלי בהתאם לסעיף 28 של כללי התקנים (עיבוד תקנים ישראליים תש"ד — 1954), זהה לתקן הבינלאומי I.E.C 335-25 משנת 1976.

התקן חל על מכשירי בישול שחימום המזון בהם נעשה באמצעות אנרגיה אלקטרומגנטית בתחומי התדרים המוקצים למיכשור תעשייתי, מדעי ו-רפואי בתדרים גבוהים מ-300 MHz. המכשירים שהתקן הנ"ל חל עליהם מותאמים לשימוש ביתי והם יכולים לכלול גם אמצעי חימום תרמיים ה-מקובלים בתנורי בישול וחימום קונבנציונליים המיועדים לשימוש ביתי.

התקן הישראלי הנ"ל מחייב, בין השאר, שעל כל תנור יופיע שילוט אזהרה בשפה העברית, כ-דלקמן:

### זהירות קרינת גלי מיקרו

אין לחשוף בני אדם לאנרגיית גלי מיקרו, ה-עשויה להיות מוקרנת מהמגנטרון או מהתקן אחר המייצר אנרגיה זו, אם השימוש בהם אינו נכון או שאינם מחוברים כהלכה. כל חיבורי המבוא והמוצא לגלי מיקרו, למובילי הגלים, לאוגנים ולאטמים יהיו מאובטחים.

אין להפעיל את המכשיר ללא עומס הסופג את גלי המיקרו.

אין להביט לתוך מוביל גל או אנטנה פתוחים בשעת פעולתם של התקנים אלה.

### ההיבט האנרגטי

כפי שתואר לעיל היתרון התפעולי הבסיסי של תנורי מיקרו-גל נעוץ במהירות הפעולה. נובע מזה כי משך צריכת החשמל לצרכי בישול, אפיה או צליה הינו קצר באופן משמעותי לעומת משך ה-תהליך בתנורים הקונבנציונליים. עובדה זו מביאה, ללא ספק, לצריכת חשמל נמוכה יחסית. מאידך, באם הספק תנור המיקרו-גל גבוה מהספק של משפת רגיל או תא אפיה רגיל הרי שלשימוש נרחב בשיטתו המיקרו-גל עשויה להיות השלכה על העמסת המערכת.

מה גם שתנור המיקרו-גל אינו בא להחליף באופן 'המשך בעמוד 31'

(Density) על  $100 \text{ mW/cm}^2$ . רקמות העין רגי-שות במיוחד לקרינה כזו אפילו בהספקים קטנים יותר.

נשאלת השאלה מהי דרגת הסיכון הכרוכה בשי-מוש ביתי בתנורי מיקרו-גל לבישול ואפיה.

התקן הנהוג בארה"ב המתייחס לרדאר (אשר מופעל אף הוא בגלי מיקרו) מתיר קרינה שאיננה עולה על צפיפות הספק של  $10 \text{ mW/cm}^2$ .

כיוון שתנורי המיקרו-גל מצויים, מטבע הדברים, בשימושם של אנשים שאינם בהכרח בעלי רקע טכני ואשר אין באפשרותם לבדוק את תקינות התנור לעתים מזומנות, הוחלט בועדה הבינלאו-מית לאלקטרוטכניקה (I.E.C.) להקטין את הערך המירבי המותר ל- $5 \text{ mW/cm}^2$  שער זה נמדד במרחק של לא יותר מ-5 ס"מ משטח הפנים של התנור.

בתקן שהוצא ע"י משרד הבריאות האמריקאי בנושא

(F.D.A. Standards, Part 1030) Performance Standards for Microwave and Radio Frequency Emitting Products

נקבע שדליפת הקרינה המותרת מתנור מיקרו-גל לפני „עזיבתו“ את המפעל בו יוצר, לא תעלה על צפיפות הספק של  $1 \text{ mW/cm}^2$  שתמדד במרחק של 5 ס"מ מכל נקודה בשטח הפנים של התנור. למעשה הכוונה בתקן חדש זה היתה, שהגבול העליון של דליפת הקרינה אכן לא יהיה גבוה מ- $5 \text{ mW/cm}^2$  בתנור שכבר בשימוש וזאת מתוך הנחה סבירה שעם התיישנותו של התנור תתכן עליה בקרינה ממנו עקב התגברות של דליפה ו/או ליקוי בבידוד, פגמים ותקים שייגרמו ל-מסגרת המתכת וכו', ולא תהיה שום אפשרות מעשית לעקוב אחרי התפתחות שלילית זו.

מעניין לציין שהתקן בברית המועצות מרשה רק  $0.01 \text{ mW/cm}^2$ . ההסבר לדרישה „מחמירה“ זו נעוץ בתנאי מדידה שונים ולמעשה הדרישות ב-ארה"ב דומות במהותן. קיימים עדיין חילוקי דעות בין המדענים באשר לנוק שעלול להגרם לאדם החשוף לקרינה בעוצמה נמוכה במשך תקופה ארוכה.

### מצב הדברים בישראל — הערכות מכון התקנים

כאמור, אין עדיין בישראל שיווק מסחרי רחב של תנורי מיקרו-גל הן בגלל המחיר הגבוה יחסית והן בגלל העובדה שתעשיית המזון בארץ (בעיקר המדובר במזון מוכן הנשמר בהקפאה ומוגש ל-שולחן „דרך“ תהליך מהיר של חימום בתנור מיקרו-גל) נמצאת עתה רק בשלבים התחלתיים

## הפעלה נסיונית של תעו"ז - 1.4.82

החל ביום 1.4.82 הופעל תעריף נסיוני המבוסס על עומס המערכת וזמן הצריכה - תעו"ז. הפעלת זנתמשך שנה ותסתיים ביום 31.3.83. התעריף הופעל לגבי מספר מצומצם של צרכנים, המקבלים אספקה במתח עליון ובמתח גבוה. המאפיין את התעריף - מחיר משתנה לקוט"ש בהתאם לצריכה בשעות היממה ימי השבוע ועונות השנה. בתקופת הניסוי חלים על צרכני תעו"ז שני תעריפים, לפי תנאי הניסוי תקופת הניסוי נועדה לבחון את האפשרות להרחיב את התעו"ז על מספר גדול של צרכנים.

### תמצית תעריף החשמל הנסיוני על פי עומס המערכת וזמן הצריכה (תעו"ז)

#### אספקה במתח גבוה      אספקה במתח עליון

	ש'	ש'	ש'	ש'	ש'	ש'
<u>תשלום חודשי בעד ביקוש מירבי שנתי</u>						
בעד כל קו"ט	39.86	43.20				
<u>תשלום בעד הקוט"ש</u>						
(נוסף לתשלום, בעד ביקוש מירבי שנתי קבוע לעיל)						
בעד כל קוט"ש:						
בק"ץ :	1.618	1.751	1.480	0.959	1.604	1.335
בשעות הפסגה	1.367	1.480	0.959	0.917	1.604	1.335
בשעות הגבע	0.885	0.959	0.917	0.848	1.604	1.335
בשעות השפל	1.482	1.604	1.335	0.848	1.604	1.335
בחורף :	1.233	1.335	0.917	0.848	1.604	1.335
בשעות הפסגה	1.001	1.083	0.875	0.808	1.083	0.875
בשעות הגבע	1.001	1.083	0.875	0.808	1.083	0.875
בשעות השפל	0.808	0.875	0.875	0.808	1.083	0.875

באביב או בסתיו : בשעות הפסגה בשעות השפל

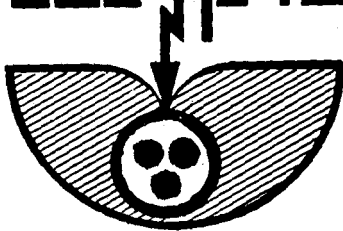
למרות האמור לעיל, סה"כ התשלום החודשי בעד ביקוש מירבי שנתי לא יעלה על 25% מסה"כ התשלום בעד הקוט"ש באותו חודש.

#### מקבצי שעות הצריכה למטרת תעריף תעו"ז

מקבצי שעות הצריכה - פסגה, גבע ושפל - למטרת תעריף תעו"ז ייקבעו בהתאם לעיתוי הצריכה בפועל לפי חודשי השנה, שעות היממה וימי השבוע בהם היתה הצריכה כמפורט בטבלה שלהלן:

העונה	החודשים	מקבצי השעות	שעות הצריכה	
			בימי א' - ה'	בימי ו'
קיץ	יוני עד ספטמבר	פסגה גבע שפל	מ-8 עד 16	מ-8 עד 14
			מ-16 עד 23	מ-0 עד 8 ומ-14 עד 24
חורף	דצמבר עד פברואר	פסגה גבע שפל	מ-18 עד 23	מ-18 עד 21
			מ-8 עד 18	מ-0 עד 8 ומ-21 עד 24
אביב/סתיו	מרץ עד מאי אוקטובר נובמבר	פסגה שפל	מ-8 עד 23	מ-8 עד 21
			מ-0 עד 8 ומ-23 עד 24	מ-0 עד 8 ומ-21 עד 24

# בדיקת כבל



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

מרקו אלקלעי - מהנדס חשמל

ת.ד. 27154, יפו 61271

טלפון: 821661

למידע נוסף סמן מס' 27/1

## 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) לפנ כתובת המערכת:

מערכת „החקע המצדיע“

ת.ד. 8810

חיפה 31086

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

## לתשומת-לב המפרסמים!

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

שטח עמוד נטו:

גובה — 20 ס"מ

רוחב — 13.5 ס"מ

המחיר:

1 עמוד — 1,500. - שקל

1/2 " — 850. - שקל

1/4 " — 425. - שקל

כא 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

## „אוריון“ חשמל לתעשייה מבנים ורשת

שותפות לבצוע ואחזקת

מתקני חשמל

טבריה ת.ד. 457

טל. 6-92455 (067)

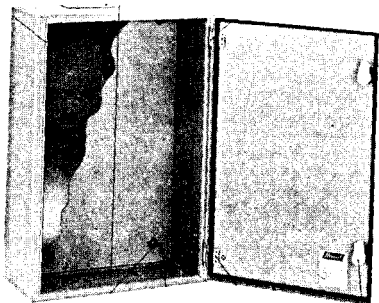
- תאורת רחובות, גן ובטחון
- מקלטים ומבנים
- רשתות ותעשייה.

למידע נוסף סמן מס' 27/2

# את כל צרכיך בזיווד, מיתוג וציוד בקרה אנחנו מספקים.

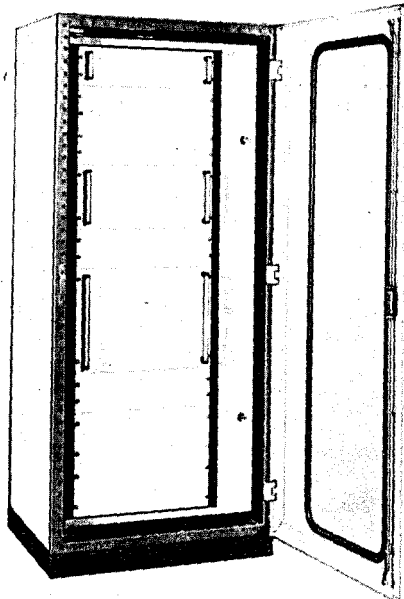
**Himel** "הימל"

לוחות וארונות פח ופוליאסטר לתעשיות החשמל  
האלקטרוניקה. ציוד עזר לחוטי לחות.



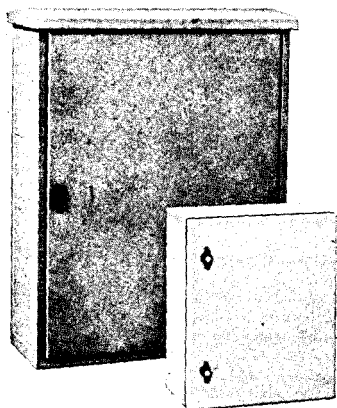
**CR**

ארונות פח מודולריים בכל המידות, במלאי.



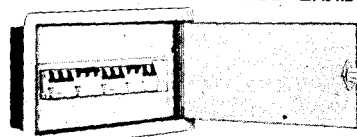
**19" - GRT**

להרכבה עצמית כתאים ללוחות חשמל או  
אלקטרוניקה.  
מתחבר בצורה טורית.



**TL**

פילרים וארונות מפוליאסטר בכל הגדלים,  
במלאי.



כל סוגי ארונות מאמתיים מפח או P.V.C.

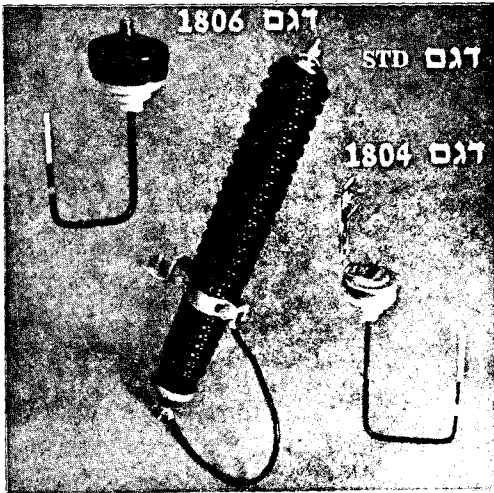
**BAUGATZ** "קלור אמג" **ACKERMANN** "אקרמן"  
הסמלים לאיכות הטובה ביותר, במחירים הנמוכים ביותר בארץ!

**ELECTRIC & ELECTRONIC SERVICES E.E.S.**

גבעתיים, רחוב המרי 56, ת.ד. 501, מיקוד 53 331, טלפון 31 24 04, טלפון אלחוטי 835 / 29 68 29



# הגן על מתקניך באמצעות מגיני ברק של "ויקמן"

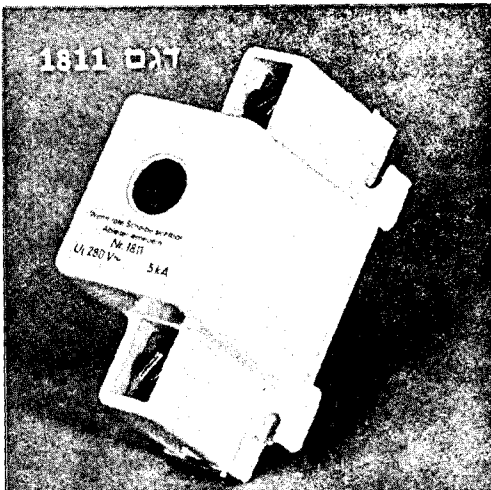


☆ מתוצרת גרמניה, בהתאם לתקנים  
IEC 99-1, VDE 0675.  
☆ מיגוון דגמים למתח נמוך וגבוה,  
להגנת מתקנים ורשתות.  
☆ אספקה מהמלאי או מחו"ל.  
תחומי מוצרים נוספים:  
נתיכים, בסיסי-נתיכים ומנתקים בעומס,  
הן למתח נמוך והן למתח גבוה.  
יצוג והפצה:

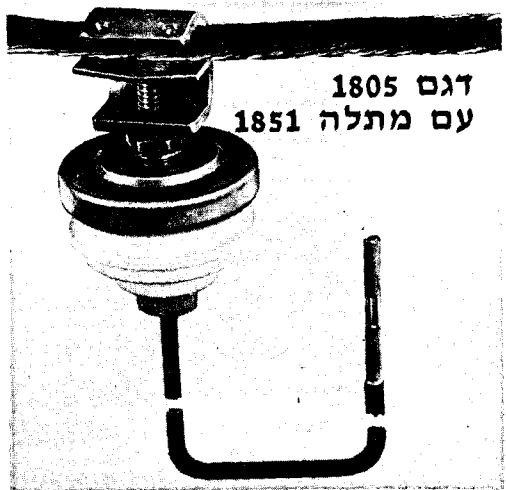
**גתג בע"מ גאגלד**

ת.ד. 13113, תל-אביב  
טלפון: 03-491567, 03-471027  
טלקס: 341118 BXTV EXT 6707

**LIGHTNING ARRESTERS FOR  
0,28 TO 36 KV**



**OVER-VOLTAGE FILTER FOR  
CONSUMER INSTALLATIONS**



**L.V. LIGHTNING ARRESTER  
WITH SUSPENSION CLAMP**

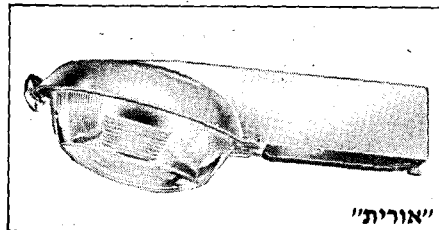
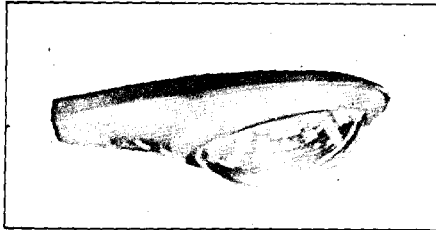
**Wickmann-Werke AG**

Annenstraße 113 · D 5810 Witten 6  
Tel. (0 23 02) 66 21 · Telex 08 229 145



Sicherheit,  
wo Ströme  
fließen  
A mark  
of safety

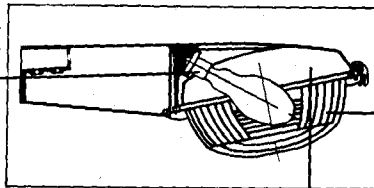
# זה פשוט לא אותו דבר



"אורית"

## אבל את זה תראה רק בחושך.

כי פנסי רחוב אינם נבחנים במחירם בלבד אלא גם באיכות התאורה שלהם וזו נקבעת ע"י כמה נקודות של "אורית" יש יתרונות מוחלטים בהן:



**מבנה —**  
בית הנורה קבוע  
בגוף המנורה ומיקומו  
במערכת האופטית  
יציב לחלוטין.

**מפזר אור**  
פריזמטי, מתוכנן  
ע"י מחשב.  
עשוי פוליקרבונט  
מוזרק, אנטי ונדל.

**מחזיר אור —**  
(רפלקטור) אפוקסי לבן  
(בתנור) בעל מקדם  
החזרה של 85%.

### התוצאה

יצירת רצף תאורה אחיד,  
ללא כתמי חושך ואור.  
ניצול מירבי של מקור האור.

### יתרונות נוספים:

אחזקה נוחה — תא ציוד נוח  
לגישה ולטיפול.  
משנק המורדר מהנורה —  
למניעת התחממות יתר של  
שניהם.

מפעלי תאורה

**געש**



**"אורית" של**

אנשי געש ישמחו להכיר לך את "אורית" אישית — ללא כל התחייבות מצייד.  
לקביעת פגישה אנא התקשר למפעל 8-78985-052 או לאחד מסנימי געש.  
קיבוץ געש 60950, טל' 8-78985-052  
מוצרי תכן, רח' הארבעה 8, ת"א, טל' 268251-03, ובכל מרכזי תכן בארץ.  
אזור הצפון: זר"א אור מפרץ חיפה, מול מוסד חושי, טל' 932137-04.

# בקר הספק ראקטיבי S108



4-8 דרגות  
כולל מד כופל. הספק  
נורות סמון מצב דרגות  
לחצני בדיקה.

**במלאי**

# יחידת התנעה לדיזל גנרטור SU-122



היחידה כוללת:

- מערכת התנעה והדממה - התנעה ידנית או אוטומטית כולל עד 3 התנעות בהפרש של 10 שניות, הדממה ידנית, אוטומטית, הדממה עקב תקלה או הפסקת חרום.
- מערכת הגנות והתראות - כפני לחץ שמן נמוך, מהירות יתר, טמפ. מים גבוהה, מפלס מי קרור נמוך, מפלס דלק נמוך, תקלה בהתנעה.
- מערכת מדידת מתח והחלפת הזנות - מדידת מתח מקור הזנה-ראשית תלת פזי, מדידת מתח חד-פזי ותדירות גנרטור ופקוד למגענים לבצוע העברה אוטומטית בין מקור הזנה ראשית למקור הזנת חרום.

# אלקטרה מתכות והנדסה בע"מ

תל-אביב, דרך פתח-תקוה 19 66183 ת"ד 61021,2180 טל: 614640, 611183

**יש חשמל או אין חשמל -  
BARAK II תמיד דולקת.**

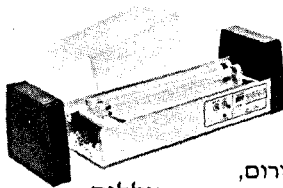
# החדש!

**BARAK II**  
תאורת חידום  
ותאורה רגילה  
במנורה אחת.

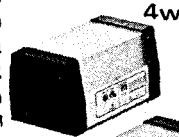
מנורת החידום Barak II היא גם מנורת-פנים דקורטיבית. היא כוללת, בנוסף למנורת החידום, גם נורה רגילה. לכן, אם יש הפסקת חשמל או אין הפסקת חשמל ל-Barak II זה לא משנה - היא תמיד דולקת. ועוד יתרון שהוא חשוב במיוחד לארכיטקטים - עיצוב נאה. Barak II משתלבת להפליא בכל סגנון ארכיטקטוני. ל-Barak II יש גם מפזר-אור אקרילי המונע סינוור, וניתן להזמין אותה עם שילוט הכוונה.

אם אתה מעוניין רק בתאורת-חידום, Barak II מיוצרת גם כתאורת-חידום בלבד (עם נורה אחת).

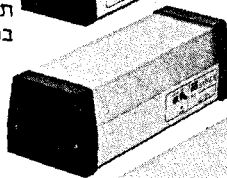
**מפעלי תאורה  
געש**



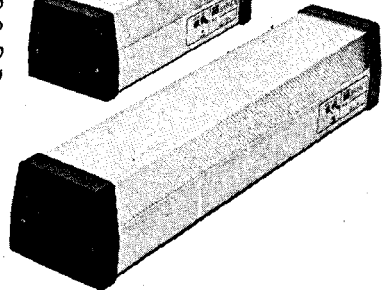
סוללות  
ניקל קדמיום



4w



8w



20w

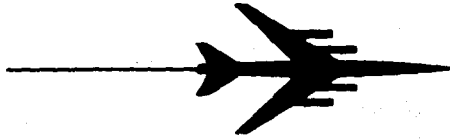
קיבוץ געש 60950, טל' 8-78985-052  
מוצרי תכנ, רח' הארבעה 8, ת.א. טל' 268251-03, ובכל מרכזי תכנ בארץ.  
אזור הצפון: זהר-אור מפרץ חיפה, מול מוסד חושי, טל' 932137-04.

חב' 2

# תאורת התראה למטוסים



Westinghouse  
Airport Systems  
Company



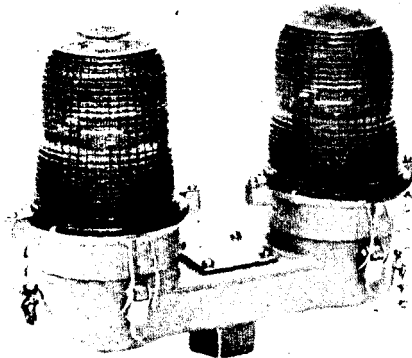
Approved under FAA Specification L810, 150/5345-43C

גוף תאורה לסמוך התראה למטוסים. מתאים לתקן רשת התעופה - ארה"ב מפרט L810. גוף כפול מיועד להתקנה על עמודים או מבנים צרים בגובה נמוך מ-45 מטר או בצידי מבנים גבוהים מ-45 מטר כאשר במרחקים שווים ביניהם מותקנים גופים בודדים. במקומות בהם החלפת הנורה הינה קשה או מסוכנת ממולץ להשתמש בגוף כפול בתוספת ממסר להחלפה אוטומטית לנורה רזרבית.

- ★ הגופים עשויים מיציקת אלומיניום קלים במשקל. פתח התקנה בחלק התחתון. 1".
- ★ העדשה מחזוקת לבסיס בעזרת תפש קפיצי ושרשרת המאפשרת החלפת הנורה בעזרת יד אחת בלבד.
- ★ בית הנורה מדגם E20 למתח 120 וולט לנורות תעופתיות בעלות שעות פעולה רבות.



ממסר



גוף כפול

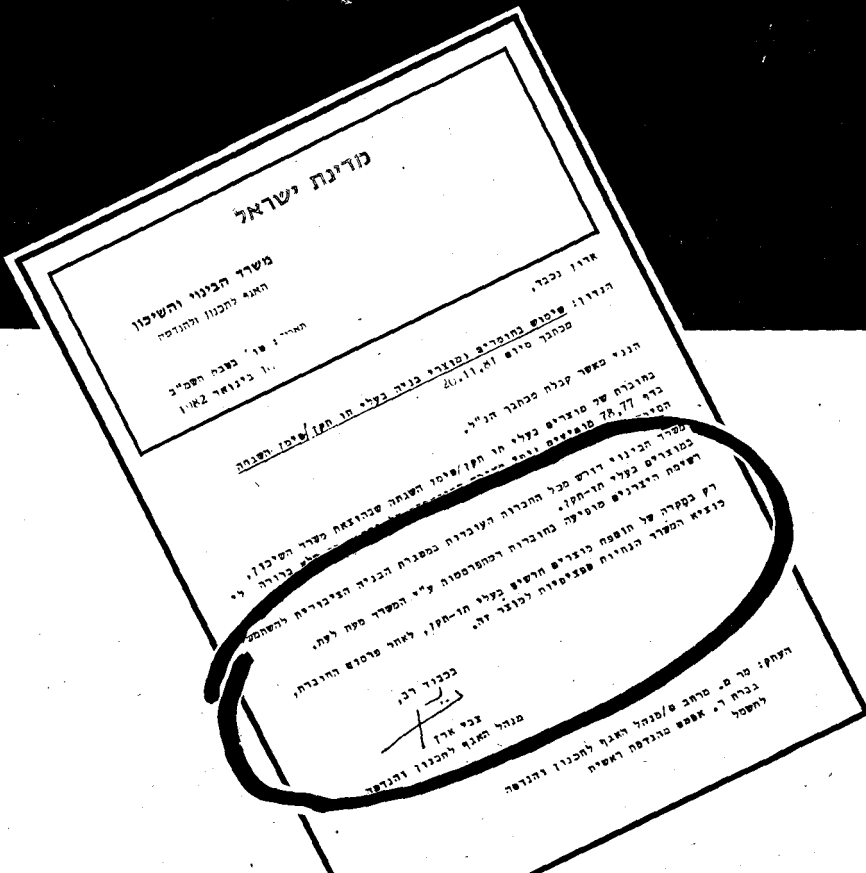


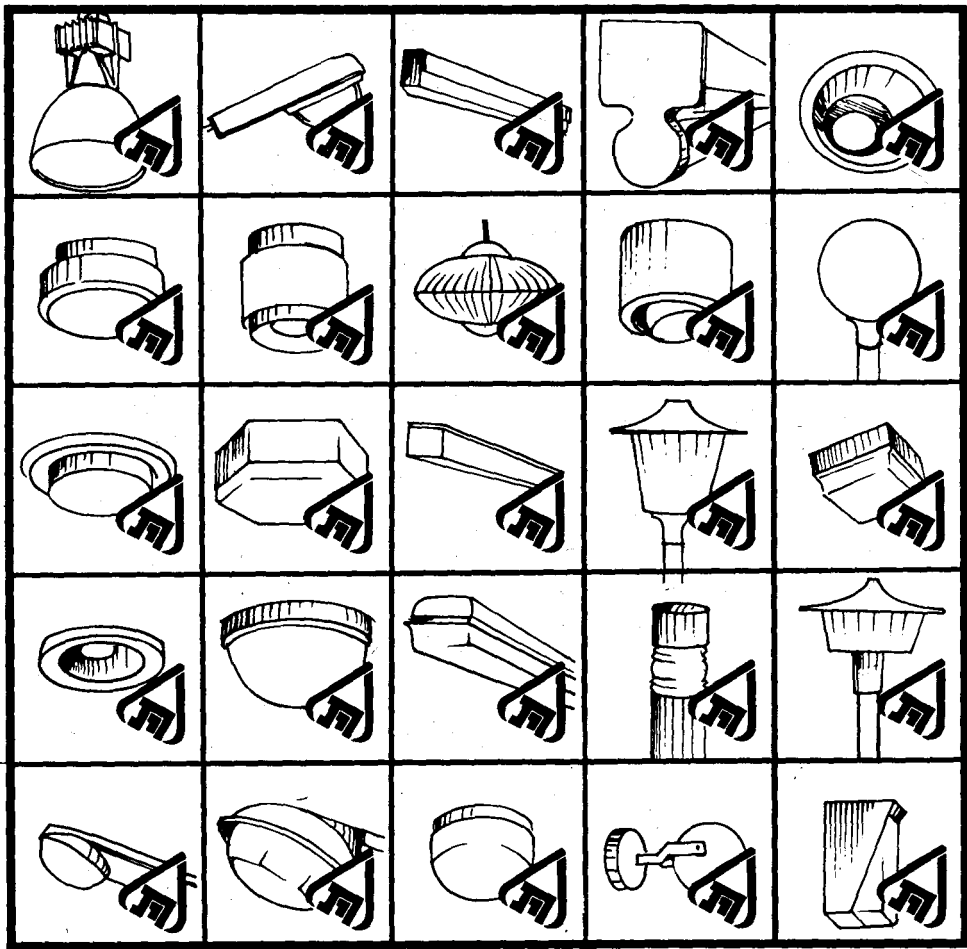
גוף בודד

## אלקטרה מתכות והנדסה בע"מ

תל-אביב, דרך פתח-תקוה 19 66183 ת.ד. 2180, 61021 טל: 614640, 611183

# משרד הבינוי דורש להשתמש אך ורק בגופי תאורה עם תו-תקן





# לגעש יש אוסף נדיר של 108 תווי תקן.

עובדות חשובות אלו מבטיחות לך גופי תאורה בעלי איכות מצויינת. גופי תאורה שעמדו במבחנים קפדניים ביותר. גופי תאורה שאתה יכול לחתום עליהם במלוא האחריות. גופי תאורה של געש.



במפעלי תאורה געש — מכון התקנים תמיד נמצא בתמונה:

- ★ גופי התאורה מתוצרת געש נמצאים בהשגחת מכון התקנים.
- ★ 108 מוצרים הם בעלי תו תקן.
- ★ מוצרי היבוא נבדקים ומאושרים ע"י מכון התקנים.

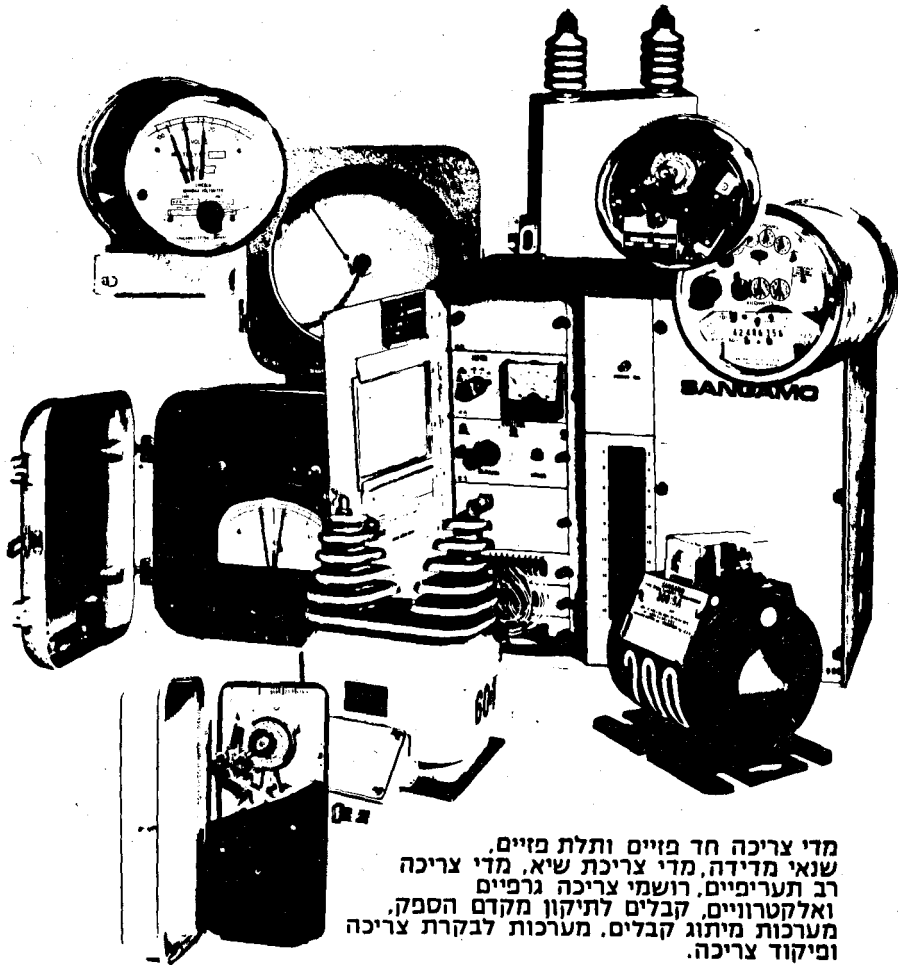
קיבוץ געש 60950, טל' 052-78985-8 מוצרי תכן, רח' הארבעה 8, ת"א, טל' 03-268251, ובכל מרכזי תכן בארץ. אזור הצפון: זהר'אור מפרץ חיפה, מול מוסד חושי, טל' 04-932137.

מפעלי תאורה  
**געש**



# SANGAMO

חברת רוזנפלד-מצפי בע"מ סוכנים בלעדיים בארץ



מדי צריכה חד פזיים ותלת פזיים,  
שנאי מדידה, מדי צריכת שיא, מדי צריכה  
רב תעריפיים, רושמי צריכה גרפיים  
ואלקטרוניים, קבלים לתיקון מקדם הספק,  
מערכות מיתוג קבלים, מערכות לבקרת צריכה  
ופיקוד צריכה.

## חברת רוזנפלד-מצפי בע"מ

ת.ד. 177, פתח תקוה 49101, טל: 03-913971, טלפקס: 341923

**SANGAMO**  
ENERGY MANAGEMENT

סוכנים בלעדיים בארץ של חברת

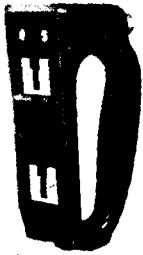


אליסל, רח' אלנבי 10, חיפה 31000 טל: 529623

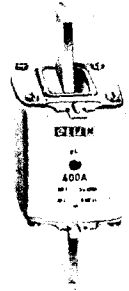
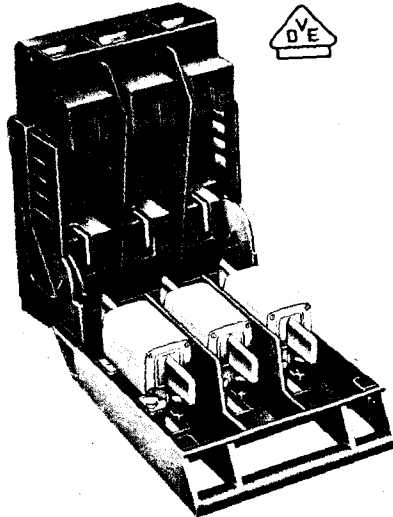


**EFEN**

# ציוד ללוחות חשמל

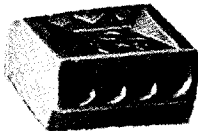


ידיות שליפה



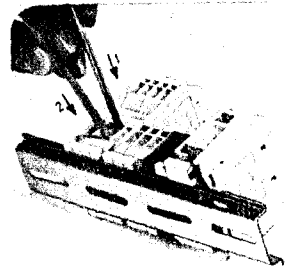
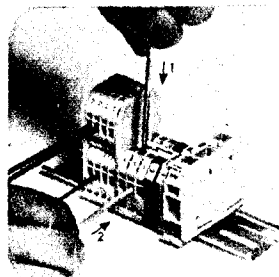
נתיכי סכין (כנ"ג)

מנתקי מבטיחים דגם עם נתיכי סכין



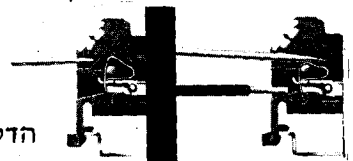
מהדק מהיר ללא בורג  
לאינסטלציה חשמלית

## מהדקים WAGO®



מהדקים ללא בורג

הקץ לחבור-רופף;  
אמין מהיר, חסכוני  
ולצמיתות. אושר ע"י  
עשרות מכוני תקנים  
בעולם.

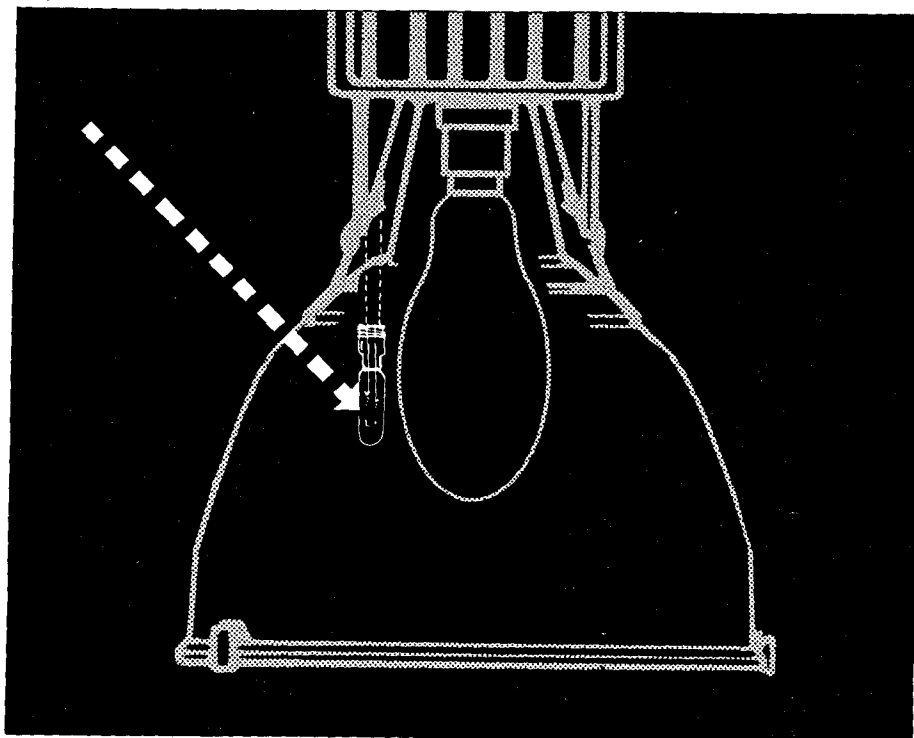


הדק כלוב

**OBO BETTERMANN**

# ציוד הארקה

מוטות הארקה „אומקס” בנויים גרעין פלדה סימנס - מרטין פסי הארקה - מפלדה  
אנו משווקים מהדקי-תותב, מאמ"תים, ממסרי - פחת. פנה ותיענה!



# אם יש חשמל ועדיין אין אור - אתה צריך תאורת ביניים QRS.

\* תאורת ביניים בזמן שנורת הפריקה שרופה, עד להחלפתה.  
 \* תאורת ביניים במצבים של מפלי מתח המכבים את נורת הפריקה.  
 \* תאורת ביניים כאשר טמפרטורה סביבתית נמוכה מונעת הצתה מיידית של נורת הפריקה.  
 הנורה של תאורת הביניים מותקנת על-יד הנורה הראשית, כדי להפיק ניצולת מירבית ממקור האור. הניצול הנכון של הרפלקטור מבטיח תאורה אופטימלית בתנאים של תאורת ביניים.

תאורת הביניים נדלקת באופן אוטומטי כאשר יש זרם ברשת, ונורת הפריקה אינה דולקת.

\* תאורת ביניים במקרה של הפסקות קצרות באספקת החשמל (הפסקה של 16/1000 שניה מספיקה כדי לכבות את נורת הפריקה).



קיבוץ געש 60950, טל' 8-78985-052  
 מוצוי תכנ, רח' הארבעה 8, ת"א.  
 טל' 03-268251, ובכל מרכזי תכנ בארץ.  
 אזור הצפון: זהר-אור מפרץ חיפה,  
 מול מוסד חושי, טל' 04-932137.


**חפנולי תאורה**  
**געש**

הבר

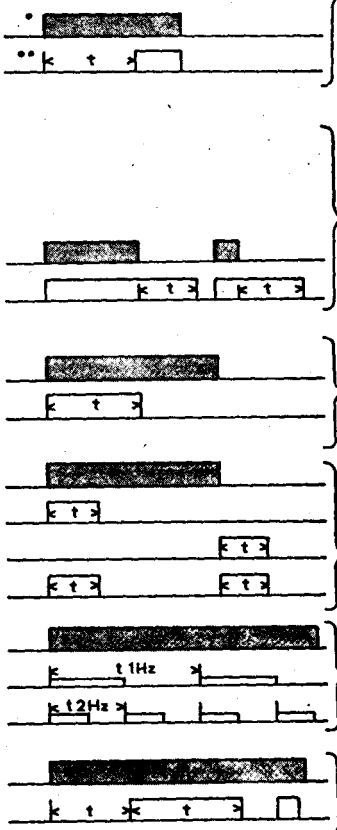
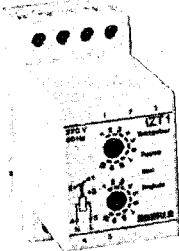
למידע נוסף סמן מס' 27/12

# הורדי בע"מ ייצור לוחות חשמל

רח' סלמה 136 תל-אביב 66032 \* טל. 829266

ממסרי השהיה אלקטרוניים הרכבה על מסילה סטנדרטית מגע מחליף 16A

מתוצרת EBERLE W.GERMANY



תחום זמנים	תאור
0.1 - 1 שניות	<b>ממסר השהיה</b> פועל עם קבלת מתח
1 - 10 שניות *	
3 - 30 שניות *	
10 - 100 שניות	
0.3 - 3 שניות	<b>ממסר השהיה</b> פועל עם הפסקת מתח
30 - 300 שניות	
1 - 10 שניות	
3 - 30 שניות	
10 - 100 שניות	<b>ממסר ננו</b> פועל עם הפסקת מתח
0.3 - 3 שניות	
20 - 200 שניות	
0.1 - 1 שניות	<b>ממסר ננו</b> השהיה עם קבלת מתח השהיה עם הפסקת מתח השהיה עם קבלת והפסקת מתח בחירה ע"י מתג בחזית הממסר
1 - 10 שניות	
10 - 100 שניות	<b>ממסר מהבהב</b> קבוע 0.3 שניות
קבוע 1Hz/2Hz בחירה ע"י מתג בחזית הממסר	
0.3 - 3 שניות	<b>ממסר השהיה כפול</b> כוון פעולה, וכוון השהיה
1 - 10 שניות	
10 - 100 שניות	

\* זמן קבלת מתח  
 \*\* זמן השהיה

\* דגמים אלו מתאימים למתנע כוכב משולש.  
 בדגם מתח נמוך 12-24 V DC או AC.

# פטרותים השמליים פוכניים

חברת בת של מקורות חברת מים בע"מ  
חולון, רחוב הפלד 1 \* ת.ד. 308 חולון 58102 \* טלפון 806111 03



## ipc בקר מתוכנת

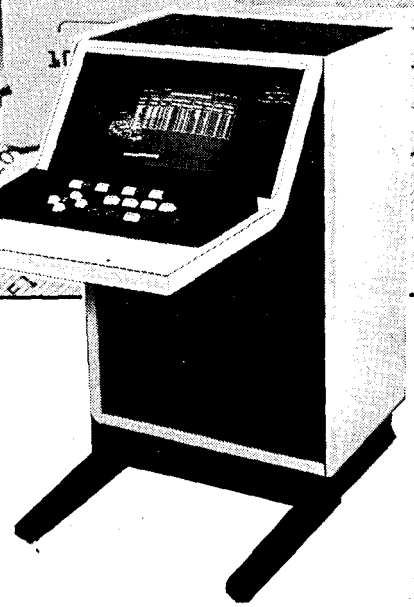
### מערכות מיקוד עם בקר מתוכנת

- \* התחליף היעיל לכל מערכת פיקוד רגילה.
- \* פשוט בתכנון, הרכבה, הפעלה.
- \* תחום רחב של ביצועים.
- \* מתאים למתקנים כגון: מכוני שאיבה תעשיות
- בתי אריזה
- תחנות קמח
- מכוני תערובת

\* מתן הכשרה למזמין לתכנות המערכת לפי צרכי המתקן.



# השכרת שליטה ובקרה לחיסכון באנרגיה

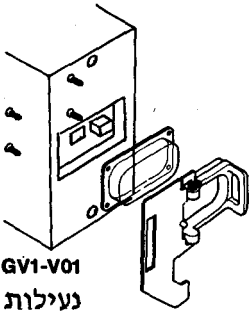


האם מערכות המיזוג אשר במפעלך פועלות בצורה אופטימלית?  
 האם יש לך שליטה על נפח הקרור בהתאם לעונות השנה?  
 מחירי האנרגיה במגמת עלייה. האם אתה כמנהל,  
 יודע להיבדק וזרמת אנרגיה וז? מהם העומסים המתבזבזים?  
 עצור את צריכת האנרגיה ללא בקרה.  
 הפעל את המערכות בצורה אופטימלית וחסוך באנרגיה.  
 תן לנו לעזור לך לחסוך.

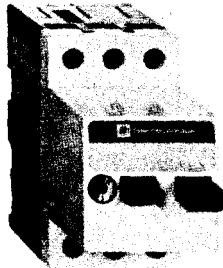
יעוץ ושיווק:  
**מוטורולה ישראל בע"מ**  
 משרד ראשי: רחוב קרמייצקי 16 תל אביב, טל. 03-335175  
 מחלקת בקרת אנרגיה ותעשייה, טל. 03-337914

**מוטורולה**  **יום-יום בשירות האדם.**

**"טלמניע" בע"מ** טל: 03-804348 מחלקת המכירות  
 רח' המרכבה 17 אזור התעשייה חולון ת.ד. 42 אזור מיקוד 58190

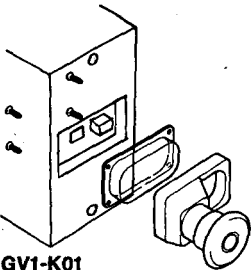


GV1-V01  
נעילות

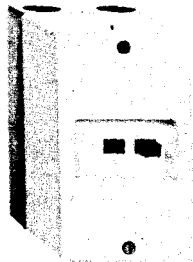


GV1-M00  
מבנה בסיסי

ושוב חברת  
 טלמניע  
 הפתיעה !!  
 ח ד ש !  
 מתנע ידני טרמי  
 מגנטי GV1

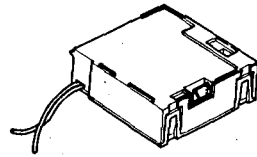


GV1-K01  
נעילות

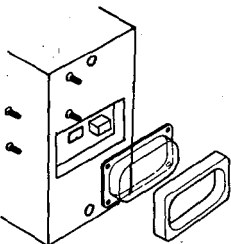


GV1-C01  
קופסה להרכבה  
על השטח

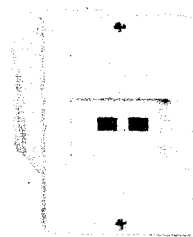
סליל הפסקה  
ועבודה



GV1-B00

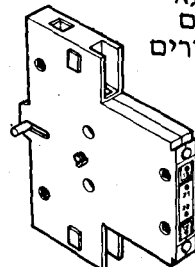


GV1-E01  
אטימה, עד 55 IP



GV1-P01  
קופסה  
להרכבה בפנל

מגעי עזר  
פתוחים  
או סגורים



GV1-A01



# Telemecanique

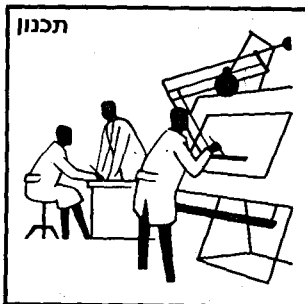
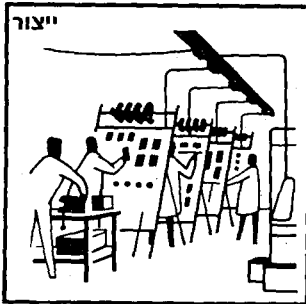
מתנע ידני GV1 הוא מתנע חדיש, מתקדם בעל תכונות העולות על רוב הציוד הדומה הנמצא בשוק. — אין צורך בנתיכי גיבוי עד זרמי קצר סימטרים של 6 ק"א. מגוון רחב של אביזרי עזר: מגעי עזר, סלילי חוסר מתח והפסקה, אטימות, נעילות, אפשרות הרכבה על פס „דין“ סימטרי, ומיזות קטנות.

הספקי מנוע							תחום זרם	נתיכי גיבוי	מס' קטלוגי
Standard power rating for 3-phase motors AC3 duty 50/60 Hz							Overload relay range	Back-up fuses (1)	Reference
220V	380V	415V	440V	500V	500V	660V	A	aM/g1	
240V									
kW	kW	kW	kW	kW	kW				
—	—	—	—	—	—	—	0.1 to 0.16	(1)	GV1-M01
—	—	—	—	—	—	—	0.16 to 0.25	(1)	GV1-M02
—	—	—	—	—	—	—	0.25 to 0.40	(1)	GV1-M03
—	—	—	—	—	0.37	—	0.40 to 0.63	(1)	GV1-M04
—	—	—	—	0.37	0.75	—	0.63 to 1	(1)	GV1-M05
—	0.37	—	—	0.75	1.1	—	1 to 1.6	(1)	GV1-M06
0.37	0.75	1.1	1.1	1.1	1.5	—	1.6 to 2.5	(1)	GV1-M07
0.75	1.5	1.5	1.5	2	3	—	2.5 to 4	(1)	GV1-M08
1.1	2.2	2.2	2.2	3	4	—	4 to 6	(1)	GV1-M10
2.2	4	3	3	5.5	7.5	—	6 to 10	(1)	GV1-M14
4	7.5	7.5	7.5	10	11	—	10 to 16	(1)	GV1-M20

ללא נתיכים עד 6 ק"א

## המפיצים של ציוד חברת TELEMECANIQUE בצפון הארץ ובאיזור ירושלים

- בצפון הארץ : חברת יעד אלקטריק — נצרת עילית. טל: 065-74434/5/6
- באיזור ירושלים : חשמל אדומים בע"מ, רח' יפו בית כלל, י"ם, טל: 02-244306
- באיזור נתניה : מ. זיידמן ושות' בע"מ, איזור התעשייה, נתניה, טל: 053-36092
- באיזור אשקלון : ציוד מוצרי חשמל, איזור התעשייה רח' צה"ל פינת רמת אשכול  
טל: 051-24816
- באיזור באר-שבע : א. כהן, רח' הרצל 69 באר-שבע, טל: 057-77420

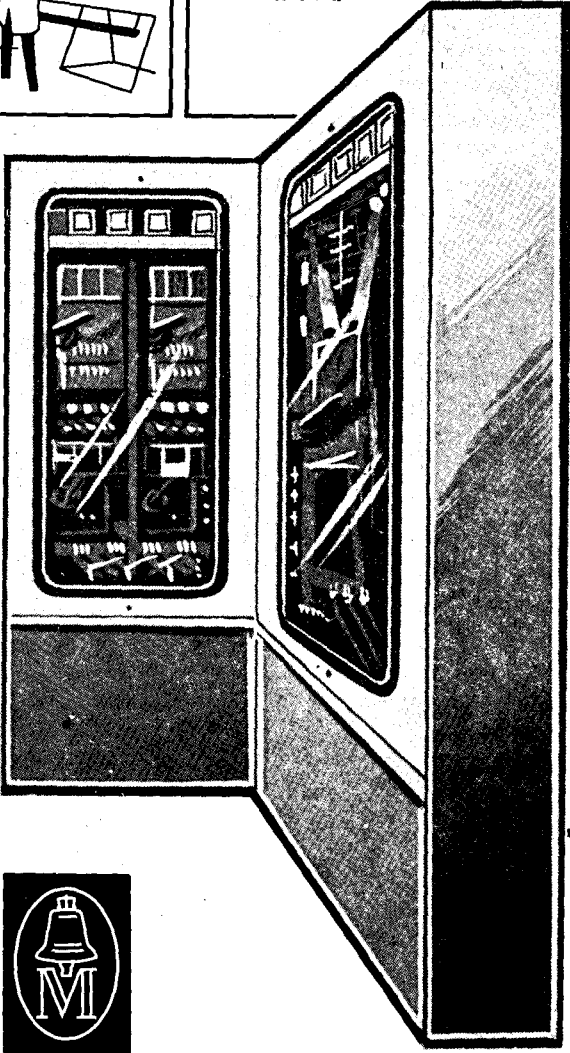


אמינות  
איכות  
אחריות

מחסרים  
אוניברסליים

MOELLER

ערבים לרמת  
גבוהה



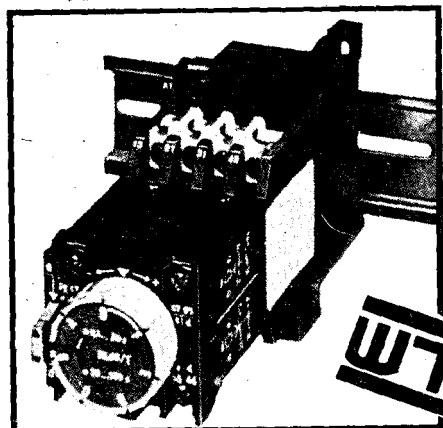
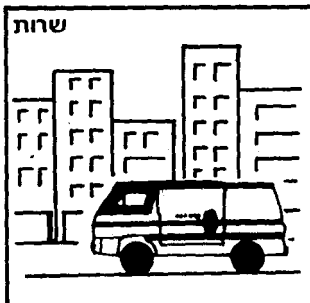
פרטים טכניים-ראה  
(מהדורה עברית)

קצנשטיין, אדלר  
תל-אביב, דרך פתח-תקוה

- \_\_\_\_\_ הנדסה אלקטרו מכנית חיפה בע"מ.
- \_\_\_\_\_ לוחות והנדסת חשמל כפרסבא בע"מ.
- \_\_\_\_\_ קדקו בע"מ.
- \_\_\_\_\_ ק.מ.ק. הנדסת חשמל בע"מ.
- \_\_\_\_\_ ק.א. אלקטרו-מכניקה באר שבע בע"מ.

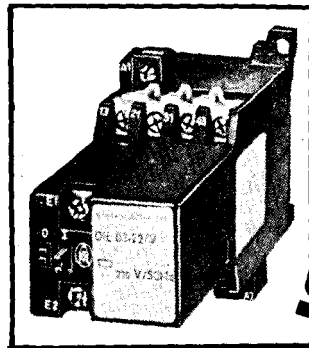






**חדש**

מחסרים עם השהייה,  
דגם DIL 08-33t



**חדש**

מחסרים עם נעילה,  
דגם DIL 08-22v

**ומגענים  
DIL**

**KLÖCKNER-**

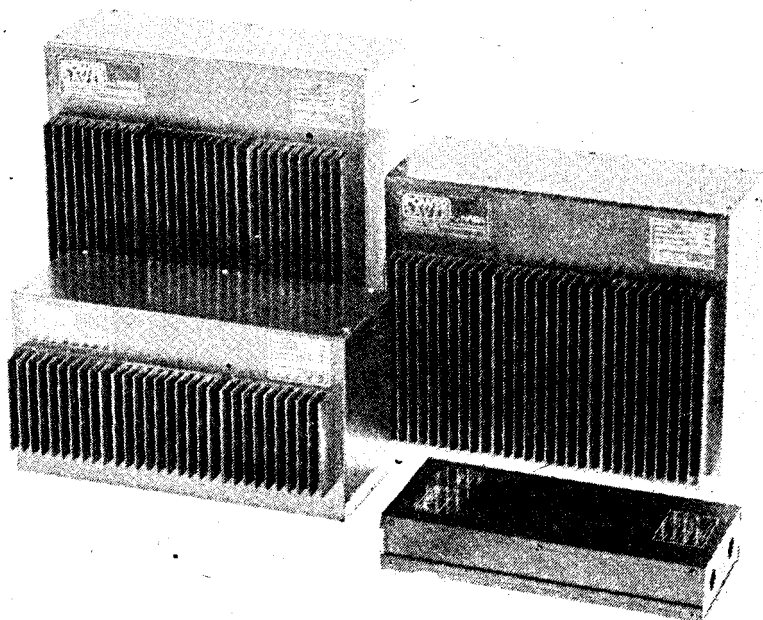
**תפעול  
ואמינה.**

בקטלוג הראשי שלנו.

**שעות' בע"מ  
37, טלפון: 614668**

- 04-532175-6-7 .טל \_\_\_\_\_ חיפה.
- 052-24003 .טל \_\_\_\_\_ כפר סבא.
- 051-26719 .טל \_\_\_\_\_ אשקלון.
- 02-536332 .טל \_\_\_\_\_ ירושלים.
- 057-35916 .טל \_\_\_\_\_ בארשבע.

# POWER SAVER



יחידת POWER SAVER תשפר את מקדם ההספק ותקטין צריכת האנרגיה של מנועים חשמליים הפועלים חלק ניכר מהזמן בעומס חלקי או בריקים. מתאים למנועים חד/תלת פזיים 400/230 וולט 50 הרץ 8-120 אמפר זרם נקוב.

יחידת POWER SAVER מורכבת בישראל ומבוססת על פתוח של סוכנות החלל של ארה"ב (NASA). פתוח נוסף בארץ מאפשר התאמת היחידה לגדלים רבים של מנועים ולשמושים שונים.

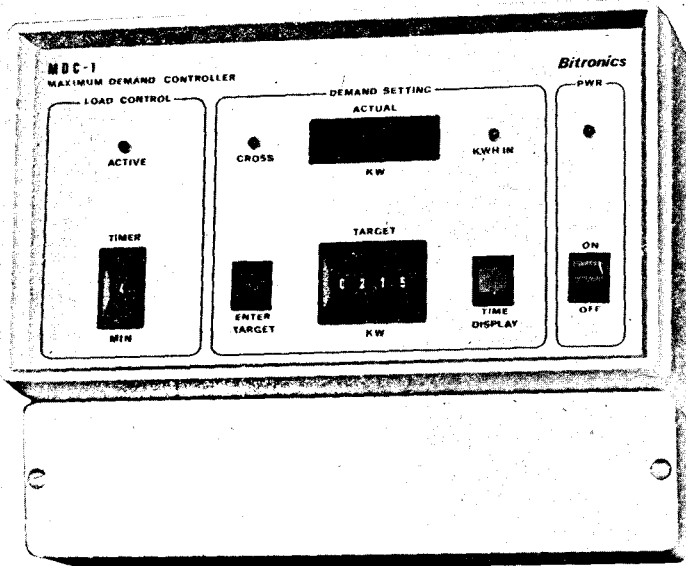
עד **60%** חסכון באנרגיה

- יתרונות
- שפור מקדם ההספק
  - יצוב מתח הזנה
  - מניעת חמום
  - התנעה רכה

## אלקטרה מתכות והנדסה בע"מ

תל-אביב, דרך פתח-תקוה 19 66183 ת"ד 61021, 2180 טל: 61183, 614640

**בקר עומס ושיא ביקוש ב-\$1,950\* ???**  
**כן! MDC-1!!!**



MDC - 1, האח הצעיר במשפחת בקרי שיא הביקוש מתוצרת "ביטרוניקס". אחיו הגדולים, MDC - 3 ו- MDC - 8 פועלים בהצלחה במאות מתקנים בארץ. עתה הצטרף אליהם גם ה- MDC - 1 במחיר וביצועים מפתיעים: כל מפעל בינוני או קטן, בית מלון, בנין משרדים, בית חולים וכד', יוכל לרכשו ולחסוך אחוז ניכר מחשבון החשמל.

אם רצונך בפרטים נוספים, מלא ושלח את הטופס שלמטה:

✂ גזור

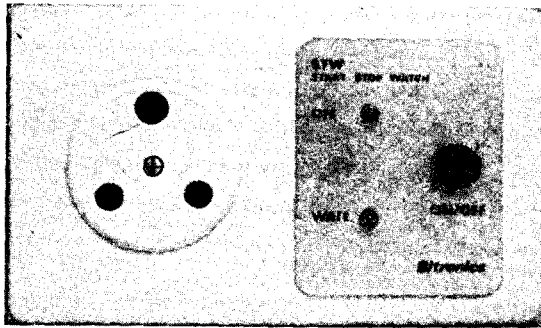
שלחו חומר נוסף ומפורט על MDC - 1  
 שלחו איש מכירות  
 אני מעוניין להשתתף ביום עיון בנושא MDC - 1 \*\*

שם ..... תפקיד ..... טלפון .....  
 מקום עבודה ..... כתובת .....

**משרד מכירות: גד טכנולוגיות בע"מ**  
**רח' דפנה 30 תל אביב 64920. טל. 253942 (03)**

# 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" הקובנציונלי ("דילי"). 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".
  - \* חייווי ואינדיקציה: שתי נוריות LED מציינות 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 נחשון (Fan & Coil).

## גד טכנולוגיות בע"מ

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

# חברת

## הנע מוסת מהירות ASEA

בשלוש השיטות הקיימות

1. ממיר — תדר ASEA בשיטת PWM  
החדישה לשינוי רצוף של התדר והמתח  
נעל ידי כך שינוי מהירות במנועים  
אסינכרוניים רוטור כלוב. הממיר מדגם:  
ASEA-YRRA לבחירה:

- 3 X 75A למנועי כלוב בהספק עד 40 קוא"ט
  - 3 X 145A למנועי כלוב בהספק עד 75 קוא"ט
  - 3 X 210A למנועי כלוב בהספק עד 112 קוא"ט
  - 3 X 280A למנועי כלוב בהספק עד 150 קוא"ט
  - 3 X 400 A למנועי כלוב בהספק עד 220 קוא"ט.
2. מנועים אסינכרוניים ASEA הטובים בעולם !!!

- מנועי כלוב פתוחים וסגורים, מנועים עם טבעות החלקה, מנועי מעצור ומנועי גיר.
- 3. מישרים מבוקרים להנעת מנועי זרם ישר — TYRAK 8A ומנועי זרם ישר ASEA בכל הגדלים מעשירית עד אלפי כוחות סוס.
- 4. מנועי קומטטור (שרגא) בכל הגדלים לויסות מהירות.

פנה אלינו ליעוץ ועזרה !!!

## מכשירי עזר לאחזקה במפעלים תוצרת SPM

- 1. מכשיר לבדיקת טיב מיסבים S43A היחיד בעולם היכול לקבוע את מצבם של מיסבי המנוע ולהעריך כמה זמן עוד ימשיכו לשרת
- 2. סטטוסקופ — אלקטרוני — S 11628 — לשמיעת רעידות במכונות וקביעת תקלות בהם.
- 3. טכומטר TAC 10 חדיש לבדיקת מספר הסיבובים, ללא מגע תוך ניצולת אפקט הסטרובוסקופי, המכשיר עם תצוגה דיגיטלית, כמו כן אפשרות מדידה עם מגע.

### כליאי ברק מתח נמוך ומתח גבוה ASEA מגענים הטובים בשוק !!!

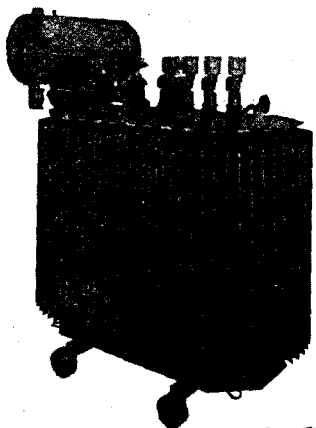
שיאו לה  
כתובתנו החישה

### הודסת חשמל בע"מ ASEA-ת



ביאליק 129 — ת.ד. 8229 רמת גן 52523 (ליד גשר ההלכה)  
טלפונים: 03-729146-7-8 טלקס לועזי 32154

# חשש



## שנאים

טרנספורמטורי חלוקה

2500-100 קו"א.

הידעת שנאי ASEA זולים ובעלי הפסדים

נמוכים ! ! ! !

במחירי האנרגיה של היום תחסוך את מחירים תוך זמן קצר רק בהפרש מחיר

הפסדים ! ! ! !

פנה אלינו לקבלת מידע נוסף ! ! ! !

## ציוד מיתוג מתח גבוה ASEA

מפסיקי זרם בשמן מינימום ASEA-HKN ל-22 ק"ר ול-13.2 ק"ר הם הטובים והזולים בשוק היום!

משני הזרם ומשני המתח הידועים בטיבם

. הגנות ASEA ללוחות מתח בינוני וקוימתח גבוה:

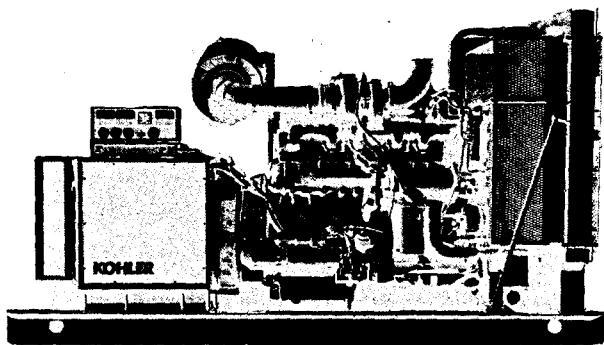
- א. ריליים אולטרמכניים RI, RIDA, RVBA.
- ב. ריליים אלקטרוניים חדישים.
- ג. ממסרי זליגה מתח גבוה.
- ד. הגנות דיפרנציאליות לשנאים.
- ה. הגנות מרחק לקווים.
- ו. הגנות פסי צבירה.

## דיזל גנרטורים וציוד אל-פסק

מערכות UPS — ASEA עד 300 קו"א ביחידה אחת המהימנים ביותר דיזל גנרטורים 5000 — 2.5 קו"א לשרותך.

דיזל גנרטורים בגדלים 1150—2.5 קו"א ממלאי, במחירים מאד תחרותיים מתוצרת קיהלר ארה"ב.

היחידה מורכבת עם הגנרטור החדש בעל טירסטורים מס' תובבים, עם זמן תגובה קצר ביותר, הנותן עד שמונה פעמים זרם נומינלי, דבר הדרוש להנעת מנועים. (כל גנרטור אחר נותן רק פעמיים זרם נומינלי)



למה לכתובתנו החדישה

הנדסת חשמל בע"מ ASEA-ח



ביאליק 129 — ת.ד. 8229 רמת גן 52523 (ליד גשר ההלכה) טלפונים: 03-729146-8 טלקס לועזי 32154

למידע נוסף סמן מס' 27/22



הכזה ושוקה ישיר למוצרי איכות

## הכל על תאורת החרום

כשעוסקים בנושאי בטיחות אי אפשר להתעלם מנושא מרכזי והוא תאורת חרום. תאורת חרום פרושה תאורה אלטרנטיבית לתאורה הרגילה הפועלת באופן אוטומטי כאשר נפסק החשמל מסיבות של תקלה, קצר או נתוק הזרם במקרה שריפה או פגוע. אנו מבחינים ב-2 סוגים עקריים של תאורה:

א. תאורת הכוונה הכוללת שלוט.  
תאורה זו פועלת גם כאשר יש חשמל  
ולחלופין מיד בהפסקתו.

יציאה



ב. תאורת התמצאות המיועדת להארת חדרי מדרגות,  
שטחים צבוריים ודרכי מלוט.

כל מכשיר לתאורת חרום כולל בתוכו מצבר נטען (ניקל קדמיום) יבש לחלוטין ומשמש מקור חשמל למנורה.

ומה דורש התקן? (מתוך קובץ התקנות — 4111 תכנון הבניה מיום 17.4.80)

א. שלטים

לשלטים תותקן תאורה מרשת החשמל של הבנין וממקור חשמל רורבי אמין.

ב. תאורת התמצאות בפרוודורים, חדרי מדרגות יותקנו גופי תאורת התמצאות.

גופים אינדוידואלים הנטענים ומופעלים אוטומטית ויפעלו למשך זמן לא פחות מ-60 דקות. ולכן אתם בתעשייה, בעסק, אולם, מלון, תאטראות, קולנוע, פנימיה, מועדון ובתים רביי קומות בדקו מה קורה אצלכם והקדימו פתרון לבעיה.

יעוץ הדרכה והתקנה ע"י חב' צבמד 1978 — בוקי בן יוגלי 8, תל-אביב. טל. 297855.

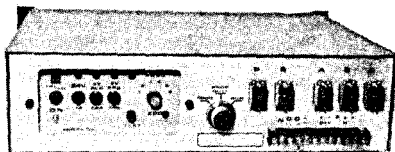


**megatron  
electronics  
& controls ltd**

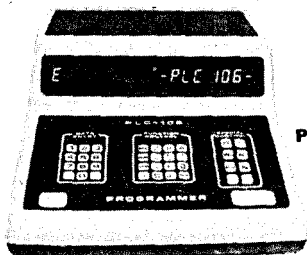
**מגטרון אלקטרוניקה ובקרה בע"מ**

**גאה להציג את הבקר הלוגי המתוכנת החדש**

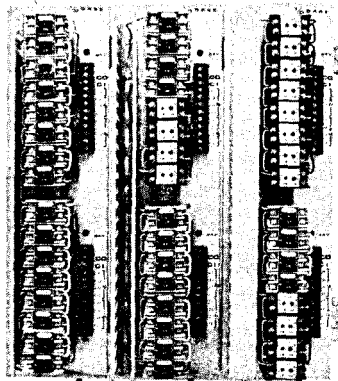
**PLC 106**



PLC 106



PROGRAMMER



IN/OUT  
MODULES

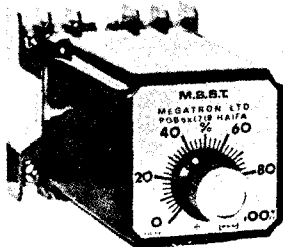
- 48 כניסות ויציאות ניתנות לבחירה
- 56 ממסרים פנימיים לבנית פונקציות ללא חיבורים חיצוניים
- כל סוגי הטיימרים ניתנים לתיכנות בזמנים החל מ-0.1 שניה עד 99,990 שניות
- מונים ל-4 ספרות, ניתן לחבר לכל כניסה ולחבר אותם בקסקדה
- מתח הזנה 110/220 וולט או אפשרות חיבור למצבר 24 וולט.
- זכרון תכנות: 800 בתים, התכנות מתבצע בשיטת "דיאגרמת סולם" 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

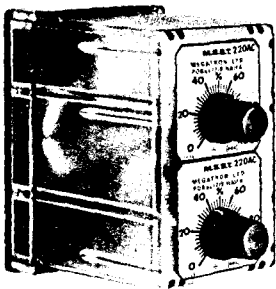
**מגטרון**





**megatron**  
electronics & controls ltd.

גם לך מגיע להנות  
ממוצר אמין,  
נוח להתקנה, 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. 04-88835-6

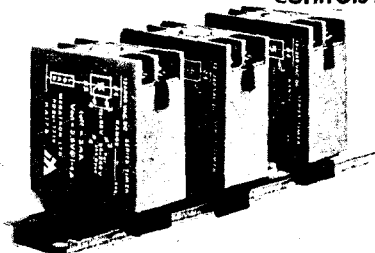
למידע נוסף סמן מסי 27/26

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. 04-88835-6

למידע נוסף סמן מסי 27/27



**megatron**  
electronics & control ltd.

## יצרנים של:

- \* מערכות התרעה
- \* קוצבי זמן מהבהבים
- \* יחידות להמרת סיגלים
- \* בקרים מיוחדים
- \* מתקנים ומכשור בהתאם למפרטי המזמן



## מפיצים של:

- מפסקי לחץ טמפ' זורמה
- מפסקי קרבה אינדוקטיביים
- ומפסקים מגנטיים
- בקרי גובה

# מגטרון

אלקטרוניקה ובקרה בע"מ  
ת.ד. 1719 חיפה, טל. 04-88835-6

למידע נוסף סמן מסי 27/25

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.

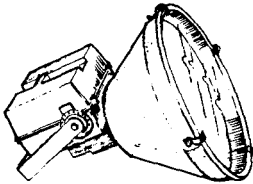
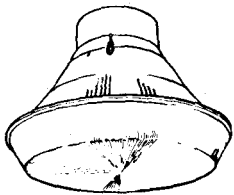
רק כוחו של הטבע אמין יותר מ"ONAN".

**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 שד' רוטשילד 15 ת"א טל' 652010, 653848

**Onan**

למידע נוסף סמן מס' 27/28



## מהנדס חשמל חשמלאי, קבלן

אנו מעמידים לרשותך נסיון מצטבר של 35 שנים  
בתחום התאורה.  
בידנו הפתרון לכל בעיות התאורה בהם אתה נתקל  
ביעוץ תכנון והדגמה.

תאורת: תעשייה, ספורט, בעוזן, במה, הצפה, רחוב וגנים.

LIGHTING  
CENTRE  
לייטינג סנטר בע"מ



שטייניץ  
מפעל תאורה  
Lighting Industries  
12 Hata Asia St. Tel Aviv Tel: 05-336043-70



למידע נוסף סמן מסי 27/29



## אלקטרוטכניקה בע"מ

קרית טבעון, רח' קק"ל 16, מיקוד: 3600 טלפון: 931752, 932583-04

- \* לוחות חלוקה, פקוד וסינופטיים
- \* מתקני חשמל (אינסטלציה) בתעשייה במשק ובמבני ציבור
- \* מתקני מתח גבוה
- \* ייצור טרנספורמטורים ומטענים
- \* ליפוף מנועים
- \* שרותי תחזוקה ותיקונים

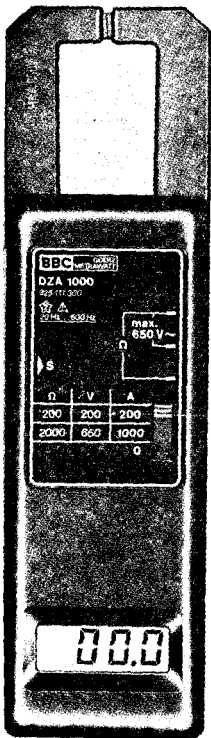
למידע נוסף סמן מסי 27/30

# חברת ישראמקס בע"מ

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

**BBC GOERZ**  
BROWN BOVERI

## צבת דיגטלי



למידת זרם  
עד 1000A  
מתח חילופין  
עד 650V  
התנגדות  
בדיקת של  $\Omega$  0.1

## מהמלאי!

מחיר 285 דולר  
לא כולל מ.ע.מ.  
כמו כן:

מד כופל  
הספק נייד  
(צבת)  
מד הספק  
נייד (צבת)

מכשיר מדידה ורישום ניידים, לוחות למדידת  
זרמים ומתחים בכל התחומים, שבאי זרם,  
מתמרי מתח זרם, מודדי טמפרטורה,  
רשמים לטמפרטורה, מודדי התנגדות בידוד  
והארקות.

למידע נוסף סמן מס' 27/32

# יעד אלקטריקה

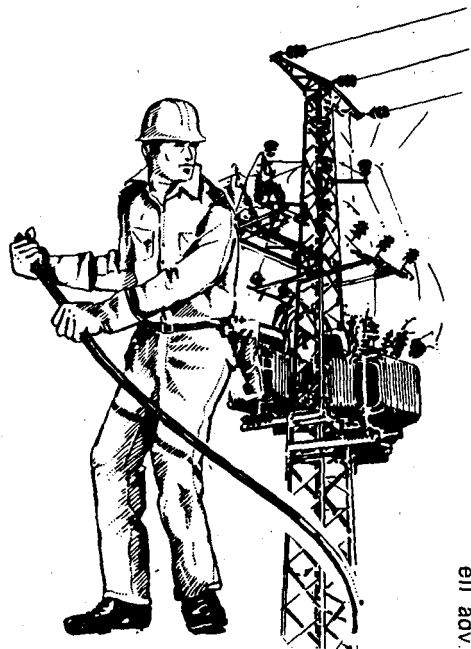
שרות וביצוע  
עבודות חשמל בע"מ

נצרת עילית.  
אזור תעשייה ב'  
רח' העמל 3, ת.ד. 609  
70 065-74434

מפיצים בלעדיים  
בצפון הארץ  
לציוד טלמכניקה



**Telemecanique**



elij adv

למידע נוסף סמן מס' 27/31

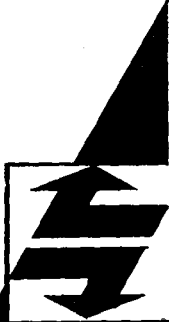
# ANNUNCIATOR

## מערכת התראה מודולרית

שלטים  
בכל צבע וגודל

מפעלי מתכת וחשמל  
**כפר בלום**

ד.ב.ג.ע. 12150  
טל 067-49270 (3 קווים)  
טלקס: 6734 KEMP IL



למידע נוסף סמן מס' 27/34

**חדש!**

כלי עבודה  
לאלקטרוניקה ולעבודות עדינות



- מברגים, קוצצי-צד, צבתות-ARROW
- מלחמים חשמליים זעירים-ANTEX
- חומרי הלחמה וחומרי-עזר-KESTER
- רב מודדים דיגיטליים ורגליים-ARROW-HONOR+SIMPSON, USA

איכות גבוהה • אמנות • הספקה מן המלאי  
במחירים מיוחדים  
במחלקה החדשה לכלי עבודה

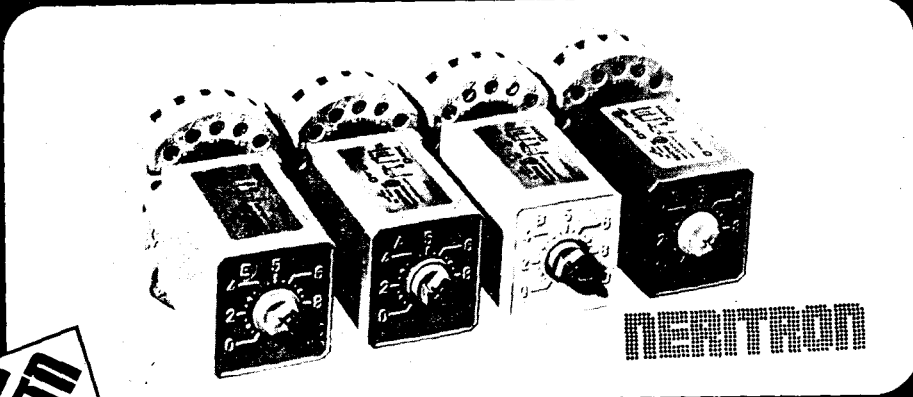
מתוח בימים: א'-ח-8 עד 16

גבעון אלקטרוניקה בע"מ  
רכיבים • מערכות • ציוד מזיזה  
רחוב החשמלאים 105, ת.א. טל: 266-122



למידע נוסף סמן מס' 27/33

# קוצבי זמן ותהבהבים אלקטרוניים של חברת נריטרו



המחלקה

חדש במחיר

מפעלי מתכת וחשמל  
**כפר בלום**

ד.ב.ג.ע. 12150  
טל 067-49270 (3 קווים)  
טלקס: 6734 KEMP IL



תוצרת שוייצריה  
הזולים בארץ  
הספקה מהמלאי

למידע נוסף סמן מס' 27/35

# את כל צרכיך בזיווד, מיתוג וציוד בקרה אנחנו מספקים.



**"קלור אמג"**

ציוד מיתוג חשמלי, מפסיקים מגענים מתנעים ומנתקי HRC בכל הגדלים.

**ACKERMANN**  
"אקרמן"

ציוד תיעול חשמלי ומתקני העברה קווית, וציוד לרצפות מטופלות במים. ציוד לבתי חולים ותקשורת.



**"בלוק"**

בקרי כופל הספק לכל הדרשות. אפשרויות מיתוג ... 1:2:4... ... 1:2:2:2... ... 1:1:1:1 + מגע להתראה למקרה שיער 0.92 לא הושג.

**Himel**  
"הימל"

לוחות וארונות פח ופוליאיסטר לתעשית החשמל והאלקטרוניקה. ציוד עזר לחוטי לוחות.



**"פופ + קו"**

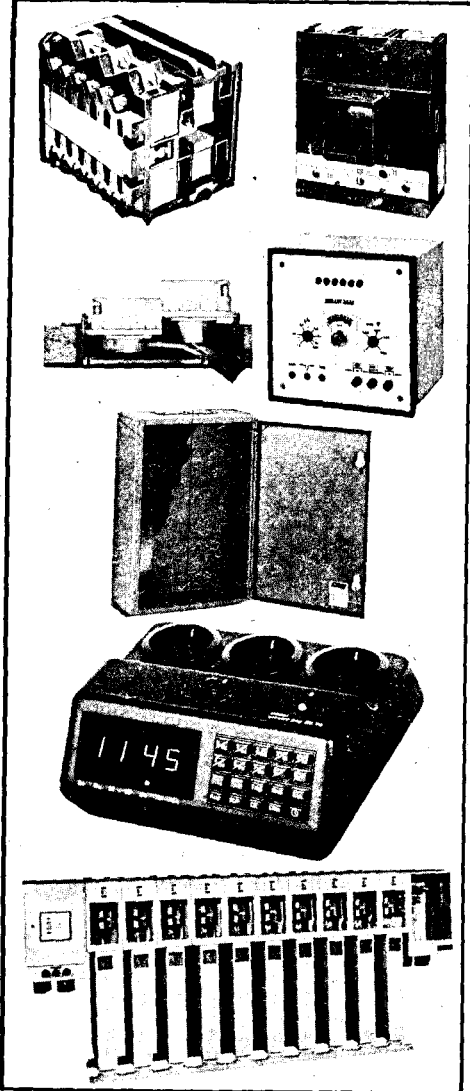
שעוני זמן ופיקוד לכל המטרות, רבי ערוצים עם דרבה. החל מ-140 זכרונות לשבוע. אפשרויות חכנות בכל דקה.

**KONLOG**  
"קונלוג"

בקרי שיא ביקוש מסונכרנים ובלתי מסונכרנים.

**BAUGATZ**  
"באוגטס"

מערכות קבלים אוטומטיות בכל הגדלים לשיפור מקרם ההספק. מערכות סינון לגלים עליונים. קבלי מתח גבוה.



הסמלים לאיכות הטובה ביותר, במחירים הנמוכים ביותר בארץ!

**ELECTRIC & ELECTRONIC SERVICES E.E.S.**

גבעתיים, רחוב המרי 56, ת.ד. 501, מיקוד 53 331, טלפון 31 24 04, טלפון אלחוטי 29 68 29 / 835

# תחנות משנה פנימיות קומפקטיות במרכזים עירוניים

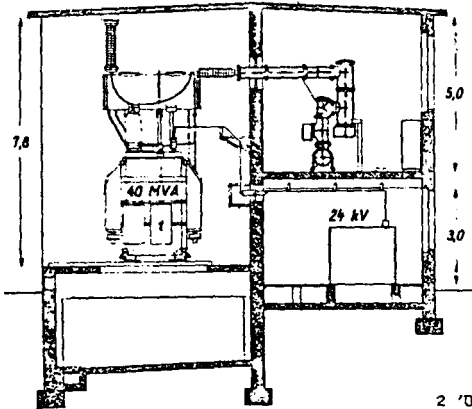
M. Sc. — אינג' ד. אלמקיס

תח נמצאים בתוך מעטפת מאורקת); בצורה זו נשמרת אמינות הספקת האנרגיה.

● הגנה בפני נגיעה בחלקים חיים, דהיינו בטחון מוגדל לאנשי התפעול.

באיור מס' 1 מתואר באופן עקרוני מבנה של תא השנאי בתחנת משנה פנימית

איור מס' 1  
מבנה עקרוני של תחנת משנה פנימית



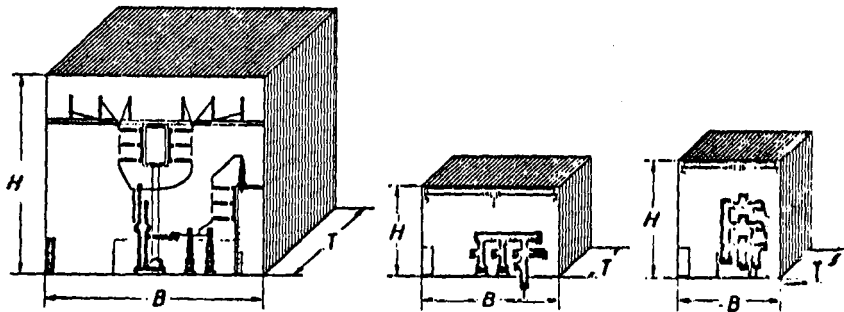
איור מס' 2

התקנת ציוד מתח עליון משוריין בגז דחוס SF<sub>6</sub>

מסדר מתח עליון קונבנציונלי

התקנה אופקית

התקנה אנכית



תכנון	B m	T m	H m	שטח הרצפה		נפח		B=Width T=Depth H=Height
				m <sup>2</sup>	%	m <sup>3</sup>	%	
קונבנציונלי	11.0	5.1	10.5	56.1	100	589	100	
בהתקנה אופקית	7.0	2.2	4.8	15.4	27	74	12.5	
בהתקנה אנכית	5.2	2.2	6.2	11.5	20	71	12	

אינג' ד. אלמקיס — אגף מחקר ופיתוח חברת החשמל.

מסויימים לתקלה, דבר שפוגע ברציפות אספקת האנרגיה לצרכנים.

הרעיון המרכזי העומד מאחורי השימוש בגז דחוס הוא הקטנת המימדים (מבלי לפגוע בתנאי הבטיחות) ולמנוע השפעות הזיהום.

באיור מס' 3 מתוארים חתכים של מסדר משוריין עם גז SF<sub>6</sub> לרבות סכימה חד-קווית של המתקן. (החומר מבוסס על פרסומים טכניים של מספר יצרנים).

באופן בסיסי, מבחינת המבנה, קיימים שלושה אלמנטים המשותפים לכל הציוד המרכיב את התחנה מצד מתח עליון.

א. מעטפת

ב. מבדדי תמיכה

ג. מוליך הנמצא תחת מתח

המעטפה המאורקת בנויה בצורת צילינדר שבמרה כזה נבצא המוליך הנתמך על-ידי מבדדי תמיכה. המירווח בין המוליך לבין המעטפה ממולא בגז SF<sub>6</sub> הנמצא בלחץ שמעל ללחץ אטמוספירי.

(ראה איור מס' 4).

באיור מס' 2 מוצגת השוואת השטח והנפח הנוצרים למסדר מתח עליון עבור שתי חלופות, האחת — ציוד קונבנציונלי השניה — ציוד מס' שורין מבודד בגז דחוס SF<sub>6</sub>.

### מבנה הציוד

כללי

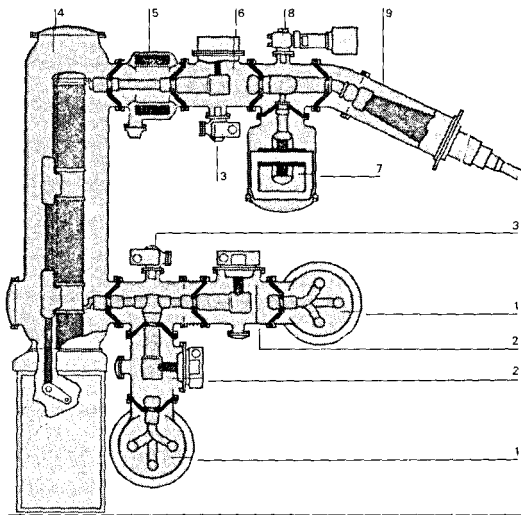
הציוד המרכיב מסדרי מתח עליון כולל: פסי צבירה, מנתקים, מפסקי-זרם, מנתקי הארקה, שנאי זרם, שנאי מתח, מגיני ברק, יציאות לחיבור כבלים, יציאות לקווים עיליים, שנאי הספק; כמות הציוד הדרושה נקבעת בהתאם לסכימת התחנה.

בציוד קונבנציונלי הבידוד בין הפזות הינו אוויר בלחץ אטמוספרי, לפיכך המרחק בין הפזות נקבע בהתאם למתח הנקוב.

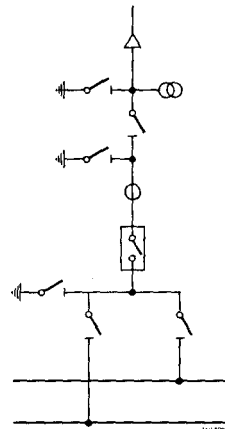
המרחק בין החלק החי לאדמה נקבע משיקולי בטיחות בהתאם למתח הנקוב. במסדרים חיצוניים (ולעיתים גם פנימיים) הבידוד מושפע מתנאי הסביבה — זיהום, לחות, אבק ועוד.

צטברות זיהום על פני מבדדי גורמת בתנאים

איור מס' 3  
חתך של מתקן SF<sub>6</sub>



דיאגרמה חד-קווית

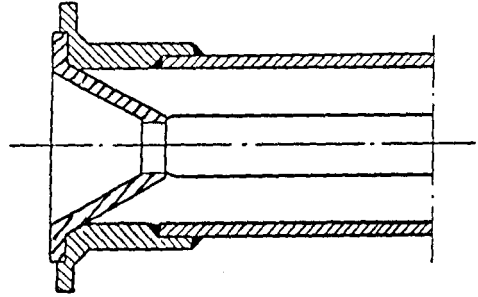


- 6. מנתק קו
- 7. שנאי מתח
- 8. מנתק הארקה
- 9. סופית כבל

- 1. פסי צבירה
- 2. מנתק
- 3. מנתק הארקה עם הפעלה מקומית
- 4. מפסק זרם
- 5. שנאי זרם

- מקרא:
- גז
  - מבדדים
  - חלקים מאורקים
  - חלקים תחת מתח

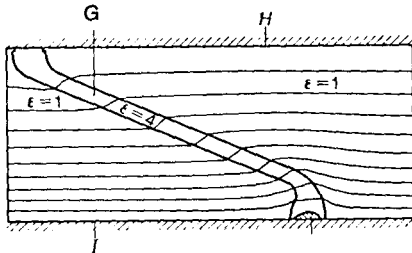




(ללא נוכחות המבדד). מכאן שמשטח פני המבדד מהווה את הנקודה החלשה מבחינת הבידוד ב- מסדרים משוריינים המבודדים בגז SF<sub>6</sub>. במערך צילינדרי קראקסילי (המקובל ב-SF<sub>6</sub>) ניי- תן לתכנן פרופיל אופטימלי מבחינת עוצמת השדה החשמלי לאורך המשטח, כך שמתח הפריצה יש- תווה למתח הפריצה של הגז. באיור מס' 5 מתוארים הקווים שווי הפוטנציאל ציאל במבדד קוני המתוכנן בצורה אופטימלית.

נקודה נוספת שיש לציין: עקב המרחקים הקט- נים, המבדדים נתונים למאמץ חשמלי גבוה, לפי- כך טיב המבדד משפיע בצורה מכרעת על אמינות המתקן. מסיבה זו, כל מבדד המשמש למסדרים משוריינים, המבודדים בגז SF<sub>6</sub>, עובר בדיקת הת- פרקויות חלקיות (Partial discharge test).

הפרופיל המקובל של המבדדים השימושיים ב- מסדר משוריין המבדד בגז SF<sub>6</sub> הוא באחת מ-2 איור מס' 5 קווים שווי פוטנציאל



מקרא :

H — מעטפת I — מוליך פנימי G — מבדדי תמיכה האלטרנטיביות :

- א. חרוטי (Cone type)
- ב. מבדד דמוי דיסקה (Disk type)

מבדד חרוטי משמש בדרך כלל לעטיפה חד-פזית ומבדד דמוי דיסקה מקובל לשימוש במקרים בהם יש עטיפה אחת לשלוש הפזות.

**תכונות הגז SF<sub>6</sub>**

2 הסיבות העיקריות לשימוש בגז SF<sub>6</sub> בציוד מ- תח עליון הן :

- א. חוזק דיאלקטרי גבוה
- ב. תכונות כיבוי קשת טובות.

**חוזק דיאלקטרי**

החוזק הדיאלקטרי של הגז SF<sub>6</sub>, הן עבור מתח בתדר הרשת (Power frequency Voltage) ו- הן עבור נחשולי מתח (Impulse), גבוה מזה של אוויר ובלחץ מסויים גבוה אף מזה של שמן.

באיור מס' 6 מתואר החוזק הדיאלקטרי של הגז SF<sub>6</sub>, בהשוואה לזה של אוויר ולזה של שמן- בידוד, כתלות בלחץ. הנסוי בוצע בשדה חשמלי הנוצר בין שתי אלקטרודות כדוריות בעלות קוטר

**המעטפת**

המעטפת מהווה כיסוי לחלקים הנמצאים תחת מתח. מבחינה חשמלית המעטפת רציפה ועשויה מחומר מוליך (אלומיניום או פלדה) ומאורקת. לפיכך קיימת הגנה אמינה מבחינת נגיעה בחל- קים חיים.

תפקידה העיקרי של המעטפת הוא לכלול את הגז ולמנוע את דליפתו החוצה.

לגבי פסי צבירה, קיימות שתי אפשרויות: האחת שימוש בעטיפה אחת לכל שלשת הפזות. השניה, עטיפה אחת לכל פזה.

עקב המרחקים הקצרים בין המוליך למעטפת, קיימים זרמי השראה בתוך המעטפת.

זרמי ההשראה וזרמי המערבלות גורמים לעליית טמפרטורה במעטפת, ולפיכך במקומות בהם קיימת סבירות לנגיעה, עובי המעטפת מתוכנן כך שה- טמפרטורה לא תעלה מעל ל-35°C.

**מבדדי תמיכה**

למבדדי תמיכה התפקידים הבאים :

- א. תמיכת המוליכים.
- ב. הפרדה מבחינה גזית לצורך חלוקת הגז ל- תאים.

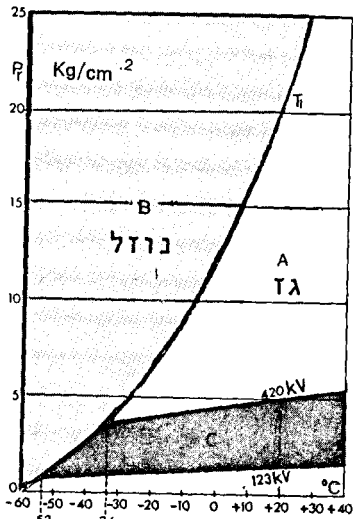
לפעמים כהגנה בפני לחץ יתר (הגדלת נפח התא על ידי פיצוץ המבדד).

נוכחות מבדד מוצק בתוך גז גורמת לעיוות מהלך עוצמת השדה החשמלי, בייחוד על פני משטח המבדד. (דבר זה נגרם בגלל ההבדל בין המקדם

הדיאלקטרי של מבדד התמיכה  $\epsilon_r = 4-6$  לבין זה של הגז  $\epsilon_r = 1$ ) כך שעל המבדד ובקרבתו מת- קבל שדה לא אחיד.

אם פרופיל המבדד לא מתוכנן בצורה אופטימי- לית, מתקבלת עוצמת השדה מכסימלית ליד ה- מעטפת המאורקת ונקודה נוספת בקרבת המר- לין. אי לכך, מתח הפריצה לאורך משטח המבדד נמוך יותר לעיתים קרובות ממתח הפריצה לגז

איור מס' 7  
טמפי העיבוי כתלות בלחץ



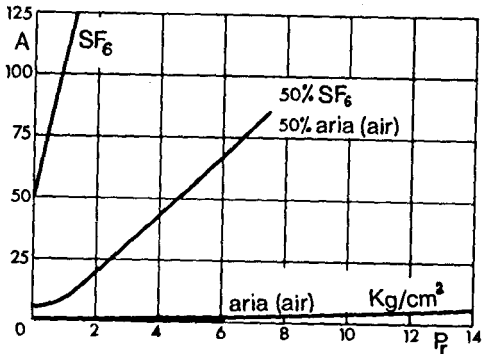
C — איזור בשימוש.

### תכונות כיבוי קשת

מבחינת כיבוי קשת ל-SF<sub>6</sub> יכולת כיבוי הגבוהה בקירוב פי 100 מזו של אוויר. באיור מס' 8 מתוארת יכולת כיבוי של הגז SF<sub>6</sub> בהשוואה ל- יכולת הכיבוי של האוויר.

איור מס' 8

יכולת כיבוי קשת במקדם הספק אפס ובמתח של 2300 V המרחק בין המגעים 76 מ"מ

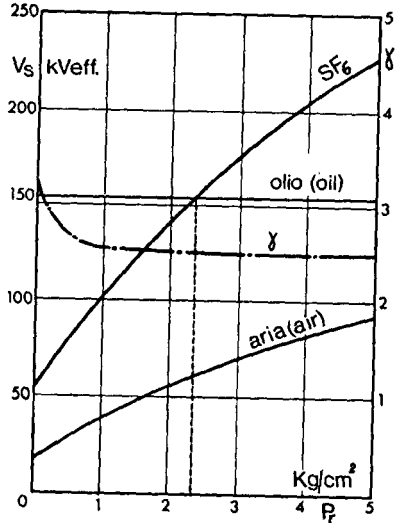


### מערכת הגז

מבחינת נוחיות התפעול והתחזוקה מחלקים את הנפח הכללי של המתקן לתאים. כך מתאפשר טיפול בחלק אחד של המתקן בו בזמן שחלק אחר נמצא תחת מתח, כמריכך מגבילים בצורה זו את הנזק הנוצר בזמן קשת פנימית.

כאמור, החוזק הדיאלקטרי תלוי בצפיפות הגז לכן פליטת הגז הינה מסוכנת ועלולה להוריד את ה-

איור מס' 6  
מתח פריצה בתדר הרשת



מקרא:

Vs — מתח פריצה (r.m.s.) kV

Pr — לחץ הגז

γ — יחס בין מתח פריצה של הגז לאויר.

10 מ"מ והמרחק ביניהן 1 מ"מ.

מהאיור ניתן לראות שהחוזק הדיאלקטרי של הגז SF<sub>6</sub> בתדר הרשת:

א. לפחות פי 2.5 גבוה משל אויר.

ב. בלחץ של 2 ק"ג/סמ"ר משתווה לשל שמן.

לכן השימוש בגז SF<sub>6</sub> מאפשר להגיע לרמת בידוד רצויה בלחץ סביר של הגז. החוזק הדיאלקטרי של הגז תלוי (ליניארית) אך ורק בצפיפות הגז כך ששינויי לחץ או טמפרטורה המתרחשים בזמן תפעול המתקן אינם משפיעים על החוזק הדיאלקטרי עד לטמפרטורת העיבוי.

לחץ הגז הנבחר צריך להבטיח עבודה תקינה גם בטמפרטורות נמוכות ללא אמצעי חימום (ראה איור מס' 7 וטבלה מס' 1).

טבלה מס' 1

מתח נקוב	צפיפות גז/ליטר	לחץ הגז ב-20°C	טמפרטורת העיבוי
kV	gr/lit.	Kg/sq. cm	°C
123	15,6	1,5	53
145	18,8	2	50
170	22	2,5	46
245	28,9	3,5	40
300	28,8	3,5	40
362	38,2	5	34
420	38,2	5	34

$$\Delta P = K \frac{U \cdot I \cdot t}{V}$$

זמן היתוך המעטפת (M.T.) תלוי ב: חומר המעטפת (n, m, C) עובי המעטפת (S), זרם הקשת (I), הנקודה בה מתחילה הקשת (t<sub>i</sub>)

$$M.T. = C \frac{S^m}{I^n} + t_i$$

גישות תכנון המתקנים ביחס לקשת פנימית

הניגוד בין הסיכוי הנמוך מאוד להופעת קשת פנימית מצד אחד, והזקק העלול להגרם מצד שני, הביא לשתי גישות שונות בתכנון:

א. הפסקת התקלה בדרגה ראשונה של ההגנה (עד 100 msec) בכל מקום בתוך המסדר. במקרה והדרגה הראשונה של ההגנה לא פועלת, תפעל מערכת מכנית לשחרור הלחץ, דבר שימנע פיצוץ המעטפת והקשת תסולק על ידי הדרגה השנייה (0.5—0.6 sec), כך שבכל מקרה המעטפת צריכה להחזיק מעמד מבחינה תרמית ולא להינתק תוך פרק זמן של 500 msec לפחות.

ב. במקרה של קשת פנימית אשר נמשכת ולא נפסקת על ידי הדרגה הראשונה של ההגנה, יש שמעדיפים לתת למעטפת להינתק עדידי הקשת כך ששחרור הלחץ מבוצע על-ידי היתוך המעטפת במקרה ומכשירי שחרור הלחץ לא פועלים (בגלל שקצב עליית הטמפרטורה גבוה יותר מקצב עליית הלחץ). בצורה זו נמנע פיצוץ המעטפת.

בנוסף לכך מעדיפים היתוך ברור של המעטפת במקום החלשה מכנית של המעטפת במקומות לא מוגדרים ובמידה לא ברורה.

חוזק הדיאלקטרי, לפיכך איכות האטימה חייבת להיות גבוהה. נמסדרים המיוצרים כיום, היצרנים מבטיחים איכות אטומה גבוהה ביותר. לא יותר מ-2%—1% איבודי גז בשנה.

בקרת הגז מבוצעת על-ידי בקרת הלחץ או הצפיפות: במקרה של ירידת לחץ או צפיפות מתקבלת התראה.

**קשת פנימית במסדרים משוריינים עם גז זחוס SF<sub>6</sub>**

כללי

בדרך כלל מקובל שהסיכוי להופעת קשת פנימית במסדרים משוריינים בגז SF<sub>6</sub> הוא נמוך מאוד עקב תכנון וייצור טכנולוגי מתקדם של המתקן, בדיקת הציוד הן אצל היצרן והן באתרי התאמת רמת הבידוד ועוד.

מצד שני בידוד הגז SF<sub>6</sub> רגיש מאוד לזיהום, לחות, רמת חיספוס פני המוליך והמעטפת ועוד.

לפיכך לא ניתן למנוע לחלוטין הופעת קשת פנימית בגז SF<sub>6</sub>.

הקשת גורמת בעיקר לעלית לחץ וטמפרטורה של עולה לגרום להיתוך המעטפת ולפליטה של גזים בסביבת המתקן דרך המעטפת הנקובה.

**עלית הלחץ וזמן היתוך המעטפת**

M.T. (Melt-through time) (זמן גבולי)

עלית הלחץ (P) תלויה ב:

זמן הקשת (t), זרם הקשת (I), מתח הקשת (U), נפח התא (V)

ממחקרים תאורטיים ובדיקות נקבע הקשר הבא:



## מועדון ה"התקע המצדיע"

מפגשי חשמלאים וסיור בתחנת הכח החדשה מ"ד (ליד חדרה)

המפגשים הבאים מתוכננים לחשמלאי אזור טבריה (23.5.82) ולחשמלאי אזור רעננה (31.5.82). בכל מפגש מקבלים האורחים דברי הסבר כלליים על תחנת הכח, הרצאה מקצועית על ביצוע מתקני החשמל בתחנה ולבסוף — סיור מקצועי באתרי התחנה

חשמלאים המעוניינים להשתתף במפגשים הבאים מתבקשים לפנות אל משרד החברה באזור מגוריכם או אל משרד מערכת ה"התקע המצדיע".

לאחרונה החלה סדרת מפגשי חשמלאים, במסגרת מועדון "התקע המצדיע", בתחנת הכח החדשה מ"ד שליד חדרה.

המפגש הראשון שנועד לחשמלאים הפעילים במועדון "התקע המצדיע" באזור נתניה התקיים ב-19.4.82 והשתתפו בו כ-40 איש.

המפגש "השני שנועד לחשמלאי האזורים עפולה ונהריה התקיים ב-26.4.82.

# הגבלת זרמי קצר

אינג' ס. מנדלבאום, י. גולדשטיין

הדרישה להגבלת זרמי קצר, נעשית יותר ויותר אקטואלית כתוצאה מהעליה בעוצמת זרמי הקצר הצפויים אצל צרכנים רבים ובכללם כאלה הצורכים זרמים נמוכים יחסית (10—160 אמפר).

העליה בעוצמת זרמי הקצר הצפויים נובעת מפיתוח מערכת האספקה (חתיכי מוליכים ושנאים גדולים יותר מאשר בעבר).

התנאים החדשים שנוצרו, הביאו לייצור דור חדש של מפסקים קומפקטים מוגדרים כ"מגבילי זרם קצר" ("LIMITORS").

המפסקים הללו מסוגלים לנתק זרם קצר גבוה ויחד עם זאת להגביל את הזרם במעגלים הניזונים מהם.

עקרון הפעולה של המפסקים הוא פשוט ומבוסס בעיקרו על פתיחה מהירה מאד של המגעים בזמן הקצר, ושימוש בקשת החשמלית כרכיב בעל התנגדות גבוהה.

## להגבלת זרם הקצר יש מספר יתרונות חשובים:

× הקטנת נזקים הנובעים משריפת רכיבים בלוח (מפסקים, מכשירי מדידה וכו').

× מניעת דפורמציות של מבנה הלוח מכוחות דינמיים (הכוחות נמצאים כידוע ביחס ישר לריבוע בוע עוצמת הזרם).

× מניעת הרס הבידוד של כבלים כתוצאה מ"אימפולס הספק הקצר הנמצא ביחס ישר למכפלת ריבוע זרם הקצר בזמן פעולתו. ככל שהזרם יהיה קטן יותר והזמן קצר יותר, הנזק יקטן והטמפרטורה הסופית שתפתח תהיה קטנה יותר.

בס"ח"כ, ברור כי הגבלת זרם הקצר מגדילה את אורך חיי המתקן.

אפשרות פשוטה להגבלת זרם הקצר היא ע"י שימוש בנתיכי H.R.C. (נתיכים בעלי כושר ניתוק גבוה).

## מגבילי זרם הקצר מאחדים שתי תכונות עדימות:

א. הגבלת זרם הקצר

ב. הפסקה כתוצאה מיתרת זרם תרמית לדעתי, מגביל זרם הקצר הוא הפתרון הטוב ביותר כרגע: הוא דורש טיפול מועט, מביא כא-מור להארכת חיי המתקן ויש בו בשום השקעה כספית המשתלמת לטווח ארוך.

גם בתפעול יש יתרון כיוון שהחזרת המתקן ל-פעולה אחר קצר נעשית בצורה פשוטה ע"י הפעלת המפסק.

כדי להקביר את טכניקת הגבלת זרם הקצר, לקחנו כדוגמא מפסקים מגבילי זרם קצר C160L

אינג' ס. מנדלבאום — מהנדסת ראשית במפעל הלוחות "אלקו" בע"מ

יעקב גולדשטיין — "אלקו" בע"מ

ר-C125L של חברת מרלן ז'רן.

הזרמים הנקובים של המפסקים הם בתחום 10—160 אמפר וזרמי הקצר ב-380 וולט ערך אפקטיבי — 150 קילואמפר, לפי התקן הגרמני V.D.E.

המפסקים הנ"ל יכולים להיות מחוברים במעגלים בהם זרם הקצר המחושב יהיה עד 150 קילו-אמפר.

המפסקים יפסיקו את זרם הקצר ב-2 מילישניות וכן יגבילו את זרם הקצר עד  $20/\sqrt{2}$  קילואמפר.

## העקרונות המנחים בניתוק והגבלת זרם הקצר הם:

1. שלוש נקודות ניתוק עם שלושה תאי כיבוי. אחת לניתוק רגיל — פתיחה סופית לאחר קצר או יתרת זרם תרמית.

שתיים להגבלת זרם — פתיחה חלקית בזמן קצר וסגירה מיידי לאחר מכן (הסבר מפורט יותר, בהמשך המאמר).

2. שימוש בכוחות דינמיים כתוצאה מזרם הקצר על מנת לפתוח את המגעים.

3. יצירת שדה סולונואידי ושדה אשמלי לתגדלת מהירות הפתיחה.

4. פליטת גזים בכיוון הקשת החשמלית ודחיפתה בכיוון תאי כיבוי קשת.

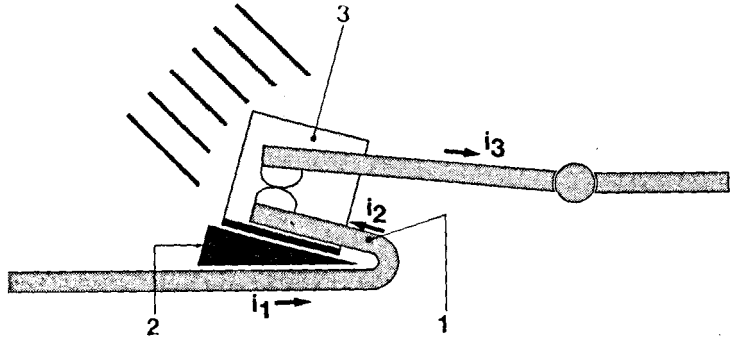
הקשת החשמלית מגדילה את התנגדות המעגל עד להשוואת מתחים.

השוואת המתחים בין המקור המזין את הקצר לבין מגעי המפסק המביאים לאיפוס הקשת ובכך נפסקת הזרימה ומתנתק מעגל הקצר.

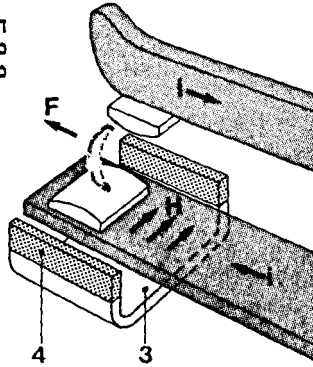
מפסק מגביל נבנה משני חלקים :  
 מפסק הספק רגיל.  
 מגביל זרם.

נסביר כעת את פעולת מפסק הזרם הרגיל אשר גם הוא מגביל את זרם הקצר עד גדול מסוים — קצת יותר.

1. מצע קבוע וממולו מצע נייד
2. חומר פרה-מגנטי מוגע השפעת  $i_1$  על  $i_2$
3. פרופיל U מגנטי היוצר שדה מבני H קבוע, הדוחף את הקשת לתוך תאי כיבוי.
4. חומר פולאמיד המוציא גזים בזמן קצר להכחנת הקשת וקרורה.

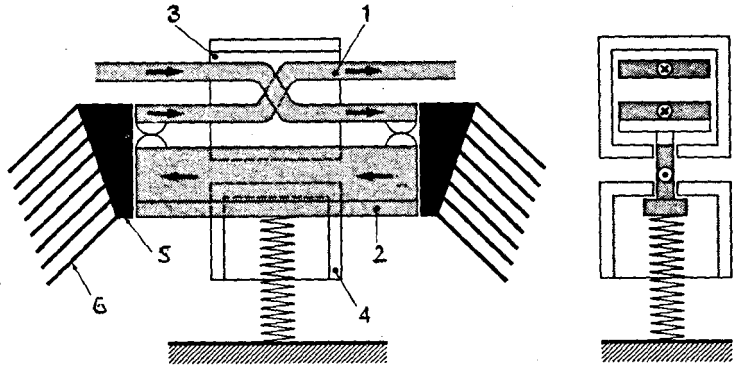


המפסק ממטיק כתוצאה מהגנות תר-מיות ומגנטיות הפועלות על מנגנון מכני של המפסק.



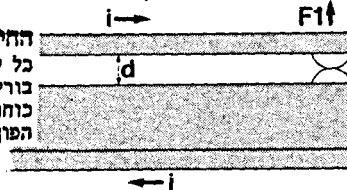
**מערכת הנבלת זרם**

1. מצעים קבועים עם החלפת כיוון זרם.
2. מעגעים נעים.
3. מעגל "דוחף".
4. מעגל "בולעי".
5. חומר פולאמיד פולט גזים לתוך הקשת.
6. תאי כיבוי קשת.



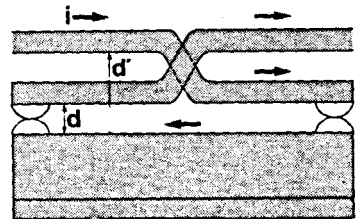
**כח דינמי כלמי מעלה**

החיבורים המצולבים כל קוטב נבנה משני מערכות של חיבורים מצולבים; בעת קצר יפעילו כוחות דינמיים הנובעים מכיוון זרמים הפוך וינתקו את המגע הנייד.



$$F_1 = K_1 \left(\frac{l}{d}\right)^2$$

$$F_1 \approx 1.5F_1$$



**F1** כח דינמי כלמי מטה

התקע המצדיע מס' 27 — אפריל 1982.

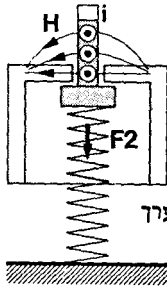
**המעגל הכולע**

מגע נייד בנוי בתוך מסילה, היוצר בעת קצר מכנה של סולואיד עם ליפוף אחד שמושך בנוסף את המעגל הנייד פנימה בכיוון ניתוק.

**המעגל הדוחף**

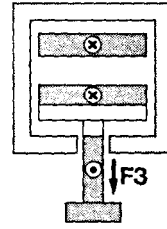
המוליכים הקבועים עוברים בתוך מעגל מתכתי.

הנורמים שעוברים את המעגל בונים שדה מגנטי משתנה הכונה זרם מערר בולט (פוקו) וכתוצאה נוצר הכח ה"שלישי" שגם הוא תורם לפתיחה מהירה של המגעים.



$$F_2 = \int_0^h B^2 dh = K_2 i^2 \approx 1.5 F_1$$

$F_2$  פונקציה של הערך הרגעי של הזרם.



$$F_3 = K_3 \frac{di}{dt} + K' i^2$$

$$F_3 \approx 2 F_1$$

$F_3$  פונקציה של עלית הזרם

**I — זרם קצר.**

כח "הדחיה" הוא פרופורציונלי ל- $\frac{di}{dt}$  וכח "הבליעה" הוא פרופורציונלי ל- $I_2$ .

מעגל "הדחיה" פועל בהתחלת הקצר להגדלת מהירות הפתיחה ואחר כך פועל מעגל "בליעה" עד לפתיחה סופית.

ככל שהזמן קצר יותר ושינוי הזרם גדול יותר כח הדחיה יהיה גדול יותר.

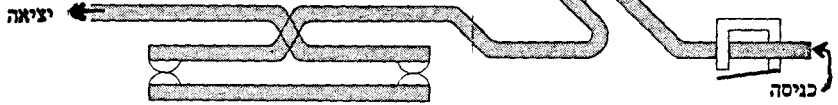


**פעולת המנגנון**

מפסק דגם L

שלושה מגעים טוריים על כל קוטב משתתפים בניתוק זרם הקצר. המגביל מכסה הגבלה וכיבוי זרם הקצר, אך פתיחת המפסק עצמו נעשית כמפסק הרגיל והוא מבטיח את ניתוק המתח הסופי אחרי ניתוק הקצר המגביל נסגר מחדש.

מגביל זרם קצר



דגם N

מנחק הספק רגיל

**סדר פעולות בניתוק זרם קצר**

מגע סגור

פתיחה של המגביל

שלב סופי



מגביל זרם קצר



כח  $F_1$  דינמי של מוליכים מוצלבים של



תוספת כח של מגעים מעגל בולע ודוחף



מגעי המגביל נסגרים ע"י הקפיץ



סגירה סופית של מגביל הזרם



מפסק הספק



פקודה לפתיחת המפסק שהתקבלה מהגנות



פעולת פתיחה ללא קשת



פתיחה סופית

$t_0 \quad t \approx 0,2 \text{ ms}$

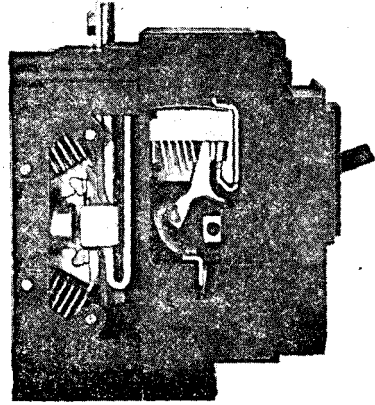
$t \approx 2,5 \text{ ms}$

## הכוננות מגביל זרם קצר כתוספת למפסק רגיל.

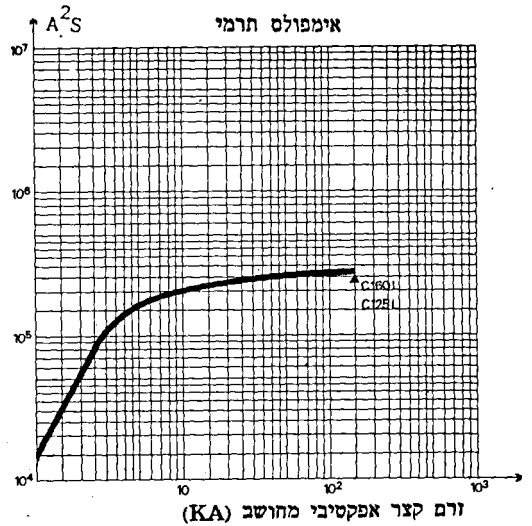
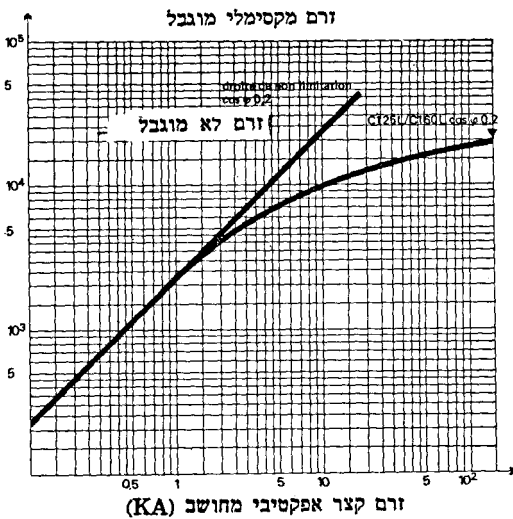
א. מפסק רגיל הוא הפותח בזמן זרם קצר קטן ו/או עומס יתר.

ב. מ"מ 4000 עד 20,000 א' מגביל ומפסק עובדים ביחד.

ג. מעל 20,000 א' זרם הקצר מנתק באופן מעשי בתוך המגביל כך שתפקיד המפסק הרגיל הוא לנתק את המתח בלבד.



## אופייני הנבלת זרם



( המשך מעמוד 21 )

## תנורי מיקרו-גל לשימוש ביתי

אנרגטיים יש, לדעתי, לכלול בבחינה האמורה גם תנורים אחרים וזאת לנוכח ההתפתחות שחלה לאחרונה והשיפורים שהוכנסו בהם במגמה להי קטין את תצרוכת החשמל ולשכלל את הביצועים. למשל דגמי OVEN TOASTER שיש בהם יתרון נות בהקשר לעומס ולצריכת החשמל והביצועים (מהירות הפעולה, אחידות החימום וכו') ואין בהם סכנת קרינה.

מוחלט את האמצעים הקונבנציונליים אלא, בדרך כלל, הוא בא כתוספת במערך מכשירי המטבח החשמליים ו/או מכשירי גז.

עד היום לא נבדקה בארץ המשמעות הכוללת של חדירה המונית של תנורי מיקרו-גל לגבי משק החשמל ולא ניתן כיום לענות בצורה חד-משמעית על השאלה האם יש מקום לעידוד, או להתנגדות או לאדישות לגבי נושא המיקרו-גל בארץ. באם יוחלט לבחון את הנושא על כל היבטיו ה-

# ניצול חום תעשייתי שיורי לייצור חשמל מפעלי

אינג' ג. כרמל

הרלבנטי — המערכת לניצול חום תעשייתי שיורי (Waste Heat) בטמפרטורה נמוכה.

## התעשיה בישראל כצרכן אנרגיה

המגזר התעשייתי בישראל זקוק למשאבי אנרגיה בהיקף משמעותי ביותר הן בחשמל והן בניצול ישיר של דלק נוזלי. היקף צריכת האנרגיה התעשייתית מהווה כיום כ-30% מהיקף הצריכה הלאומית, יותר מכל מגזר אחר ושווה לערך לכל מגזרי הצריכה הביתית, הציבורית והמסחרית גם יחד. עלות מחיר האנרגיה במוצרים מסויימים תופס עד 50% ולעיתים יותר מעלות ייצורם הכוללת.

מפעלים תעשייתיים עתירי אנרגיה מצויים כיום בקושי שיווק ניכרים כתוצאה מעלות ייצור גבוהה הנובעת ממרכיב האנרגיה המשמעותי.

הסבת השימוש בדלק נוזלי לשימוש בפחם בתעשיה ושימוש מוגבר בחשמל יביאו לשיפורים במישרים המפעלי והלאומי אך דורשים הכוונה וסיוע ממשלתי, ארגון מתאים, השקעות ניכרות וזמן מימוש ארוך. בשלב המעבר ניתן להפעיל מספר רב של אמצעים שונים ומגוונים כל אחד

ההתייקרות המהירה במחירי הדלק הנוזלי וחוסר הוודאות שנוצרה בשנים האחרונות בתחזיות לזמינותו ומחיריו העתידיים הביאו, גם בישראל, להערכות ולנקיטת אמצעים לחסכון באנרגיה במשק ולחיפוש אחר מקורות אנרגיה חליפיים.

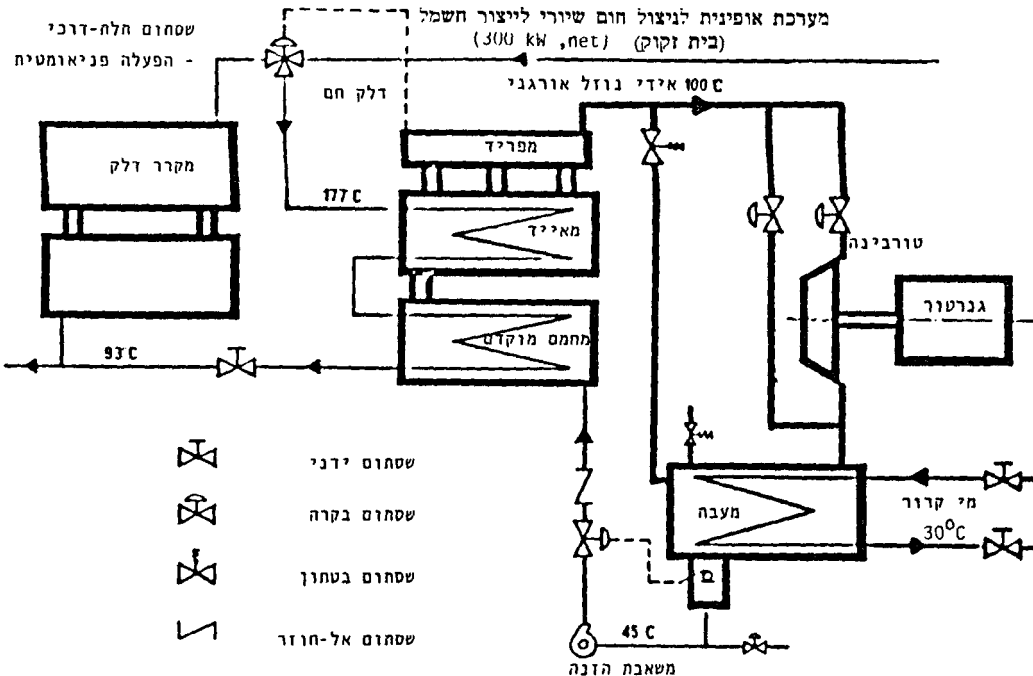
בתחום החסכון „הישיר“ נערך המשק למיתון צריכת החשמל והורדת עלות ייצורו, לצמצום היקף הצריכה בדלק נוזלי ולייעול מערכות אנרגטיות — כל אלה מבלי לפגוע ברמת היצריות ובמימוש תכניות הפיתוח.

בתחום מקורות האנרגיה התחליפיים ניתן למנות בעיקר את: המעבר המסיבי לשימוש בפחם לייצור חשמל ובהמשך לתעשיות נבחרות עתירות אנרגיה, אנרגיה הידרואלקטרית, גרעין, שמש, רוח, דלקים תחליפיים ופיתוח טכנולוגיות חדשות חסכוניות בצריכת האנרגיה.

תחום נוסף שיבוא לידי ביטוי בטווח הרחוק: הישגות יחסי של התחבורה והתעשיה, כפוף לכלי כליות המתקבלת כנגד ההשקעות הנדרשות להסבה ותשתית.

מאמר זה מציג אמצעי נוסף וזמין לחסכון באנרגיה במגזר התעשייתי, במיוחד במישור המפעלי

ציור 1



אינג' ג. כרמל — מפעל „אורמת טורבינות“ בע"מ.



יון התפעולי הרב שהצטבר, כבסיס טכנולוגי וכלי כלי מוכח להסתב ממיר האנרגיה לתנאים ה- מקוריים שנועד להם — ניצול מקורות חום ב- טמפרטורות נמוכות — לייצור חשמל מבריכות שמש, מפסולת חקלאית, ממקורות חום גיאומט- ריים, ממקורות אנרגיה מתחדשים ומחום תע- שייתי שיורי בלתי מנוצל בטמפרטורות נמוכות — נושא מאמר זה.

### המערכת — המאפיינים טכניים

מקור החום השיורי — חום פליטה תהליכי, מע- גל קירור וכד' — בטמפרטורה שבין 100°C ל- 200°C (מתחת לתחום הפעולה של הטכנולוגיה המקובלת) ובמצב צבירה נוזלי, קיטור, אדים או גזי שריפה, מוזרם דרך המאייד (מחליף חום) בו מנוצל החום לאידוי נוזל אורגני. האדים מכים על נלגל הטורבינה המניעה ישירות גנרטור לייצור חשמל. לאחר ניצולם, מועברים האדים מהטור- בינה למעבה (מחליף חום) מקורר מים ומשם, שוב כנוזל, באמצעות משאבת הזנה אל המאייד למחזור נוסף. לעיתים משולב במערכת מחמם מוקדם להגברת נצילות התהליך. (ציור 2). באין מקור מים זמין לקירור המעבה, מותקן מגדל קירור אינטגרלי לשרות המערכת.

היישומים הזמינים ביותר למערכת הם במנור התעשיות עתירות האנרגיה הפוסילית, במיוחד אלו שתוכננו לפני משבר הדלק העולמי, המפיקות חום שיורי בהיקף ניכר בטמפרטורה נמוכה יח-

בהיקף קטן יחסית, כדי להביא יחדיו להורדת עלות האנרגיה ליחידת ייצור. מנקודת מבט ע- קית ולאומית, השקעות בחסכון ושימור אנרגיה בתעשייה הינן בעלות חשיבות כלכלית ואסטרט- גית ממדרגה ראשונה.

המערכת המדוברת הינה אחד האמצעים הזמינים למימוש מטרה זו. היא מבוססת על „ממיר הא- נרגיה“ הייחודי שפותח ע"י „אורמת“ באמצע שנות השישים.

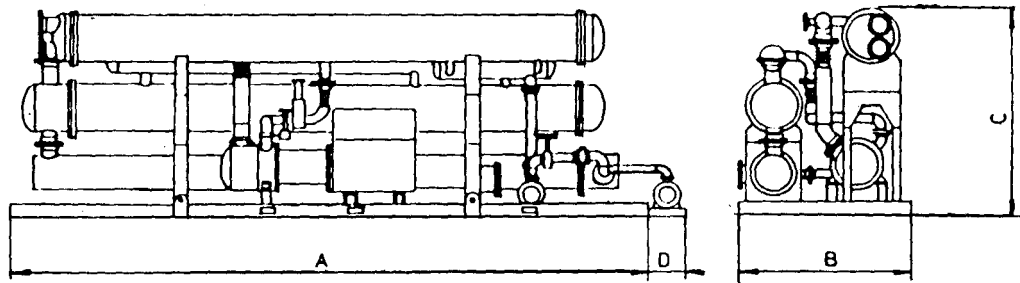
### ממיר האנרגיה

ממירי האנרגיה שפיתוחם החל לפני כ-20 שנה בישראל, נועדו במקורם לניצול אנרגית השמש והסתבה לחשמל, באמצעות פיתוח טורבינה ייחור דית המבוססת על ניצול אדי נוזל אורגני (במעגל סגור) — הרוחה בממפרטורות נמוכות. המערכת לא הגיעה לתפוצה מסחרית עקב מחירי הדלק הנמוכים באותה עת, אך אופיינה ע"י אמינות תפעולית גבוהה במיוחד וצורכי אחזקה מזעריים. היות המערכת מבוססת על מקור אנרגיה היצוני איפשר להסב אותה לניצול דלקים מקובלים והיא מצאה את יישומה הנרחב כספק חשמל באתרים מבודדים ומרוחקים מרשת חשמל מוסדרת, ללא הצורך המקובל בצוות תפעול ותחזוקה. עד עתה שוקו למעלה מ-3,000 יחידות מסוג זה הפועלות ב-43 מדינות שונות ברחבי תבל (ציור 1).

עם עליית התלולה של מחירי הדלק הנוזלי כ- תוצאה מהמשבר העולמי בסוף 1973, שימש הנס-

ציור 2:

מערכת לייצור חשמל מתחם שיורי



MODEL	L A	W B	H C	PUMP D
9000	606 cm (20')	244 cm (8')	259 cm (8' 6")	65 cm (2' 1 1/2")
4000	1219 cm (40')	244 cm (8')	259 cm (8' 6")	-
1000	1219 cm (40')	244 cm (8')	259 cm (8' 6")	-

תפוקת חשמל: בהתאם לנתוני מקור החום

3 wire, 3 phase, Delta connected,  
480 or 400V/430 50 or 60 Hz

Weight: Series 9000 - 19,500 kg/42,900 lbs  
Series 4000 - 25,600 kg/56,300 lbs  
Series 1000 - 27,000 kg/59,400 lbs

מקור החום, מקור מי הקירור ורשת החשמל המפעלית.

אמינות ההפעלה וזמינותה של המערכת גבוהים במיוחד והיא נזקקת לתחזוקה מזערית. השתל-מות קצרה של צוות התפעול והתחזוקה הקיים במפעל היעד מספקת להקנות הכישורים הצנועים הנדרשים להפעלתה הרצופה על פני מספר שנים רב. התחזוקה השוטפת מצטמצמת בדרך כלל לבדיקות חזותיות תקופתיות, ניסויי התראות ר החלפת שמן ומסננים אחת לשנה (ציור 3).

ניתן להקנות למערכת גם כישורי חרום לייצור חשמל מפעלי ע"י הכללת מאייד ומחמם מוקדם (Double Wall) וחיבורה למעגל קיטור או מים חמים מפעלי קיים, באמצעות שסתומים המופערים לים אוטומטית.

### חשמל ובקרה

הגנרטור האינדוקטיבי (אסינכרוני) מעורר אוטורי מטית ע"י רשת המפעל לאחר חיבורו אליה והי סינכרון מתבצע אוטומטית, על רשת המפעל. לוח הפיקוד האינטגרלי המלווה כל מערכת מותאם להתקנה גם בשטח פתוח. חלק הכח כולל את: המנתקים, המגענים, הנתייכים, השנאים, הקבלים, המונים וההגנות כגון עומס יתר, קצרי, הספק חוזר, חוסר פאזה ותקלת רשת.

חלק הבקרה כולל את: ההגנות וההתראות, מנגנוני ההתנעה וההפסקה, מנגנוני האצת וחיבור הגנרטור, נורות הסימון לתקלות והתראות, כפ"תורי הפעלה והפסקת המערכת, מטען מצברים אוטומטי ולוח סינופטי לשליטה על פרמטרי ה-עבודה של המערכת. מערכת הבקרה ניוונה ע"י מצבר 24V המותקן בתוך הלוח.

עם לחיצת כפתור „ההתנעה” המערכת מואצת אוטומטית למהירות הסינכרונית ומתחברת בעצמה לרשת המפעל. לאחר מכן מספק הגנרטור אוטומטית הספק אקטיבי לרשת בהתאם לכמות החום השיורי המסופק למערכת.

הפסקה יזומה של המערכת במצב פעולה מתבצעת ע"י לחיצה על כפתור „הפסקה”.

במקרה של תקלה ברשת מתנתקת היחידה מעצמה מהרשת המפעלית והיא מודממת לגמרי או נשארת במצב כוננות „חס” עד לחיבורה בפועל מחדש. התראות קוליות וחזותיות מאפשרות לזהות את מהות התקלה.

לפעולה באזור הדורש תקן עמידות כנגד דליקה או פיצוץ — ניתן לקבל את המערכת מוגנת ומותאמת כנגד יצירת סיכונים מסוג זה.

כאמור, ניתן להקנות למערכת כישורי חרום ודחוק. תוספת מנגנוני בקרה מתאימים ושילובם במעגל הפיקוד מאפשרים זאת.

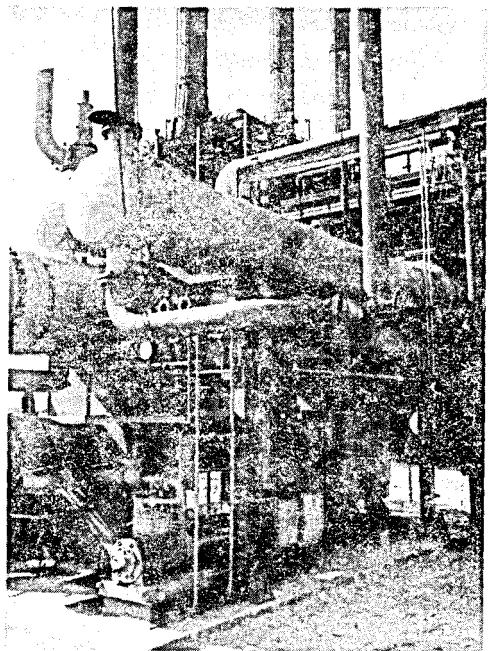
סית כמוצר לוואי. אלה כוללות: בתי זיקוק מפעלים כימיים, פטרוכימיים, מלט, זכוכית, נייר, מתכות ראשוניות וכד'. במקרים רבים נדרשים שינויים מזעריים בלבד במפעל היעד וברוב המקרים נשאר המשטר התפעולי שלו כקודם. הנצילות התרמודינמית הכוללת (היחס בין היקף חשמל מופק לכמות החום המנוצלת) היא בין 8% ל-12%, מותנה בתנאים הספציפיים של כל מערכת ומערכת.

על אף נצילותה הנמוכה, יחסית למערכות להסבת אנרגיה מקובלות, הנובעת מטמפרטורת מקור נמוכה ותחום התמרתה, מייצרת המערכת אנרגיה חשמלית בעלות נמוכה מהמקובל בגלל היות מקור האנרגיה במחיר 0.

כל מרכיבי המערכת מותקנים על „בסיס” פלדה משותף המכיל, בנוסף לחלקיה העיקריים הנ"ל, גם: צנרת, שסתומים, חיווט חשמלי, אביזרי בקרה ולוח פיקוד. מימדי ה„בסיס” הקומפקטי תואמים את תקני המכולות למשלוח ימי בינלאומי. כל מערכת מורכבת ליחידה מושלמת ונגחנת במתקן ניסוי מיוחד בסימולציה מלאה ל-תנאי העבודה במפעל המטרה. לאחר תאום מוקדם ניתן למתקן את המערכת בעידה הסופי, גם מתחת לכיפת השנים, תוך יום אחד, שכן נדרשים רק 3 חיבורים:

### ציור 3

מערכת לייצור חשמל מחום שיורי — ממעגל קיטור במפעל דשנים



## מאפיינים כלכליים

פעולה מתמשכת של המערכת על פני מספר שנים מקנה לה כדאיות כלכלית גבוהה המתבטאת ב- חסכון כספי ההולך וגדל ככל שמספר שנות פעולתה רב יותר.

את כדאיותה ותרומתה האנרגטית והכלכלית של המערכת יש לבחון בשני מישורים:

— המישור המיקרו כלכלי (המפעל הבודד)

— המישור המקרו כלכלי (משק המדינה)

במישור המיקרו כלכלי יש להבחין בין 3 קריטריונים.

א. מפעל שמלוא ההשקעה באה ממקורות עז-מיים (ללא הטבות).

ב. מפעל הנהנה מהטבות חסכון באנרגיה (משרד האנרגיה).

ג. מפעל מאושר (חוק עידוד השקעות הון ב-תעשייה).

לצורך בחינת הכדאיות הכלכלית נציג את הפרמטרים העיקריים של יחידה טיפוסית, שהם:

— הספק מותקן:  $300\text{kW (Net)}$

— משטרי פעולה:

3 משמרות (7,000 שעות בשנה)

2 משמרות (4,700 שעות בשנה)

— תפוקת חשמל:

2.1 מיליון קו"ט"ש לשנה (3 משמרות)

1.4 מיליון קו"ט"ש לשנה (2 משמרות).

— עלות תפעול ותחזוקה: 5% מההשקעה, לשנה.

— מחיר התקנה:  $1,000 - 1,500 \text{ \$/kW}$

(כולל התקנות במפעל המטרה).

— אורך חיי המתקן: 20 שנה.

— עלות ההון: 8%.

— מחיר נוכחי של חשמל לתעשייה, בממוצע:  $6 \text{ c/kWh}$

הכדאיות הכלכלית המתקבלת מתבססת על ה- חסכון הכספי הרבשנתי המצטבר למפעל — כ- פועל יוצא מההפרש בין עלות התפעול השנתית (כולל ההשקעה) וההוצאה האלטרנטיבית לרכישת חשמל מהרשת הארצית, זאת בהתאם להשקעה הנדרשת, תנאיה ומשטרי הפעולה המצויינים לעיל.

החזר ההשקעה מתקבל (לאחר) בין כ-2 עד 6 שנים ומחיר החשמל המיוצר במפעל מגיע ל-  $5 - 2.5 \text{ c/kWh}$ .

יצויין כי במפעל מאושר הנהנה מהטבות כלכליות נוספות יעלה אף יותר ערך הכדאיות הכלכלית המוצגת (הלוואות נוחות, מענק חיסכון פחת מורא, אף, מסוי מוקטן, השקעות חו"ל וכד').

מכאן ששילוב המערכת בתעשיות הרלבנטיות כ- פוף למורכבות השילוב, עלותו, תנאי מקור החום השירי ומשטר התפעול של המפעל המסויים היו כדאי, לעיתים כדאי מאד, במישור המפעלי.

במישור המיקרו כלכלי: אמנם ההשקעה ל- $\text{kW}$  מותקן היא כפולה לערך מאשר בתחנת כח קוני-בנציונלית אך היות ומקור האנרגיה להפעלת ה- מערכת אינו צורך דלק והוצאות התפעול והאחזקה שלה נמוכות במיוחד, מתקבל חסכון אנרגטי ממשי על פני שנות פעולת המערכת, גם למשק הלאומי.

במשך 20 שנות פעולה צפויות, תחסוך היחידה הטיפוסית הנ"ל חשמל „מוחלף” בהיקף של 42 מיליון קילו"ט-שעה. גם אם נתייחס לעלות מר-כיב הדלק הנדרש לייצור חשמל בלבד, נקבל כמות „מוחלפת” של כ-10,000 טון מזוט, כ-2½ מיליון דולר במחיר נוכחי. למקרה של החלפת פחם, נקבל כמות של כ-15,000 טון, כ-1½ מיליון דולר במחיר נוכחי.

מכאן שגם במקרה של תפוצה מצומצמת יחסית של יחידות כאלו הפועלות בתעשייה בישראל, מתקבלת השלכה משמעותית אנרגטית על משק ה-מדינה.

## סיכום ומסקנות

— התקנת מערכות מהסוג המדובר באותם מקרים בהם התעשיות הרלבנטיות תואמות את הנושא — אנרגטית, טכנית, תפעולית וכללית — כדאית למפעל הבודד ולמשק הלאומי, בארץ וב-חו"ל — באותם אזורים בהם מחיר החשמל ה- מסופק לצרכן התעשייתי גבוה יחסית.

— עד היום הותקנו 2 מערכות כאלו בישראל ואילו 12 נוספות נבנו ושווקו במשך השנה החר-לפת, בעיקר לארה"ב. הזמנות נוספות נתקבלו. נבדקות אפשרויות נוספות לשילוב המערכת ב- מפעלים עתידי אנרגיה ספציפיים בישראל ובחו"ל. היחידות הסטנדרטיות משווקות כיום בגדלים של  $300\text{kW}$  ו- $600\text{kW}$  הספק מותקן, נטו. בשלבי פ-י תוח מתקדמים: מערכת בכושר הספק של  $1.2\text{MW}$ .

— נמצא כי הפוטנציאל היישומי ב-6 תעשיות נבחרות בארה"ב: למעלה מ- $2,000\text{MW}$ .

— מוערך כי הפוטנציאל הנומינלי הכולל בארץ הוא 10 עד  $20\text{MW}$ .

— היה ויושג הסף הגבוה הנ"ל, יחסכו למשק המדינה למעלה מ-125 מיליון קילו"ט/שעה ב-שנה שלייצורם ידרשו כ-30,000 טון דלק נוזלי (כ-6¼ מיליון דולר לשנה במחיר נוכחי) או כ-45,000 טון פחם בשנה (כ-3¼ מיליון דולר לשנה במחיר נוכחי).

— אשר לחסכון האנרגטי למפעל הבודד בישראל: החסכון התפעולי ע"י „החלפת” חשמל יגיע לכ-  $55,000 \text{ \$}$  לשנה ובאותם מקרים רלבנטיים (תעריף תעשייתי ב') תוספת של כ-6,000  $\text{\$}$  בשנה — כתוצאה „מגילוח” (קיצוץ) שיא הביקוש המפעלי.

# הפקת השמל מאנרגיית הרוח

אינג' א. בן דב

מבוא

במגדל ובכיוון אל מול הרוח; הציוד נמצא על הקרקע ולכן נוח להחזקה ולטיפול.

חסרונות: נצילות נמוכה; יש צורך בהתנעה חיצונית בכל פעם; השיטה חדשה ועדיין אינה מברר סתם.

## סקירת הפעילות בעולם לניצול הרוח

### הפעילות באירופה

דנמרק, שוודיה, גרמניה ואנגליה הן הארצות אשר בהן מתרכזת עיקר הפעילות בתחום זה. בדנמרק מרק נבנו והוקמו (ב-Nibe), אשר בצפון המדינה שתי יחידות בעלות הספק 630 קו"ט במהירות רוח 13 מטר לשניה. הטורבינות הן בעלות שלושה להבים שקוטרים 40 מטר, והן ממוקמות על מגדל בטון בגובה 45 מטר. צילום של היחידות מופיע בתמונה 1. מטרתם של הדנים להגיע ב-1995 למצב שבו אנרגיית הרוח תספק כ-10% מצריכת החשמל שלהם.

בשוודיה בנוים כעת שתי יחידות בעלות הספקים של 1.25—4 מגו"ט (בשיתוף עם ארה"ב).

הטורבינות הן בעלות שני להבים שקוטרים כ-75 מטר, וניתן לשנות את זווית ההתקפה שלחן לצורך בקרת ההספק. הן ימוקמו בחוף השוודי הדרומי ובאי גוטלנד שבים הבלטי — על מגדלי בטון בגובה כ-80 מטר. טורבינות אלה מתוכננות להפעלה ב-1982. צילום היחידה מופיע בתמונה 2.

בגרמניה בונה חברת M.A.N טורבינה בעלת שני להבים שקוטרים 100 מטר. הממוקמת על עמוד פלדה גובה 97 מטר. היחידה מסוגלת להפיק 3 מגו"ט במהירות 12 מטר לשניה.

באנגליה בונה חברה מקומית שתי יחידות — האחת בעלת הספק 3 מגו"ט והשנייה בעלת הספק 250 קו"ט. היחידות ימוקמו באי אורקני, הנמצא מול החוף הסקוטי. באי זה נוסבות רוחות חזקות לעתים קרובות.

### הפעילות בארה"ב

עיקר הפעילות לניצול אנרגיית הרוח נעשית בארה"ב, שם עומדת להסתיים תכנית החומש שהותוותה ע"י משרד האנרגיה לניצול אנרגיית הרוח. לאור ההצלחה שנחלה תכנית זו, חתם נשיא ארה"ב בספטמבר 1980 על חוק פדרלי (מס' 345—96), הקובע כי עד 1988 יותקנו בארה"ב טורבינות רוח, שיפיקו בסה"כ לפחות 800 מגו"ט. לאחר שהנסיון שנרכש עם הפעלתן של יחידות קטנות (200 קו"ט, תוצרת „ווסטינגהאוז") הוכיח

הנסיגות המחודשים לניצול אנרגיית הרוח לצרכי הפקת השמל, שהחלו בשנות השישים, גוועו עקב חוסר האפשרות להתחרות בנפט הזול. עתה נעשים שוב נסיונות ומחקרים בניצול אנרגיית הרוח. החל מאמצע שנות השבעים, שבהן עיקר ההתעניינות היתה דווקא בניצול אנרגיית השמש, הפיתוח והמחקר בנושא אנרגיית הרוח התקדמו בצורה שיטתית ושקטה והשיגו הישגים ניכרים. מר רובינס, מנהל הפרויקט לניצול אנרגיית הרוח בנאס"א, קובע: „תכנון טורבינות רוח מובן עתה לחלוטין. אין צורך בפריצת דרך של שיטות חדשות איננו זקוקים לניסויים חדשים בשיטה זו”.

כיום קיימת פעילות רבה בנושא זה בארה"ב ובאירופה. מספר טורבינות רוח כבר פועלות, ונבחנו תוכניות לשילוב אנרגיית הרוח כחלק בלתי נפרד ממערכת ייצור החשמל.

סקר מיוחד, שנערך ע"י השירות המטאורולוגי העלה כי גם בארץ קיימים תנאים טובים להפעלת טורבינות רוח בכדאיות כלכלית.

יש להבחין בין שני סוגים עיקריים של טורבינות: טורבינות בעלות ציר אופקי וטורבינות בעלות ציר אנכי.

### טורבינות בעלות ציר אופקי

טורבינות אלו יכולות להיות בעלות להב אחד או בעלות מספר להבים. זווית ההתקפה של הלהבים יכולה להיות קבועה או משתנית (באמצעות מנגנון מיוחד). הטורבינה יכולה להיות מכוונת מול הרוח או לפנות בגבה אל הרוח. הרוטור יכול להיות ממוקם על מגדל (מפלדה) או עמוד (מבטון או מפלדה).

יתרונות: נצילות גבוהה; שיטה קיימת ומבוססת. חסרונות: מחיר גבוה יחסית; יחידות מורכבות; הציוד נמצא על מגדל.

### טורבינות בעלות ציר אנכי

טורבינות אלו יכולות להיות בעלות שני להבים או יותר. זווית ההתקפה של הלהבים קבועה. אין חשיבות לכיוון הרוח, אבל הטורבינות אינן בעלות התנעה עצמית. אין צורך במגדל.

יתרונות: הטורבינות זולות ופשוטות; אין צורך

אינג' א. בן דב — אגף מחקר ופיתוח, חברת החשמל.

היבטיו, ונערך מעקב שוטף אחר הנעשה בעולם. לאחר שהתברר, כי קיים בארץ פוטנציאל ניכר לניצול אנרגיית הרוח, אין ציפיות לפריצת דרך חדשה בשיטה הנוכחית של ייצור טורבינות רוח, הפעלתן של הטורבינות בתנאי רוח מתאימים עשויה להיות כדאית מבחינה כלכלית, נעשו הפער לות הבאות:

- א. החלו מדידות רוח בשני אתרים פוטנציאליים: — הר גילון וכפר החורש.
- ב. הוכן מפרט להזמנת טורבינת רוח ראשונה.
- ג. החלו מגעים והתכתבויות עם יצרנים.
- ד. גובשו תוכניות לפעילות של חברת החשמל.

משרד האנרגיה הקים ועדת היגוי לניצול אנרגיית הרוח בישראל. במסגרת זו הוקמו מספר תתי ועדות לטיפול בנושאים מוגדרים, כגון: איתור שטחים עבור חוות של טורבינות רוח; הקמתן של טורבינות רוח בגודל קטן ובינוני; מחקר ופיתוח.

תתי-הועדה לאיתור ומטאורולוגיה התחילה בימים אלה באיתורם של שטחים אפשריים לניצול אנרגיית הרוח, בהתאם לקריטריונים החלים על הקמת חוות של טורבינות רוח.

תתי-הועדה לטורבינות רוח בגודל קטן ובינוני התוותה תוכנית חומש להקמת טורבינות רוח בגודל קטן ובינוני לשנים 1981—1985. תוכנית זו אושרה ע"י מנכ"ל משרד האנרגיה והתשתית ב-11.5.81.

במסגרת תוכנית זו יעודד המשרד יישובים, מוסדות, מפעלים, מחנות צבא וכו' להקים טורבינות רוח בגודל שבין 40 קו"ט ל-300 קו"ט. עשר היחידות הראשונות שיוקמו יזכו במענק של 30% ממחיר הטורבינה והתקנתה, כן ייבוצע עבורם סקר טכני-כלכלי על חשבון המשרד, אשר יממן גם את המעקב אחר ביצועי הטורבינות. טורבינה ראשונה כבר הוקמה באוקטובר 1981 במפעל "ישקור מעלות".

## הערכת הכדאיות הכלכלית של ניצול אנרגיית הרוח

בדיקת הכדאיות של ניצול אנרגיית הרוח באופן ראשוני וכללי ביותר (מבלי להביא בחשבון את פילוג הרוח ונתונים מדויקים של אזורי רוחות מוגדרים, וכן חישוב מדויק של התרומה למערכת החשמל) יכולה להעשות על פי חישוב העלות של 1 קו"ט"ש המופק מטורבינת הרוח. עלות זו ניתנת לחישוב לפי הנוסחה התקנית הבאה:

הערכת מחיר הציוד והוצאות האחזקה של ייצור חשמל ע"י טורבינת רוח בהיקף מסחרי (חוזה של טורבינות רוח) מבוססת על הנסיון שנרכש לאחרי רונה בארה"ב.

תר בהצלחה, הוחל בבניית יחידות שתפוקתן בסדר גודל של מגוונים. חברת "ג'נרל אלקטריק" בנתה יחידה בעלת הספק 2 מגו"ט — ראה תמונה 3. טורבינה זו בעלת שני להבים שקוטרים 61 מטר, והיא ממוקמת על מגדל פלדה בגובה 43 מטר, בקרבת העיר בון שבצפון קרוליינה. חברת "בואינג" בנתה עד כה שלוש יחידות בעלות הספק 2.5 מגו"ט כל אחת. טורבינות אלה בעלות שני להבים שקוטרים 92 מטר. בקרת ההספק במקרה זה מבוצעת רק ע"י שינוי זווית ההתקפה של חלקו הסופי של הלהב. הטורבינות מותקנות על עמודי פלדה שקוטרים כ-3 מטר, בגובה 60 מטר בקרבת העיר גולדינדל אשר בדרום מדינת וושינגטון. חווה קטנה זו של טורבינות רוח מחוברות כבר לרשת של חברת BPA ופועלות בהצלחה. כל יחידה כזאת יכולה לספק כ-10 מיליון קו"ט"ש בשנה באתרים שבהם מהירות הרוח השנתית הממוצעת כ-6.5 מטר לשניה. אם הנסיון עם יחידות אלו יוכתר בהצלחה, יהפכו יחידה זו ליחידה מסחרית. מעריכים שמחירה יהיה כ-2.5 מיליון דולר (כולל התקנה). צילום היחידות הללו מופיע בתמונה 4.

—אזור 5 מראה באופן סקמטי את היחידות השונות שפוזרו עד כה בארה"ב במימון ממשלתי. בנוסף לפעילות הממשלתית, קיימת פעילות רבה בשוק הפרטי. מספר גדול והולך של חברות פרטיות מתחיל בייצור של טורבינות רוח בגדלים שונים. כיום ניתן לרכוש מחברות פרטיות יחידות שתפרן קתן בסדר גודל של עד 2 מגו"ט. קצרה היריעה מלהזכיר את כולן, ולכן נזכיר כאן רק את חברת הענק "המיליטון-סטנדרט", העוסקת בפיתוח יחידה דה בעלת הספק 4 מגו"ט; עשרים יחידות שלה עומדות להיות מותקנות בהוואי עד 1985.

גם חברות החשמל בארה"ב מגלות עניין רב בניצול אנרגיית הרוח. לא פחות משלושים חברות הסכימו לספק נתונים על משבי הרוח באזורן. מספר חברות הסכימו להקצות משאבים, אתרים, ציוד וכח אדם כדי להפעיל יחידות באופן מעשי. באזור 6 מפורטים שמות החברות ומקומן בארה"ב.

חברת PG&E בקליפורניה החליטה לשלב, במערכת הייצור שלה עד 1990, טורבינות רוח בתפוקה כרללת של 350 מגו"ט. חברה נוספת מקליפורניה — SCE — החליטה גם היא לשלב טורבינות רוח שתפוקתן 360 מגו"ט — עד 1990.

חברת החשמל של הוואי כבר חתמה על חוזה להתקנת טורבינות רוח שתפוקתן הכוללת 80 מגו"ט עד 1985.

## הפעילות בארץ

חברת החשמל ומשרד האנרגיה שוקלים את האפשרות לניצול אנרגיית הרוח להפקת חשמל, כדי לחסוך בדלק. בחברת החשמל נלמד הנושא בשלוש השנים האחרונות באופן מעמיק, על כל

$$100 \times \frac{\text{הוצאות אחזקה} + \text{מקדם היוון}}{\text{עלות ההון}} = \text{עלות החשמל}$$

$$\text{מקדם היכולת} \times 8760$$

- עלות החשמל — (Cost of Electricity) ביחידות סנט לקוט"ש (\$ / KWh)
- עלות ההון — (Capital cost) ביחידות דולר לקילווט מותקן ((\$ / KWinst)
- מקדם היוון שנתי — (Annual Fixed Charge) ביחידות של % לשנה (% / Year)
- הוצאות אחזקה והפעלה — (Operation & Maintenance) ביחידות של % לשנה של עלות ההון (% / Year)
- מקדם היכולת — (Plant Factor) ב-%
- 8760 — מספר השעות בשנה.

מן העקומים שבתרשים 8 רואים, שאנרגיית הרוח יכולה להתחרות בחצלה לא רק בתחנות כוח המוסקות במזוט, אלא גם בתחנות המוסקות בפחם. כמו כן, בולט יתרונה של היחידה של „בואינג“ שהיא אמנם יקרה יותר, אבל גם מנצלת טוב יותר את אנרגיית הרוח.

יוצא שעבור יחידת MOD-2 השימוש כתחליף ליחידת מזוט, כדאי רק באזורים בהם הממוצע השנתי של מהירות הרוח הוא מעל 5 מטר ל-שניה, בעוד שלשימוש כתחליף ליחידות פחם דרוש ממוצע שנתי של לפחות 6 מטר לשניה. בישראל קיימים אזורים רבים, בהם הממוצע השנתי של מהירות הרוח גדול מהערכים הנ"ל.

הטבלה מציינת אזורים בארץ, שבמקומות מסוים ימים בהם הממוצע השנתי של מהירות הרוח הוא מעל 5 מטר לשניה. נתונים אלה התקבלו מהשרות המטאורולוגי.

מתברר שעלותו של קווי"ט מותקן, צפויה לנוע בתחום שבין 650—1300 דולר. הדבר תלוי בסוג היחידה ובגודלה. סכום הריבית והפחת הונח כ-8% לשנה כמקובל בחברת החשמל עבור מתקנים הבנויים ל-30 שנה. מחיר האחזקה ניתן להערכה מקובלת של כ-5% מהעלות השנתית של הציוד. כדי להעריך בשלב זה את גודלו של מקדם היכולת (Plant-Factor) באופן סביר, נשתמש בעקומים שבתרשים 7 אשר קושרים את מקדם היכולת עם מהירות הרוח השנתית הממוצעת בגובה תקני של 10 מטר.

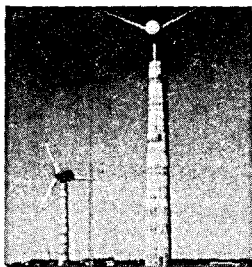
העקומים שבתרשים 7 נבחרו מתוך שתי יחידות שונות במבנה ובמחיר:

א. היחידה „המתוחכמת“ של „בואינג“ MOD-2 בעלת ציר אופקי עם 2 להבים, אשר ניתן לשנות את זווית ההתקפה שלהם. עלות קווי"ט מותקן ביחידה זו היא כ-1200 דולר.

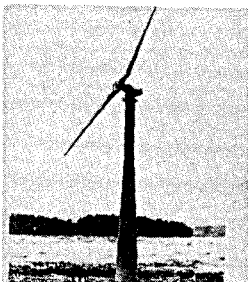
ב. היחידה הפשוטה של „מרקהס“ — בעלת הספק של 2 מגווי"ט, עם 6 להבים. עלות קווי"ט מותקן ביחידה זו היא כ-780 דולר.

שילובם של העקומים בתרשים 7 עם הנוסחה, מביא להערכת עלותו של הקוט"ש המיוצר ע"י טורבינות רוח — העקומים שבתרשים 8. הממוצע השנתי של מהירות הרוח באזורים שונים בישראל.

תמונה מס' 1  
צילום של שתי יחידות רוח דניות (WK630 כל אחת)



תמונה מס' 2  
צילום הדגם של היחידה השודית של GE (2.5 MW)

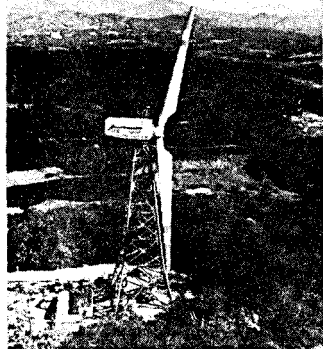


האזור	הממוצע השנתי של מהירות הרוח במ' / ש" (בגובה 10 מ')
כתף החרמון	9
גליל עליון	7
גוש שגב — גליל תחתון	6
כרמל	7
ירושלים	7
בקעת הירדן	6
רצועת החוף הדרומי	6
סדום	6
דימונה	5.5

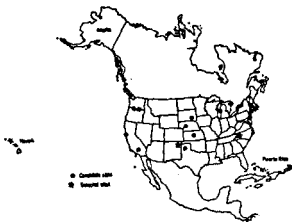
תמונה מס' 4  
צ'לום דגמי היחידות של Boeing (MOD-2, 2.5 MW)



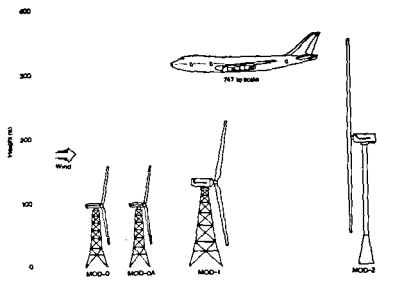
תמונה מס' 3  
צ'לום היחידה של GE (MOD-1.2 MW)



תמונה מס' 6  
חברות החשמל בארה"ב המגלות ענין בניצול אנרגיית הרוח



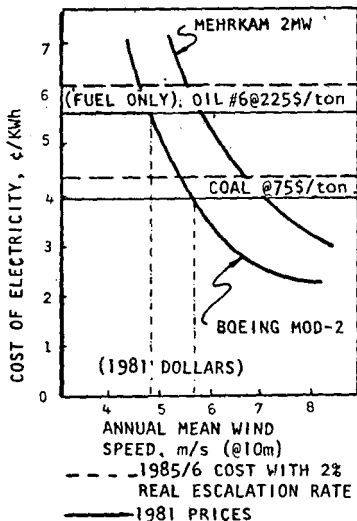
תמונה מס' 5  
צ'יור סכמתי של היחידות השונות שנבנו בארה"ב



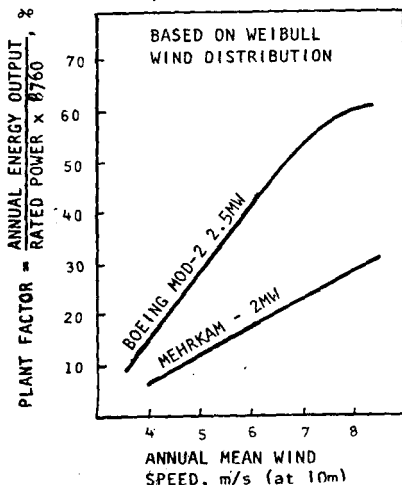
Site	Organization	TWT	Installation
Cedar Falls, Iowa	Indiana Electric Power Co	100' Lattice Tower, 100' Tower	1st Wind Turbine in U.S.
Pine Bluff, Arkansas	Public Service Company of Arkansas	100' Lattice Tower, 100' Tower	2nd Wind Turbine in U.S.
San Diego, California	San Diego Gas & Electric Co	100' Lattice Tower, 100' Tower	3rd Wind Turbine in U.S.
Merced, California	Merced Electric Co	100' Lattice Tower, 100' Tower	4th Wind Turbine in U.S.
Merced, California	Merced Electric Co	100' Lattice Tower, 100' Tower	5th Wind Turbine in U.S.
Merced, California	Merced Electric Co	100' Lattice Tower, 100' Tower	6th Wind Turbine in U.S.
Merced, California	Merced Electric Co	100' Lattice Tower, 100' Tower	7th Wind Turbine in U.S.
Merced, California	Merced Electric Co	100' Lattice Tower, 100' Tower	8th Wind Turbine in U.S.
Merced, California	Merced Electric Co	100' Lattice Tower, 100' Tower	9th Wind Turbine in U.S.
Merced, California	Merced Electric Co	100' Lattice Tower, 100' Tower	10th Wind Turbine in U.S.
Merced, California	Merced Electric Co	100' Lattice Tower, 100' Tower	11th Wind Turbine in U.S.
Merced, California	Merced Electric Co	100' Lattice Tower, 100' Tower	12th Wind Turbine in U.S.
Merced, California	Merced Electric Co	100' Lattice Tower, 100' Tower	13th Wind Turbine in U.S.
Merced, California	Merced Electric Co	100' Lattice Tower, 100' Tower	14th Wind Turbine in U.S.
Merced, California	Merced Electric Co	100' Lattice Tower, 100' Tower	15th Wind Turbine in U.S.
Merced, California	Merced Electric Co	100' Lattice Tower, 100' Tower	16th Wind Turbine in U.S.
Merced, California	Merced Electric Co	100' Lattice Tower, 100' Tower	17th Wind Turbine in U.S.
Merced, California	Merced Electric Co	100' Lattice Tower, 100' Tower	18th Wind Turbine in U.S.
Merced, California	Merced Electric Co	100' Lattice Tower, 100' Tower	19th Wind Turbine in U.S.
Merced, California	Merced Electric Co	100' Lattice Tower, 100' Tower	20th Wind Turbine in U.S.

	MOD-0	MOD-0A	MOD-1	MOD-2
Tower height	100 ft	100 ft	136 ft	200 ft
Hub height	125 ft	125 ft	200 ft	200 ft
Hub diameter	105 in	105 in	200 in	230 in
Hub weight (without top section)	12.5 tons	12.5 tons	21.7 tons	18.8 tons
Hub weight (with top section)	13.2 tons	13.2 tons	22.4 tons	21.9 tons
Expensive design (with top section)	1300 MW	800 MW	5.7 GW	6.3 GW
Mean wind speed (at 30 ft)	14 mph	14 mph	14 mph	14 mph
Cut-in Cut-out speed	10/35 mph	10/35 mph	11/38 mph	8/35 mph
Weight	800 lb	400 lb	200 lb	200 lb
Manufacturer	Boeing (1975)	Chapman, New Mexico (1977) Columbia, Puerto Rico (1978) Boeing (1979)	Boeing (1975)	General Electric (1980) Columbia, Washington (1980)
Power Co. Fabricator	Boeing	Washington Electric Corp.	General Electric Co.	Boeing Engineering & Construction

תרשים 8  
עלות קוסי'ש כפונקציה של מהירות רוח שנתיים ממוצעת



תרשים 7  
מקדם יכולת כפונקציה של מהירות רוח שנתיים ממוצעת



# חקירת תאונות חשמל קטלניות

אינג' ו. זיס

במאמר זה אתייחס לדרכי חקירתן של תאונות חשמל קטלניות ולאופן ניהול ההליכים המשפטיים הנובעים מהן.

החלק המתייחס להליכים המשפטיים מהווה למעשה המשך למאמרו של עו"ד ז. אפיק — היועץ המשפטי במשרד האנרגיה והתשתית — „האחריות המשפטית של החשמלאי המתכנן או המבצע של מתקן חשמלי“, („התקע המצדיע“ מס' 25 — אפריל 1981).

## החקירה

המשטרה הוזעקה מיד למקום ותוך כדי החקירה נעצר היועץ בחדש שנתן הוראות מוטעות לחשי-מכאי וגרם למוות. התברר, בנייתו שלאחר המוות, כי החשמלאי נפטר כתוצאה מהתקף לב. היועץ שוחרר ממעצרו באופן מיידי והתיק נסגר.



לפני מספר שנים נהרג, ממכת חשמל, בחור צעיר בביה מלאכה לתיקון ציוד אלקטרו-מכני. התאונה קרתה בזמן הפעלת המכונה חשמלית כמעט חדשה. בבדיקת המתקן והמקדחה התברר ששניהם תקינים והתיק נסגר למרות שרופא פתולוג קבע שסיבת המוות היא התחשמלות. כעבור שנתיים בעקבות ערעור המשפחה על סני-רת התיק, נעשתה בחינה מחודשת של החומר ואז התבררה התמונה הבאה:

א. רופא פתולוג מצא סימני מעבר זרם חשמלי על בית החזה ועל הכתף.

ב. לפי עדויות נוספות שנגבו מחבריו לעבודה של המנוח התברר שבקדחת המקום בו עמד, נמצא לוח חשמלי נייד לבדיקת המסרים. בלוח זה היו חלקים חשופים תחת מתח.

לאור הנתונים החדשים (במיוחד תוצאות בדיקת רופא הפתולוג), לא קשה היה להגיע למסקנה שהמנוח נגע עם כתפו באחד מחלקי החשמל הנמצאים תחת מתח בלוח הנייד וסגר בכך מעגל חשמלי לאדמה דרך גופו, באמצעות המקדחה ה-מאורקת היטב שבה נגע בחזהו. ברור שתאונה זאת לא היתה ניתנת לפיענוח ללא הנתונים מאת הרופא הפתולוג.

לאחר סיום החקירה המבוססת, כאמור לעיל, על העדויות, על הבדיקה הטכנית ועל הבדיקה ה-פתולוגית — חייב הבודק לכתוב חוות דעת טכנית / משפטית שדינה בבית המשפט כדון עדות בשבועה.

## המבחן המשפטי (בערכאות)

השלב הבא הוא בדרך כלל השלב הקשה לבודק, כאשר חוות דעתו צריכה לעמוד במבחן משפטי ובמיוחד בחקירה הננדית של סינוגרי הנאשמים במעשי רשלנות. פה יש לזכור שהסינוגרים מצויי-

החקירה נפתחה, בדרך כלל, בעקבות הודעת משטרת ישראל על מקרה מות בלתי טבעי שיש בו חשד כי נגרם על-ידי התחשמלות. המש-טרה דואגת שטום גורם לא יבצע שינויים במתקן או בציוד החשמלי שהיו מעורבים בתאונה ועל-ידי כך ייגרם טשטוש הראיות.

בשלב הראשון אוספים מירע מעדי הראיה על התרחשויות בזמן התאונה או סמוך לה. על סמך מידע ראשוני זה, נערכת בדיקת המתקן, הציוד והאביזרים. חשוב במיוחד למצוא את התקלונות שגרמו לתאונה, ולשחזר את ההישמול, כדי להת-אים אותן לדברי עדי הראיה ולתוצאות הבדיקה של המכון לרפואה משפטית.

בנקודה זאת כדאי לציין כי לא ניתן להוכיח באופן מוחלט בבית המשפט שהמוות נגרם על ידי מכת חשמל ללא קביעה של המכון לרפואה משפטית. במכון זה קיימות אפשרות לקביעת מיקום מקומות מעבר זרם חשמלי בגופת קורבן התאונה, דבר המהה לפעמים רמז חשוב לגבי דרך התרחשות התאונה ואפשרות פיענוחה. לאחר רונה השתכללו השיטות של המכון לרפואה מש-פטית ואפשר לקבוע גם איוו מתכת היתה במגע במקום שבו נמצאו סימני מעבר זרם חשמלי.

שיתוף הפעולה עם המכון לרפואה משפטית מאפ-שר גם להפסיק את החקירה כאשר לא מוצאים כל תקלה במתקן החשמל ולאחר קבלת הודעה שהמוות נגרם מסיבות טבעיות (לדוגמה התקף לב או שטף דם במוח וכו').

להלן 2 דוגמאות הממחישות את האמור לעיל:



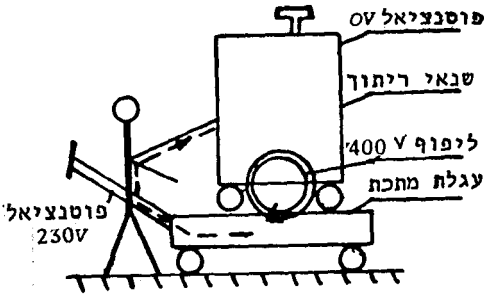
לפני מספר שנים ביצע חשמלאי, באחד ממפעלי התעשייה, שינויים במתקן ביום השבת כאשר כל המפעל היה מושבת. השינויים בוצעו לפי תוכניות של מהנדס יועץ ותיק. כעבור כמה שעות מתחילת העבודה נמצא החשמלאי על ידי השומר כשהוא שוכב ללא רוח חיים ליד אחד ממנועי החשמל.

אינג' ו. זיס — מנהל עיני החשמל, משרד האנרגיה והתשתית.



גותיו של שנאי ריתוך. שלושה מהנדסים שבדקו את השנאי זה אחר זה לא הצליחו לגלות את התקלה שגרמה למותו של יוסף למרות קביעה חדישמשמעית של רופא פתולוג שיוסף נהרג כתוצאה ממכת חשמל.

### תרשים



רק במאמץ רב כבודק רביעי הצלחתי לגלות את התקלה יוצאת הדופן;

אחד מגלגלי שנאי הריתוך נשבר וכתוצאה מכך קשה היה להזיזו ממקום למקום לכן הוא הועמס על עגלה מברזל כפי שמתואר בתרשים. בידוד השכבה החיצונית של הליפוף הראשוני (400 וולט) היה שרוף. שכבה זאת לא היתה במגע עם גרעין הברזל של שנאי הריתוך ולכן לא נתגלתה שום פריצת בידוד בין ליפוף זה לליפוף המישיני או לגוף. במצב זה הארקה תקינה לא היתה יכולה לגרום לשריפת הנתיכים בקו ההזנה. ה"שכבה השרופה היתה בחלק התחתון של השנאי ולא ניתן היה לראותה — גם לאחר פתיחת המכסה העליון. רק כאשר הפכתי את השנאי לצידו ניתן היה להבחין בתקלה. לאור העובדה שאחד מגלגלי השנאי היה שבור הוא עמד בצורה בלתי יציבה על עגלת המתכת. בזמן הפעלת ה"דית לשינוי דרגות השנאי, הליפוף עם הבידוד השרוף יכול היה לנוע בעגלת המתכת, אך מבלי שגופו המאורק נוגע בה. כאן ראוי לציין ששלושת גלגלי השנאי שנשארו שלמים היו מחומר מבודד. ברגע שהעגלה חושמלה ויוסף נע מצד אחד בע"ל המחושמלת הוא סגר דרך וופו לאדמה מעגל חשמלי.

בבית המשפט היתה השתלשלות העניינים יוצאת דופן.

לאחר שנתתי עדות ראשית על פי בקשת נציג פרקליטות המדינה, הכריז סניגורו של הנאשם לבעל המסגריה שבה עבד יוסף שאין ברצונו

דים ברוב המקרים בהדרכה מקצועית או בחוות דעת של מומחים משלהם. אין להתעלם שיחס בתי המשפט (ובצדק), חיובי יותר ומחמיר פחות בהתייחסו לנאשמים במעשי רשלנות מאשר לנאשמים המעורבים במעשים פליליים אחרים שבהם קיים מניע למעשה.

את הקשיים המפורטים לעיל בבית המשפט, אמחיש עליידי 2 דוגמאות מניסויי האישי.



משה המסגר נהרג בזמן שעבד ליד משור מכני שהיה מחובר באמצעות פתיח גמיש לבית תקע תלת-פזי. הפתיל היה זרוק בין חלקי ברזל. ה"כניסה לתיבת החיבורים של המשור היתה עם הברגה מיועדת לחיבור צינור "3/4". כמובן שכניסה מסוג זה אינה מצוידת בהתקן תפיסה ופתיל ההזנה היה חופשי בה, כך שכל משיכה בו היתה מעבירה את המאמצים המכניים לברגי החיבור. פועל אחר שעבר במקום, ניתקל בפתיל המונח על הרצפה וגרם על ידי כך לניתוקו של גיד ה"הארקה ממקום חיבורו וכן לניתוקו של אחד מגידי הפזות. גיד הפזה החופשי, באותה ההזדמנות, נגע בגוף המתכתי של תיבת החיבורים וגרם לחישמול המשור. משה שעמד על הרצפה הרטובה במקצת מנוזל הקרור של המשור נהרג במקום כתוצאה מחישמול זה. בבית המשפט הגיש הס"ניגור של בעל המסגריה, שהואשם ברשלנות ובי"גרימת מותו של משה, חוות דעת של מהנדס פרטי בחוות דעת זו טען המהנדס שהמכונה היתה ניידת ולא ניתן היה להזיז אותה בצורה אחרת.

בחקירה הנגדית של המהנדס הבדוק, אשר היה עולה חדש, ניצל הסניגור היטב את העובדה ש"הבדוק מתקשה בשפה העברית. הסניגור השיג אישור מהבדוק שהמשור הובא מחו"ל ולכן הוא נייד. בדרך זאת כמעט הצליח הסניגור לשכנע את השופט לקבל את חוות דעתו של המהנדס הפרטי ולא את חוות הדעת הרשמית, ועל ידי כך להביא לזיכוי הנאשם. רק בעדותי הנוספת הבאתי את הטענות כדלקמן:

1. המשור כבד מאוד ומיועד להתקנה קבועה.
  2. ברגלי המשור יש אפילו חורים המיועדים לברגים המחברים אותו לרצפת בטון.
- בית המשפט קבל את הצעתי לבקר במקום ר"כאשר השופט — בעזרתי ובעזרת הפרקליט והס"ניגור — לא הצליח להזיז את המשור הוא הש"תכנע כי אכן הוא מיועד באמת להתקנה קבועה וקיבל גם את הסברי.
- לאחר השתלשלות עניינים זו הורשע הנאשו בגרימת מותו של משה.



רתן בשם יוסף נהרג כאשר רצה לשנות את דר-

**סקר תאונות חשמל בישראל**

(תמצית חומר שהוגש לוועדה הבינלאומית לחשמל)

	1980	1979	1978	1977
המספר הכולל של התאונות הקטלניות	17	21	17	13
התפלגות הנפגעים לפי המין				
זכר	17	18	16	11
נקבה	0	3	1	2
התפלגות הנפגעים לפי קבוצות גיל				
מתחת לגיל 3	0	0	0	0
בין 3 ל-13	5	0	3	1
מעל 13	12	21	14	12
מתח המתקן המוחשמל				
מתח גמור	12	15	11	11
מתח גבוה	5	5	6	2
לא מוגדר	0	1	0	0
מקום התאונה				
מגורים	6	10	2	5
תעשייה/מסחר	4	4	6	1
אתר בניה	2	4	1	0
אתר חקלאי	0	1	0	2
אחרים	5	2	8	5
סוג המתקן				
פנימי	8	11	7	6
חיצוני	9	9	9	4
לא מוגדר	0	1	1	3
התפלגות במגורים				
חדר אמבטיה	0	0	1	0
מטבח	1	0	0	1
מרתף	1	0	0	0
חדר שינה או סלון	2	2	1	2
חצרים	2	3	0	0
לא מוגדר	0	5	0	2
הציוד החשמלי המעורב בחימום				
מכשירים ביתיים	6	5	2	4
מתקנים	2	1	0	1
ציוד תעשייתי	1	0	6	1
אחרים	8	15	9	7

**מינוי מנהל עניני החשמל**

לפי חוק החשמל, התשי"ד—1954

בתוקף סמכותי לפי סעיף 3 לחוק החשמל, התשי"ד 1954<sup>1</sup>, אני ממנה את ויקטור זיס להיות מיום ו' בטבת התשמ"ב (1 בינואר 1982), מנהל עניני החשמל.

ה' בטבת התשמ"ב (31 בדצמבר 1981) (חמ 182—3)

**יצחק ברמן**

שר האנרגיה והתשתית

1 ס"ח התשי"ד, עמ' 90; התשי"ו, עמ' 140.

לחקור אותי חקירה נגדית וכל אשר כתוב בחוות דעתי מקובל עליי. הסניגור ביקש רק את תווית דעתי לגבי הרמה המקצועית של שלושת המהנדסים אשר בדקו את המקרה לפני. תשובתי היתה שהם בעלי מקצוע מעולים ואי גילוי נסיבות תאונה לא פוסל אותם מבחינה מקצועית.

במקרים מסוג זה מקובל להחליף את הבודק אם הוא איננו מצליח להגיע לתוצאות. ברגע זה ביקש הסניגור שאפרט את נסיוני המקצועי ואשר בפני בית המשפט את העובדה שפרסמתי מספר רב של מאמרים בנושא תאונות חשמל. לאחר עדותי ביקש הסניגור מבית המשפט לקבוע העובדה שבעל המסגריה לא היה מסוגל לצפות השתלשלות העניינים ואין במקרה דנן מרכיב הרשלנות.

בית המשפט קיבל את הטענה וזיכה את הנאשם.

הרגום מכתב שושלח על ידי מנהל עניני החשמל במשרד האנרגיה והתשתית אל: הוועדה הבינלאומית לחשמל.

הנדון: תאונות חשמל קטלניות בישראל

בהתאם לבקשתכם מועברים אליכם הנתונים הסטטיסטיים המבוקשים.

כאמראי על בעיית תאונות החשמל במשרד האנרגיה והתשתית, חקרתי במהלך 20 השנים האחרונות יותר מ-400 תאונות חשמל קטלניות. חושבני כי עם גמיון כה עשיר יש ביכולתי להוסיף כמה הערות/הארות לבעיה:

1. הצלחנו להקטין את מספר התאונות מ-30 לשנה בתחילת שנות ה-60 לשעור הנוכחי שהוא פחות מ-20, ההצלחה הושגה הודות לשיטות הבאות:

א. שיפור ההוראה וההדרכה לחשמלאים.  
ב. חקיקה מתקדמת.  
ג. אסורה בישראל כיום המכירה וההפצה של מכשירי חשמל ניידים בעלי רמת בידוד מסוג I.

ד. שינוי מערכת ההשקאה בארץ.  
ה. הכניית הדרכה נרחבת לתלמידי בתי הספר שהונהגה בארץ. לרבות חומר הדרכה מודפס בנושא השימוש הבטיחותי בחשמל.

1. תכנית הדרכה רחבה כבטיחות בין התשמלאים.  
2. חוזרים חדשים וציוד משופרים.  
3. אני מציע להוסיף לנתונים אודות התאונות הקטלניות נתונים נוספים על צריכת החשמל להשוואת רמת הבטיחות בין ארצות שונות.  
4. שיתוף הפעולה בין הפתלוגים והמהנדסים חיוני בחקירת תאונות חשמל קטלניות.

(—) ו. זיס

מנהל עניני החשמל



# מגמות חדשות ברישוי חשמלאים\*

חוק החשמל 1954 והתקנות המצורפות אליו עוסקים בנושאים שונים, שאחד מהם רשוי חשמלאים. סוגי הרשיונות, שהיו אקטואלים ב-1954 אינם הולמים את המצב העכשווי. לפיכך החליטה ועדת הבחינות, לאחר ששמעה השגות מפי גופים שונים העוסקים בנושא, להמליץ על מספר שנויים.

בעיסוק ספציפי מסוים מקבוצת מקצועות החש"מל בשלב זה נעניק רשיונות לארבע קבוצות, אשר יעמדו בדרישות החוק לגבי ותק והשכלה.

- הקבוצות שבהן הוחלט לפתוח את הנושא הן:
1. קרור ומזוג אוויר
  2. אלקטרוניקה ומכשירים אלקטרוניים
  3. מעליות
  4. מכשירים ביתיים

## סכום

אנו בטוחים, שעם אישור השינויים בת-קנות הרשיונות והעמדתם במבחן מעשי יזכה הנושא לתמיכה בקרב הציבור ויק-דם את אוכלוסית בעלי המקצוע בנוש-אים הנ"ל, כאשר המטרות של הגנת הציבור ובטיחותו עמדו לנגד עינינו בעת קביעת התקנות.

ברצוני לציין כי אנו נשקוד על הוספת קבוצות נוספות לסוג זה, של בעלי רש-יונות וזאת בהתאם לצרכי השוק.

כדאי לציין כי נבנתה מערכת תוכניות למודים ובחינות, אשר תאפשר לבעלי מקצוע לזכות ברשיון על-סמך ידע, ש-צברו והשתלמות בקורסים מתאימים.

כתובתה החדשה של היחידה לחשמל ואלקטרוניקה באגף להשתלמות מקצועית במשרד העבודה והרווחה: רח' משמר העם 14, קטמון, ת.ד. 4023 ירושלים — 91040, טלפון — 666385, 668157 ימים ושעות קבלת קהל: ימים א, ג, ה, — 0800—1200 ימים ב, ד, — 1200—1500

\* נמסר ע"י מר ד. תרזה — מנהל היחידה.

## החלה ההכנסה לניצול של סוללות קבלייקו מקבילות 24 ק"ו

ב-23.11.1981 הוכנסה לניצול, באזור חולון, סוללת קבלייקו מקבילית 24 ק"ו (הראשונה במערכת החלוקה).

הסוללה הינה אחת מ-20 הסוללות הראשונות (24 ק"ו, 1.8 מגוא"ר כל אחת) אשר הוזמנו ע"י חברת החשמל להתקנה בקוי חלוקה 22 ק"ו (ראה מאמר „סוללות קבלים — להספקת אנרגיה ראקטיבית ושיפור מקדם ההספק — בקוי החלוקה העיליים 22 ק"ו של חברת ה-חשמל" שהופיע ב„תקע המצדיע" מס' 26 — ספטמבר 1981).

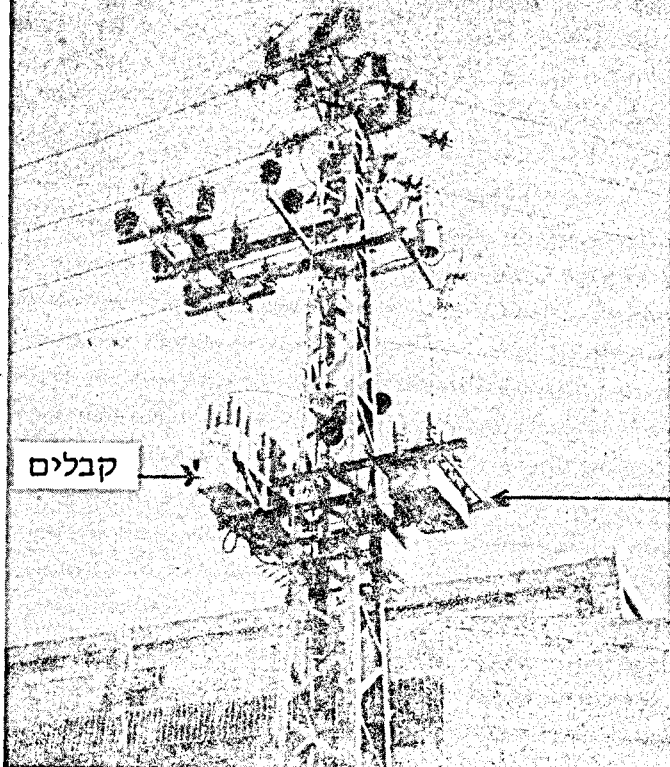
ניתן לראות את הסוללה הנ"ל מותקנת על עמוד בתמונה הראשונה מעבר לדף.

לאחרונה הותקנו והוכנסו לניצול 3 סוללות קבלייקו 24 ק"ו נוספות — 2 באזור חיפה (ראה תמונה שניה מעבר לדף), ו-1 באזור חולון.

16 הסוללות הנותרות נמצאות כעת בשלבי התקנה.

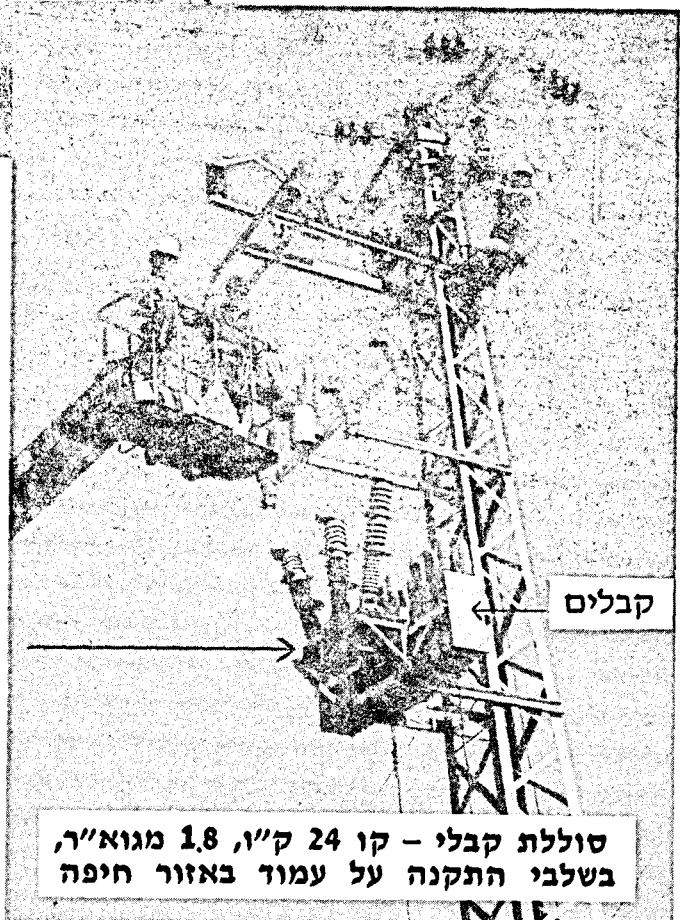
יחידת הרשת הארצית בשיתוף עם מחוזות החברה מקיימות מעקב בכל מה שקשור בהתקנה, בתפעול ובתחזוקה של סוללות הקבלים. מתוכננות גם מדידות מתאימות בקוי חלוקה מ.ג. בהם הותקנו הסוללות.

סוללת קבלי - קו 24 ק"ו, 1.8 מגוא"ר,  
מותקנת על עמוד באזור חולון



קבלים

מנתק קבלים  
עם מיתוג בשמן



קבלים

מנתק קבלים  
עם מיתוג בריק (ואקום)

סוללת קבלי - קו 24 ק"ו, 1.8 מגוא"ר,  
בשלבי התקנה על עמוד באזור חיפה