

התקע המצדיע



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



עמוד משא בקו "מתח על", 400 ק"ו

3	דבר העורך
3	רשימת נושאי הביקורת המומלצים במתקני החשמל הביתיים
5	אירוועי "התקע המצדיע"
6	השוואת מחירי הסקת חדרים באמצעות מכשירים ומתקנים שונים – א. לייטנר
8	רשימת חומר תחיקתי המתייחס למיתקני חשמל בהברות מהיבט הבטיחות בהקשר להוראות ביצוע מתקני חשמל במתח נמוך
9	בהתאם לדרישות חוק החשמל ותקנותיו – ו. זיס
13	יישום מערכות סולאריות מרכזיות עם גיבוי חשמלי לחימום מים בבנייני מגורים – ב. שוורץ, ב. כהן
19	כדאיות התעו"ז בצרכנות במתח נמוך
20	אתרי בניה ובטיחות בחשמל – ג. פלג
	מדור שרות פרסומי לקוראים
23	המתקן החשמלי באתר הבניה – י. בלבל
26	אמצעי הגנה המותקנים במדחסים של מכשירי חשמל ביתיים (מקררים, מקפיאים, מזגנים) – ב. קנול
28	"לי אכפת כל ואט" – קטעים מעלוונים בנושאים: א. מזגן אוויר ב. חימום חדרים בחשמל
32	היסטוריה של פיתוח מכשירי מיתוג למתח נמוך – ק. אוזה, ד. פריש
36	תאור וניתוח תקלה במתקן חשמלי – א. פלקס
38	השוואה בין מחברים מתוברגים ובלתי מתוברגים – ע. פרנקל
41	תאונת חשמל ולקחה – ו. זיס
42	הגנה בפני מתח יתר (ברקים) של מתקני חשמל ואלקטרוניקה על מבנים גבוהים – ד. לינדמן

העורך:

א. לייטנר

עורך המשנה:

א. ונגרקו

המערכת:

**י. בלבל, ה. גינדס, ב. גמליאלי,
ל. יבלונובסקי, ש. מרדיקס, א. נאוטרה,
י. נוימן, ז. ספורן, ג. פרבר,
ה. ציפר, צ. קולטוצ'ניק.**

מנהלה:

מ. ציטרון

כתובת המערכת:

חברת החשמל לישראל בע"מ

ת.ד. 8810 חיפה, 31086

טל. 04-523231/256

סדר והדפסה:

דפוס "יד החמשה", כפר חב"ד

בשער: עמוד משא הוקם בקו "מתח על", 400 קילוולט

לאחרונה התחילו להקים את העמודים הראשונים של קו 400 ק"ו, באזור שבין מושב "תלמי-יפה" לקיבוץ "נגבה". מצולם כאן עמוד משא טיפוסי, גובהו כ-43 מטר, מוטת הזרועות התחתונות כ-31 מטר ומשקל העמוד כ-18 טון. העמוד הורכב בשכיבה על גבי הקרקע והורם למקומו כיחידה אחת.

העמודים ישאו שני מעגלים להולכת החשמל מתחנת הכח "רוטנברג" לתחנת משנה "צמות" (מזרחה לקיבוץ כפר מנחם) ומשם לתחנת משנה "פתח-תקוה".

דבר העורך



חשמלאי יקר,

בשבועות אלה מתקיים באמצעי התקשורת מסע הסברה לציבור הרחב ולצרכני החשמל הביתיים בנושא הבטיחות בשימוש בחשמל. סיסמת המסע היא "אל תיקח חשמל לידיים! כדאי לשאול חשמלאי", ויכול, בין היתר, תשדירי שירות בטלויזיה, מודעות בעתונים ופרסומים בכתב. אנו רואים בך שגריר של רצון טוב, שיכול לסייע בהבהרת כללי בטיחות השימוש בחשמל במתקנים ביתיים.

כחשמלאי שאיכפת לו, לא תוכל להישאר אדיש למצב החמור הקיים במתקני חשמל בתים רבים. מצב זה נוצר עקב רמת אחזקה ירודה של המתקנים וכתוצאה מחוסר מודעות של הציבור לחשיבות השמירה על רמת בטיחות נאותה.

אנו צופים שבעקבות מסע הסברה, יפנו אליך רבים שירצו לקבל מידע נוסף, ויהיו מעוניינים בשיפור רמת הבטיחות במתקן החשמל שלהם וכך תוכל גם אתה לתרום את תרומתך להצלחת מסע ההסברה. אם אתה מבצע עבודות חשמל במתקנים ביתיים ודומיהם (גני ילדים, משרדים וכד'), אנו מבקשים ממך לערוך ביקורת של מצב הבטיחות במתקנים אלה ללא תשלום. הביקורת נועדה לחשוף, במידת האפשר, ליקויים בטיחותיים ומפגעים בולטים, כדי להתריע בפני בעל המתקן ולהניעו לדאוג לתיקון הליקויים ולשיפור המצב. בתום הביקורת אנו מבקשים ממך להשאיר בידי הלקוח רשימת המלצות לשיפור רמת הבטיחות במתקן.

להלן רשימת הנושאים, שאליהם אנו ממליצים להתייחס בזמן הביקורת במתקן ודוגמה של רשימת המלצות למסירה, לידי הלקוח לאחר הביקורת.

אנו תקווה שבשיתוף הפעולה נגביר את תודעת הבטיחות בקרב הציבור ונחזק את תדמית קהילת החשמלאים.

בברכה,
אורי לייסנר

רשימת נושאי הביקורת המומלצים במתקני החשמל הביתיים ודומיהם:

א. מצב לוח החשמל

מומלץ לערוך ביקורת של:

1. שלימות הנתיכים (אם קיימים כאלה בלוח).
2. מצב כללי של הלוח – חיזוק הלוח אל המבנה, שלימות הכיסויים על גבי החלקים הנמצאים תחת מתח.
3. קיום ותקינות של מפסק מגן המופעל בזרם דלף ("מפסק מגן נגד התחשמלות").
4. קיום שילוט ברור ובר-קיימא של המעגלים הניזונים מהלוח.

הערות

1. אם הלוח הנבדק כולל נתיכים – כדאי להמליץ על הסבת הלוח הקיים ללוח עם מפסקים אוטומטיים זעירים.
2. אם בלוח לא הותקן עדיין מפסק מגן – כדאי להמליץ על התקנתו.

ב. מצב אביזרי החשמל הקבועים

מומלץ לערוך ביקורת של:

1. שלימות מפסקים ובתי-תקע.
2. קיום בתי תקע תקינים (למשל, בתי תקע דו-מגעיים).
3. שלימות הכיסויים לתיבות הסתעפות.
4. שלימות בתי-נורה.

ג. הארקה

מומלץ לערוך ביקורת של:

1. שלימות הגשרים על מדי המים.
2. קיום הארקה של גופי תאורה מתכתיים. בנוסף לביקורת הנ"ל מומלץ לבדוק את מצב לולאות הארקה בבתי התקע באמצעות "מד לולאת עכבת התקלה" (Line Earth Impedance Loop Tester)

ד. מכשירי חשמל ביתיים

מומלץ לערוך ביקורת של:

1. תקינות פתילי הזינה של המכשירים.
2. שלימות ותקניות התקעים.
3. קיום הארקה הגוף של המכשירים. (פרט למכשירים עם בידוד כפול!)
4. שלימות הכיסויים על גבי החלקים הנמצאים תחת מתח.
5. דוד לחימום מים – טיב' החיבורים בדוד, קיום הארקה הגוף, תקינות התרמוסטט.

ה. שונות

1. מומלץ לערוך ביקורת של התאמת המעגלים והציוד, המשמשים להזנת המכשירים בעלי הספק גבוה (מחממים מידיים, מזגני אויר, וכו') לדרישות חוק החשמל ותקנותיו.
2. בבתי ישנים מומלץ לערוך בדיקה של טיב בידוד המוליכים. אם הבדיקה מצביעה על טיב ירוד של הבידוד, כדאי להמליץ בפני בעל המתקן על החלפת המוליכים.

(דוגמא של רשימת המלצות למסירה לידי הלקוח לאחר הביקורת)

הערות לגבי מצב מתקן החשמל והמלצות לשיפור רמת הבטיחות

לאחר הביקורת שנערכה בתאריך _____ הנני ממליץ לבעלי המתקן כדלהלן:

א. לוח החשמל

1. מצב כללי של הלוח: _____
2. נתיכים: _____
3. מפסק מגן נגד התחשמלות: _____
4. שילוט: _____
5. המלצות נוספות: _____

ב. אביזרי חשמל הקבועים במבנה

1. מפסקים: _____
2. בתי תקע: _____
3. בתי נורה: _____
4. כיסויי תיבות הסתעפות: _____
5. המלצות נוספות: _____

ג. הארקה

1. גשרים על מדי מים: _____
2. הארקה גופי תאורה מתכתיים: _____
3. המלצות נוספות: _____

ד. מכשירי חשמל

1. פתילי הזינה: _____
2. תקינות ותקניות התקעים: _____
3. כיסויים על גבי חלקים הנמצאים תחת מתח: _____
4. דוד לחימום מים: _____
5. המלצות נוספות: _____

ה. שונות

1. מעגלים למכשירים בעלי הספק גבוה: _____
2. המלצות נוספות: _____

שם החשמלאי _____ סוג הרשיון _____
כתובת _____

אירועי "התקע המצדיע"

בכל קבוצת דיון יוגשו 2 הרצאות ואחריהן יתקיים דיון (רב־שיח) בו ישתתפו:

— המרצים

— בעלי תפקידים בכירים בחברת החשמל הנוגעים לנושאי ההרצאות

— משתתפי קבוצת הדיון

הזמנות לכנס נשלחו: לכל החשמלאים הנכללים בקהילת "התקע המצדיע", למשרדי ממשלה, ומוסדות ציבור, לחברות ולמפעלים המעסיקים חשמלאים.

דמי ההשתתפות: 15,000 שקלים ללא ארוחת צהרים, 30,000 שקלים כולל ארוחת צהרים.

גלגל מספר המקומות המוגבל ובכדי לאפשר רישום מסודר של המשתתפים תסתיים ההרשמה ב־6.12.85.

הזמנות ושוברי תשלום: ניתן לקבל בכל המשרדים האיזוריים של חברת החשמל, במחלקות הצרכנים הטכניות המחוזיות ובמשרדי מערכת "התקע המצדיע".

לאור נסיון 2 הכנסים הארציים הקודמים (הכנס מס' 1 — ינואר 1984, והכנס מס' 2 — ינואר 1985) צפויה השתתפות של יותר מ־1,000 אנשי מקצוע בתחום החשמל (מהנדסים, הנדסאים, טכנאים וחשמלאים).

הכנס הארצי השנתי ה־3

הכנס הארצי השנתי ה־3 יתקיים במרכז הקונגרסים בת"א ביום שלישי 7.1.1986.

במושב א' (לפנה"צ)

יופיעו בפני כל משתתפי הכנס ה"ה:

יצחק חופי, מנכ"ל חברת החשמל.

ד"ר נתן ארד, מנכ"ל משרד האנרגיה והתשתית
פרופ' משה נלקן, מנהל אגף מחקר ופיתוח בחברת החשמל

אינג' משה זיסמן, מנהל אגף הצרכנות בחברת החשמל

במושב ב' (אחה"צ)

יתפצלו המשתתפים ל־5 קבוצות דיון.

קבוצת דיון מס' 1: **נושאים הקשורים במערכת האספקה**

קבוצת דיון מס' 2: **נושאים הקשורים בציוד למתקני חשמל ובעבודות חשמל**

קבוצת דיון מס' 3: **נושאים הקשורים בצד הכלכלי/מסחרי של אספקת החשמל**

קבוצת דיון מס' 4: **נושאים הקשורים בתכנון מתקני חשמל**

קבוצת דיון מס' 5: **נושאים הקשורים במתקני מתח גבוה**

במרכז המפגש עמד נושא שיתוף הפעולה בין קבלני החשמל ובין חברת החשמל בהקשר למסע ההסברה הנרחב שמקיימת החברה לציבור הצרכנים תחת הסיסמה: **"אל תיקח חשמל לידים! כדאי לשאול חשמלאי"**.

השתתפו במפגש כ־70 איש.

מפגש ארצי של מועדון "התקע המצדיע" לצוותי החשמל בבתי מלון

ב־16.10.85 נערך בירושלים מפגש ארצי של מועדון "התקע המצדיע" לצוותי החשמל בבתי-מלון.

השתתפו במפגש כ־50 איש.

יום עיון — "התקע המצדיע" בע"פ — לחשמלאים במחוז הצפון

ב־23.10.85 התקיים בחיפה יום עיון — "התקע המצדיע" בע"פ לחשמלאים במחוז הצפון.

השתתפו ביום העיון כ־400 איש.

סדרה מס' 13 של מפגשי מועדון "התקע המצדיע" באיזורים.

הסדרה מס' 13 החלה בחודש ספטמבר 1985 ותסתיים בחודש מרץ 1986.

נושאי ההרצאות בסדרה:

(א) **שנאים** (טרנספורמטורים) במערכות חברת החשמל ובמתקני צרכנים. מיון סיווג, מאפיינים והיבטים מקצועיים הקשורים ביישום, התקנה, תפעול ותחזוקה.

(ב) **תכנון וביצוע חיבורים** ומתקני חשמל על בסיס תקנות החשמל ובהסתמך על הנסיון בבדיקת מתקנים.

בכל מפגש מתקיים רב־שיח.

הזמנות נשלחות לכל חשמלאי הנכלל בקהילת "התקע המצדיע". כל חשמלאי מקבל הזמנה למפגש המועדון באיזור מגוריו.

הסדרה מקיפה בסך הכל כ־1,000 חשמלאים.

מפגש ארצי של מועדון "התקע המצדיע" לקבלני חשמל

ב־29.8.85 נערך בתל-אביב מפגש ארצי של מועדון "התקע המצדיע" לקבלני החשמל.

השוואת מחירי הסקת חדרים באמצעות מכשירים ומתקנים שונים

(מחירי יחידת חום – 1000 קק"ל)

מטרת הנתונים המופיעים בטבלה 1 להלן, לאפשר חישוב הוצאות ההסקה (הוצאות שוטפות בלבד, לא כולל השקעה ברכישת המכשירים (המתקנים ותחזוקתם).

טבלה 1.

מחיר יחידת חום (1000 קק"ל) לגבי מכשירי ההסקה המקובלים לדירת מגורים בבית קיים				
סוג המכשיר	המחיר ל-1000 קק"ל ("ברוטו") בשקלים	מקדם התפוקה המשוער	המחיר ל-1000 קק"ל ("נטו") בשקלים	המחיר ל-1000 קק"ל ("נטו") באחוזים
1	2	3	4	5
תנור חשמל - קורן	125.9	0.95	132.52	100
תנור חשמל - מפזר חום עם מנוע	125.9	0.95	132.52	100
תנור חשמל - מוליד חום ("קונבקטור")	125.9	0.95	132.52	100
תנור חשמל - רדיאטור שמן	125.9	0.90	139.88	106
משאבת חום (מזגן אויר)	125.9	1.95	64.56	49
תנור חשמל - אוגר ("זרם לילה")	108.24	0.85	127.34	96
מתקן חשמל תת-רצפתי	108.24	0.70	154.62	117
תנור נפט ("פיירסייד")	79.51	0.70	113.58	86
תנור נפט עם ארובה	77.05	0.65	118.53	89
תנור סולר עם ארובה	73.53	0.65	113.12	85
מתקן הסקה מרכזית (סולר)	71.02	0.50	142.04	107
תנור גז ללא ארובה (גז – בבלונים)	94.09	0.90	104.54	79
תנור גז ללא ארובה (גז – אספקה מרכזית)	104.87	0.90	116.52	88
תנור גז עם ארובה (גז – בבלונים)	94.09	0.70	134.41	101
תנור גז עם ארובה (גז – אספקה מרכזית)	104.87	0.70	149.81	113

בטור הראשון של טבלה 1 מפורטים 13 סוגים של מכשירי/מתקני חימום ביתיים מקובלים הניתנים ליישום בדירת מגורים בבתיים קיימים.

בטור השני של טבלה 1 מופיעים מחירים של יחידת חום (1000 קק"ל "ברוטו") המתקבל ממקורות האנרגיה המקובלים להסקה ביתית. אנרגיה זו מושקעת בפועל להפעלת המכשיר/המתקן. מחירים אלה חושבו בהתאם לערך הקלורי של מקור האנרגיה והמחירים הרשמיים (כולל מע"מ), אשר בתוקף החל מ-29.9.85 – ראה טבלה 2 להלן.

טבלה 2.

נתונים לחישוב מחירי יחידת חום 1000 קק"ל המתקבלים ממקורות אנרגיה מקובלים להסקה ביתית

מקור האנרגיה	המחיר כולל מע"מ	ערך קלורי	הערות והארות
חשמל	108.28 שקל/קוט"ש	860 קק"ל קוט"ש	לא נכלל התשלום החודשי הקבוע החל על כל צרכן גם אם איננו משתמש בחשמל
חשמל	93.09 שקל/קוט"ש	860 קק"ל/קוט"ש	לא נכלל התשלום החודשי הקבוע החל על כל צרכן גם אם איננו משתמש בחשמל
קרוסין (נפט)	660 שקל/ליטר 639.51 שקל/ליטר	8300 קק"ל/ליטר 8300 קק"ל/ליטר	מתייחס לקנייה בתחנת דלק כולל הובלה ואספקה לתוך מיכל הלקוח בכמויות שבין 250 ליטר לבין 999 ליטר
סולר	610.3 שקל/ליטר	8500 קק"ל/ליטר	כולל הובלה ואספקה לתוך מיכל הלקוח בכמויות שבין 250 ליטר לבין 999 ליטר.
	603.7 שקל/ליטר	8500 קק"ל/ליטר	כולל הובלה ואספקה לתוך מיכל הלקוח בכמויות שבין 2000 ליטר לבין 2999 ליטר
גז	1035 שקל/ק"ג	11000 קק"ל/ק"ג	כולל הובלה לבית הצרכן, התקנת מיכל ודמי שירות.
	1153.65 שקל/ק"ג	11000 קק"ל/ק"ג	כניל, אך כשהאספקה היא באמצעות מונה (אספקה מרכזית)

בטור השלישי של טבלה 1 מופיעים ערכי מקדם התפוקה המשוערים של המכשירים/המתקנים.

מקדם התפוקה מוגדר כ'חיס בין כמות האנרגיה המנוצלת בפועל להעלאת הטמפרטורה בחדר לבין כמות האנרגיה הנצרכת לשם הפעלת המכשיר/המתקן ואשר עבורה משלם הצרכן.

הגורמים המשפיעים על ערכו של מקדם התפוקה הם כדלקמן:

- מידת ניצולו של הדלק שהוכנס למכשיר;
- כמויות החום הנפלטות אל מחוץ לקטע המרחבי בחלל החדר, אשר בו נדרש החימום למעשה;
- ניצולו בזמן הרצוי של החום המופק מן המכשיר/המתקן.

מידת ניצולו של הדלק שהוכנס למכשיר תלויה, בין היתר, במידת השלמות של שריפת הדלק במכשיר/במתקן, רמת התקינות והתחזוקה של המכשיר/המתקן, רמת ההפסדים התרמיים בצנרת (במקרה של הסקה מרכזית למשל). כמויות החום הנפלטות אל מחוץ לקטע המרחבי בחלל החדר, אשר בו נדרש החימום למעשה, נובעות מהצורך לאוורר את החדר על מנת למנוע הצטברות של גזים רעילים הנפלטים בתהליך השריפה של דלקים נוזלים (סולר, קרוסין) וגז ולהגדיל את כמות החמצן באוויר של החדר.

בטור הרביעי של הטבלה מופיעים מחירים של יחידת חום (1000 קק"ל "נטו") המושקע בפועל בחימום החדר. מחירים אלה התקבלו מחילוק המחיר של 1000 קק"ל "ברוטו", המופיע בטור השני של הטבלה, במקדם התפוקה המשוער המופיע בטור השלישי של הטבלה.

בטור החמישי של הטבלה מופיעים המחירים של 1000 קק"ל "נטו" באחוזים, ביחס למחיר יחידת החום ("נטו") של שלושת הסוגים הראשונים של תנורי החשמל.

באם לגורם כלשהו המעוניין להשתמש בטבלה, יש נתונים על ערכי מקדם התפוקה השונים מאלה שמופיעים בטבלה 1, יש לעדכן את המחירים בהתאם. כמו כן, יש לעדכן את המחירים בכל מקרה של שינוי בתעריפים.

(א. לייטנר)

רשימת חומר תחיקתי המתייחס למיתקני חשמל

מס' סד'	הנושא	מספר הפרסום בספר החוקים (ס"ח)/ בקובץ התקנות (ק"ת)/ בילקוט הפרסום (י"פ)	תאריך הפרסום	הערות
1	חוק החשמל התשי"ד – 1954 ותקנותיו			
	חוק החשמל	סי"ח 164	3.9.1954	
	רישוי מיתקנים חשמליים	ק"ת 771	20.2.1958	(1) בא במקום התקנות מ-23.11.1950 (2) פורסמו תיקונים ב-1970, 1976, 1984
	התקנת מובילים	ק"ת 1809	17.12.1965	פורסם תיקון ב-1975
	כללים להתקנת לוחות במתח נמוך	ק"ת 3531	25.5.1976	בא במקום התקנות מ-1957
	התקנת מוליכים	ק"ת 2569	4.6.1970	פורסם תיקון ב-1980
	הארקות יסוד	ק"ת 4271	13.9.1981	בא במקום התקנות מ-1978
	מעגלים סופיים הניזונים במתח נמוך	ק"ת 4731	18.11.1984	בא במקום התקנות מ-1979
	העמסה והגנה של מוליכים במתח עד 1000 וולט	ק"ת 4350	16.5.1982	
	עבודה במתקנים חשמליים חיים	ק"ת 2034	28.4.1967	(1) בא במקום התקנות מ-1966 (2) פורסם תיקון ב-1975
	הארקות ושיטות הגנה בפני חישמול במתח עד 1000 וולט	ק"ת 4643	10.6.1984	(1) בא במקום התקנות מ-1962 (2) פורסם תיקון ב-12.10.1984
	התקנת כבלים	ק"ת 1949	28.10.1966	פורסם תיקון ב-1980
	רשיונות	ק"ת 4778	22.3.1985	בא במקום התקנות מ-1963 והתיקונים לתקנות אלה שפורסמו ב-1970, 1971, 1973, 1977
2	הכללים לאספקת חשמל לצרכנים (בהתאם לאישור שר האנרגיה והתשתית מתאריך 5.11.84 ובעקבות הודעתו של מנכ"ל חברת החשמל שפורסמה בילקוט הפירסומים 3143 בתאריך 31.12.84			
3	תשלומים בעד חיבורים למערכת אספקת חשמל	י"פ 2410	6.2.1978	
4	חוק התכנון והבניה התשכ"א – 1965 ותקנותיו			
	הגבלת אספקת חשמל	סי"ח 1005	12.2.1981	
	הגדרות של "בנין גבוה", "בנין רב-קומות", ו"כניסה קובעת לבנין"	ק"ת 2581	8.7.1970	פורסם תיקון ב-1980
	גנרטור חשמלי	ק"ת 2581	8.7.1970	פורסם תיקון ב-1980
	התקנת מערכות הארקה וקולט ברקים	ק"ת 2581	8.7.1970	פורסמו תיקונים ב-1978, 1983, 1984
	התקנת מערכת חימום מים באמצעות אנרגיית שמש	ק"ת 4111	17.4.1980	פורסם תיקון ב-1983
	מוניעת מכשולי טיסה מעל בנין (מנורות התראה)	ק"ת 2581	8.7.1980	פורסם תיקון ב-1980
	אספקת חשמל להנעת מעלית	ק"ת 2581	8.7.1980	
	תאורה בחדר מדרגות	ק"ת 2581	8.7.1980	פורסם תיקון ב-1980
5	תקנות ההתגוננות האזרחית (מפרטים לבנית מקלטים)			
		ק"ת 2692	9.5.1971	
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 4762	14.2.1985	

הבהרות מהיבט הבטיחות בהקשר להוראות ביצוע מתקני חשמל במתח נמוך בהתאם לדרישות חוק החשמל ותקנותיו

אינג' ויקטור זיס

מבוא

חוק החשמל ותקנותיו באים להבטיח שמיתקן החשמל ייבנה כך, שתובטח בטיחות מירבית של המשתמשים במיתקן, שלמות המיתקן ופעולתו התקינה לאורך זמן. בין התקנות החדות בנושאים ספציפיים הקשורים למיתקני החשמל, קיימות תקנות רבות המתייחסות במישורן או בעקיפין להיבטים בטיחותיים. גם כאשר התקנה דנה בהיבטים טכניים שונים שאין להן, לכאורה, קשר ישיר לנושא הבטיחות, ניתן לומר שביצוע עבודות בהתאם לתקנות ימנע מפגעים בטיחותיים במיתקן.

להלן הסברים והבהרות בהקשר להיבטים הבטיחותיים הבאים לידי ביטוי בחוק החשמל ובתקנותיו. ברור, שלא נוכל להתייחס לכל תקנה ותקנה, אלא נביא רק מספר דוגמאות.

"העובר על הוראה מהוראותיו של חוק זה, דינו – מאסר שנה אחת או קנס אלף לירות או שני הענשים כאחד."

החוק איננו דן בכל הסוגיות הקשורות במבנה מיתקני החשמל ובכללים טכניים לביצוע עבודות החשמל, אך הוא מסמיך את השר הממונה על ביצוע חוק החשמל, להתקין תקנות המתייחסות לסוגיות אלה. סעיף 13 של החוק קובע:

"השר רשאי להתקין תקנות בכל ענין הנוגע לביצועו של חוק זה, לרבות תקנות הקובעות כללים לביצוע עבודות חשמל ותקנות הקובעות אגרות לענין חוק זה."

לפני שנדון בתקנות שבתוקף כיום, נקדים ונציין שכל קובץ תקנות כולל תקנה האוסרת ביצוע עבודות, שבהן דנות התקנות, למי שאינו מוסמך לכך, ותקנה המחייבת בדיקת המיתקן לפני הפעלתו.

תקנות החשמל (רשיונות),

התשמ"ה – 1985

תקנות אלה מהוות מסגרת ליישום סעיף 6 של חוק החשמל, הלכה למעשה.

התקנות קובעות, בין היתר, את הקריטריונים (הכשרה מקצועית, נסיון מעשי וכו') למתן רשיון לעיסוק בביצוע עבודות חשמל. כמו כן קובעות התקנות את סוגי העבודות שאותן רשאי לבצע בעל הרשיון.

הרשיון מגדיר לחשמלאי את תחום סמכויותיו ואת סוגי העבודות, בהן הוא רשאי לעסוק בתחום זה. זאת על מנת למנוע ביצוע עבודות שלא בהתאם להכשרתו המקצועית ולנסיונו המעשי, מטעמי בטיחות לאדם ולרכוש.

תקנות החשמל (רישוי מיתקנים)

חשמליים), התשי"ח – 1958

התקנות באות להסדיר, בין היתר, את אופן הביצוע

חוק החשמל, התשי"ד – 1954

החוק מקנה למנהל עניני החשמל סמכות לאסור שימוש במיתקן חשמלי מטעמי בטיחות לאדם או לרכוש. סעיף 5 של החוק קובע:

"רשאי המנהל, מטעמי בטיחות לאדם או לרכוש להורות, בצו חתום בידו, על הפסק הפעלתו של מיתקן חשמלי או השימוש בו, או להתנות את המשך ההפעלה או השימוש בקיום תנאים שפורטו בצו."

החוק מתיר ביצוע עבודות חשמל אך ורק לחשמלאי בעל רשיון מתאים ובר"תוקף, זאת על מנת למנוע היווצרות מפגעים בטיחותיים במיתקן, העלולים לסכן חיי אדם ורכוש, כתוצאה מביצוע עבודות על ידי אנשים בלתי מוסמכים.

החוק קובע כדלהלן:

סעיף משנה 6 (א): "לא יעסוק אדם בביצוע עבודת חשמל, אלא אם יש בידו רשיון מאת המנהל המתיר לו ביצוע עבודה מסוג זה ובהתאם לתנאי הרשיון; תקופת תקפו של הרשיון תיקבע בו."

סעיף משנה 6 (ב): "המנהל יתן רשיון כאמור בסעיף קטן (א), אם נוכח שיש למבקש הרשיון הכשרה מקצועית ראויה ונסיון מעשי מניח את הדעת בכל הנוגע לדרכי השימוש ברשיון."

סעיף משנה 6 (ג): "נוכח המנהל שהשימוש ברשיון שניתן יש בו משום סכנה לאדם או לרכוש, או שבעל הרשיון יצא חייב בדין על עבירה בקשר לביצוע עבודת חשמל, רשאי הוא בכל עת לבטל את הרשיון או להגביל את היקפו."

עבירה על חוק החשמל מהווה עבירה פלילית. כל העובר על חוק זה צפוי להענש בכל חומרת הדין. סעיף 11 של החוק קובע:

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

שיטת הגנה זו וזיקתה לארקות יסוד, מצאו את ביטויין המתאים בתקנות שהותקנו מאוחר יותר (ב-1984), ואשר בהן נדון בהמשך.

תקנות החשמל (הארקות ושיטות הגנה בפני חישובל במתח עד 1000 וולט), התשמ"ד - 1984

תקנות אלה קובעות שיטות הגנה בפני חישובל ודרכי יישומן במטרה להבטיח בטיחות מירבית למשתמשים במיתקני החשמל.

התקנות קובעות את שיטות ההגנה המותרות ליישום ואת הדרישות לבחירת השיטה המתאימה. אחת משיטות ההגנה המותרות בהתאם לתקנות, היא שיטת האיפוס, המתבססת על הארקות יסוד. שיטת הגנה זו תהיה קרוב לוודאי, במרוצת השנים, שיטת ההגנה הדומיננטית בפני חישובל במבנים.

התקנות מתירות שימוש במפסק מגן המופעל בזרם דלף כאמצעי נוסף להגנת המשתמשים במיתקן בפני חישובל.

אנו ממליצים בפני צרכנים ביתיים במיוחד, להתקין מפסק מגן במיתקניהם, תוך כדי הדגשת החשיבות של אחזקה נאותה של המיתקן (ראה מאמרים רלבנטיים בעלוני "התקע המצדיע") ושל ביצוע בדיקה תקופתית של תקינות המפסק על ידי בעל המיתקן. בהתאם לתקנות משנה 72 (א), בדיקה זו מותרת גם למי שאינו חשמלאי.

לתשומת לב מיוחדת "זוכה" אמצעי הגנה על ציוד חשמלי על ידי בידוד מגן המונע הופעתו של מתח נגיש על גוף המכשיר, גם בזמן תקלה בו. התקנות קובעות: **תקנה 90:** "לא ישתמש אדם להגנה על ציוד חשמלי בבידוד מגן אלא אם כן הציוד הוא מסוג II".

תקנה 91: "פתיל או כבל זינה של הציוד המוגן בשיטת בידוד מגן לא יכלול מוליך הארקה."

תקנה 92: "הבידוד המשמש להגנה על הציוד או על המכשיר החשמלי יוחזק במצב תקין בכל עת; התגלה ליקוי בבידוד, אין להשתמש בציוד או במכשיר חשמלי עד לתיקון הבידוד."

סוג II בתקנות מוגדר כ"ציוד המיועד לזינה במתח נמוך, שחלקיו החיים מבודדים בבידוד כפול או בבידוד מוגבר".

נציין שחל איסור על ייצור, יבוא, שיווק ושימוש במקדחות מסוג I (מקדחות עם בידוד פונקציונלי וגוף מתכתי מאורק) - ראה קובץ התקנות 2984, התשל"ג - 1973.

תקנות החשמל (כללים להתקנת לוחות במתח נמוך), התשל"ו - 1976

תקנה 26 קובעת:

"חלקים חשופים חיים של הלוח יהיו מוגנים בפני נגיעה מקרית".

תקנה זו קובעת דרישות בטיחותיות מובהקות הבאות למנוע סכנת התחשמלות.

תקנת משנה 34 (א) קובעת:

"ניזון מיתקן ביתי מלוח ראשי, יותקן למיתקן מפסק אוטומטי ראשי לפי הוראות אלה:

וסדרי הפעלתו של מיתקן חשמלי הניזון ממקור אספקה עצמאי - בלעדי או חליפי לשעות ההפסקה באספקת חשמל סדירה של חברת החשמל - השיך לבעל המיתקן.

אחת המטרות העיקריות של התקנות - הבטחת רמת בטיחות נאותה במיתקן.

תקנות החשמל (עבודות במיתקנים חשמליים חיים), התשכ"ז - 1967

התקנות באות להסדיר הליכים לביצוע עבודות במיתקנים חיים במטרה להבטיח בטיחות מירבית לחשמלאים המבצעים עבודות אלה.

התקנות קובעות מתי, כיצד ולמי מותר לבצע עבודות במיתקן חי.

יש להסב תשומת-לב מיוחדת להגדרה הבאה המופיעה בתקנה 1:

"עבודה במיתקן חי - כל עבודה במוליכים חיים חשופים או מבודדים או במוליכים העלולים ליהפך לחיים בשעת ביצוע העבודה במיתקן. לרבות כל עבודה במרחק קטן מ-40 סנטימטר ממוליכים חיים חשופים במתח נמוך, ולמעט ביצוע מדידה חשמלית במיתקן".

תקנה 2 קובעת:

"לא תבוצע עבודה במיתקן חי אלא אם הוא במתח נמוך כאשר קיים צורך לבצע עבודה במיתקן והפסקת הזינה למיתקן עלולה לגרום לאחת מאלה:

- (1) סכנה לחיי אדם או לבריאותו;
- (2) הפרעה בתהליכי ייצור המחייבים אספקת חשמל רצופה;
- (3) הפרעה בקיום שירותים חיוניים לציבור;
- (4) הפרעה באספקת חשמל כללית לציבור, המסופקת ממערכת החשמל של חברת החשמל לאספקה ציבורית".

נדגיש שהתקנות מתירות ביצוע עבודות במיתקנים חיים במתח גבוה אך ורק לחשמלאים המורשים לכך בחברת החשמל.

בכל מקרה אחר שאינו מאוזכר בתקנה 2, המצוטטת לעיל, חל איסור מוחלט על ביצוע עבודות במיתקנים חיים **במתח נמוך**. לדוגמה, ביצוע עבודות בלוח החשמל הדירתי, כגון: התקנת מפסק מגן המופעל בזרם דלף, התקנת מפסקים אוטומטיים זעירים במקום נתיכים וכד', מחייב הפסקת האספקה למיתקן הדירתי על-ידי חברת החשמל.

תקנות החשמל (הארקות יסוד), התשמ"א - 1981

תקנות אלה הותקנו במטרה לענות, בין היתר, על שלוש דרישות עיקריות:

1. מציאת תחליף ל"אלקטרודה טבעית" אותה היוותה במשך שנים רבות מערכת צנרת המים הקרים המתכתית.
2. השגת תופעה של "כלוב פאראדיי", בתוך המבנה, לשם מניעת התהוות הפרשי פוטנציאליים העלולים לסכן חיי אדם.
3. בניית תשתית ליישום עתידי של שיטת האיפוס ה"מודרני", המהווה אחת משיטות ההגנה בפני חישובל.

1. מפקס אוטומטי תלת-קטבי או ארבע-קטבי אם ההספקה היא תלת-פזית;
2. מפקס אוטומטי חד-קטבי או דו-קטבי אם ההספקה היא חד-פזית; מותקן מפקס אוטומטי חד-קטבי, ייתכן מוליך הפזה.

תקנה זו באה להבטיח:

א. מניעת "שריפת" הנתכים המבטחים את החיבור של חברת החשמל למיתקן הדירתי, כתוצאה מזרם יתר. כל זה על מנת לחסוך מהצרכן הוצאות הקשורות בהחלפת הנתכים.

ב. ניתוק אספקת החשמל במקרה ומתגלה חישובל כלשהו במיתקן. במקרה זה מהווה המפקס התקן בטיחותי חיוני.

אחד האמצעים להגברת הבטיחות במיתקן הוא הסימון בלוח. הסימון עשוי לטיע בניתוק מהיר של המיתקן (או חלק ממנו) במקרה של חישובל. תקנה 22 קובעת:

"המבטחים והמפקסים של כל מעגל יסומנו בסימן ברור ובר-קיימא לשם זיהוי השתייכותם לחלקי המיתקן עליהם הם מפקחים; מכשירי חשמל אחרים המותקנים על פני לוח יסומנו כאשר קיים חשש לטעות לגבי ייעודם או השתייכותם למעגל מסוים".

נציין שנשקלת אפשרות של איסור התקנת נתיכים להבטחת מעגלים במיתקני החשמל הביתיים. במציאות הקיימת כיום נוהגים חלק מהדיירים להחליף נתיכים בכוחות עצמם. כל זה בניגוד לחוק ותוך כדי נטילת סיכונים לחייהם. לעיתים "מסלפים" הדיירים את הניתך במודע או שלא במודע, דבר אשר עלול לגרום נזק למיתקן עצמו.

מפקס אוטומטי, בניגוד לניתך, מאפשר גם למי שאינו חשמלאי לחדש את אספקת החשמל ללא סיכון ובקלות. אנו צופים שהתקנת מפקסים אוטומטיים בלוחות החשמל הביתיים עשויה למנוע את התופעות השליליות המוזכרות לעיל.

תקנות החשמל (מעגלים סופיים הניזונים במתח נמוך), התשמ"ה - 1984

לא נוכל, כמובן, לדון בכל אחת מהתקנות הרבות שיש בהן היבטים בטיחותיים, אשר נמצאות במכלול תקנות זה. להלן רק מספר דוגמאות מתקנות אלה. בתקנות אלה קיימת התחשבות מירבית בריבוי מכשירי חשמל בדירות מגורים שחל בשנים האחרונות. עובדה זו באה לידי ביטוי בהגדלת מספר בתי-תקע ומעגלים סופיים הנדרשים לפי התקנות. הדבר יאפשר, בין היתר, הקטנת השימוש בכבלים מאריכים, וכתוצאה מכך תוגבר בטיחות השימוש במיתקן.

נדגיש שלכל אחד מהמכשירים בעלי הספק גבוה נדרש מעגל סופי נפרד. תקנת משנה 10 (ד') קובעת:

"המעגלים המיועדים לזינת דוד לחימום מים בעל בידוד תרמי, דוד שמש, מכונת כביסה, מכונת ייבוש, מדיח כלים, תנור כישול או אפיה, תנור אוגר חום או מזגן אוויר, לא יכללו במספר המזערי הנדרש של מעגלים סופיים".

הערות:

1. מספר מזערי של מעגלים סופיים נקבע בתקנות משנה 10 (א), (ב), (ג).
2. כוונת המחוקק - דרישה למעגל נפרד עבור כל אחד מהמכשירים המוזכרים בתקנת משנה 10 (ד).

בתקנות אלה קיים לראשונה פרק, המתייחס לדודי שמש. בפרק זה של התקנות הושם דגש מיוחד לאמצעי בטיחות כגון מפקס (מנתק) הצמוד לקונסטרוקציה של הדוד על הגג וסימון שיוך הדוד לדירה, שאותה הוא משרת.

תקנה 50 קובעת:

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

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

(ג) על המפקס המותקן לפי תקנת משנה (ב) להתאים לדרגת הגנה IP/557 לפי תקן ישראלי ת"י 981, היינו, עליו להיות מוגן בפני חדירת אבק והצטברותו, בפני גשם ובפני פגיעות מכניות".

תקנת משנה 51 (א) קובעת:

"הדוד והמפקס המותקנים לפי תקנה 50 (ב) יסומנו באופן המאפשר זיהוי של הלוח שממנו ניוון הדוד; קיים במבנה מיספור לדירות, יכלול הסימון את מספר הדירה".

תקנות החשמל (העמסה והגנה של מוליכים מבודדים בפוליניל כלוריד במתח עד 1000 וולט), התשמ"ב - 1982

התקנות קובעות דרישות להעמסה נכונה של המוליכים ולהגנתם בפני זרם יתר. התקנות באות להבטיח ניצול מירבי של כושר ההולכה של המוליכים מחד-גיסא ומניעת נזקים לאדם ולרכוש מאידך-גיסא.

העמסת המוליכים ובחירת המבטח שלא בהתאם לתקנות, עלולות לגרום לפגיעה ברמת הבידוד של המוליך, וכתוצאה מכך עלולים להיווצר מפגעים בטיחותיים במיתקן.

תקנות החשמל (התקנת כבלים), התשכ"ז - 1966

נוכיר כאן שתי תקנות שיש להן השלכות חשובות על רמת הבטיחות במיתקן.

תקנת משנה 75 (ב) קובעת:

"מעל שכבת החול או האדמה המכסים את הכבל, יונחו חצאי צינורות, אריחי בטון, לבנים או אמצעים יעילים ובני-קיימא אחרים להגנת הכבל בפני פגיעות מכניות".

נדגיש שלאור התפתחות טכניקות החפירה באמצעות כלים מכניים במקום כלי עבודה ידניים, התברר שהאמצעי היעיל ביותר להגנת הכבלים בפני פגיעות מכניות הוא הנחת סרט אזהרה מיוחד. סרט זה חייב להיות בעל כושר התארכות רב ובעל גוון קונטרסטי בהשוואה לגוון האדמה. על גבי הסרט יהיה סימון

(ה) שרול מבדד המותקן על קצה מוליך יסומן בהתאם לייעודו, אלא אם צבע הבידוד של המוליך או הסימון בקצהו החופשי של השרול מאפשר זיהוי קל.

(ו) בידודם של פסי צבירה בלוחות חשמל יהא כל צבע למעט ירוק או צהוב או שילובם.

(ז) פסי צבירה גלויים בלוחות חשמל יסומנו בצורה בר־קיימא, בהתאם לייעודם.

תקנה 61:

(א) מוליכים, תיבות ואבזורים המותקנים במיתקן חשמלי, יוחזקו במצב תקין ומתאים לפעולה.

(ב) התגלה ליקוי או פגם במוליך, בתיבה או באבזור של מיתקן חשמלי, והליקוי או הפגם מהווה סכנה לנפש או לרכוש, ינותק המיתקן החשמלי כולו או חלקו הלקוי ממקור זינתו על ידי המשמש במיתקן החשמלי ולא יופעל מחדש אלא לאחר שתוקן ונבדק על ידי חשמלאי בעל רשיון מסוג מתאים לִעבודה המבוצעת ונמצא כשיר להפעלה.

תקנות החשמל (התקנת מובילים), התשכ"ו — 1965

התקנת המובילים בהתאם לכל דרישות התקנות באה להבטיח את ההגנה המירבית על שלימות המוליכים והכבלים שיותקנו במובילים אלה, אי מילוי אחרי דרישות התקנות עלול להביא לפגיעה במוליכים ובכבלים, ולהיווצרות מפגעים בטיחותיים במיתקן.

בר־קיימא: "כבל חשמלי". סרט זה מתגלה באופן מיידני ומונע בכך פגיעות בכבל עצמו. לעומת זאת הנסיון הוכיח שחצאי צינורות, אריחי בטון ולבנים לא תמיד ניתנים לגילוי מיידני על ידי מפעילי ציוד חפירה וכתוצאה מכך נפגעו הן הכבל והן מפעיל הכלי ועוזריו.

תקנת משנה 109 (ב) אוסרת שימוש חוזר בכבל שנפגע ותוקן, בטרם תיבדק תקינותו על ידי חשמלאי בודק:

"התגלה ליקוי או פגם בכבל או באבזור של מיתקן חשמלי, והליקוי או הפגם מהווה סכנה לנפש או לרכוש, תופסק הפעלת המיתקן החשמלי כולו או חלקו הלקוי על ידי בעל המיתקן החשמלי או המחזיק בו, ולא יופעל מחדש אלא לאחר שתוקן, נבדק על ידי חשמלאי בעל רשיון חשמלאי — בודק או מפקח ונמצא כשיר להפעלה."

תקנות החשמל (התקנת מוליכים), התש"ל — 1970

ככלל, התקנות מוליכים שלא בהתאם לתקנות עלולה לפגוע הן בתיפקודו התקין של המיתקן, הן ברמת הבטיחות של המשתמשים בו.

נזכיר כאן רק שתי תקנות מאלה שיש להן השלכות רבות על רמת הבטיחות במיתקן.

תקנה 11:

"בידודו של מוליך יהיה בעל צבע מיוחד בהתאם לייעודו במיתקן, במעגל או בקו; הצבע יהיה יעיל, בר־קיימא ונוח לזיהוי וימלא אחרי התנאים האלה:

(א) בידוד יהיה בעל צבע כמפורט בזה —

(1) לזרם חילופין:

(א) מופע (פזה) פרט למוליך מופע שהותקן לבקרה או לויסות במעגל חשמל חום, כחול או סגול.

(ב) מוליך מופע שהותקן לבקרה או לויסות במעגל חשמלי — כל צבע, למעט ירוק או צהוב או שילובם.

(2) אפס — שחור.

(7) הארקה — צהוב וירוק לסירוגין בהתאם לתקן.

הוראות אלה לא יחולו על מוליכים המותקנים בלוח חשמל, אלא אם אלה מוליכי הארקה.

(2) לזרם ישיר:

(א) חיובי — חום.

(ב) שלילי — שחור.

(ג) תווך — כחול.

(ב) בידודו של מוליך החיבור המוגן בשיטת איפוס, צהוב וירוק לסירוגין, בהתאם לתקן.

(ג) בידודו של מוליך המחבר את מוליך האפס של קו הזינה של מיתקן חשמלי עם פס השוואת הפוטנציאליים במיתקן המוגן בשיטת איפוס — שחור.

(ד) בידודו של מוליך בכבל המובא לתיבה, מכשיר, לוח או כל אבזור חשמלי אחר יהיה בעל צבע או כעל סימון המאפשר זיהוי קל.



"הוא ברנש נחמד אבל הלך מחשבתו איטי מאוד!"

יישום מערכות סולאריות מרכזיות עם גיבוי חשמלי לחימום מים בבנייני מגורים

אינג' בוריס שוורץ, אינג' בנימין כהן

במאמר זה מובאת סקירה כללית על מערכות סולאריות מרכזיות, ותאור המבנה ואופן הפעולה של שני סוגי מערכות סולאריות מרכזיות מאולצות לחימום מים בבנייני מגורים: מערכת סולארית מרכזית עם אוגרים חד-דירתיים ומערכת עם אוגר מרכזי. עיקר הדגש הושם על תאור המבנה ואופן הפעולה של הגיבוי החשמלי במערכות אלה.

מבוא

אחד האמצעים הנפוצים ביותר לחימום מים בדירות מגורים הוא מערכת לחימום מים באמצעות אנרגיית השמש (להלן מערכת סולארית), אינדיבידואלית, הכוללת קולטי שמש ומיכל לאגירת מים חמים בנפח 120 ליטר ובו גוף חימום חשמלי לגיבוי.

גיבוי זה משמש לחימום המים בימים בהם אנרגיית השמש אינה מספיקה לחימום כמויות המים הנדרשות לשימוש.

השימוש במערכות שמש התרחב במיוחד בשנים האחרונות עקב החלת חוק (מחודש יולי 1980), המחייב התקנת מערכות סולאריות לחימום מים במבני מגורים, פרט לבניינים רבי-קומות. בבניינים רבי-דירות לא ניתן, בדרך כלל, ליישם שיטת החימום הסולארית באמצעות מערכות חד-דירתיים (דודי שמש), זאת בגלל הסיבות הבאות:

— חוסר מקום על הגג והצללת חלק מהקולטים על-ידי דוודים או קולטים אחרים;

— ריבוי כבלי חשמל וצינורות מים על הגג ועל גבי הקירות החיצוניים;

— הצורך בבידוד יעיל של הצינורות המספקים מים חמים לקומות התחתונות, על מנת למנוע הפסדי חום. בידודם היעיל של צינורות ארוכים — משמעו ייקור של כל המערכת;

— מגבלות הנובעות משיקולים ארכיטקטוניים.

הפיתרון לבעיות הנ"ל נמצא במעבר ממערכות סולאריות חד-דירתיים לשימוש במערכות סולאריות מרכזיות, בהם אנרגיית השמש נקלטת במערכת קולטי-שמש מרכזית, ומנוצלת לחימום מי הצריכה בשיטות שונות.

מערכות סולאריות מרכזיות — חקיקה ותקינה

חקיקה

לא קיימת בחוק התייחסות ישירה למערכת סולארית מרכזית. אולם קיימת התייחסות לגבי חובת ניצול האנרגיה הסולארית והתקנת מערכות סולאריות חד-דירתיים. בתקנות התכנון והבניה (בקשה להיתר,

תנאיו ואגרות) (תיקון מס' 3), התשמ"מ — 1980 בסימן ט' "התקנת מערכת חימום מים באמצעות אנרגיית השמש" נאמר כלהלן:

סעיף 7.66.01 ("הקמת בנין עם מערכת שמש")

"לא יוקם בנין ובו מערכת או מתקן לאספקת מים חמים, אלא אם זו מערכת שמש שיש לה הכושר לספק את תפוקת החום היומית של הקולט ושתפוקתה זו לא תקטן מ-167 קילוג'ול ליום (40 קילוקלוריות ליום) לכל ליטר נפח מיכל אגירה".

סעיף 7.66.02 (א) — ("מיכל אגירה")

(א) "במערכת השמש יהיה לכל יחידת דיור מיכל אגירה אחד ונפחו 120 ליטר לפחות".

סעיף 7.66.03 — ("התאמה לתקן")

"מערכת שמש תתאים לתקן ישראלי ת"י 579, למעט הסעיף 3.9 ב".

סעיף 7.66.04 — ("גיבוי")

(א) "במערכת שמש תותקן מערכת גיבוי כדי לספק אנרגיה לחימום מים למקרים שבהם מקור קרינת השמש אינו מספיק למטרה זו.

(ב) למערכת הגיבוי יהא הכושר לחמם את המים שבמיכל האגירה לטמפרטורה של 50°C.

(ג) מערכת הסקה מרכזית יכול שתשמש כמערכת גיבוי".

סעיף 7.66.05 — ("אי תחולה")

"היו הבנין או תוספת הקומה, כולם או מקצתם מיועדים לתעשייה, למלאכה, או לבית חולים, או היה הבנין בנין רב קומות, לא יחולו הוראות תקנות אלה עליהם או על אותו החלק המשמש למטרות אלה, לפי הענין".

באופן מעשי, חובת התקנת מערכת שמש חלה על בנייני מגורים שבהם עד תשע קומות בנוסף לקומת העמודים.

תקינה

לא קיים עדיין תקן ישראלי הון במערכות סולאריות מרכזיות. יחד עם זאת על הרכיבים השונים של המערכת חלים תקנים ישראליים או מפרטי מכון רלבנטיים.

להלן ציטוט הדברים הרלבנטיים ממפרט מת"י 97 אשר ישמשו אותנו בהמשך לצורך הסקירה על מערכות סולאריות מרכזיות.

מפרט מכון התקנים, מפמ"כ 97: "מערכות שמש מרכזיות עם קולטים לא מרכזיים לחימום מים בבנייני מגורים (פברואר 1981)"

■ **בסעיף 102** – "הגדרות" של אותו פרק נאמר:
"102.1 – מערכת סולארית מרכזית – מערכת לחימום מים הכוללת קולטי שמש שטוחים משותפים לכל דיירי הבית, המאפשרת אספקה סדירה של מים חמים לכל הדירות שבבניין".

"102.4 – נוזל מעביר חום (נוזל עבודה) – נוזל, כגון מים, העובר דרך מערכת הקולטים והמעביר את אנרגיית השמש, שנקלטה אל מחוץ לקולט".

"102.6 – מערכת סגורה – מערכת במעגל סגור שיש בה הפרדה בין נוזל העבודה לבין מי הצריכה" (העברת החום למי הצריכה מתבצעת דרך מחלף חום).

"102.7 – מערכת פתוחה – מערכת במעגל פתוח, שנוזל העבודה הוא מים המתערבבים עם מי הצריכה".

"102.17 – קו חם – צינור המהווה חלק של מעגל סגור שזרימת המים החמים דרכו מהאוגר וחזרה אליו, מבטיחה אספקה מיידית של מים חמים לצרכן כעת פתיחת הברזים בדירה".

■ **בסעיף 205.6** – "מערכת עזר לחימום (מתקן גיבוי)" – מובאות דרישות ננוגעות למבנה ולטיב מתקן הגיבוי במערכת הסולארית. להלן פירוט הדרישות לגבי מתקן גיבוי בחשמל ("גיבוי ממין ג'") בהתאם למיון של המפרט):

"205.6.4 – גופי חימום חשמליים במתקן גיבוי ממין ג'.

205.6.4.1 – ההספק – ההספק של גופי החימום החשמליים במתקן גיבוי ממין ג' יהיה כנדרש בסעיף 208 של מפרט מת"י – מפמ"כ 92 – 12.5 ואט לכל ליטר של קיבול האוגר.

205.6.4.2 – מיקום – כל אוגר במתקן גיבוי ממין ג' יצוייד בשני גופי חימום כלהלן:

א. גוף חימום עליון, שהספקו 2/3 מההספק הכללי הנדרש, המותקן בחלק העליון של המיכל. גוף חימום זה יחובר למונה נפרד (לזרם לילה) באמצעות מפסק קוצב זמן.

ב. גוף חימום תחתון, שהספקו 1/3 מההספק הכללי הנדרש, המותקן בחלקו התחתון של המיכל. גוף חימום זה יחובר למונה רגיל באמצעות מפסק קוצב זמן.

ג. במערכת אוגרים מרכזיים (לא דירתיים) המחברים בטור יצוייד כל אוגר בגוף חימום תחתון. גוף חימום עליון יותקן באוגר האחרון בלבד.

205.6.4.3 – בקרה תרמוסטטית – גופי החימום יחוברו לתרמוסטט המכוון לטמפרטורה מקסימלית של עד 55°C".

מערכת סולארית מרכזית מאולצת סגורה עם אוגרים דירתיים

תאור סכמתי של המערכת המובא מתוך מפרט מכון התקנים מס' 97 ניתן לראות באיור מס' 1

תאור מבנה המערכת

קולטי השמש

■ מכלול קולטי השמש מורכב ממספר קולטים המחברים ביניהם באופן טורי ו/או מקבילי,

היוצרים שטח קליטה כולל המבטיח את תפוקת החום היומית הנדרשת.

אוגרי המים החמים

המערכת כוללת דודים חד-דירתיים שמספרם כמספר הדירות בבנין. נפח כל אחד מהדודים הינו 120 ליטר, לפחות.

כל אחד מהדודים מצוייד במחליף חום בצורת נחשון, הנמצא במגע ישיר עם המים האגורים בדוד, או בצורת "מעיל" חימום, אשר איננו בא במגע ישיר עם המים האגורים.

מתקן עזר (גיבוי) לחימום סולארי

כל אחד מהדודים מצוייד במתקן עזר (גיבוי) לחימום המים בימים שבהם אנרגיית השמש איננה מספיקה לחימום המים בכמות ובטמפרטורה הנדרשות לשימוש. אם במבנה מותקנת מערכת הסקה מרכזית, אפשר שזו תשמש כמתקן עזר מרכזי ותספק גיבוי לכל אחד מהדודים החד-דירתיים.

שיטת הגיבוי הנפוצה ביותר היא באמצעות גוף חימום חשמלי המותקן בכל אחד מהדודים ההספק החשמלי של גוף החימום אסור שיעלה על ההספק המירבי המוגדר בתקן ישראלי 69.1 בהתאם לנפח הדוד. כך, למשל, בדוד שנפחו 120 ליטר (דוד בקיבול זה הינו הנפוץ ביותר), מותקן גוף חימום בהספק של 1,500 ואט או 2,000 ואט. נציין שכאשר גוף החימום החשמלי מקבל אספקה לפי תעריף לחימום בשעות מוגבלות ("זרם לילה") אסור שההספק הסגולי של גוף החימום יעלה על 12.5 ± 0.5 ואט לכל ליטר של נפח הדוד.

חיבור גוף החימום לזינה נעשה באמצעות מפסק זרם המותקן בכל אחת מהדירות. פעולת גוף החימום החשמלי, המותקן בכל אחד מהדודים החד-דירתיים, מווסתת באמצעות תרמוסטט המותקן בדוד.

התקני הפיקוד והבקרה

המערכת הסולארית כוללת שני אמצעי בקרה ופיקוד כדלקמן:

■ **התקן לבקרת משאבת הסחרור** במכלול הקולטים, הכולל תרמוסטט דיפרנציאלי אלקטרוני עם שני חיישנים:

– חישן לטמפרטורה גבוהה המורכבת ביציאה מהקולט האחרון בנקודה שצפויה בה הטמפרטורה הגבוהה ביותר של המים היוצאים ממכלול הקולטים.

– חישן לטמפרטורה נמוכה המורכב על צינור המחזיר את נוזל העבודה ממחליפי החום של הקולטים בנקודה הקרובה ביותר למשאבת הסחרור.

■ בקרת מתקן הגיבוי

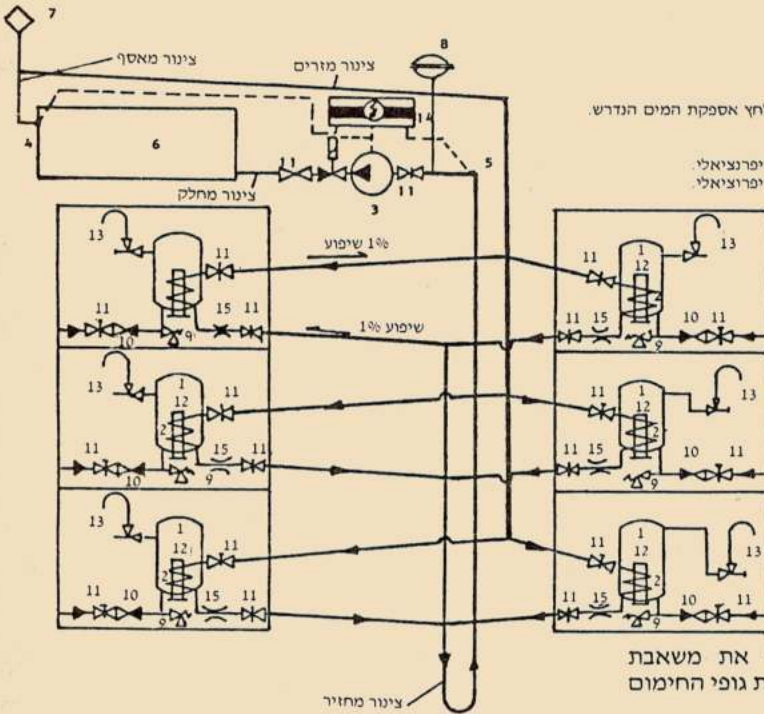
כפי שהוזכר לעיל בכל דוד דירתי מותקן תרמוסטט המבטיח הפסקת פעולת גוף החימום החשמלי כאשר טמפרטורת המים בדוד מגיעה לערך שנקבע מראש ע"י כוונן מתאים של התרמוסטט (בדרך כלל 50°C – 60°C).

מתקן החשמל

מתקן החשמל במערכת סולארית מסוג זה הינו פשוט יחסית.

איור 1.

מערכת סולארית מרכזית, מאולצת, סגורה עם אוגרים דירתיים



מקרא

1. מכלל אגירה אינדיבידואלי (אוגר) ששורר בו לחץ אספקת המים הנדרש.
2. מחליף חום של מכלול הקולטים.
3. משאבת סחרור של מכלול הקולטים.
4. חיישן לטמפרטורה גבוהה של התרמוסטט הדיפרנציאלי.
5. חיישן לטמפרטורה נמוכה של התרמוסטט הדיפרנציאלי.
6. מכלול הקולטים.
7. שסתום אוטומטי לשחרור אוויר.
8. מכלל התפסות.
9. שסתום כביחות.
10. שסתום חדיכיווני.
11. מנוף סגירה.
12. גוף חימום חשמלי.
13. ברו צריכה אצל הצרכן.
14. לוח חשמל.
15. התנגדות הידרולית המיועדת למניעת אפקט תרמוסימוני הפוך אך מאפשרת הפעלה עם משאבה.

המתקן כולל מעגל חשמלי המזין את משאבת הסחרור ומעגלים נפרדים המזינים את גופי החימום המותקנים בדודים החד-דירתיים.

■ במעגל החשמלי למשאבת הסחרור מותקן לוח לליקוד ולבקרה על פעולת המשאבה. הלוח כולל:

- תרמוסטט דיפרנציאלי;
- מפסק זרם תלת-מצבי המאפשר הפעלה אוטומטית או ידנית של המשאבה או ניתוק המשאבה המזינה.

— מבטח להגנה על המשאבה ועל מערכת הפיקוד.

הזנת המעגל החשמלי למשאבת הסחרור נעשית מלוח החשמל הראשי של הבנין. מניית הצריכה של המשאבה נעשית באמצעות מונה המותקן בלוח. מונה זה משמש גם למניית הצריכה של השרותים המשותפים האחרים (מעליות, תאורת מדרגות וכו').

■ המעגל החשמלי לגוף החימום מחובר ללוח החשמל הדירתי. מניית הצריכה של גוף החימום נעשית באמצעות המונה הדירתי.

תאור פעולת המערכת הסולארית

— אנרגיית השמש הנקלטת באמצעות מכלול הקולטים מחממת את נוזל העבודה הכלוא בקולטים. כאשר מתקיים התנאי שההפרש בין ערכי הטמפרטורה הנמדדת ע"י החיישנים של התרמוסטט הדיפרנציאלי הינו $8^{\circ}\text{C} - 6^{\circ}\text{C}$, מופעלת משאבת הסחרור. המשאבה מסחררת את נוזל העבודה בין הקולטים לבין מחליפי החום בדודים החד-דירתיים. כתוצאה מכך, המים האגורים בדודים מתחממים. מחזור החימום המתואר לעיל נמשך עד לשלב שבו

הפרש הטמפרטורה קטן לכדי $2^{\circ}\text{C} - 0.5^{\circ}\text{C}$. בשלב זה מפסיקה מערכת הפיקוד את פעולת משאבת הסחרור. ביצוע מחזור החימום כמתואר לעיל, מאפשר חימום שווה של המים האגורים בכל אחד מהדודים. בימים בהם אנרגיית השמש מספיקה לחימום המים בכל אחד מהדודים החד-דירתיים על טמפרטורה המתאימה לשימוש, אין צורך בהפעלת הגיבוי החשמלי.

— בימים מעוננים, בעונות המעבר (סתיו, אביב) ובעונת החורף, נוצר מצב שבו החימום הסולארי הינו יעיל רק בפרקי זמן קצרים, יחסית. חימום זה איננו מספיק לקבלת מים בכמויות ובטמפרטורה הנדרשות לשימוש כמתוכנן. כתוצאה מכך יש צורך בהפעלת גופי החימום החשמליים (או מתקן עזר אחר) להשלמת החימום.

— במערכת עם גיבוי חשמלי, על הדייר לסגור את שני ההמגופים (מס' 22 באיור 1) לפני הפעלת גוף החימום המותקן בדוד בדירתו. סגירת המגופים נדרשת להפרדת מחלף החום בדוד מצנרת המים החמים המשותפת, בה זורם נוזל העבודה המשמש לחימום המים בכל הדודים. כל זה על מנת למנוע מעבר חום מהדוד אל הדודים האחרים של הבנין, באמצעות מחלף החום של הדוד והצנרת המשותפת. במצב זה הדוד "מתפקד" כמחמם מים חשמלי עם וויסות תרמוסטטי ללא תלות בתפקודה של המערכת הסולארית המרכזית.

מערכת סולארית מרכזית מאולצת עם אוגר מרכזי

הקדמה

נציין שככלל, מערכות סולאריות מרכזיות עם אוגר מרכזי מותקנות כיום במבני מגורים מעטים ובשלב זה לא ניתן להצביע על הרחבת השימוש בהן.

לצורך ההסבר על עיקרון הפעולה של מערכות מהסוג הנדון ובכדי לעמוד בהרחבה על אחת מדרכי היישום של מתקן הגיבוי החשמלי ואופן פעולתו במערכות אלה, בחרנו להביא דוגמה של מערכת סולארית מרכזית מאולצת סגורה עם שני אוגרים מרכזיים, וגיבוי חשמלי, שהותקנה בבנין רב-קומות (9 קומות, 40 דירות).

מבנה המערכת

- תאור סכימטי של המערכת מובא באיור 2.
- המערכת כוללת בין היתר:

- מכלול של קולטים המותקן על גג המבנה
- 2 מיכלי אגירה בקיבול 2,500 ליטר כל אחד
- מיכל שבו מותקן מחליף החום של המערכת
- מיכל נפרד בו המים מהרשת זורמים בדרכם אל מיכלי האגירה והקולטים ועוברים טיפול כימי

— 8 משאבות סחרור בהספק 1/3 כ"ס כל אחת
— מתקן גיבוי חשמלי בהספק כולל של 60 קו"ט (הספק מותקן) המורכב מ-4 סוללות של גופי חימום חשמליים. ההספק המותקן של כל אחת מהסוללות הינו 15 קו"ט. בכל אחת מהסוללות — 5 גופי חימום בהספק 3 קו"ט כל אחד.

■ מתקן החשמל: מתקן החשמל כולל את כל האביזרים והחיווט הדרושים להפעלת המערכת הסולארית, בכלל ואת הגיבוי החשמלי בפרט.

מעגלי ההזנה למשאבות הסחרור ולגופי החימום מחוברים ללוח החשמל של המערכת הסולארית. בלוח זה מותקנים מבטיחים להגנה על המעגלים על המשאבות ועל גופי החימום, ואביזרים לפיקוד ולבקרה על פעולת המשאבות וגופי החימום.

הזנת הלוח נעשית מלוח החשמל הראשי של הבנין. מנית הצריכה של משאבות הסחרור ושל גופי החימום המותקנים במיכל האגירה (5) נעשית באמצעות מונה נפרד המותקן בלוח הראשי, לפי תעריף ביתי.

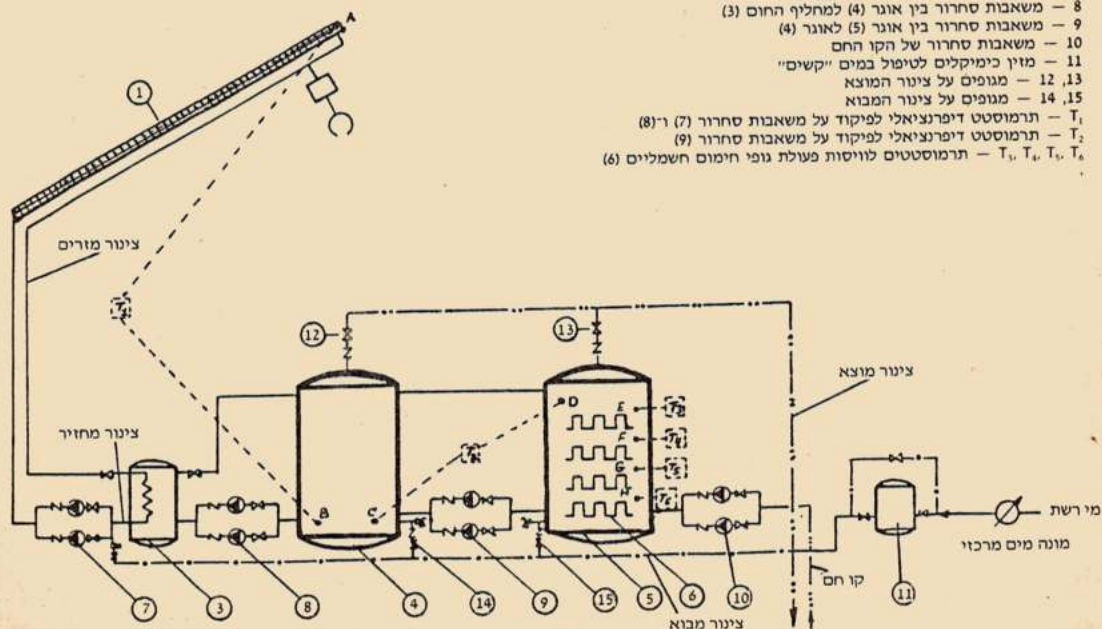
תאור פעולת המערכת

א. חימום מים באמצעות אנרגיה סולארית בלבד

בימים בהם האנרגיה הסולארית הינה מספקת לחימום המים עד לטמפרטורה המתאימה לשימוש הביתי, פועלת המערכת באופן הבא:

איור 2

מערכת סולארית מרכזית מאולצת סגורה, עם שני אוגרים וגיבוי חשמלי



מקרא

- 1 — מכלול קולטי שמש
- 2 — מיכל התפסות
- 3 — מחליף חום
- 4,5 — אוגר מרכזי 2,500 ליטר (סה"כ נפח האגירה — 5,000 ליטר)
- 6 — גופי חימום חשמליים בהספק כולל של 60 קו"ט
- 7 — משאבות סחרור של מכלול הקולטים
- 8 — משאבות סחרור בין אוגר (4) למחליף החום (3)
- 9 — משאבות סחרור בין אוגר (5) לאוגר (4)
- 10 — משאבות סחרור של הקו החם
- 11 — מזין כימיקלים לטיפול במים "יקשים"
- 12, 13 — מגופים על צינור המוצא
- 14, 15 — מגופים על צינור המבוא
- T₁ — תרמוסטט דיפרנציאלי לפיקוד על משאבות סחרור (7) ו-(8)
- T₂ — תרמוסטט דיפרנציאלי לפיקוד על משאבות סחרור (9)
- T₃, T₄, T₅, T₆ — תרמוסטטים לווטות פעולת גופי חימום חשמליים (6)

■ אנרגית השמש הנקלטת באמצעות מיכלול הקולטים מחממת את נוזל העבודה הכלוא בקולטים.

■ התמרוסטט הדיפרנציאלי T_1 (ראה איור 2) "מודד" בעזרת שני חיישני את טמפרטורת המים בנקודות A ו-B.

התמרוסטט בודק קיום שני התנאים הבאים:

– הטמפרטורה של המים בנקודה A גבוהה מ- 25°C .

– ההפרש בין טמפרטורת המים היוצאים מהקולטים הנמדדת ע"י החיישן לטמפרטורה גבוהה בנקודה A לבין טמפרטורת המים בתחתית מיכל האגירה (4) הנמדדת ע"י החיישן לטמפרטורה נמוכה בנקודה B גדול מ- 5°C .

■ אם מתקיימים כל אחד משני התנאים הנ"ל, מאפשר התמרוסטט T_1 את הפעלת משאבות הסחרור (7) ו- (8).

משאבת הסחרור (7) מסחררת את נוזל העבודה בקולטים ובמחלף החום. נוזל העבודה מתחמם בקולטים ומוסר את החום האגור בו למים שבדוד האגירה (3) באמצעות מחלף החום.

משאבת הסחרור (8) מאלצת מעבר מים חמים מהחלק העליון של דוד האגירה (3) אל החלק העליון של אוגר (4) ומזרימה מים קרים מהחלק התחתון של אוגר (4) אל החלק התחתון של אוגר (3).

■ התמרוסטט הדיפרנציאלי T_2 מודד את ההפרש בין טמפרטורת המים בתחתית מיכל האגירה (4) הנמדדת ע"י חיישן C לבין טמפרטורת המים בחלקו העליון של מיכל האגירה (5) הנמדדת ע"י חיישן D. כאשר ההפרש הינו גדול מ- 5°C מאפשר התמרוסטט T_2 את הפעלת משאבת הסחרור (9).

משאבת הסחרור מאלצת מעבר מים חמים מהחלק העליון של אוגר (4) אל החלק העליון של אוגר (5). מים קרים מועברים מהחלק התחתון של אוגר (5) לחלק התחתון של אוגר (4).

■ אם אחד מהתנאים המפורטים בסעיף משנה 2 איננו מתקיים, מתק T_1 את משאבות הסחרור (7), (8). מצב זה אפשרי למשל בשעות הערב או בימים מעוננים בעונות הקיץ ובעונות המעבר. בגמר מחזור החימום המתואר בסעיף המשנה לעיל, עומדים לרשות הדיירים מים חמים שנאגרו בשני מיכלי האגירה (4) ו- (5) ובנפח כולל של 5,000 ליטר.

המים החמים לשימוש הדיירים מוצאים תמיד מתוך מיכל האגירה (5) [מגוף (12) – סגור, מגוף (13) – פתוח]. את מקומם ממלאים המים המוזרמים מחלקו העליון של מיכל האגירה (4) [מגוף (15) – סגור, מגוף (14) – פתוח] וכניסת המים הקרים הינה רק למיכל האגירה (4).

משאבת הסחרור (10) של הקו החם מופעלת רוב שעות היממה, הזרימה בקו החם מבטיחה אספקה מיידית של מים חמים לצרכן בעת פתיחת הברזים בדירה.

ב. שילוב בין חימום סולארי לבין חימום בחשמל בימים מעוננים ובעונות המעבר (סתיו, אביב) ובעונות

החורף, נוצר מצב שבו החימום הסולארי הינו יעיל רק בפרקי זמן קצרים יחסית. האנרגיה הנקלטת מהשמש איננה מספיקה לחמם את המים בכמויות ובטמפרטורה המתאימות לשימוש ביתי, וכתוצאה מכך יש צורך בהפעלת גופי החימום החשמליים (הגיבוי החשמלי) להשלמת חימום המים. במצבים כנ"ל פעולת המערכת כלהלן:

■ בפרקי זמן בהם החימום הסולארי הינו יעיל, חימום המים נעשה באמצעות האנרגיה הסולארית בלבד כפי שתואר לעיל.

■ בחלקים שונים של מיכל האגירה (5) מותקנים חיישנים $T_5, T_4, T_3, T_2, T_1, T_0$ ו- T_6 . אשר מודדים את טמפרטורת המים במיכל בעומקים שונים של המיכל.

כל אחד מהתמרוסטטים הנ"ל מווסת את פעולתה של סוללת גופי חימום אחת שהספקה 15 קו"ט.

בצורה פשטנית ניתן לומר שכל אחת מסוללות החימום "אחראית" לחימום המים בחלק מסויים של המיכל. פעולת הסוללה נמשכת עד אשר טמפרטורת המים הנמצאים בחלק אשר בתחום "אחריותה" של הסוללה, מגיעה לרמה הנדרשת.

■ בזמן פעולת הגיבוי החשמלי, כפי שמתואר בסעיף (ב) לעיל, נוצר, בדרך כלל, מצב שבו ההפרש בין טמפרטורת המים בתחתית מיכל האגירה (4) לבין טמפרטורת המים בחלקו העליון של מיכל האגירה (5) הינה קטנה מ- 5°C . במצב זה, התמרוסטט הדיפרנציאלי T_2 איננו מאפשר הפעלת משאבת הסחרור (9). כתוצאה מכך אין תחלופת מים בין מיכלי האגירה (4) ו- (5). סוללות החימום פועלות לחימום המים הנמצאים במיכל האגירה (5) בלבד.

■ כפי שהוסבר לעיל המים החמים לשימוש הדיירים מוצאים מתוך מיכל האגירה (5). את מקומם "תופסים" המים המוזרמים מחלקו העליון של מיכל האגירה (4). אם בפרקי זמן כלשהם במשך היום חזר החימום הסולארי להיות יעיל, אזי טמפרטורת המים בחלקו העליון של מיכל האגירה (4) תהיה גבוהה מזו של המים בצנור הכניסה של המים הקרים למיכל האגירה. כלומר, חימום המים הנכנסים בזמן השימוש למיכל האגירה (5), יתבצע מטמפרטורה התחלתית גבוהה יותר וכתוצאה מכך כמות האנרגיה החשמלית הדרושה לחימום המים עד לטמפרטורה הנדרשת קטנה יותר.

ג. חימום המים באמצעות אנרגיה חשמלית בלבד

בעונת החורף, בימים גשומים, החימום הסולארי איננו יעיל. בימים אלה חימום המים מתבצע באמצעות גופי החימום החשמליים בלבד. המערכת פועלת באופן הבא:

■ משאבות (7), (8) ו- (9) אינן פועלות מפני שלא מתקיימים התנאים להפעלתם.

■ גופי החימום החשמליים (סוללות החימום) המופעלים כמתואר לעיל, מחממים את המים האגורים במיכל האגירה (5) בלבד.

בגמר מחזור החימום עומדים לרשות הדיירים 2,500 ליטר של מים חמים הנמצאים במיכל האגירה (5).

יתרונות וחסרונות של מערכות סולאריות מרכזיות על סוגיהן השונים

מערכת עם אוגרים דירתיים

יתרונות:

- מבנה פשוט, יחסית (בהשוואה למערכת עם אוגר מרכזי). הודות לכך:
- א. הוצאות האחזקה המתחלקות בין כל דיירי הבית הן נמוכות יחסית.
- ב. אמינות גבוהה יחסית.
- הוצאות שוטפות המשותפות לכל דיירי הבית (התשלום בעד צריכת החשמל של משאבת הסחרור) הינן נמוכות יחסית.
- כל דייר משלם בעת צריכת המים – בהתאם לקריאת מונה המים של דירתו, ובעד צריכת החשמל הנדרשת להפעלת הגיבוי החשמלי – בהתאם לקריאת מונה החשמל הדירתי.

חסרונות

- סירבול מסויים הנובע מהצורך בסגירה ובפתיחה של המגופים בדירה:
- א. סגירה לשם ניתוק מחלף החום, המותקן באוגר הדירתי מהצנרת המשותפת לפני הפעלת הגיבוי החשמלי;
- ב. פתיחת המגופים מחדש לשם ניצול החימום הסולארי.
- איבודי חום מהאוגר הדירתי דרך מחלף החום אל הצנרת המשותפת. זאת כתוצאה מאפקט תרמוסיפוני הפוך המתבטא בעליית המים המתחממים במחלף החום דרך הצנרת המשותפת אל האוגרים בדירות השכנות בהם טמפרטורת המים נמוכה יותר – ואל הקולטים. על מנת למנוע תופעה זו מותקנת ביציאה ממחלף החום התנגדות הידראולית, אך זו אינה יעילה דייה.
- על מנת לנצל באופן אופטימלי את החימום הסולארי, יש צורך בערנות מתמדת מצד הדייר לצורך סגירה ופתיחה של המגופים בדירתו במועדים הנכונים. ברור שהדבר מהווה טירחה מיוחדת.

מערכת עם אוגר מרכזי

יתרונות

- אפשרות להפעלה אוטומטית בכל ימות השנה ללא צורך בנקיטת פעולות כלשהן מצד הדיירים. צורת הפעלה זו מאפשרת לשלב את החימום הסולארי עם החימום באמצעות גיבוי לשם קבלת כמויות מים חמים הנדרשות בשעות שנקבעו מראש על ידי הדיירים. הפעלה זו מאפשרת השגת רמה גבוהה של נוחות השימוש, אך יש לה כמובן מחיר בהתאם.
- במערכת עם מספר אוגרים מרכזיים קיימת אפשרות הספקת מים חמים חלקית גם כאשר יש צורך בהשבתת אחר מהאוגרים לצורך הטיפול בו.

חסרונות

■ המערכת הינה מורכבת יחסית ומחייבת את הדיירים בהוצאות ניכרות לאחזקתה על מנת להבטיח את פעולתה התקינה לאורך שנים. מורכבותה של המערכת מחייבת הפעלת בעלי מקצוע המתמחים במערכות כח וחום ובמערכות חשמל ופיקוד.

■ במערכת הסולארית עם אוגר מרכזי ההוצאות השוטפות הכוללות מחושבות באמצעות מונה מים המותקן על צינור המבוא לאוגר המרכזי והרושם את צריכת המים הכללית, מונה חשמל הרושם את צריכת החשמל הכללית של המערכת (משאבות וגיבוי חשמלי במידה ויש גיבוי מסוג זה) ומונה הרושם את צריכת הסולר או הגז (במקרה והגיבוי מבוסס על סולר או על גז). ההוצאות השוטפות מתחלקות בין הדיירים באופן יחסי בהתאם לצריכת המים החמים שלהם. שיטת חיוב הדיירים המקובלת כיום הינה על פי קריאת מונה למים חמים דירתי המותקן על צינור המים החמים הנכנס לכל דירה.

שיטת חיוב זו עלולה לגרום לאי-צדק הואיל ומונה המים החמים איננו מבחין בטמפרטורת המים הנכנסים. כך למשל, דייר המשתמש במים חמים לצורך מקלחת לפני תחילת השימוש המוגבר במים חמים על ידי רוב הדיירים, יקבל מהמערכת מים חמים בטמפרטורה גבוהה יותר מטמפרטורת המים החמים שיקבל דייר אחר, לצורך מקלחת זהה, בשעות של שימוש מוגבר של רוב הדיירים (בדרך כלל בשעות הערב). כתוצאה מכך, כמות המים החמים הנצרכת על-ידי הדייר הראשון תהיה יותר קטנה מזו הנצרכת על ידי הדייר השני. כלומר, הדייר הראשון יידרש לשלם עבור אותה מקלחת פחות כסף מאשר הדייר השני. חלוקה לא צודקת של ההוצאות השוטפות עלולה להביא בעתיד לסיכסוכים ולמריבות בין שכנים בדומה למה שאירע במספר בניינים בהם הותקנו מערכות להסקה מרכזית.

ניתן ליישם שיטת חיוב צודקת יותר אם מתקנים בכניסה לכל אחד מהדירות, מונה המודד הן את כמות המים החמים הנצרכים והן את ה"ערך הקלורוי" של המים. אך מונה מסוג זה הינו יקר יחסית ולכן לא מצא את מקומו במערכות הנדונות.

סיכום

■ בבניינים שאינם רבי קומות מקבלים הדיירים מכח החוק, מחמסם סולארי (דוד שמש) דירתי או מערכת מרכזית מאולצת עם אוגרים חד-דירתיים.

בבניינים שבהם מותקנים דוד-שמש, מוגנים הדיירים ע"י דרישת החוק שההתקנה תבוצע לפי כל דרישות התקן הישראלי ת"י 579 (תקן זה חל אך ורק על דודי שמש). לעומת זאת בבניינים שבהם מותקנות מערכות סולאריות מרכזיות עם אוגרים חד-דירתיים, אין הדיירים מקבלים הגנה דומה מכח החוק. יתרה מזאת, אין עדיין תקן ישראלי החל על מערכות אלה.

ב. הגיבוי החשמלי יתאים לדרישות המפרט המתוארות לעיל.
ג. מערכת הפיקוד תאפשר:
— ניתוק אספקת החשמל לגופי החימום בעת פעולת משאבות הסיחור בין מכלול הקולטים לבין האוגר;

— לקבוע מראש את שעות הפעולה של גופי החימום באמצעות שעוני מיתוג.

ד. מנית הצריכה של גופי החימום תעשה על-ידי מונים המיועדים רק בעדם. זאת על מנת לבודד צריכה זו מהצריכה של שאר השרותים המשותפים בבנין, ולאפשר חלוקה צודקת יותר של ההוצאות השוטפות בין הדיירים.

■ במערכת סולארית מרכזית עם אוגר מרכזי, מומלץ להתקין מונה "הערך הקלורי" של המים החמים בכל אחת מהדירות בבנין. זאת על מנת להבטיח חלוקה צודקת יותר של ההוצאות השוטפות לחימום המים.

התקנת מונים אלה כרוכה, אמנם, בהשקעה חד-פעמית מסויימת, אך נראה לנו שהיא הכרחית לשם הבטחת חלוקה צודקת של ההוצאות השוטפות ומניעת סיכסוכים בין הדיירים.

■ במערכות סולאריות מרכזיות עם אוגרים מרכזיים וגיבוי חשמלי יש להקפיד על ביצוע דרישת המפרט (מפמ"כ 97), המתייחסת למבנה מתקן הגיבוי החשמלי:

א. הגיבוי החשמלי יהיה מורכב משני חלקים — הראשון בהספק של 2/3 מההספק הכולל של הגיבוי, והשני בהספק של 1/3 מההספק הכולל.

ב. החלק הראשון של הגיבוי יחובר למעגל חשמלי המקבל אספקה הנמדדת לפי תעריף לחימום בשעות מוגבלות.

החלק השני של הגיבוי יחובר למעגל חשמלי המקבל אספקה הנמדדת לפי תעריף ביתי.

הקפדה על קיום הדרישות הנ"ל חשובה במיוחד לשם מניעת ההשפעות השליליות על העומס במערכת הארצית העולולת להיווצר כתוצאה מריבוי מערכות, שבהן הגיבוי החשמלי יחובר כולו לאספקה הנמדדת לפי תעריף ביתי (ולא הגבלת שעות האספקה).

■ בעת תכנון וביצוע המתקן החשמלי של הבנין, בו תותקן מערכת סולארית מרכזית עם אוגר מרכזי, יש להתחשב בהמלצות הבאות:

א. גופי החימום של הגיבוי החשמלי חייבים להיות מוזנים ממעגלים סופיים המיועדים רק בעדם.

כדאיות התעו"ז? בצרכנות במתח נמוך

האם החלת התעו"ז על צרכני מתח נמוך היא כדאית?

שאלה זו תיבדק בקרוב בסיודיות, במחקר מקיף שעומדת לקיים החברה.

בהכנסת התעו"ז (תעריף לפי עומס וזמן צריכה, שהינו תשלום בהתאם לשעות הצריכה והביקוש), הוחל ב-1983. הוא הונס בהדרגה והיום הוא חל על כ-1000 צרכנים במתח עליון וגבוה, שצריכת החשמל שלהם מהווה כ-50% מכלל הצריכה בישראל.

החלת התעו"ז דורשת, בין השאר, התקנתם של מוני חשמל יקרים מאלה המשמשים למדידת הצריכה לפי התעריפים המקובלים. ההחלטה, להחיל את התעו"ז על צרכנים גדולים התבססה על כך שהם בעלי פוטנציאל גדול, יחסית, לשינויים בצריכה, ולכן גם שינוי בצריכה שאינו גדול עשוי להיות משמעותי מבחינת כלל המערכת, והתועלת הצומחת מכך למשק הלאומי עשויה להיות גדולה מהעלות המושקעת במונים המיוחדים ובכלל הכרוך בהם.

לגבי הצרכנות הקטנה יותר — כדאיות התעו"ז אינה ברורה עדיין. כדי לקבל תשובות מתאימות לשאלות הכרוכות ביישום מערכת תעריפים מתאימה, נדרש מחקר, בו יאספו ויונתחו הנתונים הדרושים. מחקר כזה חייב להיות מבוסס על לימוד עקומות עומס האופייניות לקבוצות שונות של צרכנים, על אמידת גמישות הביקוש לחשמל ונתונים כלכליים נוספים ועל ניתוח התנהגותם של צרכנים כפונקציה של משתנים כלכליים.

במהלך המחקר, יאוחר מידגם מייצג של כ-1000 צרכנים, אשר בשלב הראשון תילמד התנהגותם החשמלית ובשלב השני יחשפו למכנים שונים של תעריפים, כדי לבדוק את תגובתם לתעו"ז. ניתוח תגובתם לתעריפים אלו, יאפשר את הבדיקה שתקבע, אם קיימת כדאיות כלכלית בהחלת התעו"ז על צרכנות במתח נמוך. כלומר — האם החסכון והרווח הכלכלי, הצפויים מהחלת התעו"ז, עקב העברת הצריכה מזמני שיא לזמני שפל, גדולים מהעלות הכוללת של החלת התעו"ז על צרכנות קטנה.

המידע שיתקבל מהמחקר יתרום לשיפור כל מערכת התעריפים, לא רק בתעו"ז, וישמש למטרות נוספות, כמו לחיזוי צריכת החשמל ועקומת העומס בעתיד לפי הסקטורים השונים באוכלוסיה, וכן לבדיקת שינויים בהרגלי הביקוש של הצרכנים לאורך זמן ואיפיון הגורמים המשפיעים על הרגלי הצריכה.

(מתוך "חשמל" — עתון פנימי של חברת החשמל לישראל — גליון מס' 67, אוקטובר 1985)

אתרי בניה ובטיחות בחשמל

אינג'י נחום פלג

השימוש בחשמל, בכל מקום, כרוך בסכנה בטיחותית מעצם מהותו – על אחת כמה וכמה כשהמדובר באתרי בניה ומקומות דומים – ועל זה נרחיב את הדיבור במסגרת מאמר זה.

חשמל שונות סמויות. עבודות בקיר המשותף ל-2 דירות מחייבות נקיטת אמצעי זהירות מיוחדות. נחזור ונתבונן במערכת החשמל המיועדת לשמש את העוסקים בפעולות הבניה באתר. בניגוד למיתקני החשמל המקובלים הרי שהמיתקן החשמלי בו אנו עוסקים הוא מיתקן מסוכן בגלל סיבות שונות:

א. המיתקן עצמו הוא ארעי ונתון לשינויים מתמידים עקב הצורך בשימוש ליעדים שונים בתחום אתר הבניה.

מבחינה חוקית הרי שכל שינוי במיתקן מחייב תכנון וביצוע על ידי חשמלאי בעל רשיון מתאים. אך, בינינו לבין עצמנו, עבודות אלה מבוצעות בשטח לא דווקא על ידי אנשים המוסמכים לכך.

ב. אחד המרכיבים החשובים ביותר בבטיחות בפני חישמול היא **ההארקה** (ושמירת תקינותה) אך דווקא בגלל האופי הארעי של מיתקן החשמל באתר הבניה לא ניתן, תמיד, להשיג הארקה הגנה נאותה והשמירה על רציפותה מחייבת השגחה מתמדת.

ג. אחד המאפיינים העיקריים של אתר בניה הוא שימוש נרחב (ובלתי מבוקר) במים. בטיחות בפני חישמול בסביבה לחה היא בעייתית ביותר.

ד. נוסף לכך הפועלים באתרי בניה מזויעים, עורם לא תמיד שלם ובלתי פגיע כתוצאה מפציעות וכו' ולכן סכנת החישמול גבוהה במיוחד.

ה. השימוש הנרחב בפיתילים מאריכים והפגיעות הרבה שלהם עקב דריכה עליהם, מעבר ציוד עליהם, משיכתם מעבר לפינות חדות, הנחתם על חפצים חדים ומחוספסים וכו' וזאת בנוסף להיותם מונחים בתוך שלוליות מים, מגבירים את הסכנה של פגיעה בבידודם. אם נוסיף לכך את המספר הרב של חיבורים באמצעות תקעים ובתי תקע (צקעים) (שכל אחד מהם הוא נקודת תורפה בפני עצמה).

מתוך כל אלה ניתן להגיע למסקנה שמיתקן החשמל באתר הבניה הוא מסוכן ויש לנקוט בכל אמצעי אפשרי על מנת להגביר את בטיחותו ועל כך ניחד את הדיבור.

תקנות החשמל המתייחסות להארקות ולשיטות הגנה בפני חישמול מעמידות לרשותנו מספר שיטות להגנה בפני חישמול ונראה כיצד ניתן ליישמן באתר הבניה.

השימוש במתח בטיחות נמוך מאד (פחות מאשר 50 וולט) מתאים, למעשה, למערכות תאורה מקומיות ומוגבלות בשטחן וזאת עקב הבעיה של מפלי המתח ובצורך בהתקנת שנאים מתאימים. השימוש בכלי עבודה למתחי בטיחות נמוכים מאד כמעט וירד מעל הפרק.

למעשה יש להתייחס לשני מישורים של סכנת החשמל – אספקט אחד, אשר בו ניגע רק בריפרוף, נובע מפגיעה במערכת חשמל "חיצונית" והשני, אשר בו נטפל בצורה יסודית יותר, הוא הסיכון הנובע מעצם השימוש במיכשור חשמלי באתר הבניה ומערכת החלוקה הפנימית שלו.

האספקט הראשון אשר, לשם ההפשטה, נקרא לו הסיכון החיצוני מתייחס, למעשה, לסיכון הנובע מעצם קיום מערכות לאספקת חשמל – תת קרקעית ועל קרקעיות בשטח העבודה. הפעילות בשטח הבניה מחייבת, בין היתר, גם עבודות עפר (כולל פיצוצים) ואם אין מוודאים **מראש** שאין, במקום הנועד לחפירה, כבלי חשמל עלולים מפעילי הציוד להתקל, לא פעם בהפתעות מסוכנות.

אסור לנו לשכוח שקיימות מערכות תת קרקעיות רבות אשר רובן אינן מסומנות בצורה ברורה והשימוש בכלי עבודה מכניים כבדים (בניגוד לעבודת ידים שהיתה נהוגה בעבר) מביא לכך שמרגישים בקיום המערכת התת קרקעית רק לאחר שפוגעים בה. גרימת נזק לצנרת מים תגרום, אולי, לשיטפון קטן, פגיעה בצנרת ביוב תגרום, בנוסף לשיטפון, גם לסירחון ופגיעה בכבלי טלפון תגרום לנזקים מאד רציניים – אך נזקים אלה, עד כמה שהם כבדים, מתכסים בדרך כלל על ידי הביטוח. לעומת זאת – פגיעה בכבלי חשמל – ובמיוחד בכבלי מתח גבוה מהווה סיכון בטיחותי רציני ביותר. הדרך האמינה ביותר להקטנת סיכון זה היא תאום בין מבצעי עבודות בעפר והרשויות המתאימות בעלות רכיבי המשק התת-קרקעי – "בזק", הרשויות המקומיות וחברת החשמל.

בנוסף לסכנה החיצונית מכבלים תת קרקעיים יש לפקוח עין ולראות אם בקרבת אתר הבניה אין רשתות עליות של חשמל – למתח נמוך וגבוה. ביצוע עבודות עפר כרוך, לא פעם, בשינוי רמת מפלסי גישה לרכב וציוד כך שהמיתלים של תילי החשמל שהיו תקינים ובטיחותיים בשעתם הנפכים, לפתע, ללא בטוחים ומסוכנים. בנוסף לכך יש לוודא שהציוד המובא לאתר הבניה ונמצא בו בשימוש לא יתקרב קירבה מסוכנת לאותם קוים עלילים. גם לאחר שהמבנה נמצא כבר בתהליכי הקמה יש למנוע התקרבות יתר לקוי חשמל. אגב – דבר זה נכון גם לאחר שהמבנה עומד על תילו וזכור מקרה של פגיעה ממתח גבוה כאשר, מסיבות שונות, הוציאו אל מחוץ לחלון מסילת אלומיניום שהיתה אמורה לשמש להתקנת וילון.

ביצוע עבודות שיפוץ ושינויים (כמו הריסת קירות), בבניינים קיימים אף הוא מסוכן בגלל קיום מערכות

אינג'י נ. פלג – מהנדס יועץ, הנדסה אלקטרומכנית, חיפה.

מתמדת של פסק במוליך (או במוליכי הארקה). מצב זה מחייב בקורת, לעיתים קרובות של רציפות הארקה באמצעות מכשור מתאים על ידי בעל מקצוע.

בנקודה זו אנו מגיעים לאמצעי ההגנה המשמש, יותר ויותר, להגברת הבטיחות ולהשלמת אמצעי ההגנה האחרים והוא **מפסק המגן**. לא כאן המקום להכנס לתאור המכשיר עצמו וצורת פעולתו – רבות כבר נכתב ונאמר עליו. נתייחס כאן לכמה חידושים בישומו של מכשיר זה.

לאחרונה הושלמה במכון התקנים הישראלי הכנת הצעת תקן ישראלי חדש הנקרא **"מערכות מיטלטלות להגנה מפני זרמי דלף"**. תקן זה מתייחס למערכות הכוללות, בתוך קופסה מתאימה, מפסק מגן הפועל בזרם דלף, עם או בלי מפסקי זרם זעירים (מאמת"ים) להגנה בפני זרמי יתר, בתי תקע (שקעים) חד או תלת מופעיים ופתיל כניסה. מערכות אלה מיועדות לספק הגנה בפני חישהול כאשר יש צורך בהפעלת מיכשור חשמלי במקומות מסוכנים כדוגמת אתרי בניה.

בנוסף לכך ניתן להשיג גם קופסאות התקנה הכוללות את הציוד של המערכות המיטלטלות לשם התקנתם במקומות שונים באתר הבניה ומן הראוי להתקין קופסאות כאלה (דוגמאות של ציוד כנ"ל ראה בתמונות להלן). במקומות שונים ברחבי אתר הבניה בטווח נוח לגישה ולשימוש כך שזינת המכשירים המוחזקים ביד תבוצע במינימום של פתילי הארקה. היחידות צריכות להיות מתוכננות כך שטיפול בידיות ההפעלה של מפסק המגן או המפסקים האוטומטיים

השימוש בשיטת ההפרד – דהיינו זינת מכשיר אחד משנאי מבדל – היא שיטה טובה אך לא נמצאת בשימוש נרחב מאחר והיא מסורבלת (מחייבת לטלטל שנאי מבדל עם כל כלי עבודה) וגורמת לעיכובים בעבודה.

השיטות המקובלות להגנה, לכן, מצטמצמות בעיקר לשיטות הבאות:

- מפסקי מגן הפועלים בזרם דלף לאדמה (מפסקי פחת)
- הארקה
- בידוד כפול.

נתחיל מ**הבידוד הכפול**. שיטה זו של הגנה מבוססת על יצור כלי העבודה וחלקי המערכת לחלוקת החשמל מחומר מבדד כך שגם אם במכשיר עצמו יש תקלה לא יופיע מתח מסוכן נגיש. שיטה זו נעשית יותר ויותר מקובלת וישנם כלי עבודה (כגון מקדחות יד) **החייבים** להיות בעלי בידוד כפול (הסימון □ מצוין מכשירים אלה).

חסרונה היסודי של ההגנה באמצעות בידוד כפול – ביחוד של כלי עבודה מיטלטלים המוחזקים ביד – היא הרגישות שלה לרטיבות וזהום. לכלוך ורטיבות עלולים לגישר את הבידוד ולגרום להופעת מתח מסוכן נגיש. עקב אופי אתרי הבניה הרי שהציוד החשמלי המשמש בהם חשוף במיוחד לשני מפגעים אלו העלולים לגרום לפגיעה בבטיחותם.

הארקה נאותה חייבת להיות חלק בלתי נפרד של מיתקן החשמל. מאחר ומדובר במיתקן ארעי הנמצא בטיפול, שאינו תמיד מקצועי ביותר, קיימת סכנה



קופסאות התקנה הכוללות ציוד למערכות מיטלטלות

התקע (שקעים) חייבים גם הם להיות מוגני רטיבות ולפי תקן ישראלי (רצוי – סוג תעשייתי שהוא חזק יותר, מובטח בפני שליפה ואמין ביותר). היחידות המיטלטלות מיועדות, בעיקר, לשימוש

לא יצריך שימוש בכלי עבודה (במילים אחרות – ההפעלה לאחר הרמת מכסה קפיצי אשר יחזור אוטומטית למקומו), עליהם להיות בנויים מחומר פלסטי מבדד (בידוד כפול) ומוגנים בפני רטיבות. בתי

בתנאי חוץ כאשר יש צורך בהפעלת מיכשור חשמלי בתנאים קשים בלתי צפויים כגון ביצוע עבודה במידשאה או הפעלת חרום של משאבה טבולה לצורך שאיבת מים לאחר הצפה.

פרק בפני עצמו מהווה הנושא של הפעלת גנרטורים ניידים במיתקנים ארעיים. בעת כתיבת דברים אלה נמצאות תקנות חדשות לגנרטורים (לפי חוק החשמל) בשלבי עיבוד סופיים ושם מוקדשות דרישות מיוחדות לגנרטורים ניידים במיתקנים ארעיים.

בהצעת התקנות בדבר התקנת גנרטורים למתח נמוך ורישויים דנה תקנה 15 ב"שיטה בלתי מאורקת במתקן ארעי. הניזון מגנרטור נייד". להלן נוסח הצעת התקנה כלשונו:

"במקרה של זינת מתקן ארעי באספקה עצמאית מגנרטור נייד מותר שהזינה תהייה בלתי מאורקת כאשר הגנרטור והמיתקן עומדים בדרישות תקנות החשמל — תקנות הארקות ושיטות הגנה בפני חישימול במתח עד 1000 וולט. המתייחסות לשיטה בלתי מאורקת או בדרישות הבאות:

(א) כל גופי המתכת החייבים בהארקת הגנה, כולל גוף הגנרטור, יחוברו למוליך הגנה (מוליך השוואה), מותר שמוליך הגנה יהיה מאורק. מוליכי הגנה יהיו כלולים בתוך כבלי הזינה.

(ב) חתכי מוליכי הגנה יהיו שווים לפחות לחתכי מוליכי הארקה לפי התקנות.

(ג) כאשר התנגדות הבידוד בין מוליך הגנה לבין המיתקן החשמלי תרד מתחת ל-22 קילו-אוהם תינתן התרעה חזותית וקולית.

(ד) הוכח בחישוב או בניסוי שמתח התקלה לאורך מוליך הגנה אינו יכול לעלות על 50 וולט למשך יותר מ-5 שניות אין צורך בהתרעה כנדרש בתקנה משנה (ג).

(ה) מתבססת ההגנה על מילוי התנאים של תקנת משנה (ד) לא יעבור סה"כ האורכים של הכבלים על 250 מטר."

למעשה, התקנה הזאת מתייחסת גם לאפשרות של הפעלת גנרטור נייד במתקן ארעי של אתר בניה. מצב

שקורה כאשר מתחילים בעבודות הבניה לפני שניתנה אספקת חשמל מחברת החשמל. הפעלת גנרטור מחייבת העסקת מכונאי שיהיה אחראי על הדיזל, וחשמלאי שיהיה אחראי על המתקן החשמלי.

כאן המקום להעיר שלאור הבעיה של התקנת הארקה נאותה במתקן חשמלי ארעי, השיטה האופטימלית להגנה תהיה אספקה ב"שיטה בלתי מאורקת" (כפי שנאמר בתקנה) אך אז יש גם למלא אחרי הנידרש בתקנה 11 של "תקנות החשמל (הארקות ושיטות הגנה בפני חישימול במתח עד 1000 וולט, התשמ"ד — 1984)", ובה נאמר:

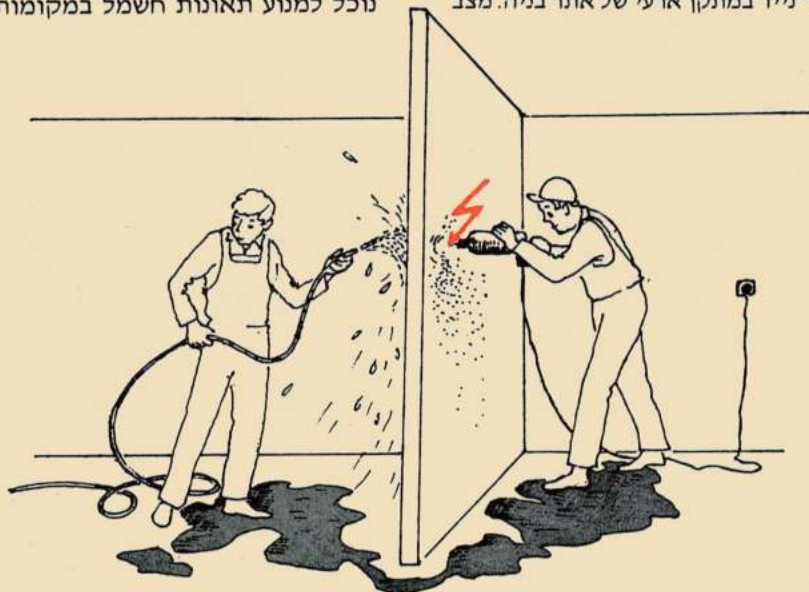
"(א) מותרת שיטה בלתי מאורקת בתנאי שתצוייד במקור הזינה במערכת שתפקח על הבידוד במיתקן ותפעיל אועקה כשרמת הבידוד יורדת מתחת לנדרש.

(ב) צינה המערכת האמורה בתקנת משנה (א) שהבידוד של המיתקן לקוי, יוחזר הבידוד מיד למצב תקין.

(ג) מערכת כאמור בתקנת משנה (א) תהיה בפיקוח של חשמלאי שיבדוק את אמינותה לעיתים מזומנות; תוצאות הבדיקה יירשמו ויישמרו בידי בעל המיתקן או מחזיקו."

לסיכום:

במקומות מסוכנים (מבחינת חישימול) באתרי בניה יש צורך בנקיטת אמצעי הגנה רבים ומגוונים. אמצעים אלה הם בראש וראשונה בידוד כפול, הארקה ומפסק המגן. יחד עם זאת אין לסמוך שהמצב לא ישתנה ויש, לכן, צורך בבדיקות תקופתיות של שלמות הבידוד של הכבלים והפתילים, נקיון ויובש הציוד, הפעלה תקופתית של לחצני הביקורת של מפסקי המגן ובדיקה תקופתית של נאותות הארקה. במילים אחרות השגחה מתמדת של איש מקצוע. רק כך נוכל למנוע תאונות חשמל במקומות מסוכנים.



מדור שרות פרסומי לקוראים

"התקע המצדיע" 35



למעוניינים במידע נוסף !

כדי לקבל מידע נוסף:

1. סמן בתלוש השרות הפרסומי את מספרי המודעות בהן יש לך ענין במידע נוסף.
2. מלא את שמך וכתובתך, בכתב יד ברור.
3. שלח את תלוש השרות הפרסומי (בשלמותו) או העתק ממנו, לפי כתובת 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 החשמלאי:

המען לתשובות:

מספר

רחוב/שכונה

ישוב:


מיקוד:

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

35/11	35/10	35/9	35/8	35/7	35/6	35/5	35/4	35/3	35/2	35/1
35/22	35/21	35/20	35/19	35/18	35/17	35/16	35/15	35/14	35/13	35/12
35/33	35/32	35/31	35/30	35/29	35/28	35/27	35/26	35/25	35/24	35/23
				35/40	35/39	35/38	35/37	35/36	35/35	35/34

הודעה למערכת:

התלוש למידע נוסף יענה עד יום 31.1.86 לאחר תאריך זה יש להפנות את בקשות המידע ישירות לחברות המפרסמות.

גזור ושלח ! 

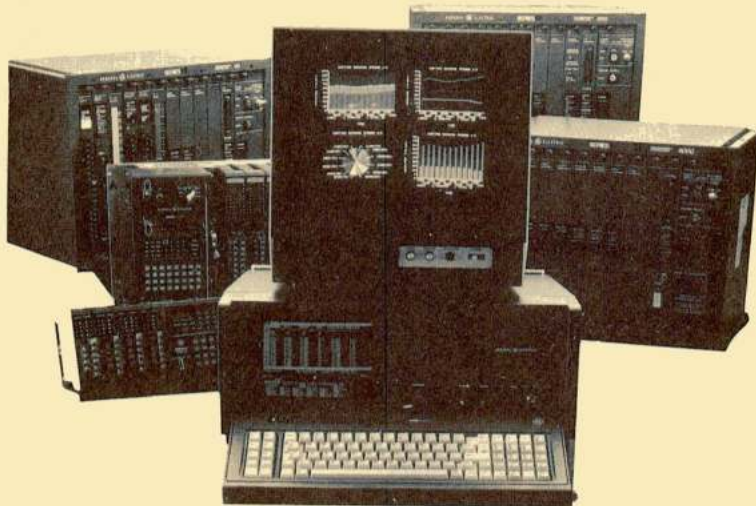
ג'נרל מהנדסים בע"מ



חברת ג'נרל מהנדסים מציעה:

מגוון בקרים מתוכנתים מתוצרת

GENERAL  ELECTRIC



- * אפיון וביצוע בשיטת ה-TURN-KEY.
- * השתלמויות והדרכות במרכז יישום והדגמה.
- * מעבדה ומערך שירות.

הציבור מוזמן לבקר במרכז יישום והדגמה של המחלקה לאוטומציה תעשייתית

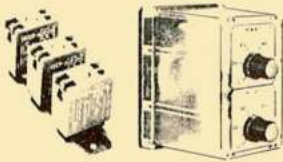
ליד משרדנו באיזור התעשייה בהרצליה ב'

מיקוד 46105 - ת.ד. 557 - טל. 552233 052 - טלקס 341908



מגטרון אלקטרוניקה ובקרה בע"מ

יצרנים ומפיצים של ציוד בקרה



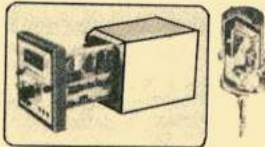
טיימרים MSST 700 :
השהיית הפעלה, ניתוק, טיימרים
מחזוריים, טוריים
מתחי פעולה מ"12 עד 220 וולט.
זמנים ממילישניות עד 24 שעות.

נס לך מגיע להנות ממוצר
אמין, נוח להתקנה, מסור
פק מהמלאי במחיר נמוך.
אם עדיין לא קבלת את
הקטלוג של
תוצרת מגטרון, דרוש
אותו מיד!
מגוון של סוגי הפעלה,
תחומי זמן, מתחי הפעלה.

למידע נוסף סמן 35/2

- מגוון של מערכות התרעה
- קוצבי זמן ומהבהבים
- יחידות להמרת סיגנלים
- בקרים מיוחדים
- מתקנים ומערכות בהתאם למפדטי המזמין
- מפסקי לחץ, טמפרטורה וורימה
- מפסקי קירבה אינדיקטיביים
- בקרי גובה (אולטרסונים, אלקטרודות ומצופים)
- אלמנטים פוטואלקטריים
- התנעה רכה ובקרי מהירות

BURLING INSTRUMENT CO.,



- בקרי טמפ.
- אלקטרוניים
- מפסקי טמפ.
- רגשי טמפ.

למידע נוסף סמן 35/3

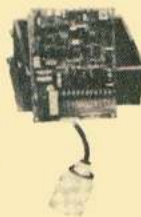
TRUMETER



- * מונים
- * אלקטרוניים
- * מונים
- * אלקטרוניים עם
- * 2 נקודות קביעה
- * מוקדמת
- * מונים מכניים
- * מערכות למדידת
- * אורך ומרחק

למידע נוסף סמן 35/4

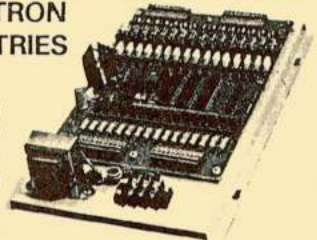
MILITRONICS
PROCESS CONTROLS FOR INDUSTRY



- מערכות מדידת
- מפלס אולטרה
- וסיבוב
- סוניות
- מתמרי הספק,
- מתח וזרם
- מערכות סקירה
- למפלס עד 60
- מיכלים

למידע נוסף סמן 35/5

ENTERTRON
INDUSTRIES
INC.



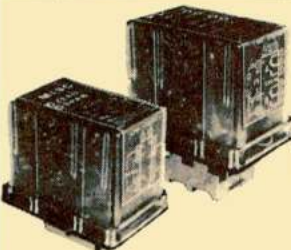
חברת מגטרון
מייצרת ברשיון של
ENTERTRON את
הבקר המתוכנת
הידוע.
16 כניסות, 16
יציאות למתחים
בהתאם לדרישות הלקוח.

למידע נוסף סמן 35/6

Huntleigh
Technlogy
proxistor

- מפסקי קירבה
- לזרם חילופין
- מפסקי קירבה
- לזרם ישר
- מפסקי קירבה
- קיבוליים
- מפסקי קירבה
- לפי NAMUR

למידע נוסף סמן 35/8



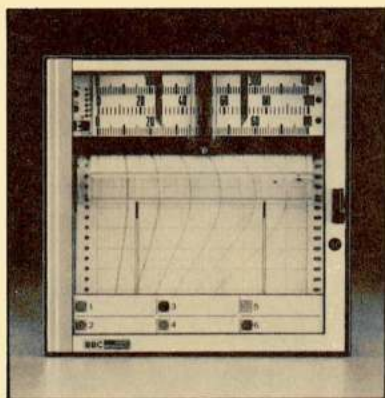
למידע נוסף סמן 35/7

יחידות המרת סיגנל
יחידות MSC-200 מקבלות
סיגנל אנלוגי (מתח, זרם או
התנגדות) וממירות אותו
למגע או שני מגעים כאשר
הערך הנמדד עובר את הסף.
יחידות MSC ממירות סיגנל
אנלוגי לסיגנל אנלוגי אחר
כולל בדוד גלויני מלא בין
כניסה ויציאה.
יחידות nMSC בעלות ביצועים
זהים אך ללא בדוד גלויני.

רשמים בתעשייה ובמחקר

B.B.C BROWN BOVERI — GOERZ

מבחר עצום של רשמים
לאנשי שרות, בקרה
ומחקר.
רשמים עד 6 ערוצים, עם
מגוון רחב של אפשרויות
מידה ורגישויות.
רישום תופעות מעבר מהירות.
ציוד נייד, ציוד למעבדות
או למסדי בדיקות.
רישום X:Y, וכן תווינים
דיגיטליים לגודל A4, A3,
עד 8 עטים.



מגוון רשמים מעולים במחירים
הזולים בשוק, ללקוחות חשמל
ובקרה.
עד שישה ערוצים. רישום רציף או
נקודתי.
רישום בעטים חד פעמיים או
בשיטות ללא דיו.
תחומי מדידת טמפרטורה לכל
סוגי הגששים.

התקשר אלינו לקבלת מחירים ופרטים
נוספים, או להתאמת הרשם הדרוש
לצורכי הרישום שלך.
אנו נפתיע אותך לטובה.

נציגים ושרות:

חברת ישראלמקס בע"מ

ארלוזורוב 25, ת"א 62488 • ת.ד. 6014 ת"א 61060
טלפון 24 33 33 (6 קווים) • טלקס 34 22 66

אל: ישראלמקס בע"מ ת.ד. 6014 ת"א 61060
רשמים של GOERZ ציוד מתקדם נא שלחו לי מידע נוסף
עבור שם מוסד כחובת מלאה טלפון

בדקן כבל



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

מרקו אלקלעי - מהנדס חשמל
ת.ד. 27154, יפו 61270
טלפון: 821661

למידע נוסף סמך 35/11

"אוריון"

קבלן רשום
חשמל
לתעשיה,
מבנים ורשת
ביצוע, אחזקה, תכנון ופקוח

**מערכות - אזעקה, גילוי אש,
אינטרקום, מחשבים ותקשורת**

טבריה - ת.ד. 457, רח' אילת 1

טל. במשרד 067-92455
טל. בבית 067-92456
067-21662

למידע נוסף סמך 35/12

ג'י. אס. אמ. הנדסה ושווק (1985) בע"מ.

אגף הנע



דרך השרון 101, הוד השרון
ת.ד. 1235 מיקוד 45 111
טל. 052-455335



ANYSPEED

**ווסתי מהירות AC
מדור חדש**

- מיתוג BIPOLAR/MOSFET
- מבטיח גל סינוס אמיתי.
- תנועה רכה ללא תופעות
- "GEARCHANGE" בכל תחום
- כל ההגנות הדרושות כולל
- הגנת קצר בין פזה לאדמה
- הספקים 0.37-22 KW
- אספקת מתח 3x380V, 3x440V, 1x220V

אחדא

**ווסתי מהירות DC
כולל אספקת מנועים**

- בהספקים 0.18 - 750 Kw
- למטרות כלליות
- דגמים מיוחדים למכונות כלים,
- טקסטיל, נייר ופולסטיק

למידע נוסף סמך 35/10

ציוד בקרה תעשייתי של
סולקון תעשיות בע"מ

SOLCON



RVS

מתנע אלקטרוני להתנעה רכה
להתנעה מבוקרת ורציפה של מנועי רוטור
כלוב. הגבלת זרם ומומנט ההתנעה
למניעת מכוח זרם ברשת והלם מכני על
המנוע והעומס.
המתנע כולל מערכות הגנה למנוע ולמתנע
עצמו.



S107, S108

בקרי הספק ריאקטיבי
6 או 8 דרגות כולל מד מקדם הספק, נורות
סימון ולחצני בדיקה. שיטות פעולה
1.1.1...1 (לדרגות קבלים שוות) או
1.2.2...2 (חצי דרגה ראשונה).

קבוצת קצנשטיין אדלר
אנו תמיד קרובים אליך:



בקרת איכות

שרות

ייצור

תכנון

אמינות

אחריות

איכות



SU124

יחידת בקרה לדיזל גנרטור

כוללת את כל מערכות ההפעלה, הגנה ופיקוד להחלפת הזנות. מתאימה לכל סוג וגודל של דיזל גנרטור.



HOLD-IN-UNITS

להתנעה חוזרת אוטומטית של מנועים לאחר הפסקות או נפילות מתח קצרות. יחידות HOLD-IN מיועדות למפעלים בהם נדרשת רציפות פעולה מקסימלית של המנועים.

03-614668	טל	תל-אביב
04-532174	טל	חיפה
052-24003	טל	כפר-סבא
051-26719	טל	אשקלון
02-536332	טל	ירושלים
057-35916	טל	באר-שבע
03-614668	טל	תל-אביב

קצנשטיין אדלר ושות' בע"מ
ה.א.מ. שיווק בע"מ
לוחות והנדסת חשמל כפר-סבא בע"מ
קצנשטיין אדלר תעשיות (סניף אשקלון)
ק.מ.ק. הנדסת חשמל בע"מ
ק.א. אלקטרומכניקה באר-שבע בע"מ
סולקון תעשיות בע"מ



קונטאל סריג

לוחות והתקנות חשמל ופיקוד בע"מ

CONTEL SARIG LTD.

ELECTRICAL CONTROL BOARDS LTD.

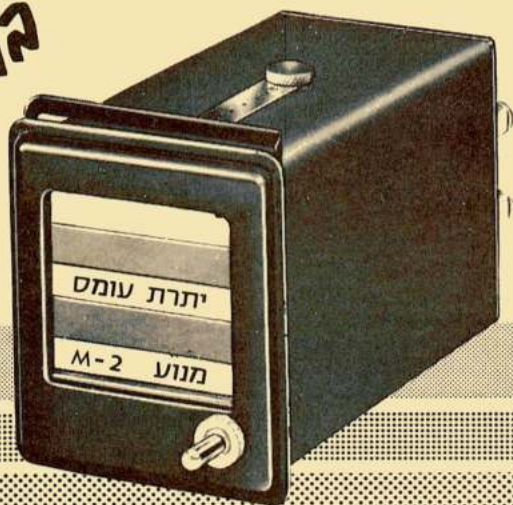
ממסרי התראה MR-11

mauell

טראנה

תוצרת

התאאי



ערוך

תל אביב, רח' תוצרת הארץ 10, ת.ד. 36005, טל' 03-254162 (10 קוים), טלקס: 32336



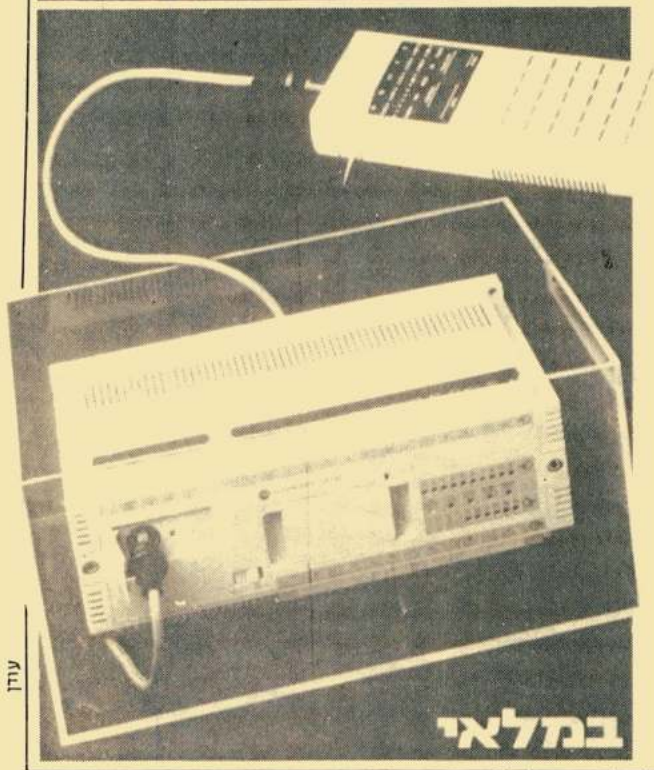
ALLEN-BRADLEY

החברה המובילה בעולם בבקרים מתוכנתים

מציגה את ה"BABY" שלה



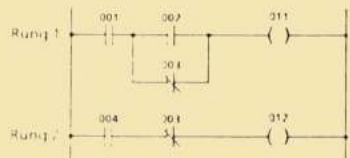
SLC 100™



במלאי

עוד

- 885 צעדי תיכנות.
- תיכנות קל ופשוט בשפת דיאגרמת סולם.
- מגעים יבשים ביציאות לכל המתחים.
- מתחים שונים בכניסות עם בידוד אופטי.
- 32 מונים/קוצבי זמן בתחום עד 9999.
- תוף לוגי בן 100 צעדים, SHIFT REGISTER.
- עד 112 I/O.
- גיבוי הזכרון בסוללה ו/או EEPROM.
- מותאם להתקנה על מסילת DIN או על קיר.
- תנאי עבודה (0-60°C, 5-95% RH).
- חוברת הדרכה בעברית מצורפת לכל מכשיר.



Ladder Diagram

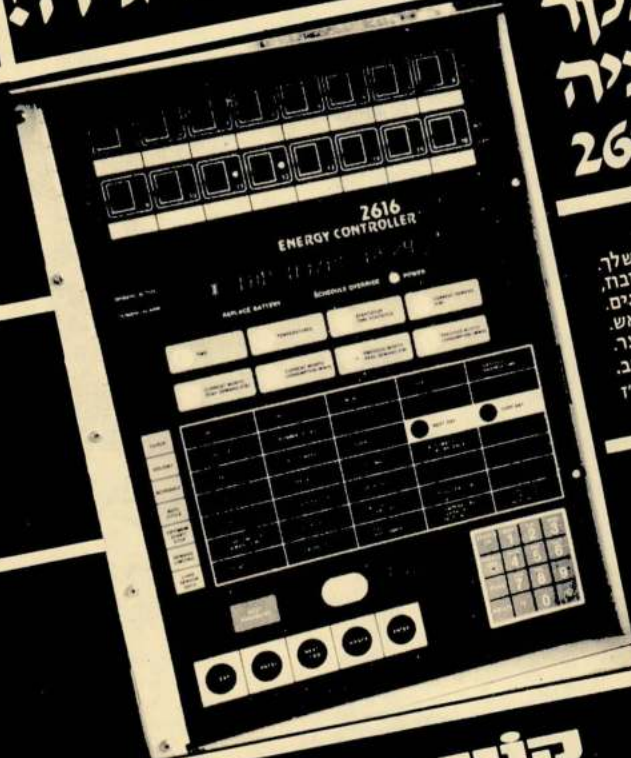
הדרכה לכל המעוניין מתקימת בקונטאל באופן שוטף בתאריך ה'1' בכל חודש ('בחדש נובמבר ב'3 בחודש) בשעות 09:00-13:00. בחדש ההדרכה שלנו. לתיאום מראש נא להתקשר עם חיה.



תל אביב, רח' תוצרת הארץ 10, ת"ד 36005
 ת"א 61360, טל' 03-254162 (10 קווים),
 טלפקס: 32336, פקסימיליה 03-258678

עצור הבזבז בחשמל! חסוך כסף ואנרגיה!

בקר אנרגיה חכם 2616



- לבקר את תצורת האנרגיה שלך.
- יאתר וידווח במפורט על מוקדי בזבז, תקלות ואירועים חריגים.
- מתוכנת לשנה מראש.
- יחזיר השקעתך בזמן קצר.
- אפשרות שילוב של צג, מדפסת או מחשב.
- לפי תעריף תעריף

במחיר הכרות
החל מ- \$ 2616

קונטל
הגסט מיכשור וכליה בע"מ
CONTEL
CONTROL & INSTRUMENTATION ENGINEERING LTD

תל אביב, רח' תוצרת הארץ 10, ת.ד. 36005 ת"א 61360, טל' 03-254162 (10 קווים), טלפקס: 32336

מערכות בקרת אנרגיה ומבנים LANDIS & GYR מתוצרת

VISONIK® 400
מערכת למבנים
ומתקנים בינוניים

VISONIK® 4000
מערכת למבנים
ומתקנים גדולים

POLYGYR®
מערכות בקרה
למתקני חמום-
קרור ומזוג אויר

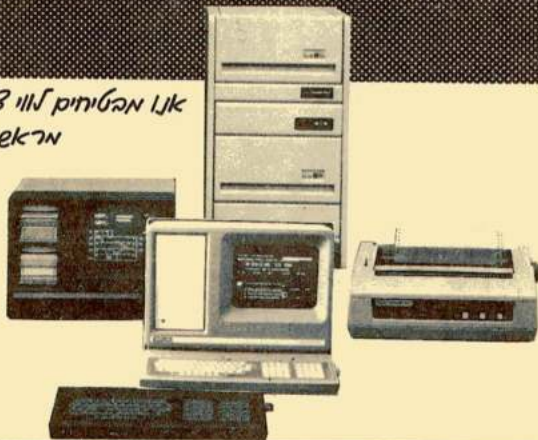
VISOGYR® 04
D.D.C.
מערכת בודד
למתקן בודד

VISOGYR® 40
מערכת למבנים
ומתקנים קטנים

אלו המכשירים לוו צמוד
מראשית התיכנון

ועד הפעלת המערכת

- חסכון באנרגיה
- תפעול אוטומטי וחיסכון של מתקני חמום-קרור ומזוג אויר
- הגנה על המבנה, מערכותיו ותכולתו
- חסכון בכח אדם
- ניהול אחזקה של המוסד
- ייעוץ, תכנון, אספקה, תיכנות, ביצוע, הכעלה, הרצה, שרות.



קונטל
העדת מיכשור ובקרה בע"מ
CONTEL
CONTROL & INSTRUMENTATION ENGINEERING LTD

תל-אביב, רח' תוצרת הארץ 10, ת.ד. 36005 ת"א 61360, טל' 03-254162 (10 קווים), טלפקס: 32336

למידע נוסף סמך 35/17

אנו מציגים



מתנעים להתנעה רכה

E.C.R



מתנע רך אלקטרומוגנטי
מתוצרת
קצנשטיין אדלר תעשיות.

R.V.S



מתנע רך אלקטרוני
מתוצרת
סולקון תעשיות בע"מ.

**אנו מתכבדים להזמין
לתצוגת מוצרינו**

התצוגה תקיים במשרדינו
דרך פתח-תקוה 37 תל-אביב
בתאריכים 15.1.86 - 1.1.86
בשעות 09.00 בבוקר עד 19.00.

לפרטים נוספים טלפון: 03-614668

קבוצת קצנשטיין אדלר



ברק כ"ח בע"מ

ייצור שנאים (טרנספורמטורים)
בהסכם ידע עם

BENMAT CO. L.I.C NEW YORK U.S.A

- ★ שנאים (טרנספורמטורים) חד פאזי ותלת פאזי להרכבה בלוחות חשמל ומתקני חשמל
- ★ שנאי אוטורפרו להתנעת מנועים חשמליים עד 200 HP כח סוס 30.
- ★ משנה זרם לאמפרמטר להרכבה בלוחות חשמל.
- ★ שנאים להפעלת מכשירי חשמל אמריקאים 230/115 V
- ★ שנאים למערכות לפי דרישת המזמין בכל המתחים האפשריים ☆ לפיקוד ☆ בקרה ☆ מעליות.

מיוצר לפי דרישת מת"י, ת"י — 899

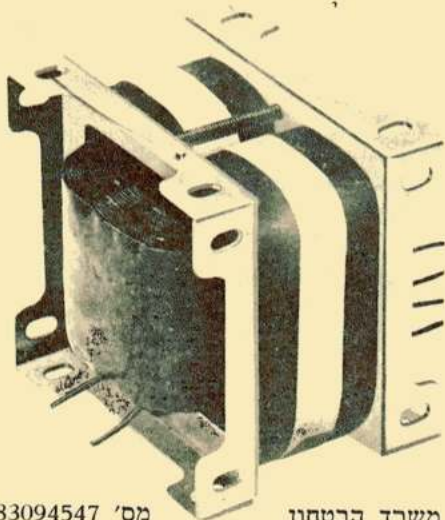
ברק כ"ח

ייצור טרנספורמטורים (שנאים)

רח' רוויגו 8, פינת שד' הר ציון 91

תל-אביב

או בחנויות חומרי חשמל



מס' 0083094547

ספק משרד הבטחון

שד' הר ציון 91 (סמטת רוויגו 8)

טל: 03-377692 ת"א

ג"י. אס. אס. הנדסה ושוק (1985) בע"מ.



דרך השרון 101, הוד השרון
ת.ד. 1235 מיקוד 45 111
052-455335 70



גרמניה המערבית

- מנועים חשמליים מעולים
- מנועים מוגני התפוצצות EX(e)
- מפוחים למכונות ותעשייה.



REINSHAGEN

גרמניה המערבית

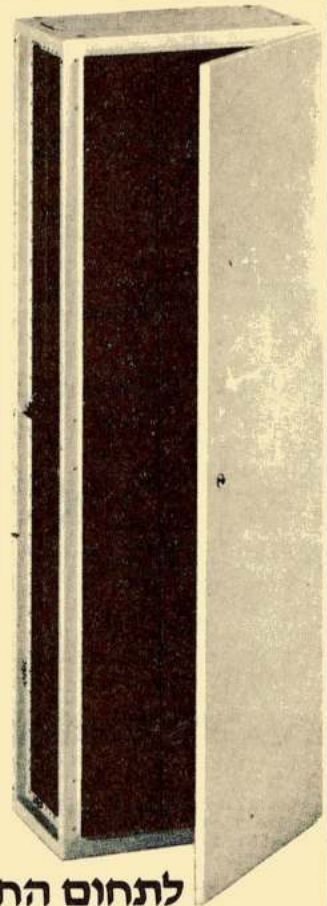
● כבלי כח

● כבלי פקוד

● כבלים מיוחדים



מקבוצת פויכטונגר תעשיות



קופסאות פח דגם IP-55 AE
קופסאות פיברגלס דגם IP-55 KS
קופסאות נירוסטה דגם IP-65 AE



לוחות בקרה
דגם P-54 AP

אצלנו במלאי לתחום החשמל ואלקטרוניקה



לוחות חשמל דגם IP-54 PS
העמדה בהרכבים

- * קופסאות פח פיברגלס ונירוסטה.
- * יחידות מודולריות לשולחנות פיקוד.
- * ארונות ללוחות פיקוד ובקרה.
- * מסדים וציוד עזר לזיווד אלקטרוני.
- * דרגת אטימות גבוהה.
- * מגוון אביזרי עזר:
- מאווררים, גופי חימום, מחליפי חום,
- דלתות שקופות ועוד..
- * רמת גימור מעולה.

אטסקה בע"מ חברה לשיווק והפצה

רח' בר-כוכב 6, בני-ברק, ת.ד. 917 בני-ברק 51625, טל: 03-707146, טלפקס: 33665 FEUCO II



אפקון בקרה ואוטומציה בע"מ
 מקבוצת פויכטונגר תעשיות

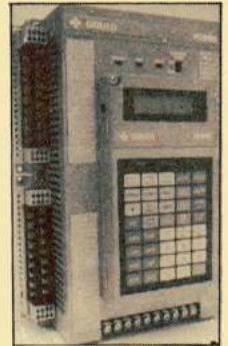
חברת אפקון נציגת Gould מציגה את משפחת הדור החדש של הבקרים המתוכנתים: 185, 884, 984, 584L.

תמיד במלאי

לכולם

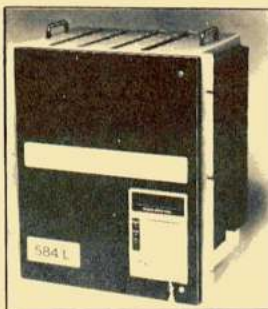
תקשורת למחשבים.
 תקשורת ASCII דו כיוונית.
 שעון - תאריכון בזמן אמיתי עם גבוי סוללה.
 כרטיסים חכמים ומהירים.
 REMOTE I/O
 אמינות צבאית
 התאמה לעבודה ברשת 24VDC, 220VA
 מחירים תחרותיים ביותר.

185



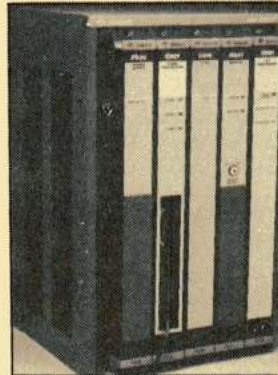
עד I/O 512
 עד זכרון 3.5K

584



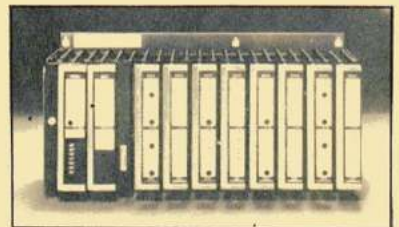
עד I/O 8192
 עד זכרון 128K

984



עד I/O 2500
 עד זכרון RAM או EPROM 34K

884



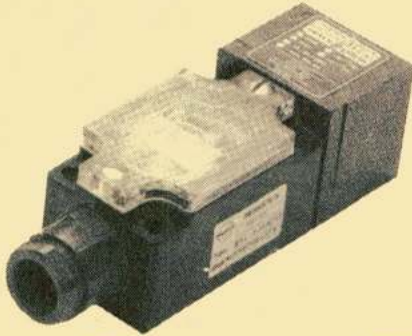
עד I/O 1024
 עד זכרון 9.1K

רח' פינסקר 19, ת"א 63421, ת.ד. 4857 ת"א 61048, טל: 03-299617, טלפקס: 33665 FEUCO IL

**A.B.S.B. Automation, Control,
Drive**
Electronic devices & systems



א.ב.ש.ב. אוטמציה, בקרה, הנע
אביזרים ומערכות אלקטרוניות



FENNER מתנעים "רכים"
ווסתי מהירות למנועים
מערכות הגנה למנועים
למידע נוסף סמך 35/23

EBERLE מהבהבים
ממסרים בסיס זמן
קוצבי זמן אלקטרוניים
למידע נוסף סמך 35/24

TELCO בקרה פוטואלקטרית
מוגני רעידות לכלוך ומים
למידע נוסף סמך 35/25

FEINWERKBAU מונים אלקטרוניים
למידע נוסף סמך 35/26

EBERLE בקרים מתוכנתים
בקרי רשת החשמל
בקרי תהליכים, פרמטרים מכניים
למידע נוסף סמך 35/27

TELCO מונים תעשייתיים
מוגני מים
למידע נוסף סמך 35/28

BERNSTEIN מפסיקי קרבה
למידע נוסף סמך 35/29

EBERLE בקרת טמפרטורה
ממסרי הספק
ממסרים למעגלים מודפסים
למידע נוסף סמך 35/30

LIQUID METRONICS משאבות
מינון
למידע נוסף סמך 35/31

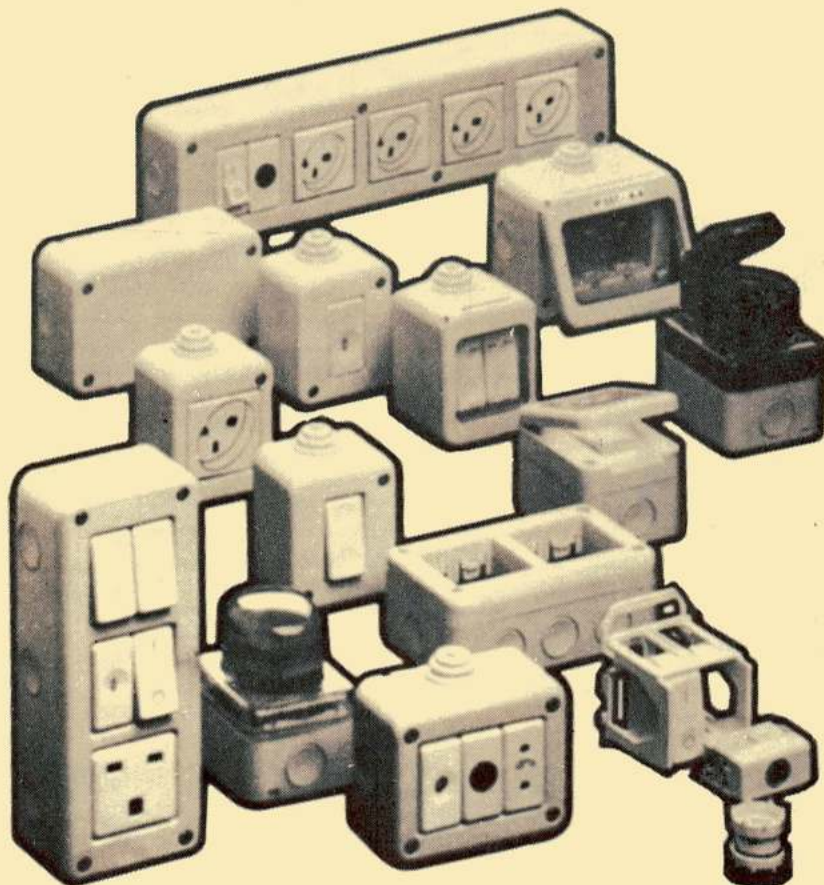
חדושים במערכות אלקטרוניקה
תעשייתית
☆ ייצוג בלעדי
☆ אספקה מהמלאי
☆ ייעוץ והדרכה ללא הגבלה



משרד מכירות: שד' וושינגטון 18 תל-אביב 66086 טל. 03-834111
מקבוצת חברות זאב שמעון בע"מ

9000 היתרונות של:

GEWISS



9000 סדרת GEWISS

ניתן להתקינה בצורה אידיאלית
במקומות המורכבים ביותר
והבלתי נוחים ביותר.

9000 סדרת GEWISS

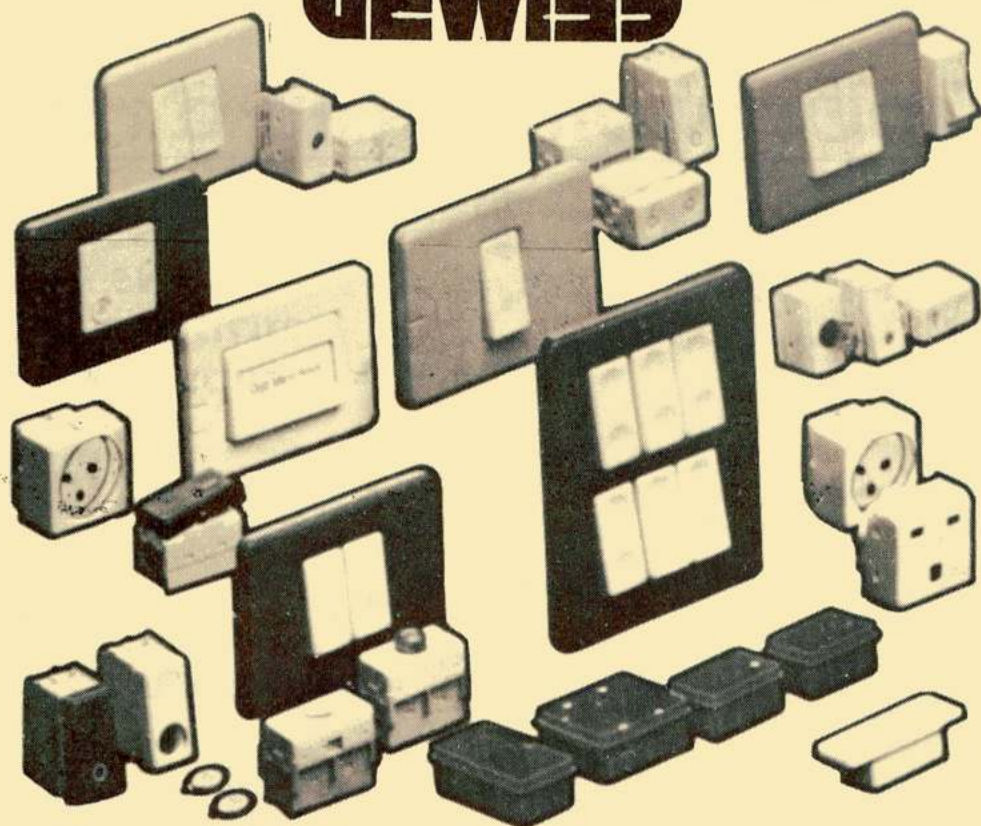
מתאימה: מעה"ט, משורין מעה"ט,
משורין $\Delta\Delta$ - IP 557, לתעלות,
ללוחות, ללוחות חשמל (פנלים).

חב' זאב שמעון בע"מ

שד' ושינגטון 18 ת"א, טל: 03-834111

9000 היתרונות של:

GEWISS



9000 סדרת GEWISS

מתאימה: בהתקנות מתה"ט בצורה
המצומצמת ביותר – הנוחה ביותר
היעילה ביותר – היפה ביותר.

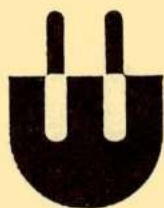
9000 סדרת GEWISS

השיטה החדשנית להרכבת
מפסקי זרם וחבורי קיר
לכל גווני קשת אפשריים.

איכות מוצרים ברמה גבוהה

חב' זאב שמעון בע"מ

שד' ושינגטון 18 ת"א, טל: 03-834111



שרון

מרכז סיטונאי לחומרי חשמל

רח' נחלת בנימין 113, תל-אביב, טל. 826016

מוצרי חשמל ביתיים

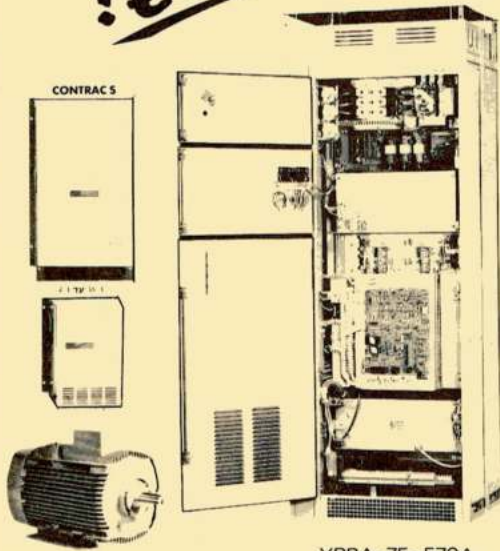
- פלטות שבת
- כף חשמלית
- מפזרי חום
- שמיכות חשמל תדיראן
- מגהצי אדים
- פלטה חשמלית עם דרגות
- תנורי אמבטיה
- תנורי חימום
- קומקום חשמלי אוטומטי
- שעוני שבת עם תקע
- גופי חימום
- גוף חימום מהיר לדוד שמש

מוצרי SIEMENS נגד התחשמלות וחצי אוטומטיים

- מוצרי אלקטרו-הספקה
- כבלים
- חוטים
- מוצרי דיג
- נורות ליבון פלורסצנטי
- נורות קוורץ
- נורות אופל
- כבלים לאנטנות טלויזיה
- כולל אביזרים לאנטנות
- בטריות דורסל
- כל מוצרי תדיראן
- גופי תאורה דקורטיביים
(כל הסוגים)
- ספוטים
- גופי תאורה לשירטוט
- עמודי תאורה לגינה

הנע מוסת מהירות ASEA

חדש!



YRRA-75-570A

פנה אלנו לייעוץ ומובטחת לך העזרה המקצועית של מומחי ASEA לקבלת הפתרון הטוב והאמין ביותר.

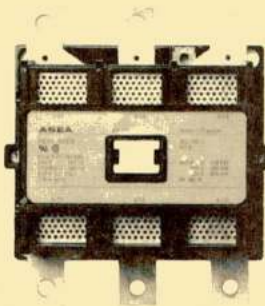
Asea-Drive מומינה אותך לבחון את "הלהיט" החדש בתחום ויסות מהירויות למנועים אסינכרוניים רוטור כלוב.

המרת תדר בשיטת — P.W.M. — (Pulse Width Modulation) — לויסות ושינוי מהירות רצוף עם שמירה על מומנט קבוע מ-0 עד למהירות מנוע נומינלית, ומומנט קטן במהירויות מעל מהירות מנוע נומינלית.

דגמים עיקריים

- חדש** — דגם YRRC וסתיים למנועים קטנים 380 V/4-58 A 27 A, 16 A, 11 A, 4 A בגדלים 58 A, 36 A.
- דגם YRSA** למתחים 380 וולט, 55 A ו-30 A, 85 אמפר, לויסות מהירות למנועים עד 45 קו"ט.
- דגם YRRA** למתחים 380 וולט, 500, ו-660 וולט, עד 570 אמפר לויסות מהירות למנועים עד 630 קו"ט (!!!).
- כמו כן ניתן לקבל וסתי מהירות למנועים אסינכרוניים עם רוטור מלופף (בשיטת קסקד). **מנועים אסינכרוניים Asea** הטובים בעולם (ניתן לקבל עם וסתי המהירות כמתקן "Turn key"). מנועי מעצור, מנועי גיר, מנועים עם טבעות החל-קה, מנועי קומוטטור (שרגא).
- מנועי זרם ישר** מעשירית עד אלפי כ"ס.
- וסתי מהירות ז"י** (מישר מבוקר) TYRAC-8A, מן המשוכללים בעולם.

מגענים ומתנעים חדשים !!! EH-ASEA



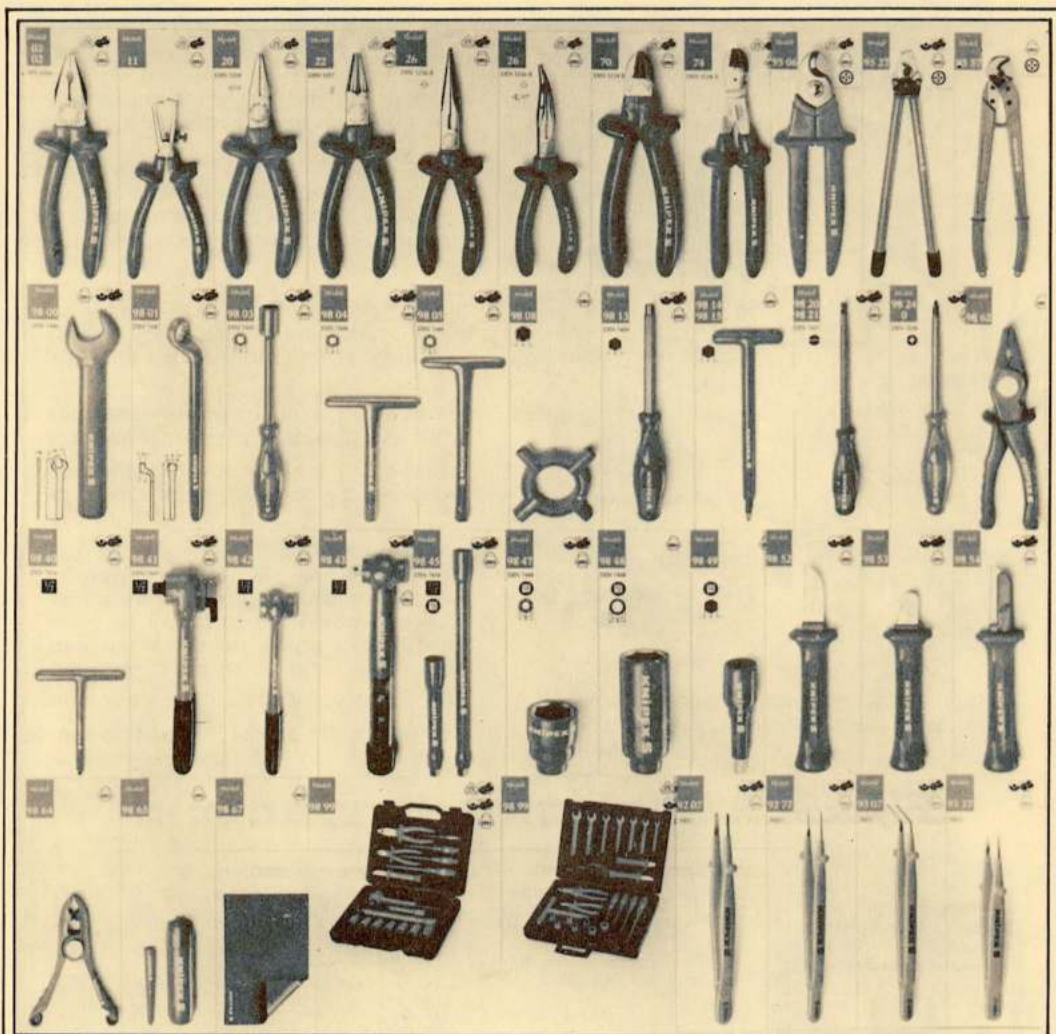
מיועד למנוע דגם	זרם		מיועד למנוע דגם	זרם		
	ב"א AC3	ב"א AC1		ב"א AC3	ב"א AC1	
EH*6	25 A	6 A	EH* 50	22 KW	70 A	55 A
EH*9	4 KW	25 A	EH* 65	30 KW	80 A	65 A
EH*12	5.5 KW	25 A	EH*100	55 KW	135 A	120 A
EH*16	7.5 KW	40 A	EH*160	110 KW	210 A	210 A
EH*22	11 KW	50 A	EH*250	160 KW	300 A	300 A
EH*32	15 KW	63 A	EH*400	280 KW	800 A	550 A
EH*40	18.5 KW	63 A	EH*630	370 KW	1000 A	700 A

- אמינות גבוהה ביותר.
- אחזקה נוחה (החלפת סלילים קלה)
- ניתן לקבלם עם תוספות — כגון משהה זמן פנאומטי
- מגעי עזר נוספים, נעילה מכנית וחגור בין שני המגענים.
- ממסרי יתרת זרם המתחברים בקלות למגען. — גימור מעולה. — מחירים סבירים.

הנדסת חשמל בע"מ ASEA



ביאליק 129 — ת.ד. 8229 רמת גן 52523 (ליד גשר ההלכה)
טלפון חדש: 03-7519146, טלקס לועזי 32154 פקסימיליה 7511628 — מפה



כלי עבודה בעלי בידוד מושלם לעבודה תחת מתח עד 1000 וולט, עשויים מפלדת
כלים מיוחדת וחזקה.

מומלצים במיוחד לעבודות תחזוקה במפעלים ולעבודה על רשת חיה.

מפיצים בלעדיים בישראל:

יוליאן משה

ירושלים, רח' יותם 7, טלפון 532776 – 02-664646

ג'י. אס. אמ. הנדסה ושיווק (1985) בע"מ.

אגף תאורה



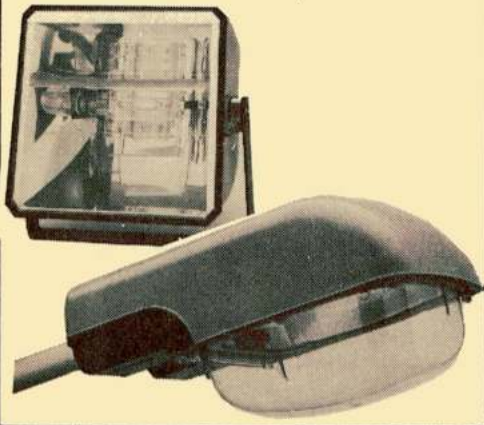
דרך השרון 101, הוד השרון
ת.ד. 1235 מיקוד 111 45
טל. 052-455335

europHane

צרפת



- תאורת ספורט והצפה חסכונית ואחידה
- תאורת רחובות מיוחדת
- תאורת גנים
- תאורת פנים מכל הסוגים
- תאורה דקורטיבית



REMSTiger

משורר חשמלי נייד
לחיתוך כבלים, צינורות,
פרופילים, פחים ועץ.

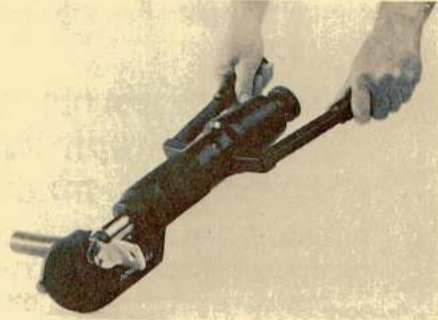


מפיצים בלעדיים בישראל:
יוליאן משה
יבוא ושיווק
ירושלים, רח' יותם 7,
טלפון 02-664646-532776

REMSTiger

למידע נוסף סמן 35/37

לוחץ נעלי כבל ושרוולים מנחושת
או אלומיניום, למוליכים קשים או
גמישים, בחתכים 16-400 מימד.
חותך מוליכים עד 30 מ"מ קוטר.



מפיצים בלעדיים בישראל

יוליאן משה

יבוא ושיווק

ירושלים, רח' יותם 7
טלפון 02-664646-532776



קו ונקי

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

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

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

חדש : 15x15 , 30x15
כיסוי 300 לכבלים תת-קרקעיים.

לאספקה בכל צבעי הקשת.

**פלגל
תעשיות מתורים מלסטיים**



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

המתקן החשמלי באתר הבניה

אינג' יוסף בלב

מאמר זה דן בהיבטים הטכניים הקשורים בתכנון ובביצוע המתקן החשמלי המשמש להפעלת הציון הנדרש באתר הבניה. המאמר מתאר את אופן התכנון והביצוע המומלצים לשם הבטחת שלמות המתקן והשגת רמת בטיחות נאותה לעובדים באתר.

תאור המרכיבים העיקריים של המתקן החשמלי באתר הבניה

מבוא

אספקת החשמל לאתר

כללי

אספקת החשמל לאתר הינה באמצעות חיבור של חברת החשמל ו/או באמצעות גנרטור הנמצא ברשות בעל המתקן.

גודל החיבור שיוזמן מחברת החשמל צריך להתאים לכל צרכי האתר עד גמר העבודה בו. הזמנת החיבור נעשית לפי הכללים לאספקת חשמל לצרכנים של חברת החשמל.

אם מותקן גנרטור **לאספקה עצמאית** (ולא כל קשר חשמלי לרשת של חברת החשמל) או **לאספקה חלופית** (גנרטור לאספקת חשמל כחלופה לאספקה מחברת החשמל), יש לצייד את הגנרטור בבית תקע מתאים, אשר יחובר לתקע קבוע בלוח הראשי של המתקן. התקע ובית התקע יהיו בעלי 4 קוטבים (במקרה של הזנה תלת-קוטבית) ובנויים מחומר פלסטי בלתי-שיברי ומוגנים בפני אבק ולחות.

גוף הגנרטור יוארק ע"י חיבור למערכת ההארקה של המתקן באמצעות מוליך נחושת בחתך המתאים לחתך המופע. נקודת האפס של הגנרטור תחובר גם היא למערכת ההארקה של המתקן.

נדגיש ששימוש בגנרטור כמקור אספקה עצמאי או חילופי מחייב קבלת היתר מתאים מאת מנהל ענייני החשמל (ראה תקנות החשמל) – (רישוי מתקנים חשמליים), תש"ח – 1958.

(במקרים מסויימים משתמשים בגנרטורים ניידים חד-פזיים כמקור אספקה לכלי עבודה מיטלטלים. במקרה זה הגנרטור יזין מכשיר חד-פאזי אחד בלבד. אין להאריק אחד מחוטי היציאה של הגנרטור ואין להאריק את גוף הגנרטור. הגנרטור יצויד בהבטחה דו-קוטבית לבית התקע הבודד המותקן עליו).

לוח חברת החשמל

בהתאם לדרישות החברה, יש להתקין את הלוח בתוך האתר, קרוב ככל האפשר לגבולותיו. הלוח יוגן בפני פגיעות מיכניות וחדירת לחות, מים ואבק. כמו כן, יש למנוע חשיפת הלוח לקרני השמש.

רצוי שהלוח יועמד בתוך מבנה בר-קיימא. המבנה יהיה מוגן בפני השפעות מזג האוויר עם דלת שתפתח כלפי חוץ עם סידור נעילה. רצפת המבנה תהיה מרוצפת או מבוטנת. על הקירות החיצוניים של המבנה יותקנו שלטי אזהרה: "זהירות חשמל"

המתקן החשמלי באתר הבניה הינו מתקן ארעי, המיועד בדרך כלל לפירוק לאחר השלמת הבניה, ולשימוש חוזר באתר אחר. גודלם של אתרי הבניה, מורכבותם ומשך הבניה בהם, משתנים בהתאם לסוג המבנה המוקם.

אצל רבים רווחת הדעה שלפיה אין הצדקה לכלית לבנות מתקן חשמלי לפי כל כללי המקצוע, בגלל ארעיותו של המתקן. דעה זו אינה עומדת במבחן החוק. לפי חוק החשמל ותקנותיו, ובהתאם לכללי אספקת החשמל לצרכנים של חברת החשמל, המתקן באתר הבניה איננו שונה במהותו מכל מתקן חשמלי אחר. יתרה מזאת, אופי העבודה ותנאי העבודה באתר מחייבים נקיטת צעדים, להבטחת שלמות המתקן ובטיחות מירבית למשתמשים בו. יש לראות את אתר הבניה כמקום שבו קיימת סכנה מוגברת של חישמול, עם כל המשתמע מכך לגבי תכנון, ביצוע ותפעול המתקן.

נציין שהאופי הדינמי של האתר מציב קשיים מסויימים בתכנון ובביצוע המתקן החשמלי, אך תכנון מעמיק תוך כדי התחשבות בכל האילוצים בשטח ובצרכי האתר עד גמר העבודות בו, עשוי לתת מענה סביר לקשיים אלה. קביעת האפיון למתקן החשמלי באתר הבניה חייבת להעשות במסגרת התכנון הכללי של האתר, הכולל בין היתר: תכנון דרכי הגישה ומעבר כלי הרכב, מיקום מתקנים קבועים (מבני מינהלה, תחנה לייצור בטון, עגורנים וכו'), שטחי פריקה ואחסנה של חומרי בנין, צנרת מים וכד'. תכנון המתקן החשמלי ייעשה בהתאם לאפיון הנ"ל, תוך כדי התחשבות בנקודות הבאות:

(א) גודל ומיקום החיבור של חברת החשמל לאתר, מקור אספקה חילופי (גנרטור), מבנה לוח החשמל הראשי;

(ב) מיקום ומבנה לוחות משנה;

(ג) קוי הזנה ללוחות המשנה, למכשירים הקבועים ולמבני מינהלה;

(ד) אמצעי הגנה נגד חישמול.

אינג' י. בלב – סגן מנהל המחלקה המסחרית ומומחה לעיצוב הצרכנות הטכנית במחוז הדרום, חברת החשמל.

בזמן החיבור של התיבה אל לוחות המשנה, יש לדאוג להנחת פתיל הזנה במסלולים פנויים מכלי העבודה בכדי למנוע פגיעות בפתילים.

(אותיות אדומות על רקע לבן). מבנה זה ישמש גם להתקנת הלוח הראשי של המתקן אשר יפורט בהמשך.

בלוח יותקנו: -

- המבטחים הראשיים של חברת החשמל;
- המונה/המונים של החברה.

לוח החשמל הראשי

מומלץ שמיקום הלוח הראשי יהיה קרוב, ככול האפשר, ללוח החשמל של חברת החשמל. הלוח יוגן בפני פגיעות מכניות וחדירת לחות, מים ואבק. (מומלץ שמבנה הלוח יהיה בעל בידוד כפול).

הלוח יכלול: -

- מפסק ראשי ומבטח/מבטחים ראשיים של הצרכן. במקום כל אלה ניתן להתקין מפסק אוטומטי ראשי;
- מפסק מחלף עם ניתוק האפס, אם קיים גנרטור לאספקת חשמל חילופית. (מפסק מחלף עם מצב "מופסק" יכול לשמש כמפסק ראשי);
- מבטחים להגנה על קוי הזנה ללוחות משנה ועל המעגלים הסופיים הניזונים מהלוח הראשי.

לוחות משנה

לוחות המשנה יותקנו קרוב, ככול האפשר, למוקדי הצריכה הפזורים בשטח האתר. לוחות אלה, ישמשו הן להזנת מכשירים קבועים, הן להזנת תיבות שירות מיטלטלות.

לוחות אלה נמצאים, בדרך כלל, בתנאי סביבה קשים וחשופים לפגיעות מכניות ולהשפעות השליליות של מזג האוויר. לכן חשוב שמבנה הלוח יבטיח עמידותו לאורך זמן בתנאים אלה (מומלץ שמבנה הלוח יהיה בעל בידוד כפול).

בלוח יותקנו:

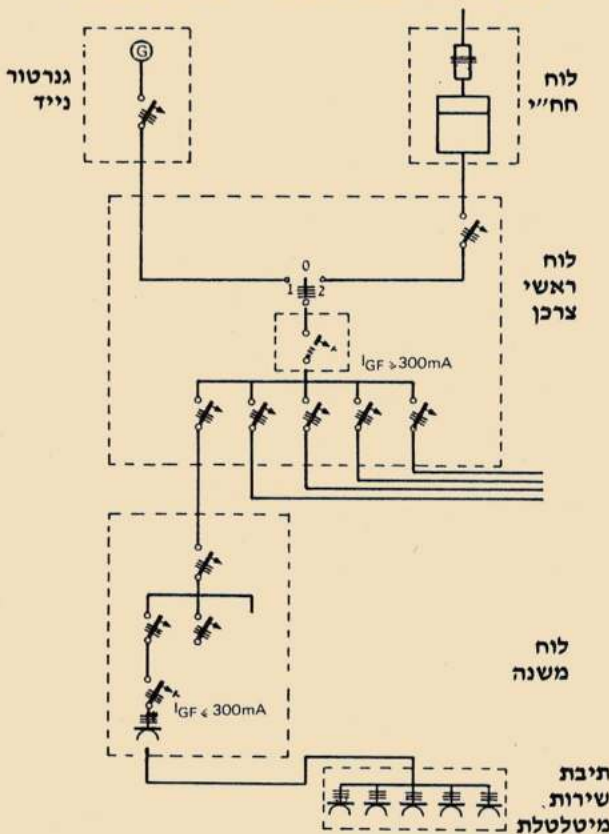
- מפסק ראשי;
- מבטחים למעגלים המזינים בתי-תקע בלוח ו/או מכשירים הקבועים באתר;
- מפסק מגן המופעל בזרם דלף לכל אחד מהמעגלים המזינים את בתי-התקע;
- שורה של בתי-תקע מוגני מים עם התקן למניעת שליפת התקע.

תיבות שירות מיטלטלות

תיבות שירות מיטלטלות מוזנות מלוחות המשנה ומיועדות לחיבור כלי עבודה ומכשירים אחרים בעמדות העבודה השונות. תיבות השירות מאפשרות לקצר ואף לבטל את פתילי ההארכה הנדרשים. תיבות אלה נמצאים בתנאי סביבה קשים במיוחד, לכן הן חייבות להיות מוגנות בפני מים ופגיעות מכניות. בתיבה יותקנו בתי-תקע מוגני מים עם התקן למניעת שליפת התקע (מומלץ לא יותר מ-6 בתי-תקע בתיבה). כל תיבה תצויד בפתיל זינה ותקע מתאימים לחיבור התיבה לבית-התקע בלוח משנה. פתיל הזינה יהיה גמיש ומושחל בתוך מוביל גמיש ומבודד (רצוי שהמוביל יהיה בצבע הבולט לעין).

איור 1:

מתקן חשמלי באתר הבניה - סכמה עיקרונית



כבלים

כבלי ההזנה ללוחות המשנה, למכשירים הקבועים ולמבני מנהלה באתר יותקנו באופן המבטיח הגנה מירבית של הכבלים בפני פגיעות מכניות ושלמותם לאורך זמן, תוך כדי התחשבות בהתפתחות ובשינויים באתר הבניה.

הכבלים יהיו עיליים או תת-קרקעיים - הכל בהתאם לאילוצים הקיימים בשטח.

תוואי הכבלים יהיה קבוע ורחוק כלל האפשר משטחי העבודה. תוואי הכבלים התת-קרקעיים יסומן ע"י שלטים בולטים ובר-קיימא. בהתקנה עילית של כבלים אין להשתמש בקרשים כתחליף לעמודי רשת.

מבנים קבועים באתר

כל לוח חלוקה של המבנים המשרתים את מנהלת האתר יצויד במספק מגן המופעל בזרם דלף ובזרם הפעלה נקוב 30 מילי-אמפר.

אמצעי הגנה בפני חימום

- כפי שמוזכר במאמרו של אינג' נ. פלג, המתפרסם בעלון זה, האמצעים המקובלים להגנת המתקן החשמלי באתר הבניה בפני חימום הינם כדלקמן:
- הארקה הגנה;
 - מפסקי מגן המופעלים בזרם דלף;
 - בידוד מגן.

הארקה הגנה

נחזור ונדגיש שבאתר הבניה קיימת סכנה מוגברת של חימום. לכן מערכת הארקה נאותה הינה אמצעי הכרחי להגנה בפני חימום. מערכת הארקה צריכה להתבסס על מוטות הארקה. אין אנו ממליצים להשתמש בצנרת מתכתית לאספקת מים קרים כאלקטרודת הארקה בלעדית. בנוסף לאלקטרודת הארקה או מערך האלקטרודות המותקנות ליד הלוח הראשי של המתקן, מומלץ להתקין אלקטרודת הארקה ליד כל לוח משנה. חיבור אלקטרודות הארקה למהדקי הארקה שבלוח יעשה באמצעות מוליך מתאים. כל זה בנוסף להתחברות למוליך הארקה של כבל ההזנה ללוח.

בהתאם לתקנות החשמל (הארקות ושיטות הגנה בפני חימום) במתח עד 1000 וולט, התשמי"ד – 1984, תקנה 61, ההתנגדות של אלקטרודת הארקה למסה הכללית של האדמה **לא תעלה על 5 אוהם** ועכבת לולאת התקלה תהיה בהתאם לתקנה 52 (למעט רשתות עיליות או רשתות הבנויות מכבלים המוגנים על ידי מבטחים מעל 63 אמפר).

יש לבדוק לעתים קרובות את תקינות מערכת הארקה ההגנה ולמדוד את ערך ההתנגדות למסת האדמה, עקב הסבירות הגבוהה של פגיעה במערכת הארקה כתוצאה מביצוע עבודות שונות באתר.

מפסקי מגן המופעלים בזרם דלף

תקנות החשמל בדבר הארקות ושיטות הגנה בפני חימום, (תקנה 63) מתירות שימוש במפסק מגן כהגנה בלעדית בפי חימום במתקן באתר הבניה.

תקנה 64 קובעת שבמקרים אלה יש להתקין את מפסק המגן כמפסק ראשי של המתקן או בטור עם מפסק ראשי. זרם ההפעלה הנקוב של מפסק המגן יהיה 300 מילי-אמפר או יותר.

אם במתקן מותקן מפסק מגן כהגנה בלעדית בהתאם למתואר לעיל, הערך המירבי של התנגדות בין אלקטרודת הארקה של המתקן לבין המסה הכללית של האדמה יתאים לדרישות תקנה 70. התקנה מביאה נוסחאות חישוב של הערך המירבי הנ"ל. לגבי מתקן שבו קיימת סכנה מוגברת של חימום, הנוסחה הינה:

$$R = \frac{24 \text{ וולט}}{\text{זרם ההפעלה הנקוב של מפסק מגן, (אמפר)}} \text{ (אוהם)}$$

בכל מקרה יש להתקין מפסקי מגן בעלי זרם הפעלה נקוב של 30 מילי-אמפר בכל אחד מלוחות המשנה, כמתואר לעיל.

מפסקי המגן המותקנים במתקן ייבדקו לעתים קרובות, על מנת להבטיח את תקינותם. התקנות מתירות ביצוע בדיקות כושר הפעולה של מפסקי המגן גם על ידי מי שאינו חשמלאי.

בידוד מגן

בידוד מגן הינו אמצעי להגנה על ציוד חשמלי שתכליתו מניעת הופעתו של מתח נגיש של גוף המכשיר, גם בזמן תקלה בו.

על הציוד החשמלי להיות מסוג II כלומר, "ציוד המיועד לוינה במתח נמוך, שחלקיו החיים מבודדים בבידוד כפול או בבידוד מוגבר", כלשון התקנות.

כפי שנדרש בתקנות, חל איסור התקנת הארקה הגנה למכשיר בעל בידוד מגן (תקנה 91) וחלה חובת אחזקת בידוד המכשיר במצב תקין בכל עת (תקנה 92). אנו ממליצים שכל כלי העבודה המיטלטלים המוחזקים ביד יהיו מסוג II ולא רק מקדחות כמתחייב מהחשיקה בנדון.

סיכום

המתקן החשמלי אמור לשרת את צרכי האתר במשך תקופה ארוכה, יחסית – במקרים מסויימים אף מספר שנים. בכל מקרה, ארעיות המתקן החשמלי אינה מהווה סיבה להקל בדרישות חוק החשמל ותקנותיו החלים על תכנון, ביצוע ובדיקת המתקן.

תכנון נכון של המתקן, ביצועו ובדיקתו, בהתאם לכל דרישות חוק החשמל ותקנותיו ואחזקתו הנאותה במשך כל תקופת הבניה באתר, הם הצעדים ההכרחיים להבטחת בטיחות השימוש במתקן.



מדוע אינך טסה גם בדגם החשמלי החדיש...

אמצעי הגנה המותקנים במדחסים של מכשירי חשמל ביתיים (מקררים, מקפיאים, מזגנים)

אינג' בנו קנול

המדחס הוא אחד המרכיבים העיקריים של מערכת הקירור בשיטת הדחיסה. המערכות הקטנות, כמו במקרר, במקפיא ובמזגן, פועלות באמצעות מדחסים בוכנתיים אטומים. המדחס והמנוע מורכבים במכשירים אלה על ציר משותף בתוך מעטה אטום, אשר ממנו יוצאים רק חיבורי החשמל וצנרת גז הקירור. ביחידות אטומות אלה בא המנוע במגע ישיר עם גז הקירור.

בין הפסקה והפעלה חוזרת של המזגנים, זמן הדרוש לאיוון הלחצים במערכת הקירור.

המלצה זו חשובה כאשר עורכים בדיקת תקינות של מפסק המגן המופעל בזרם דלף (מפסק נגד התחשמלות).

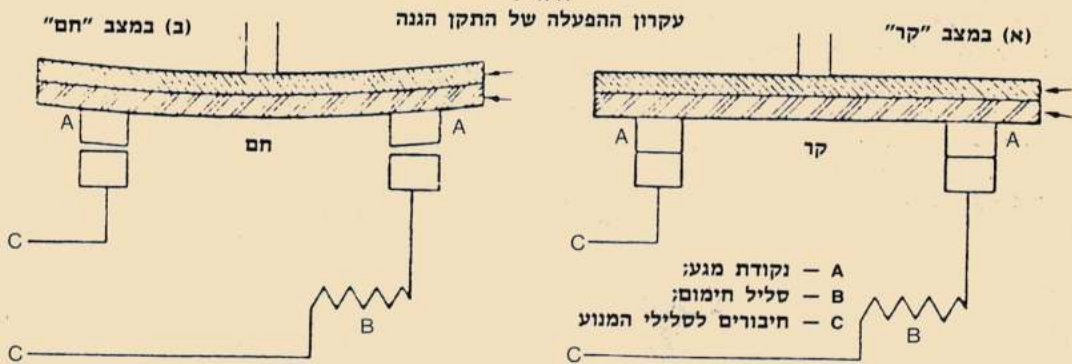
אמצעי ההגנה מותאמים גם להגנת היחידה מפני עליית הטמפרטורה מעל המותר בתוך היחידה, עקב תקלות מכניות או פונקציונליות (למשל, חיכוך לא רצוי בין חלקים שונים, נעילת הרוטור וכד').

עיקרון הפעולה של התקני ההגנה מבוסס על שימוש בדיסקיות דרמתכיות קפיציות (SNAP ACTION TYPE BIMETAL) וסליל חימום (HEATER COIL) כמתואר באיור 1:

אמצעי ההגנה החשמליים, בהם מצוידות יחידות מנוע-מדחס במערכות קירור של מכשירים ביתיים (הפועלות כמשאבות חום). מיועדים למנוע שיבושים ו/או נזקים ליחידות מנוע-מדחס או למערכת כולה, עקב התחממות יתר של מרכיבי היחידה, כתוצאה מתקלות מכניות ו/או היווצרות זרמייתר (מומלץ שהטמפרטורה הכוללת בתוך היחידה לא תעלה על 66 מעלות צלזיוס).

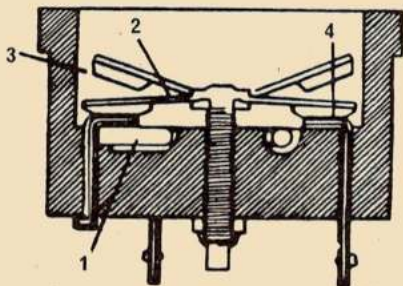
המבנה של אמצעי ההגנה מאפשר להגן על המנוע מפני עומסייתר, למשל, במקרה של עלייה חדה בזרם ובחום, תוך כדי ניסיון להפעיל מייד את היחידה, לאחר ניתוק, נגד לחצים גבוהים בראש המדחס, שנוצרו עקב הפסקה פתאומית של תהליך הקירור. בהקשר זה ראוי לזכור את המלצת יצרני המזגנים אשר לחמש דקות ההשהיה

איור 1



איור 2

התקן הגנה, המיועד להתקנה על גבי המעטה החיצוני של יחידת מנוע-מדחס או בתוך היחידה, על גבי סלילי המנוע.

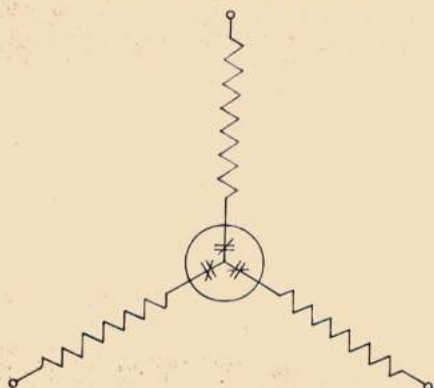


מקרא:

1. סליל חימום
2. דיסקית קפיצית דרמתכתית
3. מגע פתוח
4. מגע סגור

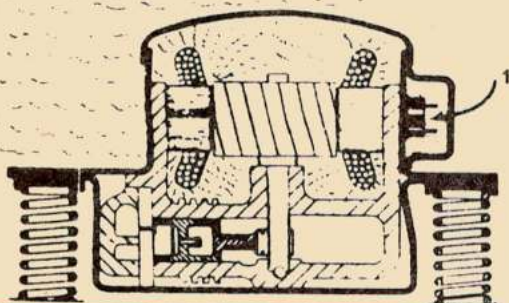
אינג' ב. קנול - המחלקה לפיתוח הצריכה אגף הצרכנות, חברת החשמל.

איור 4
אופן ההתקנה של התקן ההגנה בתוך סלילי המנוע
התלת פאזי (בנקודת הכוכב).

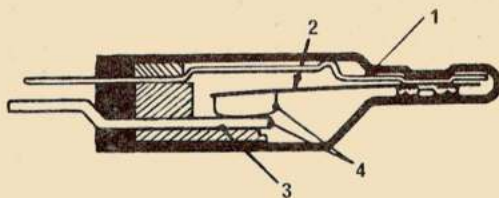


איור 5
מיקום התקן ההגנה על המעטה החיצוני של יחידת
מנוע־מדחס.

(ב) חתך

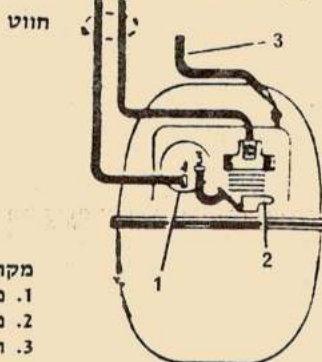


איור 3
התקן הגנה, המיועד להתקנה בתוך סלילי המנוע.



מקרא:
1. הדק עליון
2. דיסקית קפיצית דור־מתכתית
3. הדק תחתון
4. מגע סגור

(א) מראה כללי



מקרא:
1. מיקום התקן ההגנה
2. ממסר
3. חיבור הארקה

סיכום

בנוסף להתקני ההגנה המותקנים ביחידות מנוע־מדחס שמטרתם - הגנת היחידות בפני עומס יתר, נהוג להתקין במעגלי הזינה של מוג'נים בעיקר התקנים נוספים להגנת יחידת מני ועומס, שמטרתם:

- מניעת פעולה בתת־מתח,
- הפסקת פעולה במתח יתר,
- ניתוק אוטומטי של המכשיר מהזינה במקרה של הפסקת חשמל,
- השהיית החיבור מחדש של המכשיר לאחר הפסקת חשמל.



יורם, אני מוכן להקלטה
פתח את הכלוב...

ע' איכפת פֿאַ וואָס

במסגרת מסע ההסברה אותו עורכת חברת החשמל תחת הסיסמא "לי איכפת כל וואט" הופקו על-ידי החברה שני עלוני הסברה: (א) "נא להכיר: מזגן אוויר"; (ב) "חימום חדרים בחשמל".
המעוניינים בעלוניים במלואם או בפרטים נוספים מתבקשים לפנות אל:
המחלקה לפיתוח הצריכה; חברת החשמל, ת.ד. 8810, חיפה 31086.
להלן קטעים מהעלוניים:

נא להכיר:

א. מזגן אוויר

מזגן אוויר - "משאבת חום"

מזגן האוויר הוא מכשיר חשמלי שנועד לשטת את תנאי האקלים הפנימי על מנת לשפר את תנאי הנוחות בחדר מגורים, במשרד או בסדנא.

פעולתו התקינה של המזגן מאפשרת להשיג שילוב נאות של 3 הגורמים הבסיסיים הנדרשים ליצירת ה"נחות האקלימית": הטמפרטורה, הלחות ומהירות התנועה של האוויר.

מזגן האוויר המודרני, המהווה "משאבת חום", הוא מכשיר רד תכליתי: בקיץ שואב המזגן את החום שבאוויר הבית ופולט אותו אל האוויר שמחוץ לבית; ואילו בחורף שואב המזגן חום מן האוויר החיצוני (אנרגיית חום קיימת גם באוויר קר) ופולט אותו אל פנים החדר.

בהוראות השימוש מציין היצרן את הטמפרטורה המינימלית שבה מתאפשרת, עדיין, פעולה יעילה של המזגן במחזור החימום.

זכור:

1. ללא תוספת מנגנון מיוחד ניתן לקבל חימום יעיל ע"י "משאבת חום" בתנאי שטמפרטורת האוויר בחוץ איננה נמוכה מ-6 +5 מעלות צלסיוס.
 2. לא כל המזגנים הנפוצים בשוק המקומי בנויים לאפשרות הפעלת "משאבת החום" במחזור החימום. חלק מהמזגנים מיועדים להפעלה במחזור קירור בלבד.
- בנוסף ליחידה העיקרית לשאיבת החום והפחתת הלחות, כולל המזגן גם אמצעים המבטיחים את תנועת האוויר ואת ניקיון מבדילים בין שני סוגים עיקריים של מזגנים לחדרים:
- א. מזגן "חלוק" - מזגן הבנוי כיחידה אחת שלמה, והמיועד להתקנה בחלוק, בפתח שבקיר וכדומה.
 - ב. מזגן מפוצל - מזגן הבנוי משתי יחידות, אחת להתקנה מחוץ לחדר (יחידה זו כוללת מנוע - מדרסן) ואחת, בתוך החדר (יחידת מפוח - נחשוך), המשמשת למסירת החום / הקור לאוויר בחלל החדר.

- לחות נמוכה מדי גורמת להרגשת יובש בדרכי הנשימה ולייבוש מוגזם של העור, בעוד שלחות גבוהה איננה מאפשרת התנדפות הידעה מהעור.
 - תנועת אוויר במהירות מתונה מזרזת את התנדפות הרוטיבות העורפת ומקנה הרגשת רעננות, בעוד שתנועת אוויר במהירות מופרזת גורמת להרגשת רוח פריצים.
- מזגן אוויר בעל איכות טכנית גבוהה, אשר הותאם כהלכה לצרכים, בגודלו ובמיקומו, יש בו משום ערובה להשגת הנחות האקלימית הרצויה, בתנאי שיופעל בתבונה תוך ניצול יעיל וחסכוני של אנרגיית החשמל שהוא צורך.

לבחירת המזגן בעל המאפיינים המומלצים חשיבות רבה!

ראשית, עליך לבחור את סוג המזגן הרצוי לך:

- א. מזגן אוויר עם חימום או בלי חימום.
 - ב. מזגן "חלוק" או מזגן מפוצל.
- בנוסף לשיקולי מחיר המזגן, כדאי לך להתייחס גם לעובדות הבאות:

- מקדם יעילות החימום של מזגנים "מחממים" - בגלל עקרון הפעולה הייחודי שלהם - נע בין 1.7 ל-2.2, בהתאם לסוג המזגן ותנאי הסביבה בהם הם פועלים, מכאן שהם יעילים הרבה יותר מאמצעי חימום אחרים (שמקדם יעילות החימום שלהם קטן מ-1).



תנאי הנחות הרצויים

הטמפרטורה הרצויה בבית בתנאי הביגוד המקובלים היא 25-26 מעלות צלסיוס בקיץ, 18-20 מעלות צלסיוס בחורף. טמפרטורה נמוכה מזה שצויינה עבור החורף דורשת ביגוד כבד למדי; טמפרטורה גבוהה מדי בקיץ גורמת להזעה מופרזת.



- לכן עלות האנרגיה הנדרשת להפעלת המזגן במחזור החימום נמוכה מזו הנדרשת להפעלת תנורי חשמל, גז, נפט או סולר. מכאן, שאם החלטת לרכוש מזגן לקירור החדרים, מומלץ שהמזגן יהיה מתאים להפעלה גם במחזור החימום.
- למזגן מפרצל, בהשוואה למזגן "חלוך" יש מספר יתרונות:
 - פעולתו שקטה יותר וקיר חיצוני מפרדי בין היחידה של מנוע מרחס לכין החלל הפנימי של מבנה היחידה).
 - התקנתו אינה כרוכה בשבייה של הקיר החיצוני כדי ליצור פתח להבסת המזגן.
 - הוא נותן פתרון של מחוג אוויר גם בחדרים שאין להם קיר חיצוני.

- שנית, עליך להיוועץ בעל מקצוע מוסמך לגבי בחירת המזגן בעל המאפיינים האנרגטיים המתאימים: תפוקת המזגן נקבעת על סמך חישוב צרכי הקירור והחימום של החדר.
- מזגן בעל תפוקה נמוכה מדי לא ימלא את הציפיות, בעוד שמזגן בעל תפוקה גבוהה מדי עשוי ליצור תנאים מוגזמים של קירור או חימום.

בידוד תרמי - תנאי מוקדם לחסכון באנרגיה

- התקנת מזגן אוויר הפעלתו בחדר שאיננו מבודד כולכה מבחינה תרמית גורמת, מטבע הדברים, לכזבזב אנרגיה! שיפור תנאי הנוחות בחדר באמצעות המזגן יושג רק בצורה חלקית ובלתי מושלמת, תוך צריכת חשמל מוגברת, אם לא יהיה החדר, הנועד להיות ממוגן, מבודד היטב מבחינה תרמית ואטום כולכה.
- אין להשאיר חלונות דלתות פתוחים בשעה שהמזגן פועל.
 - תנעת אוויר דרך חריצים שלא נאטמו, וכן מעבר חום דרך קירות וחקירות שאינם כוללים שכבת בידוד תרמי, גורמים לאיבוד אנרגיה.
 - חלק ניכר מהאנרגיה החשמלית הנצרכת במזגן, איננו מנוצל לשיפור תנאי האקלים בחדר בלתי מבודד, אלא מתבזבז לאוויר החיצוני.
 - השקעה כספית בשיפור רמת הבידוד של החדר עשויה להביא לחסכון כספי גדול הן בשל צריכת חשמל נמוכה יותר והן בשל האפשרות להסתפק במזגן בעל הספק חשמלי קטן יותר (שמחירו נמוך ממחיר מזגן בעל הספק גדול) להשגת תוצאות טובות יותר.

הפעל את מזגן האוויר בתבונה

1. למד את הוראות ההפעלה של המזגן תהג לפיהן.
2. שמור על משטר תחזוקה נאות של המזגן, כדי שיהיה תמיד במצב עבודה תקין.
3. בקיץ - דאג להצללה של החדר ע"י סגירת התריסים כדי למנוע חימום מיותר של החדר מקרינה ישירה של השמש. עבדת המזגן מאומצת במיוחד, כאשר קרני השמש חודרות ישירות לחדר בעד החלונות והופכות את החדר ל"חממה".
4. ודא שזרימת האוויר מהמזגן תהיה חופשית. אין להציב לפני המזגן מכשולים (כגון: וילונות, מדפים, ארונות וכו'), העשויים לחסום את זרימת האוויר.

לסיכום

- צריכת החשמל של מזגני אוויר בעלי תפוקה זהה יכולה להשתנות בצורה ניכרת בהתאם לסוג המזגן ולאופן התקנתו והפעלתו.
- מזגן בעל נצילות אנרגיה גבוהה - אשר יותקן בחדר בו נקטו כל האמצעים לשיפור הבידוד התרמי ומניעת איבודי אנרגיה לריק, יופעל בהתאם להוראות ההמלצות - יצרוך הרבה פחות חשמל להשגת תנאי נוחות טובים יותר, בהשוואה למזגן שנצילות האנרגיה שלו נמוכה, ו/או שהתקנתו והפעלתו אינם נכתיים.

ב. חימום חדרים בחשמל

כיצד בחרים במכשיר חימום חשמלי?



- בבחירת המכשיר המתאים לצרכיך, יש לקחת בחשבון את הנתונים:
- גודל החלל שאותו יש לחמם.
 - רמת הבידוד האיטום בדירה.
 - תנאי האקלים בעתה הקרה.

לפי נתונים אלה יש לקבוע את ההספק החשמלי ואת תפוקת החימום הדרושים. לצורך זה מומלץ להיעזר ביעוץ של בעל־מקצוע. כמה מהחברות המייצרות ומשווקות תצרי חימום חשמליים מספקות יעוץ מקצועי בנושא, ויעוץ זה כולו בדרך כלל במחיר.

פעולות קלות לחסכון משמעותי

בידוד תרמי - חדר שאינו מבודד כהלכה מבחינה תרמית מאבד את אנרגיית החום בשיעור גבוה, דבר הגורם להגדלה מיותרת של צריכת החשמל. כדאי לבדוק את האפשרות לשפר את בידוד הקירות, התיקרה והרצפה של דירת המגורים. שיפור הבידוד יביא לא רק להקטנת ההוצאה עבור החימום, אלא גם יקל על ההוצאות לקירור בקיץ. רמת איטום נאותה - חשוב להקפיד על איטמת דלתות וחלונות כאחד. בחלונות - יש לאטום את החריצים שבין החלק למשקוף, וברלת - בין גוף הדלת לבין משטח הסף. תנועת אוויר דרך חריצים שלא נאטמו גורמת לאיבודי אנרגיה ולהגדלה של צריכת החשמל.



נוסף לנתונים אלה, יש להחשב בשני נתונים נוספים:

מגבלת ההספק - בכל דירה מוגבלת עוצמת הזרם הנובע מהפעלה בר זמנית של מספר מכשירי חשמל על־ידי גודל חיבור החשמל לדירה. עבודה זו מגבילה את ההספק הכולל של מכשירי החשמל אותם ניתן להפעיל ברזמנית. לכן, התקנת מכשיר חימום בעל הספק גבוה במיוחד עלולה להגביל את השימוש במכשירי חשמל אחרים, שאותם אתה נוהג להפעיל ברזמנית עם מכשיר החימום. במקרים קיצוניים, חיבור ברזמני של מכשירי חימום בעלי הספק גבוה עלול לגרום לשיתוקה של מערכת החשמל הביתית כתוצאה מניתוק של מפסק הזרם הראשי, או בגלל שריפת הניתוך ("ה"פקק") של חברת החשמל. התקנת מספר רב של מכשירים בעלי הספק גבוה מותנית לעיתים בגודל החיבור של חברת החשמל לדירה, דבר הכרוך בהוצאה כספית ניכרת.

מגבלת מעגלי השקעים - בדרך כלל מחנים מכשירי החימום שבדירה ממעגל של שקעים חוד מפעיים (חד־פאזיס), המתאמים לזרם נומינלי של 10 אמפר או 16 אמפר. מעגלים אלה מצוידים בהתקני הגנה נגד זרם־יתר בהתאם. על כן יש להקפיד, שההספק החשמלי הכולל של מכשירי החימום יעמוד בתנאים הבאים:

במעגל שקעים המתואם לזרם 10 אמפר - הספק כולל של עד 2300 וואט.
במעגל שקעים המתואם לזרם 16 אמפר - הספק כולל של עד 3650 וואט.
חיבור מכשירים בעלי הספקים גבוהים מאלה מותנה בהכנסת שינויים במעגלי השקעים הקיימים בדירה (החלפת חוטים, שקעים ותתקני הגנה).

חימום רק במקום שצריך - כדאי להימנע מחימום חדרים שאין שוהים בהם זמן רב, ולסגור דלתות חדרים שאינם בשימוש.

כיוון מידת החימום - כדאי לכוון את מידת החימום באמצעות המתג בחדר ורגנת החימום* או באמצעות התרמוסטט**. הטמפרטורה המומלצת היא בתחום 20-18 מעלות צלזיוס

הכרות עם מכשירי החימום - יש ללמוד את הוראות ההפעלה של מכשיר חשמל לפני הפעלתו. חשוב להקפיד על תחזוקת המכשיר בהתאם להוראות היצרן.

התייעצות עם מומחה - תעזור לך בקביעת המכשיר המומלץ לחימום דירתך, ולניצולו בדרך החסכונית והיעילה ביותר.

* מתג בודד דרגות - מותקן בתנורים בעלי מספר גופי חימום. באמצעות המתג ניתן להפעיל גוף חימום אחד, או להפעיל ברזמנית מספר גופי חימום.

**תרמוסטט - מאפשר לקבוע מראש את הטמפרטורה הרצויה בחדר שבו מותקן מכשיר החימום. התרמוסטט יפסיק את פעולת המכשיר, כאשר הטמפרטורה תגיע לערך שנקבע מראש, והוא יופעל מחדש כאשר היא יורדת מתחת לערך זה.

טבלה להשוואת מכשירי החימום השונים:

כטבלה המופיעה כאן תוכל למצוא את מרבית מכשירי החימום החשמליים הנפוצים בארץ, ללמוד על דרך פעולתם, הספקם החשמלי ועלותם. כפי שתבחין, ניתן להבדיל בין שתי קבוצות עיקריות - תנורי החימום ר"מזוגים מחממים". לכל קבוצה יתרונותיה וחסרונותיה. טבלה השוואתית זו תסייע לך בבחירת מכשירי החימום החשמלי הרצוי לך, ותספק לך מידע חשוב על מכשירי החימום שכבר קיימים ברשותך.



סוג מכשיר החימום	עקרונות הפעולה	המכשיר הספק (ואט)	מקום יעילות החימום	יתרונות המכשיר	חסרונות המכשיר	הערות
תנורי חימום חשמליים תנורי קיר	מכיל גוף חימום (אחד או יותר) ומקץ. האנרגיה מתעברת ע"י קרינה מהמקץ ("המראה") לכיוון שאילו מופנה התנור.	1,200-3,200	קרוב ל"ו	א. מחיר זול, יחסית, למכשירים אחרים. ב. מעציד, בדרך כלל, במתג ברור דרגות חימום. ג. החימום מוגש מיד עם ההפעלה.	א. מחמם תחילה רק בכיוון אחד. ב. הטמפרטורה גבוהה - סכנה לשריפת חפצים קרובים. ג. סכנה לילדים: 1. החום רב; 2. גופי החימום אינם מוגנים מספיק. ד. אין תרמוסטט לריסות הטמפרטורה.	
מפזר חום	אריז נכנס דרך הפתחים, מתחמם במגע עם גוף החימום, (אחד או יותר), ומפזר החתה ע"י מאורר או מפת.	2,000-3,000	קרוב ל"ו	א. החימום מהיר. ניתן להשיג חימום אחד בכל החדר תוך זמן קצר, יחסית. ב. חלק מהדגמים יכולים לשמש כמאורר בקיץ. ג. בטיחות - גופי החימום מוגנים היטב. ד. מעציד, בדרך כלל, בתרמוסטט ובמתג ברור דרגות חימום.	א. גורם לתחשת יובש בחדר. ב. יוצר "רוח" רוחש העלולים להפריע לאנשים הרגישים לכך.	בעת קניית המכשיר מומלץ להקפיד שימצא עליו תר תקן של מכון התקנים הישראלי.
מסייע-חום (קונולטור)	אריז נכנס דרך פתחים בתחתית התנור, מתחמם במגע עם גוף החימום, ורצח באופן טבעי בחלק העליון של התנור.	500-3,500	קרוב ל"ו	א. בטיחות - גופי החימום מוגנים היטב (התנור מותאם להתקנה גם בחדר הילדים). ב. פיזור חום אחיד לכל המיזנים. ג. מעציד, בדרך כלל, בתרמוסטט ובמתג ברור דרגות חימום.	החימום איטי, ודרוש זמן ממושך, יחסית, להשגת חימום אחיד בכל החדר.	
תנור חשמלי עם שמן (דיאטור)	מכיל גוף חימום (אחד או יותר) המתחמם שמן שמצר בתוך מערכת סגורה. האריז בחדר מתחמם במגע עם צלעות התנור.	2,000-2,500	קרוב ל"ו	א. בטיחות - גוף התנור אינו חם מדי ואין גישה לגופי החימום. ב. פיזור החום אחיד לכל הביונים. ג. מעציד, בדרך כלל, בתרמוסטט ובמתג ברור דרגות חימום.	א. מחמם לאט. ודרוש זמן ממושך, יחסית, להשגת חימום אחיד בכל החדר. ב. יקר יחסית. ג. כבד.	
מזוגים מחממים מזגן "חלוק"	קולט חום מן האויר החיצוני ומעביר אותו פנימה אל תוך החדר.	800-2,900	מ"ד עד 2.2	א. הצדאות שטופות לחימום נמוכות בהרבה מההוצאות לחימום כסוצאה מהשימוש בתקני חימום אחרים. ב. פיזור חום יעיל ומהיר. ג. בטיחות השימוש גבוהה. ד. משפשש גם ממוגן קיורר בקיץ.	א. יקר הרבה יותר בקניה ובהתקנה מכל מכשיר אחר. ב. יוצר רעש בעת הפעולה. ג. גורם לתחשת יובש בחדר. ד. יוצר "רוח" רוחש העלולה להפריע לאנשים הרגישים לכך.	מזוגי אויר לחימום פעילים בעילות כל עוד הטמפרטורה החיצונית אינה נמוכה מ-5-6 מעלות צלזיוס. כשטמפרטורה החוץ נמוכה יותר, יש צורך במעגןן מיוחד להפשרת קרח.
מזגן מפרצל	בני משותף יחדיות: אחת להתקנה מתוך לחדר ואחת בתוך החדר. עקרון הפעולה זהה לזה של מזגן "חלוק".	1,400-3,000	מ"ד עד 2.2	דומים ליתרונות מזגן "חלוק".	דומה למזגן "חלוק", אולם במקרה זה הפעולה שקטה ואין בעיות רעש.	

היסטוריה של פיתוח מכשירי מיתוג למתח נמוך

אינג' קארל אוזה*

בגלל פעילותם של מהנדסים וטכנאים, המופנת בדרך כלל לעתיד, אין הם מודעים על-פי רוב להיסטוריה של פיתוח המכשירים בתחום עבודתם; עובדה זו שיש להצטער עליה, נובעת מסיבת מיעוטם של התיאורים ההיסטוריים בתחום הנדסת החשמל.

לשם קידום נושא זה, נבחר לפני שנים מועטות ועד (מבין חברי ה-VDE — מכון התקנים הגרמני לחשמל — המודעים לנושא פיתוח טכנו-היסטוריה) שלקח על עצמו לדאוג ולחקור את תולדות הנדסת החשמל ולהביאם לידיעת בעלי המקצוע בענף.

תחום חשוב במגמת הזרם החזק הוא סעיף מכשירי המיתוג למתח נמוך. המאמר שלהלן, הוא תמצית היסטורית של פיתוח מכשירים אלה.

הערות טכנו-היסטוריות

פיתוח מכשירי המיתוג למתח נמוך החל לפני כ-100 שנה, בתחילת שנות ה-80 של המאה הקודמת, כאשר ליד מנורת הקשת הופיעה לראשונה באירופה נורת הליבון השימושית, שפותחה על-ידי Edison (1847-1931).

עבור אותם צרכנים בודדים שהשתמשו בתאורה זו, בזמנו, היה צורך להקים גנרטור.

בתחילה נבנו גנרטורים מעטים ומאוחר יותר החלו להתקין גנרטור מרוכז לכל גוש בניינים ולבסוף נבנו גם תחנות כח, בתחילה קטנות, ולאחר מכן גם גדולות יותר. בפרק זמן זה כמעט ולא היו מנועי חשמל בשימוש. ברם, היה צורך במכשירי מיתוג עבור הגנרטורים ($2 \times 110 \text{ V}$; 110 V ; 65 V) וכן עבור כבלי היציאה.

לאחר "המצאת" השנאי, באמצע שנות ה-80 של המאה הקודמת היה מתח החלוקה במקרים בודדים 2-3 ק"ו, בתדירות של 50Hz בערך. (לדוגמא: תחנות הכח ב-Amsterdam, Rom, Köln).

התקדמות מכרעת התהוותה בשנת 1891 עם תחילת העברת האנרגיה במתח תלת-פזי של 15 ק"ו מי Frankfurt — Lauffen / Neckar, לרגל תערוכת מוצרי החשמל שם.

בתערוכה התכוונו בעצם להשתתף ממליצי שיטת הזרם הישר וכן של זרם החילופים החד-פזי ולהציג שם את יתרונות שיטותיהם.

במשך התקופה עד לשנת 1920 דחקה שיטת הזרם התלת-פזי את קודמותיה לחלוטין.

היווצרות מכשירי המיתוג למתח נמוך

בראשית שנות התפתחות הנדסת החשמל (1900-1880) נוצרו כמעט כל מכשירי המיתוג, המהר וים אבות טיפוס אף למכשירים הנמצאים בשימוש עד היום.

את מכשירי המיתוג למנועים, הוחלט לייצר רק בשנות ה-90 של המאה הקודמת, הואיל ורק אז החל המנוע החשמלי להיות נפוץ.

לפני שנות ה-80 לא היה צורך במכשירי מיתוג, והואיל ולא יוצרה אנרגיה חשמלית בצורה מרוכזת. אלא, לכל מנוע חשמלי, לכל טור של מנורות קשת חשמליות ולכל מפעל של אלקטרולוזה, היה צורך לספק גם את הגנרטור העצמי שלו, יחד עם החלק המנוע שלו (מנוע גז, מכונת קיטור) נוסף לכך, היה צורך גם במכשיר מיתוג לנורות הליבון שחוברו במקביל למתקנים ולקווי החלוקה, (שיטה שלא היו רגילים לה בתחילה).

* אינג' ק. אוזה (K. Ose) — חבר הוועד למיתוח טכנו-היסטורי, מכון התקנים הגרמני — VDE.

תורגם ועובד ע"י אינג' ד. פריש — לשעבר מנהל מחלקת קווים ורשתות, הרשת הארצית, חברת החשמל.

מתוך ה-der elektrameister ריחון מקצועי לחשמל — 11/83.

קושי מיוחד עמד במשך עשרות בשנים בפני יצרני המכשירים בכך, שהם נאלצו לייצר מכשירי מיתוג, הן לזרם ישר והן לזרם חילופין.

מכשירי המיתוג למתח נמוך פותחו עד לשנת 1920 על-פי הנסיון המעשי בלבד. רק מאוחר יותר התחילו ליישם יותר ויותר את תוצאות המחקר התעשייתי והמדעי, בכדי להענות לדרישות המוגברות (יכולת מיתוג, אמינות האספקה, אורך חיים של המכשיר וכו'). שיטת הייצור של מפסקי-מנועים אלה הסתיימה כבר למעשה בשנת 1880 בכל זאת יש להודות, כי מכשירים ראשונים מגשמים אלה תרמו רבות להכנסת המנוע החשמלי לשרות התעשייה והמלאכה, למרות שהמפסקים פותחו על-פי הנסיון המעשי בלבד.

המכשירים שהופעלו בעיקר בצורה ידנית ענו בכל זאת על תנאי הבטיחות דאז. למרות שהופעלו בדרך כלל, לא על-ידי אנשי מקצוע, לא היה צורך בהתערבות מוסדות ממשלתיים לשמירת תנאי בטיחות נאותים למניעת שרפות, תאונות עבודה אפשריות וכו' כפי שקרה לדוגמא, באנגליה ובצרפת, דבר שגרם שם נזק בפיתוח הנדסת החשמל.

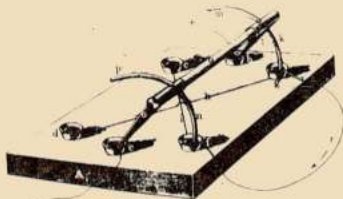
להלן נעסוק בקיצור בפיתוח המכשירים השונים; הואיל ובתחילה היו לכל מוצר ומוצר פתרונות טכניים רבים מאוד, מגבילה אותנו רבגוניות זו לסקירת מבחר קטן של פתרונות בלבד, כפי שמפורט להלן:

מפסקים ידניים ללא אלמנט הפסקה

סמוך להמצאת האלמנט הגלבני (Volta 1799) כבר נמצא בשימוש מפסק (נדנד של Amper), מצודה בפנכה ממולאת בכספית למטרות חיבור או הפסקתו הפעלתו נעשתה בצורה ידנית עם דיות מחוטים וגשרים. מכשיר זה היה בגדר של מכשיר מעבדה בלבד. (תמונה 1).

תמונה 1

מפסק נדנד מצויד בפנכה ממולאת בכספית (לפני 1880, Pohl)

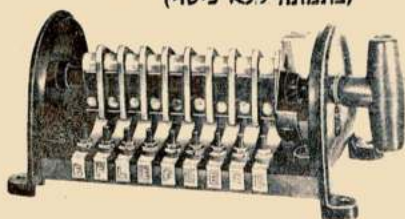


יש לציין, שבתחילה לא ראו כלל צורך לבדוד את ידיות המפסקים למתח נמוך (65 וולט, 110 וולט), למרות שידיות אלה היו מחוברות למתח מלא. ככלל, נחשב החשמל בתחילה, כצורת אנרגיה בלתי מסוכנת יחסית, אף על פי, שלא כולם סברו כך. הוראות תקן VDE הראשונות (1896) דדשו מיד בתחילה רמת בטיחות גבוהה יותר למכשירים, ובין השאר, גם את בידוד הידיות.

מכשירי מיתוג ידניים למתח נמוך כנ"ל, ניתן היה להם שיג לפי קטלוג היצרנים, אפילו עבור זרמים גדולים מאוד, עקב מתח ההפעלה הנמוך (מנוע 50 קו"ט, 110 וולט, 550 אמפר). יחד עם מכשירים גדולים אלה יוצרו גם מכשירים לזרמים נמוכים (60...30 אמפר). לאחר שנת 1900 פותח, במסגרת המכשירים הקטנים, מפסק בעל גליל, המשמש כמפסק להתנגעת מנועים (כוכב-משולש), בשנות ה-30 שופר מבנה הגליל בהרבה לגבי צורתו הפרימיטיבית (תמונות 5;6).

תמונה 5

מפסק (כוכב-משולש) עם גליל במבנה משולש. מגעים מנחושת, הפסקה מהירה וכיסוי מפח פלדה (לפני 1910, Klöckner-Moeller) (בתמונה ללא כיסוי)



תמונה 6

מפסק עם גליל 6 קו"ט הגליל מחרט הכסוי מפח פלדה (AEG, 1938)



בשנות ה-50 נוכחו לדעת כי המפסק עם הגליל אינו עומד יותר בדרישות הטכניות, ולכן פותח המפסק עם בליטות המגע. העיקרון של בליטות המגע היה ידוע כבר בשנות ה-90 של המאה הקודמת. (מפסקי התנגעה למנועי חשמל, רכבות חשמליות, מנופים). המפסקים הראשונים הקטנים עם בליטות מגע, שהצטיינו לגבי המפסקים עם גליל ביכולת הפסקה גבוהה יותר, ובממדי קטנים יחסית, הופיעו בארה"ב, שווייץ ואוסטריה (בשנים: 1931, 1940, 1948), (תמונה 7).

תמונה 7

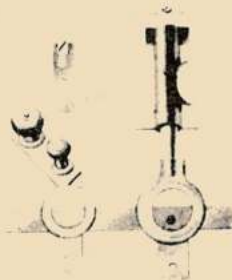
אחד המפסקים הראשונים הקטנים עם בליטות מגע סוג C 15 - 15 אמפר מגעים מצופים כסף (Kraus & Naimer, Wien, 1948)



בשנת ה-80 של המאה הקודמת פיתחו החברות לייצור מוצרי חשמל דאו (Siemens & Halske, Schuckert) מפסק סיבובי, הדומה למפסקים השימושיים במכשירי הטלוקומוניקציה, שהיו מפותחים או, אולם, הזרם עובר דרך נקודת הסיבוב של הידית. (תמונה 2).

תמונה 2

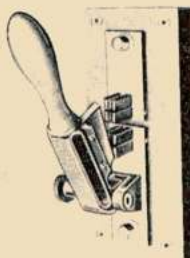
מפסק באינוט מיועד למנורות קשת חשמלית, המחוברים בטור. למפסק ידית מחוברת לגשר אבטחה. הזרם עובר דרך נקודת סיבוב הידית (AEG, 1885).



המשך הפיתוח הוביל למנתק "סקין", כפי שבחלקו משתמשים עד היום (תמונה 3).

תמונה 3

מנתק "סקין" עם ידית מבודדת. הזרם אינו עובר דרך נקודת הסיבוב. הלסתות עם חריצים לשם קפיצות (AEG, 1885...1890)



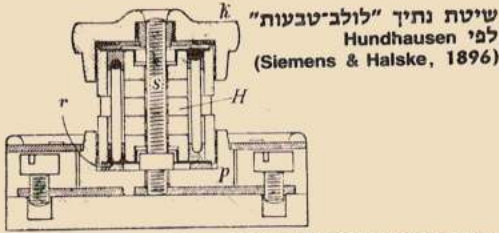
יכולת המיתוג של המכשירים הראשונים היתה נמוכה מאד ובקושי רב נתאפשר להפסיק את העומס. רק לאחר עשרות בשנים באה התפתחות נוספת: כאשר בשנת 1956 יצא לשיווק לראשונה מנתק עומס, בשיי לוב עם הגנה נגד עומס יתר (כגון: נתיך), (תמונה 4).

תמונה 4

מנתק עומס ל-400 אמפר 500 וולט 15 ק"א (Klöckner-Moeller, 1956)



תמונה 11



שיטת נתיך "לולב-טבעות"
לפי Hundhausen
(Siemens & Halske, 1896)

העיקרון של הנתיך לפי שיטת Edison היה חוט עופרת המשמש כאלמנט התכה מדורג לפי מספר מנוורת הלי בון המחוברות אליו. בגלל הקשת המתהווה, כאשר הנתיך נשרף, הוכנס חוט העופרת לתוך צינור עץ. למעשה, שימש העץ בזמנו כחומר בידוד עדיף, עד שהכירו את חסרונותיו בעקבות הפרעות שנגרמו על ידו, בעיקר ירידת יכולת הבידוד עקב ספיגת לחות. לכן השתמשו מאוחר יותר, במוצרי חרס, כחומר גלם לביתן חוט הנתיך. את החלל מילאו ב"תלקוס", גבס או חול.

בשנת 1900 התחיל השימוש בכסף עבור חוט הנתיך. המשימה הקשה ביותר היתה פיתוח נתיכים עם גוף מחרס, חסיני-לחץ. בתחילה יצרו את גוף הנתיך מצמינט עם פתחים לנשיפת הקשת. (תמונה 12). עד שלב סוף נמצאה השיטה לייצר גופי חרסניה חזקים מספיק. לפתרון הבעיה תרמה העובדה, שממדי גוף הנתיך צומצמו, עקב השימוש בחוט כסף במקום חוט עופרת (1900 בערך).

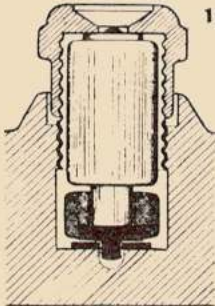
תמונה 12



גליל מצמנט עם פתחים לנשיפת הקשת לנתיכי "לולב-טבעות"
(Siemens & Halske, 1898)

לאחר שנת 1900 הוכנסו לשימוש נתיכים שונים שיוצרו על-ידי חברות שונות, כהמצאה עצמית. ריבוי סוגי הנתיכים ברשת גרם לשיבושים לא רצויים וגם למוקים לפיכך, דרשו חברות החשמל מהתעשיית לערוך תקן נות והנחיות ברורות בנושא זה. בראש וראשונה נדרש שהנתיכים לא יהיו ניתנים להחלפה בטעות. לא רק בין הנתיכים של אותו מפעל, אלא גם בין כל המוצרים הקיימים. לאחר עבודת מחקר תעשייתית במשך מספר שנים, החליט איגוד חברות החשמל בגרמניה (VdEW), בשנת 1909, שהפקקים התיקניים להבא יהיו אלה העשויים מ-2 חלקים (עד אז היו הפקקים ממקשה אחת) הכוללים: נתיך בצורת גליל עם קירות עבים וראש מתברג. שניהם מדורגים בקוטר בהתאם לעוצמת הזרם. כמובן, הנתיכים הקיימים לא נעלמו מהשימוש מיד, אלא רק לאחר שנים מספר (תמונה 13).

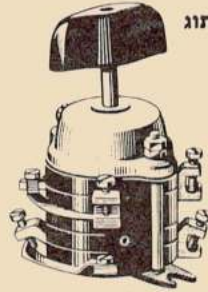
תמונה 13



פקק מ-2 חלקים בשיטה המתברגת (עם נתיך וראש מתברג) בהתאם לדרישת VdEW
(Siemens - Schuckert, 1909)

בשנת 1907 בנה המהנדס אנגל, מנהל מח' ההנדסה הימית בגרמניה, מפסק קומפקטי רב-שימושי. מפסק זה נוצר בתחילה לשימוש עבור מחסני התחמושת באוניות המלחמה, ונועד למנוע התפוצצות. בניגוד למפסק עם גליל, היו למפסק הקומפקטי תאי מיתוג מוגנים על-ידי מעטה חיצוני מפח-פלדה. מפסקים אלו יוצרו אף לזרמים של 100 אמפר ויותר. למעשה, גם כיום נמצאים בשימוש מפסקים הבנויים לפי עיקרון זה (תמונה 8).

תמונה 8

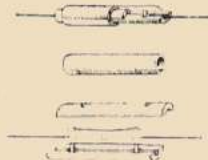


מפסק קומפקטי עם תאי מיתוג מוגנים. מתני החיבור נמצאים בחוץ.
(בסביבות 1952)
(AEG)

נתיכים

הנתיכים הם למעשה המכשירים הוותיקים ביותר בהנחת חשמל. Edison עיצב אותם לראשונה ונתן להם צורה שימושית בשנת 1878. ברם, הרעיון של הכנסת נקודת תורפה מכוונת מראש בקו האספקה היה יסודי יותר. כבר בשנת 1847 הוצע ליישם רעיון זה ובשנת 1877 נתקבל אפילו פטנט עבורו (תמונה 9).

תמונה 9



נתיכים בתוך גוף מגבס. הגודל החיצוני של הנתיכים הוא לפי גודל הזרם, לשם מניעת החלפות.
(Siemens & Halske, 1885)

בניגוד לשיטות של נתיכים שהיו קיימות בגרמניה בשנות ה-1880/90, נכנס לשימוש לבסוף, הנתיך לפי שיטת Edison, דמוי פקק. הנתיכים שבשימוש כיום, התפתחו עקרונית כולם משיטה זו. גם היום אנו משתמשים עוד בתברג Edison, למשל E27 (תמונה 10).

תמונה 10



הנתיך של Edison חוט עופרת בתוך צינור עץ.
(Edison, 1878)

חברת AEG היתה הראשונה שאימצה לעצמה את שיטת Edison לנתיכים ופיתחה אותה. חברות אחרות פיתחו שיטות אחרות, דומות, כגון: Siemens & Halske אשר פיתחה את שיטת הנתיכים "לולב-טבעות" לפי Hundhausen. לפי שיטה זו גודל הנתיך נקבע לפי אורך חוט הנתיך. האורך הדרוש מתקבל לפי מספר טבעות העץ סביב הלולב. (תמונה 11).

תמונה 16

נתיך כנ"ג (כושר ניתוק גובה)
עם ידית הפעלה
הניתן לפירוק
(Siemen-Schuckert, 1931)



כושר הניתוק של נתיכי הכנ"ג היה גבוה בהרבה מזה של "נתיכי הצינור". כינויים של נתיכים אלה בתחילה היה: "נתיך נדני". הדוגמה לנתיך זה היה נתיך, שפותח בשנת 1895 ע"י חברת Schuckert, Nürnberg. בנתיך זה לא ניתנה אפשרות לפירוק הידית. (תמונה 17).

תמונה 17

ה"נתיך הידני" הראשון
עם ידית שאינה ניתנת לפירוק
(Schuckert, 1895)



בצורה נוספת של נתיכים מתורגומים ונתיכי כנ"ג פותח הנתיך לפי Reiter בשנות ה-70/1960 כן הופיעו גם הסרגלים לנתיכים שהיו מוכרים אמנם כבר בשנת 1920.

בשנת 1930 בערך, הוכנסו לשימוש מנועי החשמל עם רוטור בחיבור כלוב. לאחר הרחבת הרשתות איפשרו חברות החשמל לחבר גם מנועים גדולים יותר. עד אז היה מותר לחבר מנועים כאלה בהספק שלא יעלה על 2 קו"ט. הנתיכים היו עד אז נתיכים מהירים, שלא היו מתאימים למנועים עם רוטור-כלוב, בגלל מכת (impulse) הזרם בזמן חיבורם לרשת. כן היו נאלצים לפתח נתיכים מושהים. את האופיין של הנתיך המושהה השיגו באמצעות הוספת הלחמה של חוט הנתיך, וכן על-ידי צרופים מטלורגיים שונים למדו לתכנן נתיכים עם אופיינים מתאימים לכל הדרישות. כך פותחו מהני תיך הפשוט של Edison משפחה עניפה של נתיכים כאשר הצעד האחרון בגדון נעשה בשנת 1967, כאשר הוכנסה לשימוש בגרמניה שיטת הנתיכים החדשה – DO המסמנת נתיכים מתורגומים עד 200 אמפר, בהם האות הראשונה מימין – D מסמנת את הטיפוס מתוב"ג, והאות השנייה מימין את כושר הניתוק.

לדוגמא:

- D0 – מיועד ל-63 אמפר;
- D1 – ל-80 אמפר;
- D2 – ל-100 אמפר;
- D3 – ל-200 אמפר.

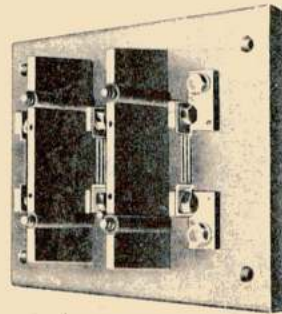
(המשך הסידרה באחד מהגליונות הבאים).

נתיכים אלו תוכננו בתחילה ל-25 אמפר בלבד, אבל לאחר זמן קצר הוגדלו גם ל-120 אמפר. עד שלבסוף הרחיבו את הסידרה עד ל-350 אמפר. בשנות ה-50 הוחלט להשתמש בגרמניה בנתיכים המתורגמים לזרם מירבי של 65 אמפר בלבד: לזרמים גדולים יותר הותר השימוש בנתיכי כנ"ג, (כושר ניתוק גבוה), (ראה להלן), הואיל ואלה היו עדיפים מבחינה טכנית.

במקביל לנתיכים הנ"ל, נמצאו בשימוש בתעשייה ובתחנות הכח "נתיכי צינור" – בעיקר לזרמים גדולים. "נתיכי הצינור" היו בתחילה בתוך צינור פתוח, (מאוחר יותר השתמשו בצינור קרטון או חרסיה סגור בקצוות. (תמונות 14; 15).

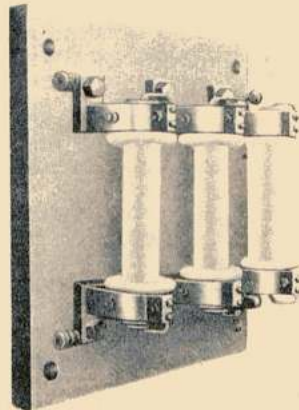
תמונה 14

מבנה ל"נתיכי צינור" תלת-מימים עם מחיצות
ביניהם (למני 1910, Voigt & Haeffner)



תמונה 15

"נתיכי צינור"
בתוך צינור חרסיה (1910, Voigt & Haeffner)



בשנת 1920 בערך, הכירו המומחים המקצועיים לנתיכים כים בעובדה, כי בנית תחנות כח גדולות וחיבור צרכנים רבים לרשת, גורמת להגדלת זרם הקצר עד כדי כך, ש"נתיכי הצינור" (יכולת ההפסקה ... 6 ק"א) אינם עונים יותר לדרישות. מתוך המאמצים לחיפוש פתור נות מתאימים, נוצר בשנת 1930 בערך הנתיך מטיפוס כנ"ג (תמונה 16).

תאור וניתוח תקלה במתקן חשמלי

ד"ר אלברט פלקס

לא ייאמן כי יסופר, אבל בכל זאת עובדה: במכון עירוני לשאיבת שפכים, אי שם בארץ, יצאו מכלל פעולה, בזו אחר זו, במשך כחודש ימים, כל המערכות העיקריות, עד כדי השבתה מוחלטת של מתקן שלם. כיצד התרחשה שרשרת התקלות? סיפורו של מחדל.

מבוא

יום יום מבקר צוות עובדים במכון העירוני לשאיבת שפכים כדי לבצע בו טפולי אחזקה שוטפים ולהבטיח את פעולתו הסדירה.

ליקורים שגרתיים אלה ממתניו יחידות אחדות, המצריכות בדיקה: שתי משאבות; שני מנועים (מנוי עים את המשאבות) בעלי רוטור כלוב, שהספקם הנומינלי 175 כוחות סוס כל אחד ומשאבת ניקוז דינית, בעלת מנוע שהספקו כח סוס אחד, המיועדת לניקוז מי השפכים שהצטברו בבור היבש עקב נזילה במשאבות ובצנרת. המשאבות הגדולות פועלות אך ורק לסירוגין.

על חמש יחידות אלה, נוספים במכון זה דיוזל גנרטור לצרכי חירום, שהספקו 225 קו"ט – הנכנס לפעולה באופן אוטומטי מייד עם הפסקת החשמל, באמצעות מערכת אלקטרונית – וכן שני ממסרי חוסר פאזה אלקטרוניים שנועדו לאתר את שלוש הפאזות של כל אחד מקורות המתח וקבלים שהספקם 50 קו"ט בכל מנוע, לשיפור מקדם ההספק.

התקלות

כחודש ימים לפני "היום הגורלי" יום בו הושבת המכון כולו, ומי השפכים גלשו לשדות ופרדסים שבסמוך, נשרף ממסר החוסר פאזה של גנרטור החירום, בעת הפעלתו הנוסיונית. הממסר הוחלף. שבועיים לאחר מכן העלתה המשאבה מס' 2 שבמכון רעשים וקול מכות מכניות. ראש צוות האחזקה התרשם, כי זו אינה פועלת כשורה והחליט להפסיקה. כעבור ימים אחדים נשרף מנוע משאבת הניקוז. הבור היבש התמלא מי שפכים. לא חלפו ארבעה ימים ותקלה נוספת אירעה: ממסר החוסר פאזה של מקור חברת החשמל נשרף והוחלף. כשישה ימים לאחר מכן שוב נשרף ממסר החוסר פאזה של גנרטור החירום עם הפעלתו הנוסיונית. מגע הפיקוד של הממסר קוצר, ומעתה

יום יום – שעה שעה

ביום ה', בשעה 9.00 בבוקר, גילה צוות האחזקה ב' ביקור שגרת, כי מנוע משאבה מס' 1 (ראה שרטוט) נשרף. הוחלט להעביר את מנוע משאבה מס' 2 להפעיל את משאבה מס' 1. זמן מה לאחר מכן, בשעה 14.00 הורכב המנוע והופעל, אך צרך זרם בן 600 אמפר, בני קום 180 אמפר הדרושים לפעולתו התיקנה (זרם נומינלי 220 אמפר). התנתע המנועים היא הדרגתית, בעזרת שנאי בו (אוטו-טרנפו). הוחל בבדיקת כל מרכיבי פעולת המנוע – המנוע עצמו, המתנע, הפיקוד וכו'. נבדקו כל החיבורים, המגעים, המפסקים, הנתכים והשנאי בו. מפעם לפעם הופעל המנוע והתופעה השתנתה רק בכיוון עליית הזרם הדרגתית, שהגיע ל-800 אמפר.

אותו יום, בשעה 22.00 הזועק המלפף שטיפל בעבר במנוע זה. האישי בדק את סלילי המנוע וקבע כי הם

ד"ר א. פלקס – המכללה הטכנולוגית אורט ע"ש א. סינגלובסקי, תל-אביב

תקינים. הוחלט, איפוא, לנסות להפעיל את המנוע על-ידי המתנע של משאבה מס' 2. בשעה 24.00 לאחר מאמצים, הושג כבל $2 \times 3 \times 95$. המנוע הופעל בעזרת המתנע של משאבה מס' 2, אולם התוצאה לא השתנה. ואז הבחין מנהל המחלקה, כי כאשר המשאבה אינה מופעלת, היא מסתובבת בכיוון ההפוך.

הועלתה השערה: שסתום אל חוזר בקו סניקה, אינו נסגר עד הסוף ובעקבות זאת, הקו, שאורכו מאות מטרים, מלא אוויר והמשאבה מתחילה לפעול ללא התנגדות בקו סניקה. לאחר סגירת המנוף ופתיחה איטית הדרגתית, אומנם ירד זרם המנוע בהפעלה, אך עמד, בכל זאת, על 300 אמפר. בשעה 2.00 בלילה הוחלט על הפסקת העבודות עד בוקר יום המחרת.

ביום שישי, בשעה 5.00 לפנות בוקר חודשו העבודות. מנוע מס' 1 פורק והועבר למלפף. פתיחת המנוע, ארבע שעות לאחר מכן, העלתה כי סלילי הסטטור תקינים, אך כשליש ממוטות רוטור-הכלוב מפורקים וסדוקים. הרוטור הועבר לבית מלאכה להלחמות נחושת. בשעה 14.00, הועבר הרוטור המוכן להרכבה.

בעוד אנשי הצוות מטפלים בשסתום אל חוזר, בשעה 16.00, ומגלים לאחר פתיחתו כי אחד מציריו יצא ממקומו והשסתום אינו סוגר קו באופן מוחלט – הגיע המנוע המתוקן אל מכון השפכים. כעבור כשעתיים בערבו של אותו יום שישי, הופעלה משאבה מס' 1, ולשביעות רצונם של הכל, פעל המנוע בקול דממה וצרך 180 אמפר, כנדרש.

ואולם, רעש חזק פתאומי החזיר את כל אנשי הצוות למכון מקץ שעה אחת: זרם המנוע שוב זינק ל-600 אמפר. המנוע הופסק. בבדיקת המשאבה התברר, כי המיסב התחתון נשחק לחלוטין והמשאבה אינה ניתנת להפעלה.

על דעת הצוות, הוחלט לנסות להפעיל את משאבה מס' 2, שהושבתה שבועיים ימים קודם לכן. קבוצת אנשים אחת העבירה את המנוע למקומו המקורי, בעוד קבוצה אחרת מכינה את המשאבה. בשעה 22.00 הוע" בר המנוע, חובר והוכן להפעלה, אך בבדיקת המשאבה התברר, כי צירה אינו מסתובב. הוחלט לפרקה ולהוציא את מן הבור, לצורך בדיקה מדויקת.

מקץ שעה ומחצה היתה המשאבה מחוץ לבור. צוות האחזקה פתח את המגן של המיסב העליון ומצא כי המיסב הרוס וצורת הטבעת החיצונית השתנתה (כנראה, נמסה בעת פעולתה). בשעה 1.30 בלילה הוחלט להפסיק את העבודות ולהמתין לבוקר.

המאמצים במשך **יום שבת**, לתקן את משאבה מס' 1, עלו בתוהו.

ביום א', בשעה 16.00, הופעלה המשאבה, המנוע פעל בזרם הנכון, אך ממסר יזרת הזרם לא היה תקין. הצוות החליף ממסר. שעה ומחצה לאחר מכן עזבו הכל את המכון, פרט לתורן, לאחר שהכל פעל כשורה.

מנוע משאבת הניקוז נשרף

ממסר יתרת זרם של המנוע OL התקלקל, מגעו היה מקוצר והמשאבה עבדה זמן רב ללא הגנה נגד זרסייתר כאשר הבור היבש היה מלא. המשאבה לא היתה מצוידת דת במצוץ להפעלה אוטומטית לפי מפלס המים.

הפעלה ידנית בזמני הביקור של צוות האחזקה לא היתה מספקת מבחינת זמן כדי לרוקן את בור הניקוז, ובמשך היממה חדרו מים אל הבור היבש.

שריפת ממסרי חוסר-פאזה

משיחות עם אנשי האחזקה התברר, כי שריפות של ממסרים התרחשו תמיד אך ורק לאחר הפסקה קצרה בפעולת המנועים. (הפעלה מהירה של גנרטור חירום על ידי מערכת אלקטרונית, לאחר הפסקת חשמל מלאכותית, הפעלה חוזרת של מנוע לאחר התרוקנות הבור). קבלים המחוברים ישר לפסי צבירה צוברים בזמן פעולתם מטען גדול, ובזמן הפסקתם יכולים להתפרק רק לנגדי פריקה המחוברים לקבלים, שהתנגדותם קטנה ביחס לכמות המטען. התפרקות מלאה דורשת זמן רב, וכאשר ההפסקה קצרה, ברגע של חיבור חוזר, מטען יחסי גדול מעלה את המתח על פסי הצבירה במידה רבה וגורם שריפת המנגנון האלקטרוני של ממסרי חוסר פאזה.

כדי למנוע תופעה זו, מקובל לחבר קבלים במקביל לסלילי מנוע, במטרה ליצור מעגל נוסף להתפרקות הקבלים.

שריפת מנועי משאבות

מנוע ראשון (של משאבה מס' 1) נשרף בשל עומס יתר, בו פעל זמן רב. יש לשים לב לכך, שהמנוע לא היה מוגן בפני סכנה זו. שנאי זרם של המנוע הוא בעל זרמים נומינליים 300/5 אמפר, כלומר, בזרם נומינלי של מנוע 220 אמפר חייב כיוול של ממסר יתרת זרם לעמוד על 3.6 אמפר כאשר הזרם המינימלי של הממסר OL₂ הוא 4.0 אמפר (כני"ל לגבי המנוע השני).

הסיבה להתפרקות מוטות הרוטור של שני המנועים נעוצה בהפעלות רבות תוך כדי עומס יתר, בגלל פעולה נגד קו סיניקה ריק.

את הגורם העיקרי של שרשרת התקלות ניתן להגדיר בקיצור נמרץ: שגיאות אלמנטריות חמורות בתיכנון וביצוע המיתקן החשמלי ופעולות אחזקה לקויות.



בכל זאת חסר לך בורג בראש...

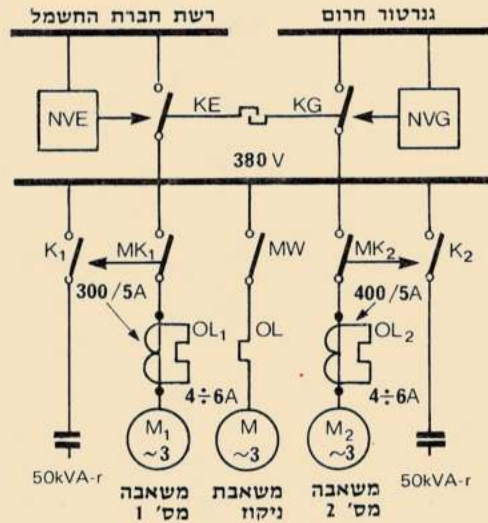
לא חלפה אלא שעה ואל המנהל (כותב שורות אלה) הועברה קריאה דחופה: המנוע הפסיק לפעול. לאחר שיהיה עם התורן, בשעה 19.00 בערך, התברר כי המשאבה פסקה לפעול, לאחר שהבור הריטוב התרוקן, אך הפסקתה היתה קצרה. הבור התמלא מייד, המנוע החל בפעולתו, ואז נשרף ממסר החוסר פאזה של חברת החשמל והפסיק את הזנת המנוע. לאחר קיצור מגע של הממסר השרוף, שבה המשאבה לפעול. בשלב זה, באה מסכת התקלות אל קיצה.

התוצאות

בשרשרת התקלות שאירעה במוון לשאיבת שפכים, יצאו מכלל פעולה שתי משאבות ושני מנועים. המכון היה משותק יותר מ-80 שעות ויותר מ-30 אלף מטרים מעוקבים של מי שפכים נלשו לשדות ולפרדסים הסמוך כים למכון. אותן שעות קשות תבעו מצוות העובדים מאמץ אדיר, תחת לחץ כבד ביותר. היכן טמון המחדל, אם בכלל?

הסיבות

ממבט ראשון נראה, כי התקלות אינן ברורות ובין תקלה לתקלה אין כל קשר. אולם ניתוח האירועים מעלה מסקנה שונה לחלוטין. ראשית יש לעיין בשרי טוט המצבי את המיתקן החשמלי של המכון בצורה פשוטה:



לצורך פישוט ההסברים בשרטוט זה, לא צויינו גורמים שאינם מוזכרים בפרק ההסברים, כגון נתיכים, מפס קים אוטומטיים, מגני פיקוד ועוד. המנועים M₁ M ו- M₂ מוזנים משני מקורות מתח: רשת חברת החשמל וגנרטור חירום. חיבור מקורות המתח נעשה בעזרת שני המגעונים KE ו- KG (עם חיבור מכני ביניהם) המופעלים על ידי ממסרי החוסר פאזה NVE ו- NVEG בהתאם. מנועי המשאבות M₁ ו- M₂ מותנעים בעזרת מתנע שנאי בו MK₁ ו- MK₂. לכל מנוע קבל משלו המחובר לפסי הצבירה על ידי מגעונים כאשר מנועים M₁ או M₂ מתחילים לפעול. שלושת המנועים מוגנים באמצעות ממסרי יתרת זרם כאשר שני הממסרים OL₁ ו- OL₂ של המנוע עים הגדולים, מחוברים לקו הזנה דרך שנאי-זרם.

השוואה בין מחברים מתורגמים ובלתי מתורגמים

עמנואל פרנקל*

האלקטרוטכניקה עוסקת כידוע בייצור אנרגיה חשמלית – שינוייה, צבירתה, הולכתה וצריכתה. לשם מילוי יעדים אלה דרושים כמובן מוליכים וכבלים המביאים את האנרגיה עד לצרכן. יחד איתם מופיע הצורך בחיבורי המוליכים – חיבורים זמניים הניתנים לפירוק (חיבורים פריקים) או חיבורי קבע שאינם ניתנים לפירוק (חיבורים בלתי פריקים).

לקבוצה השניה שייכות הטכניקות של הלחמה, ריתוך ולחיצה, בו בזמן שלקבוצה של חיבורים פריקים שייכים התקעים והמחברים (הכוונה למהדקים והדקים למיניהם).

הערת המתרגם: לפי המונחים של מכון התקנים הישראלי "הדק" הוא מחבר קבוע בציוד או אבזר, ולעומתו "מהדק" הוא מחבר שמשמש לחיבור מוליכים חופשיים (עיין בתקנים ת"י 62, ת"י 344 ות"י 1057).

מושגים והגדרות

בהצעת "התקן" הני"ל מופיעות ההגדרות כדלקמן:

* **"בית המחבר"** – (Klemmstelle) – זהו הרכב רכיבים שבו המוליך מחווק מכנית ומחובר חשמלית. לבית המחבר שייכים רכיבים בודדים המשמשים לביצוע המגע ולשמירתו. לדוגמא: גוף המחבר עם התבריג, הבורג והלחצנית (הלשון הנמצאת בין הבורג והמוליך).

* **"גוף המחבר"** – הוא הרכיב הבודד המשמש לקליטת טת המוליכים: לתוכו מתברגים או נכנסים הרכיבים האחרים.

* **"בורג המחבר" ו"אוס המחבר"** – משמשים לפי תוה כח המגע – ההידוק על המוליך, ולפעמים אף לחיבור עצמו.

* **"קפיץ המחבר"** – זהו רכיב בודד במחבר הבלתי מתורגם, אשר מפתח את כח המגע על המוליך.

* **"רכיבי העברת לחץ"** – דיסקית, לוחית, אוסף ולחצנית.

* **"בסיס המחבר"** – זהו רכיב מבודד בדרך כלל, כגון: תושבת, מעטפת, סרגל ונדן הנושא את המהדק/ים. בבסיס זה ישנו התקן הרכבה.

* **מחברים בלתי מתורגמים** – בדרך כלל מבודדים, שבהם קפיצים, טרזים אקסצנטרים, עקונים המשמשים לביצוע המגע באופן ישיר או עקיף.

* **"מחברים מתורגמים"** – בדרך כלל מבודדים, שבהם הברגים מבצעים את המגע, אם זה באופן ישיר או עקיף.

תפקידי המחברים

לפי VDE, המחברים הם חיבורים פריקים היוצרים מגע חשמלי ומכני ממושמך. בנוסף לכך מוסבר כי המוליכים הטעונים חיבור אינם זקוקים לרכיב נוסף כגון תותב או נעל. הדבר אינו נוגע למתן צורה לקצה המוליך, שמטרתה, לתלייל (wireng) אותו לתוך המחבר, או לצורך חיבור גיד רב-תלילי; דרישה זו מיועדת רק למוליכים בחתיכים של עד 10 מ"מ.

צורות בניה ותקנים

כאמור – ה"תקן" קובע את מידור המחברים ומתואר רים בו המחברים המתורגמים בהרחבה – מבחינת יישומם, מבנם, כח המגע שלהם וכו' – בו בזמן שהטכניקה של המחברים הבלתי מתורגמים מתוארת רק מבחינה עקרונית. באשר לחיבורי תחיבה והלחמה, כולל מחברים המצויינים במפסק – אין ב"תקן" התייחסות כלל!

המאמר מטפל רק בנושא המחברים המתורגמים והבלתי מתורגמים; בראשונים בגלל העובדה שעל פי הניסיון הם מהווים לעיתים את הגורם לשריפות; וכן במחברים הבלתי מתורגמים, אשר בגלל פעולתם הפשוטה והאמינה רכשו את אמונם של החשמלאים, וצפוי להם עתיד מבהיח.

המחברים (שם הכולל את כל אבזרי החיבור)

המחברים משתייכים לפי תקן VDE לקבוצת האבזורים הואיל והם משמשים להעברת האנרגיה, אך כמו אבזורים אחרים אנו מוצאים אותם בכל ענפי האלקטרוטכניקה.

לאחר התקנתם צריכים המחברים לקיים את הדרישה הבסיסית שלהם: דרישת הפריקות ללא אמצעים מיוחדים. לעומת היתרון הגדול בסוג זה של חיבורים – בגלל גמישותם וחסינותם – יש למחברים גם חסרון נות בולטים: כוונתי למשל, לתופעת התרופפות החיבורים הנובעת מהשפעות הסביבה, דבר שעלול להביא לנזקים וסכנות לנפש ולרכוש.

חיבור, שבו המוליך נשבר עלול להכשיל את אמצעי ההגנה, וחיבור רופף יכול להעלות את טמפרטורת המגע שלו עד ל-800 מעלות צלזיוס, ולגרום לשריפה; עובדות אלה מחייבות את היצרנים והקבלנים של מתקני חשמל לדאוג שהמחברים והמתקנים יענו לדרישות הבטיחות.

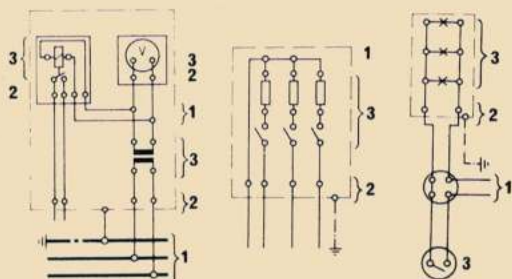
במאמר זה ידובר במחברים הנמצאים בשימוש רחב במתקני החשמל.

מידור – (Classification)

בהתאם להצעת התקן DIN 46289 (מאי 81) שפורסמה בינתיים כתקן רשמי בשנת 1984, להלן "התקן", מחל-קים את המחברים כדלקמן:

- א. **מהדקי הסתעפות** – כדוגמת אלה המותקנים בתיבות הסתעפות. מהדקים אלה הם מבודדים.
- ב. **הדקי קישור** – המשמשים להתחברות הוינה לתוך ציוד כגון הדקי כניסה למנורות, מונים, מיישרים וכו'. כך לדוגמא: הדקי אלקטרודות או הדקי גישור אפס-האוקה שייכים לקבוצה זו.
- ג. **הדקי אבזורים** – כדוגמת אלה המותקנים במפסקי קיר ובתי תקע, (ראה איורים 1, 2, 3, 4).

איור 1



א. מהדקים מבודדים בתוך תיבות
ב. הדקי קישור קבועים
ג. הדקי אבזורים

תרגום ועובד ע"י מר ע. פרנקל – יועץ הנדסי. מתוך – de/Der elektromeister, ירחון מקצועי לחשמל 7/82.

בכדי לשהחומר יוכל לעמוד בפני קורוזיה, יש צורך לטפל בפני השטח של המחבר — או במילים אחרות דרוש ציפוי שטחי המחבר השונים.

החומרים שמהם בנויים המחברים:

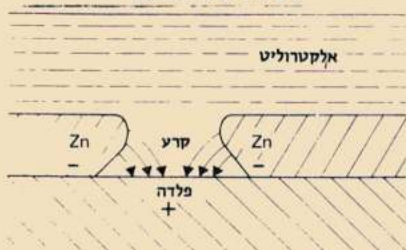
- ★ **פליוז** — משמש בעיקר לברגים, לגוף המחבר, ללחצניות ובמילים אחרות לאותם רכיבים שצריכים לעמוד בדרישות מכניות וחשמליות.
- ★ **נחושת** — מנוצלת כאשר אין חשיבות רבה לתכונות המכניות וההדגש ניתן להשגת מוליכות גבוהה (למשל בגשרים).
- ★ **פלדה** — משמשת לחלקים בהם ניתנת חשיבות לחוזק המכני של החלק, כגון, ברגים וקפיצים.

חומרי הציפוי:

לציפוי שטחי מגע העשויים נחושת ופליוז משמש הבדיל או נתך של בדיל/עופרת. אותם שטחי פליוז שלא משמשים למגע, מצופים בניי קל. שטחי פלדה מצופים בדרך כלל בציפוי כרום. איור 5 מסביר את התהליך הכימי (ריאקציה כימית) על גבי פני שטח של פלדה שנפגעו; האבץ השלילי עומד יפה בהשפעת האלקטרוליט (למשל אויר לח) ומגן על הפלדה החיובית שנחשפה; במקרה מסוג זה היונים של האבץ נעים לחלקי הפלדה שנפגעו ומצפים אותם. ציפוי בכרום על גבי האבץ מגן עליו ועל ידי כך העמידה בתנאי קורוזיה משתפרת עוד יותר.

איור 5

ריאקציה כימית של רכיב מפלדה מצופה באבץ שפני השטח שלו נפגעו.



התאמת מבנה המחבר לכניסת המוליך

עקרונית, כל מחבר מתוברג זקוק למבנה שימונע מן המוליך להשתחרר, ומן החיבור להתרופף. המחבר צריך להיות בנוי לקליטה וחיבור של מספר מוליכים. לא פעם קורה שמחברים שנושאים תו תקן של VDE אינם מתאימים למעשה לחיבור כמה מוליכים בעת ובעונה אחת, ובמיוחד לא למוליכים בעלי חתך שונה.

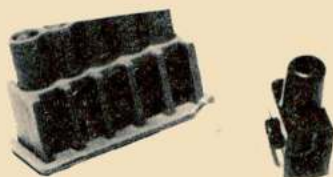
דוגמא טובה מוצגת באיור 6 המראה כי דרושה מימונות גבוהה בכדי לבצע חיבור בטוח ואמין.

איור 6

מהדק תותב בעל נדן מבודד



איור 2
מהדקים מתוברגים



איור 3
מהדקים בלתי מוזנברגים



איור 4
הדקי אבזרים



דרישות בטיחות

הדרישות לבדיקת המחברים המתוברגים מוגדרות בתקן 4.76 / VDE 0609 / DIN 57609. בו זממן שתקן 11.74 / VDE 0607 / DIN 57607 מתייחס לדרישות בדיקה למחברים בלתי מתוברגים.

דרישות הבטיחות המוטלות על ידי שני התקנים הנ"ל

- ★ לעמוד במאמצים מכניים וחשמליים, לשאת בטמפרטורות גבוהות וקורוזיה.
- ★ מבחינת המוליך — המחבר צריך להיות בנוי כך שתיולו הבלתי נכון לא יזיק למוליך או יגרום לכך שהוא ישתחרר.
- ★ לקיים לחץ מגע גדול ובר קיימא (הגנה בפני התרפות המגע).

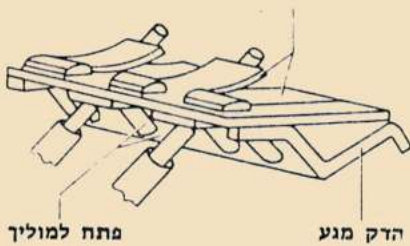
דרישות בנוגע להרכב החומרים

חשיבות גדולה מיוחסת להרכב החומרים מהם בנוי המחבר וזאת בגלל הצורך לעמוד במבחנים מכניים וחשמליים מחד, ותרמיים וקורוזיביים מאידך.

החומר צריך לכן להצטיין:

- ★ במוליכות חשמלית גבוהה, כדי שהתנגדות המעבר ומפל המתח יהיו מזעריים — פן תיגרם עלית טמפרטורה.
- ★ בחוזק מכני.
- ★ בתכונות עמידות בפני קורוזיה.

איור 9
בית המחבר של מהדק בלתי מתוברג
קפיץ מחורץ



הדרישות כח המגע
 תקן VDE 0609 דורש "שהמחבר המתוברג" יקיים לחץ מתמיד על המגעים וישמור על חוזקו. חוזק מגע זה, שנדרש על ידי מברג או מכשיר מתיחה אחר – אינו נתון קבוע – הוא תלוי בחשמלאי שהתקין את החיבור.
 יוצא מכך שביצוע החיבור הכלכה תלוי בשני גורמים: טיב האבזר וכשרו של בעל המלאכה.
 לפי דרישות אלה, מבנה המחבר צריך להבטיח הגנה על המוליך, תיול טוב והכנסת המוליך לתוכו בצורה נכונה. ביצוע מיומן יכול למנוע סכנת חיבור לקוי ותקלות בעתיד. חשוב להדגיש כי מתיחת המברגים צריכה להס' פיק ליצירת לחץ נכון לביצוע חיבור טוב – אך תוך כדי עבודת המתקן, כאשר חלים שינויי עומס המשפיעים על חום החיבור או במקרה של הדף, ריטוט או משיכה ולחץ על האבזר – יכול להיווצר מצב שהבורג או הבר' גים משתחררים בתוך המחבר.

לכך נוספת הבעיה המכונה "נוילה קרה של בדיל" – קצוות חוטים מצופים בבדיל מאבדים תחת לחץ של בורג את הציפוי כי הוא "נוול על קר" – דבר שמשפיע באופן שלילי על החיבורים המתוברגים. כדי למנוע את הדבר, יש לנקוט בצעדים נוספים שיביאו לנעילת הבר' רג או הוספת לחץ קפיצי על הבורג.

להלן האמצעים לקיום נעילה עצמית של המחברים המתוברגים:

סגירה פרוגרסיבית בטוחה, הגנה נגד התרופפות החי' בור, לחיצה על ראש הבורג לשם נעילתו, ולבסוף דרו' שה הגנה על המוליך, פן ייחתך.
 כל זאת לבני מתברים מתוברגים. לבני המחברים הבל' תי מתוברגים, בעיה זו אינה קיימת, הואיל ועקרון בניי' תם, מונע את התרופפות החיבור.

התקן VDE 0606 דורש מסוג זה של מחברים, שלחץ המגע לא יועבר על הנדן המבודד, אלא בית המחבר עצמו צריך לשאת בלחץ זה.

השוואת מחירים של שני סוגי המחברים בגודל המת' אים לחתכים 1.5 – 2.5 מ"מ"ר – בהתאם למחירים המקובלים בגרמניה – מוכיחה שלמרות היות המחבר' רים הבלתי מתוברגים (החומר עצמו) יקרים יותר – המאזן הכללי הוא לטובתם, זאת עקב החיסכון הרב שמושג בזמן ובעלות ביצוע עבודת החיבור והתחזוקה.

סיכום

למרות שהטכניקה של מחברים בלתי מתוברגים היא חדשה יחסית (משנת 1974) יש לשער שחלקם בשוק העתידי יגבר והסיבות לכך הן:
 א. החיסכון בזמן המושג בהרכבתם.
 ב. העדר תקלות בתום החיבור.
 ג. קיבול גדול המספיק ל-8 מוליכים של 1.5 מ"מ"ר.
 ד. מניעת התרופפות החיבור.
 ה. מיעוט התחזוקה (אין צורך לחזור ולמתוח את הבר' גים מחדש).

באיור 7 מוצגת דוגמא של "הדק בלתי מפולש" הנפתח מן הצד; כאן רואים איך נגרם עיוות צורת ההדק, ובנוי סף לכך איך "ברח" מוליך אחד וכנס בין הבורג ובין הקיר הפנימי וכתוצאה מכך אינו מהדוק דיו. הרכבת הדקים כאלה דורשת מומחיות רבה יותר בהשוואה למהדקי תותב (איור 6).

איור 7
עיוות הדק בלתי מפולש

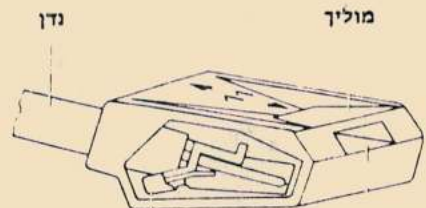


באשר למניעת נזק למוליך – מכולים התקנים VDE 0607 ו VDE 0609 בין השאר את הדרישה, כי מולי' כים אחדים ובניהם פתילים יוכלו להיות מחוברים יחד בצורה יעילה וללא שימוש ברכיבי עזר כגון תרמילים. דרישה זאת אפשר לקיים כאשר המחבר המתוברג בנוי בצורה שלא תאפשר לחתוך את המוליך הנלחץ (להלן "הגנה על המוליך").

הסכנה הגדולה ביותר נשקפת דווקא ממחברים המיוע' דים למוליכים דקים – במחברים אלה נעדרים אמצעי הגנה על המוליך. לכן יש להקפיד שחוד הבורג יהיה שטוח, וללא שקעים העלולים להחליש את המוליך. דרישה נוספת אוסרת שימוש משותף של בורג ואום: הן להידוק המוליכים והן לחיזוק בסיס המחבר. מבנה מסוג זה מביא בסופו של דבר לשיחרור הבורג וכתוצאה מכך להתרופפות החיבור.

כמה מן הדרישות הני'ל נוגעות גם למחברים בלתי מתוברגים, אך לגביהם קובע בעיקר התקן VDE 0607 דרישה ראשונה מחייבת שתחיתב המוליך/ים לתוך המחבר תהיה מוגבלת ותיעצר על ידי סטופר/ בולם. צורת הבניה של המחבר מכתיבה את התיול והפרוק הנכון של המוליך.

איור 8
מעטפת של מהדק בלתי מתוברג



פתח ביקורת **טריז מגע**

מחבר בלתי מתוברג בנוי כך שלכל מוליך יש הדק נפרד (מבלי שנוצר מגע ישיר בין המוליכים). איור 8 מציג מחבר בלתי מתוברג בתוך נדן מבודד, איור 9 מתאר ביתר פירוט את שיטת התיול והחיבור בין המוליכים. הגבלת התחיבה נעשית כאן על ידי הנדן; כפי שרואים באיור – תיול המוליך נעשה דרך פתח בנדן. פתח נפרד לכל מוליך וכן נעשה ההידוק בנפרד לכל מוליך על ידי קפיץ המפתח את כח המגע.

בעקבות שריפת נתיך אחד

לאחד מצרכני החשמל נשרף נתיך 35 אמפר בחבור של חברת החשמל. בברור נסיבות שריפת הנתיך התברר שהצרכן ביחד עם החשמלאי שעבד אצלו ביצעו שורה ארוכה של עבירות על תקנות החשמל ועל הכללים לאספקת חשמל לצרכנים של חברת החשמל. להלן תוצאות הברור:

באמצעות מוליך צהוב-ירוק כמופע ללא הספקת הארקה (ראה תרשים).

לסיכום בוצעו במיתקן אוסף "מרשים למדי" של עבירות:

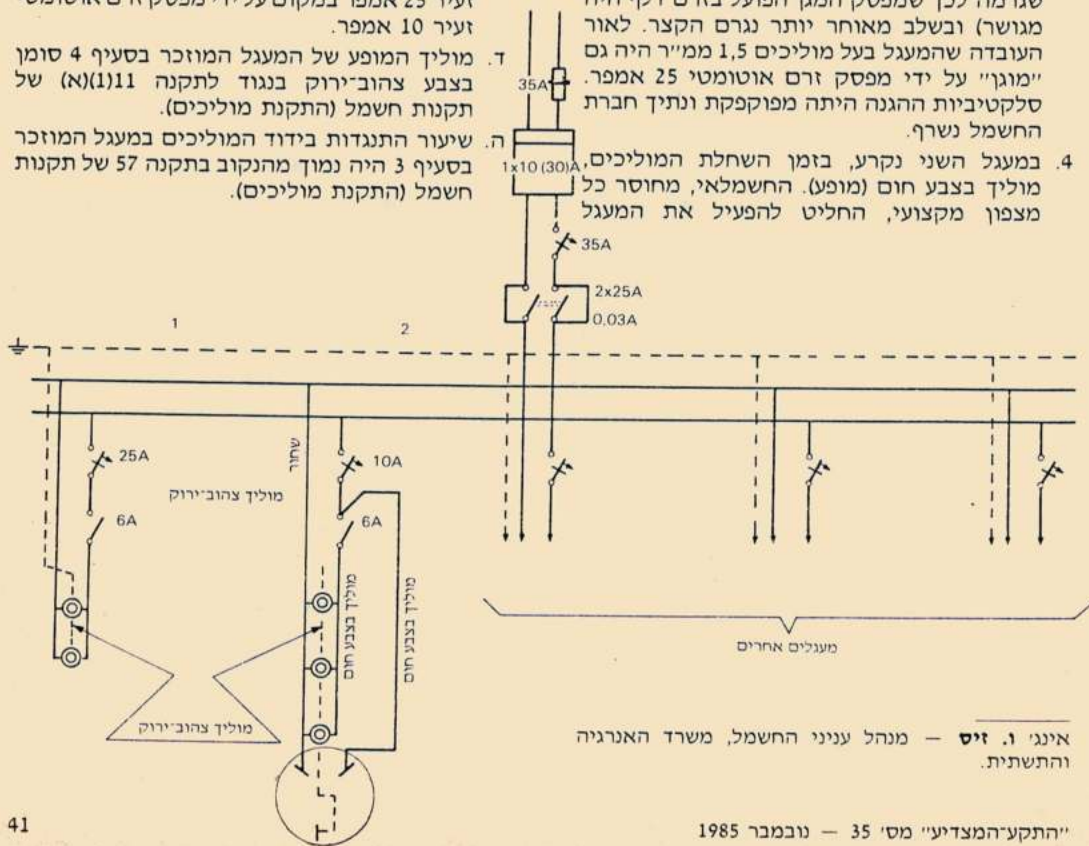
- א. שבי"ח – (שימוש בלתי חוקי בחשמל) של יחידות על ידי התקנת מספק זרם ראשי אוטומטי זעיר 35 אמפר במקום 25 אמפר.
- ב. במעגל התאורה המוזכר בסעיף 4 לא סופקה אף אחת מההגנות בפני חישהול הנדרשת בתקנה 2 של תקנות החשמל (הארקות ושיטות הגנה בפני חישהול במתח עד 1000 וולט).
- ג. מוליכים 1,5 ממ"ר בתוך צנור המותקן בהתקנה סמויה היו מוגנים על ידי מפסק זרם אוטומטי זעיר 25 אמפר במקום על ידי מפסק זרם אוטומטי זעיר 10 אמפר.
- ד. מוליך המופע של המעגל המוזכר בסעיף 4 סומן בצבע צהוב-ירוק בנגוד לתקנה 11(א) של תקנות חשמל (התקנת מוליכים).
- ה. שיעור התנגדות בידוד המוליכים במעגל המוזכר בסעיף 3 היה נמוך מהנקוב בתקנה 57 של תקנות חשמל (התקנת מוליכים).

1. אחרי בדיקת בודקי חברת החשמל לישראל הוחלף הלוח המקורי בעל מפסק זרם ראשי אוטומטי זעיר 25 אמפר עם נתיכים בלוח מודולרי במפסק זרם ראשי אוטומטי זעיר 35 אמפר ומפסקי זרם אוטומטיים זעירים עבור המעגלים לפי תרשים.

2. יחד עם התקנת לוח ראשי חדש הותקנו 2 מעגלים נוספים בשטח המרוצף של הגג, שאף הם לא נבדקו על ידי בודקי חברת החשמל.

3. באחד משני המעגלים הנוספים נלחץ הבידוד של מוליך המופע בין אחד מגופי התאורה ובין הרגל המתכתית של אותו גוף תאורה כך שכבר בשלב מוקדם הבידוד היה מוחלש (וזאת כנראה הסיבה שגרמה לכך שמפסק המגן הפועל בזרם דלף היה מגושר) ובשלב מאוחר יותר נגרם הקצר. לאור העובדה שהמעגל בעל מוליכים 1,5 ממ"ר היה גם "מוגן" על ידי מפסק זרם אוטומטי 25 אמפר. סלקטיביות ההגנה היתה מפוקפקת ונתיך חברת החשמל נשרף.

4. במעגל השני נקרע, בזמן השחלת המוליכים, מוליך בצבע חום (מופע). החשמלאי, מחוסר כל מצפון מקצועי, החליט להפעיל את המעגל



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



הגנה בפני מתחי יתר (ברקים) של מתקני חשמל ואלקטרוניקה על מבנים גבוהים

דן לינדמן

במסגרת זו אין בכוונתו לדון במתקן ההגנה החיצוני בפני פגיעת ברקים למבנים גבוהים. נושא זה נמצא בתחום התקן הישראלי ת"י 1173 (ראה "התקע המצדיע" מס' 30 – דצמבר 1983). מתקנים בעלי גובה רב מעל הקרקע (50 מ' ויותר) כגון: ארובות, תרני אנטנה, מתקנים בתעשייה הכימית וכו' חשופים, מטבע הדברים, לפגיעת ברקים – גם אם מותקנת הגנה חיצונית תקינה. פגיעת ברק באתר מסוג זה עלולה לגרום לנוק ניכר לצידוד החשמלי והאלקטרוני וזאת עקב מפלי המתח הנוצרים במוליכי ההורדה וכן כתוצאה מהיווצרות מתחים השראתיים בזמן מעבר הזרם. גודל המתחים הנ"ל הוא פונקציה של עוצמת זרם הברק ומהירות שנוי עליית הזרם, (di/dt) זרמים של 100kA בעלי di/dt של 80kA ב־מיקרו שניה אחת, הוכיחו את עצמם כנתונים בסיסיים טובים לחישובים. גודל המתחים האינדוקטיביים הנוצרים בזמן מעבר הברק תלוי הן במיקומו של המוליך והן בצורה בה הוא מותקן ביחס למוליכי ההורדה בהתאם לנתונים השונים עלול המתח המושרה במוליכים להגיע ל-1,0-kV למטר מוליך.

כמו כן, אין לזלזל במתחים הנוצרים כתוצאה ממפלי המתח באדמה או לאורך מוליכי הורדה במבנים גבוהים. לדוגמה: אם נתייחס לפגיעת ברק כפולס של זרם ישר (במציאות אין זה כך) של 100kA יוצר במוליך בזמן המעבר בעל התנגדות של $0,1 \Omega$, מפל מתח של 10kV. ז.א. מתח מסוכן לצידוד ולמכשור.

נתונים על כושר העמידה של ציוד חשמלי ואלקטרוני בפני פריצה במתחי יתר:

מתח פריצה		סוג הציוד
בין ההדקים (מתח אספקה)	בין גוף המכשיר למעגל החשמלי	
1–3 kV	6–8 kV	ציוד חשמלי סטנדרטי בתעשייה
1–3 kV	6–7 kV	ציוד חשמלי ביתי
1–2 kV	2–3 kV	מכשיר אלקטרוני
5–100V	–	רכיבים אלקטרוניים

נוסף על המתחים ההשראתיים נוצר מתח יתר בזמן פגיעת הברק ומעבר זרם הברק דרך מוליכי ההורדה, בגלל הפרשי פוטנציאליים בין רמות הגובה השונות של המבנה, כתוצאה ממפל המתח על R_2 . (ראה איור) R_2 – מבטא את התנגדות כל מוליכי ההורדה במקביל כולל מבנה התורן. כן קיים, לרוב, הפרש פוטנציאליים נוסף אשר נוצר בין התורן לחדר הבקרה כתוצאה ממפל המתח אשר נוצר על R_1 עקב התפשטות זרם הברק באדמה (R_1) – מבטא את התנגדות הקרקע בין חדר הבקרה ובין התורן, יוצא איפוא שבזמן פגיעת ברק יכול להופיע הפרש פוטנציאליים בסדר גודל של אלפי וולטים בין חדר הבקרה וראש התורן.

אם קיים מוליך מבודד, המחובר בצד אחד לצידוד בקצה התורן ובצד השני לצידוד בחדר הבקרה יהיה בין המוליך ובין גוף התורן הפרש מתחים אשר יסכן גם את הכבל וגם את הציוד המחובר אליו (אפקט החור בכלוב פרדי).

במעגלי מדידה, תקשורת מחשבים וכו', המתח המירבי המותר הוא $1.5 \times U_n$ מתח עבודה נומינלי.

עבור תקשורת טלפונים המתח המירבי המותר הוא 200V – 100 (בהתאם לסוג הציוד)

עבור כבלים הנתונים הם:

5–9 kV עבור כבלי טלפון

20–kV עבור כבלים להעברת אותות בתעשייה

30–kV עבור כבלים חשמליים למתח נמוך.

האיור מראה תורן עם מנורות אזהרה למטוסים בקצה התורן וגם במחציתו, נוסף לכך מותקנים בתורן מכשיר למדידת טמפרטורה ומכשיר לבדיקת מהירות הרוח. אפשר להניח שכל תיקון, החלפת ציוד או מנורות בגובה רב הוא מבצע אשר כרוך בלא מעט סיכון עבור המבצע ועולה בדרך כלל פי כמה מערך הציוד עצמו – וכל זאת ללא התחשבות במה שעלול לקרות כאשר מתקן חיוני אינו פועל בצורה תקינה. לכן כדאי, לרוב, להשקיע באמצעים על מנת לצמצם את הצורך בתקונים או בהחלפות של ציוד.

לפי ת"י 1173: מוליכי הורדה – Down Conductors – מוליכים, המחברים את מערכת הקליטה עם מערכת ההארקה (עד נקודת ההפרדה).

ד. לינדמן – הנדסה אלקטרומכנית, חיפה.

מה ניתן לעשות על מנת להגן על המערכות בזמן פגיעת ברק?

על מנת להקטין את המתחים המושרים עד כמה שאפשר יש להתקין את המוליכים במובילים מסוככים. כמו כן רצוי להשתמש במוליכים שזורים (TWISTED PAIR) – הסיכוך יכול להתבצע על ידי צינורות פלדה, תעלות פלדה או כבלים משריניים. יש לחבר את הסיכוך למערכת ההורדה של הגנת הברקים החיצונית בתחתית המתקן, בקצהו העליון וכן במספר מקומות רב ככל האפשר (לפחות בכל רמות העבודה האופקית). ברמות העבודה האופקית יש לבצע גשור בין כל מוליכי ההורדה העלולים להשתתף בהולכת זרם הברק על מנת ליצור משטח ביניים אקו־פוטנציאלי. יש לקחת בחשבון שהמוביל (סיכוך) משתתף בהולכת זרם הברק ולחשב את חתכו



תאור סכמתי של מערכת הגנה בפני ברקים המותקנת על תורן.



(על הנדרש בסעיף 3 אפשר לוותר אם חדר הבקרה נמצא לרגלי התורן והותקנו בו ההגנות הדרושות).

(4) במתקנים גבוהים מאוד יש, כאמור, צורך בהשוואת פוטנציאליים נוספת ברמות הגובה השונות ועליהם לכלול גם הגנה בפני מתח יתר עבור כל המוליכים ועבור ציוד המותקן ברמות הנ"ל.

(5) יש לבחור התקני הגנה אשר מסוגלים לעמוד בזרמים הצפויים ללא נזק להתקנים עצמם, עם דגש מיוחד כאשר מדובר במפלס העליון, התחתון או בחדר הבקרה.

סיכום

לסיכומו של דבר, כאשר מדובר בהגנה נגד מתחי יתר וברקים, הרי שבנוסף להגנה החיצונית יש להתקין גם הגנה צמודה על ציוד חשמלי ואלקטרוני. הגנה צמודה זו דרושה על מנת להגן על הציוד עצמו ומה שלא פחות חשוב – על תפקודו. בדוגמה שלפנינו הרי שההגנה על נורת ההתראה היא לא רק הגנה על הנורה עצמה (שמחירה אפסי) אלא על עצם הפעולה של הנורה (אזהרה למטוסים) וכן להקטנת הצורך בתחזוקה הכרוכה בהחלפת הנורה.

בהתאם. ניתן להקטין את השפעת האינדוקציה ע"י הולכת הכבלים והתעלות בתוך המבנה. (אפקט כלוב פרדי). בנוסף לכל זה יש להגן על הציוד בהתקנים אשר מקצרים את המוליכים רגעית להארקה בזמן הופעת מתח היתר (השוואת פוטנציאליים זמנית), אמנם המתחים האינדוקטיביים הם בעלי אנרגיה נמוכה יחסית אך בהחלט מסוכנים לציוד האלקטרוני או החשמלי.

כאשר מתחי היתר מקורם בהפשרי פוטנציאליים עקב פגיעת ברק ישירה ישתתפו כל המוליכים (כולל מוליכים המחוברים לציוד מוגן) בהולכת זרם הברק לאדמה. במקרה כזה יש לוודא כי חתכי המוליכים הנ"ל אכן מתאימים לזרם הצפוי ויוכלו לעמוד בהלם החום הנוצר.

המקומות שמומלץ להתקין בהן מגיני מתח יתר:

- 1) בקרבת הציוד המותקן – יש לחברם להדק השוואת הפוטנציאליים של אותה רמת גובה.
- 2) כהגנה על כל המוליכים בכניסה לחדר הבקרה – מוליך הארקה יחובר לפס השוואת הפוטנציאליים.
- 3) לרגלי התורן או המתקן (קומת קרקע) – חיבור של מגינים בני מתחי יתר **לכל המוליכים** בנוסף על ההתקנים אשר בחדר הבקרה וקצה תורן (מחוברים לפס השוואת הפוטנציאליים של המתקן ברמת הקרקע).

אל תיקח חשמל לידיים! כדאי לשאול חשמלאי



מפסקים אוטומטיים – בניגוד לנתיכים ("פקקים") – מאפשרים גם למי שאינו חשמלאי לחדש את אספקת החשמל ללא סיכון ובקלות.



רק חשמלאי בעל רישון מתאים ובר-תוקף תשאי לבצע עבודות חשמל.



חוט החשמל קרוק, או חפץ שנתפס בחוטי החשמל מהווים סכנה חמורה! אל תגיע בהם, והודע על כך מיד לחברת החשמל!



חשמלאי הגיע לביתך? נצל את ביקורו לביקורת כללית של מערכת החשמל.



אל תחליף בעצמך נתיך ראשי בלוח של חברת החשמל בבנין – רק חברת החשמל רשאית לעשות זאת.



מפסק מגן נגד התחשמלות הוא אביזר בטיחות חיוני בכל בית. יש לבדוק את תקינותו אחת לחודש-חודשיים.

צילומים מתוך כרזה שהופקה ע"י חברת החשמל והמוסד לבטיחות ולגיהות. הכרזה מיועדת לחלוקה במשרדים של קבלני חשמל, במפעלים, במוסדות ובחנויות למוצרי חשמל. ניתן לקבל את הכרזה בכל אחד מהמשרדים האזוריים של חברת החשמל או על ידי פניה אל: "יוסי החשמלאי", ת"ד 8810, חיפה 31086.