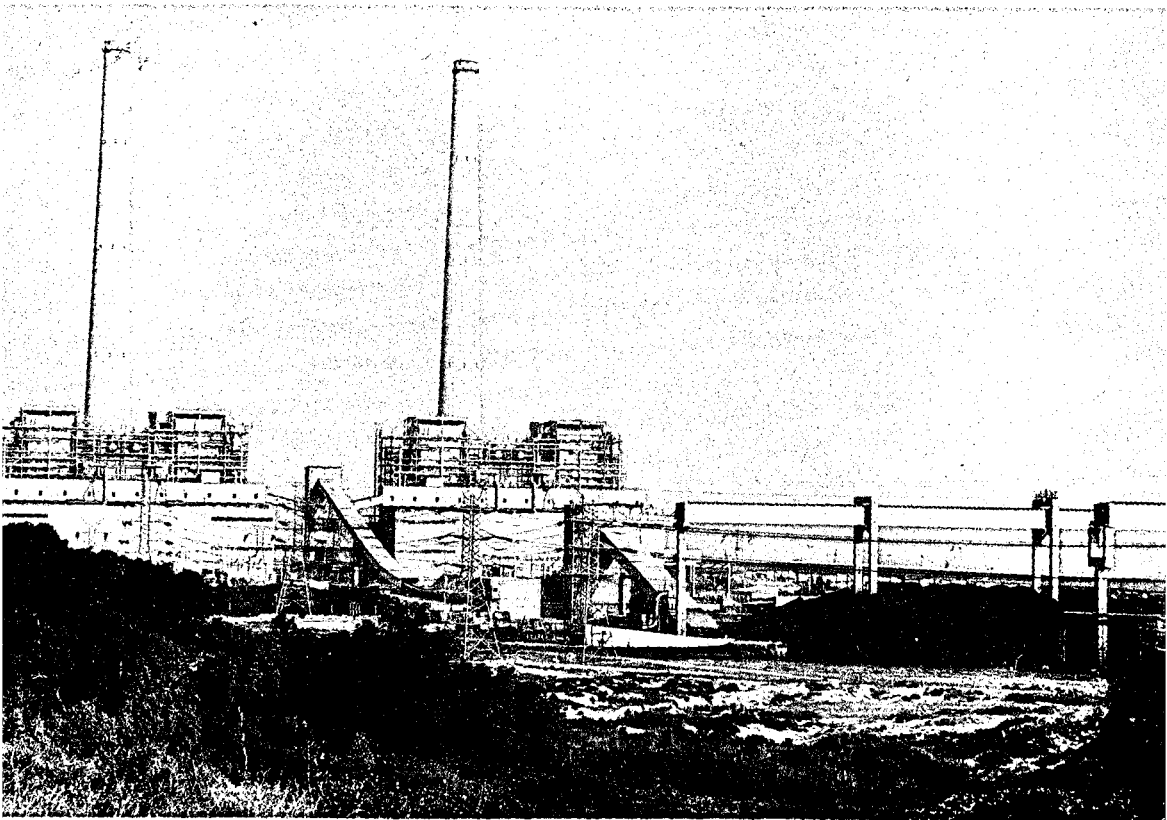


ע ל ו ן ל ח ש ן ל א י ם  
בהוצאת חברת החשמל לישראל בע"מ



אוגוסט 1984

מס' 32

## תוכן הענינים

|    |  |
|----|--|
| 3  | דבר העורך  |
| 4  | רשימה מפורטת ומעודכנת של חוק החשמל ותקנותיו  |
| 4  | שינויים במערכת "התקע המצדיע"   |
|    | תקנות החשמל (הארקות ושיטות הגנה בפני חישמול במתח עד 1000 וולט):                                  |
| 5  | הערות והארות עם הפרסום - פ. שפר  |
| 13 | חידושים צפויים בתקנות מעגלים סופיים - נ. פלג   |
| 16 | בדיקה ואיתור הפרעות במעטה החיצוני של כבלים תת-קרקעיים - ג. פליקס                                 |
| 18 | מנוע רדיאלי בעל רוטור ללא ברזל - י. נאות   |
| 21 | הארקה באמצעות אלקטרודות לאדמה - י. נאות  |
|    | מערכות בקרה ממוחשבות לניהול יעיל של עומסים חשמליים במיתקן הצרכן ויישומן במציאות התע"ז - ב. שוורץ |
| 23 | תעלות חשמל פלסטיות - ג. בן-דעת   |
| 29 | אספקת חשמל רציפה בהספקים גבוהים, הפתרון הטוב - א. אפשטיין  |
| 30 | מה חדש בתקינה  |
| 33 | התפתחות בייצור נתיכים - ל. מדג'ר   |
| 34 | תופעת הקורונה - י. איציקוביץ   |
| 36 | ביצוע ה"איפוס" בהתאם לתקנות החדשות - ז. דוניבסקי   |
| 38 | "בעיות" במפסקי מגן - ו. זיס  |
| 39 | ועדת הפירושים מחדשת את פעילותה   |
| 40 | חידון בקיאות בתקנות חשמל   |
| 41 |  |

עורך

א. לייטנר

עורך המשנה:

א. ונגרו

מנהל המערכת:

ש. זולמסון

המערכת:

י. בלבל, ה. גינדס, ל. יבלונובסקי,

ש. מרדיקס, י. נוימן, נ. פלג, נ. מרבר,

ה. ציפר, צ. קולטוצ'ניק, ש. קורן.

מנהלה:

מ. ציטרון

כתובת המערכת:

חברת החשמל לישראל בע"מ

ת.ד. 25, חל-אביב - 61000

טל. 03-625963

סדר והדפסה:

פרסום אלי בע"מ, חיפה

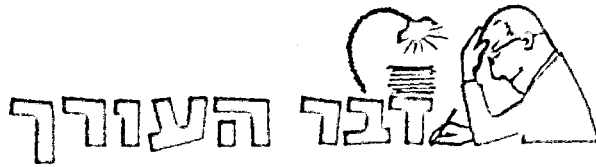
דפוס ואופסט י. גרף בע"מ, חיפה

### בשער: תחנת הכח "מאור דוד" בחדרה נכנסה להפעלה מלאה בפחם

חברת החשמל לישראל הפעילה בחודש יולי בפחם את יחידת הכח הרביעית והאחרונה בתחנת הכח "מאור דוד" בחדרה, ובכך הושלמה למעשה הקמת התחנה, שהינה הראשונה בישראל המופעלת בפחם.

לפי התחזיות תספק השנה תחנת "מאור דוד" 53 אחוז מכלל צריכת החשמל בארץ, והשימוש בפחם, במקום במזוט לתהליך הייצור יביא לחסכון שנתי של 200 מיליון דולר.

בהקמתה של תחנת "מאור דוד" הוחל בשנת 1976 ויחידת הכח הראשונה הופעלה בה בראשית שנת 1981, מאז הצליחה חברת החשמל להפעיל בכל שנה, יחידה נוספת. היחידות הינן בעלות כושר ייצור של 350 מגו"ט כל אחת, וסך יכולתה המותקנת של התחנה הינו 1400 מגו"ט. היחידה הרביעית הופעלה כבר בעומס מלא במזוט, לאחר מכן עברה תהליכי ניקוי המתחייבים בתהליך ההרצה, ועתה הופעלה, כאמור לראשונה בפחם.



## חשמלאים יקרים,

בשנים האחרונות אנו עדים להגברה משמעותית באינטנסיביות עבודתה ובתפוקתה של ועדת ההוראות לעבודות חשמל הפועלת במסגרת מינהל החשמל במשרד האנרגיה והתשתית.

חברי הועדה הם מהנדסי חשמל ממשרדי ממשלה, מחברת החשמל ומהמגזר הציבורי והפרטי, כולם מומחים מהשורה הראשונה – המכסים, בתוקף תפקידם ותחומי אחריותם, את כל תחומי התכנון הרעיוני והמעשי, הביצוע, התפעול והתחזוקה של מתקני החשמל בישראל. נאחל לחברי הועדה ולקברניטיה שימשיכו בפעולתם הברוכה.

כידוע, פורסם חוק החשמל ב־1954 והתקנות הראשונות שפורסמו בעקבותיו ב־1957 היו "כללים להתקנת לוחות". תקנות אלה בוטלו ב־1976 עם פרסום מהדורה מעודכנת של תקנות באותו נושא.

יש לציין כי כאשר, בנושא מסויים, מתפרסמת מהדורה מעודכנת – מתבטלת המהדורה הקודמת, אם כי לגבי מתקנים ישנים, שהותקנו לפני כניסתה לתוקף של המהדורה המעודכנת, נשארות בתוקף הדרישות וההנחיות של המהדורה הקודמת. יחד עם זאת, אין המהדורה הישנה תקפה לגבי שינויים יסודיים שנעשו במתקן ישן; לגביהם חלות התקנות במהדורה המעודכנת! הדברים מוסדרים מבחינה חוקית ומעשית בסעיפים "תחילה" "תחולה", "ביטול" המופיעים, בדרך כלל, בסייפא של כל מהדורת תקנות.

כאן המקום לחזור ולהדגיש כי כל חשמלאי חייב להיות ממודע ומעודכן בחוק החשמל ובתקנות הקשורות בו.

יש לציין כי תקנות החשמל ובעיקר אלה שפורסמו בשנים האחרונות אינם חומר תחיקתי גרידא, אלא יש בהם גם הרבה הנחיות (מחייבות!) באשר לשיטות עבודה ("Code of Practice").

לנוחיות החשמלאים מובאת בעמ' מס' 4 רשימה מפורטת של החוק והתקנות.

בברכה,

אורי לייסנר

## רשימה מפורטת ומעודכנת של חוק החשמל ותקנותיו

| שם הפרסום   | מספר הפרסום<br>בספר החוקים/<br>בקובץ התקנות | שנת הפרסום | הערות  |
|---|---|------------|--|
| חוק החשמל   | 164   | 1954       |  |
| רישוי מיתקים חשמליים  | 771   | 1958       |  |
| רשיונות   | 1495  | 1963       | — בא במקום התקנות בנושא מ' 1955<br>— נמצא בשלב מתקדם של רוויזיה. |
| התקנת מובילים   | 1809  | 1965       |  |
| התקנת כבלים   | 1949  | 1966       |  |
| עבודה במתקנים חיים<br>במתח נמוך   | 2034  | 1967       | — בא במקום התקנות בנושא מ' 1966.                                 |
| התקנת מוליכים   | 2569  | 1970       |  |
| כללים להתקנת לוחות<br>במתח נמוך   | 3531  | 1976       | — בא במקום התקנות בנושא מ' 1957.                                 |
| מעלים סופיים הניזונים<br>במתח נמוך  | 4036  | 1979       | — נמצא בשלב מתקדם של רוויזיה.                                    |
| התקנת מוליכים (תיקון)   | 4151  | 1980       | — מהווה תיקון לתקנות בנושא מ' 1970                               |
| הארקות יסוד   | 4271  | 1981       | — בא במקום התקנות בנושא מ' 1978.                                 |
| העמסה והגנה של מוליכים<br>מבודדים פוליוויל<br>כלוריד במתח עד 1000<br>וולט | 4350  | 1982       |  |
| הארקות ושיטות הגנה<br>בני חשמול במתח עד<br>1000 וולט.                     | 4643  | 1984       | — בא במקום התקנות (הארקות והגנות<br>אחרות) מ' 1962.              |

### שינויים במערכת "התקע המצדיע"

שינויים פרסונליים שהיו לאחרונה בחברת החשמל באו לידי ביטוי גם במערכת "התקע המצדיע":

★ **אינג' יעקב טראוב** שהיה העורך הראשון של "התקע המצדיע" (תזכורת: החוברת מס' 1 יצאה לאור באוגוסט 1966) ובתוקף תפקידו האחרון בחברת החשמל כמנהל האגף המסחרי וחבר הנהלת החברה היה הממונה על "התקע המצדיע", סיים את עבודתו בחברת החשמל ויצא לגימלאות.

★ **אינג' משה זיסמן** שהיה חבר מערכת "התקע המצדיע" בתוקף תפקידו כמנהל מחלקת החיבורים במחוז הדרום ולאחר מכן כסגן מנהל מחוז דן ומהנדס המחוז, מונה לתפקיד מנהל אגף הצרכנות וחבר הנהלת החברה. במסגרת תפקידו החדש הוא עתה הממונה על "התקע המצדיע".

**יש לציין כי אגף הצרכנות כולל את כל הפונקציות שנוכללו בעבר באגף המסחרי, ביחידת הרשת הארצית ובמחלקת המונים הארצית.**

★ **אינג' יוגמנד ספורן** שהיה חבר מערכת "התקע המצדיע" בתוקף תפקידו כמנהל מחלקת צרכנים טכנית וחל"ב במחוז ירושלים מונה לתפקיד מנהל מחוז ירושלים וחבר הנהלת החברה ובעקבות זאת פרש ממערכת "התקע המצדיע".

**אינג' ספורן** מחליף בתפקידו החדש את **אינג' פאול שפר** שסיים את עבודתו בחברה ויצא לגימלאות.

(**אינג' שפר** שבתפקידו האחרון בחברה כיהן כמנהל מחוז ירושלים וחבר הנהלת החברה, הינו ממייסדי "התקע המצדיע" ושימש יחד עם **אינג' טראוב** כעורך הראשון של העלון לחשמלאים, במסגרת תפקידו כמנהל מחלקת שדותים טכניים לצרכנים במשרד הראשי, תפקיד אותו מילא לפני שעבר לירושלים).

★ **אינג' צדוק אביהר** שהיה חבר מערכת "התקע המצדיע" בתוקף תפקידו כמנהל מחלקת החיבורים במחוז הצפון סיים את עבודתו בחברת החשמל ויצא לגימלאות.

★ **אינג' הירש גינדס** שהיה מנהל מחלקת חל"ב ורת"ק במחוז דן מונה לתפקיד סגן מנהל מחוז דן ומהנדס המחוז ובתוקף תפקידו זה, מונה כחבר מערכת "התקע המצדיע".

★ **אינג' צבי קולטוצ'ניק** מונה כמנהל מחלקת החיבורים במחוז הצפון ובתוקף תפקידו זה, מונה כחבר מערכת "התקע המצדיע".

★ **מר שמואל קודן** מונה כמנהל מחלקת צרכנים טכנית וחל"ב במחוז ירושלים ובתוקף תפקידו זה, מונה כחבר מערכת "התקע המצדיע".

# תקנות החשמל (הארקות ושיטות הגנה בפני חישמול במתח עד 1000 וולט):

## הערות והארות עם הפרסום

אינג' פ. שפר

ביום 10.6.84 פורסמו תקנות חדשות (קובץ התקנות 4643) במקום אלה שהיו ידועות בקרב החשמלאים ב"תקנות הארקות - 1962" (קובץ התקנות 1325) השם המלא של התקנות מ-1962 הוא "תקנות בדבר הארקות או הגנות אחרות", אך מפני שכמעט כל מתקן חשמלי בארץ קיבל את הגנתו באמצעות הארקה, בעזרת צנרת המים, קראו להן מן הסתם "תקנות הארקות".

השם המלא של התקנות החדשות הוא "תקנות החשמל (הארקות ושיטות הגנה בפני חישמול במתח עד 1000 וולט):

כבר בשינוי השם יש רמז לשינויים הרבים שהוכנסו להוראות התקנות. התקנות דנות ב:

1. פרטי ביצוע הארקות.

2. שיטות הגנה בפני חישמול, כאשר הראשונה והמועדפת בין השיטות היא האיפוס. יש לשים לב שהתקנות מיועדות למתקנים הפועלים במתח עד 1000 וולט בלבד.

נסקור עתה את התקנות פרק פרק, וננסה להבליט את השינויים ואת התוספות העיקריים.

הקודמת.

בפרק זה איבדה הארקה את הבכורה כאמצעי הגנה בפני חישמול ובמקומה באה שיטת האיפוס, אשר לא מותנית יותר באישור המנהל (מנהל עיני החשמל במשרד האנרגיה והתשתית).

**פרק ג': שיטות מוארקות ושיטות בלתי מוארקות (11-5)**

אין שינויים מהותיים בפרק זה, מלבד ציון אותם אמצעי הגנה שיחד איתם אין להתקין הארקה שיטה.

**פרק ד': מבנה אלקטרודת הארקה והתקנתה (12-22)**

בפרק זה נמצא הביטוי המוחשי לגבי שימוש בצנרת מים. שימוש זה מותנה בהסכמת בעל הצנרת כאמור בתקנות 14, 15 כדלהלן:

**פרק א': פרשנות (תקנה 1)**

פרק זה, אשר נקרא מקודם "הגדרות", הורחב והותאם עד כמה שאפשר לתקנות החדשות האחרות, במאמץ ליצור אחידות במונחים הבאים לשימוש בתקנות החשמל השונות וכן בהגדרתם.

בוטל המושג של "אלקטרודה טבעית" ויש לכך השלכות מרחיקות לכת בתוך התקנות עצמן, כשחיבור לצנרת המים אשר נחשבה עד כה כאלקטרודה טבעית, מותנה עתה במילוי תנאים מגבילים;

לשם קיצור הוכנס הביטוי "חברת חשמל" כשהגדרתו היא "חברה ציבורית לאספקת חשמל", והוא מתייחס לכל חברה המספקת חשמל כדין לציבור של צרכנים.

**פרק ב': סוגי הגנות (2-4)**

פרק זה בא במקום תקנות 4,3,2 במהדורה

14. (א) מערכת צינורות מתכת לאספקת מים תוכל לשמש כאלקטרודת הארקה רק אם התקיימו בה דרישות תקנות אלה לגבי אלקטרודת הארקה וכן אחד מאלה:

(1) מיתקן החשמל נמצא במקום אשר בו הרשות לאספקת מים נתנה היתר להשתמש בצנרת שלה כאלקטרודת הארקה;

(2) צינורות המים נמצאים בבעלותו של בעל המיתקן וקיימת השגחת חשמלאי על הרציפות החשמלית שלהם.

(ב) משמשת מערכת צינורות לאספקת מים כאלקטרודה, לא תיפגע שלמות הצינורות והאבורים של המערכת האמורה עקב חיבור מוליכי הארקה אליה, או עקב שימושה כאלקטרודה, וכל פגם שנגרם בצינורות המים או באבורים עקב הארקות יתוקן, מיד לאחר שנתגלה, בידי המבצע את חיבור ההארקה.

אינג' פ. שפר — יו"ר ועדת ההוראות לביצוע עבודות חשמל הפועלת ליד משרד האנרגיה והתשתית.

מערכת צינורות לאספקת מים כאלקטרודה

(ג) כמיתקנים לזרם ישר אין להשתמש במערכת צינורות מתכת לאספקת מים כאלקטרודה להארקת שיטה.

15. רשות לאספקת מים המחליפה צנרת מים מתכתית, המשמשת כאלקטרודה כשלמות או בחלקה, בצנרת אל-מתכתית, או העושה בצנרת מים מתכתית שינוי העלול לפגוע ברציפות חשמלית שלה, תעשה זאת בתיאום עם חברת חשמל באופן שיבטיח רציפות ההארקה הקיימת בכל צנרת אל-מתכתית.

החלפת צנרת מים מתכתית המשמשת כאלקטרודה, בצנרת אל-מתכתית

הבלתי מופרעת של המערכת. חובה זו קיימת, על פי תקנה 15, גם לגבי מתקני הארקה קיימים שהוקמו בעבר.

בתקנה 18 ("הארקת יסוד") נוצר הקשר בין תקן נות החשמל ("הארקות יסוד") שפורסמו לראשון נה בשנת 1978 ועודכנו בשנת 1981 (קובץ התקן נות 4271) לבין התקנות הנוכחיות, בזו הלשון:

ברור מהנ"ל שאמנם הרשות בידי בעל מערכת המים להסכים לחיבור הארקה אל הצנרת שלו וחובה על בעל המתקן החשמלי לדאוג לכך שלא ייגרם נזק למערכת המים, או אם נגרם נזק – שיתוקן מייד עם גילוי. לאחר שהסכימה מאידך, חייבת רשות המים – לדאוג לרציפות החשמלית לשימוש בצנרת –

18. (א) כל מבנה אשר לו יסודות באדמה יצוייד בהארקת יסוד כהתאם לתקנות הארקות יסוד.

(ב) כמיתקנים לזרם ישר אין להשתמש בהארקת יסוד כהארקת שיטה.

(ג) על אף האמור בתקנת משנה (ב) מותר, במיתקני זרם ישר של משרד התקשורת או של בוק, החברה הישראלית לתקשורת בע"מ, להשתמש בהארקת יסוד כהארקת שיטה.

5 אוהם אך לצורכי הגנה על ידי איפוס מותר שההתנגדות הנ"ל תעלה עד ל-20 אוהם.

הערך האוהמי של התנגדות האלקטרודה או מערכת האלקטרודות לצרכי הגנת השיטה נשאר

22. (א) ההתנגדות החשמלית בין אלקטרודת הארקה או מערכת אלקטרודות הארקה המיועדת להארקת שיטה במתח נמוך לבין המסה הכללית של האדמה לא תעלה על 5 אוהם. (ב) על אף האמור בתקנת משנה (א) מותר, כמערכת חלוקה המיועדת להגנה באמצעות איפוס, שההתנגדות האמורה תעלה על 5 אוהם אולם לא תעלה על 20 אוהם.

התנגדות חשמלית בין האלקטרודה להארקת שיטה ובין המסה הכללית של האדמה

פרק ה': מוליך הארקה מבנהו והתקנתו (43-23)  
פרק ו': תובת הגנה בפני חישמול (44-45)  
פרק זה דן בציוד ואביזרים שיש תובת להגן עליהם בפני חישמול וכן באלה שניתן לגביהם פטור מחובה זו.

השינויים בפרק זה הם בעיקר של עריכה, של פירוט ושל שימת הדגשים בצורה שונה. העוסק קים בנושא ראוי שיתעמקו בשינויים אלה על מנת שלא לטעות בתכנון המתקן.

44. כפוף לתקנות אלה יוגנו בפני חישמול כל גופי מתכת במיתקן וכל החלקים המתכתיים הקשורים לגופי מתכת אלה ושאדם עלול לבוא אתם במגע, לרבות:

הגנת גופים מתכתיים בפני חישמול

- (1) גופי מתכת של גנרטורים, מנועים, מתנעים, שנאים, ממירים, לוחות, מכשירי מדידה, מכשירי ויסות, מכשירי צריכה וכל ציוד חשמלי אחר קבוע או מיטלטל;
- (2) צינורות מתכת קשיחים, גמישים או כפיפים, מעטה מתכתי ושריון של כבלים;
- (3) תילי מתכת המשמשים לנשיאת כבלים חשמליים;
- (4) מחיצות מתכתיות, רשתות הגנה ומבנים מתכתיים, נושאי ציוד חשמלי;

(5) חלקי מתכת של חדר חשמל או תא חשמל לרבות זלחות מתכתיות של חדר או תא כאמור.

#### 45. הגנה בפני חישובל אינה דרושה לגופים מתכתיים אלה:

- (1) מעטה מתכתי המגן על גופים מתכתיים של ציוד חשמלי, המוגנים בפני חישובל בהתאם לתקנות אלה;
- (2) גופי מתכת של ציוד חשמלי שאינם ניתנים לנגיעה כאשר הם סגורים בתוך מעטה מתכתי המוגן בפני חישובל בהתאם לתקנות אלה;
- (3) צינורות מגן מתכתיים מבודדים בעלי מעטה דק והאזורים המתכתיים שלהם;
- (4) צינורות מגן מתכתיים כפיפים מטיפוס קל והאזורים המתכתיים לצינורות אלה.
- (5) צינורות מגן מתכתיים של חברת חשמל בעלי בידוד פנימי, שאורכם אינו עולה על 20 מטרים, והמיועדים לחיבור בין רשת אספקה של חברת חשמל לבין נקודות הזינה של מיתקן הצריכה;
- (6) קטעים כוודים וקצרים של צינורות מתכת או של תעלות מתכת אשר אורכם אינו עולה על 2.5 מטרים המשמשים להגנה מיכנית על כבלים או מובילים כשהם במעבר דרך קירות, רצפות וכיוצא באלה;
- (7) זיזים, חבקים ואזורים מתכת המשמשים לקביעת כבלים או כיסויים או לקביעת צינורות של מיתקן וחיוזקיהם למבנים;
- (8) תילי מתכת נושאי כבלים בעלי מעטה מתכתי מוארק;
- (9) תילי מתכת נושאי כבלים כשכל תיל כזה מבודד בשני קצותיו בקרכת מקומות החיוזק שלו;
- (10) תיל מתכת נושא כבל, כאשר הכבל תלוי עליו באמצעות חבקים מבודדים, ותיל מתכת של כבל נושא עצמו, כאשר בכל מקרה התיל הנושא מבודד בקצה אחד לפחות;
- (11) גופי מתכת של מבטחים, מגבילי זמן וממסרים של חברת חשמל כשהם בגובה העולה על 2.3 מטרים מעל הרצפה ובמקומות יבשים;
- (12) גופי מתכת של מונים, מגבילי זמן וממסרים הנספחים למונים, כשהם מורכבים במקומות יבשים על חומר מבודד, לרבות עץ;
- (13) עמוד מתכת ואזורים שממתכת (פרט לגופי תאורה) בקווי חשמל עיליים של חברת חשמל כשהעמודים ואזורים צבועים בצבע בלתי מוליך או עמדי כסון ואזורים ובלבד שבידוד המוליכים שעל העמודים האמורים מוחזק במצב תקין; פטור זה אינו חל על עמודים המשמשים לתאורה בלבד, רמזורים, שילוט רחובות, שילוט פרסומת וכיוצא בזה;
- (14) פנסי תאורה ואזורים, וכן אזורים רשת מתכתיים המותקנים על עמדי עץ או חומר בלתי מוליך אחר, כגובה העולה על 3 מטרים מעל פני הקרקע.

פרסומת וכיוצא באלה. תשומת לב האחראים לתאורה ציבורית על כל ענפיה מופנית במיוחד לתקנה 45 (13) (14).

יש לציין כי הפטור לעמודי מתכת של קווים עיליים ניתן רק לעמודי חשמל של חברת החשמל. הפטור אינו חל על עמודים המשמשים לתאורה בלבד, לרמזורים, לשילוט רחובות ולשילוט

**פרק ז: אמצעי הגנה בפני חיטום (92-46)**  
כאמור, האמצעי המועדף והראשון בשורת שריונות ההגנה בפני חיטום הוא האיפוס. אין יותר צורך באישור מנהל ענייני החשמל להפעלת שריונות האיפוס; נהפוך הוא – מותר להשתמש באיפוס בכל מבנה שיש בו הארקה יסוד בהתאם לתקנות הנוגעות להארקה יסוד.

קיימת חובה לקבל אישור מראש של חברת החשמל, שהרשת המזינה את המתקן מתאימה לשיטת האיפוס, היינו – שחתך מוליך האפס ברשת עונה על דרישות התקנות.

חובה על חברת החשמל לדאוג לכך שכל רשת אשר תוקם לאחר תחילתן של תקנות אלו, תהיה אים לאיפוס. למעשה, זה שנים אחדות, מאז קבלת ההחלטה העקרונית למעבר לשיטת האיפוס, בונה חברת החשמל לישראל את רשתותיה בהתאם לדרישות שאושרו ופורסמו רק עתה, וזאת על מנת לאפשר לצרכנים, באופן מירבי, לבנות מתקנים חדשים מוגנים באיפוס.

תשומת הלב מופנית לתקנה 47 (ג) הקובעת כי ההתנגדות בין הארקה היסוד או האלקטרודה לבין מסת האדמה לא תעלה על 20 אוהם. יש בכך הקלה ניכרת לגבי הדרישה של התנגדות מירבית, של 5 אוהם הנדרשת בהארקה הגנה. הקלה זו התאפשרה הודות לשימוש בהארקה יסוד והשוואת הפוטנציאלים בין כל השדות המתכתיים שבמבנה.

כך נוצר במבנה משטח שווה-פוטנציאלים ("כלוב

פאראדי") המונע יצירת פוטנציאלים מסוכנים בין גוף מחושמל לבין הסביבה, בעיקר הריצפה. חל איסור על שימוש באיפוס ובהארקה הגנה באותו המבנה (יש טעות דפוס בתקנה, צריך לה"יות מודפס: "לא ישתמש אדם באיפוס ובהארקה הגנה באותו מבנה").

עדיין יש חובה לבדוק את עכבת לולאת התקלה המורכבת בעיקר מהעכבות של:

א. מוליך הפזה משנאי הרשת עד למכשיר הצריכה.

ב. מוליך הארקה עד לפס השוואת הפוטנציאלים.

ג. מוליך האפס מהפס ועד לשנאי הרשת.

ד. עכבת השנאי עצמו.

בתקנה 52 ניתנת, לנוחיות המשתמשים, טבלת ערכים מירביים של העכבות המותרות כפונקציה של גודל המבטחים. הטבלה מבוססת על עקרון של פיתוח זרם תקלה אשר יבטיח לפי אופייני הנתיבים או המפסקים האוטומטיים הזעירים, את פעולתם תוך כ-5 שניות מקרות התקלה.

על מנת לאפשר ידיעה ברורה איוה מתקן מוגן על ידי איפוס (קיום קשר בין מוליכי הארקה והאפס) דורשת תקנה 58 שילוט ברור ליד הנתיבים הראשיים או מפסק הזרם שבכניסת ההונה למבנה. בשלט מופיעה מילה אחת בלבד "מאופס".

בגלל החשיבות הרבה של התקנות המתנייחות לאיפוס הן ניתנות להלן במלואן אך אין דבר זה פוטר את הקורא מלרכוש את החוברת השלמה!

**הגנה על ידי איפוס**  
46. (א) לא ישתמש אדם באיפוס לשם הגנה בפני חיטום אלא בהתאם להוראות פרק זה ולאחר קבלת אישור מחברת חשמל, שהרשת שאליה הוא עומד להתחבר עונה על דרישות תקנות 53, 54 ו-55.

(ב) חברת חשמל תאפשר שימוש באיפוס לכל מי שיתחבר לרשת שלה, אשר הוקמה לאחר תחילתן של תקנות אלה.

(ג) בעת ביצוע כל שינוי יסודי ברשת קיימת השייכת לחברת חשמל, תותאם הרשת לדרישות תקנות אלה למטרת איפוס.

(ד) אין להשתמש בהגנה על-ידי איפוס כרשת חלוקה שאינה שייכת לחברת חשמל אלא בהסכמתה של חברת החשמל בעלת הזכויות באותו שטח, כאשר במבנה או בתצרים נמצאות רשתות חשמל השייכות לחברה האמורה.

**הארקה יסוד**  
47. (א) לא ישתמש אדם באיפוס במבנה אשר אין בו הארקה יסוד בהתאם לתקנות הארקה יסוד.

(ב) על אף האמור בתקנת משנה (א) מותר להשתמש באיפוס במבנה אשר אין בו הארקה יסוד כאשר יש לו אלקטרודת הארקה מקומית וקיימת במבנה השוואת הפוטנציאלים כנדרש בתקנות הארקות יסוד וכן מיתקן החשמל במבנה והרשת הזנה אותו נמצאים בבעלות אחת וקיימת השגחת חשמלאי:

התנגדות אלקטרודת הארקה כאמור למסה כללית של האדמה תיבדק אחת לחמש שנים לפחות ותוצאות הבדיקה יירשמו ויישמרו אצל בעל המיתקן או מחזיקו.



(ג) לא ישתמש אדם באיפוס במבנה שבו ההתנגדות בין הארקה היסוד או אלקטרודת הארקה מקומית והמסה הכללית של האדמה עולה על 20 אוהם.

הארקה מוליך האפס

48. (א) מוליך האפס של רשת החלוקה יחובר אל פס השוואת הפוטנציאלים של המבנה.  
(ב) המוליך המחבר בין הדק האפס בכניסת קו הזינה אל המבנה ובין פס השוואת הפוטנציאלים יהיה מבודד, בעל בידוד בצבע שחור וחתכו יהיה לפחות כחתך מוליך האפס הגדול ביותר היוצא מהדק האפס של קו הזינה של הרשת אל מיתקן הצריכה.  
(ג) את החיבור לפי תקנת משנה (א) יעשה בעל רשת החלוקה או חשמלאי לפי היתר מבעל הרשת.  
(ד) על אף האמור בתקנה 10 לא יותקן בנוסף לחיבור לפי תקנת משנה (א) כל חיבור אחר בתוך המבנה בין מוליך האפס ובין מוליך הארקה.

אמצעי ניתוק מוליך המחבר בין מוליך האפס לבין פס השוואת הפוטנציאלים

49. לא יתקין אדם מפסק או אמצעי ניתוק אחר, שניתן להפעילו ללא שימוש בכלים, במוליך המחבר בין מוליך האפס של רשת החלוקה ובין פס השוואת הפוטנציאלים של הארקה היסוד.

איסור הגנה על ידי איפוס והארקה הגנה באותו מבנה

50. לא ישתמש אדם באיפוס על ידי הארקה הגנה באותו מבנה.

הגנה על ידי איפוס והארקה הגנה באותה רשת

51. מותר להשתמש בהגנות האמורות בתקנה 50 במכנים שונים הניזונים על-ידי אותה רשת חלוקה.

עכבת לולאת התקלה

52. (א) עכבת לולאת התקלה לא תהיה גדולה מזו הנדרשת כדי לאפשר פעולת המבטח כאמור להלן:

(1) מותקן מפסק זרם אוטומטי הניתן לכיוונון, תאפשר עכבת לולאת התקלה  $Z_L$  במקרה של קצר פיתוח זרם  $I_k$  שיבטיח את הפסקתה של הזינה תוך לא יותר מחמש שניות;

(2) מותקנים נתיכים או מפסקים אוטומטיים זעירים, שאינם ניתנים לכיוונון, בעלי זרם נקוב  $I_n$  הם יחשבו כעונים על דרישות פסקה (1):

אם במתח נקוב של 230 וולט לאדמה, מאפשרת העכבה  $Z_L$  של לולאת התקלה, פיתוח זרם קצר  $I_k$  המפורט בטבלה הבאה:

| $I_k$<br>אמפר | $Z_L$<br>אווהם | $I_n$<br>אמפר |
|---------------|----------------|---------------|
| 26            | 8.85           | 6             |
| 47            | 4.89           | 10            |
| 72            | 3.19           | 16            |
| 90            | 2.55           | 20            |
| 120           | 1.91           | 25            |
| 183           | 1.25           | 35            |
| 250           | 0.92           | 50            |
| 360           | 0.63           | 63            |
| 450           | 0.51           | 80            |
| 580           | 0.39           | 100           |
| 750           | 0.30           | 125           |
| 990           | 0.232          | 160           |
| 1400          | 0.164          | 200           |
| 1600          | 0.143          | 250           |
| 2050          | 0.109          | 315           |
| 2700          | 0.085          | 400           |
| 3500          | 0.065          | 500           |
| 5000          | 0.046          | 630           |
| 6700          | 0.034          | 800           |
| 8500          | 0.027          | 1000          |

(ב) הוראות תקנת משנה (א) לא יחולו על רשתות חלוקה.

53. חתך מוליך האפס ברשת עילית הבנויה ממוליכים חשופים, שבה מותר להשתמש באיפוס יהיה לפחות כמפורט בטבלה הבאה:

חתך מזערי של מוליך האפס ברשת עילית הבנויה ממוליכים חשופים

| חתך מזערי של מוליך האפס |                   |                         |
|-------------------------|-------------------|-------------------------|
| אלומיניום<br>ממ"ר       | נחושת<br>ממ"ר     | חתך מוליך המופע<br>ממ"ר |
| (1) רשת חד-מופעית       |                   |                         |
| 25                      | 16                | עד 16 (כולל)            |
| שווה למוליך המופע       | שווה למוליך המופע | 25 ויותר                |
| (2) רשת תלת-מופעית      |                   |                         |
| 25                      | 16                | עד 16 (כולל)            |
| 25                      | 25                | 25                      |
| 35                      | 35                | 35                      |
| 50                      | 35                | 50                      |
| 70                      | 50                | 70                      |
| 95                      | 50                | 95                      |
| 95                      | 70                | 120                     |
| 120                     | 95                | 150                     |
| 150                     | 120               | 185                     |
| 185                     | 150               | 240                     |
| 240                     | 185               | 300                     |

54. חתך מוליך האפס ברשת כבלים תת־קרקעית או עילית יהיה לפחות לפי התקן לכבלים האמורים, אולם לא פחות מ־6 מ"ר נחושת או 25 מ"ר אלומיניום.

חתך מוליך  
האפס ברשת  
כבלים

55. על אף האמור בתקנה 53 מותר, ברשת עילית, הקיימת ביום תחילתן של תקנות אלה, להשתמש באיפוס כאשר חתך מוליך האפס ברשת כאמור אינו קטן מ־16 מ"ר נחושת או מ־25 מ"ר אלומיניום; ברשת הבנויה מכבלים עיליים או תת־קרקעיים חתך מוליך האפס אינו קטן מ־6 מ"ר נחושת או 25 מ"ר אלומיניום.

חתך מוערי של  
מוליך האפס  
ברשת הקיימת

56. (א) העכבה השקולה בין מוליך האפס והמסה הכללית של האדמה תהיה נמוכה דיה כדי שבמקרה של קצר בין המתח הגבוה ובין המתח הנמוך בשנאי הזינה, יזרום לאדמה זרם בעוצמה שתגרום לשריפת הנתכים או להפעלת המפסק האוטומטי, המגינים בצד המתח הגבוה של השנאי.

העכבה בין מוליך  
האפס ובין המסה  
הכללית של  
האדמה

(ב) אין חובה למלא אתר הוראות תקנת משנה (א) כאשר ברשת מתח גבוה המזינה את השנאי מוארקת נקודת האפס באמצעות סליל כבוי.

(ג) ההתנגדות השקולה בין מוליך האפס והמסה הכללית של האדמה לא תעלה בשום מקרה על 20 אוהם.

57. הוראות הפרקים ד', ה', ו', כשנויים המחוייבים לפי הענין, יחולו על מערכת הגנה על־ידי איפוס, והוא כאשר אין הוראות אחרות בסימן זה.

תחולת הפרקים  
אחרים של  
התקנות

58. (א) בכל מיתקן המוגן באיפוס ייקבע שלט בר־קיימא הנושא כתובת "מאופס" קרוב ככל האפשר לנתכים או למפסק אוטומטי ככניסת קו הזינה למבנה.

שילוט

(ב) את השלט יקבע בעל המתקן או המחזיק בו והוא יחזק במצב תקין ככל עת.

59. ביצוע החיבורים במיתקן, לרבות החיבור בין מוליך האפס של קו הזינה ובין פס השוואת הפוטנציאלים, ייעשה כמתואר בתרשים שבתוספת לתקנות אלה.

תרשים

ההרשאה ליישום שיטת ההגנה ע"י מפסק מגן הפועל במתח תקלה בוטלה! כידוע לא מצאה שיטה זו שימוש בארץ בגלל המיגבלות הרבות שבהפעלתה. מאידך ההגנה באמצעות "מפסק מגן המופעל בזרם דלף" מותרת כהגנה בלעדית במקרים הבאים:

לעומת ההרחבה הניכרת של ההוראות בדבר איפוס, הצטמצמו התקנות בדבר הארקת הגנה ל־3 בלבד. העיקרית ביניהן קובעת ערך מירבי להתנגדות בין אלקטרודת הארקה המקומית לבין מסת האדמה — 5 אוהם, וכן שמירה על אי חריגה מערכי העכבה המירביים הניתנים בתקנה 52.

63. לא ישתמש אדם במפסק מגן המופעל בזרם דלף (להלן — מפסק מגן), כהגנה בלעדית בפני חישמול אלא במקרים אלה:

הגנה על־ידי  
מפסק מגן  
המופעל בזרם  
דלף

(1) כאתר בניה, בקרון מגורים או כמבנה ארעי אחר;

(2) כמבנה שבו השתמשו בהגנה על־ידי הארקה ומסיבה כלשהי הגנה זו לא עונה עוד על דרישות התקנות ולא ניתן להשתמש במיתקן זה בהגנה על־ידי איפוס;

(3) כמבנה אשר קיימת בו הארקת יסוד בהתאם לתקנות הארקות יסוד ואשר בו לא ניתן להשתמש בהגנה על ידי איפוס והתנגדות הארקה יסוד בו למסה הכללית של האדמה אינה עומדת בדרישות לגבי הארקת הגנה;

(4) כגופי תאורה המתקנים על עמודים מחומר מוליך;

(5) כמיתקנים אחרים שהתיר המנהל ובהתאם לתנאי ההיתר.

הגבלה נוספת היא שרגישות המפסק תהיה כזו שיידרש זרם של לא פחות מ-300 מיליאמפר להפעלתו. מאידך יכולה להיות רגישותו של המפסק גדולה יותר או קטנה יותר לפי בחירת המתכנן כשהוא משמש כהגנה נוספת (הגנת גיב-

וי) לאחת השיטות המותרות האחרות. הערך המירבי של ההתנגדות של מערכת הארקה במתקן מוגן ע"י מפסק מופעל בזרם דלף, מוגדר בתקנה 70.

התנגדות חשמלית 70. ההתנגדות החשמלית, באוהמים, בין אלקטרודת הארקה של המתקן ובין המסה הכללית בין אלקטרודת הארקה ובין המסה הכללית של האדמה לא תעלה —

(1) בכל מתקן, במקום שבו אינה קיימת סכנה מוגברת בשעת שימוש כמכשיר חשמלי, על הערך המפורט בנוסחה הבאה:

$$R_{\text{אוהם}} = \frac{50 \text{ וולט}}{\text{זרם ההפעלה הנקוב של מפסק מגן, כאמפרים}}$$

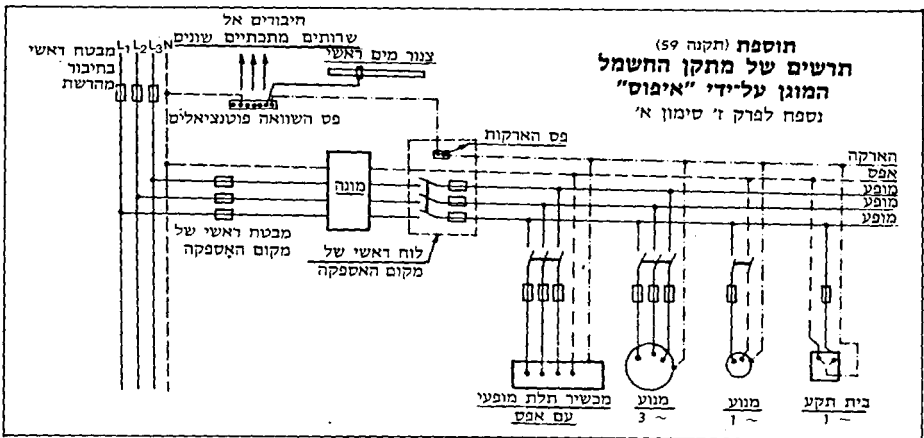
(2) כמיתקן המיועד למכשירים רפואיים במקום שבו קיים, בשעת השימוש בהם, מצב של סכנה מוגברת, וכן באורוות, רפתות וכיוצא באלה — על הערך הניתן בנוסחה הבאה:

$$R_{\text{אוהם}} = \frac{24 \text{ וולט}}{\text{זרם ההפעלה הנקוב של מפסק מגן, כאמפרים}}$$

### פרק ח': הוראות שונות (93-102)

(בטעות הודפסה הכותרת של פרק זה "פרק ז'). יש לציין כי מערכת ההגנה (התנגדות האלקטרו-דה ושלמות החלק הגלוי) במקומות של סכנת איכול מוגברת, חייבת להבדק כל 5 שנים (מקור דם — כל 10 שנים). תחילתן של התקנות תהיה כמקובל 6 חודשים לאחר פירסומן, דהיינו — ביום 10.12.1984. בסופן של התקנות, כתוספת, ניתן תרשים עקרוני של מתקן תשמל מוגן ע"י איפוס.

ההוראות לגבי שיטות ההגנה הנדירות יותר כגון "מתח בטיחות" (מקודם: "מתח נמוך מאד") "הפרד מגן" (מקודם: "הפרד") ו"בידוד מגן" (מקודם: "בידוד") לא השתנו בצורה מהותית לעומת מהדורת 1962, אך שוב יש לציין את הצורך להתעמקות בתקנות החדשות על מנת שלא לטעות בתכנון או ביצוע מתקנים חדשים. לגבי שיטת "מתח בטיחות" יש להעיר כי תכלית תה למנוע הופעתו של מתח העולה על 50 וולט.



באותו מבנה — בהתאם לשיטת ההגנה באיפוס המחייבת בישראל — כל חיבור נוסף בין "אפס" ו"הארקה".

במתקן הצרכן, אין בשיטת "האיפוס" שום קשר גלווני בין "האפס" ו"הארקה".

כפי שהדבר קיים ומתחייב גם בהגנה בשיטת "הארקת הגנה", התנגדות הבידוד בין "אפס" ו"הארקה" חייבת להיות לפחות 1.5 מגהאום במתקן חדש ולפחות 0.25 מגהאום במתקן ישן.

מתוך התרשים אנו רואים כי קיים קשר אחד ויחידי בין ה"אפס" של חברת התשמל לבין פס השוואת הפוטנציאלים שהוא חלק מהארקת היסוד של המבנה.

באופן מעשי על החשמלאי להתקין — בהתאם להוראות תקנה 7, קובץ התקנות 4271 (הארקות יסוד) — מוביל בקוטר של 29 מ"מ, לפחות, מפס השוואת הפוטנציאלים עד לנקודת האפס בחיבור חברת התשמל. מלבד חיבור זה לא קיים

# חידושים צפויים בתקנות מעגלים סופיים

אינג' נחום פלג

בשנת 1979 פורסם קובץ התקנות 4036 ובו ראו אור תקנות החשמל – מעגלים סופיים הניזונים במתח נמוך.

במשך הזמן התברר כי הגיעה העת לבחונם מחדש, לתקן בהם מספר שגיאות דפוס, וניסוחים שלא היו ברורים דיים והחשוב מכל – להוסיף מספר דרישות חדשות שהתברר שיש בהן צורך.

ועדת ההוראות שליד משרד האנרגיה והתשתית דנה לאחרונה בהצעת רביזיה לתקנות שהוכנה על ידי ועדת משנה.

במאמר זה נתייחס לחלק מהתוספות שהוחלט עליהן בוועדה כפי שהוגשו לחתימת השר. לשם הפשטות אתייחס לעדכונים לפי סדר הופעתם בהתאם למיספורם בתקנות. אני מקווה כי סדר זה יקל על ההתמצאות.

## פרק ראשון – הנוראות כלליות

### התקנת מעגל סופי (תקנה 2)

ובכן – כבר החל מתקנה 2 יש תוספות. בתקנה זו נוספו שתי תקנות משנה.

#### תקנת משנה אחת קובעת:

במעגל ביתי, שום חלק של מעגל סופי הניזון מלוח ראשי אחר לא ימצא בשטח הניזון מלוח ראשי אחר – פרט למוביל בהתקנה סמויה ללא תיבות. במילים אחרות; אין להעביר בדירה אחת מעגל השייך לדירה אחרת. אם קיים קיר משותף בין שני מתקנים, אסור כי תיבה של מעגל דירה מסויימת תיפתח לדירה השניה.

תקנת משנה השניה קובעת כי למרות זאת מותר להתקין חלק ממעגל סופי המיועד לשטח המשותף של המבנה – כגון לחיץ (לחצן) להפעלת התאורה בחדר המדרגות – בתוך הדירה.

#### מספר המעגלים הסופיים במתקן ביתי (תקנה 10)

השינוי הבא מופיע בתקנה 10 ובה היתר להסתפק במעגל סופי אחד לכל שני חדרי לימוד במוסד חינוכי ללא הגבלת שטח הרצפה.

דרישה נוספת היא כי במעגלים המיועדים לזינת דוד שמש יותקן מעגל מיוחד בנוסף למעגלים המיועדים לדוד חשמל רגיל (אם ישנו), מכונת כביסה, מכונת יבוש וכיוצא בזה.

בתקנה 11 הודגשה הדרישה שבמטבח יותקנו לפחות 3 בתי תקע כאשר אחד מהם – זה המיועד לתנור בישול או אפיה – יזון ממעגל סופי מיוחד שמוליכיו יהיה בחתך של 2.5 מ"מ לפחות. התקנות מאפשרות להתקין במקום בית-תקע זה חיבור קבוע עם מפסק.

#### מספר נקודות מאור ובתי תקע במתקן ביתי (תקנה 11)

תקנת משנה נוספת מבהירה את הדרישות בהקשר למעגל סופי מיוחד לבתי תקע ללא הגבלת מספר החדרים כשהמדובר ביעד מסויים כגון; מאורדים מקומיים למיזוג אוויר מרכזי.

כמו כן הוכנסה דרישה נוספת המחייבת התקנת נקודת מאור אחת (לפחות) ובית תקע אחד (לפחות) בכל מדרגת שטחה עולה על 2 מ"ר.

#### תיבה להתקנת אביזרים במעגל סופי (תקנה 17)

תקנה 16 הקיימת בוטלה. תקנה זו התייחסה למנורה אחת המונחת ממעגלים שונים בעלי מתח שונה ובמקרה מה הוכנסה התקנה שהופיעה תחת מספר 17.

תקנה 17 החדשה מתייחסת לדרישה חדשה האומרת: "נמצאת בשטח משותף של המבנה, כגון בחדר המדרגות, תיבה של מתקן החשמל אשר אינו ניזון מהלוח של השטח שהופיעה תחת מספר 17.

אינג' נ. פלג – מנהל שירותים טכניים לצרכנים, הרשת הארצית וחבר מערכת "התקע המצדיע", חברת החשמל. – חבר ועדת ההוראות לחשמל שליד משרד האנרגיה והתשתית.

לדוד שמש או למחסן של אחת הדירות, יצוין בתיבה מאיזה לוח היא ניזונה".  
נואה לי כי אין צורך להרחיב את הדיבור על דרישה זו.

#### פרק שני – התקנת מפסקים ובתי תקע גובה מפסק או בית תקע במתקן ומיקום לחצנים לתאורה חדר המדרגות (תקנה 18)

בתקנה 18 נוספה דרישה חדשה (תקנת משנה ה') המחייבת התקנת לחיץ להפעלת המתקן לתאורת חדר המדרגות (אם ישנו) בכל דירה שחדר המדרגות משרת אותה.

#### פרק שלישי – התקנת מנורות

##### קביעת מנורה וחיבורה (תקנה 28)

שתי דרישות חדשות מופיעות בתקנה 28 –

- האחת קובעת כי על פתיל הזינה אסור לתלות מנורה שמשקלה עולה על ק"ג אחד,
- ותקנה שניה המחייבת להתקין וו תליה המסוגל לשאת 10 ק"ג ליד כל נקודת מאור.

#### פרק רביעי – התקנת מכשיר חשמל למעט קבלים

##### זינה על ידי תקע ובית-תקע (תקנה 32)

בתקנה 32 הוכנס שינוי שלפיו מותר לותר על מפסק אם המכשיר מוזן באמצעות תקע ובית תקע לזרם של עד 25 אמפר (ולא עד 32 אמפר) תקנת משנה ב' קובעת כי אפשר להזין מכשיר באמצעות חיבור בר שליפה (כגון "יציאה" מפסי צבירה עיליים) ללא מספק בטנאי שעל גוף המכשיר המוזן מותקן מפסק הפעלה. על כאן השינויים והתוספות המתייחסות לתקנות הקיימות.

##### מתקן פרסומת במתח גבוה (ניאון) (תקנה 36)

תקנה 36 המתייחסת למתקן זה נוסחה מחדש ולהלן התקנה ככתבה ובלשונו:

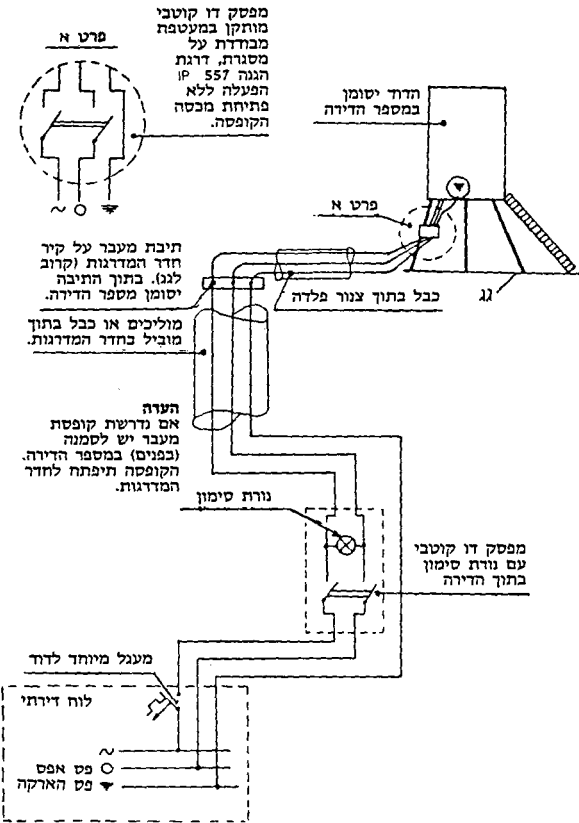
"(א) מוזן מעגל סופי שאולי לזינת מתקן פרסומת במתח העולה על 1000 וולט בין המוליכים, יות"ק במעגל הזינה מפסק נוסף מחוץ למבנה וככל האפשר למטה ממתקן הפרסומת. ידית ההפעלה של מפסק זה תהיה כלפי מעלה במצב הפסיקה וכלפי מטה במצב החיבור. גובה מפסק זה מעל פני האדמה יהיה לא פחות מ-2.5 מטר ולא יותר מ-3.0 מטר. על מפסק זה או לצידו יהיה שלט ברור המצוין את ייעודו. המפסק יהיה צבוע בצבע אדום ויסומן עליו, או סמון לו, באור פנ ברור, מצבי החיבור וההפסקה שלו. למפסק זה תהיה גישה חפשית.

(ב) שניא לזינת מתקן פרסומת במתח העולה על 1000 וולט בין המוליכים יותקן רק בתיבה המצוידת במנגנון המנתק את הזרם עם פתיחת מכסה התיבה."

IP מיון דרגות הגנה של מעטמות (ארנוס) לציוד חשמלי - ת"י 981

| טור 1  |  |                     | טור 2  |                      |   | טור 3                         |   |                      |
|--|--|---------------------|--|----------------------|---|-------------------------------|---|----------------------|
| דרגות הגנה מפני מגע מקרי או רשלני בחלקים חיים או בחלקים נעים שבחוץ המעטמת למעט גלים חלקים ודרגות הגנה מפני חדירת מוצקים. |  |                     | דרגות הגנה מפני חדירת מים                        |                      |   | דרגות הגנה מפני פגיעות מכניות |   |                      |
| ספרה אופיינית ראשונה   | תאור - (בדיקה לפי ת"י 165)                         | ספרה אופיינית שנייה | תאור - (בדיקה לפי ת"י 165)                       | ספרה אופיינית שלישית | תאור דרגת הגנה מפני אנרגיית הולם (ג'ול) (ת"י 165 סעיף 10)   | ספרה אופיינית ראשונה          | תאור דרגת הגנה מפני אנרגיית הולם (ג'ול) (ת"י 165 סעיף 10) | ספרה אופיינית שלישית |
| 0  | העדר הגנה  | 0                   | העדר הגנה  | 0                    | העדר הגנה   | 0                             | העדר הגנה   |                      |
| 1  | הגנה מפני מוצקים שגודלם עולה על 50 מ"מ (סעיף 5.1)  | 1                   | הגנה מפני טיפטוף אנכי (סעיף 6.1)                 | 1                    | הולם 150 גרם מגובה 15 ס"מ   | 1                             | הולם 150 גרם מגובה 15 ס"מ                                 |                      |
| 2  | הגנה מפני מוצקים שגודלם עולה על 12 מ"מ (סעיף 5.2)  | 2                   | הגנה מפני טפטוף על מישור נטוי כדף 15° (סעיף 6.2) | 2                    | הולם 150 גרם מגובה 25 ס"מ   | 2                             | הולם 150 גרם מגובה 25 ס"מ                                 |                      |
| 3  | הגנה מפני מוצקים שגודלם עולה על 2.5 מ"מ (סעיף 5.3) | 3                   | הגנה מפני גשם (סעיף 6.3)                         | 3                    | הולם 250 גרם מגובה 20 ס"מ   | 3                             | הולם 250 גרם מגובה 20 ס"מ                                 |                      |
| 4  | הגנה מפני מוצקים שגודלם עולה על 1 מ"מ (סעיף 5.4)   | 4                   | הגנה מפני התזה (סעיף 6.4)                        | 5                    | הולם 500 גרם מגובה 40 ס"מ   | 5                             | הולם 500 גרם מגובה 40 ס"מ                                 |                      |
| 5  | הגנה מפני חדירת אבק והעטברות (סעיף 5.5)            | 5                   | הגנה מפני סילון מים (סעיף 6.5)                   | 7                    | הולם 1.5 ק"ג מגובה 40 ס"מ   | 7                             | הולם 1.5 ק"ג מגובה 40 ס"מ                                 |                      |
| 6  | אטימות לאבק - מוחלטת (סעיף 5.6)                    | 6                   | הגנה מפני סילון מים חזק או ים סוער (סעיף 6.6)    | 9                    | הולם 5 ק"ג מגובה 40 ס"מ   | 9                             | הולם 5 ק"ג מגובה 40 ס"מ                                   |                      |
|  |  | 7                   | הגנה מפני טבילה במים (סעיף 6.7)                  |                      | דוגמאות מיון והסברים  |                               |   |                      |
|  |  | 8                   | אטימות למים (סעיף 6.8)                           |                      | <p>לדוגמא: 559 IP</p> <p>5 5 9</p> <p>IP</p> <p>ספרה אופיינית ראשונה (טור 1)</p> <p>ספרה אופיינית שנייה (טור 2)</p> <p>ספרה אופיינית שלישית (טור 3)</p> |                               |   |                      |

**איור 1**  
**מתקן החשמל**  
**לדוד שמש - דוגמה**



**פרק חמישי - התקנת קבלים לשיפור**  
**מקדם ההספק**

בפרק זה לא נעשתה שום רוויזיה

**פרק ששי - התקנת דוד שמש (ראה איור 1)**

לאור המציאות נוסף פרק ששי - "התקנת דוד שמש". מאחר ואני מייחס חשיבות רבה לפרק זה אני מרשה לעצמי להכלילו בשלמותו במסגרת מאמר זה.

**זינת דוד שמש (תקנה 49)**

(א) דוד שמש יזון על ידי מעגל סופי מיוחד בלוח של המתקן.

(ב) נעשית זינת דוד שמש על ידי כבל על קיר חיצוני של מבנה או על גג, יהיה הכבל שלם לכל אורכו. אין להתקיין כבל זה בצמוד לצנור מים.

**מפסק ונורת סימון (תקנה 50)**

(א) לדוד שמש יותקנו מפסק ונורת סימון בפנים המבנה, כפי שנודרש בתקנות 30, 31 ו-35.

(ב) בנוסף למפסק המותקן לפי תקנת משנה (א) יותקן לכל דוד שמש, שלא נמצא בפנים המבנה שהוא משרת, מפסק צמוד לקונסטרוקציה שעליה נמצא הדוד.

(ג) על המפסק המותקן לפי תקנת משנה (ב) להתאים לדרגת הגנה IP / 557 לפי התקן הישראלי ת"י 981, דהיינו עליו להיות מוגן בפני חדירת אבק והצטברות תו, מוגן בפני גשם ועמיד בפני פגיעות מכניות. \* (ראה הערה בסוף המאמר).

**סימון הדוד והמפסק (תקנה 51)**

(א) הדוד והמפסק המותקן לפי תקנה 50 (ב) יסומנו באופן המאפשר זיהוי של הלוח שממנו ניזון הדוד. קיים במבנה מיספור לדירות, יכול הסימון את מיספר הדירה.

(ב) למרות האמור בתקנת משנה (א), כאשר מותקן דוד אחד בלבד במבנה שיש בו רק לוח ראשי אחד, לא תחול עליו, על המספק שלו, על תיבות המעגל המזין אותו, חובת הסימון.

**התקנת הארקה (תקנה 52)**

הארקה במתקן החשמל של דוד שמש תותקן על ידי מוליך הארקה אשר יובא במעגל הדוד מהלוח המזין אותו. נעשית זינת הדוד על ידי כבל, יהיה מוליך ההארקה קה כלול בכבל.

**הגנת אביזרים פלסטיים בפני קרינת שמש (תקנה 53)**

אביזרים מחומרים פלסטיים של מתקן החשמל המותקנים תחת כיפת השמיים יהיו מהסוג העמיד בפני קרינת שמש, או יוגנו בצורה נאותה בפני קרינת זו.

**הערה:**

בתקנה 50 (ג) מופיע חידוש מסויים, מושג חדש - על המפסק המותקן על הגג להתאים לדרגת הגנה IP 557 לפי תקן ישראלי ת"י 981. אנצל את מסגרת מאמר זה להבהיר את הנאמר:

בתקינה הבינלאומית (והישראלית) התחילו להשתמש בדירוג חדש של הגנות על ציוד חשמלי וזאת בהתאם לטבלה 1.

לפי הטבלה תסומן דרגת ההגנה באותיות IP, ואח"כ, משמאל לימין הספרה לפי טור 1 - שהוא דרגת ההגנה בפני מגע מקרי,

הספרה לפי טור 2 - דרגת ההגנה מפני חדירת מים ובימין הספרה לפי טור 3 - המציין את דרגת ההגנה מפני פגיעות מכניות.

יש להעיר כאן כי הספרה המאיינת השניה אמורה להחליף, במשך הזמן, את הסימונים הישנים של הגנה בפני רטיבות כגון טיפה, טיפה בתוך משולש וכו'.

כמו כן חשוב לזכור כי כל ספרה בפני עצמה קובעת גבול ומשמעותה כי דרגת הגנה 4 למשל, כוללת בתוכה את הספרות הקודמות לה.



קה את הצבת שלי, הוא בודד.

# בדיקה ואיתור הפרעות במעטה החיצוני של כבלים תת־קרקעיים\*

אינג' גינאדי פליקס

אם נבחן כבלים תת־קרקעיים מנקודת הראות של אמינות ואורך החיים, יש חשיבות רבה לשלמות המעטה החיצוני שלהם.

לפי נתונים סטטיסטיים הסיבה העיקרית להפרעות בכבלים תת־קרקעיים היא הנזק החיצוני שנגרם להם כתוצאה מהאחוזתם בצורה בלתי מקצועית, או פגיעה בהם תוך עבודות הפירה בקרבתם.

לכן, הוכנסו לאחרונה לשימוש כבלים עם מעטה חיצוני מחומר פלסטי (בדרך כלל פי.וי.סי). הכבלים למתח נמוך, בנויים כולם כך שמעל לשיריון יש מעטה פי.וי.סי.

הכבלים למתח גבוה בנויים עם מעטה פי.וי.סי מעל לשיריון או מעל למעטה מתכתי מעופרת, מאלומיניום או נחושת (סיכוך).

התכונות הדיאלקטריות של הפי.וי.סי מאפשרות לבדוק בכבלים הנ"ל את מצב המעטה החיצוני לאחר הנחתם בקרקע ולבצע בהם בדיקות תקופתיות לבחינת שלמות המעטה החיצוני.

הדבר חשוב במיוחד בכבלים בהם המוליכים מבודדים בפוליאטילן מוצלב (XLPE) ובפוליאטילן רגיל. הואיל וחומרים אלה רגישים ביותר, אפילו כמויות קטנות של מים (חלקיקים) גורמים לעיוות חזק של השדה החשמלי הקיים בכבל וכתוצאה מכך מתרחשים בחלקיקים האלה מאמצים מכניים גבוהים המבקרים את החומר הפולימרי – דבר הגורם לפריצה בבידוד.

## הנחיות לאיתור מקום משוער של הפגיעה במעטה החיצוני (PRE-LOCATION)

לשם חיטובן בזמן, באיתור התקלה יש צורך למצוא מקום משוער של הפגיעה ולא לנסות לבצע איתור סופי (DIN POINTING) לכל אורך הכבל.

לצורך זה אפשר להשתמש בגשר רגיל, אך מאחר ואין לנו מספיק נתונים על שטח החתך של המעטה המתכתי, חיי, עלול להיווצר אי דיוק בזמן המדידה ביחס לאחד המוליכים של הכבל.

שיטת הפולס החוזר (IMPULSE ECHO TEST) לא נותנת תוצאות טובות במקרה זה בגלל התנגדות גבוהה במיקום הפגיעה ועיוות הפולס בנקודת החיבור לאדמה. את התוצאה הטובה ביותר ניתן להשיג בעזרת השוואת מפלי המתח על המעטה המתכתי של הכבל עד למקום הפגיעה ולאחריה (ראה איור 1).

## תאור הבדיקה

- מקצרים את המעטה המתכתי של הכבל בקצה הרחוק, עם אחד הגידים של הכבל.
- מחברים מקור מתח ישר (2000 וולט) בקצה הכבל הקרוב לבין המעטה החיצוני ולאדמה.

### מדדה I

- מודדים את המתח בין התחלת המעטה המתכתי (הקצה הקרוב) לבין הגיד המקוצר למעטה בסוף הכבל (הקצה הרחוק) התוצאה תראה מפלי מתח על הקטע  $(L_1)$  של המעטה המתכתי.

### מדדה II

- מעבירים מקור מתח לקצה הרחוק של הכבל ומחברים את המעטה המתכתי ובין האדמה.
- מודדים עם מיליוולטמטר מפל מתח על הקטע  $(L_2)$  של המעטה המתכתי. (ניתן לבצע את מדדה II בעזרת גיד נוסף של הכבל מבלי להעביר מקור מתח לסוף הכבל).

המרחק עד הפגיעה יהיה:

$$L_f = \frac{L \cdot U_1}{U_1 + U_2}$$

כאשר:

L – אורך הכבל

## בדיקת שלמות המעטה החיצוני

את המעטה החיצוני מחומר פלסטי – ניתן להציג כשכבת בידוד בין שתי השכבות המוליכות – המעטה המתכתי והאדמה.

עמידות שכבת בידוד זאת במתח ישר של 2–4 קילו־ולט, היא גבוהה ביותר במידה והשכבה שלמה. ברגע שבשכבה יש חור, יורדת עמידות שכבת הבידוד ובמיקום הפגיעה תיגרם פריצה.

בבדיקה שלנו מחברים מתח בין המעטה המתכתי של הכבל ובין האדמה. הורם שיופיע במעגל, יתן לנו אינדיקציה ברורה על מצב השכבה החיצונית.

נתונים על מתח הבדיקה לכל כבל וכבל, ניתן לקבל אצל יצרן הכבלים, אבל בכל מקרה מתח של 2000 וולט לא יכול להזיק למעטה החיצוני.

לצורך בדיקת שלמות המעטה של כבלי קשר ופיקוד, יש לקצר את כל הגידים של הכבל עם המעטה החיצוני – דבר שמבטל את האפשרות של הופעת מתח גבוה בין הגידים ובין המעטה המתכתי. כבלי קשר ופיקוד ללא מעטה מתכתי אסורים לבדיקה בשיטה זאת.

בבדיקה במתח של 2000 וולט – הזרם המידיבי צריך להיות לא יותר מ-0.8 מיליאמפר לקילומטר אחד של כבל.

את מתח הבדיקה – מחברים כך שהקוטב השלילי (-) יהיה על המעטה המתכתי והקוטב החיובי (+) יחובר לאדמה.

זמן הבדיקה – 10 דקות.

בזמן הבדיקה עולה הזרם ל-0.8 מיליאמפר לקילומטר של כבל, יש לעלות קצת במתח ולפרוץ את מקום ההפרעה. אין להעלות את המתח מעל 5 ק"ו אלא אם קיימות הוראות אחרות של יצרן הכבלים.

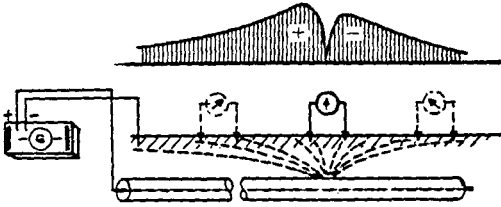
את הנתונים המתקבלים בזמן הבדיקה – יש לרשום ולשמור לצורך השוואה עם מדידות תקופתיות בעתיד.

\* מאמר זה בא להרחיב את הנושא שהועלה כבר מעל דפי "התקע המצדיע" מס' 28 – דצמבר 1982

אינג' ג. פליקס – מחלקת חל"ב ורת"ק, מחוז דן, חברת החשמל.

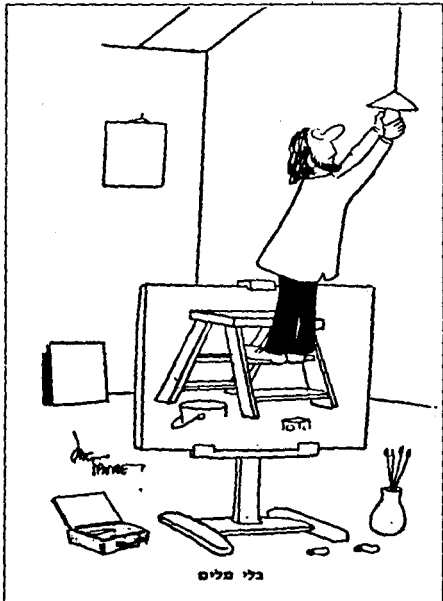


**איור 2**  
**איתור סופי של הפגיעה במעטה החיצוני**



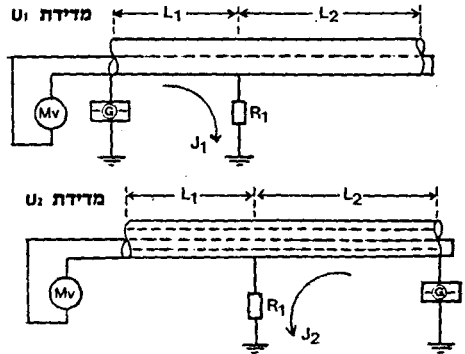
**מסקנות**

- שיטות הבדיקה המפורטות במאמר מצטיינות בפשטות יחסית ובמחיר נמוך של הציוד הדרוש.
- חשוב לציין ששיטות אלה טובות גם לאיתור סוגי תקלות רבות בכבלים פלסטיים במתח נמוך.
- מתוך ניסיון מעשי ידוע שרוב הפרעות החימום המתפתחות בתוך הכבל גורמות לנזקים במעטה החיצוני.
- בהודמנות זו ראוי להזכיר את החשיבות הרבה לבטיחות בזמן עבודה עם ציוד חשמלי ובמיוחד ציוד מתח גבוה.
- הכבל הנבדק חייב להיות מופסק ומורחק מכל מקור מתח.
- יש למנוע התקרבות של אנשים לשני קצוות הכבל הנבדק.
- יש לקצר את הכבל לפני התחלת המדידות ולחזור על הקיצור לאחד כל מדידה או בדיקה, וזאת לשם פירוק המטען החשמלי המצטבר בכבל.
- אסור להעזר באנשים שאינם מקצועיים לצורך עבודת בדיקה במתקנים חשמליים חיים ובמיוחד בעבודות עם ציוד מתח גבוה.
- בקיצור יש לשמור על כל הוראות הבטיחות בעבודת בדיקה במתקנים חשמליים.



בלי מלים

**איור 1**  
**מקום משוער של הפגיעה במעטה החיצוני**



$$L_1 = \frac{L_{tot} \cdot U_1}{U_1 + U_2}$$

- L : מרחק עד הפגיעה
- L : אורך של הכבל

**איתור סופי של מקום הפגיעה במעטה החיצוני (DIN POINTING)**

הגישה מבוססת על מדידת מתח צעד (STEP VOLTAGE) במקום הפגיעה שנוצר על ידי זרם הזורם דרך פריצה במעטה החיצוני לאדמה. מחברים בין המעטה המתכתי של הכבל ובין האדמה מקור מתח ישר 2-4 ק"ו, תוך הגבלות זרם של עד 20-30 מיליאמפר.

הזרם שיזרום דרך חור במעטה החיצוני מייצר מפל מתח סביב נקודת היציאה שלו מהכבל. בעזרת גלגני ומטר רגיש אפשר למדוד מפל מתח זה מעל פני הקרקע.

מפל המתח בין שתי נקודות על הקרקע משני צידי מקום הפגיעה יהיה שווה ל-0.1 אפס) רק כאשר מקום הפגיעה נמצא בדיוק במרכז בין שתי נקודות אלה.

מדידה בין שתי נקודות מצד אחד של הפגיעה, תראה תמיד תוצאה עם כיוון הפוך ממדידה בין שתי נקודות מדידה מהצד השני של הפגיעה. (ראה איור 2).

לצורך המדידה משתמשים בשתי אלקטרודות ממתכת.

גלגנומטר רגיש מגיב גם בזמן נגיעה של האלקטרודות בקרקע.

במקרה שכבל נמצא מתחת למשטח אספלט, אפשר לבצע את המדידות במרחק של 5-6 מטר מתואי הכבל. תוצאות טובות אפשר לקבל גם בנגיעת האלקטרודות במרווח שבין מרצפות המדרכה.

את מקור המתח אפשר להחליף לגנרטור אימפולסים. דבר זה יעזור להבדיל בין מפל מתח במקום הפגיעה בכבל ובין מפלי מתח שונים הקיימים כתוצאה מזרמים חשמליים שונים הקיימים בקרקע.

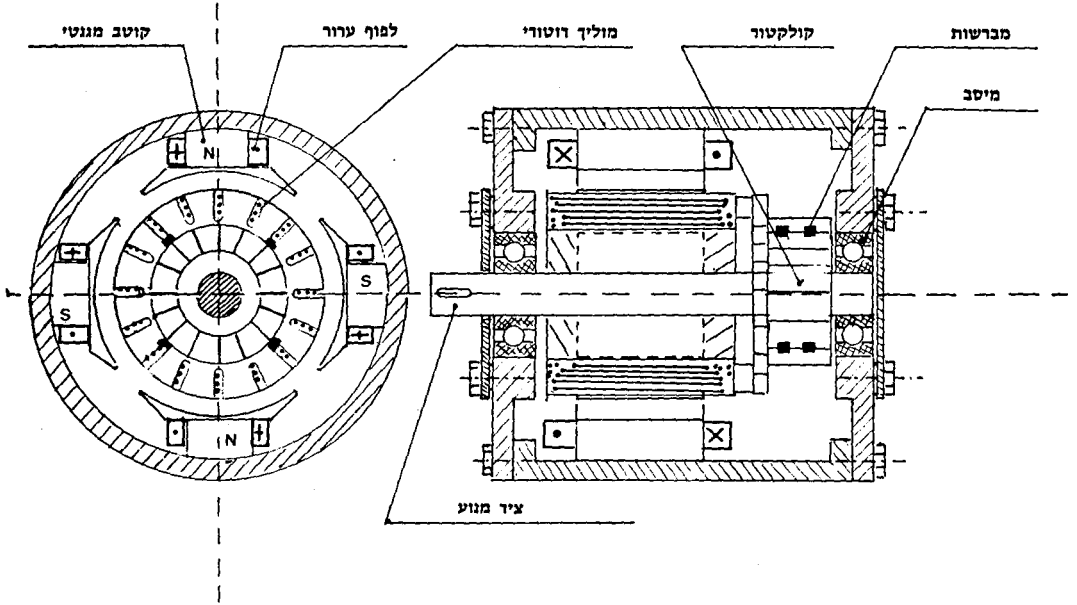
# מנוע רדיאלי בעל רוטור ללא פרוז

פרופ' י. נאות

כל חשמלאי מכיר את המבנה האופייני של מנוע לזרם ישר (ראה איור 1). מבנה זה נשאר כמעט ללא שינוי מתחילת המאה עד עצם היום הזה כיוון שהוא מאפשר המרת אנרגיה רצופה בזמן, מהצורה החשמלית אל הצורה המכנית (או להיפך). מבנה זה, שיקרא להלן מבנה קונבנציונלי, הינו בעל יתרונות וחסרונות, תלוי בשימוש לו מיועד המנוע.

על מנת להתעמק בסוגיה זו, רצוי להזכיר את תפקידו של כל חלק וחלק במנוע:

איור 1  
מבנה אופייני של מנוע זרם ישר



## א. הסטטור

תפקידו ליצור שטף מגנטי בעל קוטביות מתחלפת  $2p$  פעמים לאורך היקפו. במבנה הקונבנציונלי משיי גים זאת על ידי קביעת  $2p$  אלקטרומגנטים, במרחק קים שונים לאורך היקף הסטטור. סימן הקוטב (צפוני או דרומי) נקבע על פי כיוון הזרם בסליל העיזור.

בשנים האחרונות חלה התפתחות עצומה בייצור מגנטים קבועים בעלי עוצמה רבה וכיום בוים מכר נות בהן הסטטור מצויד במגנטים קבועים במקום אלקטרומגנטים.

## ב. הרוטור

הרוטור הוא החלק בו מתפתח מומנט הסיבוב ומתרחשת בו המרת האנרגיה. מוליכי הרוטור המסודרים בתוך החריצים, נמצאים תחת השפעת השטף המגנטי הנובע מהסטטור. כאשר זרם בהם זרם, מתפתח בהם כח בכיוון ניצב לזה של השדה המגנטי ולכיוון הזרם. כח זה הינו משוך להיקף הרך טור (ראה איור 1) סכום הכוחות של כל המוליכים כפול רדיוס הרוטור - הוא מומנט הסיבוב. היות ומוליכי הרוטור קבועים פיזית כחריצים, הרי הרוטור כולו מסתובב בהשפעת מומנט הסיבוב.

## ג. הקולקטור

על מנת לפתח מומנט צריך הזרם בחדרי הרוטור להיות מכוון בהתאם לסימן הקוטב. לכן הזרם הנכ" וס לרוטור שהוא זרם ישר, צריך להחליף את כיוונו כאשר המוליך הרוטורי עובר מקוטב אחד לשני. תפקיד הקולקטור הוא לבצע הפיכת כיוון זו.

אפשר אם כן לומר שהקולקטור הינו "אינדוסטר מכני" ההופך את הזרם הישר מתוך לרוטור לזרם חליפין בתוך הרוטור, זרם שתדירותו תלויה במספר קטבים  $2p$  ומהירות הרוטור  $n$  (R.P.M) לפי הנוסחה:

$$f = \frac{P \cdot n}{60}$$

מבחינה מונקציונלית הקולקטור הינו האינדוסטר האלגנטי והגמיש ביותר שהומצא עד כה, כולל האינדוסטרים האלקטרוניים למיניהם, אך עבודתו המעשית סובלת ממספר חסרונות.

1. ראשית, בגלל הראקטנס של המוליכים הרוטוריים, שאיננו מבוטל, החלפת כיוון הזרם נדרמת לניצוצות בין המברשות לקולקטור. ניצור צות אלה אוכלים משטח הקולקטור והמברשת כאחד, וגורמים לחידוש פני הקולקטור לעתים מוזמנות.

פרופ' י. נאות - הפקולטה לחשמל, הטכניון, מכון טכנולוגי לישראל

נוסחה 2 הינה בתוקף כשהמנוע נמצא במצב מתמיד, כלומר עובד במהירות קבועה בתקופות מעבר ממהירות אחת לשניה ועשית מכניקת המנוע וכל התופעות החשמליות המתלוות, הרבה יותר מסובכות.

בראש וראשונה חייב להיות, בזמן המעבר, עודף מומנט  $\Delta M$  חיובי או שלילי. פרוש הדבר שאם המהירות צריכה לעלות, מומנט המנוע חייב להיות גדול יותר מהמומנט הנגדי של העומס ( $\Delta M$  חיובי) ואילו במהירות יורדת, מומנט המנוע חייב להיות קטן מהמומנט הנגדי ( $\Delta M$  שלילי).

אם נסמן ב- J את מומנט האינרציה של כל המסות המסתובבות, כולל רוטור המנוע, נוכל לחשב את ה"תאוצה הזוויתית"  $\omega$  לפי נוסחה 3.

$$\omega = \frac{\Delta M}{J} \quad 3.$$

ככל ש'  $\omega$  גדול יותר המעבר נעשה בזמן  $\Delta t$  (זמן תגובה) קטן יותר. במנועים העובדים זמן ממושך במהירות קבועה (רוב השימושים בתעשייה) אין ל-  $\Delta t$  חשיבות, אך אם המנוע נדרש לשנות את מהירותו במשך כל הזמן, כפי שקורה במעגלי בקרה ו/או ויסות, הופכת "מהירות התגובה" לבעיה מרכזית מפני שתגובה אי-טית מדי או מהירה מדי עלולה לשבש את כל פעולתו של המעגל ולהכשיל את הויסות.

במנוע הקונבנציונלי מומנט האינרציה של הרוטור גדול למדי בגלל מסת הברזל והנחושת של הרוטור עצמו. תכונה זו הופכת את המנוע הקונבנציונלי לבלתי מתאים למערכות ויסות מהירות.

2. מסיבות טכניות-כלכליות, שטח הקולקטור קטן ביחס לזרם העובר דרכו, ועל כן הוא עובד בטמפרטורה גבוהה יחסית. עובדה זו תורמת לקיצור מרווח הזמן בין שני טיפולים עוקבים.
3. חיכוך המברשות על פני הקולקטור גורם להפסד מכני אשר מוריד את ניצולת המנוע ומוסיף לחיי מום הקולקטור.

### תכונות המנוע

אחת התכונות החשובות של המנוע לזרם ישיר היא הקלות בה אפשר לווסת את מהירותו בגבולות רחבים ביותר, כולל הפיכת כיוון. ניתן לעשות זאת בשתי דרכים:

#### א. ויסות סטטורי

מהירות הרוטור תלויה במספר גרמים כמפורט בנוסחה 2.

$$n = \frac{60V}{N\phi} \quad 2.$$

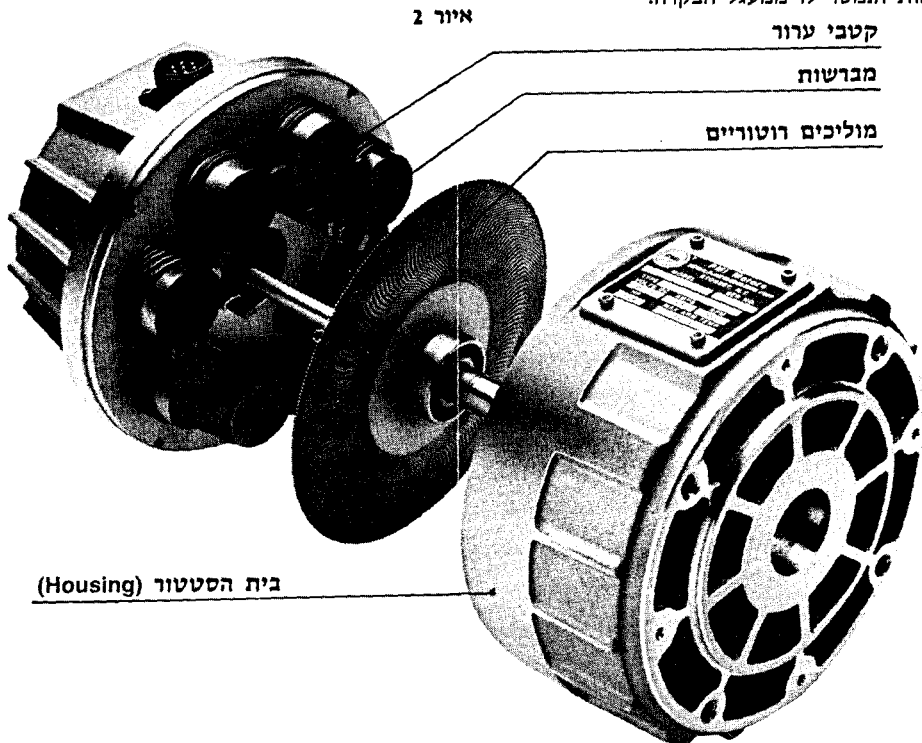
כאשר:

- V - הוא מתח ברוטור (volt)
- $\phi$  - הוא שטף הקוטב (v.s)
- N - הוא מספר המוליכים הרוטוריים
- n - היא המהירות (R.P.M)

אם משנים את זרם העירור של הקטבים, משנים את  $\phi$  ועל ידי כך משפיעים על המהירות. ברור שדרך זו אינה אפשרית במנועים בעלי קטבים קבועים.

#### ב. ויסות רוטורי

נוסחה 2 מראה שאפשר לשנות את המהירות גם אם משנים את המתח הרוטורי V. זאת הדרך המקובלת במעגלי ויסות בהם V מסופק ממגבר הפועל לפי אות הנמסר לו ממעגל הבקרה.



יתרה מזו, אם מומנט המנוע גדול רק במקצת ממומנט ההדבקה, תנועת הרוטור לא תהיה קצובה, כי אם **בקפיצות**. כדור שתכונות אלה מפרעיות מאד בכל מעגל יסות בו הרוטור צריך להסתובב במהירות קטנה. המנוע הרדיאלי, בהיותו חסר ברזל רוטורי, אינו מגלה שום מומנט הדבקה והוא מסוגל להסתובב במהירות קצובה קטנה ביותר. לשם השוואת התכונות של שני מנועים דומים, האחד בעל מבנה רדיאלי והשני קונבנציונלי, ניתנת להלן טבלה 1.

**טבלה מס' 1**  
**השוואת תכונות בין מנוע רדיאלי למנוע קונבנציונלי**

| מנוע קונבנציונלי | מנוע רדיאלי | יחידות               | תכונה               |
|------------------|-------------|----------------------|---------------------|
| 1.19             | 1.4         | HP                   | הספק רצוף           |
| 3000             | 3000        | RPM                  | מהירות נומינלית     |
| 3000             | 4000        | RPM                  | מהירות מירבית       |
| 53               | 31          | lb-in                | מומנט עמידה         |
| 30               | 39          | V/hrpm               | כא"מ                |
| 531              | 331         | lb-in                | מומנט מיירבי        |
| >0               | 0           |                      | מומנט הדבקה         |
| 0.72             | 0.089       | oz-in-s <sup>2</sup> | מומנט אינרציה       |
| 11               | 3.15        | m.s.                 | קונסטנטת זמן מכנית  |
| 2.8              | 0.14        | m.s.                 | קונסטנטת זמן חשמלית |
| 1178             | 5733        | zad/sec <sup>2</sup> | תאוצה התחלתית       |

טבלה מס' 1 מאפשרת כמה השוואות מעניינות.

א. מומנט האינרציה של הרוטור של מנוע קונבנציונלי גדול בערך פי 8 מזה של מנוע רדיאלי דומה.

ב. קונסטנטת הזמן המכנית של המנוע הרדיאלי הינה 3.15 כנגד 11 במנוע הקונבנציונלי. בהתחשב בכך שמרגע הפעלת המומנט עד לריגע בו הרוטור מגיע למהירותו הסופית עוברות 4 ÷ 3 קונסטנטות זמן, דבר המביא למסקנה שהמנוע הרדיאלי יגיע למהירות תוך 10ms כקרב כנגד 35ms של המנוע הקונבנציונלי.

ג. קונסטנטת הזמן החשמלית של המנוע הרדיאלי קטנה מאד ביחס לזו של המנוע הקונבנציונלי. כתוצאה מכך גם תופעת המעבר החשמלית המסתיימת מהר יותר, דבר בעל חשיבות במעגלי יסות.

**מנועים רדיאליים אסינכרוניים**

כל האמור עד כה אינו מוגבל למנוע זרם ישר בלבד. המנוע לזרם ישר הינו הנפוץ ביותר מפני שרוב מעגלי הבקרה עובדים בזרם ישר, ברם אפשר לנצל את היתרון נות של המבנה הרדיאלי גם בבניית מנועי השראה חד פאזיים או תלת פאזיים. למעשה מנועים כאלה כבר חשמלאי מכיר לפחות מנוע רדיאלי אסינכרוני אחד – הוא המונה החשמלי. המונה הוא בעצם מנוע השראה דו פאזי, בו סליל המתח מהווה פאזה אחת וסליל הזרם הפאזה השנייה. הדיסק המסתובב הוא הרוטור. במקרה זה במקום מוליכים מרוכזים מוצגלים את כל שטח הדיסק תחת הסלילים הסטטוריים כמוליך רוטורי אקטיבי.

חסרון נוסף של המבנה הקונבנציונלי הוא בתנאי הקרור. רוטור המנוע מצויד במאורד הגורם לזרם אור המפזר את חום המנוע לסביבה. מאורד זה יעיל יותר במהירויות גדולות ולגמדי לא יעיל במהירויות קטנות. ברם, מנוע סרבו (Servomotor) נדרש לפעול חלק גדול מהזמן במהירות קטנה מאד, כלומר בתנאי קרור גרועים.

מסיבות אלה חיפשו מתכנני המנועים פתרון אחר למנר עיר סרבו, והתוצאה שנמצאה הוא המנוע הרדיאלי ללא ברזל.

**מבנה המנוע הרדיאלי (ראה איור 2)**

איור זה מראה את מבנה המנוע הרדיאלי בו החלקים העיקריים מרוחקים זה מזה (Expanded View). מהאיור רואים שחלה החלפה בתפקידי הכיוונים – צירי ורדיאלי.

הקטבים (שבמקרה באיור מעוברים בליפוי עיורד) יוצרים שדה מגנטי בכיוון הצירי בניגוד למבנה הקונבנציונלי בו השדה המגנטי הינו בכיוון רדיאלי (השווה עם איור 1).

המוליכים הרוטוריים, שבמבנה הקונבנציונלי מונחים לאורך הרוטור בכיוון צירי, ובמבנה הרדיאלי בכיוון רדיאלי והם מודבקים על דיסק מחומר מבודד בעזרת דבק מיוחד. שטח התכם הינו של פס שטוח ורחב כך שהעובי הכולל של המוליכים והדיסק הנושא אותם אינו עובר על מילימטרים בודדים.

הקולקטור אינו קיים כאלמנט נפרד מפני שהמברשות מעבירות את הזרם ישירות למוליכים.

**היתרונות הבולטים של מבנה זה הם:**

- א. מומנט האינרציה של הרוטור קטן מאד מפני שאין בו מסות ברזל ונחושת מסתובבות. כתוצאה מכך הרוטור מסוגל להגיע לתאוצות הרבה יותר גדולות מאלה של המבנה הקונבנציונלי.
- ב. מנועים קטנים הגיעו אפילו לשימוש של רוטור בצורת "כרטיס מודפס" בו המוליכים המודפסים הם מכסף טהור. מוליכות הכסף גדולה ב-7% מזו של הנחושת ועל כן ההפסדים האומיים של הרוטור קטנים באותה המידה.
- אם יוקח בחשבון שתנאי הקרור של הדיסק טובים הרבה יותר מאלה של הרוטור הצילינדר ושהעדר הברזל המסתובב מחסל לגמדי את ההפסדים המגנטיים שקיימים ברוטור הקונבנציונלי, נבין שבמבנה הרדיאלי אפשר להגדיל את צפיפות הזרם במוליכים ויחד עם זאת לשמור על טמפרטורת הרוטור בגבולות המותרים.
- ב. המוליכים הרדיאליים הינם בעלי השראות עצמית קטנה ביותר, בגלל העדר הברזל הרוטורי.
- כתוצאה מכך בעית הניצוצות מאבדת את כל חשיבותה, בניגוד למבנה הקונבנציונלי בו היא מהי וזה מיגבלה רצינית.

אחת הבעיות של המנוע הקונבנציונלי, שטרם נדונה, היא בעית "ההדבקה המגנטית" (Cogging).

העובדה שהרוטור מחורץ, גורמת לכך שכח המשיכה המגנטית בין סטטור לרוטור שואף לכוון אותו כך ששטח הברזל מתחת לקוטב יהיה מירבי. כתוצאה מכך, אם ננסים לסובב את הרוטור, אפילו אם אין זרם במוליכים, מרגישים כח מתנגד כאילו הרוטור מודבק לסטטור במין דבק אלסטי המאפשר לו תזוזה קטנה אבל מחזיר אותו למקומו כאשר מרפים ממנו ("הדבקה מגנטית" – Cogging).

בנובע מכך שעל מנת להתחיל בתנועה סיבובית צריך הרוטור לפתח מומנט מזערי, אפילו אם המנוע במצב ריקם מוחלט. ("מומנט הדבקה" – Cogging Torque).

כדי לפתח מומנט זה יש צורך בזרם רוטורי מסויים לפני שתנועת הרוטור תתחיל.

# הארקה באמצעות אלקטרודות לאדמה

(הארות למאמר בנושא שפורסם בחוברת מס' 31)

פרופ' י. נאות

אם נניח שהזרם  $I_1$  זורם לאדמה דרך אלקטרודה 1 ניתן להניח שזרם זה גורם לעליית הפוטנציאל של כל נקודה P על פני הקרקע.

אם נסמן ב- $x$  את המרחק בין P לאלקטרודה 1, אפשר לחשב עליית הפוטנציאל כ:

$$\varphi_p = R_p I_1 \frac{\ln \frac{\sqrt{\ell^2 + x^2} + \ell}{\sqrt{\ell^2 + x^2} - \ell}}{2 \ln \frac{2\ell}{r}}$$

נוסחה 1 ניתנת בלי הוכחה, למען הקיצור. נוסחה זו נכונה רק עבור אלקטרודה מהסוג הנדון. נניח כעת שהמרחק  $x$  שווה למרחק  $a$  בין שתי האלקטרודות, ונסמן ב- $\alpha$  את הבטוי:

$$\alpha = \frac{\ln \frac{\sqrt{\ell^2 + a^2} + \ell}{\sqrt{\ell^2 + a^2} - \ell}}{2 \ln \frac{2\ell}{r}}$$

נוכל לכתוב שעליית הפוטנציאל של אלקטרודה 2 בגין הזרם  $I_1$  הזורם לאדמה דרך אלקטרודה 1 היא:

$$\varphi_2' = R_p I_1 \alpha$$

אם נניח כעת שבאותו הזמן זורם גם זרם  $I_2$  דרך אלקטרודה 2, הפוטנציאל השקול של אלקטרודה זו יהיה:

$$\left. \begin{aligned} \varphi_2 &= \varphi_2' + \varphi_2'' \\ \varphi_2 &= R_p (I_2 + \alpha I_1) \end{aligned} \right\}$$

באופן אנלוגי אפשר לכתוב את הפוטנציאל של האלקטרודה בצורה:

$$\varphi_1 = R_p (I_1 + \alpha I_2)$$

העובדה ששתי האלקטרודות מחוברות יחד במוליך, קובעת שהפוטנציאל שלהן צריך להיות שווה, כלומר:

$$\left. \begin{aligned} \varphi_1 &= \varphi_2 \\ I_2 + \alpha I_1 &= I_1 + \alpha I_2 \end{aligned} \right\}$$

מכאן מקבלים:

$$I_1(1 - \alpha) = I_2(1 - \alpha)$$

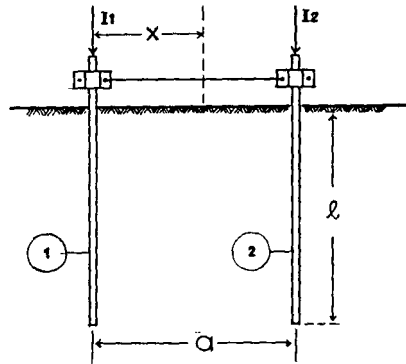
משוואה 7 יכולה להתקיים רק אם  $I_1 = I_2$  כלומר כל אחת מהאלקטרודות מובילה אל הקרקע מתי ציט מהזרם הכולל  $I$  מכאן נובע:

בראשית דברי רוצה אני לכרך את אינג' א. איציקוביץ על יוזמתו לפרסם מאמר בנושא כה חשוב בו ידועותי-הם של רוב החשמלאים אינן מבוססות די הצורך, וכן על הצורה הברורה, התמציתית והמצמצמת של מאמרו. בנוסף לבדכתי ברצוני להוסיף תרומה משלי, לא מבחינת ביקורת, כי אם מבחינת תוספת מידע שלדעתי יכיר לה להיות חשובה במקרים מעשיים:

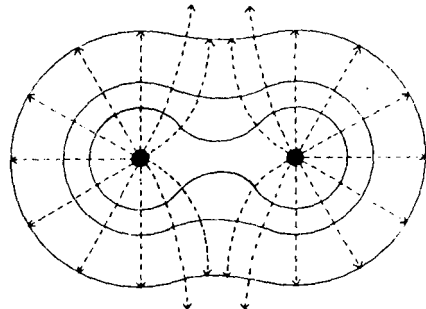
## א. אלקטרודות במקביל

בפרק "אלקטרודות במקביל" מציין אינג' איציקוביץ בין כי במקרה זה, שהוא בעל חשיבות מעשית רבה, קיימת הפרעה הדדית בין האלקטרודות הגורמת לכך שקבוצת האלקטרודות מגלה התנגדות לאדמה גדולה יותר מזו שאפשר לחשב על פי חוקי קירכוף. ברצוני להוסיף שמקדם ההפרעה ההדדית ניתן לחישוב בעזרת שיטה פשוטה וחשובים אלמנטריים. בכדי להבין זאת עיין באיור 1, המתאר שתי אלקטרודות מוט תקועות בקרקע במרחק  $a$  זו מזו, בעלות עומק  $\ell$  ורדיוס  $r$ , תהיה ההתנגדות לאדמה של אלקטרודה אחת ( $R_p$ ) מחושבת כמצויין בטב"ל 2 - שורה 5 במאמרו של אינג' איציקוביץ.

איור 1



איור 2



פרופ' י. נאות - הפקולטה לחשמל, הטכניון, מכון טכנולוגי לישראל

אם נסדר אותן בגאומטריה של משולש שווה צל-  
עות במרחק  $a = 10m$  נקבל:

$$\alpha_{1,2} = \alpha_{2,3} = \alpha_{3,1} = \alpha = \frac{\ln \frac{\sqrt{12^2 + 10^2} + 12}{\sqrt{12^2 + 10^2} - 12}}{2 \ln \frac{2 \times 12}{25 \times 10^{-3}}} = 0.15 \quad .10$$

במקרה זה מקדם ההפרעה יהיה  $(1 + 2\alpha) = 1.30$ .  
פרושו שההתנגדות הכוללת גדולה ב-30% מהתנג-  
דות לפי חוק קירכוף במקום  $R = \frac{9.15}{3} = 3.05 \Omega$  נקבל:

$$R = \frac{9.15}{3} \times 1.3 = 3.97 \Omega \quad .11$$

$$\Phi = R_p \frac{I}{2} (1 + \alpha) \quad .8$$

אשר נותנת את ההתנגדות הכוללת  $R$  של זוג  
האלקטרודות:

$$R = \frac{R_p}{2} (1 + \alpha) \quad .9$$

אילו היינו מחשבים את ההתנגדות הכוללת לפי  
חוקי קירכוף היינו מקבלים  $R = R_p/2$  פרושו שהגו-  
רם  $1 + \alpha > 1$  הוא מקדם ההפרעה ההדדית.  
באופן דומה אפשר לחשב את מקדם ההפרעה ההד-  
דית עבור כל צדוף של אלקטרודות. בטבלה 1 מוב-  
אים כמה צרופים מעשיים ומקדם ההפרעה שלהם.  
כדאי לשים לב לעובדה שלגאומטריה של הצרוף  
ישנה השפעה על מקדם ההפרעה ההדדית, לדוגמה:  
ניקח בחשבון צרוף של 3 אלקטרודות בעלות אורך  
12m ורדיוס של 25mm ונניח שהתנגדות אחת מהן  
כלפי האדמה שווה ל-  $R_p = 9.15 \Omega$ .

טבלה 1  
מקדם ההפרעה ההדדית

| מס' | צרוף | אימיון   | מקדם הפרעה הדדית                      | התנגדות כוללת   |
|-----|------|--|---------------------------------------|---|
| 1   |      | $I_1 = I$  | 1                                     | $R_p$   |
| 2   |      | $\alpha_{1,2} = \alpha_{2,1} = \alpha$   | $I_1 = I_2 = \frac{I}{2}$             | $R_p \frac{1 + \alpha}{2}$                                    |
| 3   |      | $\alpha_{1,2} = \alpha_{2,3} = \alpha_{3,1} = \alpha$  | $I_1 = I_2 = I_3 = \frac{I}{3}$       | $R_p \frac{1 + 2\alpha}{3}$                                   |
| 4   |      | $\alpha_{1,2} = \alpha_{2,3} = \alpha_{3,4} = \alpha_{4,1} = \alpha$<br>$\alpha_{1,3} = \alpha_{2,4} = \alpha_1$ | $I_1 = I_2 = I_3 = I_4 = \frac{I}{4}$ | $R_p \frac{1 + 2\alpha + \alpha_1}{4}$                        |
| 5   |      | $\alpha_{1,2} = \alpha_{2,3} = \alpha$<br>$\alpha_{1,3} = \alpha_1$  | $I_1 = I_3 = I_2$                     | $R_p \frac{1 - 2\alpha^2 + \alpha_1}{3 - 4\alpha + \alpha_1}$ |

ב. בצויר 6 נפלה טעות: הצויר אינו מתייחס למקרה  
של שתי אלקטרודות המעבירות זרם לקרקע בצורה  
מקבילה כי אם למקרה של שתי אלקטרודות בטור  
בהן הזרם יוצא מאלקטרודה אחת ונכנס לאלקטרו-  
דה השנייה.

קוי הזרימה והקווים שוויו פוטנציאל המתאימים  
לשתי אלקטרודות במקביל נראים כמו בצויר 2.  
ג. כדאי גם לציין שערכי ההתנגדות המחושבים לפי  
הנוסחאות הנ"ל מתאימים כל עוד עוצמת הזרם  
הנכנס לקרקע אינה גדולה מאד כמו בפגיעת ברק,  
למשל:

במקרה זה האלקטרודה מגלה התנגדות גדולה יותר  
במידה משמעותית ולכך שתי סיבות:

1. בזרם קצר גדול מאד, התנגדות האלקטרודה  
עצמה, משנה את הפוטנציאל לאורכה.
2. זרם הברק הינו בעל תדירות גבוהה (להבדיל  
מזרם קצר שהוא בעל תדירות הרשת). בתנאים  
אלה האלקטרודה מגלה רזקטנס רציני שמש-  
בש באופן ניכר את חלוקת הפוטנציאלים.

במקרים אלה החישוב אינו פשוט ותוצאותיו אינן  
אמינות ולכן נוהגים להעזר במקדמים ניסיוניים על  
מנת להתקרב למציאות.

אם נסדר את אותן האלקטרודות בקו ישר נקבל:

$$\alpha_{1,2} = \alpha_{2,3} = \alpha = 0.15 \quad .12$$

$$\alpha_{1,3} = \alpha_1 = \frac{\ln \frac{\sqrt{12^2 + 20^2} + 12}{\sqrt{12^2 + 20^2} - 12}}{2 \ln \frac{2 \times 12}{25 \times 10^{-3}}} = 0.083$$

מקדם ההפרעה יהיה:

$$1.3 \quad .13$$

$$\frac{3 - 6\alpha^2 + 3\alpha_1}{3 - 4\alpha + \alpha_1} = \frac{3 - 6 \times 0.15^2 + 3 \times 0.083}{3 - 4 \times 0.15 + 0.083} = 1.25$$

ההתנגדות הכוללת תהיה:

$$R = \frac{9.15}{3} \times 1.25 = 3.83 \Omega \quad .14$$

מכאן נראה שהגאומטריה הלינארית עדיפה.

# ברק כ"ח בע"מ

ייצור שנאים (טרנספורמטורים)  
בהסכם ידע עם  
BENMAT CO L.I.C NEW YORK U.S.A

- חד פאזי ותלת פאזי שנאי זרם לאמפרמטר להרכבה בלוחות חשמל ומתקני חשמל.
- אוטו טרפו להתנעת מנועים חשמליים עד 200 HP ~3.
- שנאים 110V-220 לשימוש ביתי עבור הפעלת מכשירי חשמל אמריקאים 110V.

\* למקררי NO FROST עם תותקן ושנה אחריות.  
להשיג: במפעל.

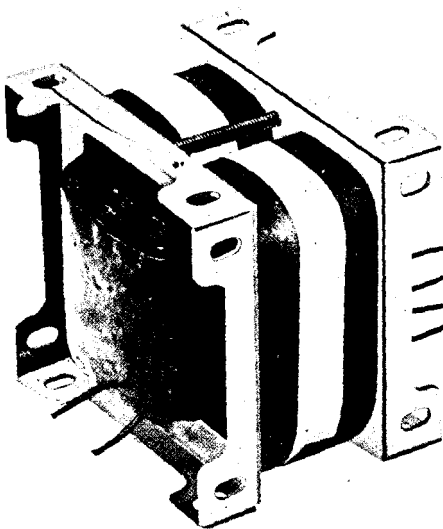
## ברק כ"ח

ייצור טרנספורמטורים (שנאים)

רח' רויגו 8, פינת שד' הר ציון 91

תל-אביב

או בחנויות הומרי חשמל



שד' הר ציון 91 (סמטת רויגו 8)

טל: 03-377692 ת"א

## שרות פרסומי לקוראים

למעוניינים במידע נוסף!

כדי לקבל מידע נוסף:

1. סמן בדף השרות הפרסומי את מספרי המודעות בהן יש לך ענין במידע נוסף.
2. מלא את שמך וכתובתך, בכתב יד ברור בכל משבצת מהמודעות שסימנת.
3. שלח את דף השרות (בשלמותו) לפי כתובת המערכת:

מערכת "התקע המצדיע"

ת.ד. 8810

חיפה 10087

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

## מרכז פיתוח והדרכה לחברות טכנולוגיות מתקדמות

ת.ד. 2115 פתח תקוה, מיקוד 49120

טלפון: 03-916692, 03-919789

סלקס: TLX 342184 COSML IL ATT D.E.C.

### מרכז פיתוח והדרכה פיתח עבורך את ההשתלמויות הבאות:

- (1) יום השתלמות במיקרו פרוססורים - יום מרכז
- (2) השתלמות בסיסית וממצה באלקטרוניקה תעשייתית - 85 שעות
- (3) השתלמות בסיסית וממצה במיקרו מחשבים תעשייתיים - 65 שעות
- (4) קורס משולב באלקטרוניקה תעשייתית ומיקרו מחשבים - 110 שעות

פרטים נוספים - במזכירות מרכז פיתוח והדרכה

חשוב: למהנדסים, חברי הסתדרות המהנדסים -

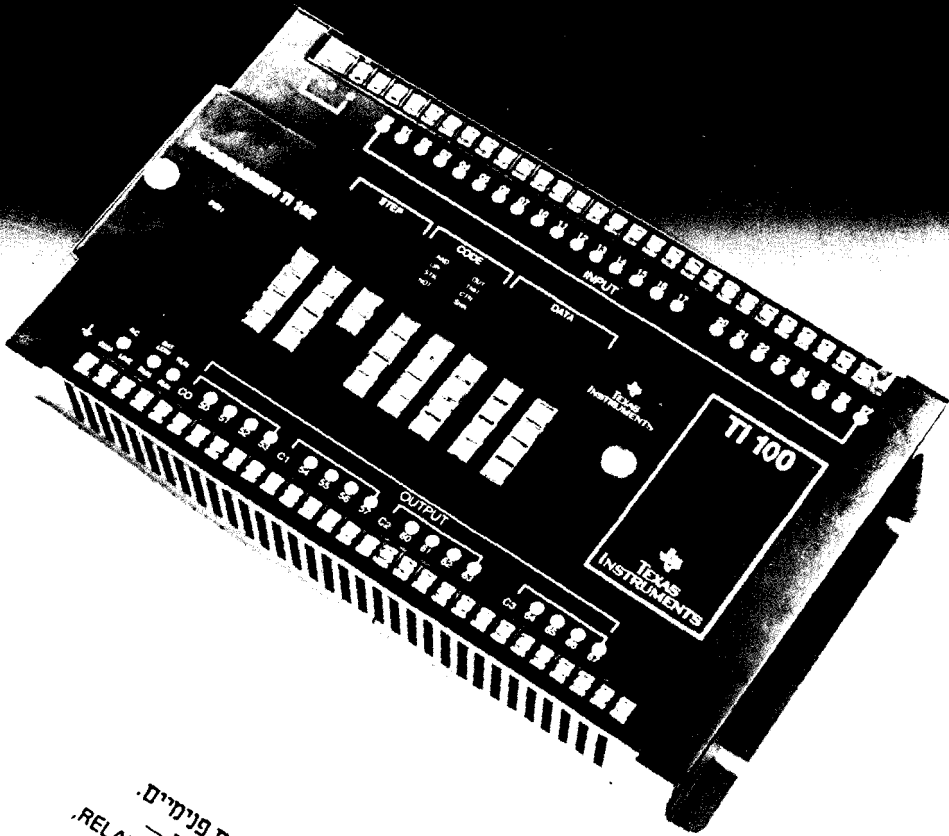
ההשתלמויות הנ"ל נערכות בשיתוף עם מח' ההשתלמויות של הסתדרות המהנדסים פרטים נוספים במחלקת ההשתלמויות של הסתדרות המהנדסים.

שרות פרסומי – דף למידע נוסף

|         |         |         |
|---------|---------|---------|
| 32 / 3  | 32 / 2  | 32 / 1  |
| שם      | שם      | שם      |
| כתובת   | כתובת   | כתובת   |
| 32 / 6  | 32 / 5  | 32 / 4  |
| שם      | שם      | שם      |
| כתובת   | כתובת   | כתובת   |
| 32 / 9  | 32 / 8  | 32 / 7  |
| שם      | שם      | שם      |
| כתובת   | כתובת   | כתובת   |
| 32 / 12 | 32 / 11 | 32 / 10 |
| שם      | שם      | שם      |
| כתובת   | כתובת   | כתובת   |
| 32 / 15 | 32 / 14 | 32 / 13 |
| שם      | שם      | שם      |
| כתובת   | כתובת   | כתובת   |
| 32 / 18 | 32 / 17 | 32 / 16 |
| שם      | שם      | שם      |
| כתובת   | כתובת   | כתובת   |
| 32 / 21 | 32 / 20 | 32 / 19 |
| שם      | שם      | שם      |
| כתובת   | כתובת   | כתובת   |
| 32 / 24 | 32 / 23 | 32 / 22 |
| שם      | שם      | שם      |
| כתובת   | כתובת   | כתובת   |
| 32 / 27 | 32 / 26 | 32 / 25 |
| שם      | שם      | שם      |
| כתובת   | כתובת   | כתובת   |
| 32 / 30 | 32 / 29 | 32 / 28 |
| שם      | שם      | שם      |
| כתובת   | כתובת   | כתובת   |



# TEXAS INSTRUMENTS בקר מתוכנתת תוצרת TI-100



- \* עד 128 כניסות/יציאות.
- \* יציאות TRIAC — RELAY.
- \* יציאות TRANSISTOR.
- \* על פי בחירת המזמין.
- \* מערכת בדיקה עצמית.
- \* מערובה סוגי תכנותים (דגל, כולל צורב EPROM).
- \* כולל צורב EPROM ויציאה למדפסת.
- \* זמן סקירה קצר ביותר.
- \* זמן זכרון גדול במילים.
- \* בנות 16 ביטים.
- \* בעל מבנה תעשייתי קשיח, קומפקטי ועמיד בפני רעשים.

החל מ-  
**\$393**



**TEXEL ELECTRONICS LTD.**  
טקסל אלקטרוניקה בע"מ  
מקבוצת קצנושטיין אדלר

תל-אביב, דרך פ"ת 37 טל. 614668(03) = חיפה, טל. 532175(04) = באר-שבע, טל. 35916(057)

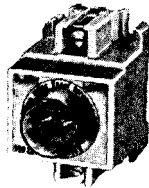
# נזקים - הפסקות ייצור

## כתוצאה ממתח יתר או פגיעת ברק?



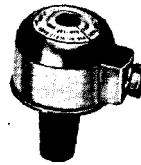
**מגן מתח יתר  
וברק  
VA 280**

הגנה על אספקות  
חשמל לפסי  
צבירה



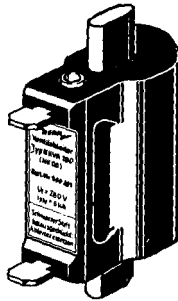
**מפרץ מוגן  
התפוצצות  
ExPS**

מפרץ אמיץ  
למוינת ניצוצות  
באטמוספרות  
נפיצות.



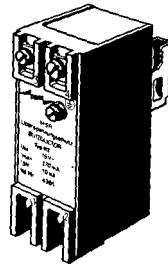
**מגן מתח יתר  
וברק  
NHVA 280**

הגנה על אספקת  
חשמל לפסי  
צבירה כולל  
אפשרות להתראה  
מרחוק.



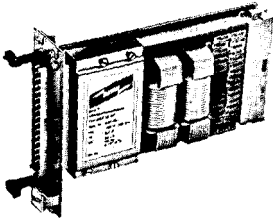
**בליץ דוקטור  
BLITZDUCTOR**

מגוון התקנים  
להגנה על קווי  
תקשורת, מחשבים,  
מסופים,  
טלקס וכו'.



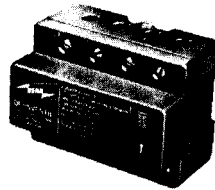
**מגן מתח יתר  
BEE**

הגנה על מחשבים,  
מסופים,  
מרכזיות טלפונים,  
וכו', בפני מתחי  
יתר לאדמה ובין  
זוגות הקווים.



**דהנונטיל  
DEHNVENTIL**

הגנה קומפקטית  
תלת-מופעית של  
זינות חשמל נגד  
מתחי יתר -  
כולל פגיעות  
ישירות של  
ברקים



אנו לשרותך במידע ויעוץ

## הנדסה אלקטרומכנית חיפה בע"מ

יצרני לוחות וציוד מיתוג חשמלי לתעשייה ולבנין

מקבוצת קצנשטיין אלדר

חיפה, רח' יפו 121, טל: 04-532175



DEHN + SOHNE נציגות בלעדית: די.אס.בי. הנדסה בע"מ

# בקר מתוכנת SK-1600



**ENTERTRON INDUSTRIES INC.**

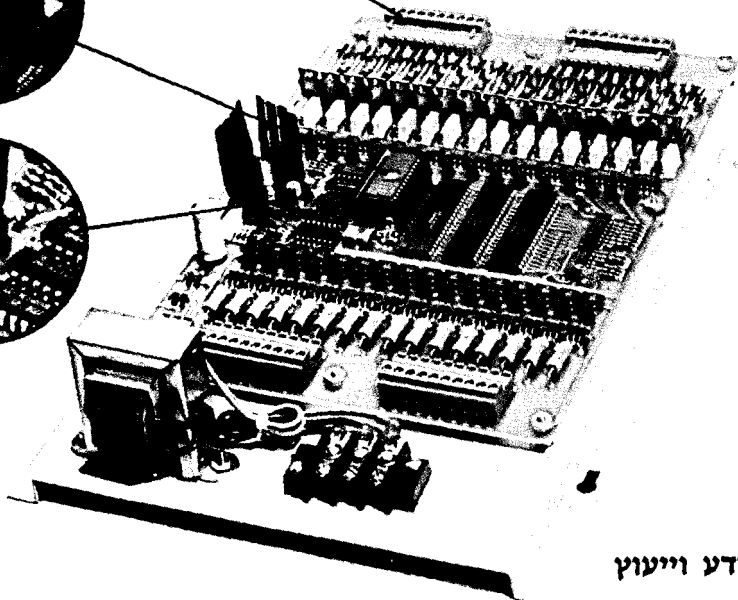
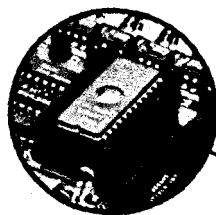
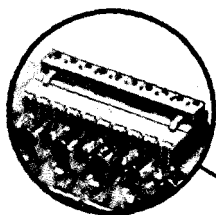
**Manufactured in Israel by Megatron**

חברת מגטרון בע"מ חתמה הסכם עם חברת Entertron לייצור ושיווק הבקרים הידועים בישראל. הנסיון והידע הרב של חברת Entertron בשילוב עם המוניטין של מגטרון מבטיחים מוצר מעולה במחיר תחרותי בהשוואה לשאר הבקרים האחרים המצויים בשוק.

הבקר הבסיסי דגם SK-1600 כולל זכרון 8,1K טיימרים, 8 מונים, 16 כניסות עם בידוד אלקטר-אופטי, 16 יציאות מבודדות ל-2A. ניתן להרחיב את הבקר ב-16 כניסות ועוד 16 יציאות נוספות.

תכנות הבקר מתבצע בשיטת דיאגרמת סולם ע"י יחידת תכנות נפרדת.

קיימים דגמים נוספים עד 256 I/O כולל גם כניסות ויציאות אנלוגיות.



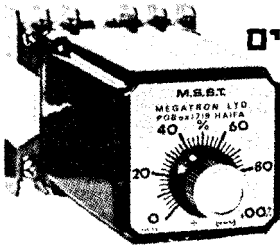
אנא פנה לקבלת מידע וייעוץ

**מגטרון**

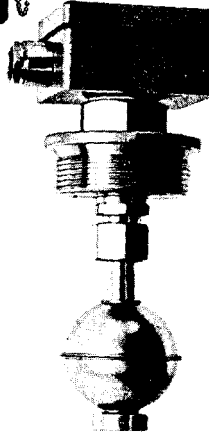
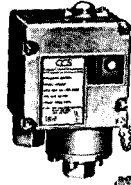


ת.ד. 1719 חיפה,  
טל. 04-888356

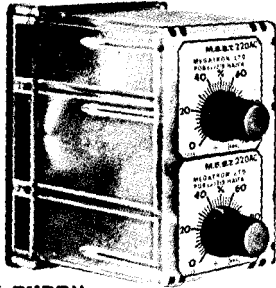
אלקטרוניקה ובקרה בע"מ



### טיימרים



**מפיצים של:**  
מפסקי לחץ טמפ' זרימה  
מפסקי קרבה אינדוקטיביים  
מפסקים מגנטיים,  
בקרי גובה  
למידע נוסף סמן  
מס' 32/6

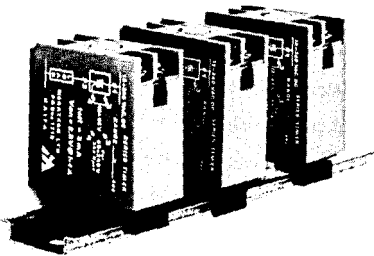


מוצר אמין,  
נוח להתקנה, מסופק  
מהמלאי במחיר נמוך,  
מיגוון של סוגי  
הפעלה, תחומי זמן,  
מתחי הפעלה.  
לפי דרישת הלקוחות  
אנו מייצרים גם  
של 8 פנינים.

אחריות 5 שנים לבעולה תקינה!  
למידע נוסף סמן מס' 32/8

### M.S.S.T. 701

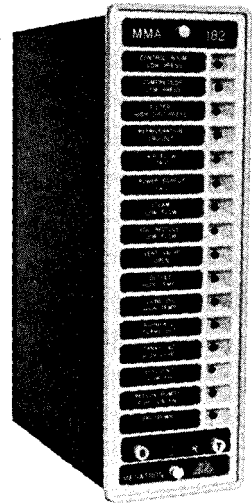
טיימר  
טורי



- יחידה אחת המתאימה למתח החל מ-12 וולט ועד 230 וולט.
  - 10 תחומי זמן ניתנים לבחירה ע"י חיבור פנימי מ-1 שניה עד 16 דקות.
  - מתאים למסילות DIN סטנדרטיות, איכות מעולה במחיר נמוך (\$ 17) אספקה מהמלאי!
  - דגם B 702 השחית פולס (ויש רלי).
  - דגם F 702 טיימר מחזורי (בליקר)
  - דגם X 701 — "זמן התאוששות" 10 מילי שניות.
- למידע נוסף סמן מס' 32/9

### MMA 182

מערכת התרעות ממוחשבת  
MMA-182



המערכת החדשה מבוססת על מיקרו מחשב, אשר מאפשר גמישות רבה והתאמה לכל הדרישות הנוכחיות והשינויים שעלולים להופיע בעתיד. בחירת כל האופציות מתבצעת ע"י קביעת מפסקים זעירים (Bit-Switches) המערכת מיועדת עבור 16 ערוצי התרעה, ויכולה לקבל כניסות מכל סוג שהוא.

למידע נוסף סמן מס' 32/7

## מגטרון



ת.ד. 1719 חיפה,  
טל. 04-888356

אלקטרוניקה ובקרה בע"מ

# pulsotronic

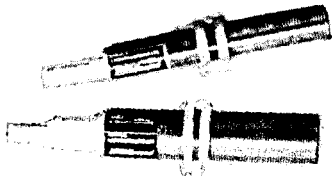
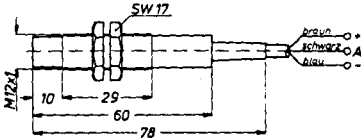
## מפסקי קירבה

חברת Pulsotronic המייצרת זה שנים רבות, מפסקי קרבה הפועלים ללא מגע, מספקת פתרון לכל בעיה בנושא מפסקי קרבה.  
הטבלה להלן מתארת את הסוגים הנ"ל פוצים:

\* מפסקי קרבה לזרם חילופין (Ac) מתאים בתחום מתחים רחב. מתאים לפעולה N.O. (פתוח במצב רגיל) N.C. (סגור במצב רגיל).

\* מפסקי קרבה לזרם ישר (DC Pulsors) מתאים במיוחד למערכות בקרה. מוגן בפני חיבור קוטביות הפוכה. מיתוג הצד החיובי או השלילי של המעגל. קיימים גם סוגים מיוחדים המספקים סיגנל אנלוגי היחסי למרחק מהמטרה. כל מפסקי הקרבה מיוצרים לפי תקן DIN וכוללים גם דגמים מוגני התפור-צלות.

\* **צורות ומבנה**  
מבנה גלילי בקוטר החל מ 5 עד 40 מ"מ. מבנה ריבועי. לטווח פעולה רחב ביותר. מבנה טבעתי או מסגרתני לגילוי חלקים נעים. קיימים 2 סוגי זיווד: מתכת - סימון M, פלסטי - סימון P.  
חיבורים: כבל גמיש, פלג או טרמינל. מפסקי קרבה מחומר פלסטי עמידים בפני רב החומצות.

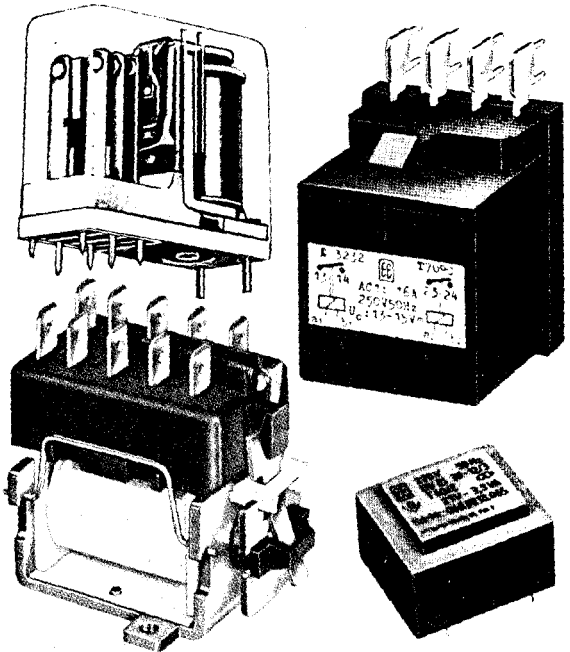
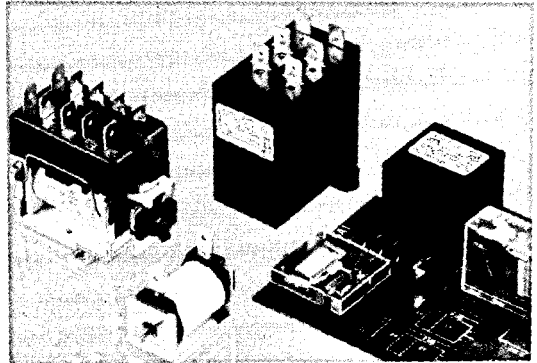


למידע נוסף סמן מס' 32/11



**Eichhoff-Werke G. m. b. H.**

אנו שמחים להודיע לכם שהתמוינו לנציגים ומפיצים של חברת "EICHHOFF" בישראל, המייצרת מגוון רחב של ממסרים, קונטקטורים מיניאטוריים, סולנואידים, שואים ועוד.



למידע נוסף סמן מס' 32/10

**megatron**  
electronics & controls ltd.

p.o.b. 1719 haifa  
tel. 88835-6



# קו ונקי

**גימור יפה ונקי להתקנות  
חשמל ותקשורת  
עם תעלות P.V.C. של פלגל**

תעלות פלגל מיוצרות מ-P.V.C. ומוצעות  
במגוון מידות וצבעים. הן קלות להתקנה  
ומתאימות להתקנת אביזרים שונים.  
תעלות פלגל עמידות בקרינת השמש (U.V.)  
צבען יציב והן אינן דליקות. פלגל מספקת  
גם סופיות לסגירת הקצוות ואביזרים  
מתאימים נוספים.

תעלות פלגל לבחירתך (המידות במ"מ):  
60x60 ; 60x42 ; 60x25 ; 30x60 ; 30x42  
300x100 ; 120x60 ; 120x42 ; 100x100

**פלגל  
תעשיות מתזרים מלסטיים**

חפצ"ב  
ד. נ. גלבע 19135  
טלפון : 065 31629  
065 31095, 31101  
טלפקס : 46381  
משרד תל אביב  
טלפון : 03 253405-6



# שם חדש-חברה מוכרת



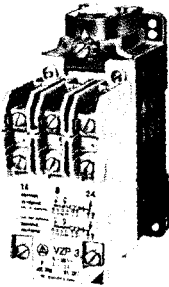
Westinghouse

FANAL



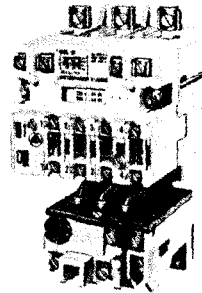
- ממסרי פקוד
- מגענים ומתנעים
- לחצנים ומנורות סימון
- ממסרי השהיה ובקרה
- אלקטרוניים ופניומטיים
- מפסקי גבול
- ציוד מוגן התפוצצות (Ex)

ממסרי השהיה פניומטיים

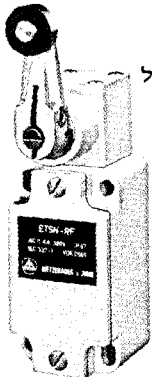


VZP

מגענים ומתנעים  
עד 270 כ"ס, 400 אמפר



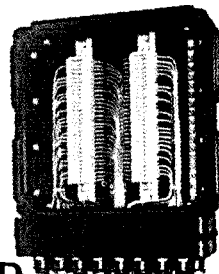
DSL



מפסקי גבול  
רגילים  
ומוגני  
התפוצצות

ETS

קופסאות מהדקים EX



EXAD

מפיצים בלעדיים בישראל:

## אלקטרה מתכות והנדסה בע"מ

תל-אביב, רחוב הרמבת 36 ת.ד. 2180, טלפון: 376611; 376625

# ASEA MOTORS

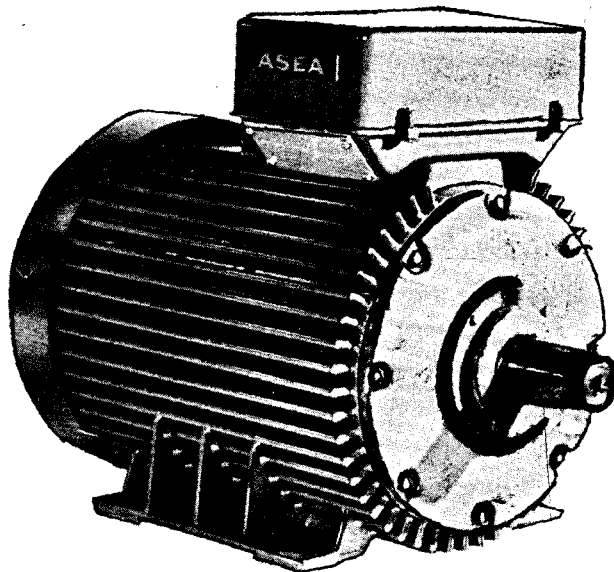
מנועי ASEA בעלי אמינות,  
נצילות ואיכות גבוהה משקל  
נמוך.

בידוד הליפוף - CLASS F  
גוף המנוע עובר טיפול נגד  
קורוזיה

תחום הספקים רחב 0.18 עד  
אלפי כ"ס

מנועים ל-2 מהירויות, מעצור,  
סגורים, פתוחים מנועי זרם  
ישר, קומטטור, רוטור מלופף  
זמני אספקה קצרים: לדוב  
מהמלאי.

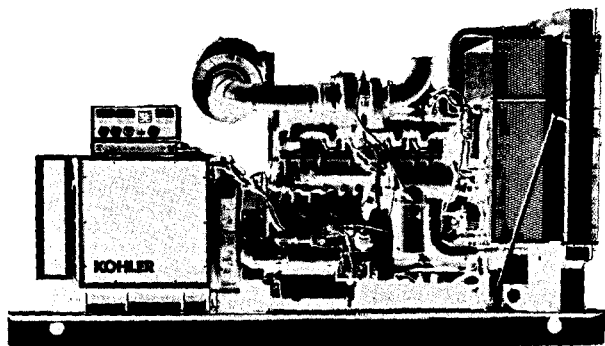
אל תהסס לפנות אלינו למידע  
נוסף  
קח ASEA, בסופו של דבר זה  
משתלם



## דיזל גנרטורים וציוד אל-פסק

- מערכות UPS - ASEA עד 300 קו"א ביחידה אחת המהימנים ביותר.
- דיזל גנרטורים בגדלים 5000 — 1.5 קו"א במלאי.
- גנרטורים עם מנועי בנזין 5 קו"א במלאי במחירים הזדמנותיים.

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



ישונו זכ  
זכתו אתנו  
החזשה

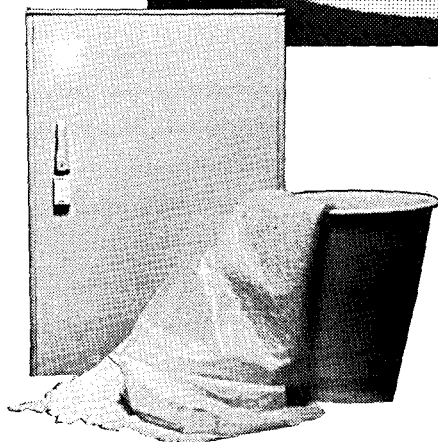
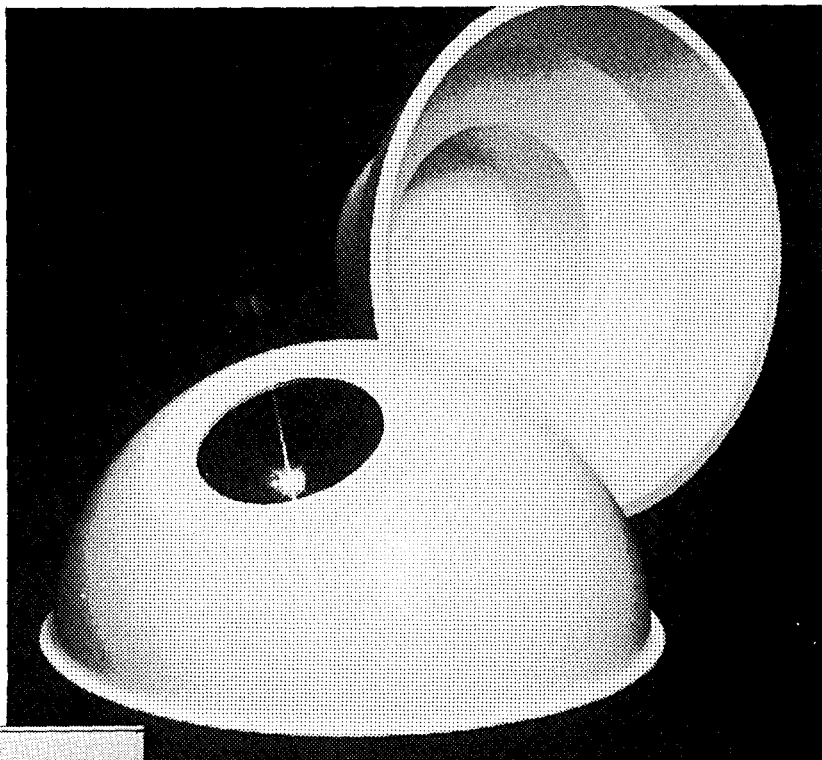
הנדסת חשמל בע"מ-ASEA



ביאליק 129 — ת.ד. 8229 רמת גן 52523 (ליד גשר ההלכה)  
טלפונים: 03-7291467-8, טלקס לועזי 32154 פקסימיליה 731628 — מפה



**תדיראן, עמידה-פילטרים, קוליסו, טכנוחק,  
סנומט-פילטריישן, מנורות געש -  
כבר ניסו והצליחו:**



## **תן לנו להציע גם לך פתרון בפוליאסטר משוריין.**

**אולי זה מה שאתה מחפש?**

אם אתה מחפש פתרון בייצור אביזר שיכול לעמוד בדרישות של מעמס גבוה, דיוק בתכנון, התכווצות אפסית, פני שטח בגימור מעולה, עמידות בקשת חשמלית, פריצת מתח גבוה ועמידות בחום ובאש - לך על פוליאסטר משוריין.

**מהנדסי "ענבר" יתאימו לך קו ייצור גמיש**

למפעל "ענבר" חמדיה תפישו חדשה בייצור.

כאן מייצרים פתרונות לא שיגרתיים עבור מפעלים אחרים, בקו ייצור גמיש המתאים את עצמו לדרישות ולצרכים של מפעלי תעשייה בשטחים שונים ומגוונים. במקביל לקו הגמיש, "ענבר" מפעיל קו ייצור קבוע המייצר בין השאר שולחנות, כסאות לאיצטדיונים וארונות חשמל מבודדים ועמידים באש, בחום ובכל תנאי מזג אוויר.

**מעוניין אותך? אז בוא ונקבע פגישה!**

תן לנו להציג בפניך את תכונות החומר ואת הפתרונות המגוונים הניגזרים ממנו.

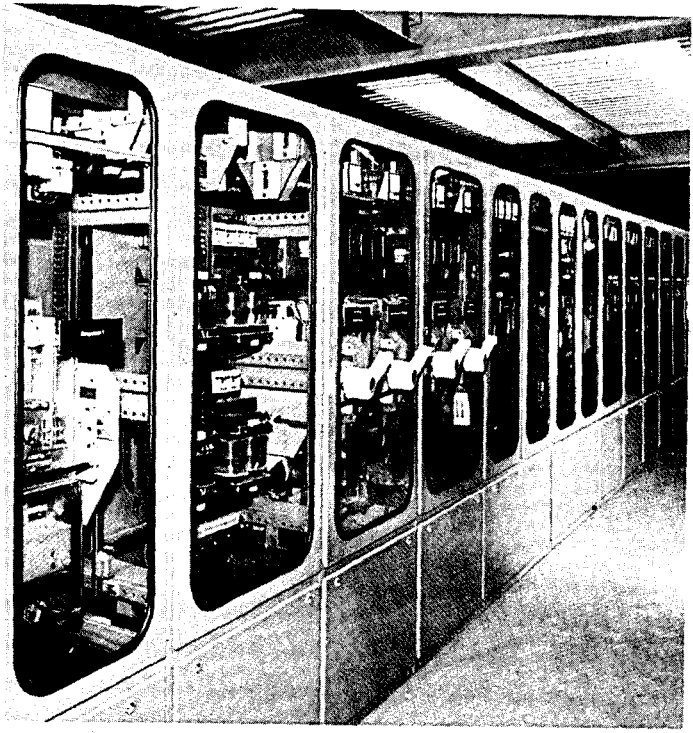
יחד נוכל לפתח מוצר חדש.

**ענבר** מייצרת פתרונות

קיבוץ חמדיה, ד.ג. בית שאן.

טל' 2-86421-065, טלפקס: 46370.

# קבוצת קצנשטיין אדלר



1

על צ  
א

## קבוצת קצנשטיין אדלר

אנו תמיד קרובים אליך:



קצנשטיין אדלר תע  
קצנשטיין אדלר וש  
א. הוד-קצנשטיין א  
הנדסה אלקטרומכ  
ה.א.מ. שיווק בע"מ

מלאי חלפים

בקרת איכות

שרות

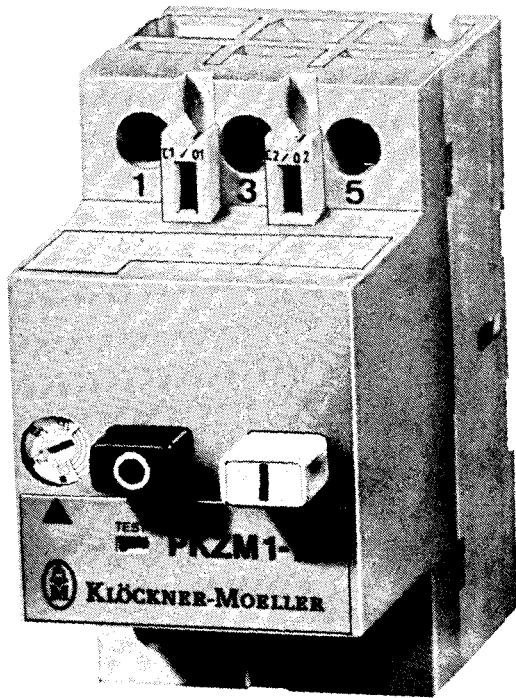
ייצור

תכנון

אמינות

אחריות

איכות



דדדש

PKZM

מיתוג קלוקר מלר  
שר תמיד לסמוך.

לשם קבלת מידע נוסף  
ן לפנות למשרדינו הטכניים

052- 24003 טל ככר-סבא  
 051- 26719 טל אשקלון  
 02- 536332 טל ירושלים  
 057- 35916 טל באר-שבע  
 03- 614668 טל תל-אביב

לוחות והנדסת חשמל ככר-סבא בע"מ  
 קצושטיין אדנר תעשיות וסיף אשקלון  
 ק.מ.ק. הנדסת חשמל בע"מ  
 ק.א. אלקטרומכניקה באר-שבע בע"מ  
 טקסל אלקטרוניקה בע"מ

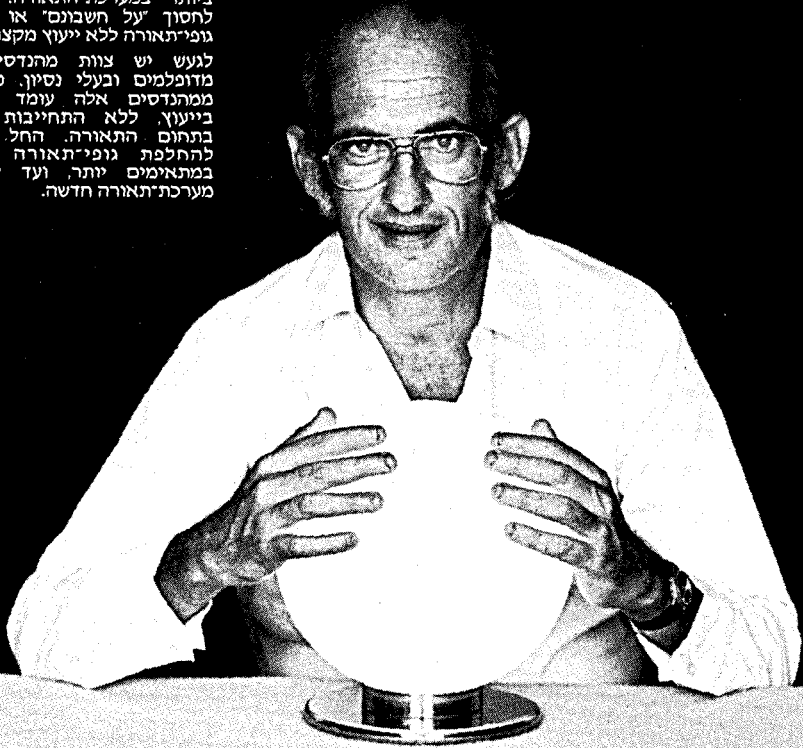
03- 614668 טל תל-אביב  
 03- 614668 טל תל-אביב  
 03- 829469 טל תל-אביב  
 04- 532175 טל חיפה  
 04- 532175 טל חיפה

0975) בע"מ  
 מ  
 בע"מ והתקנות)  
 מה בע"מ

# ייעוץ חינוך ממקור ראשון.

ההשקעה הכספית בגופי-תאורה היא הקטנה ביותר מסך כל ההשקעה בתשתית שכוללת: חפירות, כבלים ועמודים. ועם זאת - גופי-תאורה הם החלק החשוב ביותר במערכת-התאורה. אל לך לחסוך "על חשבונם" או להתקין גופי-תאורה ללא ייעוץ מקצועי.

לנעש יש צוות מהנדסי-תאורה מזדוגלמים ובעלי ניסיון. כל אחד ממהנדסים אלה עומד לרשותך בייעוץ, ללא התחייבות מצדך, בתחום התאורה. החל מייעוץ להחלפת גופי-תאורה ונורות במתאימים יותר, ועד להתקנת מערכת-תאורה חדשה.



מפעלי תאורה  
**געש**



קייבוץ געש: טל 8-78985 (052)  
מוצרי תנן: רח' הארבעה 8, ת.א. טל 031268251  
ובכל מרכזי תכנן בארץ.  
אזור תנמן: זרר-אור, מפרץ חזמה, מול מוסף חושי  
טל 041721321-2\*3

דובר

\*תאורת רחוב \*תאורת שטח \*תאורת בטחון \*תאורה תעשייתית \*תאורת גנים \*תאורת פנים \*תאורת חירום.

# געש מאירה כל מטרה בשטח

"אורית 9416"  
לתאורת כבישים ודרכים באוויר  
מגורים ובאזורים כפריים.

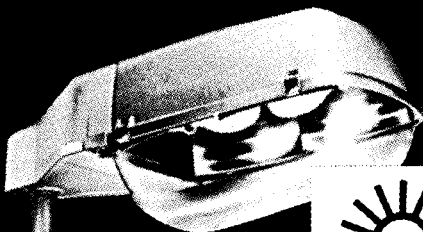


געש מציעה לך מייגוון רחב של פנסים וזרקורים מעולים, העונים על כל צורכי תאורת החוץ. החל מתאורה בחניונים ובמבנים ועד לתאורה בצמתים ובכבישים בין עירוניים.

מוצרי "געש" לתאורת חוץ מצטיינים במבנה חזק ובאטימות מלאה המגינה עליהם מנזקי האקלים. הם עמידים בפני פגעי קורוזיה, קרינה אולטרה סגולה, ונדליום וכד'. עמידות המורידה למינימום את רמת התחזוקה הנדרשת.

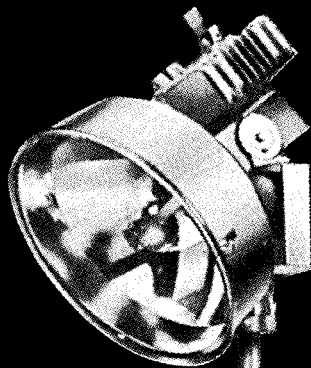


"אמריקן"  
לתאורת כבישים ראשיים,  
צמתים וככרות.

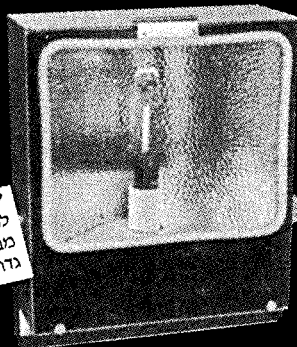


## מפעלי תאורה געש

קייבוץ געש: טל. 8-052178985  
מוצרי תנן: רחי הארבעה 8 ת"א, טל. (03)263267  
ובכל מרכזי תנן בארץ.  
אזור תצפון: זהר-אור, מפרץ חיפה, מול מוסד חושי,  
טל. 3-041721321.

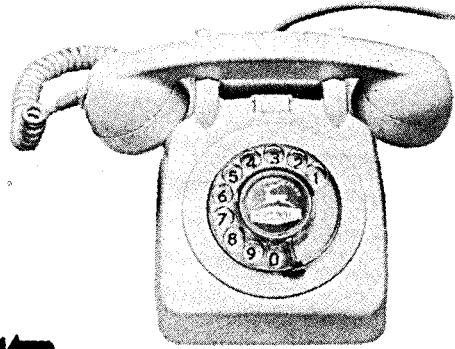


"אומני געש"  
זרקור המתאים למגרשי ספורט.



"יוהר"  
לתאורת שטח במתקני ספורט,  
מבנים, חניונים, תחנות דלק,  
מדרות בטוחות וכד'.

"פיליפס"  
התשובה האופטימלית להארת  
כבישים בהם דרושה רמת תאורה  
גבוהה ואחידה, ללא כל סינוור.



# קשר ישיר ממהנדס למהנדס

הפרוייקט שלך אושר, אך המיפרט הטכני טרם הושלם. בנושא תאורה למשל, בוודאי היית רוצה לדעת יותר על גופייתאורה מסויימים לפני שתחליט מה מתאים לתכנית התאורה שלך.

לפעמים, שיחת מהנדס עם מהנדס יכולה לקצר לך את הדרך למציאת גופייתאורה ונורות נכונים. ד"ר סטרומזה, מי שהיה ראש מחלקת תאורה בעיריית ירושלים, ומהנדס התאורה דניאל קלינה, ישמחו לשוחח אתך. טלמן אליהם, טלמון:

**(052)78985-8**

והם יעדכנו אותך בכל מה שקשור לגופייתאורה ונורות געש, I.T.T., PHILIPS, ISOCEL, MARLIN, RAB, SPERO, COUGHTRIE, HITEK, LITHONIA, אחריהכל. תאורה היא חלקן הראווה של כל פרוייקט.



LITHONIA, I.T.T., PHILIPS  
מספקות שירותי מחשב.

מפעלי תאורה  
**געש**



קיבוץ געש: טל 8-78985 (052)  
מוצרי תכנון: רח הארבעה 8 ת"א טל (03)268251  
ובכל מרכזי תכנון בארץ.  
אזור הצפון: זרה"אור, מברץ חיפה. מול מוסד חושי.  
טל 04)721321-2\*3

זכור

\*תאורת רחוב \*תאורת שטח \*תאורת בטחון \*תאורה תעשייתית \*תאורת גנים \*תאורת פנים \*תאורת חירום.

# חברת



# PHILIPS

# הצטרפה לחברה טובה

מעכשיו אתה יכול לקבל את פיליפס ואת געש בהזמנה אחת. ובמילים אחרות: פיליפס משלימה את המעגל החשמלי של געש עם גופי תאורה ונורות המפורסמים באיכותם ובעיצובם בכל העולם.

איכות גבוהה אך לא במחיר גבוה. מוצרי פיליפס עולים כמו מוצרים אחרים שנופלים מהם ברמתם. כי מי יכול להתחרות בפיליפס בשליטה המקסימלית על מקור האור, או במיגוון הגדול והחדשני, או בטיב המעולה ובהיים הארוכים של הנורות?

ואם אינך מסתפק בפחות מתכנית תאורה מלאה ומדוייקת - תוכל להיעזר גם בשירותי המחשב של פיליפס. לשם כך, או לקבלת פרטים נוספים - התקשר למחלקת הייעוץ של געש, טלפון 8-78985-052.

מפעלי תאורה

## געש



קיבוץ געש: טל' 8-78985-052

מוצרי תכין: רח' הארבעה 8, ת"א. טל' 03)268251

ובכל מרכזי תכין בארץ.

איזור הצפון: זהר-אור, מפרץ חיפה, מול מוסד חושן.

טל' 3-221321-04

דובר

\*תאורת רחוב\*תאורת שטח\*תאורת בטחון\*תאורה תעשייתית\*תאורת גנים\*תאורת פנים\*תאורת חירום.

# תאורת החרום ברק II מאידה לך כמה פרטים חשובים שאתה חייב לראות!

3 נותנים ניקויים קובעים את איכותה של התאורת החרום. עוצמת האור, זמן התאורה ואורך חיי המצבר. לפני שאתה קונה, קורא מה נותן לך "ברק" של געש.

- \* עוצמת האור של ברק: 8w (בניגוד לתאורות חרום אחרות של רק 6w).
- \* זמן התאורה של ברק: 3¼ שעות.
- \* לברק מצבר ניקל קדמיום, אורך חיי: 5-7 שנים (לתאורת חרום אחרות מצבר שאורך חייו רק 3 שנים).

- \* לברק יתרונות נוספים, חשובים לא פחות, גם אולם חשוב שתכיר.
- \* ברק היא תאורת החרום היחידה הפועלת בשיטת "הקתודה התמתי" המבטיחה הדלקה מהירה, ומאריכה את חיי הנורה.
- \* רק בברק השנאי מפריד לחלוטין בין הרכיבים האלקטרוניים לבין רשת המשמל, יתרון זה מקנה בטיחות מקסימלית (בנידוד משופר).
- \* מעגל CUTOFF בברק מונע התרוקנות מחולשת של המצבר. תכונה זו גם מאריכה את חייו.
- \* כל מכשיר נדק ע"י מחשב בכל שלבי היצור. בסופו של התהליך נבדקת פעולתו במשך 60 שעות ורק אז הוא יוצא לשוק. (ראה פרס ותליך הבדיקה).
- \* בברק קיים מפסק המאפשר להפסיק את פעולת המכשיר בשניות שתאורת החרום מיותרת (כשעות היום לדוגמה). מבלי להפסיק את פעולת המצבר.
- \* עכשיו, כשהנתונים בידך, אתה יודע כי לא כל תאורת חרום שמוארת יותר, בהכרח גם מאירה יותר.

- ברק — תהליך בדיקה:**
1. בדיקה במעגל — בדיקת 22 ספציפי קצוות על פיקנים ס נדוסיים. בדיקת מעגל ורכיבים אלקטרוניים.
  2. בדיקת שלוש מחזורי פעולה של סנינה ואי סנינה במשך 60 שעות, כדי לוודא פעילות תקינה ובסוחה של התרכיב כולה.
  3. נותני הבדיקה מחנים במחשב ונמצאים במעקב במשך שנת האחרית.
- כל הבדיקות נעשות ביזמן אמיתי.



מפעלי תאורה  
**געש**



ליבון געש טל. 052-78985-8  
טכנויות ראשיות: תל-אביב — מוצרי תכו, רחי הארבעה 8, טל. 03-263267. אזור הצפון — זהור אור, מפרץ חיפה טל. 04-721321-3. ירושלים — שובל שיוק, א. הנעשיה תלפיות טל. 02-721563.



# מערכות בקרה ממוחשבות

ניהול אחזקה. חסכון באנרגיה. איסוף מידע בתעשייה ובמכנים.

אפיון \* תכנון \* ביצוע

חברתנו מבצעת פרויקטים בתחום הבקרה בזמן אמיתי בשיטת TURN-KEY לרבות תכנון, התקנה, הפעלה ותחזוקה. המערכות המסופקות הינן מודולריות בחומרה ובתוכנה וניתן להתאימן לדרישת הלקוח ותקציבו.

פיקוד / בקרה ואופטימיזציה:

מדחסי מיזוג אוויר, דוודי קיטור, יח' מיזוג אוויר, מדחסי אוויר, צרכני קיטור, קיטור ומים חמים, בקרת תהליך בחוג סגור, בקרת שיא ביקוש.

איסוף מידע בזמן אמיתי:

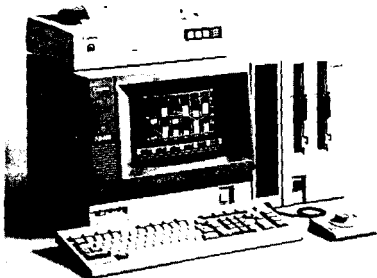
בחוגי חשמל, דלק, ש"ע של מתקנים תקלות, חריגות מערכי סף.

דיווח:

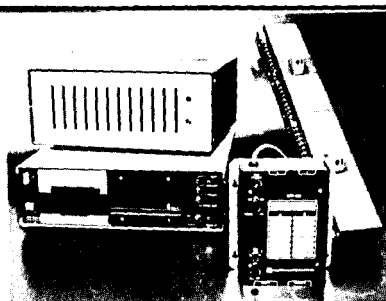
נתוני אחזקה מונעת, תחזוקת שבר, תמחיר, הפקת דו"חות תקופתיים, ניהול אנרגיה.

התקנות:

מפעלי ים המלח, מכלשת שיכר, אשפרה יבנה, הוד אוז, ח.מ.מ., מלון אסטריה ועוד.



צג גרפי צבעוני לממשק אדם מכונה.



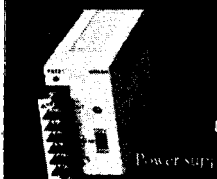
פיתוח עצמי חומרה / תוכנה

מיגוון יחידות קצה  
לאיסוף נתונים  
ופיקוד באמצעות  
זוג גידים המביא  
לעלות התקנה נמוכה.

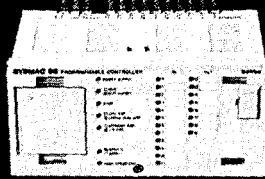
## שיווק בקרים מתוכנתים מתוצרת OMRON - יפן

יישומים

מכונת כלים  
בקרת תנועה  
בקרת דוודים  
מכונות אריזה  
מדחסי אוויר  
מכונות הרכבה  
מתקנים פנאומטיים  
מתקנים הידראוליים  
תהליכים תעשייתיים



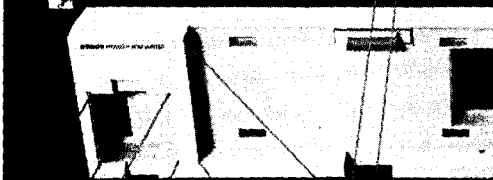
Power supply



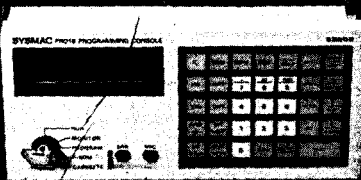
CPU Track/Surface mounting type



I/O expansion units max 14 I/O points per unit



PROM writer



Programming console

ביצועים:

- \* עד 64 כניסות/יציאות מודולריות
- \* כניסות/יציאות במיגוון מתחים
- \* 512 פקודות (פעמיים)
- \* שני סוגי זכרונות RAM ו-EPROM
- \* שפה פשוטה, יעילה ועשירה.
- \* תוכנות של מונה מהיר עם 32 פקודות.
- \* תוכנות של מונה צעד עם 32 פקודות.
- \* זמן סקירה מהיר ביותר.
- \* גיבוי זכרון פנימי והיצוני.
- \* ממסרי נעילה להפסקות חשמל.
- \* מתח הזנה 24V AC, 24V DC, 220V AC

## הוריון מערכות מחשבים בע"מ

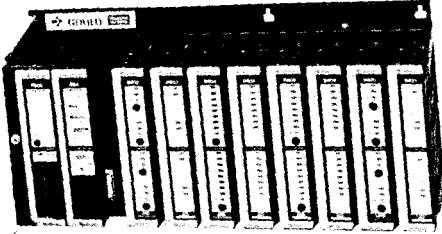


נמנה על מכונית כלל מחשבים וטכנולוגיות

לפרטים פנה: יד המעביר 9, ת"א 69510, ת.ד. 24092, טל' 490877, 472529-03.

# אפקון מציגה

## עוד מוצר מתוצרת GOULD MODICON



**בקר 884**

בקר מתוכנת 884 בקר חדש המצטרף למשפחת  
הבקרים המפוארת תוצרת Gould Modicon

# מה הבקר מצייע?

- 1024 כניסות יציאות בדידות בכרטיסים של 32,16,8
- 32 כניסות אנאלוגיות
- 32 יציאות אנאלוגיות
- קבולת זכרון 4.6K מילים, 16 סיביות (BITS)
- תקשורת RS232
- פונקציות תוכנה מתקדמות (נוסף על מגעים, סלילים, מונים וקוצבי זמן)
- הישוב
- הישוב בדיוק כפול
- מפסיקי צעד ומפסיקי תוף
- העברות: טבלה לרשם, רשם לטבלה וטבלה לטבלה
- מניפולאציות של סיביות (BLOCK MOVE: BITS)
- הזווית ימינה ושמאלה
- שליטה על זמני סריקה

# אתה עוד מתלבט?

פנה למשרדנו ונשמח להתאים  
את הבקר לדרישתך.

**אפקון ב"ש**  
רח'י החשמלאי 15, ב"ש  
טל: 057-37870

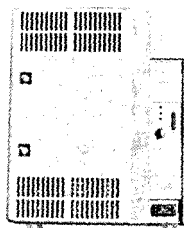
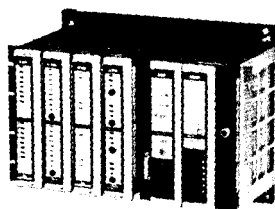
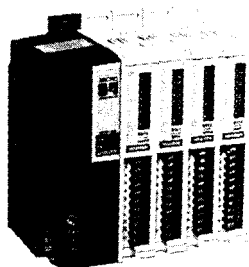
**אפקון חיפה**  
רח'י השיש 3 חיפה  
טל: 04-740801

**אפקון ת"א**  
רח'י פינסקר 19 ת"א  
טל: 02-299617

**אפקון**  
אפקון בקרה ואוטומציה בע"מ  
מקבוצת פויכטונגר תעשיות

# חברת אפקון היא המובילה ביישום הבקרים המתוכנתים בארץ

משפחת בקרים תוצרת GOULD MODICON



**מיקרו 84** : עד 112 I/O, כולל אנלוג, BCD, עד 2K זכרון, תקשורת RS232.

**484** : עד 512 I/O, עד 8K זכרון.

**884** : עד 1024 I/O, עד 46K זכרון, BITS16.

**584M** : עד 2048 I/O עם אפשרות Remote, 16K זכרון.

**584A** : עד 8192 I/O עם אפשרות Remote, 32K זכרון.

**584L** : עד 8192 I/O עם אפשרות Remote, 128K זכרון.

16 BITS ו 24 BITS, Super Scan.

לחברת אפקון נסיון רב במאות יישומים בארץ  
בתעשיית המזון, החקלאות, פלסטיקה,  
כימיקלים, מוצרי בנין, תע"ש, מוסדות  
חינוך, בקרת אנרגיה ועוד.

**אפקון ב"ש**  
רח' החשמלאי 15, ב"ש  
טל: 057-37870

**אפקון חיפה**  
רח' השיש 3 חיפה  
טל: 04-740801

**אפקון ת"א**  
רח' פינסקר 19 ת"א  
טל: 02-299617



אפקון בקרה ואוטומציה בע"מ  
מקבוצת פויכטונגר תעשיות

אז אל תחליט על רכישת מערכת בקרה ופיקוד לפני  
שראית מה שיש לחברת אפקון להציע לך.

# הקדם תרופה ל"כוכת" החשמל

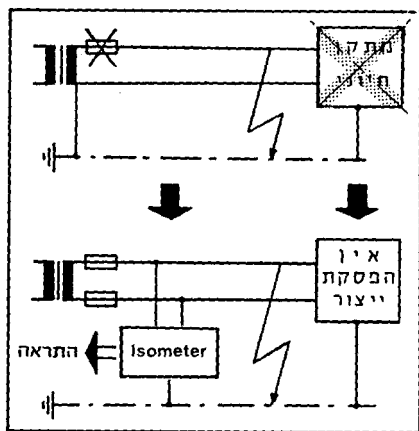
ע"י

# רשת בלתי מאורקת

## עם ISOMETER של BENDER

### המבטיחה:

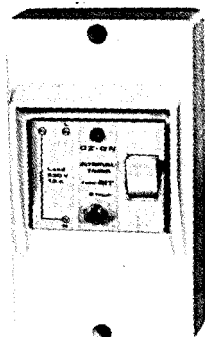
- המשך עבודה רציפה - בתקלת קצר להארקה
- עבודה אמינה - למחשב, בקר ומע' פיקוד
- עבודה בטוחה - עם גנרטור נייד
- ללא הארקה מספקת
- הגנה מפני התחשמלות
- הגנה מפני שריפה והתפוצצות
- מעקב מתמיד על תקינותו של ציוד בכוננות



## חסוך בחשמל וגם הגן על דוד השמש

SIT

- הפעלת החימום לשעתיים
- להתקנה בקופסת המפסק הקיים



משרד מכירות:

אל - עד בע"מ. נציגים בלעדיים של עוז - און בע"מ.  
ת.ד. 2664, חולון 58127. רח' הנפח 10 טל. 800117-03

עוז און



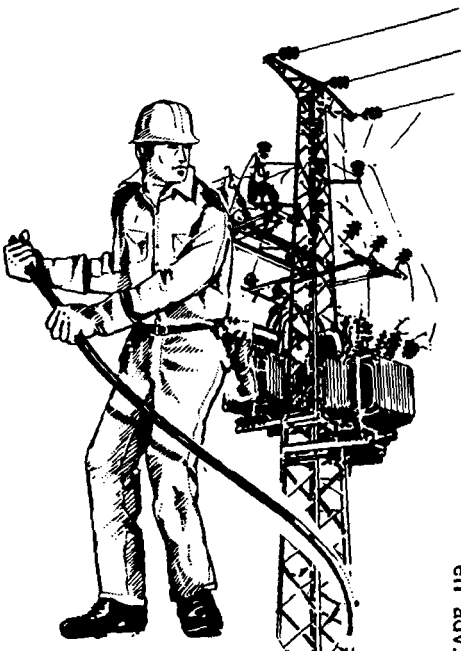
# יעד אלקטריקה

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

מפיצים בלעדיים  
בצפון הארץ  
לציוד טלמכניק

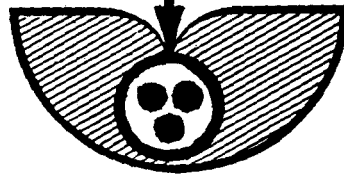


## Telemecanique



eli adv.

# בדיקת כבלים



בדיקת כבלים  
קביעת מקומם בשטח  
אתור מקום התקלה

מרקו אלקלעי - מהנדס חשמל  
ת.ד. 27154, יפו 61271  
טלפון: 821661

למידע נוסף סמן 32/26



# נדיבי עדן אור

התקנה ואחזקה של תאורת רחוב,  
מגרשים, סככות.

השכרת המנוף  
לביצוע עבודות שונות  
עד לגובה 16 מטר

\* אשקלון 051-22927

# גמיש תעשיית מתכת בע"מ

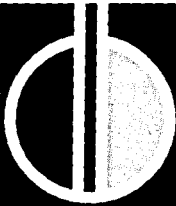


המפעל והמשרד: רח' הסולל 1 – ת.ד. 1810 – אזור התעשייה וזלון 58117  
טל. 03)802205/4

החברה מייצרת בארץ צנורות גמישים ממתכת מסוגים שונים ולפי קוטרים סטנדרטיים או לפי תומנות מיוחדות: — צנורות גמישים ממתכת להגנה מכנית על חוטי תשמל, כבלים, טרמוקפלים, צנורות פלסטיים למיכשור וכו'; — צנורות גמישים ממתכת מצופים PVC דק או עבה להגנה על חוטי תשמל מבחינה מכנית ונגד רטיבות, שמנים, גריון, מים, אבק, כימיקלים שונים וכו' בקוטרים "עד 4".

— צנורות גמישים ממתכת אטומים ע"י חוטי אובסט למפליטים (אגוזים), להעברת גזים קרים או חמים, אבקות ונוזלים מסוימים עד קוטר "6. לכל הצנורות לחשמל אנו מספקים מחברים (פיטינגים) בטיב מעולה לתפיסה חזקה ובטוחה או גם לאטימה מוחלטת לצנורות מצופים PVC עבה.

למידע נוסף סמן 32/29



ד. ב. לייט  
מפעלי תאורה בע"מ

ד. ב. לייט מפעלי תאורה (1982) בע"מ  
רח' כנרת 4, בני ברק 51262, טל. 03)787996  
נמכה עם קבוצת ממד טכנולוגיות בע"מ  
רח' רזיאל 7, כתיבה 42102, טל. 053)43065/7

- \* לייצור גופי תאורה
- \* לבוא ולייצוא מוצרי תשמל ותאורה
- \* יעוץ ותכנון הנדסי
- \* אולם תצוגה ומכירה

למידע נוסף סמן 32/30

הזמנת מודעות ל"התקע המצדיע" מס' 33



כרסום אלי בע"מ  
ת.ד. 4505 חיפה – 31044  
טל. 04-667534

\* ניתן למסור הנחיות בלבד, ואנו נעצב ונבצע את מודעותיכם לשביעות רצונכם המלאה.

# מערכות בקרה ממוחשבות לניהול יעיל של עומסים השמליים במיתקן הצרפן ויישומן במציאות התעו"ז

אינג' בוריס שוורץ

מאמר זה דן במערכות בקרה ממוחשבות, שייעודן העיקרי הינו בקרת אנרגיה, ובהשתלבותן במסגרת הניהול היעיל של משק החשמל במתקני הצרכנים.

במאמר מובאים סיווג ותאור כללי של מערכות הבקרה, הסברים על תוכניות שונות לבקרת אנרגיה ותאור אפשרויות יישומן של המערכות לניהול יעיל של עומסים חשמליים במציאות התעו"ז.

## מבוא

"מערכת בקרה ממוחשבת" הינו שם כולל המתייחס למערכות המבוססות על מעבדים זעירים (Micro Processors) חדישים אשר פותחו כדי לעבור מפיקוד בעזרת מימסרים מפיקוד ממוחשב.

מערכות אלה מיושמות במתקנים רבים בישראל לצרכי בקרה שונים.

בקרת אנרגיה יכולה להתבצע במסגרת בקרת מבנים (Building Management) או במסגרת בקרה תעשייתית (Industrial Control).

**מערכות ממוחשבות לבקרה תעשייתית** מיועדות, בעיקר, לבקרת תהליכים תעשייתיים, אך הן יכולות לבצע גם פעולות שונות הקשורות בבקרת אנרגיה.

**מערכות ממוחשבות לבקרת מבנים** מבצעות את הפעולות הקשורות בבקרת אנרגיה במקביל לבקרה ולניהול מערכות מיוזג אור, תאורה, שאיבת מים, אספקת חשמל בשעות חירום וכו'. בנוסף לכך יכולות מערכות אלה לשמש למטרות נוספות, אשר אינן קשורות בהכרח בבקרת אנרגיה כגון: שליטה על מערכות בטחון שונות, על מערכות גילוי וכיבוי אש, וכו'.

קיימים סוגים רבים ומגוונים של מערכות בקרה ממוחשבות, החל מטיימרים וטרמוסטטים המבוססים על מיקרו-פרוססור פשוט וכלה במערכות מורכבות ביותר המבוססות על מחשב, המקיימות תקשורת עם בקרים שונים הממוקמים במקומות שונים של המתקן מבוקר, והמאפשרות לבצע מספר רב של פעולות ניהוליות ופעולות אחרות הקשורות למפעל התעשייתי, כל זה בנוסף לבקרת אנרגיה.

## תאור כללי וסיווג של מערכות הבקרה

הגדרות

### ★ יחידת עיבוד מרכזית

(CPU — Central Processing Unit)

"הלב" של המערכת, מבוססת על מיקרופרוססור אשר תפקידו העיקרי הוא ניתוח האינפורמציה המגיעה מהשטח (אותות כניסה) בהתאם לתוכנית שהוכנסה על ידי המתכנת ומתן פקודות מתאימות (אותות יציאה) לצידו המבוקר הנמצא בשטח.

### ★ כניסות/ יציאות (I/O — Inputs / Outputs)

כרטיסי הכניסה מכילים מעגלים אלקטרוניים ההופכים את אות הכניסה המגיע בדמות מתח שור נות לאות במתח נמוך המתאים לבקר.

כרטיסי היציאה מכילים מעגלים אלקטרוניים ההופכים את האות שניתן מהבקר במתח נמוך לאור תות (סיגנלים) ברמות מתח שונות המתאימות להפעלת הציוד הנמצא בשטח.

### ★ זכרון משתמש — חלק מתאי הזכרון המוקצה לשימוש של המתכנת (חלק זה של הזכרון נקרא גם

אינג' ב. שוורץ — המחלקה לפיתוח הצריכה,

אגף הצרכנות חברת החשמל.

בשם "זכרון מוקצה"). בתאי זכרון אלו נשמרות תוכניות, אשר הוכנסו על ידי המתכנת או המפעיל של מערכת הבקרה. תוכניות אלו תישמרו בתאים עד אשר המתכנת/ המפעיל ישנה אותן בצורה מכונה.

★ **ספק כח** — מספק אנרגיה חשמלית ליחידת בקרה מרכזית, לצידו היקפי ולכרטיסי הכניסות/ היציאות.

★ **יחידת בקרה מרכזית (CCU — Central Control Unit)** יחידה הכוללת בתוכה את יחידת העיבוד המרכזית, ספק הכח והזיכרון.

★ **יחידת קצה** — יחידה הממוקמת בשטח, מיועדת לשליטה על מספר עומסים המחוברים אליה. יחידת דה קולטת ומעבדת את הפקודות הנשלחות מיחידת דת בקרה מרכזית אל העומסים המחוברים ליחידת הקצה. כמו כן משמשת היחידה להעברת החיונים (למשל, מצב ON / OFF של טרמוסטט) מהציוד בשטח אל יחידת הבקרה המרכזית.

★ **בקרת עומס** — נעשית על ידי משלוח של אות יציאה אשר הינו, בדרך כלל, דיגיטלי) מיחידת הבקרה המרכזית אל העומס המבוקר (מחמם, משאבה, מאורר וכו').

★ **בקרת נקודה** — משלוח אות אנלוגי/ דיגיטלי (אות יציאה) מיחידת הבקרה המרכזית אל הרגש (SENSOR) או קבלת אות אנלוגי/ דיגיטלי על ידי יחידת בקרה מרכזית מהרגש.

★ **נקודה אנלוגית** — מייצגת תנאי משתנה מתמשך, כמו למשל טמפרטורה או לחץ משתנים.

★ **נקודה דיגיטלית** — מייצגת תנאי דר-מצב, כגון: מגע סגור/ פתוח, וסת אויר סגור/ פתוח, מפסק מופעל/ מופסק, וכו'.

## סיווג מערכות בקרה

בהתאם לגודל הזיכרון, כמות העומסים והנקודות הנשלטים, ופונקציות מיוחדות נוספות ניתן לסווג את מערכות הבקרה כדלקמן:

א. מערכות קטנות

ב. מערכות בינוניות

ג. מערכות גדולות

ד. מערכות גדולות מאוד.

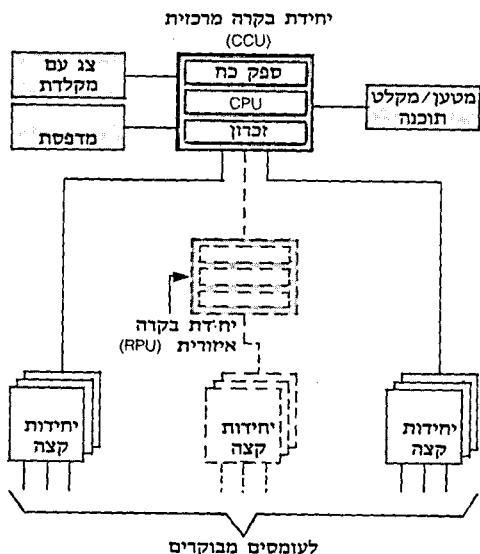
### ★ מערכות קטנות

מערכות אלה מייצגות את רוב מערכות בקרת האנרגיה הישנות המותקנות היום במיגורים שונים. החלק העיקרי במערכות אלה — הינו יחידת עיבוד מרכזית (CPU) המבוססת על מיקרופרוססור המתיר כות מראש, כאשר התוכנה בדרך כלל איננה ניתנת לשינוי.

הגדרת העומסים המבוקרים חמוני הפעלתם ניתנים לשינוי באופן פשוט יחסית על ידי המפעיל.

מערכות מהסוג הנדון יכולות לבצע, במסגרת בקרת האנרגיה, את תוכניות התיזומון, הפעלה לפי מתוזרי עבודה ובקרת שיא הביקוש. מחיר המערכת מהסוג הנ"ל נע בין 15,000 לבין 50,000 דולר.

## איור 2 תרשים עקרוני של מערכת בקרה בינונית



### ★ מערכות גדולות

באיור 3 ניתן לראות את התרשים העקרוני של מערכת בקרה מהסוג הנדון הכוללת יחידת בקרה מרכזית, בקרים עצמאיים המפוזרים בשטח, יחידות קצה, צג עם מקלדת, מטען/מקלט תוכנה ומדפסת.

מערכות גדולות הינן מתוחכמות ומורכבות יותר, בהשוואה למערכות קטנות ובינוניות, ומאפשרות ניהול ובקרה של עד 1000 עומסים ועד 1500 נקודות.

רוב המערכות מהסוג הנדון הינן מערכות מבוזרות. **מערכת מבוזרת** - מערכת שבה מפרידים בצורה פיזית ולוגית בין הפונקציות השונות של מערכת הבקרה, כאשר כל אחת ממערכות הבקרה המישני יות אחראית על חלק מסויים של מערך הבקרה הכללי.

מערכות הבקרה המישניות אינן חייבות להימצא במרחקים ניכרים אחת מהשניה. במקרים מסויים הן יכולות אף להיות צמודות ליחידת בקרה מרכזית.

מערכת בקרה גדולה יכולה לכלול סידרה של מערך כות בינוניות עצמאיות המותקנות באזורים שונים של המפעל והמתואמות לצרכים הספציפיים של האיזור המבוקר.

### מערכות בקרה איזוריות (RPU's - Remote Processing Units)

מבקריות ומעבדות את האינפורמציה המתקבלת מנקודות שונות, שולחות את הנתונים ליחידת בקרה מרכזית (CCU) ומבצעות פעולות בקרה נדרשות אחרות.

באיור 1 ניתן לראות את התרשים העקרוני של מערכת בקרה מהסוג הנדון הכוללת תחנות קצה איזוריות לריכוז מספר עומסים המרוחקים מהיחידה המרכזית.

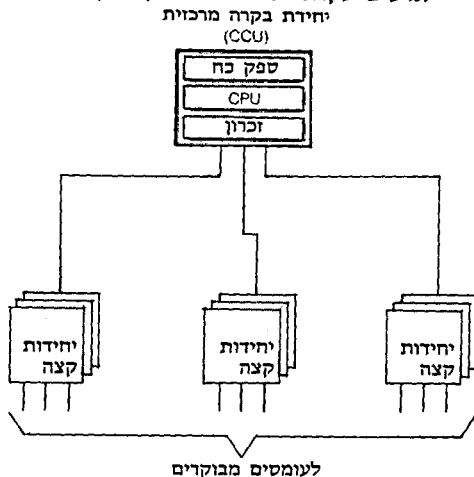
מערכות אלה מאפשרות בקרת מספר מצומצם של עומסים ונקודות (עד כ-20 עומסים וכ-50 נקודות). רוב המערכות הקטנות כוללות יחידת גיבוי המאפשרת שמירת הזיכרון של המערכת במקרה של הפסקות חשמל.

מערכות מהסוג הנדון מצויידות, בדרך כלל, במקלדת (פנל עם לחצנים) המותקנת בתוך יחידת בקרה מרכזית והמאפשרת הכנסת נתונים לגבי כל אחד מהעומסים הנשלטים באופן פשוט ביותר. מערכות בקרה קטנות המיועדות לבקרת אנרגיה יכולות לבצע בזמן אמיתי (Real Time) את התוכניות הבאות:

- תיזומון עומסים (Load Scheduling).
  - הפעלה לפי מחזורי עבודה (Duty Cycling).
  - בקרת שיא ביקוש (Maximum Demand Control).
- הסבר מפורט על תוכניות בקרת אנרגיה נביא בהמשך.

מחיר המערכות מהסוג הנדון נע בין 3,000 לבין 15,000 דולר. מחיר זה יכול להשתנות באופן משמעותי כאשר יש צורך בציוד היקפי מיוחד (מסופים, מדפסות וכו').

## איור 1 תרשים עקרוני של מערכת בקרה קטנה



### ★ מערכות בינוניות

באיור 2 ניתן לראות את התרשים העקרוני של מערכת בקרה מהסוג הנדון הכוללת יחידת בקרה מרכזית, יחידות קצה איזוריות, צג עם מקלדת, מדפסת, מטען/מקלט תוכנה.

מערכות מסוג זה מאפשרות שליטה ובקרה על כ-300 עומסים וכ-500-750 נקודות.

קיימת אפשרות לשלוט על קבוצת עומסים המרוחקים מיחידת הבקרה המרכזית באמצעות יחידת בקרה איזורית מרוחקת (Remote Processing Unit). המערכת יכולה לטפל בכניסות אולגויות ודיגיטליות.

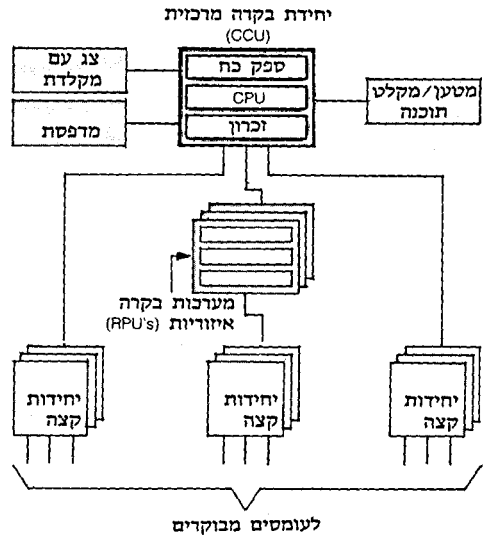
המפעיל יכול לקבל על המסך תצוגה בצורת עקר מות או טבלאות הכוללות אינפורמציה שונה על מצב המערכת. המפעיל יכול להגדיר נקודות או עומסים חדשים, לבטל במידת הצורך את העומסים/הנקודות הישנים ולהכניס נתונים חדשים, כל זה ללא הפרעות או הפסקות בתהליך הבקרה הקיים.



מערכת בקרה מהסוג הנדון יכולה לבצע תיומון עומסים, הפעלת עומסים לפי מחזורי עבודה ובקרת שיא ביקוש, עיבוד ותצוגה של אינפורמציה אנלר גית ודיגיטלית, הפעלה אוטומטית של מערכות אוזעקה, והפעלת גרטרור חירום. בנוסף לכך יכולה המערכת לבקר ולשלוט על מערכות בטחון שונות ועל מערכות גילוי וכיובי אש במבנים שונים של האתר המבוקר.

מחיר המערכת המותקנת מהסוג הנדון נע בין 50,000 דולר לבין 250,000 דולר. המחיר תלוי במורכבות המערכת ובמספר העומסים והנקודות הנשלטים.

איור 3  
תרשים עקרוני של מערכת בקרה גדולה



★ מערכות גדולות מאד

מערכות מהסוג הנדון מותכננות ובנויות בהתאם לצרכים הספציפיים של המתקן המבוקר. מערכות אלה יכולות לבקר ולשלוט על אלפי נקודות ועומסים המפוזרים במספר רב של מבנים שונים.

המערכות מבוססות, בדרך כלל, על מחשב וחומרה מיוחדת. בנוסף ליחידת בקרה מרכזית כוללת מערכת בקרה מהסוג הנדון סידרה של מערכות מבוקרות גדולות (DPU's — Distributed Processing Units). מערכות בקרה מקומיות (RPU's) ויחידות קצה. מערכות מקומיות היון, בדרך כלל, בגודל בינוני או קטן.

מערכות DPU's יכולות להתחבר ליחידת בקרה מרכזית של המערכת מהסוג הנדון דרך רשת תקשורת אלה או דרך קו טלפון.

מערכות בקרה מקומיות (RPU's) יכולות להתחבר ליחידות בקרה מרכזית של מערכת DPU באמצעות כבלי תקשורת מיוחדים.

מערכות DPU's מבצעות את כל הפונקציות הנדרשות של הבקרה באופן עצמאי לחלוטין ומדווחות למרכז הבקרה הראשי של המערכת רק על מצבים משתנים חשובים. דיווחים אלה נדרשים למרכז הבקרה והשליטה הראשי לקבלת תמונה כללית על מצב המערכת המבוקרת.

מערכות DPU's יכולות לתפקד באופן עצמאי גם במקרה של תקלה במחשב המרכזי או תקלה במערכת התקשורת בין DPU's לבין המחשב.

מערכות גדולות מאד כוללות מיוון רחב של מערכת כות תצוגה ודיווח. במקרה ומתגלה ליקוי בתיפקוד המערכת מקבל המפעיל, באמצעות תשדורת חירום, דיווח על זהות התקלה ומיקומה. מחיר המערכת מהסוג הנדון יכול להגיע לסכום של 1,000,000 דולר ואף למעלה מזה.

הציוד ההיקפי למערכות הבקרה הציוד ההיקפי למערכות בקרה הינו כדלקמן:

- א. לוח תיכונות (מקלדת) עם צג.
- ב. מדפסת.
- ג. מטען/מקלט תוכנה.

★ לוח תיכונות (מקלדת) עם צג

לוח תיכונות עם צג משלב מערך לחצנים עם מסך תצוגה. יחידה זאת מתחברת ליחידה המרכזית של מערכת הבקרה ומאפשרת הכנסת והוצאת נתונים מהבקר בהתאם לדרישות המפעיל, והצגת הנתונים השונים על מצב העומסים המבוקרים.

★ מדפסת

המדפסת מתחברת ליחידה מרכזית של מערכת הבקרה ומאפשרת לקבל דיווחים מודפסים על מצב המערכת המבוקרת.

הדו"ח כולל רישום של התאריך והזמן המדוייק של אירועים שונים במערכת המבוקרת ומאפשר מעקב שוטף גם בשעות שהמיתקן לא מאוייש.

★ מטען/מקלט תוכנה

באמצעות יחידת מטען/מקלט ניתן לבצע את הפעולות הבאות:

- א. הקלטת תוכנית הבקרה במטען/מקלט
- ב. העברת (טעינת) תוכנית מהמטען/המקלט אל היחידה המרכזית.

פעולות אלה שימושיות במערכת בקרה העובדות עם מספר תוכניות בקרה (למשל, תוכניות המשתנות בהתאם לעונות השנה) ובמערכות, בהן יש צורך בשמירת יגיו לתוכנית הבקרה.

תקשורת בין היחידה המרכזית לבין יחידות הקצה

רשת התקשורת הנדונה דרושה להעברת פקודות (אותות) בקרה מיחידת הבקרה המרכזית אל כל אחד מהעומסים הנשלטים.

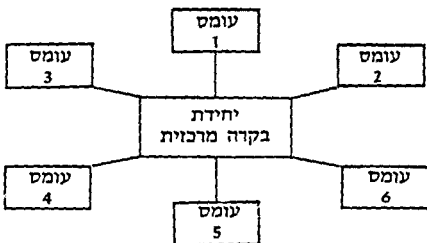
רשת תקשורת זו בנויה לפי אחת מהשיטות העיקריות הבאות:

- א. שיטת "כוכב"
- ב. שיטת "מולטיפלקס" (Multiplex)

★ שיטת "כוכב"

לפי השיטה הזאת כל אחד מהעומסים הנשלטים מתחבר אל היחידה המרכזית באמצעות שני חוטים (ראו איור 4):

איור 4  
רשת תקשורת לפי שיטת "כוכב"



**★ הכנסת נתונים ו"דרשיח" מפעיל-מערכת**

ברוב מערכות הבקרה יכול המפעיל להכניס נתונים חדשים המגדירים את משטרי העבודה של המתקן המבוקר, להגדיר עומסים חדשים ולבטל עומסים ישנים מבלי להפסיק את הפעולה השוטפת של המערכת.

באמצעות צג (מרקע) עם מקלדת יכול המפעיל לנהל "דרשיח" עם המערכת ולקבל על המרקע אינפורמציה על מצבו השוטף של המתקן המבוקר. האינפורמציה מוצגת על המרקע בשתי צורות עיקריות:

א. דיאגרמת סולם ממסרים (Relay Ladder Diagram).

ב. טבלאות פונקציונליות (Functional Tables).

במערכות מורכבות ומתוחכמות ניתן לקבל על המרקע גם תרשימים פונקציונליים של המתקן המבוקר ועקומות שונות הקשורות לתהליכי הייצור.

ברוב המערכות מקבל המפעיל דיווח מידי על התקלות במתקן המבוקר. התצוגה הניתנת באמצע עות דיאגרמת סולם, מאפשרת למפעיל "לדפדף" בתרשימים של המתקן ולאתר את המקום המדויק של התקלה. במלים אחרות, באמצעות מערכת הבקרה ניתן לאתר תקלות במהירות וביעילות ולמנוע השבתות ממושכות של המתקן המבוקר או חלקים ממנו.

באמצעות מדפסת ניתן לקבל דיווחים מודפסים על אירועים שונים במערכת מבוקרת גם בשעות שהמ"תקן אינו מאויש.

**תוכנית עיקריות לבקרת אנרגיה**

**ב ק ר ת ש י א ב י ק ו ש**

השליטה בשיא הביקוש מבוצעת באמצעות ניתוק עומסים (בלחי חיוניים ו/או כאלה היכולים לאגור אנרגיה) ברגעים בהם שיא הביקוש עומד לעלות מעל ערך מסוים הנקבע מראש, רוב העומסים הניתנים לני"תוק כגון מוגנים, מדחסים, תנורים וכו', הינם אוגרי אנרגיה ובגבולם מסוימים ניתן לדחות/להפסיק את הפעלתם לשלב בו רמת הביקוש הנובעת מפעולת מכרי"נות ייצור או מערכות חיוניות אחרות, הינה נמוכה יותר.

בשיטה זו צריכת האנרגיה נשארת קבועה, אולם היא מתחלקת באופן אחיד יותר על פני היממה וכתוצאה מכך יורד שיא הביקוש.

מערכת הבקרה, לאחר שהוגדרו העומסים הנשלטים ורמת העדיפות של כל אחד מהם, "דואגת" באופן אוטומטי ורצוף לכך שהביקוש לא יעלה על הערך שנקבע מראש.

**תוכנית "מחזורי עבודה"**

תוכנית זו מבוססת על כך שהעומסים, המבוקרים במסגרתה, עובדים בצורה מחזורית (Duty Cycle) מסויה"מת. לדוגמה, 10 דקות הפסקה ו-50 דקות הפעלה במחזור של שעה.

לכל אחד מהעומסים המבוקרים במסגרת התוכנית ניתן להגדיר מחזור קבוע מראש או לשנותו בהתאם לתנאי הסביבה (טמפרטורת חוץ, לחות וכו').

**תוכנית "תזמון עומסים"**

לכל אחד מהעומסים המבוקרים במסגרת תוכנית זאת ניתן להגדיר בכל אחד מימות השבוע את הזמנים המדויקים (שעות, דקות) בהם הוא יופעל או יופסק על ידי מערכת הבקרה ואת משך הזמן של הפסקה/הפעלה.

אחד מהשימושים האפשריים בתוכנית בקרה זו הוא לצורך התאמת משטרי ההפעלה של העומסים המבוקרים למסגרת התערוכה.

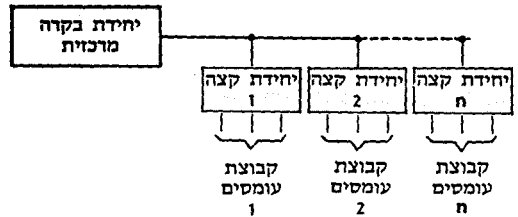
שיטה זאת מקובלת במערכות בקרה קטנות לשלי"טוה על מספר לא רב של עומסים הפרוסים בשטח מצומצם. החיסרון העיקרי של השיטה נובע מכך שלשליטה על מספר רב של עומסים המפוזרים בשטח גדול נדרשת רשת תקשורת מסועפת ויקרה.

**★ שיטת "מולטיפלקס" (Multiplex)**

לפי השיטה הזאת, יחידות הקצה מתחברות ליחידה המרכזית באמצעות זוג חוטים אחד או כבל דריגדי (ראה איור 5).

איור 5:

**רשת תקשורת לפי שיטת "מולטיפלקס"**



העברת קבוצת ידיעות בבת אחת (Multiplexing) על ידי היחידה המרכזית, מורכבת מהפיכת סייגלים ON/OFF המיועדים לעומסים הונשלטים לסיגל אחד מקודד והעברתו דרך זוג חוטים (או כבל דריגדי) אל תחנות הקצה הממוקמות בשטח.

כל אחת מתחנות הקצה קולטת רק את השרד המיועד לה והופכת אותו בחזרה לסיגלים ON/OFF הנשלחים לכל אחת מהעומסים המחוברים לתחנת הקצה.

על ידי שימוש במספר תחנות קצה המפוזרות במקומות שונים של המפעל או של הבניין ניתן לש"טוה בכל העומסים המבוקרים באמצעות כמות מינימלית של חוטי תקשורת, לכן השיטה הזאת עדיפה על פני שיטת ה"כוכב" במקרה של מספר גדול של עומסים נשלטים.

**הפעלת מערכות בקרה**

**★ תיכונת של מערכת בקרה**

ברוב מערכות הבקרה, פרט למספר מערכות בקרה קטנות, ניתן לשנות את התוכנה.

שינוי התוכנה נעשה באמצעות צג עם מקלדת. חלק ממערכות הבקרה כוללות צג עם מקלדת כחלק בלתי נפרד מיחידת בקרה מרכזית; בחלק האחר של מערכות הבקרה, היחידה המרכזית איננה כוללת את אמצעי התכונה הנ"ל ויש צורך לרכוש יחידה נפרדת.

רוב מערכות הבקרה מבוססות על תוכנה אשר נכתבה על ידי מתכנני המערכת בהתאם לצרכים הספציפיים של המתקן המבוקר.

לעיתים, עקב התפתחויות שונות במתקן המבוקר, אשר לא היו צפויות מראש (התרחבות המפעל), שינויים משמעותיים בתהליכי ייצור, החלפת תעריף החשמל וכו'), יש צורך בהכנסת שינויים בתוכנה הקיימת ו/או פיתוח תוכנה חדשה.

חלק מהמערכות הנוכרות לעיל מאפשרות הכנסת שינויים בתוכנה הקיימת ו/או בניית תוכנה חדשה על ידי מפעילי המערכת. הדבר מותנה, כמובן, בהכשרה מתאימה ומיומנות גבוהה של המפעילים. בהעדר כח אדם מתאים במפעל, מבלעת החברה, אשר תכננה והרכיבה את מערכת הבקרה, את שינויי התוכנה הדרושים, דבר הכרוך, לעיתים, בהוצאות כספיות ניכרות.

## ב ק ר ת ש י א ב י ק ו ש ע ק י פ ה

מערכת בקרה מסויימות מאפשרות לשתף באופן עקיף את העומסים המבוקרים במסגרת תוכנית "מחזורי עבודה" / או בתוכנית "תימון עומסים", במסגרת בקרת שיא הביקוש.

כך למשל, לעומסים שאופן פעולתם מאפשר זאת, והמשתתפים בתוכנית "מחזורי עבודה", ניתן לשייך זמן מיתוג גמיש לצורך בקרת שיא הביקוש, גם אם עומסים אלה אינם משתתפים ישירות בתוכנית לבקרת שיא הביקוש. פרושו של דבר שניתן להקדים את ניתוקם המתוכנן ממילא (לפי תוכנית "מחזורי עבודה") של העומסים כדי לחסוך השלת עומסים המשתתפים ישירות בבקרת שיא הביקוש.

ב. במקרים מסויימים מאפשר השילוב בין תוכניות "מחזורי עבודה" ו"תימון עומסים" להקטין את "תרומת" העומסים (או קבוצות עומסים) המשתתפים בתוכניות אלה לשיא הביקוש במתקן.

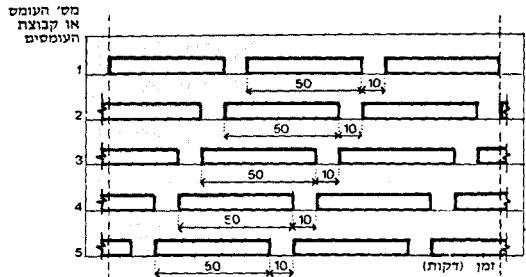
1. הפעלת מערכות צורכות אנרגיה במינימום צריכה בהתאם לתנאים בשטח.
2. הפעלת מערכות צורכות אנרגיה בנקודת עבודה אופטימלית על פני עקום צריכה/תפוקה.
3. שילוב של סעיפים 2,1 והפעלת תוכנית האופטימיזציה עבור המתקן כולו.

### דוגמא:

חמישה עומסים (או קבוצות עומסים הפועלים במשטרי עבודה זהים) מופעלים בצורה מחזורית של 50 דקות הפעלה ו-10 דקות הפסקה. שימוש משולב בתוכניות "מחזורי עבודה" ו"תימון עומסים", כמתואר באיור 6, מאפשר להגיע למצב שבו מופעלים ברזומנית רק ארבעה מתוך חמישה עומסים (או קבוצות עומסים). בדרך זו ניתן להקטין בהתאם את "תרומת" העומסים ה"ל לשיא הביקוש במתקן.

### איור 6

דוגמא: של שימוש בתוכניות מחזורי עבודה ותימון עומסים להקטנת הביקוש המירבי (שיא הביקוש).



### תוכנית "החזרה" (Reset)

תוכנית זו מיועדת, בדרך כלל, לעומסים המופעלים בצורה Start/Stop. במסגרת התוכנית, מנותקים העומסים באופן אוטומטי בזמנים שנקבעו מראש על ידי המפעיל במטרה לנתק עומסים במקומות, בהם אין פעילות של אנשים במסגרת העבודה השוטפת. הפעלת העומס מחדש מבוצעת ידנית.

### התאמת משטרי הפעלה של העומסים המבוקרים לתנאים משתנים

עומסים רבים כגון: מתקני חימום, מיזוג אוויר, תאורת חוץ ופנים, מחממי מים וכו', אינם משתנים ישירות את תהליך הייצור אלא משמשים להשגת תנאי נוחות לעובדים. הצורך בשרותים אלו משתנה בהתאם לזמן נים (שעות העבודה, ימי השבוע, חגים וכו') ובהתאם לתנאים מקומיים (טמפרטורת הסביבה, עוצמת התאור' דה הטבעית, לחות וכו'). חלק גדול משרותים אלו "מיוצרים", בדרך כלל, באופן מדויק ומתחלקים בין האיזורים השונים של המתקן. ביזבוז רב של אנרגיה נגרם כתוצאה מ"ייצור עודף" של השרותים, כאשר רמת השרותים היא גבוהה מזה הנדרשת לפי התנאים המקומיים, המשתנים מאיזור לאיזור.

מערכת בקרה, על סמך ניתוח אותות אנלוגיות (למ"ש: עוצמת אוויר, טמפרטורה, לחות וכו') בזמן אמיתי, יכולה לווסת את חלוקת השרותים לאיזורים השונים של המתקן ולמנוע "ייצור עודף" של השרותים.

אופטימיזציה בתפעול מערכות תוכנית זו של בקרת אנרגיה הינה מורכבת מאוד ודורשת הכרה ובחינה מעמיקה של העומסים הנושלים והכנת תוכנה מתאימה.

שימוש בתוכנית אופטימיזציה מאפשר להפעיל את המתקן המבוקר בשלוש רמות כדלהלן:

1. הפעלת מערכות צורכות אנרגיה במינימום צריכה בהתאם לתנאים בשטח.
2. הפעלת מערכות צורכות אנרגיה בנקודת עבודה אופטימלית על פני עקום צריכה/תפוקה.
3. שילוב של סעיפים 2,1 והפעלת תוכנית האופטימיזציה עבור המתקן כולו.

דוגמא: מערכת מיזוג אוויר של המתקן המבוקר כוללת:
 

- מדחס בורגי בעל וויסות תפוקה רציף
- 2 מדחסים בוכנתיים בעלי וויסות לפי דרגות.

 כל אחד מהמדחסים מאופיין על ידי עקום תפוקת הקירור כתלות מכמות האנרגיה החשמלית המושקעת. כך למשל:
 

- א. מקדם נצילות (היחס בין תפוקת הקירור לבין כמות האנרגיה החשמלית המושקעת) של מדחס בורגי, בתחום דרגות תפוקה גבוהות, הינו גבוה מזה של המדחס הבוכנתי.
- ב. מקדם נצילות של מדחס בוכנתי בתחום דרגות נמוכות ודרגות ביניים של תפוקת הקירור, גבוה מזה של המדחס הבורגי.

מערכת הבקרה "מקבלת החלטה" על תפוקת הקירור הדרושה ו"בוחרת" את הצירוף האופטימלי של דרגות העמסת המדחסים, כך שתפוקת הקירור הכללית הדרושה תושג בהשקעה מינימלית של אנרגיה חשמלית.

יישומן של מערכות הבקרה במציאות התעו"ז

מבנה התעו"ז

מכיר בקצרה את מבנה התעריף על פי עומס המערכת חמך הצריכה (תעו"ז). התשלום החודשי לפי תעו"ז מורכב משני חלקים:

- א. תשלום חודשי בעד ביקוש מירבי שונתי;
- ב. תשלום בעד צריכת החשמל החודשית כפי שנושף מהו במקבצי שעות הביקוש (או בקיצור: מש"ב) השונים - מש"ב "פסגה", מש"ב "גבעי", מש"ב "שפלי".

המרכיב הראשון מחושב בהתאם לערך הביקוש המירבי הגבוה מבין אלה אשר נרשמו על ידי מערכת המניה מתחילת השנה.

המרכיב השני מחושב על בסיס מחירים שונים למקבצי שעות הצריכה - פסגה, גבע ושפלי - ובהתאם לצירי כת החשמל החודשית בכל אחד ממקבצי השעות כפי שנושמה על ידי מערכת המניה. מקבצי השעות משתנים בהתאם לימי השבוע ועונות השנה.

ב ק ר ת ע ו מ ס י מ ב ה ת א מ ל מ ס ג ר ת ה ת ע ו " ז

מהאמור לעיל ניתן להסיק שלשם הקטנת התשלומים בעד צריכת החשמל לפי תעו"ז יש צורך בקייטת הצעי דים הבאים:

- א. הקטנת צריכת החשמל ו/או העברת הצריכה ממש"ב שבו מחירי בעד צריכת החשמל הינו גבוה, למש"ב שבו המחיר נמוך יותר.
- ב. למשל העברת הצריכה משעות הפסגה לשעות השפלי.

ג. הקטנת הביקוש המירבי (שיא הביקוש).

ב. בקרת עומסים בהתאם למסגרת התערו"ז, פירושה נקיטת צעדים המפורטים לעיל תוך כדי שימוש באמצעי בקרה שונים.

נקדים ונאמר שקיימים עומסים אשר משטרי ההפעלה שלהם מוכתבים על ידי מסגרת קשיחה של שעות העבודה במתקן ולא ניתן לשנותם בהתאם לתערו"ז מבלי לשנות את מסגרת שעות העבודה של המתקן כולו. חלק מהעומסים לא יכולים אף להשתתף במסגרת בקרת שיא הביקוש. כך, למשל, השלת עומסים שפעולתם חיונית לתהליך הייצור, עלולה לשבש את תפקודו התקין של המפעל.

יחד עם זאת בחלק גדול של מתקנים קיימים עומסים שונים המשתלבים ביעילות במסגרת בקרת אנרגיה; בהמשך נפרט את סוגי העומסים המתאימים לכך.

**אמצעי בקרה המיוחדים לשמש לבקרת עומסים בהתאם לתערו"ז צריכים לענות על הדרישות הבאות:**

1. הפעלת עומסים לפי מקבצי השעות של תערו"ז ובהתאם לימי השבוע (ימי חול, יום שישי ושבתי);
2. תוכניות בקרה שונות לעונות החורף, לעונות הקיץ ולעונות המעבר (אביב או סתיו);
3. בקרת שיא הביקוש.

מערכות בקרה ממוחשבות המצוידות בתוכנה המאפשרת, בין היתר, את ביצוע תוכניות "תיזמון עומסים", "מחזורי עבודה" ובקרת שיא הביקוש והפעולות לפי שעות זמן אמיתי פנימי, עונות על הדרישות הנ"ל. חלק ממערכות הבקרה מאפשרות תיכנות מראש למשך שבוע בלבד. אם המפעיל לא יכניס שינויים בתוכניות היומיות או לא ישהה את סידורם – תמשיך המערכת לבצע את התוכנית השבועית המקורית באופן אוטומטי גם בשבועות הבאים.

חלק אחד של בקרים מאפשר תיכנות מראש למשך עונה. בכדי לשנות תוכנית עונתית אחת לתוכנית עונה אחרת, יש צורך בהחלפת קסט/דיסקט או בתיכנות ידני מחדש.

מערכות בקרה משובלות עם גודל זכרון מתאים מאפשרות תיכנות מראש לשנה או אף למספר שנים.

## ניצול מערכות בקרה ממוחשבות קיימות והתאמתם לבקרת אנרגיה בהתאם לתערו"ז

חלק גדול ממערכות הבקרה הממוחשבות, אשר הותקנו לפני מספר שנים נועדו, בדרך כלל, לבקרת שיא הביקוש או לבקרת תהליכים.

המערכות אשר נועדו לבקרת שיא הביקוש דרשו התקנת משדר אימפולסים ממונה שיא הביקוש של חברת החשמל. מערכת מניה לתערו"ז המותקנת אצל צרכנים המקבלים אספקה במתח עליון או במתח גבוה כוללת בתוכה משדר אימפולסים ומאפשרת התחברות ישירה למערכת הבקרה.

את מערכות הבקרה הקיימות המיועדות לבקרת שיא הביקוש בלבד ניתן לנצל למטרה זוהי גם לבקרת עומסים במסגרת התערו"ז.

יחד עם זאת, אם התקנת מערכת בקרה ממוחשבת נעשתה, בעיקר, למטרת החיסכון בתשלומים בעד צריכת החשמל, אזי השימוש במערכת המיועדת לבקרת שיא הביקוש בלבד, יביא בדרך כלל להשגים מוגבלים מאד בכיוון זה.

החסבר לכך הוא בעובדה שהתשלום הממוצע בעד שיא הביקוש נע בסביבות 10% מסך התשלום בעד צריכת החשמל. לפי התערו"ז, סך הכל התשלום בעד ביקוש מירבי שנתו לא יעלה על 25% מסך התשלום בעד צריכת החשמל כפי שהיא נרשמה במש"בים השונים באותו חודש. מכאן שפוטנציאל החיסכון בתשלומים הגדול ביותר טמון בהקטנת צריכת החשמל ו/או בשעי שעות הצריכה.

האמור לעיל איננו מבטל את חשיבות בקרת שיא הבקרה קוש במסגרת בקרת אנרגיה, אלא מדגיש את הצורך בבקרה כוללת אשר תכלול בראש וראשונה את ביצוע תוכניות הבקרה המיועדות להקטנת הצריכה הכוללת

ו/או הזזת הצריכה או חלק ממנה ממש"בים יקרים למש"בים זולים, ובנוסף לכך, תאפשר גם בקרת שיא הביקוש.

כלומר, כדי להשיג שילוב יעיל של העומסים המבוקשים במסגרת התערו"ז, במתקן שבו קיימת מערכת לבקרת שיא הביקוש בלבד, יש צורך בשילוב המערכת הקיימת עם מערכת בקרה נוספת אשר תבצע, בין היתר, את תוכניות "תיזמון העומסים" ו"מחזורי העבודה".

את מערכות הבקרה הקיימות אשר נועדו לבקרת תהליכים ויתקן, עקרונית, לנצל לצורך בקרת עומסים בהתאם למסגרת התערו"ז לאחר הכנסת שינויים מתאימים בתוכנה הקיימת. הדבר תלוי, בין היתר, בגודל היזרון "הפגיו" העומד לרשות המתכנת.

## תיכנון אופטימלי של מתקן מבחינה אנרגטית והשפעתו על יעילות היישום של מערכות הבקרה במציאות התערו"ז

יש להדגיש שניהול יעיל של משק האנרגיה (Energy Management) כולל נקיטת שורת צעדים שמטרתם העיקרית הינה ניצול יעיל של האנרגיה הנצרכת והקטנה, במידת האפשר, של ההוצאות האנרגטיות כמתקן. יישום מערכות ממוחשבות לבקרת אנרגיה הינו רק אחד מהצעדים המשרתים מטרה זו.

אחד הצעדים החשובים הינו תיכנון אופטימלי של המתקן מבחינה אנרגטית, אשר כולל בין היתר:

א. תכנון נכון של המעטפת החיצונית של המכונים, בהם יותקנו מערכות מיוזג אויר ו/או הסקה, תוך כדי ניצול מירבי של כידוד תרמי וטכניקות אחרות המאפשרות הקטנת צריכת החשמל למיוזג אויר ו/או להסקה.

ב. בחירת מערכות מיוזג אויר ו/או הסקה יעילות הניתנות לבקרה ולהפעלה חכמה, עם הספקים המותאמים לגודל ולאופי המתקן, עם צנרת ומיכלי אגירה מבודדים היטב.

ג. יישום, במידת האפשר, שיטות ניצול מקורות אנרגיה טבעיים. למשל, ניצול אנרגיית השמש לחימום מים, איורוד מוגבר בשעות בהן הטמפרטורה בחוץ יורדת מתחת לטמפרטורה בתוך המבנה לשם הקטנת צריכת החשמל למיוזג אויר, ניצול מירבי של הארה טבעית לשם הקטנת צריכת החשמל של מערכות תאורה.

במציאות התערו"ז עולה חשיבותו של התיכנון האופטימלי של המתקן מבחינה אנרגטית כאשר, בנדר סך לביצוע הצעדים המתוארים לעיל בסעיפים א-ג, יש ליישם טכניקות שונות המאפשרות אגירת אנרגיה במש"בים זולים וניצולה במש"בים יקרים, והקטנת שיא הביקוש.

כך לדוגמה, תיכנון ובניית מבנה עם אינרציה תרמית גבוהה ומעטפת חיצונית מבודדת היטב מבחינה תרמית, מאפשרים (בעזרת הקיץ, למשל) לקרר את המבנה בצורה מוגברת בשעות השפל וכתוצאה מכך – להוריד את תפוקת מערכת מיוזג האויר בשעות הפסגה מבלי לפגוע בנחתות בתוך המבנה.

תכונות המבנה המתוארים לעיל יכולות לאפשר הקטנת התפוקה או הפסקה של מערכת מיוזג אויר או הסקה לפרקי זמן מתאימים לצורך הקטנת שיא הבקרה קוש במתקן.

תוכניות בקרת אנרגיה, המבוצעות על ידי מערכות בקרה ממוחשבות מתאימות, יכולות להתבסס על התכונות הנ"ל של המבנה לצורך הפעלת מערכות מיוזג אויר ו/או הסקה במשטרי עבודה מתאימים.

לסיכום, ניתן לומר שתיכנון אופטימלי של המתקן מבחינה אנרגטית מגביר את יעילות היישום של מערכות הבקרה הממוחשבות לצורך ניהול יעיל של עומסים חשמליים במציאות התערו"ז.

(\*) אינרציה תרמית מבטאת את יכולת הרכיבים השונים של המבנה לאגור אנרגיה (חום – בחורף; אנרגיה שלילית של קיר – בקיץ). יכולת זו נובעת ממיכלי חום של החומרים, מהם בני המבנה.

## עומסים המיועדים לניהול ולבקרה באמצעות מערכת לבקרת אנרגיה

### בחירת עומסים המיועדים לבקרה

העומסים החשמליים המיועדים לבקרה מאופיינים על ידי משטרי הפעלה המאפשרים להפסיק את העומסים לפרקי זמן המוגדרים בתוכניות הבקרה, מבלי לפגוע בפעולתו התקינה של המתקן. עומסים אלה משתייכים, כיום, בדרך כלל, למערכות שירות שונות כגון: מערכות חימום, מיוג אויר, אויר דחוס וכ"ו – שיש להם אינרציה מסוימת מבחינה אנרגטית המאפשרת לדחות את הפעלתם לפרקי זמן קצרים.

לעומסים המיועדים לבקרה ניתן לשייך גם עומסים המאפשרים, בהתאם לאופי פעולתם, להעביר חלק מצריכת החשמל שלהם ממש"ב לקר למש"ב זול יותר. עומסים אלה אף יכולים להשתתף ישירות בתהליך הייצור של המפעל.

לדוגמא, תנור חימום, המשמש להכנת חומר גלם עבור תהליך הייצור המתבצע במשמרת אחת – משמרת בוקר. תנור זה דורש חימום מוקדם להשגת הטמפרטורה הנדרשת להכנת החומר. חימום זה ניתן לבצע לפני תחילת המשמרת וכתוצאה מכך – להעביר חלק מצריכת החשמל למש"ב השפל. צריכת החשמל הכרוכה ללא תנור החימום לא תשתנה, אבל התשלום הכרוך בעד הצריכה יקטן.

לכל מתקן יש אופי צריכה משלו הנובע מסוג המתקן וממשטר העבודה בו. דק הצרכן עצמו יכול לקבוע מהם העומסים הניתנים לבקרה מבלי שהדבר יגרום לשיבוש שים בתפעולו התקין של המתקן.

### מיקום וריכוזיות העומסים המבוקרים והשפעתם על מבנה מערכת הבקרה

למיקום וריכוזיות העומסים המיועדים לשליטה ולבק-

רה יש השלכות רבות על בחירת סוג, גודל ומבנה של מערכת הבקרה.

ריכוזיות גבוהה של עומסים מפשטת את המבנה של מערכת הבקרה ומאפשרת להקטין את מספר יחידות הקצה וקווי התקשורת הדרושים.

לעומת זאת, פיזור רב של עומסים בשטח האתר גורם להגדלת מספר יחידות קצה וקווי תקשורת. במקרה של מרחקים גדולים במיוחד (מספר קילומטרים) אף נדרשות יחידות תקשורת מיוחדות.

במקרים מסויימים כאשר מספר העומסים ופיזורם למרחקים הינם גדולים, כדאי לשקול את האפשרות של התקנת מספר מערכות בקרה עצמאיות, אשר תהיינה אחראיות על איזור מסויים של האתר.

### סיכום

\* הופעת מערכות הבקרה הממוחשבות הכניסה היבטיים חדשים לענף בקרת התהליכים ובקרת האנרגיה ואיפשרה ליישם רעיונות אשר לא היו ניתנים ליישום לפני כן.

המיוגן הרחב של מערכות הבקרה המאופיינות על ידי מורכבות, תיחכום וביצועים פונקציונליים שורנים מחייב בדיקה מוקדמת אשר תצביע על כדאיות שבהתקנת מערכת בקרה מבחינת עלות/תועלת שבה ועל התאמתה של המערכת למתקן המבוקר.

\* מערכות הבקרה הממוחשבות יכולות למלא תפקיד חשוב בשילובם היעיל של העומסים החשמליים, המבוקרים באמצעותן, במסגרת התערו"ז.

יחד עם זאת, על מנת להבטיח את ניצולו המלא של הפוטנציאל הטמון ביישום מערכת ממוחשבת לבקרת אנרגיה במציאות התערו"ז, יש לנקוט במספר צעדים משלימים המוזכרים במאמר זה.

## תעלות חשמל פלסטיות

### גדעון בן-דעת

4. גמישות בשימוש – ניתן לאחד מספר שנים או כל פרק זמן אחר, לפתוח את מכסה התעלה ולהוסיף כבלים לפי הצורך, או להוריד כבלים מיותרים. שינוי כזה במערכת אחת יהיה מסובך מאד.

5. פיוסי קשיח – הוא חומר כבד מאליו ואינו מעביר אש.

התעלות הפלסטיות מיוצרות בישראל תוך הקפדה מירבית על:

- א. משקל מדוייק.
- ב. עובי דופן התעלה.
- ג. איכות העיבוד.
- ד. טיב החומרים הנוספים לפיו.סי.

כאן כדאי להסביר כי טיב החומר המוגמר תלוי במידה רבה בחומרי הגלם המוכנסים לתערובת ובצורת וטיב העיבוד.

יתכן שסיבת ההצלחה של תעלות החשמל הפלסטיות בשוק, נעוצה בהקפדה על סטנדרטים גבוהים מאד של חומרי הגלם ודרגת העיבוד.

התעלות המיוצרות בארץ עוברות בדיקות של חוקי גמישות, עמידות בפני קרינת השמש וכדומה, במפעל המייצר את חומר הגלם בעל מעבדה משובללת ביותר, וכן במכון הפלסטיקה שליד הטכניון בחיפה.

**מוצר חדש – תעלה לתקשורת.**  
לאחרונה הופיעה בשוק תעלה עם מחיצה המתאימה במיוחד להתקנת חוטי טלפון וטלביזיה בכבל, או כל תקשורת אחרת כאשר בתעלה מותקנת הפרדה בין שני סוגי הכבלים עלידי מחיצה.

תעלה זו מסופקת במיגון צבעים ומידות – ועמידה לאורך שנים לקרינת השמש.

בעשר השנים האחרונות נכנסו לשימוש בישראל תעלות חשמל פלסטיות עשויות מ'פיו.סי. קשיח.

בתחילה היה קשה לשכנע את הקונים (קבלני חשמל, מפעלים, צה"ל ועוד) ביתרונותיהן, בגלל ההרגל לעבוד עם תעלות פח וחוסר אמון כללי ביתרונותיו ובתכונותיו הטובות של החומר הפלסטי.

אולם, בשנים האחרונות חל שינוי מהיר במגמה – תעלות חשמל עשויות מ'פיו.סי. קשיח נכנסו יותר ויותר לשימוש, והיום קשה מאד למצוא קבלן חשמל רציני או מפעל חדש שאינם משתמשים בהם.

סיבות המעבר לתעלות חשמל פלסטיות הן רבות:

1. חסכון בעבודה – אחד הסעיפים היותר יקרים בהוצאות התקנת מערכת חשמל.
2. עמידות לאורך ימים – ללא צורך בתחזוקה כגון צביעה או החלפת קטעים שלמים שהחלידו.
3. אסתטיקה – מערכת חשמל המורכבת מתעלות פלסטיות תהיה תמיד יותר יפה ומסודרת מכל צורת התקנה אחרת.

ג. בן-דעת – מנהל מח' פיו.סי. במפעל פלגל

# אספקת חשמל רציפה בהספקים גבוהים - הפתרון הסובב

ד"ר אהוד אפשטיין

## מבוא:

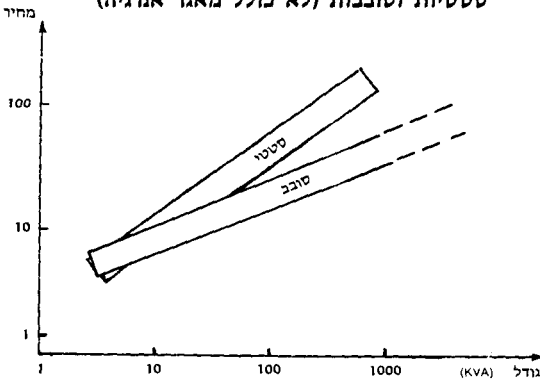
המושג "אל-פסק" (Uninterruptable Power Supply — U.P.S.) נקשר בשנים האחרונות (בעיקר בהקשר לגיבוי מערכות ממוחשבות), לציוד סטטי.

בציוד זה משמשים מצברים כמאגרי אנרגיה חילופית למקרים בהם חלה הפסקה בדרשת, וממירים סטטיים (המבוססים על מיתוג אלקטרוני) המיועדים להפוך את מתח המצברים למתח החילופין הנדרש (איור 1).

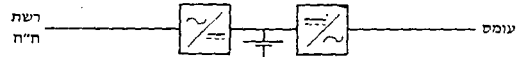
היתרון הראשוני שמשך לכיוון המערכות הללו, קשור למבנם חסר החלקים הנעים. יתרון זה פג במעט כאשר התברר למשתמשים השונים כי לעומסים הנדרשים עליהם, בעיקר באם מדובר בתחום ההספקים הגבוהים, קיימות תשובות טובות יותר, ולעיתים תשובות בלעדיות, במערכות המבוססות על מכונות סובבות.

במאמר זה נפתח לכן בתאור הסביבה, הדרישות והשיקולים אשר בהם הפתרון הסטטי נראה כלא מתאים, נציג פתרונות שונים, ונתאר בעיקר טיפוס מיוחד של מערכת סובבת, אשר פותחה, הותקנה ומשרתת בנאמנות מפעלים בארץ.

**איור 2**  
תהגות מחיר מקורבת במערכות אל-פסק סטטיות וסובבות (לא כולל מאגרי אנרגיה)



**איור 1**  
מערכת אל פסק סטטית



## מגבלות היחידות הסטטיות בסביבת ההספקים הגבוהים

### אגירת אנרגיה

"כבר בשטח המחיה הטבעי" של יחידות הגיבוי הסטטיות - שהוא האספקה למחשבים ויחידותיהם ההיקפיות, מתחילה אגירת האנרגיה במצברים להספקים שמעל לכ-15 קו"ט, ולמשך זמן שמעל לכ-15 דקות להציב בעיה של מיקום ושל אחזקה, המבטלים את היתרונות הראשוניים של מערכות סטטיות; קומפקטיות ואחזקה מינימלית.\*

### מחיר ועלות

מחירם של מאגרי האנרגיה הללו הוא מכשול, ולערי תים עיקרי, בהכנסתם של מערכות אל-פסק לצרכנים בעלי הספק גבוה (לשיקול הכלכלי נחזור בהמשך. נוכיז כאן רק את הסיבות לעלות הגבוהה).

\* המצברים והמבנים הנדרשים לאיכסונום ושרותם הגאות הופך להיות דומיננטי בעלות המערכת.

\* גם ביחידה הבסיסית - המישר והממיר, קיימת בעיה של מחיר. בעיה זו נובעת מכך שהיחידות להספקים גבוהים מורכבות ממספר יחידות קטנות יותר במקביל. לכן העקום של מחיר כנגד גודל ביחידות אלו הוא בעל שיפוע שאינו מתמתן במהירות (איור 2).

### אמינות

נטיונם של המשתמשים במערכות הסטטיות, כמו החישובים התאורטיים, מראים כי משך הזמן הממוצע בהן פועלות המערכות המתבססות על ממירים סטטיים ללא תקלות, נמדד בשנתיים.

ד"ר א. אפשטיין - מהנדס יועץ

### הסיבות הן:

\* מבנה יחידת הממיר - המתבסס על מיתוג אלקטרוני מאולץ, מעמיד דרישות קשות בפני הרכיבים ומגדיל את מספרם.

\* מורכבות המערכת ממספר רב של תתי-יחידות (Modules) כאשר כל תקלה ברכיב אחד במערכת מעמידה בסכנה את כל הממיר ועלולה להוציאו מכלל פעולה.

הפתרון המקובל הוא רכישת ציוד בעל יכולת אספקה גדולה מן הנדרש (לפחות בתתי-יחידה אחת). אך גם פתרון זה אינו מבטיח בידוד מידי של היחידה הפגומה ומניעת תקלות אחרות.

### נצילות

במערכות המקובלות, המתוארות סכמתית בציור 1, כל ההספק עובר המרה כפולה: דרך המישר, בנצילות של כ-85-95% ודרך הממיר, בנצילות של כ-80-90%, כך שהפסדי האנרגיה הכרוכים בפעולה בצופה של המערכת מהווים כ-20% מההספק.

\* גישה זו ניכרת במאמרו של מר ד. אטרכי - "הפרעות חשמל ביונת מחשבים" בעלון "התקע המצדיע" מס' 31 - מרץ 1984.

\*\* (ראה מאמרו של מר ד. קדרור - "אספקה לשעת חרום ומערכות הגנה בלתי מופסקות" - "התקע המצדיע" 29 - יוני 1983).

**קשיחות הממור**

המבנה של הממור הסטטי, תכונותיהם של המתגים האלקטרוניים והמסננים הנדרשים ליצירת צורת הגל, גורמים לכביעות הבאות בביצועיו:

- קושי לספק זרמי יתר הנדרשים בעיקר בזמן התנגות מנועים ושנאים המהווים חלק מהעומס.
- קושי לספק זרמי קצר הנדרשים להפעלת הגנות ומכון הבעיה הקיימת להבטחת הגנה נאותה לרכיבי העומס או אף לממיר.
- קושי להשיג רמת הרמוניות גבוהה במתח המוצא (כלומר מתח סינשוואידלי טהור), יחד עם תגובה דינמית מיידית הגורמת לייצוב מחיר במקרים של שינויי עומס.

**רגישות**

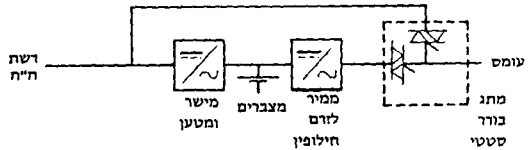
ההתקנים הממתגים שבממיר, תיירסטורים או טרמיסטורים, הם בעלי עמידות נמוכה להעמסת יתר, ותגובתם בעת העמסתם מעל לתחום הספקם המותר הוא תקלה מיידית.

**הפתרון לכביעות**

הפתרון לרוב הכביעות שהוזכרו בסעיפים הקודמים, הוא התקנתו של מעקף סטטי (איור 3) המחבר את העומס ישירות לרשת במקרים בהם מתרחשת העמסת יתר או תקלה בממיר.

**איור 3**

**מערכת אל־פסק סטטית עם מעקף**



פתרון זה, פרט לעובדה שהוא מייקר את המערכת בצורה ניכרת, אינו מושלם, הן בשל העובדה כי לשם חיבור ומיתוג מידיים נדרש סינכרון בין המקורות, והן בכך שהוא מבטל את כל הבידוד מהרשת - ייצוב המתח וסינון הרעשים, לפרקי זמן ניכרים, בהם מופעל המעקף.

**מערכת האל־פסק הסובבת, שיקולים במהלך התכנון**

במקום להמשיך בנקודה זו בסקירה של מערכות האל־פסק, סוגיהן השונים והתאמתן לעומסים שונים, נתאר סוג אחד של מערכת, אשר הותאמה והופעלה החל משנה 1979 בשני מפעלים המייצרים צינורות פלסטיים.

- **יחוד הסביבה** - מערכת האל־פסק היתה חייבת לתת אספקה רציפה לאגף שלם במפעל, מכונות השיחול (extrusion) הבקרה שלהן, ושרותי העזר, כך שתימנע קריעה או שינוי בעוובי הצינור.
- תאור זה של העומס הוא בעל מספר תכונות בולטות המתאימות לשימוש במערכת סובבת;
  - **ההספקים** בהם מדובר גבוהים (מאות קילוואט).
  - **הייצור** - יימשך גם בעת הפסקת חשמל ארוכה.
  - **דיוק התדר** - לא חייב להיות גבוה.
  - **מיקום** - לא מהווה בעיה מיוחדת, כמו כן המשקל הסגולי.
  - **אחזקה** - האחזקה המכנית הנדרשת, בעיקר שרי מון ובדיקת חלקים טובבים מתבלים, יכולה היתה להכנס לסידור העבודה של אנשי התחזוקה במפעל.
  - **הפסדים** - על המערכת להיות בעלת הפסדים נמוכים.
  - **עלות המערכת** - חייבת להצדיק את רכישתה.

**השיקול הכלכלי**

שתי הדרושות האחרונות הוכנסו לחישוב של תועלת לעומת עלות, היות ולא מדובר במקרה זה במערכות בטיחותיות או בטחוניות, ואף לא במערכות מחשבים או תקשורת רציפות, בהן הנזק האפשרי הוא גדול מועבר לכל עלות המערכת או הפסדיה, חישוב זה היה מעמיד את התקנתה של מערכת אל־פסק במקרה זה בספק רב.

**בצד הזכות והוצב:**

- עלות האובדן בשעות עבודה.
- חומרי הגלם הנשחתים בעת הפסקות חשמל.
- מניעת הנזק לציוד - הישיר, בהקשר לתהליך הספציפי - (חומר נקדש) והעקיף, אשר לפי הערך כות מהווה כשליש מהתקלות הבלתי מוסברות בציוד הבקרה האלקטרוני והחשמלי.
- חיסכון בכח אדם הנדרש לשהיה במפעל באופן רצוף בכדי להתגבר על מצבים קדיטיים בעת ההספקה ולשם חידוש הייצור לאחריה.
- מניעת נזק עקיף למוניטין - הנגרם עקב פיגורים בזמני האספקה ובייצור מוצרים פגומים.

**בצד החובה והוצב:**

- עלות הציוד עצמו, לפי חישובי פחת מקובלים.
- עלות ההפעלה - בעיקר מחיר החשמל הנדרש לכיסוי ההפסדים הפנימיים.
- עלות האחזקה.

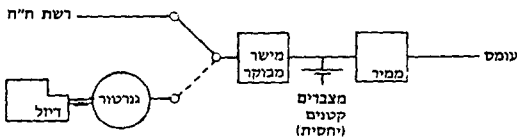
לחישובים אלו יש להוסיף שהשקט הנפשי של העובדים, הנרכש בהפעלה הצדיק (ומצדיק) את התקנת המערכת גם אם צד הזכות והחובה מתאזנים.

**אפשרויות פתרון**

מספר פתרונות אפשריים למקרה זה. השיקול הראשון, של הספק גבוה ולזמן ארוך חייב להסתמך על גיבוי של גורמיה המבוססת על דלק, כלי מר גנרטור מקומי או קו אספקה חליפי. בצירורים הבאים מתוארים בקצרה מספר אפשרויות:

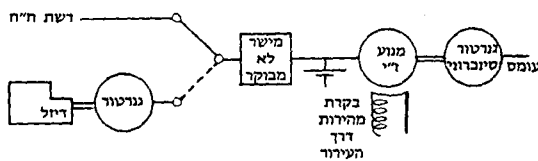
**איור 4**

**מערכת אל־פסק סטטית בגיבוי גנרטור**



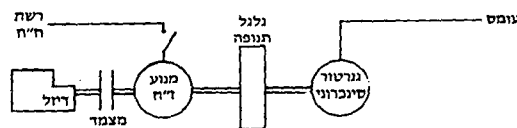
**איור 5**

**מערכת אל פסק סובבת בגיבוי מצברים/דיוול**



**איור 6**

**מערכת אל פסק סובבת טורית בגיבוי גלגל תנופה/דיוול**

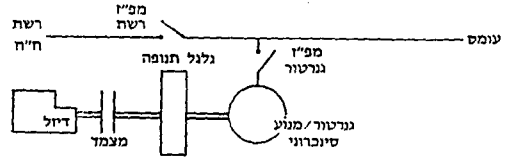


לכל הפתרונות הללו מחיר גבוה, הן של עלות (שתי מכוונות חשמל לפחות, בהספק מלא) והן של הפסדים הנובעים מהעברת אנרגיה טורית בנצילות

הפתרון המומלץ

באיור 7 מתואר הפתרון שנבחר:

**איור 7 מערכת גיבוי בעלת מכוונה בודדת**

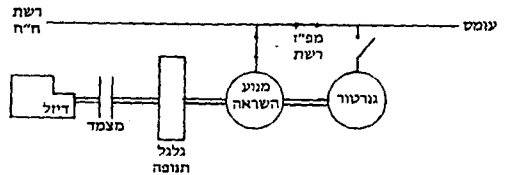


בעת הספקה סדירה, העומס מוזן ישירות מן הרשת, והמכוונה החשמלית משמשת כמונע, המסובב את גלגל התנופה:

בעת הפסקת חשמל מתנתק מפיץ הרשת, והמונע הופך לגנרטור סינכרוני. הוא שואב את האנרגיה שלו מגלגל התנופה עד אשר מותנע הדיזל ומגיע לייצור הספק. התנועת הדיזל נעשית תוך פרקי זמן קצרים, הודות לעובדה שהוא מוחזק במצב חם ומשומן מראש, והתנועתו מסתייעת בגלגל התנופה. עם חזרת האספקה הסדירה מן הרשת, מביא הדיזל את הגנרטור לסינכרון משותף איתה ולאחר חיבור מפיץ הרשת, מתנתק המצמד והמערכת נמצאת שוב במצב היכון.

**הערה:** באיור 8 מתוארת מערכת שונה, כאן מותקן מונע חשמלי קטן המסובב את גלגל התנופה, ואילו הגנרטור הסינכרוני מנותק בדרך כלל מהעומס והמתחבר אליו רק לאחר ניתוק מפיץ הרשת בעת הפסקת חשמל. במערכת זו, הפסקת החשמל היא בסדר גודל של כ-0.2 שניות (זמן חילוף המפסקים) והיא הותקנה באחד משני המפעלים הנ"ל. לאחר הסיווג הממושך של המערכת המתוארת באיור 7, החלפה (בארץ) מערכת הפיקוד למערכת ממוחשבת אשר הביאה אותה למצב פעולה ללא הפסקות.

**איור 8 מערכת גיבוי סובבת בעלת הפסקה קצרה**



**יתרונות מחיר**

בגלל קיומה של מכוונה בודדת, מחיר המערכת קטן יחסית, וכך גם גודלה, וכתוצאה מכך גם מחיר המבנה המאכסן אותה נמוך יחסית.

**הפסדים**

היות והאספקה היא בדרך כלל ישירות מהרשת, ההפסדים נמוכים, והם בעיקר הפסדי הריקם של המכוונה הבודדת, כלומר נצילות של עד 95%.

**אמינות**

רוב רכיבי המערכת נמצאים במצב של חיבור במקביל, עובדה התורמת לאמינות משני כיוונים:

★ פעולת רכיביה היא במרחק גדול מהנקוב, וקרוב למשטר עבודה בריקם.

★ העובדה שהמערכת סובבת ומחוברת, מאפשרת לבדוק ולהתריע מבעוד מועד על תקלות הקיימות בה, ואף לתקן לרוב בלא הפסקת חשמל לעומס.

כל זאת בנוסף לנתון הבסיסי של מערכת אשר כוללת מספר חלקים מועט, ובעלי אורך חיים, בין התקלות, גבוה מאד.

**שיפור מקדם ההספק**

כידוע, מונע סינכרוני בעל עידור יתר הוא בעל מקדם הספק קיבולי. לפיכך ניתן להשתמש במונע שבמערכת, בזמן שהרשת תקינה, כמקור להספק דיאקטיבי, בעל אפשרות שליטה רציפה ונוחה יותר מאשר קבלים, ובלא תופעות המעבר הקשורות למיתונם.

**הנחתת שיא הביקוש**

השימוש במערכת להורדת שיא הביקוש אפשרי בשתי דרכים:

★ הפעלה באופן מנותק מהרשת, כאשר המערכת מוזן נה את המפעל כולו או את החלק עבודו היא מתוכננת.

★ הפעלה של הגנרטור במקביל לרשת.

הדרך השנייה יעילה וגמישה יותר בהפעלה, אך דורשת ציוד אבטחה והרשאה מיוחדת מטעם הרשות המוסמכת.

**יתרון המערכת** בשימוש זה (בשתי השיטות) הוא שההפעלה בשתייהן אפשרית ללא הפסקה בזרם החשמל.

**יתרון נוסף** טמון בכך שציוד הסינכרון לרשת ולוחות הפיקוד הממוחשבים קיים ממילא ומאפשר לכן את התאמת המערכת לפעולה נוספת כמורידת שיא ביקוש, בהשקעה קטנה.

כדאיות השימוש בציוד כמוריד שיא ביקוש צריכה להבדק במפורט - לפי אופיין הצריכה, קיומם של שיאי ביקוש קצרים וגבוהים ופילוגם על פני היממה והשבוע (תעריף) לעומת עלות הפעלת הדיזל והדלק היקר יותר.

**אופי המקור**

כמוכן שהגנרטור, בהיותו בדרך כלל בסדר גודל דומה לשניי הזונה של המפעל, תורם להקטנת העכבה שרר אה העומס, דבר המשפר את צורת המתח, את התגובה לעומסים משתנים ולתכולת הרמוניות בזרם. כמוכן שיכולת ההתגברות על מצבי קצר ועומס יתר, הן כשה רשת קיימת והן בהפסקת חשמל גבוהה דיה כשימוש בציוד מתאים.

**חסרונות**

החסרונות הידועים של מערכת סובבת:

- הצורך בתחזוקה שוטפת, המתבטאת בעיקר בטיי פול בדיזל ומסננים, החלפת שמן וגירוז המיסבים.
- רעש.
- נפח ומשקל.

בנוסף לכך - חסרונות ספציפיים למערכת זו:

- מפל תדר במשך מספר שניות בהן גלגל התנופה מאבד את סיבוביו עד כניסת הדיזל לפעולה.
- חוסר בידוד מן הרשת.
- המתח בהדקי העומס איננו קבוע אלא עוקב אחרי מתח הרשת, ואף יכול ליפול באם נוצר קצר קרוב לנקודת הזונה של המפעל.

**הערה:** כדי להתגבר על החיסרון האחרון ניתן להתקין משנק (סליל) בין הזנת המפעל ובין העומס כך שמתחו יהיה מייצב.



## נסיון מעשי ומסקנות

עד כה הותקנו בתעשייה בארץ כשבע יחידות בעלות המבנה המתואר, אשר הותיקות שבהן מתפקדות כהלכה כבר למעלה מחמש שנים.

המערכות צברו כבר אלפי שעות פעולה במקביל לרשת, מאות הפעולות ומאות שעות פעולה בהפסקות חשמל. פעולת מערכות אלו מחד, והתקלות שהתגלו מאידך, הוכיחו כי בתכנון נכון של הציוד ודרך התיפקוד ניתן להגיע למערכת אמינה המצדיקה את התקנות והחישובים שונעו לגביה.

התכונות המיוחדות של המערכת כפי שתוארו לעיל, מראות על אפשרות החדירה של יחידות אל-פסק מן הטיפוס הסובב, בשני כיוונים:

א. במקומות בהם מערכת אל פסק נראתה בלתי כדאית או לא חיונית מן הבחינה הכלכלית, מאפשרת עלותה הנמוכה יחסית את התקנתה:

- במפעלים בעלי ייצור רציף בחומרי גלם יקרים.
- במפעלים בהם תהליך ההפעלה יקר ומורכב.
- במקומות בהם צפוי נזק לציוד ולמוצרים.
- בקומפלקסים מורכבים, כגון בתי חולים או תחנות תקשורת, בהם נדרש גיבוי פשוט, אמיין ומרכזי.
- בסביבה בה הגיבוי הסטטי היווה פתרון כמעט בלעדי:

- במערכות מחשבים
- במתקני עקיבה צבאיים.

לשימושים אלו נדרש, בדרך כלל, ייצוב מתח לתדרים גבוהים מאלו שמשפקת המערכת המתוארת, אלו ניתנים להשגה בעזרת מערכות גיבוי משולבות, המאחדות את היתרונות האורגטיים של המערכת הסובבת עם הדיוק בפיקוד של המערכות הסטטיות.

## אזהרות

א. בעת התקנת המערכת יש כמוכן לנקוט בדרכים המקובלות לשם רישוי ובדיקה בידי הרשויות הממונות כפי שנהוג לגבי כל מערכת גנרציה.

ב. תשומת לב מיוחדת חייבת להינתן במערכות אלו לציוד הבטיחותי ולדרך הפיקוד, אשר יבטיחו שבישום מקרה לא יחווה הספק מן המערכת אל רשת חברת החשמל.

ג. האזהרה האחרונה חשובה במיוחד, בהתקנות במפעל על המחולק לשני חלקים, חיוני ובלתי חיוני. יש למנוע את האפשרות של חיבור ההזנה בין שני חלקי המפעל.

ד. יש לשים לב מראש לתכנון המפסקים העוקפים את המערכת, למטרות החזוקה בעת תקלות, תכנון זה יכול למציעים למניעת הפעלה בלתי מתוכננת של המערכת ופגיעה במטפלים בה.

# מה חדש בתקינה

ת"י 402 - אבורי עזר לשפופרות פלואורניות: מדלקים  
Fluorescent lamps auxiliaries: starters

(גיליון תיקון לתקן ממאי 1982)  
בגיליון תיקון זה פורטו שינויים בסעיף המתייחס לכדיקות אינדיווידואליות ואימותן.

ת"י 583 - שמיכות, סדינים, כריות ומזרנים מחוממים בהשמל  
Electrically heated blankets, sheets, pads and mattresses

(גיליון תיקון לתקן ממרס 1982)  
בגיליון תיקון זה פורטו שינויים בסעיפים המתייחסים להספק מבורא זורם, עליית הטמפרטורה, המבנה, בדיקות אינדיווידואליות ואימותן וכד.

ת"י 735 - חלק 1 - כבלים מבדדים כחומר תרמופלסטי למתח גבוה: כבלים למתח בין המופעים מ"ו ק"ו עד 10 ק"ו  
Thermoplastic insulated cables for high-voltages: cables for voltages from 1 kV to 10 kV between phases

(כא במקום התקן ת"י 735 מספטמבר 1970)  
תקן זה חל על כבלים מבדדים בפוליוויניל-כלוריד או בפוליאיתילן, המיועדים למתח נומינלי בין המופעים, הנמצא בתחום בין 1 ק"ו לבין 10 ק"ו. בתקן פורטו הנדראות לגבי מתחים נומינליים, וזהו הגידים, כינויי הכבלים. כן צוינו הנדראות מבנה לגבי המוליך.

ת"י 910 - מלחמים חשמלים המוחזקים ביד  
Hand held soldering irons

(גיליון תיקון לתקן מנובמבר 1980)  
בגיליון תיקון זה פורטו שינויים בסעיפים המתייחסים לחלות התקן, הגדרות, הנדראות בדיקה כלליות, ערכים נומינליים, סימון, הספק, מבורא זורם, עליית הטמפרטורה, מניעת הפרעות רדיו, הגנה מפני עומס יתר, כושר הפעולה, פעולה לא תקינה, רכיבים וכד.

ת"י 1038 - מפסק מגן משולב הפועל בזרם-דלף ובזרם-יתר  
Residual current operated circuit breakers with overcurrent release

(גיליון תיקון לתקן מינואר 1981)  
בגיליון תיקון זה הובא שינוי בסעיף המתייחס לכדיקות אינדיווידואליות ואימותן.

ת"י 1058 - קבלי הספק  
Power capacitors

(גיליון תיקון לתקן מנובמבר 1979)  
בגיליון תיקון זה הובא שינוי בסעיף המתייחס לכדיקות אינדיווידואליות ואימותן.

ת"י 396 - אבורי עזר לשפופרות פלואורניות: בתי נורה ובתי מדלק  
Fluorescent lamp auxiliaries: lampholders and starterholders

(כא במקום ת"י 396 מאפריל 1961, ת"י 403 ממאי 1961 ות"י 404 ממאי 1961)

תקן זה חל על בתי נורה לשפופרות פלואורניות למיניהן, שעליהן חל ת"י 520 ושביפתייהן אחת מאלה: G20, G13, G10, G5, R17, F8, F6. התקן חל גם על בתי מדלק למדלקים למיניהם שעליהם חל ת"י 402, וכן על בתי נורה ובתי מדלק בדדדים, שילוב בתי נורה ובתי מדלק וכן על בתי נורה ובתי מדלק המהווים, בשלמותם או כחלקם, חלק אינטגרלי של המנורה. בתקן פורטו הנדראות לגבי מבנה, מרחקי אוריר ומרחקי נחילה, עמידות בחום, כאש ובנתכיבות, עמידות בשיתוך וכד.

ת"י 397 - אבורי עזר לשפופרות פלואורניות: נטלים  
Fluorescent lamps auxiliaries: ballasts

(גיליון תיקון לתקן מיוני 1982)  
בגיליון תיקון זה פורטו שינויים בסעיף המתייחס לכדיקות אינדיווידואליות ואימותן.

# התפתחות בייצור נתיכים

פרופ' ליאון מדג'ר

## הנתיכים המתוברגים

הנתיכים המתוברגים הקוונטינוטליים (גרמניים) מטיפוס D (תקן ישראלי ת"י 230 – ת"י 236) לזרם מ"2 עד 200 אמפר (שהם כיום בשימוש רב רק עד 100 אמפר) ומתח של עד 500 וולט, הוכיחו את עצמם לאורך תקופה של למעלה מ-60 שנה זאת בעיקר נוכח בטיחותם הגבוהה והעובדה כי במשך כל התקופה הזו לא הוכנסו בהם שינויים או שיפורים מיוחדים.

מכלי להכנס לפרטים (בעתיד תימסר אינפורמציה רחבה יותר בנושא זה), ניתן לומר כי לאחר מלחמת העולם השנייה החלו מחדש לטפל בנושא הנתיכים ובתחילת 1960 יוצר כבר טיפוס של מיני נתיך מסוג DO מתוברג לזרם מ"2 עד 100 אמפר ולמתח סטנדרטי עד ל-380 וולט (איור 1).

איור 1  
חלקי הנתיך המתוברג  
(דגם ישן)



## נתיך השליפה/מפסק המודולרי

ביטול ההכרזה ופיתוח שיטת השליפה לחיבור "הפקק" (תרמיל) מביא להבטחה נוספת ובראי יש סיכוי טוב שבקרווב יוכנס נתיך השליפה/מפסק לשיי מוש נרחב (כיום ניתן להשיג נתיכי שליפה כנ"ל – מ"16 – 36 אמפר).

בחלק ה"מפתח" איור 3א' רב'3) נמצא הפקק NEOZED D01 לזרמים 2; 4; 6; 10 ו-16 אמפר. רק במצב מנותק אפשר להוציא את המפתח מהבסיס ולהחליף את הפקק (לא תחת מתח).

רק עם הכנסת המפתח עם הפקק והעברת הידית כלפי מעלה נוצר חיבור לרשת החשמל. יש להדגיש כי בהפעי לה אוטומטית מקבלים את המגע הדרוש לעבודה בבטחון אופטימלי, דבר שעד כה, בשיטת הנתיך המתוברג, היה קשה להשיג ולעתים קרובות קרו תקלות במתקן בשל עובדה זו.

חשוב גם להדגיש כי המערכת האלקטרונית המורכבת בנתיך נותנת אינדיקציה במקרה של ניתוק במעגל (בגין שריפת הפקק למשל) הודות לעובדה שנדלקת נורת סימון במפתח המאפשרת לראות מיידית באיזה מעגל יש תקלה/שריפת פקק וכו' – ויש צורך להחליפו. האיתור המהיר של המעגל בו נוצרה התקלה בשל הפקק השרוף הוא יתרון משמעותי ביותר נוכח העובדה כי לאיתור הנתיך השרוף דרוש זמן רב בדרך כלל כאשר מדובר בנתיכים מתוברגים רגילים! (למרות שיש כיום שיטות שונות לפיקוח על תקינות הפקקים – אין דריים אלה זולות).

המידות של נתיכי המיני NEOZED הם ב-50% קטנות יותר בהשוואה לטיפוס O וכושר ניתוקם הוא עד 50,000 אמפר (ראה טבלה 1).

טבלה 1

| נתונים פיזיים (מ"מ) | D01 16A | D02 63A | D03 100A | D02 25A | D03 63A | D04 100A |
|---------------------|---------|---------|----------|---------|---------|----------|
| B-רוחב              | 27      | 27      | 44       | 41      | 44      | 67       |
| L-אורך              | 36      | 36      | 60       | 70      | 60      | 115      |

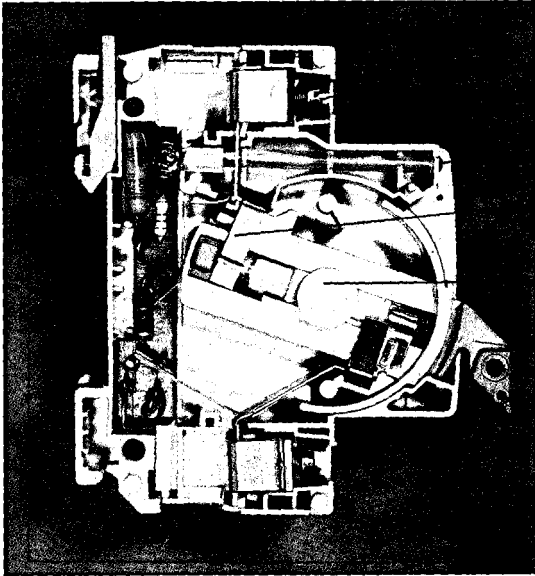
## הנתיך המודולרי

בתחילת 1970 פותח טיפוס נוסף של נתיך מודולרי 17.5 מ"מ אשר נועד לזרמים עד 16 אמפר ו-380 וולט (בדומה למפסקים האוטומטיים הזעירים).

היו סיבות להתעוררות ולפיתוח ניכר גם בנתיכים מטיי פוס הקוונטינוטלי O בעלי כושר ניתוק ל-100,000 אמפר ו-660 וולט. אך כנראה בגלל התחרות שנוצרה בשוק עם המאמז"ים (מפסק אוטומטי מגנטי תרמי – תקן ישראלי ת"י 725) הצליחו לפתח בתחילת 1980 טיפוס מודולרי 17.5 מ"מ של נתיך שליפה/מפסק (איור 2).

פרופ' ל. מדג'ר – הטכניון, מכון טכנולוגי לישראל

**איור 2**  
**חתך של נתיך שליפה/מפסק מודולרי**



- (1) מהדק נח לחיבור ולחיוק נאות של המוליך (נחושת או אלומיניום)
- (2) מערכת אלקטרונית לבקרת תקינות הפק באמצעות נורה
- (3) כיוונון הלחץ על המגעים ליצירת מגע טוב
- (4) מתג טובב המאפשר הפעלה או הפסקה נוחה וקלה.
- (5) חלון לביקורת ויזואלית
- (6) "המפתח" - המהווה את בית הפק ומתג המפסק
- (7) פסי הלבשה למסילות סטנדרטיות

אפשריות וזאת עקב מבנהו המיוחד של הפק הכולל טבעת התאמה/חיוק. טבעת זו מונעת כל אפשרות להחליף בין הפקקים בדרגות זרם שונות באותו "מפ" תח", היות ולא ניתן פשוט להכניסו למקומו (איור 3 ב') אבטחה נוספת היא חריץ מיוחד ב"מפתח" ובבסיס אשר מונעים גם כן החלפה בלתי רצויה של הפק - דבר המבטיח בעצם הגנה כפולה - ומקבל חשיבות מירבית בעת תיקונים או טיפולים אשר במהלכם יש סיכוי להחלפה לא רצויה של הפקקים.

יתרון נוסף מושג על ידי האפשרות להוציא פיזית את ה"מפתח" עם הפק בתוכו ולהחזירו למקום רק בתום העבודה במערכת הנמצאת בטיפול והמוגנת על ידי אותו פק - ובכך להבטיח שלא ייווצר חיבור מקרי של המעגל המופסק.

**התכונות העיקריות של נתיך השליפה/מפסק (בנוסף לאלה שכבר הוזכרו) הם כדלקמן:**

- א. זרם מיתוג של עד 50,000 אמפר (בהתאם לדרגה הבינלאומית).
- ב. סלקטיביות בין דרגות הזרם.
- ג. הגבלת זרמי קצר (ההעמסה התרמית במגעים נמוכה).

**נתיכים זעירים (תקן ישראלי ת"י 740 חלקים 1; 2; ו-3)**

(בצורה צינורות זכוכית במידות 20 x 5 מ"מ מ"מ 0.1 - 6.3 אמפר ומתח עבודה עד 250 וולט). השימוש בנתיכים אלה הוא בעיקר בשטח הטלקומוניקציה, מערכות איתות, מעבדות ומכשירים. רוב הנתיכים הם יבוא מחו"ל.

**נתיכים לכושר ניתוק גבוה H.R.C**

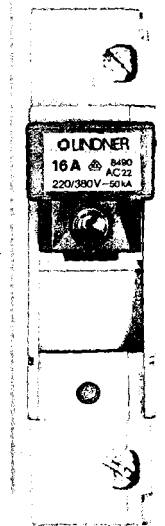
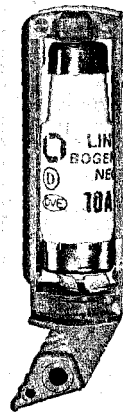
בנוגע לנתיכי ה-HRC זרם מיתוג עד 100 קילו אמפר, 500 וולט (וגם 660 וולט) הנמצאים בשימוש רב בתעשייה - לזרם מ"מ 16-800 אמפר (כידוע לי ישנה מגמה להכניס גם במערכות השמל בחברת החשמל נתיכי HRC כנתיך ראשי עד 100 אמפר).

אינפורמציה נוספת והצעות ליתר דיוגוליציה והמלצות לכדאיות השימוש בנתיכים אלה או אחרים כפונקציה של גורמים שונים, יבוא באחת החוברות הבאות.

הנתיך המודולרי 17.5 מ"מ שתואר לעיל, חוסך מקום בהתקנה בלוחות בהשוואה לטיפוס המתוכנן, מבנהו צר ועומקו הסטנדרטי הוא 65 מ"מ (מידה מקובלת ביותר). ניתן להתקינו בלוחות חשמל בטור עם מפסי קים אוטומטיים זעירים, מפסקים רגילים מטיפוס מודולרי, ממסרים מודולריים, מפסקים להגנה נגד חיש-מול ועוד.

נקודה נוספת שראוי לציין היא העובדה שהחלפה מק רית של פק בפק בעל דרגת זרם לא מתאימה, אינה

|   |  |
|---|--|
| <p><b>איור 3 ב'</b><br/>"מפתח" עם פק (תרמיל)<br/>עד 16 אמפר</p> | <p><b>איור 3 א'</b><br/>בסיס נתיך השליפה/מפסק מודולרי 17.5 מ"מ</p> |
|---|--|



# תופעת הקורונה – Corona discharge

אינג' א. י. איציקוביץ

תופעת הקורונה היא למעשה התפרקות חשמלית חלקית, המתרחשת כאשר ערך השדה החשמלי על פני המוליך עולה על סף מסויים. הדבר גורם ליוניזצית האוויר ולהתפרקות חלקיות.

## טבלה 2

| גובה (מטר) | P (ס"מ) |
|------------|---------|
| 0          | 76.0    |
| 500        | 72.4    |
| 1000       | 68.8    |
| 1500       | 65.5    |

כאשר  $P = 76 - 1.76 \cdot 10^{-4} \cdot h$ ,  $25^\circ$ , ערך של  $\delta = 1$  ולכן אפשר לכתוב את נוסחה (1) בצורה:

$$V_{cr} = 84 m_1 m_2 + \log \frac{mD}{r} [KV] \quad .2$$

## השפעת תופעת הקורונה

- הקורונה גורמת לתופעות שליליות בקוי החשמל:
- הפסדי אנרגיה, שערכם גדל ביחס לאורך הקו.
  - קורוזיה של המוליכים ושל האביזרים המתכתיים של הרשת.
  - הפרעות בשידורי רדיו וטלוויזיה.
  - הפרעות בתדרי השמיעה.
  - יצירת אוזון ( $O_3$ ) - (אוזון הוא גז ממשפחת החמצן שנוצר כתוצאה מקרינה על-סגולית או על-ידי התפרקות חשמליות). האוזון משפיע במדה רבה על התהוות הקורוזיה.

## הפסדי אנרגיה

אם המתח הקריטי גדול מהמתח הנקוב של הקו ( $V_{cr} > V_n$ ) לא קיימת תופעת קורונה. במקרה ר ( $V_{cr} < V_n$ ) קיימת תופעת קורונה. את ההפסדים אפשר לחשב לפי פיק:

$$\Delta P = \frac{344}{\delta} f \sqrt{\frac{r}{mD}} (V_n - V_{cr})^2 \cdot 10^{-5} \left[ \frac{KW}{KV} \right] \quad .3$$

כאשר:  $f$  - הוא תדירות הקו [Hz]  
 $V_n$  - מתח נקוב [KV]

נוסחה 3 נכונה עבור מוליכים הנמצאים בקודקודים של משולש שווה צלעות ( $\infty$ ).  
 אם המוליכים נמצאים במישור (000), המתח הקריטי בו מופיעה תופעת הקורונה, שונה בין המופעים. עבור המופע האמצעי הוא קטן בכ- 40% ועבור המוליכים החיצוניים הוא גדול יותר בכ- 6% כלפי המתח המחושב לפי נוסחה 3.

## הצגת התופעה

עם עליית המתח במוליך, מעל לגבול מסויים, הנקרא המתח הקריטי, מתחילות להתחולל באוויר שמסביב למוליך התפרקות חשמליות. התפרקות אלה נגרמות על ידי השדה החשמלי שמסביב למוליך, כאשר השדה החשמלי עובר את גבול הפריצה של האוויר  $E_{cr} = 21KV/cm$ .

התפרקות אלו נראות כלילה בצורת ניצוצות (הבדקים), והן תלויות בעיקר בשני גורמים:

\* השדה מסביב למוליך.

\* תנאי האטמוספירה.

גורמים אלו קובעים את החוזק הדיאלקטרי של האוויר. ככל שקוטר המוליך קטן יותר, עוצמת השדה גבוהה יותר ולכן הגבול הקריטי של המתח נמוך יותר. כמו כן באוויר לח, גבול הפריצה נמוך יותר.

המתח הקריטי הגורם לתופעת הקורונה ניתן לחישוב לפי הנוסחה של פיק (Peek).

$$V_{cr} = \sqrt{3} E_{cr} m_1 m_2 r \delta \ln \frac{mD}{r} [KV] \quad .1$$

כאשר:

$E_{cr} = 21KV/cm$  - גבול הפריצה של האוויר.

$m_1$  - מקדם שטח פני המוליך שווה:

## טבלה 1

| $m_1$       | תילים    |
|-------------|----------|
| 1           | חלקים    |
| 0.88 - 0.98 | מחוספסים |
| 0.72 - 0.88 | שזורים   |

$m_2$  - מקדם הרטיבות באוויר שווה:

1 - עבור אוויר יבש

0.8 - עבור אוויר לח.

$mD$  - מרחק ממוצע בין המוליכים (cm)

$r$  - רדיוס המוליך (cm)

$\delta$  - מקדם לחץ האוויר והטמפרטורה (צפיפות יחסית של האוויר)

$t$  - טמפרטורת האוויר ( $^\circ C$ )

Hg - כספית (Mercury)

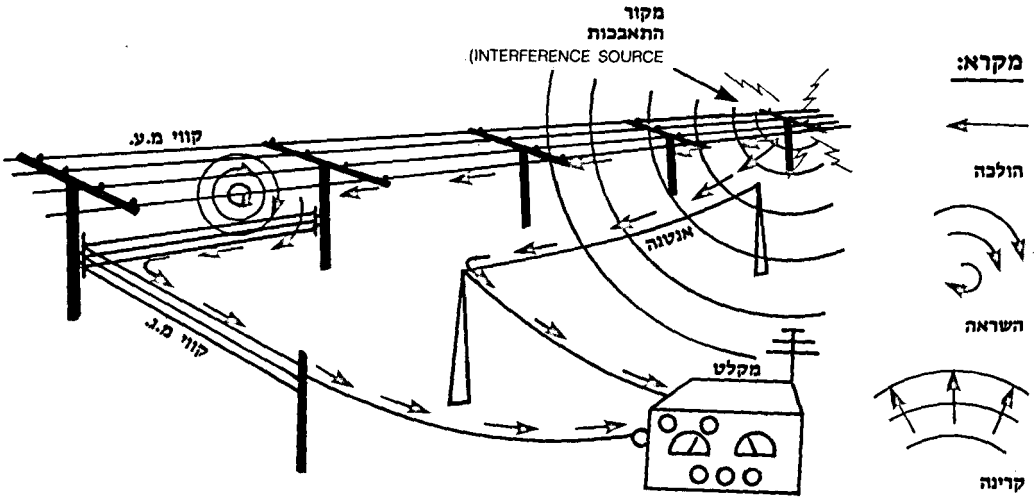
$P$  - לחץ ברומטרי (cm · Hg)

\* הטרה

יוניזצית האוויר - פרוק ליונים - פרוק מולקולות לגופים בעלי מסען חשמלי.

אינג' א. י. איציקוביץ - ראש מדור במחלקת תכנון רשת, מחוז הצפון, חברת החשמל.

# איור 1 התפשטות הקורונה בקווי מתח גבוה ומתח עליון



## הפרעות בשידורי רדיו וטלוויזיה.

הפרעות רדיו מתרחשות בתחום התדירויות 0.5-30 MHz והפרעות טלוויזיה בתחום התדירויות 54-216 MHz.

הדרכים להתפשטות אנרגיה של ההפרעה בקווי מתח גבוה או מתח עליון, לכיוון המקלט מתוארות באיור 1. האנרגיה של ההפרעה יכולה לנוע בו זמנית בדרכים הבאות:

- באמצעות הולכה דרך השנאי או דרך תיל האפס, לתוך קו ההזנה של המקלט.
- על ידי השראה, כאשר הקו שמהווה מקור להפרעות עות מתקרב לאנטנה או למעגל אחר של המקלט.
- בצורת קרינה, כאשר הקו למתח גבוה; מפזר את האנרגיה של ההפרעה ופועל כאנטנת שידור. התפשטותה של ההפרעה בשתי הדרכים הראשונות, חזקה יותר **בתדירויות נמוכות**, חזאת מפני שזרם ההולכה קטן באיטיות עם המרחק, לאורך הקו. **בתדירויות גבוהות**, הקרינה הופכת ליעילה יותר ומהווה את הגורם הדומיננטי להפרעות. בכל מקרה, עוצמת ההפרעות היא ביחס הפוך לתדירות; דהיינו ככל שהתדירות גבוהה יותר, עוצמת ההפרעה קטנה יותר.

## הגורמים שיכולים להשפיע על רמת ההפרעות בשידורי רדיו וטלוויזיה.

- \* תנאי מזג אוויר - במזג אוויר גשום או סוער, גדלה עוצמת ההפרעות.
- \* המבדדים - סוג המבדדים שבשימוש.
- \* מספר המבדדים בכל שרשרת.
- \* דרגת הזיהום של המבדד (שיכולה להשתנות לאורך הקו).
- \* תקלות במבדדים.
- יש לציין שרמת ההפרעות הניגרמות על-ידי המבדדים, גבוהה יותר במזג אוויר נאה. במזג אוויר גשום, ההפרעות בגלל המבדדים תהיה זניחה.

- \* תקלות באבזמים - ציוד לקוי.
- \* שינוי התדר.

## הפרעות בתחום תדרי שמיעה.

הרעש בתחום תדרי שמיעה שנוצר עקב תופעת הקורונה בקווי מתח גבוה או עליון, נוצר מהרכיבים הבאים:

- רעש בסמקטרום תדירויות רחב.
- הימהום בתדר של 100 Hz.

כל התפרקויות הקורונה גורמות לגלי לחץ אוויר בתחום רחב, היונים שנוצרים על ידי תופעת הקורונה נתונים בשדה חשמלי בעל קוטביות משתנה. עקב כך תנועתם גורמת תנודות הגורמות להימהום בתדר 100 Hz. כמות האנרגיה שמתפשטת ממקור ההפרעה אינה תלויה בגאומטריה של פני השטח, אלא רק בשדה החשמלי בקרבת המוליך.

## קריטריונים טכניים לקביעת ערכים גבוליים של הפרעות בתדרי שמיעה.

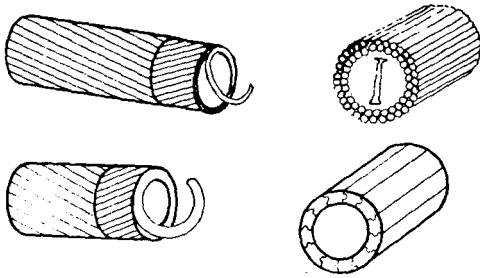
הערכים הגבוליים של הפרעות מסוג זה תלויים בגורמים הבאים:

- אופי האיזור (מגורים, תעשייה, חקלאי, גנים, יערות) שהקו תוצה.
- רמת ההפרעות של הסביבה ללא הקו (רעש רקע), במזג אוויר גשום או סוער, כאשר רמת הרעש גבוהה.
- בלימת גלי הקול על ידי האוויר, תלויה בפרמטרים כגון: תדירות, טמפרטורה ולחות.

## אמצעים שיש לנקוט למניעת הפרעות הקורונה.

כדי להקטין תופעות שליליות עקב הפרעות הקורונה, יש לנקוט באמצעים טכניים שונים כבר בשלבי תכנון הקו ולהמשיך בהם לאחר מכן, בזמן ביצועו ותפעולו.

**איור 2**  
**מוליכים חלולים**



**סיכום**

רמת ההפרעות הקשורות להופעת הקורונה, תלויה בהשפעתם המשולבת של גורמים רבים, כפי שתואר לעיל. ישנם גורמים נוספים שמשפיעים על עוצמתה של תופעת הקורונה כגון:

גורמי אטמוספירה – שאי אפשר למונעם או לשלוט עליהם.  
ולכן, בכדי לבדוק את רמת ההפרעות בגלל תופעת הקורונה עוד בזמן שלבי תכנון הקו ולגלות את הנקודות הדגישות שלאורך הקו, יש צורך לבצע מדידות הקשורות בהפרעות בכל השלבים.

- לפני התקנת הקו – כדי לגלות רמת ההפרעות הקיימות בשטח ללא השפעת הקו.
- לאחר התקנת הקו – יש לבחון באיזה מידה נפגעה רמת הקליטה של שידורי הרדיו והטלוויזיה.
- בזמן הפעלת הקו – יש לבדוק את הקו בצורה תקופתית בכדי לגלות ולתקן גורמי הפרעות במידה ויתגלו.

**א. בשלבי התכנון:**

– הגדלת מספר קוטרי המוליכים. זאת ניתן להשיג בשתי דרכים.

- ★ שימוש במוליכים חלולים (ראה ציור 2) הואיל והגדלת קוטר המוליך בתתן מלא אינה כדאית מסיבת "אפקט הקרום".
- ★ שימוש בצרור של מוליכים לכל מופע (2,3 או יותר מוליכים) במקרה זה קוטרם שווה ערך לצ"ר הור המוליכים בכללותו.
- ציפוי המוליך בשכבה דקה של חומר מבודד.
- כיסוי המוליך בצינור מבודד.

**ב. בשלבי בנית הקו:**

- יש למנוע כל פגיעה בחלקלקות המוליכים בכדי למנוע התהוותם של נקודות או פגמים על המוליך העלולים להשפיע על ריכוזיות השדה החשמלי. מסיבה זו אין גם לגרור את התיל דרך: בוך, אבנים וכל סביבה אחרת העלולה לפ" גוע בפני המוליך.
- יש להקפיד בזמן ההתקנה על שלמותם של המבודדים ושאר האביזרים.
- יש להקפיד שכל חיבור יהיה מהדק כראוי וכן למנוע השארות חוטים עם קצוות חדים.

**ג. בשלבי תפעול הקו:**

- מריחה תקופתית של האביזרים הרגישים לחלודה עם משחת הולכה.
- אבטחת מגע מתכתית טוב.
- שטיפה תקופתית של המבודדים בזרם מים מזוקקים בכדי לנקותם מהליכלוך המצטבר עליהם.

**ביצוע ה"איפוס" בהתאם לתקנות התדשות**

בתרשים המופיע בעמוד 12 מתואר גשר בין מוליך האפס N ובין מוליך הארקה PE בלוח של מיתקן החשי"מל, לאחר המונה.

(אם יהיו בבית עשרה מונים יהיה צורך לחברם עלידי גשרים כאלה).

גישור זה הוא בניגוד בולט לתקנה 48 בתקנות החדשות.

לא כאן המקום לפרט את השיקולים הטכניים אשר הניעו את ועדת ההוראות לעבודות חשמל לסטות משיטת ה"איפוס" המקובלת באירופה, אולם לאחר שהוחלט על שיטה שונה בארץ, יש להקפיד על ביצוע המתקנים בהתאם לתקנות, דהיינו: – עם חיבור אחד בלבד בין מוליך האפס והארקה, ליד המבטח הראשי של קו החיבור למבנה, שהוא על פי רוב החיבור מרשת חברת החשמל.

**על החשמלאי להיזהר איפוא ולא להיכשל בביצוע של "איפוס" במיתקן לפי התרשים של השיטה המקובלת באירופה, שפורסמה ב"התקע המצדיע" הנ"ל, במאמרו של פרוץ' מדג'ר, אלא לבצעו בהתאם לתקנות.**

בחורש יוני ש.ז. פורסמו, על ידי משרד האנרגיה והתשתית, תקנות חשמל חדשות בנושא: **הארקות ושיטות הגנה נגד חישמול**. (קובץ התקנות 4643).

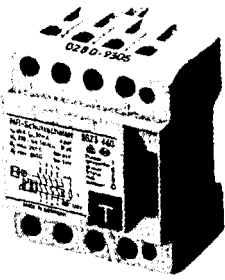
איני מתכוון להתייחס כאן לחידושים הרבים אשר בתקנות שפורסמו; אתייחס רק לנושא אחד אשר לגביו אני חושש לאי הבנה.

לפי התקנות החדשות, במיתקן המוגן בשיטת ה"אי-פוס" מחברים במבנה את מוליך האפס של קו החיבור למבנה, עם פס השוואת הפוטנציאלים, ובאמצעותו מתהווה חיבור של מוליך האפס עם כל מוליכי הארקה של המיתקנים השונים במבנה.

ככל חיבור למבנה יהיה רק גישור אחד בלבד בין מוליך האפס של קו החיבור למבנה, לבין הארקה. חיבור זה יבוצע על ידי גישור בין הדק, או פס האפסים בתיבת המבטח הראשי של המבנה, אשר ברוב המקרים יהיה המבטח הראשי של חברת החשמל, ובין פס השוואת הפוטנציאלים.

אסור בהחלט לבצע במבנה, ובכל מקום אחר, חיבור נוסף בין מוליך האפס ובין מוליך הארקה. בנקודה זו שונה שיטת ה"איפוס" בארץ משיטת ה"איפוס" המקובלת באירופה כפי שתוארה במאמרו של פרוץ' מדג'ר – "צבעי הסימון של מוליכים וכבלים" – "התקע המצדיע" 31 – מרץ 1984.

אינג'ר. דוניבסקי



# "בעיות" במפסקי מגן

אינג' ו. זיס

לאחר שהמתקן עמד בבדיקה, ניצל החשמלאי את העובדה שלא הותקן במקום מגביל זמן וחיבר חזרה את בתי התקע במטבח לקו שהזין עתה את דוד החשמל וביצע בכך שב"ח תעריפי (שימוש בלתי חוקי בחשמל); (איור 2).

לאחר תקופה מסויימת הזמין הצרכן התקנת תגור הסקה לאמבטיה והתקנת בית תקע נוסף מתחת למפסק המאור של האמבטיה.

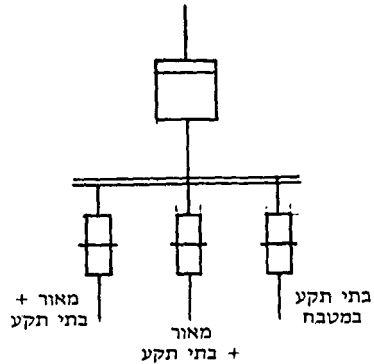
לצרכי חיבור שני האביזרים הללו הכין החשמלאי קו העשוי מפתיל גמיש שחוקק באמצעות חבקים לקיר. הקו חובר באמצעות תקע לבית תקע שהיה מחובר לקו הזמין את דוד החשמל (המשך שב"ח) - (איור 3). בקו זה הותקנה גם תיבת הסתעפות על מנת לספק מוליכי אפס והארקה לבית התקע, המותקן מתחת למפסק המאור של האמבטיה. בהתקנה זאת סופקו מוליך ההארקה והאפס ממעגל אחד ומוליך המופע ממעגל שני, כאשר שניהם ניזונים ממונים שונים. יתר על כן, בבית התקע ליד האמבטיה נוצר מצב מסוכן - אפשי רות לניתוק האפס והארקה ללא ניתוק המופע (על-ידי הוצאת תקע בהתחלת הקו מתוך בית התקע שלו).

אצל צרכן בבית מגורים ישן נתגלו הפרעות חשמליות שהפעילו את מפסק המגן שלו ללא סיבה "נראית לעין".

## בדיקת המתקן ונתולו העובדות הבאות:

- דירת הצרכן קיבלה הזנה דרך שלושה מעגלים. (איור 1).
- הבית בו התגורר הצרכן היה מצויד במתקן מרכזי לאספקת מים חמים.

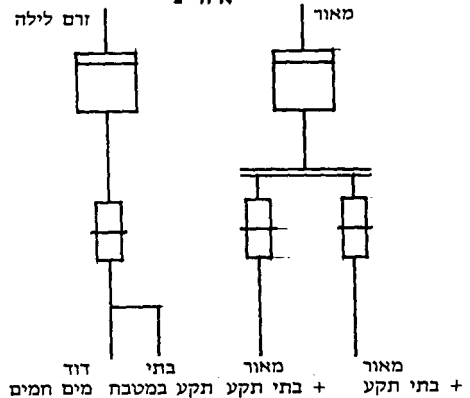
איור 1



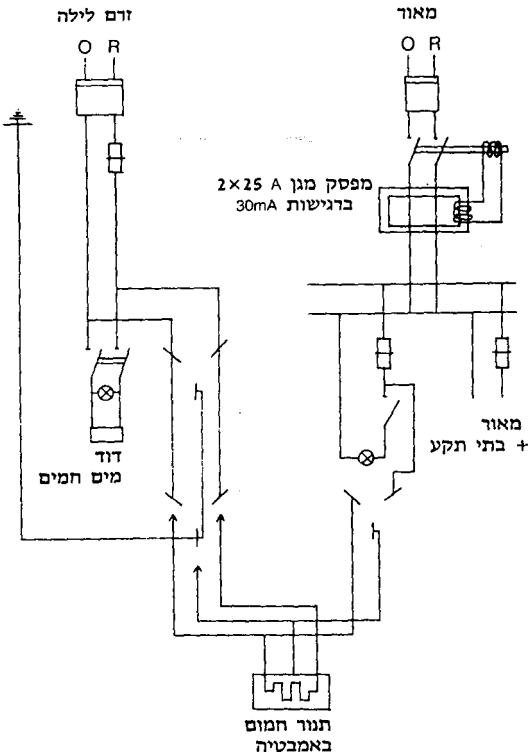
לאחר שהמתקן המרכזי לחימום מים יצא מכלל פעולה, הזמין הצרכן אצל חשמלאי התקנת דוד חשמלי נפרד לחימום מים.

החשמלאי התקין את הדוד במטבח וחיבר אותו לקו שהזין קודם לכן את בתי התקע במטבח. בתי התקע במטבח נותקו מאספקת החשמל ובודק של חברת החשמל אישר את המתקן והתקין מונה נפרד לתעריף מוול לחימום מים (זרם לילה). כמוכן שהצרכן התחייב להפעיל את הדוד רק בשעות המוגבלות (6.30 - 21.30, 17.00 - 14.00).

איור 2



איור 3



אינג' ו. זיס - מנהל עניני החשמל, משרד האנרגיה והתשתית

וזאת בניגוד לתקנה 52 של תקנות החשמל (הארקות או הגנות אחרות) – קובץ תקנות 1325 מיום 25.6.62, הקובעת:

**“התקנת מפסק במערכת הארקה**

52. לא יתקין אדם מפסק במוליך הארקה או במוליך מוארק, אלא אם הובטח ניתוק כל המוליכים של המערכת; הוראה זו לא תחול על התקנת מפסק או מכשיר אחר במערכת הארקות שיטה של גרטור או טרנספורמטור...”

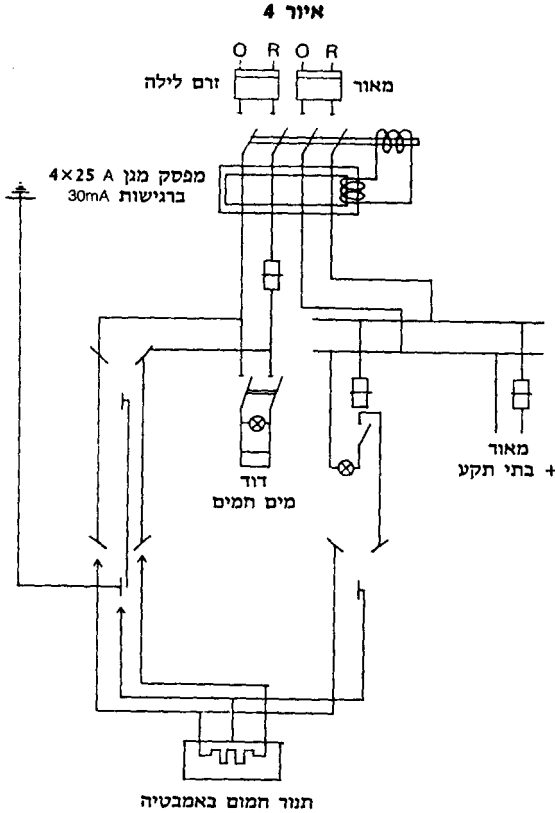
כל אוסף התקלות המפורטות לעיל התגלה רק לאחר התקנת מפסק מגן הפועל בורם דלף לאדמה וזאת כאשר הצרכן חיבר מיבש שיער לבית התקע שליד האמבטיה.

במקרה זה פעל מיד מפסק המגן, שהופעל כתוצאה מאי איזון שנוצר בשנאי המדידה שלו (זרם חוזר דרך אפס שאינו מחובר דרך מפסק המגן). במקרה זה פעל מפסק המגן שלא כתוצאה מהיווצרות זרם דלף לאדמה.

גם לבעיה שנבעה מהתקנת מפסק המגן מצא החשמל-אי שלנו “פתרון” מקורי – הוא החליף את מפסק המגן החד-מופעלי במפסק מגן תלת-מופעלי שדרכו העביר את שתי האספקות (זרם לילה ומאור) – (איור 4), ובכך מנע את הפעלת מפסק המגן על-ידי הזנת מכשיר כלש”הו מבית התקע שליד האמבטיה; אך בעיות החיבור המסוכן והשב”ח נשארו בעינם.

**במעשים אלו ביצע החשמלאי את העבירות הבאות:**

1. לא עבד בהתאם לתקנות החשמל.
2. סיכן את דיירי הבית בגין ביצוע חיבורים מאולת-רים, שעלולים היו להמיט עליהם אסון כבד.
3. עבד עבירת שב”ח תעריפי (שימוש בלתי חוקי בחשמל).



תנור חמום באמבטיה

**ועדת הפירושים מחדשת את פעילותה**

מדי פעם מתעורר הצורך במתן פירוש מוסמך להוראות שבתקנות החשמל השונות. עם פרסום תקנות נוספות תתרבינה, קרוב לוודאי, השאלות בקרב ציבור החשמלאים ויועצי החשמל. משרד האנרגיה והתשתית החליט לחדש את פעילות “ועדת הפירושים” אשר פעלה בעבר ואשר מתפקידה לפסוק תשובות מוסמכות לפניות של העוסקים במקצוע. שאלות יש להעביר בכתב אל: יו”ר ועדת ההוראות לביצוע עבודות חשמל ליד מינהל החשמל,

משרד האנרגיה והתשתית

ת”ד 1442

ירושלים.



# אחידון בקיאות בהקניית החשמל

- 1. ההתנגדות החשמלית בין האלקטרודה להארקה שיטה במתח נמוך ובין המסה הכללית של האדמה:**
  - (א) לא תעלה על 5 אוהם אולם במערכת חלוקה המיועדת להגנה באמצעות איפוס מותרת התנגדות גבוהה יותר עד למכסימום שלא יעלה על 20 אוהם.
  - (ב) יכולה להיות בעלת ערך כלשהו בתנאי שתהיה אוהמית ולא השראתית.
  - (ג) לא תעלה על 2 אוהם
  - (ד) לא תעלה על 5 אוהם אולם במערכת חלוקה המיועדת להגנה באמצעות איפוס ובתנאי קרקע קשים במיוחד מותרת התנגדות גבוהה יותר בתנאי שלא תעלה על 25 אוהם.
- 2. השימוש באיפוס כאמצעי הגנה בפני הישגול, שתכליתו הינה ניתוק הגוף המחושמל מן הזינה:**
  - (א) מומלץ ומאושר ליישום בכל מקרה בהיותו שיטת הגנה מודרנית שיעילותה מירבית.
  - (ב) מותר רק לאחר קבלת האישורים המתאימים מחברת החשמל וביצועו חייב להיות בהתאם לכל ההוראות הרלבנטיות של התקנות.
  - (ג) מותר ללא אישור חברת החשמל כאשר המדובר במתקן המזון מרשת חלוקה שאינה שייכת לחברת החשמל, כאשר במבנה או בחצרים נמצאות רשתות חשמל השייכות לחברת החשמל.
  - (ד) אסור ליישום במקומות של סכנה מוגברת.
- 3. תקנות החשמל (הארקות והגנות אחרות) התשכ"ב - 1962:**
  - (א) בטלות ביום פרסום תקנות החשמל (הארקות ושיטות הגנה בפני הישגול) התשמ"ד - 1984.
  - (ב) תהינה בתוקף עד 13.12.84.
  - (ג) תהינה בתוקף, במקביל לתקנות שפורסמו בשנת 1984, לגבי כל המתקנים שתכונם וביצועם נעשו לא יאוחר מ-10.6.85.
  - (ד) תהינה בתוקף לגבי מתקנים שהותקנו לפני תחילתן של התקנות מ-1984. אין הדברים אמורים על מתקנים שהותקנו לפני תחילתן של התקנות מ-1984, אך נעשו בהם שינויים יסודיים לאחר תחילתן של התקנות הללו.
- 4. ברשת תלת פזית שהותקנה ב-1.1.85, בה חתך מוליכי הפזה הוא 25 ממ"ר, מותר להשתמש באיפוס - בתנאי שהחתך של מוליך האפס יהיה לפחות:**
  - (א) 25 ממ"ר נחושת או אלומיניום.
  - (ב) 16 ממ"ר נחושת או 25 ממ"ר אלומיניום.
  - (ג) 25 ממ"ר נחושת או 16 ממ"ר אלומיניום.
  - (ד) 25 ממ"ר נחושת או 35 ממ"ר אלומיניום.
- 5. במתקן בו אינה קיימת סכנה מוגברת - המוגן בפני הישגול ע"י מפקס מגן לזרם דלף שזרם ההפעלה הנקוב שלו 300 מיליאמפר: ההתנגדות החשמלית באוהמים, בין אלקטרודת הארקה של המתקן ובין המסה הכללית של האדמה, לא תעלה על -**
  - (א) 166 אוהם. (ג) 30 אוהם.
  - (ב) 300 אוהם. (ד) 5 אוהם.
- 6. במתקן המיועד למכשירים רפואיים שנמצא במקום שבו קיים בשעת השימוש בהם, מצב של סכנה מוגברת ומוגן בפני הישגול ע"י מפקס מגן לזרם דלף שזרם ההפעלה הנקוב שלו 300 מיליאמפר; ההתנגדות החשמלית באוהמים, בין אלקטרודת הארקה ובין המסה הכללית של האדמה, לא תעלה על:**
  - (א) 800 אוהם. (ג) 8 אוהם.
  - (ב) 80 אוהם. (ד) 166 אוהם.

7. במתקן חשמלי בו אמצעי ההגנה בפני חישה הוא מתח בטיחות (תכלית אמצעי ההגנה במקרה זה – מניעת הזפתו של מתח העולה על 50 וולט):

- (א) חובה להתקין, כאמצעי משלים, הארכת הגנה.
- (ב) חובה להתקין, כאמצעי משלים, הארכת שיטה.
- (ג) אין להתקין, ללא אישור מנהל עניני החשמל במשרד האנרגיה והתשתית, הארכת הגנה או הארכת שיטה.
- (ד) מותר להתקין, כאמצעי משלים, הארכת הגנה.

8. דרגת הבידוד של מוליך הארקה המותקן במוביל משותף עם מוליכי הפזות של המעגל:

- (א) חייבת להיות שווה לדרגת הבידוד של מוליכי הפזות.
- (ב) מותר שתהיה בדרגת בידוד נמוכה יותר מדרגת הבידוד של מוליכי הפזות, אך אסור שמוליך ההארקה יהיה ללא בידוד.
- (ג) רצוי שתהיה שווה לדרגת הבידוד של מוליכי הפזות.
- (ד) אין חשיבות לדרגת הבידוד של מוליך הארקה.



סמן בעגול את התשובה הנכונה, ציין את שמך וכתובך, גזור ושלה לפי כתובת המערכת (אם ברצונך לשמור על שלמות החידון, כתוב את התשובות על דף נפרד)

| שאלה 1: | שאלה 2: | שאלה 3: | שאלה 4: | שאלה 5: | שאלה 6: | שאלה 7: | שאלה 8: |
|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| א       | א       | א       | א       | א       | א       | א       | א       |
| ב       | ב       | ב       | ב       | ב       | ב       | ב       | ב       |
| ג       | ג       | ג       | ג       | ג       | ג       | ג       | ג       |
| ד       | ד       | ד       | ד       | ד       | ד       | ד       | ד       |

השם \_\_\_\_\_

הכתובת \_\_\_\_\_

בין המתרים נכונה את החידון יוגרו פרסים.

תשובות תתקבלנה עד 31.10.84.

### פתרון החידון שפורסם בעלון מס' 31

בסך הכל הגיעו למערכת 63 פתרונות מהם היו רק 7 פתרונות נכונים.

להלן שמות בעלי הפתרונות הנכונים שזכו בפרסים

1. משה אתגר, בית לחם הגלילית.
2. נחמן הלמן, ירושלים.
3. אנריקו כהן, ערד.
4. יהושע מוריוסף, ירושלים.
5. הקטור מילגרם, באר שבע.
6. יורם עמר, חולון.
7. יגאל פרטל, קרית חיים.

הפרסים יישלחו לזוכים.

שאלה 1 – התשובה הנכונה (ג): ראה תקנות בדבר כללים להתקנת לוחות (תקנה 19).

שאלה 2 – התשובה הנכונה (ג): ראה תקנות בדבר כללים להתקנת לוחות (תקנה 34).

שאלה 3 – התשובה הנכונה (ב'): ראה תקנות בדבר מעגלים סופיים (תקנה 19).

שאלה 4 – התשובה הנכונה (א'): ראה תקנות בדבר מעגלים סופיים (תקנה 34).

שאלה 5 – התשובה הנכונה (ג): ראה תקנות בדבר העמסת מוליכים (תקנה 1).

שאלה 6 – התשובה הנכונה (א'): ראה תקנות בדבר מעגלים סופיים (תקנה 35).

שאלה 7 – התשובה הנכונה (ב'): ראה תקנות בדבר העמסת מוליכים (תקנה 8).

שאלה 8 – התשובה הנכונה (ד'): ראה תקנות בדבר העמסת מוליכים (תקנה 1).

# עשה בשכל שלם חשמל בהוראת קבע



תרחיח את ימי הערד  
בלי לעמוד בתור  
ובלי לשלם עמלה בבנק

לשרותך  
חברת החשמל לישראל בע"מ



**מפגש מס' 2 של מועדון "התקע המצדיע" לצוות החשמל בצה"ל  
(צריפין 11.6.84)**



מימין לשמאל: סא"ל ב' ממפקדת מרכז בניוי, אל"מ ד' מחיל האויר, אינג' א. לייטנר עורך "התקע המצדיע" ומנחה המפגש, אינג' מ. זיסמן מנהל אגף הצרכנות וחבר הנהלת חברת החשמל, אינג' ו. זיס מנהל ענייני החשמל במשרד האנרגיה והתשתית.



אחרי החדרת האלקטרודה נמדדת ההתנגדות החשמלית של האלקטרודה למסה הכללית של האדמה.



אינג' נ. פלג מחברת החשמל, שהגיש את ההרצאה המרכזית בהקשר לתקנות החדשות בדבר הארקות ושיטות הגנה נגד חישמול, מציג בפני המשתתפים באר פן מעשי - שיטה חדישה להחדרת אלקטרודת הארקה.