

# התקע המצדיע



כתב עת מקצועי לחשמל



העברת קווי מתח גבוה בצומת הכפר הירוק במסגרת עבודות הרחבה של חלומות



## תוכן העניינים

3	תהליך בדיקת מיתקני חשמל על ידי בודקי חברת החשמל <b>ד' קן דרור</b>
15	מגמות צריכת החשמל לפי התעריף ומתח האספקה
16	רשימת חומר תחיקתי המתייחס למיתקני חשמל
17	איחוד תעריפים במתח נמוך - הערות והארות <b>ע' אלעד</b>
18	היבטים בתיכנון מיתקני חשמל במתח נמוך - העמסה והגנה של מוליכים מבודדים במתח עד 1,000 וולט בדיקת תאימות המבטחים לדרישות התקנות בקשר ללולאת התקלה <b>י' רוזנקרנץ</b>
22	הכשרה והשתלמויות לחשמלאים שאלות ותשובות בנושאי הכשרה מקצועית והשתלמויות <b>ד' תרזה</b>
	<b>מדור שירות פירסומי לקוראים</b>
	<b>משולחן הוועדות</b> א. ועדת ההוראות לביצוע עבודת חשמל ב. ועדת הפירושים <b>פ' שפר</b>
23	נתיכים למתח נמוך - מבנה, סוגים ואופן פעולה
27	תחזוקה מונעת של שנאי חלוקה <b>א' ליברמן</b>
33	תכנון מחזורי (Reflector) חדיש לקבלת תאורה יעילה ואחידה עם בקרת סינוור <b>ג' גורדון</b>
38	תיפקוד האנרגיה של מזגני אוויר בתנאי חורף קשים <b>נ' שגיב</b>

## בשער:

פיתוח מערכת הכבישים בארץ מחייב במקרים רבים שינויים בקווי החשמל. כצומת הכפר הירוק מתבצעות עבודות גדולות להרחבת הצומת. עובדי חברת החשמל עוסקים בפירוק קווי המתח הנבנה בתוואי הקיים ובהעברתם לתוואי החדש כנדרש. בהזדמנות זו נעשה גם תיגבור הרשת.

## עורך:

אורי לויטנר

## עורך משנה:

בנימין כהן

## מערכת:

יוסף בלבד, בן ציון גמליאל, אברהם זיו, נתן ולגר, משה מרגלית, שמעון מרדוקס, אלי טאננר, מרשן טיבר, יערה טרן, יוסף רוזנקרנץ

## מינהלה והוצאה לאור:

משה צינרון

## עריכת לשונית, נרפיקה וסדר:

טרפיק כתיבה והפקה בע"מ

## לוחות והדפסה:

דפוס תמיד בע"מ

## כתובת המערכת:

חברת החשמל לישראל בע"מ  
ת"ד 8810 חיפה 31067  
טל. 04-548336



צילום: אבי הזאב



# תהליך בדיקת מיתקני חשמל על ידי בודקי חברת החשמל

איני דרור קן-דרור M.Sc.

מיתקן החשמל של הצרכן מהווה המשך רצוף לרשת החשמל הארצית והוא החוליה האחרונה במערכת אספקת החשמל. במאמר זה נציג את הצרכנים השונים המתחברים לרשת האספקה הארצית, לפי מתח האספקה. נפרט במיוחד את השלבים השונים של בדיקת מיתקן החשמל של צרכן המקבל אספקה במתח נמוך, לפני חיבורו הראשון לרשת ההזנה של חברת החשמל. המאמר מיועד לחשמלאים, שעל פי תנאי הרשיון שלהם, זהו תחום עיסוקם והרשות. גם המהנדס העוסק בתיכנון מיתקני חשמל במתח נבון צריך להעביר בדיקה של חלק ממיתקן החשמל הניזון במתח נמוך, ולכן גם הוא ימצא עניין במאמר זה.

התרגום של גודל החיבור למספר היחידות. מחיר היחידה מתעדכן מעת לעת והוא משתנה בהתאם לסוג רשת האספקה ומקום האספקה.

טבלה 1. אחד המרכיבים הקובעים את גובה התשלום הנדרש מהצרכן בעד חיבור החשמל הוא **מספר היחידות**. העמודה השמאלית של הטבלה מציגה את

## מבוא

חברת החשמל מספקת חשמל וגם עורכת בדיקות לפני חיבור מיתקן הצרכן לרשת, לשלושה סוגי צרכנים.

■ צרכני מתח נמוך של 230 וולט חד מופעי, או 400 וולט מתח שלוב תלת מופעי.

■ צרכני מתח נבון של 6.3 ק"ו, 12.6 ק"ו, 22 ק"ו ו-33 ק"ו.

■ צרכני מתח עליון של 66 ק"ו, 110 ק"ו או 160 ק"ו.

כידוע, בחברת החשמל גם קיימת כבר רשת הובלה ומסירה במתח-על של 400 ק"ו.

על פי הכללים לאספקת חשמל לצרכנים, ניתנת אספקת החשמל בזרם חילופין בעל תדר נקוב של 50 הרץ.

קביעת גודל החיבור למיתקן החשמל הכרחית בשלב סיום התכנון המפורט ולפני הזמנת חיבור החשמל מחברת החשמל. לפיכך, החשמלאי צריך לשקול מיד גודל החיבור המתאים למטרותיו.

## צרכני מתח נמוך

כאשר העומס של הצרכן אינו עולה על 630 ק"ו"א, ההזנה ניתנת במתח נמוך ורק בגודלי החיבור הסטנדרטיים המוצגים

טבלה 1  
גודל חיבור החשמל הסטנדרטי

קבוצה	עוצמת הנתונים של חברת החשמל [אמפר]	גודל החיבור של הצרכן [אמפר]	תרגום גודל החיבור למספר היחידות
א	63	40	3
	35 x 3	25 x 3	5.6
ב	63 x 3	40 x 3	18
	80 x 3	63 x 3	28.3
	100 x 3	80 x 3	36
	125 x 3	100 x 3	45
	160 x 3	125 x 3	56.2
	200 x 3	160 x 3	72
	250 x 3	200 x 3	90
	315 x 3	250 x 3	112.5
	400 x 3	315 x 3	141.7
	500 x 3	400 x 3	180
630 x 3	500 x 3	225	
ג	800 x 3	630 x 3	378
	910 x 3	800 x 3	480
	1,000 x 3	910 x 3	546

הערה:  
בדצמבר 1988 בוטלו החיבורים הסטנדרטיים המפורטים להלן:

גודל החיבור של הצרכן [אמפר]	מספר היחידות לצורך זיכוי
35 x 3	15.7
50 x 3	22.5

ד"ר קן-דרור – ראש מדור צרכנות טכנית הרשת הארצית, אגף השיווק והצרכנות, חברת החשמל



$$\text{מספר היחידות} = \sqrt{3} \cdot 22 \cdot 50 = 1,905 \text{ יחידות}$$

לפי חישוב זה:

- כל 10 אמפר ב־12.6 ק"ו מהווים 218.23 יחידות.
- כל 10 אמפר ב־22 ק"ו מהווים 381.05 יחידות.
- כל 10 אמפר ב־33 ק"ו מהווים 571.56 יחידות.

### צרכני מתח עליון

כיום, חברת החשמל מספקת הזנה במתח עליון למספר מצומצם ביותר של צרכנים (כ־10 צרכנים). בשלב זה האספקה במתח עליון ניתנת על פי החלטה מיוחדת של חברת החשמל לצרכנים גדולים במיוחד. חישוב היחידות נעשה בדומה לחישוב היחידות כאשר האספקה היא במתח גבוה.

### תהליך חיבור מיתקן החשמל לרשת האספקה

החיבור הפיזי של כל הצרכנים, שהוצג לעיל, לרשת החשמל הארצית מתבצע אך ורק לאחר שבודקי חברת החשמל בדקו בשלמותו את מיתקן החשמל של הצרכן. למעשה, כפי שנראה בהמשך, רק הם מסוגלים ומוסמכים, בכל מקרה, לבצע קטעים ממנו.

הבדיקה שבודקי חברת החשמל מבצעים מתחלקת לכמה שלבים:

- בדיקות מוקדמות של התוכניות במשרדי החברה עם הזמנת החיבור.
- בדיקות פיזיות פנימיות של חברה החשמל עד להדקי הצרכן.
- בשלב הסופי והאחרון, בדיקת מיתקן הצרכן, לפני חיבורו לרשת של חברת החשמל ועם החיבור.

### שלבים ראשוניים בבדיקת מיתקן החשמל

בתיאור שלבי הבדיקה נתמקד בצד הטכני של התהליך.

כיום, הקשר עם הצרכן בכל הקשור לבקשת התחברות לרשת האספקה,

חיבורים במתח נמוך מעל  $3 \times 910$  אמפר מחויבים בתשלום יחידת מחיר עבור כל 5 אמפר. גודל החיבור של צרכנים אלה נקבע על בסיס הכיול של מפסק הזרם הראשי של המזמין, או לפי גודל הספק השנאי, אם לא קיים מפסק מכיול, וזאת עד לגודל חיבור של  $3 \times 1,820$  אמפר ובתנאים מסוימים, שבהם לא קיים קושי בכיצוע חיבור בגודל זה.

### צרכני מתח גבוה

כאשר העומס הנדרש עולה על 630 קו"א, ניתנת ההזנה במתח גבוה כמפורט להלן:

- מרשת 12.6 ק"ו, בעיקר באיזור מרכז הארץ וגוש דן.
- מרשת 22 ק"ו, בעיקר באיזור הצפון, המרכז ובחלק מירושלים.
- מרשת 33 ק"ו, בעיקר באיזור הדרום ובחלק מירושלים.

קיימים אזורים מסוימים בארץ בהם נוכל לראות רשתות מתח גבוה גם במתחים אחרים, כפי שצויין לעיל.

כאשר האספקה ניתנת במתח גבוה, גודל החיבור ובהתאמה אליו מספר היחידות בהן מחויב הצרכן, נקבע לפי אחת מהאפשרויות הבאות:

- לפי ההספק הנקוב הכולל של השנאים במקום, המוזנים ישירות ממערכת האספקה של חברת החשמל וניתנים להפעלה בו זמנית מבחינה טכנית ופיזית. במקרה זה, כל קו"א מתורגם ליחידה אחת.
- לפי כיוול מפסק הזרם האוטומטי בצד הראשוני של השנאי, המזון ישירות ממערכת האספקה של חברת החשמל. במקרה זה, מספר היחידות מוגדר לפי הנוסחה הבאה:

$$\text{מספר היחידות} = \sqrt{3} \cdot V_L \cdot I$$

כאשר:

I – זרם הכיול, באמפרים

$V_L$  – מתח האספקה (מתח שלוב), בק"ו

לדוגמה, צרכן המקבל הזנה במתח של 22 ק"ו ומפסק הזרם שלו מכוויל ל-50 אמפר, חישוב מספר היחידות בהן הוא מחויב נעשה כדלקמן:

מתבצע, מבחינת חברת החשמל, בארבעה מחזות עיקריים הממונים והאחראיים, למעשה, על כל אזורי הארץ. לנוחות הצרכנים, בכל אחד מהמחזות קיימים, גם משודים אזוריים הנמצאים בפיקוח המחוז.

יחידת הרשת הארצית, הממוקמת בתחום המשרד הראשי של החברה, מטנה על קביעת אחידות הדרישות מהצרכנים בכל המחוזות, בהתאם לחוק החשמל ותקנותיו. כך, לא נוצר מצב שבו צרכן ארצי, למשל בנק, רשת שיווק מזון וכו', יקבל דרישות או הנחיות מסוימות במחוז אחד ודרישות או הנחיות אחרות ממחוז אחר.

כל בעיה המתעוררת במקרה של הכנסת ציוד חדש או התקנה בצורה לא שיטתית, מופנית על ידי המחוזות לרשת הארצית. הרשת הארצית, בשיתוף עם המחוזות, מגבשת הנחיה ארצית אחידה. במקרה הצורך, בעקבות חידושים טכנולוגיים, יוזמת הרשת הארצית פנייה לוועדת ההוראות או לוועדת הפירושים שעל יד משרד האנרגיה והתשתיות, לשם עייכת שינוי מתאים בתקנות שבחוק החשמל. דוגמה ליוזמה מסוג זה היא פניית הרשת הארצית לוועדה בעקבות ריבוי המכשירים המוכנסים לחדר האמבטיה. פנייה זו הביאה לפירסום תקנות חדשות בנושא. כמו כן פורסמו תקנות חדשות בדבר העמסת מוליכים (ק"ת 5482) הנובעות מההופעה בשוק של מוליכים בעלי בידוד חדש ועמיד בטמפרטורות גבוהות יותר. בקרוב יופיעו תקנות חדשות בנושא של מערכות אל פסק, וינתנו פירושים לנקודות לא ברורות בתקנות וכו'.

הבדיקה הנעשית על ידי בודקי חברת החשמל כוללת את התחומים הבאים:

- בדיקת מידת התאמת תוכנית החשמל והביצוע בשטח לדרישות חוק החשמל ותקנותיו.
- בדיקת תקניות הציוד, המכשירים והאבזרים המותקנים במיתקן החשמל.
- בדיקות בטיחותיות הנוגעות לרשת חברת החשמל ולעובדיה.
- בדיקות בטיחותיות הנוגעות למשתמש עצמו במיתקן.



הבדיקות כוללות בדיקה חזותית וכן בדיקה באמצעות מכשירים ואבזרים שונים הנחוצים לבדיקה. הבדיקות הבטיחותיות מבחינת החיבור והשילוב של מיתקן הצרכן הפרטי עם רשת האספקה הציבורית נעשות גם במטרה לוודא שצרכנים אחרים המתחברים לאותה רשת האספקה לא ייפגעו.

## בדיקת תוכנית החשמל של מיתקן החשמל

שלב ראשון של ביצוע העבודה הוא, כמובן, שלב התיכנון והכנת תוכנית החשמל. חשמלאי הפונה לחברת החשמל כדי לחבר מיתקן חדש או מיתקן שעבר שישי יסודי לרשת החשמל, מתבקש להציג את תוכנית המיתקן שתוכננה על ידו על דף סטנדרטי, עד גודל של A3. הגודל הסטנדרטי נחוץ למטרות מיועור ושמידת תוכנית המיתקן לכל אורך חייו. בתוכנית יצוין פירוט מירבי על המיתקן וייעודו הכולל.

- שם הצרכן.
- סוג המיתקן – דירת מגורים, חנות, מחסן, משרד, בית מלאכה וכו'.
- מספר העמוד שממנו ניוון החיבור (וייסדר לחשמלאי על ידי המחוז).
- מספר הצרכן (וייסדר לחשמלאי על ידי המחוז).
- שם החשמלאי שתיכנן את מיתקן החשמל וכתובתו.
- מספר הרשיון של החשמלאי שתיכנן את מיתקן החשמל וסוג הרשיון.
- שם החשמלאי שביצע את המיתקן החשמלי וכתובתו.
- מספר הרשיון של החשמלאי שביצע את מיתקן החשמל וסוג הרשיון.
- (ההדגשים המופיעים כאן מכוונים לתנאי הרשיון שלפיהם החשמלאי רשאי לתכנן או לבצע את המיתקן, לפי העניין).
- חתימת החשמלאי המתכנן.
- חתימת החשמלאי המבצע - חובה.

כמו כן, יש לציין על גבי התוכנית את קנה המידה. סמלים לא קונטנציונליים (שאינם מופיעים בתקן הישראלי 469 לסמלים

גרפיים בנושא החשמל) ילוו במקרא מתאים, או יצוינו בתוכנית במפורש ליד המכשיר. יש לציין בתוכנית גם את סוג ההגנה בפני חיטום בו השתמש החשמלאי.

הפרטים הנדרשים לרישום בתוכנית החשמל מוצגים באיור 1.

נציין, שעל פי החוק, יש לשמור על תוכנית מיתקן החשמל לכל אורך חייו המיתקן. שמירה על תוכנית מיתקן החשמל יכולה לשמש עזר לבעל המיתקן במקרים הבאים: בדיקה בעת הופעת תקלה, עריכת שינויים בתיכנון מיתקן החשמל, וכו'. יש לזכור, שלתוכנית החשמל של מיתקן החשמל ולביצוע המיתקן בהתאם לתוכנית יש גם משמעות של אחריות משפטית לטיב התיכנון והביצוע על פי חוק החשמל ותקנותיו.

לבדוק חברת החשמל מספקת תוכנית החשמל נתונים חשובים על אופן ביצוע המיתקן, במיוחד כאשר מדובר בהתקנת סמיות, כגון: סוג אלקטרודת ההארקה, מיקום הסובילים בהתקנה סמויה וכו'. בדרך כלל, הבודק יבדוק אם המיתקן בוצע בהתאם לתוכנית וללא סטיות ממנה.

## בדיקות קדם

כמה נורמים קשורים בהבאת חיבור אספקת החשמל למבנה, חלקם בתוך חברת החשמל וחלקם – מחוץ לחברה.

■ **בתוך חברת החשמל** מתכנני הרשת החיצונית של חברת החשמל ומחברי ההגנה למבנה עצמו מרישת חברת החשמל, מתקיני המונה ורק לאחריו מחברי הדקי הצרכן.

■ **מחוץ לחברת החשמל** המתכנן שתיכנן את מיתקן החשמל, המבצע שביצע את מיתקן החשמל, והבודק הפרטי שבודק את המיתקן לפני הזמנת הבדיקה מחברת החשמל.

בדרך כלל, הבדיקה הראשונית בדירות מגורים מבוצעת על ידי החשמלאי שביצע את המיתקן. במקומות שבהם מותקנים מיתקני חשמל תעשייתיים מוסלף, לפני הזמנת ביצוע הבדיקה על ידי בודקי חברת החשמל, לבצע בדיקה ראשונית של מיתקן החשמל התעשייתי על ידי בודק מוסמך.

בודקי חברת החשמל הם החוליה האחרונה בשרשרת הבדיקות והם הפוסקים המאשרים את אפשרות חיבור המיתקן של הצרכן לרשת חברת החשמל. למשה, בודקי חברת החשמל בודקים, נוסף למיתקן הצרכן, גם את תקינות החיבור של חברת החשמל עד להדקי הצרכן מבחינת בטיחות ההתקנה, חתכי מוליכי ההגנה, סדר המופעים ותקינות הארקה השיטה של שנאי החברה.

## שלבם בבדיקות החיצוניות של מיתקן החשמל

הבדיקות החיצוניות בשטח של מיתקן החשמל מחייבות:

- נוכחות החשמלאי שביצע את המיתקן.
- זיהוי מקום האספקה.

## חובת נוכחות החשמלאי שביצע את מיתקן החשמל

האחריות המשפטית לטיב מיתקן החשמל חלה על החשמלאי המתכנן, ובעיקר על החשמלאי המבצע. החשמלאי המבצע חייב לבצע את המיתקן באמצעות חומרים, ציוד, אבזרים ומכשירים תקינים. בעת הבדיקה עשויות להתעורר שאלות, שעל הבודק לוודא עם החשמלאי המבצע למשל, במקרה של הכנסת ציוד ואבזרים חדשים למיתקן החשמל, חייב החשמלאי שביצע את המיתקן להוכיח, שהציוד הוא מסוג טוב, מאושר על ידי מכון בדיקה מוסמך ומאושר לשימוש מבחינה ארצית על ידי הרשת הארצית. בעת חיבור ההזנה, החשמלאי שביצע את המיתקן גם צריך לבצע פעולות מסוימות, על פי הוראות הבודק.

אם ביום הבדיקה, מסיבה כלשהי, החשמלאי האחראי לביצוע המיתקן לא יוכל להופיע, אפשר יהיה, במקרים חריגים שיאושרו על ידי חברת החשמל, שנציג מטעמו יהיה נוכח בשטח בעת ביצוע הבדיקה. הנציג יהיה בעל רשיון המתאים לביצוע עבודות לפי גודל המיתקן האמור, הוא יכיר את מיתקן החשמל, יהיה לו אישור לביצוע עבודה במיתקן החשמל כך שיוכל לבצע פעולות על פי דרישות הבודק לשם ביצוע הבדיקה בשטח.



- קהל מידה - 1:50
- מקרא לסמלים לא תקינים:
- בית תקע סוג מס
  - מיכלש כביסה
  - פעמון
  - מפסק זרם דו קוטבי
  - עם נורת סימון



איור 1

דוגמה לתוכנית של מיתקן חשמל

(האיור מוצג לצורך המחשת מבנה התוכנית ורישום הפרטים בה בלבד)

פרטי החשמלאי המתכנן

שם החשמלאי: \_\_\_\_\_

התאגדות: \_\_\_\_\_

מס' התעודת: \_\_\_\_\_

שם: \_\_\_\_\_

תאריך: \_\_\_\_\_

מס' התעודת: \_\_\_\_\_

הצהרת החשמלאי אשר ביצע את מיתקן החשמל

שם התוכן: \_\_\_\_\_

שם התוכן: \_\_\_\_\_

מס' התעודת: \_\_\_\_\_

מס' התעודת: \_\_\_\_\_

תאריך: \_\_\_\_\_

מס' התעודת: \_\_\_\_\_

הצהרה: \_\_\_\_\_



## זיהוי מקום האספקה

בודק חברת החשמל המגיע למיתקן החשמל בשטח, בנוכחות החשמלאי המבצע, מזהה ומאמת על פי תוכנית החשמל של מיתקן החשמל את נכונות הנתונים המופיעים בבקשה לבדיקה, כפי שרשום בדו"ח החשמלאי המבצע וביתר המסמכים הנמצאים בידיו. הזיהוי כולל אימות הכתובת, מקום האספקה, והתאמת גודל החיבור למיתקן החשמלי לתוכנית. הנתונים הנבדקים הם: כתובת, שם הצרכן, סוג המיתקן (דירה, בית מלאכה וכו'), מיקום המיתקן (קומה, צד), מקור החזנה של המיתקן (עמוד חשמל או ארון חיבורים וכו').

כאשר הבודק בטוח שזיהה את מקום האספקה לכל פרטיו הוא ימשיך בביצוע הבדיקה. אם יש שיבושים בזיהוי הוא יביא אותם לידיעת האחראי הממונה במשרד ורק בהוראתו ימשיך בבדיקה. הבודק יזהה את ארון החלוקה הראשי שבמבנה (או את ארון כניסת החיבור למבנה), ויבצע בדיקה חזותית המתייחסת לאופן החיזוקים הפיזיים, אופן ביצוע העבודה, קיום נישא נוחה לצורכי תפעול ואחזקה, אספקת מתח, סדר מופעים וכו'.

הבודק גם יבדוק שהאבטחות של חברת החשמל הן בהתאמה לגודל החיבור שהוזמן על ידי הצרכן. הבדיקה מתייחסת הן לאבטחות והן להתאמת שטחי החתך של המוליכים המגיעים לאבטחות הראשיות של חברת החשמל מצד אחד (מבחינת עמידות בורמי קצר), ולמונה הצרכן, להדקי הצרכן ולאבטחת הצרכן מצד שני (מבחינת עמידות במני שומס יתר וזרם קצר). כמו כן, במידת הצורך, יבדוק גם פרטים רלוונטיים אחרים ביחס לנמר ביצוע העבודה.

## בדיקת מערך ההגנה בפני הישגול במיתקן החשמל

בדיקות מערך ההגנה בפני הישגול כוללת את הבדיקות האלה:

- בדיקת אלקטרודת ההארקה במיתקן החשמל.
- בדיקת פס השוואת הפוטנציאלים.
- בדיקות רציפות אלקטרודת ההארקה.

■ בדיקות שלמות מוליך ההארקה הראשי.

■ בדיקת רציפות ההארקה מפס ההארקות של הצרכן עד המעגל הסופי.

## בדיקת אלקטרודת ההארקה במיתקן החשמל

בשלב זה, במקרה שמדובר במבנה חדש בו קיימת הארקות יסוד, הבודק מגיע לפס השוואת הפוטנציאלים (פח"פ), או, כאשר מדובר במבנה ישן ללא הארקות יסוד, לפס ההארקות. על פי התקנות החדשות, ניתן לבצע איפוס גם במבנה ללא הארקות יסוד בתנאי שקיימת במבנה השוואת פוטנציאלים, בדומה לתנאים שבהארקות יסוד.

לצורך הבדיקה, הבודק מאתר את אלקטרודת ההארקה, או יותר נכון, את מקום החיבור אליה, ובודק את טיב החיבור. הוא מודא מהו סוג האלקטרודה – מוט, צינור, פס, תיל, לוחות הארקות יסוד, צנרת מים או מבנה מתכתי תת קרקעי. בהתאמה לסוג האלקטרודה המתקנת בשטח הוא בודק שמיתקן ההארקה עונה לכל הדרישות המוגדרות בתקנות החשמל בכללים הרלוונטיים ובתקנים.

ברור שעוצמת הורם שתפתח במקום התקלה תלויה בהתנגדות המעגל, המתחיל בשנאי של חברת החשמל המזין את המערכת, ממשיך לאורך מוליך המופע עד למקום התקלה, ומשם, דרך מוליכי ההארקה שבמיתקן החשמלי (דירה או מפעל וכו') לאלקטרודת הארקות היסוד, או צנרת המים (באישור הרשות המקומית) או אלקטרודת הארקה מלאכותית אחרת וממנה – חזרה לנקודת האפס של השנאי דרך המסה הכללית של האדמה. במקרה של ביצוע איפוס, מסלול החזרה העיקרי יהיה דרך מוליך ההארקה המחובר לפס השוואת הפוטנציאלים וממנו למוליך האפס ולשנאי.

נדגיש כאן, שיש חשיבות רבה לביצוע אמין של אלקטרודת ההארקה. החשמלאי המבצע חייב לבדוק את אלקטרודת ההארקה עם התקנתה בשטח החשיבות שמייחסים לבדיקה זו נובעת מהעובדה שבעת תקלה מסוכנת במערכת ההארקה, כפי פסק או עליית התנגדות

האלקטרודה, אין התראה מוקדמת והיא מתגלה, במקרה הטוב, רק על ידי בדיקה, או, במקרה הרע, כתוצאה מתאונה. לעומת זאת, תקלה במוליך האפס או במוליך המופע מורגשת מיד, מאחר שאין מתח, או שמופיע מתח ירוד במקרה של ניתוק מוליך האפס ברשת המיתקן המוגן באמצעות איפוס.

## בדיקת פס השוואת הפוטנציאלים

למעשה, שיטת האיפוס היא שיטת הביצוע המועדפת היום. לפיכך, פס השוואת הפוטנציאלים מהווה את "לבי" מערכת ההגנה בפני הישגול, ויש לכן משמעות בטיחותית מיוחדת לבדיקה שהחיבור של פס השוואת הפוטנציאלים אל הארקות היסוד או לאלקטרודת ההארקה של המיתקן הוא אכן אמין לאורך ימים. תפקידו של פס השוואת הפוטנציאלים, יחד עם כל מערכת ההארקה, הוא להבטיח שמתח המגע המופיע בעת תקלה, העלולה לסכן את חיי של אדם הנוגע בגוף מכשיר, לא יעלה על ערך של 50 וולט, ויחד עם זאת המפסק האוטומטי הזעיר יפעל תוך פחות מ-5 שניות וינתק את המעגל בו הופיעה התקלה.

בדיקה של פס השוואת הפוטנציאלים כוללת בדיקה חזותית שבמהלכה מודאים שמתקנים בו, לפחות, שבעה בגי חיבור, כאשר כל מוליך מתחבר אל הפס באמצעות בורג נפרד. במקרה שיותר משבעה מוליכים מתחברים לפס השוואת הפוטנציאלים, צריך לוודא שיש לפחות שי מרגים, כעטודה.

בהמשך בדיקת פס השוואת הפוטנציאלים מודאים שהמוליכים המתחברים אליו מהודקים כראוי וכל מוליך מחובר לבורג אחר. נבדק אופן התקנתו של פס השוואת הפוטנציאלים: הפס אינו נלוי, מוגן מבחינה פיזית, התקנתו יציבה לאורך ימים והוא מרוחק 4 ס"מ לפחות מהשטח עליו הוא מותקן. הנישה אליו צריכה להיות טחה לחשמלאי, אך לא לילדים, ומקום התקנתו יהיה סמוך, ככל האפשר, לאבטחה הראשית של חברת החשמל. באשר למוליכי החיבור לפס השוואת הפוטנציאלים: מודאים



האימס שנעשה באישור חברת החשמל, יתבצע רק לאחר שנערכה בדיקה של הרשת שתוצאותיה מתירות את ביצועו ואם סמוך לפס השוואת הפוטנציאלים מותקן שלט "מאפס" – שלט קריא ובר קיימא. בשלב זה מוודאים שחתכי המוליכים מתאימים לנוצמת זרם הקצר העלול להתפתח במיתקן החשמל.

### בדיקת שלמות מוליך הארקה ראשי

בבדיקה זו מוודאים, שמוליך הארקה הראשי היוצא מפס השוואת הפוטנציאלים, או מפס ההארקות הראשי שבמבנה, לכיוון לוחות הצרכנים, שלם לכל אורכו, זאת אומרת, הוא מהווה יחידה אחת ללא חיבורי ביניים. החיבור ממלך הארקה זה ללוחות הצרכנים נעשה באמצעות מהדק מיוחד המאפשר התחברות למוליך עצמו ללא צורך בחיתוכו (איור 3).



איור 3

### תרשים סכמטי של מוליך הארקה ראשי והסתעפויות ממנו

הבדיקה החותית של נקודות חיבור מוליכי הארקה ובדיקת הרציפות של מוליכי הארקה נמשכת לכיוון כל לוחות הצרכנים. הרציפות נמדדת בין אלקטרודת הארקה ובין פס ההארקות של כל צרכן וצרכן שבמבנה. לכל צרכן מצויד מוליך הארקה ראשי יחיד לכל מקום צרכנות ובשטח חתך המתאים לזרם הקצר העלול להתפתח במוליך (איור 3).

הפוטנציאלים או עד לפס ההארקות, הכל לפי העניין.

במקרה של הארקה יסוד, מוודאים שקיימת לפחות יציאת חוץ אחת מכל צד של המבנה, שהיציאות מוגנות במני מיעות מכניות ובפני שיתוך (קרוויה). כמו כן מוודאים קיום רציפות בין פס השוואת הפוטנציאלים לבין כל אחת מיציאות החוץ שבמבנה (יציאה אחת מכל צד של המבנה). רצי ומומלץ שיציאות חוץ אלה תמצאנה בתוך קופסאות או בתוך שוחת חיבור מתאימה. תרשים סכמטי של חיבורים לצורך מדידת רציפות הארקה מוצג באיור 2.

אם על גג המבנה מותקנים תורן של אנטה או קולט ברק, עורכים ביקורת איכותית ומוודאים קיום רציפות – חיבור ליציאת החוץ יבוצע עם מוליך הארקה מבודד בגוון צהוב-ירוק בעל שטח חתך של 16 מ"מ<sup>2</sup>, לפחות, עשוי מנחושת, וזאת על פי דרישת התקנות וכן בהתאם לתקנים הישראלים – ת"י 704 ות"י 1173.

באופן דומה ממשיכים ובדקים, הן באופן חותי והן באמצעות מכשירי מדידה, את רציפות החיבור מפס השוואת הפוטנציאלים לכל השירותים המתכתיים שבמבנה כגון: צנרת מים, צנרת נוזל.

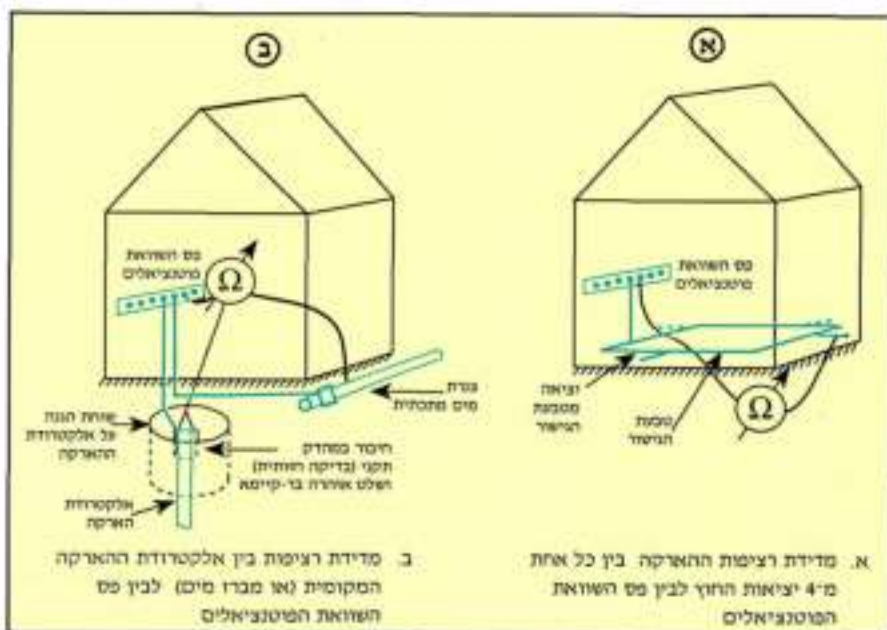
שהם עשויים מנחושת ובעלי שטח חתך מינימלי של 10 מ"מ<sup>2</sup>.

בהמשך בודקים שמידות פס השוואת הפוטנציאלים עונות לדרישות התקנות. אם הפס עשוי מנחושת, עוביו יהיה 4 מ"מ, לפחות, ורוחבו 40 מ"מ, לפחות. אם הוא עשוי מסנסוגת המכילה, לפחות, 50% נחושת, חתכו יהיה 160 מ"מ<sup>2</sup>, לפחות, וחוזקו המכני יהיה דומה לזה של פס עשוי מנחושת.

הבדיקה תסתיים לאחר שהבודק יודא, לצורך ביצוע האימס, שבין פס השוואת הפוטנציאלים לבין האבטחה הראשית של חברת החשמל קיים מוביל חשמל שקוטרו 29 מ"מ, לפחות.

### בדיקת רציפות אלקטרודת הארקה

במיתקן חשמל המוגן בשיטת האיפוס או בשיטת הארקה הגנה, בודקים באופן חותי את אמינות החיבור מבחינה פיזית וכן את רציפות החיבור באמצעות מכשירים (אוהם-מטר). הרציפות נמדדת מנקודת החיבור אל אלקטרודת הארקה (הארקה יסוד, צנרת מים המאושרת על ידי הרשות המקומית כאלקטרודת הארקה, או כל אלקטרודת הארקה מקומית אחרת) עד לפס השוואת



איור 2

### תרשים סכמטי של חיבורים לצורך מדידת רציפות הארקה





## בדיקת סוג המבטח הראשי של הצרכן

במיתקן ביתי מחייבות התקנות שבחוק החשמל התקנת מפסק אוטומטי זעיר (מאיז) בעל כושר ניתוק מינימלי של 3000 אמפר. הבדק מוודא שגודל המאיז מתאים לגודל החיבור המוזמן וכן מפעיל את המאיז לוודא שהוא מתפקד באופן תקין במצב "מחובר" ובמצב "מופסק".

כאשר מותקן מפסק אוטומטי ראשי הניתן לכיול, יש צורך בהתקנת סידור המאפשר את החתמתו. הבדק מחתים את המערכת לאחר ביצוע הכיול לפי העומס המאשר.

## בדיקת הלוח, המבטחים המשניים והמעגלים היוצאים ממנו

במהלך בדיקת טיב הלוח מוודאים שהלוח, מסוג תקני, עשוי מחומר בלתי דליק. בודקים אם התקנתו הפיזית יציבה, ואם הותקנו בו מאיזים תקינים המאפשרים על ידי מכון התקנים, או כאלה הנושאים תו תקן, וכאשר ניתוקם המיזערי הוא 3,000 אמפר. נבדק התיפקוד התקין של המאיזים במצב "מחובר" ו"מופסק" וכן התאמתם לזרם הנקוב של הציוד על פי התרשים. מוודאים שקיים פס הארקות תקני עם בורג הידוק נפרד לכל מוליך המתחבר אליו.

השלב הנוסף בבדיקה הוא בדיקת קיום פס אפסים תקני עם בורג הדוק נפרד לכל מוליך המתחבר אליו, כך שניתוק מעגל אחד לא יגרום לניתוק מעגל אחר.

בודקים את התאמת שטחי החתך של המוליכים לגודל המבטחים בהתאם לתוכנית ובהתאם לדרישות התקנות.

כמו כן מבצעים בדיקה חזותית של צבעי המוליכים המתחברים למאיזים, לפס הארקות ולפס האפסים (בדרך כלל, צבע מוליכי המופע במיתקן חד מופעי הוא חום ובמיתקן תלת מופעי גם כחול או סגול; מוליך האפס: שחור; מוליך הארקה: צהוב וירוק לסירוגין). במקרה של פסי צבירה - צבעם יכול להיות כל צבע שהוא, חוץ מירוק, צהוב או שילוב ביניהם.

אתו והן מהיבט התיפעולי התקין של המיתקן.

בבדיקה החזותית גם מוודאים, במידת הצורך, שקיימות מחיצות בלתי עבירות לאש בין הקומות, שיש גישה נוחה לקורא המונים, והם מותקנים בהתאם לתוכניות המאושרות. כמו כן בודקים את תקינות ההגנה על חלקים גלויים וחיים, כגון: פסי צבירה או חלקים נעים או מסתובבים ולמשל, מגנע מעלית, מאזורי מדחסים וכו'.

מבצעים בדיקה נוספת שמטרתה לוודא שלא נשארו קצוות מוליכים גלויים ללא אבזר המותקן והמחובר אליהם, הימצאות מוליכים גלויים, שנועדו לחיבורים, ללא התקנת האבזרים נחשבת לאי גמירת המיתקן.

## בדיקת מיקום הלוח, התאמתו לתרשימהחיבורים ולגודל החיבור המוזמן

בשלב זה מופיע הבדק כאשר בידו תוכנית מיתקן החשמל כפי שתוארה באיור 1. הבדק מאמת כי התוכנית תזוהה על ידי החשמלאי והוא בעל סוג רשיון המתאים לגודל המיתקן. נערכת ביקורת חזותית של התאמת מיקום הלוח, הנקודות, המכשירים, התקנת המובילים וכו' לתרשים. כמו כן בודקים שיש גישה נוחה ללוח, התקנתו נעשתה במקום המותר על פי החוק, וגובהו מתאים לנדרש בתקנות. בתקנות החדשות קיימת דרישה להתקנת הלוח בתוך הדירה, בגובה שניתן יהיה להפעילו בנוחות.

במסגרת בדיקה זו מוודאים שהמובילים של צרכן פרטי אחד לא עוברים דרך חצרים של צרכן פרטי אחר בצורה גלויה.

מבצעים ביקורת נוספת שמטרתה לוודא שגודל הבסיסים של המבטח הראשי של חברת החשמל וגודל האבטחה הראשית של הצרכן הם בהתאמה לגודל המאשר. בהתאם לאבטחה הראשית של הצרכן בודקים את שטח החתך של המוליכים המחוברים אליו. הדרישה המינימלית היום היא שהמוליכים יהיו בעלי שטח חתך של 10 מ"מ, לפחות.

## בדיקת רציפות ההארקה מפס הארקות של הצרכן עד למעגל הסופי

במהלך בדיקה זו מוודאים שפס הארקות של הצרכן מותקן באופן יציב וכל מוליך המתחבר אליו מהודק באמצעות בורג נמרד.

המשך הבדיקה כולל מדידת רציפות ההארקה מפס הארקות של הצרכן עד למעגל הסופי שלו בכל נקודה ונקודה, ללא יוצא מהכלל, בודקים שחיבור ההארקה נעשה למהדק הנכון בבתי התקע ומוליך ההארקה מגיע לכל נקודת מאור קבועה. בדירת מגורים, או במיתקן דומה, מוודאים ששטח החתך של מוליך ההארקה המחבר את צינור המים שבדירה לפס הארקות הוא 2.5 מ"מ לפחות, כשהוא מותקן במוביל, או ששטח החתך שלו 4 מ"מ, לפחות, אם אין הוא מותקן במוביל.

## שלבים ראשוניים בבדיקת מיתקן החשמל הפנימי

- בדיקה זו כוללת את השלבים הבאים:
- בדיקה חזותית של מיתקן החשמל כדי לוודא שהעבודה הושלמה.
- בדיקת מיקום הלוח, התאמתו לתרשימהחיבורים ולגודל החיבור המוזמן.
- בדיקת סוג המבטח הראשי של הצרכן.
- בדיקת הלוח, המבטחים המשניים והמעגלים היוצאים ממנו.
- בדיקת טיב בידוד המוליכים בלוח.

## בדיקה חזותית של מיתקן החשמל כדי לוודא שהעבודה הושלמה

לאחר שהסתיימו הבדיקות החיצוניות במבנה מגיעים לשלב הבדיקה של מיתקן החשמל הפנימי. הבדק עורך במיתקן הצרכן בדיקה חזותית, שמטרתה לוודא שכל עבודות ההתקנה הושלמו כראוי הן מהיבט הבטיחותי של האנשים שיימצאו בתחום המיתקן וישתמשו בו או יתחזקו



## בדיקת טיב בידוד המוליכים בלוח

בדיקה זו נערכת בתיאום עם החשמלאי המבצע הנוכח בעת הבדיקה בשטח, לאחר שאישר החשמלאי לבדוק כי לקצות המוליכים לא מוחברים מכשירים או פרטי ציוד היכולים להיוזק. הבדיקה מבוצעת באמצעות מנהאהם-מטר למתח 500 וולט, הבודק את טיב הבידוד בין מוליכי הארקה לבין מוליכי האפס ומוליכי המופעים, ובמידת האפשר גם בינם לבין עצמם. אם מתברר שטיב הבידוד אינו תקין, יש לבדוק את הסיבה, ורק אחר כך להמשיך בבדיקות.

### בדיקת מעגלים סופיים

בדיקת מעגלים סופיים כוללת:

- בדיקות חזותיות.
- בדיקות הקשורות למיתקן המאור.
- בדיקות הקשורות למיתקן הכוח.
- בדיקת מכשירים ומכונות.

### בדיקות חזותיות

לאחר בדיקה חזותית של מוליך הארקה, תקינות חיבורו ולאחר בדיקת רציפות החיבור וביצוע הבדיקות בלוח, ניגשים לבדיקת המעגל הסופי, שמטרתה לוודא שהוא בוצע בצורה שלא תסכן את המשתמש בו לאורך ימים.

הבדיקה מתחילה באופן חזותי ובה מודאים שהציוד, המכשירים, והאבזורים אכן תקינים ומתאימים למקום ההתקנה (במרחקות ומטבחים מוגני מים, באמבטיות לפי דרישות התקנת על פי החלוקה לאזורים וכו'). במקרה הצורך, החשמלאי מתבקש להוכיח את תקינות המוצר באמצעות תעודת בדיקה של מוכן מסמך שאושרה על ידי הרשת הארצית בחברת החשמל. הרשת הארצית תיידע את כל בודקי החברה ולא יהיה צורך לדרוש מחדש את תעודות הבדיקה של אותו מוצר (אם כי לפי התקנות שבחוק ניתן לדרוש הוכחת תקינות המוצר בכל בדיקה ובדיקה).

בבדיקה חזותית מודאים שכל מעגל מסתיים בחיבור סופי, כגון: בית תקע,

בית מנורה וכו', ובשום מקרה לא נותרו הדקים, או מוליכים גלויים, ללא חיבור קצה המוליך.

### בדיקות הקשורות למיתקן המאור

בדיקת התקינות של מיתקן המאור כוללת את הביקורות המפורטות להלן.

### ביקורת קיום לחצן תאורת חדר מדרגות ואופן התקנתו

במיתקן דירתי שבו קיימת תאורת חדר מדרגות, נערכת ביקורת שמטרתה לוודא, שבכל דירה שחדר המדרגות משרת אותה קיים לחצן להפעלת תאורת חדר המדרגות.

בודקים שהלחצן להפעלת תאורת חדר המדרגות הנמצא בתוך הדירה מותקן בקופסה נפרדת מכל יתר האבזורים במיתקן ועם מכסה נפרד. במקרה זה אסור השימוש בקופסה משותפת המיועדת לשמש בדירה, בו זמנית, ללחצן ולבית תקע או למפסקי תאורה, או לשמש כל מעגל אחר כגון: בית תקע לטלפון, אנטנה וכו'.

### ביקורת נקודות המאור והמפסקים

מטרת ביקורת זו לבדוק את מספר המטרות והתאמתן לתנאי המקום. בתנאי המקום הכוונה לרטיבות, סכנה של פגיעות מכניות, השפעה כימית, אש, התמצצות וכו'.

בבדיקה הנערכת במיתקן ביתי, או במיתקן דומה לו, מודאים שבכל חדר, או בכל שטח של 40 מ"ר, או חלק מהם מותקנת נקודת מאור אחת, לפחות. כמו כן מודאים שמנורה המותקנת בחדר אמבטיה מוגנת בפני חדירת רטיבות.

בבדיקה הנערכת בבית חרושת או בבית מלאכה או מחסן מודאים שעל כל שטח רצפה של 40 מ"ר מותקן מעגל סופי אחד, ואם שטח הרצפה גדול מ-40 מ"ר מותקנים בו שני מעגלים סופיים.

במהלך הביקורת של נקודות המאור יש לוודא שלכל נקודת מאור קבועה געיע מוליך הארקה, ושהתקנת המפסק לתאורה נעשתה במקום שיש אליו גישה נוחה לתימנול.

כמו כן יש לבדוק שהתקנת מפסק תאורה חד קוטבי נעשתה אך ורק על מוליך המצע ובגובה מיוזערי של 25 ס"מ מעל לריצפה (בתנאים מיוחדים מותר להתקין מפסק בנבחים נמוכים יותר). במקרה של בתי ספר הנובה המיוזערי של המפסק יהיה 160 ס"מ מעל הריצפה, כך שלילדים לא תהיה אליו גישה ישירה.

אם בגוף התאורה עצמו יש מפסק צריך לוודא שבוצעה התקנת מפסק נוסף מחוץ לו לפרט למקרה בו נעשית ההזנה באמצעות תקע ובית תקע).

לגבי מפסק המותקן בחדר אמבטיה, יש לוודא שהתקנתו נעשתה על פי דרישות התקנת בהתאם לאזורים השונים באמבטיה. המפסק צריך להיות מוגן בפני טבילה במים, מוגן בפני התזה, מופעל על ידי חוט משיכה או ללא דרישה מיוחדת. דרישות ההתקנה בחדר אמבטיה מפורטות במאמרים קודמים שפורסמו ב"התקע המצדיע".

לסיום הביקורת יש לוודא שכל המפסקים, בכל המיתקן, הותקנו באופן אחיד. בדרך כלל, הרמת ידית ההפעלה של המפסק תפעיל את המכשיר והורדת ידית ההפעלה תנתק את המכשיר המחובר (מלבד מפסק חילוף ומפסק צלב לתאורה).

### ביקורת הסתעפות ממפסקים

אם המרחק בין המפסקים אינו עולה על 30 ס"מ מותר שתהיה הסתעפות ממפסק אחד למפסק אחר, בתנאי שלא יהיו יותר משני מוליכים בהדק אחד ושטח החתך של המוליכים לא יעלה על 1.5 ממ"ר וכל אחד, ההסתעפות למהדק מותרת רק אם מבנה המפסק מיועד לשמש גם כתיבת הסתעפות.

### ביקורת נורות מיטלטלות

במיתקן שקיימת בו מנורה מיטלטלת, למשל מנורה ניידת במוסך, בודקים שההזנה של המנורה נעשית מפתיל שלם לכל אורכו וללא חיבורי כיניים (אלא אם יש מפסק). כמו כן בודקים, שהפתיל אינו עובר דרך חורים קדוחים בקירות או דרך מחיצות בנויות. קיום דרישה זו הכרחי במקרה שמתעורר צורך לנתק מיד את המעגל, ואז הגישה לבית התקע חייבת להיות מהירה ונוחה.



מבין בתי התקע המותקנים באותו חדר, שניים לפחות יהיו במרחק הגדול מ-2 מטרים ביניהם.

לסיום, בודקים שבתי התקע הניווטים מאתו מעגל סופי במיתקן ביתי ממקמים בלא יותר מ-2 חדרים ו/או 40 מ"ד שטח ריצפה ללא הגבלת מספרם.

#### בתי תקע במטבח

כאן מוודאים שהותקנו לפחות שלושה בתי תקע. בודקים שהמעגל המיועד לתנור, כישול או אפיה מוזן ממעגל סופי מיוחד, שחתך מוליכיו 2.5 מ"מ, לפחות. לחלופין, מותרת התקנה של חיבור קבוע לתנור עם מפסק.

#### בית תקע ליד ברז המיועד למכונת כביסה

מוודאים שהותקן בית תקע ל-16 אמפר, המוזן ממעגל סופי המיועד רק עבורו באמצעות מוליכים בחתך 2.5 מ"מ. בית התקע הזה ממוקם מעל גובה הכרז ולא בתוך שטח הכיור.

#### בתי תקע במרפסת

מוודאים שבכל מרפסת, ששטחה גדול מ-2 מ"ד, הותקן בית תקע אחד לפחות. (לצורך זה בית תקע למכונת כביסה ממלא דרישה זו).

#### ביקורת בתי תקע כשקיימות שיטות הזנה שונות

במבנה שקיימים בו מתחים שונים או שיטות אספקה שונות, כמו אספקה למקלטים, מערכות אל פסק, גנרטורים וכו', מוודאים שבתי התקע השונים שהותקנו הם בלתי חלופיים ובהתאמה לסוג ההזנה המגיעה לבית התקע.

#### בדיקת אופן התקנת בתי תקע ונכונות החיבורים

במהלך בדיקת חיבור המוליכים לבתי התקע בודקים שכל מוליך מחובר להק המתאים של בית התקע לפי הסימון התקני הקיים על בית התקע. כמו כן מוודאים שבית תקע המותקן בתוך תיבת התקנה בקיר נמצא בתיבה תקנית. בית תקע זה חייב לכלול אפשרות של חיווק לתיבה בשני ברגים, וזאת על פי דרישת התיקון שבתקנות וכן על פי דרישת התקן.

גדול מ-1,000 וולט בין המוליכים (מתח שלוב), יש לוודא, שמחוץ למבנה, בצד הראשוני של השנאי, הותקן מפסק נוסף – מפסק כבאים, שהגישה אליו חופשית, לגבי מפסק זה בודקים שמצב "מחובר" הוא כאשר ידית ההפעלה נמצאת למטה, ואילו מצב "מופסק" הוא כאשר ידית ההפעלה נמצאת למעלה. מוודאים שהוא הותקן בגובה של 2.5-3 מ'.

בהמשך הביקורת מוודאים שהשנאי המזין את מיתקן הפרסומת מותקן בתיבה, אשר פתיחתה מנתקת את הזינה אליו. יש לציין, שמנגנון זה אינו פותר את הצורך בהתקנת מפסק הכבאים סמוך לשנאי, או לחלופין מפסק אחר הניתן למעלה בלוח הראשי. המפסק ינתק את קו הזינה לשנאי ולא את מעגל הפיקוד.

#### בדיקות הקשורות למיתקן הכוח

בדיקת התקינות של מיתקן הכוח כוללת את הביקורות המפורטות להלן.

#### ביקורת בתי תקע

במהלך ביקורת זו בודקים את מיקום ההתקנה של בתי התקע ואת התאמת מספרם למספר החדרים או לשטח הריצפה. הבדיקה במיתקן של דירת מגורים נערכת כמוסבר להלן.

#### בתי תקע באמבטיה

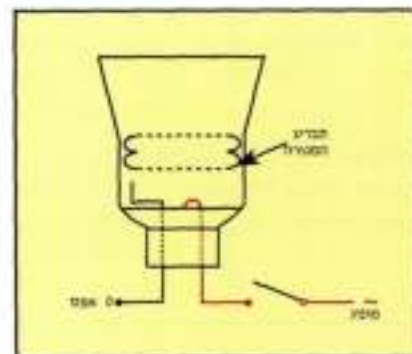
מוודאים שלא הותקן בית תקע בחדר אמבטיה או במקלחת, פרט לבית תקע דו קוטבי, המוזן באמצעות שנאי מבדל שהספקו לא גדול מ-25 וולט-אמפר, ופרט לבית תקע המותקן באיזור "3" ומוגן באמצעות מפסק מגן הפועל בזרם דלף. כש כן מוודאים שחלוקת האזורים והציוד המותר להתקנה בכל איזור ואיזור נעשתה על פי התקנות החדשות (הדרישות והדוגמאות לקביעת אזורים בחדר האמבטיה מופיעות בסקירה "משולחן הוועדות" מאת אינג' פאול שפר, שפורסמה ב"התקע המצדיע" מס' 50 – אפריל 1992).

#### בתי תקע בחדר

מוודאים שבכל חדר, או בכל שטח ריצפה של 40 מ"ר או חלק מהם, מותקנים לפחות שני בתי תקע.

#### ביקורת מיקום החיבורים בגורות

מטרת ביקורת זו לוודא שהמוליכים השונים (מוליך, אפס והארקה) בבית הנורה מותקנים נכון, כמוצג באיור 4.

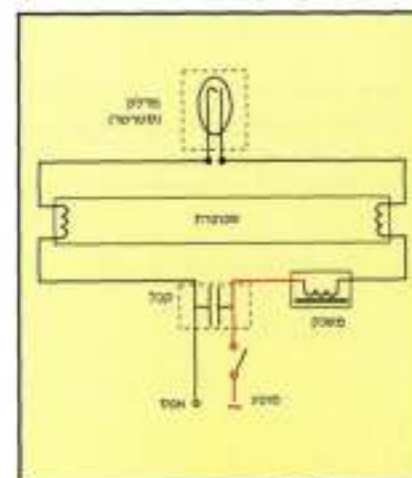


איור 4

אופן התקנת המוליכים בית נורה

במקרה זה, מפסק חד קוטבי מנתק את מוליך המופע. מבטח מחובר אך ורק למוליכי המופע.

במטרה פלואורית מוליך המופע מחובר למשנק, כמוצג באיור 5.



איור 5

אופן התקנת המוליכים בית נורה פלואורית

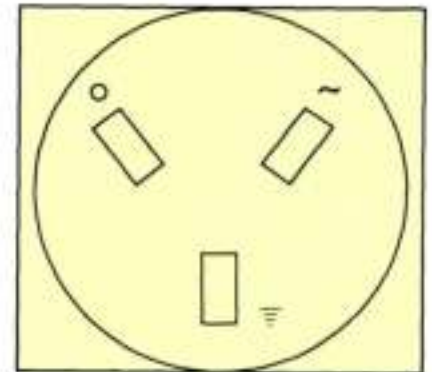
#### ביקורת אופן הזנת מיתקן פרסומת, שילוט מפסק כבאים וסימון מצב ידית ההפעלה שלו

כאשר במיתקן החשמל משולב מיתקן פרסומת המקבל הזנה משנאי שמתחו



## ביקורת קיום מוליך הארקה בבית התקע

בודקים שבתי התקע צוידו במוליך הארקה, אם לא ניתן לכך פטור לפי התקנות (הפטור ניתן כאשר שיטת ההגנה מחייבת אי קיום מוליך הארקה). כמו כן מודאים שהמוליכים בבתי התקע מחוברים כמצג באיור 6



איור 6

אופן חיבור המוליכים בבית תקע

## ביקורת גובה התקנת בתי תקע

בביקורת זו מודאים שהגובה המיוערי של בית התקע הוא 25 ס"מ מעל הריצפה. בית תקע המותקן בגובה נמוך יותר חייב בהגנה מיוחדת (אטום לחידרת מים וכד').

כמוסדות (בתי ילדים ובתי ספר יסודיים), שבהם קיימים חדרי תינוקות וילדים, מודאים שגובה בתי התקע הוא 180 ס"מ לפחות.

## הסתעפות מבית תקע

אם המרחק בין בתי התקע אינו עולה על 30 ס"מ מותר שתהיה הסתעפות מבית תקע אחד לבית תקע אחר, וזאת בתנאי שאין יותר מ-2 מוליכים בהדק אחד וחתך המוליכים לא עולה על 1.5 מ"מ, כל אחד.

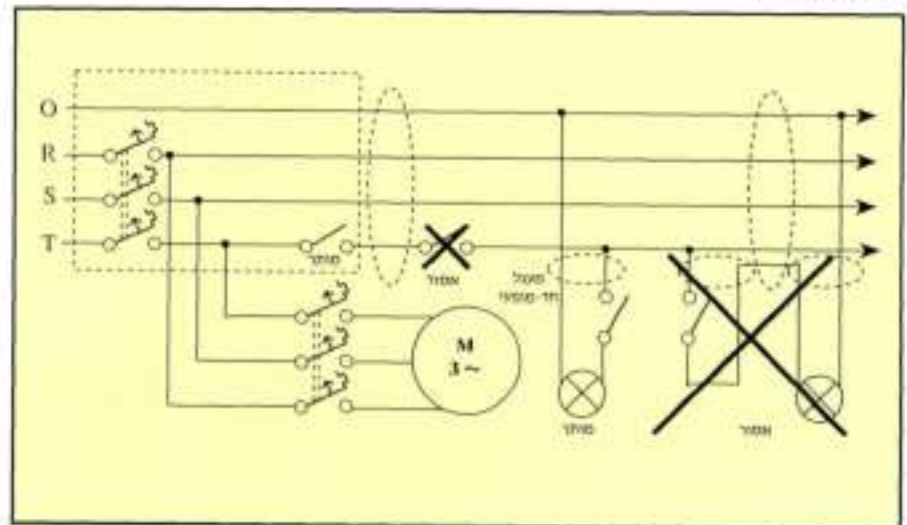
## נדיקת מעגלים סופיים תלת מופעיים

בביקורת זו מודאים שלכל מעגל סופי תלת מופעי מחובר רק מכשיר תלת מופעי אחד. כמו כן בודקים שהזרם הנקוב של כל בית תקע תלת מופעי לא יהיה קטן מהזרם הנקוב של המבטח המגן על המעגל הסופי בפני זרם יתר.

## ביקורת לשלילת קיום מפסק המאפשר ניתוק מגע בודד במעגל סופי תלת מופעי

ככלל, יש לוודא שבמעגל סופי תלת מופעי לא קיים מפסק המאפשר ניתוק מופע בודד במהלך הקו. אולם, אם הותקן מפסק כזה, אזי התקנתו נעשתה באותו לוח וסמוך למפסק התלת מופעי של אותו המעגל.

הזנת מכשירים חד מופעיים ומגורות המוגנים ממעגל סופי תלת מופעי מותרת רק אם המיתקן הוא אחד מאלה: מבנה ציבור, משרד, בית קולנוע, תיאטרון או אולם תעשייה. במקרה זה יש לוודא שההזנה נעשית כמתואר באיור 7.

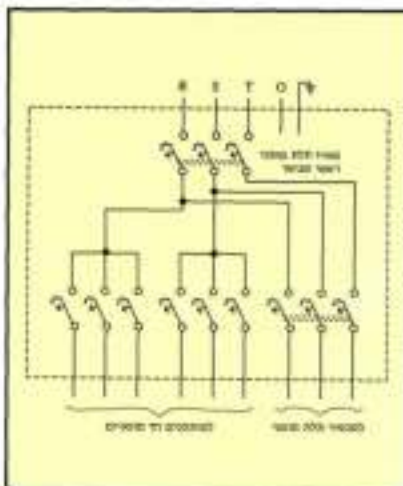


איור 7

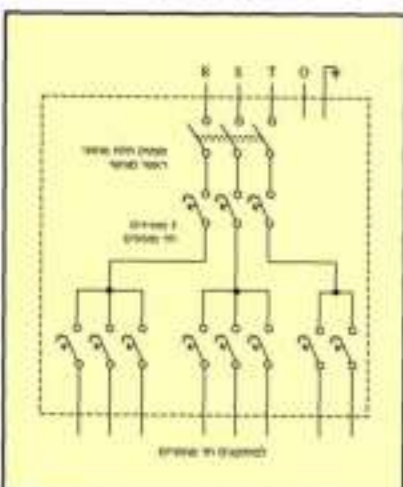
תרשים הזנת מכשירים חד מופעיים ומגורות ממעגל סופי תלת מופעי

כדי להסיר ספק, נציין שבכל מקרה אחר וכדירות מגורים שבהן קיים חיבור תלת מופעי יש להתקין מפסק אוטומטי זעיר תלת מופעי מגושר, או לחלופין מותר להתקין במקומו מפסק תלת מופעי רגיל ואחריו להתקין שלושה מאיזים חד מופעיים שמהם מתבצעת ההתפצלות למיתקנים החד מופעיים – ראה תרשימים באיור 8.

אם קיים מכשיר תלת מופעי, ההזנה אליו תתבצע דרך המאיז התלת מופעי הראשי הרגיל וממנו למאיז התלת מופעי של המכשיר (איור 8 ב).



א. לוח ראשי עם מאיז ראשי תלת מופעי



ב. לוח ראשי עם מפסק תלת מופעי ו-3 מאיזים חד מופעיים

איור 8

לוח ראשי במיתקן ביתי תלת מופעי



## בדיקות מכשירים ומכונות

במסגרת סידרת בדיקות זו בודקים שיש התאמה בין מבנה המכשיר והמכונה ובין התנאים השוררים במקום ההתקנה. בודקים את אופן החיבור של המכשיר, את תקינות החיבור ואת קיום האפשרות לביצוע טיפולי אחזקה בו ללא סיכון בטיחותי. למשל, בודקים שמתיקיימת הדרישה להגנה מכנית על מאווררים של מדחסים, הדרישה להגנה מפני מגע מקרי בחלקים חיים, וכו'.

מוודאים שבמכשיר חד מופעי מותקן מפסק דו קוטבי ובמכשיר תלת מופעי מותקן מפסק תלת קוטבי בעל שלושה או ארבעה קטבים. אם המכשיר ניוון מכמה סוגי אספקה, בודקים שהותקנו, זה ליד זה, מפסקים נפרדים ו/או בתי תקע נפרדים לכל סוג אספקה. במקרה זה צריך לוודא שעל גבי המכשיר הותקן שלט המציין "המכשיר ניוון מ"ג סוגי אספקה שונים", כאשר X הוא מספר ההזנות או המנגלים המתחברים למכשיר. תקע ובית תקע מותרים לשימוש במקום מפסק הזרם אם הזרם הנקוב של בית התקע אינו עולה על 25 אמפר.

## ביקורת חתך המוליכים המזינים מנועים

במידת הצורך, ולפי כללי אספקת החשמל לצרכנים, נערכת ביקורת, שמטרתה לוודא קיום אמצעים הנדרשים להקטנת זרם ההתנעה של מנועים.

כאשר מנוע מוון באמצעות מתנע כוכב-משולש, מותר שחתך המוליכים בין המתנע למנוע יתאים למעבר זרם שערכו בהתאם לטוחה הבאה:

זרם נקוב של המנוע

$$\sqrt{3}$$

במקרה זה יש לוודא שהמבטח להגנה בפני זרם קצר מתאים גם לקטע זה.

כאשר הזרם ותדירות ההתנעה אינם מסכנים את תקינות המוליכים, מותר שהחתך של מוליכי מעגל המתנע; המותקנים במעגל הרוטור שבהם עובר זרם רק בשעת ההתנעה, יתאים רק ל-60% מהזרם הנקוב של הרוטור.

## בדיקת ההגנות של מנועים

לשם בדיקת ההגנות של מנועים מוודאים שבמנוע, שהספקו גדול מ-0.5 קילוואט מוגן גם בפני עומס יתר ומוליכי המעגל המזין אותו מוגנים בפני זרם קצר.

כאשר מוונים במיתקן מספר מנועים חד מופעיים, או תלת מופעיים, אסור להשתמש להגנה בפני זרם קצר בנתיך או במפסק אוטומטי יחיד, אלא רק אם לכל אחד מהמנועים קיימת הגנה בפני עומס יתר.

למרות האמור לעיל, מותר להזין ממעגל אחד חד מופעי, או תלת מופעי, מספר מנועים ללא הגנה נוספת אם הספקו של כל מנוע לא גדול מ-0.5 קילוואט והזרם הנקוב של המבטח אינו עולה על 10 אמפר.

## בדיקת בידוד מכשירים

בודקים שהתנגדות הבידוד בין המוליכים של המכשיר לבין חלקי המתכת שלו לא תפחת מדרישות התקן של המכשיר האמור, ובשום מקרה לא תפחת מ-0.5 מגהוהם.

## בדיקת הזרם לחימום מים

הבדיקה נערכת כמו לכל מכשיר צריכה אחר. במקרה של דוד שמש או דוד רגיל המותקן מחוץ למבנה, מוודאים שבתוך הידית, או בתוך המבנה שבו נעשה השימוש במים החמים, של הדוד הותקן מפסק דו קוטבי עם נורת סימון.

נסף למפסק ההפעלה הדו קוטבי שבתוך המבנה, מוודאים שעל המבנה עליו הותקן הדוד הותקן גם מפסק דו קוטבי. מפסק זה חייב להיות, לפי תקן ישראלי ת"י 981, בעל דרגת הגנה IP55 (מוגן בפני אבק, גשם ופגיעות מכניות). הדרישה להתקנת מפסק זה היא דרישה בטיחותית למטרת תיפעול וביצוע תיקונים מחוץ למבנה.

חשוב מאוד לבדוק את סימון הדוד ושייכותו הפיזית לדירה המשתמשת במים החמים של אותו דוד, במיוחד במקומות שבהם מותקנים, באותו מבנה, מספר דודים לחימום מים, המשמשים כל אחד לדירה אחרת.

גם כן בודקים שהתנגדות הבידוד בין הדקי החיבור של הדוד לבין חלקים

מתכתיים, שלא נועדו להימצא תחת מתח היא לפחות 0.5 מגהוהם.

לסיום, מוודאים שהאבזרים המותקנים תחת כיפת השמים, למשל, אבזרים פלסטיים, יהיו מהסוג העמיד גם בפני קרינת השמש (עמידים בפני קרינת UV), על פי אישור היצרן.

## ביקורת התקנת קבלים לשיפור מקדם ההספק

במיתקנים שבהם קיים עומס השראתי העלול לגרום למקדם הספק נמוך, נדרש להתקין קבל לשיפור מקדם ההספק ל-0.92, וזאת על פי דרישות כללי אספקת החשמל לצרכנים. במקומות אלה הבדיקה מתבצעת כמתואר להלן.

מוודאים שמיתוג הקבל מתבצע באמצעות מפסק או מגעון המסוגל למנוע לפחות זרם שעוצמתו פי 1.43 מערכו של זרם הנקוב של הקבל.

אם היצרן ייעד את המפסק, או את המגעון, במיוחד למטרת מיתוג (חיבור וניתוק) קבלים, די שהמפסק, או המגעון, יעמדו בורם של הקבל.

מוודאים שמבטחי שליפה מסוג כלשהו אינם משמשים מפסקים לניתוק קבלים, וזאת בגלל הסכנה של הופעת קשת חשמלית בעת ניתוקם.

כמו כן בודקים שהקבל המיועד למכשיר אחד מחובר להדקי הזינה של המכשיר ומתמוג – מתחבר או מתנתק – עמו.

## בדיקת קבלים מרכזיים (במעגלים ובמשדרים)

מטרת מרכזית של קבלים לשיפור מקדם ההספק עבור מכונות ומכשירים, המותקנת במפעלים ובמיתקנים דומים, תשמש גם עבור הנורות הפלואורוניות. אין צורך להתקין קבלים מיוחדים לכל מנורה בנפרד.

במיתקנים משודיים ודומים מותר להתקין קבל משותף עבור מספר מנורות המתמוגות על ידי מתג אחד. התקנת קבל מרכזי מותרת רק אם קיימת מערכת אוטומטית לשיפור מקדם ההספק.



1,000 וולט (ק"ת 5482), שפורסמו  
בנובמבר 1992.

עידכון התקנות נדרש בגלל הכנסתם של כבלים בעלי בידוד חדיש לשימוש, למשל, כבל בעל בידוד מפוליאתילן מוצלב (XLPE) וחומרי בידוד המאפשרים את העמסת הכבל בורסים גבוהים יותר בגלל עמידותו התרמית של הבידוד בטמפרטורות גבוהות יותר. עקב החידוש לא נפרט כאן את תהליך הבדיקה במיטורט. עם תחילתן של התקנות החדשות יש לנהוג בהתאם לאמור בהן.

### ביקורת תיבות ומעברים

מוודאים בשטח עם החשמלאי שתיבות שהותקנו על ידי הן מהסוג המותר לשימוש על פי התקן. מדובר הן בתיבות הסתעפות והן בתיבות המיועדות להתקנת בתי תקע ומפסקים המתקנים במיתקן הצרכן. בודקים שהתיבות הותקנו באופן יציב והן מחווקות היטב, כך שחיווקן יהיה תקין לאורך ימים. תיבות להתקנה בקיר (של מפסקים ובתי תקע) וכן אבזרים אלה חייבים לכלול אפשרות של חיזוק לתיבה בשני ברגים על פי דרישות התקנות החדשות ודרישות התקן הישראלי.

בודקים שהתקנת החיבורים והמהדקים הנמצאים בתיבות נעשתה על פי הוראות התקנות שבחוק החשמל, כך שחיבורם לא יגרום לחימום או לשיתוך (קורוזיה) בנקודת החיבור. לשם כך, מודאים שהחיבורים בין המוליכים נעשו באמצעות מהדקים תקינים המתאימים לחיבור המוליכים המתקנים.

כיום הוכנסו לשימוש מהדקים תקינים שאינם מצריכים שימוש בברגים. בודקים את התאמתם, מבחינה תקנית, לשטחי החתכים שלהם הם מיועדים. לחיבור המוליכים באופן תקין במהדקים תקינים חשיבות משמעותית בעת מעבר זרם קצר בהם. סגירה מהודקת מדי עלולה לגרום לשבירת המוליך בעת התקנתו או בעת מעבר זרם קצר בו. החשמלאי המבצע צריך לדעת זאת ולהקפיד להשתמש במהדק הנכון וברגש מתאים עם הידוק המוליכים במהדקים.

בדיקה נוספת מתייחסת לגובה ההתקנה של תיבות ההסתעפות. מודאים

במובילים תקינים ובמקומות חשופים המובילים הם מסוג בלתי דליק או כבה מאליו. במקומות חשופים נחשבים מעברים פתוחים שמעל תיקרות עם גגות רעפים וכו'.

במסגרת הביקורת מוודאים שמספר המוליכים, שהותקנו בכל מוביל ומוביל, איש מעל למותר בתקנות, בהתאם לשטח החתך של המוליכים ובהתייחס לקוטר המוביל.

בודקים שבאותו מוביל (צינור) הותקנו מוליכים מבודדים המשמשים מעל יחיד ולא הותקנו מוליכים מבודדים המשמשים קווים או מעגלים שונים.

### ביקורת התקנת המוליכים

לאחר שנבדקו צבעי המוליכים, כאמור בבדיקות הקודמות, בודקים, במידת האפשר, ובהסתמך על דברי החשמלאי, שנעשה שימוש במוליכים תקינים והם הותקנו באופן שלא ייזקו בעת מעבר זרם קצר דרכם. כמו כן בודקים שהמוליכים הותקנו במרחק מתאים מהשירותים האחרים שבמבנה: מקורות חום, צנרת גז, צנרת מים, צינורות חמים אחרים, כמו צינורות קיטור וכו'.

במקומות ציבוריים ובמקומות בהם קיימת סכנה מוגברת של שריפה, התפשטות אש, התפוצצות או פגיעות מכניות (חוץ מחדרי מצברים המאוחזרים היטב), מודאים שהמוליכים לא הותקנו בהתקנה גלויה, אפילו אם הם מוגנים מבחינה מכנית.

### ביקורת התקנת כבלים

גם בבדיקה זו בודקים ומאמתים עם החשמלאי שנעשה שימוש בכבלים תקינים, שהתקנתם נעשתה במקומות מוגנים מבחינה מכנית ומבחינת פגיעה והתפשטות אש. כמו כן מודאים שהתקנתם נעשתה בהתאם למתואר וממרט בתקנות בדבר התקנת כבלים (ק"ת 1949).

הביקורת על אופן התקנת הכבלים ביחס להעמסתם נערכת בהתאם לדרישות המפורטות במיוחד ומופיעות בתקנות החדשות בדבר העמסה והגנה של מוליכים מבודדים וכבלים כמתח של

### ביקורת על אמצעים לפריקת הקבל

יש לוודא שהקבל מצויד באמצעי מתאים לפריקתו.

גדי פריקה, או כריכות של מכשיר חשמלי המחוברות ישירות לקבל, ייחשבו לאמצעי פריקה מספיקים, אם הם לא ירשו בעת הפריקה להמשך פעולת המיתקן באופן מסוכן.

יש לוודא שאמצעי הפריקה מחוברים באופן קבוע להדקי הקבל, או מתחברים לקבל באופן אוטומטי עם ניתוקו מהזינה.

### בדיקת מוליכי הזינה וההגות שבמעגל הקבל

יש לוודא שהמוליכים במעגל זינת הקבל יונג במני זרם קצר באמצעות מבטח השווה לזרם הנקוב של הקבל כמול 1.43 (בוחרים את המבטח הקרוב ביותר לסידרה התקנית).

כמו כן יש לבדוק שחתך המוליכים במעגל הזינה יתאים לזרם הנקוב של הקבל, לפחות.

### ביקורת על מיקום התקנת הקבל

מבצעים בדיקה חזותית לוודא שהקבל הותקן במקום המוגן בפני הצטברות לכלוך ורטיבות, מתקיימים בו תנאי אוויר טובים ויש אליו, בעת הצורך, גישה נוחה למטרות תיפועול הקבל ובדיקתו.

### ביקורת מובילים ומוליכים

ביקורת מובילים ומוליכים כוללת מספר בדיקות כמפורט להלן.

### ביקורת התקנת המובילים

כאשר בודק חברת החשמל מגיע לבדוק את מיתקן החשמל, המובילים כבר טמונים בקירות או בבטון וקשה לו לערוך ביקורת על אופן התקנת המובילים. לכן יש להסתמך על האמינות והמקצועיות של החשמלאי שביצע את מיתקן החשמל. לבדוק נותן רק לראות ולבחון אולי את קצוות המובילים.

הבודק מאמת עם החשמלאי הנוכח במקום בעת הבדיקה כי נעשה שימוש



## סיכום

מאמר זה תיאר את התהליך של בדיקת מיתקני החשמל המתבצעת על ידי בודקי חברת החשמל. ראינו כי הבדיקה מתבצעת בכמה מישורים, במישור חברת החשמל – בדיקת הרשת המזינה את הצרן, ובמישור מיתקן החשמל של הצרן והחיבור המקשר ביניהם – בדיקת לולאת התקלה. בדיקה זו מתאפשרת לביצוע רק לאחר חיבור המיתקן לרשת ההונה.

התעכבו על הבדיקות הנעשות במיתקני מתח נמוך, לא נכנסנו לכל פרטי הבדיקות המתחייבות על פי החוק, אלא רק על הדברים החשובים ביותר המתבצעים והנדושים. המאמר יכול לשמש בסיס לבדיקה מוקדמת שתיעשה על ידי החשמלאי המזמין את הבדיקה ואת חיבור ההונה למיתקן מחברת החשמל. מתוך האמור במאמר נובע כי האחריות על ביצוע מיתקן החשמל מבחינת דרישות החוק חלה אך ורק על החשמלאי המתכנן והמבצע.

בודק חברת החשמל מוודא שהמיתקן בוצע באופן שלא ייגרמו הפרעות באספקת חשמל סדירה ותקינה לצרכנים האחרים הניזונים מאותה רשת, וכן שלא תהיה סכנה בטיחותית למשתמש במיתקן וכן למיתקנים האחרים הניזונים מאותה רשת.

**אין מאמר זה בא לשמש במקום הוראות החוק או הוראת כל דין אחרת.**

שסעל המזון מגנטור יימצא במוביל נמר ובקופסות חיבורים נפרדות ממעגלים אחרים, שאינם מוזנים מאותו הגנטור, זאת כדי למנוע חיבור שנוי בין המעגלים השונים מבחינת מקור האספקה. כמו כן, בחוק מופיעים פרטים בטעם לדרישות המבנה שבו מותקן הגנטור.

## חיבור הצרן לרשת האספקה ובדיקת לולאת התקלה

רק לאחר נמר ביצוע הבדיקות, שתוארו בפרקים הקודמים, מגיע זמן חיבור הצרן לרשת האספקה. ברגע זה, החשמלאי שביצע את המיתקן מאשר לבדוק את האפשרות לחבר את האספקה, כלומר שכל המכשירים והאבזורים השונים, המנועים וכו', העלולים לפעול ולגרום נזק עם מתן האספקה, נותקו. לאחר שהתקבל אישור החשמלאי, מכניס הבודק את נתיכי החברה ומאפשר לצרן לחבר את מיתקני לרשת החשמל באופן הדרגתי וביקורתי. לאחר שהמיתקן חובר בשלמותו לרשת, עורכים את הבדיקות האחרונות – בדיקה חזותית שמטרתה לוודא שהכול פועל כשורה, ובדיקה נוספת, חשובה ביותר – בדיקת לולאת התקלה. בדיקה זו מתבצעת, עד כמה שאפשר, בבית התקע המרוחק ביותר ממקור האספקה ובנקודות נוספות, אם נדרש.

שנובה ההתקנה הוא, לפחות, 2 מטרים מעל לריצפה (אלא אם המכסה ניתן להסרה באמצעות כלים בלבד ואז הגובה לא יפחת מ-15 ס"מ מעל לריצפה). במקרה שהתיבה אטומה בפני חדירת מים אפשר להתקינה (נמוך יותר).

לסיים, בודקים שפיתחי התיבה מאפשרים הכנסה והוצאה של המוליכים ללא פגיעה מכנית בהם.

## ביקורת פסי צבירה

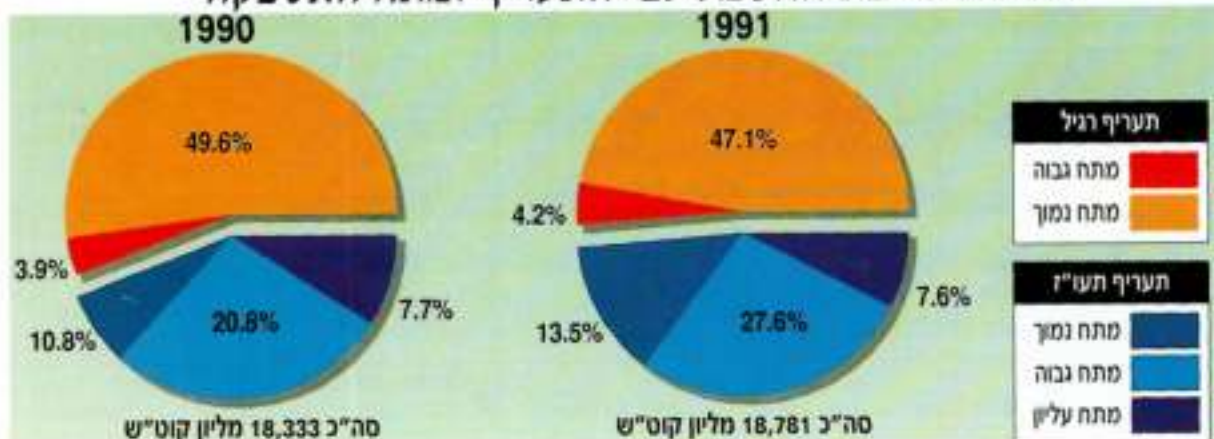
במהלך הביקורת בודקים שחישובי עמידות פסי הצבירה, כפי שנעשו על ידי היצרן, מתאימים לכוחות האלקטרודינמיים האמורים להתפתח בהם עקב זרמי הקצר הצפויים במיתקן. מוודאים עמידה בדרישות התקנות לגבי החיזוקים, מרחק בין פסי הצבירה וכו'.

במקומות ציבוריים חל איסור על התקנת פסי צבירה גלויים אפילו אם הם מוגנים מבחינה מכנית.

## ביקורת התקנת גנטורים

ביקורת התקנת הגנטור נערכת בהתאם לתקנות בנושא גנטורים (ק"ת 5000) בודקים שהתקנת מפקס-מחלף נעשתה באופן שמתקבלת הפרדה גלונית מוחלטת בין רשת חברת החשמל לבין המיתקן המזון על ידי הגנטור, וכן שלא מתאפשרת חזרת מתח לרשת ההונה. בתקנות גנטורים הנושא מפורט היטב ולכן לא נאריך בנושא זה כאן. יש להקפיד

## מגמות צריכת החשמל לפי התעריף ומתח האספקה



נלקח מתוך הדין והשבון הסטטיסטי של חברת החשמל לשנת 1992



## רשימת חומר תחיקתי המתייחס למיתקני חשמל

מס' סד'	הנושא	מספר הפירסום בספר החוקים (ס"ח) בקובץ התקנות (ק"ת) בילקוט הפירסומים (י"פ)	תאריך הפירסום	הערות
1	חוק החשמל התשי"ד – 1954 ותקנותיו			
	חוק החשמל	סי"ח 164	3.9.1954	
	התקנת מובילים	ק"ת 1809	17.12.1965	מורסם תיקון: ק"ת 3373 מ-1975
	התקנת לוחות במתח עד 1,000 וולט	ק"ת 5375	1.8.1991	בא במקום התקנות מ-1976
	התקנת מוליכים	ק"ת 2569	4.6.1970	מורסמו תיקונים: 1. ק"ת 4151 מ-1980 2. ק"ת 4973 מ-1986 3. ק"ת 5162 מ-1989
	הארקות יסוד	ק"ת 4271	13.9.1981	1. בא במקום התקנות מ-1978 2. מורסם תיקון: ק"ת 5474 מ-1992
	מעגלים סופיים הניזונים במתח עד 1,000 וולט	ק"ת 4731	18.11.1984	1. בא במקום התקנות מ-1978 מורסמו תיקונים: 2. ק"ת 4979 מ-1986 3. ק"ת 5474 מ-1992
	העמסה והגנה על מוליכים מבודדים וכבלים במתח עד 1,000 וולט	ק"ת 5482	26.11.92	בא במקום התקנות מ-1982
	עבודה במיתקנים חשמליים חיים	ק"ת 2034	28.4.1967	1. בא במקום התקנות מ-1966 2. מורסם תיקון: ק"ת 3410 מ-1975
	הארקות ואמצעי הגנה בפני חימום במתח עד 1,000 וולט	ק"ת 5375	1.8.1991	בא במקום התקנות מ-1984
	התקנת כבלים	ק"ת 1949	28.10.1966	מורסמו תיקונים: 1. ק"ת 4166 מ-1980 2. ק"ת 5111 מ-1988
	רשימות	ק"ת 4778	22.3.1985	1. בא במקום התקנות מ-1963 2. מורסם תיקון: ק"ת 5020 מ-1987
	התקנת גנרטורים למתח נמוך	ק"ת 5000	26.1.1987	1. בא במקום התקנות בדבר רישוי מיתקנים חשמליים מ-1958 2. מורסם תיקון: ק"ת 5163 מ-1989
	התקנת רשתות חשמל עיליות במתח עד 1,000 וולט	ק"ת 5158	10.1.1989	מורסם תיקון: ק"ת 5222 מ-1989
תקנות הבזק והחשמל (התקרבויות והצטלבויות בין קווי בזק לבין קווי חשמל)	ק"ת 4909	6.3.1986	מורסם תיקון: ק"ת 5233 מ-1989	
מתקני חשמל בחצרים חקלאיים במתח עד 1,000 וולט	ק"ת 5375	1.8.1991		
2	הכללים לאספקת חשמל לצרכנים	י"פ 3496	5.11.1987	מורסמו תיקונים: 1. י"פ 3675 ו-3703 מ-1989 2. י"פ 3727 מ-1990 3. י"פ 3901 ו-3929 מ-1991 4. י"פ 4026 ו-4046 מ-1992
	תשלומים בעד חיבורים למערכת אספקת החשמל	י"פ 3927	10.10.1991	בא במקום הכללים שפורסמו בי"פ 3518 מ-1988

עודכן על ידי אוניו אייל נבאי – המחלקה ליישול הנריכה, אגף השיווק והרכמות, חברת החשמל





## רשימת חומר תחיקתי המתייחס למיתקני חשמל (המשך)

מס' סד'	הנושא	מספר הפירסום בספר החוקים (ס"ח) בקובץ התקנות (ק"ת) בילקוט הפירסומים (י"פ)	תאריך הפירסום	הערות
4	חוק התיכנון והבניה התשכ"ה-1965 ותקנותיו			
	הגבלת אספקת חשמל	סי"ח 1005	12.2.1981	
	הגדרות של "בנין נבנה", "בנין רב קומות", ו"כניסה קובעת לבנין"	ק"ת 2581	8.7.1970	מורסם תיקון: ק"ת 4111 מ-1980
	גרטור חשמלי	ק"ת 2581	8.7.1970	מורסם תיקון: ק"ת 4111 מ-1980
	התקנת מערכת הארקה וקולט בריקים	ק"ת 2581	8.7.1970	מורסמו תיקונים: 1. ק"ת 3884 מ-1978 2. ק"ת 4464 מ-1983 3. ק"ת 4630 מ-1984
	התקנת מערכת חימום מים באמצעות אנרגיית שמש	ק"ת 4111	17.4.1980	מורסם תיקון: ק"ת 4470 מ-1983
	מניעת מכשולי טיסה מגל בנין (מנורות התראה)	ק"ת 2581	8.7.1970	מורסם תיקון: ק"ת 4111 מ-1980
	אספקת חשמל להנעת מעלית	ק"ת 2581	8.7.1970	
	תאורה בחדר מדרגות	ק"ת 2581	8.7.1970	מורסם תיקון: ק"ת 4111 מ-1980
5	תקנות ההתגוננות האזרחית (מפרטים לבניית מקלטים)	ק"ת 5289	24.8.90	1. בא במקום התקנות מ-1971 2. מורסם תיקון: ק"ת 5425 מ-1992
6	תקנות רשות לאומית לאנרגיה (פיקוח על יעילות צריכת אנרגיה במפעלים)	ק"ת 4207	3.3.1981	
7	תקנות רשות לאומית לאנרגיה (ביצוע סקר אנרגיה)	ק"ת 2762	14.2.1985	
8	תקנות הבטיחות בעבודה (חשמל)	ק"ת 5251	27.2.1990	בא במקום התקנות מ-1986

### איחוד תעריפים במתח נמוך – הערות והארות

ענת אלעד, כלכלנית

מאחד את התעריפים	התעריף החדש
תעריף כללי תעריף א' לתעשייה ולמלאכה	תעריף כללי א'
תעריף כולל תעריף ב' לתעשייה תעריף א' לשאיבת מים	תעריף כללי ב' (ברידתי לתעריף כללי א')
תעריף ביתי תעריף לחימום מים ו/או חצרים בשעות מוגבלות תעריף לצריכה חקלאית במשק שאינו ישוב קיבוצי תעריף לישובים קיבוציים	תעריף ביתי וחקלאי
מאור רחובות ציבוריים	מאור רחובות ציבוריים

ביום 19.11.92 יושמה המלצה נוספת של ועדת פוגל (הוועדה לבריקת תעריפי החשמל שמונתה על ידי שר האוצר ושר האנרגיה והתשתיות), בנוגע לתעריפים במתח נמוך שאינם תעריף. במסגרת השינוי, אוחדו התעריפים הקיימים במתח נמוך שאינם תעריף לארבעה תעריפים כמוצג בטבלה. כמו כן, בוטלו דרגות הצריכה בתעריפים, כך שבכל תעריף יש מחיר אחד אחיד לכל קוטייש נוצר. בתעריף הכללי ב', שהוא התעריף עם מרכיב תשלום בעד ביקוש מירבי, נקבע החיוב לפי הביקוש המירבי החדשי, ולא לפי הביקוש המירבי השנתי, כפי שהיה קיים עד כה. נוסף, עודכן התשלום הקבוע בכל תעריף, עקב שינויים, שחלו בעלויות המונים וקריאתם, ובעלויות שריכת חשבונות החשמל, משלוחם ונבייתם. באופן כללי, הכוונה היא לבצע איחודי מנייה במקומות צרכנות, שבהם חלים מספר תעריפים שאוחדו לתעריף אחד. איחוד תעריפים זה יפחית את מערכת התעריפים ויקל את הטיפול בצרכנים שאינם מתעריף.

ע' אלעד – המחלקה לצרכנות ולתעריפים, אגף השיקוף והצרכנות, חברת החשמל



# היבטים בתיכנון מיתקני חשמל במתח נמוך העמסה והגנה של מוליכים מבודדים במתח עד 1,000 וולט בדיקת תאימות המבטחים לדרישות התקנות בקשר ללולאת התקלה

אינג' יוסף רוזנקרץ

ב-26 בנובמבר 1992 פורסמה מהדורה מעודכנת של תקנות החשמל בדבר "העמסה והגנה של מוליכים מבודדים וכבלים במתח עד 1,000 וולט". התקנות החדשות כוללות שיפורים ומספר השלמות ביחס לתקנות הקודמות הן בתוכן התקנות והן בניסוחן. אחת מההשלמות העיקריות של התקנות החדשות היא ההתייחסות למוליכים מבודדים בפוליאתילן מוצלב (XLPE), עמידים בטמפרטורה של עד 90°C, הנמצאים בשימוש במספר הולך וגדל של מיתקני חשמל. מאמר זה דן בהיבט נוסף הקשור אף הוא בהעמסה והגנה של מוליכים בפני זרם יתר (אם כי אין הוא כלול בתקנות של הגנת מוליכים, אלא בתקנות אחרות) והוא בדיקת תאימות המבטחים המגנים על המוליכים בפני זרם יתר לדרישות התקנות מבחינת לולאת התקלה.

## לולאת התקלה בשיטות שונות של הגנה בפני חישמול

כידוע, כשמתייחסים לסכנת החישמול, ניתן להבדיל בין שני סוגים עיקריים של חישמול:

- חישמול במגע ישיר.
- חישמול במגע בלתי ישיר.

אמצעי ההגנה בפני חישמול במגע ישיר משגנים בתקנות שונות המתייחסות בעיקר למניעת נגיעה מיקרית בחלקים חיים של מכשירי חשמל, לוחות חשמל, מוליכים וכו'.

אמצעי ההגנה בפני חישמול במגע בלתי ישיר מעוגנים בתקנות החשמל "הארקות ואמצעי הגנה בפני חישמול במתח עד 1,000 וולט" (ק"ת 5375) ובתקנות "הארקות יסודי" (ק"ת 4271).

סכנת החישמול במגע בלתי ישיר קיימת לגבי מכשירי חשמל בעלי עטיפה מתכתית, כלומר למכשירים מסוג I לפי הגדרת התקנות.

איורים 1 ו-2 מתארים באופן עקרוני את מקרה החישמול במגע בלתי ישיר כמיתקן חשמל המוגן בשיטות שונות של הגנה בפני חישמול.

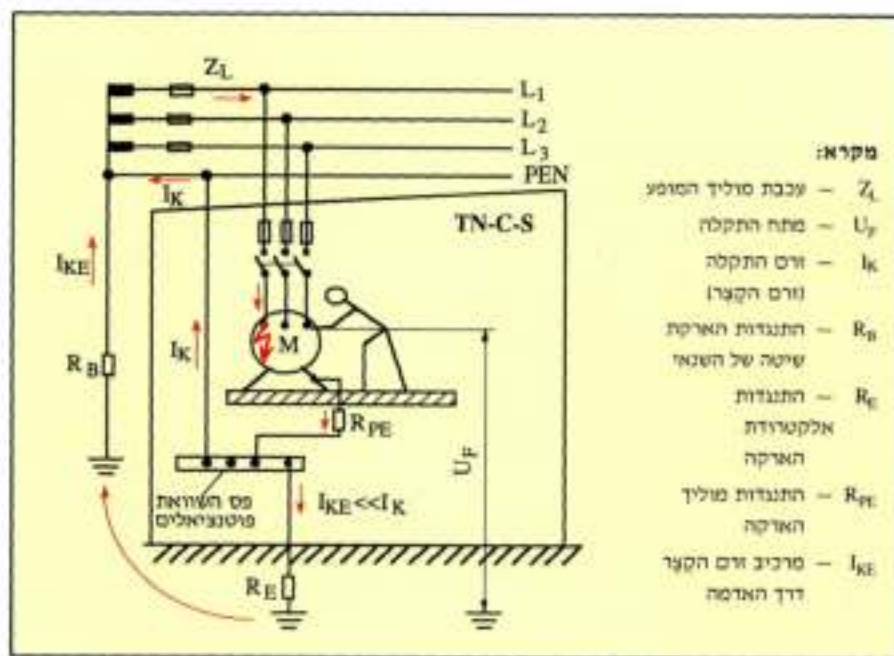
1. רוזנקרץ – מהנדס מומחה, היגת הארצית, אפי השיווק והערכת חברת החשמל

בשיטת ההגנה TN-C-S, הנהוגה כבר מזה 17 שנה כמעט בכל הבנייה, רוב הזרם עובר דרך מוליך האפס, ולכן בחישוב התנגדות לולאת התקלה נהוג להזניח את חלקו של זרם הקצר  $I_{KE}$  העובר דרך האדמה.

בשיטת ההגנה TT (הארקת הגנה) עובר זרם הקצר החוזר דרך הארקה המיתקן בטור עם הארקה השיטה (איור 2).

אם מופיע קצר בתוך המכשיר, זרם הקצר נסר בין המופע, לבין השנאי המזין את המעגל במסלול הנקרא **לולאת התקלה**.

כשהמיתקן מוגן בשיטת האיפוס – TN, או בהתייחסות למבנים המוגנים בשיטת TN-C-S, אזי זרם הקצר החוזר לשנאי עובר בחלקו דרך מוליך האפס PEN, ובחלקו – דרך הארקה היסוד והארקה השיטה של השנאי (איור 1).



איור 1

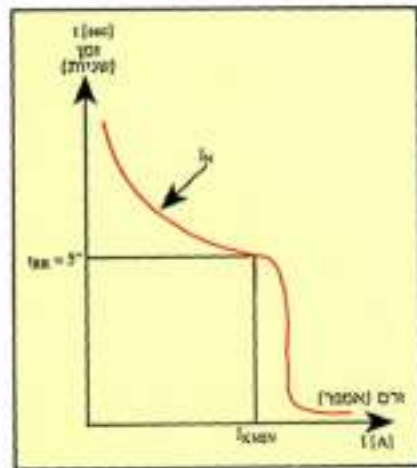
תרשים עקרוני של תקלה במיתקן חשמל המוגן בשיטת האיפוס – TN



הסיבה שבשני המקרים האלה דרושה הפסקה הזינה על ידי המבטח תוך 5 שניות שונה בתכלית. במקרה של הגנת המוליכים בפני זרם קצר, המבטח אמור למנוע את התחממות היתר של המוליך ובכך למנוע פגיעה בבידוד שלו. ואילו במקרה של הגנה בפני חימום, המבטח צריך למנוע מצב שבו מתח התקלה יישך יותר מפרק הזמן העלול לסכן חייו אדם.

בשני המקרים זרם הקצר שנלקח בחשבון להפעלת המבטח הוא הזרם המיוערי המתפתח בנקודה המרוחקת ביותר של המעגל ביחס למיקומו של המבטח. באופן מעשי, זרם הקצר המיוערי הוא זרם הקצר החד מופעי לאדמה באותה נקודה.

כדי להמחיש את הקשר בין הזרם הנקוב של המבטח ובין זרם הניתוק שלו תוך 5 שניות, ניקח לדוגמה את עקומת הניתוק של מא"ז המוצגת באיור 3.



איור 3  
עקומת ניתוק של מא"ז

המבטח חייב להיבחר כך שזרם הקצר המיוערי יגרום לניתוקו תוך 5 שניות.

**מבחינת הגנת המוליך בפני עומס יתר**, אם נבחר במבטח בעל זרם נקוב  $I_N$  אשר בזרם  $I_{KMIN}$  הוא מנתק את המעגל בפרק זמן הגדול מ-5 שניות, אזי יש לחשב מחדש את חתך המוליך או את הזרם הנקוב של המבטח.

בהמשך לנאמר עד כה, נציג שיטה לחישוב מקורב של זרם הקצר המיוערי  $I_{KMIN}$  ושל האורך המירבי של המעגל מבחינת לולאת התקלה.

כשמדובר בהגנת מוליכים בפני זרם קצר, לאחר שנבחר מבטח מסוים (נתיך, מא"ז, מפסק אוטומטי) הוא חייב, על פי עקומת הניתוק שלו, לנתק את המעגל במקרה של קצר לפי התנאי:

$$0.1 \leq I_{BR} \leq \frac{K^2 \cdot S^2}{I_{KMIN}^2} \leq 5 \quad (1)$$

כאשר:

- K – מקדם התלוי בסוג המוליך
- S – חתך המוליך
- $I_{KMIN}$  – זרם הקצר המינימלי במעגל
- $I_{BR}$  – אץ הניתוק של המבטח בפחות מ-5 שניות

החסבר לנוסחה 1 ולאופן הפעלתה בפועל ניתו ב"התקע המצדיעי" מס' 51 – ספטמבר 1992.

לגבי לולאת התקלה, חל תנאי דומה, המבטח את הצורך לנתק את המעגל תוך 5 שניות:

$$I_{BR} = f(I_{KMIN}) \leq 5 \quad (2)$$

כאשר:

- $f(I_{KMIN})$  – מתקציה המבטאת את עקומת הניתוק של המבטח

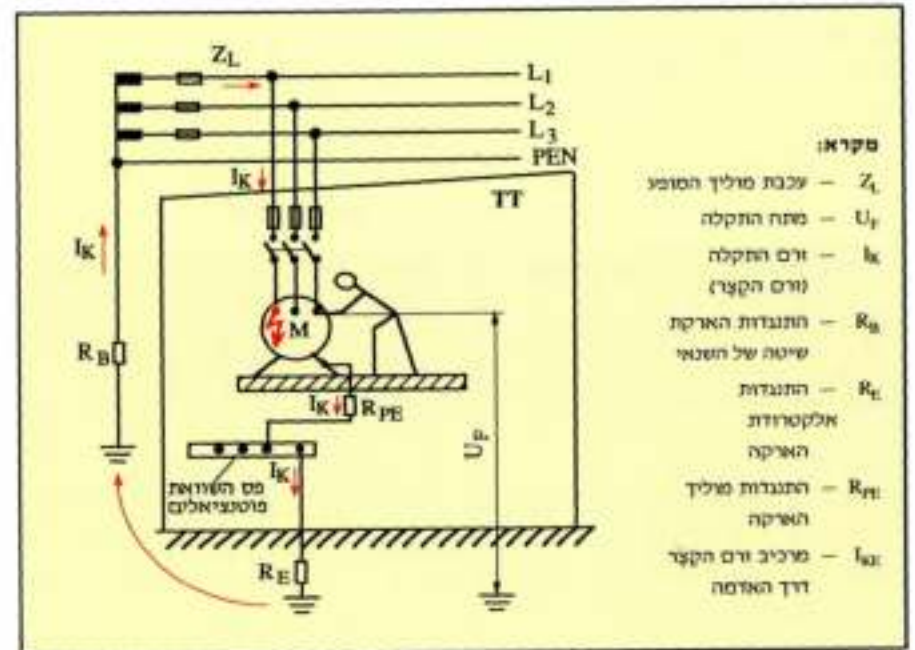
אמצעי ההגנה באמצעות הארכת המיתקנים מיועדים לגרום לכך, שמתח התקלה  $U_F$  לא יעלה על 50 וולט בפרק זמן הנמשך עד 5 שניות. אולם, מכיוון שלא ניתן לשלוט על העכבות המשתנות שבמערכת ההארקות האמורות לגרום לכך שמתח התקלה לא יעלה בפועל מעל 50 וולט, מתבססת ההגנה בפני חימום על אמצעי נוסף חשוב ביותר והוא ניתוק הזינה לאחר הופעת הקצר החשמלי.

ניתוק הזינה מבוצע על ידי המבטח הנמצא בהתחלת כל מעגל חשמלי כשמדובר במעגל סופי וכשמדובר בקו הזנה.

### תפקידו הדו תכליתי של המבטח

ניתוק הזינה באמצעות המבטח מהווה נקודת הקשר בין הגנת המוליכים בפני זרם יתר ובין אמצעי ההגנה בפני חימום. במילים אחרות, למבטח המגן על כל מעגל חשמלי יש שני תפקידים: להגן על המוליכים בפני זרם קצר, ובו בוטח להגן על אנשים בפני חימום.

כאן כדאי להבליט מקריות מעניינת ביותר והיא פרק הזמן של 5 שניות.



איור 2  
תרשים עירוני של תקלה במיתקן חשמל המוגן בשיטת הארקה הגנה TT

- מקרא:
- $Z_L$  – עכבת מוליך המוגן
  - $U_F$  – מתח התקלה
  - $I_K$  – זרם התקלה (זרם הקצר)
  - $R_B$  – התנגדות הארקה שיטה של חשאי
  - $R_E$  – התנגדות אלקטרודת הארקה
  - $R_{PE}$  – התנגדות מוליך הארקה
  - $I_{KI}$  – מרכיב זרם הקצר דרך האדמה



## חישוב מקורב של זרם הקצר המיזערי $I_{KMIN}$ במיתקנים המוגנים בשיטת האיפוס

גודל זרם הקצר המיזערי  $I_{KMIN}$ , הנחשב כאמור, לזרם הקצר החד מופעי לאדמה, תלוי בסכום העכבות החל ממקור הזינה ועד לנקודה המרוחקת ביותר של המעגל המובטח. אופן החישוב מתואר בייחוד המצדעי מס' 51 – ספטמבר 1992.

לפי מסמך שפורסם לאחרונה על ידי JEC, ניתן לחשב את זרם הקצר המיזערי בצורה הערכתית במיתקנים המוגנים בשיטת האיפוס – TN לפי הנוסחה הבאה:

$$I_{KMIN} = \frac{0.8U_0}{1.5(R_{PH} + R_N)} = \frac{0.8U_0}{1.5 \cdot \rho} \cdot \frac{S}{L(S + S_N)} \quad (3)$$

כאשר:

- L – אורך המעגל, במטר
- $U_0$  – מתח המופע, 230 וולט
- 0.8 – מקדם המבטא את נפילת המתח ב-20% בעת הקצר
- 1.5 – מקדם המבטא את עליית התנגדות המוליכים בעת הקצר
- $R_{PH}$  – התנגדות מוליך המופע, באוהם
- S – חתך מוליך המופע, בממ"ר
- $R_N$  – התנגדות מוליך האפס, באוהם
- $S_N$  – חתך מוליך האפס, בממ"ר
- $\rho$  – התנגדות סגולית של המוליך,  $\Omega \cdot \text{mm}^2 \cdot \text{m}^{-1}$

נוסחה זו רואים, שמסלול זרם הקצר המקבילי דרך האדמה הוזנח.

בכבלים תלת מופעיים בקווי הזנה ובמעגלים סופיים נמצא, בדרך כלל, שחתך מוליך האפס שווה לחתך מוליך המופע בחתכים עד 16 ממ"ר. מעל לחתכים אלה, חתך מוליך האפס מהווה כ-50% מחתך מוליך המופע.

בהתחשב בשדה זו ובהצבה בנוסחה (3) של הערכים הידועים של מתח המופע  $U_0=230\text{V}$  ושל ההתנגדות הסגולית של נחושת ואלומיניום, ניתן להציג את טבלה 1, שבה  $I_{KMIN}$  מבוטא כפונקציה של אורך

המעגל L וחתך המוליך S, לפי הנוסחה הבאה:

$$I_{KMIN} = b \cdot \frac{S}{L} \quad (4)$$

כאשר:

b – מקדם המבטא את היחס הבא:

$$b = \frac{0.8U_0}{1.5 \cdot \rho} \cdot \frac{S_N}{S + S_N}$$

## הערכת האורך המירבי המותר של מעגל מבחינת לולאת התקלה

אחת הבעיות הניצבות בפני החשמלאי המתכנן מיתקן חשמלי ועוסק בחישוב חתכי המוליכים ובקביעת המבטחים המגויסים עליהם בפני עומס יתר וזרם קצר, היא הצורך להעריך אם התיכנן שמד בדרישות התקנות לגבי התנגדות לולאת התקלה  $Z_L$ .

הדבר אפשרי, בצורה פשוטה, על ידי השוואת אורך המעגל הידוע L וחתך המוליך הנבחר S לאורך מירבי מותר  $L_{MAX}$ , המבטא את דרישות התקנות מבחינת לולאת התקלה.

כדי למצוא את הערך  $L_{MAX}$ , נתייחס לתקנות החשמל בדבר "הארקות ואמצעי הגנה בפני חישמול במתח על 1,000 וולט",

### טבלה 1

טבלת חישוב זרם הקצר המיזערי  $I_{KMIN}$

זרם קצר מיזערי	התנגדות סגולית $\rho$ $\Omega \cdot \frac{\text{mm}^2}{\text{m}}$	חתך מוליך האפס $S_N$ ביחס לחתך המופע S	סוג המוליכים	
			חתך S [ממ"ר]	חומר
$I_{KMIN} = b \cdot \frac{S}{L}$				
$3.407 \cdot \frac{S}{L}$	0.018	$S_N = S$	$\leq 16$	נחושת
$2.271 \cdot \frac{S}{L}$	0.018	$S_N = 0.5 \cdot S$	$> 16$	
$2.271 \cdot \frac{S}{L}$	0.027	$S_N = S$	$\leq 16$	אלומיניום
$1.514 \cdot \frac{S}{L}$	0.027	$S_N = 0.5 \cdot S$	$> 16$	

תקנת משנה 42, שבה ניתנת טבלה המציגה את ערכי התנגדות לולאת התקלה  $Z_L$  כפונקציה של גודל נתיכים מסוג gL ומאיוזים מסוג L, בלבד.

טבלת התנגדות לולאת התקלה מבוטאת על הנוסחה הבאה:

$$Z_L = \frac{U_0}{I_K} = \frac{U_0}{I_S} \quad (5)$$

כאשר:

$U_0$  – מתח המופע, 230 וולט

$I_S=I_K$  – זרם הניתוק של הנתק במשך זמן של 5 שניות

מאחר שבטבלה זו מופיעים בעמודה אחת הזרם הנקוב של הנתק  $I_N$ , ובעמודה השנייה הערך  $Z_L$ , ובעמודה השלישית זרם הקצר  $I_K$ , שהוא כאמור זרם הניתוק בפרק זמן של 5 שניות, אפשר להציג את נתוני הטבלה בצורת הנוסחה הבאה:

$$I_K = I_S = a \cdot I_N \quad (6)$$

כאשר:

a – מקדם המבטא את היחס  $\frac{I_K}{I_N}$

הטבלה בתקנת משנה 42 אינה מתייחסת באופן ספציפי למאיוזים בעלי איפיון שנה מ-L, או למפסקים אוטומטיים.

באזור 4 מוצגות עקומות הניתוק של מאיוזים בעלי האופיינים B ו-C האמורים



לגבי נתיכים אחרים, או ממשקים אוטומטיים, יש להוציא את ערכו של מקדם  $a$  מעקומת הניתוק של המבטח.

לדוגמה: נתון מעגל הכולל כבל תלת מפעי עשוי מנחושת  $3 \times 70/35$ . המעגל מוגן באמצעות נתיך  $gL$  בעל זרם נקוב  $I_N = 160A$ . ערכי המקדמים הם:  $a = 6.2$ ,  $b = 2.271$ .

האורך המירבי המותר של המעגל יחושב באופן הבא:

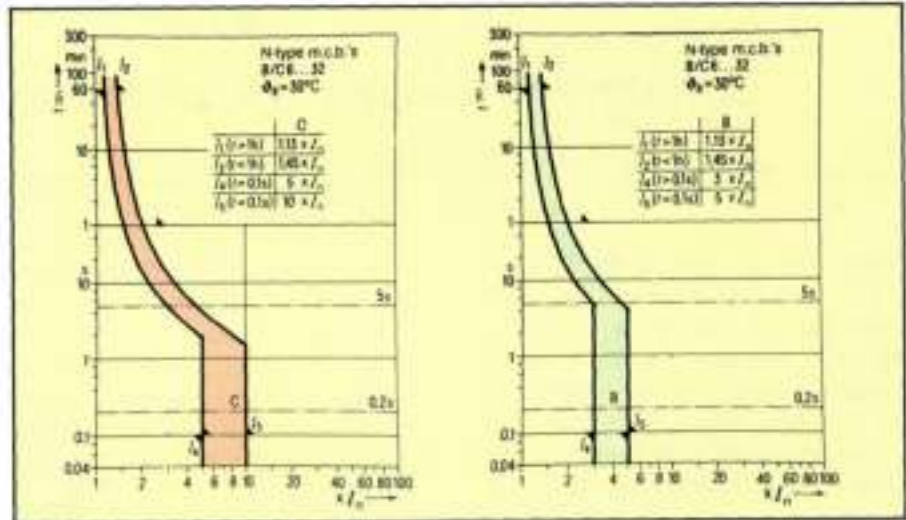
$$L_{MAX} = \frac{2271 \cdot 70}{6.2 \cdot 160} = 160 \text{ מטרים}$$

### סיכום

במאמר זה הוצגה שיטה פשוטה המאפשרת להעריך את נכונות חתכי המוליכים והמבטחים המגוינים עליהם מבחינת דרישות התקנות המתייחסות ללולאת התקלה.

השיטה מבוססת על ערך משוער של זרם הקצר ולא על חישוב מדויק כפי שהוצג ב"התקע המצדיע" מסי 51 – ספטמבר 1992. לפיכך, שיטה זו טובה כל עוד האורך בפועל  $L$  של המעגל קטן בהרבה מהאורך המחושב  $L_{MAX}$ .

אם לפי החישובים מסתבר, שערכו של  $L_{MAX}$  שווה בקירוב לערכו של האורך בפועל  $L$ , או אפילו, שערכו של  $L_{MAX}$  גדול מערכו של  $L$ , אזי יש לחשב באופן מדויק את ערכו של זרם הקצר המיוערי ולפעול בהתאם על ידי חישוב מחדש של חתך המוליך  $S$ , או של הזרם הנקוב של המבטח.



איור 4

עקומות הניתוק של מא"זים בעלי אופיין B ו-C

סד להעריך את האורך המירבי של המעגל  $L_{MAX}$  מבחינת לולאת התקלה, יש להשוות את זרם הניתוק הדרוש  $I_S$  לזרם הקצר המוערי המוצג בטבלה (4) ובטבלה 1 כלומר:

$$I_{KMIN} = b \cdot \frac{S}{L} \geq a \cdot I_N$$

מכאן שהאורך המירבי יהיה:

$$L_{MAX} = \frac{b \cdot S}{a \cdot I_N} \quad (7)$$

כאמור, ערכו של המקדם  $b$  תלוי בסוג המוליך וערכיו מוצגים בטבלה 1, וערכי מקדם  $a$  עבור נתיכים  $gL$  עד 400 אמפר ומא"זים עד 63 אמפר מוצגים בטבלה 2.

להחליף את המא"זים בעלי האופיינים L ו-G. מתוך עקומות אלה אפשר להבחין, שזרם הניתוק הגבוה עבור פרק זמן  $t_{BR} = 5''$  מקבל את הערכים הבאים:

■ מא"ז בעל אופיין B:  
 $a = 5$  כלומר,  $I_S = 5I_N$

■ מא"ז בעל אופיין C:  
 $a = 10$  כלומר,  $I_S = 10I_N$

עבור ממשקים אוטומטיים, שאינם בעלי עקומת ניתוק סטנדרטית, קביעת ערכו של המקדם  $a$  כמוקציה של הזרם הנקוב נעשית מתוך התבוננות בעקומה הניתנת על ידי יצרן המפסק.

על סמך נתונים אלה נבנתה טבלה 2 המציגה את ערכי מקדם  $a$  עבור נתיך מיסיס  $gL$  ומא"זים בעלי אופיינים B ו-C.

### טבלה 2

ערכים של המקדם  $a$  בהתאם לסוג המבטח ולזרם הנקוב

מקדם $a$																סוג המבטח	
זרם הנקוב של המבטח $I_N$																	
400	315	250	200	160	125	100	80	63	50	40	32	25	20	16	10	6	נתיך $gL$
6.75	6.5	6.4	6.3	6.2	6.0	5.8	5.75	5.71	5.7	5.12	5.1	4.8	4.5	4.5	4.4	4.3	
												5				מא"ז B	
												10				מא"ז C	

## שאלות ותשובות בנושאי הכשרה מקצועית והשתלמויות

תעודת הזהות של החשמלאי, הוא חזון למועד."

רשיון החשמלאי שלך הינו אישי ועליך לחדש אותו, בשלב זה, אחת לשנה.

רשיון חשמלאי מתח נבוח שברשותך הוא רשיון מסווג והוא מטפל במטלות מוגדרות המבוצעות בתחום חצרים מסוימים (מפעל מוגדר), וזאת על פי תקנות החשמל 4778 משנת 1985. לפיכך, רשיון מתח נבוח נמצא בסמכות המפעל, בו אתה עובד.

באשר לחידוש הרשיונות בתדירות נמכה יותר, הרי שעם כניסת התקנות החדשות לתוקפן ניתן את הדעת על כך מערך גישה חיובית.

בתקנות למתן רשיונות לביצוע עבודות חשמל, מכוח חוק החשמל, נקבע כי בעל רשיון "חשמלאי מעשי" רשאי לבצע עבודות במתקנים חד מופעיים עד 25 אמפר, ובעל רשיון "חשמלאי מוסמך" – למיתקנים תלת מופעיים עד 63 אמפר.

כיום, החיבור החשמלי המקובל לדירת מגורים הוא חד מופעי בגודל 40 אמפר, והמיתקן המקובל אחריו הוא תלת מופעי בגודל 25 אמפר.

עם השינוי שחל בגודלם של המיתקנים החשמליים המקובלים יש, לדעתי, לשנות בהתאם את גודל המיתקנים המותרים כטיפול של בעלי הרשיונות הנזכרים לעיל, כדי שיהיו משמעותיים כבעבר.

סד עם שינוי החיבורים לדירות החלטנו לבצע שינוי בתקנות בהתאם, וזאת כדי לאפשר לחשמלאים מהסוגים "חשמלאי מעשי" ו"חשמלאי מוסמך" לחתום על תיכנון המיתקנים בהיקף המעשי, כאמור בחוק. היות ששינוי התקנות הוא תהליך ממשך, פנינו ליועץ המשפטי והוא עומד להוציא הוראת שעה האומרת כי התחומים בהם רשאים החשמלאים לטפל הם: 40א אמפר לחשמלאי מעשי, ו-80א3 אמפר לחשמלאי מוסמך. אני תקווה כי הנשא יוסדר בימים אלה.

במקצוע זה. לפיכך לא קיבלתי, כשאר חברי, תעודת גמר חיצונית. כאשר פניתי ליחידה לחשמל בבקשה לקבל רשיון חשמלאי מוסמך, וזאת בהתייחס לותק ולהשכלה הנדרשים בתקנות, קיבלתי תשובה שלילית. אני מאמין, שרבים כמותי מרגישים עצמם מקופחים, ואולי אנו באמת מקופחים. אני מונה אליך כדי שתייעץ לי איך ניתן לקבל רשיון.

התקיות אומנם דורשות הצגת תעודת גמר חיצונית, או לפחות עמידה בכחינת במקביל לצבירת ותק כנדרש. ברור שאם אין ביכולתך להציג תעודת גמר חיצונית, חצי שנמצא מהיחידה לחשמל להעניק לך את הרשיון המבוקש.

משרד החינוך, במסגרת תוכניות הרפורמה החדשות שלו, דואג להעניק לבוגרים שתי תעודות, כשהאחת מהן מתייחסת אך ורק לנושאי הלימוד המקצועיים, והיא תאפשר להוציא רשיון חשמל גם כאשר נכשלים במקצוע כללי כלשהו, כגון היסטוריה.

בשלב זה, אני מציע לך לחשלים את הבחינה בהיסטוריה. כך תזכה בתעודת הגמר החיצונית, ובעקבותיה ברשיון המיוחל.

ברשותי שני רשיונות חשמל: מוסמך ומסווג למתח גבוה. בכל שנה אני נאלץ לשלם פעמיים כדי לחדש את הרשיונות שבידי כדי שאוכל לעבוד בחשמל.

כיום, מחדשים את רשיון הנהיגה רק פעם אחת בחמש שנים, רשיון אחד לכל סוגי הרכב המותרים, תוך הצהרת בריאות הנהיגה. המנגנון בו אני מחויב, על פי החוק, לכפל תשלום ובכל שנה נראה לי מיותר ומכביד על המערכת. גם בכנס המקצועי השנתי של העוסקים בתחום החשמל בישראל העליתי את השאלה. התשובה הייתה: "כי רשיון אחד עם תמונה, שיחודש פעם במספר שנים, ויהווה למעשה את

אני חשמלאי ותיק. סיימתי קורס של משרד העבודה לפני כעשרים ושתיים שנה. בזמנו, כאשר נכנסתי לעולם העבודה, היתה לי תחושה כי אוכל לבצע כל משימה מקצועית, ואומנם כך עשיתי. במשך השנים התקדמתי, והיום אני מנהל אחזקה של מפעל. אני מרגיש שחסר לי חומר רב בנושא בקרים ותהליכי בקרה, נושאים אלה ידועים לאנשי המקצוע הצעירים, חסרי הנסיון, המגיעים אלינו לעבודה. אני מבקש את עצתך כיצד אוכל להשלים את הידע החסר לי, וזאת מחשש לפגיעה ביוקרתי המקצועית.

טבעי, שאנשים צעירים מבית האולפנה שולטים היטב בחידושי הטכנולוגיה. אין לי ספק כי בתחומים אחרים ידועותך וסיקן רבים יותר. לדעתי, טוב תעשה אם תשלים את ידועותך בנושא באחת מן הדרכים הנאות.

ניתן להשיג ספרות מקצועית בנושא, בעברית ובלועזית, הן כספרות של ממש והן כחומר פרסומי-שיווקי של חברות המייצרות בקרים ומערכות בקרה.

רשתת החינוך המקצועי מקיימות השתלמויות מקצועיות בנושא, המיועדות, ברובן, לאנשים כמוך המבקשים להשלים את השכלתם.

חברות המוכרות בקרים מנהלות מערכת השתלמויות ענפה בנדון.

האוניברסיטה הפתוחה מקיימת קורס יסודי בנושא.

אני כטוה, שתבחר באחת מן הדרכים הנראות לך.

סיימתי בית ספר מקצועי בפיקוח משרד החינוך והתרבות. לצערי, בגלל סיבות שונות, נכשלתי בבחינת הגמר בהיסטוריה, ויש לי ציון שלילי

די תרזה – מפנה ארצי לחשמל ולאקטרוניקה האגף להכשרה ולפיתוח כוח אדם משרד העבודה והרווחה

# מדור שרות פרסומי לקוראים

## "התקע המצדיע" מס' 52



למעונינים במידע נוסף:

כדי לקבל מידע נוסף:

1. סמן בתלוש השרות הפרסומי את מספרי המודעות בהן יש לך עניין במידע נוסף.
2. מלא את שמך וכתובתך, בכתב יד ברור.
3. שלח את תלוש השרות הפרסומי (בשלמותו) או העתק ממנו, לפי בחיבת המערכת: מערכת "התקע המצדיע" ת.ד. 8810 חיפה 31086.

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

### תלוש שירות פרסומי למידע נוסף

לכב' מערכת "התקע המצדיע"  
ת.ד. 8810 חיפה 31086.

שם: .....

חברה/מוסד/מפעל: .....

המען לתשובות: .....

ישוב: .....

**הואיל נא לסמן עיגול סביב מספרי המודעות, בהן יש לך עניין במידע נוסף**

52/13	52/12	52/11	52/10	52/9	52/8	52/7	52/6	52/5	52/4	52/3	52/2	52/1
52/28	52/25	52/24	52/23	52/22	52/21	52/20	52/19	52/18	52/17	52/16	52/15	52/14
				52/35	52/34	52/33	52/32	52/31	52/30	52/29	52/28	52/27

הודעה למערכת: .....

התלוש למידע נוסף יענה עד יום 31.3.83. לאתר תאריך זה יש להפנות את בקשות המידע ישירות לחברות המפרסמות





נוסד 1970

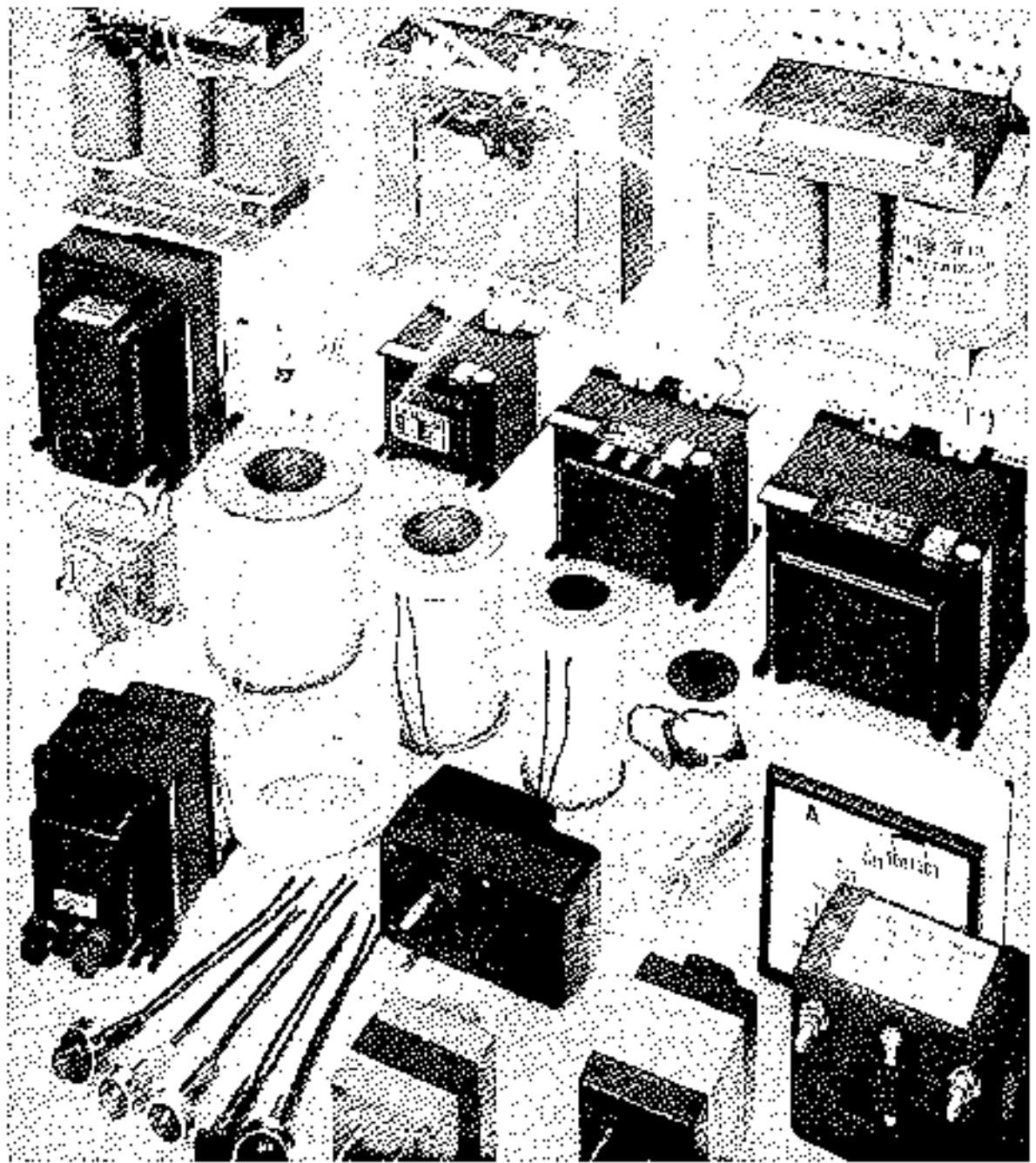
כח 200

ברק 200

# ברק כח ייצור שנאים (טרנספורמטורים) בע"מ יבוא ושוק מכשירי מדידה לחשמל

- \* שנאים להפעלת מכשירי השמל אמריקאים 230/115v.
- \* שנאים לפיקוד ובקרה במערכות חשמל.
- \* שנאים להפעלת נורות הלון 12v-230v.
- \* מייצרי לפי דרישת מונ"ח, ת"י - 699.
- \* טפק משרד הבטחן מס' 0083004547

- \* שנאים (טרנספורמטורים) פאזי ותלת פאזי להרכבה בלוח חשמל ומתקי חשמל.
- \* שנאי אוטוטרפו להורעת מועים חשמליים עד 2000v כח 200.
- \* נשנה זרם לאמפרמטר להרכבה בלוחות חשמל.



רח' רוזינג 8 פינת הר ציון ופ תל אביב 66538 טל. 03-377692, פקסימיליה 03-370475  
להשיג בכל בתי המסחר לחומרי חשמל בארץ





**אנרלעק בע"מ. ENERLEC LTD.**

## שרותי הנדסה ובדיקות למתקני מתח גבוה, עליון וזרם חזק

חברת אנרלעק בע"מ נוסדה ע"י צוות מומחים בעלי ידע וניסיון של למעלה מ-25 שנה, בתחום תיפעול, אחזקות ובדיקות של מתקני תשמל עתירי אנרגיה בכל המתחים.

**לנו המעבדה המשוכללת ביותר בארץ העומדת  
לרשות לקוחותינו בכל עת!**

כל השירותים הנ"ל מבוצעים על-פי התקנים הבאים:  
הישראלי – NF-VDE-BS-ASME – והמלצות IEC בין לאומיות.

**אנו מעמידים לרשות לקוחותינו מגוון רחב של שרותי הנדסיים כגון:**

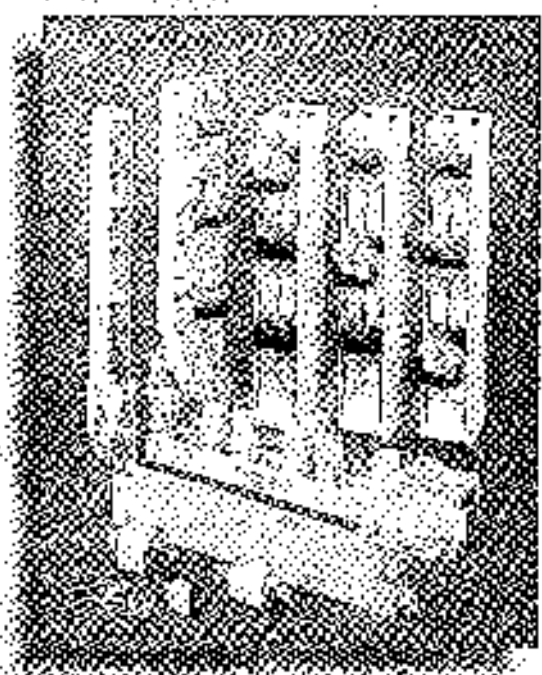
- ★ יעוץ הנדסי מונע.
- ★ שירותי אחזקה שוטפת או תקופתית.
- ★ שירותי קריאה לאיתור תקלות.
- ★ בדיקות שמנים ממוחשבות – טיפול וחינוש שמנים.
- ★ שיפוץ ותיקון ציוד מתח גבוה.
- ★ סריקה סל-אופטית במערכות חשמליות.
- ★ סריקה טרמית לגילוי מקורות חום במערכות חשמליות.
- ★ כדיקות הגנות עד 100,000 אמפר, ועד 100,000 וולט.
- ★ מגוון בדיקות חשמליות נוספות לפי דרישה.

נא לפנות לחברת:

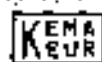


**אנרלעק בע"מ**

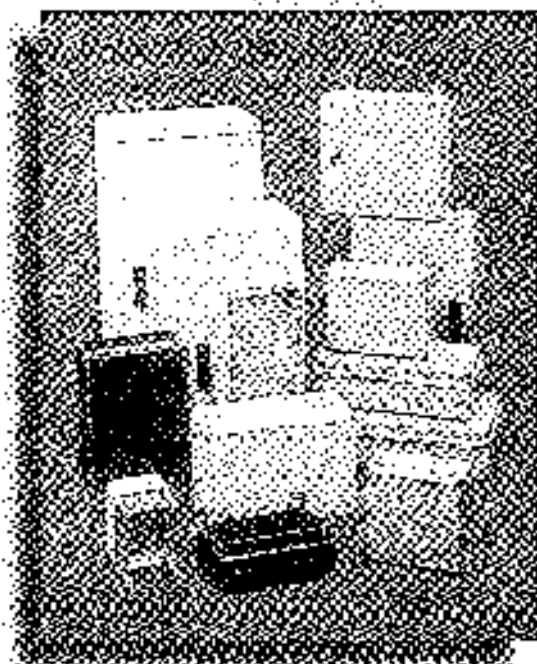
בדיקות התאמה לתקנים • בדיקות קבלה • כיוול הגנות • איתור תקלות  
ד.נ. תל יצחק, מיקוד 45905, טל. 053-650980/1, פקס: 053-650979



היצרן היחידי בישראל  
 לציווד מיתוג שקיבל הסמכה  
 לסמן את מוצריו  
 בתור נתון אירופאים



# AC ארקה



- ציווד מיתוג 500V עד 1250A
- סטטפות לציווד חשמלי, בדוד כפול
- מפוליקרכונט ופוליאסטר משוררין
- ציווד לחיבור חשמל לבתים ולמניה

מקבוצת אריאל



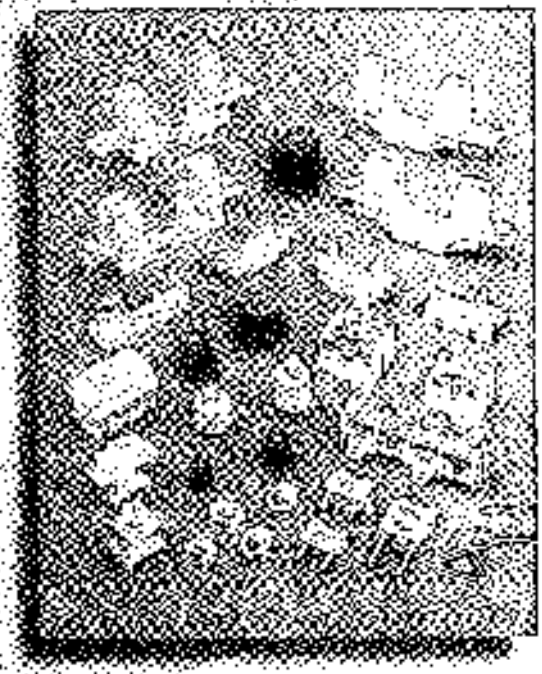
100%  
ריצור מקומי

כחול לבן  
בטיחות ואיכות  
בפתרון בעיות  
מיתוג חשמלי



# אלקטרונית בע"מ

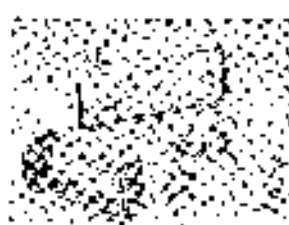
- בסיסי נתיכים לכשר ניתוק גבוה
- אביזרי חיבור והסתמפות
- אביזרים ללוחות חלוקה ופקוד



ראשון לציון, אזור התעשייה החזו"ט, רח' שפירא 7 ת.ד. 4565 (75144) טל' 03-9630844, פקס' 03-9614675

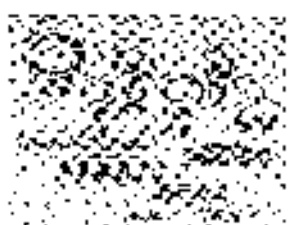
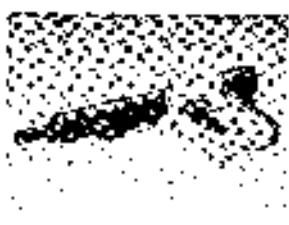
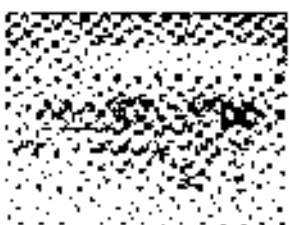
חברת אמבל מייצגת בארץ  
את החברה הגרמנית  
**OBO BETTERMANN**  
למגוון ציוד המשמש  
להתקנות חשמל בתעשייה,  
לקבלנים, חשמלאים  
וצרכנים שונים.

- קופסאות חיבורים
- מהדקי חיבורים
- כניסות כבל
- אבזרי חיבור שונים
- ציוד מגן לברקים
- ציוד הגנה נגד אש



**OBO BETTERMANN**

חברת אמבל  
עומדת לשרותכם  
במתן כל מידע שידרש  
בנושא טכני, כספי  
ותשמח לדאוג לכם  
בין לקוחותיה.



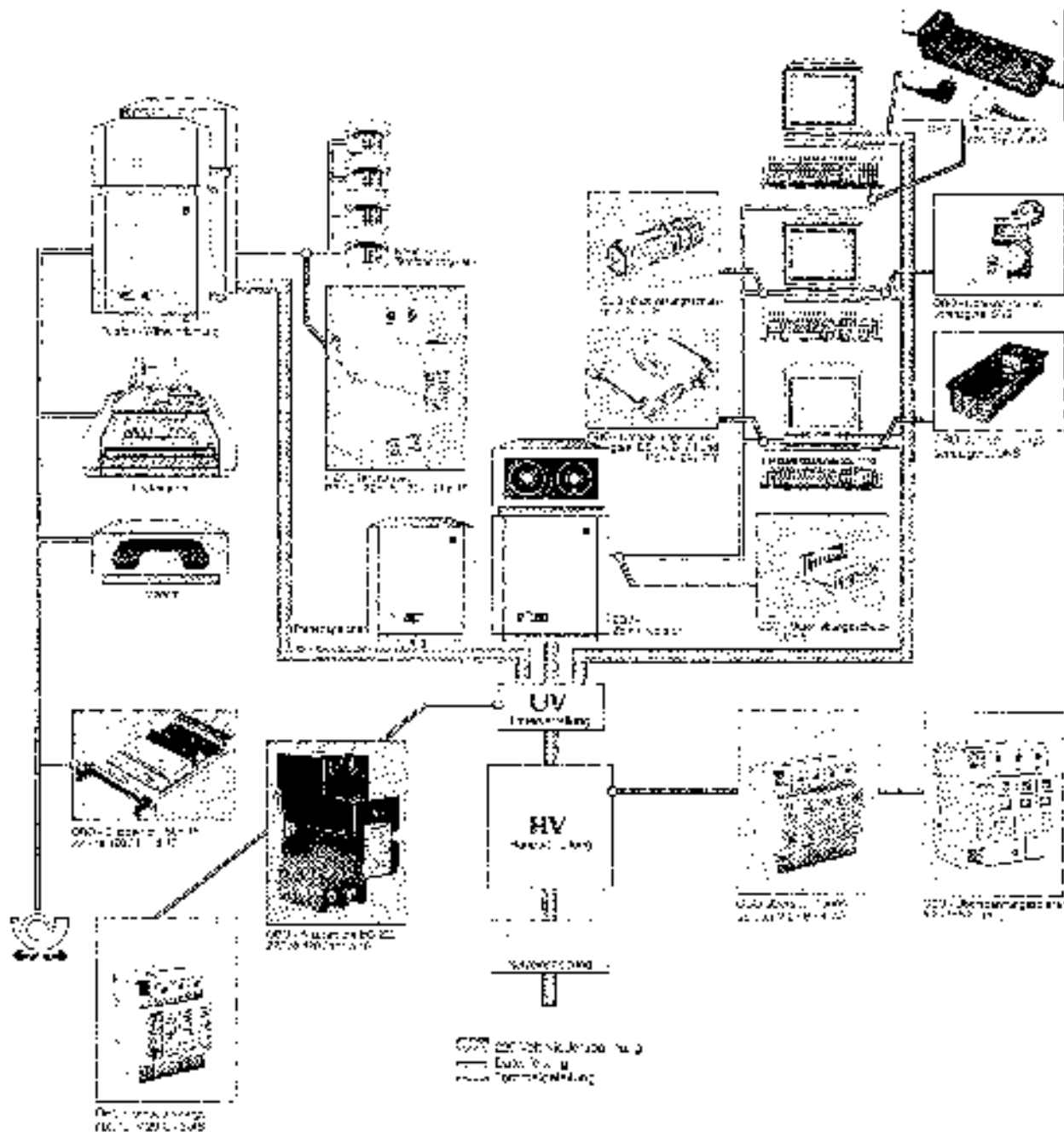
**כתובתנו החדשה**

רח' יגיע כפיים 8 א.ת. קרית אריה, פתח תקוה  
למכתבים: ת.ד. 3661 פתח תקוה 49130  
טל. 03-9212010 (רב קוי). פקס. משרד: 03-9212007  
פקס. מחסן להזמנות: 03-9212008

**אמבל**

# OBO BETTERMANN

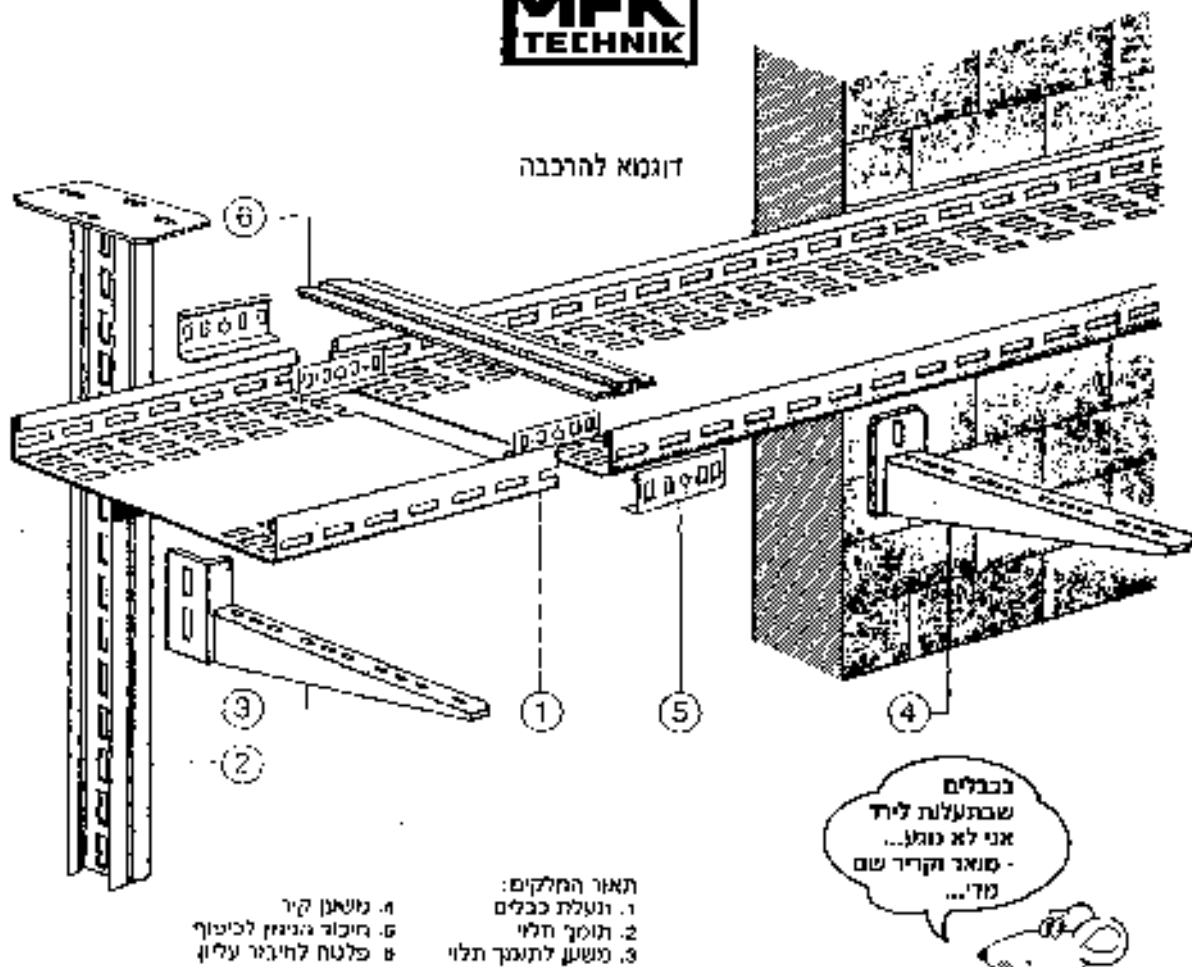
מגוון רחב של מגיני מתח יתד (ברקים)  
 לרשת אספקה 230/400V, קווי תקשורת,  
 בקרה, שידור והעברת נתונים.



# תעלות וסולמות כבלים

**MFK**  
TECHNIK

דוגמא להרכבה



**המוצרים של לירד נושאים תו תקן גרמני ומצטיינים בחזקה, נוחות ודיוק בהרכבה. החברה מספקת שירות וביצוע של עבודות חשמל ואינסטלציה למוצריה.**

לקבלת פרטים נוספים נקטלוג מפורט פנה אל:

**לירד שיווק בע"מ**

ת.ד. 609, נצרת עילית

טל': 06-574434, פקס': 06-553357

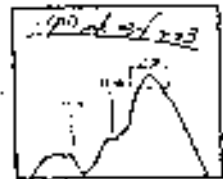
FAX: 052-509671 .079

E.M.C.

א.י.א.מ. סי.  
מניה פיקוד ובקרה בע"מ  
ENERGY MEASUREMENT  
AND CONTROL Ltd.

052-588001. ☎

אורי 20, HERZLYA, ISRAEL 46174



### מדדות חשמל ממוחשבות



צברנו  
אישיותו המגויס!

- ☆ שרות
- ☆ מכרה
- ☆ השכרת ציוד

שרות מקצועי אמין

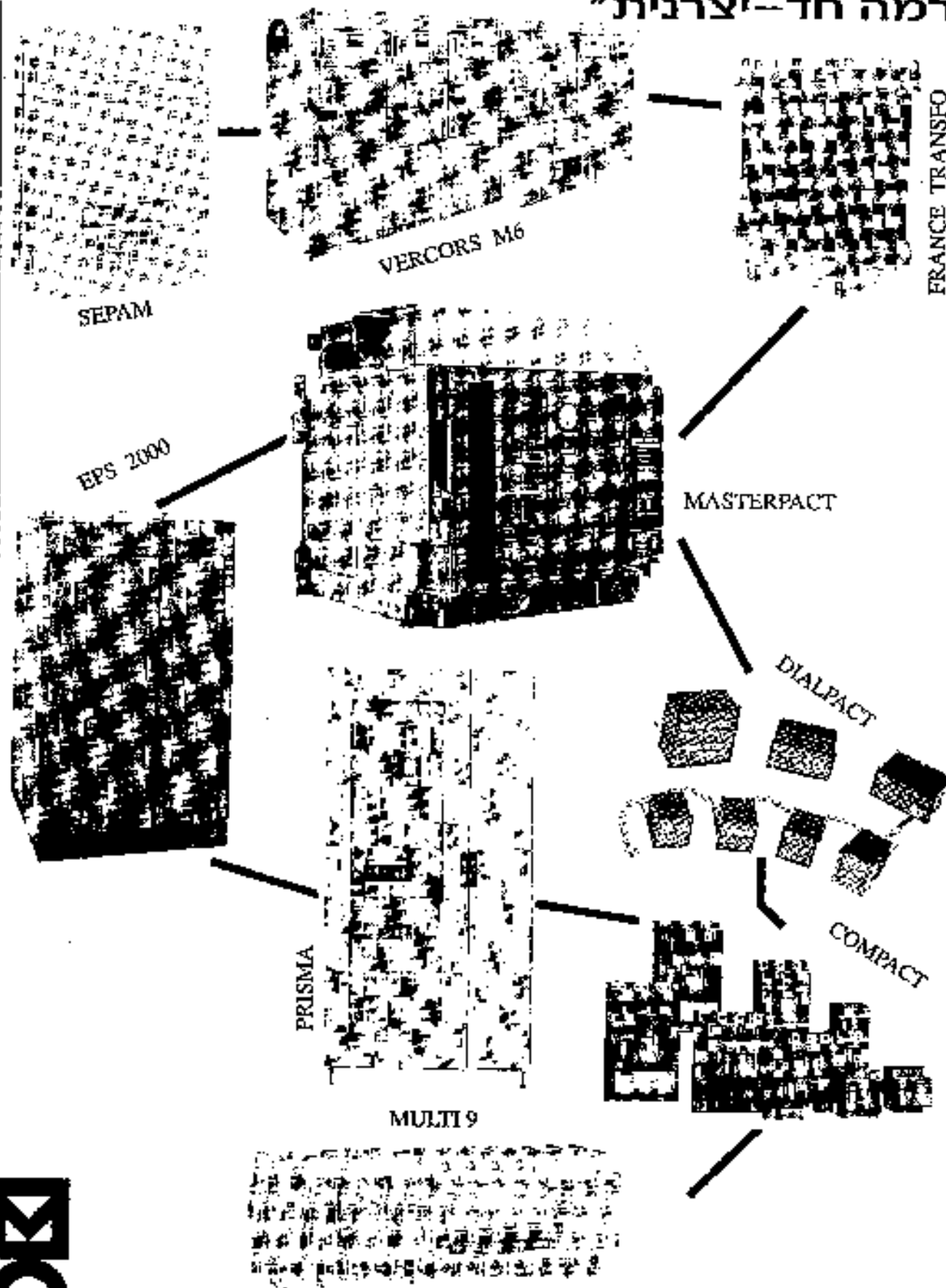
- ◆ מדידת פרופיל צריכה חשמלי
- ◆ רישום הפסקות חשמל
- ◆ מדידת הרמוניות ומצבי מעבר
- ◆ בדיקת חשבון חשמל ע"י מדידה-

### שווק ציוד מדידה ממוחשב

- בקרי מקדם הספק (cos φ)
- מוני חשמל יחודיים
- מדי בידוד והארקה
- ציוד מדידה ייחודי לפי זרישת הלקוח
- מוני חשמל לתערוץ
- רב מודד ממוחשב ללוח חשמל
- רשמי הפסקות חשמל
- מזוודות מדידה ייחודיות

# סומת / MERLIN GERIN מציגות:

"דיאגרמה חד-יצרנית"





**MERLIN GERIN****מילון מקוצר למוצרי**

מערכת ממוחשבת להגנות ומדידה במתח גבוה.	SEPAM
תאים מודולריים קומפקטיים לניתוק מתח גבוה בנו SF6	VERCORS M6
שנאים יצוקים; 100KVA - 15MVA	FRANCE TRANSFO
מפסקי אויר להגנות מנוגות: 4-6300 אמפר.	MASTERPACT
מערכות אל-פסק מבוקרות מחשב: 10-800 קו"א.	EPS 2000
מבנים מודולריים להתקנת מפסקי M.G על פי תקנים בינלאומיים.	PRISMA
מערכות תקשורת ובקרה בין מפסקים מסוגים שונים ומערכת בקרה מרכזית.	DIALPACT
מפסקים יצוקים עם הגנות מתכונות: 16-1250 אמפר.	COMPACT
מפסקים אוטומטיים זעירים ואביזרי פיקוד: 1-100 אמפר, 6-50 ק"א בושד ניתוק.	MULTI 9

**דיאגרמה חד יצרנית - מערכת קשרי גומלין חד משמעית בין סוגי ציוד ברמות השונות המתבטאת ב: הגנה קבוצתית, סלקטיביות ותכנון כלכלי נכון.**

שירות למתקני חשמל (מקבוצת סומת) בע"מ

**E.I.S**

ELECTRICAL INSTALLATIONS SERVICE (SOMET GROUP) LTD.

לראשונה בישראל

**MERLIN GERIN** גיבוי ושירות לכל מוצרי

24 שעות ביממה - צוות מומחים לרשותך

גזר ושלה

לכ: שלח - ת.ד. 2188 תרצליה 46120

הודו: ציוד MERLIN GERIN בשילמושי

ברשותי ציוד:  מתח גבוה  מתח נמוך  מתח גבוה מוצ' אל פסק  אחרמעונין ב:  חומרי טכני עזבני זיקוד איש שירות (ללא התחייבות) הצעה לתחזוק שירות

שם ושם משפחה:

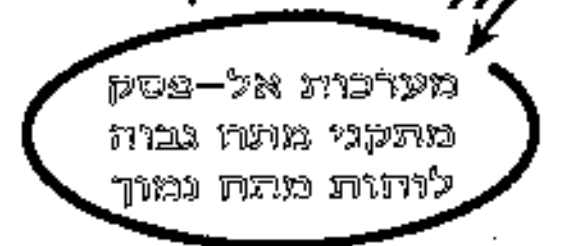
מקום עבודה/תפקיד:

כתובת בעבודה:

טלפון: \_\_\_\_\_ פקס: \_\_\_\_\_

גזר ושילוח

שירות למתקני חשמל (מקבוצת סומת) בע"מ

ת.ד. 2188 תרצליה 46120  
טל: 052-559407 פקס: 052-568133  
איתורית: 03-6750750 מנוי: 5670

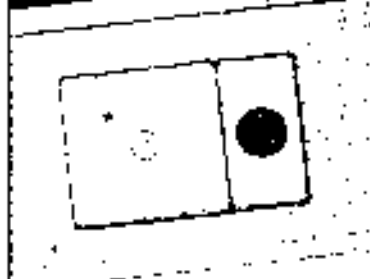
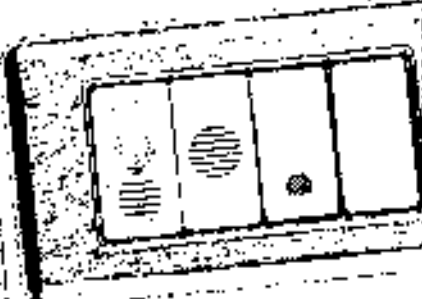
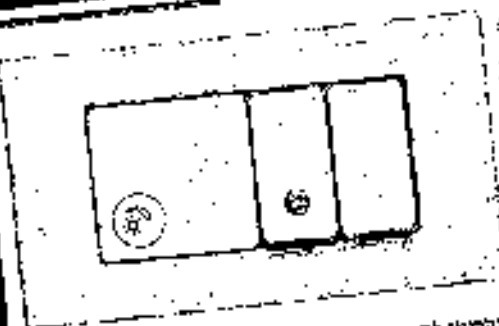
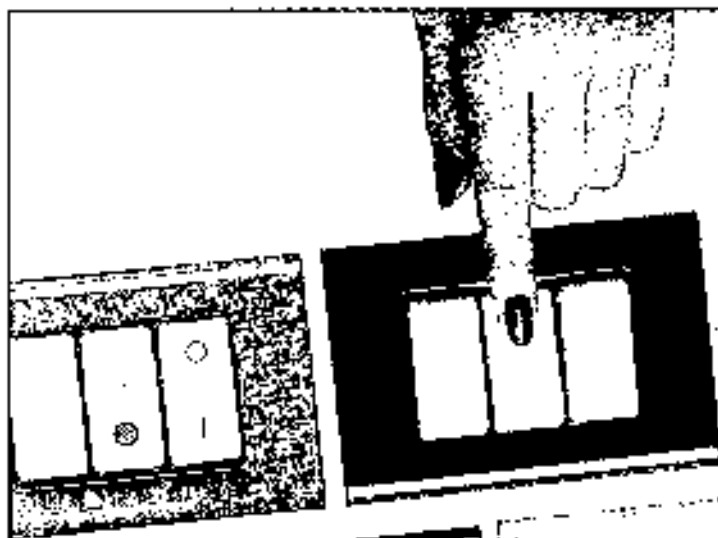
# הנדל סומת

מתקני חשמל בע"מ

הזרק הטובה ביותר  
לקבל בשטח את  
חתקן החשמל שתכננת  
נקובה !

ת.ד. 2153 מרכזים הרצליה 46120  
טל: 7-104-587-052 פקס: 052-585-891

# שים את האצבע על גוויס



גוויס איטליה חובבת ואב שמקץ בעלם, שהביאו לתעשייה הישראלית מחדר אביבוי השטל מודרניים ואמורים, הביאו את מהפכת שנות האלפיים גם לחנויים ולסקעים בבת ובמטבח. גוויס, סדרה מודרנית מושלמת הטלחה מותגים, שקעים ואביבוי השטל, פותרת בקלות בעיות סבירות שהגבירו עליך כחשמלאי, ולקומוחתיך היא מענוקה יציב יפת, בסיוחה מלאה, נוחה והפעלה חשיתית לעתיד.

בעזרת הדרכה קצרה - שהיטות לך עם חוץ... וללא השלש, תוכל להימנע גם אתה ביהירות המבים של עבודה ב"שיטת גוויס":

- \* התקנה נוחה וקלה, דימסון בקופסאות סגור.
  - \* מנוון יחידה הפעלה הכוללת מלמד שקעים כסיוחותיים הפעלה תאורה, גם: תאורה תתמנאות - חדום, דימרים, פמטון, מדון, טלחית, מהטב, וסקוליס, דד, גלאי נפת, האורה טריות ועד.
  - \* בסדרות המודרניות: מסס ורם פקט, לוחות לשקעים, ארמי התקנה הימרה.
  - \* באיטור מכן התקנים ישראל.
- אביבוי גוויס ומסוך ההדרכה חשירות סלנו. תוכנו כדי להט פענה מחר לרשימתך המפרח בעית 'בטסוד'. לכן, אם מתעוררת שאלה בלשה, אל תהסס לפנות אלינו. ח"י אב שיעון שהחלה בפעילותה בשנת 1974, מימנת את אביבוי גוויס מהר דו טייב. באו כן ענה אבו לרשותך בכל עת בייעון, בסיוע, בתוכן ובפיתוח המאות. מקמשי גוויס בתבויה שלך תחבטת לך עזר לקוח סרובח.

**זאב שמעון בע"מ**  
 ח' המסלטים 10, קריית-אריה, מתח תקוה  
 טל: 03-9231227, פקס: 03-9233223  
 תצונה בתל-אביב: סד' ושינוטון 18  
 טל: 03-834117

# GEWISS

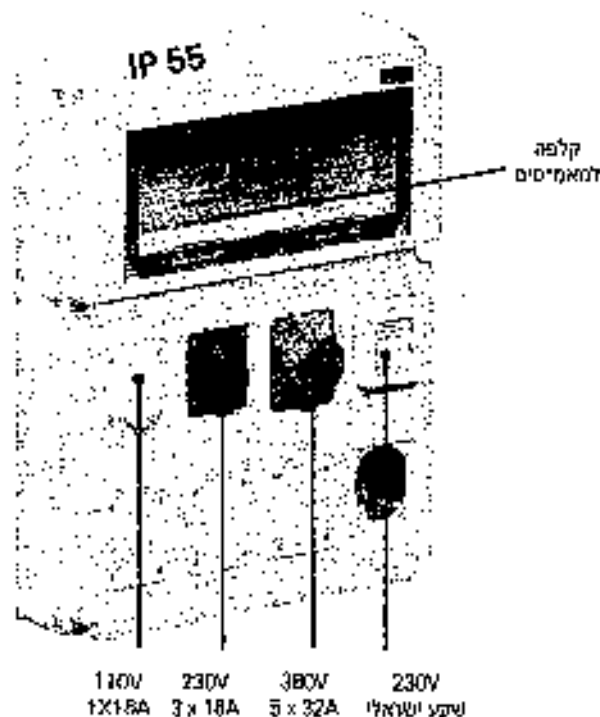
בהר גוויס - והמפרט יהיה מושלם עד הפרט האחרון.

מילר • איטליה

# הליח האודולדי של

# GEWISS

## תשתית השמל באיפטר, לזמן בלתי אובדל



אופקים • אופקו • אופקו



- \* התקנה מהירה וקלה
- \* מכסה - דלת (הברגים הם הצירים)
- \* לוחות עם 3 עד 8 פתחים
- \* בפתחים ניתן להרכיב ולהתליף את כל סוגי השקעים:  
5 x 63A — 5 x 32A — 3 x 16A — 1 x 16A
- חב' זאב שמעון מייבאת את אביזרי גויס מה 17 שנה, כאז כן עתה,  
אנו לרשותך בכל עת.

## המורדולדיים של גויס

### החלק הקל בעבודות השמל

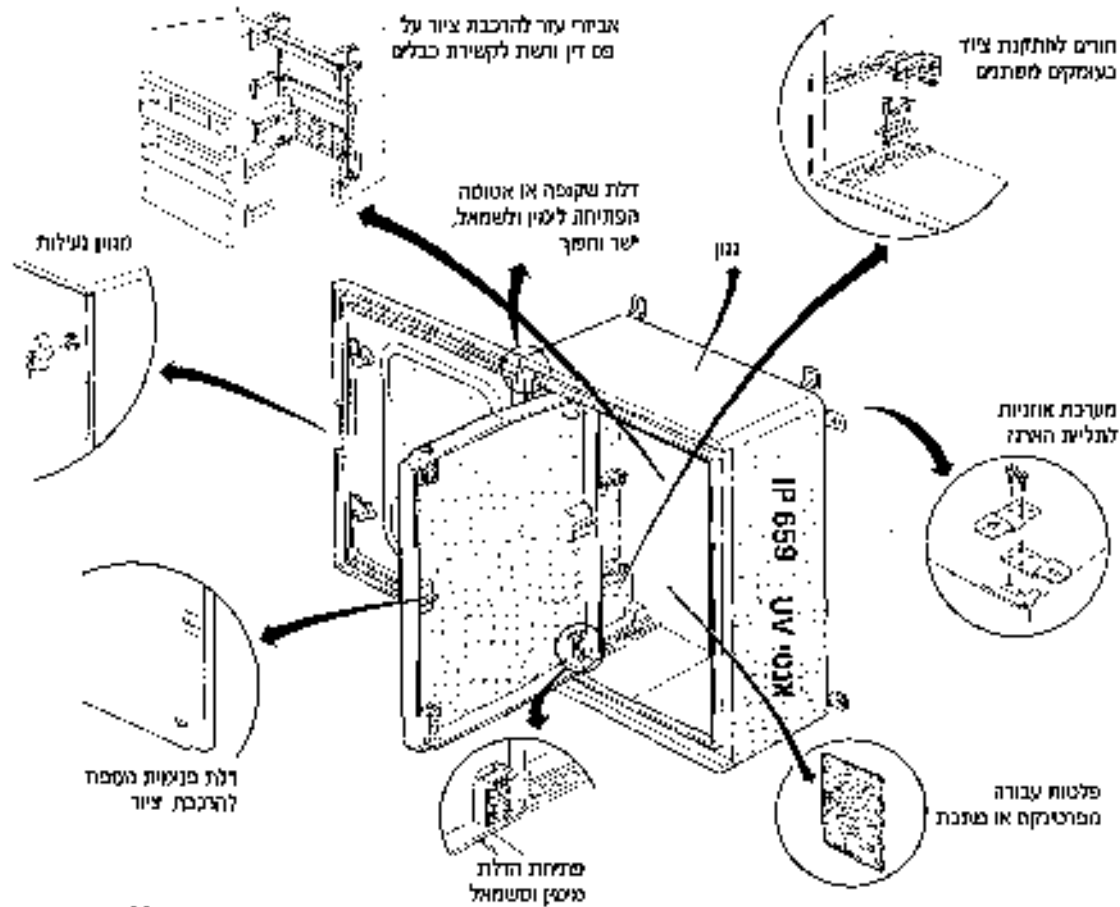
זאב שמעון בע"מ



לקבלת מידע נוסף ובכל שאלה ובקשה, נא פנה למחלקה הטכנית  
רח' המפלטים 10, קריית אריה פ"ת טל: 03-9231227

# GEWISS

## כל היתרונות בארגון פולי'אסטר מודולרי אחד



מגוון • יעילות • אמינות



- \* אישור בזק
  - \* מנבחר צבעים
  - \* מגוון גדלים ואביזרי עזר תואמים
  - \* חסכוני – אתה משלם רק עבור האביזרים הדרושים לך
- חב' זאב שמעון מייבאת את אביזרי גוויס מזה 17 שנה, כאן כן עתה, אנו לרשותך בכל עת.

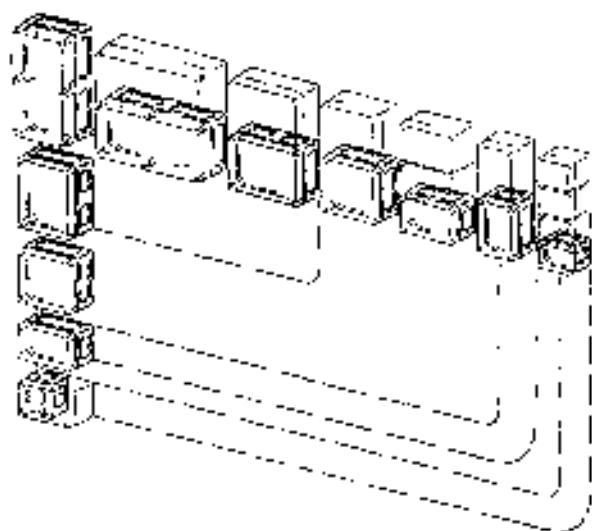
### הפונדוקים של גוויס החלק הקל בעבודות החשמל

זאב שמעון בע"מ



לקבלת תיור נוסף ובכל שאלה וזקשה, נא פנה למחלקה הטכנית  
 רח' המדענים 10, קריית אריה פ"ת טל: 03\*9231227

קבוצת קצנשטיין אדלר | איכות | אחריות | אמידנות



חדש

קופסאות *CIN* מבודדות

עומק	גובה	רוחב
125	175	250
175	175	250
125	250	350
175	250	350
125	350	500
175	350	500

דרגת אטימה IP-65

טוגן: UV

שוב אנחנו בצעד אחד קדימה

פיתוח וייצור מתוצרת הארץ

קצנשטיין אדלר ושו"ת בע"מ



תכנון | ייצור | שדות | בקרת איכות | מלאי חלפים

philips lighting

מחלקת תאורה

נ ו ר ו ת

גופי תאורה

ס ו ל ל ו ת

תאורה זה אנחנו



PHILIPS

משרד ראשי: רמת השרון טל. 03-5492998 סניף חיפה: טל. 04-410330 סניף באר-שבע:  
טל. 057-35916 סניף ירושלים: טל. 02-536332 מחסן מרכזי: רעננה טל. 052-904570

לוח מאמ"טים של

**SEWIS**

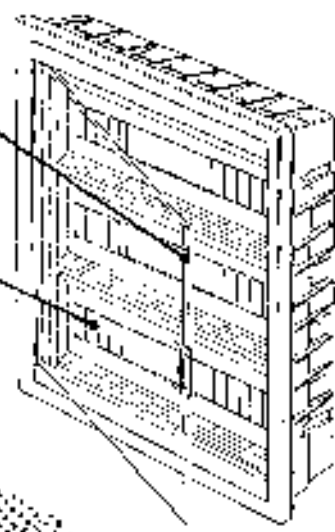
תשתית חשמל במפעל,

לזמן בלתי מוגבל

דלת שקופה או אטומה  
הפתוחה מימין ומשמאל

פסי י"ן למאמ"טים ובנויים  
איוולטזים

אטומה • איוולטזים



- ★ עה"ט, עד 72 מאמ"טים, עד - IP 56
- ★ תה"ט עד 54 מאמ"טים
- ★ ניתן להרכבה בעומקים שונים בקיר
- ★ והמחיר - עוד הפתעה לטובה

# המודול הים של גוים החלק הקל בעבודות החשמל

זאב שמעון בע"מ

לקבלת מידע נוסף ובכל שאלה ובקשה, נא פנה למחלקה הטכנית  
רח' המפליסים 10, קריית אריה פ"ת טל: 03-281227

למידע נוסף סמן 02-13

הסמכים:  
250VA - עד 30 KVA  
ON LINE

# נפילת מתח? עתה?

אין דבר כזה  
עם גמטרוניק!

כי מערכות האל-נטק של גמטרוניק  
נותות לך את הפתרון המושלם  
ומבטיחות לך אפס תקלות חשמול!

מערכת רחבת היקף של גמטרוניק לטקס כל המלך  
יורה משגות ולסדר הם בענה היעילה של חשמל  
שיש, בנדר, בדיור ובפעילות. מערכת האל-נטק של גמטרוניק  
זוכרת את עצמן אצל למעלה מ-10,000 מרחבי העולם  
כל רובי זרמי האל רבדים מוסדות בני יחסי חשמל.



גמטרוניק תעשיות אלקטרוניות בע"מ

ת.ד. 7369 ירושלים 91073, טל: 02-821777, פקס: 02-828875

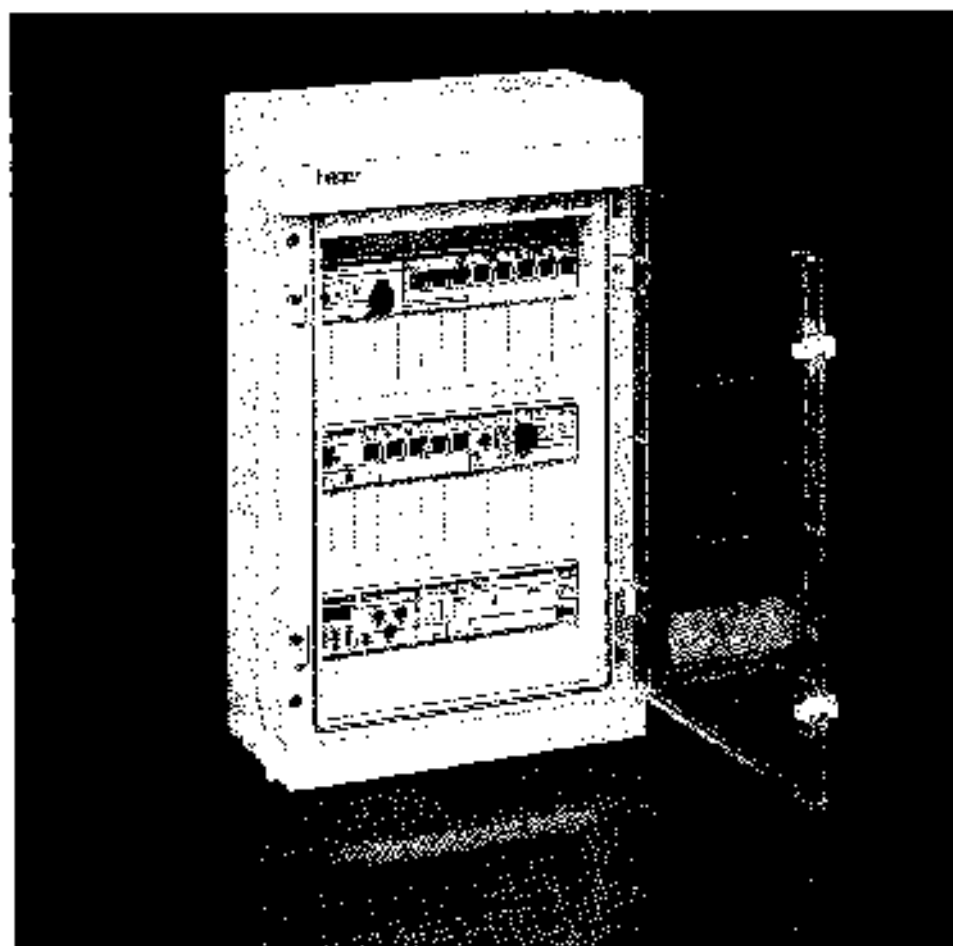


למידע נוסף סמן 02-14



**hager**  
the  
modular  
solution for  
electrical  
distribution

המבחר הגדול ביותר של  
לוחות ציוד מודולרי  
לשרות החשמל



**א.ג. מולכו** ציוד חשמל ותעשייה בע"מ

רחוב מבטחים 1, קרית מטלון, פתח-תקוה, טל: 03-9247037/8  
פקס: 03-9233452 מכתבים: ת.ד. 18121, תל-אביב 61191

# התקן מפסק אוטומטי לחורף חם

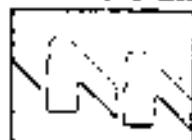


מחיר כבוד (למקומות)

התקן עוד היום בלוח החשמל הדירתני שלך, מפסק אוטומטי ראשי.  
המפסק האוטומטי הראשי מנתק את הזרם בדירתך במקרה של עומס יתר,  
מבלי לשרוף את נתיך חברת החשמל. בנייתך אחד המכשירים ובהרמת המתג  
יחזור הזרם ואין צורך להצטנן לאנשי חברת החשמל כדי שיוחלף תוצר השרוף.  
אם עדיין לא מותקן מפסק כזה בלוח החשמל של דירתך, פנה עוד היום  
אל חשמלאי מורשה, שיכצע את ההתקנה.

למשקלות לבד - מפסק נטן נדד החשמלית ניסוקן פחותי  
אילו מפסק אוטומטי ראשי נחית פגע את שריפת רותיק.

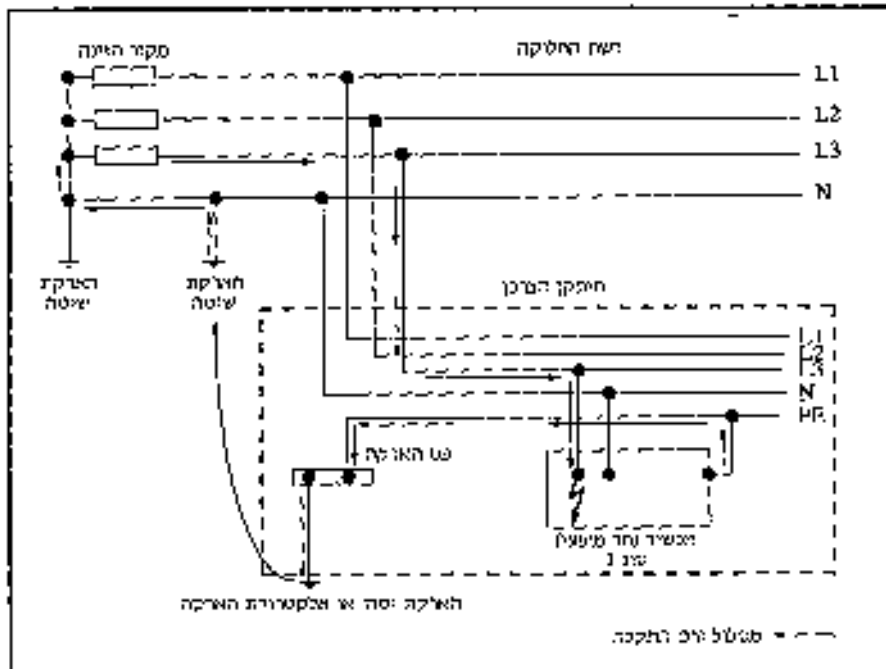
חברת החשמל



276 זכאנף אירוי נחף

לצערנו, נפלג ביהתקע המצדיעה מס' 51 – ספטמבר 1992 שתי סעיפים:

1. ממד 15 בטבלה 3 – ערכים שניים בעמודה יבושר הניתוק המצדיעה ובעמודה יזרם התיפגול המצדיעה במגולו.
  2. ממד 35 באיור 1 – לא סוגך מגולול זרם התקעה.
- להלן התיקונים:



טבלה 3

זרם התיפגול המצדיעה במגול	כוסר הניתוק המצדיעה
$I_{sc}$ [A]	[kA]
300	3
150	3
20	3

איור 1

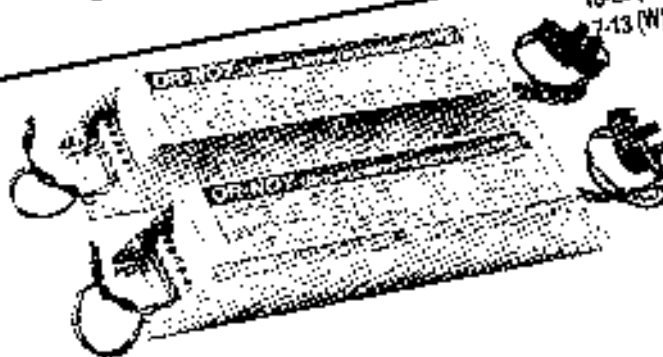
לעילת התקעה במיתקן המוגן במני הישגול בשיסטת הארקות הנגת (ע"ז)

# אור נוי



תעשיות אלקטרוניקה לתאורה בע"מ

שלטי יציאה עם תאורת חירום 8 W  
תאורת חירום קבועה 20 W  
תאורת חירום קבועה 8 W



- ממד 70-תכליתי לתאורת חירום עבוד נרות PL (W) 18-26
- ממד 72-תכליתי לתאורת חירום עבוד נרות PL (W) 7-13
- ממד 77-תכליתי לתאורת חירום עבוד נרות פלורוצסנטיות (W) 18-65
- ממד 77-תכליתי לתאורת חירום עבוד נרות פלורוצסנטיות (W) 105
- ממד לתאורה רציפה עבוד נרות PL (W) 7-11
- ממד 77-תכליתי לתאורת חירום עבוד נרות פלורוצסנטיות (W) 18-65

מען למכתבים: רח' הכרמל 74 ת.ד. 346, אלפי מנשה 44851, טל. 052-925583, פקס. 052-925198  
כתובת: רחוב דוד מרכוס 9, פתח-תקוה, טל. 03-9319081

# מדרשת רופן



עמק חפר 60960 ☎ 053-685131 פקס: 053-687257

## קורסי חשמל ואלקטרוניקה

הקורסים נערכים בפיקוח ובשיתוף משרד העבודה

1993

ההרשמה (אס"ג)

### חשמל מעשי

במשך 5 חודשים 3 ימים בשבוע  
יפתח בפברואר 1993

#### מיכשור במערכות בקרה

במשך 3 חודשים יום בשבוע  
יפתח במאי 1993

#### חשמל מוסמך

במשך 8 חודשים 4 ימים בשבוע

#### בקרים מתוכנתים

במשך 3 חודשים 2 ימים בשבוע  
יפתח במאי 1993

#### חשמל ראשי

במשך 5 חודשים 3 ימים בשבוע

#### קירור ומיזוג אוויר

במשך 6 חודשים 2 ימים בשבוע

#### חשמל "מתח גבוה"

במשך 3 חודשים 2 ימים בשבוע  
יפתח באפריל 1993

#### חשמל מוסמך להנדסאים וטכנאים

מסלול קצר

#### אלקטרוניקה תעשיתית

במשך 3 חודשים 2 ימים בשבוע

פרטים והרשמה: המרכז להכשרה מקצועית

☎ 053-685131 שלוחות 33/34



הנדסת הספק (1980) בע"מ

מקבוצת כלל תעשיות

משפחת  
מתנעים-רכים

SOFT-R אנלוגי  
STC-7 אנלוגי הגנות  
STC-8 דיגיטלי



משפחת  
בקרי-מהירות

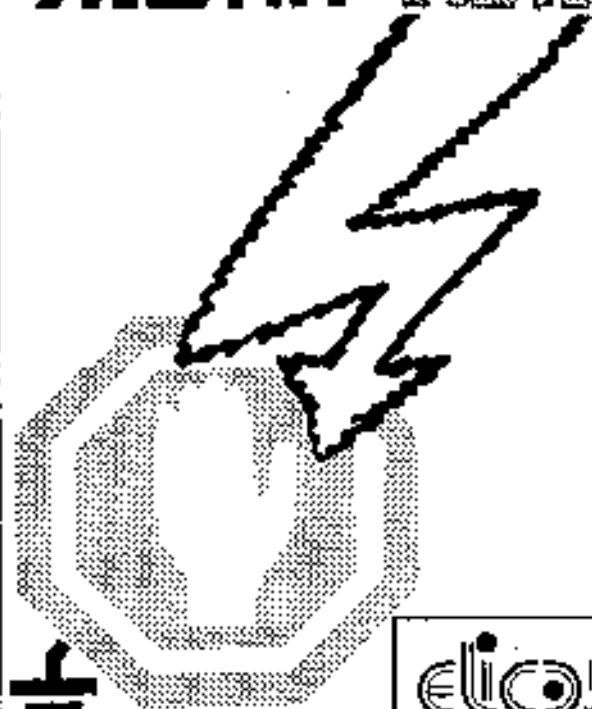
PDB אנלוגי  
PAD דיגיטלי  
PDC דיגיטלי שקט



רח' התרושת 24 אזור תעשייה חדש ת.ד. 255, אור יהודה 60200 טל. 03-344484 פקס' 03-347383

למידע נוסף סמן 52/19

# הקדם תרופה ל"מוכת" החשמל



- ✓ מביעת השבתה בשעת קצר **בניכור** למסור פחות 'מחובלי'
- ✓ הגנה כפול התחממות
- ✓ "מתבקש" לנגרטורים ולמערכות נידה בתנאי אוקה קשים
- ✓ הגנה על סופעים בעתות חרים
- ✓ אמינות גבוהה בעלויות פיקוד ובקרים נחרכמים



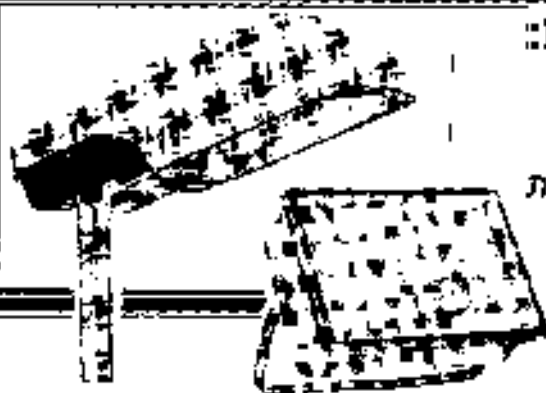
אלפי עוזר ושאק. תל אביב 98 קידאן  
ת.ד. 934 קידאן 55189. ז. 03-343506. נמס. 03-340776

למידע נוסף סמן 52/19

# זרמים - תעשיות חשמל בע"מ

מושב בני ציון, מיקוד 50910, טל. 903362, 052-916197, פקס. 052-916177. למכתבים: תד. 1331 הוד השרון

סוכנים בלעדיים ויבואנים של החברות הבאות:

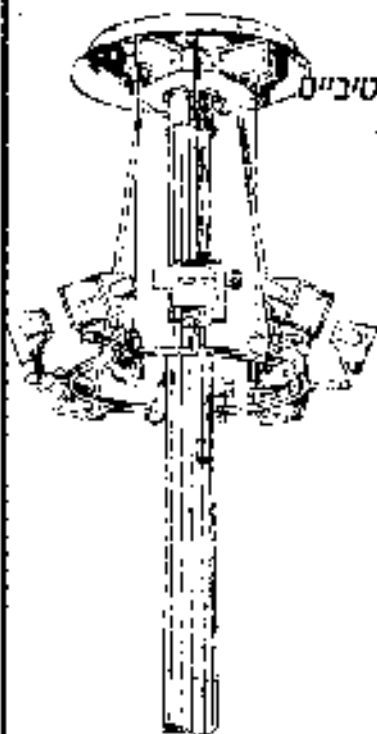


תאורת רחובות  
תאורת שטח  
תאורת סביבה ודקורטיבית  
תאורת ספורט

אנגליה גרמניה  
צרפת, "ורופאן"  
שבדיה - יונסקרן

## "פטיזאן" - צרפת

היצרן הגדול בעולם לעמודים



\* תאורה עד 120 מ'  
\* רשת עד 400 ק"מ  
\* אלומיניום ודקורטיביים  
\* סרטי גירוסטה

צנורות תאורה  
עיגולים, אובליים, רבועים  
משולשים, משולבים



SOGEXI

מהדקי עמודים BC2-3  
קופסאות בדוד כפול לעמודים



פנסים "סגור" חופה

MICRODRIVE 3 תעשיתיים עד 37 KW  
MICROFLO 3 למפוחים ומשאבות עד 37 KW  
ASDI 2000 תעשיתיים עד 500 KW

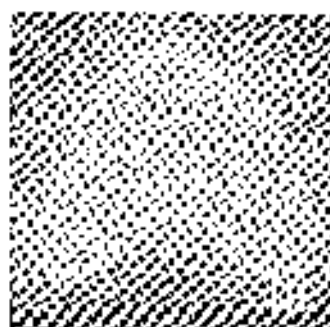
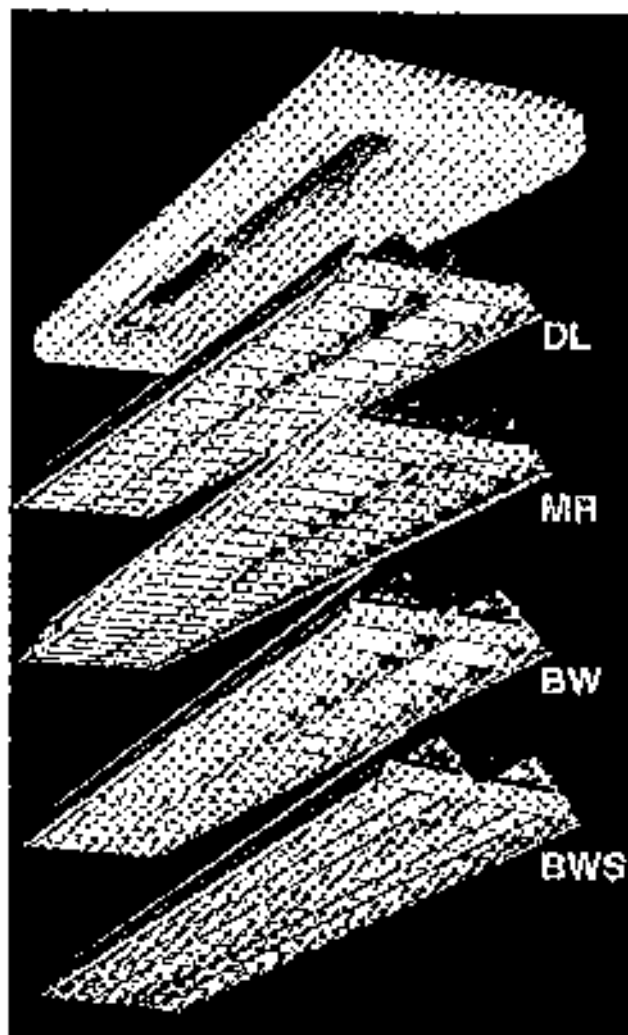


ווסתי מהירות הטובים בעולם NEW ZEALAND

# התמורה האיכותית ביותר עבור כספך



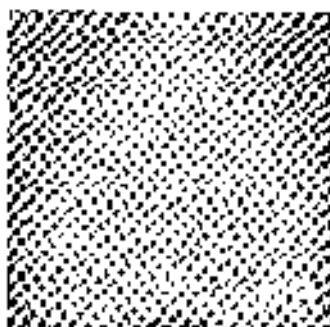
הסידרה החדשה DeLight של גופים לתאורה פלורסנטית עם נתונים פוטומטריים הנותנים תאורה מדויקת ומתאימה לכל מטרה ביעילות המירבית. ניתן לקבל 85 אפשרויות וצדופים שונים של גופים ולגברים גם בזווית שונות ואסימטריות.



**דגם DL**  
**תאורת מחשב**  
**DL DARKLIGHT**  
 תאורה במשטח למשרדים חרישים, אינה מסנוורת במסכי מחשב, יוצרת תאורה כללית רגועה שאינה גורמת, אפשרויות האמוקה והנקיון קלות מאוד.



**דגם BW**  
 כאשר נדרשים כיצורים גבוהים ויעילות מכסימלית וחסימת של תאורה.



**דגם MR**  
 מיוחד בעבור חדרי מחשב עם בעיות גדולות של התדרת אור במסכי מחשב. מדגמים שונים.

רחוב נחלת בנימין 70-72 תל אביב ■ ת.ד. 31736 ת"א 61316  
 03-5107275, 03-660747 ■ פקס. 03-5171585



# מכשירי מדידה

## רבי מודים

### רבי מוד אנאליג TES-310

- Analog display
- Auto Hold
- Continuity Tester
- Zero Offset
- (Auto) Hold
- AC/DC 10V
- TEMP. -50°C - 200°C
- 2000 Counts



### רבי מודר - פוקס TES-1010

- Auto range MAX
- Auto Hold
- Continuity Buzzer
- Test & Sign display
- Mode measurement



### מד טמפרטורה רשת TES-1350

- 2 led display
- Accuracy to 0.1°C
- Auto Hold
- 2.5°C resolution
- Fast & Slow dynamic characteristic
- 2000 Counts



### אמפרומטר צבת אנאליג TES-500

- ACA 0-2A, 10A, 50A
- 1000 Counts
- 1000/2000
- Auto Range
- TEMP. 50°C - 200°C



### אמפרומטר צבת דיגיטלי - זעיר TES-3030

- Auto Range
- Continuity Tester
- Data Hold
- ACA AC/DC
- Auto Range
- AC Current 400A
- Jaw Size 20mm



### מד טמפרטורה אטר דיגיטלי TES 1330

- Accuracy to 0.1°C
- Auto Hold
- 2.5°C resolution
- Fast & Slow dynamic characteristic
- 2000 Counts

Temperature sensor will not be accurately calculated for non-standard length



### אמפרומטר צבת דיגיטלי TES-3010 AC TES-3020 AC/DC

- ACA 20A, 200A, 200A
- 1000 Counts
- Auto Range
- Auto Hold
- Continuity Tester
- Continuity Tester
- Auto Range
- Auto Hold
- Auto Range
- Auto Hold
- Auto Range
- Auto Hold
- Auto Range
- Auto Hold
- Auto Range
- Auto Hold



### מד טמפרטורה דיגיטלי TES 1310

- Type K Thermocouple Input
- Switchable Resolution 0.1°C/0.5°F
- Full-Range Switching
- Auto Range
- Auto Temperature Compensation
- Full-Range
- Accuracy
- 0.1°C - 1300°C
- 0.5°F - 2399°F
- Resolution
- 0.1°C - 1300°C
- 0.5°F - 2399°F
- Accuracy
- 0.1°C - 1300°C
- 0.5°F - 2399°F

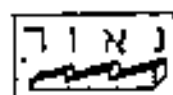


חיבורי הכלקולטור, אסטרוגל בעינים  
רחי החקטטל 4 תל אביב  
טל 4 - 823421 - 03

משק ספילת  
משק  
פריב לטכניה  
פריב רבי יוסף



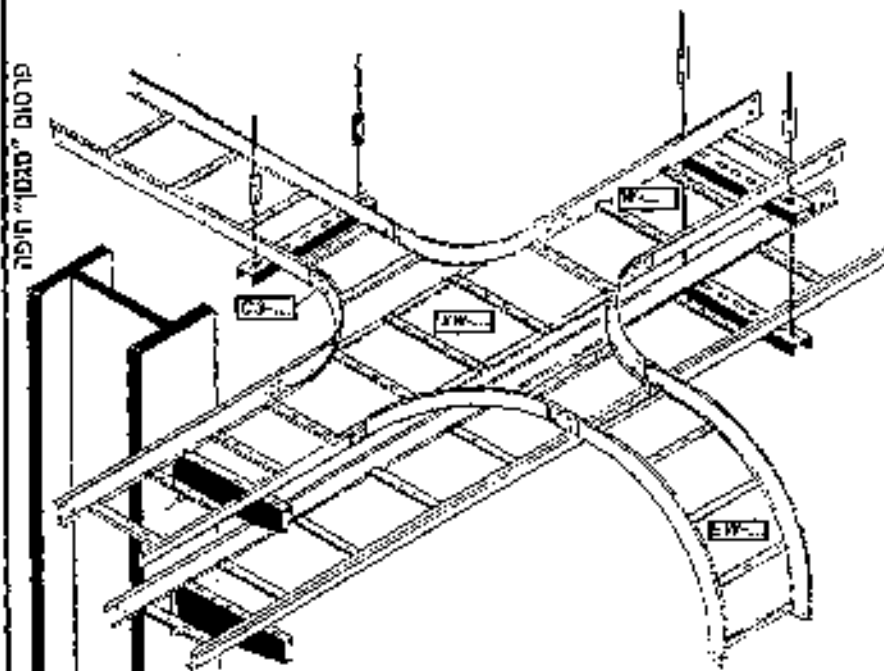
# נאור בע"מ ייצור ואספקת סולמות כבלים.



## סולמות נאור מציעים:

1. מבטן רחב של מירות אבירים
2. 150- פריטים שונים בקמח
3. חזק כבני גבעה - מותאם לעומסים שונים.
4. הגנה בפני קורונה - גלון אבץ חם בטבילה.
5. זכוכי אפוקסי
6. סגן אבירי תמיכת
7. אספקה מהירה - השראת מעל לכל!

פרטים ולסוף חייפה



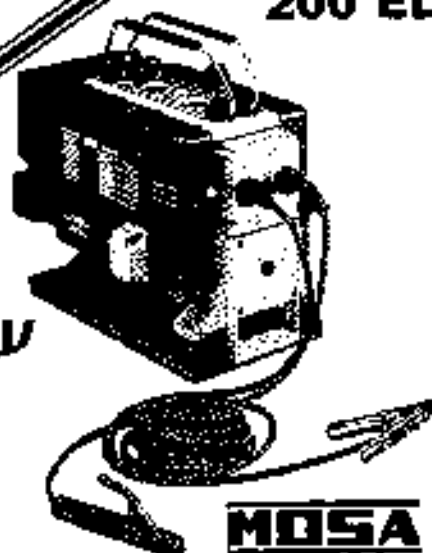
רח' חלוצי התעשייה 79 ת.ד. 10256 מפרץ חיפה. מיקוד 26110 טל. 414834, 411142, 04-414528 פקס. 04-414528

למידע נוסף סמן 52/23

## נ.ב.ו. (1988) בע"מ מערכות השמל חילופי

### מערכת מהפכנית

לחיבור גנרטור תרום דרך השקעים  
שבמתקן בהתנעה  
אוטומטית או חצי  
אוטומטית



**MSG  
200 EL**

### עמדת כח

רתכת-גנרטור  
משקל 28 ק"ג  
כושר ריתוך עד 200A  
גנרטור 2KW

**MOSA**

רח' החרושית 7 ק. ביאליק 27000, ת.ד. 9032 ק. ביאליק 27103 טל. 04-760279 פקס. 04-760352

פרטים ולסוף חייפה

למידע נוסף סמן 52/24



# מדרגונית™



## SM-91



אוטומט מודולרי לחדר מדרגות

- ספירת הזמן מתחדשת עם כל לחיצה.
- זמן הדלקה מתכוון 1.5 עד 13 דקות.
- ניתן לבחון למצב הדלקה רציף.
- מוגן מפני ברקים והפרעות ברשת החשמל.
- מיועד למרות ליבון 230V, 10A max

### S.M.-3



ON/OFF  
עם השתייה זכרון  
מופעל אוטומטית  
לאחר התשתייה

פרטים נוספים  
לחצו "מגנו" חיפה

# מדרגונית™

יחידת הגנה למגנים עד 3 כ"ס

- מודולרי - מתאים להתקנה  
על"ט או תה"ט בתוספת  
קופסה מתאימה.
- התקנה פשוטה ומהירה  
(ללא פתיחת המכשיר).
- ממסר המיתוג נבדק על-י  
מבחן התקנים.
- הגנה למגן בדגמי מדרגות  
רבים.

### S.M.-4



"שקע-תקע" עם השתייה,  
זכרון והפעלה אוטומטית.  
כולל שעון דיגיטלי + דרבה,  
4 תוכניות הפעלה וכבי.

יצרן - ש.מ. יוניברס אלקטרוניקה בע"מ 052-902975

# "סאיטולוק" המהדק העולמי

מהדקים חדשים (נעלי כבל) הטובים בעולם!  
הידדק מהיר ללא סרימפר לקבלת חיבור חשמל/מכני הטוב ביותר  
בזמן הקצר ביותר

**מתאים** לכל סוגי הכבלים - טרושת, אלומיניום, קשיח, גמיש, סקטוריאלי, אלקטרודה, אלומיניום/פלדה.

**איכות** עמיד בטנאי לבידוד קשים, תעודות, לחות, קורזיה, שומר על סמם. חיבור נטובה, ניתן לשימוש חוזר, לא משתחרר עם הזמן (כבלים אלומיניום cold flow).

**תקן** בעל אישור תקן כבל העולם, בשימוש נרחב בביחירת בית, מדיים, בתחנת, מפעלים, תחבורה, אניות, לשימוש פנימי וחיצוי.

להשיג מהמלאי מ-16 מ"מ עד 630 מ"מ<sup>2</sup>

טלפן אליט לקבלת דוגמא.

## דיסקומט

בר-זיו-תל אביב, טיומקין 12, טל. 03-560-1985, פקס. 03-566-0245



למירע נוסף סמך 62/28



# א.א.א.א.א.

יבוא ושיווק ציוד חשמל לתעשייה

**AEG**  
**SOCOMEK**  
**DUCATI**  
**GANZ**

וסוכנויות  
נוספות

- \* מותקים אוטומטיים עד A 5000
- \* מגנעים
- \* מפסקים בעומס
- \* קבלים יבשים לשיפור גורם בהספק
- \* קבלים לחאורה, למנועים ולסחת גבוה
- \* מכשירי מדידה
- \* מנועי חשמל
- \* שנאים מתח גבוה ומתח נמוך ומתח גבוה
- ומכוד ציוד נוסף



פרטים "סגור" חיפה

מפעל ומשרד ראשי: אזור התעשייה תל-הגן ת.ד. 159  
טל. 04-323113, פקס. 04-325892  
סניף מרכז: אזור התעשייה הרצליה ת.ד. 12180  
טל. 052-585660/5

למירע נוסף סמך 62/27

# אולטרה שילד

מגן אולטרה סאונד נגד מזיקים

## השיטה האלקטרונית נגד מזיקים

מחקרים באוניברסיטאות רבות, במהלך שלושים השנים האחרונות קבעו כמות חד-משמעית שניתן להשתלט על מזיקים ומזיקים אחרים תוך שימוש נכון במחוללים אולטרה סונים הסורקים בתחום תדירות ובקצב נכונים.

### כיצד משפיע אולטרה שילד על מזיקים?

- \* מכרסמים - נשמע לחם כאזהרה נורמלית, דבר המדריך את תפקודי טיפוס ומשבש שינוי משקלם.
- \* מוקקים - תגודות האסיר נרמזות לריגט במתמשים. נאון הם מסוגלים למצוא מאן או את בני המין השני, התצאה שבר מעל חריבו ורעב.
- \* פרעושים - מטולטלים ע"י התנודות באויר ואינם מסוגלים לקפץ על קורבנם המיעד.
- \* חרקים מעופפים - יתשים, זבובים ומזיקים למנעים מכניסה לתחום האויר הרחי תנודות.
- \* חיות סרף - גלים בתדירות נמוכות מרחיקים חיות סרף המתקרבות לגרדת בטחון, לולים וגידולי חוות אחרים.

### יחודם של מכשירי אולטרה שילד:

- \* הרכיבים מוגנים בפני רטיבות בהיותם מוקקים בטוח שרמים.
- \* הדגמים רשמיים ובפיקוח הרשות לשימור הסביבה (J.P.A) בארה"ב.
- \* המכשירים משנים את התדר 3 פעמים בשנה, למניעת הסתבלות המזיקים לציפוף החזק שמטפל נגדם.
- \* הטווח האפקטיבי של המכשירים נגד יחסית כ-5-20 מ'.
- \* המכשירים עלמנאים ללא תלות במערכת מרבית.

- יבוא, שיווק ושירות לכל הארץ -

## 77015 אולטרה

בית הבורג (1989) בע"מ

רח' יוליוס טימן 25 סניף חיפה טל: 04-610110 נקס: 04-410418  
ת.ד. 5198 ק. ביאליק 27151

אולטרה שילד - הנזק למזיק

# הודסת הינו (הר) בע"מ

התנועות אלקטרוניות למנועים  
וויסות מהירות למנועים

רח' פלוטיצקי 3, ראשון-לציון

פקס: 03-9640833

טל: 03-9643003, 9643010

המלאכה 16 ת.ד. 377 אור יהודה 60200

טל: 03-6334316, 03-5334511 פקס:

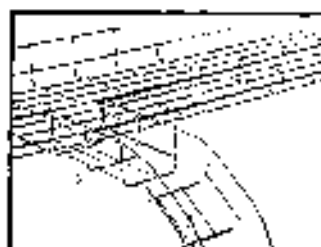
## זרות רודוב

יצור - לוחות השמל בע"מ

סיטונאות תומרי השמל

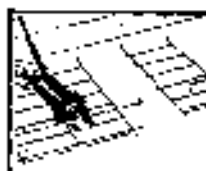
סוכנויות לציוד מיתוג השמל

# תעלות רשת לכבלים



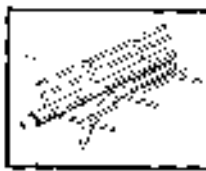
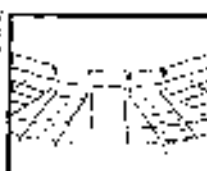
ינלי מייצרת תעלות רשת  
המצטיינות בתכונות הבאים:

- \* ינלי יוש יתגלת סטנדרט
- \* נאנה לרסכת ומכנית נטו שט
- \* ששמינון נאנה לרסכת
- \* ששמינון עם נאנה לרסכת
- \* התמדות נעלמה ליתו קב



מאמית  
סמלית  
למטות

התכונות  
שנאמנות  
למאמית  
ענת המג  
שיווק לרסכת



המטות  
עלמית  
סמלית  
על 25 ע  
על לרסכת  
המטות

ינלי מייצרת  
המטות לרסכת  
על לרסכת



ינלי מייצרת תעלות רשת לכבלים. ינלי מייצרת תעלות רשת לכבלים. ינלי מייצרת תעלות רשת לכבלים.

# מירב הדרכה

**יום עיון:**  
מכשירי מדידה במערכות הספק  
למתח גבוה ונמוך  
יום ב' 29.3.93  
בשעות 8.30-16.30, בת"א

**קורס אחזקת מתקני  
מיוג אוויר**  
5 מפגשים בימי ה' החל מ-15.4.93  
בשעות 8.30-16.30, בת"א

**יום עיון: מונעי השמל**  
יום ב' 29.3.93  
בשעות 8.30-16.30, מלון בול ת"א

**קורס משאבת**  
10 מפגשים בימי ר' החל מ-31.3.93  
בשעות 17.00-20.15, בת"א

**יום עיון: כבלים חשמליים  
להספק ולתקשורת**  
יום ה' 19.4.93, בשעות 8.30-16.30, בת"א

**קורס מנהלי אחזקה**  
20 מפגשים בימי א' החל מ-21.3.93  
בשעות 17.00-20.15,  
בתל-אביב

**לימודי תעודה:  
ניהול אחזקה**  
20 מפגשים בימי ב' החל מ-29.3.93  
בשעות 8.30-16.30, בת"א  
ניהול מקצועי חמכיון - מכון טכנולוגי לישראל  
הצדעה ללימודי המסך ולימודי חוץ

**יום עיון:  
הכנת מתקנים לבדיקות  
חברת חשמל**  
יום ה' 13.5.93, בשעות 8.30-16.30, בת"א

**קורס אלקטרוניקה  
לחשמלאי תעשייה**  
8 מפגשים בימי ג' החל מ-4.5.93  
בשעות 8.30-16.30, בת"א  
ניהול מקצועי המרכז הטכנולוגי - בימים להנדסאים  
אוניברסיטת ת"א

**קורס בקרים מתוכנתים  
PLC**  
8 מפגשים בימי ג' החל מ-30.3.93  
בשעות 8.30-16.30, בת"א  
ניהול מקצועי המרכז הטכנולוגי - בימים להנדסאים  
אוניברסיטת ת"א

**הופיעה חוברת ההדרכה  
ינואר-אפריל 93  
מלבן 03-5621254  
או פקסט 03-5621255**

**קורס אוטומציה בתעשייה**  
10 מפגשים בימי ב' החל מ-22.3.93  
בשעות 17.00-20.15, בת"א



**חדש!!!**  
**מנוף 18 מטר**



**נדיבי**  
**עדן-אור**

רשום: 59487

חתימה ואחזקה של תאורת רחוב, מנשכים, סככות  
**השכרת מנופים**  
**לביצוע עבודות שונות עד**  
**לגובה 18 מטר**

מאושרים ע"י משרד העבודה  
 טל': 750927, 07-750850, אשקלון

למידע נוסף סמן 52/33



**מערכות מיגון אש**  
 (שריט 1988) בע"מ

**מערכות פסיביות למניעת**  
**התפשטות אש ועשן**

- \* חסימת אש במעברי כבלים וצנרת.
- \* ציפוי כבלי חשמל ותיקשורת.
- \* הגנה על קונסטרוקציות מתכת.

FLAMMASTIK®  
 KBS System



רח' העמל 10, ת.ד. 208 אור התעשייה אור יהודה 60251  
 טל. 5339284, 03-347214  
 פקסימיליה 03-5339285

למידע נוסף סמן 52/32

**בדיקת כבל**



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

דטא-רח' עוזיאל 48 רמת גן  
 טל': 5714696, 03-6779775  
 טל' בית: 03-740513

למידע נוסף סמן 82/35

**ct**

**ר.א.ק. - סוכנויות**  
 חורש אברהם

ר.א.ק. סוכנויות הינה נציגת חברת CHEM TECHNIK גרמניה.  
 החברה מייצרת חומרים ליקוי לחות חשמל, מנועים  
 חשמליים, כולל מחקנים למתח גבוה.

ר.א.ק. סוכנויות מציע ללקוח שתי אפשרויות:

1. הזמנה ויבוא של החומר ע"י הלקוח מוצב האם  
 גרמניה, דרך הסוכן בארץ (ר.א.ק. סוכנויות).
2. ע"י הזמנת נציג ר.א.ק. סוכנויות לבצוע העבודה  
 בעזרת חומרים הנמצאים במלאי.

**כל החמרים הנ"ל הינם בעלי תקן DIN גרמני.**

**ר.א.ק. סוכנויות**  
 חורש אברהם - טל. 08-436507  
 חדש 18, יבנה ת.ד. 2226

למידע נוסף סמן 82/34

אינג' פאול שפר

## א. ועדת ההוראות לביצוע עבודות חשמל

ביום ח' בתשרי התשנ"ג, 5.10.1992, פורסמו שתי תקנות חשמל חדשות (קובץ התקנות מס' 5474), שיש להן עניין רב לכל חשמלאי התקנות הן:

1. תקנות החשמל (מעגלים סופיים הניזונים במתח עד 1,000 וולט (תיקון) התשנ"ג – 1992.
2. תקנות החשמל (הארקת יסוד) (תיקון) התשנ"ג – 1992.

מומלץ לכל החשמלאים, ובמיוחד לאלה העוסקים במיתקנים ביתיים (או דומיהם) לרכוש את קובץ התקנות החדש.

### תקנות החשמל (הארקת יסוד) (תיקון) התשנ"ג – 1992

בתקנות החשמל, הארקות יסוד, נעשה ניסיון להתגבר על בעיה סבוכה, בה התלכטה הוועדה במשך זמן רב.

הבעיה היא הבטחת קיומו ותיפקודו הנאות של מוליך ההארקה הראשי, אשר שילה מפס השוואת הפוטנציאלים דרך קומות המבנה ומגשר את כל ההארקות של כל הדירות אל הפס האמור. מוליך זה מהווה חלק מהמיתקן הפרטי שבמבנה ואינו נמצא באחריותה ובהשגחתה של חברת החשמל, ואף לא מתקן על ידיה.

מי יערוך לכך, שמוליך זה יישאר תמיד שלם לכל אורכו, ומחובר לפס השוואת הפוטנציאלים כראוי – והרי הוא חלק מה חשוב במעגל התקלה שאמור להפעיל את ההגנה על המיתקן.

לשם אבטחת תקינותו של מוליך זה בדקה הוועדה מספר חלופות, וביניהן:

- העברת האחריות על קיום מוליך ההארקה הראשי לידי חברת החשמל.
- אפשרות של התקנת פס השוואת פוטנציאלים עם חיבור לאפס הראשי ולמוליך ההארקה הראשי בכל קומה (בלעד, יצירת מספר "בתים נפרדים" כמספר הקומות, או כאילו השטחת המבנה הגבוה בצורה אופקית על פני השטח, כשכל קומה היא כאילו בית נפרד).

- דרישה לביקורת תכופה יותר של מוליכי ההארקה, וכי

החלופה שנבחרה היא זו אשר פורסמה זה עתה בקי"ת 5474.

לנציה, או שבאחד הימים הוא ניתן לגמרי מהחיבור שלו.

טשא זה כבר נדון בוועדת הפירושים ומזכיר ב"התקע המצדיע" מס' 50 – אמריל 1992, עמוד 26.

ועדת ההוראות אימצה את המלצות ועדת הפירושים וקבעה שאבזורים לפי תקן ישראלי 32 ו-33, אשר להם מסגרת להתקנה באמצעות שני ברגים לפחות, אינם יותקנו בעזרת ברגים אלה בלבד, כל אימת שהם מותקנים בתיבות התקנה גליליות, כלומר תיבות אשר להן דופן ניצב לקיר.

רק אבזורים המותקנים בתיבות קניות, דהיינו תיבות אשר דופןן הולך ומתרחב אל תוך הקיר, מותר שיחזקו על ידי תפסנים (רגליות).

כדי להסיר ספק מלב אלה שלא הבינו כראוי את הנאמר בתקנה 19 (ו)1 (3) החדשה, יש להסביר שהוועדה היתה ערה לעובדה שמכונת כביסה ומכונה לייבוש כביסה אינן מותקנות, בדרך כלל, בהתקנה קבועה ולכן נאמר בתקנה (ו):

"מותר להתקין באיזור ציוד חשמלי כמפורט להלן בלבד: ..."

ובתקנת משנה (ו)3 נאמר:

"... וכן מותר להפעיל מכונת כביסה ומכונה לייבוש כביסה".

המלה "להפעיל" באה להדגיש, ששתי המכונות הנ"ל אינן "מותקנות" במובן המקובל של המלה, ובוודאי שלא ב"התקנת קבועות" כנדרש בתקנת משנה (ו)19.

לבסוף ראוי לציין, כי תחילת התיקון לתקנות מעגלים סופיים היא מיידית עם פרסומן הרשמי בקי"ת 5474 (5.10.91).

### תקנות החשמל (מעגלים סופיים הניזונים במתח עד 1,000 וולט (תיקון) התשנ"ג – 1992

בתקנות החשמל, מעגלים סופיים, כבר דנו ב"התקע המצדיע" מס' 50 – אמריל 1992, אך נוסף למה שכבר הוסבר שם, נוספה לאחרונה עוד תקנה, הדנה בתיבות חיבורים, בטוח הבא:

"כמקום תקנה 5 לתקנות העיקריות [הכוונה היא לתקנות שפורסמו בשנת התשמ"ה – 1984] יבוא:

(א) ציוד חשמלי של מעגל סופי יותקן באופן שקביעתו לא תתרום תוך שימוש תקין בו והוא יתוחזק במצב תקין.

(ב) בתי תקע לפי תקן ישראלי ת"י 32 ומפסקים ולחיצים לפי תקן ישראלי ת"י 33, המותקנים בתיבות התקנה גליליות לפי תקן ישראלי ת"י 145, יחזקו לתיבות באמצעות שני ברגים לפחות ולא באמצעות תפסנים (רגליות התקנה).

(ג) אבזורים כאמור בתקנת משנה (כ), המותקנים בתיבות התקנה קניות לפי תקן ישראלי ת"י 145, יחזקו לתיבות באמצעות תפסנים (רגליות התקנה)."

כידוע, אחד הפגמים השכיחים ביותר לתקלות במיתקן חשמל ומקור סכנה בו הוא אבזר שהתקנתו בתיבה התרופפה והוא תולה, ספק בפנים התיבה, ספק מחוצה לה, וחלקים חיים בו ניתנים

1 קי"ת 4731

פ' שפר – יזיר ועדת ההוראות ועדת הפירושים שליד משרד האנרגיה והתשתיות

שהחיבור של "טבעת הגישור האנכית" למוליך הארקה נעשה בצורה נכונה. לכן נדרש לחזור על חיבור זה בכל קומה רביעית וכן בקומה העליונה. כך נוצרת במבנה מין רשת סגורה, שבה יהיה תמיד מסלול שלם לזרם התקלה.

תקנת משנה (ו) של תקנה 5 החדשה היא חזרה על הנאמר בתקנה 5 (ב) הישנה. תקנה 9 החדשה מכילה את מה שהיה בתקנה 9 הישנה ולא נאמר במקום אחר בתקנה 5 החדשה. תחילתן של התקנות החדשות היא שישה חודשים מיום פרסומן, דהיינו החל מיום 28.2.1993.

**תקנות החשמל (העמסה והגנה על מוליכים מבודדים וכבלים במתח עד 1,000 וולט) התשנ"ג – 1992**

בימים אלה פורסם עדכון מלא של התקנות האלה בק"ת 5482 מיום 26.11.92. תחולתן של תקנות אלה היא מ-26.5.93.

העדכן מתייחס למוליכים וגם לכבלים עם בידוד כלשהו, הוא מסווג את בידודם, לפי יכולת העמידה שלו בחום, לשני סוגים: בידוד 70°C ובידוד 90°C.

באחד הגיליונות הקרובים של היהתקע המצדיע נתייחס לתוכן התקנות החדשות האלה.

למעשה, כל הנאמר עד כה נכלל גם בתקנות הקודמות אך היה מפורז בכמה מקומות, דהיינו בתקנות 5, 9 (א) ו-9 (ב). עכשיו נעשה ניסיון ללכד את כל הדרושות לגבי מוליך הארקה בתקנה אחת.

הנאמר בתקנות משנה 5 (ד) ו-5 (ה) החדשות, הוא חדש ומהווה את המרתון החדש:

(ד) במבנה בן 4 קומות ומעלה יותקן מוליך נוסף במקביל למוליך הארקה הראשי (להלן – מוליך מקביל) שיהיה אחד מאלה:

(1) מוליך פלדה אנכי הטמון בבטון המבנה, המהווה חלק מויון המבנה (טבעת גישור אנכית) ואשר ימלא אחד כל הדרושות הקיימות לגבי טבעת גישור,

(2) מוליך נחושת בעל חתך שווה לפחות לזה של מוליך הארקה הראשי.

(ה) בכל קומה רביעית וכן בקומה העליונה של המבנה, ייעשה חיבור בין המוליך המקביל לבין מוליך הארקה הראשי. היה המוליך המקביל מוליך הפלדה האנכי (טבעת גישור אנכית) יהיה החיבור אל היציאה כדוגמת יציאת חוץ מטבעת גישור לפס השוואת פוטנציאלים.

הוראות אלה באות להבטיח, שיהיו שני מסלולים מקבילים לזרם תקלה מהלוח הדייתי ועד לפס השוואת הפוטנציאלים. יש להניח, שלפחות אחד המסלולים יהיה תמיד תקין, בעיקר הדבר אמור לגבי שימוש בויון המבנה כמסלול שני ובתנאי

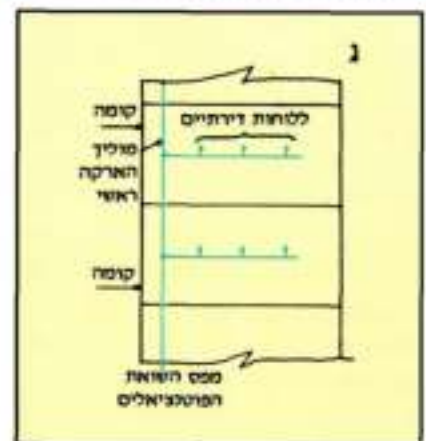
בתיקון העכשווי לתקנות יש שלושה סעיפים.

(1) במקום תקנה 5 לתקנות החשמל (הארקות יסוד) התשמי"א – 1981<sup>2</sup> (להלן התקנת העיקריות) יבוא:

5. (א) מוליך הארקה בקטע שבין טבעת הגישור לבין פס השוואת הפוטנציאלים יהיה מפלדה ובמידות מינעריות כנדרש בתקנה 3 (א) או (2), לפי העניין; המוליך יהיה שלם לכל אורכו ויותקן בתוך קירות המבנה, אם לא נתאפשרה התקנה בתוך קירות המבנה, הוא יוגן בפני שיתוך ופגישות מכניות

(ב) חיבור המוליך לטבעת הגישור ייעשה בריתוך באורך 3 ס"מ לפחות.

(ג) מוליך הארקה המחבר יותר מלוח ראשי אחד (מוליך הארקה ראשי כמתאר באיור ג') בנספח ט' יהיה בחתך של 10 ממ"ר לפחות ושלם לכל אורכו.



## ב. ועדת הפירושים

### מספר המעגלים במיתקן בית

#### הבעיה

במיתקן ביתי, שהותקן בבית חד-משפחתי בעל שתי קומות (ויולה), הותקנו שלושה מעגלים בלבדיים למארז, שניים מהם בקומה ראשונה והשלישי – בקומה השנייה, כשבין הקומות יש מדרגות פנימיות בתוך הבניין ששני קצותיהן מוארים משני מעגלים שונים, כך שגם בעת תקלה במעגל מארז אחד, נשארת תאורה כלשהי על המדרגות

מאז האיזכור האחרון של מסיקות ועדת הפירושים ב"התקע המצדיע" מס' 50 – אפריל 1992, קיימה הוועדה מספר ישיבות ודנה בפניות רבות. לאחדות מהן יש גם עניין לציבור החשמלאים הרחב.

להלן נביא את הבעיות ואת התשובות.

ובתוך החלל הפנימי של הבניין. כל בתי התקע ניזונים ממעגלים בלבדיים לבתי תקע, כך שתקלה במכשיר כלשהו המחבר לבית תקע, לא תוכל להשפיע על שלמות מעגלי המארז.

האם התקנה כזאת עונה על הדרושות של תקנות 10 ו-11 של תקנות החשמל (מעגלים סופיים)?

#### תשובת הוועדה

לאחר בדיקת תוכנית המיתקן באה הוועדה למסקנה כי התכנון המוצע עומד



## עבודה במיתקן חי

### הבעיה

האם צריך לכתוב הוראת עבודה מפורטת לביצוע כל עבודה נפרדת, או שמא ניתן לחסותפק בכתיבה חדי-פעמית של הוראת עבודה מפורטת שתכסה את כל העבודות מאותו הסוג – למשל, הוראה מפורטת אחת, שתשמש בכל מקרה של החלפת בסיס שרוף בלוח הנמצא תחת מתחן

### תשובת הוועדה

תקנה 5 של תקנות החשמל (עבודה במיתקנים חשמליים חיים) התשכ"ז – 1967<sup>3</sup>, ספרטת את החובות המוטלות על מורשה לביצוע עבודות במיתקן חי, והן:

- 1 הוא חייב להיות בעל רשיון מסוג "חשמלאי מוסמך" או "חשמלאי מסויג" לפחות.
- 2 הוא חייב לקבל הכשרה לעבודה במיתקן חי בהדרכתו או בפיקוחו של חשמלאי – מהנדס.
- 3 הוא חייב לעבוד בצוות של שני מורשים לפחות.
- 4 הוא חייב לעבוד לפי הוראות עבודה אשר יינתנו בכתב, באחריותו של חשמלאי מהנדס והם "יחולו על מיתקן חי מסויים או על סוג של מיתקנים חיים", כלשון תקנה 5 (ג).

לפיכך, מותר לכתוב חוברת של הוראות עבודה, אשר יכסו את כל העבודות הנדרשות במיתקן או במפעל, והן תעמדה בתוקף כל אימת שיש לבצע עבודה מסוימת המתוארת בחוברת.

## התקנה סמויה של כבלים במבנים

### הבעיה

האם מותר להתקין מיתקן אשר מוליכיו הם כבלים הטמונים ישירות בתוך או מתחת לטיח של הסבנה?

האם התיכונן עומד בדרישות התקנות?

### תשובת הוועדה

בתקנות מעגלים סופיים<sup>2</sup>, תקנות 2 (ג) ו-2 (ד) נאמר בפירוש:

"ג) במיתקן ביתי לא ייסצא שום חלק של מעגל סופי הניזון מלוח ראשי אחד בשטח הניזון מלוח ראשי אחר, פרט למעגל אשר במוביל, בחתקנה סמויה, ללא תיבות.

ד) על אף האמור בתקנת משנה (ג) מותר שמיתקן הניזון מלוח המיועד לשטח משותף של מבנה ייסצא בשטח הניזון מלוח אחר, כגון לחיץ בדירה, המפעיל תאורה בחדר מדרגות."

תקנה (ד), על ידי הגדרת היוצא מן הכלל באה לחוק את כוונת תקנה (ג) האוסרת על הימצאות ציוד המזון מהלוח הדירתי, בתוך השטח הציבורי, במקרה זה החניון.

יתכן שהצעה הפוכה, דהיינו הזנת המאווררים הנמצאים בתקרת החניון על ידי קו מהלוח הציבורי, כשבכל חדר אמבטיה נמצא מפסק להפעלת המאוורר השייך אליו, היתה מתקבלת על דעת ועדת הפירושים.

אך יש להניח שבמקרה זה היו מתעוררות בעיות כספיות בין הדיירים.

### בעיה ב'

במבנים חדשים בעלי שלוש וארבע קומות בוצעה ההזנה של דודי השמש שעל גג כל מבנה באמצעות קו היוצא מדירה כלשהי ועובר ללא תיבה, בקו ישר, דרך קירות הדירות שמעל הדירה האמורה, ומגיע לדוד, השייך לדירה, על הגג. הקו ממוגן דרך מפסק דו-קוטבי בדירה, ועובר בתוך צינור המותקן ביציקת בטון.

האם התקנה זו תואמת את הנדרש בתקנות?

### תשובת הוועדה

אותה תקנה 2(ג) של תקנות מעגלים סופיים, המצוטטת בעניין בעיה א', באה להרשות התקנה כמצוץ לעיל.

בדרישות התקנות מהנימצקים הבאים:

- 1 הדירה היא יחידה אחת, כולל שני המפלסים המחוברים ביניהם בחלל פנימי, ויש במיתקן שלושה מעגלי מאור נפרדים. לכן תקנה 11 (א), הדורשת שני מעגלי מאור לפחות, קיימה במלואה ויותר.
- 2 העבודה שמעגלי המאור הם בלבדיים למאור ונפרדים ממעגלי בתי התקע, מוסיפה לאמינות האספקה לתאורה ומבטיחה קיום מטרת התקנה, בקובעה, שיש צורך בשני מעגלי תאורה לפחות. הכוונה מאחורי דרישה זו היא מניעת עלטה מוחלטת בדירה.
- 3 יש מספר רב של בתי תקע מוזנים ממספר ניכר של מעגלים, כך שבכל אחד אפשר גם להזין מנורות שולחן או מנורות עומדות, שאספקתן באה ממעגלים נוספים ומבטיחה קיום תאורה בדירה גם במקרה של הפסקת כל מעגלי המאור.
- 4 ככלל, הוועדה רואה בעין יפה את ההפרדה המוחלטת בין מעגלי המאור למעגלי בתי התקע, כי מרבית התקלות במיתקן קורות במיכשור המחובר לבתי תקע.

## הימצאות ציוד חשמלי של מיתקן אחד בשטח של מיתקן אחר

### בעיה א'

בבית מגורים הוצע לאוורר את חדרי האמבטיה בקומת הקרקע באמצעות מסרחי יניקה (Exhausters) המותקנים ברצפה מתחת לאמבט, כשלמעשה הציוד נמצא בתקרה של הקומה שמתחת לדירות, שהיא קומת החניה.

להבטחת הטיפול הנאות במפוחי היניקה הוצע להרכיב מפסק נוסף ליד כל מכשיר כזה על תקרת החניון.

## תשובת הוועדה

מבחינה **חוקית בלבד** – מותר להתקין כבלים בתוך או מתחת לטיח וזאת לפי תקנה 61 של תקנות החשמל (התקנת כבלים) התשנ"ו-1966<sup>4</sup>.

בתקנה ממורטים התנאים והסייגים הבאים להבטיח את עמידת המיתקן כנגד השפעות מזיקות של הסביבה. כן נאמר, שהתקנה סמויה כזו מותרת במיתקנים ביתיים בלבד.

אך מבחינה **מעשית** מהווה התקנה כזאת ביצוע גרוע מאוד מכמה וכמה בחינות:

1. כל שינוי או תוספת למיתקן דורשת שבירת קירות.
2. תקלה במוליך – באמצע או בקצה – מבטלת את הכבל הפגום שאין אפשרות לתקנו – ושוב, שבירת קירות.
3. עם העלאת העומס במיתקן אין כל אפשרות להחליף את החיווט – ואז מגדילים את גודל ההבטחה ללא הגדלת חתך המוליכים, דבר הגורם לשריפתם.
4. כאשר נכנס דיור חדש לדירה כזו הוא שומד לפני בעיות קשות, כשאין הוא מודע למהלך הכבלים שבקיר, היכן נשארו קצוות חיים ואיך מגיע מעגל מסוים אל הלוח הראשי.

מכל הסיבות האלה לא מומלץ לבצע מיתקן בהתקנה סמויה בתוך הטיח. דבר זה צריך להיות שמור למקרה יוצא דופן כשיש להוסיף קטע קצר מאוד למיתקן קיים ולא רוצים להשאיר כבל מעל הקיר.

תקנות החשמל (התקנת כבלים) הינן מיושנות מאוד (משנת 1966) והן עומדות עתה לפני רביזיה כוללת. יש להניח שוועדת ההוראות תתייחס גם לבעיה שלפנינו ותגביל את השימוש בכבלים, ללא מוביל, מתחת לטיח.

- 4 ק"ת 1949.
- 5 ק"ת 1809.
- 6 ק"ת 2569.
- 7 ק"ת 5375.

## מקום של סכנה מוגברת

### הבעיה

האם יש לראות ריצפה מוליכה כמקום של סכנה מוגברת?

### תשובת הוועדה

המושג "מקום של סכנה מוגברת" מוגדר בתקנות התקנת מוליכים<sup>5</sup>, בתקנות התקנת כבלים<sup>4</sup> ובתקנות התקנת מוליכים<sup>6</sup> במילים הבאות:

"מקום שבו התנאים או תהליכי העבודה מגדילים באופן ניכר את הסכנה של הלם חשמלי, שריפה, התמוצצות, או של פגיעות מכניות או כימיות למיתקן החשמל".

גם בתקנות הארקות ושיטות הגנה בפני חשמל<sup>7</sup> מוגדרת "סכנה מוגברת" בצורה דומה מאוד.

אם נבדוק לאיזו מן הסכנות המוגדרות לעיל יכולה ריצפה מוליכה להביא, נגיע למסקנה שהאפשרות היחידה העומדת לבדיקה נוספת היא הלם חשמלי. עכשיו נראה מה טיב הריצפות המקובלות בארץ, ריצפת מרצפות, ריצפת בטון, ריצפת קרסו וכו'. הן כולן בגדר "ריצפות מוליכות", כי התנגדותן אל הארקה היסוד היא, בדרך כלל, זניחה, אפילו בהשוואה להתנגדות עור האדם.

רק ריצפת עץ או ריצפה מכוסה בשטיח מתקרבת למושג של ריצפה מבודדת.

בתקנות החשמל (מיתקני חשמל כאתרים רפואיים) העומדות לפני פרסום בתחשים הקרובים, מוגדרת ריצפה אטו סטטית מוליכה כריצפה, שהתנגדותה לפס השוואת הפוטנציאלים לא עולה על 1 מגהאום, כשהיא יבשה, ולא תרד מתחת ל-10 קילואום כשהיא רטובה. כל ריצפה רגילה בכתים המקובלים בארץ היא, איפוא, בגדר ריצפה מוליכה מאוד, כי התנגדותה בוודאי פחותה בהרבה מ-10 קילואום, ובדרך כלל נמצאת בגדר אהמים אחדים בלבד.

המסקנה מרביתם המכריע של מיתקני החשמל בארץ נמצאים במקומות עם "ריצפה מוליכה" ואין הם נחשבים כמאתקנים במקום של סכנה מוגברת.

פסיקת הוועדה היתה, איפוא, "ישריצה מוליכה", כשלעצמה, אינה מהווה סיבה לסכנה מוגברת. הסכנה היא לא כטיב הריצפה אלא בקיום האפשרי של הפרשי פוטנציאלים בינה לבין חלקי מתכת שונים במיתקן. מכאן החשיבות של השוואת פוטנציאלים במיתקן.

## לוחות חשמל דירתיים

### הבעיה

על פי תקנה 27(ב) של תקנות החשמל (כללים להתקנת לוחות במתח נמוך<sup>2</sup>) החדשות יש למקם לוח דירתי בתוך הדירה ולא מחוצה לה, כגון בחדר המדרגות, כמקובל עד עתה, והלוח יהיה מחוץ פלסטי, כבה מאלוי.

התכנון האדריכלי אינו מאפשר תמיד התקנת הלוח בתוך הדירה. כמו כן, בדירות גדולות, שבוך יש מיתקן למיווג אוויר ו/או נטרטור פרטי, צריך להתקין לוחות מתכת.

אולי רצוי לשנות את הדרישה בתקנות?

### תשובת הוועדה

ההחלטה להעביר את הלוח הדירתי אל תוך הדירה נבעה הן משיקולים בטיחותיים והן משיקולים בטחוניים, שניהם כבדי משקל. נוסף להם יש השיקול של נוחיות בטיפול בלוח כשנמנעת יציאה לפרוזדור או לחדר המדרגות – לעיתים במרחק חצי קומה מהדלת – כדי להחליף נתיך או לסגור מפסק במקרה של תקלה. אין ספק שאדריכלים יתרגלו למחשבה שיש להקציב מקום נאות ללוח החשמל, כפי שמקציבים מקום לכל יתר השירותים בבית. ביור לנו גם שתמיד אפשר להרכיב לוח, גם בגודל של לוח למיתקן דירתי גדול יותר מהרכבים של קופסאות פלסטיות מחומר כבה מאלוי.

הוועדה היתה ערה לעובדה שתיכנון דירות חדשות יצטרך להתאים להבא לדרישה הנוספת של מיקום הלוח בפנים הדירה, ולכן הקציבה שנתיים ימים מיום פרסום התקנות לתחילת התקנה 27 (ב).

התקנה תיכנס לתוקפה ביום 17.6.1993. ראוי שגם החשמלאים ייערכו לכך.



# נתיכים למתח נמוך מבנה, סוגים ואופן פעולה

אינג' אייל גבאי

הנתיך הוא אחד ממרכיבי הציוד הבסיסיים בחשמל, ומשמש אחד מאמצעי ההגנה על מיתקני חשמל בפני זרמי קצר ועומס יתר. השימוש בנתיכים החל כבר לפני כ-120 שנה. במשך השנים חלה התפתחות בנושא הנתיכים, החל מחוט נחושת פשוט הניתך עקב חימום יתר בעת מעבר זרם גבוה דרכו, ועד לנתיכים מורכבים יותר המועלים על אותו עיקרון. אף על פי שהנתיך הוא אמצעי ההגנה היוותיק ביותר בפני זרמי קצר ועומס יתר, נותרו לו עדיין תחומי שימוש רחבים.

בציוד תעשייתי וברשתות לחלוקת חשמל, הנתיך משמש הגנה ראשונית בפני תופעות של קשת חשמלית, זרמי קצר ודליקות הנגרמות מהתחממות יתר, בגלל זרמים בעוצמה גבוהה הזורמים בפרקי זמן ארוכים מהמותר. לעומת זאת, במיתקני חשמל ביתיים המפסק האוטומטי הועיר (מא"ז) הולך ותופס את מקומו של הנתיך.

במאמר זה מתוארים מבנים של סוגי נתיכים שונים המיועדים לשימוש במתח נמוך תוך התייחסות לפריטים המרכיבים את הנתיכים לסוגיהם, התיפקוד של הנתיכים ניתן לסיווג על פי עקומות זרם-זמן אופייניות ולאופן תיפקודם של הנתיכים במצבי פעולה שונים.

במהירות ואיכות המגע אינה תלויה במפעיל. בטיחות המפעיל בפני מגע מקרי בחלקים חיים משגת על ידי דית התקנה או על ידי מכסים נוספים.

סי להקטין את איבודי ההספק ואת עליית הטמפרטורה בבסיס הנתיך, יש להשתמש בהתקנים בהם מספר מעברי הזרם הוא מיוערי, כלומר מספר נקודות המגע הקיימות בין מגע התרמיל לבין המהדקים הוא מיוערי.

לרוב, בסיסי הנתיכים מוגנים מפני גנישה מקרית בחלקים חיים באמצעות מבנה סגור. במקרים אלה קיים איזורור מתאים לנתיך, שהרי סגירה הרמטית מוחלטת עלולה לגרום לסדקים ולהזדקנות של החומרים הסינתטיים המשמשים לייצור הנתיך.

## תרמיל הנתיך

התרמיל הוא חלק הנתיך, שבתוכו נמצא האלמנט הניתך ואותו יש להחליף באחד לאחר מעולת הנתיך.

האלמנט הניתך הנמצא בתוך התרמיל מכוסה בחול כיבוי, שתפקידו לכבות את הקשת החשמלית הנוצרת כתוצאה מציתוק בגלל זרם קצר או זרם יתר, לקלוט את החום ולהקרין אותו לסביבה החיצונית. חול הכיבוי מורכב בעיקר מחול קורץ עם גרזים בגודל מגדר.

הפריט שאותו יש להחליף במקרה של מעולת הנתיך (התרמיל).

בסיס הנתיך חייב לעמוד באיבודי האנרגיה הנצרים באלמנט הניתך ולעמוד בטמפרטורות הגבוהות היכולות להתפתח לאחר הניתוק, וזאת מבלי להעלות את התנגדות המגע ולהחליש את כוחות המגע.

קיימים שני סוגים של בסיסי נתיכים, שהוכיחו את עצמם:

- בסיס הבנוי ממגעים מתוברגים.
- בסיס הבנוי ממגעים קפיציים.

## בסיס הבנוי ממגעים מתוברגים

מעבר הזרם נעשה בין מגעים שטוחים, כוחות המגע מושגים על ידי הברגה. לפיכך, שטחי המגע אינם גורמים באופן מעשי לאיבודי אנרגיה. החיסרון של בסיס מסוג זה טבע מכך שטיב המגע, ומכאן אורך החיים של הבסיס, תלויים בפעולת הידוק הברג, כלומר במפעיל.

## בסיס הבנוי ממגעים קפיציים

מעבר הזרם נעשה בין חלקי מגע הקבועים בצד אחד ומגע קפיצי נע בצד האחר של המגע. חלקי המגע הקפיצי מסתייעים בקפיצים, שאינם נושאים זרם. החלפת תרמיל יכולה להיעשות

## מבנה הנתיך למתח נמוך

תקן ישראלי ת"י 230, "נתיכים למתח נמוך: דרישות כלליות", מגדיר את הנתיך באופן הבא:

נתיך - החלק המפסיק את זרם המעגל, שהוא חלק ממנו, על-ידי התכת רכיב אחד או יותר, שתוכננו במיוחד למטרה זו, כאשר הזרם במעגל גדול במשך זמן מספיק ארוך מהערך שנקבע מראש."

קיימים סוגים שונים של נתיכים למתח נמוך. אופן התיפקוד של הפריטים הבסיסיים המרכיבים את הנתיכים השונים, חזמה:

- נתיך למתח נמוך מורכב משלושה חלקים עיקריים:
- בסיס הנתיך.
- תרמיל הנתיך.
- נושא התרמיל.

## בסיס הנתיך

בסיס הנתיך הוא החלק הקבוע בנתיך והוא מצויד בהדקים, שאליהם מתחבר

אי גבאי - המחלקה ליישול הנריכה, אף השיווק והצרכנות, חברת החשמל



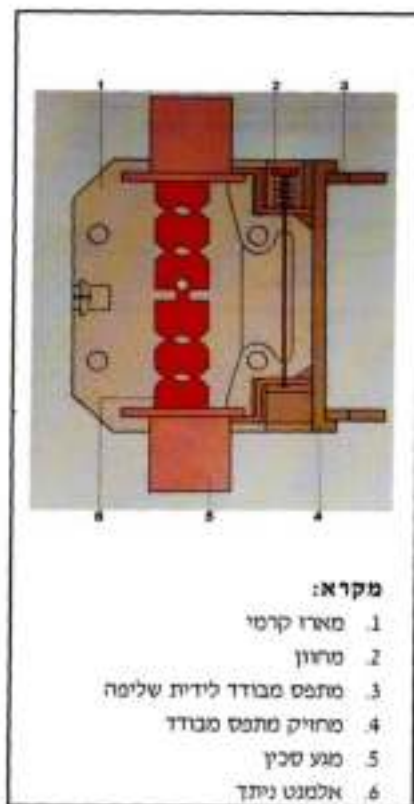
התרמיל בלבד, כאשר מתבצעת הרחבה של מערכת חשמליות במיתקן.

### טבלה 1

התאמת תרמיל נתיכים במתח נמוך (500 V.a.c.) בעלי כושר ניתוק גבוה לבסיסי נתיכים

גודל תרמיל	זרם נקוב (באמפר)	
	הבסיס	התרמיל
00	160	מ"מ 6 עד 160
0	160	מ"מ 6 עד 160
1	250	מ"מ 35 עד 250
2	400	מ"מ 80 עד 400
3	630	מ"מ 315 עד 630
4a	1,250	מ"מ 500 עד 1,250

איור 2 מציג חתך סכמטי של סוג מסוים של תרמיל המותקן בנתיך שליפה במתח נמוך בעל כושר ניתוק גבוה.



#### מקרא:

1. מארז קרמי
2. מחוון
3. מתפס מבודד לידית שליפה
4. מחווק מתפס מבודד
5. מגע סכין
6. אלמנט ניתך

### איור 2

חתך סכמטי של תרמיל של נתיך שליפה בעל כושר ניתוק גבוה

שהאלמנט ניתך, נפלט כפתור מתכתי הנופל לתוך כיס מיוחד במכסה הנתיך. מגעון חייווי זה פועל באמינות גבוהה ביותר.

### נושא התרמיל

חלק נייד של הנתיך המיועד להוביל את התרמיל בבסיס הנתיך. נושא התרמיל מותאם לבסיס הנתיך לסוגו.

### סוגי מבנים של נתיכים במתח נמוך

במהלך השנים חלה התפתחות במבנה הנתיכים הנפוצים. סוגי המבנים של נתיכים במתח נמוך הנמצאים בשימוש כיום הם:

- נתיכי שליפה (נתיכים עם מגעי סכין), בעלי כושר ניתוק גבוה.
- נתיכים מתוברנים.

### נתיכי שליפה

#### (נתיכים עם מגעי סכין)

בנתיכי שליפה חיבור התרמיל לבסיס הנתיך מבוצע באמצעות מגעים קפיציים. הכנסת התרמיל לבסיס הנתיך מבוצעת באמצעות ידית מתאימה היכולה להיות עם שרוול בידוד או ללא שרוול בידוד, תלוי בסוג התרמיל.

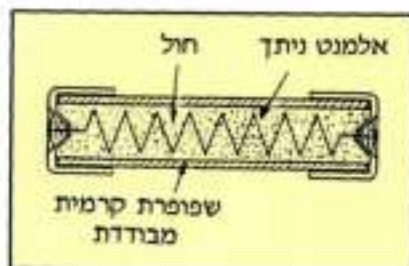
תחזוקת נתיכים מסוג זה מותרת אך ורק לחשמלאים מיומנים. הסיבות העיקריות לכך הן:

- מבנה הנתיך אינו מבטיח הגנה מושלמת בפני מגע מקרי בחלקים חיים, אם כי במצב תיפעול רגיל הנתיך מותקן מאחורי דלת, מחיצה או מכסה.
- לא ניתן למנוע החלפה בשגנה בין תרמילים בעלי מבנה פיזי זהה, אך בעלי אופייניים וכושר ניתוק שונים.

קיימים שישה גדלים פיזיים עיקריים של נתיכי שליפה ולהם מותאמים תרמילים בעלי זרמים נקובים שונים (טבלה 1). קיימת חפיפה בין תחומי הזרמים, כך שבמקרים רבים לאותו ערך זרם נקוב מתאימים שניים עד ארבעה גדלים פיזיים שונים של תרמילים. הדבר מפשט את התיכונן ומאפשר התאמת זרם

התרמיל עשוי מחומר קרמי, בעל מוליכות חום גבוהה. מבנה התרמיל מתוכנן לעמוד בלחצים פנימיים גבוהים, כיוון שבמהלך שריפת האלמנט הנתיך, טמפרטורת התרמיל יכולה להגיע עד 300°C ועלולים להיווצר בתוכו גלי לחץ.

באיור 1 מוצג מבנה טיפוסי של תרמיל.



### איור 1

#### מבנה טיפוסי של תרמיל

חלק נוסף השייך לתרמיל הוא המחוון. זהו התקן הנמצא על התרמיל ומיועד להראות אם הנתיך פעל. חשוב לציין, שרק בדיקת מתח מעשית של תרמיל מותקן מצויינת בודאות אם התרמיל הנבדק הוא תקין, או שהאלמנט הנתיך מותך ומנותק.

קיימים שני סוגים של מחוונים:

- מגעון חייווי המכיל כפתור חייווי אדום, המוחזק באמצעות חוט המחובר במקביל לאלמנט הנתיך. כאשר האלמנט הנתיך מותך, חוט זה מותך אף הוא ומשחרר את כפתור החייווי האדום. כדי לשפר את פעולת השחרור, יצרנים אחדים מגבירים את סח השחרור באמצעות קפיץ מתכתי, ואילו יצרנים אחדים משתמשים בלחץ הקשת הנוצרת בעת הניתוק, כדי לשחרר את כפתור המחוון.
- מגעון חייווי הנמצא בשימוש רחב יותר מורכב על מכסה התרמיל והוא מכיל קפיץ שטוח או כפתור חייווי מתכתי, המציינים את מצבו של הנתיך.

בנתיכים המיועדים לשימוש בתעשייה, המיוערים על ידי חברות אחדות, מחוון קפיצי שטוח המותקן בראש הנתיך מוזה כלפי מעלה לאחר שהאלמנט ניתך. התוזה כלפי מעלה מהווה חייווי למצב הניתוק. בנתיכים המיועדים לשימוש ביתי, לאחר



## נתיכים מתורגים

בנתיכים מסוג זה התרמיל מתחבר לבסיס הנתיך באמצעות מכסה מתברג המשמש נושא התרמיל. נתיכים אלה מבטיחים הגנה בפני מגע מקרי ומונעים שימוש שגוי בתרמילים, שאינם מיועדים לנתיך, מבחינת הזרם הנקוב. לפיכך, התחוקה של נתיכים אלה מותרת להשמלאים שאינם מיומנים.

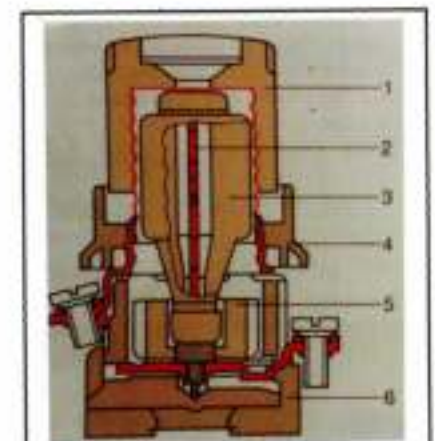
קיימים שני סוגים של נתיכים מתורגים:

- נתיך מתורג מסוג "D".
- נתיך מתורג מסוג "DO".

## נתיך מתורג מסוג "D"

בנתיכים מתורגים מסוג "D", מורכב רכיב התאמה על משטח המגע התחתון של הנתיך. רכיב התאמה זה מבטיח שימוש בתרמיל בעל זרם נקוב בהתאם לנדרש ומונע אפשרות שימוש בתרמילים אחרים בגלל חוסר התאמה מכני.

המבנה הסכמטי של נתיך מתורג מסוג "D" מוצג באיור 3.



### סקרא:

1. מכסה מתורג
2. אלמנט נתיך
3. תרמיל
4. מכסה מגן
5. רכיב התאמה
6. בסיס הנתיך

איור 3

מבנה סכמטי של נתיך מתורג מסוג "D"

נתיכים מסוג "D" מיוצרים במספר גדלים. לערכי זרם נקוב מ"2 עד 100 אמפר ומתח של 500 V (a.c.) מתאימים שלושה גדלים – DII, DIV ו-DII. לערכי זרם נקוב מ"2 עד 63 אמפר במתח של 600 V (a.c.) או 600 V (d.c.) מתאים רק נתיך בגודל אחד – DIII. אין חפיפה בין תחומי הזרמים השונים המאפיינים כל גודל של נתיך, אולם על ידי הכנסת רכיב התאמה ניתן להשתמש, למשל, בתרמיל מגודל DII בבסיס מסוג DIII.

## נתיך מתורג מסוג "DO"

התקן הישראלי ת"י 1070 דן בנתיכים מסוג זה. נתיכים אלה דומים במבנה לנתיכים מסוג "D", אולם הם סגורים יותר ומתאימים מבחינת הגדלים להתקנות המקובלות כיום. ניתן להשיג נתיכים אלה בשלושה גדלים D01, D02 ו-D03, עבור ערכי זרם נקוב מ"2 עד 100 אמפר במתח חילופין של 380 וולט או במתח ישר של 250 וולט.

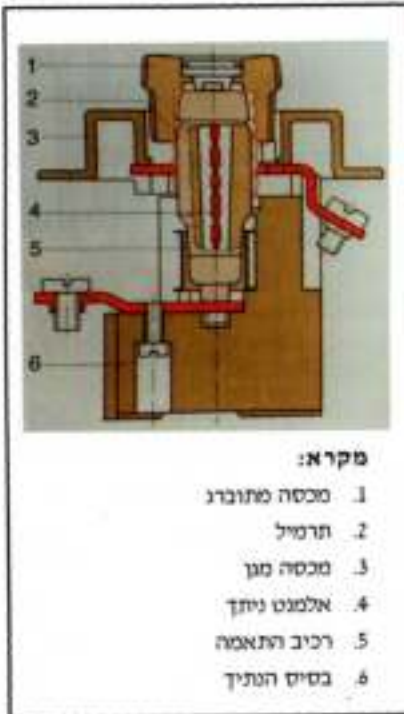
המבנה הסכמטי של נתיך מסוג זה מוצג באיור 4.

הנתיכים המתורגים משני הסוגים – מסוג "D" ומסוג "DO" – מופיעים בצבעים שונים. הצבע נקבע בהתאמה לערכים של הזרם הנקוב. החלק הצבוע בנתיך הוא רכיב ההתאמה והמחזור (ראה טבלה 2).

### טבלה 2

קוד הצבעים עבור תרמילים מסוג "D" ו-"DO"

גודל התרמילים מסוג "D"	הצבע	זרם [אמפר]	גודל התרמילים מסוג "DO"
D 01	ורוד	2	D O1
	חום	4	
	ירוק	6	
	אדום	10	
	אפור	16	
D 02	כחול	20	D O2
	צהוב	25	
	שחור	35	
D 03	לך	50	D O3
	נחושת	63	
	כסף	80	
	אדום	100	



### סקרא:

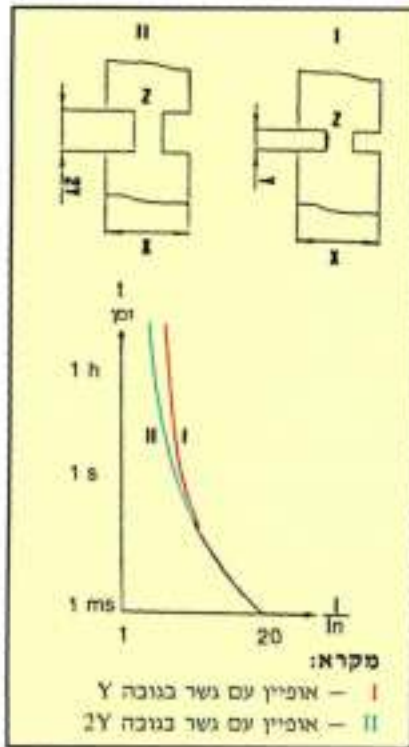
1. מכסה מתורג
2. תרמיל
3. מכסה מגן
4. אלמנט נתיך
5. רכיב התאמה
6. בסיס הנתיך

איור 4

מבנה סכמטי של נתיך מתורג מסוג "DO"

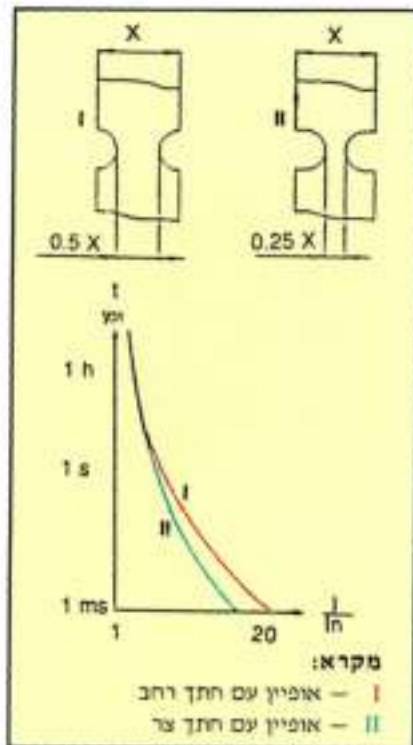
## האלמנט הניתך – מבנה ותכונות

האלמנט הניתך הוא חלק של הנתיך המיועד להתכה כאשר זרם דרך הנתיך זרם קצר או זרם יתר.



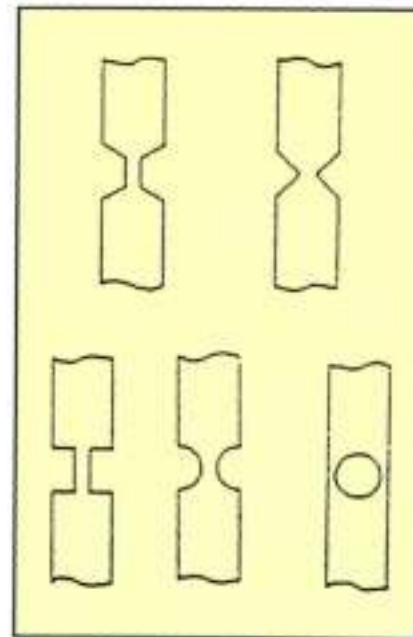
איור 6

השפעת גובה הגשר על אופיין הנת"ך



איור 7

השפעת שטח החתך של הגשר על אופיין הנת"ך



איור 5

צורות שונות של גשרים

### השפעת גובה הגשר על אופיין הנת"ך

השפעת גובה הגשר על אופיין הנת"ך באה לידי ביטוי בעיקר בעומס יתר. ככל שגובה הגשר גדול יותר, בעומס יתר האלמנט הנת"ך מגיב במרק זמן קצר יותר.

איור 6 מציג שני גשרים בעלי גבהים שונים ושני אופייני זרם-זמן המתאימים להם.

### השפעת שטח החתך של הגשר על אופיין הנת"ך

השפעת שטח החתך של הגשר על אופיין הנת"ך באה לידי ביטוי בעיקר בזרם קצרי. ככל ששטח החתך גדול יותר, פליטת החום לסביבה גדולה יותר, ולכן האלמנט הנת"ך מגיב באופן איטי יותר.

איור 7 מציג שני גשרים בעלי שטחי חתך שונים ושני אופייני זרם-זמן המתאימים להם.

שילוב של סוגים שונים של גשרים מאפשר קבלת מיוגון רחב של אלמנטים ניתכים בעלי תכונות שונות, ובכך ניתן ליצור סוגים שונים של נת"כים המתאימים להגנה על עומסים מסוגים שונים.

אופן התגובה של האלמנט הנת"ך למעבר זרם דרכו תלויה בגיאומטריה שלו ובחומרים מהם הוא עשוי. בדרך כלל, האלמנטים הניתכים עשויים מנחושת אלקטרווליטית או מכסף. לעיתים נדירות משתמשים בנחושת מצופה כסף.

מבנה האלמנט הנת"ך הוא מורכב ומתוכנן בהתאם לסוג העומס שעליו הוא מיועד להגן. האלמנט הנת"ך בנוי מסוגים שונים של גשרים בעלי אופיונים שונים, המאפשרים לשלוט על אופן פעולתו של האלמנט הנת"ך, ובכך לאפשר את התאמתו לסוג העומס שעליו להגן.

שך הזרם הנקוב של הנת"ך תלוי גם בשטח החתך של האלמנט הנת"ך. כאשר מוחנים אלמנטים ניתכים בעלי מבנה זהה ושטחי חתך שונים, מוצאים שיחס הזרמים הנקובים שווה בערך ליחס שטחי החתך. לכן, הרכבה במקביל של מספר אלמנטים ניתכים בתוך תרמיל אחד מאפשרת את הנדלת הזרם הנקוב המותר.

### גשרים לסוגיהם

אופיין הנת"ך מושפע מהגשרים הנמצאים לאורכו של האלמנט הנת"ך. הסוגים השונים של הגשרים מאפשרים לשלוט על מהירות תגובתו של הנת"ך. לדוגמה, גשרים עגולים נורמים לתגובה איטית במקרה של קצר, בעוד שגשרים ארוכים נורמים לתגובה מהירה במקרה של עומס יתר.

הנת"כים מתחלקים מבחינת מהירות התגובה, לחמש קבוצות:

- מהירה מאוד.
- מהירה.
- איטית/מהירה.
- איטית.
- איטית מאוד.

איור 5 מציג גשרים בעלי צורות שונות.

אופיין זרם-זמן של הנת"ך מושפע בעיקר משני גורמים:

- גובה הגשרים.
- שטח החתך של הגשרים.



■ עומס יתר הזורם דרך אלמנט ניתך, שעליו יש בדיל הלחמה, גורם לתהליך דיפוזיה בלתי הפיך של הבדיל. אם זרם היתר נפסק, תהליך הדיפוזיה נעצר וזרם היתר הבא שיזרום דרך האלמנט הניתך ימשיך את תהליך הדיפוזיה. לכן, לעיתים, קורה שעומס יתר לפרק זמן קצר בלבד גורם להתכת הניתך, כיוון שרובו של תהליך הדיפוזיה של הבדיל לתוך האלמנט הניתך התרחש, בשלבים, בעבר.

### תיפקוד הניתך

זרם חשמלי הזורם דרך ניתך גורם לעליית הטמפרטורה של האלמנט הניתך. התנגדותו של פריט זה נבוהה יותר מהתנגדותו של מרכיבי המעגל השונים, ולכן הוא מתחמם לטמפרטורה נבוהה יותר מזו של מרכיבי המעגל האחרים.

אופן תיפקודו של הניתך מתחלק לשלושה מצבים:

- תיפקוד בתחום הזרם הנקוב.
- תיפקוד בעומס יתר.
- תיפקוד בזרם קצר.

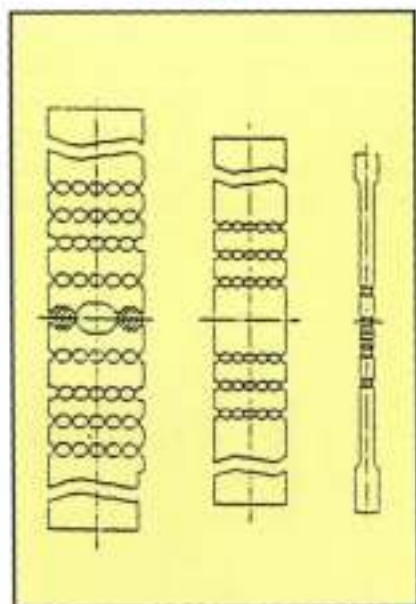
### תיפקוד בתחום הזרם הנקוב

בתנאי פעולה רגילים של הניתך, כאשר הזרם הזורם דרכו קטן מהזרם הנקוב, האלמנט הניתך מתחמם בצורה הדרגתית. הטמפרטורה הנבוהה ביותר מתקבלת במרכז האלמנט הניתך, ככל שמתרחקים ממרכזו של האלמנט הניתך, הטמפרטורה נמוכה יותר. במצב פעולה זה, כושר פיזור החום של האלמנט הניתך ושל התרמיל מביטיחים שהטמפרטורה הנבוהה ביותר שתימדד באלמנט הניתך תהיה נמוכה מטמפרטורת ההתכה שלו. לכן, במצב זה, הניתך יכול לפעול באופן תקין כמעט ללא הגבלת זמן.

באיור 10 (עקומה 1) מוצג מהלך של הטמפרטורה לאורכו של האלמנט הניתך, כאשר הזרם הזורם דרך האלמנט הניתך קטן מערכו של הזרם הנקוב או שווה לו.

### תיפקוד בעומס יתר

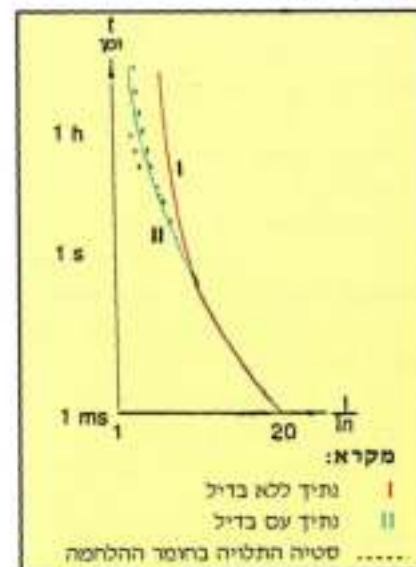
עלייה בעוצמת הזרם הזורם דרך הניתך גורמת לעלייה בטמפרטורה של האלמנט



איור 8  
אלמנטים ניתכים של נתיכים במתח נמוך

### חשוב להדגיש:

■ כאשר דרך ניתך זורם מתח הנמוך מהזרם הנקוב שלו, הטמפרטורה של האלמנט הניתך היא מתחת ל- $100^{\circ}\text{C}$ . בטמפרטורה זו לא מתרחש תהליך דיפוזיה. תהליך זה מתחיל רק מעל טמפרטורת ההיתוך של בדיל ההלחמה שהיא כ- $170^{\circ}\text{C}$ .



איור 9  
אופיין של ניתך עם נקודות בדיל הלחמה ובלעדיון

באיור 8 מוצגים מספר אלמנטים ניתכים של נתיכים במתח נמוך.

### השפעה של הלחמת בדיל רך על האלמנט הניתך

עומס יתר הזורם דרך האלמנט הניתך של ניתך גורם להגדלת ההתנגדות שלו וכתוצאה מכך לעליית הטמפרטורה שלו, כאשר הטמפרטורה של האלמנט הניתך מגיעה לטמפרטורת ההתכה שלו הוא ניתך, וכך הוא מפסיק את זרימת הזרם במעגל.

כדי להאיץ את מהירות התגובה של הניתך בעומס יתר, ניתן להוסיף על האלמנט הניתך חומר אקטיבי, לדוגמה, בדיל הלחמה רך.

עומס יתר הזורם דרך אלמנט ניתך, שעליו יש חומר אקטיבי, גורם לתהליך דיפוזיה של החומר האקטיבי לתוך האלמנט הניתך. תהליך זה גורם להגדלת ההתנגדות של האלמנט הניתך ובכך לעליית הטמפרטורה בקצב מואץ, עד להתכתו של האלמנט הניתך. תוספת של נקודות בדיל הלחמה לאורכו של האלמנט הניתך גורמת להפחתה משמעותית של טמפרטורת ההתכה שלו.

בעוד שטמפרטורת ההתכה של אלמנט ניתך מנוחשת היא  $1080^{\circ}\text{C}$  ושל אלמנט ניתך מכסף היא  $960^{\circ}\text{C}$ , הרי שטמפרטורת ההתכה של אלמנט ניתך המכיל נקודות בדיל לאורכו יכולה לרדת אפילו עד  $220^{\circ}\text{C}$ .

לדוגמה, בעומס יתר הגדול פי 1.6 מהזרם הנקוב של הניתך, תוספת בדיל הלחמה על האלמנט הניתך גורמת להקטנת זמן ההתכה ממספר דקות למספר שניות.

איור 9 מציג את השינוי שחל באופיין הניתך כתוצאה מתוספת בדיל הלחמה על האלמנט הניתך.

שימוש בחומרי הלחמה שונים מבדיל מאפשר לשנות את תכונות הניתך. בעבר השתמשו באלמנט ניתך מנוחשת ובבדיל הלחמה. שילוב זה הביא לטמפרטורת התכה של  $400^{\circ}\text{C}$ . כאשר האלמנט הניתך הוא מכסף ומוסיפים בדיל הלחמה, ניתן להגיע לטמפרטורת התכה של  $220^{\circ}\text{C}$ .

כיום משתמשים באלמנט ניתך מנוחשת בשילוב עם סגסוגת הלחמה ומגיעים לטמפרטורת התכה של  $220^{\circ}\text{C}$ .



R מוליכים למחצה.

B מיתקני כרייה.

Tr שנאים.

### סוגי התרמילים הנמצאים בשימוש:

gL תרמיל לתחום שלם להגנת כבלים ותיילים.

gM תרמיל לתחום שלם להגנת מעגלי מנועים.

aM תרמיל הגנת מעגלי מנועים בפני זרם קצר.

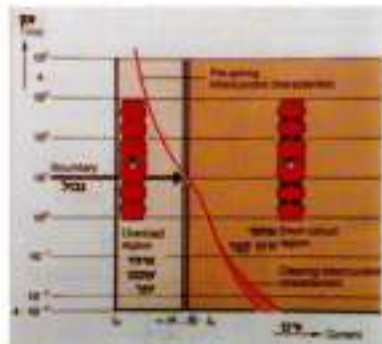
gR תרמיל לתחום שלם להגנה על מוליכים למחצה.

aR תרמיל להגנה על מוליכים למחצה בפני זרם קצר.

gB תרמיל לתחום שלם להגנת מיתקני כרייה.

gTr תרמיל לתחום שלם להגנת שנאים.

קיימים נתיכים שונים המאפיינים על ידי אופייני זרם-זמן שונים המיועדים להגנה על מיתקנים שונים. תרמילים זהים יכולים להיות בעלי אופייני זרם-זמן שונים. הדבר תלוי באופן תיכנון האלמנט הניתך. באיור 11 מוצג אופיין זרם-זמן טיפוסי של תרמיל.



איור 11  
אופיין זרם-זמן של תרמיל מסוג gL.

סוגי התרמילים השונים מסומנים באמצעות צידוף של שתי אותיות.

האות הראשונה מציינת את תחום המעלה של התרמיל מבחינת הזרמים, והיא g או a.

**תרמיל g** – תרמיל המיועד לפעול בתחום זרמים שלם, כלומר תרמיל מסוג זה משמש הגנה בפני זרם קצר ועומס יתר ומסוגל לשאת זרם מתמיד לפחות עד הזרם הנקוב. התרמיל מסוגל להפסיק, בתנאים מוגדרים, זרמים המבויאים להתכת האלמנט הניתך עד לזרם בגובה כושר הניתוק הנקוב שלו.

**תרמיל a** – תרמיל ניבוי המשמש הגנה בפני זרם קצר מסוגל לשאת זרם מתמיד לפחות עד הזרם הנקוב. הוא מסוגל להפסיק, בתנאים מוגדרים, זרמים שבין הזרם הנמוך ביותר המצוי באופיין זרם-זמן שלו ועד לזרם לפי כושר הניתוק הנקוב שלו.

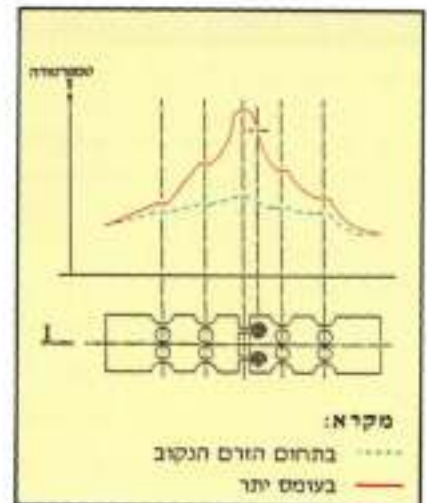
האות השנייה מציינת את סוג העומס שעליו התרמיל מיועד להגן, כאשר:

L כבלים ותיילים.

M מעגלי מנועים.

הניתך ושל התרמיל. עוצמת הזרם, כושר פיזור החום של האלמנט הניתך ושל התרמיל וטמפרטורת הסביבה קובעים את הטמפרטורה אליה יגיע האלמנט הניתך ולאחר כמה זמן. כאשר טמפרטורת האלמנט הניתך מגיעה לטמפרטורת ההתכה שלו, הוא ניתך ומפסיק את זרימת הזרם במעגל.

איור 10 (עקומה 2) מציג את הטמפרטורה הנוצרת לאורכו של האלמנט הניתך כאשר זרם יתר זורם דרכו.



איור 10  
הטמפרטורה לאורכו של האלמנט הניתך בתחום הזרם הנקוב ועומס יתר.

### תיפקוד בזרם קצר

עלייה פתאומית של הזרם הזורם דרך האלמנט הניתך בעת קצר גורמת להתכת הנשרים של האלמנט הניתך. הדבר מתרחש כמו בהתפוצצות לכל אורכו של האלמנט הניתך ובמשך מספר מילישניות.

### יעודם של תרמילי נתיכים במתח נמוך

האופן שהניתך מתפקד מתואר על ידי היצרנים באמצעות אופיין זרם-זמן, המתאר את משך הזמן הנדרש עד להתכתו של האלמנט הניתך בזרמים השונים, תוך התייחסות לטמפרטורת הסביבה האופפת את הניתך.

### סיכום

היתרוטת המאפיינים את הנתכים הם:

- מבנה פשוט וממדים קטנים יחסית.
- החלפת תרמיל פגום מבוצעת בקלות.
- צורך מוערך בטיפול ובאחזקה.
- עלות נמוכה ביחס לציוד הגנתי אחר.

החסרונות המאפיינים את הנתכים מתייחסים לאמינות הפעולה של הנתכים והם:

- התאמת הניתך לאופייני העומס המוגן (מוליכים ציוד חשמלי וכ"ו) מבוצעת בצורה מקורבת בלבד.
- אין אפשרות לכווץ את זרם הניתוק של הניתך, דבר הגורם לפגיעה בסלקטיביות בין נתיכים המחוברים בטור.

חסרונות אלה הובילו ליצור של מפקדי זרם אוטומטיים לסוגיהם ומיסרי הגנה ולשילובם במיתקני חשמל.

קיימת תחרות בין הנתכים לבין אמצעי ההגנה האחרים. הבחירה באמצעי הגנה המתאים לשימוש במיתקן חשמל נקבעת לפי שיקולים טכניים וכלכליים.





# תחזוקה מונעת של שנאי חלוקה

אינג' אנטולי ליברמן

אחד הפריטים החשובים במערכת אספקת החשמל הוא שנאי החלוקה (Distribution Transformer), המכונה גם שנאי רשת. ברשתות חלוקה במתח של 6.3 ק"ו, 12.6 ק"ו, 22 ק"ו ו-33 ק"ו מותקנים יותר מ-22,000 שנאים, רובם ברשת החשמל של חברת החשמל, וחלקם במערכות חלוקה פרטיות של מפעלים, מוסדות, קיבוצים וכו'.

מאחר שמספר הצרכנים המקבלים הזנה מחברת החשמל במתח גבוה הולך וגדל, הם נדרשים לדאוג לתחזוקה של רשת המתח הנבנה שברשותם, על כל חלקיה.

תקלה כלשהי בשנאי עלולה לגרום להפסקת חשמל ממושכת למספר גדול של צרכנים, ולכן תחזוקה מונעת של השנאי חשובה מאוד, הן להבטחת תהליכי הייצור במפעלים והן לאספקת שירותים שונים.

מאמר זה סוקר דרכי הטיפול בשנאי חלוקה, לאור הניסיון שנרכש בחברת החשמל ובהתאם לדרישות יצרני השנאים. צרכנים המעוניינים בכך יוכלו להסתייע במידע שבמאמר זה, כדי לגבש את תהליך התחזוקה של השנאים שבבעלותם, בנוסף ובכפוף להוראות המיוחדות של היצרנים.

## הקדמה

סקירה רחבה על מבניהם של שנאי רשת מסוגים שונים ניתנה במאמרו של אינג' ני פלג, "שנאי רשת עבר, הווה ועתיד", שהתפרסם ב"התקע המצדיע" מס' 43 – ספטמבר 1989.

מאמר זה דן בשני הסוגים העיקריים של השנאים הנמוצים ביותר כיום:

■ שנאים הטבולים בשמן מינרלי (עם מיכל התפשטות או אטומים).

■ שנאים היצוקים באפוקסי (שנאים יבשים).

בתקופה שהשנאי נמצא בשימוש חלים בו שינויים הנובעים מהתנפעות הבאות:

■ תהליך ההתיישנות של חומרי הבידוד.

■ התחממות עקב עומס יתר.

■ מגיעה בתכונות הדיאלקטריות של חומר הבידוד כתוצאה מחדידת רטיבות ומזהמים אחרים, כגון: מלחים, נוים של חומצות תעשייתיות, אבק וכו'.

לפיכך, כדי לשמור על תקינות השנאי ועל אורך חייו, מומלץ לבצע בכל שנאי בדיקות וטיפולים תקופתיים.

תדירות הטיפולים התקופתיים נקבעת לפי האיזור האקלימי, שבו מותקנים שנאי הרשת של חברת החשמל. מפת ארץ ישראל (איור 1) חולקה לשני אזורים עיקריים, בהתאם לרמת הלחות הממוצעת השנתית בהם:

■ איזור I: איזור בעל רמת לחות גבוהה.

■ איזור II: איזור בעל רמת לחות נמוכה.

המעקב אחר מצב השנאי ותיכנון אחוקתו בצורה נכונה ויעילה מתבצע באמצעות ניהול כרטיס שנאי. בכרטיס זה מרוכז כל המידע על תחזוקת השנאי, הכולל בין היתר את הנתונים הבאים:

- תוצאות בדיקות קבלה של השנאי.
- מועדי הטיפולים וסוגי הטיפולים.
- תוצאות בדיקות שמן.
- תופשת ריחות.



איור 1

מפת חלוקת הארץ בהתאם לרמת הלחות

אי ליברמן – מחלקת תפעול אחוקה וצידוד רשת, הרשת הארצית, אגף השייחוק והמכרות, חברת החשמל



לורד. להבטחת פעולתו התקינה של השנאי מומלץ שהחלק הוורוד של הסיליקה גיל לא יעלה על 60 אחוז מתכולת הגליל.

מסע השמן קולט מזהמים מוצקים הנמצאים באוויר והסיליקה גיל סופח את אדי המים. השילוב הזה מבטיח, שהאוויר הנכנס לתוך השנאי יהיה נקי ויבש. בשל חשיבותו של נושם האוויר יש לבדוק את מצבו פעם בשנה, לפחות.

### תחזוקה מונעת – טיפולים ותדירות ביצוע

כאמור, התחזוקה המונעת של השנאי חשובה מאוד כדי למנוע תקלה כלשהי וכדי לשמור על אורך חייו. טבלה 1 מציגה את ההמלצות המתייחסות לסוגי הביקורות, לטיפולים בשנאי חלוקה הנמצאים בניצול ולתדירות ביצועם.

טבלה 1

#### הביקורות והטיפולים בשנאי חלוקה ותדירות ביצועם

שם הטיפול	איזור עם רמת לחות נמוכה	איזור עם רמת לחות גבוהה
ביקורת תקופתית בניצול ללא הפסקת מתח	פעם ב-3 שנים	פעם בשנה
בדיקת סיליקה גיל בנושם	פעם בשנה	פעם בשנה
בדיקת שמן	פעם ב-3 שנים	פעם ב-3 שנים
טיפול כאשר השנאי מופסק	פעם ב-6 שנים, או כאשר מתגלים חריגים בביקורת תקופתית או בבדיקות שמן	פעם ב-6 שנים, או כאשר מתגלים חריגים בביקורת תקופתית או בבדיקות שמן
טיפול בשנאים הנמצאים באחסנה	פעם ב-6 חודשים	פעם בשנה

### ביקורת תקופתית כאשר השנאי בניצול, ללא הפסקת מתח

ביקורת תקופתית, ללא הפסקת מתח, של שנאי חלוקה טבול בשמן בעל מיכל התפשטות בניצול, היא ביקורת חזותית של המריטים הבאים ומסרתה לוודא את קיום תנאי תקינות כפי שיפורט להלן.

#### מיכל

**תנאי תקינות:** אין סימני נוזלות שמן, אין סימני שיתוך (קרוויה) ואין סימני נפוחות בגוף המיכל.

#### שמן

**תנאי תקינות:** נובה השמן במיכל בתחום הדרוש, והטמפרטורה של השמן בתחום המותר.

#### נושם אוויר וסיליקה גיל

**תנאי תקינות:** כמות הסיליקה גיל שספח אדי מים – החלק הוורוד – אינו עולה על 60 אחוז מתכולת הגליל.

## אחזקת שנאי חלוקה טבול בשמן מינרלי בעל מיכל התפשטות

שנאי חלוקה הטבול בשמן מינרלי בעל מיכל התפשטות (Conservator) הוא הסוג הנפוץ ביותר בין שנאי החלוקה. החלקים העיקריים שלו מוצגים באיור 2.



איור 2

### שנאי חלוקה טבול בשמן בעל מיכל התפשטות

המאפיין את השנאי הזה הוא קיום מיכל התפשטות שמטרתו לאפשר לשמן להתפשט כאשר השנאי מתחמם, ולהחזירו לשנאי לאחר קירורו.

כאשר השמן מתפשט, האוויר ממיכל התפשטות נפלט החוצה, ולאחר שהשנאי מתקרר האוויר חוזר למיכל ידוע שהאוויר מכיל אדי מים ומזהמים שונים. כדי למנוע את חדירתם לתוך השנאי, מציידים את השנאי בנושם אוויר (אוויר 3). זהו התקן הכולל מסנן שמן וגליל המכיל חומר סופח לחות (היגרוסקופי) – סיליקה גיל. כאשר הסיליקה גיל סופח את אדי המים, צבעו מתחלף מכחול



מסנן סיליקה גיל

מסנן שמן

איור 3

### נושם אוויר



## מבדדים

**תנאי תקינות:** שלמים ואין סימנים למריצות.

### חיבורים למתח גבוה ולמתח נמוך

**תנאי תקינות:** אין סימני התחממות.

התחממות יתר של השנאי מקצרת את אורך חייו, ולכן חשוב למנוע מצב של התחממות יתר בשנאי, או להפסיק את פעולתו במקרים קיצוניים. טבלה 2 מציגה אבזרים ומחוונים המספקים חייו על מצב השנאי בניצול. ניתן להוסיף להם התקנים לפיקוד מרחוק, כך שהם יוכלו להתריע על מצבים חריגים המתרחשים בשנאי.

### טבלה 2

#### אבזרים ומחוונים המספקים חייו על מצב שנאי בניצול

המריט	
	<b>מד גובה שמן</b> מספק חייו על גובה השמן במיכל. ההתרעה מופעלת במצבים קיצוניים. גובה שמן מירבי או גובה שמן מיזערי.
	<b>מד חום</b> מספק חייו על טמפרטורת השמן במיכל. ההתרעה מופעלת כאשר יש התחממות יתר של השמן.
	<b>שסתום ביטחון בעל מגעים</b> משררר את הלחץ הנוצר בשנאי כתוצאה מתופעה חריגה הגורמת לעליית לחץ פתאומית. ההתרעה מופעלת בעת פעולתו.
	<b>מימסר בוכהולץ (Buchholz relay)</b> מפסיק את פעולת השנאי במקרים קיצוניים של פליטת גזים וחוסר שמן.

אבזרים נוספים המשמשים לחייו על טמפרטורת השנאי הם:

- סרטים המשנים את צבעם בהשפעת החום.
- מודבקים במקומות רגישים של השנאי, כגון: מיכל השנאי, הדקי מתח גבוה והדקי מתח נמוך.
- חישני חום עם אפשרות להתרעה על התחממות יתר.

### בדיקת השמן המינרלי בשנאי

בשנאי רשת טבול בשמן מינרלי בעל מיכל התפשטות, השמן משמש אמצעי בידוד ומאפשר להעביר את החום שנוצר בשנאי אל מעטפת השנאי, ומשם לסביבה. השמן המינרלי הוא בעל תכונות דיאלקטריות טובות ועלותו נמוכה, יחסית.

מאחר שלשמן יש חשיבות רבה, מומלץ לערוך בדיקות שמן למחות פעם ב-3 שנים. כדי להבטיח את האמינות של בדיקת השמן יש להקפיד על הכללים האלה:

- מוציאים שמן לבדיקה אך ורק כאשר השנאי "חם", כלומר השנאי בניצול. במצב זה הרטיבות, שנספגה בבידוד של סלילי השנאי, עוברת ברובה לתוך השמן.
  - לוקחים דגימה של שמן מהברז התחתון של מיכל השנאי. לפני לקיחת הדגימה מנקים את הכרו מבואץ ושופכים כמות קטנה של שמן כדי לנקות את הברז מבפנים.
  - משתמשים בבקבוקים נקיים ויבשים.
  - ממלאים את הבקבוק עד כ-95 אחוז מתכולתו, כליטר אחד. הוצאת השמן מהמיכל מתבצעת בצורה איטית כדי למנוע כניסת אוויר לשנאי. לאחר מילוי הבקבוק סוגרים אותו באופן הרמטי.
  - מצינים על תווית הבקבוק את דגם השנאי, מספרו ותאריך לקיחת הדגימה.
  - לסיום, בודקים את גובה השמן במיכל, ואם יש חוסר מוסיפים שמן.
- השמן בשנאי הנמצא בניצול צריך לענות על דרישות התקן הבינלאומי IEC-422, ובהתאם לכך אופייני השמן הנבדקים הם:
- מתח מריצה.
  - הימצאות מים.
  - חומציות.
- דרישות הבדיקה של אופייני השמן והמלצות לטיפול בליקויים מוצגות בטבלה 3.
- ככלל, בדיקת דגימת השמן מתבצעת במעבדה, אולם קיימים בשוק מכשירים ניידים המאפשרים לערוך בדיקת שמן של שנאים בשטח ובמקום ההתקנה של השנאי. לדוגמה, בדיקת מתח מריצה של שמן שנאים יכולה להתבצע באמצעות מכשיר מעבדתי (איור 4), או באמצעות מכשיר נייד, המופעל באמצעות סוללות נטענות (איור 5).



## טיפולים כאשר השנאי מופסק

הטיפולים המתבצעים בשנאי חלוקה טבול בשמן מינרלי עם מיכל התפשטות, כאשר הוא מופסק מוצגים בטבלה 4.

### טבלה 4

#### פירוט הטיפולים כאשר השנאי מופסק

מהות הטיפול	פירוט השנאי
<input type="checkbox"/> בדיקת נילולת שמן <input type="checkbox"/> הידוק ברגים <input type="checkbox"/> החלפת אטמים, לפי הצורך <input type="checkbox"/> צביעת השנאי	מיכל
<input type="checkbox"/> בדיקת תקינות של מד גובה שמן <input type="checkbox"/> בדיקת נילולת שמן	מיכל התפשטות שמן
<input type="checkbox"/> הוספת שמן <input type="checkbox"/> בדיקת אופייני השמן, כמפורט בטבלה 3	שמן מינרלי
<input type="checkbox"/> בדיקת תקינות שסתום (לא תמוס)	שסתום ביטחון
<input type="checkbox"/> בדיקת שלמות <input type="checkbox"/> ניקוי מבדדים מזוהמים <input type="checkbox"/> החלפת מבדדים סדוקים או עם סימני פריצות	מבדדים למתח גבוה ולמתח נמוך
<input type="checkbox"/> הידוק חיבורים <input type="checkbox"/> תיקון חיבורים עם סימני התחממות יתר	חיבורים למתח גבוה ולמתח נמוך
<input type="checkbox"/> בדיקות שלמות <input type="checkbox"/> החלפת סיליקה גיל, לפי הצורך	נושם אוויר וסיליקה גיל

## טיפולים כאשר השנאי נמצא באחסנה

תדירות הטיפול בשנאי הנמצא באחסנה היא פעם ב-6 חודשים או פעם בשנה, תלוי ברמת הלחות באזור. מטרת הטיפול לשמור על זמינות השנאים הנמצאים באחסנה.

הטיפול בשנאי הנמצא באחסנה כולל את הבדיקות הבאות:

- שלמות השנאי.
- מצב הצבע.
- גובה השמן.
- מצב הסיליקה גיל.

בכל מקרה שמתגלה ליקוי, יש לטפל בו בהתאם להנחיות המפורטות בטיפול בשנאי בניצול או בשנאי מופסק. אם השנאי מאוחסן תקופה ממושכת וצבע הסיליקה גיל השתנה לוורוד, יש לטרוך בדיקה מקיפה של השנאי.

### טבלה 3

#### בדיקת אופייני השמן והמלצות לטיפול בליקויים

אופיין השמן	הדרישה	המלצות לטיפול בליקוי
מתח פריצה	לא פחות מ-30 ק"ו	בצע בדיקה חוזרת של השמן. אם בבדיקה חוזרת מתקבלת תוצאה דומה, החלף את השמן בשנאי.
הימצאות מים	לא יותר מ-30 מ"ג לליטר	הוצא כ-5% מתכולת השמן בשנאי. קח דגימה ובצע בדיקה חוזרת. אם בבדיקה חוזרת מתקבלת תוצאה דומה, החלף את השמן בשנאי. אם התוצאה של הבדיקה החוזרת תקינה, הוסף שמן בשנאי עד לגובה הנדרש.
חומציות	לא יותר מ-0.7 מ"ג KOH בגרם שמן	במקרה של חומציות יתר רוקן את השמן והוצא את הריעין. שטוף באופן יסודי את הסלילים והמיכל יבש את הסלילים ומלא בשמן.



איור 4

מכשיר מעבדתי לבדיקת מתח פריצה של שמן שנאים



איור 5

מכשיר נייד לבדיקת מתח פריצה של שמן שנאים



## תחזוקה של שנאי חלוקה אטום טבול בשמן

החלקים העיקריים של שנאי חלוקה אטום טבול בשמן מוצגים באיור 6.



איור 6  
שנאי חלוקה אטום טבול בשמן

אחד היתרונות של שנאי חלוקה אטום טבול בשמן לעומת שנאי חלוקה טבול בשמן מינרלי בעל מיכל התפשטות, הוא שאחזקתו מעוטת.

הטיפולים הנדרשים ותדירות ביצועם מפורטים בטבלה 5.

### טבלה 5

הטיפולים בשנאי חלוקה אטום ותדירות הביצוע

שם הטיפול	תדירות הביצוע
ביקורת תקופתית בניצול ללא הפסקת מתח היקף הטיפול בהתאם למידות הטיפולים המתבצעים בביקורת התקופתית בשנאי חלוקה טבול בשמן מינרלי הנמצא בניצול, למעט הטיפולים המוגדרים עבור השמן, נשם אוויר וסיליקה גל	פעם ב-3 שנים
טיפול כאשר השנאי מופסק, היקף הטיפול בהתאם למידות בטבלה 4, למעט הסעיפים הנוגעים למיכל התפשטות השמן ונשם אוויר.	פעם ב-6 שנים
טיפול בשנאי באחסנה, מצטמצם לשמירה על שלמות המיכל והגנתו מפני שיתוך (קורוזיה).	פעם בשנה

גם את השנאי האטום הטבול בשמן ניתן לצייד באבזרים המסוגלים להתריע על תופעות חריגות העלולות להתרחש בו. מרבית ההמלצות המוזכרות לעיל לגבי שנאי חלוקה טבול בשמן מינרלי בעל מיכל התפשטות מועילות גם לגבי שנאי חלוקה אטום טבול בשמן.

רצוי לצייד את השנאי הזה במימסר הגנה (איור 7), אשר משלב אבזרים שונים ומתריע על:

- פליטת גזים
- לחץ יתר בתוך השנאי
- עליית טמפרטורת השמן.



איור 7  
מימסר הגנה

## תחזוקה של שנאי יבש יצוק באפוקסי

בתקופה האחרונה נכנסו לשימוש די רחב שנאים יבשים יצוקים באפוקסי (איור 8). בגלל רגישות שנאים אלו לרטיבות ולקרינה אולטרה סגולה של השמש, הם מיועדים להתקנה במבנים סגורים בלבד.



איור 8  
שנאי יבש יצוק באפוקסי

← המשך בעמוד 40



# תכנון מחזירור (Reflector) חדיש לקבלת תאורה יעילה ואחידה עם בקרת סינוור

פרופ' ג'י גרודן

אחת הבעיות הקיימות במיתקני תאורה היא בעיית הסינוור. השאיפה היא למנוע ממשמשי התאורה את החשיפה לסינוור. בקרה טובה על זווית הקיטעון (סינוור) של התאורה ועל אחידות התאורה משפיעה מאוד על פריון העובדים ועל נוחיות הראייה במקומות העבודה.

מאמר זה מתמקד בנינוח גיאומטריות סימטריות לינאריות (דו ממדיות) של גופי תאורה ובתיאור מחקר העוסק בפיתוח מחזירור חדיש, המאפשר קבלת תאורה יעילה ואחידה. המחקר מומן בחלקו, בצורה נדיבה, על ידי משרד האנרגיה והתשתית במדינת ישראל, במסגרת תוכנית דו-לאומית בשיתוף עמיתים מפורטוגל, שיצרו ובדקו את גופי התאורה שתוכננו על ידי צוות המחקר הישראלי.

אחד החסרונות של התכנון המקובל של מחזירורים, כולל אלה המבוססים על אופטיקה ממוקדת, הוא קרינה לכודה, כלומר קרינה הנפלטת מהמקור וחוזרת אליו לאחר החזרה אחת או שתיים. מחקר זה עסק במחזירורים על בסיס מראות, כיוון שכמות הקרינה הלכודה בהם קטנה באופן יחסי (במחזירורים מפזרי אור, אחוז הקרינה הלכודה גבוה באופן יחסי, ויכולת הבקרה הזוויתית של האור הנפלט מצומצמת).

חיסרון נוסף של מחזירורים מקובלים הוא בפיזור האור, שלעיתים אינו עונה על הדרישות במיפירטי התיכנון.

מטרת המחקר היתה לתכנן מחזירורים המתאימים לדרישות הספציפיות של מפת שטף אור מסוימת במקום להתפשר עם פתרונות המתקבלים ממפות שטף אור של מחזירורים קיימים.

ההתקן הנפוץ ביותר, הפועל על העיקרון של אופטיקה ללא הדמיה, הוא מרכז פרבולי (Compound Parabolic Concentrator - CPC). זהו למעשה התקן המיועד לנילו קרינה, אולם במקרה זה נתייחס ליתרונותיו כמחזירור.

המרכז הפרבולי הזה מבטיח:

- העוד קרינה לכודה.
- זווית קיטעון חדה לתיכנון לכל ערך רצוי. ניתן לתכנן את המרכז הפרבולי עבור מקור קרינה שטוח או קמור. יתרה מזו, עבור זוויות הקיטעון המצטטות אותו באופן מעשי בתאורה ( $30^\circ < \theta_{max} < 60^\circ$ ) המרכז הפרבולי מהווה התקן קומפקטי, ולפיכך גורם להפסדים קטנים של קרינה מוחזרת.

■ בקרת סינוור טובה (בקרת זווית הקיטעון).

■ פיזור אחיד של האור על פני משור המטרה.

סקירת הספרות בנושא אופטיקה של התאורה מגלה, כמעט ללא יוצא מן הכלל, שהשגת מטרה אחת או שתיים מהמטרות האלה באה על חשבון המטרה או המטרות האחרות.

מאמר זה מתאר מחקר העוסק בפיתוח מחזירור חדש, המתוכנן להשיג את כל המטרות האלה גם יחד. כדאי לציין, שיש חשיבות רבה לחיסכון בחשמל, להקטנת הביקוש לחשמל ולאפשרויות הייצור התעשייתי של המחזירור החדש.

## אופטיקה ללא הדמיה ותכנון מחזירור

לצורך השגת המטרות שהוגדרו משתמשים בעקרונות של אופטיקה ללא הדמיה (Non-Imaging Optics). העיקרון בשיטה זו, כאשר יצירת הדמות אינה הכרחית, הוא קבלת העברה מירבית של הקרינה ביחד עם האפשרות ל"תפירת" מפות שטף אור מספר מקורות ומחזירורים בהתאם לצרכים. לדוגמה: תאורה אחידה של מטרות קרובות ורחוקות באזורי עבודה בהתאם לנדרש.

שיטה זו הוכיחה את עצמה בצורה טובה בפיתוח קולטי שמש ונלאי קרינה, המסוגלים להגיע אל הנבול התרמודינמי שבריכוז האופטי, כלומר מסוגלים לרכז קרינה קרוב מאוד לריכוז התיאורטי.

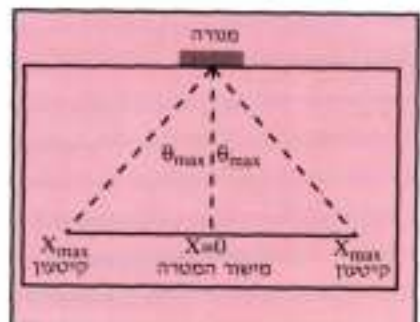
## הקדמה

הצורה הנפוצה ביותר של מקורות אור המשמשים לתאורה ולחימום אינפרה אדום היא הצורה השפופרתית (טובולית), לדוגמה: נרות פלואורייניות לתאורת מבנים וגופי חימום אינפרה אדום המשמשים בתעשייה.

אורך  $l$  מציג שרטוט סכמטי של תאורה לינארית דו-מימדית בעלת זווית קיטעון חדה  $\theta_{max} \pm \theta$  היא זווית הראייה)

גברים מיישומי התאורה (וגם בחימום אינפרה אדום בתעשייה ובחיטוי אולטרה סגול) משתמשים במחזירורים, כדי להשיג שלוש מטרות בו זמנית:

- נצילות תאורה מירבית (הקטנת עוצמת האור שאינו מוחזר לנורה מהמחזירור).



איור 1  
תיאור סכמטי של תאורה לינארית דו-מימדית

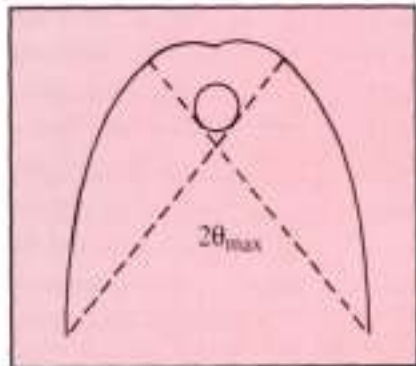
גי גרודן – המרכז לאנרגיה ופיזיקה של הסביבה, המכון לחקר המדבר ע"ש יעקב בלאושיין, אוניברסיטת קיי-ריון נבג, הקריה בחדר-ביקר



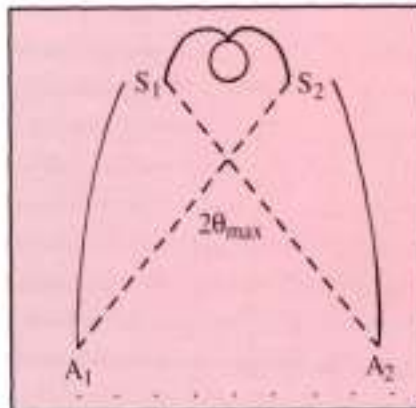
במחקר הנוכחי הוכח, שהכנסת מרווח גדול בין מקור האור ובין המחזירור מביאה לשיפור משמעותי בהארת השדה הרחוק ללא כל פגיעה בנצילות המירבית של האור או בחדות זווית הקיטעון. דוגמה של מחזירור מסוג זה עם אופטימיזציה עבור  $\theta_{max}=40^\circ$  מתוארת באיור 3.

איור 4 מתאר את מפת שטף האור על מני מטרה רחוקה של מחזירור נפרד אופטימלי ללא הדמיה. המחזירור הוא מדגם CPC עם מרווח פי 1.5 מרדיוס השמפרת ומחצית זווית קיטעון  $\theta_{max}=40^\circ$ .

מלבד העובדה שמחזירור זה מבטיח יעילות תאורה גבוהה יותר מזו המתקבלת מפני תאורה מסחריים, הוא גם יוצר אחידות גבוהה יותר בהארת



א. מקור אור שפופרתי בקוטרו יחידה אחת



ב. מקור אור המדמה מקור שטוח (נצטר על ידי מקור אור שפופרתי מעשי ומחזירור מסולסל)

**איור 3**

**מחזירור המבוסס על ה-CPC (עם אופטימיזציה למחצית זווית קיטעון של  $\theta_{max}=40^\circ$ )**

לדוגמה: עבור מקור אור חד צדדי שטוח (איור 2 א') הקרניים הקיצוניות של מקור האור, היוצאות משתי הנקודות הקיצוניות  $S_1$  ו- $S_2$ , חייבות לצאת מפתח היציאה של המחזירור  $A_1A_2$  בזווית קיטעון של  $\pm \theta_{max}$ .

עבור מקור אור שפופרתי (איור 2 ב'), הקרניים הקיצוניות של מקור האור משיקות לשפופרת וחייבות לצאת מהמחזירור בזווית קיטעון של  $\pm \theta_{max}$ .

עקרון הקרן הקיצונית מכתוב את משוואות המחזירור ומבטיח את קיום היתרונות האופטיים שלו.

מחזירור מסוג מרכז פרבולי CPC יכול להכיל גם מקור אור המדמה מקור אור שטוח, שכן ניתן לדמות מקור אור שטוח על ידי מקור אור שפופרתי מעשי ומחזירור מסולסל (איור 2 ג').

מחזירור מסולסל בעל עקומות גבוהה יכול להיות מחזירור בגודל סטנדרטי המבוסס על נורה סטנדרטית.

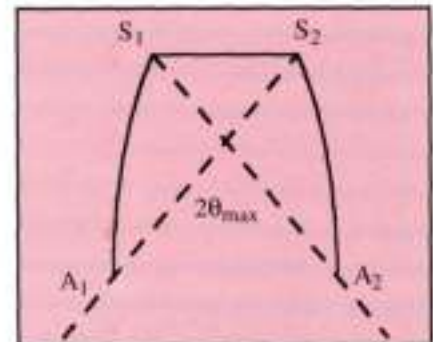
לצורך יישומים מיוחדים, התיכנון האופטי של מחזירור יכול להיגדר ממחזירור פרבולי הניתן לפירוק והרכבה ובעל עקומות הרבה יותר נמוכה.

**גופי תאורה חדישים מדגם מרכז פרבולי לתאורה אחידה ויעילה**

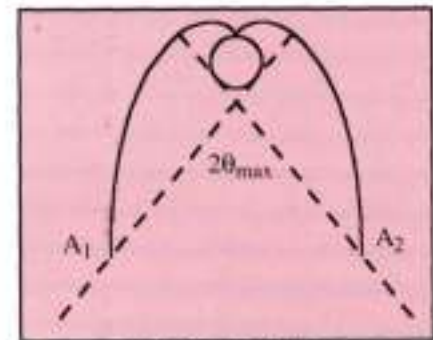
המרכז הפרבולי CPC הוא בעל תכונות המאפשרות למקור אור בעל קרינה אחידה, ליצור שטף אור אחיד, בפתח היציאה של המחזירור. לפיכך, ללא כל צורך בשיפורים, ה-CPC מהווה פתרון מוכן ליישום מטרתו דו ממדיית קרובות (להארת משטחים הקרובים למקור האור). מטרת כאלה מצויות בשפע בתחום החימום באינפרא אדום והחיטוי באולטרה סגול יחד עם זאת, ביישומי תאורה רבים, שבהם נדרשת הארה של מטרת רחוקות, ל-CPC יש חיסרון הטבע מחוסר האחידות בהארה. מקור הסיבה הוא הנורם  $\cos^2\theta$  (בתחום הדו ממדי) בין שטף האור בפתח המחזירור ושטף האור של מטרה רחוקה ( $\theta$  היא זווית הראייה). ביישומי תאורה טיפוסיים ובחימום אינפרא אדום, שבהם נחוץ שדה ראייה גדול יחסית, בין  $30^\circ \pm$  ל- $60^\circ \pm$  חוסר האחידות יכול להיות משמעותי.

העיקרון המנחה בתכנון מרכז פרבולי הוא **עקרון הקרן הקיצונית**, עיקרון זה דורש, שהקרניים הקיצוניות של מקור האור יהיו גם הקרניים הקיצוניות בפתח היציאה של המחזירור.

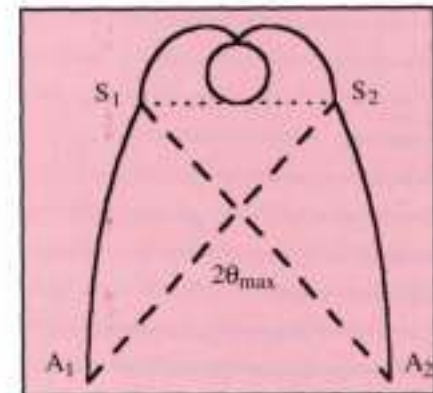
באיור 2 מתוארים תחכים דו ממדיים של מחזירור פרבולי CPC. כל הקרינה של מקור האור יוצאת מפתח המחזירור  $A_1A_2$  בזווית  $2\theta_{max}$  (קיטעון חד ב'  $\pm \theta_{max}$ ) ואין קרינה לכודה, כלומר נצילות הקרינה מירבית.



א. מקור אור חד צדדי שטוח



ב. מקור אור שפופרתי

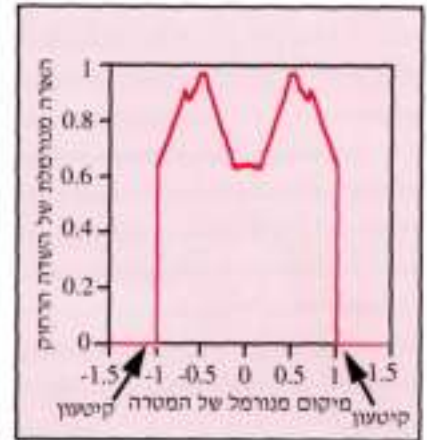


ג. מקור אור המדמה מקור שטוח

**איור 2**  
**תחכים דו ממדיים של מחזירור פרבולי CPC**



שדות רחוקים בהשוואה להתקנים קיימים.



**איור 4**  
מפת שטף אור על פני מטרה רחוקה של מחזירור יחיד אופטימלי ללא הדמיה

אם רוצים ליצור קיטעון מתון יש לקטום את החלק של המחזירור הנמצא קרוב למתח היציאה של ה-CPC ועל ידי כך לקבל ירידה הדדית בעוצמת האור עד לעוצמת אור אפסית. מחזירור עם זווית קיטעון חדה מיועד ליישומים שבהם משתמשים בגוף תאורה בודד ולא בשילוב מספר גופי תאורה עם חפיפת הארה ביניהם.

## תיכונים חדשים ללא הדמיה ליישומים של חפיפה זוגית

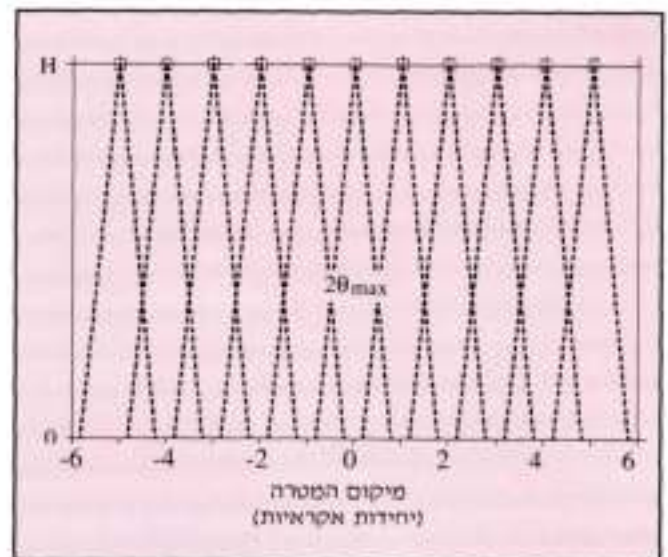
בתיכוני תאורה רבים, כגון: הארת משרדים, הארת מבנים מסחריים ותארת כבישים, מנצלים את חפיפת שטף האור של מחזירורים סמוכים. שיקולי יעילות מתייבשים חפיפה זוגית כשיטה היעילה ביותר לניצול המחזירורים.

איור 5 מציג תיאור סכמטי של בעיית התאורה של זוגות חופפים, בהנחה שגובה המחזירור מעל מישור המטרה (H) גדול בהרבה מממדי המחזירור. בקרת הסינוור הנדרשת היא ב- $\pm \theta_{max}$ .

רצוי לשמור על יעילות תאורה מירבית על הארה אחידה בשדה הרחוק תוך כדי בקרת סינוור טובה, כלומר: מכל נקודה על שטח המטרה יוכל הצופה לראות אור המגיע לכל היותר משני גופי תאורה ולא לראות כל תאורה מחוץ לזווית הקיטעון.

המפה האידיאלית של שטף האור עתה שונה לגמרי ממפת שטף האור של גוף מבודד, שבה נדרש קיטעון חד. ליישומי חפיפה זוגית, מפת שטף האור של השדה הרחוק של המחזירור חייבת להיות בעלת איזור פיזור אחיד ו"שוליים משופעים" כפי שמתואר באיור 6.

הפתרונות ללא הדמיה שתוכננו במחקר זה מבוססים על מחזירורים



**איור 5**  
תיאור סכמטי לבעיית התאורה של זוגות חופפים

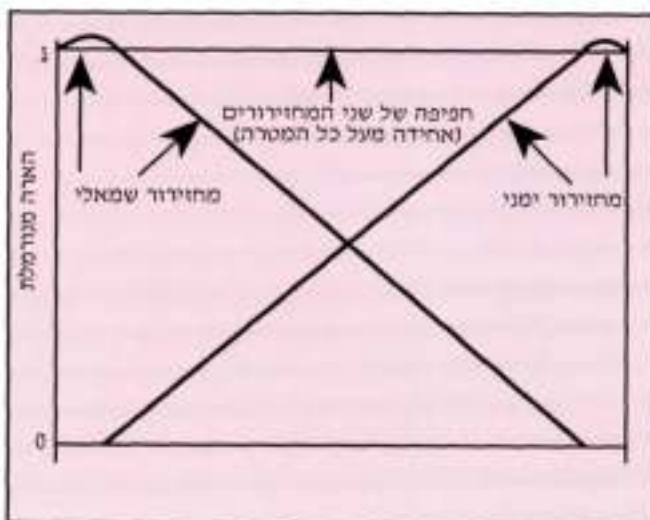
שבהם הכיוון הקיצוני, או זווית הקיטעון, משתנה לאורך המחזירור, בניגוד ל-CPC שבו הכיוון הקיצוני זהה בכל הנקודות לאורך המחזירור. דוגמה של מחזירור כזה עבור מחצית זווית בקרת סינוור של  $\theta_{max}=50^\circ$  מתוארת באיור 7.

מספר זוגות של מחזירורים כאלה יכולים ליצור בשדה הרחוק עוצמת אור שהיחס בין עוצמת האור המירבית ובין עוצמת האור המינורית הוא 0.94, תוך הכטחת יעילות תאורה מירבית ובקרת סינוור משופחת. הדבר מהווה שיפור אדיר בהשוואה למחזירורים מקובלים (ואפילו החדשים שביניהם) ליישומים דומים.

מפת שטף האור הכללית של חפיפה זוגית מוצגת באיור 8. כמו כן מתואר באיור 8 השינוי במפת שטף האור כתוצאה מהעקמת מחזירור אחד ב-5% מרחק ההפרדה האידיאלי בין המחזירורים (הדבר חשוב כיוון שבמצאות לא ניתן תמיד להתקין את המחזירורים בדיוק במקום המתוכנן).

באיור 8 מונגדת יחידת מרחק כמרווח בין המחזירורים. המחזירורים ממוקמים ב- $X=1$  ו- $X=0$ .

אם כי באיורים 7 ו-8 הוצגה דוגמה אחת בלבד, הפתרונות החדשים שהוצגו במחקר יכולים ליצור חפיפה זוגית אופטימלית של מחזירורים לכל זווית של בקרת סינוור נדרשת.



**איור 6**  
דוגמה של מפת שטף אור של חפיפה זוגית (מחזירורים ממוקמים ב- $X=0$  ו- $X=1$ )

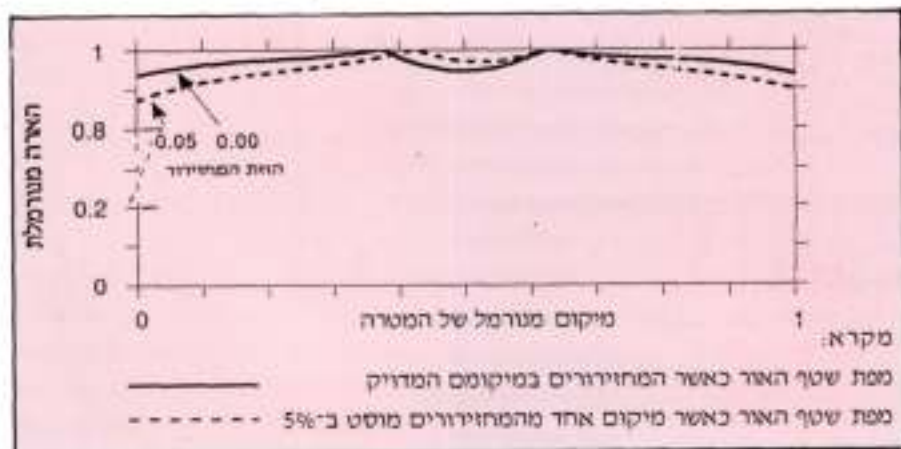




- **תיכונים עבור מקורות אור בעלי צורה לא מקובלת, כמו נורות פלואורינויות קומפקטיות.**
- **ישומים תלת ממדים חשובים עבור מקורות אור עיקריים קיימים.**
- **מקורות אור עם מחזירורים פנימיים (בעלי משטח פנימי מוכסף הנמצאים בדיק), שהטכנולוגיה שלהם כבר קיימת והם עשויים לבטל את הצורך בשימוש במחזירורים חיצוניים מקובלים.**

## מקורות

1. W. B. Elmer, *The Optical Design of Reflectors*, 2nd ed. Wiley, New York, 1980.
2. W. T. Welford and R. Winston, *High Collection Non-Imaging Optics*, Academic Press, San Diego, 1989.



### איור מס' 8

הארת שדה רחוק של חפיפה זוגית עבור מחזירור אופטימלי ללא הדמיה עם מחצית זווית קיטעון

## מגמות עתידיות

כל התקדמות, נכון לעכשיו, מהווה רק התחלה צנועה בשדה הרחב והפורה של אופטיקה של התאורה. חלק חשוב בנישתנו האקדמית היא האפשרות של הגדלת בעיות בסיסיות וכלליות באופטיקה של התאורה ופיתוח פתרונות עבורם, הפתרונות הנדרשים הם כאלה הניתנים ליישום במימון רחב של בעיות הקיימות בתעשייה ובתכנון של תאורה.

המחקר העתידי יכלול טיפול בבעיות תאורה שיש להן חשיבות מעשית רבה והן:

- **מחזירורים ליניאריים אסימטריים לשימוש בתאורת כבישים ומשטחים חופשיים אחרים, כגון: אצטדיוני ספורט ומרשי חנייה.**

ההתקנים שהוצגו הם קומפקטיים, והקשיים בייצורם דומים מאוד לקשיים בייצור המחזירורים הקיימים כיום בשוק.

יש לשים לב שבמחזירורים המדמים מקור אור שטוח (איור 7 ב') קיימת עקמומית קטנה בין מקור האור ובין פתח היציאה ולכן יצורם אינו יקר. המרכיב היחיד בעל העקמומית הבולטת הוא המחזירור המסולסל בגודל תקני.



א. תכנון אופטי למקור אור שפופרתי

ב. תכנון אופטי למקור אור המדמה מקור אור שטוח  $S_1 S_2$

### איור מס' 7

מחזירורים אופטימליים ללא הדמיה ליישום חפיפה זוגית ומחצית זווית קיטעון  $\theta_{max}=50^\circ$

## תחזוקה מונעת של שנאי חלוקה (המשך מעמוד 37)

תכונתו של שנאי זה הייחבה מאליו מאפשרת את השימוש בו במבנים ציבוריים ובמקומות עם סכנה מוגברת של אש ופריצות. כמו כל שנאי אחר, גם בשנאי יבש יצוק באמוקסי, התחממות יתר משפיעה על קיצור אורך החיים של השנאי, ובמקרים קיצוניים עלולה לגרום לתקלות. לכן, התקנת מערכת שתספק התרעה על התחממות יתר תתרום רבות לשמירת תקינות השנאי. היצרנים אמנם אינם דורשים ביצוע טיפולים לצורך אחזקתו של שנאי מסוג זה בניצול ומגדירים אותם כ-"Maintenance-free". כדי לשמור על תקינותו רצוי לבצע בכל זאת כמה פעולות אחזקה מונעת, כמפורט להלן.

### פעולות אחזקה – פעם בשנה:

- בדיקת שלמות השנאי (העדר סדקים או סימני זליגת זרם).
- בדיקת טמפרטורה של השנאי.

- בדיקת חיבורי השנאי למתח גבוה ולמתח נמוך.
- ניקוי השנאי מאבק ומוזהמים אחרים.

### פעולות אחזקה – פעם בשש שנים:

- כל הטיפולים ההמפורטים בפעולות אחזקה פעם בשנה.
- הידוק ברגים.

## סיכום

במאמר זה התייחסנו באופן כללי לאחזקת שנאים מסוגים שונים. הקפדה על ביצוע טיפולים בשנאים בהתאם להמלצות המפורטות לעיל ולדרישות היצרנים תבטיח את אמינות התיפקוד של השנאי ותסייע לשמור על אורך חייו בצורה משמעותית.



# תיפקוד האנרגיה של מזגני אוויר בתנאי חורף קשים

אינג' נוראני שניב M.Sc.

בשנים האחרונות מתרחב מאוד השימוש במזגני אוויר להשגת תנאי אקלים נוחים בחדרי מגורים. ייעודו העיקרי של מזגן אוויר, בארץ חמה כישראל, הוא בראש ובראשונה יצירת נוחות תרמית בעונת הקיץ, אך הוא יכול לשמש גם כאמצעי יעיל מאוד (מבחינת צריכת חשמל) לחימום החדרים בחורף. מסיבה זו מזגני אוויר חדישים הם דו תכליתיים: בקיץ **מקררים** ובחורף **מחממים** את החדר.

בתנאי מזג אוויר קשים בחורף, יעילות האנרגיה של המזגן-יורדת באופן ניכר ותיפקודו עלול להשתבש. מטרת המאמר היא לתאר בקצרה את אופן הפעולה של מזגן אוויר בתנאי מזג אוויר קשים בחורף והאמצעים למניעת שיבוש פעולתו.

- (British Thermal Unit per Hour) Btu/h
- קילוקלוריות לשעה (קק"ל/ש') kcal/h
- וואט W או קילואט (ק"יט) kW

בין היחידות האלה מתקיימים הקשרים המתמטיים הבאים:

$$1 \text{ kcal/h} = 4 \text{ Btu/h}$$

$$1000 \text{ W} = 1 \text{ kW}$$

$$1 \text{ kW} = 860 \text{ kcal/h}$$

התבדל בין מקדם הביצוע (COP) לבין יחס יעילות האנרגיה (EER) הוא ביחידות שבהן מודדים את תפוקת המזגן ( $Q_1$ ) וצריכת החשמל שלו (E).

לצורך חישוב מקדם הביצוע של המזגן, תפוקתו וצריכת החשמל שלו נמדדות באותן יחידות, W או kW, לכן מקדם הביצוע הוא גודל חסר ממדים.

## מקדם היעילות של המזגן

מקדם היעילות של מזגן אוויר, הסכונה בשפה המקצועית "מקדם הביצוע" ייחס יעילות אנרגיה EER - Energy Efficiency Ratio, מוגדר כיחס בין תפוקת המזגן ( $Q_1$ ), ובין צריכת החשמל של המזגן (E).

$$\text{COP או EER} = \frac{Q_1}{E}$$

תפוקת המזגן ( $Q_1$ ) מציינת את כמות החום המועברת על-ידי המזגן במשך יחידת זמן (למשל במשך שעה). היא נמדדת באחת היחידות הבאות:

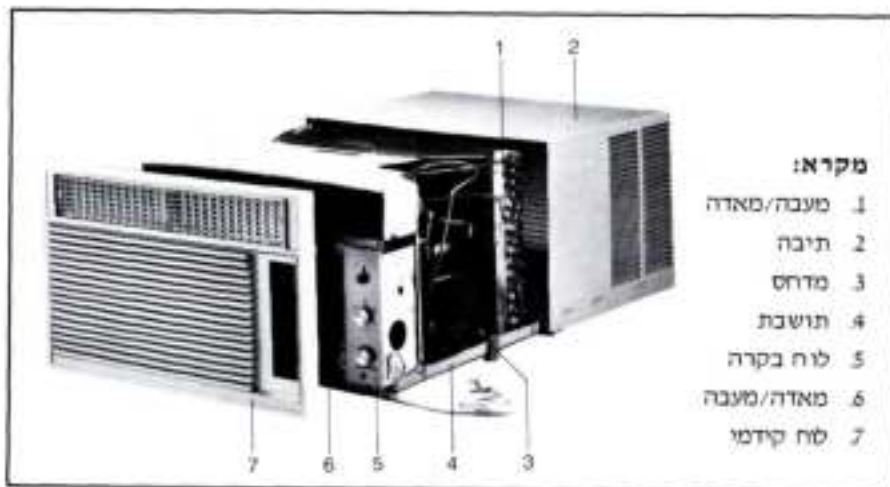
## עקרון הפעולה של המזגן

באופן עקרוני מזגן אוויר הוא משאבת חום (Heat Pump), השואבת חום מתוך בעל טמפרטורה נמוכה, ומזרימה אותו לתוך בעל טמפרטורה גבוהה (בניגוד לכיוון הזרימה הטבעית של החום). לפיכך, בקיץ המזגן שואב חום מהחדר אל מחוץ לחדר, ואילו בחורף הוא מזרים חום מהסביבה החיצונית אל פנים החדר.

ראוי לציין ששאיבת חום מהסביבה החיצונית הקרה בחורף אפשרית בהחלט, מאחר שהסביבה החיצונית מכילה די והותר אנרגיה תרמית, הניתנת לשאיבה. לדוגמה, תכולת האנרגיה התרמית של אוויר בטמפרטורה של  $0^{\circ}\text{C}$ , היא כ-90% מתכולתו בטמפרטורה של  $30^{\circ}\text{C}$ . רק בטמפרטורה של האפס המוחלט ( $-273^{\circ}\text{C}$ ) האוויר חסר אנרגיה תרמית.

מאחר שלצורך שאיבת חום נחוצה מנות ממוחצות האנרגיה הדרושה לייצור החום בעזרת תנור חשמלי, הוצאות החשמל לחימום על ידי מזגן זולות פי שניים ויותר בהשוואה לאלו של תנור חשמלי.

מרכיבי מזגן אוויר מסוג הלון מוצגים באיור 1.



### מקרא:

- 1 מעבה/מאדה
- 2 תיבה
- 3 מדחס
- 4 תושבת
- 5 לוח בקרה
- 6 מאדה/מעבה
- 7 לוח קידמו

איור 1  
מרכיבי מזגן הלון

ני שניב - מהנדס מומחה  
המחלקה ליישול הצריכה,  
אגף השיזוק והצרכנות, חברת החשמל



## תיפקוד המזגן בתנאי מזג אוויר שונים בחורף וזרימים לשיפורו

מאפייני האנרגיה של המזגן – תפוקת החום, צריכת החשמל ומקדם היעילות, תלויים בין היתר בתנאי הסביבה שבה מפעל המזגן. יצרני המזגנים מציינים את המאפיינים האלה בתנאי סביבה מוגדרים – כ-7°C מוחף לחדר וכ-21°C בפנים החדר. עלייה בטמפרטורה החיצונית מביאה לזרימת אוויר חמה יותר לחדר וכתוצאה מכך תפוקת המזגן ויעילותו עולות, באופן דומה, ירידה בטמפרטורה החיצונית גורמת לזרימת אוויר פחות חם לחדר, ותפוקת המזגן ויעילותו יורדות. תיאור השינוי במאפייני האנרגיה של מזגן תקני כתלות בטמפרטורה חיצונית, מובאים באיור מס' 2.

בתנאי מזג אוויר קשים יחסית בחורף, כאשר האוויר בסביבה החיצונית לח והטמפרטורה החיצונית יורדת מתחת ל-5°C (כמו באיזור ההרים), עלולה לחיוצר על המאדה של המזגן שכבת קרח כתוצאה מכך נפגמת יעילות המזגן, והאוויר הנפלט מהמזגן לחדר מעורר תחושת חוסר נוחות, אם כי הוא לרוב חם יותר מאוויר החדר.

ראוי לציין, שבחלקה המרכזי והצפוני של הארץ, שבו מתגוררת רוב האוכלוסייה, הטמפרטורות בחורף מתוננות, ולכן, בדרך

לעומת זאת בחישוב יחס יעילות האנרגיה של המזגן, תפוקת המזגן נמדדת ביחידה של Btu/h ואילו צריכת החשמל של נמדדת ב-W. לפיכך, היחידה של יחס היעילות האנרגיה היא Btu/W-h.

הקשר המתמטי בין מקדם הביצוע ובין יחס יעילות האנרגיה הוא:

$$I EER = 3.41 COP$$

## השפעת נקדם היעילות על צריכת החשמל

כאמור, מקדם יעילות האנרגיה מצביע על היחס שבין תפוקת המזגן ובין צריכת החשמל שלו. ככל שהתפוקה גדולה יותר וצריכת החשמל נמוכה יותר, כן גדל מקדם היעילות של המזגן.

מחיבת האנרגיה, מאחר שבחירת גודלו של המזגן לחדר בגמח מסוים, נעשית על בסיס התפוקה התרמית שלו, מקדם היעילות של המזגן הוא שיקבע את צריכת החשמל שלו. במילים אחרות, **ככל שמקדם היעילות יהיה גבוה יותר, צריכת החשמל של המזגן תהיה נמוכה יותר.**

בגלל השפעת ערכו של מקדם היעילות על צריכת החשמל של המזגן, מחייב התקן הישראל ת"י 994 "מזגני אוויר לחדרים", שהוכרז כתקן רשמי\*, לציין את ערכו של מקדם היעילות בתונית האנרגיה המצורפת למזגן.

בארה"ב מחיר המזגן הוא יחסי למקדם היעילות שלו. יתרה מזו, על פי החוק, אסור לשווק בארה"ב מזגנים שמקדם יעילותם נמוך מערך מיזערי מסוים.

ערכו של מקדם היעילות (COP) של המזגנים החדשים, מתוצרת של חברות ידועות בארץ (בטמפרטורת אוויר חוץ של כ-7°C, ואוויר פנים של כ-21°C) נע בתחום שבין 2.5 ל-3.1. לשם השוואה, מקדם היעילות של תנור חשמלי הוא 1. לפיכך, **צריכת החשמל של מזגן בעל תפוקת חום זהה לתנור חשמלי, קטנה פי 2.5 עד 3.1 מזו של התנור החשמלי.**

\* בהתאם לחוק התקנים, אין לייצר, למכור, לייבא ולהשתמש במצרך (במזגן), אלא אם הוא מתאים לדרישות התקן הרשמי.

כלל, בעיה זו איננה קיימת. יתרה מזו, גם באיזור ההרים – ירושלים, צפת, הגליל העליון, יהודה ושומרון, הד הנגב וכו', שם שורות כרגיל הטמפרטורות הנמוכות ביותר בארץ, מעטים הימים שבהם הטמפרטורות יורדות מתחת ל-5°C במשך שעות הפעילות ביום.

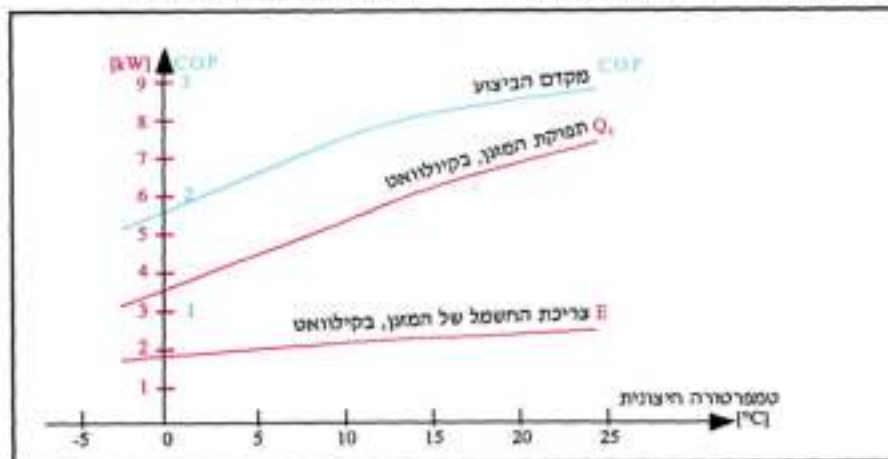
כדי למתור את בעיית החימום, בימים קרים במיוחד, כאמור לעיל, מומלץ לנקוט באחד הצעדים הבאים:

■ לצייד את המזגן בהתקן להפשרת קרח – "מפשיד קרח" (Deicer). מפשיד קרח הוא התקן המונע באופן אוטומטי את היווצרותו של קרח על פני המאדה של המזגן. יצרני המזגנים ממליצים בפני לקוחותיהם, המתגוררים באזורים קרים במיוחד, לצייד את המזגן במפשיד קרח, (ניתן לבצע זאת גם במכשירים שאינם מצוידים במפשיד קרח).

■ להפוך את פעולת המזגן ממחזור חימום למחזור קירור, למשך 3-5 דקות, מדי שעה או שעתיים, כדי להפשיד את הקרח שהצטבר על המאדה של המזגן.

■ להפסיק את פעולת המזגן ולהשתמש באמצעי אחר לחימום, באותן שעות שהמזגן לא יעיל.

■ בהסתמך על המסה התרמית הגבוהה של הבניינים בארץ, ניתן להקדים את תחילת החימום בשעות אחר הצהריים, כאשר הטמפרטורה החיצונית גבוהה יחסית ולהפסיק את פעולת המזגן בעת הצטברות הקרח על המאדה.



שינוי במאפייני האנרגיה של מזגן אוויר תקני כתלות בטמפרטורה החיצונית (טמפרטורת החדר היא כ-20°C)

חברת החשמל נערכת לקראת החורף תוך ביצוע שיפורים ברשת



10/11/11 - 10:00

החלמת קבוצת שול רשת תיילים השופים לרשת תאימ. תיילים אוידיים מבודדים) בחיפה



גיוס עצים בקירבת רשת מתח נמוך בירושלים - 10/11/11 - 10:00



10/11/11 - 10:00

החלמת רשת בשכונת התקווה, בתל אביב