

# התקע המצדיע



ע ל ו ן ל ח ש מ ל א י ם

בהוצאת חברת החשמל לישראל בע"מ



ספטמבר 1976

מס' 15

## תוכן העיניים

3	. . . . .	הצעות מעשיות ליעול וחיסכון בצריכת החשמל
4	. . . . .	מכתבים למערכת
5	. . . . .	בדיקות של מתקני חשמל בבתים שנבנו לפני 25 שנה
6	. . . . .	אמצעי בטיחות במתקני חשמל במתח גבוה
10	. . . . .	תאורה אופטימלית בעת הצפיה בטלוויזיה
11	. . . . .	מפסקים אוטומטיים — וישומם הנכון במתקני חשמל
14	. . . . .	שיפור מקדם ההספק במפעל
15	. . . . .	שיקולי חיסכון אנרגיה בתכנון מתקני חשמל
18	. . . . .	איך להגביר את הבטיחות של זודי מים חמים
<b>מ'ר מודעות — שרות פרסומי</b>		
19	. . . . .	יעול וחיסכון בצריכת החשמל לצרכן תעשייה — ציפיות ותוצאות
24	. . . . .	חיסכון אנרגיה במיתקני מאור
28	. . . . .	על יעול וחיסכון בצריכת החשמל של מזגן האויר
30	. . . . .	בטיחות בשימוש במכשירי חשמל
31	. . . . .	ימי עיון לחשמלאים „התקע המצדיע“ בע"פ
32	. . . . .	השפעות של זרם חשמל העובר בגוף האדם
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. ציטרון

כחובת המערכת :

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

הדפסה :

דפוס ואופסט נורמן, חיפה.

**בשער: עבודה, במתקן חי**

**- מתח גבוה בחברת החשמל**

# השתמש בחשמל בתבונה



## הצעות מעשיות לייעול וחיסכון בצריכת החשמל

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

### חיסכון בחשמל לתאורת חלונות ראוה

נורה פלואורסצנטית תדלק בחלון הראווה אולם שאר מנורות הליבון הפרוז'קטוריות תהיינה כבוי יות.

לחלון יוצמד מבחוץ לחצן, ומערכת השהייה בדומה לזו המותקנת בחדרי מדרגות. אדם העובר ברחוב, רואה את המוצגים ומועניין בפרטים, ילחץ על הכפתור (המואר עם נורית ניאון קטנטנה) ויקבל את הפרטים הנוספים בתאורה חזקה, לאחר 10-30 שניות תכבנה נורות הליבון ותשאר דלוקה רק הנורה הפלואורסצנטית. כדי להחזיר לעוברים ושבים את תודעת החיסכון אפשר להוסיף שלט קטן ליד הלחצן: „במסגרת המבצע — השתמש בחשמל בתבונה“.

מוצע ע"י דוד סגל, ראש"צ

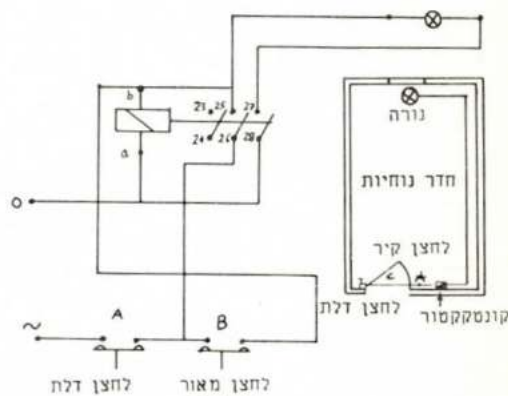
### שיפור אמצעי ההפעלה של מערכות תאורת רחובות ודרכים

לא אחת ניתן לראות ברחובות או בדרכים בין עירוניות את מערכת התאורה כשהיא מופעלת בצהרי היום. לשני אמצעי הפיקוד המקובלים יש חסר רונות. „התא הפוטואלקטרי“ עלול להפעיל את התאורה ביום מעונן או עקב זיהום התא ע"י ציפורים וגורמים אחרים, ואילו את השעון יש לכוון לעיתים קרובות בהתאם לשנוי באורך היום והלילה, שילוב של שני האמצעים יחד, השעון והתא הפוטואלקטרי יבטיח פיקוד יעיל יותר ועקב כך לייעול וחיסכון בצריכת החשמל של מערכת התאורה, השעון לדוגמא יאפשר הפעלה בין השעות 18.00 ל-6.00 והתא הפוטואלקטרי יפעיל את המערכת בתחום זמן זה לפי תנאי התאורה.

מוצע ע"י א. עמלי, גונן

### מערכות הפעלה לחיסכון בתאורת חדרי שרותים

חדרי השרותים בפרט במיבני ציבור ומשרדים, הם בדרך כלל מקום בו נמצאים לפרקי זמן קצרים, נכנסים אליהם, מדליקים את האור וכך הוא נשאר בדרך כלל זולק רוב שעות היום וגורם לבזבז חשמל, לשריפת נורות חשמל וכן לשריפת בתי נורה וכל הדברים הקשורים בכך. להלן מתוארת המערכת המומלצת.



תהליך ההפעלה

1. כאשר הדלת C פתוחה אין אפשרות להדליק הנורה.
2. כאשר סוגרים את הדלת C לוחצים על B הנורה דולקת.
3. בגמר השימוש ע"י פתיחת הדלת אנו מנתקים את המעגל.

ע"י הפעלה של מערכת תאורה זו בחדרי השרותים אנו מבטיחים את כיבוייה של נורת החשמל בזמן פתיחת הדלת וע"י כך לחיסכון בחשמל.

מוצע ע"י פרלמן אהרון

תל-אביב

# מתקנים ומסרכת

## מתקן עזר לאיתור תקלות הגורמות להפעלת מפסק מגן לזרם דלף

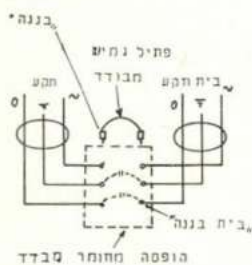
מצאתי ענין במאמר „איך לחפש תקלות במתקן ביתי המוגן ע"י מפסק מגן" שהתפרסם בחוברת מס' 14.

במאמר הוסבר איך ניתן לבנות מכשיר עזר פשוט היכול לשמש לאיתור מקור התקלה שבגללה פעל מפסק המגן לזרם פחה, כולל סכימה חשמלית של המכשיר.

רציתי לקנות מכשיר כזה אך לצערי אין הוא בנמצא בחנויות חשמל.

אודה לכם באם תאמרו לי היכן ניתן לרכשו.

כתריאל גרשון, תל-אביב



לפי מיטב ידיעתנו אין להשיג מכשיר זה המתואר במאמר הנ"ל. אבל כל חשמלאי יכול לבנות לעצמו את המתקן.

להלן הצעה מעשית לבניית המתקן (ראה תרשים):

1. על קופסה פלסטית יש להרכיב 6 „בתי-בגנה" מול 3 זוגות, „פזה" מול „פזה", „הארקה" מול „הארקה", „אפס" מול „אפס".

2. ל-3 „בתי-הבגנה" משמאל יש לחבר את הגידים של פתיל גמיש מבודד באורך של כ-מטר עד מטר וחצי. על קצהו השני של הפתיל הזה יש להרכיב תקע רגיל תלת-פיני.

3. ל-3 „בתי-הבגנה" מימין יש לחבר את 3 הגידים של פתיל דומה לנ"ל אשר בקצהו השני מורכב בית תקע מטלטל תלת-שקעי.

4. יש להכין 3 גשרים גמישים חד-גדיים מבודדים שבכל קצה שלהם מורכבת „בגנה".

בעזרת מתקן כזה כשהוא מחובר בין המכשיר החש"מלי לבין מקור הזינה ניתן לגרום לפסק בהארקה, להחליף בין חיבורי פזה ואפס וכו'.

**אזהרה!** המתקן מיועד לשימוש של חשמלאים בעלי מקצוע בלבד, כי כאמור אפשר בעזרתו לבטל למשל את ההארקה וכן ישנם מצבים שבהם יופיע מתח על חלקים נגיעים של „הבגנות".

## הגנה על מפסק מגן לזרם דלף

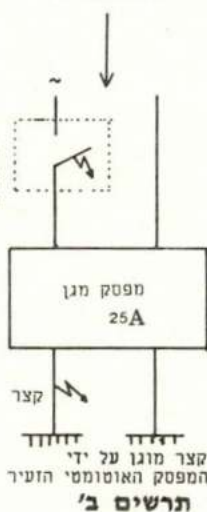
בעמוד 9 של חוברת מס' 14 לא הבנתי את האמור בקטע המצוטט להלן:

„... אשר לסכמת חבורים של הלוח — אם מותקן בלוח מפסק מגן לזרם דלף, הרי, לפי הוראות רוב היצרנים — יש להתקין את ההגנה במעלה האספקה וזאת על מנת למנוע נזק אפשרי למפסק באם יתפתח קצר ביציאה מהמפסק ולפני הכניסה להגנה"...

אשמח לקבל הסבר נוסף עם תרשים סכמטי.

נחום אלי, יפו

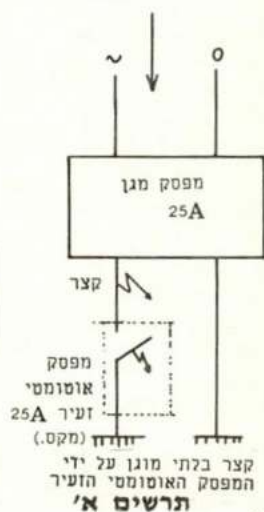
מעלה האספקה



קצר מוגן על ידי המפסק האוטומטי הזעיר

תרשים ב'

מעלה האספקה



קצר בלתי מוגן על ידי המפסק האוטומטי הזעיר

תרשים א'

כדי להבהיר את האמור במאמר, להלן תאור 2 המצבים האפשריים לחיבור המפסק האוטומטי הזעיר ביחס למפסק המגן לזרם דלף.

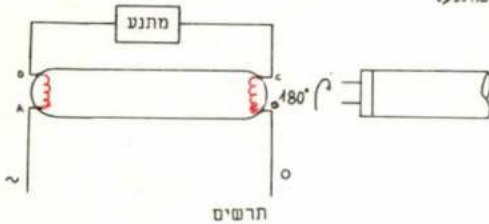
במקרה א' המתואר בתרשים הימני מותקן מפסק המגן לפני המפסק האוטומטי ולפיכך אם מתפתח קצר בין פזה ואפס ביציאה ממפסק המגן הרי שקצר זה יופסק רק ע"י ההגנה העורפית (Back-up protection) האמורה להיות מכוונת לערכים גבוהים יחסית. לכן עד שיופסק זרם הקצר עלול להזיק מפסק המגן.

במקרה ב' המתואר בתרשים השמאלי מותקן מפסק המגן אחרי המפסק האוטומטי ואז אם יתפתח קצר כמתואר לעיל הרי שמפסק המגן מוגן בצורה אותה בפני התוצאות של זרם הקצר.

בגלל היווצרות „נקודה חמה“ על פני הקטודה בשפופרות פלואורסצנטיות שהגיעו לקראת „קץ“ חייהן.

חושבני שמצאתי פיתרון לבעיה זו :

מסתבר שחלק האנודה הפולט את האלקטרונים (שאותו אפשר לזהות בראיה ע"פ התלהטותו אם מביטים מקצות הנורה בזמן עבודתה) נמצא לרוב בחלק הקרוב למקור המתח ולא בחלק המחובר למתנע.



די להפוך את הנורה כך שמגע A ו-D יתחלפו ובהתאמה מגעי B ו-C יתחלפו. הנקודה החמה תנדוד עתה על פני חלק „חדש“ של הקתודה שמתפקד בצורה תקינה ויש עליו שכבה פולטת אלקטרונים. — ההפרעות למקלטים יפסקו. פתרון זה אינו תיאורטי בלבד. ניסיתי אותו מספר פעמים במקרים דומים ואכן ההפרעות נעלמו לחלוטין.

מני שפירא, תל-אביב

האם אין לחברה כוונה להוציא לאור תקנות לחיבורי מתח גבוה לצרכנים גדולים? מה הסיכויים להוצאת הנחיות לתפעול מתקני מתח גבוה ע"י צרכנים גדולים?

י. שורמן, רחובות

אנו ערים לעובדה כי בשנים האחרונות הולך וגדל מספר הצרכנים המקבלים את האספקה במתח גבוה אשר מפעילים ומתחזקים את מתקניהם בכוחות עצמם.

בשלב זה לא הוצאו עדיין הוראות ארציות מלאות מטעם חברת החשמל בהתייחס למתקני מתח גבוה. מהנדסי החברה בכל מחוז מתייחסים לכל מפעל המקבל את האספקה במתח גבוה באופן ספציפי בתאום עם הצוות הטכני של המפעל, בכל הנוגע לתכנון, לבדיקות הקבלה ולנוהלי התפעול והתחזוקה.

יש לקוות שבעתיד יגובשו נוהלים כלל-ארציים לאור הנסיון אשר נרכש בשטח זה במשך השנים.

מניעת הפרעות למקלטי רדיו וטלוויזיה

במאמר על תפעול מתקני תאורה פלואורסצנטית („קובץ התקע-המצדיע“ עמ' 195 — חוברת 7) מתראת ההפרעה למקלטי רדיו וטלוויזיה, בין היתר

## בדיקות של מתקני חשמל בבתים שנבנו לפני 25 שנה

ארגון קבלני החשמל באנגליה החליט להציע בדיקות חינם של מתקני החשמל, בדירות שנבנו לפני 25 שנה. מספר דירות אלו מגיע באנגליה, לכ-2 מיליון יחידות.

הקבלנים יערכו את הבדיקה ללא כל התחייבות מצד הצרכן, אך מדגישים כי המדובר בבדיקה חלקית.

הבדיקה החלקית תכלול:

1. העכבה של לולאת ההארקה.
  2. רציפות מערכת ההארקה במתקן.
  3. בידוד המעגלים.
  4. ביקורת חזותית של לוחות המבטחים, חיבורים, בתי תקע, נקודות מאור ותוספות למתקנים המקוריים.
- במידה והבדיקה הני"ל תצביע על קיום ליקויים במתקן יומלץ בפני הצרכן להזמין בדיקה יסודית ולדאוג לביצוע התיקונים המתחייבים. התוכנית הני"ל מופעלת בתקופה שבה יש להרבה קבלנים עודף של כוח עבודה, אך לאמיתו של דבר נשקלה על ידם זה מספר שנים. בשלב זה מכוונת התוכנית לגבי דירות, ומתכננים להרחיבה לגבי מתקנים של תעשייה זעירה, בתי מסחר וחקלאות. אולי מאמר זה יעורר את הקבלנים בארץ לנקוט יוזמה דומה בנושא חשוב זה.

חורגס ע"י אינג' ה. גינדס מתוך — Electrical Times — מרס 1975

# אמצעי בטיחות במתח גבוה

אינג' ה' גינדס

אנחנו בני האדם, איננו מסוגלים לגלות את קיום המתח החשמלי באמצעי התחושה הטבעיים שלנו. לשם כך אנו חייבים להשתמש באמצעי עזר לגילוי. על כן, קורה שהחשמלאים, אשר בעת עבודתם פעלו ללא מחשבה מספקת או עשו טעויות, היו קורבנות של תאונות שנגרמו ע"י זרם חשמלי. לצערנו, האדם כפי שמלמדות אותנו חקירות גורמי התאונות, נוטה לקלות דעת באשר לנקיטת אמצעי בטיחות, הקשורים בעבודתו היומיומית. בגלל היום-יומיות של עבודתו, הוא נוטה לזלזל בסכנה, וכאשר הוא נעמד פתאום, לפני אירוע בלתי-שיגרת, הוא עלול למצוא את עצמו חסר אונים.

## הצורך בתקנות

אמצעי הבטיחות, מיועדים להגן על החשמלאי מפני הגורמים הבלתי צפויים העלולים לפגוע בו. הוראות הבטיחות חייבות להיות מנוסחות בפרוט-רוט ותקנות ממשלתיות חייבות לתת להן תוקף חוקי.

נכון הוא, שאמצעי הבטיחות שיש לנקוט, מחייבים הפסקה בין הכנת העבודה לביצועה. החשמלאי הממחר עלול לראות בכך מטרה, הפרעה ברצף העבודה.

שומה על הממונה להחזיר בעובדיו, באופן ברור וקולע, את הוראות הבטיחות הדרושות לטיפול במתקני מתח גבוה, וזאת על מנת שהוראות אלה יקוימו לפני תחילתה של כל עבודה, העומדת להתבצע במתקן.

## המורשים

במפעל, יש צורך לקבוע קודם כל את מהנדס החשמל הרשאי לתת הוראות בכתב ובעל-פה, לביצוע פעולות ועבודות במתקני מתח גבוה. מהנדס זה מורשה לחתום על פקודות העבודה, הוא רשאי לתת כל הוראה לגבי התפעול והתחזוקה של מתקני המתח-הגבוה, בזמן עבודה רגילה ובזמן של תקלה. יש לקבוע את האנשים האחראים לביצוע פעולות ועבודות במתקני מתח גבוה. חשמלאים אלה רשאים לבצע לפי פקודת עבודה חתומה על ידי המהנדס המוסמך את הפעולות להלן:

\* הוצאת מתקני מתח גבוה מניצול.

\* התקנת מקצרים במתקן מתח גבוה לצרכי העבודה.

\* ניהול העבודה במתקן מתח גבוה.



מארק מקציר



מוט הברגה

תמונה מס' 1

נוסף לשני סוגי העובדים שהוגדרו לעיל, יעזרו לחשמלאים האחראים, חשמלאים עוזרים שיהיו רשאים להחזיק את המפתחות של מתקני המתח הגבוה, לעשות ביקורת חזותית של מתקני מתח גבוה, ולהיות משיחים בזמן ביצוע עבודות במתקנים אלה.

על הרשות המוסמכת לקבוע את התנאים הדרושים כדי למלא אחר הדרישות שהוזכרו לעיל. אין ספק כי המיומנות במתקני מ"ג, הנדרשת היום בתקנות בדבר רשיונות לחשמלאים, אינה מספיקה כלל וכלל.

העובדים הנ"ל חייבים להיבחן בידעוניהם במתקני חשמל למתח גבוה, בצורות הפעלתם, בתפעולם ובאחזקתם. הם חייבים להיות כשרים מבחינה רפואית ולהיות בקיאים בעזרה הראשונה הנוגעת לחבטות חשמל.

## עקרונות בטיחות במתקני מתח-גבוה

עקרונות הבטיחות המתומצתות ביותר כוללות:

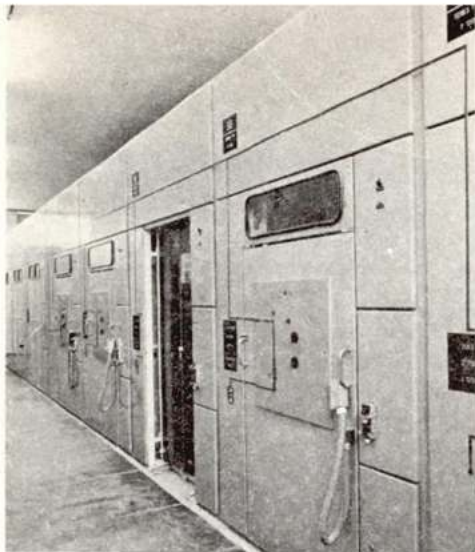
### בכל מקרה:

1. מניעת אפשרות של נגיעה במתקן חי, על ידי שמירת מרחק בטיחות בין המתקן לבין העובד. זאת על ידי הרחקה, הגבהה או התקנת מחיצות וסגירות מתאימות.

### לצרכי עבודה:

2. ניתוק כל ההזנות לקטע שיש לעבוד בו.
3. נעילה וסילוט המונעות החזרת המתח לקו.
4. בדיקת העדר מתח במתקן.
5. הארקה והקצרת המתקן.
6. גזר ומניעת כניסה לחלקים החיים של יתר חלקי המתקן.

חשוב מאוד שאמצעי ההגנה המסופקים לצוות העובדים, ובמיוחד אמצעי ההקצרה וההארקה, יהיו חזקים, פשוטים יעילים ונוחים לשימוש. הם חייבים להימצא, בכל עת, מוכנים לשימוש במקומם ובכמות מספקת.



תרשים סינופטי, סימון ברור, סגירת הפתחים, פיקוד מתח נמוך בחא נפרד, שטיח גומי, סדר ונקיון מוסיפים לבטיחות.

#### תמונה מס' 4

כל מתקן וכל מקום המיועדים לטיפול על ידי חשמלאי בלבד, כגון חדרי חשמל, משטחי שנאים, צריכים להיות נעולים ומסומנים בשלטי זיהוי וב שלטי אזהרה המצביעים על הסכנה, באופן ברור ובלוט לעין. באולמי מתח גבוה צריכים להיות מסומנים: כל דלת של תא, כל ידית של מפסק, כל ידית של מנתק, כל ידית של מאריק קבוע, כל קצה של כבל תת-קרקעי. כן יש לסמן כל עמוד של רשת חשמל. למפסקים ולמנתקים יהיו אמצעי נערי לה במצב מופסק ובמצב מחובר אשר ימנעו הפעלה בלתי מוסמכת.

באולמי מתח גבוה, בחדרי החשמל, צריך לשרור סדר ונקיון. אסור להשתמש בהם בתור מחסנים. חדרי החשמל, המתקנים, דרכי הגישה אליהם, צריכים להיות מוארים היטב וחופשיים ממכשולים. כן יש לדאוג לתאורת החרום שלהם בשעת תקלה. יש לשמור את המפתחות של חדרי החשמל, של מפסקי הזרם, של חצרי המתח הגבוה, במקום סגור, ורק האנשים המוסמכים יהיו רשאים לקבלם לידיהם. יש לדאוג לקיום תרשימים של מתקני החדרי החשמל, אשר באמצעותם אפשר יהיה לאתר את חלקיהם השונים ואת אופן חיבורם. יש לעדכן את התרשימים, אשר צריכים לעמוד בכל עת לרשות האנשים המוסמכים.

#### הנחיות בטיחות לטיפול במתקן מתח גבוה

כאשר המהנדס המורשה עומד לכתוב פקודה לטיפול במתקן מתח גבוה עליו להתחיל בביורר

חיבורי הארקה וההקצרה חייבים להתבצע בקרבה המיידית למקום העבודה, בינו לבין מקור הזרם. החיבור צריך להיעשות כך, שביצוע העבודה לא יגרום לניתוק אמצעי הארקה וההקצרה. אם מתח עלול להגיע למקום העבודה ממקורות שונים, יש להתקין אמצעי הארקה והקצרה בכל אחד מן הכיוונים האפשריים.

יש להזכיר, כי לפני ביצוע חיבורי הארקה והקצרה, צריך לבדוק, באמצעות בודק מתח, אם המתקן אכן אינו במתח. תחילה יש לבדוק אם בודק המתח תקין, ע"י ניסיון במקום שיש בו מתח, או ע"י מכשיר עזר המיועד לכך.

מובן שיש לחבר את ההדק המאריק של המקצר למגע האדמה תחילה ורק לאחר מכן לחלקי המתקן.



בדיקת תקינות מוס הנאון באמצעות מגנטי יד

#### תמונה מס' 2



מוסות נאון לבדיקת העדר מתח

#### תמונה מס' 3

חשוב להתקין מראש נקודות חיבור לצידו הארקה, כך שהחשמלאי ידע בדיוק היכן לחברו. הדבר ימנע שחיקת הפסים ואלתורים במקום. רצוי שצידו הארקה יבלוט לעין, כך שישגיחו בו לפני חידוש האספקה.

מובן, כי צידו הארקה וההקצרה חייב לעמוד בזרמי הקצר ובמאמצים האלקטרו דינמיים והתרמיים, כל הזמן הדרוש על ידי אמצעי ההגנה, לניתוק הזרם.

יתכן כי לאחר ביצוע פעולה זו, ניוזק המקצר. אך העיקר הוא שמילא את תפקידו כאשר קרתה ה"תקלה, לאחר זאת יש להחליפו מיד לחדש. תכנון טוב של המתקנים, אופן המבנה של הלוחות, סימון ושילוט ברורים, מוסיפים לבטיחות העובדים.

כי הוא אכן מנותק ממתח. לשם כך פותחו „אק” דחים” מיוחדים המאפשרים ירית אזמל בכבל, כאשר המפעיל נמצא בטווח בטחון ממנו. אם תוך 3 דקות מיירת האזמל לתוך הכבל לא התרחשה כל תופעה שהיא המעידה על קיום מתח בכבל, אפשר לגשת לעבודה.



תמונה מס' 6

אקדח להקצרת כבל

יש להדגיש כי אסור לגשת לביצוע העבודה במתקן מתח גבוה, לפני שנגמרו כל פעולות המיתוג לשיח"רורו ממתח ופעולות ההארקה. כן, אסור להתחיל בהסרת המקצרים ובפעולות מיתוג להכנסת המתח, לפני סיום העבודות ולפני שכל האנשים שביצעו את העבודות התרחקו ממקומות העבודה. את ההודעות וההדדיות, על ניתוק מקום העבודה ממתח ומתן הרשות להתחיל בעבודה, על סיום העבודה והרשות להכניס מתח, יש למסור בכתב. **יש להקפיד על הנוהל של מסירת ההודעות.**

עצם פעולות המיתוג, בדיקות המתח, ההקצרה, יש לעשות בזהירות ובשימוש באמצעי הבטיחות הדרושים כגון:

כפפות גומי, משטחים אקוויפוטנציאליים ליד ה"עמודים, משקפי מגן, בודק נאון, באולס מ"ג רצוי שיימצא ציוד לכיבוי אש מיוחד לחשמל וציוד הצלה כגון שרפרף מבודד, מוט שחרור, צבת חיתוך, הכל בהתאם לתנאי המקום.

### הוראות בטיחות

לסיכום מובאות להלן הוראות בטיחות בסיסיות לטיפול במתקני מתח גבוה:

1) אסור לטפל במתקן חשמל של מתח גבוה אלא אם הופסק בו המתח וסודרו בו הארקות וחיבורי הקצרה.

2) על האחראי למתקן המתח חובה לדאוג ש"יימצאו בחדר החשמל תלויים במקום בולט ונראה לעיין:

א) תרשים חשמלי של המתקן,

תנאי העבודה, ביהוי חלקי המתקן, בקביעת גברותיו, בבדיקת המרחקים בין מקום העבודה לבין מתקנים חיים אחרים. בין היתר יש לבדוק אם שוררת צפיפות במקום העבודה ואם המקום יבש. על סמך הבירור המוקדם והתרשימים יש לתכנן את ההפסקה. המהנדס ירשום בפקודת העבודה את כל הפעולות שיש לבצע לפי הסדר הנדרש.

העובד המוסמך המבצע את פעולות ההפסקה ב"התאם לפקודה, יהיה מלווה בעוזר, ויודאו כי ההפסקה בוצעה כראוי, דהיינו כי סכיני מנתקי הזרם של כל הפזות נתפחו, כי נתלו המנעולים ושלטי האזהרה, זאת לאחר שנבדקו העדר מתח והמקצרים חוברו כאמור לעיל.

בסוף יש לסמן באופן ברור את גבול התחום ה"מופסק ולהתקין, אם יש צורך, מחיצות מבודדות בין החלקים המופסקים לבין החלקים החיים. מטרת המחיצות היא למנוע מן העובד מגע עם חלקים חיים עקב תנועה בלתי מחושבת.



דגל אזהרה - סכנת חיים

גדר סתקפלת

תמונה מס' 5

כאשר יש לטפל בכבל תתקרקעי, יש צורך תחילה לזהותו, במקרים רבים מונחים כבלים אחדים בקרבה זה לזה, כאשר יש לעבוד באחד מהם בלבד והשאר נשארים במתח. אומנם הכבל שיש לטפל בו, שוחרר ממתח בקצותיו, אך כדי לזהותו במקום העבודה יש להשתמש באמצעי זיהוי. למשל, מחב"רים את מוליכי הכבל, שנותק ממקור האספקה הרגיל, בקצהו האחד למעטפה, ובקצהו השני מ"חברים את המוליכים ואת המעטפת למקור מתח בעל תדירות שונה מזו של הרשת. במקום שעומדים לעבוד בו, כלומר במקום שהכבל נחשף, שומעים באמצעות סליל התדירות המיוחדת שהוכנסה ל"כבל. בשאר הכבלים שומעים את הצליל הרגיל של זרם חילופים של 50 הרץ.

לפני שנגשים לעבודה על הכבל המזוהה, יש לודא



ב) הוראות להגשת עזרה ראשונה בכלל והנשמה מלאכותית בפרט.

ג) הוראות בטיחות.

ד) הוראות לכיבוי שריפות במתקני חשמל.

### 3) תרשים המתקן —

**כדי שתרישים המתקן החשמלי יהיה ברור ומוכן יש:**

א) לסמן במספרים את כל העמודים ברשת אם קיימים כאלה.

ב) לתת שמות לתחנות השנאה (טרנספורמציה) או מיתוג, הנמצאות בבנינים.

ג) לסמן את הקווים (הן בקו עילי והן בכבל תת-קרקעי) היוצאים מהתחנות בשמות בהתאם למתקנים שהם מזינים..

ד) להביא לידיעת כל המטפלים במתקן את ה- שינויים שחלו במתקן עקב עבודות שונות וכמון כן לסמן שינויים אלה בתרישים הנ"ל לאחר שהם הוצאו לפועל.

אזהרה „אסור לחבר — עובדים במתקן“.

### 5. עבודות במתקני מתח גבוה

א) כאמור אין להוציא לפועל עבודה כל שהיא במתקן מתח גבוה אם הוא לא נותק, חוקצר וחובר להארקה.

ב) אם במתקן יש עומס, מותר להפסיקו רק ב- עזרת מפקס עומס המתאים לכך, אחרת יש להפ- סיק את העומס במתקן (למשל מצד המתח הנמוך).

ג) אם ההפסקה היא בעזרת מפקס זרם בשמן מכל סוג שהוא, יש להפסיק גם מנתק שמצב המגעים שלו (מופסקים או מחוברים) נראה לעין, או אם המפקס הוא מטיפוס שליפה יש לשלפו ממקומו ולגררו עד לנקודת העצירה שנקבעה ע"י היצרן.

ד) אם ישנם חיבורים מקבילים, הן במתח נמוך וזו במתח גבוה, יש לוודא שמקום העבודה מנותק משני הצדדים.

ה) לאחר הניתוק הנ"ל יש לבדוק את חדר המתח במתקן המופסק בעזרת מכשיר מתאים, יש להקצירו ולחברו להארקה. גם פעולות אלה תיע- שינה כאשר ידי העובד נתונות בכפפות גומי.

ו) יש לחבר את המקצר קודם לפס או לנקודת הארקה ואח"כ לכל פזה ופזה — לשלוש הפזות. חיבור כזה משמש גם כהקצרה.

ז) בכל מקרה שבעמוד הסמוך לעמוד שהופסק — נשאר מתח ואסור לעבוד עליו (כמו במקרה של מנתק קו שהופסק על עמוד) יש לתלות על עמוד כזה דגל אדום לסימון אזהרה).

ח) דגל אדום כזה יש לתלות גם לפני חלקי מתקן ה- סמוכים למקום העבודה ושבהם נשאר מתח.

ט) מותר לעבוד בחלקי מתקן מופסקים ומקצ- רים רק כאשר המרחק מהחלקים הקבועים והיצי- בים שנשארו הוא 2 מטר לפחות.

י) כל המנתקים, מפקסים או התאים שלהם, יהיו נעולים במנעולים מיוחדים שהמפתחות שלהם יימצאו רק בידי המורשים.

יא) לאחר פעולת הפסקה במנתק — יש לסגור בחזרה את הידית או את התא במנעול ולתלות שם שלט „עובדים במנעול — אסור לחבר“.

יב) בכל מקרה שפועלים שאינם חשמלאים של המפעל או של קבלן זר צריכים לעבוד בקרבת מתקנים שנשארו בהם מתח — כמו למשל צביעת דלתות של תאים, צביעת רגלי עמודים נושאי מתח — יש להציב במקום משגיח מיוחד שישמור על העובדים לבל יתקרבו לחלקי מתקן במתח.

יג) אם המשגיח צריך לעזוב את מקום העבודה, יהיה על העובדים לעזוב את המקום עד שיחזור המשגיח.

יד) רצוי לא לעבוד על מתקנים חיצוניים בזמן גשם חזק וביחוד בזמן ברקים. במקרה האחרון אם



### תמונה מס' 8

דוגמאות של שלטי אזהרה

### 4. פעולות מיתוג (חיבור או הפסקה)

א) פעולות מיתוג מתח גבוה יש להוציא לפועל ע"י חשמלאי בעל רשיון ובליווי של עובד נוסף, אף הוא חשמלאי.

ב) פעולות אלו תוצאנה לפועל לפי הוראות ב- כתב או בעל-פה או לפי הוראות קבע של המהנדס האחראי.

ג) בזמן פעולות המיתוג יש ללבוש כפפות גומי מתאימות. בתחנות פנימיות יש לעמוד על שטיח גומי בעל רמת בידוד הולמת.

ד) במתקנים חיצוניים יש לחבוש כובע מגן ובזמן החורף או ברטיבות יש לנעול גם מגפי גומי מ- ב- דים.

ה) במתקנים חיצוניים יש לעשות את פעולות המיתוג ברגלים סגורות — כדי למנוע פגיעות „ממתח צעד“ במקרה של תקלה במתקן.

ו) כל ידיות המנתקים או המפקסים של מתח גבוה צריכים להיות נעולים במצב סגור או פתוח והמפתח יימצא רק בידי המורשים לכך.

ז) כאשר מפסיקים מנתק או מפקס לשם עבודה במתקן — יש לתלות על יד ידית ההפעלה שלט

13 שרפרף בידוד



חלון מעבר למוט נאון

שרפרף בידוד

תמונה מס' 10

- 14) מנעלים (לטיפוס על עמודי עץ או בטון)  
 15) סולם עץ  
 16) ארגז עזרה ראשונה  
 17) שלטי הדרכה להנשמה מלאכותית  
 18) מטפה לכפוי שריפות בקרבת זרם חשמל.

**תאורה אופטימלית בעת הצפייה בטלוויזיה**

(בתשובה לשאלות קוראים)

במקלטי הטלוויזיה המודרניים אפשר לכוון את הקונטרסט כך שהתמונה על המסך תראה בחדות נאותה הן כאשר החדר חשוך והן כאשר החדר מואר (באור טבעי או באור מלאכותי). זאת בניגוד למקלטי טלוויזיה מהדגמים המיושנים שבהם נר-אית התמונה בבירור רק כאשר החדר חשוך.

כאשר צופים בטלוויזיה בחדר חשוך לח-לוטין גורם הדבר, בדרך כלל להתעייפות מוגברת של העיניים.

לאור האמור לעיל עדיף, מנקודת ראות של הצופה, להאיר את החדר באופן חלקי בשעת הצפייה בטלוויזיה.

אין ספק כי 2-3 נורות של 100 וט כל אחת יש בהן משום בזבז כשהן דולקות בחדר בשעת הצפייה בטלוויזיה.

הדרך המומלצת כדי להקטין את התעייפות העיניים היא תאורה ע"י נורה אחת (ליבון או, עדיף — פלואורסצנט) אשר מאיר את הקיר אשר לפניו ניצב מקלט הטלוויזיה.

מוכרחים לעבוד בתיקון התקלות שאינן סובלות דיחוי יש להקפיד על התקנת מקצרים והארקות בכל חלקי המתקן בו עובדים.

בגמר העבודה במתקן ולפני חיבורו למתח יש לבדוק את מצב כל החיבורים — אם בוצעו בהתאם להוראות וכן אם הורדו כל הארקות והחיבורים בקצרה.

טו) יש לוודא כי כל העובדים יצאו משטח העבודה והתרכזו במקום שנקבע מראש.

**כללי בטיחות כלליים**

א) יש לבדוק לפני העבודה את כל הכלים ש-צריך להשתמש בהם ביחוד מקצרים, חגורות, סר-למות וכדומה — ולפסול את הפגומים.

ב) לבוש העובד צריך להיות מסודר, רצוי חולצות עם שרוולים ארוכים. הנעליים תהיינה נעלי בטיחות עם אף משוריין וסוליות גומי.

ג) בזמן עבודה בקרבת מתקנים גבוהים — יש לחבוש כובע מגן.

ד) אין לזרוק כלים או חמרים ממתקנים גבוהים ומעמודים — אלא להנישם בעזרת סלים וחבלים.

**רשימה של ציוד בטיחות רגיל למתקני מתח גבוה**

1) כפפות מגומי



אמצעי נעילה למספר אחראים

בדיקת בתי יד

תמונה מס' 9

- 2) שטיחי גומי  
 3) מגפי גומי  
 4) מוט נאון לבדיקת העדר מתח  
 5) מקצרים  
 6) מחיצות ניידות  
 7) דגלים אדומים  
 8) שלטים „אסור לחבר“  
 9) מנעולים  
 10) כובע מגן  
 11) חגורות (לטיפוס על עמודים)  
 12) סל להרמת כלים וחומרים (על עמודים)

# מפסקים אוטומטיים - ויישומם הנכון במתקני חשמל

אינג' ש' וינטרפלד

זה מספר שנים משתמשים במתקנים תעשייתיים וביתיים גם יחד יותר במפסקים חצי-אוטומטיים, במקום נתיכים. את התופעה הזאת יש לקדם בברכה, אך מאידך גיסא, היות וקיימים דגמים מספר של מפסקים חצי-אוטומטיים, חל בלבול של יעדס של המפסקים הנ"ל. במקרים רבים משתמשים במפסקים אלו לא למטרות, שעבורם הם בנויים. במערך חלוקת האנרגיה נבדיל בשלושה מגזרים עיקריים: מקור אספקת האנרגיה החשמלית, קווי התמסורת והחלוקה, הצרכן. חשוב ללמוד את יישומם הנכון של המפסקים בהתאם למטרה.

אין חברת החשמל הציבורית מוכנה לקבל את סקלת זרם היתר של הייצור ודורשת אישור של מכון התקנים או של מעבדה מוסמכת אחרת על התאמת הסקלה למציאות.

כאן מתברר כי ברוב המקרים אין הסקלה מתאימה למה למה שכתוב עליה וזה במיוחד עקב הפרשי הטמפרטורה של מקום הייצור באירופה לבין האקלים השורר בישראל, לכן נוח להשתמש בסקלה מתכווננת ולאחר קביעת נקודת העבודה מחתימים את הממסר בחותמת.

מובן שגם הצרכן הפרטי טוב יעשה אם יבדוק את הממסרים במעבדה מוסמכת כאשר הוא מצידו משתמש במפסק חצי-אוטומטי כזה להגנה על מי קור אספקת הזרם הפרטי שלו, יהיה זה גנרטור או טרנספורמטור.

כאמור לעיל, מעדיפה חברת החשמל נתיך על מפסק חצי-אוטומטי וזאת לא רק מתוך שמרנות. לנתיך הספק קצר גבוה, העולה ברוב המקרים על זה של המפסק החצי-אוטומטי. עוצמות זרם הדיגיטיות ל-100 קילואמפר הם דבר שכיח בנתיכים. לנתיך סגולה של הגבלת זרם קצר, פירוש הדבר שבמקרה של התהוות זרם קצר ינתק הנתיך את המעגל לפני שזרם הקצר יגיע לערכו הצפוי. נקדיש להסבר נקודה זאת במספר מלים: נשער לעצמנו כי במתקן קיים העובד בעומס כלשהו, פחות מדי אשר העומס הנומינלי, מתהווה קצר, למשל על ידי כך שפס לחושת נופל על שלשת הדקי היציאה מה טרנספורמטור. זרם הקצר הצפוי תלוי כמובן ב אימפדנס (סכום ההתנגדות האומית והאינדוקטיבית) של הטרנספורמטור, והוא יהיה בקירוב 25 פעם יותר גדול מאשר הזרם הנומינלי. אך הזרם אינו קופץ לערך זה בזמן אפס כי אם במשך מספר אלפיות של שניה. כלומר בזמן התהוות הקצר הוא למשל 500 אמפר (מתוך זרם נומינלי של 900 אמפר עבור טרנספורמטור 630 קו"א) והוא יעלה לזרם של 25,000 אמפר בזמן של מילישניות מספר. אבל, כאמור לעיל יש לנתיך סגולה של הגבלת זרם

## מפסק אוטומטי לעומת נתיך — בעית הכוונה

מקור אספקת האנרגיה במקרה שלנו הוא גנרטור או טרנספורמטור. במציאות הישראלית הטרנספורמטורים הם בגודל 630—100 קו"א והם בהשגחת חברת החשמל הציבורית, או במתקנים יותר גדולים בהשגחת הצרכן עצמו. על טרנספורמטורים וגנרטורים אלה יש להגן מפני העמסת יתר וגם מפני קצר, לכן מותקנים ביציאה ממקור אספקת זה נתיכים או מפסקים חצי-אוטומטיים. חברת החשמל הישראלית מעדיפה להשתמש בתור הגנה על הטרנספורמטורים שלה בנתיכים. לכל הטרנספורמטורים עד ל-400 קו"א (600 אמפר) ההבטחה היא ע"י נתיכים בעלי עוצמת ניתוק גבוהה, עבור טרנספורמטורים לזרם מעל 600 אמפר לא קיימים בנמצא נתיכים אשר להם יכולת ההפסקה (כושר ניתוק גבוה וכו') הנדרשת, ובלית ברירה משתמשת חברת החשמל במפסק זרם חצי-אוטומטי המסופק על-ידי הצרכן.

מפסק אוטומטי זה צריך להיות בעל אפיון G או בהתאם לתקן הבריטי BSS 3871. אופיון זה פירושו כי דרך המפסק ניתן להעביר במשך זמן בלתי-מוגבל זרם השווה לזרם הנומינלי בתוספת של 5% וכאשר הזרם יעבור 1.20 עד 1.35 כפול הזרם הנומינלי, ההגנה תפעל ונוך פחות משעה. במקרה של זרם קצר העולה פי 5 עד פי 10 מדי זרם הנומינלי, תפעל ההגנה מיד. על הדרישה הראשונה עונה ממסר זרם-יתר תרמי ועל הדרישה השנייה ממסר זרם-יתר מגנטי.

בהתאם לגודל הטרנספורמטור דורשת חברת החשמל כי ממסרי זרם-יתר התרמיים יהיו מכוונים לערך זרם קבוע, לדוגמה: טרנספורמטור 630 קו"א צריך להיות זרם עבודה 950 אמפר במשך שתיים וזרם הפסקה של 1090 אמפר בפחות משעתיים. ממסרים מגנטיים צריכים לפעול באופן מיידי ב זרם קצר של 6400 אמפר.

זה אפשר לבדוק את תקינותו והתאמת הסקלה למציאות על ידי ניסוי כדלקמן:

מעמיסים את המנוע בעומס הנומינלי ובמשך כחצי שעה עד אשר המפסק יגיע לטמפרטורת עבודה ואז מסובבים אנו הסקלה בכיוון זרם קטן עד לרגע ההפסקה, כעת מחזירים את הסקלה במעט, מפסיקים פזה אחת ונוכחים כי המפסק אכן מגן על המנוע.

אי-אפשר לבצע את הניסוי הזה על מפסק להגנה על קווים היות ועומס בקו משתנה מרגע לרגע, בין יום ולילה, בצורה לא-מסודרת ביותר, בהתאם למספר הצרכנים המתחברים לקו. אין כל טעם למנוע התחברות של צרכנים בלתי-רצויים על ידי הרכבת מפסק חצי-אוטומטי מתכוונן וכווננו ל-70% של יכולת הקו. לפעמים יכולה להיות השפעה הפוכה כדלקמן: קו 25 מ"מ מיועד לזרם נומינלי של 80 אמפר, מגינים עליו ע"י מפסק חצי-אוטומטי מתכוונן של 100—60 אמפר. הכוונון ההתחלתי הוא 60 אמפר; כאשר צרכנים נוספים מתחברים לקו מעלה החשמלאי את הסקלה ולאחר שנה שתיים נשכח הדבר כי 80 אמפר הוא ה-גבול, מסובבים עד 100 אמפר וגורמים להתחממות יתרה ולפעמים לשריפה. לכן לא התקן האמריקני ולא התקן הבריטי מאפשרים להשתמש בהגנה על קווים במפסקים מתכווננים וחברות הביטוח ב-ארצות אלו אינן מוכנות לקחת חסותן שבו יכולים לכוונן את הסקלה באתר ולא מבעדה מוסמכת.

### הגנה על צרכן בודד

כעת נעבור למפסקים חצי-אוטומטיים המזינים את הצרכן הבודד. בנקודה זאת ישנן שתי אפשרויות: או שהצרכן הוא בעל סגולות כאלו שהוא מסוגל לצרוך יותר זרם מהמותר ולהינזק עקב זה, או שהוא צרכן בעל עצמת זרם קבועה. הדוגמה הברורה לטת למקרה הראשון היא מנוע חשמלי; אפשר להעמיסו בעומס משתנה מריקים ועד לעומס נורמלי ואזי הוא יצרך מהרשת זרם אשר אינו עולה על הזרם הנומינלי (רשום על שלט המנוע) אך ניתן גם להעמיס את המנוע מעבר לעומס הנומינלי ואז יצרך יותר מדי זרם, יתחמם וישרף או יינזק בצורה אחרת.

על הצרכן הזה יש להגן בעזרת ממסרי זרם-יתר תרמיים מתכווננים להגנה מפני עומס יתר ממורשך. אפשר לאחד את ההגנה על צרכן זה עם הגנה על הקו ואזי להרכיב בהתחלת הקו המזין צרכן זה מפסק חצי-אוטומטי עם הגנת זרם-יתר תרמית מתכווננת להתאמה מדוייקת של זרם המנוע והגנה מגנטית לשם הבטחת סלקטיביות. נחזור מאוחר יותר להסבר מושג זה.

דוגמה על צרכן מהסוג השני הוא אלמנט חימום. הוא אינו צורך מהרשת זרם משתנה, אין מה להגן עליו ויש לנתקו רק במקרה שיתקלקל, למשל, קצר לאדמה או קצר חלקי. לכן לצרכן זה מרכיב

קצר, כלומר הוא יישרף וינתק את המעגל לפני שזרם הקצר יגיע לערך הצפוי. בעזרת אוסצילוגרמות נוכחים לראות כי הזרם הגיע למשל ל-11 קילו-אמפר בלבד; במקרה שלנו הנתין שהפסיק את המעגל הוא בעל כושר ניתוק של 25 ק"א (לפחות), אך למעשה הוא הפסיק זרם של 11 ק"א בלבד. מפסק חצי-אוטומטי באתו מעגל היה נותן לזרם קצר להתפתח עד לערכו המקסימלי, כלומר 25 ק"א היות וזמן התגובה של המפסק הוא לרוב יותר ארוך, וזה הן מתוך עצם המבנה של המפסק (כי 30 מילי-שניות) והן מתוך כך שהוא נדרש להשהות את פעולתו (מעל ל-60 מילי-שניות). מאלצים אותו בכונה להשתוות על מנת לאפשר לאמצעי הגנה הקרובים יותר באופן פיזי לצרכן האחרון להפסיק מבלי שהמפסק הראשי הנדון יפסיק את מקור הזרם.

### כושר ניתוק גבוה

במקום זה יש להקדיש מלים ספורות למושג כושר ניתוק גבוה; ראינו כי בטרנספורמטור לפי הדוגמה לעיל יכול להתהוות זרם קצר של 25,000 אמפר. אמצעי ההגנה, יהיה זה מפסק חצי-אוטומטי או נתין, חייב להיות בנוי בצורה כזאת שהוא מסוגל להפסיק את הזרם מבלי להינזק. במלים פשוטות, מבלי שנתין יתבקע, מבלי שבמפסק חצי-אוטומטי — המגעים יישרפו או אפילו שתיגרם שריפה של הסביבה. גודל הזרם אשר נקבנו בו בדוגמה הנ"ל, 25 ק"א, הוא זרם אשר יתהווה לזמן ממושך באם המפסק לא יפעל. קיים זרם אחר, זרם המעבר (טרנזיט), אשר ערכו עלול להגיע עד ל-55,000 אמפר (למשך מילי-שניות ספורות) בדוגמה האמורה, ודבר זה אומר דרשני.

יש לנתין יתרון נוסף לעומת מפסק חצי-אוטומטי. מפסק חצי-אוטומטי מקולקל (קפיץ חלוד, עצירה במנגנון וכד') לא יפסיק את המעגל. נתין מקולקל יישרף אפילו לפני הזמן.

לסיכום, מפסק חצי-אוטומטי להגנת מקור אספקת החשמל יכול להיות מתכוונן, הן בממסרים תרמיים והן בממסרים מגנטיים וזאת לשם קביעה חד-פעמית של נקודת העבודה. את נקודת העבודה יש לאמת במבדקה מוסמכת ורצוי להחתימה ב-חותמת.

### הגנה על קווים

נעבור כעת למפסקים חצי-אוטומטיים הנבנים לשם הגנה על קווים. ממסרי זרם-יתר במפסק להגנה על קווים, חייבים להתאימם לעצמת הזרם הנורמלי של הקו. למשל, אם הקו הוא בעל חתך של 25 מ"מ, עצמת הזרם הנומינלי שלו 80 אמפר — יש להגן על הקו בעזרת מפסק חצי-אוטומטי של 80 אמפר. יש להבדיל הבדלה מוחלטת בין מפסקים חצי-אוטומטיים הבנויים להגנה על קווים לבין אלו הבנויים להגנה על מנועים. במפסקים להגנה על מנועים רצויה הגנה מתכווננת. במפסק

בים מפסק חצי-אוטומטי לזרם קבוע.  
מפסק חצי-אוטומטי בעל ממסרים מתכווננים, בנייתו יותר מורכבת מזה בעל ממסרים לזרם קבוע, לכן אמינותו פחותה. קיימים מפסקים חצי-אוטומטיים לא-מתכווננים בעלי עצמת זרם שונה באינטרוולט קטנטנים כך שאפשר למעשה להתאימם לכל עצמת זרם יתר נדרשת. חברות גרמניות גדולות וחברות אמריקניות אדירות בונות מפסקים אלה במקביל עם מפסקים מתכווננים והם אמינים ביותר.

### ביקת תקינות המפסק

כאמור, ניתן לבדוק את תקינותו של מפסק חצי-אוטומטי, המופקד על מנוע ולכן מותר להשתמש גם במפסק מתכוונן, אך בשום אופן אין להעדיף זרם-יתר משנתה על זרם-יתר קבוע. כאשר מדברים על הגנה של מנוע רצוי לזכור כי רוב שריפות ה"מנוע מקורן בתקלה ברשת אשר בעקבותיה או שחסרה פזה או שישנה ירידת מתח בפזה הנפ"געת. דבר זה ידוע לרוב העוסקים מקרוב בהגנה על מנועים חשמליים. במקום זה יספיק להזכיר כי במנוע המחובר במשולש ועומס בין  $\frac{1}{3}$  ל- $\frac{2}{3}$  של ה"עומס הנומינלי, התקלה האמורה לעיל תגרום כמעט בוודאות לשריפת המנוע. הסיבה לכך היא שזרם בקו המפעיל ממסרים לזרם-יתר אינו מגיע לעצמה הגורמת להפסקת ממסרים לזרם-יתר ו"מאיידך זרם הזרם דרך הליפוף במנוע בפזה הנפ"געת עובר את הגבול המותר. אפשר להגן מפני תופעה זאת אך ורק ע"י ממסרים המצויידים בהגנה בפני חוסר פזה. אם קיים מנגנון זה במפסק חצי-אוטומטי אזי ההגנה היא מועילה, אחרת יש ל"העדיף מפסק חצי-אוטומטי לא-מתכוונן בהתחלת הקו וממסר זרם יתר עם הגנה מפני חוסר פזה צמוד למנוען ההפעלה במנוע.

### עקרון הסלקטיביות

נברר כעת את מושג הסלקטיביות. מובן המלה במקרה שלנו הוא שהתקלה תגרום לניתוק הצרכן או הקו הקרוב ביותר למקום התקלה מבלי לגרום לניתוק של צרכנים אחרים או מפסק ראשי. נסביר את המושג הזה בדוגמה: מתקן בנוי ממפסיק ראשי 600 אמפר ולוח חלוקה ראשי ממנו מסתעף פים מספר קווים, אחד מהם מוגן על ידי מפסק חצי-אוטומטי 200 אמפר. בקצה קו זה נמצא לוח משנה ממנו מסתעפים שוב מספר קווים, קו אחד, מוגן על ידי מפסק של 60 אמפר, מזין מערכת מכונות; מכונה אחת של 15 כ"ס ושלוש מכונות קטנות עד 5 כ"ס. עקב תקלה בכבל ה"נכנס לאחד המנועים הקטנים, מתהווה קצר. ה"מנועים מוגנים כל אחד בנפרד על ידי מפסק חצי-אוטומטי. זרם קצר ה"נ"ל יגרום להפסקת המפסק החצי-אוטומטי, המופקד על קו זה, עקב פעולת ממסרים מגנטיים. המעגל ינותק וכל שאר הצרכנים ממשכים לעבוד. במקרה שיקרה קצר בלוח

המשנה בקו המזין את המפסק של 60 אמפר, זרם קצר עלול להגיע לכמה אלפי אמפרים וזה בהתאם לאימפדנס של הקווים. בכדי שלא יפסק המפסק הראשי, אלא מפסק המשנה בלבד, צריכים לפעול ממסרים מגנטיים (ולא ממסרים תרמיים אשר רגישים רק ליתרת עומס קטנה במשך זמן ממושך, לכן הכרחי שהממסרים המגנטיים, המגינים על המתקן במקרה של קצר, יהיו ניתנים לוויסות) כך שיתן יהיה לנתק את קו המשנה לפני שהמפסק שבחחילת הקו יגיב.

אין זו בעיה פשוטה ולא תמיד יש לה פיתרון מוחלט, אך חוסר ידע הוא להשתמש בממסרים לזרם-יתר תרמיים, מתכווננים מתוך אמונה כי ה"דבר מבטיח סלקטיביות.

### אופייני המפסקים האוטומטיים

ישנם בשוק מפסקים חצי-אוטומטיים בעלי אפיינים שונים. אלו הבנויים ביבשת אירופה מסומנים ב"אותיות L. H. G. K. אלו הבנויים באנגליה עונים על תקן BSS-3671, ואלה הבנויים בארצות הברית עונים על תקן אמריקני (NEMA). כולם מצויידים בממסרים תרמיים ובממסרים מגנטיים.

המפסקים החצי-אוטומטיים בעלי האופיינים G ו-H, וגם האנגליים והאמריקניים נותנים מעבר ל"לא הפסקה לזרם נומינלי בתוספת 10%—5%, ומפסיקים את הזרם כאשר הוא עובר ב"35%—20% את הזרם הנומינלי (20% אפיון K, 35% אפיון G) וכדומה.

לפי האופיינים בנויים מפסקים חצי-אוטומטיים נהזרם הקטן ביותר (0,1 אמפר), ועד לגדול ביותר (600 אמפר ויותר). אופיינים אלו מבטיחים הגנה על הקו. זאת אומרת שהקו לא יתחמם ולא ייזק כאשר הוא מוגן על ידי מפסקים בעלי האופיון ה"ל.

לכאורה, הבעיה נראית פשוטה לחלוטין וישאל הקורא התמים לשם מה אם כן קיימים אופיינים אחרים והאם ההבדל בין שני האופיינים הנזכרים הוא רק בשוני שבזרם היתר. לא כן הוא המצב. ההבדל הגדול הוא בממסרים מגנטיים להגנה מפני עוצמות זרם גדולות, אך רגועות. לדוגמה: מפסק חצי-אוטומטי המופקד על מנוע צריך להיות בנוי כך, שהוא יאפשר את התנתעתו של המנוע. כידוע, צורך המנוע ברגע של התנעה (בחיבור ישיר) בין 8—6 פעמים הזרם הנומינלי. לכן, ממסר מגנטי צריך להיות מכוון כך שהוא לא יפסיק את הצרכן במכת הזרם האמורה, אלא יפסיק את הקו מיד כשיתהווה זרם קצר העולה על גודל זה.

גם מנורות ליבון — לפני חיבורן התנגדותן קטנה מאד — ומכת הזרם ההתחלתית שלהן עלולה ל"הגיע ל"12 פעם הזרם הנומינלי ויותר.

תופעה דומה מופיעה בזמן חיבור טרנספורמטור לרשת. על הדרישות האלו עונים אופיון G ו"אופיון K.

לא כן הוא הדבר ביחס לאפיינים  $H$  ו- $L$ . אופיינים אלו פותחו באירופה לשם הרכבת המפסקים במקום הנתיכים במתקנים, שבהם קיימים בחלקם גם נתיכים. אין כל צורך לערבב את האופיינים האלה במתקנים הבנויים על טהרת ההגנה בעזרת מפסיקים חצי-אוטומטיים. לדוגמה מפסק מפסיק את ה-מעגל רק כאשר זרם הקו מגיע ל-190% של הזרם הנומינלי. זהו, "הקנס" שיש לשלם בעד זה שאופיין זה מפסיק את המעגל כאשר זרם רגעי מגיע ל-5 פעם הזרם הנומינלי בלבד, וכאמור, הסיבה היא סלקטיביות ביחס לנתיך המחובר לפניו.

אופיין  $H$  פותח מהסיבה הבאה: עד להמצאת מפסקי פחת, הבנויים על עקרון אישיוויון הזרם, ניסו להגן על אנשים מפני התחשמלות על ידי כך שמנעו התהוות מתח גבוה על מעטפת ה-מכשיר המקולקל. החישוב הבא יסביר את הדבר: לפי התקן צריכה להיות התנגדות הארקה קטנה מאשר 1 אום. מפסק חצי-אוטומטי בעל אופיין  $H$ , ממסרו המנגנונים מניבים כאשר הזרם עולה על 2.5 פעם זרם נומינלי.

מפסק של 10 אמפר לדוגמה יפסיק את המעגל כאשר זרם דליפה לאדמה יגיע ל-25 אמפר וה-מתח על מעטפת המכונה יגיע ל-25 וולט.

מתח מקסימלי של 60 וולט (שהוא המתח המירבי אשר אינו מסכן חיי אנוש) מגביל את עוצמת הזרם הנומינלית של מפסק בעל אופיין זה ל-25 אמפר. אך כאמור לעיל אפשר להתעלם מקיומו של אופיין זה.

## ס י ו מ

לבסוף מלים מספר על התפתחות המפסק החצי-אוטומטי: מפסק זה כולל תא, אשר מטרתו לחלק את הקשת הנוצרת בזמן הפסקת הזרם החשמלי, לסיגמנטים

קטנים, לדחוף אותה על ידי פעולה מגנטית לתוך תאי כבוי הקשת ושם לקררה ולגרום להפסקתה. זהו העיקרון הבסיסי, אך גם כאן הוכנסו שיפורים נוספים. אחד מהם הוא מהירות ההפסקה אשר מטרתה למנוע זרם הקצר הצפוי ודיכוי זרם הקצר באיבו. כדוגמת הנתיכים, קיימים מפסקים חצי-אוטומטיים הממלאים אחר תנאי זה, אך הדבר מסוכן ונסביר מדוע: המפסק החצי-אוטומטי ה-קלאסי היה בו מנגנון פעולה עם נצרה, אשר פעולה ידנית או פעולת ממסרים, הן תרמיים והן מגנטיים, משחררות את הנצרה וקפיץ דרוך גורם לניתוק המגעים; נוצרת קשת חשמלית אשר, בהתאם לא-מור לעיל, נכבית בתוך התא. צורת מבנה התא הנ"ל קובעת, "עוצמת ניתוק גבוהה" או במלים פשוטות קובעת את הגבול העליון של הזרם אשר המפסק מסוגל להפסיק. במפסקים זעירים הגבול הזה הוא בין 1500 אמפר ל-8000 אמפר.

החידוש הוא בכך, שנוסף על פעולת הנצרה הא-מורה לעיל גורם זרם הקצר בעזרת אלקטרו-מגנט להרחקה מכנית של המגעים. היות ופעולה זאת היא מהירה מאוד, מופסק הזרם הרבה לפני שהוא מגיע לערכו הצפוי. אך אין לשכוח שהרחקת ה-מגעים והפסקת הזרם גורמות לכך כי הפעולה ה-אלקטרו-מגנטית נחלשת והמגעים עלולים להיסגר שנית, אלא אם כן הנצרה תשחרר בינתיים את ה-קפיץ ופעולת הניתוק תושלם. זהו תהליך עדין והוא תלוי בהתאמת משקל הזרוע עליו מורכב המגע עצמו. מגע זה, על אף שהוא בנוי מחומרים מיוחדים, לרוב סגסוגות כסף, נפגם עקב זרמי קצר והמפסק מאבד את כושרו. לכן יש לדרוש שהכושר ההתחלתי של מפסק הבנוי על עיקרון זה יהיה לפחות 12 ק"א על מנת להבטיח כושר ניתוק ראוי לשמו לאורך זמן.

## שיפור מקדם ההספק במפעל

מפעל מסוים שבו המניה היא במתח גבוה, נאלץ לשלם תוספת של 2,000.— עד 3,000.— ל"י לחודש, בשל מקדם הספק נמוך (0.6—0.65).

בודק חברת החשמל שביקר במקום מצא את הפרטים הבאים:

1) לוח  $A$  נזון משני שנאים של 630 קו"א כל אחד.

בלוח זה מותקנים 5 קבלים של 25 קו"א"ר כ"א. דהיינו סה"כ 125 קו"א"ר. לקבלים קיים פיקוד אוטומטי באמצעות ממסר וורמטריק אשר פועל כשורה. המפעל עובד 8 שעות ביום. ביתר השעות הפסיק הממסר את פעולת הקבלים וזאת, מאחר ולא היה עומס מצד המתח הנמוך של השנאים.

2) לוח  $B$  נזון אף הוא משני שנאים של

630 קו"א ובו 4 קבלים של 25 קו"א, דהיינו 100 קו"א"ר בסה"כ.

מנהל הייצור בחלק של המפעל שינזון מה-לוח השני, נהג להפסיק את מפסק הזרם הראשי של הלוח בנמר העבודה.

כתוצאה מכך, נשאר כל השנאים של ה-מפעל מחוברים בריקם במשך כ-16 שעות ביממה ומכך נבע מקדם ההספק הנמוך, אשר נמדד מצד המתח הגבוה.

בודק חברת החשמל יעץ לצרכן, לכוון את הממסר הוורמטרי בלוח  $A$ , כך שקבל אחד של 25 קו"א"ר נשאר מחובר כל הזמן ובלוח  $B$  הושאר גם כן קבל של 25 קו"א"ר

מחובר בשעות הפסקת העבודה. התוצאה: מקדם ההספק של המפעל הגיע לערך חודשי ממוצע של 0.895 והחיוב בנין מקדם ההספק — 0 ל"י.

# שיקולי חיסכון אנרגיה בתכנון מיתקני חשמל

אינג' נ' פלג

מצבה הפוליטי והכלכלי של ישראל מחייב כל אחד ואחד מאתנו לעשות כל מאמץ אפשרי על מנת להקטין את תצרוכת הדלק הנדרש לייצור החשמל ולנצל כל גרם של דלק ביעילות המירבית.

חיסכון זה חייב להתבטא במספר תחומים:

— הקטנת איבודי התמסורת עד למינימום כלכלי.

— מניעת ביזבוז אנרגיה ללא צורך.

— התאמת המיתקן ליעודו תוך הכנות לאפשרויות הרחבה.

אשתדל, במסגרת העומדת לפני, להעלות מספר נקודות אשר, אם תובאנה בחשבון, בעיקר בזמן התכנון, עשויות לחסוך באנרגיה.

אינני מתיימר להקיף את כל השטח הנדון ונשאר לכן כר נרחב לכל מתכנן ומתכנן להפעלת כושר המצאתו. לא פחות חשוב הוא תפקידו של האדם האחראי על מיתקן החשמל להכניס בו שיפורים, שיכלולים ונוהלים אשר יגדילו את היעול והחיסכון.

## מיקום השנאים

שאם נפגע כבל אחד וכל הכבל השני להעביר את ההספק הנדרש ללא בעיות עד לתיקון הכבל הראשון. מכל הבחינות נראית השקעה כזו כהשקעה כדאית.

בנקודה זו באה לעזרתנו הטכניקה המודרנית — כבלים למתח גבוה מטיפוס יבש, מנתקי עומס קומפקטיים, שנאים דלי איבודים (שעוד נדון בהם) ושנאים יבשים יצוקים באפוקסי מאפשרים למתכנן המעודכן למקם את השנאי קרוב עד כמה שאפשר למרכז הכובד של העומס ועל ידי זה להקטין גם איבודי התמסורת בצורה משמעותית.

אם לפנינו למשל, בנין רב קומות (מלון, בנין משרדים וכו'), שבו קיים עומס חשמלי משמעותי הממוקם דווקא על הגג (כגון — מיתקני מעליות, מיתקני מזוג אוויר וכו') חשבו נא על החיסכון בתמסורת האנרגיה אם נמקם את השנאים למיתקנים אלו על הגג. במקרה כזה רצוי שנאי יבש שיוזן באמצעות כבל יבש במתח גבוה.

כאשר מדובר בבנין רב קומות רציני מן הראוי גם לשקול חריגה מסוימת מהמוסכמות ולא לרכז את כל השנאים במרתף אלא לחלקם בגובה המבנה לפי אופטימום של הקטנת איבודי התמיסורת (על בעיית הרעש של השנאים ניתן להתגבר באמצעות בידוד אקוסטי מתאים).

במידה ולפנינו מיתקן קיים שבו מיקמו את השנאי רחוק ממרכז הכובד על האחראי לכן לבדוק אם לא מן הראוי להגדיל את חתך המרוז לים ועל ידי זה להקטין את האיבודים.

## בחירת שנאים

על המתכנן לשקול לא רק את מיקומו של השנאי אלא גם את העומס הנומינלי שלו. בדרך כלל רצוי שהעומס על הטרנספורמטור לא יתקרב יתר על המידה להעמסתו הנומינלית וזאת בכדי שלא

כאשר מדובר בתיכנון מפעל חדש (או בשיפוץ יסודי של מתקן קיים) המוזן במתח גבוה, ניתנת למתכנן, בדרך כלל, האפשרות למקם את השנאים במרכז הכובד של העומס. במידה והמדובר במפעל גדול במיוחד המוזן ממספר שנאים הרי יש וסיימים בו מספר מרכזי כובד של עומס חשמלי ואז יש לשקול מיקום כל שנאי ושנאי.

חשיבות המיקום הנכון של השנאי והלוח הנכונה אליו מתבטאת בהקטנת איבודי התמסורת. עלינו לשאוף להקטנת אורכי המוליכים — בייחוד במתח נמוך המשמש לחלוקה — הן בכדי להקטין את האיבודים האוהמיים והן בכדי להקטין את מפלי המתח. לא כאן המקום להיכנס לחישובי האיבודים כאשר השנאי של המפעל מותקן, למשל, בקצה הרחוק של החצרים ומשם מתחברים בכבלים ארוכים של עשרות מטרים עד ללוח הראשי, אך אין אלה איבודים מיצטברים שניתן לזלזל בהם לאורך ימים.

נקח לדוגמה כבל אלומיניום תלת־פזי שחתך מרזי לים הפזות שבו הוא 240 מ"מ אלומיניום. למרזי לין כזה התנגדות של 0.12 אוהם לקילומטר והוא מיועד להעביר כ־400 אמפר. איבודי התמיסורת של כבל כזה באורך של 50 מטרים בלבד יהיו, בעומס מלא:

$$\Delta P = \frac{3 \times 400^2 \times 0.12}{20} = 2880 \text{ ווט}$$

דהיינו — קרוב ל־3 קילו־וט! כדאי, אולי, למתכנן לשקול התקנת 2 כבלים כנ"ל במקביל — באם לא ניתן להקטין את המרחק, ועל ידי זה להקטין את האיבודים כדי מחציתם ובו בזמן תקויים זרובה פעילה כך

החדש, נראה את ההבדלים בצורה בולטת ביותר. כמו כן ניתן לראות כי ההפסדים בעומס נומינלי של טרנספורמטור בהספק 400 קו"א מהטיפוס הישן גדולים יותר מאשר ההפסדים בעומס נומינלי של טרנספורמטור בהספק 630 קו"א.

על המתכנן לשקול גם אם עדיף "לזרז" בשטח מספר גדול יותר של שנאים בעלי הספק קטן יותר או להקטין את מספרם תוך הגדלת הספקם ועל ידי זה גם להגדיל את איבודי התמסורת. במפעלים גדולים שבהם קיימים, למשל, מנועים גדולים על המתכנן לבדוק אפשרות הזנה במתחי ביניים כון 3.3 ק"ו.

חברת החשמל חייבת מעצם טבעה, להבטיח אספקת חשמל שוטפת ואמינה בכל שעות היממה ולכן אין לה ברירה אלא להשאיר את כל הטרנספורמטורים המחוברים לרשת ולשאת בהפסדי הריקם גם כשאין עומס עליהם. לעומת זאת במפעל על המתכנן כהלכה ניתן, בשעות שהעומס מזערי, להפסיק מספר טרנספורמטורים מצד המתח הגר"ב ובעל ידי כך לחסוך באיבודי הריקם — הפסדיים, שהם משמעותיים יותר בעיקר כאשר הטרנספורמטורים המופסקים הם מהסוגים המיושנים יותר.

במפעלים בהם מותקנים טרנספורמטורים שגילם עולה על 25 שנה כדאי לשקול את כלכליות החלפתם בשנאים חדישים יותר בעלי נצילות משופרת. אין לשכוח כי גם לטרנספורמטור ישן יש ערך כספי כפסולת נחושת וברזל.

רווח נוסף יבוא גם מהאמינות הגדולה יותר של טרנספורמטור חדש בהשוואה להמשכת השימוש בטרנספורמטור ישן.

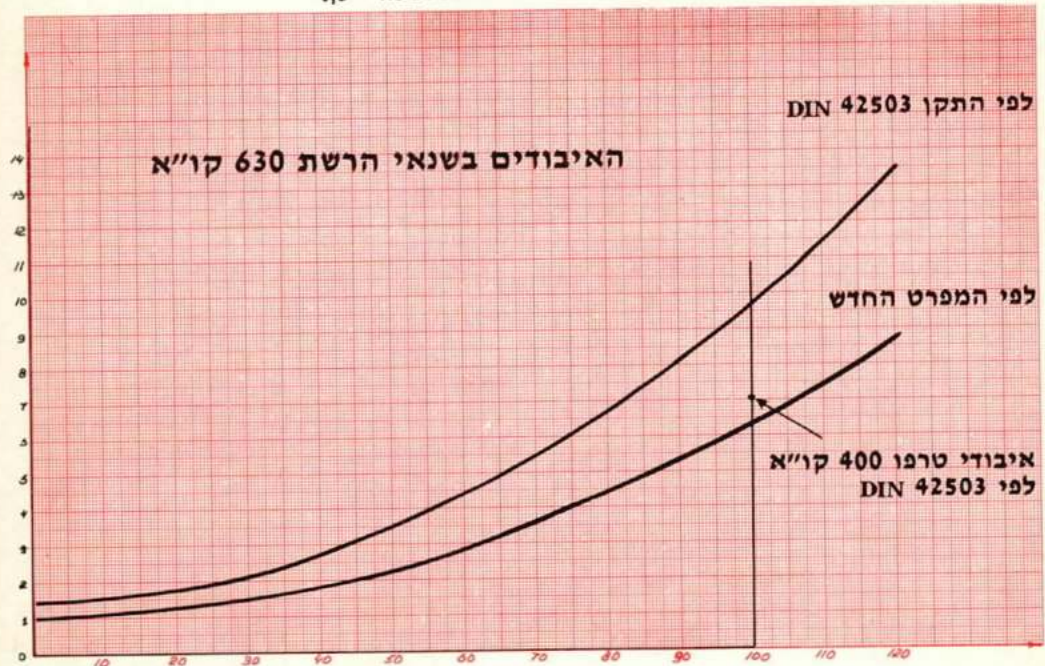
יגדלו איבודי העומס שלו. מאידך אין להתקין שנאי גדול מדי כי פירושו של דבר איבודי ריקם קבועים גדולים יותר.

כאן גם המקום לציין כי חישובים כלכליים שנעשו לאחרונה מצביעים שמכל הבחינות עדיף להשקיע בשנאים בעלי איבודי ברזל ונחושת נמוכים מאשר היה מקובל עד לפני זמן מה. לשנאים דלי איבודים מספר יתרונות בנוסף לחיסכון באיבודי אנרגיה — הם מקטינים באופן משמעותי את הבעיה של פיזור החום ומאפשרים, במספר מקרים, להחליף שנאי בעל איבודים גדולים בשנאי דל איבודים, עם הספק גדול יותר ועל ידי זה לחסוך בהוצאות התקנה.

לדוגמה, להלן טבלת השוואה של איבודי טרנספורמטורים לפי תקן ישן (שהיה מקובל עד לפני זמן קצר) ולפי מפרט חדש.

לפי DIN 42503	הספק הטרנספורמטור קו"א		התאם לחדש המפרט
	איבודי ריקם (ווסים)	איבודי קצר ב-75°C (ווסים)	
250	670	4100	התאם לחדש המפרט
400	960	6000	
630	1350	8400	
250	460	2815	התאם לחדש המפרט
400	680	4000	
630	1000	5425	

אם נתבונן בעקומות של איבודי טרנספורמטור בהספק 630 קו"א מהטיפוס הישן ומהטיפוס





## שיפור מקדם ההספק

ככון הן לגבי מיתקן הנמצא בתכנון והן לגבי מיתקן קיים — חייב להביא בחשבון את בעיות העמסת המוליכים ופיזור החום עקב מקדם הספק ירוד בתוך המפעל.

### „החלקת” העומס

תכנון טוב של מפעל חייב להביא בחשבון גם שימוש מאוזן בהספק החשמלי עם מינימום של שיאי צריכה ולהשתדל שעומת ההעמסה תהיה „שטוחה” ככל האפשר, כי רק כך יהיה ניצול אופטימלי של מיתקן החשמל ומערכת החשמל — כולל זו של חברת החשמל.

אתן מספר דוגמאות:

— אם תהליכי הייצור מחייבים שימוש במים חמים רצוי לדאוג לחימום המים בשעות השפל בשימוש החשמל במפעל, לאגור את המים החמים בתנאי שמירת חום מתאימים ולהשתמש בהם בשעת הצורך ולא לחמם במקביל עם תהליכי הייצור האחרים ועל ידי זה להגדיל את שיא הביקוש.

— אם במפעל קיים מאגר מים ניתן לשאוב אותם בשעות השפל כך שעומס השאיבה לא יתלכד דווקא עם שיאי העומס של המפעל. ניתן לודא אי התלכדות זו, למשל ע"י תכנון מערכת פיקוד אוטומטית (פשוטה יחסית) אשר תאפשר את הפעלת המשאבות (ידינית או אוטומטית) רק כאשר העומס הכללי במפעל יורד מתחת לערך מסויים.

— ברוב המפעלים הגדולים נמצאים בשימוש אמ"צעי שינוע (מלגות וכו') אשר חלק מהם, לפחות, הם חשמליים ומוזנים באמצעות מצברים. את המיתקן לטעינת המצברים יש לתכנן כך שאפשר יהיה לבצע את הטעינה בשעות השפל בשימוש בחשמל במפעל בכללותו.

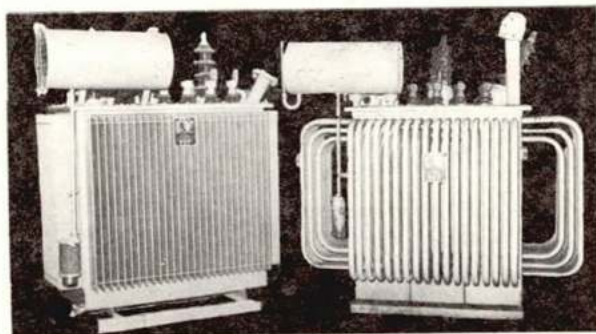
### סיכום

בטחוני שכל מהנדס או מתכנן אשר יפקח את עיניו ימצא דרכים להקטין את שיאי הביקוש ללא פגיעה בתפעול השוטף של המפעל.

אחד הקשיים בהם נתקל איש המקצוע בשטח החשמל הוא בהסבר הנושא של מקדם ההספק לאדם שאינו מתמצא בשטח הזה. להודות על ה-אמת — גם אנשי מקצוע רבים אינם מתייחסים לנושא זה ברצינות הראוייה ולכן גם חוטאים בביזבוז רב בשטח זה והביזבוז הוא כפול — גם בגרימת איבודי תמסורת יקרים מיותרים וגם בתפיסת יכולת העמסה של גנרטורים, שנאים מר-ליכים וכו' אשר, במקום להיות מועמסים בהספקים אפקטיביים מלאים (או כמעט מלאים) מוע-מסים, מי יותר ומי פחות, גם בהספק ריאק-טיבי בזבזני.

מן הראוי להתריע כי על ההפקרות הזו בשטח של אי הקפדה על מקדם הספק כנדרש להתחטל — ובהקדם. חברת החשמל עומדת לנקוט בצעדים דרסטיים נגד צרכנים בעלי מקדם הספק ירוד כגון קנסות כבדים — ובמקרים חמורים אף תשקול הפסקת האספקה. יחד עם זאת מן הראוי להזכיר כי מיתקני הקבלים לשיפור מקדם ההספק חייבים להיות מתוכננים כהלכה תוך נקיטת כל הצעדים הדרושים למניעת מקדם הספק קיבולי משמעותי — דבר העלול לגרום בשעות שפל בצריכה למתחי יתר, שלא לדבר על האיבודים הנובעים מהזרם הקיבולי שלא לצורך. בכדי להימנע מהצורך במיתקני קבלים או להקטין את מיתקני הקבלים יש לדאוג, עוד בשלב התכנון, שהמיתקן עצמו יהיה בעל מקדם הספק גבוה ככל האפשר. בחירת מנועים מתאימים לעומס תמנע, למשל, מקדם הספק ירוד בגלל העמסה נמוכה מדי שלהם וכו'.

כאשר ניגש המתכנן לפתרון בעיית מקדם ההספק עליו לשקול איך למקם את הקבלים — קבלים אינדיבידואליים למכשירי צריכה בעלי מקדם הספק ירוד יקטינו, כמובן, את איבודי התמסורת גם לאורך כל הדרך מהלוח ועד למכשיר. לעומת זאת מערכת קבלים מרכזית תהיה, אולי, זולה יותר מאשר מספר רב של קבלים המפוזרים במפעל וצמודים למכשירים. השיקול של היועץ — והדבר



טרנספורמטורים 630 קו"א הסיפוס הישן והסיפוס לפי המפרט החדש

# איך להגביר את הבטיחות של דודי מים חמים ?

אינג' ו' זיס

יהיו בטמפרטורה  $206^{\circ}\text{C}$  וכל ק"ג (ליטר) מכיל 210 קילוקלוריות.

מחישוב תרמו חשמלי יוצא:  $Q=0.86 \times P \times t \times \eta$

$P$  — הספק גוף חימום בקו"ט

$t$  — זמן בשעות

$\eta$  — נצולת תרמית ב-%

$Q=a(q_p - q_h)$  מספר הקלוריות הדרוש לפיצוץ הוא  $a$  — כמות המים

$q_p$  — מספר הקלוריות בק"ג מים בעד פיצוץ

$q_h - (25^{\circ}\text{C})$  מספר הקלוריות בק"ג בטמפרטורת סביבה

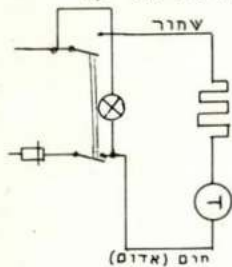
מהשילוב של 2 הנוסחאות יוצא:

$$0.86P \times t \times \eta = a(q_p - q_h)$$

$$t = \frac{a(q_p - q_h)}{0.86P \eta} = \frac{120(210 - 25)}{0.86 \times 1.5 \times 0.95} = 18 \text{ שעות}$$

ברור שהלחץ הגורם לפיצוץ יכול להיווצר כאשר במערכת קיים שסתום חד-כיווני ("אל-חוזר") ו- שסתום ביטחון אשר נתפס ע"י אבנית האופיינית כל כך למים קשים בארץ.

על מנת למנוע את הסכנות שפורטו לעיל מומלץ התרשים הבא (תרשים מס' 3).



תרשים מס' 3

בתרשים מס' 3 מנורת הסימון מסמנת רק את מצב המפסק הדריקוטבי של הדוד. ראוי לציין שהנורה צריכה להיות נורת ניאון והאפס שלה מחובר לפני מפסק הזרם הדריקוטבי. חיבור זה מאפשר גילוי תקלה מסוכנת במפסק שבו נפתח בזמן הפסקה רק קוטב האפס.

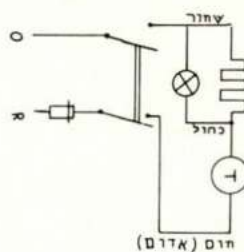
לחץ פיצוץ 18 אטמוספירות נלקח בחשבון לפי השיקולים הבאים:

1. לפי תקן ישראלי 69.1 סעיף 304, לחץ הבדיקה של דוד מים חמים מטיפוס רגיל הוא 12 אטמוס-פירות.

2. דוד חדש ותקני מתפוצץ בלחץ הגבוה ב-50% יותר מלחץ הבדיקה.

לחץ 18 אטמוספירות וטמפרטורה המקבילה לו התקבלו גם בעקיפין מחישוב צריכת החשמל עד להתפוצצות הדוד בדירה החדשה.

במדינת ישראל פועלים למעלה מ-800.000 דודי מים חמים בעלי וסות תרמוסטטי. מרביתם מחר-ברים לפי תרשים 1.

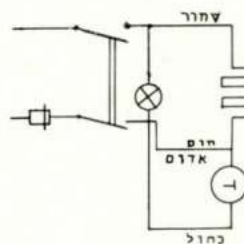


תרשים מס' 1

בתרשים זה המקובל עד עתה, מנורת הסימון מס-נת את מצב התרמוסטט, דהיינו, היא נכבית כאשר המים בדוד מגיעים לטמפרטורה שאליה מכוון התרמוסטט. מצב זה טומן בחובו שתי סכנות:

1. במתקן קיים מתח אחרי מפסק הזרם הדריקוטבי למרות שהמנורה כובתה ע"י התרמוסטט.

2. במידה ובזמן התקנה או בזמן החלפת גוף ה-חימום מחליפים את המוליכים כחול וחום (אדום) נוצר חיבור לפי תרשים מס' 2 אשר הוא מסוכן ביותר.



תרשים מס' 2

במצב זה מקבל גוף החימום הזנה תמידית מה-רשת ואף גרוע מזה, נורת הבקרה תיכבה ע"י התרמוסטט לאחר שהמים התחממו לטמפרטורה שאליה מכוון התרמוסטט כך שהצרכן מקבל אות מוטעה שגוף החימום נותק מרשת החשמל.

לפי החישוב הבא אפשר לחשב תוך כמה זמן ית-פוצץ דוד של 120 ליטר. החישוב נעשה בהנחה שאין צריכת מים חמים (הדוד נשאר מחובר לרשת החשמל בסוף שבוע כאשר הצרכן אינו בבית) ולחץ הפיצוץ הוא 18 אטמוספירות.

יוצא כ, מים, המגיעים ללחץ 18 אטמוספירות

# 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 מבוילת.
- 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"י,

הנני מזמין מודעה בגודל..... עמוד

שם המפעל.....

הכתובת.....

לשם בירור תוכן וצורת הפרסום נא

להתקשר עם מר.....

טלפון.....

## לתשומת-לב המפרסמים!

לנוחיות כל אלה, המעניינים 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 "

ההדפסה היא באופסט

(אין צורך בגלופות)

# סרטי חביקה וקשירה COLSON



Colliers Colson  
legrand

לשימוש בהתקני חשמל.  
בטנפי חקלאות שונים.  
לאריזה וקשירה.  
לענף הבניה.

תכונות:

עמיד בטמפרטורות -40°C עד 130°C.  
אינו חושפט מלחות ואינו מתייבש.  
מקרני השמש.  
אינו נכגט מכימיקלים, שמנים וגרז.  
בידוד חשמלי וקושי מכני גבוה.  
מיוצר לפי תקן LLOYDS  
27.8.71-101490

מיוצר מחומר RILSAN (Nylon II) במידות הבאות :

9	9	9	9	9	9	6	6	4	4	2.5	רוחב מ"מ
762	508	350	235	165	105	165	105	233	155	100	אורך מ"מ

בעת נוספה סידרה חדשה מחומר Polyamid ! Polyethylene

## בחצי המחיר

POLYAMID				POLYETHYLENE			
3.5	2.4	2.4	2.4	9	9	4	רוחב מ"מ
180	180	140	95	350	165	233	אורך מ"מ

יבואן ומפיץ בלעדי:

**אוריאל שי בע"מ** שווק ויבוא ציוד חשמלי-תעשיתי

תל-אביב, רחד הארבעה 16, טל' 268328. ת.ד. 7179

"ביצים מרובעות של חמרי חשמל"

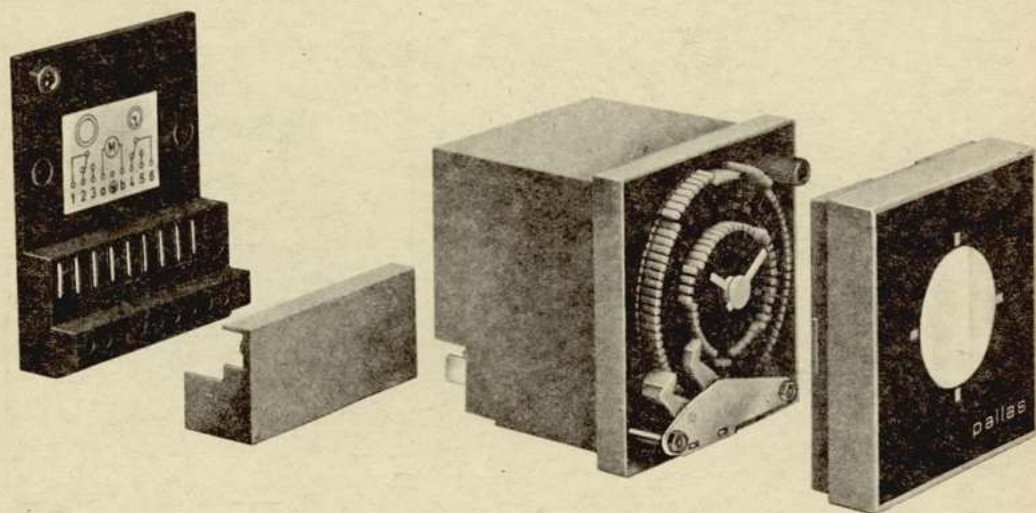
שרות פרסומי מודעה מס' 1

# הורדי בע"מ ייצור לוחות חשמל

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

שווק והפצה של שעוני PALLAS W. GERMANY

הבנויים בשיטת הרוכבים



- ★ ע"י שיטה זו יש אפשרות מתוג הפעל או הפסק :
  - פרוגרמה שבועית — כל שעתיים
  - פרוגרמה יומית — כל  $1/2$  שעה או  $1/4$  שעה
  - פרוגרמה לשעה — כל 75 שניות
  - פרוגרמה לשעתיים — כל 150 שניות
- ★ לכל תכנית מגע מחליף 16A
- ★ אפשרות שנוי מיוחדת ע"י חבור מגעי 2 התכניות בטור או במקביל.
- ★ אפשרות להרכבה על מסילה סטנדרטית
- ★ אפשרות להרכבה על פח יסוד (פלטה) באמצעות סוקות
- ★ אפשרות להרכבה על פנל קדמי (חבור ישיר לפינים)
- ★ קיימים דגמים עם רזרבה מכנית 15 שעות, ודגמים ללא רזרבה

בדבר פרטים נוספים נא לפנות אל: הורדי בע"מ, רח' סלמה 136, טל. 829266

שרות פרסומי מודעה מס' 2

# כרומגן

## קבוץ שער העמקים

### הדוד המעולה



## צו צ'י שער וחסד

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

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

בידוד מושלם בפוליאורטן, מקטיין הוצאות חשמל ע"י מניעת אבוד חום ושומר על חום המים לשעות רבות.

דודי כרומגן עוברים סידרת 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 סגור - יספקו מספר שעות של זריחה שמש - לחימום המים. לדוד המעולה כרומגן - גם שירות מעולה, על פי קריאה טלפונית, מופיעים אנשי כרומגן בבית הלקוח, מעניקים לו שרות מלא ומונעים את הצורך והטירחה 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 הלקוח

**כרומגן** מפעלי מתכת

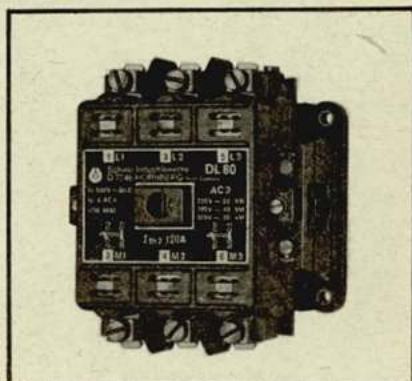
קבוץ שער העמקים, טל. 04-931553

תל אביב, רחוב זמנהוף 15 טל. 244640

חיפה, רחוב אננבי 3א טל. 645872

# SBIAK

## מגעוני איכות



עד ל-270 קילוואט (AC3)

עד ל-600 אמפר (AC1)

עד ל-3 מיליון פעולות

(ב-1000 פעולות לשעה)

מתח סליל נומינלי 230 וולט

הסוכן הבלעדי:

# KOCH

קוך הנדסה בע"מ

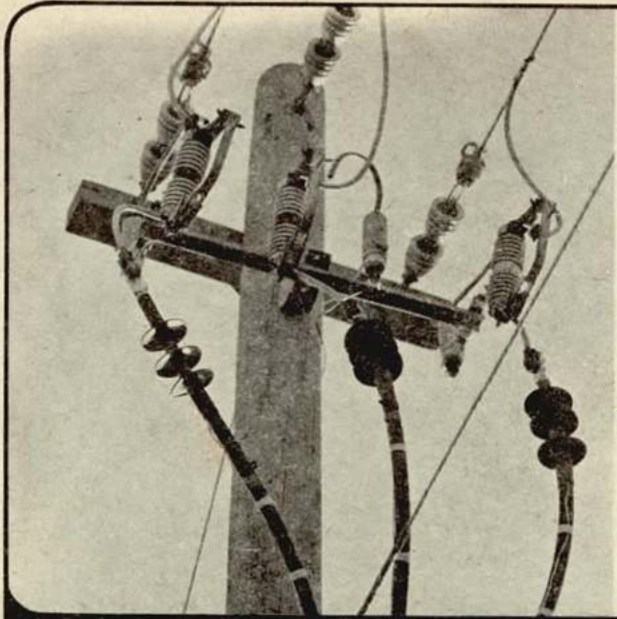
ת.ד. 6111, ת"א 61060

המשווק:

# אטקה בטח

בני ברק רח' בר' כוכבא 6,

טל: 03-78 2718, 78 24 65



# בידודים פולסטיים מתכווצי חום

## למתח נמוך

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

## למתח גבוה

- \* סוביות לכבלים פולסטיים
- \* 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

## מ. פ. ה. הנדסת חשמל בע"מ

רחוב עקיבא אריה 18 תל-אביב (מאחורי בית החייל)

טל. 455184-5 / 456433

ת. ד. 33300

ספקי ציוד **ASEA** מתוצרת שוודיה לתעשייה החברה העולמית המאפשרת לכם סטנדרד אחיד במפעל.

אנו נספק לכם במחיר **סביר** ובטיב מעולה

- ציוד פיקוד ללוחות.
  - קבלים לשיפור מקדם ההספק.
  - ווסת אוטומטי להכנסת הקבלים לרשת.
  - מנועים חשמליים מכל הגדלים וכל הסוגים לזרם חילופין.
  - מנועים לזרם ישר עם מהירות משתנה ומנועי קומוטטור.
  - מכשירים לבדיקת טיב המיסבלים תוצרת SPM.
  - ארגזים שקופים אטומים מודולריים תוצרת FISKARS.
  - דיזל גנרטורים מכל הגדלים וכל הסוגים.
- מלאי - ייעוץ - קטלוגים - מחירוניים לרשותכם.

**רמאד** בנ"ח

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

אלקטרה מתכות והנדסה בע"מ

רח' הנגב 4 ת"א טל: 37029, 30851

**מכסיקי זרם חצי אוטומטיים תלת פזיים קומפקטיים**

**דגמי Seltronic תוצרת Westinghouse ארה"ב.**

בתחומי

זרם נקוב: 300 - 3000 אמפר

כושר ניתוק: 35,000 - 100,000 אמפר



**Westinghouse  
Seltronic Breakers**

מפסקים סלקטיביים

מפסקים ראשיים  
להגנה על שנאים  
**Seltronic**



שרות פרסומי מודעה מס' 7



# מה חדש בהנדסה אלקטרומכנית? חיפה בע"מ



## שירות אקספרס

אנו שמחים להציע לך מהיום, שירות חדש — מהיום למחר! עם הרחבת מפעלנו, פתחנו מחלקה מיוחדת לטיפול מהיר בבעיות בווערות. צוות מיוחד יתכן ויבצע ממש מהיום למחר לוחות חשמל, קופסאות, מתנעים וכו'. שירות זה בא לפתור בעיות של עיכוב בבניה, הפעלה מיידית של מכונה חדשה או של קו ייצור חדש, ולחסוך לך זמן יקר להשלמת פרויקטים.

הנדסה  
אלקטרומכנית  
חיפה בע"מ

חיפה, רח' יפו 121, טל. 526148, 526131.



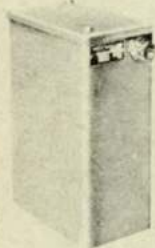
## מ. פ. ה. הנדסת חשמל בע"מ

רחוב עקיבא אריה 18 תל-אביב (מאחורי בית החייל)

טל. 455184-5 / 456433

ת.ד. 33300

קבלים תלת-פזיים תוצרת ASEA לשיפור מקדם ההספק



### הספקים

ב-800 וולט  
50 הרץ  
ביחידה אחת

דגם	קבליים
CLD 1	15 Kvar
CLD 2	21 Kvar
CLD 3	31 Kvar
CLD 4	42 Kvar
CLD 5	52 Kvar

סטנדרד אירופאי IEC 70

מקסימום מתח הפעלה 110%

מקסימום זרם 130%

סבילות מ-5% ל-10%+

נגדי פריקה כוללים

הפסדים בערך 0.25%

חיבור במשולש

טמפרטורה סביבתית

מ-40°C ל-40°C+

\* ווסת אוטומטי להכנסת הקבלים המאפשר 31 פעולות מתוצרת HELIOWATT.

### הצטרף גם אתה לכל הנהנים

מטיימרים ופלשרים באיכות יצוא מחירים נמוכים! אספקה מיידית! שרות מהיר ויעיל גם להזמנות מיוחדות.



בקש קטלוג ומחירון (דרושים מפיצים בכל הארץ)



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

ת.ד. 1719 חיפה טלפון 04-88835

### איך תדע אם מפסיק המגן תקין?

מכשירי הדלף (פחת) למיניהם נועדו להגן על חיי אדם ולכן חשוב מאד לבדוק את תקינותם.

הבדיקה באמצעות הלחצן אשר בגוף המפסק מפעילה אותו בזרם הגדול פי 3-2 מזרם הדלף הנקוב וללא הגבלה בזמן.

אין בבדיקה זאת לוודא תקינות מפסק המגן.

באמצעות מכשיר Fi תוצרת CMC תוכל לבצע הבדיקות של מפסיק המגן: העברת זרם דלף בשעור שבין 500-5 מיליאמפר ובזמן מוגבל של 0.2-0.1 שניות.

לקבלת פרטים ודף טכני פנה ל:

מסרץ חיפה, רחוב המסגר 16  
מא דאר 10159, טל: 725081

מגטרון

הופיע ונמצא למכירה

# קובץ התקע המצדיע

ע ל ו ן ל ח ש מ ל א י ם  
בהוצאת חברת החשמל לישראל בע"מ  
רכוז מסווג של המאמרים והרשימות  
שפורסמו בחוברות 1-10



מחיר הקובץ :

בקניה מרוכזת 21.60 ל"י ליח'

לבודדים 25.00 ל"י ליח'

[כולל מ.ע.מ.]

המעונינים 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'..... ע"ס..... ל"י

שם..... כתובת.....

## ארגון קבלני חשמל וחשמלאים מוסמכים התאחדות בעלי מלאכה ותעשייה זעירה בישראל

רח' מרכז בעלי מלאכה 16 • ת.ד. 4041 • ת"א 61-640 • טל. 294211

### אגרת לחשמלאי העצמאי

ארגון קבלני החשמל וחשמלאים עצמאים בהתאחדות בעלי מלאכה ותעשייה זעירה בישראל פונה אליך, העצמאי, וקורא לך להצטרף לארגון כדי לעזור לנו לסייע בידך בכל ענייניך המקצועיים וכדי להשיג בכוחות משותפים את המטרות שהצבנו לעצמנו ואלה הן המטרות:

1. להכין תחשיב בסיסי לביצוע עבודות חשמל.
  2. להוציא לאור עלון מקצועי בענף החשמל שישרת את ענייניך המקצועיים וישמש לך במה לומר את מה שיש עם לבך בנושא החשמל והחשמלאים העצמאים.
  3. לבוא בדברים עם כל המוסדות הממסדיים בכל הקשור לתחשיבי-מס וכיוצא בזה.
  4. להקים קרן להלוואות לחברים.
  5. להקים קרן כדוגמת קרן הביטוח לפועלי הבנין וענפים אחרים במשק.
  6. להקים גוף לבוררות בסכסוכי עבודה בענף.
  7. ליטול על עצמנו את הדאגה לכל ענייניך המקצועיים, כולל ייצוא, טיפול בבעיות כלכליות ועוד.
- אנו פתוחים לכל הצעה שתביא לקדום הענף, ונשמח להצטרפותך לארגון. אנא פנה אלינו לפי הכתובת הנ"ל.
- מוזכיר הארגון, מר אלי שחף, עומד לרשות החברים בימים א' עד ד' בשעות 16.00—19.00.

### כנס יסוד של הארגון

ביום ראשון, 21 בנובמבר 1976, בשעה 19.00, יתקיים באולם „היכל המלאכה“, רחוב מרכז בעלי מלאכה 16, תל-אביב, כנס יסוד של הארגון הארצי של קבלני חשמל, חשמלאים מוסמכים וחשמלאים ראשיים (עצמאיים).

סדר היום:

1. דו"ח הועדה המארגנת
2. דברי חברים
3. בחירת מוסדות הארגון

כדי להבטיח את עוד היום למוזכיר השתתפותך בכנס פנה הארגון, מר אלי שחף, ת.ד. 4041, תל-אביב, טל. 29 42 11 (03) ודרוש שאלון הרשמה.

ההתדרויות הכלליות של העובדים בא"י  
מועצת פועלי חיפה  
המח' להכשרה ולהשתלמות מקצועית

משרד העבודה מחוז חיפה  
האגף להכשרה ולהשתלמות מקצועית

### המרכז להשתלמות מקצועית - חיפה קורסים להשתלמות חשמלאים

- ✱ **לקראת רישוי:** חשמלאי מוסמך — חשמלאי ראשי—חשמלאי בכיר
  - ✱ **לחשמלאים מוסמכים ותיקים:** קורס מיוחד לקראת רשוי לחשמלאי ראשי.
  - ✱ **קריאת שרטוט חשמלי ומעגלי פקוד.**
  - ✱ **למודי הכשרה לחשמלאים מתחילים.**
  - ✱ **אלקטרוניקה תעשייתית** לחשמלאים העוסקים במכשור אלקטרוני.
  - ✱ **מתח גבוה** לקראת רשוי מתאים, לעוסקים בשטח זה. ועוד... לפי דרישת המעוניינים.
  - כל הלימודים מתקיימים בחיפה בשעות הערב — פעמיים בשבוע.
  - ✱ **ערבי עיון מקצועיים** מדי חודשיים—שלושה ב„ביתנו“ רחוב ירושלים 29, חיפה.
- הרשמה ופרטים נוספים: מועצת פועלי חיפה — המח' להשתלמות מקצועית — רחוב החלוץ 45, חיפה חדר 806 טלפון 04-641781.

31.3	1,000	18--כח לתעשיה א'
30.3	1,000	
29.1	8,000	
28.2	היתר	
27.0	*150	19--כח לתעשיה ב'
22.7	*150	בעד בקוש שבתי
21.9	*150	הכל (9) 8.25 ל"י
20.2	היתר	
26.0	*100	20--שאיבת מים א' -
25.0	*100	בעד בקוש שבתי:
24.0	*100	להשקיה -
20.9	היתר	הכל 5.00 ל"י;
		הכל 7.50 ל"י
		21--שאיבת מים ב' (10) (11)

\* קוט"ש לכל קו"ש של בקוש חודשי מקסימלי.

- (1) מינימום של 82.50 ל"י לחודש
- (2) לגבי דוד של 120 ליטרים; בגין כל 10 ל"י:  $8 \pm$  קוט"ש לחודש.
- (3) לגבי דוד של 120 ליטרים; בגין כל 10 ל"י:  $13 \pm$  קוט"ש לחודש.
- (4) לגבי מתקנים של 125 קו"ש ויותר
- (5) מינימום של - 8,100 ל"י לחודש
- (6) כופף להגבלות זמניות על הצריכה; ראה חוברת התעריפים הרבמית.
- (7) הצריכה במדרת יחד עם רמחושבת בהמשך דרגה לכה לתעשיה (א' או ב')
- (8) מינימום של - 62 ל"י לחודש.
- (9) מינימום של - 165 ל"י "
- (10) אין תשלום בעד בקוש "
- (11) הצריכה - כמו שאיבת מים א'

26.5	*30	7--הסקה אוגרת א'
25.0	*30	9 שעות
24.0	היתר	
26.5	*60	הסקה אוגרת א'
25.0	*60	12 שעות
24.0	היתר	
26.5	10,000	הסקה אוגרת ב' (4)
25.0	10,000	
24.0	היתר	
51.3	100	8--קולנוע ותיאטרון
43.0	900	
40.9	1,000	
34.7	היתר	
40.5	20,000	9--סטחים פתוחים (5)
39.8	10,000	
38.1	היתר	
33.2	הכל	10--מאור רחובות (6)
51.3	100	11--מאור תעשיית א'
35.0	400	
34.0	היתר	
		12--מאור תעשיית ב' בעד בקוש שבתי הכל (8) 15.50 ל"י (7)
45.5	הכל	13--מאור לח' מדרגות
33.1	הכל	-מכס' לח' שרותים
32.6	הכל	14--בשול ראפיה
32.1	500	15--משק חקלאי
29.1	היתר	
32.5	10,000	16--קבוצים
31.1	15,000	
29.9	25,000	
29.4	היתר	
36.8	הכל	17--מחברת צבא

\* קוט"ש לכל קו"ש של עומס מחובר.

## גלוית שרות לקוראים

(נא מלא בכתב יד ברור)

שם .....

מקום העבודה: .....

המפעל/חברה/מוסד: .....

המען לתשובות: .....

רחוב/שכונה מספר

עיר .....

מיקוד .....

הואיל נא לסמן עיגול סביב מספרי המודעות בהן יש לך ענין במידע נוסף

1	2	3	4	5
6	7	8	9	10
11	12	13	14	15

הערות:

1  
2  
3  
4  
5  
6  
7  
8  
9  
10  
11  
12  
13  
14  
15

**חברת החשמל לישראל בע"מ**  
**תמצית תעריפי החשמל בתוקף מ-1.4.76**

הצריכה - בקוט"ש לחודש;  
 מחירי הקוט"ש - באגורות;  
 הבקוש (השבתי)/העומס המחובר - בקוט"ש;  
 התשלום בעד קוט"ש - מ"י לחודש.

קוט"ש	אג	
100	51.3	1.- כללי למאור
900	43.0	
היתר	40.9	
1,000	40.9	2.- כללי למכשירים
4,000	34.7	
5,000	32.6	
היתר	32.1	
*100	32.6	3.- כולל למאור וכח
*100	31.0	בעד בקוש שבתי
*100	30.0	הכל (1) ל"י 8.25
היתר	29.5	
250	33.1	4.- ביתי
היתר	32.1	תשלום חודשי קבוע
		חדר 1 ל"י 3.40
		2 חדרים ל"י 4.75
		3 " ל"י 5.85
		4 " ל"י 7.05
		כל ה' ברוסף ל"י 1.10
הכל	26.5	5.- חמום מים א'
(2)139	26.5	6.- חמום מים ב' קיץ
היתר	18.5	
(3)218	25.6	- " " " חורף
היתר	18.5	

ל"י לחודש	חיוב שרות מונים
-	א.- תעריף 4
0.26	ב.- תעריפים 13,7,6,5
	ג.-ת' אחרים - מובנים חדפזיים:
1.90	10 אמפר רפחות
2.50	מעל 10 א'
	ד.-ת' אחרים- מובנים חלתפזיים:
4.80	3x10 אמפר רפחות
5.35	מעל 3x10 ועד (בכלל) 3x20 א'
7.00	מעל 3x20 א'

**חיוב בעד מקדם הספק נמוך מ-0.85**

החיוב ב-% מהמחיר	מקדם ההספק
0.7	0.84 - 0.70
1.0	0.69 - 0.60
1.5	פחות מ-0.60

בעד כל 0.01 החסר ל-0.85:

**תשלום חודשי מינימלי**  
 כל התעריפים מותנים בתשלום חודשי מי-  
 נימלי בעד מספר קוט"ש השווה לעומס המ-  
 חובר לכל מונה בנפרד x 25, או - לפי  
 בחירת החברה - בתשלום חודשי מינימלי פרט  
 לחיוב שרות מובנים, פרט לתעריפים המכי-  
 לים תשלום לפי בקוש מקסימלי ו/או עומס  
 מחובר, כלהלן:  
 2.85 ל"י לגבי ת' 7,6,5 ו-13 למכשירים  
 לח' שרוחים;  
 5.00 ל"י לגבי ת' 4 לדירה בת חדר 1 ות'  
 13 למאור לח' מדרגות;  
 10.00 ל"י לגבי ת' 4' לדירה של 2 ח' ויותר;  
 15.00 ל"י לגבי יתר התעריפים

**השתמש בחשמל בתבונה**



**גלוית-דואר**

השולח: .....

.....  
 .....



לכבוד

חברת החשמל לישראל בע"מ  
 מערכת ,,התקע המצדיע"

ת.ד. 25  
 תל-אביב.

# ייעול וחיסכון בצריכת החשמל לצרכן תעשייה - ציפיות ותוצאות

אינג' א' לייטנר

כמו כן הוחלפו חלק מנורות הליבון לנוורות כספית ופלורסצנט בהספק נמוך יותר

ב. **הקטנת שיא הביקוש** — בשלב הראשון, לימוד עקומות העומס היומיומיות וניתוחן. נלמד מהי התרומה של כל מכונה ומיתקן לשיא הביקוש.

הקטנת שיא הביקוש הושגה לאחר מכן על ידי תשומת לב למניעת שילובן של מכונות שונות בשיא הביקוש (מבלי שהדבר יפגע בתהליכי הייצור), והתקנת אמצעי התראה (כגון: נורות אדומות, פעמון) הפועלים כאשר העומס במפעל מתקרב לשיא הביקוש המתוכנן וכן אמצעים אוטומטיים לנתוקם של מיתקנים מסויימים בשעות שיא הביקוש.

ג. **שיפור מקדם ההספק** — הותקנו קבלים הן בלוח הראשי והן במספר מיתקנים ומכונות. חלק מהקבלים מופעלים ע"י פיקוד אוטומטי, אך גם לגבי הקבלים שמופעלים באופן ידני הותקנו אמצעים המאפשרים ביקורת הפעולה התקינה, הן לגבי נתיך ששרף והן לגבי אי הפעלת מערכת הקבלים כשהיא דרושה, או להיפך — מניעת מקדם הספק קיבולי.

ד. **חלוקת העמס בין הפזות** — המדובר במכשירי חד-פזיים אשר הושם דגש על חיבורם בחלוקה שווה בין הפזות.

ה. **החלפת ציוד ישן בלתי יעיל** — חלק מהמנורות (בעיקר מנועים ישנים) הוחלף ובבחינת המנועים החדשים הושם דגש על התאמתם למכונות המונעות!

ו. **מיתקני החימום** — הדוודים לחימום מים הופעלו דרך שעוני מיתוג אך ורק בשעות שמחוץ לשעות השיא. שימוש בדוודי אגירה בעלי בידוד משופר.

ז. **מיתקני ההסקה ומיזוג אוויר** — נעשו פעולות מקיפות לשיפור מצב התחזוקה של המיתקנים כדי להביא לצריכת חשמל מינימלית. כמו כן שופר הבידוד התרמי של המבנה כדי למנוע איבודים תרמיים.

## העמסת הטרנספורמטור

המפעל ניזון מטרנספורמטור (שנאי) 630 קו"א. העומס המדומה של המפעל לפני שנקטו פעולות

ב, התקע המצדיע" מס' 12 (מאי 1975) פורסם במאמר בנושא "חיסכון וייעול בצריכת החשמל לתעשייה — כיצד?" במאמר פורטו בראשי פרקים עקרוניים הגישה לנושא ודרכי הפעולה.

במהלך השנה האחרונה ערכנו סקרים במספר מפעלי תעשייה כדי לבחון הלכה למעשה את הנושא, ואמנם התוצאות מראות שישנו כר-פעולה נרחב: למדנו כי במפעלי תעשייה רבים וכן אצל צרכנים דומים (כגון, בתי חולים וכו') ניתן להגיע לייעול וחיסכון ניכרים בצריכת החשמל אשר תרצאותיהם (חיסכון באנרגיה ובכסף) מכסות את ההשקעות הלא גדולות הנדרשות לביצוע השיפורים והשינויים במיתקן החשמל.

בטבלה מס' 2 (עמ' 21) מובאת "תמונת" צריכת החשמל השנתית של צרכן (המדובר בצרכן "דמיוני" המהווה סינטזה של מספר רב של צרכנים אמיתיים) לפני ואחרי שנקטו אצלו פעולות לייעול וחיסכון בצריכת החשמל. **(ברור שגם עתה יש עדיין מקום לשיפורים נוספים!)**

זוהי תמונה אופיינית לצרכן שיש אצלו פעילות ב-משך 24 שעות ביממה, אם כי במשמרת השניה הפעילות נמוכה יותר מאשר במשמרת הראשונה, ואילו במשמרת השלישית ישנה רק פעילות מינימלית של אותם מיתקנים ומכונות שחייבים לעבוד ברציפות כדי לקיים את תהליכי הייצור המתבצעים בעיקר במשמרת הראשונה.

יש לציין כי צריכת החשמל לכוח לא השתנתה, אלא שבאותה צריכת חשמל הגיע המפעל בשנה השניה לתפוקת ייצור גבוהה יותר! דבר זה התאפשר על ידי רכישת ציוד נוסף. (בסך הכל יש בשנה השניה גידול של 100 קו"ט בעומס המחובר).

לעומת זאת צומצמה צריכת המאור ב-20% וכן צומצם עומס המאור ותרומתו לשיא הביקוש.

## הפעולות שנקטו לייעול וחיסכון בצריכת החשמל

א. **הקטנת העומס המחובר והצריכה למאור** — ע"י שיפורים בתאורה הטבעית, (בעיקר בהתקנת פלטות פ.י.ו.סי. שקופות בגג העשוי פלטות גליות מאסבסט צמנט), ניתן היה לבטל חלק מהנורות.

הייעול, היה בשעת שיא הביקוש כ"  $\frac{410}{0.75} = 546$

קו"א, ואילו לאחר שנגקטו פעולות הייעול — למרות שהעומס המחובר עלה בגלל רכישת ציוד נוסף — חלה ירידה בשיא הביקוש ולאור העליה במקדם ההספק נמצא שכעת העומס המדומה של המפעל בשעת שיא הביקוש הוא כ"  $\frac{360}{0.9} = 400$  קו"א. דהיי

נו, העמסה של כ" 65% מההספק הנקוב של הטרנספורמטור לעומת כ" 87% בעבר וכלומר, אם בעבר היה הטרנספורמטור מועמס מעל לאופטימום הרי שכעת ישנה עדיין רזרבה של כ" 100 קו"א עד שנגיע ל" 80% מיכולת הטרנספורמטור שזהו העומס האופטימלי מבחינת האיבודים.

### התשלום עבור צריכת החשמל

בדרך כלל יש לצרכן תעשייתי 4 אלטרנטיבות לבחירת התעריף שלפיו הוא מחוייב עבור צריכת החשמל (ראה טבלה מס' 3 — תעריפי החשמל לתעשייה ימלאכה והאפשרויות לצרופים שלהם).

מתוך טבלה מס' 1 אנו רואים שההוצאה השנתית של הצרכן הנדון עבור צריכת החשמל שלו לפני שנגקטו אצלו הפעולות לייעול וחיסכון, דומה פחות או יותר בכל אחד מ"4 הצירופים. לעומת זאת בשנה השניה לאחר שבוצעו הפעולות, ישנם כבר הבדלים יותר משמעותיים בין 4 הצירופים.

למעשה, שלם הצרכן בשנה הראשונה 387,652 ל"י לפי צרוף A (מאור א' — תעריף 34 וכוח א' — תעריף 51 ותשלום בעד מקדם הספק נמוך).

מתוך הטבלה אנו רואים שאם ישאר הצרכן באותו צרוף תעריפים אזי ישלם בשנה השניה 346,515 ל"י.

דהיינו — הייעול והחיסכון בצריכת החשמל הביאו לו חיסכון כספי של 41,137 ל"י שהם יותר מ"10%.

מאידך, באם יעבור הצרכן בשנה השניה לתשלום לפי צרוף D (מאור ב' — תעריף 334 וכוח ב' — תעריף 354) ישלם בסך הכל 339,945 ל"י. דהיינו — הייעול והחיסכון בצריכת החשמל בנוסף לבחירת התעריף האופטימלי הביאו לו חיסכון כספי של 47,707 ל"י שהם יותר מ"12%.

**טבלה מס' 1: התשלום השנתי בעד צריכת החשמל לפי הצירופים התעריפיים האפשריים: שנה ראשונה לעומת שנה שניה.**

צרוף התעריפים	A כוח א' + מאור א' (ל"י)	B כוח א' + מאור ב' (ל"י)	C כוח א' + מאור ב' (ל"י)	D כוח ב' + מאור ב' (ל"י)
שנה ראשונה	387,652	389,324	389,428	387,548
שנה שניה	346,515	341,337	348,322	339,945

דוגמאות חישוב החיסכון הכספי בשנה השניה לעומת השנה הראשונה:

א. בצרוף התעריפים: A

החיסכון הכולל 41,137 ל"י (10.7%)  
החיסכון הכולל מורכב מ—

חיסכון בתשלום עבור מקדם הספק ירוד  
חיסכון בתשלום עבור צריכת המאור

ב. במעבר מצרוף התעריפים A לצרוף התעריפים D.

החיסכון הכולל 47,707 ל"י (12.3%)  
החיסכון מורכב מ—

חיסכון בתשלום עבור מקדם הספק ירוד  
חיסכון בתשלום עבור צריכה המאור ושיא הביקוש

34,609 ל"י  
6,528 ל"י

34,609 ל"י  
13,098 ל"י

### ס כ ו ם

א. חיסכון כספי למפעל בהוצאות לתשלום חשבון נותן-החשמל.

ב. יכולת להרחבת הייצור (הגדלת צריכת החשמל המועילה במפעל מבלי שיהיה צורך להגדיל את מערכת האספקה).

ג. חיסכון ישיר באנרגיה ע"י הקטנת האיבודים במיתקן החשמל בכללו וצמצום צריכת החשמל לריק והצריכה הבלתי מועילה בעיקר בתאורה ו

אנו רואים בבירור כי הפעולות לייעול וחיסכון בצריכת החשמל אשר ננקטו במפעל הנדון, ואשר היו כרוכות בעיקר במחשבה טכנית-הנדסית בתוספת השקעה כספית לא גבוהה, הביאו להישגים בלתי מבוטלים ב"3 מישורים:



**טבלה מס' 2:**

"תמונת צריכת החשמל של הצרכן בשנה ה' - I וה' - II (לפני ואחרי שנקטו פעולות ייעול והיסכון)."

חודש	העומס המחובר		שיא הביקוש								מקדם ההספק		צריכת החשמל				שנה חודש
	כוח		תחומל הכח				תחומל המאור				סה"כ		מאור		כוח		
	קו"ט	קו"ט	קו"ט	קו"ט	קו"ט	קו"ט	קו"ט	קו"ט	קו"ט	קו"ט	קו"ט	קו"ט	קו"ט	קו"ט	קו"ט	קו"ט	
ינואר	750	850	400	360	10	8	410	368	0.9	0.75	113,000	113,000	10,000	8,000	123,000	121,000	
מבואר	750	850	400	360	10	8	410	368	0.9	0.75	113,000	113,000	9,500	7,600	122,500	120,600	
מרץ	750	850	350	315	10	8	360	323	0.85	0.7	98,875	98,875	8,000	6,400	106,875	105,275	
אפריל	750	850	350	300	10	8	310	278	0.85	0.7	84,750	84,750	7,500	6,000	92,250	90,750	
מאי	750	850	350	300	10	8	270	233	0.85	0.7	70,625	70,625	7,000	5,600	77,625	76,225	
יוני	750	850	350	300	10	8	310	278	0.85	0.7	84,750	84,750	7,000	5,600	91,750	90,350	
יולי	750	850	350	300	10	8	360	323	0.85	0.7	98,875	98,875	7,500	6,000	106,375	104,875	
אוגוסט	750	850	350	300	10	8	310	278	0.85	0.7	84,750	84,750	7,000	5,600	91,750	90,350	
ספטמבר	750	850	350	315	10	8	360	323	0.85	0.7	98,875	98,875	7,500	6,000	106,375	104,875	
אוקטובר	750	850	350	270	10	8	310	278	0.85	0.7	84,750	84,750	8,000	6,400	92,750	91,150	
נובמבר	750	850	350	315	10	8	360	323	0.85	0.7	98,875	98,875	8,000	6,800	107,375	105,675	
דצמבר	750	850	350	315	10	8	360	323	0.85	0.7	98,875	98,875	8,500	6,800	107,375	105,675	
סה"כ שנה	750	850	350	315	10	8	360	323	0.85	0.7	1,130,000	1,130,000	96,000	76,800	1,226,000	1,206,800	

**טבלה מס' 3:**

העריפי החשמל לתעשיה ומלאכה והאפשרויות לצרופים שלהם.

תשלום מינימום ל"י/חודש	המחיר לקוט"ש באנ' בחודש	קוט"ש בחודש	סוג הצריכה	סוג התעריף	
				בחשבון החשמל	בחברת הרשמית
15.-	51.3 35.0 34.0	100 400 היתר	מאור א' לתעשיה ובתי מלאכה	11	34
-	-	-	מאור ב' לתעשיה ובתי מלאכה כאשר מתקן המאור מחובר למונה הכח. תשלום בעד העומס המחובר של המאור (נוסף על התשלומים בעד הזרם והביקוש לפי הוראות מערכת המונה לכח) 4 קו"ט ראשוניים או חלק מהם 62.- ל"י לחודש כל קו"ט נוסף 15.50 ל"י	12	334
15.-	31.3 30.3 29.1 28.2	1,000 1,000 8,000 היתר	כח לתעשיה א'	18	51
-	-	-	כח לתעשיה ב' א. תשלום חודשי בעד ביקוש מירבני שנתי 20 קו"ט ראשוניים או חלק מהם 165.- ל"י כל קו"ט נוסף 8.25 ל"י ב. תשלום בעד הקוט"ש 150 קוט"ש ראשוניים לכל קו"ט " 150 נוספים לכל " " 150 ל"י היתר	19	54,354 64,364

תשלום בעד מקדם הספק נמוך

תוספת התשלום	מקדם הספק
אין כל תשלום	: 1.00 - 0.85
0.7% מן המחיר בעד כל 0.01 ממקדם ההספק החסר ל-0.85	: 0.85 - 0.70
1.0% מן המחיר בעד כל 0.01 ממקדם ההספק החסר ל-0.85	: 0.70 - 0.60
1.5% מן המחיר בעד כל 0.01 ממקדם ההספק החסר ל-0.85	: 0.60 מ'

- צרוף A: כח א' + מאור א'
- צרוף B: כח ב' + מאור א'
- צרוף C: כח א' + מאור ב'
- צרוף D: כח ב' + מאור ב'

**טבלה מס' 4:**

**חישוב התשלומים בשנה ה-1 לפי צרוף A.**  
(כוח א' - מאור א')

חודש	התשלום עבור הצריכה		סה"כ התשלום
	כוח	מאור	
ינואר	31,990	3,421	37,890
פברואר	31,990	3,251	37,890
מרץ	28,007	2,741	33,977
אפריל	24,024	2,571	29,387
מאי	20,040	2,401	24,797
יוני	24,024	2,401	29,200
יולי	28,007	2,571	33,789
אוגוסט	24,024	2,401	29,200
ספטמבר	24,024	2,571	33,789
אוקטובר	24,024	2,741	29,575
נובמבר	28,007	2,911	34,164
דצמבר	28,007	2,911	34,164
סה"כ שנה	320,151	32,892	387,652

**דגמת חישוב עבור חודש ינואר:**

לפי טבלה מס' 2: הצריכה לכות = 113,000 קוט"ש  
הצריכה למאור = 10,000 קוט"ש  
מקדם ההספק = 0.75

התשלום עבור הצריכה לכות =

1,000 קוט"ש x 31.3 = 313 ל"י  
1,000 קוט"ש x 30.3 = 303 ל"י  
8,000 קוט"ש x 29.1 = 2,328 ל"י  
103,000 קוט"ש x 28.2 = 29,066 ל"י

התשלום עבור הצריכה למאור =

100 קוט"ש x 51.3 = 51 ל"י  
400 קוט"ש x 35.0 = 140 ל"י  
9,500 קוט"ש x 34.0 = 3,230 ל"י

סה"כ התשלום עבור הצריכה

התשלום עבור מקדם ההספק היחיד = 35,411 x 7% = 2,479

סה"כ התשלום בעד התשלום

31,990 ל"י

**טבלה מס' 5:**

**חישוב התשלומים בשנה ה-2 לפי צרוף A.**  
(כוח א' + מאור א')

חודש	התשלום עבור הצריכה		סה"כ התשלום
	כוח	מאור	
ינואר	31,990	2,741	34,731
פברואר	31,990	2,605	34,595
מרץ	28,007	2,197	30,204
אפריל	24,024	2,061	26,085
מאי	20,040	1,925	21,965
יוני	24,024	1,925	25,949
יולי	28,007	2,061	30,068
אוגוסט	24,024	1,925	25,949
ספטמבר	28,007	2,061	30,068
אוקטובר	24,024	2,197	26,221
נובמבר	28,007	2,333	30,340
דצמבר	28,007	2,333	30,340
סה"כ שנה	320,151	26,364	346,515

**דגמת חישוב עבור חודש ינואר:**

לפי טבלה מס' 2: הצריכה לכות = 98,875 קוט"ש  
הצריכה למאור = 6,400 קוט"ש

התשלום עבור הצריכה לכות =

1,000 קוט"ש x 31.3 = 313 ל"י  
1,000 קוט"ש x 30.3 = 303 ל"י  
8,000 קוט"ש x 29.1 = 2,328 ל"י  
88,875 קוט"ש x 28.2 = 25,063 ל"י

התשלום עבור הצריכה למאור =

100 קוט"ש x 51.3 = 51 ל"י  
400 קוט"ש x 35.0 = 140 ל"י  
5,900 קוט"ש x 34.0 = 2,006 ל"י

סה"כ התשלום בעד התשלום

28,007 ל"י

**טבלה מס' 6:**

**חישוב התשלומים בשנה ה-1 לפי צרוף B.**  
(כוח ב' + מאור א')

חודש	התשלום עבור הצריכה		סה"כ התשלום
	כוח	מאור	
ינואר	3,300	28,231	37,399
פברואר	3,300	28,231	37,217
מרץ	3,300	24,792	33,483
אפריל	3,300	21,273	29,884
מאי	3,300	17,644	25,796
יוני	3,300	14,025	29,696
יולי	3,300	14,702	33,783
אוגוסט	3,300	14,025	29,696
ספטמבר	3,300	14,702	33,783
אוקטובר	3,300	11,173	30,071
נובמבר	3,300	14,702	34,158
דצמבר	3,300	14,702	34,158
סה"כ שנה	39,600	282,308	389,324

**דגמת חישוב עבור חודש ינואר:**

לפי טבלה מס' 2: שא הובקש השנתי לכות = 400 קוט"ש

שא הובקש החודשי לכות = 250 קוט"ש

הצריכה לכות = 70,625 קוט"ש

הצריכה למאור = 7,000 קוט"ש

מקדם ההספק = 0.7

התשלום בעד שא הובקש השנתי =

440 קוט"ש x 8.25 = 3,630 ל"י  
150 קוט"ש x 27 = 4,050 ל"י  
150 קוט"ש x 22.7 = 3,398 ל"י

התשלום עבור הצריכה למאור =

100 קוט"ש x 51.3 = 51 ל"י  
400 קוט"ש x 35.0 = 140 ל"י  
6,500 קוט"ש x 34.0 = 2,210 ל"י

סה"כ התשלום בעד הצריכה שא הובקש

23,345 ל"י

התשלום עבור מקדם ההספק היחיד =

23,345 ל"י x 10.5% = 2,451

סה"כ התשלום בעד התשלום

25,796 ל"י

**טבלה מס' 7:**

**חישוב התשלומים בשנה ה-2 לפי צרוף B.**  
(כוח ב' + מאור א')

חודש	התשלום עבור הצריכה		סה"כ התשלום
	כוח	מאור	
ינואר	2,970	27,933	33,644
פברואר	2,970	27,933	33,508
מרץ	2,970	24,442	29,604
אפריל	2,970	20,950	25,981
מאי	2,970	17,457	22,352
יוני	2,970	20,950	25,875
יולי	2,970	24,442	29,473
אוגוסט	2,970	20,950	25,845
ספטמבר	2,970	24,442	29,473
אוקטובר	2,970	20,950	26,117
נובמבר	2,970	24,422	28,745
דצמבר	2,970	24,422	28,745
סה"כ שנה	35,640	279,333	341,337

**דגמת חישוב עבור חודש ינואר:**

לפי טבלה מס' 2: שא הובקש השנתי לכות = 360 קוט"ש

שא הובקש החודשי לכות = 270 קוט"ש

הצריכה לכות = 84,750 קוט"ש

הצריכה למאור = 5,600 קוט"ש

התשלום בעד שא הובקש השנתי =

360 קוט"ש x 8.25 = 2,970 ל"י  
150 קוט"ש x 27 = 4,050 ל"י  
150 קוט"ש x 22.7 = 3,398 ל"י

התשלום עבור הצריכה למאור =

100 קוט"ש x 51.3 = 51 ל"י  
400 קוט"ש x 35 = 140 ל"י  
5,100 קוט"ש x 34 = 1,734 ל"י

סה"כ התשלום בעד התשלום

22,875 ל"י

**טבלה מס' 8 :**

**חישוב התשלומים בשנה ה-1 לפי צרוף C. (כוח א' - מאור ב')**

ח ד ש	התשלום עבור המאור		סה"כ התשלום	התשלום עבור סמך ההספק הנוצר		סה"כ התשלום
	כוח	מאור		מסד	הספק	
קואר	34,810	620	35,430	7.0	2,480	37,910
מברואר	34,689	620	35,289	7.0	2,470	37,759
מרץ	30,283	620	30,883	10.5	3,243	34,126
אפריל	26,138	620	26,758	10.5	2,810	29,568
מאי	22,014	620	22,634	10.5	2,377	25,011
יוני	25,998	620	26,618	10.5	2,795	29,413
יולי	30,122	620	30,742	10.5	3,228	33,970
אוגוסט	25,998	620	26,618	10.5	2,795	29,413
ספטמבר	30,122	620	30,742	10.5	3,228	33,970
אוקטובר	26,180	620	26,900	10.5	2,824	29,724
נובמבר	30,404	620	31,024	10.5	3,258	34,282
דצמבר	30,404	620	31,024	10.5	3,258	34,282
סה"כ לשנה	347,222	7,440	354,662			389,428

**דגמת חישוב עבור חודש ספטמבר :**

לפי טבלה מס' 2 : העומס המחזורי למאור (קו"ט) = 40  
 ערכת החשכל (כוח + מאור) = 106,375 קו"ט  
 מסדס ההספק = 0.7

התשלום עבור הצריכה :  
 1,000 קו"ט = 31.3 א"נ/קו"ט  
 1,000 קו"ט = 30.3 " "  
 8,000 קו"ט = 29.1 " "  
 111,000 קו"ט = 28.2 " "  
 = 30,122 קו"ט

התשלום עבור המאור :  
 40 קו"ט = 15.5 א"נ/קו"ט  
 = 30,742 קו"ט

סה"כ התשלום (כוח + מאור) :  
 = 3,228 קו"ט  
 = 33,970 קו"ט

**טבלה מס' 9 :**

**חישוב התשלומים בשנה ה-2 לפי צרוף C. (כוח א' + מאור ב')**

ח ד ש	התשלום עבור הצריכה		סה"כ התשלום	התשלום עבור המאור		סה"כ התשלום
	כוח	מאור		כוח	מאור	
קואר	34,246	543	34,789	543	34,789	
מברואר	34,133	543	34,676	543	34,676	
מרץ	29,812	543	30,355	543	30,355	
אפריל	25,716	543	26,259	543	26,259	
מאי	21,619	543	22,162	543	22,162	
יוני	25,603	543	26,146	543	26,146	
יולי	29,689	543	30,242	543	30,242	
אוגוסט	25,603	543	26,146	543	26,146	
ספטמבר	29,689	543	30,242	543	30,242	
אוקטובר	25,828	543	26,371	543	26,371	
נובמבר	29,924	543	30,467	543	30,467	
דצמבר	29,924	543	30,467	543	30,467	
סה"כ לשנה	341,906	6,516	348,322			

**דגמת חישוב עבור חודש קואר :**

לפי טבלה מס' 2 : העומס המחזורי למאור (קו"ט) = 35  
 עומס החשכל (כוח + מאור) = 121,000 קו"ט

**התשלום עבור הצריכה :**

1,000 קו"ט = 31.3 א"נ/קו"ט  
 1,000 קו"ט = 30.3 א"נ/קו"ט  
 8,000 קו"ט = 29.1 א"נ/קו"ט  
 111,000 קו"ט = 28.2 א"נ/קו"ט  
 = 31,302 קו"ט

**התשלום עבור המאור :**

35 קו"ט = 15.5 א"נ/קו"ט  
 = 543 קו"ט

**סה"כ תשלום עבור החשכל :**

= 34,789 קו"ט

**טבלה מס' 10 :**

**חישוב התשלומים בשנה ה-1 לפי צרוף D. (כוח ב' + מאור ב')**

ח ד ש	התשלום עבור המאור		סה"כ התשלום	התשלום עבור סמך ההספק הנוצר		סה"כ התשלום
	כוח	מאור		מסד	הספק	
קואר	30,566	620	31,183	7.0	2,420	33,609
מברואר	30,452	620	31,083	7.0	2,412	33,507
מרץ	26,582	620	27,202	10.5	3,211	30,413
אפריל	22,940	620	23,560	10.5	2,829	26,389
מאי	19,298	620	19,918	10.5	2,447	22,365
יוני	22,826	620	23,446	10.5	2,817	26,263
יולי	26,469	620	27,089	10.5	3,199	30,288
אוגוסט	22,826	620	23,446	10.5	2,817	26,263
ספטמבר	26,469	620	27,089	10.5	3,199	30,288
אוקטובר	23,053	620	23,673	10.5	2,841	26,514
נובמבר	26,496	620	27,116	10.5	3,223	30,339
דצמבר	26,496	620	27,116	10.5	3,223	30,339
סה"כ לשנה	304,873	7,440	312,313			348,348

**דגמת חישוב עבור חודש קואר :**

לפי טבלה מס' 2 : העומס המחזורי למאור (קו"ט) = 40  
 שיה הביקוש השנתי (כוח + מאור) = 410 קו"ט  
 שיה הביקוש החודשי (כוח + מאור) = 310 קו"ט  
 ערכת החשכל (כוח + מאור) = 92,250 קו"ט  
 מסדס ההספק = 0.7

התשלום עבור שיה הביקוש השנתי :  
 410 קו"ט = 8.25 א"נ/קו"ט  
 = 3,383 קו"ט

התשלום עבור הצריכה :  
 150 קו"ט/ש = 27 א"נ/קו"ט  
 45,750 קו"ט = 22.7 א"נ/קו"ט  
 = 10,383 קו"ט

התשלום עבור המאור :  
 40 קו"ט = 15.5 א"נ/קו"ט  
 = 620 קו"ט

סה"כ התשלום (כוח + מאור + שיה הביקוש) :  
 = 26,943 קו"ט

התשלום עבור מסדס ההספק יות :  
 10.5% = 2,829 קו"ט  
 סה"כ התשלום עבור החשכל :  
 = 29,772 קו"ט

**טבלה מס' 11 :**

**חישוב התשלומים בשנה ה-2 לפי צרוף D. (כוח ב' + מאור ב')**

ח ד ש	התשלום עבור הצריכה		סה"כ התשלום	התשלום עבור המאור		סה"כ התשלום
	כוח	מאור		כוח	מאור	
קואר	3,036	29,755	33,334	543	33,334	
מברואר	3,036	29,667	33,246	543	33,246	
מרץ	3,036	25,914	29,493	543	29,493	
אפריל	3,036	22,334	25,913	543	25,913	
מאי	3,036	18,755	22,334	543	22,334	
יוני	3,036	22,247	25,826	543	25,826	
יולי	3,036	25,826	29,405	543	29,405	
אוגוסט	3,036	22,247	25,826	543	25,826	
ספטמבר	3,036	25,826	29,405	543	29,405	
אוקטובר	3,036	22,422	28,001	543	28,001	
נובמבר	3,036	26,002	29,581	543	29,581	
דצמבר	3,036	26,002	29,581	543	29,581	
סה"כ לשנה	36,432	296,997	339,945			

**דגמת חישוב עבור חודש קואר :**

לפי טבלה מס' 2 : העומס המחזורי למאור (קו"ט) = 35  
 שיה הביקוש השנתי (כוח + מאור) = 368 קו"ט  
 שיה הביקוש החודשי (כוח + מאור) = 323 קו"ט  
 ערכת החשכל (כוח + מאור) = 105,675 קו"ט

התשלום עבור שיה הביקוש השנתי :  
 368 קו"ט = 8.25 א"נ/קו"ט  
 = 3,036 קו"ט

התשלום עבור הצריכה :  
 150 קו"ט/ש = 27 א"נ/קו"ט  
 150 קו"ט/ש = 22.7 א"נ/קו"ט  
 8,775 קו"ט = 21.9 א"נ/קו"ט  
 = 13,082 קו"ט

התשלום עבור המאור :  
 35 קו"ט = 15.5 א"נ/קו"ט  
 = 543 קו"ט

סה"כ התשלום עבור החשכל :  
 = 29,581 קו"ט

# חיסכון אנרגיה במיתקני מאור

ד"ר א' נאמן

עם כל החשיבות של החיסכון, אין לשכוח כי המאור אינו מותרות. מהלך החיים בחברה המודרנית מכריח אנשים רבים לחיות, לפעול ולעבוד במקומות בהם אור היום אינו מספיק לצרכי הראיה. כמו כן אנו מתעלמים ממחזור היום והלילה ודורשים להמשיך בפעילות מלאה כרצוננו בכל שעות היממה. אי לכך, חייב המאור גם כיום למלא את הדרישות לראיה יעילה בהתאם למאמץ הנדרש מן העיניים, להבטיח את בטיחות האנשים ולמנוע התעייפות יתר, הדגש צריך להיות על ייעול המיתקן והשימוש בו, על יעילות התחזוקה ועל ניצול מירבי של אור היום. כל זאת, תוך שמירה על עוצמות ההארה הדרושות לכל מאמץ ראייתי בניגוד להורדה שרירותית של מספר מקורות האור הפועלים בחלל כלשהו. לבסוף נדגיש שוב כי עלינו לגבש פתרונות קבע ולא להסתפק באילתורים של כיבוי מנורה פה ומנורה שם.

## מקורות האור

התאמתן של נורות למיתקן מאור כלשהו תלויה בתכונות הבאות:

הנצילות האורית.

משך החיים.

הצורך באבזרי עזר במעגל (משנק, מצת, קבלים וכו').

מבחר הגדלים המצוי בשוק.

נוחות ההחלפה והתחזוקה.

למען הקל על ההשוואה בין המקורות השונים הובאו בטבלה 1 נתונים על התכונות שלהם.

קיים הבדל בין הנתונים המוצגים על ידי היצרנים השונים. במיוחד בולט ההבדל בין נתוני נורות המיוצרות בארצות הברית לבין נתוני הנורות המיוצרות באירופה ובישראל. בנורות ליבון יש השפעה מכרעת למתח שעל הדקי הנורה על שאר התכונות.

מקורות האור, שהינם כיום חשמליים כולם מתחלקים לשני סוגים עיקריים — נורות ליבון ונורות פריקה בגזים. נורות הליבון — נורת הליבון הרגילה ונורת הוטנסטון — הלוגן (קוורץ, יוד) הינן פשוטות יחסית במבנה שלהן, נוחות להתקנה והחזקה, אולם משך החיים שלהן ונצילותן אינן גבוהות.

קבוצת נורות הפריקה הינה גדולה יותר. נכללות בה הנורה הפלואורסצנטית, נורת הכספית, נורת הכספית עם תוספות הלידיות, נורת הנתרן בלחץ נמוך והנתרן בלחץ גבוה. יעילותן ומשך החיים שלהן גדולים מאלה של נורות הליבון, אולם המעגל החשמלי שלהן מורכב יותר והידע הדרוש להחזקתן גדול יותר.

טבלה מס' 1

## תכונות של מקורות אור חשמליים

הבהוב	משך זמן להצתה מחדש	התאמה למתקני		תכונות צבע כללי	אבזרי עזר			הספקי נורות קיימים	משך חיים נקוב	נצילות אורית	יחידות
		חץ	מים		נשל	מצת	קבלים				
-	דקות	-	-	-	-	-	-	ווסים	שעות	לומן ווט	יחידות
11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	הערות
לא קיים	0	+	+	לבן צהבהב	-	-	-	מבחר גדול	1000	8-20	ליבון
לא קיים	0	+	+	לבן צהבהב בהיר	-	-	-	מבחר גדול	2000	15-22	טונסטון הלוגן
חלש מאד	1-5	+	+	לבן-כחלחל-יורק	+	-	+	50-2000	15,000	38-60	כספית (מצופה)
חלש מאד	1-5	+	+	" - "	-	-	-	160-500	4,000	18-25	כספית עם ליבון
חלש	10-15	+	+	לבן-כחלחל	+	+	+	250-3,500	6,000-10,000	80-110	כספית עם תוספת הלידיות
חלש מאד	0	-	+	מבחר רחב	+	+	+	מבחר גדול	9,000-15,000	40-82	פלואורסצנט
קיים	1-5	+	+	צהבהב	+	+	+	70-1000	8,000-15,000	83-140	נתרן לחץ גבוה
קיים		+	-	צהוב	+	-	+	35-200	6,000-8,000	132-178	נתרן לחץ נמוך

יחידות לטבלה 1

3. לא כל הנורות מיוצרות או מצויות בארץ.  
4. המסדי האנרגיה בנטל אינם כוללים בהספק הנתרן על ידי הנורה.  
5. יש נורות מריקה מסוגים מסוימים שאינן זוכות למצת.  
6. יש מקורות המולכים בהתקנת קבלים, ראה להלן.

1. ראה טבלה 2.  
2. נתונים של יצרנים בארצות הברית ונתונים בדרך כלל מאלה של יצרנים באירופה ובישראל.  
3. נתונים המריקה לא הובאו בחשבון המסדי הנטל.  
4. מס' ב'1. חלק מן ההבדל טבע מהירות שנות של "משך חיים נטוב" בארה"ב ובאירופה.

נוסף לתכונות שנסקרו אסור לשכוח את שעור הסיכונים הנגרם על ידי מקור האור, הגודל הפיזי של המקור, שעור החימום הנגרם, הן בקרבת הנורה והן על האנשים המצויים בטווח ההארה שלה, נוחות ההחלפה והתחזוקה ועוד.

**א. נצילות אורית**

לנבי החיסכון באנרגיה חשוב להדגיש כי בדרך כלל הנצילות האורית קטנה ככל שקטן הספק הנורה. פרוש הדבר כי במיתקן המבוסס על נורות קטנות תידרש כמות גדולה יותר של אנרגיה מאשר במיתקן עם נורות גדולות כדי לספק אותה כמות אור, ראה טבלה מס' 2.

**טבלה 2: הנצילות האורית של נורות**

הספק הנורה (ולט)	ליבו	פלוסננט	כספית	כספית עם טל ליון	כספית עם תוספת חרייית	נרן נחו	נרן לחץ נמוך
וטים	1	2	3	4	5	6	7
8	—	59	—	—	—	—	—
15	8	60	—	—	—	—	—
20	—	61	—	—	—	—	—
25	9	—	—	—	—	—	—
35	—	—	—	—	—	—	132
40	11	80	—	—	—	—	—
50	—	—	38	—	—	—	—
55	—	—	—	—	—	—	140
60	12	—	—	—	—	—	—
70	—	—	—	—	—	83	—
75	13	—	—	—	—	—	—
80	—	—	44	—	—	—	—
90	—	—	—	—	—	—	139
100	14	—	—	—	—	95	—
125	—	—	50	—	—	—	—
135	—	—	—	—	—	—	160
150	15	—	—	—	—	100	—
160	—	—	18	—	—	—	—
175	—	—	—	—	80	—	—
180	—	—	50	—	—	—	178
200	16	—	—	—	—	—	—
250	—	—	54	—	—	120	—
400	—	—	58	—	—	125	—
500	17	—	25	—	—	—	—
700	—	—	60	—	—	—	—
750	—	—	—	—	—	—	—
1000	19	—	57	—	—	140	—
2000	20	—	60	—	—	95	—
3500	—	—	—	—	—	110	—

הערות לטבלה 2: לא כל הנורות הקיימות נכללו בטבלה מחוסר מקום.  
 1. למי קטלוג פיליפס מס' 10/70, 15,050 נורות לתוח 230-220 וולט.  
 2. למי קטלוג פיליפס מס' 11 לנורה מס' 1050 אור "לבר" שהיא בין העילות ביותר.  
 3. למי קטלוג כ"י.  
 4. למי קטלוג נביל עם השלמות.  
 5. למי נתונים חדשים (1975) מחברת נירל אלקטריק, ארצות הברית.  
 6. למי קטלוג פיליפס כ"י.  
 7. למי קטלוג פיליפס כ"י.

**ג. גופי התאורה**

גוף התאורה מנן על הנורה ומכיל את ציוד העזר. תפקידו העיקרי לכוון את האור לכיוונים הרצויים ולמנוע את הטלתו לכיוונים בהם הוא אינו נחוץ. תפקיד חשוב של הגוף הוא למנוע סינוור. תכנון או התקנה לקויים של הגוף יגרמו לחימום יתר, צבירת לכלוך ולקושי בתחזוקה.

**ד. בלאי הציוד**

קצב ההיתבלות של החומרים השונים משפיע בצורה מכרעת על יעילות המאור. איכות החי זהר של הרפלקטורים וכן מעבר האור דרך מפזרי האור, או הלוברים, קובעים במידה מכרעת את כמות האור המנוצל. לכן חיוני להשתמש במקורות ובגופי תאורה מטיב מעולה אשר יבטיחו קיום ממושך בלי לפגוע ברמת תיפקודם.

**ה. תלות תפוקת האור במתח**

כל מקור אור בנוי למתח מסוים. סטייה ניכרת מן המתח הנקוב גורמת לתופעות בלתי רצויות. מתח יתר מעלה בדרך כלל את תפוקת האור, אולם מקצר את חיי הנורה. התופעה השכיחה במיתקני חשמל היא מתח נמוך מן הנקוב. מתח נמוך מקטין כמות האור ההספק הנצרך במעגל אולם הוא גורם לירידה (דרסטית לעתים) בנצילות האורית. במיוחד בולטת ירידה זו בנצילות האורית בנורות הליבון. לעומת זאת נורות ליבון הבנויות למתח נקוב נמוך, למשל 110 וולט או 24 וולט, יעילות יותר מנורות דומות הבנויות למתח של 220 וולט.

**ו. תלות תפוקת האור בטמפרטורה**

בנורות פריקה תלויה תפוקת האור בלחץ השורר בתוך שפופרת הפריקה. לחץ זה משתנה עם הטמפרטורה. אם ישירו בסביבת הנורה תנאי טמפרטורה חריגים היא לא תפעל במלוא יעילותה. במיתקני התאורה בארץ מסוכנת עליית יתר של הטמפרטורה כתוצאה מאיורור לא מספיק של גוף התאורה. כדי לצלל בצורה מירבית את מקורות האור יש להבטיח שהטמפרטורה בקירבתם לא תעלה, ככל האפשר. עלית הטמפרטורה משפיעה גם על ציוד העזר של נורות הפריקה והיא גורמת לקיצור ניכר בחיי הנטלים, המצתים והקבלים כאחת.

**שיטת ההתקנה**

בהנדסת המאור מחלקים את המיתקנים ל-3 קבוצות עיקריות — מאור ישיר, מאור חצי ישיר ומאור בלתי ישיר. יש לזכור כי הנצילות של מיתקן התאורה תלויה מאוד בשיטת ההארה. הנסיון מראה כי הנצילות הכוללת של מאור ישיר לאחר תקופת הרצה של 3 עד 6 חודשים מגיעה ל-40% עד 65%. לעומת זאת הנצילות הכוללת של מאור בלתי ישיר הינה 25% עד 30% כאשר

אין להשתמש בנתוני הטבלה בצורה שרירותית. קביעת גודל הנורה נעשה לא רק מטעמי יעילות הנורה. יש להביא בחשבון גם את גובה ההתקנה, אחידות האור, מניעת סינוור, מניעת חימום יתר ושיקולים ארכיטקטוניים-עיצוביים. אולם בכל מקרה שאין מניעה מסיבות אחרות יש להעדיף נורות בעלות הספק גבוה ככל האפשר.

**ב. ציוד העזר**

כל נורת פריקה זקוקה לנטל (משנק) מותאם. שימוש בציוד לקוי גורם לירידה בנצילות. יתרה מזאת, ציוד מטיב ירוד גורם לחימום יתר, מקצר את חיי הנורות ובמקרים רבים יוצר מטרד של זמזום. ניצול יעיל של האנרגיה המושקעת בתאורה מחייב הקפדה על משנקים מטיב גבוה.

## עוצמות הארה מומלצות

בישראל קיימים רק 3 תקנים למאור: לבתי ספר, לספריות ולמשרדים. לכן אין אפשרות לתת המלצות ישראליות מחייבות, בהיעדר תקן ישראלי פונה המתכנן הישראלי לתקנים או המלצות של ארצות אחרות.

בין תקני המאור הללו ניתן להמליץ על ההמלצות (לא תקן) של האגודה להנדסת המאור באנגליה. המלצות אלו פורסמו בינואר 1973 והן מהוות את הפירסום החדש ביותר בנושא. משבר האנרגיה הביא לעיון מחדש בהמלצות הללו, אולם הנוסח החדש עדיין לא פורסם. מונח נתונים שהגיעו מתברר כי השינוי במידה ויהיה, לא יתבטא בהורדה ניכרת של העוצמות המומלצות אלא בהקפדה על ניצול יעיל של המתקן.

להלן מובאות כמה המלצות לפי ההמלצות הבריטיות הנ"ל: (ראה טבלה 4).

### טבלה מס' 4

#### רמות הארה (בלוקסים)

רמות הארה הרשומות מהוות "עדר־שימוש" (Service illuminance) המוגדר כערך הארה ממוצע במשך קיום המתקן.

תקן ישראלי	המלצות בריטיות משנת 1973	ה מ ב נ ה
300	300	מני ציבור ומתוך כתות בית ספר
400	500	על הלוח (מחזור אביב) אולמי הרצאות ספריות (על שולחנות הקריאה)
300	300	בתי מנויים
400	300	חדרי מנויים כללי קריאה קצרה תפירה
	50	חדרי שתייה (כללי)
	150	מנוחת קריאה
	300	מטבח (על שולחן העבודה) אמבטיה
	100	משרדים
400	500	עבודה משרדית, הדפסה במכונה
300	300	תיקוף, ארכיונים
600	750	שירותים
		תעשייה (מבואים גבולות תחנתונים תליונים כוללות עבודה הראייתית)
	500 עד 300	דפוס
	1000 עד 300	טקסטיל
	1500 עד 300	ריתוד
	1500 עד 300	תעשיית בדים
	50 עד 300	חקלאות - במבנה משק

#### עלות המאור

מחירו של המאור נקבע, כמו בכל מיתקן, על בסיס שנתי לפי המרכיבים הבאים:

$$A = B + G + T + H$$

א — עלות המאור לשנה

ב — החזר השנתי על ההשקעה הראשונית, כולל ריבית

ג — מחיר החלפים — נורות וציוד עזר (לשנה)

ד — מחיר העבודה — להחלפת נורות והחזקה שוטפת (לשנה)

ה — מחיר האנרגיה החשמלית (לשנה)

החזר השנתי (ב) נקבע לפי גובה ההשקעה במיתקן

המיתקן חדש, ולאחר תקופה ממושכת ללא ניקוי יורדת הנצילות עד 10%—20%. מובן כי הנצילות של מאור חצי ישיר נמצאת בין הערכים הנזכרים. אי לזאת, מומלץ בזה להימנע ממאור בלתי ישיר כל עוד אין הכרח גמור להשתמש בשיטה זו.

#### המתקן החשמלי

כבר הוזכרה לעיל תלות הנצילות האורית במתח. המתח על הדקי הנורה נקבע על ידי מתח האספקה וסכום כל ירידות המתח במיתקן.

התקנת קבלים במקומות בהם הם דרושים תביא להורדה בזרם הזורם במעגלים ובכך תפחית את ירידות המתח הפוגעות בנצילות המאור.

תיכנון נכון של המיתקן החשמלי יכול לסייע רבות בחיסכון באנרגיה חשמלית. אם המתכנן יכוון את החלוקה למעגלי הדלקה כך שהם יקבילו לכוון החלונות, יהיה ניתן להשתמש בתאורה ביעילות בשעות היום. בימים קצרים בעיקר בחורף נהוג לתגבר את אור היום בעזרת המאור המלאכותי. אולם ברוב המקרים, כמות אור היום ליד החלונות אינה זקוקה לתוספת.

אם המיתקן יהיה מותאם להדלקה בקבוצות בהתאם למרחק מקיר החלונות, הרי תיווצר האפשרות להדליק את המאור המלאכותי רק בחלקים החשובים של החלל. בכך ינוצל אור היום בצורה מיטבית והתוספת של מאור מלאכותי תהיה מינימלית.

#### תחזוקה

למותר להדגיש את חשיבותה של תחזוקת מיתקן המאור. אבק המצטבר על הנורות, הרפלקטורים ועל מפזרי האור בולע חלק ניכר מן האור. התוצאה היא שהאנרגיה מושקעת ליצירת אור, שאינו מביא בחלקו תועלת. בארצות המתקנות קיימות המלצות לניקוי מיתקן המאור, למשל לפי סדר הזמנים הנתון בטבלה 3:

### טבלה 3: תקופות מומלצות לניקוי

#### מיתקן המאור

המיתקן נמצא בסביבו בו האור:	זמני הניקוי הומלצים אחת ל-
מלוכלך מאד	6 חודשים
מלוכלך	1 שנה
נקי	2 שנים

בארצות רבות מקובלת שיטה של החלפה תקופתית של כל הנורות במיתקן. בצורה זו נשמרת רמה גבוהה יותר של יעילות המאור מכיון שנורות המתקרבות לסוף חייהן מפיקות פחות אור. החלפה תקופתית של כל הנורות יש לה יתרון כלכלי במיתקנים גדולים.

סכון בהוצאות. הכוונה היא למיתקן הפועל שעות מעטות בשנה כאשר מיתקן זול עם נצילות אורית נמוכה יחסית יהיה הזול ביותר בעלותו השנתית. אולם חוסר זהות זה אינו משמעותי כי מצעם טבעם של מיתקנים כאלה הם צורכים מעט אנרגיה והשפעתם על המאזן האנרגטי הכללי נמוכה.

בשאר המיקרים יש זהות בין האינטרס הממלכתי ציבורי לחסוך באנרגיה, (בין השאר כדי לחסוך למדינה מטבע זר) ובין האינטרס של הצרכן לחי סוך בהוצאות.

כדי להגיע לחיסכון מירבי נחלק את האמצעים שיש לנקוט לשני חלקים:

#### א. יעילות המיתקן

כאן נסכם את אשר נאמר לעיל. יש להשתמש בציוד בעל איכות גבוהה המותאם למיתקן:

1. מקורות אור בעלי נצילות אורית מירבית (ראה טבלה 1).
2. גופי תאורה מעולים בעלי קיום ארוך.
3. ציוד עזר מותאם ומטיב גבוה. במיוחד אמור הדבר לגבי הנטלים.
4. הקפדה על תכנון המיתקן החשמלי למניעת נפילות מתח.
5. החלפת נורות וניקוי לפי צרכי המיתקן. החלפת נורות וניקוי תקופתיים יכולים לשפר את יעילות המיתקן.
6. תכנון מעגלי הנורות להדלקה וכיבוי בהתאם למרחק מן החלונות.

#### ב. יעילות בשימוש

1. הקפדה על כיבוי המאור החשמלי בשעות היום בהן אור היום מספיק לצרכי הראיה.
2. הדלקת המאור החשמלי רק כאשר הוא הכרחי. הקפדה על הדלקה קבוצתית (חלקית) בהתאם למרחק מן החלונות.
3. כיבוי המאור החשמלי בשעות בהן אין מש"ת משים בחלל המואר. כאן יש להזהיר מפני כיבוי מופרז של נורות פלואורוסצנטיות בגלל הנוק שנגרם להן וגורם לקיצור חייהן.

קו, כולל ההזנה החשמלית. ככל שתעלה רמת המיתקן — היינו שימוש בנורות יעילות (אך יקרות יחסית), בנטלים משובחים ובגופי תאורה יעילים ועמידים, תעלה גם ההשקעה. לעומת זאת יקטנו ההוצאות בסעיפים האחרים. רמת ההשקעה הידאית צריכה להבדק לגבי כל מיתקן.

בחירת הנורות, גופי התאורה וציוד העזר (ב רג) צריכה להתחשב במשך השימוש השנתי במיתקן, אורך החיים של הנורות וקושי ההחלפה. מתכנן התאורה חייב לדעת מהו אומדן שעות השימוש לשנה. אם השימוש אינו עולה על כמה מאות שעות לשנה (למשל: אולם התעמלות בבית ספר, או מיתקן לשטיפת אור של בנין בימי חג ומועד) הרי מיתקן זול יחסית עם נורות ליבון יתן את העלות השנתית הנמוכה ביותר. לעומת זאת אם המיתקן עובד שעות רבות בשנה (בסה"כ יש בשנה 8760 שעות, מהן בקירוב מחצית שעות יום ומחצית שעות לילה) הרי מחיר האנרגיה הופך להוצאה משמעותית בעלות המאור וכל השקעה להגברת הנצילות של המיתקן תשתלם לצרכן תוך זמן קצר.

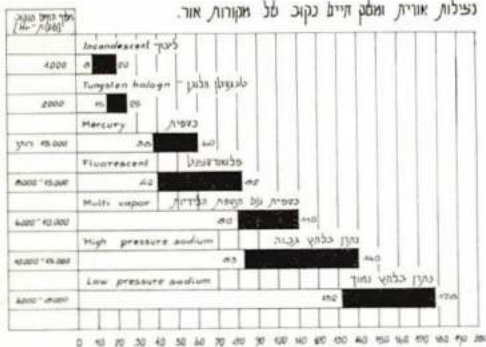
מחיר ההחזקה נקבע על ידי מחיר החלפים, בעיקר הנורות, מצד אחד ועל ידי הקושי להגיע למיתקן מצד שני. במיתקן עם תקרה גבוהה בו הטיפול בתאורה יפריע למהלך העבודה תהיה ההחזקה יקרה מאוד. אי לזאת, יש להעדיף מקורות אור בעלי משך חיים גדול ככל שניתן.

מחיר האנרגיה מהווה ללא ספק סעיף עיקרי בהרצאה השוטפת על מיתקן המאור. לצרכן אין שליטה על מחיר היחידה, היינו המחיר לקוט"ש של האנרגיה הנצרכת אולם יש לו אפשרות לשלוט בשני תחומים: האחד ניצול יעיל של המיתקן והשני שימוש במאור החשמלי במינימום ההכרחי.

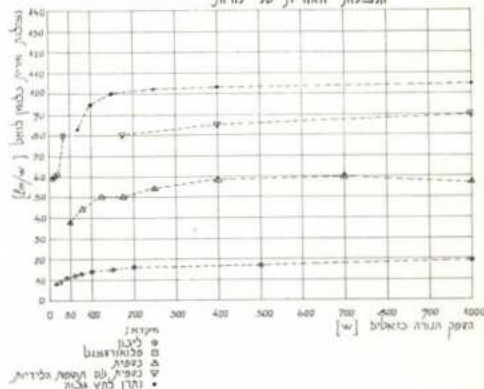
#### חיסכון באנרגיה

מן האמור לעיל מתברר כי יש מקרים בהם אין זהות בין הדרישה לחיסכון באנרגיה לדרישה לחי

נצילות אורית ונחס חיים נקוב של מקורות אור.



הנצילות האורית של נורות



# על ייעול וחיסכון בצריכת החשמל של מזגן האוויר

## מזגן אוויר — „משאבת חום“

מבודד כהלכה כנגד חדירת אוויר שלא דרך המזגן!  
\* אין להשאיר חלונות ודלתות פתוחים בשעת פעולת המזגן.

\* תנועת אוויר דרך חריצים שלא נאטמו, וכן מעבר חום דרך קירות ותקרות שאינם כוללים שכבת בידוד תרמי, גורמים לאיבוד אנרגיה.

\* חלק ניכר מהאנרגיה הנצרכת במזגן בצורת חשמל, איננו מנוצל לשיפור תנאי האקלים בחדר בלתי-מבודד, אלא מתבזבז לאוויר החיצוני.

\* השקעה כספית בשיפור רמת הבידוד של החדר עשויה להביא לחיסכון כספי גדול יותר הן בשל צריכת חשמל נמוכה יותר (חיסכון באנרגיה!) והן כיוון שניתן להסתפק במזגן-חדר קטן יותר להשגת תוצאות טובות יותר!



### מאפייני המזגן —

#### מנקודת ראות האנרגיה.

שלושת הגדלים המאפיינים את המזגן מנקודת ה-ראות האנרגטית הם:

- תפוקת המזגן.
- הספק המזגן.
- נצילות האנרגיה.

#### א. תפוקת המזגן

תפוקת המזגן היא כמות אנרגיית-הקיור שניתן להפיק מהמזגן.

תפוקת המזגן נמדדת ב-  $\frac{BTU}{h}$  (בי.טי.יו. לשעה) או ב-  $\frac{Kcal}{h}$  (קילוקלוריות לשעה).  
 $1 Kcal = 4 BTU$

#### ב. חספק המזגן

הספק המזגן הוא הנובל החשמלי של המזגן אטר נמדד ב- Watt (וט) או KW (קילוואט).

$1 KW = 1000 Watt$   
מזגן שהספקו, למשל 1,500 Watt דהיינו 1.5 KW, צריכת החשמל שלו במשך שעה (מבלי שיופסק ב-אופן ידני או ע"י התרמוסטט) היא 1.5 KWh (1.5 קוט"ש).

#### ג. נצילות האנרגיה

נצילות האנרגיה (EER) מוגדרת כיחס בין תפוקת המזגן לבין הספקו. ככל שנצילות האנרגיה גבוהה יותר, פירושה הדבר שהמזגן יעיל וחסכוני יותר ב-צריכת האנרגיה שלו!

מזגן האוויר הוא מכשיר חשמלי שנועד לווסת את תנאי האקלים הפנימי ובכך לשפר את איכות החיים בחדר, במשרד או בסדנה.

בפעולתו התקינה מייצר המזגן בחדר שילוב נאות של הטמפרטורה, הלחות ותנועת האוויר שהם 3 הגורמים הבסיסיים ליצירת „הנוחות-האקלימית“ בחדר.

מזגן האוויר המודרני, המהווה „משאבת חום“, הוא מכשיר דו-תכליתי:

בקיץ שואב המזגן את החום שבאוויר הבית ופולט אותו אל האוויר שמחוץ לבית.

בחורף שואב המזגן כמויות חום מן האוויר החיצוני (אנרגיית-חום קיימת גם באוויר קר) ופולט אותו אל פנים החדר.

בנוסף לפעולה הבסיסית של שאיבת החום הדר-כיוונית שואב המזגן מהחדר את הלחות המיותרת וכמו כן מטוהר הוא את האוויר בחדר, שכן אוויר החדר, המזוהם באבק ובחלקי לכלוך שונים, „מטוהר“ בעוברו דרך המסנן שהוא חלק בלתי נפרד של המזגן.

### מהם תנאי הנוחות הרצויים?

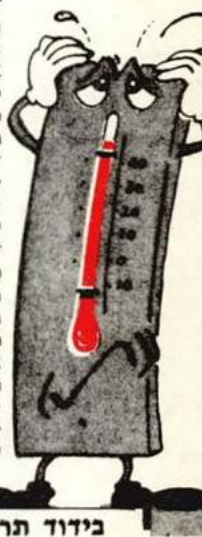
הטמפרטורה הרצויה בבית בתנאי הביגוד המקובלים היא:  $26^{\circ}C - 25^{\circ}C$  בקיץ,  $20^{\circ}C - 18^{\circ}C$  בחורף.

טמפרטורות נמוכות מאלה דורשות ביגוד כבד למדיי וטמפרטורות גבוהות מדיי גורמות להזעה מופרזת.

\* לחות נמוכה מדיי גורמת להרגשת יובש בדרכי הנשימה ולייבוש מוגזם של העור, בעוד שלחות גבוהה איננה מאפ-שרת התנדפות הזעה מהעור.

\* תנועת אוויר מתונה מזרזת את התי-דפות הרטיבות העודפת ומקנה הרגשת רענונות בעוד שתנועת אוויר מוגזמת גורמת להרגשת רוח-פרצים.

מזגן אוויר בעל איכות טכנית גבוהה, אשר הותאם כהלכה לצרכים, בגודלו ובמיקומו, יש בו משום ערובה להשגת הנוחות האקלימית הרצויה בתנאי ש-יופעל בתבונה תוך ניצול יעיל וחסכוני של אנרגיית החשמל שהוא צורך.



### בידוד תרמי —

#### תנאי מוקדם לחיסכון באנרגיה.

התקנת מזגן אוויר והפעלתו בחדר שאיננו מבודד כהלכה מבחינה תרמית גורמת, מטבע הדברים, לבזבז אנרגיה!

יעדיו הבסיסיים של המזגן (שהם: ויסותן של הטמפרטורה, הלחות ותנועת האוויר וכן טיהור האוויר שבחדר מזהומים) יושגו רק בצורה חלקית ובלתי-מושלמת תוך צריכת כמויות חשמל גבוהות מהרגיל, באם לא יהיה החדר, הנועד להיות ממוזג,



## לבחירת המזגן בעל המאפיינים

### המתאימים חשיבות רבה!

\* יש להיוועץ בבעל מקצוע מוסמך לגבי בחירת המזגן בעל המאפיינים המתאימים: תפוקת המזגן לקבוע על סמך חישוב צרכי הקירור והחימום של החדר.

מזגן בעל תפוקה נמוכה מדי לא ימלא את הציפיות בעוד שמזגן בעל תפוקה גבוהה מדי עשוי

ליצור תנאים מוגזמים של קירור או חימום (בגלל פעולתו התדירה של התרמוסטט) ולא יבצע כהלכה את ויסות הלחות.

\* חישוב נצילות האנרגיה, שבדרך כלל איננו מופיע על שלט המכשיר או בפרוספקט, מאפשר לקבוע את יעילותו של המזגן מבחינת צריכת החשמל! בטבלה מובאת צריכת החשמל השנתית הצפויה (קוט"ש) בהתאם לתפוקת הקירור, מספר שעות הפעולה בשנה ונצילות האנרגיה של המזגן:

תפוקת הקירור $\frac{BTU}{h}$	נצילות האנרגיה EER שעות פעולה בשנה	5(1.25)	6(1.5)	7(1.75)	8(2)	9(2.25)	10(2.5)	11(2.75)
		400	480	400	343	300	266	240
6000 (1500)*	800	960	800	686	600	533	480	436
	1200	1440	1200	1028	900	799	720	654
	400	640	533	457	400	355	320	291
8000 (2000)*	800	1280	1066	914	800	710	640	582
	1200	1920	1600	1371	1200	1065	960	872
	400	800	664	571	500	444	400	364
10000 (2500)*	800	1600	1328	1142	1000	889	800	727
	1200	2400	1992	1713	1500	1332	1200	1091
	400	960	800	686	600	533	480	436
12000 (3000)*	800	1920	1600	1372	1200	1066	960	872
	1200	2880	2400	2057	1800	1600	1440	1308

\* הערכים בסוגריים מתייחסים לתפוקת הקירור ב-  $\frac{Kcal}{h}$   $1 Kcal = 4 BTU$

### לדוגמה:

(א) צריכת החשמל של מזגן בעל תפוקת קירור 6000 BTU ונצילות אנרגיה  $EER = 5$  אשר יעבוד 400 שעות בשנה — 480 קוט"ש. לעומת זאת מזגן בעל תפוקת קירור זה ונצילות אנרגיה  $EER = 8$  אשר יעבוד 400 שעות בשנה יצרוך רק 300 קוט"ש.  
(ב) מזגן בעל תפוקת קירור 2500 Kcal ונצילות אנרגיה  $EER = 1.25$  יצרוך 400 שעות עבודה 800 קוט"ש בעוד שמזגן בעל תפוקת קירור זה ונצילות אנרגיה  $EER = 10$  יצרוך כמות דומה של חשמל ב-800 שעות עבודה!

### הפעל את מזגן-האוויר בתבונה

- למד את הוראות ההפעלה של המזגן ונהג לפיהן.
- שמור על משטר תחזוקה נאות של המזגן כדי שיהיה תמיד במצב עבודה תקין.
- בקיץ — דאג להצללה של החדר ע"י סגירת התריסים הנתונים לקרינה ישירה של השמש. עבר דת המזגן מאומצת במיוחד, כאשר קרני השמש חודרות ישירות לחדר בעד החלונות והופכות את החדר ל"חממה".
- הימנע מהדלקת תאורה חשמלית כאשר אין בה צורך.
- נורות ליבון ואף נורות פלואורניות, ("פלואורס" צנט") אם כי במידה פחותה, פולטות כמויות חום המאלצות את המזגן לעבודה יותר מאומצת.
- ודא שזרימת המזגן מהמזגן תהיה חופשית. אין להציב לפני המזגן מכשולים (כגון: וילונות, מדפים, ארונות וכו'), העשויים לחסום את זרימת האוויר.
- אל תגזים בכוונון, "כפתור" התרמוסטט. שינוי מוארך של  $1^{\circ}C$  בטמפרטורת החדר עשוי להוסיף 5% לצריכת החשמל.

### לסיכום

צריכת החשמל של מזגני אוויר בעלי תפוקה זהה יכולה להשתנות בצורה ניכרת בהתאם לטיב המזגן ולאופן התקנתו והפעלתו.  
מזגן בעל נצילות אנרגיה גבוהה — אשר יותקן בחדר בו ננקטו כל האמצעים לשיפור הבידוד ה-תרמי ומניעת איבודי אנרגיה לריק, ויופעל בהתאם להוראות וההמלצות — יצרוך הרבה פחות חשמל (קרי: אנרגיה — דלק יקר!) ויספק את מירב הנוחות בהשוואה למזגן שנצילות האנרגיה שלו נמוכה ואשר התקנתו והפעלתו אינם נכונים!

# בטיחות בשימוש במכשירי חשמל

(עם פרסומו של התקן הישראלי ת"י 900)

ד"ר א' לוי

במקום שלושה תקנים אלה פורסם עתה התקן החדש ת"י 900. לנגד עיניהם של חברי ועדת התקינה היו כמה נקודות שהורו שתתו עליהן הוראות התקן: על המכשירים להיות מוגנים כהר לכה מסיכונים הנובעים מהחשמל, מסיכונים הנובעים מפעולתם המכנית ומסיכונים העלולים להופיע כתוצאה מהתחממות המכשירים. על המוצרים להיות חזקים די צרכם כדי עמידה בפני הטרדות העלולות להתהוות במשך שימוש בהם לאורך ימים. הסעיפים הראשונים דנים בעניינים כלליים: התקן מתייחס לבטיחותם של מכשירי חשמל, המיועדים לחימום ולבישול והם משמשים למשק בית. אין הדרישות חלות במקומות הדומים ל"משק בית" (כגון בתי-אבות) שבשבילם יש להוסיף דרישות אחרות.

הואיל ורבים הם המונחים, שאינם בשימוש רגיל, נתעורר הצורך להגדירם במפורט. סעיף מיוחד הוקדש להגדרתם של 46 מונחים כאלה. אין ספק, שהגדרות אלה יקלו על ההבנה המלאה והברורה של כוונת המנסחים. לדוגמה, פורטה הבחנה בין "מכשיר מיטלטל" (שאפשר להעתיקו ממקום למקום בהיותו מחובר לזרמה) לבין "מכשיר המוחזק ביד" (המיועד להחזקה ביד בשעת השימוש בו, כגון מגהץ).

בהוראות אחרות צוין כי מכשירים, המשווקים בארץ והמיועדים לחיבור ישיר לזרמה, יהיה המתח הנומינלי 230 ו' בלבד והתדר 50 הרץ. מכשירים בעלי מתחים ותדרים אחרים מותר לחבר לרשת הציבורית לאחר שנבדקו במתח ובתדר המזכירים לעיל.

בתקן נקבעו כללי מיון אחרים, המבחינים בין מיני המכשירים רים השונים. אחד הכללים קובע כי מבחינת השיטה המשמשת להגנה מהלם חשמלי יש שלושה סוגים של מכשירים. הסוג האחד — משתמשים בו לחיבור כל חלקי המתכת הנגישים למסות האדמה (שיטת התארקה), בסוג האחר — סומכים על הגדלת החוזק הדיאלקטרי של הבידוד ומשתמשים בבידוד מוגדר ומקטנים בכך את הסכנה כי פריצת החשמל מהמכשיר. במכשירים רים מהסוג הנוסף — סומכים על הקטנת הוויגה מתחת לערך שהוגדר, מתח בטיחות נמוך מאוד. אין התקן קובע עדיפות לשום שיטה משיטות אלה אך נאסר השימוש במכשירים שאינם מוגנים.

הוראה אחרת בתקן קובעת, שבמכשירים לא יהיו פתחים שגודלם מאפשר גישה לחלקים המסוכנים המצויים בתוכם. את הבדיקה עורכים בעזרת מכשיר (הקרני) "אצבע בדיקה", הדומה לאצבעו הקטנה של האדם). הבדיקה נעשית בניסיון להחדיר את האצבע בעד הפתחים שבמעטפת המכשיר; כשגוף החימום גלוי לעין ולוהט בשעת הפעלתו, מקילים בבדיקה ומשתמשים בגוף עבה יותר, שמטרתו להגן משריפה של הפצעים המצויים בקרבת המכשיר. חמרת הבדיקה נדרשת במכשירים, שבשעת השימוש בהם יש להכניס גופים דקים כגון מולגות (במצנמים למשל).

השימוש בחשמל צופן בחובו סכנה מתמדת שאיננה גלויה לעין, אולם זו הופכת למינימלית כשנוקטים את כל אמצעי הזהירות.

בייצור מכשירי חשמל, לרבות חלקי מתקנים ביתיים, יש להקפיד הקפדה יתרה בהענקת בטיחות מקסימלית הן לילדים והן למבוגרים שאינם בעלי מקצוע, המשמשים במכשירים אלה, לבל ייפגעו בדרך כלשהי.

התקן הישראלי החדש, ת"י 900, הדן בכללי בטיחות למכשירי חשמל לשימוש ביתי ולשימושים דומים, ושהופיע בימים אלה, נועד למנוע מקהל הצרכנים תקלות בשימוש במוצרים אלה. תקן זה הוא תולדה של פעולה שהוחל בה לפני כ-70 שנה עם ייסודה של הועדה הבין-לאומית לאלקטרוניקה. בראש דאגותיה של ועדה זו היה לקבוע שפה משותפת ומקובלת על כל אנשי המקצוע כך, "שיובטח שיתוף פעולה בין-לאומי בענייני מינוח ומיון של הציוד החשמלי ברחבי תבל".

עבודתה של הועדה הזאת מתרכזת בעיקרה למניעת הסכנה הכרוכה בשימוש בחשמל.

בעבר הלא-רחוק לא היתה קיימת שיטה אחידה בתחום זה ותקנים רבים פורסמו בלא שתובטח אחידות בדרגת הבטיחות. לפני כעשר שנים החליטה הועדה הבין-לאומית לאלקטרוניקה ניקה לאחד את כל הדרישות והטילה על ועדה טכנית מיוחדת את התפקיד להכין תקן, שיוגדרו בו דרישות הבטיחות על כל מכשירי החשמל הנועדים לשימוש ביתי. ועדה טכנית זו, שהוקמה בשנת 1966 ככינוס הבין-לאומי של הועדה הנ"ל שהתקיים בתל-אביב, פעלה בקצב מזורז וסיימה בשנת 1970 את התקן הנכסף (1-335).

התקן הבין-לאומי 1-335 משמש בסיס לתקן ת"י 900, האמור. בתקן הישראלי הוכנסו שינויים וזאת לאור התנאים השונים השוררים בארץ וצרכיה המיוחדים.

התקן ת"י 900 איננו התקן הראשון, שפורסם על ידי מכון התקנים הישראלי על בטיחות מכשירי החשמל. התקנים הראשונים בענף זה פורסמו עוד בשנות המנדט. קצב הכנתם היה איטי למדי וזאת מסיבות שונות: היקף מפעלי התעשייה, מספר מצומצם של מוצרים, אסכולות שונות של בעלי מקצוע שבאו ארצה ממדינות שונות וכו'.

תקן כללי (ת"י 72), שהקיף את ההוראות לגבי כלל מכשירי החשמל, פורסם אחרי עבודה מאומצת בשנת 1952. שתי מהי דורות נוספות פורסמו בשנת 1957 ובשנת 1967. שם התקן "מכשירי חשמל לחימום ולבישול, לשימוש ביתי וכד'". אחרי שנים נתברר, כי תקן זה לוקה בחסר הואיל ולא חל על חלקי מתקן, שאינם צורכי זרם ולא על מכשירים צורכי זרם הכוללים מנוע; לכן נוספו שני תקנים אלה: ת"י 430 — "ציוד חשמלי, מכשירים ואביזרים; דרישות בטיחות (1961)", ת"י 480 — "מכשירים חשמליים ביתיים מופעלים על ידי מנוע (1963)".

פעולה בעומס יתר עלולה לגרום נזק מיוחד במכשירים שבהם אין מנוע. לכן נקבע, שהמכשירים שגוף החימום בהם הוא החלק הפעיל יעמדו ללא נזק, העלול לגרום מבטוחותם גם בהפעלתם בורם יתר.

מניעת הסיכונים הנזכרים מליקויים בבידוד נבדקים במדידת זרם הדחף על ידי ניסוי של פריצת הבידוד כשהמכשיר מופעל. תכונות בידוד אלה משתנות עם שינוי הטמפרטורה של גוף החימום; לכן יש לחזור על בדיקות אלה אחרי התקררות המכשיר.

עקב המיזוג הגדול של המכשירים שתקן זה חל עליהם, לא היתה אפשרות לקבוע בתקן ת"י 900 את הנאי הפעלתם של כל המכשירים. תנאים אלה נקבעים בתקנים מיוחדים; כל תקן דן במכשיר שונה. בסעיף 17 בתקן רכזו דרישות כלליות המשוות תפוח לכל המכשירים. נקבע בו כי התקני ההגנה מפני עומס יתר לא יפעלו בבדיקות אלה והבידוד לא יופע עקב בדיקות אלה.

סעיף אחר דן בפעולות המכשירים בתנאי פעולה לא תקינים; מכשיר עלול לפעול ללא תקלה בהתקני הבקרה. בתנאים אלה, אם החלק הפעיל של המכשיר הוא גוף חימום עלול המכשיר להנזק עקב עליות הטמפרטורה, לדוגמה, מכשיר ובו מנוע עלול להנזק עקב עצירה לא-צפויה של המנוע. הנוראות שצוינו, קובעות, שהטמפרטורה לא תעבור מעבר לגבול מסוים ומעטפת המכשיר לא תיזק כך, שהסכנה תגבר.

בטבלה שהובאה להלן, צוין כי, הערכים שבטבלה מבוססים על טמפרטורה אופסת שברגיל אינה עולה על 25° אך יכולה לפעמים להגיע ל-40° צי. מכל מקום עליות הטמפרטורה מבוטאות על 25° צי. מכאן, הערכים שבטבלה שווים לגבול המותר בשביל החומר הנדון, בהרעה של 25° צי. בטבלה מבחינים בין חלקי המכשירים הבסיסיים לפי החומר המשמש לבדודם החשמלי והתרמי. אשר לבידוד התרמי, הובאה שיטה מיון מעניינת בשביל החומרים, שהדיווח, המנופוס וכו' עשויים מהם. חומרים אלה ממונים כ, מתכת, כ, הרסינת, חומר זגוגי,

כ, חומר דחוס, גומי, עץ. בטבלה נכללה נוסחה, המבוססת על המוליכות התרמית של החומר על החום הסגולי שלו ועל המסה הסגולית. נקבע, שאם הערך השווה לטורש רבוע של הכפלת שלושת הערכים הנ"ל עולה על 3500, ייחשב החומר כ, מתכת; אם הוא בתחום 1000 — 3500, ייחשב החומר כ, זגוגי; ואם הערך אינו עולה על 1000 ייחשב החומר כ, חומר דחוס.

סעיף אחר בתקן מתייחס למניעת הפרעות רדיו. סעיפים אחרים חלים על החלק המכני של המכשירים. חלק זה, שאינו פעיל בביצוע התפקוד של המכשיר נועד לו, הוא חלק חשוב של המכשיר בהיותו מגן על המכשיר ומנוע פגיעה בביטוחו של המכשיר כשהוא מוטרח במאמצים מכניים. אחת הבדיקות היא יציבותו של המכשיר; מכשיר, המועמד לעמוד על הרצפה או על הטיולחן, לא יחפף כרשמים אותו.

הנוראות אחרות מתייחסות לרכיבים השונים, הכלולים במכשירים; חיבור לונגה בתוויל הפנימי ובחדקים, המשמשים לחיבור בין מוליכי הוונגה לבין המעגל הפנימי.

בסעיף נוסף נדונו הדרישות החלות על מעגל ההארקה, שחשיבותו ניכרת בהיותו שומר על הבטיחות בשעת השימוש במכשירים.

שני הסעיפים האחרונים של התקן דנים במבחנים מיוחדים לגבי סכנת שריפה, אם אד גלישת השמל על החומרים המבדדים. מודטו דרכי בדיקת החלקים ברזליים ועמידותם בתחילה.

חשיבות רבה נודעת לתקן זה בהיותו מבוסס על התקן הבין-לאומי; הדבר יקל על היצוא של מוצרים אלה, ואם יסומנו ב, תו תקן, אין ספק, שיתקבלו במדינות חוץ ללא היסוס. מיותר לציין, שמכשיר המתאים לדרישות ת"י 900, הוא מכשיר בטוח בשימוש ויחזיק מעמד זמן סביר.

כדאי להוסיף, שמאז פרסומו של ת"י 27 לפני 23 שנה, התפתח ענפי החשמל לסוגיה והוכנסו לשימוש חומרים חדשים. התקן החדש מכיל 42 עמודים בעוד שהתקן הקודם הכיל 6 עמודים בלבד.

## ימי עיון לחשמלאים — התקן המצדיע בע"פ

דברי פתיחה נשא מהנדס מחוז הצפון אינג' י. אנגל ואת ההרצאה על „שיקולי חיסכון אנרגיה בתכנון מתקני חשמל“ הגיש אינג' ל. ילונובסקי מנהל מחלקת הצרכנים הטכנית. השתתפו ביום העיון כ-150 איש.

ב. בחודש ספטמבר התקיים בבאר שבע יום העיון השלישי במסגרת הסדרה.

פ. תח אונג' ב. בלנקמן מנהל מחוז הדרום ואת הרצאת הסיום הגיש אינג' י. טראוב מנהל האגף המסחרי של החברה על הנושא: „הערכות חברת החשמל לשיפור השרות לצרכן“.

ה. ההרצאות המקצועיות נתנו ע"י אותם המרצים שהופיעו בתל-אביב. השתתפו ביום העיון כ-150 איש.

ז. ב-26.10.76 יתקיים במלון „תדמור“ ירושלים יום העיון הרביעי במסגרת הסדרה.

ח. בקשות להשתתפות יש להפנות למערכת „התקן המצדיע“ ת.ד. 25 א בצרוף שיק/המחאת דואר בסך 65 ל"י (בתשלום נכללת גם ארוחת צהרים).

ט. יפתח את יום העיון מנהל מחוז ירושלים אינג' פ. שפר ויסיים מנהל האגף המסחרי אינג' י. טראוב. ההרצאות המקצועיות תנתנה ע"י המרצים שהרפיעו בתל-אביב ובבאר-שבע.

ב. בחודש יולי התקיים בתל-אביב יום העיון הואשון במסגרת הסדרה המוקדשת בעיקרה לנושא הייעול והחיסכון בצריכת החשמל.

ג. לאחר דברי פתיחה של מנהל מחוז מר. ר. זאמן והרצאתו של מר. י. לביער המהנדס הראשי של החברה בנושא „הערכות חברת החשמל לנוכח משר הדלק“

ניתנו 2 הרצאות בנושאי ייעול וחיסכון:

א. שיקולי חיסכון אנרגיה בתכנון מתקני חשמל — אינג' נ. פלג מהרשת הראצית.

ב. „חיסכון אנרגיה במתקני תאוריה“ — ד"ר א. נאמן (יו"ר הוועדה הישראלית למאור).

ג. בנוסף הוגשה ע"י אינג' ג. פרבר ממחלקת הבטיחות הראצית, הרצאה בנושא „נוהלי בטיחות חשמל במתקני מתח גבוה של הצרכנים“.

ביום העיון השתתפו כ-200 איש.

ד. בחודש אוגוסט התקיים בחיפה יום עיון השני במסגרת הסדרה ובו הופיע מנכ"ל החברה מר. א. עמיעד שהרצה על הנושא: „תוכניות הפיתוח של חברת החשמל“.

# השפעות של זרם חשמל העובר בגוף האדם

מתוך ד"ר הודיה הבין-לאומית לאלקטרוטכניקה IEC (פרסום 479 משנת 1974).

## 1. הקדמה

כדי להימנע מטעויות יסוד הנובעות מהאינטרפוטציה של ד"ר וז, יש להדגיש. שהנתונים המובאים בו מוצגים מתוך היבט רפואי טהור לגבי השפעתו של זרם חשמלי העובר בגוף האדם. נתונים אלה נועדו לשמש בסיס לקביעת דרישות בטיחות מנקודת מבט הנדסית. אולם ההיבט הרפואי הוא רק אחד מההיבטים. שיש להביא בחשבון. היבטים אחרים יכו" לים להיות הסתברות של ליקויים. הסתברות של מגע בחלקים חיים או מגע בחלקים פגומים. היחס בין מתח מגע צפויים לבין מתח מגע המתהווים כתוצאה מליקויים. ניסיון מעשי שנרכש. אפשרויות טכניות ונוסף על אלה גם הצד הכלכלי. וכאשר ניגשים לקבוע דרישות בטיחות. יש לשקול בזהירות את כל ההיבטים הללו אחד לאחד.

## 2. הגדרת זרם השחרור

זרם השחרור הוא הזרם המקסימלי. שאדם יכול עדיין לשאת בהחייקו באלקטרודה ולהיות מסוגל להשתחרר ממנה אגב שימוש בשריריו הנתונים להשפעת אותו זרם.

## 3. איזורי זמן-זרם לזרם חילופים

50—60 הרץ

הדיאגרמה המובאת בנספח A מתארת את התגובות השונות של גוף האדם הנתון להשפעות של זרמים בעוצמות שונות ולמשכי זמן שונים. הדיאגרמה מבוססת על ההנחה שמתקיימים תנאים אלה:

- בני אדם בעלי משקל של 50 ק"ג לפחות;
  - מסלול הזרם עובר בין שתי נקודות קיצוניות בגוף האדם.
- בתנאים אלה אין לצפות לשום תגובה באיזור מספר 1 של הדיאגרמה; באיזור מספר 2. תיתכן תגובה אך אין לצפות להשפעות פתופיזיולוגיות מסוכנות. העקום b, המפריד בין איזור מספר 2 לאיזור מספר 3. מתאים לנוסחה:

$$I = I_1 + \frac{10}{t}$$

שבה,

$I$  = הערך האפקטיבי של הזרם במיליאמפר;

$I_1$  = הערך האפקטיבי של זרם השחרור (נלקח כ-10 מ"א);

$t$  = הזמן בשניות.

איזור מספר 3 הוא איזור. שבדרך כלל אין בו סכנה של פרוור חדרי הלב;

איזור מספר 4 הוא איזור. שיש בו סכנה של פרוור חדרי הלב;

איזור מספר 5 הוא איזור. שתחילת פרוור חדרי הלב היא סבירה למדי.

נוסף לנאמר לעיל. מן הראוי לציין. שהחל מאיזור מספר 3 קיימת סכנת חנק. בתחום של כל איזור גוברת השפעת הזרם עם הגברתו כך. שהמעבר בין האיזורים השונים הוא רצוף.

## 4. איזורי זמן-זרם לזרם ישר

על השפעתו של זרם החילופים הצטבר מידע רב. אולם קביעתה של דיאגרמה. המראה את השפעתו של הזרם הישר על גוף האדם. קשה הרבה יותר. המידע. שהצטבר בנושא זה. לא איפשר השוואה ישירה של הנתונים ואי אפשר היה לקבוע דיאגרמה אחת ולהגדיר בה את האיזורים השונים.

בנספח B מתוארות ההשפעות השונות של זרם ישר על גופו של אדם מבוגר. הקו האנכי. המפריד בין איזור מספר 1 לבין איזור מספר 2. בנקודה. שבו הזרם הוא 2 מיליאמפר. נקבע על סמך נתונים ספרותיים רבים ומבוססים.

כדי לקבוע את הגבול העליון של איזור מספר 2. הובא בחשבון אפקט מיוחד. הנובע ממחקרים מספר. שבהם נעשה תה השוואה בין הסכנה האורבת מזרם ישר לבין הסכנה האורבת מזרם חילופים. כלומר. היחס בין ערכי זרם ישר לבין ערכי זרם חילופים. הגורמים לאיתה סכנה. הוא גבוה בתחום של זרמים נמוכים יחסית וזמנים ארוכים (יחס זה שווה בערך ל-4 בעבור זמן של 10 שניות). ונמוך בתחום של זרמים גבוהים וזמנים קצרים (כ-1 לפרקי זמן של 1 מילישנייה).

אפשר לתאר תנאים אלה בעזרת הנוסחה:

$$I_{de} = I_{ac} \times \log_{10} t$$

שבה:

$t$  = הזמן במילישניות (מוגבל לתחום של 10 מילישנייה עד 10 שניות);

$I_{ac}$  = הערך האפקטיבי של הזרם.

לפי נוסחה זו. הקו b בדיאגרמה לזרמי חילופים הופך לקו B בדיאגרמה לזרמים ישרים.

העקומים C ו-D נתקבלו ממיזע ניסיוני ע"י ניקרבוקר (Knickerboker) בפרסומו "פרמטרים של זרם ישר וזרם חילופים (20 הרץ) הגורמים לפרפור חדרי הלב".

הואיל וערכים אלה מתייחסים לכלבים בעלי משקל ממוצע בין 10 ק"ג ל-16 ק"ג. יש לראות בהם ערכים בטוחים לגבי בני אדם מבוגרים.

## 5. השפעת זרמים נמוכים בתלות התדירות

אין אפשרות כיום להציג דיאגרמה. כגון זו שבשיל 50—60 הרץ. לתדירויות גבוהות יותר. הדיאגרמה שפותחה בנספח C יכולה לשמש עזר בהערכת הסכנות הנובעות מתדירויות שונות.

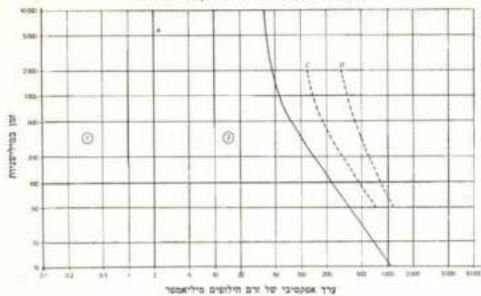
## 6. התנגדות גוף האדם

הסכנה האורבת לבני אדם כאשר עובר בגופם זרם במסלול מסוים תלויה בגודל הזרם. מאידך גיסא. איזורי זרם-זמן אינם נוחים לשימוש בתכנון מעשי של מתקנים. לעתים קרובות. ויעיל הרבה יותר ליצור אם דרישות בטיחות מעשיות יבואו לידי ביטוי במונחי מתח בתלות הזמן. לשם כך יש להביא בחשבון ערכים מסוימים של התנגדות גוף האדם.

היחס בין זרם לבין מתח אינו יחס ישר כי התנגדות גוף האדם תלויה במתח המגע. בתנאים קונבנציונליים מותר להניח את הערכים הלחן של התנגדות האדם. המבוססים על בדיקה זהירה של תוצאות ניסויים מצויות.

## נספח B

איזורי השפעת זרם על גוף אדם מבוגר

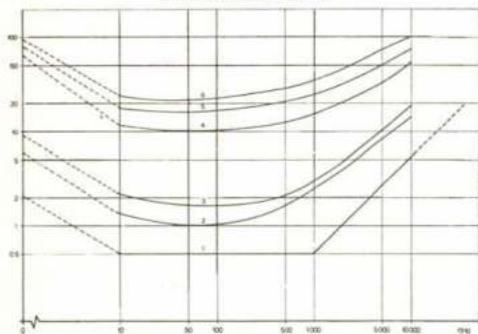


### עקום C ועקום D

- איזור 1 — בדרך כלל אין שום תגובה;
- איזור 2 — בדרך כלל אין תוצאה פתופיזיולוגית מסוכנת. בדיקות עם כלבים, ע"י ג' ניקרבוך
- עקום C — סבירות של 0.5% להופעת פרפור חדרי הלב;
- עקום D — סבירות של 50% להופעת פרפור חדרי הלב.

## נספח C

השפעת חתירות (ראו טבלה 5)



### התדירות (הרץ)

- עקום 1 — הגבול הקונבנציונלי של ערך הורם שבאופן רגיל אינו גורם לשום תגובה;
- עקום 2 — סף ההרגשה של 50% מהנבדקים. השאר לא הרגישו מאומה;
- עקום 3 — סף ההרגשה של 99.5% מהנבדקים. השאר לא הרגישו מאומה;
- עקום 4 — זרם השחרור של 99.5% מהנבדקים. 0.5% לא יכלו להשתחרר מהחזקה;
- עקום 5 — זרם השחרור של 50% מהנבדקים. 50% לא יכלו להשתחרר מהחזקה;
- עקום 6 — זרם השחרור של 0.5% מהנבדקים. 99.5% מהנבדקים לא יכלו להשתחרר מהחזקה.

מתח המגע (וולט)	התנגדות גוף האדם (אום)
25	2500
50	2000
250	1000
ערך אסמפטוטי	650

ערכים אלה כוחם יפה לגבי זרם חילופים עד 100 הרץ ולגבי זרם ישר.

פירוש המושג "בתנאים קונבנציונליים" הוא, שמקרה התאונה הסביר ביותר נגרם ע"י מעבר זרם מיד אחת ליד אחרת או מיד אחת לרגל. הערכים המינימליים של התנגדות בני אדם בעלי עור יבש (ללא שום לחות או זיעה) גדולים פי 2 בקירוב מהערכים הנ"ל. מותר להניח שבביל שלגוף האדם התנגדות גדולה יותר, אם שטח המגע בין הגוף לבין החלק המוליך מוגבל וקטן ואין מחזיקים ביד את החלק המוליך.

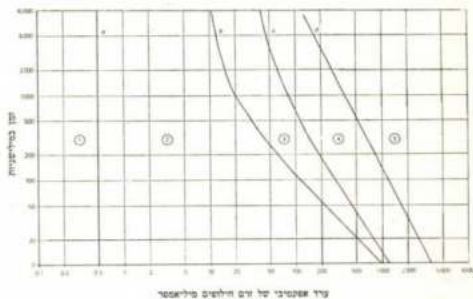
יש להביא בחשבון ערכים נמוכים יותר של התנגדות גוף האדם אם אין הורם עובר דרך נקודות גבוליות אלה או במקרה שכל הגוף טבול.

## 7. הניסיון עם מתחים שאינם עולים על 50 וולט זרם חילופים או על 75 וולט זרם ישר

מתשובות לשאלון שסופקו ע"י כמה ארצות מתברר, כי אין נתונים אבסולטיים בארץ כל שהיא על תאונות שאירעו בתנאים קונבנציונליים במתחי חילופים שאינם עולים על 50 וולט או במתחים ישרים שאינם עולים על 75 וולט. ושנגרמו עקב זרם העובר דרך גוף האדם ושנסתימו בנזק רציני.

## נספח A

איזורי השפעה של זרם חילופים 50-60 הרץ על אדם מבוגר



- איזור 1 — בדרך כלל אין כל תגובה;
- איזור 2 — בדרך כלל אין כל תוצאה פתופיזיולוגית מסוכנת;
- איזור 3 — בדרך כלל אין סכנת פרפור חדרי הלב;
- איזור 4 — קיימת סבירות של עד 50% לפרפור חדרי הלב;
- איזור 5 — קיימת סבירות של למעלה מ-50% וסכנת פרפור חדרי הלב.

# חידון בקיאות בתחנות החשמל

חידון מס' 15

- צינור פלסטי כפוף שאינו כבה מאליו מותר להתקין:
  - רק בהתקנה סמויה.
  - גם בהתקנה סמויה וגם בהתקנה גלויה.
  - רק בהתקנה גלויה.
  - אסור בכלל להשתמש בצינור פלסטי שאינו כבה מאליו.
- בלוח ביתי הותקן מפסק אוטומטי ראשי ח.ד קטבי עליו לנתק:
  - רק את מוליך הפזה.
  - רק את מוליך האפס.
  - גם את מוליך הפזה וגם את מוליך האפס.
  - אף תשובה אינה נכונה.
- בלוח נמצא מפסק שברצונך לנעול אותו. עליך למלא את התנאי הבא (אלא אם כן יש לך היתר מיוחד):
  - הנעילה תהיה כשהמפסק במצב „מופסק“ בלבד.
  - הנעילה תהיה כשהמפסק במצב „מחובר“ בלבד.
  - מותר שהנעילה תהיה גם כשהמפסק במצב „מחובר“ וגם במצב „מופסק“.
  - אסור שתהיה אפשרות נעילה למפסקים.
- בהתקנה סמויה של צינור מגן מתחת לטיח יהיה עובי הטיח מעליו:
  - 5 מ"מ לפחות.
  - 3 מ"מ לפחות.
  - 1 מ"מ לפחות.
  - יש להשתמש בגבס ולא בטיח.
- לפניך מתוך חשמל במתח נמוך. עליך לבצע חיבור בין האלקטרודה המלאכותית לבין נקודת ההארקה של הלוח. מוליך ההארקה מנחושת מותקן בנפרד מיתר מוליכי המעגל ומחוץ למבנה. התכוונו למינולי המותר הוא:
  - 2.5 ממ"ר.
  - 4 ממ"ר.
  - 6 ממ"ר.
  - 10 ממ"ר.
- שיטה בלתי מאורקת במתח נמוך המזינה חדר ניתוח בבית-חולים. המכשיר לבדיקת בידוד המיתקן (מוניטור) מתחיל להתריע, בזמן ניתוח, אל בידוד לקוי באמצעות צופר. מה על החשמלאי הנוכח במקום לעשות:
  - לבטל את פעולת הצופר ולצאת מהמקום.
  - לבטל את פעולת הצופר, להודיע לאחראי לסיים את פעולותיהם בהקדם, אח"כ לאתר את התקלה ולתקנה.
  - להפסיק מייד את האספקה בחשמל ועל ידי זה לבטל גם את פעולת הצופר.
  - אסור להפעיל שיטה במתח נמוך ללא הארקה.
- מנוע מוגן במבטחים בעלי עוצמת זרם נומינלית של 50 אמפר. התנגדות אימפדנס מעגל ההארקה נמדדה ונמצאה 1.2 אוהם.
  - עליך להתקין מפסק מגן לזרם דלף מאחר והאימפדנס הנדרש למעגל של 50 אמפר הוא 1.8 אוהם.
  - המצב אינו תקין ועליך להתקין, לכן, נתיכים של 63 אמפר.
  - המצב תקין ומותר, לפחות בבחינת ההארקה, להפעיל את המיתקן.
  - חייבים להתקין חיבור נוסף בין המנוע לאלקטרודה עם מוליך מבודד בצבע צהוב/ירוק.
- מקדם ההספק הממוצע במיתקן הצרכן נמצא שווה ל-0.65:
  - הצרכן חייב בתשלום בעד מקדם ההספק נמוך בשעור 10% בנוסף לתשלומיו עבור צריכת החשמל ושיא הביקוש.
  - על הצרכן לנקוט מיד בכל האמצעים הדרושים עלימנת לשפר את מקדם ההספק ל-0.85 לפחות ועד אז ישלם בנוסף על המחירים הרגילים תשלום נוסף בשעור 35%, אך אם נגרם נזק למערכת האספקה תאלץ חברת החשמל לשקול ניתוק האספקה למיתקן.
  - כמו כן אולם שעור התשלום 25%.
  - עם מחלוקת הצרכנים הטכנית המחוזית של חברת החשמל. בינתיים הוא חייב,
  - על הצרכן לנקוט מיד בכל האמצעים הדרושים לשיפור מקדם ההספק, תוך תאום בנוסף על המחירים הרגילים, בתשלום נוסף בשעור 20%, ואם נגרם נזק למערכת האספקה תאלץ החברה לשקול אף ניתוק האספקה למיתקן.

סמן בעיגול את התשובה הנכונה. ציין את שמך וכתובתך.  
נזר ושלח 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	א
ב	ב	ב	ב	ב	ב	ב	ב	ב
ג	ג	ג	ג	ג	ג	ג	ג	ג
ד	ד	ד	ד	ד	ד	ד	ד	ד

תשובות התקבלו עד יום 30.11.76.

השם

הכתובת

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

\* בין המתירים נכונה את החידון מס' 15 ינואר 10 פרסי ספרים העוסקים בנושא החשמל.

## פתרון חידון מס' 14

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

### הערות והארות לחידון

**שאלה מס' 1 — התשובה הנכונה (ג):** ראה: תקנות בדבר התקנת מובילים (פרק ששי סעיף (א1)73) — „40 ס"מ במיתקנים למתח נמוך”.

**שאלה מס' 2 — התשובה הנכונה (ג):** ראה: תקנות בדבר רשיונות (פרק שני סימן ד. סעיף 11)11(ג) — „לעסוק בביצוע כל עבודות חשמל כשהמיתקן בעל עצמת זרם שאינה עולה על 60 אמפר”.

**שאלה מס' 3 — התשובה הנכונה (ג):** ראה: כללים להספקת חשמל לצרכנים (סעיף 5) — „על הצרכן לנקוט בכל האמצעים הדרושים על מנת להבטיח שמתקנו יפעל במקדם הספק שלא יהיה פחות מ-0.85 בכל זמן שהוא” בהתאם לתעריפי החשמל (סעיף 25): — במקרה שמקדם ההספק יהיה באיזה זמן שהוא פחות מ-0.85, ישלם הצרכן, נוסף על המחירים הרגילים תוספת כלהלן, מבלי שתשלום זה יפטור אותו מן ההתחייבות לנקוט בכל האמצעים, כדי להביא את מקדם ההספק ללא פחות מ-0.85.

(ב) אם מקדם ההספק יהיה לא פחות מ-0.6 — תוספת בשעור של 1% מן המחיר בעד כל 0.01 ממקדם ההספק החסר להשלמת מקדם ההספק עד 0.85.

**שאלה מס' 4 — התשובה הנכונה (ד):** ראה: תקנות בדבר התקנת מובילים (פרק חמישי סעיף 61(ו)) — „הותקנה תיבה ברצפה תהיה התיבה אטומה, עמידה בפני פגיעות מכניות ומתוכנת למטרה זו”.

**שאלה מס' 5 — התשובה הנכונה (א):** ראה: תקנות בדבר הארקות או תקנות אחרות: פרק רביעי סעיף 29 — „נוסף לתנאים שבתקנה 28(א) ו(ב) יאפשר האימפדנס של מעגל ההארקה במתקנים למתח נמוך פיתוח זרם לאדמה פי שניים וחצי לפחות מהזרם הנומינלי של נתיך המעגל או פי אחד וחצי לפחות של זרם ההכוונה של המפסק האוטומטי של המעגל או יאפשר מצב שבשום חלק מהמתקן לא יתהווה מתח תקלה מעל 65 וולט”.

**שאלה מס' 6 — התשובה הנכונה (א):** ראה: תקנות בדבר הארקות והגנות אחרות (תקנה 54).

**שאלה מס' 7 — התשובה הנכונה (ג):** ראה: תקנות בדבר כללים להתקנת כבלים (פרק י"ב סעיף 101(5)). „הגובה המינימלי של הכבל העילי מעל פני האדמה לאחר חישוב שקיעתו בטמפרטורה של 60 מעלות צלסיוס מעל האפס לא יפחת מהמפורט בזה:

(1) 50 מטרים כשהכבל מותקן מעל דרך”.

**שאלה מס' 8 — התשובה הנכונה (ב):** ראה: תקן ישראלי 108 פרק משנה 501/2 סעיף 8 וכן פרק 305/2 סעיף 11. „אסור להשתמש בבתי נורה הכוללים בתי תקע, כן אסור להשתמש בבתי תקע המתברגים לבתי נורה או המתברגים אליהם בכל דרך שהיא”.

בסך הכל הגיעו 135 פתרונות מהם 48 נכונים.  
בין בעלי הפתרונות הנכונים הוגרלו פרסי ספרים.  
הזוכים בהגרלה הם:

1. בניהודה דוד, שדה יעקב.
2. בכמורח ניסים, רח' פיכמן 15, תל-אביב.
3. בריבי יוסף, רח' עירית 4, יפו ג'.
4. גרצס שמעון, שיכון 117/5 רמת אליהו, ראשל"צ.
5. חימוביץ דוד, רח' הפועל 6, חיפה.
6. סננולד יוסף, רח' פרישמן 34, תל-אביב.
7. סופר אברהם, קבוץ מגל, ד"נ שומרון.
8. רוזן משה, רח' אלופי צה"ל 18, חולון.
9. רז עמרי, רח' פלמ"ח 42, רוממה, חיפה.
10. שני בנימין, רח' פבריגט 12, רמת-יגן.

סוללת קבלים במתח גבוה, לשיפור מקדם ההספק  
המותקנת בתחנת המשנה „ירקון“ של חברת החשמל

