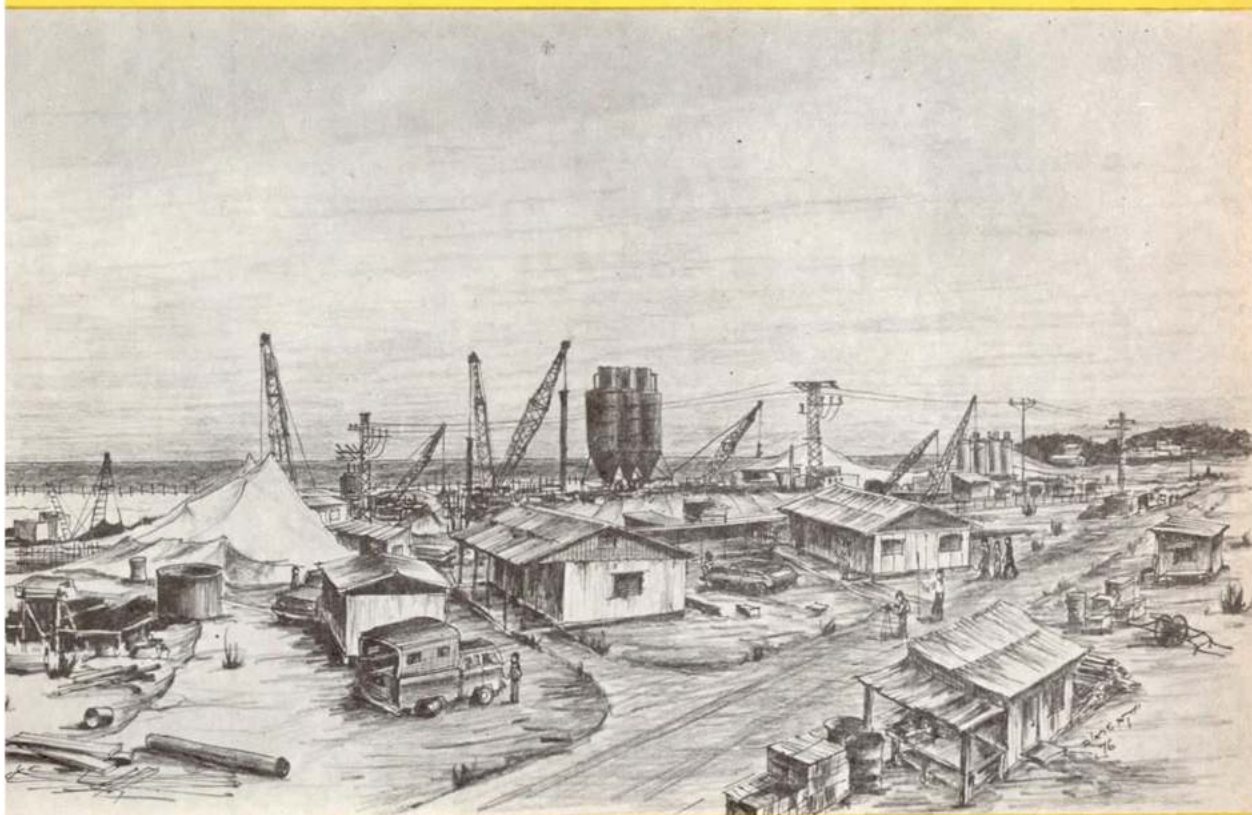


# התקע המצדיע



ע ל ו ן ל ח ש מ ל א י ם

בהוצאת חברת החשמל לישראל בע"מ



פברואר 1977

מס. 16

## תוכן הענינים

3	מכתבים למערכת
5	הודעות
6	ימי עיון לחשמלאים — „התקעה המצדיעה” בע”פ
7	הגנת ציוד חשמלי נגד דלף לאדמה — הגישה בארה”ב
11	שימוש בפחם לייצור חשמל בתחנות כח בישראל
13	שילוב אנרגית שמש/חשמל לחימום מים
18	זהירות בהפעלת תאים פוטו-אלקטריים
<b>מדור מודעות שרות פרסומי</b>	
19	גישות מודרניות בטעינת מצברים
23	שימוש במוליכים מסוגוגת אלומיניום לחסכון בהוצאות בניית קווים ורשתות
26	תעריפי החשמל לכח לתעשייה — בחירת התעריף המתאים לצרכן
28	קביעת סדר הפזות במערכת תלת-פזית
30	תנודות מתח במערכות הספק
33	תאונת חשמל ולקחה
34	חידון בקיאות בתקנות החשמל

העורך :

א. לייסנר

המערכת :

צ. אביתר, מ. זיסמן, ל. יבלונובסקי,  
ז. ספורן, י. פישר, נ. פלג, ג. פרבר

מנהלה :

ש. וולפסון

תסדיר וביצוע :

מ. ציסרון

כתובת המערכת :

חברת החשמל לישראל בע”מ  
ת. ד. 25, תל-אביב — 61000  
טלפון 03/34039

הדפסה :

דפוס ואופסט נורמן, חיפה.

**בשער :** מבט על עבודות הבניה הראשונות של תחנת הכח החדשה  
ליד חדרה (מ”ד) — רישומו של אינג’ י. טראוב מנהל האגף  
המסחרי בחברת החשמל.

# מכתמים ומסרכת

זו היא הארקה טובה ונאותה העומדת בדרישות התקנות.

כפתרון אופטימלי נראה שימוש גם בהארקת שיטה ע"י אלקטרודה מתאימה כ"אמור לעיל, בצרוף מפסק מגן לזרם פחת בעל רגישות גבוהה.

ב. כאשר משתמשים במכשיר צריכה אחד הניזון ברוזמנית מהגנרטור הרי זו שיטת הפרד, ואז אין צורך בהארקת שיטה בכלל כיון שאפשר לראות את הגנרטור כמקור אספקה ראשוני.

## השימוש בכבל רביגדי

האם מותר השימוש בכבל רביגדי למספר מעגלים? יוסף השכל, צה"ל

תקנה 22 של תקנות החשמל — התקנת כבלים תשכ"ז — 1966, אומרת:

„בכבל בעל מוליכים מבודדים, המשמשים מעגלי חשמל שונים ובמתחים שונים, יהיה בידוד כל המוליכים שבכבל מוחאם למעגל החשמלי בעל המתח הגבוה, או כל קבוצת מוליכים בכבל המשמשת מעגל חשמלי אחד תהיה עטוי פה בחומר בידוד מתאים, או מצוידת במחיצות מתכתיות מוארקות, ובלבד שהעטיפות או המחיצות יהיו רצופות לכל ארכו של הכבל.“

משמעות תקנה זו היא שמותר להשתמש בכבל אחד למספר מעגלים.

יש להדגיש כי מטעמי בטיחות חייב להימנע, בנוסף למפסקי המעגלים השונים ומבטחיהם, מפסק ראשי אשר יאפשר ניתוק מושלם של כל המעגלים וזאת על מנת לשמור על בטיחות החשמלאי הא-מור לטפל באחד המעגלים.

יש לציין כי לעומת האמור לעיל המתיי-חס לכבלים בלבד הרי כשהמדובר במובי-לים (צינורות חשמל) מותר להשחיל ל-צינור רק מוליכי מעגל אחד. יוצא מכלל זה הוא רק המקרה של מעגלים המ-שולבים בפעולתם (כגון פיקודים וכו').

ראו תקנה 13 (א) (ב) של תקנות החש-מל — התקנת מוליכים תש"ל — 1970:

(א) לא יותקנו בצינור אחד מוליכים מבודדים המשמ-שים קווים או מעגלים שונים.

(ב) על אף האמור בתקנת משנה (א), ניתן להתקין ב-צינור אחד מוליכים מבודדים המשמשים קווים או מעגלים שונים המשולבים בפעולתם ובפיקוד שלהם, ובלבד שה-קווים או המעגלים המיועדים למערכות מיוחדות, לתאורה במקומות ציבוריים או למנועים ולציוד החשמלי.“

## שיטה בלתי מאורקת במתח נמוך

במתח נמוך חוץ מבתי חולים ומה הם התנאים באילו מקומות משתמשים בשיטה בלתי מאורקת הדרושים לשימוש בה?

י. עקיבא, תל-אביב

לפי תקנות החשמל — הארקות או הג-נות אחרות תשכ"ב — 1962 (תקנה 10), מותר להשתמש בשיטה בלתי מאורקת במתח נמוך בתנאי שהיא תצויד במקור הזינה במכשירים שיתריאו במקרה שבי-דוד המתקן לקוי.

שיטה זו מותרת לשימוש לא רק בחדרי ניתוח של בתי חולים אלא מותר לייש-מה באופן כללי במפעלים בהם הפסקת חשמל בגלל ליקוי בבידוד לאדמה עלולה לגרום לנזק והשובה רציפות האספקה.

במקרה של תקלה מתקבלת התראה ש-קיים ליקוי במתקן והדבר מאפשר לסיים תהליך מסויים, להפסיק את המתקן, לתקנו, ואחר כך לחדש את האספקה.

המגבלה של השיטה היא מחייבת למע-שה נוכחות חשמלאי במקום כל זמן ש-המתקן עובד בצורה כאמור לעיל.

## הארקה בתנאי שדה

במקומות עבודה רבים ובחקלאות משתמשים ב-גנרטור קטן („פיק" בשפה היומיומית) לצרכי תאורה או להפעלת מכשירים במקומות בהם אין אספקת חשמל מהרשת. המתח המיוצר הוא 230 וולט. לרוב, גנרטורים אלה הם ניידים ואינם מצו-ידים בהארקת שיטה.

ברצוני לשאול:

א. כיצד ניתן להאריקם בתנאי שדה?

ב. האם שימוש במכשיר אחד בלבד (מקדחה, ל-משל) אינו פותר את הבעיה כי אז הרי אפי-שר לראות את הגנרטור כשנאי מבדל.

זאב גול, פלמ"ח צובה

א. בעית ההארקה בתנאי שדה היא בעיה מאוד מורכבת שאי אפשר לתת לה פתרון חד-משמעי. בדרך כלל נהוג לתקוע יתד הארקה ליד הגנרטור ולהאריק באמ-צעותו את אחד הקטבים אך לא תמיד ניתן לודא שאכן ההארקה שהושגה בדרך

## הספק עוור

התאזרה בשפתנו השימוש במושג „הספק ראק” טיבי” גם למונח „הספק עוור” שהוא תרגום מי-לולי של המונח הגרמני **Blindleistung** אלא ש-למונח **Blind** יש שני מובנים, ותורגם לעברית ה-מונח הלא נכון.

התופעה של הבדלי פזה בן מתח לזרם הוכרה ל-ראשונה כנראה, ב-1875 ע”י גרהם בל בעבודותיו לפיתוח הטלפון.

בין השנים 1907 ו-1913 רבו הקונגרסים והוויכוחים על תקינה וקביעת מונחים, והמונח **Blind** התקבל אחרי ויכוחים קשים תוך הסבר שבשפה הגרמנית המונח **Blind** משמעותו גם: ללא תועלת או בלתי מועיל.

אי לכך נראה לי שהיה מתאים לקרוא לתופעה: **הספק סרק**.

אינג’ א. פוקס, רעננה

בשפת אנשי המקצוע קנה לו אחיזה ה-מושג „הספק עוור” או לחילופין — „הס-פק ריאקטיבי”.

לאחרונה פרסמה האקדמיה ללשון ה-עברית שורה של מילונים מיקצועיים ו-

ביניהם גם מילון למונחי הפיסיקה, חלק ב’, (חשמל ומגנטיות שיצא לאור בתשל”ו ובו אנו מוצאים בין השאר:

324 **מְקָדֵם הַסָּפֵק**  
power factor  
facteur de puissance  
Leistungsfaktor

325 **הַסָּפֵק פְּעִיל**  
active power  
puissance active  
Wirkleistung

326 **הַסָּפֵק הַגִּבִּי**  
reactive power  
puissance réactive  
Blindleistung

327 **הַסָּפֵק נֶדְמָה**  
apparent power  
puissance apparente  
Scheinleistung

אנו מקווים שהמינוח הנכון יחליף את המונחים הבלתי מדויקים, מבחינת הל-שון העברית, שהיו מקובלים זה מכבר. יחד עם זאת אם צרכני החשמל יקטינו את „ההספק העוור” הנצרך על ידם או את „ההספק הריאקטיבי” (שהם למ-עשה כינויים המקובלים ל„הספק ההיג-בי”) תבוא עליהם הברכה בכך שיביאו ליעול וחסכון בצריכת החשמל.

## הפעלה חסכונית של מכשירי חימום ביתיים.

ישנם מכשירי חימום רבים שלא מצוידים במנגנון לויסות החום. לפעמים מתקינים סימרט על מכשירי החימום שבאמצעותו ניתן לווסת את ה-חום. במנגנון כזה הויסות מגיע בדרך כלל לערך שרחוק מהרצוי, כך שגם כאן יש ביזבוז ניכר של אנרגיה.

מן הראוי להתקין תרמוסטט שבאמצעותו נוכל להגיע ביתר דיוק לטמפרטורה הרצויה שהיא  $(18^{\circ}\text{C} - 20^{\circ}\text{C})$ .

### ת א ו ר ה מ ת ק ן

התרמוסטט יהיה מותקן בתוך תיבה מוגנת מ-מכות ומרטיבות עם גשש מתאים. התיבה תהיה מחוברת למכשיר באמצעות כבל במרחק סביר ממרחק החימום וזאת כדי להבטיח את פעולתו התקינה של התרמוסטט (הואיל והטמפרטורה ליד מכשירי החימום גבוהה יותר).

כבל נוסף יחבר את התיבה לחיבור הקיר.

התרמוסטט יהיה מסוג כזה שניתן יהיה לקרוא את הטמפ’ הנמצאת בסביבתו וכמו כן תהיה אפ-שרות לכוונו בקלות ובדיוקנות.

מובן שמתקן כזה יהיה יקר יחסית היות וצריך להתקינו בבית מלאכה או בהזמנה מיוחדת. אולם, ההפסד יצא בשכר במקרה זה, מכיוון שמכשירי החימום הם בדרך כלל צרכנים בעלי הספק גבוה במתקן הביתי ובאמצעות מתקן זה הם יופעלו ביתר יעילות.

דוד בן-יהודה, שדה יעקב

## הצעות מעשיות ליעול וחסכון בצריכת החשמל

אנו מזמינים את החשמלאים להגיש הצעות טכניות מעשיות ליעול וחסכון בצריכת החשמל במגזרי הצריכה השונים (ביתי, תעשייה, מסחר וחקלאות). את ההצעות המוצלחות נפרסם בחוברות הבאות. כל הצעה שתפורסם תזכה את המציע בפרס: (מכשיר עבודה או מכשיר מדידה). את ההצעות נא לשלוח לפי כתובת המערכת.

## חסכון בתאורת חדרי מדרגות בבנייני משרדים

ברוב חדרי המדרגות במבני משרדים וכו’ קיימת תאורה קבועה מאחר ואין שם תאורה טבעית. בדרך כלל מתעוררת, במקומות כאלה, בעיה של הפסקת התאורה בשעות הלילה וברוב המקרים נהוג להשאירה פועלת 24 שעות ליממה (כולל שבתות וחגים) — שמה יהיה בה צורך.

במקרים כאלה, לשם חסכון באנרגיה והארכת חיי הנורות ניתן להשתמש בשילוב של שעות זמן ו-קוצב זמן הנהוג בחדרי מדרגות רגילים).

שעות הזמן יפעיל את מערכת התאורה בקביעות החל מזמן מסויים לפני שעות הפעילות הרגילה עד לזמן מסויים לאחר שעות הפעילות הרגילה. ביתר השעות „יעביר” שעות הזמן את תפעול מערכת התאורה לקוצב זמן של חדר מדרגות אשר יופעל מלחצנים כנהוג בחדרי מדרגות רגילים.

פ. נחום, חיפה

## סימפוזיון הארקות

בחודש אפריל (13.4.77 — 12.4.77) יתקיים בתל-אביב באולם „בני ברית“, רח' קפלן 10, סימפוזיון שיוקדש לנושא הארקות. הסימפוזיון מאורגן על ידי הסניף הישראלי של I.E.E. (Institute of Electrical Engineers) ויקחו בו חלק פעיל נציגי המוסדות השונים המטפלים בנושא כגון: משרד המסחר והתעשייה, חברת החשמל, הטכניון ואחרים. יש לציין כי מפאת חשיבות הנושא מבחינה טכנית, בטיחותית וכלכלית הסכימו המוסדות והגופים הציבוריים לשתף פעולה בהכנת הכנס ואף לתמוך בו. כדי לקבל מידע בינלאומי ממקור ראשון, הוזמנו וישתתפו בסימפוזיון אורחים מחו"ל:

**Mr. H.J. Sheppard**, Head of Engineering, The Electricity Council, England.

**Mr. G.F.L. Dixon**, Chief Engineer Yorkshire Electricity Board, England

**Mr. W. Rudolf**, Oberingenieur A.E.G. Telefunken, Germany

**Mr. Hans Heinze**, Oberingenieur Stuttgart, Germany.

כידוע שיטת ההארקה של מתקני חשמל שהייתה מקובלת בארץ נמצאת עתה במצב „מעורער“ עקב ההעלמות הדרגתית של צנרת המים המתכתיים שהתייחסו אליה כ„אלקטרודת הארקה טבעית“ (תקנות החשמל — הארקות והגנות אחרות).

יש לציין כי ועדת משנה של ועדת ההוראות האחראית להכנת ההצעות והרוויזיות לתקנות החשמל, יושבת מזה זמן רב על המדוכה ומבלבטת בבעיות הרבות שהתעוררו לאור השימוש, ההולך ומתרחב, בצנרת מים לא מתכתית. המצב עשוי להביא לשינויים מרחיקי לכת בתפיסה שהיתה מקובלת בארץ לגבי הארקות המתקנים.

שיטות שונות נבדקות כגון: הארקות יסוד המבנה, שיטות האיפוס לפי הדגם הגרמני או האנגלי — (Multiple Protective Earthing) מטרת הסימפוזיון לרכז את כל הדעות והמידע מפי המומחים הישראליים והאורחים כדי לקדם את הפעילות למציאת הפתרונות הטכניים שיתאימו לתנאי הארץ, ולהסדרת הדברים בתקנות אשר במסגרת חוק החשמל.

## יום עיון / תצוגת תעשיית החשמל והאלקטרוניקה של התנועה הקיבוצית

ביום שלישי 12.4.77 יתקיים בבית המשביר המרכזי (רח' גיבורי ישראל תל-אביב) יום עיון לחשמלאי התנועה הקיבוצית. יום העיון נערך על ידי המחלקה לחשמל של קיבוצי השומר הצעיר בשיתוף עם חברת החשמל — מערכת „התקע המצדיע“.

בתוכניות הרצאות:

**אינג' ג' אברהם** מנהל ענייני החשמל במשרד המסחר והתעשייה — דברי פתיחה.

**פרופ' י. נאות** — 400 וולט 600 וולט במפעלי תעשייה — מה בעד, למה נגד?

**אינג' פ. קישינובסקי**, המחלקה לפיתוח הצריכה, חברת החשמל לישראל בע"מ — יעול וחיסכון בצריכת החשמל; דיווח על סקרים שנערכו במפעלי תעשייה.

בהמשך להרצאות תקיים תצוגה בליווי הסברים של מפעלי תעשיית החשמל והאלקטרוניקה בתנועה הקיבוצית.

התצוגה תהיה פתוחה **לכלל ציבור החשמלאים** ואנשי המקצוע בשעות 14.30—17.00.

## שיפור מקדם ההספק

הננו להביא לתשומת לב החשמלאים כי חברת החשמל שוקלת להחמיר בדרישותיה לגבי מקדם ההספק:	א. המינימום הנדרש שהוא כיום 0.85 יהיה למעלה מ-0.9.
ב. קרוב לודאי שהתשלום שיחול על הצר- כן במקרה מקדם ההספק במתקנו יהיה נמוך מהנדרש יהיה גבוה יותר מהתשלום הנוכחי המפורט בתעריפי החשמל.	

## ימי עיון לחשמלאים - התקע המצדיע בע"פ



כ-20 יצרנים, סוכנים ומשווקים נענו להזמנתנו והצינו אבזרים, מכשירים ומתקנים הקשורים בנושאי הרצאות. כמו כן חולקו למשתתפים פרוט-פקטים טכניים ודברי הסבר מודפסים. בקרוב ייערכו בהתאם למתוכנן ימי עיון נוספים בבאר-שבע, בירושלים, בתל-אביב וחיפה. **כל מי שמעונין להכלל ברשימת המוזמנים לימי העיון מתבקש להודיע על כך בגלוייה למערכת „התקע המצדיע“ ת.ד. 25 תל-אביב.**

### ספר חדש: מדריך לחשמלאי

במערכת נתקבלה מהדורה חדשה ומורחבת של „מדריך לתכנון מתקני חשמל“, ששמו הוסב ל„מדריך לחשמלאי“, מאת המהנדס **י. דוניבסקי.**

במהדורה זו עודכן החומר אשר הופיע במה-דורות הקודמות של הספר, בהתחשב בתקנות חשמל אשר פורסמו בשנים האחרונות.

„המדריך“ כולל גם חומר חדש רב. מן הראוי לציין במיוחד פרק הדין בהעמסת מוליכים וכ-בלים, מנחושת ומאלומיניום, והגנתם בפני יתרת זרם. בפרק זה נידונו בנפרד ההגנה בפני זרם יתר והגנה בפני זרם קצר. הנתר-נים מבוססים על הדיונים האחרונים בועדה הבינלאומית לחשמל ובעדת ההוראות לבצוע עבודות חשמל, הפועלת ליד משרד המסחר והתעשייה.

כדאי גם לציין, בין היתר, את הטבלאות המ-פורטות לחישוב ירידת מתח במוליכים ובכ-בלים מנחושת ומאלומיניום, כולל כבלים מ-שוריינים, בליווי דוגמאות חישוב.

מספר רב של ציורים מקל על הבנת החומר, אם כי יש נושאים שבהם היה רצוי להרחיב את ההסבר להקלת הבנתם.

אין ספק כי „מדריך“ זה יהיה לעזר רב לחש-מלאי בעבודתו.

מסורת ימי העיון — „התקע המצדיע“ בע"פ ש-„נולדה“ לפני פחות משנתיים הולכת ונכנסת למסלול קבוע: מאז חודש יולי 1975 נערכו 16 ימי עיון בהם נטלו חלק אלפי חשמלאים לרבות מהנד-סים, הנדסאים וטכנאים.

לאחרונה התקיימו 2 ימי עיון —

**בתל-אביב** ב-26.1.77 במלון קאונטרי קלוב בהש-תתפות כ-270 איש.

תוכנית ההרצאות כללה:

א. הערכת המחוז לשיפור השרות — **מר ד. גלעדי** מנהל מחוז דן.

א. הקשר הטכני בין חיבור חברת החשמל לבין המתקן הפרטי — **אינג' מ. זיסמן**, סגן מנהל המחוז לעניינים טכניים.

א. תכנון יעיל של מערכות הגנה סלקטיביות ב-מתקני חשמל — **אינג' נ. פלג** הרשת הארצית.

א. שילוב אנרגית שמש וחשמל לחימום מים — אספקטים טכניים, מסחריים וכלכליים — **אינג' א. לייטנר**, וואגף המסחרי.

**בחיפה** ב-23.2.77 במלון שולמית בהשתתפות כ-200 איש.

תוכנית ההרצאות כללה:

א. אתגרים בתוכניות מחוז הצפון — **אינג' ל. יבלונבסקי** מנהל מחלקת הצרכנים הטכנית.

א. הגנות יעילות במתקן הצרכן — **אינג' א. ירום**, א. הגנות יעילות במתקן הצרכן — **אינג' א. ירום**, מחלקת הצרכנים הטכנית.

א. מעגלים סופיים והעמסת מוליכים, מגמות ב-תקינה — **אינג' ג. אברהם**, מנהל עניני החש-מל משרד המסחר והתעשייה.

א. שילוב אנרגית שמש וחשמל לחימום מים אס-פקטים טכניים מסחריים וכלכליים — **אינג' א. לייטנר**, האגף המסחרי.

הנחה את ימי העיון מר **ש. וולפסון**, האגף המסחרי. ב-2 ימי העיון הונהג בהצלחה חידוש: „שרות — פרסומי“ בע"פ — ליד אולם ההרצאות נערכה תצוגה של יצרנים ומשווקים.

### חברת החשמל לישראל בע"מ

#### הודעה לחשמלאים במחוז דן

משרדי מחלקת הצרכנים הטכנית במחוז דן הועברו מרח' קרנמיניצקי 7 לרחוב הנגב 5 קומה ב'.

קבלת ציבור החשמלאים מתקיימת כל יום בשעות 8.30—11.00.

טל. 614343.

# הגנת ציוד חשמלי נגד דלף לאדמה - הגישה בארה"ב

אינג. נ' פלג

בחוברת מס' 10 של "התקע המצדיע" (מרץ 1971) נמצא המאמר הגנה נוספת על פסי צבירה במתח נמוך" ובו תאור כללי של סידור הגנה דיפרנציאלית ראשית שתפקידה לאתר זרימה לאדמה במתקן חשמל, "כבד" ולהקטין את הנזק האפשרי על ידי הפסקת מתקן כזה כבר בשלבים הראשונים של התפתחות התקלה. נראה כי בארה"ב חלה התעוררות בנקודה זו ובטוי לזה נמצא בהוראה מס' 230-95 של קוד החשמל משנת 1975 (National Electrical code)

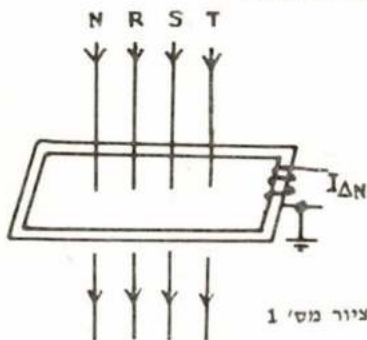
## השיטות המקובלות לגילוי זרם דלף לאדמה

ניגש, ראשית, לסקור את שלושת השיטות המקובלות לגילוי זרם הדלף לאדמה, יתרונותיהן ומגבלותיהן.

### שיטת "משנה הזרם המסכים"

בשיטה זו מעבירים את כל המוליכים החיים של המעגל (פזות ואפס) דרך משנה הזרם ואז נקבל במשני של משנה הזרם את זרם הדלף לאדמה — לכשיופיע.

שיטה זו פשוטה ביותר ומצריכה משנה זרם אחד בלבד אך חסרונה הוא בצורך להעביר, במעגלים לזרם ניכר, כמות עצומה של מוליכים מבודדים. אם ניקח, לדוגמה, יציאה של טרנספורמטור 630 קו"א נזדקק להעביר 4 מוליכים של 240 מ"מ<sup>2</sup> (אלומיניום) לכל פזה ועוד 4 מוליכים של 95 מ"מ<sup>2</sup> עבור האפס — סה"כ 16 מוליכים! לשם כך פותחו משני זרם בעלי מידות גדולות במיוחד וכן משני זרם הניתנים לפתיחה כך שאפשר "להלבישם" על פקעת המוליכים.



### שיטת "סיכום זרמים של משני זרם"

בשיטה זו חייב להיות משנה זרם על כל מוליך (כולם בעלי אותו יחס תמסורת, כמובן!).

מחברים ביניהם את היציאות של כל הסלילים המשניים במקביל (כל יציאות  $S_1$  ביניהם ויציאות  $S_2$  ביניהם).

מפאת חשיבות הנושא ארשה לעצמי לתרגם את ההוראה כולה כולל ההערות:

### "הגנת ציוד חשמלי נגד זרם דלף לאדמה" (Ground fault protection of equipment)

בכל שרות חשמלי המיון מרשת מאורקת בצורה קשיחה — (Solidly grounded system) בנקודת הכוכב והיא בעלת מתח לאדמה העולה על 150 וולט, אך אינו עולה על 600 וולט בין הפזות, יוגן נגד זרם דלף לאדמה כל אמצעי הפסקה ראשי — (Serve disconnecting means) לזרם של 1000 אמפר או יותר.

א. ההגנה נגד זרם דלף לאדמה תגרום לאמצעי הפסקה לפתוח את כל המוליכים הבלתי מאורקים של המעגל הלקוי. הכוונון המכסימלי של ההגנה נגד זרם דלף לאדמה יהיה 1200 אמפר. ב. אם משתמשים בשילוב של מפסק הכולל נתיכים הרי הנתיכים חייבים להיות בעלי כושר ניתוק של כל זרם העולה על כושר הניתוק של המפסק כאשר ההגנה נגד זרם דלף לאדמה לא תגרום לפתיחת המפסק.

— למטרת הוראה זו נחשב הזרם הנומינלי של אמצעי ההפסקה כזרם של הניתוק הגדול ביותר שניתן להרכיב בו, או הכוונון המכסימלי של הניתוק נגד יתרת זרם המורכב במפסק הזרם או שניתן להתקין בו.

— מומלץ להתקין הגנה נגד זרם דלף לאדמה גם למפסקים ראשיים של פחות מ-1000 אמפר ברשתות מאורקות בצורה קשיחה בעלי מתח העולה על 150 וולט לאדמה אך לא יותר מאשר 600 וולט בין הפזות.

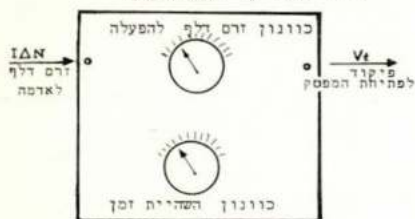
— כאשר בהוראה זו מתייחסים לרשת מאורקת בצורה קשיחה הכוונה היא שבמוליך הארקה השיטה אין התקן של נגד או עכבה (Impedance)

— הגנה נגד זרם דלף לאדמה הפועלת באמצעות פתיחת המפסק הראשי אינה מניחה על המוליכים כיום במעלה האספקה הראשית או על המפסק הראשי עצמו אך תגביל את הנזק למוליכים ולי ציוד בצד העומס של אמצעי ההגנה נגד זרם הדלף לאדמה.

— אמצעי הגנה נוסף זה מצד האספקה, מחייב בדיקה מחודשת של כל מערכת הכיול לתאום ההגנות נגד זרמי יתר. לשם הבטחת סלקטיביות נאותה, יש צורך בהתקנת אמצעים נוספים להגנה נגד זרם דלף לאדמה במזינים ובהשתעפויות — (Branch circuits) שבהם דרושה אמינות אספקה מכסימלית (ועומסים חיוניים).

1. אפשרות לכוונון זרם הדלף  $I_{\Delta N}$  לאדמה אשר יפעיל את המפסק.
2. אפשרות לכוונון השהיית זמן לפתיחת המפסק — בתחומים מסויימים (למשל: 0 עד 60 מחזורי רים) כאשר מתקבל פיקוד מתאים ( $Uc1$ ).
3. ניטרול מערכת ההגנה נגד זרם דלף לאדמה אם מתקבל פיקוד מתאים אחר ( $Uc2$ ).
4. „שידור” פיקוד להשהייה או לניטרול גשש אחר ( $Uc$ ) וזאת לעומת הגששים הפשוטים יותר שבהם קיימת מות אפשרויות הכוונון לזרם דלף להפעלה ול-השהיית זמן בלבד (ללא הפיקודים).

ציור מס' 4 גשש פשוט



ציור מס' 5 גשש מתוחכם



הערה: פיקוד להשהיית זמן יכול לבטל פיקוד לאי הפעלה.

ננסה כעת לנתח שתי מערכות אספקה דומות — מערכת אחת בה אין עומסים חיוניים ולכן ניתן לוור-תר בה על דרישות חמורות לסלקטיביות ומערכת שניה בה קיים עומס חיוני ולכן קיימת דרישה ל-סלקטיביות מכסימלית.

כאן אולי המקום להוסיף כי המערכות המתוארות נגד זרמי דלף לאדמה באות **בנוסף** להגנות הרגילות נגד זרם יתר (תרמייות ומגנטיות) חוסר מתח וכו' ומערכת אחת לא מפריעה לפעולת המערכת האחרת.

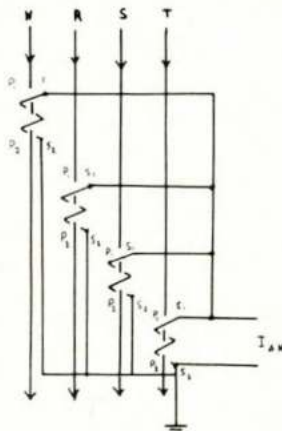
### מערכת רגילה ללא עומס חיוני

המערכת המתוארת תיתן, ברוב המקרים, הגנה די סלקטיבית של המיתקן ותפעל בצורה הבאה:

— אם יתפתח זרם דלף לאדמה מעל 50 אמפר ב-נקודה A יינתן פיקוד הפסקה מייד למפסק מס' 3. אם זרם דלף זה יהיה מעל 150 אמפר לא יפעל המפסק מס' 2 כיוון שיש לו השהיית זמן של 10 מחזורים ואנו מקווים שתוך תקופה זו ייפתח מפסק מס' 3. ברור גם שאפילו אם זרם הדלף לאדמה יעלה, בנקודה A, על 300 אמפר לא יפעל גם המפסק הראשי (מס' 1) בגלל ה-שהיית הזמן ל-20 מחזורים.

אם סכום הזרמים הראשוניים הוא אפס (דהיינו — אין דלף לאדמה) יהיה גם סכום הזרמים המשניים במשני הזרם אפס. אם קיים זרם דלף לאדמה הרי סכום הזרמים הראשוניים במוליכים לא יראה אפס ואז יהיה גם הפרש הזרמים בין הסכומים  $S_2$  ו- $S_1$  יחסי לחוסר האיזון הראשוני.

שיטה זו אינה מצריכה משני זרם מיוחדים, בדרך כלל, כי ניתן להשתמש במשני הזרם המותקנים ל-צרכי מדידה או הגנה ממילא (לא מופיע בתרשים) וצריך, אולי, במשנה זרם אחר נוסף במוליך האפס. חסרונה העיקרי של השיטה היא באפשרויות טעות בחיבורים.

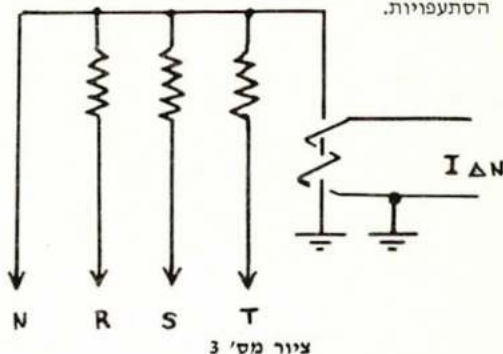


ציור מס' 2

### שיטת „משנה זרם במוליך הארקה השיטה”

בשיטה זו מרכיבים משנה זרם על מוליך הארקה השיטה ליד הטונספורמטור.

מערכת זו היא הפשוטה ביותר ומצריכה משנה זרם אחד בלבד אך חסרונה הוא שניתן ליישמה רק לגבי המפסק הראשי של הטונספורמטור ולא ביחס ל-הסתעפויות.

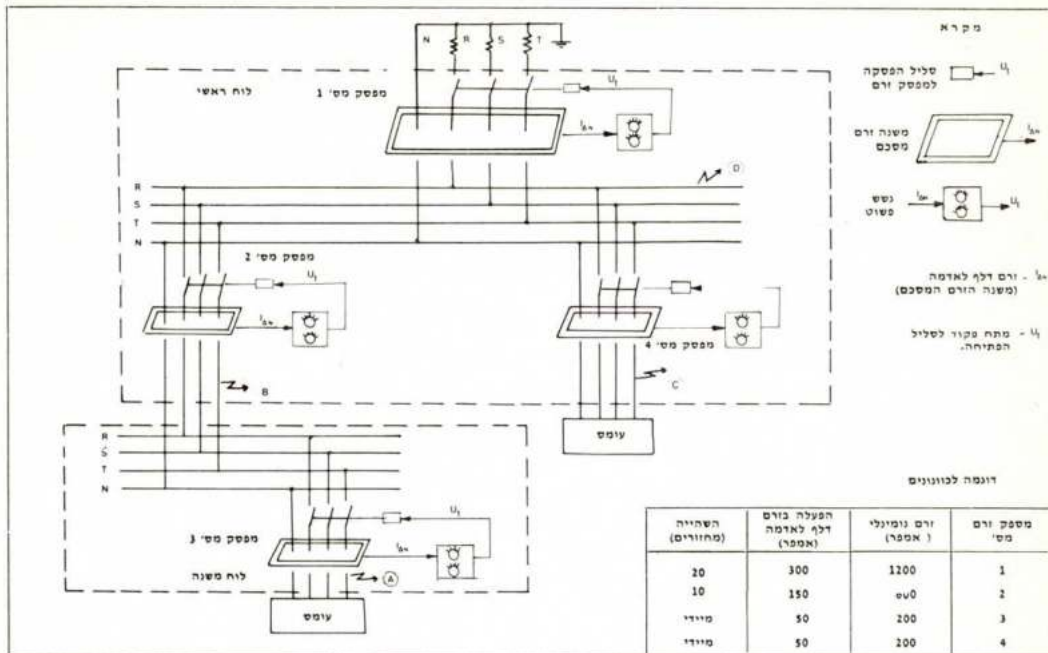


ציור מס' 3

עקרונית — כל השיטות טובות ועל המתכנן להחליט מהי השיטה האופטימלית בכל מקרה ומקרה.

בכדי למלא אחר הצורך בסלקטיביות פותחו גששים (Sensor) מתוחכמים להגנה נגד זרם דלף לאדמה ואשר להם כל התכונות הבאות:





צוור מס' 6

זרמי דליפה לאדמה וגם הגבלה רצויה של נזקים אפשריים ותפעל בצורה הבאה:

— אם יתפתח זרם דלף לאדמה מעל 50 אמפר בנקודה A ינתן, בו זמנית, פיקוד למפסק מס' 3 להיפתח וכן מתח פיקוד, U<sub>c1</sub> לגשש של מפסק מס' 2. מתח הפיקוד U<sub>c1</sub> לגשש של מפסק מס' 2 יכניס, אם זרם הדלף הנ"ל עולה על 150 אמפר, את היחידה הזו להשהיית זמן של 10 מחזוריים כך שתהיה הגנה עורפית ל- מקרה שהמפסק מס' 3 לא יפתח בזמן והתקלה לא תסולק. בו בזמן נשלח גם מתח פיקוד U<sub>c2</sub> לגשש של מפסק מס' 1 אשר ימנע את פתיחתו גם אם זרם הדלף במקום התקלה A עולה על 300 אמפר.

— אם יתפתח זרם הדלף לאדמה העולה על 150 אמפר בנקודה B ינתן, בו זמנית, פיקוד למפסק מס' 2 להפתח **מיידית** וכן מתח פיקוד U<sub>c1</sub> לגשש של מפסק מס' 1 אשר, אם זרם התקלה בנקודה זו עולה על 300 אמפר, יעביר פיקוד להפסקת מפסק מס' 1 אם התקלה לא סולקה תוך 20 מחזוריים.

— לגבי זרם דלף לאדמה בנקודה C זהה המצב לתקלה בנקודה B אלא שארם הדלף להפעלה הוא 50 אמפר.

— זרם דלף לאדמה העולה על 300 אמפר בנקודה D יגרום לפיקוד להפסקה **מיידית** למפסק מס' 1.

ברור שבמקרה של תקלה בנקודות C או D אין

— אם בנקודה C יתפתח זרם דלף לאדמה העולה על 50 אמפר ינתן פיקוד הפסקה מיידית למפסק מס' 4. גם אם זרם הדלף לאדמה יעלה על 300 אמפר אין להניח כי המפסק הראשי (מס' 1) יפעל כיוון שיש לו כאמור, השהיית זמן של 20 מחזוריים — זמן מספיק לפתיחת מפסק מס' 4. — אם בנקודה B יתפתח זרם דלף לאדמה העולה על 150 אמפר אמור מפסק מס' 2 לקבל פיקוד לפתיחה לאחר 10 מחזוריים. גם אם הזרם הזה יעלה על 300 אמפר יש להניח כי בגלל השהיית הזמן השונות לא יפעל מפסק מס' 1.

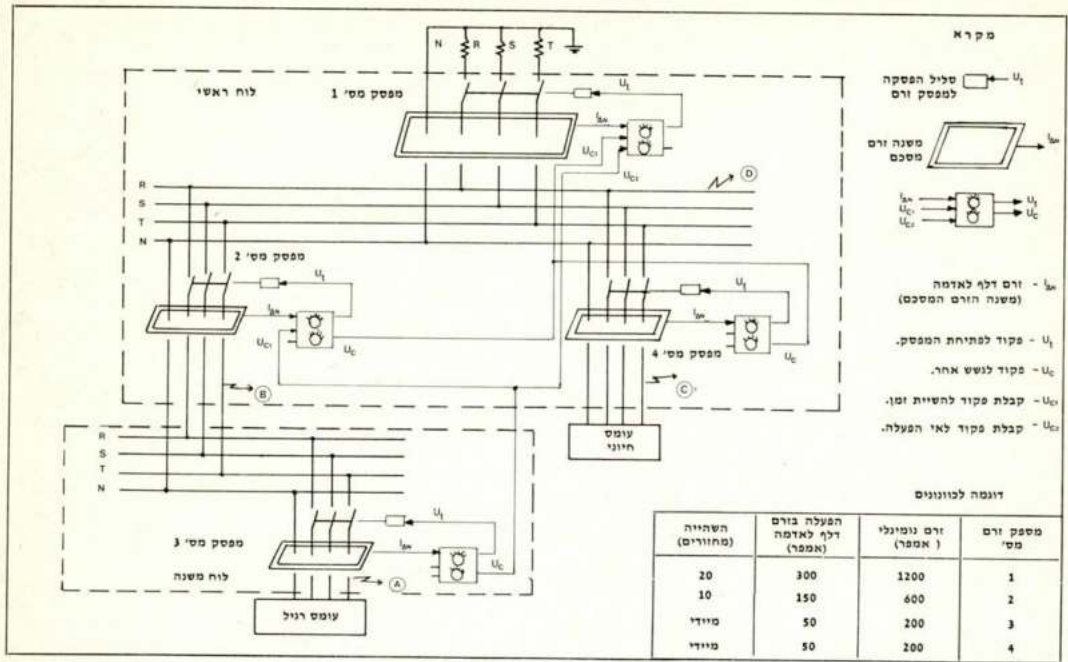
— במקרה של התהוות זרם דלף לאדמה העולה על 300 אמפר בנקודה D יקבל מפסק מס' 1 פיקוד להפסקה לאחר השהייה של 20 מחזוריים.

מתוך ניתוח זה של הפעולות בזמן התקלות השונות עולה מיגרעת רצינית של השיטה הזו: זרמי דלף לאדמה בנקודות B ו-D. גם אם הם עולים על הכוונון של הגששים, יתמידו 10 או 20 מחזוריים **מיותרים** עד אשר תינתן פקודת ההפסקה. ברור ש- השהיות אלו יגרמו להגדלה רצינית של הנזק בלוח — הגדלה בלתי רצויה ביותר.

נתבונן כעת במערכת חלוקה אחרת היתה לראשו- נה מבהינה חשמלית אלא שבה, בגלל הימצאות עומס חיוני תותקן מערכת בעלת סלקטיביות מכ- סימלית תוך שימוש בגששים מתוחכמים.

### מערכת הכוללת עומס חיוני

המערכת המתוארת תיתן גם הגנה סלקטיבית בפני



ציור מס' 7

דלף לאדמה נמוכים יותר מהכווננים של הגי ששים הרגילים המיועדים לתפעול מפסקים ר זאת על מנת לקבל מידע על התהוות תקלות עוד בראשיתן וכן על מנת לעזור באיתור מהיר יותר של מקום התקלה.

ג. קיימים מפסקי זרם (מתוצרות שונות) הכוללים, כחלק אינטגרלי שלהם, גם את משנה הזרם המסכם וגם את הגשש על פיקודיו (וזאת ב נוסף להגנות המקובלות האחרות).

ד. ברור כי **אסור** להאריק את מוליך האפס בתוך המתקן כי אז עלולה להשתבש פעולת כל מעי רכת ההגנה עקב זרמים החוזרים לטרנספורמטור שלא דרך מוליך האפס.

### לסיכום:

מערכת הגנה דיפרנציאלית וסלקטיבית (עם השי היות זמן ופיקודים בין המפסקים) מאפשרת למי תכנן לבנות מערכת חשמל בעלת אמינות גבוהה ביותר — וזאת בתוספת ממש אפסית למחיר ה מתקן כולו. המעניין הוא שגם במערכות אספקה **קיימות** ניתן, בהוצאה קטנה ביותר, להתקין מעי רכות כאלה כי, פרט לצורך שמפסקי הזרם במעי רכת יכללו התקן פיקודי לפתיחתם, הרי כל הנדרש הוא משני זרם מסכמים, גששים מתאימים וקצת ידע ומחשבה.

מנוס מהפסקה של העומס החיוני — אך לצערנו אין כל אפשרות אחרת.

ניתן, מן האמור, להיכח כי השימוש בגששים המי תוחכמים — ציוד אשר כבר קנה לו אחיזה בפרקי טיקה בארה"ב — מאפשר הגנה אופטימלית על מתקני חשמל מבחינת הסלקטיביות, מבחינת הקי טנת נזקים אפשריים ללוחות למינימום אפשרי וכן מבחינת הבטחת אמינות האספקה לעומס החיוני. לסיים עוד מספר הערות:

א. בין הגששים קיימים כאלה אשר אינם מצריי כים מקור אנרגיה חיצוני, כולל מתח רשת, לי הפעלת המערכת והזנתם בזרם הדלף באמצעי עות משנה הזרם המסכם **IAN** מספיקה מבי חנית תפעולם. קיימות גם מערכות גששים המי חיבות מקור אספקה חיצוני ממתח הרשת. בי מקרה כזה יש לדאוג שמקור האספקה למעי רכת יהיה בין שתי פזות (באמצעות שנאי בעל מתח ראשוני 400 וולט, למשל) וכן שהמערכת תפעל בצורה אמינה גם ב 50% של המתח (כך שגם אם קיים קצר מלא בין פזה לאדמה יהיה עדיין מספיק מתח להפעלה תקינה של המעי רכת). ברור שהמערכות מהסוג הראשון עדיפות.

ב. רצוי להתקין במערכת החלוקה, במקומות שרי נים, מערכות משני זרם מסכמים וגששים אשר יתנו התראות (חזותיות וקוליות) גם בזרמי

# שימוש בפחם לייצור חשמל בתחנות כח בישראל

אינג' א' פאר — M.Sc.

האירועים שלאחר מלחמת יום הכפורים, אשר גרמו לתמורה מהפכנית במגמות הרווחות במשק האנרגיה בעולם, דינם ששפיעו ביתר שאת על המשק הישראלי. מצבה הגיאופוליטי של מדינת ישראל והעובדה שמשקה האנרגטי על כל ענפיו מבוסס על „טהרת“ הנפט, מחייבים מאמץ מיוחד לקראת גוון מקורות האנרגיה. גם לגבי ישראל, סוג הדלק היחידי המאפשר שחרור משמעותי מהתלות בנפט בטווח זמן יחסית קצר הוא הפחם. לכן, מיד לאחר מלחמת יום הכפורים הוחל בבדיקות יסודיות של כל ההיבטים הקשורים בהסבת תחנות כח המופעלות במזוט להפעלה בפחם.

## הסבת תחנות כח לשמוש בפחם בישראל

בתחילה הועלתה האפשרות של התאמת תחנות הכח הנמצאות בפעולה, אולם, במהירה התברר שדבר זה אינו מעשי, היות ושטחן של התחנות הקיימות הינו מוגבל ומוגדר ואינו משאיר מקום חופשי להתקנת הציוד הנוסף ולצרכים אחרים הדרושים לשם ההסבה לשמוש בפחם.

נשקלה איפוא אפשרות הסבה של תחנות הכח שבשלב תכנון שונים: אשכול ד' באשדוד ורמ.ד. באתר חדש צפוניית לנחל חדרה.

בתחנת הכח אשכול ד' אמורה היתה לה- כנס לפעולה היחידה הראשונה במחצית השניה של שנת 1976 והיחידה השניה ב-1977. כל אחת משתי יחידות אלה בעלת הספק נקוב של 228 מגו"ט (כשהדלק הוא מזוט).

בעת הדיון על בחירת תחנת הכח להסבה לפחם — כבר נרכש הציוד המיועד לאשכול ד' אך טרם הורכב באתר והיתה עוד קיימת אפשרות טכנית להתאים את התחנה לשמוש בפחם ע"י תוספת מתקנים מיוחדים למטרה זו. היות והשמוש בפחם בדוד המתוכנן לדלק נוזלי, כרוך בהפסד של מעל ל-30% מהספקו לכן, ובגלל הדחיה בהכנסה לפעולה שהיתה נגרמת ע"י עבודות ההסבה — היה צורך להקים טורבינות זו בהספק שיבטיח כי אמינות המערכת לאספקת חשמל תהיה שווה לזו המתקבלת ללא הסבה. הנתוח הכלכלי הראה שגובה השקעה זו ומחיר ההסבה מגיעים לסכום, שהיה מאפשר הקמת תחנת כח נוספת מופעלת במזוט באותו הספק. כמובן, היתה התקנת המערכות הנוספות מצריכה שמוש בחלק מהשטח שהועד לתחנת כח נוספת באתר זה.

הגורמים הטכניים והכלכליים כנ"ל הביאו למסקנה כי התאמת תחנת הכח אשכול ד' להפעלה בפחם — איננה כדאית ולכן נדחתה אפשרות זו על הסף.

באשר לתחנת הכח מ.ד. — הציוד העיקרי

של ארבעת יחידותיה, כ"א 350 מגו"ט אמנם הוזמן, אך טרם יוצר, כך שניתן היה עוד לשנות את התכנון ולהבטיח שכל היחידות תספקנה את אותו ההספק בפחם שהיו צריכות לספק אילו היו מופעלות במזוט. בהתאם לתכנית הפתוח, יחידות אלה היו צריכות להכנס לפעולה בין השנים 1978—1981 כשכל שנה מופעלת יחידה אחת. ההסבה לפחם תגרום לדחיה של כשנה וחצי בלוח זמן נים זה.

הניתוח הכלכלי במקרה זה הראה עדיפות להסבה לשמוש בפחם לעומת שמוש במזוט; במחיר פחם של \$40.— לטונה ובמחיר מזוט של \$75.— לטונה, נמוכות טה"כ ההוצאות בערך הנוכחי, בכ-40 מליון \$ והעלות לייצור קוט"ש נמוכה בכ-0.8 מילס. ניתוח דומה של השוואת עלויות לייצור קוט"ש כשהשמוש במזוט, בפחם או בדלק גרעיני נערך עבור:

Long Island Lighting Company U.S.A.

ביוני 1974, ע"י חברת הייעוץ —  
The S.M. Stoller Corporation, N.Y.

## הובלת פחם מנמל אם בחו"ל לאתר תחנת הכח בחדרה

א. הובלתו הימית של הפחם מנמל האם בחו"ל לנמל בישראל.

ב. שנוע הפחם מנמל בארץ לאתר תחנת הכח בחדרה.

הפחם יכול להיות מיובא באמצעות אוניות צובר או בצורת תרחיף — לאחר טחינתו ומהילתו בכ-30% מים, בצורה זו תהיה הובלתו במיכליות. שיטת השימוש בפחם המיובא בצורת תרחיף לא נראית קבילה.

שמוש בתרחיף לשריפה בדודי תחנות הכח הינו עוד בשלב ניסיוני ולא יכול להחשב כטכנולוגיה בדוקה.

בשיטה זו משתמשים בארה"ב רק בתחנת כח אחת ויחידה "Mohave" Generating Station  
Southern California Edison Company.

לבעיית שינוע הפחם לתחנת הכח מ.ד.: היות וש-  
מוש במזוט בתחנת כח המיועדת גם לשריפת פחם  
— מביא להפסדים כספיים ניכרים (9.8 מיליון \$  
לשנה ליחידה אחת בהספק של 350 מגוואט) הדרך  
המהירה שתבטיח אספקת פחם סדירה לקראת  
הפעלת יחידת הייצור הראשונה בתחנת הכח מ.ד.  
שבחדרה, הינה — הכשרת נמל חיפה לקליטת  
אוניות צובר והתקנת שלוחה ממסילת הרכבת  
הקיימת לאתר שבחדרה.

### משמעות ההסבה לפחם בישראל

תחנת הכח מ.ד. תוכל להבטיח בשנת 1983 הס-  
פק נקוב של 1400 מגו"ט המיוצר בפחם, היינו —  
כשליש מסה"כ הכושר הארצי באותה עת.

הפעלתה של תחנה זו תאפשר להקטין את צריכת  
המזוט במדינה בכ-2 מיליון טונות בשנה. בכך  
יושג גיוון משמעותי במקורות האנרגיה כבר בפרוס  
שנות ה-80, כאשר כ-40% מהאנרגיה החשמלית  
תיוצר באמצעות פחם.

כאמור, אפשר להניח שמוש בפחם בתחנת הכח  
מ.ד. יביא, בנוסף לגיוון במקורות האנרגיה גם  
עדיפות כלכלית על שמוש במזוט.

בתפעולה של תחנת הכח הנ"ל נתקלו בקשיים  
רבים, שטרם באו על פתרונם. בנוסף לכך בשיטת  
שינוע זו מספר המקורות לרכישת פחם טחון —  
מוגבל. פריקת פחם המיובא באוניות צובר אפ-  
שרית בנמל חיפה, בנמל אילת או במעגן לחוף  
האתר שבחדרה.

פריקת הפחם מאוניית אם לדוברות בים פתוח  
איננה מקובלת ומנוסה די הצורך. נבדקת אפשרות  
שינוע הפחם באמצעות דוברות מנמל חיפה למעגן  
בבריכות מי הקרור שבאתר. בבדיקה זו תשקל  
אפשרות וכדאיות פריקה ישירה של פחם באוניות  
לדוברות בנמל חיפה, ללא שמוש במצבור ביניים.  
כמו כן נשקלת אפשרות של פריקה ישירה של פחם  
במעגן פרוק מיוחד ליד חוף האתר. לוח הזמנים  
להתקנת קו מסילת רכבת מאילת לצפון הארץ,  
נאמד ב-7—6 שנים. דהיינו — לא תהיה אפשר-  
ות ליבא פחם לנמל אילת ולהובילו ברכבת ל-  
אתר שבחדרה בשנת 1978/79; רק לאחר התקנת  
מסילת הברזל ניתן היה ליבא כמויות ניכרות של  
פחם דרך נמל אילת, דבר שיגביר את אמינות וגמרי  
שות אספקתו. נראה כי שילוב אספקת פחם דרך  
הנמלים של חיפה ואילת יהווה פתרון אופטימלי

### "היבוש האחרון"

המנוח ג' שהיה ברמן בבר תל-אביבי קטן נמצא כ-  
שהוא בר-מינין. התאונה קרתה לאחר שהמנוח חיבר  
מיבש שערות, באמצעות כבל מאריך לבית תקע ש-  
מאחורי הבר. מיבש השיער היה בעל מנוע של  
220/250 V וגוף חימום של 600 W.

**הבדיקה העלתה את הממצאים הבאים:**

א. הכבל המאריך נבדק ונמצא תקין.  
ב. מיבש השערות היה פגום והתגלו בו הליקויים ה-  
באים.

1. מכסה הידית מפלסטיק, היה שבור.  
2. מוליך הארקה (צהוב-ירוק) של המיבש חובר  
בתקע שלו לפני הימיני (מבט מבפנים) במ-  
קום לפני התחנות.

ג. כאשר חובר המיבש לבית תקע תקיני (פזה) —  
קוטב ימני, אפס — קוטב שמאלי, הארקה  
קוטב תחתון) הוא לא עבד, והופיע על גופו ה-  
מתכתי מתח 230 V כלפי האדמה. מתח זה הר-  
פיע הן בחבור ישיר לבית תקע והן בחבור באמ-  
צעות כבל מאריך.

ד. המנוח נשען בשעת התאונה על מקרר מסחרי ש-  
היה בבר והמהווה הארקה אידאלית בעלת הת-  
נגדות של  $1,3 \Omega$ .

#### מסקנות

א. המנוח התחשמל כאשר סגר את מעגל החשמל  
בין מיבש השערות המחושמל ובין המקרר המס-  
חרי, שהוא הארקה אידאלית.  
ב. התאונה קרתה אך ורק כתוצאה משמוש במכשיר  
בלתי תקין.



הצטרף גם אתה למבצע השנה:  
צב"ח — צעיר, בריא חסכני

# שילוב אנרגית שמש/חשמל לחימום מים

אינג' א' לייטנר

טבלה מס' 1:

אנרגית השמש וחימום המים

## התפלגות הצרכנים הביתיים לפי שיטות חימום המים המקובלות כיום בארץ (הערכה — אומדן)

400 אלף	דוודי חשמל (באספקת החשמל בשעות מוגבלות בתעריף מוזל)
150 אלף	דוודי חשמל (אספקת החשמל ללא הגבלת שעות בתעריף הביתי הרגיל)
300 אלף	דוודי שמש (רובם ככולם כוללים גוף חימום חשמלי, אספקת החשמל ללא הגבלת שעות בתעריף הביתי הרגיל)
150 אלף	מערכות סולר או מזוט בבניינים רב דירתיים (בחלק מהמתקנים יש מחליפי חום דירתיים הכוללים גוף חימום חשמלי, אספקת החשמל ללא הגבלת שעות בתעריף הביתי הרגיל)
50 אלף	שיטות אחרות (גז, נפט וכו')

- ניתן להעריך כי למעלה מ-90% מדוודי השמש כוללים גוף חימום חשמלי הנועד לשמש כמקור אנרגיה סופלמנטרי לימים או לשעות בהן אין השמש מספיקה לחימום המים הדרוש.
- סה"כ העומס המחובר של דוודי השמש החשמליים הוא כ-400 מגו"ט (גוף החימום הסטנדרטי הוא בעל הספק של 1.5 קילו"ט).
- ניתן להעריך כי סה"כ "התרומה" של דוודי השמש החשמליים לשיא הביקוש חורף ערב הוא 100—200 מגו"ט.

השמש. מתברר שעדיף להסתפק בדוודי אגירה מבודדים בנפח מוגבל, וכגיבוי לימים של "חוסר שמש", כוללת המערכת מקור אנרגיה נוסף. קיימות כמובן אפשרויות לניצול כל סוגי האנרגיה המצויים בשוק (חשמל, סולר, מזוט, גז) כאנרגיה משלימה לאנרגית השמש.

- כאשר המדובר בחשמל — כל 10 קילו"ט שעה מספקים 8600 קק"ל.
- כאשר המדובר בדלק נוזלי או גז — כל קילו"ט גרם מספק 6,000 קק"ל — 11,000 קק"ל (המירווח הרחב בתפוקת החום נובע מסוג המתקן דבר שיש לו השלכות על הנצילות). לדעתי, מטבע הדברים, תהיה בדרך כלל האנרגיה החשמלית זו שתשלים את אנרגית השמש לחימום המים במתקנים הביתיים. גם כיום בדוודי השמש

לאור המגמה המסתמנת — הן בעולם והן בישראל — לניצול מירבי של אנרגית השמש, נראה לי כי אנרגית השמש תהיה בעתיד הקרוב מקור האנרגיה הדומיננטי לחימום מים בבתי מגורים בישראל שהיא ארץ שאפשר לכנותה "עתידת שמש".

יש לציין כי גורמים רבים במשק הישראלי נכנסו לאחרונה, בצל משבר האנרגיה ועליית מחירי הדלק, לטיפול בנושא ניצול אנרגית השמש למטרות חימום מים (ובעתידי גם — להסקה ולמיזוג אוויר). אם כי לא ידוע לי שנערכה בדיקת הנושא בצורה כוללת ואין עדיין חוות דעת רשמית לגבי כוון ההתפתחות מנקודת הראות של המשק הלאומי.

כידוע מטפטרות המים המגיעים לדירה מרשת המים הציבורית זהה בקירוב לטמפרטורת הסביבה דהיינו כ-25°C במוצע בקיץ וכ-10°C במוצע בחורף. לעומת זאת טמפרטורת המים המתאימה לרחצה או לשיטפת כלים היא כ-35°C—40°C. העלאת הטמפרטורה של המים מדרגת החום "הטבעית" לדרגת החום הרצויה מצריכה תוספת חום דהיינו — אנרגיה: כדי להעלות את הטמפרטורה של 1 ליטר (ק"ג) מים ב-1°C דרושה כמות חום של 1 קילוקלוריה (קק"ל).

## הצורך באנרגיה משלימה (סופלמנטרית)

אנרגית השמש אמורה להיות בארצנו מקור האנרגיה האידיאלי לחימום המים ואמנם מאות אלפי דוודי השמש המותקנים על גגות הבתים מהווים עדות לכך. אולם כאן המקום לציין ולהדגיש כי השמש איננה זורחת בכל ימות השנה ואפילו בימי הקיץ לא בכל שעות היממה...

קיימת אמנם אפשרות להסתפק אך ורק באנרגית השמש לחימום המים ויחד עם זאת להינות ממים חמים בכל עת: הדבר אפשרי בתנאי שחלק בלתי נפרד ממערכת חימום המים, המבוססת על אנרגית השמש הנקלטת ע"י הקולטים רק כאשר השמש זורחת, יותקנו דוודים מבודדים כהלכה מבחינה תרמית ובעלי קיבול גדול. הדוודים יהיו מאגר של מים חמים אשר יספקו גם את הצריכה בשעות בהן אין השמש זורחת.

במציאות הטכנולוגית הידועה ועל סמך שיקולי כדאיות כלכליים אין הדבר מעשי להתבסס, למטרות חימום המים הדירתי, אך ורק על אנרגית

### טבלה מס' 3 :

#### גודל היחידות החדשות

אשכול	228 מגו"ט
רדינג	228 מגו"ט
חיפה ג'	141 מגו"ט
תחנה גרעינית	948 מגו"ט
טורבינת גז	40 מגו"ט

• אם להתייחס להערה האחרונה שמופיעה ליד טבלה מס' 1, הרי העומס הברזומני של טה"כ דוודי השמש החשמליים הצורכים חשמל בזמן שיא הביקוש חורף ערב הוא בסדר גודל של יחידת כח שלמה !

באותה תקופה פעלה החברה רבות, הן במישור התעריפי והן במישור המסחרי-טכני לעידוד דוודי חשמל לחימום מים הפועלים ב"זרם לילה". לערמת זאת היתה לחברת החשמל עמדה שלילית לגבי כדאיותם של דוודי השמש הן מבחינת ה"צרכן (במציאות המחירים והתעריפים) והן מבחינת משק החשמל. בתקופה האחרונה במצב החדש שנוצר לאחר מש"בר הדלק כאשר המרכיב היחסי של הדלק בעלות החשמל הוכפל (מ"מ" 30% ל-60%), עומדות בפני משק החשמל 2 בעיות :

- ההתמודדות עם מגמת העליה של שיא הביקוש — ע"י מאמצים מוגברים ליישור עקומת העומס כדי להגיע ליתר איזון בין יכולת הייצור הנדרשת לבין הביקוש.
  - ההתמודדות עם מחיר הדלק שהתייקר והקשיים בהשגתו — מחד גיסא ע"י מאמצים לגיוון מקורות האנרגיה והגברת היעילות בתחנות הכח ומאידך גיסא ע"י הכוונה ליישור עול והיסכון בצריכת החשמל.
- כשמדובר בדוודי שמש/חשמל באו הדברים הללו לידי ביטוי בכך שהחברה, "הפשירה" את התנגדותה לדוודי שמש/חשמל :

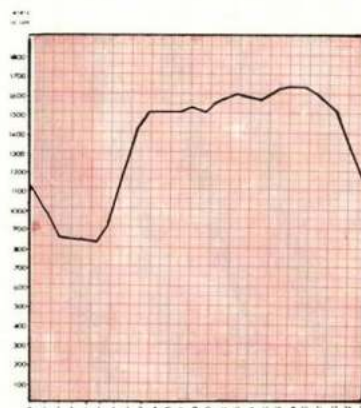
- החברה מאפשרת כיום בניגוד לעבר לדוודי שמש ממותגים, הצורכים חשמל רק בשעות השפל, להגות מהתעריף המוזל של "זרם לילה".
- המחלקה לפיתוח הצריכה של החברה משתפת פעולה עם היצרנים ועם גורמי המחקר והפיתוח השונים כדי לקדם את ענין השילוב הנאות של אנרגיית השמש והחשמל לחימום מים, מנקודת הראות של משק החשמל. שילוב נאות של החשמל לחימום מים כאנרגיה סופלמנטרית לאנרגיית השמש — שהיא במתקנים המתוכננים ומבוצעים כהלכה מקור האנרגיה ה"עיקרי — משמעותו לדעתי: ניצול זרם החשמל בשעות שמחוץ לשעות לדעתי: ניצול זרם החשמל מיירבי של כל קוט"ש נצרך לחימום יעיל של המים בהתאם לצרכים ולדרישות הצרכן.

ה"קונבנציונליים" המשרתים מאות אלפי דירות אנרגיית העזר היא ברוב רובם של הדוודים, חשמלית (הדבר נובע מפשטות המתקן המשולב, הן בהשקעה הראשונית והן בתפעול ובתחזוקה).

#### התייחסות חברת החשמל

בשנים שקדמו לפרוץ משבר הדלק מקובלת היתה על חברת החשמל הדעה כי דוודי שמש/חשמל — הצורכים חשמל, בדרך כלל, בימי החורף בשעות שיא הביקוש — מהווים מעמסה כבדה מאוד על משק החשמל אשר חייב להערך ביכולת הייצור והחלוקה, "לתרומתם" הגדולה של דוודים אלה לשיא הביקוש.

#### עקומת עומס יומית (פברואר 1976)



• שיא הביקוש בחודש פברואר 1976 היה יותר מ"1600 מגו"ט והוא הופיע כפי שמצטייר בעקומה בט"ביות השעה 19.00. בהסתמך על נתוני ההערכה שמופיעים ליד הטבלה מס' 1 הרי ש"תרומת" דוודי השמש החשמליים לשיא הביקוש היא בסדר גודל של כ"10%.

### טבלה מס' 2 :

#### היכולת המותקנת בתחנות הכח (נתוני 1976)

קיים	
חיפה	516 מגו"ט
רדינג	568 מגו"ט
אשכול	756 מגו"ט
טורבינות גז ותחנות עזר	341 מגו"ט
<b>בשלבי בנייה סופיים</b>	
אשכול ד'	228 מגו"ט
<b>בשלבי בניה התחלתיים</b>	
חדרה מ"ד	1400 מגו"ט
<b>בשלבי תכנון/סקר מוקדם</b>	
התחנה הגרעינית ה-1	948 מגו"ט

• לא כל היכולת המותקנת היא גם זמינה בכל עת (חלק מהיחידות בשיפוצים או בטפול-תחזוקה).

השוואת התרומה לכיסוי העלויות בין  
דוד חשמל לבין דוד שמש/חשמל  
כששניהם צורכים את החשמל בשעות  
השפל והחיוב על הצריכה בתעריף המוזל  
(תרגיל להדגמה)

נתונים :

צריכת החשמל השנתית	של דוד החשמל	1,500 קוט"ש
צריכת החשמל השנתית	של דוד השמש/חשמל	300 קוט"ש
תעריף החשמל :		
לכיסוי עלויות שוטפות		29 אגורות/קוט"ש
לכיסוי עלויות צרכן		20 אגורות/קוט"ש
לכיסוי עלויות ביקוש		3 אגורות/קוט"ש
		6 אגורות/קוט"ש

והסבר על מבנה עלויות הייצור של אספקת החשמל מופיע ב, תקע המצדיע " מס' 13 עמ' 15).

## חישוב השוואתי

דוד חשמל	דוד שמש/חשמל	
300 ל"י (כיסוי מלא)	60 ל"י (כיסוי מלא)	התרומה השנתית לכיסוי העלויות השוטפות
45 ל"י	9 ל"י	התרומה השנתית לכיסוי עלויות הצרכן
90 ל"י	18 ל"י	התרומה השנתית לכיסוי עלויות הביקוש

הדוגמא דלעיל מסבירה מדוע התנגדה חברת ה"חשמל בעבר לאשר תעריף מוזל לדוודי שמש/חשמל אפילו כאשר הם צורכים חשמל רק ב, "זרם-לילה", בגלל הצריכה הנמוכה יחסית לא היה דוד שמש/חשמל מכסה את עלויות הצרכן ואת עלויות הביקוש, למרות החיסכון באנרגיה.

עתה כיוון שמחיר האנרגיה עלה והדלק מהווה מרכיב נכבד בעלות החשמל, יש "הצדקה" לכיסוי החלקי של עלויות הביקוש ועלויות הצרכן בתעריף המוזל, אך תמורת זאת יש בדוד שמש/חשמל הממותג חסכון משמעותי בדלק.

מאידך, עלויות הביקוש שנגרמות ע"י העומס ה"חשמלי של דוד לא ממותג שמתחבר בשעות ה"שיא, הן גבוהות בהרבה מעלויות הביקוש המינימליות שנגרמות ע"י אותו עומס באם הוא מתחבר בשעות השפל.

מחיר קילוואט-מותקן בתחנות הכח  
(סדרי גודל במחירי 1976)

תחנה דו-דלקית (פחם או מזוט)	כ-4,000 ל"י
תחנת הכח הגרעינית	כ-8,000 ל"י
טורבינת גז	כ-2,000 ל"י

\* לאור העובדה כי צריכת החשמל לחימום המים אפ"י שר"ת בצורה רצינונית גם בשעות השפל בניגוד לצריכה לתאורה, למשל, שחייבת להיות ב"זמנית לשימוש, הרי לא מן הנמנע כי כדי ל"שחרר" בשעות שיא הביקוש כל קילוואט מותקן (שמחירו כיום אלפי לירות !!) מעומס שאפשר להעבירו לשעת שפלי הביקוש, כגון חימום מים, ייתכן אולי שיפורטמו ב"מוקדם או במאוחר תקנה או צו אדמיניסטרטיבי שיאסרו את השימוש בחשמל לחימום מים בשעות שיא ה"ביקוש !

מחיר קילוואט-שעה מיוצר בתחנות הכח  
(סדרי גודל במחירי ינואר 1977)

בתחנת קונבציונלית	
כאשר הדלק מזוט	כ-20 אגורות
כאשר הדלק פחם	כ-14 אגורות
בטורבינת גז	
כאשר הדלק סולר	כ-60 אגורות
בתחנה גרעינית	
כאשר הדלק אורניום	כ-6 אגורות

\* לאור העובדה שהתחנה הגרעינית והיחידות הקונבנציונליות יספקו את יכולת הבסיס, הרי ברור שמחיר קילוואט שעה מיוצר בלילה יהיה יחסית זול. לעומת זאת עומסים שיצטרפו לביקוש בשעות השיא יחייבו את הפעלתן של טורבינות הגז שדלקן יקר מאד ! עובדה זו עשויה להביא לכך שגם באם לא יאסרו השימוש בחשמל לחימום מים כהשלמה לשמש, בשעות שיא הביקוש (חורף/ערב) הרי עשוי התעריף לסוג צריכה כזה להיות יקר במיוחד !

## השוואת הכדאיות בין דוד חשמל ודוד שמש / חשמל מנקודת ראות הצרכן

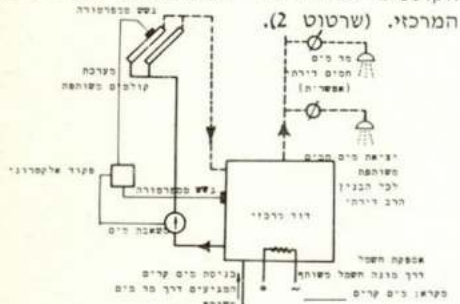
ב י ת ש ו ת ף										צריכת חשמל שנתית		
שלוש קומות לפני האחרונה			שתי קומות לפני האחרונה			קומה לפני האחרונה			בית בודד			
45 ימים נשומים	55 ימים נשומים	40 ימים נשומים	65 ימים נשומים	55 ימים נשומים	40 ימים נשומים	65 ימים נשומים	55 ימים נשומים	40 ימים נשומים	65 ימים נשומים	55 ימים נשומים	40 ימים נשומים	
חשמל	חשמל	חשמל	חשמל	חשמל	חשמל	חשמל	חשמל	חשמל	חשמל	חשמל	חשמל	עד 1800 קוט"ש
חשמל	חשמל	חשמל	חשמל	חשמל	חשמל	חשמל	חשמל	שמש	חשמל	חשמל	שמש	" 1800—2000
חשמל	חשמל	שמש	חשמל	חשמל	שמש	חשמל	שמש	שמש	שמש	שמש	שמש	" 2000—2200
חשמל	חשמל	שמש	שמש	שמש	שמש	שמש	שמש	שמש	שמש	שמש	שמש	" 2200—2400
שמש	שמש	שמש	שמש	שמש	שמש	שמש	שמש	שמש	שמש	שמש	שמש	מעל 2400
2372	2263	2104	2212	2154	1994	2152	2046	2043	2046	1934	1776	נקודת האיזון בקוט"ש/שנה

הטבלה מבוססת על המחירים והתעריפים שהיו בתוקף בתחילת 1976. משמעות נתוני הטבלה:

למשל, צרכן הגר בבית בודד חדיקומתי שצריכת החשמל השנתית שלו לחימום המים (כשהדוד ניוון מ, זרם לילה" בתעריף המולד) היתה 1776 קוט"ש או יותר, כדאי לו לעבור לדוד שמש/חשמל. צריכת החשמל השנתית היתה פחות מ-1776 קוט"ש לא כדאי לו בתנאי המחירים והתעריפים הנוכחיים, לעבור לדוד שמש/חשמל.

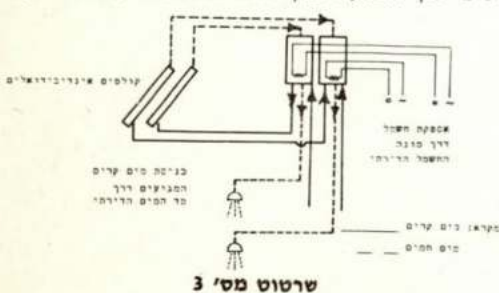
לעומת זאת, צרכן הגר בבית משותף ודירתו נמצאת 3 קומות לפני הקומה האחרונה והוא גר באזור אקלימי בו יש 65 ימים נשומים בשנה, גבול הכדאיות, לגביו, לעבר מדוד חשמל לדוד שמש/חשמל הוא צריכה שנתית של למעלה מ-2,372 קוט"ש.

קולטים עם טמפרטורת המים החמים שבדוד המר-כזי ומפעילה את המשאבה רק כאשר טמפרטורת הקולטים גבוהה יותר מטמפרטורת המים שבדוד המרכזי. (שרטוט 2).



שרטוט מס' 2 מערכת דוודים אינדיבידואליים על הגג, זרימה תרמוסיפונית

זוהי הכללה של השיטה האינדיבידואלית, אלא שהמערכת מתוכננת באופן כוללני: הדוודים מרר-כזים במקום אחד על הגג והוא הדבר לגבי הקול-טים לכן הפגיעה בנוף היא מינימלית (שרטוט 3).



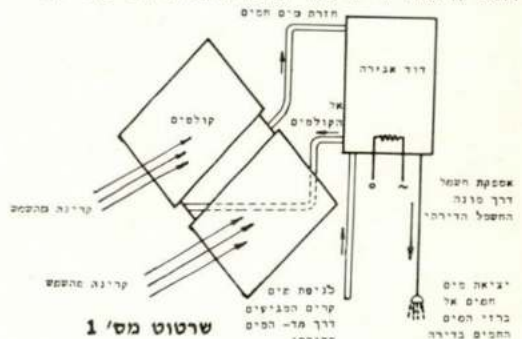
שרטוט מס' 3

### מערכות שמש/חשמל הנמצאות כעת בשימוש או בניסויי שדה

#### השיטה האינדיבידואלית

זו השיטה הנפוצה ביותר כיום: לכל דירה בבית רב דירתי יש מערכת אינדיבידואלית הממוקמת על הגג.

זרימת המים המחוממים מהקולטים אל הדוד נע-שית באופן "טבעי" ומבוססת על העובדה שהדוד מוגבה ביחס לקולטים. הזרימה נובעת מהפרש ה-משקל הקיים בין מים חמים למים קרים. לכן נק-ראת זרימה זו זרימה תרמוסיפונית (שרטוט 1).



שרטוט מס' 1

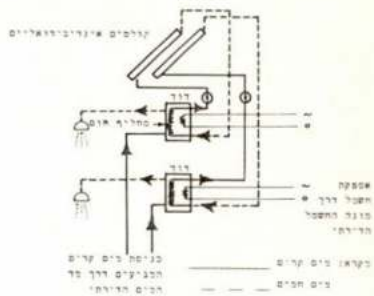
#### השיטה המרכזית

על הגג נמצאת מערכת קולטים משותפת לכל הדי-רות ואילו בקומת הקרקע נמצא דוד מרכזי. המים הקרים נשאבים מהדוד ע"י משאבה, מועב-רים דרך הקולטים בהם מבוצעת המרת אנרגית השמש לאנרגיה תרמית והמים החמים מוחזרים אל הדוד. המשאבה מקבלת פקוד דרך מערכת בקרה אלקטרונית המשווה את טמפרטורת ה-



## מערכת דוודים אינדיבדואליים

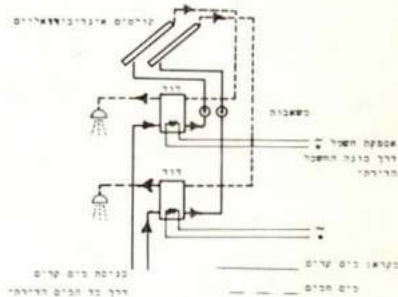
בשיטה זו מחובר כל קולט (דירתי הנמצא על הגג) ע"י צנרת ומשאבת מים אל דוד חשמל הנמצא בדירה. החלפת החום בין המערכת הסולרית הסגור רה לבין המים בתוך הדוד. הפקוד על מחליף חום פנימי הנמצא בתוך הדוד. הפקוד על משאבת המים נעשה כך שרק כאשר אנרגיית השמש מספיקה לחימום המים מופעלת המשאבה. (שרטוט 4).



שרטוט מס' 4

## דוודים אינדיבדואליים במעגל פתוח

השיטה הזו דומה לשיטה הקודמת אלא שבדוודים הדירתיים אין מחליף חום. המים הקרים מוזרמים בעזרת משאבה מנהדוד הדירתי, הנמצא בתוך הדירה, אל הקולט הדירתי הנמצא על הגג, וחוזר רים מהקולט אל הדוד. המשאבה מקבלת פקוד ממתקן אלקטרוני הקובע שהמשאבה תופעל רק כאשר יש מספיק קרינה מהשמש. (שרטוט 5).



שרטוט מס' 5

## הערות כלליות בהקשר למתקן החשמל:

- א. כאשר הדוד נמצא על הגג ואספקת החשמל היא ממתקן החשמל הדירתי יש להתקין לכל דוד מעגל נפרד בצינורות אשר מתאימים להראות תקנות החשמל בהתייחס לתוואי ולמיקום על הגג החשוף לתנאי מזג אויר קשים.
- ב. על הגג חייב להיות מפסק בנוסף למפסק בתוך הדירה אשר יאפשר ניתוק האספקה לדוד לצרכי טיפול ותחזוקה. חשוב כמוכן שהיה זהו ברור של כל מעגל והדוד הניזון ממנו!

ג. כאשר כולל מתקן החשמל משאבה (הניזונה מ,זרם יום") יש להתקין עבורה מפסק ומבטח נפרדים, אין להסתמך על מפסק הדוד עצמו.

## שיטות אספקת החשמל - מחשבות לעתיד

כל השיטות שתוארו לעיל (כולן שיטות לא, מהפ"כניות") מהוות את מבחר השיטות שהיינה ככל הנראה מעשיות במרוצת השנים הבאות, על יתרוןותיהן ומגבלותיהן.

אספקת החשמל המשלימה את אנרגיית השמש אפשרית מבחינה עקרונית ב-2 גירסאות:

א. בצורה בלתי מבוקרת מבחינת שעות האספקה, כאשר החיוב על צריכת החשמל הוא לפי התעריף הביתי הרגיל או אולי אפילו לפי תעריף יקר יותר בהתעריף הביתי הרגיל.

ב. בצורה מבוקרת מבחינת שעות האספקה. לפי גירסא א' ישנם כל הסיכויים שצריכת החשמל להשלמת אנרגיית השמש תהיה בדרך כלל בשעות שיא הביקוש ערב-חורף.

לפי גירסא ב', שהיא לדעתי הגירסא הרצויה, אפשריות כמה שיטות:

1. אספקת החשמל בתעריף מוזל, דרך מערכת פיקוד מרחוק (פיקוד אדוות) שתנתן רק בשעות השפל. עיתוי שעות האספקה בפועל, במסגרת שעות השפל, יהיה מבוסס על מערכת חיזוי אוטומטית שתעריך מראש את כמויות החום, "הטבעי" הצפויות מהשמש ובהתאם לכך תקבע את כמות החשמל הנדרשת, אשר תסור פק בשעות השפל, לחימום מאגר המים, קרוב ככל האפשר לשעות השימוש במים החמים (עקרון "הספירה לאחור").

2. אספקת החשמל בתעריף מוזל, דרך מערכת פיקוד אדוות, שתנתן במרבית שעות היממה אפשר יהיה לנצלה בהתאם לצורך, למעט במספר שעות היממה שהן שעות שיא הביקוש לחשמל.

3. אספקת חשמל משולבת: מרבית ההספק של גופי החימום החשמליים של המערכת יקבל את האספקה בתעריף מוזל רק בשעות השפל או בשעות שאינן שעות שיא. חלק קטן של ההספק גופי החימום יתחבר, בהתאם לצורך, על ידי פיקוד תרמוסטטי גם בשעות השיא כשצריכת החשמל הזאת תהיה בתעריף הרגיל.

# זהירות בהפעלת תאים פוטו-אלקטריים

אינג'ור' זיס M. Sc.

לאחר הפסקת חשמל שנמשכה יותר מדקה אחד גוף החימום הדרימתכתי **BM** מתקרר ומחבר את המי געים **K** ומפעיל בכך את התאורה לזמן מסוים לאחר גמר הפסקת החשמל וזאת אפילו בשעות היום. התאורה זולקת במקרה זה במשך זמן השווה להשהיית הזמן המוזכרת כיתרון מספר 1. דבר זה עלול להיות מסוכן מאוד כאשר מטפלים במתקן תאורה המופעל ע"י תא פוטו-אלקטרי מהסוג הנדון מבלי לנתק את המתקן מאספקת החשמל באמצעות מפסק מתאים. כמו כן יש לזכור שבמתקן מסוג זה חובה על החשמר לאי להתקין מפסק המאפשר ניתוק כדי למנוע אפי שרות חיבור מתח לזמן של כמה עשרות שניות לאחר ההפסקה דבר אשר יכול לסכן את החשמלאים המי טפלים במתקנים מהסוג הנ"ל.

עלי לציין שלא מזמן נהרג חשמלאי אשר טיפל במתקן תאורה שחובר חיבור חוזר ובלתי צפוי ע"י תא פוטו-אלקטרי בדרך המתוארת לעיל. יש לציין שתופעה זו היא בלתי נראית לעין כאשר מדובר בתאורת כספית או נתרן.

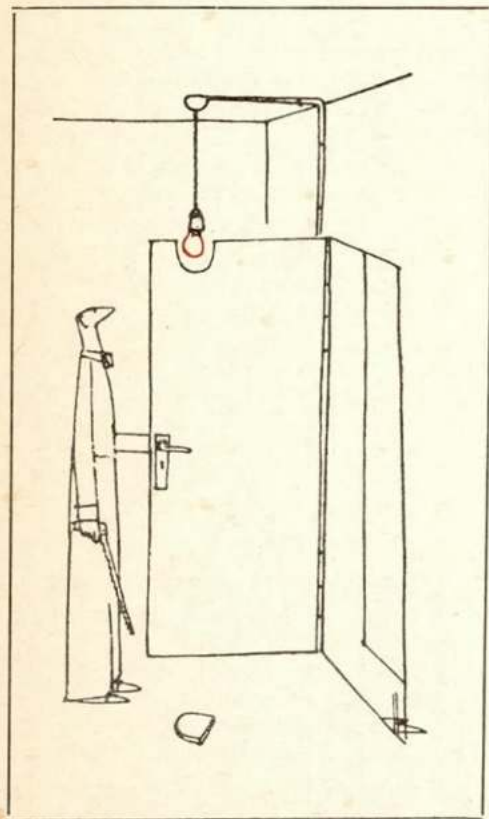
חלק ניכר של תאים פוטו-אלקטריים הנכנסים לאר חרונה לשמוש נרחב עקב משבר האנרגיה פועלים לפי העקרון המשורטט בתרשים.

להלן הסבר לתרשים:

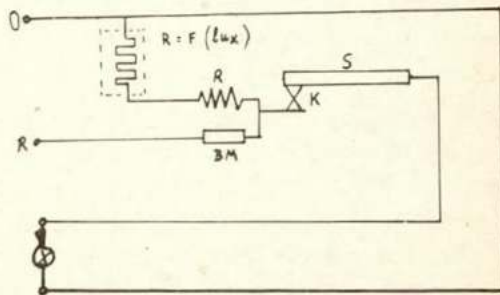
גוף חימום זעיר **R** של דרימתכתי **BM** מחובר בטור עם נגד פוטו רגיש **RF**. הנגד **RF** הוא בעל התנגדות גבוה מאוד בחושך ובעל התנגדות נמוכה מאוד באור יום. לכן בשעות היום זורם דרך גוף החימום **R** זרם המי אפשר חימום וכיפוף גוף החימום הדרימתכתי **BM**. התכופות גוף החימום הדרימתכתי **BM** פותחת זוג מגעים **K** ומנתקת את האספקה למנורה או לסל ליל הפעלה של מתנע המפעיל קבוצה גדולה של מנורות. בשעות החושך ההתנגדות **RF** הוא גדולה מאוד לכן בגוף החימום **R** זורם זרם קטן ביותר שאינו מאפשר חימום וכיפוף גוף החימום הדרימתכתי **BM**. במצב זה מופעלות המנורות במישרין או באמצעות מתנע.

לתא פוטו-אלקטרי מסוג זה היתרונות הבאים:

1. השהייה של כמה עשרות שניות בכבוי התאורה לאחר הופעת אור. דבר זה מונע כבוי התאורה בשעת הלילה במקרה של סינוור התא הפוטורי אלקטרי ע"י פנסי מכוניות או ברק.
2. השהייה של כמה עשרות שניות בהדלקת התאורה לאחר שהתא הפוטו-אלקטרי מפסיק לקבל הארה. דבר זה מונע הדלקת התאורה במקרה שבקרבת מקום עובר ענן שחור.
3. צריכת אנרגיה מזערית במעגל החימום של גוף החימום הדרימתכתי שאיננה עולה על 0,5 וט. אפשרות כוון השהייה ע"י מתיחת הקפיץ **S**.
4. לצד היתרונות המוזכרים לעיל קיימת לסוג זה של תאים פוטו-אלקטריים מגרעת אחת שאיננה מוזכרת בספרות המקצועית ובפרוספקטים של היצרנים הידועים והיא:



כשמומנים נגד במקום חשמלאי



# שרות פרסומי לקוראים

למעוניינים במידע נוסף!

כדי לקבל מידע נוסף:

1. סמן בעיגול את מספרי המודעות בהן יש לך ענין.
  2. מלא את הפרטים המופיעים בגלויה בכתב יד ברור.
  3. שלח את הגלויה למערכת כשהיא מבוללת.
- הפרטים יישלחו למפרסם המודעה, אשר ימציא לך מידע נוסף הנמצא ברשותו.

## תלוש הזמנה

לכבוד

חברת החשמל לישראל בע"מ

מערכת "התקע המצדיע"

ת.ד. 25 תל-אביב

א"נ,

הנני מזמין מודעה בגודל..... עמוד

שם המפעל.....

הכתובת.....

לשם בירור תוכן וצורת הפרסום נא

להתקשר עם מר.....

טלפון.....

## לתשומת-לב המפרסמים!

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

שטח עמוד נטו:

גובה — 20 ס"מ

רוחב — 13,5 ס"מ

המחיר:

1 עמוד — 1400. ל"י

" 1/2 — 700. "

" 1/4 — 350. "

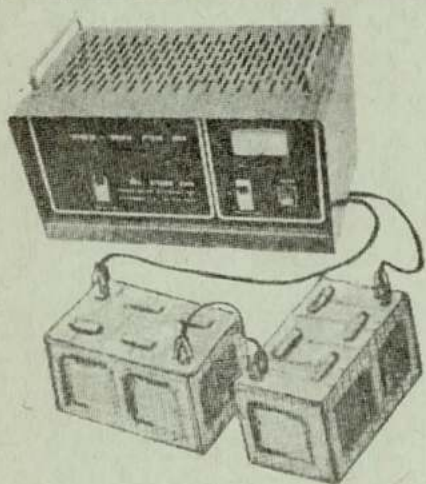
לא כולל מע.מ.

ההדפסה היא באופסט

(אין צורך בגלופות)

בהמלצת הג"א

# למקלטים גנרטורים תאורת חרום



## מטען אוטומטי אלקטרוני PC

- הגבלה אלקטרונית של הזרם.
  - טעינת פעימות - לשימור ללא איבוד נחלים.
  - מתוחכם, אמין וחול.
- לקבלת פרטים נוספים ופרוספקט פנה אל:

**הנעה  
חשמלית  
בע"מ**

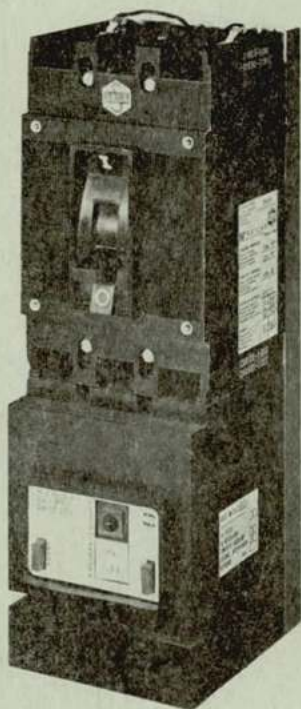


משרד: רח' שונצינו 21, תל-אביב 67 217  
טל' 03-254319  
המפעל: קרית-גת, אזור התעשייה,  
טל' 051-93054



# סַצ'יה

מפסקי זרם  
דיפרנציאליים



למפסקים 100 עד 250 אמפר  
רגישות: 5 מ"א עד 25 אמפר  
ב"5 תחומים שונים

המשווק

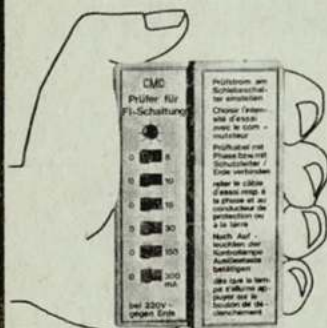
## אטקה בעמ

בני ברק רח' בר כוכבא 6  
טל: 03-78 2718, 78 24 65

## האם בדקת בשנה האחרונה את מפסק הפחת?

קח את המכשיר Fi (כבתמונה) ובדוק!

- מאחר ומדובר בחיי אדם חשוב לבדוק את מפסקי הפחת אחת לשנה לפחות.
- רק המכשיר Fi מאפשר לך לבדוק את מפסק הפחת בתנאי התחשמלות.



- כי:
1. תוכל להעביר דרכו זרם ב- $500 \text{ mA}$  כרצונך (עד  $500 \text{ mA}$ ).
  2. תמיד תקבל זרם זה למשך זמן של  $0.1-0.2$  שניות (חיקוי מושלם למצב התחשמלות).
  3. תוכל לקבוע את זרם הדלף הקבוע של המערכת.
- זכור!** הלחיצה על הלחצן של מפסק הפחת גורמת למעבר זרם של כ- $90 \text{ mA}$  בלי הגבלת זמן ולכן אין פלא שמפסק המגן יפעל.

המכשיר יישלח לכל דורש לכל מקום בארץ. המעוניינים מתבקשים לסמן את מספרנו בגלוית השרות.

רח' המסגר 16 מפרץ חיפה  
טל. 740711, 725081 ת.ד. 10159

**גלאד שיווק בע"מ**

שרות פרסומי מודעה מס' 43



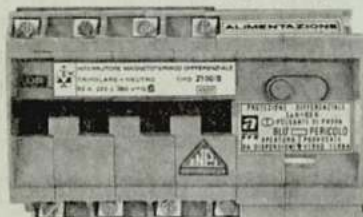
מעתה ניתן להשיג גם בישראל את מוצרי הבטיחות המעולים של **ave**

(מוצרי הבטיחות של **ave** הנם שם דבר באירופה)

**מפסקי מגן משולבים חד-פזיים; תלת-פזיים**

הרעיון החדשני ביותר בתחום מפסקי הזרם ומפסקי המגן.

אתה מקבל במפסק אחד את כל ההגנות הדרושות



- לעומס יתר (הגנה טרמית)
- לקצר (הגנה מגנטית)
- להתחשמלות ( $30 \text{ mA}$ )

**ave** המפסק עם כל היתרונות האפשריים מוצר איכות ללא תחרות.

סוכן לאזור הצפון:

**גלאד שיווק בע"מ**

רח' המסגר 16 מפרץ חיפה  
טל. 740711, 725081 ת.ד. 10159

היבואן והמפיץ הראשי:

**לא-קייל יבוא-יצוא בע"מ**

הנדסה ושרותים  
רמת השרון, דרך ראשונים 34  
טל. 03-475414



שרות פרסומי מודעה מס' 44

**גאד שיווק בע"מ**

מפרץ חיפה, רח' המסגר 16  
ת"ד 10159, טל: 725081

מתכות והנדסה  
בע"מ

**אלקטרה**

רח' הנגב 4 ת"א טל: 37029, 30851

מכסיקי זרם חצי אוטומטיים תלת פזיים קומפקטיים

**דגמי Seltronic**

**תוצרת Westinghouse ארה"ב**

המפסק של שנות ה-80



**Westinghouse  
Seltronic Breakers**

בעלי מערכת הגנה אלקטרונית  
מתכוונת

מפסקים ראשיים

להגנה על שנאים

זרם נקוב: 300 - 3,000 אמפר

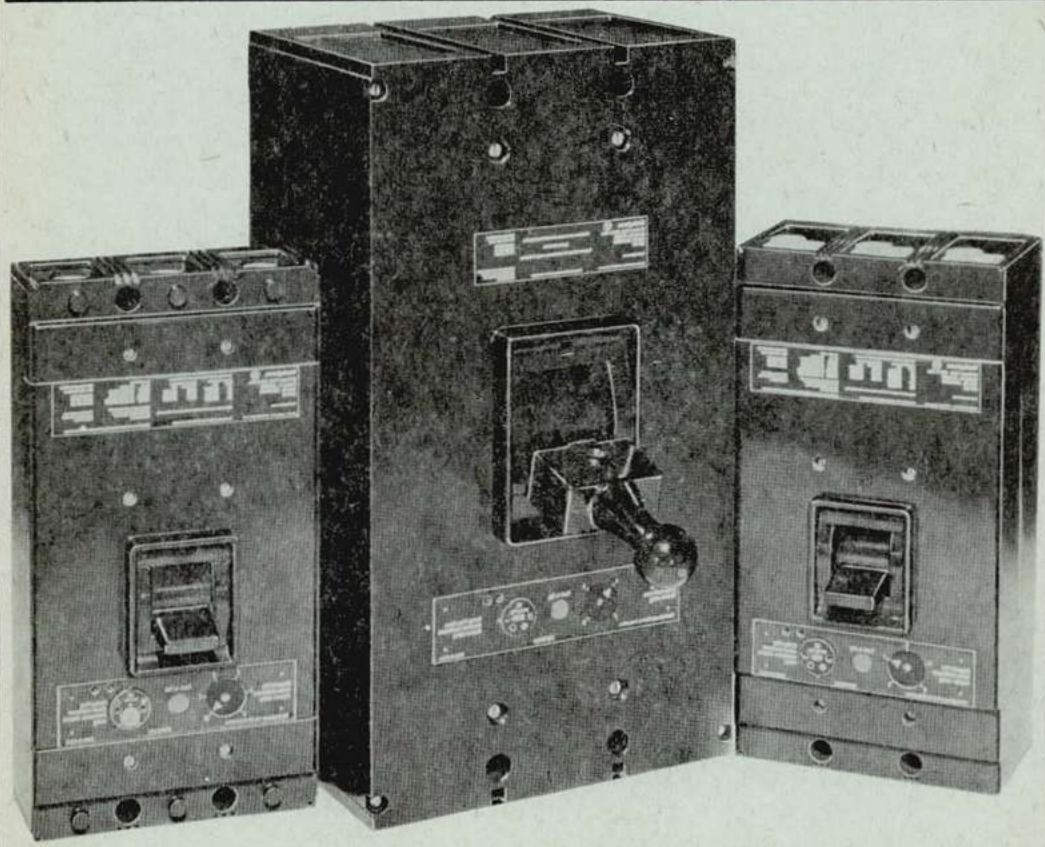
כושר ניתוק: 35,000 -

100,000 אמפר

מפסקים סלקטיביים

להגנה בפני עומס יתר וזרם קצר

מתכוונת



**גלאד שיווק בע"מ**

מפרץ חיפה, רח' המסגר 16  
ת"ד 10159, טל: 725081

**מתכות והנדסה  
בע"מ**

**אלקטרה**

רח' הנגב 4 ת"א טל: 37029, 30851

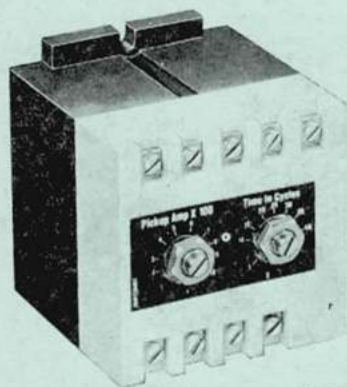
## מערכת הגנה

## בפני זרם קצר לאדמה

**מתוצרת Westinghouse ארה"ב**

## G.F.P. (Ground Fault Protection System)

מערכת GFP תוכננה להגנת מתקני חלוקה בפני זרמי קצר במתח נמוך לאדמה



כוללת:

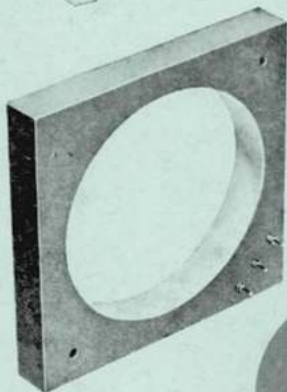
**גלאי (SENSOR)**

תחום כוון זרם ההגנה: דגם א: 5-60 אמפר

דגם ב: 100-1200 אמפר

תחום כוון זמן ההשהיה:

מזמן מיידי ועד 60 מחזורים.



**משנה זרם CURRENT MONITOR**

בעל פתח עגול או מלבני

(במשנה זרם בעל פתח מעבר מלבני,

דופן אחת ניתנת לפרוק לשם התקנה על

פסי צבירה או כבלים מותקנים.

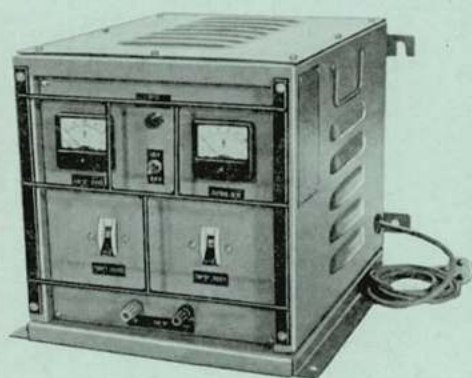
**לוח בדיקה TEST PANEL**

לשם בדיקת והפעלת המערכת

**חדש!  
מתח טעינה  
אופטימלי:  
2,23 וולט  
לתא!**

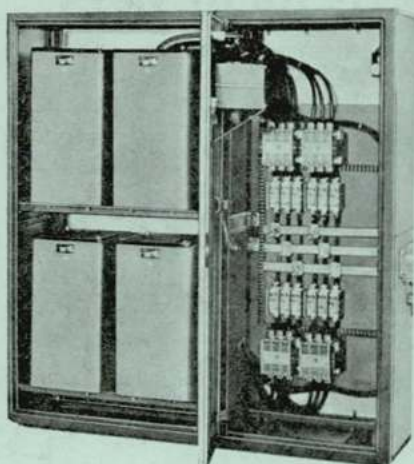
**מטען  
חק"ם  
12V/24V**

**המילה האחרונה  
בטעינת  
מצברי עופרת.**



- מערכות בקרה לויסות קבוע ורצוף של זרם הטעינה (ללא הפעלת ממסר לטעינה דולפת).
- מתח טעינה קבוע 2,23 וולט-לתא.
- 12 v או 24 v (בחירה ע"י מפסק).
- מתחים אחרים לפי דרישה מיוחדת.
- הגבלת זרם עד 25 אמפר, גם בקצר מלא!
- בנוי בשיטת "Fool Proof".
- מתאים במיוחד לשימוש ב: מקלטים, תאורת חרום, מלגזות, גנרטורים.
- לקבלת עלון מפורט שלח את גלוית השירות הפרסומי.

**ש.וינטרפלד**  
**בע"מ**  
ת.ד. 1972 חיפה,  
טל' 8-740307-04



**מכה**

הנדסת חשמל בע"מ

**ארון קבלים לשפור מקדם הספק**

גדלים סטנדרטים מ"מ 60-312 קו"ר

הרכב:

- 4 או 6 קבלים תוצרת ASEA
- מפסק ראשי
- הכטחות לקבלים
- נורות סימון
- וסת אוטומטי HELIOWATT
- מד כופל הספק
- הפעלה ידנית או אוטומטית

**אספקה תוך 3-6 שבועות או מהמלאי**

לייעוץ והדרכה אנא פנה למשרדנו!  
רחוב עקיבא אריה 18 תל-אביב  
(מאחורי בית החיל)  
טלפון 456433, 455184/5



# שרות וביצוע עבודות חשמל



צוות עובדים צעיר ומנוסה  
מבצע עבודות חשמל לתעשייה,  
בנייני ציבור, מתקני מתח גבוה,  
פיקוד ובקרה.

מוקדי עבודה בכל צפון הארץ  
וקשר אלחוט וטלפון מהמשרד  
לכל המכוניות מבטיח שרות  
מהיר ללקוחותינו.



מתוך רשימת לקוחותינו:

מכון תערוכות - כפר יהושע  
מדפיסי נייר - נצרת  
מכון תערוכות - צמח  
מפעל, דיוקן - מחניים  
מנספת הצפון - ד.ג. גליל עליון  
בית אריזה ת"ג - קרית שמונה  
מפעל מתכת - מעיין ברוך  
מחצבות כפר גלעדי  
מתקני "סונול" חיפה



נצרת  
ק. אתא  
חיפה  
טבריה

**יעד אלקטריק**

רחוב דהאן 15, טבריה, טל: 067-21226

ELI ADV.

# ושׁוב צעֵדנו צעֵד קדימה!

## כסי צבירה להזנת בתים רב-קומתיים

**אינו בוֹער, אינו פולט גזים רעילים, אינו מעביר  
אש מקומה לקומה אלא חוסם אותה.**

- אין צורך בצנרת הפוגעת בבטון (חיצובים ותיקונים)
- חוסך תאומים ותכנונים.
- חוסך לוחות משנה וכבלים חשמליים.

פס צבירה מתחיל בקומת קרקע או מרתף ועולה עד לקומה העליונה  
נמצא בשימוש באירופה ובעולם כולו, ומבוצע לראשונה גם בארץ  
על ידנו.

בפקוח ובאישור חברת החשמל לישראל בע"מ:  
בחיפה, רמת הדר, בנין „רסקו" (5 כניסות, 18 קומות)  
בנצרת, „שיכון ופתוח" (14 קומות, 56 דירות)  
ובירושלים, בנין „כלל".  
משרדינו הטכניים תמיד קרובים אליך.

★ תל-אביב,

קצנשטיין אדלר ושות' בע"מ, דרך פ"ת 37, טל. 03-614688.

★ חיפה,

הנדסה אלקטרומכנית חיפה בע"מ, רח' יפו 121, טל. 04-526131.

★ אשקלון,

קדקו, אזור התעשייה, טל. 051-22209.

★ כפר-סבא,

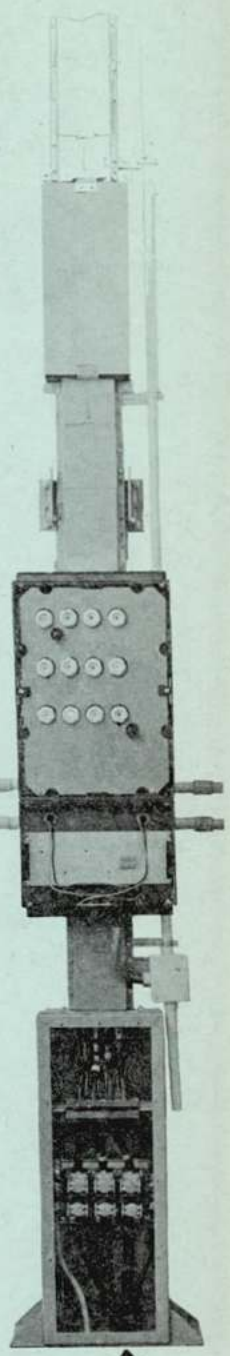
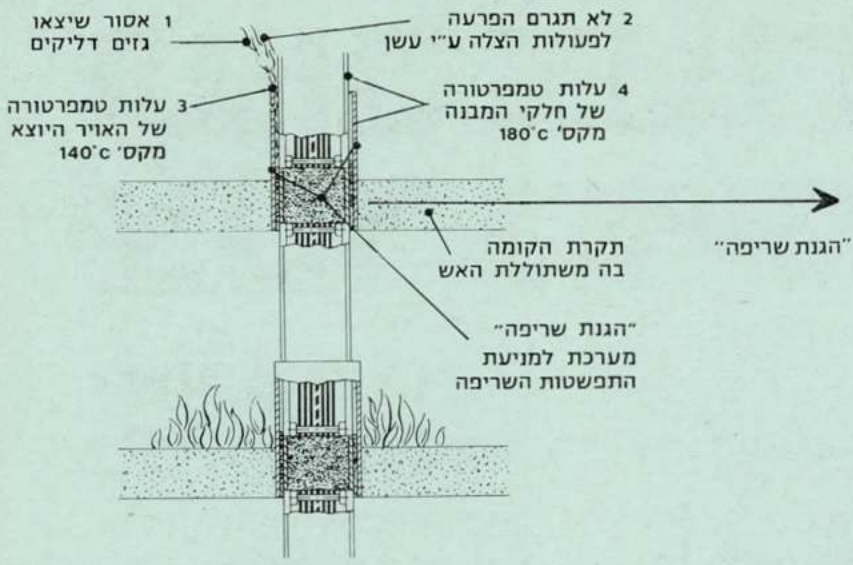
הנדסת חשמל, רח' ויצמן 94, טל. 052-24003.

★ ירושלים,

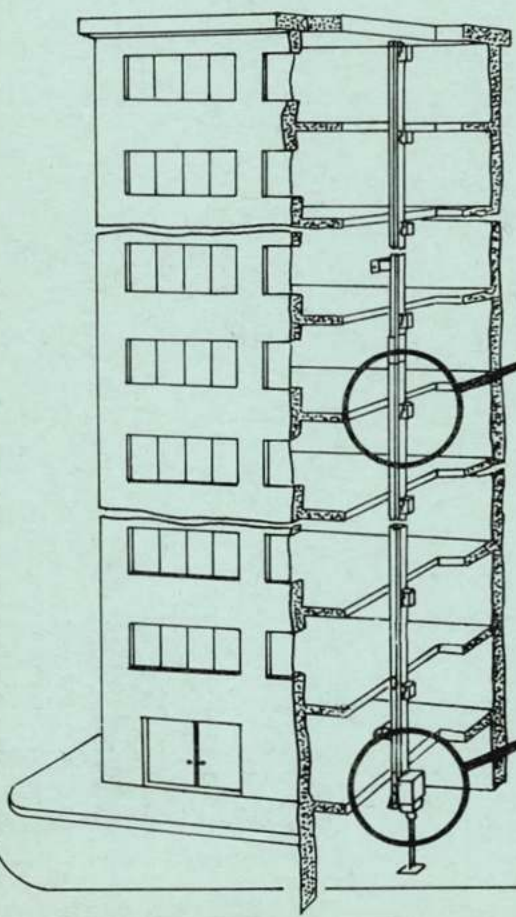
ק.מ.ק., רח' יפו 214, טל. 02-231610.



# דרישות התקן הגרמי למניעת התפשטות אש

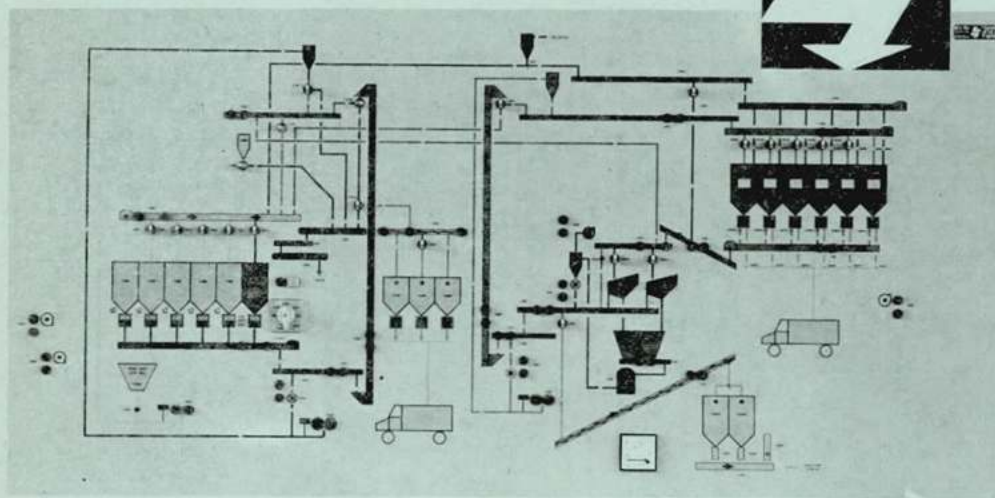


"הגנת שריפה"

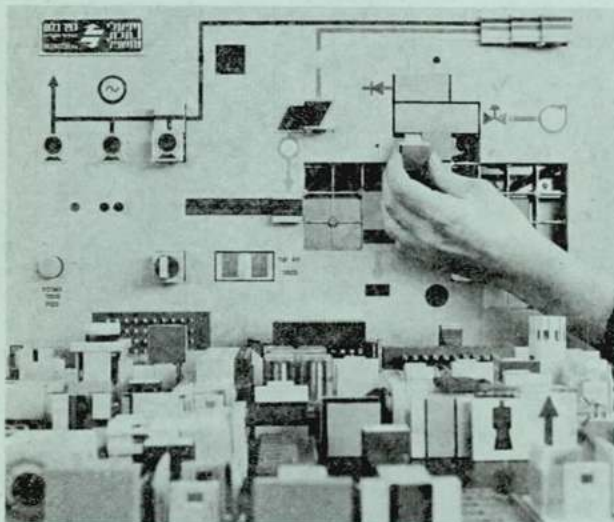


כניסת כבל ח' חשמל

# הפעלי מתכת וחשמל קיבוץ כפר בלום.



לוח מוזאיקה — מילומור בית בד של מילואות מפרץ חיפה




מפעלי מתכת וחשמל  
קיבוץ כפר בלום  
יצרני לוחות חשמל.  
**לוחות סינופטים:**

- בשיטת מוזאיקה
- אלומיניום חריטה
- אלומיניום פיגורות

**לוחות פיקוד**  
**לוחות חלוקה**  
**לוחות גנרטורים**

קיבוץ כפר בלום  
ד.נ. גליל עליון  
טל: 067-41823  
משרד מכירות תל-אביב  
רחוב הארבעה 16  
טל: 253405/6  
סוכנים ומפיצים של:

**BACO**

TEXAS INSTRUMENTS 

**KLIXON**<sup>®</sup>

SIEMENS 

 **vinckier n.v.**

**SYMO**



# התאורה הפרטית שלך

תמיד אור - כאשר מותקנת בביתך יחידת תאורת חירום של תדיראן. הפסקת חשמל, פקק נשרף, או כל תקלה אחרת הגורמת לחשיכה בביתך ממשיך להיות האור. היחידה פועלת אוטומטית עם הפסקת החשמל ומפסקת עם התחדשותו.

תכונות היחידה מוזנת מסצבר ניקל-קדמיום בטעינה אוטומטית אמינות גבוהה, יציבות תאורה אורך חיים רב, ללא צורך בטיפול ללא פלימת גזים עמידה בפני שינויי סחח הרשת עמידה בפני שינויי סמפרטורה חיצונית

# תמיד אור-עם תדיאור תאורת חירום של תדיראן

תל אביב: רח קרליבך 27, סל 285151, ירושלים: רח שמאי 9, סל 234867, 231315.  
חיפה: ככר מאיריהוף 5, קרית אליעזר, סל 539292, באר שבע: החלוץ 128, סל 79524

**תדיראן**  
שינה ושרותים בע"מ

# מבחר ציוד ←

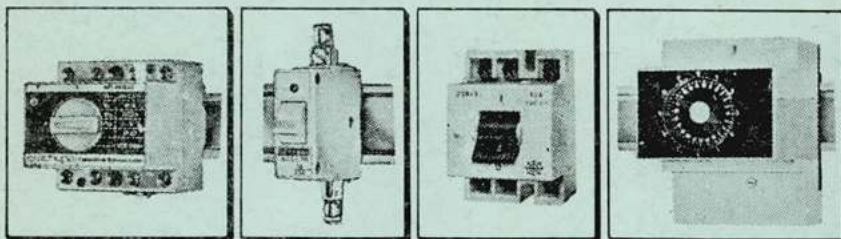
# → ללוחות פקוד ולתעשייה

## מבתי החרושת הנודעים בעולם באיכותם



**BBC**  
BROWN BOVERI  
**STOTZ**

מנתקי מטגל אוטומטיים להגנת מנועים | מנתקי מטגל אוטומטיים



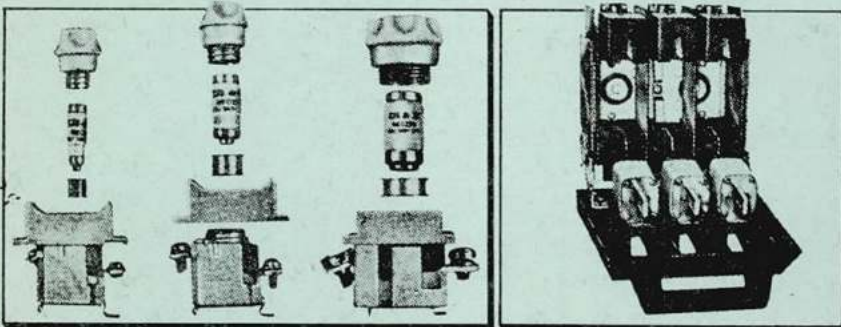
**Schupz**  
**SCHRÖDER**

שטוני פקוד | מפסקים ללוח פקוד | מפסקי פחת נגד התחשמלות



**APR**  
**APEM**

מפסקים מיניאטורים | לחצן | מפסקי טוגל



**LINDNER**

מפתחים לטוחם גבוה H.R.C. | מפתחים לטוחם גבוה NEOZED

סוכנים ומפיצים בישראל: שלמה כהנא-סוכנויות בע"מ  
תל-אביב, רח' נחלת בנימין 72-70, טל. 51585-58314



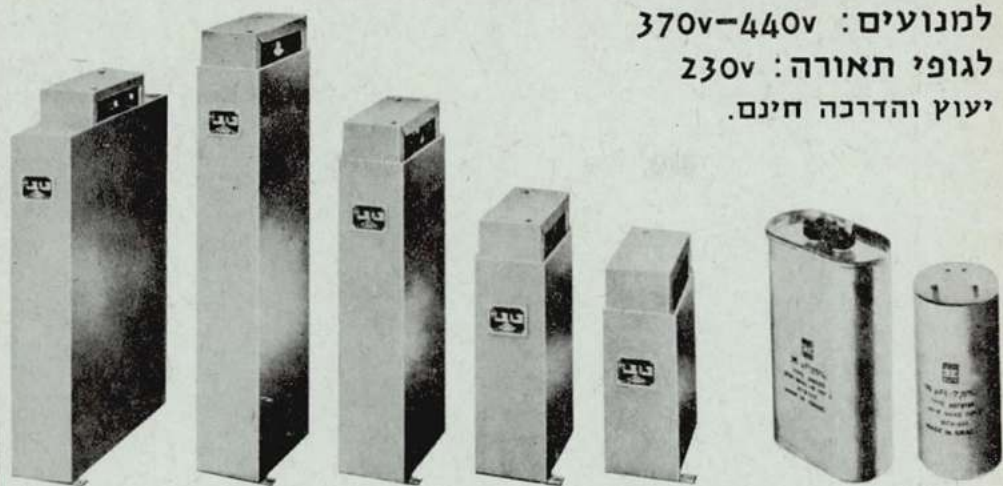
## קבלים

לשיפור מקדם ההספק: 230v ; 400v (2.5-50) KVAr.

למנועים: 370v-440v

לגופי תאורה: 230v

יעוץ והדרכה חינם.



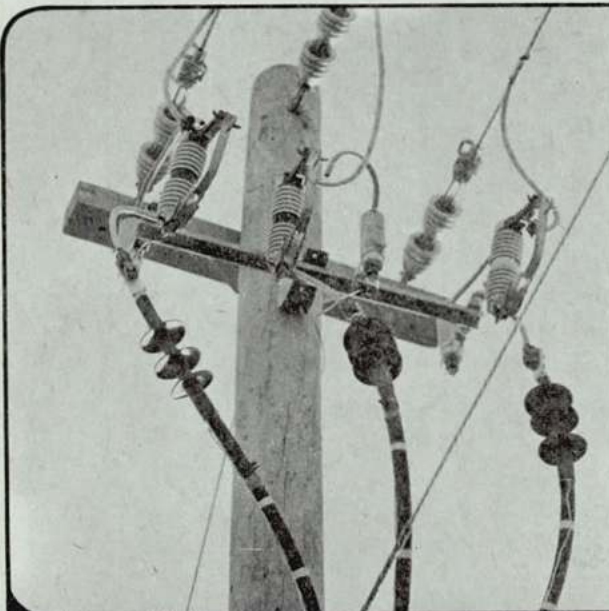
ענף הקבלים

# אנל'קו



חרושה אלקטרונימכנית ישראלית בע"מ רמת גן  
רמת גן, דרך ז'בוטינסקי 23 טל: 727131

שרות פרסומי מודעה מס' 54



## בידודים פלסטיים מתכווצי חום

למתח נמוך

- \* צנורות בידוד
- \* מופות מתכווצות
- \* ראשי כבל לאטימה
- \* כיפות לאטימת קצות כבל באחסון

למתח גבוה

- \* סופיות לכבלים פלסטיים
- \* למתחים עד 69 קילוולט
- \* בידוד פסי צבירה
- \* ראשי אטימה להתפצלות
- \* כבל תלת גידי

# Raychem

רייקם (ישראל) בע"מ  
גבעתיים, רח' אלוף שדה 17, ת"ד 859, טל' 767131

שרות פרסומי מודעה מס' 55

# כרומגן

## קבוץ שער העמקים

### הדוד המעולה



## צו"ש ע"ש וחס"ל

הדוד המעולה - כרומגן, מיוצר בקבוץ שער העמקים. מפעל כרומגן מיצא דודי שמש וחשמל לארצות אמריקה, אירופה, אסיה ואפריקה. אנשי כרומגן, חלוצי תעשיית הדודים בישראל השכילו לשלב בניסיונם הרב שימוש בטכנולוגיות חדשות וידע שנרכש באירופה.

מחלקת המחקר של כרומגן פיתחה חומרים ותהליכי יצור מיוחדים והופכים את דודי השמש והחשמל של כרומגן - למעולים ביותר. כל דוד עובר תהליך ניקוי טרמו כימי, המכין את השטח הפנימי לציפוי בטרימרגלאס (אמייל משובח), ציפוי המבטיח את הדוד בפני קורוזיה.

בידוד מושלם בפוליאוריטן, מקטין הוצאות השמל ע"י מניעת אבוד חום ושומר על חום המים לשעות רבות.

דודי כרומגן עוברים סדרת בדיקות ובקורת האיכות היא בהתאם לתקן הנדרש ע"י מכון התקנים הישראלי. הבדיקות כוללות ניסוי בלחץ של 12 אטמוספרות, למרות שהלחץ הנדרש הוא 6 אטמוספרות בלבד.

קולטי השמש המשובחים של כרומגן, מבטיחים מים חמים בשפע. גם ביום סגירי - יספיקו מספר שעות של זריחת שמש - לחימום המים. לדוד המעולה כרומגן - גם שירות מעולה. על פי קריאה טלפונית, מופיעים אנשי כרומגן בבית הלוקה, מעניקים לו שרות מלא ומוענים את הצורך והטריחה של פירוק הדוד והבאתו אל בית החרושת.

ברוכשך דוד כרומגן - הנך רוכש מוצר מעולה עם 8 שנות אחריות.

גם אתה מוזמן להצטרף אל עשרות אלפי הנהנים ומרוצים מהדוד המעולה, תוצרת כרומגן, קבוץ שער העמקים.

**8 שנות אחריות**  
שחת בבית הלוקה

**כרומגן** מפעלי מתכת

קבוץ שער העמקים, טל. 04-931553

תל אביב, רחוב זמנהוף 15 טל. 244640

חיפה, רחוב אלנבי 33 טל. 645872

### מודולי התראה דגם MAU 2000

דגם זה הינה מערכת התראות זעירה אשר באה למלא את החסר בבקרה בתעשייה הזעירה, בתי מלאכה וכו'. היחידה, או יחידות (אין הגבלה במספרם) מפעילה, במקרה של חריגה ממצב תקין, נורית סימון וצופר.



אספקה מהמלאי



תכונותיהם: מחיר נמוך לנקודת התראה, פשטות רבה בהתקנה ואחזקה. בניגוד למנורת סימון רגילה, אשר דולקת באור קבוע בלבד, הרי מנורת סימון המחוברת ל-MAU 2000 תהבהב, לחיצת המפעיל על לחצן "אישור" יפסיק את פעולת הצופר וההבהוב יהפך לאור קבוע כל עוד התקלה קיימת.

שימוש ה-MAU 2000: התראה על כל חריגה מגבול תקין של מצבים שונים כגון: גובה, טמפרטורה, לחץ חוסר-פזה, יתרת זרם ולכל שמוש אחר העולה על דעתך.

מגטרון אלקטרוניקה ובקרה בע"מ  
megatron electronics & control ltd.

רח' אילנות 23, ת.ד. 1719, חיפה, טל. 04-88835

שרות פרסומי מודעה מס' 56

### אוגדן לכריכת חוברות

„התקע-המצדיע“

נמצא עדיין מספר מצומצם של אוגדנים ה' מיועד לכריכת החוברות - הקודמות 1-10; או הבאות 20-11; (ע"י סידור מיוחד אשר אינו מחייב את ניקוב החובר (רות).

מחיר האוגדן - 11 ל"י (כולל מע"מ)

המעוניינים מתבקשים לפנות למערכת ב צירוף המחאת דאר/שיק בסך הנ"ל.

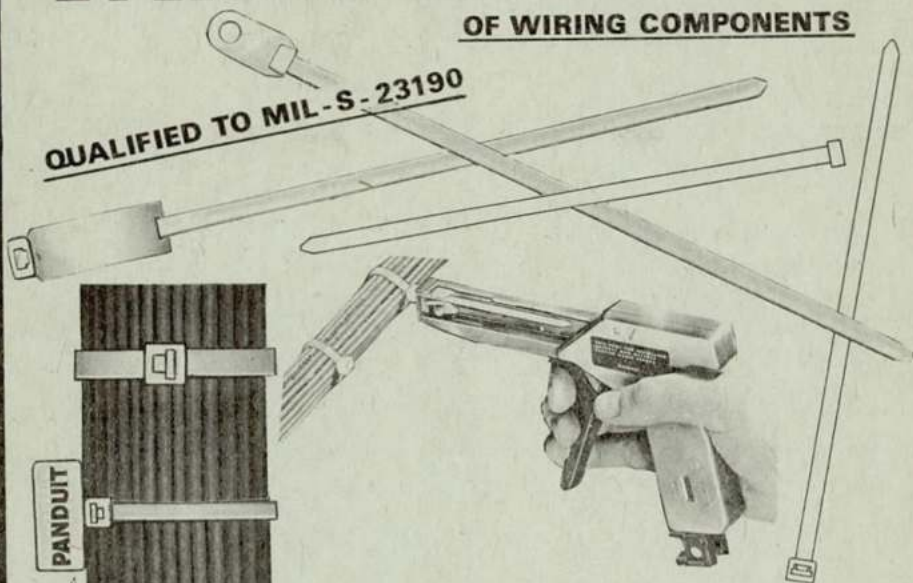


# PANDUIT

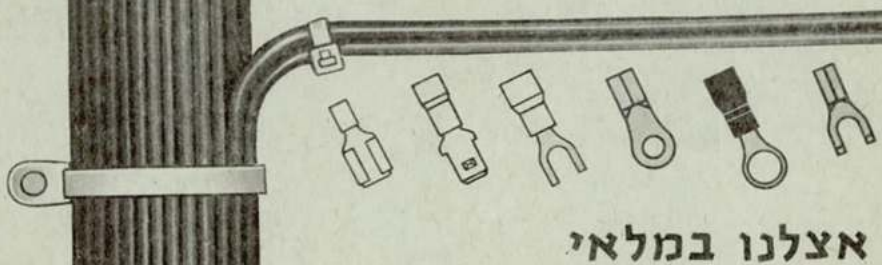
COMPLETE LINE

OF WIRING COMPONENTS

QUALIFIED TO MIL-S-23190



לשמוש צבאי ואזרחי - בתעשייה, אחזקה, התקנות ושרותים.  
הדגמות ודוגמאות חינם ע"י צוות מקצועי מעולה.  
אין כמו פנדואיט.



**אצלנו במלאי**

**PANDUIT**

**אש**

**אלכסנדר שניידר בע"מ**

תל-אביב, דרך פתח-תקוה 44 טל. 32089, 34607

### המרכז להשתלמות מקצועית - חיפה קורסים להשתלמות חשמלאים

- ☆ לקראת רישוי: חשמלאי מוסמך - חשמלאי ראשי-חשמלאי בכיר
- ☆ קורס לקראת רישוי חשמלאי בכיר יפתח בחודש אפריל שנה זו.
- ☆ קריאת שרטוט חשמלי ומעגלי פקוד.
- ☆ למודי הכשרה לחשמלאים מתחילים.
- ☆ אלקטרוניקה תעשייתית לחשמלאים העוסקים במכשור אלקטרוני.
- ☆ מתח גבוה לקראת רשוי מתאים, לעוסקים בשטח זה.
- ☆ קורסים מיוחדים לפי דרישת המעוניינים.
- כל הלימודים מתקיימים בחיפה בשעות הערב - פעמיים בשבוע.
- ☆ בחודש אפריל (18.4.77) יתקיים בחיפה ערב עיון שיוקדש לנושא:  
הנחיות חדשות להנעת מנועים סינכרוניים.

הרשמה ופרטים נוספים: מועצת פועלי חיפה - המח' להשתלמות מקצועית - רחוב החלוץ 45, חיפה חדר 806 טלפון 04-641781.

שרות פרסומי מודעה מס' 60 או סמן מספרנו בגליות השרות.

## נמצא למכירה

# קובץ התקע המצדיע

רכוז מסווג של המאמרים והרשימות

שפורסמו בחוברות 10-1

מחיר הקובץ:

21.60 ל"י ליח'

בקניה מרוכזת

25.00 ל"י ליח'

לבודדים

(כולל מ.ע.מ.)

המעוניינים מתבקשים למלא את התלוש מטה ולשלוחו למערכת

לכבוד

חברת החשמל לישראל בע"מ

מערכת "התקע המצדיע"

ת.ד. 25

תל-אביב.

אבקש להזמין.....עותקים מקובץ, התקע המצדיע-

מציב שיק/המחאת דאר מס'.....עיס.....ל"י

שם.....כתובת.....

שרות פרסומי מודעה מס' 61

# גישות מודרניות בטעינת מצברים

אינג' מ' נוינר

ספקי כח מיוצבים שימשו בעבר הקרוב כמטעני מצברים רק במתקנים גדולים של צרכנים חשובים, כגון מרכזיות טלפון של משרד התקשורת. עם התקדמות הטכנולוגיה האלקטרונית והמעבר לסדרות ייצור גדולות הופכים מטענים מיוצבים זולים יותר ויותר ומשמשים היום אף את הצרכנים הקטנים יותר של זרם מצברים, כגון מתקני תאורת חרום במקלטים ומצברי דיזל גנרטורים.

יחידות אשר בעבר הלא רחוק היה מחירם המינימלי כ-15—10 אלף ל"י, הוזלו עד למחיר של 3.000—5.000 ל"י, ובהתחשב במחיר היקר של מערכת מצברים פשוטה כיום, מהוות הן השקעה כדאית להארכת חיי המצברים. השיטה הנפוצה של טעינה עד למתח של כ-2.5 וולט לתא ושמירה על המצבר בטעינה דולפת הופכת היום להיות בלתי מספקת אצל בעלי מתקנים עם מצברים, המעוניינים לשמור על המצברים לאורך זמן.

במאמר זה ננתח בקצרה תכונות אופיניות למצברי עופרת ונדגים גישות חדשות בטעינת מצברים.

## תפקיד המצבר

הקיבול לפריקה משך חצי שעה,  $C_{1/2}$ , עלול להיות נמוך עד כדי 50 אמפר-שעות — כלומר בזרם של 100 אמפר יפורק המצבר תוך מחצית השעה בלבד. אנו רואים, שלמצבר עופרת אופיינית הקטנה דרס-טית של הקיבול עם הגדלת זרם הפריקה.

## מתח המצבר

מתח המצבר הנומינלי (Nominal Voltage) מת-קבל ממכפלת מספר תאי המצבר במתח הנומינלי של תא אחד. מצבר הנתון ללא טעינה מתפרק במשך הזמן. על מנת לשמור עליו במלוא קיבולו יש לכן, לטעון אותו בזרם רצוף, אשר יכסה על הפסדיו העצמיים. הדבר נעשה על ידי שמירת המצבר במתח הדקים הגבוה במקצת מן המתח הנומינלי, כך שזרם הטעינה יהיה כזה, אשר יקזז את הפריקה העצמית של המצבר. מתח זה נקרא „מתח ציפה“ (Float Voltage).

עם תחילת הפריקה של המצבר שוקע תחילה המתח באופן מהיר ביותר ומתיצב ב„מתח תחילת הפריקה“, אשר תלוי בגודל זרם הפריקה. לאחר מכן שוקע המתח באופן איטי יותר משך כל תהליך הפריקה, עד שהוא מגיע ל„מתח גמר הפריקה“, שהוא המתח המינימלי אליו מותר לפרוק מצבר מבלי לגרום לו נזק, והתלוי בהנחיות יצרן המצברים.

למצבר העומד במצב מפורק נגרם נזק, יש לכן לטעון אותו שוב למלוא קיבולו. המתח, אותו מותר לאלץ על הדקי המצבר בזמן הטעינה, תלוי בהנחיות יצרן המצברים ובמשך הזמן העומד לרשותנו לטעינה מחודשת עד לתחילת הפריקה הבאה. במקרים מ-סוימים אפשר יהיה לטעון את המצבר במתח הציפה שלו, ובמקרים אחרים נצטרך להגיע ל„מתח פליטת הגזים“ (Gassing Voltage), או אף ל„מתח גמר

מצברים מהווים מאגר אנרגיה חשמלית אמין ביותר ומשמשים לכן במערכות אספקת זרם חשמלי, בש-עות שמערכת החשמל הראשית נפגמת. מערכת הט-לפונים למשל, מוזנת מספקי כח במקביל למצברים, כך שהפסקה רגעית ברשת אינה גורמת לניתוק שי-חות טלפון. מערכת המיתוג במתח הגבוה של חברת החשמל, אשר חייבת להיות אמينة ביותר, מוזנת ממתח מצברים 220 וולט ז"י. במקלטים קיימת רשת תאורת חרום 24 וולט ז"י מוזנת ממצברים לשעת הפ-סקת מתח ברשת הארצית. גנרטורים העומדים הכן לשעת הצורך יותנעו ע"י זרם ממצברים, ובאולמות ספורט וקולנוע מותקנות רשתות תאורת חרום למניעת בהלה בשעת הפסקות חשמל. חשיבות מ-דרגה ראשונה נודעת לכן לאחזקת מקור אנרגיה זה, כך שאמנם לא יכזיב בשעה היעודה.

## קיבול המצבר

קיבול המצבר אינו גודל קבוע, אלא תלוי בגודל זרם הפריקה ובמשך זמן הפריקה, בו הוא זורם. עבור מצברי עופרת נוקטים לרוב מושג קיבול באמפר-שעות ל-10 שעות פריקה. מצבר בעל קיבול של  $C_{10} = 120 \text{ Ah}_{10}$  (מאה ועשרים אמפר-שעות בעשר שעות פריקה) יספק זרם של 12 אמפר משך עשר שעות, מבלי שמתח המצבר יישקע לערך כזה, אשר יסכן את אורך חיי המצבר. מאידך, הקיבול של  $120 \text{ Ah}$  אינו מתאים לפריקה בזרם גבוה מ-12 אמפר, היות וקיבול מצבר עופרת קטן בהדרגה עם הגדלת זרם הפריקה. ניתן לצפות, למשל, שקיבולו של אותו מצבר לשעה אחת,  $C_1$ , יהיה רק כ-60 Ah, או במלים אחרות — בזרם של 60 אמפר יפורק המצבר תוך שעה אחת.

נים את המצבר תוך מדידת צפיפות האלקטרוליט בעזרת הידרומטר, עד שצפיפות האלקטרוליט מפי סיקה לעלות משך כשעתיים תמימות. שיטת טעינה זו, על אף שהיא טובה ודורשת מטען פשוט ביותר, הרי שבשימושים אשר מנינו לעיל — מקלטים, מרכזיות טלפון וכו' — לא ניתן לרוב להקצות כח אדם, אשר יבקר את טעינת המצברים, בכל פעם שחלה בהם פריקה, ונזדקק למטען אוטר מטי.

### מטעני מצברים אוטומטיים

קיימות שיטות רבות לטעינה אוטומטית של מצב רים. אנו נפרט ונסביר בהרחבה את שתי השיטות הנפוצות ביותר בטעינה אוטומטית של מצברי עופרת ונשוה ביניהן.

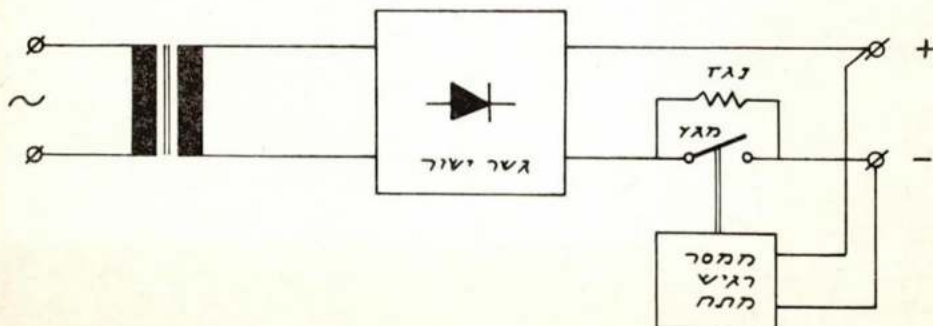
#### 1. טעינה אוטומטית בשיטת „מוגברת — דולפת“ (שרטוט 1).

מטען בשיטה זו בנוי עקרונית מגשר יישור וממסר רגיש מתח הפוקד על מנע. עם חיבור מצבר מפורק למטען נסגר המגע ומתחילה טעינה בזרם גבוה יחסית עקב המתח הנגדי הנמוך של המצבר. תהליך הטעינה עולה מתח ההדקים של המצבר, וזרם הטעינה הולך וקטן, עד שבהגיע מתח המצבר ל-2.4 וולט לתא, מתחיל תהליך פפוע הגזים ופי רוק המים. לכן במתח זה מפעיל הממסר רגיש המתח את המגע, פותח את מעגל הטעינה ומשאיר כטור למעגל נגד המחובר במקביל למגע. נגד זה מגביל את הטעינה ומאפשר רק לזרם נמוך ביותר להמשיך ולטעון את המצבר על מנת לקזז את הפסדיו העצמיים.

כרגיל ייבחר הנגד כך, שזרם „הטעינה הדולפת“ יהיה בערך של כ-1% מערכו הנומינלי של זרם המטען. כ-100 mA למשל, במטען לזרם נומינלי 10 אמפר.

הממסר רגיש המתח מכוון כך, שעם שקיעת המצבר לכ-2.05 וולט-לתא, עקב שימוש או סיבה אחרת, ייסגר שוב המגע. המטען יחל ב„טעינה מוגברת“ וחוזר חלילה.

שרטוט מס' 1



**הטעינה** של המצבר (Charging Final Voltage). ערכי המתחים הנ"ל, האופייניים למצבר עופרת, כ- תונים בטבלה דלהלן:—

מתח נומינלי	2.0 וולט לתא.
מתח ריקם (מצבר טעון)	2.05—2.1 וולט לתא.
מתח ציפה	2.23 וולט לתא.
מתח גמר טעינה	2.7 וולט לתא.
מתח פליטת גזים	2.4—2.45 וולט לתא.
מתח תחילת פריקה (תלוי בזרם הפריקה).	1.9 וולט לתא.
מתח גמר פריקה (תלוי בזרם הפריקה).	1.7—1.8 וולט לתא.

בשלב זה נרחיב ונסביר את מושג **פליטת הגזים**: בשלבי הטעינה הראשונים נקלט כל זרם הטעינה ע"י החומר האקטיבי שבפלטות, והאנרגיה החשמלית הופכת לאנרגיה כימית הנאגרת במצבר. בשלב מסוים אין הפלטות שבמצבר מצליחות לקלוט את כל זרם הטעינה, ועודף הזרם מבצע פירוק אלקטרוליטי של המים שבמצבר. תופעה זו נקראת **פליטת גזים**. התופעה מועילה במידה קטנה לערבוב האלקטרוליט, אולם פירוק המים מביא להתייבשות המצבר, ובמקרה שבועות הגז משתחררות באופן אינטנסיבי, הן עשויות לפרק את החומר הפעיל שבפלטות.

### שיטות טעינה של מצברים

בשלב זה נבדיל עקרונית בין שיטות טעינה מבוקרות (ידיניות) ושיטות טעינה אוטומטיות.

**טעינה מבוקרת (ידינית)**:— נעשית לרוב בדרך הבאה: טוענים את המצבר בזרם  $0.15 \times C_{10}$  —  $0.10 \times C_{10}$  (כ-15 עד 10 אמפר במצבר בעל קיבול 100 אמפר-שעות), עד למתח 2.4 וולט-לתא, או עד שמתחיל פפוע חזק של גזים. בשלב שני מקטינים את זרם הטעינה עד לערך של  $0.03 \times C_{10}$ — $0.07 \times C_{10}$  (כ-3 עד 7 אמפר במצבר בעל קיבול 100 Ah), וטוע-

בכורים אטומים, ומערכות מיתוג במתח גבוה כי חברת החשמל, הולכת וכובשת את מקומה כיום כי שיטה השולטת בטעינת מצברים גם בהספקים היי נמוכים. הכניסה לייצור שוטף של מטעני מצברים עם בקרת SCR ותפוקת מתח ישר מסווג ומיוצב אפשרה הולדה דרסטית בעלויות הייצור והפכה שיטה זו לכדאית גם אצל צרכן זרם המצברים הקטן.

נסקור תחילה את המבנה העקרוני של מטען מיוצב ונסביר, כיצד הוא עונה על שלוש הדרישות החשובות העומדות בפניו. בהתאם לשרטוט 2 בנוי המטען מ־טרנספורמטור מבדד, גשר יישור מבוקר בעזרת טיורי־טורים (SCR) ומשובי מתח זרם המוזנים לתוך מערכת פיקוד ובקרה אלקטרונית. מערכת הבקרה מווסתת את זווית ההצתה של ה־SCR ושומר על מתח מיוצב לחלוטין ביציאה מהמטען. משוב הזרם מודד את זרם הטעינה ומוסר נתון זה למערכת הבקרה, אשר מפקחת, שזרם זה לא יעלה על ערך רצוי. פעולת משוב הזרם דומיננטית לפעולת משוב המתח, ובמידה שהזרם גבוה מדי תגרום מערכת הבקרה להקטנת הזרם אפילו במחיר שקיעת מתח היציאה.

חולית סינון המורכבת ביציאה תורמת לקבלת מתח מסווג בעל גליות נמוכה, הרצוי יותר למצבר.

### אופן הפעולה וכוון המתח

על מנת לשמור על מצבר עופרת במצב טעון יש לאלץ על הדקו מתח גבוה במקצת מן המתח הנורמינלי שלו, כך שזרום זרם, "טעינה דולפת" כזה, אשר ימנע את התפרקותו ההדרגתית במשך הזמן. מתח זה הינו מתח הציפה של המצבר י־רכו עבור מצבר עופרת הוא 2.23 וולט-לחאה.

במתח זה נמצא, כי במצבר מלא ישקע זרם הטעינה לערך של כ־1 mA לאמפר-שעה של המצבר, כלומר במצבר של 150 Ah הטעון במלואו נקבל זרם סופי של כ־150 mA. ערך זה משתנה קלות עם גיל המצבר ואיכותו, כאשר בדוגמא הנ"ל נקבל כ־200 mA במצבר ישן. זרם זה גדול דיו לקזז את ההפסדים

מטען כזה הוא פשוט באופן יחסי, ולכן זול מאוד ונפוץ בגירסאות שונות. יש המשתמשים במגען או ממסר לבצוע פעולות המיתוג במעגל, ויש המשתמשים במתג סטטי ה־SCR. בהתאם לאסכור לוח השיונות משתנה נקודת ההפעלה של הממסר רגיש המתח: יש המשתדלים למנוע עד כמה שאפשר את ייבוש המצבר ומכוונים את הממסר לערך של כ־2.35 וולט לתא, על חשבון הטעינה המלאה של המצבר, ויש המשתדלים להגיע לטעינה רבה יותר ומכוונים את הממסר לערך גבוה יותר של כ־2.45 עד 2.5 וולט לתא, תוך אובדן רב יותר של מים מזוקקים.

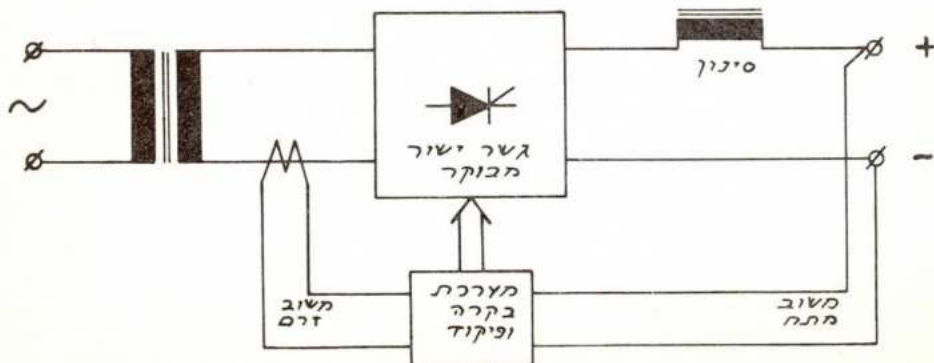
מגבלות מספר מצמצמות את אפשרויות השימוש במטענים הבנויים בשיטה זו: — הפרש המתחים בפעולת המיתוג מטעינה דולפת לטעינה מוגברת מאפשר למצבר להתפרק חלקית לפני טעינה מוגברת נוספת, ולכן עלול המצבר להמצא בשעת הצורך ב־מצב של קיבול חלקי בלבד. נמצא גם, שעקב התנגדר תו הפנימית הנמוכה של המצבר, יגרמו שינויים קטנים במתח החילופין שברשת לשינויים גדולים בזרם היציאה. שינוי של 5% במתח הרשת למשל, (שהוא שינוי אופייני במעבר בין יום ולילה) גורם לשינוי של 40%—15% בזרם היציאה בהתאם לסוג המטען ולמצב הטעינה. בעיה נוספת היא זרם הטעינה הראשוני של מצבר ריק. היות והמתח היי נגדי של מצבר ריק נמוך, הרי שזרם הטעינה גבוה ומוגבל רק ע"י התנגדותו הפנימית של המטען. ב־מטענים גדולים עלול זרם זה להגיע לערכים המ־סכנים את המטען או המצברים.

עקב מחירו הזול יחסית ניתן לכן להמליץ על שימוש במטען בשיטת "מוגברת דולפת", בעיקר כאשר גודל המצברים ומחירם אינם מצדיקים רכישת מטען מ־תוחכם יותר, וכאשר ניתן להסתפק במצברים הט־עונים באופן חלקי בלבד.

### 2. טעינה אוטומטית במטען מיוצב: —

שיטה אופטימלית זו, אשר שמשה בעבר רק צרכ־נים, "מפונקים" כמרכזיות טלפון, מערכות מצברים

שרטוט מס' 2



לאחר מכן, באות על פתרון בעזרת **מתח מיוצב והגבלת זרם**.

### דרישה שלישית

כאשר מערכת מוזנת ממצברים, נדרש, שמתח ה- מטען לא יסכן את **הציוד המחובר במקביל ל- מצברים**. במקלטים למשל, חלק מהתאורה מוזן מטרכספורמטור 24 וולט. עם נפילת מתח חברת ה- חשמל יש להעביר מתג בורר למצב „מצברים“, כך שהמקלט יואר ממתח מצברים 24 וולט. כיום הול- כת ומתגבשת דעה, כי לא ניתן לצפות מיושב המקלט, נשים וילדים בעיקר, לגשש דרכם בחושך ללוח החשמל ולהעביר את המפסק (לו גם ידעו על קיומו של מפסק כזה...). יש על כן להשאיר את המפסק במצב „מצברים“, כך שתאורת 24 וולט במקלט תפעל כרגיל ממתח המטען, ועם נפילת מתח חברת החשמל והפסקת פעולת המטען ייכנסו המצברים לפעולה, והתאורה תפעל באופן אוטומטי מהמצב- ברים.

דבר זה מכתוב דרישות חמורות לגבי אופיין המתח של המטען. נדרוש:—

א. שפעולת הטעינה לא תושפע ע"י חיבור מערכת התאורה למטען.

ב. שמערכת התאורה עצמה לא תופרע ע"י מתחית.

נמחיש זאת בדוגמא הבאה:—

מתח הטעינה של מטען רגיל הוא כ-2.5 וולט- לתא, כלומר במקרה שלנו כ-30 וולט. היות וההספק, המתפזר במנורה יחסי לרובע המתח, הרי שאם נחבר למטען כזה של 24 ווט, נקבל:

$$30^2 / 24^2 \times 25 W = 39 W$$

כלומר — הנורה תבער בעצמה של כ-60% יותר מן המותר!! לעומת זאת, מטען מיוצב, אשר מתח-ו יכוון ל-2.23 וולט-לתא, יספק מתח מיוצב ומסווג של 26.7 וולט, ללא תלות בעומס או ב- מתח הרשת. מתח כזה הוא בגבולות של כ-10% יותר מן המתח הנומינלי של הנורה, ולכן עדיין בגדר המותר.

בנקודה זו של אי סיכון הציוד מגלה המטען ה- מיוצב עדיפות מכרעת לגבי מטענים אחרים, וני- תן לצפות, כי דרישת הייצוב תתקבל בעתיד כד- רישה סטנדרטית על ידי שלטונות הג"א.

### סיכום

בכל מקרה יש לשקול את נושא בחירת המטען מהבחינה החשמלית של הנושא תוך התחשבות בהיבטים הכלכליים של הבעיה. שיטת הטעינה ב- מטען מיוצב עדיפה מבחינה חשמלית אך יקרה יותר, בעוד שטעינה בשיטה „מוגברת-דולפת“ טר- בה זיה ומתאימה, כאשר רמת הדרישות ומחיר המצברים אינן מכתובות מטען מתוחכם יותר.

העצמיים של המצבר ולמנוע התפרקותו, ומאידך, קטן דיו שלא לגרום אלקטרוליזה של המים והת- יבשות המצבר.

יש להדגיש, שמבחינה זו כוון המטען הוא אוניבר- סלי. המטען מתאים לכן למצבר בכל גודל שהוא, והזרם הסופי בטעינה ציפה מתאים עצמו לגודל המצבר ולמצבו. ניתן אף באותו אופן לטעון מספר מצברים שונים במקביל.

כמה מותר לסטות מערך זה של 2.23 וולט-לתא? נהוג לדרוש סטיה מקסימלית של  $\pm 1\%$ , כלומר 2.25—2.21 וולט-לתא. ערך גבוה יותר גורם לזרם טעינה גבוה מדי, וערך נמוך יותר גורם לטעינה איטית ובלתי מספקת. הטבלה דלהלן מדגימה עוב- דה זו:—

זרם בטעינה ציפה של מצבר 150 Ah מלא, כפונקציה של מתח ההדקים:

2.20 וולט-לתא: 70 mA

2.23 וולט-לתא: 150 mA

2.30 וולט-לתא: 300 mA

2.35 וולט-לתא: 400 mA

### טעינה של מצבר ריק

מתח הדקים גבוה בתחילת טעינת מצבר, כאשר מתחו העצמי נמוך, עלול לגרום לזרם גבוה ב- יותר, אשר יסכן את המצבר והמטען. אחת הדרי- שות האלמנטריות ממטען היא על כן, שיגביל את זרם הטעינה ההתחלתי לערך נמוך יחסית, כך שלא יגרם נזק למצבר, וגודל המטען עצמו יוגבל לער- כים סבירים. מאידך, על המטען לשמור על זרם טעינה גבוה יחסית משך הטעינה, על מנת ש- תושלם בזמן סביר.

דבר זה מושג ע"י הגבלת הזרם. במטען מיוצב מגבילה מערכת הבקרה את הזרם המקסימלי ל- ערך מסויים הניתן לכוון מראש. בתחילת הטעי- נה, כאשר המצבר ריק, תפעל הגבלת הזרם, ונר- כל איפה לכוון את מתח המטען ל-2.23 וולט-לתא ללא פחד מטעינה בזרם התחלתי גבוה מדי. ב- אופן מעשי נהוג לקחת מטען בעל זרם נומינלי של כ-15% מקיבול המצבר (למשל מטען בעל זרם נומינלי 15 אמפר למצבר של 100 אמפר שעות), ואז נקבל טעינה בזרם נומינלי משך כ-3 שעות, ואח"כ ילך הזרם ויקטן בהדרגה. נמצא, כי מצבר, שהחל את תהליך הטעינה במצב ריק, ייטען ל-50% מקיבולו המלא תוך כ-4½ שעות. קיבול של כ-90% נקבל לאחר כ-10 שעות ויתרת עשרת האחוזים תוך מספר שעות טעינה נוספות.

אנו רואים, כי שתי הדרישות הראשוניות ממטען, שהן טעינה מהירה ושמירה על המצבר במצב טעון

# שימוש במוליכים מסגסוגת אלומיניום - לחסכון בהוצאות בנית קווים ורשתות

אינג' ג' לייבל

בבנית קוים עיליים היום, בעולם, אופיינית היא העובדה, שלאחר ביטול השמוש במוליכים מנחושת התפתח השימוש במוליכי אלומיניום-פלדה. מאוחר יותר פותחה בארצות שונות סגסוגת מיוחדת על בסיס אלומיניום, בעלת תכונות הדומות מבחינת מוליכות חשמלית לאלומיניום ומבחינה מכנית למוליכי אלומיניום פלדה. סגסוגת זו מאפשרת הצבת עמודים בעלי מפתחים גדולים ובתנאים קשים יותר מאשר בבניית קווים עם מוליכי אל-פל.

המסקנה היא שהמאמץ וההתארכות של האלמלק לשבירה הם כפולים מאלה של האלומיניום, וגודל ההתארכות הספציפית שלו שווה לזה של הפלדה הנמצאת בתוך מוליך האל-פל.

בטבלה מס' 2 מופיעים מוליכי אלמלק (הומוג'ניים) לצד מוליכי אלומיניום-פלדה, בזוגות שווי ערך מבחינה חשמלית. הטבלה מבוססת על עקרון של מתלים שווים של זוגות המוליכים, ב- $60^{\circ}\text{C} +$  ובתנאים מטאורולוגיים המתאימים לארצנו ( $5^{\circ}\text{C} -$  עם  $47 \text{ ק"ג/מ}^2$  לחץ רוח על התילים).

לקחנו בחשבון מוליכים הומוגניים מאלמלק (ולא מאלמלק-פלדה) כי הם מתאימים יותר לתנאי אר-צנו: מפתחים קטנים, זווית קו רבות יחסית, זיהום אויר חזק וכו'.

מניתוח הנתונים בטבלה 2 מתקבל, שבמתלים שווים ב- $60^{\circ}\text{C}$  ובמפתחים שווים בין העמודים, תנאי ה-עבודה המכניים של הקווים הם קלים יותר כש-משתמשים באלמלק.

לחץ הרוח על מוליכי אלמלק הוא ב-2.5% עד 6% קטן יותר מהלחץ על מוליכי אלומיניום-פלדה.

המשקל הסגולי של המוליכים הוא קטן יותר ב-16% עד 24%. המשיכה המקסימלית במוליך ב- $5^{\circ}\text{C} -$  וברוח בכוח ניצב למוליך קטנה יותר ב-8.5% עד 12.5%. EDS% הוא היחס בין EDS בק"ג לכוו השבירה המינימלי, והוא קטן ב-31.1% עד 48.5% במוליכי אלמלק מאשר במוליכי אל-פל.

הגודל הנ"ל הוא מדד לשימוש בבולמי תנודה: כאשר EDS% קטן או שווה ל-16% אין צורך ב-בולמי תנודה. בטבלה מס' 2 נע גודל ה-EDS% ב-מוליכי אלמלק, הומוגני בין 11.35% ל-13.6% בלבד ולכן אין צורך להשתמש בבולמי תנודה.

השוואת כוח-המשיכה המינימלית בשבירה בין זוגות מוליכים מראה שבאלמלק הוא גדול יותר ב-28% עד 60% מאשר אל-פל.

מקדם הבטחון המכני של מוליכי אלמלק גדול כ-42.5% עד 80%.

מפתח השבירה הוא גדול יותר במוליכי אלמלק ב-50% עד 280% מאשר במוליכי אל-פל. יש לציין

הסגסוגת הנ"ל מוכרת בגרמניה ובשוויץ תחת השם אלדרי, בארצות הברית מכנים אותה ALLOY 5005 או 6201 ובצרפת היא נקראת אלמלק.

בארצות הברית, בשוויץ ובגרמניה החלו להשתמש בסגסוגת במידה מוגבלת. לעומת זאת קיבלה היא שימוש נרחב ביותר בצרפת. השימוש הנרחב בסג-סוגת אלמלק בצרפת זוקא, מוסבר בעובדה, שרק שם קיימת חברת השמל לאומית, בעלת מדיניות טכנית וכלכלית אחידה בשטח האנרגיה.

הנסיון הרב אשר הצטבר בצרפת במתחים השונים, החל ממתח נמוך ועד מתח עליון (765 ק"ו) מאפ-שר לנו לערוך ניתוח מירבי של תכונות הסגסוגת ושימושה השונים, כפי שהם קיימים בצרפת. בזמן האחרון הוחל גם בשוויץ בשימוש נרחב בסגסוגת אלומיניום (אלדרי). לדוגמא — בקוים הסטנדרטיים של 380 ק"ו ברשת השוויצרית, משמשים רק מוליכי אלדרי בתור תילי הפזות ותילי האדמה.

האלמלק היא סגסוגת מאלומיניום, מגנזיום וסידן אשר לאחר טיפול מיוחד מקבלת תכונות משופרות כפי שזה מופיע בטבלה מס' 1. בטבלה זו אפשר לראות תכונות אחדות של האלמלק, ב-השוואה לאלומיניום ולפלדה.

טבלה מס' 1

מלדה	אלומיניום	אלמלק	המוליך	התכונה
120 עד 160	16.9 עד 19.8	33.9 עד 33.4	מאמץ ממוצע לשבירה ק"ג/מ"מ <sup>2</sup>	
4	1.2 עד 2.5	4	התארכות מינימלית בשבירה לפני שזרז התילים (%)	
—	$2.83 \times 10^{-4}$	$3.28 \times 10^{-4}$	התנגדות סגולית מקסימלית (מ')	
—	1	1.15	התנגדות יחסית לאלומיניום	
6 עד 9	1	2	שבירה של האלמלק בהשוואה לאלומיניום ולפלדה	

## טבלה מס' 2

מס'	מוליך יוחס בין תכונותיהם			אל-פל 680/85 ספ"ר	אל-פל 780 ספ"ר	יחס תכונות האלמלק לאל-פל (%)	אל-פל 300/50 ספ"ר	אלמלק 345 ספ"ר	יחס תכונות האלמלק אל-פל (%)	אל-פל 120/21 ספ"ר	אלמלק 138 ספ"ר	יחס תכונות האלמלק אל-פל (%)
	1	2	3									
א	מפתח בין עמודים (במטרים)			300	250	150	100	100	100	100	100	100
ב	משקל המוליך (ק"ג/מ"א)			2,57	2,16	84	1,205	0,95	79	0,503	0,382	76
ג	לחץ הרוח על המוליך (ק"ג/מ"א)			1,73	1,69	97,5	1,16	1,13	97,4	0,754	0,71	94
ד	מאמץ במוליך ב-5°C וברוח 47 ק"ג/מ"א (ק"ג/מ"ר)			6	5,4	90	8	7,1	88,7	8	7,4	92,5
ה	כוח משיכה במוליך ב-5°C וברוח 47 ק"ג/מ"א (ק"ג)			4600	4210	91,5	2,800	2450	87,5	1150	1020	88,5
ו	כוח משיכה מינימלי בשבירה (ק"ג)			19300	25200	130,5	8700	11120	128	2770	4430	160
ז	כוח משיכה ב-20°C + EDS (ק"ג)			3505	3020	86,3	1795	1510	84	610	504	82,6
ח	EDS% = $\frac{1}{T}$			18,15	12,0	66	20,6	13,6	66,0	22,0	11,35	51,5
ט	מקדם ביטחון $\frac{1}{h}$			4,2	5,98	142,5	3,15	4,55	144,5	2,41	4,34	188
י	מפתח שבירה $\frac{1}{b}$ (ספ"ר)			7530	11650	155	5200	11700	225	3060	11600	380

כגון: התחממות התיל הנמצא תחת מתח, קורוזיה, עמידות בפני תנודות וכו'.

### התנהגות המוליכים מאלמלק בשעת ההרכבה של הקו

מחיר הרכבתם של מוליכים בקו הוא ביחס ישר ל-משקלם. עובדה זו משפיעה על רמת ההשקעות הק-שורות במתיחת המוליכים. כמרכז משפיע כאן גם ההכרח למניעת פיגועים במוליך בשעת הרכבתו וזאת מפני שמוליכים פגומים גורמים להפרעות רדיו, טלווי-זיה וטלפון ולהפסדים בגלל תופעת קורונה, ועל כן יש צורך בפעולות מיוחדות במטרה להגן על המוליכים.

ההוצאות הקשורות בפעולות המיוחדות הנ"ל הן גדולות יותר כשמשמשים במוליכי אל-פל וזאת מפני שדרגת הקשיות של האלמלק היא פי 2 גבוהה מזו של אלומיניום. נוסף לזה במוליכי אלמלק לא יופיעו "קיני ציפורים", היות ומוליכים מאלמלק הם הומוגניים ואינם מורכבים משתי מתכות עם מקדמי גמישות שונים כמו אלו של אלומיניום ופלדה.

### השפעת שינוי הטמפרטורה

למוליך בעל מתכת הומוגנית כאלמלק יתרונות כ-דלקמן:

העדר סכנת שיחון (חימום יתר) כפי שזה מופיע בתילים מחומרים שונים עם מקדמי התפשטות שר-נים (אלומי-פלדה), כאשר עם שינוי טמפרטורה מ-קבל האלומיניום עומס יתר וכאשר תופעה זו חוז-

שלתילים בעלי מפתח שבירה גדול יותר אורך חיים גדול יותר.

מהנתונים הנ"ל מתקבל שהכוחות הקובעים את עמודי המשא והמתיחה, כולל היסודות, המבדדים והאביזרים יהיו קטנים יותר בשימוש במוליכי אלמלק מאשר באל-פל.

לאור הנתונים הנ"ל וכן לאור תכונות נוספות (ש-עליהם נרחיב את הדיבור בהמשך המאמר) השימוש במוליכים מאלמלק ככתחליף למוליכי אל-פל. 680/85 ממ" בקו דרומעגלי 150 ק"ו עד 3 מוליכים לפזה, עשוי להוזיל את מחיר הקו ב-20% בערך.

מלבד חסכון זה המתבטא בהקמת הקו בלבד יכר-לים לנו לצפות לחסכונו נוספים הנובעים מאיכות משופרת של האלמלק: אורך חיים גדול יותר של המוליך, הפסקות באספקת אנרגיה, הפסדי-קורונה, הפרעות לרדיו, טלוויזיה וטלפון קטנים יותר.

תיל האלמלק כפי שצויין לעיל הוא בעל תכונות פיזיות טובות יותר מאשר תיל אל-פל. עובדה זו נובעת משוני מקדמי ההתארכות לפלדה ולאור מיניום. מקדם ההתארכות לפלדה לפני הקריעה הוא 4% ולאולומיניום 1.2% עד 2.5%.

הבדלי התארכות אלה גורמים לכך שבתיל אל-פל הנמצא במתיחה סובל האלומיניום מאמצים יחסית גדולים יותר מאשר הפלדה, ומסיבה זו יש בלאי מוקדם יותר של האלומיניום בהשוואה לפלדה.

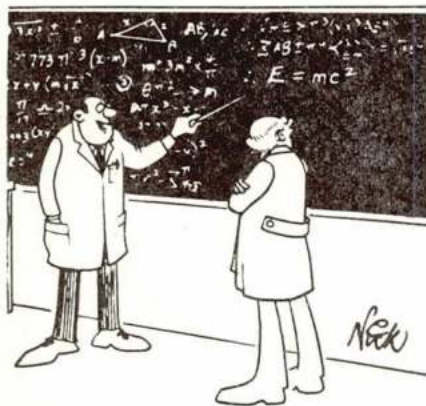
מובן מאליו שתקלות רבות יותר מופיעות בקוי אלומיניום-פלדה מאשר בקוי אלמלק (שהוא חומר הומוגני וכל גידיו בעלי מאמץ שווה). תילי אלמלק הם בעלי תכונות עדיפות על תילי אל-פל בנושאים



במוליכי אל-פל קיימת הופעה של חימום יתר של התילים ממתכת אחת, במקרה זה, של האלומיניום. כמו כן האלומיניום בטמפרטורות גבוהות יותר מק"ל מאמצים גדולים יותר יחסית מאשר הפלדה. עובדה זו גורמת להזדקנות וקלקול מהיר יותר של מוליכי אל-פל בהשוואה למוליכי אלמלק. כל מה שנאמר עד עתה לטובת המוליכים מאלמלק התייחס לקווי מתח עליון. אולם יתרונות האלמלק גדולים עוד יותר בקוים במתח בינוני ונמוך (בגלל ריבוי קלקולים במ.ג. בהשוואה עם מתח עליון). ודווקא בגלל ריבוי הקשיים בבניית קוויים של מ.ג. קיבל השמוש באלמלק בצרפת תנופה הולכת וגדלה, תחילתה במ.ג. ולאחר מכן עבר גם למתח עליון עד ל-765 ק"ו.

### סיכום יתרונות האלמלק

- (א) חסכון בעל משמעות בערך ההשקעות ההתחל-תיות במוליכים, עמודים, יסודות ומבדדים.
- (ב) התנהגות טובה יותר של המוליכים בזמן הרכבתם המביאה גם היא לחסכוניות.
- (ג) מיעוט אפשרויות לקלקולים במוליכים בשעת ניצולם בקו, הודות לקשייתם והתנהגותם המכנית הטובה יותר.
- (ד) כתוצאה מהנ"ל מיעוט הפסקות חשמל.
- (ה) הפסדים קטנים יותר בגלל תופעת קורונה ומיעוט הפרעות טלפון, רדיו, וטלוויזיה בגלל פגיעים במוליכים.



"אתה רואה... באופן יחסי זה פשוט ביותר!"

רת מספר רב של פעמים גורם הדבר להזדקנות מוקדמת וקלקול מצטבר של המוליך בעל שתי המתכות.

### תנודות המוליכים בגלל הרוח

כפי שראינו בטבלה (2) המשיכה היחסית באחוזים EDS% האופיינית לאלמלק היא מתחת לרמה המי-סוכנת — 16%.

עובדה זו פירושה, כי בתנאים המטאורולוגיים של ארצנו אין צורך בבולמי תנודות במוליכים מאלמלק. קיום שתי מתכות עם מקדמי קשיות שונים באותו מוליך (אל-פל) גורם להופעת פיגועים בשטח המגע שבין האלומיניום והפלדה. פיגועים אלה הם מסור-כנים מאוד, הואיל והם גורמים להפסדי קורונה, ל-קורוזיה, להפרעות בטלפון, ברדיו, בטלוויזיה וכ"ל, ורידה מוקדמת בחוזק המוליך.

### התנהגות האלמלק בתוך המהדק

ההתנהגות המכנית של המוליך במהדק משא תלויה בעיקר בהתנגדות של השכבה החיצונית שלו. לי-שכבות הפנימיות חשיבות משנית בלבד בקלקול ה-מוליך, היות ולשיכבה החיצונית של האלמלק הת-נגדות כפולה מזו של האלומיניום וזה יתרון נוסף של האלמלק.

יתרונות אלו מבטיחים חיים ארוכים יותר של מוליך האלמלק ועמידה איתנה יותר מפני חימומו בהש-פעת הזרם הרגיל או זרמי הקצר.

### התנגדות האלמלק למאמצים

#### אלקטרו-דינמיים שנגרמו ע"י זרמי קצר

באיזורי הקוויים שבקרבת ת"ט עם רמה גבוהה של זרמי קצר, במקרה של פזות הבנויות מצרורות של 2 או 3 מוליכים, פועלים על המוליכים כוחות חז-קים מאוד של משיכה הדדית, פרופורציונליים — ישר לריבוע הזרמים.

כוחות אלה גורמים לקלקולים במוליכים בגלל ההכאות ההדדיות שביניהם, קילקולים שהם רצי-ניים יותר כאשר השכבה החיצונית של המוליך חל-שה יותר.

מהשוואת קשיותם של האלמלק והאלומיניום (קש-יותו של אלמלק גדולה כפליים מזו של אלומיניום) בולט יתרונו של האלמלק.

### התנהגות המוליך בקורוזיה

למוליך הומוגני (מאלמלק) התנגדות טובה מאד בסביבה קורוזיבית רגילה (על חוף הים, בסביבה עם זהום אויר חזק — תעשייתי או טבעי).

המוליכים מאל-פלדה סובלים במשך הזמן מקורו-זיה חזקה בגלל תופעת האלקטרו-ליזיה בשטח המגע בין הפלדה והאלומיניום.

# תעריפי החשמל לכח לתעשייה - בחירת התעריף המתאים לצרכן

ש' ברט, כלכלן

על צריכת החשמל לכח לתעשייה חלים שני תעריפים אלטרנטיביים. הצרכן השואף, כמובן; לתשלום מינימלי עבור צריכת החשמל שלו, רשאי לבחור בתעריף המתאים לו מבין שני תעריפים אלה.

## תעריף א' לכח לתעשייה (לחודש)

1,000 קוט"ש ראשונים — 35.2 אג' / קוט"ש  
1,000 קוט"ש נוספים — 34.2 אג' / קוט"ש  
8,000 קוט"ש נוספים — 33.0 אג' / קוט"ש  
כל היתר — 32.1 אג' / קוט"ש

## תעריף ב' לכח לתעשייה (לחודש)

בעד ביקוש מירבי שנתי — 8.25 ל"י / קוט"ש  
**בעד הזרם**

150 קוט"ש ראשונים לכל קוט"ש של

ביקוש מירבי חודשי — 30.2 אג' / קוט"ש

150 קוט"ש נוספים לכל קוט"ש של

ביקוש מירבי חודשי — 25.9 אג' / קוט"ש

150 קוט"ש נוספים לכל קוט"ש של

ביקוש מירבי חודשי — 25.1 אג' / קוט"ש

כל היתר — 22.9 אג' / קוט"ש

נבנה עתה משואה בה יבטא האגף השמאלי את ה-  
תשלום לפי תעריף א' והאגף הימני את התשלום  
לפי תעריף ב' (התשלומים בל"י).

התעריף המתאים לצרכן נקבע עלפי אופי הצריכה, אשר במסגרתו באים לידי בטוי מתקן הצרכן, ה-  
בקוש המירבי של המתקן (שיא הבקוש) ומשטר  
העבודה. כלי העזר לבחירת התעריף המתאים —  
כאשר אופי הצריכה ידוע ונתון — הנו קריטריון  
**נקודת האיזון.** נקודת האיזון מוגדרת — **נקודה בה  
התשלום, עבור בקוש וצריכה מסוימים, זהה לפי  
תנאי שני התעריפים.** הנקודה נמדדת במונחים של  
„שעות ניצול המתקן בתקופה“.

נציג עתה את שיטת החישוב למציאת נקודת ה-  
איזון:—

נניח בקוש מירבי של 300 קוט"ש.

נגדיר כ- $x$  שעות ניצול חודשיות של הבקוש ה-  
מירבי בתקופה (חודש).

פרטי 2 התעריפים האלטרנטיביים לכח לתעשייה  
הנם:—

$$3,334 + (300 \times 10,000) 0.321 = (8.25) 300 + (45,000) 0.302 + (300 \times 45,000) 0.259$$

## הערות למשואה

1. התשלום עבור 10,000 קוט"ש הראשונים לפי תעריף א' (בהתאם לשלוש הדרגות הראשונות)

$$3,334 = (0.352) 1,000 + (3.342) 1,000 + (0.330) 8,000$$

2. הצריכה בדרגת המחיר הרביעית, בהפחתת  
10,000 קוט"ש שכבר חושבו ב-1  
( $300 \times$ ), בהפחתת 45,000 קוט"ש שכבר חושבו.

3. מחיר כל קוט"ש בדרגת המחיר השנייה  
(25.9 אג').

4. הצריכה בדרגת המחיר הרביעית (32.1 אג').

5. התשלום הקבוע עבור הביקוש (8.25 ל"י לכל  
קוט"ש, מוכפל ב-300 קוט"ש).

6. הצריכה בדרגת המחיר הראשונה  
(45,000 קוט"ש =  $300 \times 150$ ).

7. מחיר כל קוט"ש בדרגת המחיר הראשונה  
(30.2 אג').

## נבדוק זאת — לפי תעריף א'

$$22,314.41 = (0.352) 1,000 + (0.342) 1,000 + (0.330) 8,000 + (0.321) 59,129$$

$$22,314.41 \text{ ל"י/חודש} = (8.25)300 + (0,302)(150)(300) + (0,259)24,129$$

נות, מתקבלות נקודות האיזון כדלקמן:

הביקוש המירבי (קו"ט)	נקודת האיזון (שעות)
100	217
200	227
300	* 230
400	232
500	233
1000	235
2000	236
5000	237

**הערות**

1. כל נקודות האיזון שהוזכרו מתאימות אך ורק למערכת התעריפים כפי שפורטה לעיל.
  2. ההשוואות אשר ניתנו אינן מתייחסות לגורם עומס וצריכת המאור במתקן הצרכן.
- \* לפי החישוב שגערך לעיל.

ואמנם התשלומים לפי שני התעריפים זהים ונקודת האיזון (בשעות שלמות) עבור 300 קו"ט היא 230 שעות.

מנתון זה אפשר להסיק מסקנות אלה:—

1. בצריכה של 69,000 קו"ט"ש (300 קו"ט X 230 שעות) התשלום לפי תעריף א' זהה לתשלום לפי תעריף ב' (לפי הגדרת נקודת האיזון).
2. אם שעות הפעלת המתקן בביקוש של 300 קו"ט נמוכות מ-230 לחודש — תעריף א' עדיף לצרכן על פני תעריף ב'.
3. אם שעות הפעלת המתקן בביקוש של 300 קו"ט גבוהות מ-230 לחודש — תעריף ב' עדיף לצרכן על פני תעריף א'.

התנהגות לפי המסקנות הנ"ל תביא את הוצאותיו של הצרכן למינימום.

על ידי חישוב בצורה זו עבור ביקושים ברמות שר

**כיצד גרמה הארקה טובה - תאונה קטלנית?**

התאונה יכולה לקרות אך ורק כאשר יאיר, בעת עבר דתו, נגע באקראי בחוט הפזה הגלוי, וכך סגר את מעגל ההשמל לאדמה. בזמן ההתחשמלות זרם זרם חשמלי נוחוט פזה דרך היד הימנית, דרך בית החזה (לב ודרכי נשימה), ודרך היד השמאלית — להאר-קת המקדחה.

זי להתבונן בשרטוט כדי לראות, שמפסק-המגן ה-נייד יכול להגן רק מפני התחשמלות שגורמת ה-מקדחה. אולם במקרה זה, כשהזרם בא מהמיתקן הקבוע, שלא היה מוגן על-ידי מפסק משלו — לא עזר מפסק-המגן הנייד.

**הלקח**

הלקח מההאונה פשוט: לו היה יאיר משתמש במק-דחה חשמלית בעלת בידוד כפול שאינה מוגנת על-ידי הארקה — יכול היה להינצל, שהרי במקרה כזה לא היתה אפשרות של סגירת מעגל חשמלי ל-אדמה, כי יאיר עמד בנעלי עבודה בעלות סוליות גומי על מדרכת אספלט.

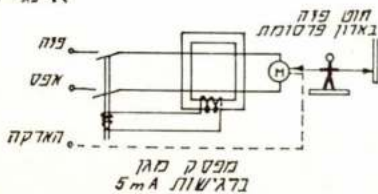
מובן נואלי, כי אילו בדקו לעיתים מזומנות את מצב החוטים בארון הפרסומת ותיקנו בזמן את ה-בידוד שנפגם — לא היתה נגרמת התאונה הקטל-נית. גם מפסק-מגן ברשת אולם השמחות יכול היה להגן על העובד.

כידוע, הארקה היא אמצעי להגנה מפני התחשמ-לות אך במקרים מסויימים היא יכולה גם להיות גורם לתאונה. על מקרה כזה נספר להלן. יאיר עבד בהתקנת קישוטים לחלון-פרסומת של אולם שמחות. לשם כך הביא מקדחתייד המוגנת לא רק על-ידי הארקה אלא גם על-ידי מפסק-מגן נייד בעל רגישות של 5 מילי-אמפר. יש לציין שרגישות זו היא רבה במיוחד, ובמפסקי-מגן בעלי רגישות כזאת אפשר להשתמש להגנה רק על כלים נודדים, ולא על מיתקנים שלמים. לפתע צנח יאיר ללא רוח חיים והתברר שנהרג ממכת חשמל.

בבירור נסיבות המקרה נתגלו הפרטים הבאים:

- א. המקדחה וההארקה שלה היו תקינות.
- ב. מפסק-המגן היה תקין, אך לא פעל בשעת ה-תאונה.
- ג. בשעת התאונה הוחזקה המקדחה בידו השמא-לית של יאיר, ובידו הימנית היה עיפרון לסיי-מון מקומות הקידוח.
- ד. יאיר עמד על מדרכת אספלט (חומר בידוד) ונעל נעלי עבודה בעלות סוליות גומי.
- ה. סימני מעבר של זרם חשמלי בגופתו של יאיר נמצאו בצד החיצוני של אחת מאצבעות ידו הי-מנית ועל כף היד השמאלית.
- ו. בשעת התאונה רצה אחד מעובדי אולם השמ-חות לכוון את שעון המתוג (שעון שבת), ותוך כדי כך חיבר לפתע את המנורות שבתוך ארון-הפר-סומת. חוט פזה של אחת מהמנורות, הנושא מתח של 230 וולט כלפי אדמה, היה במקרה גלוי (הבידוד שלו התקלף בגלל חימום יתר).

אינג' ו' זיס

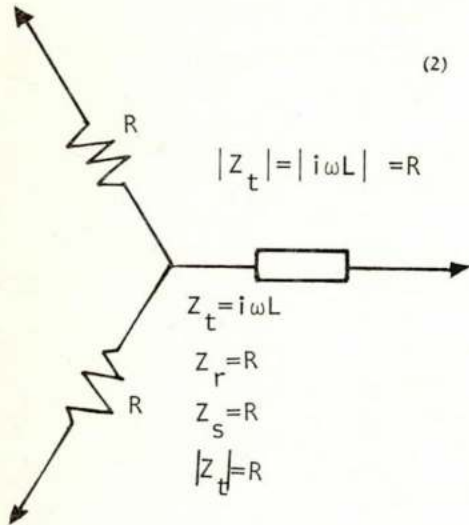


# קביעת סדר הפזות במערכת תלת-פזית

אינג' מ' שביט

בהתקנה ובהפעלה של מתקני חשמל דרוש לעיתים קרובות לקבוע את כיוון הסיבוב של מנועים ואת ההתייחסות ההדדית של כיוון הסיבוב במכונות העובדות בחיבור חשמלי ואוטומטי. למטרה זו קיימות מספר שיטות:—

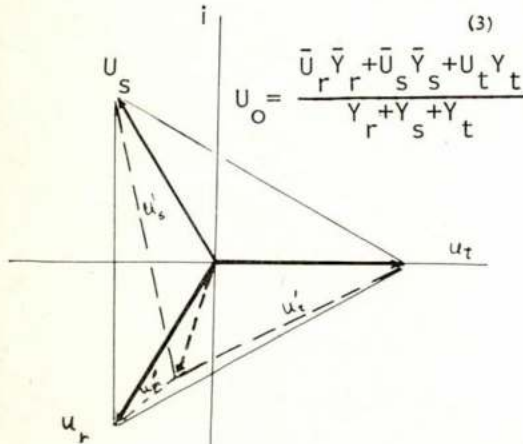
למערכת סימטרית זו נחבר 3 עכבות:



ציור 2

עכבות אלה שוות בערך המוחלט, אך שונות בערך רכיביהן. עקב זאת נקבל הזזה של „נקודת הכוכב. ראה (ציור 3).

הזאת „נקודת הכוכב” מחושבת לפי הנוסחה:—



ציור 3

א. שימוש במתקן הוריה (indication) המבוסס על מנוע תלת פזי זעיר עם 3 מוליכים לבדיקות כיוון הסיבוב. (זהו מכשיר קטן בגודל קופסת סיגריות שניתן לקנותו).

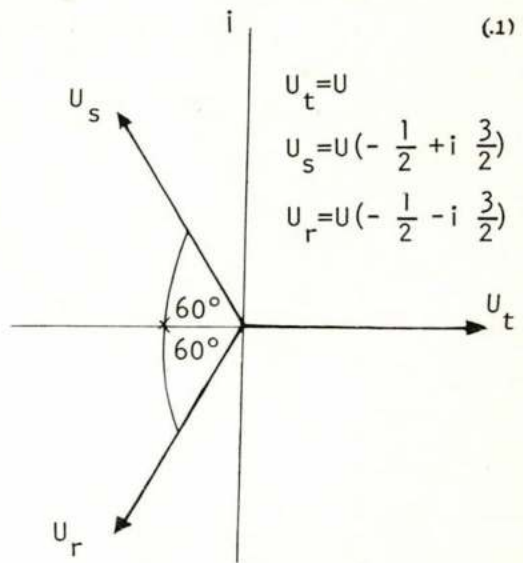
ב. שימוש במתקן המבוסס על עצמת הארה של נורות חשמל.

ג. שימוש במשקף תנודה (oscilloscope) בו ניתן לקבוע זווית פיגור או קידום של פזה אחת ביחס לרעותה.

ד. שיטה של „נסה וצפה”. שיטה זו אינה אפשרית בכל המקרים.

קביעת סדר הפזות ע"י נורות חשמל

בשיטה זו מנצלים תופעה ידועה בתחום ההספי קה התלת-פזית של „הזזת נקודת-הכוכב”, ע"י חיבור עומס בלתי-סימטרי למערכת הספקה תלת-פזית. תופעה שביסודה היא בלתי רצויה ומהווה מטרד במערכת, מוצאת כאן שימוש מועיל. מערך תלת-פזית ניתנת לתיאור בשיטת הרכיבים הסימטריים ע"י 3 מחוגים מוזזים בזווית של  $120^\circ$  (ציור 1), המחוגים שבצירור ניתנים לתיאור בשיטת החשבון הקומפלכסי:—



ציור 1

הפזות מבוסס על ההבחנה במיקום תאורה חלשה וחזקה של הנורות. המתקן הוא פשוט ובידי כל חשמלאי להתקינו. כשבורחים סליל בעל היגב מתאים להתנגדות הנורות או קבל בעל היגב מתאים להתנגדות הנורות.

**קביעת כיוון סיבוב של מנועים כשהם מפורקים בבית המלאכה**

שיטה מעשית נוספת קיימת לקביעת כיוון סיבוב של מנועים כשהם מפורקים בבית המלאכה:— מכניסים לחלל הסטטור של מנוע קטן (של מאור-רר או מכונת תפירה) כשהוא קבוע במסגרת עץ כך שיוכל להסתובב בתוך המסגרת כשחורים במסגרת העץ משמשים כמיסבים. מחברים את הסטטור למערכת החשמל (תלת-פזית) והרוטור יתחיל להסתובב בהשפעת השדה המגנטי בכיוון הסיבוב של הרוטור המקורי של המנוע.

שיטה נוספת היא בהנחת גולה של פלדה (ממיסב משומש) בחלל הסטטור המפורק ומחובר לזרם. הגולה תתחיל לנוע בכיוון השדה — המסתובב.

ערכי המוליכות של העומסים שחברנו יינתנו לפי הנוסחה (2)

$$(4) \quad \begin{aligned} Z_r &= R & \bar{Y}_r &= \frac{1}{R} = G \\ Z_s &= R & Y_s &= \frac{1}{R} = G \\ Z_t &= i\omega L & Y_t &= \frac{1}{i\omega L} = \frac{i}{\omega L} = -iG \end{aligned}$$

נציג ערכי נוסחאות (2) ו- (4) בנוסחה (3) ונקבל:

$$(5) \quad U_o = U \frac{(-\frac{1}{2} - i\frac{3}{2})G + (-\frac{1}{2} + i\frac{3}{2})G + (-G)}{G + G - iG}$$

$$= U \left( -\frac{1}{5} - i\frac{3}{5} \right) U_o$$

המתחים שיופיעו על העכבות:— לפי ציור 1.

$$\bar{U}'_t = U_t - U_o = U \left( 1 + \frac{1}{5} + i\frac{3}{5} \right) = U \left( \frac{6}{5} + i\frac{3}{5} \right)$$

והערך המוחלט של המתח של  $\bar{U}'_t$

$$\bar{U}'_t = 1,34U$$

$$\bar{U}'_s = U_s - U_o = U \left( -\frac{1}{2} + i\frac{1}{2} \right) - U_o = (-0,3 + i1,466)U$$

$$\bar{U}'_s = 1,5U$$

והערך המוחלט של  $\bar{U}'_s$

$$\bar{U}'_r = U_r - U_o = U \left( -\frac{1}{2} - i\frac{3}{2} \right) - U_o = (-0,3 - i0,265)U$$

$$\bar{U}'_r = 0,44U$$

והערך המוחלט של המתח של  $\bar{U}'_r$



מראה כיוון פזות

אנו רואים שעל פני הנגדים המחוברים לפזות r ו-s קבלנו מתחים שונים:  $0,44U$  ו- $1,5U$ , דהיינו יחס העולה על 3:1. בנורה כנגד יתבטא דבר זה בתפוקת האור. באופן מודגש יותר כיוון שתפוקת האור יחסית לריבוע המתח (למעשה למתח בגובה n שהוא בין 3-4). מכשיר נפוץ לקביעת סדר



# תנודות מתח במערכות הספק

אינג' צ' שגב M. Sc.

איכות אספקת האנרגיה החשמלית לצרכנים מאופיינת הן על ידי אמינות אספקה גבוהה (מיספר מזערי של הפסקות) והן על ידי שמירה על מתח אספקה קבוע ככל הניתן. מבחינת הצרכן יש יתרון גדול במתח אספקה קבוע אשר יאפשר תכנון ותפעול אופטימלי של הציוד. ברור שחברות החשמל אינן יכולות להבטיח מתח קבוע ממש לצרכנים, אלא מרווח מתחים (Voltage Spread) אשר בין קצותיו ישתנה המתח בהדרגה. (למשל בין 355 וולט ל-405 וולט במערכת מתח נמוך 380 וולט). מרווח המתחים לוקח בחשבון הן את מפלי המתח בין צרכנים שונים לאורך קו הזנה והן את השתנות המתח אצל כל צרכן כפונקציה של העומס הנצרך על ידו.

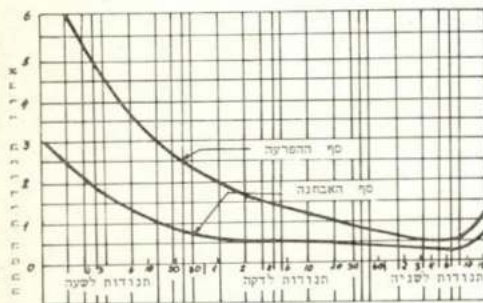
בנוסף לשינויים האיטיים בתוך מרווח המתחים, קיימות במערכת תנודות מתח מהירות בעלות אופי אקראי או מחזורי. בדרך כלל נגרמות תנודות אלו (Voltage Flicker) על ידי סוגי צרכנים מסויימים העלולים לעורר הפרעות אצל צרכנים אחרים המחוברים לאותה המערכת. לפני שניגש לדיון בגורמי תנודות המתח ובאמצעים להקטנתן, נסקור את מידת ההפרעה הנגרמת על ידן, ולגבולות התנודה המותרים.

## גבולות התנודה המותרת

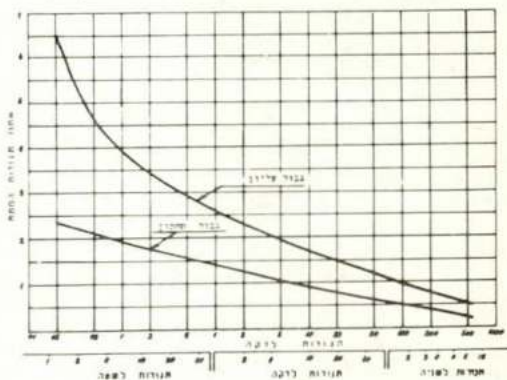
תנודות המתח גורמות להפרעות במיספר רב של מכשירים ומיתקנים חשמליים ביניהם: מחשבים, מכשירי טלוויזיה, מעגלי פיקוד ובקרה, נורות כספית, נורות פלואורוסצנטיות ועוד. אך ההפרעה העיקרית והבולטת ביותר היא זו הנובעת מנורות ליבון, כאשר מתח ההזנה שלהן נתון לתנודות. הסיבה לכך היא רגישותה הניכרת של עוצמת ההארה של נורת הליבון בתלות במתח ההזנה. עלית מתח ההזנה ב-5% תביא להגדלת עוצמת ההארה ב-19%. הקטנת מתח ההזנה ב-5% מן הערך הנקוב תקטין את תפוקת האור ב-17%. פרוש הדבר, ששינויים קטנים יחסית במתח ההזנה, "יוגברו" על ידי נורת הליבון ויתבטאו בשינויים ניכרים בעוצמת ההארה, אשר יובחנו על ידי העין האנושית, ומרמה מסויימת ואילך יגרמו אף להרגשת אינוחות. כמוכן קיים

כאן יסוד אינדיבידואלי חזק ויתכן אף שתנודות בעוצמת ההארה של נורת ליבון הגורמות להפרעה לפרט מסויים, אינן מורגשות כלל על ידי פרט אחר. סקרים סטטיסטיים שנערכו בנושא זה העלו שפרט לגודל מתח התנודה, מושפעת רגישות העין האנושית גם מתדירות הופעת התנודה. בתרשים מס' 1 מופיע תאור גרפי של גודל תנודת המתח המורגשת, וזו הגורמת להפרעות ל-50% מן הנבחים. מתברר ש-תחום התדירות שבו רגישות העין מכסימלית הוא בין 4 ל-10 תנודות לשניה, בתחום זה גורמות תנודות מתח של 0.5% בלבד להפרעות ל-50% מן הצופים.

חסרונם של סקרים מן הסוג האמור הוא בכך שהניבחים מודעים מלכתחילה לאפשרות של הפרעה, ולכן שיפוטם משוחד במידת-מה. פרט לכך



תדירות הופעת התנודות תרשים מס' 2 גבולות תנודות המתח המותרות בארה"ב



תרשים מס' 1 קשר בין תנודות המתח לתדירות הופעתן

## מכשירי ריתוך חשמליים

מכשירים אלו מופעלים במחזור המאופיין על ידי זרם גבוה במשך זמן קצר ולאחריו הפסקה, משום כך הם גורמים לתנודות מתח על הדקי צרכנים סמוכים.

בדרך כלל ממוקמים מכשירים אלו בבתי חרושת שהספקם הכולל גדול יחסית להספק הריתוך, ולכן אין מכשירי הריתוך גורמים להפרעות רציניות. אולם במיקרים מסויימים מוזנים מכשירי הריתוך ממערכת חלוקה חלשה יחסית אשר עליה יושבים צרכנים נוספים הצפויים להפרעות.

## מנועים בעלי עומסים משתנים

מנועים אלו מפעילים מכוונת לשימושים מיוחדים כגון: גריסת גושי סלע לחצץ, מחפרים, ציוד ער' גול וכד', המאופיינים על ידי שינויים אקראיים ניכרים בעומס הבאים לידי ביטוי במתח ההזנה.

## הפחתת רמת תנודות המתח לרמה מותרת

האמצעים הנהוגים להפחתת תנודות המתח לרמה מתקבלת על הדעת מפורטים להלן:

### שינוי סכימת ההזנה

המקום הקריטי מבחינת תנודות המתח היא נקודת ההזנה המשותפת לגורם ההפרעה ולצרכנים אחרים. למשל בתרשים מס' 3a מתואר מיקרה של צרכן גורם הפרעות המוזן באמצעות מיסעף מקו 22 ק"ו המוזן מתחנת משנה 150/22 ק"ו. נקודת ההזנה המשותפת במיקרה זה היא נקודה A. גודל התנודה באחוזים הוא ביחס ישר לעכבת (אימפדנס) הקצר של נקודת ההזנה המשותפת, נוכל להקטין עכבה זו באמצעים הבאים:

סגירת מפסק מקשר בפסי צבירה 22 ק"ו בתחנת המשנה (תרשים מס' 3b). פעולה זו תגדיל את הס' פק הקצר בכל המערכת המוזנת מתחנת המשנה, וכמובן גם בנקודה A. כמובן שהדבר עלול לגרום להקטנת אורך החיים של ציוד 22 ק"ו בתחנת המישה ואצל צרכנים.

בניית קו הזנה נפרד לצרכן יוצר ההפרעה (תרשים מס' 3). במיקרה זה תועבר נקודת ההזנה המשותפת מנקודה A לנקודה B (דהיינו פסי צבירה 22 ק"ו של תחנת המישה) שבה הספק הקצר גבוה יותר (עכבת הקצר נמוכה יותר).

במיקרה שהאמצעי הנוקט בסעיף הקודם אינו מספיק, כדאי לפעמים להתקין בתחנת המישה שנאי נפרד 150/22 ק"ו עבור העומס גורם ההפרעה (תרשים מס' 3d). במיקרה זה תועבר נקודת ההזנה המשותפת לנקודה C שבה הספק הקצר גבוה הרבה יותר מאשר במיקרים הקודמים.

מושפעות תוצאות הסקר מסוג הנורות, עוצמת ההארה ועוד. מסיבה זו לא נוצרו סטנדרטים כלליים למידת תנודות המתח המותרות, אלא כל חברת חשמל קובעת לעצמה עקומה או טבלה משלה. סקר שנערך בארה"ב בענין זה הראה הבדלים גבוהים יחסית בין חברות החשמל האמריקניות בעיקר בתחום תדירויות נמוכות (ראה תרשים מס' 2). בעוד שהמחמירים מרשים למשל, תנודות מתח של 2.25% כל חצי שעה, הרי המקלים מרשים בתדירות זו תנודות מתח של 5.5%.

## גורמי תנודות המתח

הגורמים העיקריים להופעת תנודות מתח הם כדלקמן:

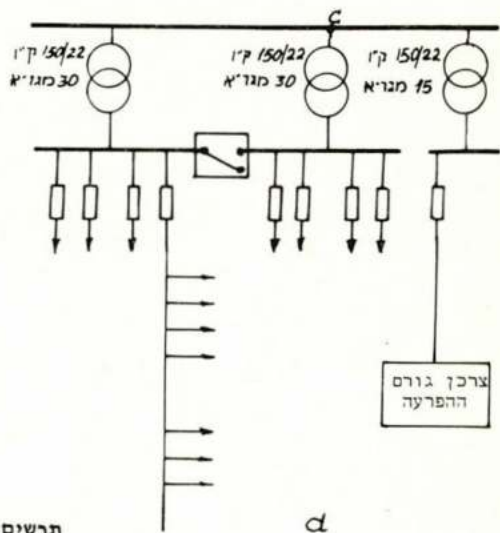
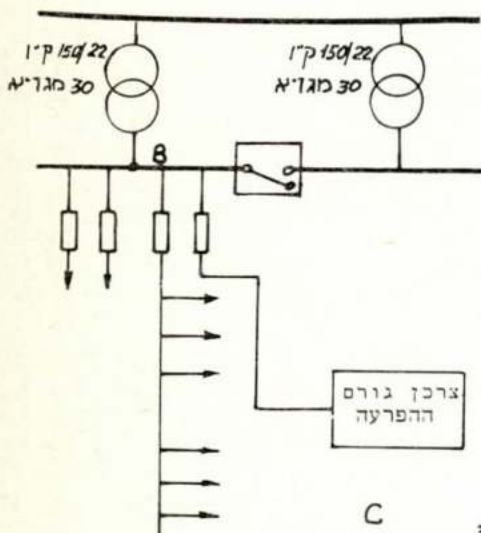
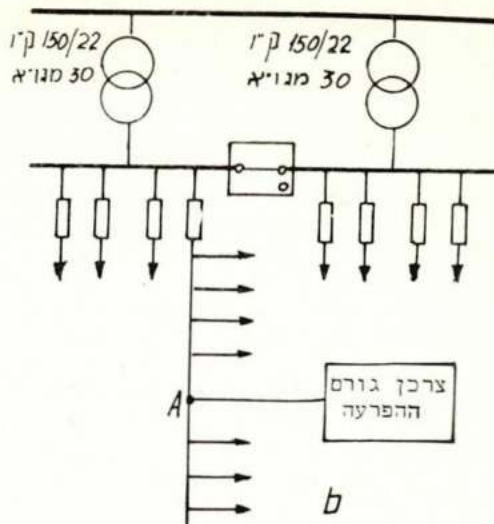
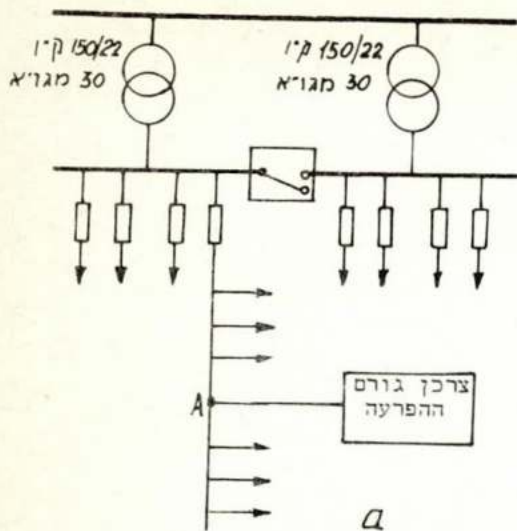
### התנתת מנועים

בזמן התנעה ישירה צורך מנוע-השראה זרם גדול פי 5-6 מן הזרם הנקוב שלו במקדם הספק ראקטיבי נמוך. זרם זה גורם לירידת מתח בזמן ההתנעה בפרופורציונליות (בקירוב) ליחס בין ההספק ה' עיוור הנצרך ע"י המנוע ברגע ההתנעה, להספק הקצר של המערכת בנקודת ההזנה למנוע. כך למשל מנוע של 50 קו"ט בעל זרם התנעה של 5 In המחובר ישירות להדקי שנאי של 200 קו"א ובעל היגב של 4%, יגרום ברגע התנעתו לירידת מתח של כ-7%. קפיצת מתח מעין זו עשויה להיות מותרת אם ה' מנוע ויתנע למשל, פעם ביממה. אך אם משטר הע' בודה של המנוע הני"ל הוא למשל 4 התנעות בשעה, יש לדרוש לדעתי מעבר לשיטת התנעה דרך אוטר טרנספורמטור, או כל שיטה אחרת שתקטין את קפיצת המתח למידה המותרת.

### תנורי קשת

תנורים אלו משמשים לקבלת פלדה משובחת מג' רוטאות. מחזור פעולתם מורכב מ-2 תקופות: תקופת פת ההתכה ותקופת הזיכוף. תקופת ההתכה מאור' פינית על ידי קצרים חלקיים אקראיים ובלתי סד' רים, הגורמים לקפיצות זרם חדות במקדם הספק נמוך.

בתקופת הזיכוף לאחר שהותכו הגרוטאות ואורכי הקשתות נשמרים יציבים מתיצב זרם התנור. לפי כך הבעיה העיקרית היא קפיצות המתח בזמן הה' תכה שתדירותו היא בדרך כלל בתחום 2-6 תנודות לשניה, דהיינו בתחום רגישות גבוהה של עין האדם לתנודות בעוצמת ההארה של נורות ליבון. גם לגבי תנורי קשת אין, בדרך כלל, תקנים מפורטים בעולם לצבי חיבורם לרשת. יש חברות חשמל המג' בילות את הספק שנאי תנור הקשת לחלק ה-80 או ה-100 מהספק הקצר של המערכת בנקודת הה' זנה לתנור. רק בבריטניה נקבעו המלצות מפורטות יותר הדורשות שבמשך 99% לפחות מזמן פעולת ה' תנור, לא יעלה מתח התנודה על 0.25% ממתח ההזנה.



תרשים מס' 3

שינוי סכמת ההזנה לשם הקטנת תנודות המתח

קן גורם ההפרעה צורך זרם גבוה ולהקטין את ההספק העיוור הנוצר בזמן שהמיתקן יוצר ההפרעה צורך זרם נמוך. בצורה זו נקבל הפחתה ניכרת של תנודות המתח.

#### צמדת מנוע-גנרטור

זהו פיתרון יקר ומשתמשים בו רק במיקרים קשים ביותר. בדרך כלל מוסיפים לציר הצמד גלגל תנופה לשם הגדלת מומנט ההתמדה שלו. עקרון הפעולה הוא ששינויי עומס הגנרטור מתבטאים בשינויים קטנים מאוד באנרגיה הקינטית של גלגל התנופה, וההשפעה על מתח ההזנה למנוע היא מינימלית.

#### שימוש בקבלים טוריים

לקבל טורי היגב (ריאקטנס) שלילי ובעזרתו ניתן להקטין את עכבת הקצר בנקודת ההזנה המשותפת, ובכך את תנודות המתח.

#### קומפנסטור סינכרוני

זהו למעשה מנוע סינכרוני העובד ללא עומס מכני (פרט לאיבודים) ומייצר או צורך הספק עיוור התלוי בזרם העיוור שלו. אם נבחר את הקומפנסטור הסינכרוני במקביל למיתקן גורם התינודות, ניתן באמצעות סכימת בקרה אוטומטית לייבטח אספקת הספק עיוור מוגברת בזמן שהמית-

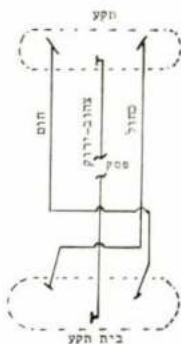


# תאונת השביל ולקחה

במדורנו נספר הפעם על שתי תאונות קטלניות. נתאר את העובדות ואת המסקנות כפי שנקבעו ע"י אינג' ו. זיס סגן מנהל ענייני החשמל במשרד המסחר והתעשייה.



## כיצד גרם כבל מאריך פגום לתאונה קטלנית



קוטב שמאלי והארקה קוטב תחתון). הארקה ב־ בית תקע זה היתה תקינה והיתה מאפשרת שריפת מבטיחים עד  $80 A$ .

### הלקח

לקח התאונה הוא פשוט למדי. אילו המכונה היתה מחוברת לבית תקע קבוע עם הארקה, התאונה היתה נמנעת והתקלה בכבל היתה מתגלה מייד. ברור גם שאילו, בנוסף לארקה, היה המתקן מוגן ע"י מפסק מגן, הוא היה מנתק את ההספקה למכונה הפגומה.

1. גב' ש. ז"ל נמצאה ללא רוח חיים, כשהיא מוטלת ליד מכונה הכביסה שבביתה. מכונת הכביסה בעלת מנוע  $250/750 W$  וגוף חמום  $2100 W$ , העומס המקסימלי של מכונת הכביסה הוא  $2350 W$ .
2. מכונת הכביסה היתה תקינה ומצב בדודה נמצא שווה ל- $2 M\Omega$ .
3. מכונת הכביסה חוברת באמצעות כבל מאריך לבית תקע במטבח. כבל מאריך זה נמצא לאחר בדיקתו פגום וכאשר מכונת הכביסה חוברת דרכו הופיע מתח  $230 V$  כלפי האדמה על גופה המי תכתי. בכבל המאריך היה פסק במוליך הארקה ובבית תקע המטלטל שלו היה מוגע מתכתי בין מוליך הפזה והארקה. סיבה זו גרמה להעברת מתח של  $230 V$  כלפי האדמה על גוף מכונת הכביסה. מצב החבורים בכבל המאריך מוסבר בתרשים:
4. כל החבורים בתקעים ובבית התקע המטלטל נעשו באופן בלתי מקצועי ורשלני.
- בית התקע במטבח שאילו חובר הכבל המאריך היה בעל חבורים תקינים (פזה קוטב ימיני, אפס

## מיתקן התאורה שהחשיך חייו של נער השוליה

מטלטל ובקצה השני חסר תקע והגידיים כחול ושחור לופפו סביב פיני פזה ואפס של תקע המי קרר. מוליך הארקה (צהוב-ירוק) לא היה מחובר בצד זה.

ד. הנער נהרג כאשר החזיק בבית הנורה הנזכר בסעיף ג' 2 וחברו, תקע לפי בקשתו תקע מקרר לבית תקע אשר באולם סמוך ובצורה זו חובר מיתקן תאורה מאולתר לרשת החשמל.

ה. הנער היה בשעת התאונה יחף וזמן קצר לאחר הרחצה.

ו. רצפת הפח של המחסן היוותה הארקה אידאלית בעלת התנגדות  $1.5 \Omega$ .

### מסקנות

- א. הנער חסן נהרג כתוצאה מסגירת מעגל חשמלי בין מוליך פזה חשוף אשר בבית המנורה ובין רצפת פח שהיא הארקה אידאלית.
- ב. התאונה קרתה אך ורק כתוצאה משמוש במיתקן מאולתר ומסוכן ביותר.

א. הנער חסן נהרג כאשר החזיק בידו מתקן תאורה מאולתר, במחסן המשמש מנורים של פועלים ער־ביים, בסביבות ת"א.

ב. המחסן בנוי בצורת גלריה עשויה מקונסטרוקציות מתכת. עם רצפת פח.

ג. מתקן התאורה המאולתר כלל את האביזרים הבאים:

1. נורה  $500 W$ .
2. בית נורה שבור בעל הברגה  $E 40$ . חלקים חיים (אפס ופזה) של בית נורה זה היו חשופים. לבית הנורה היו מחוברים 3 חוטים בלתי גמישים: פזה, אפס והארקה, כאשר זה האחרון חובר ל־ חרסינה של בית הנורה. בסוף שלושת חוטים אלה חובר תקע תלת פיני שהיה מחובר לבית תקע מטלטל בסוף הכבל המאריך.

3. כבל המאריך תלת־ינגדי. הגידיים היו מסומנים בצבעים הבאים: כחול, שחור וצהוב־ירוק. בקצה אחד של הכבל המאריך היה מחובר בית תקע

# חידון בקיאות בתחילת החשמל

## חידון מס' 16

- מתקן חד פזי בבית מגורים ניוון מלוח שמספר המעגלים היוצאים ממנו למתקן הוא 4.
  - א. איז צורך להתקין מבטח ראשי אך יש צורך במפסק ראשי.
  - ב. חובה להתקין מפסק אוטומטי ראשי דרקוטבי או חד קוטבי. במקרה של חד קוטבי, עליו להיות מותקן במוליך הפזה.
  - ג. חובה להתקין מפסק אוטומטי רק בתנאי שהמוליך המזין את הלוח הוא בחתך של 6 מ"ר לפחות.
  - ד. חובה להתקין מפסק אוטומטי שיכלול גם ממסר פחת שיפעל כאשר זרם הדלף לאדמה עולה על 30 מיליאמפר.
- לשימוש ביתי רגיל (למעגל שאיננו כולל מנועים) המפסק החצי אוטומטי המיועד להבטחת המעגל יהיה בעל אופיין:
  - א. H או L
  - ב. G או L
  - ג. G או H
  - ד. כל התשובות נכונות.
- שיטת ההגנה שבה מותר להשתמש אך ורק על פי היתר מאת מנהל עניני החשמל ובהתאם לתנאי החיתור, היא:
  - א. הגנה ע"י שימוש במתקן מתח נמוך מאד.
  - ב. הגנה ע"י איפוס.
  - ג. הגנה ע"י מפסק מגן הפועל במתח תקלה.
  - ד. הגנה ע"י הפרד.
- כאשר יש במתקן מספר לוחות משנה בנוסף ללוח הראשי חובת החתקנה של מפסק ראשי בכל לוח משני הוא:
  - א. בכל מקרה.
  - ב. רק אם המרחק בין הלוח הראשי ללוח המשנה עולה על 3 מטר.
  - ג. אין צורך במפסק בלוח המשנה אם יוצאים מלוח המשנה פחות מ-6 מעגלים.
  - ד. בכל מקרה למעט מהמקרים הבאים:
    - (1) כאשר המרחק בין הלוח הראשי ללוח המשנה אינו עולה על 3 מטר.
    - (2) כאשר קיים קשר עין בין מקום הלוח הראשי ומקום לוח המשנה.
    - (3) כאשר קיים מעבר חופשי בין מקום הלוח הראשי ומקום לוח המשנה.
- מה הם סוגי הבנינים אשר בתוכם מותר להתקין טרנספורמטורים בשמן?
  - א. מותר להתקין טרנספורמטורים בשמן בכל בנין.
  - ב. מותר להתקין טרנספורמטורים בשמן בכל בנין בתנאי שיהיו בו פתחי אוורור.
  - ג. אסור להתקין טרנספורמטורים בשמן בתוך מבנה סגור.
  - ד. טרנספורמטורים בשמן שהספקם אינו עולה על 10 קו"א לכל יחידה, מותר להתקין בתוך כל בנין בתנאי שגוף הטרנספורמטור לא יהיה במגע עם חומרים דליקים.
- מהו מספר התקני ההפסקה הקטן ביותר בהם צריך להיות מצויד מפסק אוטומטי להגנת מנוע בפני עומס יתר.
  - א. לפחות 2 הגנות בהזנה תלת-פזית והגנה אחת בהזנה חד-פזית.
  - ב. לפחות 2 הגנות בהזנה תלת-פזית ו-2 הגנות בהזנה חד-פזית.
  - ג. לפחות 2 הגנות בהזנה תלת-פזית, אין צורך בהגנה בהתקנה חד-פזית בתנאי שהספק המנוע לא עולה על 3 כ"ס.
  - ד. לפחות הגנה אחת בכל אחת משיטות ההזנה (חד-פזית או תלת-פזית).
- מה צריך להיות הקוטר הפנימי המינימלי המותר של צינור אשר הושחלו לתוכו 3 מוליכים בעלי שטח חתך של 10 מ"ר כ"א ומוליך אחד בעל שטח חתך 6 מ"ר.
  - א. 16 מ"מ
  - ב. 23 מ"מ
  - ג. 29 מ"מ
  - ד. 36 מ"מ
- לא ישתמש אדם בהגנה ע"י שיטת "הפרד" אלא במתקן:
  - א. שמתחו אינו עולה על 250 וולט לאדמה.
  - ב. המתקן הנו בעל זרם קיבולי פעוט שלא יגרום הלם חשמלי מסוכן.
  - ג. המתקן נמצא כולו בתוך אותו מבנה ובנפרד ממתקני חשמל אחרים.
  - ד. כל התשובות נכונות.

סמן בעגלה את התשובה הנכונה, ציין את שמך וכתובתך, גזור ושלה לפי כתובת המערכת.

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

תשובות תתקבלנה עד 30.4.77

השם

הכתובת

(אם ברצונך לשמור על שלמות החידון, כתוב את התשובות על דף נפרד).

בין הפותרים נכונה את החידון יוגרלו פרסים.

## פתרון חידון מס' 15

שאלה 1 (א)	שאלה 3 (א)	שאלה 5 (ג)	שאלה 7 (ג)
שאלה 2 (א) ר(ד)	שאלה 4 (א)	שאלה 6 (ב)	שאלה 8 (ד)

### הערות והארות לחידון

**לשאלה מס' 1 — התשובה הנכונה (א)** ראה: תקנות בדבר התקנת מובילים 1965 (תקון מיום 18.6.75) תקנה 6 סעיף 54/5, „צנור פלסטי כפיף שאינו כבה מאליו — התקנה סמויה בלבד — במתקנים ביתיים ובמקומות המיועדים לבתי מלאכה ולבתי חרושת, שאין בהם סכנה של התלקחות אש או התפוצצות מחומרים דליקים או נפיצים“.

**לשאלה מס' 2 התשובה הנכונה (א) ו(ד)** ראה: תקנות בדבר כללים להתקנת לוחות במתח נמוך סעיף 34/2; „ניזון מתקן ביתי מלוח ראשי יותקן למתקן מפסק אוטומטי ראשי לפי הוראות אלה: (2) מפסק אוטומטי חדיקוטבי או דיקוטבי, אם ההספקה היא חדיפאית, מותקן מפסק אוטומטי חדיקוטבי, ינתק מוליך הפזה“.

בנוסח הישן של תקנות לוחות נאמר: „כאשר האספקה היא חדיפאית חייב המפסק האוטומטי הראשי להיות דיקוטבי כדי שינתק גם את מוליך הפזה וגם את מוליך האפס“.

בהתאם לנוסח החדש של התקנות שפורסם במאי 1976 אך תחולתו היא החל ממאי 1977, מותר מפסק חדיקוטבי במקרה הנ"ל, בתנאי שינתק את מוליך הפזה לפיכך אפשר לראות כנכונות גם את התשובה (א) וגם את התשובה (ד).

**לשאלה מס' 3 התשובה הנכונה (א)** ראה: תקנות בדבר כללים להתקנת לוחות במתח נמוך פרק שביעי סעיף 40: „אין לצייד מפסק בהתקן המאפשר נעילתו במצב מחובר אלא לפי היתר מאת מנהל או החברה להספקה“.

**לשאלה מס' 4 התשובה הנכונה (א)** ראה: תקנות מובילים תשכ"ו 1905 פרק שלישי סעיף ב/8: „בהתקנה סמויה מתחת לטיח יוכנס צנור מגן לחריצים עשויים בתוך קירות, תקרות, עמודים או חלקים קבועים של המבנה ובלבד שעומק החריצים יעלה ב־5 מ"מ לפחות על הקוטר החיצוני של צנור המתקן“.

**לשאלה מס' 6 התשובה הנכונה (ב)** ראה: תקנות הארקות או הגנות אחרות 1962 סעיף 10: „שיטה בלתי מאורקת במתח נמוך תצויד במקור הזינה במכשירים שיצינון שהבידוד של המתקן הוא לקוי. סעיף 12: ציינו המכשירים האמורים בתקנה 10 שהבידוד של המתקן הוא לקוי יוחזר הבידוד למצב תקין“.

**לשאלה מס' 7 התשובה הנכונה (ג)** ראה: תקנות החשמל הארקות או הגנות אחרות תשכ"ב (1962) פרק רביעי סעיף 29: „יאפשר אימפדנס של מעגל הארקה במתקנים למתח נמוך פיתוח זרם לאדמה פי שניים וחצי לפחות מהזרם הנומנלי של נתיך במעגל או אחד וחצי לפחות מזרם ההכוונה של המפסק האוטומטי של המעגל או יאפשר מצב שבשום חלק מהמתקן לא יתהווה מתח תקלה מעל 65 וולט“.

מצב שבשום חלק מהמתקן לא יתהווה מתח תקלה מעל 65 וולט“.

**שאלה מס' 8 התשובה הנכונה (ד)** ראה: כללים לאספקת חשמל לצרכנים

(א) במקרה שמקדם ההספק יהיה לא פחות מ־0.7 — הוספה בשיעור של 0.7% מן המחיר בעד כל 0.01 ממקדם ההספק החסר להשלמת מקדם ההספק עד 0.85;

(ב) אם מקדם ההספק יהיה לא פחות מ־0.6 — הוספה בשיעור של 1% מן המחיר בעד כל 0.01 ממקדם ההספק החסר להשלמת מקדם ההספק עד 0.85;

(ג) אם מקדם ההספק יהיה פחות מ־0.6 — הוספה בשיעור של 1.5% מן המחיר בעד כל 0.01 ממקדם ההספק החסר להשלמת מקדם ההספק עד 0.85“.

(סעיף 5) — „על הצרכן לנקוט בכל האמצעים הדרושים על מנת להבטיח שמתקנו יפעל במקדם הספק שלא יהיה פחות מ־0.85 בכל זמן שהוא“.

(2) בהתאם לתעריפי החשמל (סעיף 25) — „תשלום בעד מקדם הספק נמוך — על הצרכן לנקוט בכל האמצעים הדרושים כדי למנוע ממקדם הספק שהיה פחות מ־0.85 במקרה שמקדם ההספק יהיה באיזה זמן שהוא פחות מ־0.85, ישלם הצרכן, נוסף על המחירים הרגילים, הוספה כלהלן, מבלי שתשלום זה יפטור אותו מן ההתחייבות לנקוט בכל האמצעים, כדי להביא את מקדם ההספק ללא פחות מ־0.85“.

3. בן יהודה יהודה, קבוץ דפנה, ד"ר גליל עליון.
4. היילפר משה, קבוץ כרם שלום, ד"ר הנגב.
5. טרטקובסקי משה, רח' מרוזן 15/4, אשדוד.
6. יהושע אביגדור, קבוץ מנרה, ד"ר גליל עליון.
7. קופרברג זאב, שד' משה שרת 27 קרית ים.
8. רוזן משה, רח' אלופי צה"ל 18, חולון.
9. שלמה רה, קבוץ גן שמואל, ד"ר שומרון.
10. שדה מיכאל, קבוץ הזורע.

כסך הכל הגיעו 142 פתרונות מהם 42 נכונים. בין בעלי הפתרונות הנכונים הוגרלו פרסים אשר ישלחו לזוכים.

### הזוכים בהגרלה הם:

1. אבישי רוני, קבוצת כפר המכבי.
2. אייזיק יצחק, הפלמ"ח 35/7, קרית שמריהו, חיפה.

מחוסר מקום, אין לנו אפשרות לפרסם את דמימת שאר בעלי הפתרונות הנכונים.



חלק ממשנתפי „התקע  
המצדיע" בע"פ — יום  
עיון לחשמלאים, תל-  
אביב (ינואר 1977).

המרצה אינג' נ' פלג  
ב„עימות" ישיר עם  
המהנדס הותיק אינג'  
ב' גור.



משתתפי יום העיון  
בחיפה, (בינואר 1977)  
בהאזנה להרצאתו של  
אינג' א' ירום.