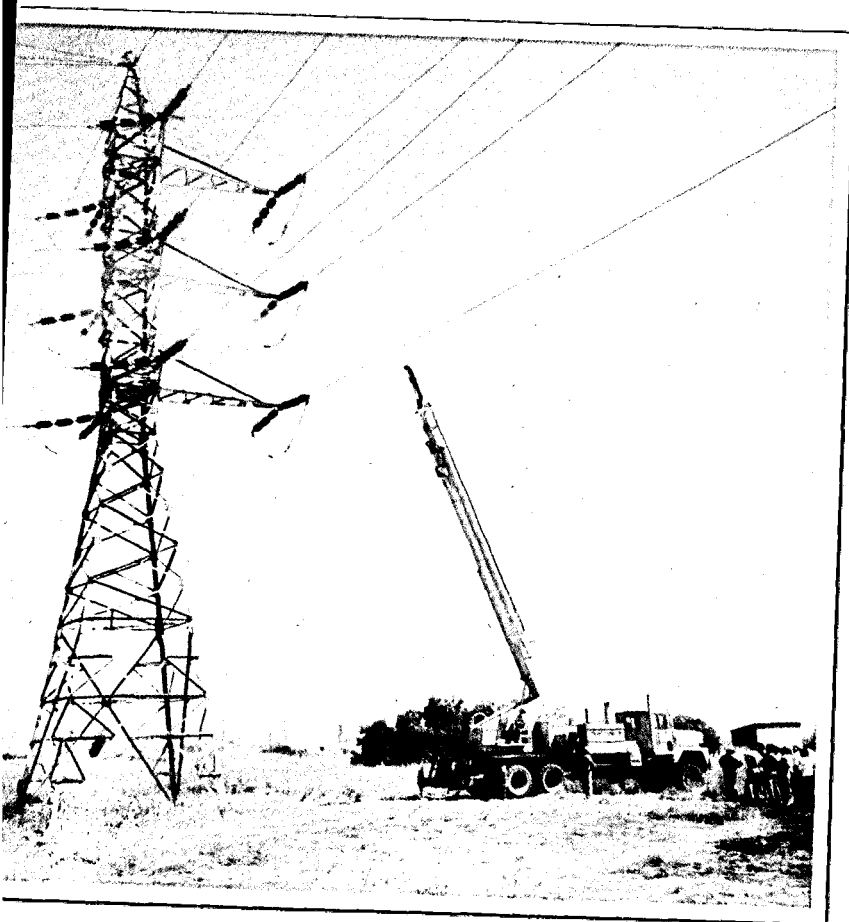
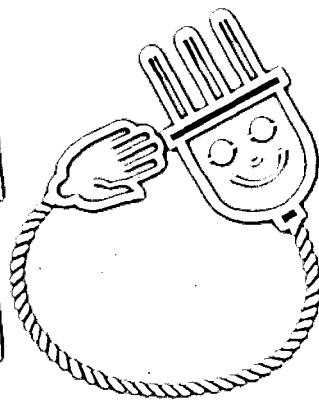


התקע המצדיע

עלון לחשמלאים

בהוצאת

חברת החשמל לישראל בע"מ



מכונה
לשטיפת מבדדים
בקווי מתח עליון

נובמבר 1986

מס' 38

תוכן העניינים

3	אירוועי "התקע המצדיע"
4	הערכת פוטנציאל שיפור פרופיל הצריכה של מערכות מיזוג אויר מרכזיות
5	רשימת חומר תחיקתי המתייחס למיתקני חשמל
6	השוואת מחירי הסקת חדרים באמצעות מכשירים ומתקנים שונים
8	תקנות החשמל (התקנת לוחות במתח נמוך) (תיקון)
9	מחקר תעו"ז - ג. פרידיגר
10	הפיקוח הארצי על רשת החשמל - ד. סטרולוביץ
11	תקנות הבטיחות בעבודה (חשמל)
12	רשת וחיבורים לבתים (חל"ב) במתח נמוך - מאפיינים טכניים - א. שטיינר
19	ההיסטוריה של פיתוח מכשירי מיתוג למתח נמוך - ק. אוזה/ד. פריש
22	חדשות חברת החשמל
	מדור שרות פרסומי לקוראים
23	תאים פוטוולטאיים לייצור חשמל - ד. פישר
30	טורבינת הרוח של חברת החשמל - א. בן דב
31	תחנות כוח גרעיניות - מצב עכשווי - ל. טפר
34	מכשירי חשמל ביתיים נפוצים - נתונים טכניים והערכת צריכת החשמל
35	ציוד מיתוג - SF ₆ קומפקטי למתח גבוה - י. רוזנקרנץ
	תאונת חשמל ולקחה
39	חטאי הצרכן שהבין קצת בחשמל - ג. זיס
40	מה חדש בציוד חשמלי - ל. מדג'ר
41	מערכות כבלים וסכנת התפשטות שריפה - ג. פלג
43	רכב חשמלי ראשון בישראל

עורך:

אורי לייטנר

עורך משנה:

אריה ונגרקו

מערכת:

יוסף בבלב, הירש גינדס, בן ציון גמליאלי,
ליאון יבלונבסקי, שמעון מרדיקס,
אלי נאוטרה, יוסף נוימן, זיגמונט ספרון,
גרשון פרבר, היינץ ציפר, צבי קולטוצ'ניק.

מינהלה:

חנוך דרור

מוציא לאור:

משה ציטרון

סדר והדפסה:

דפוס "יד החמשה", כפר חב"ד

כתובת המערכת:

חברת החשמל לישראל בע"מ

ת.ד. 8810 חיפה, 31086

טל. 04-523231/256

בשער: מכונה לשטיפת מבדדים בקווי מתח עליון

לאחרונה רכשה חברת החשמל בארה"ב, מכונה מיוחדת המיועדת לשטיפת מבדדים בקווי מתח עליון, כולל מבדדים המותקנים בקווי "מתח עליון" (400 ק"ו) ובקווי מתח גבוה. המיוחד במכונה זו הוא חוסר הצורך בהפסקת המתח לקווים המיועדים לשטיפה, דבר שהיה מחויב המציאות במתקני השטיפה הקיימים.

העבודה ללא הפסקת מתח מיעלת את עבודות הטיפול והאחזקה בקווים ומשפרת את אמינות האספקה.

אורך זרוע השטיפה של המכונה מתכווננת וניתן להאריכה עד לגובה של 32 מטר.

המכונה מופעלת על-ידי צוות מיוחד של שלושה עובדים אשר קיבלו הכשרה והרשאה מיוחדים לטפל במכונה מתוחכמת זו.

אירועי "התקע המצדיע"

קבוצת דיון מס' 5 – נושאים הקשורים בייצור אנרגיה חלופית לחשמל, בארץ ובעולם.

קבוצת דיון מס' 6 – נושאים הקשורים בייצור צריכת החשמל.

קבוצת דיון מס' 7 – נושאים הקשורים במניעת סיכוני חשמל תעסוקתיים.

ברוב קבוצות הדיון תוגשנה 2 הרצאות ולאחריהן יתקיים דיון ורבי-שיח בהשתתפות המרצים, בעלי תפקידים בכירים בחברת החשמל הנוגעים לנושאי ההרצאות ומשתתפי קבוצות הדיון.

הדיונים בקבוצות 6 ו-7 יהיו במתכונת שונה במקצת כאשר: בקבוצת דיון מס' 6, יועלו 2 או 3 נושאים הקשורים לפרטי העבודות ויישומן בפועל של אותן עבודות שהוצגו כעבודות מצטיינות שזכו בתחרות צרכן החשמל היעיל. **במושב א'** – **לפנה"צ**. בקבוצת דיון מס' 7 יועלו בעיות ונושאים שונים הקשורים בנושא הרצאתו של המרצה האורח מגרמניה. ילווה את המרצה מתורגמן שיתרגם את שאלות ציבור החשמלאים השואלים ואת תשובות המרצה האורח.

הזמנות לכנס

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

בגלל מספר המקומות המוגבל ובכדי לאפשר קליטה מסודרת של משתתפי הכנס תסתיים ההרשמה ב-25.12.86 – לא תהיה אפשרות להרשם כמשתתף בכנס לאחר תאריך זה.

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

ב-17.9.86 התקיים בטכניון בחיפה יום עיון "התקע המצדיע" בע"פ לחשמלאים במחוז הצפון. התוכנית המגוונת והמעניינת של נושאי ההרצאות ובחירה נכונה של "האכסניה" לקיום יום העיון שנערך הפעם באולם צירציל בטכניון – תרמו להצלחתו הרבה של יום העיון ולהדים חיוביים שעוררו בקרב ציבור החשמלאים במרחב הצפון. השתתפו ביום העיון מעל 300 חשמלאים מכל רמות וממגוון רחב של עיסוקים בתחום מקצוע החשמל.

המפגש הארצי ה-2 של מועדון "התקע המצדיע" לצוותי חשמל ואחזקה בבתי מלון.

ב-27.10.86 התקיים בתל-אביב המפגש הארצי ה-2 של מועדון "התקע המצדיע" לצוותי חשמל ואחזקה בבתי מלון. השתתפו במפגש 60 איש. רובם חשמלאים ואנשי אחזקה מבתי מלון בכל רחבי הארץ.

הכנס הארצי השנתי ה-4

הכנס הארצי השנתי ה-4 יתקיים גם השנה, במרכז הקונגרסים בתל-אביב ביום רביעי, 14.1.87. הכנס יתחלק ל-2 מושבים מושב א' – לפנה"צ (המפגש המרכזי) מושב ב' – אחה"צ

מושב א' – לפנה"צ (המפגש המרכזי)

במושב זה תוגשנה בפני כל משתתפי הכנס, הרצאות בנושאים כלליים שיש בהם ענין ומכנה משותף גדול לציבור החשמלאים מהרמות השונות ומתחום רב של עיסוקים.

ישותפו במפגש זה הן כמרצים והן כמשתתפים ברב-השיח שיתקיים בחלקו המסיים של מושב זה הי"ה:

מר **יצחק חופי** – המנהל הכללי של חברת החשמל.

ד"ר **פנחס גליקשטרן** – המדען הראשי, משרד האנרגיה והתשתית.

אינג' **משה כץ** – המהנדס הראשי, חברת החשמל. Dipl. Ing. – HANS HEINRICH EGYPTIEN

מרצה אורח מגרמניה) אינג' **משה זיסמן** – מנהל אגף הצרכנות, חברת החשמל.

כן ישתתפו במעמד הפתיחה מנהלי המחוזות של חברת החשמל וסגניהם שיטלו חלק פעיל ברב-שיח שיתקיים בחלקו האחרון של המפגש.

מרצה אורח מגרמניה

חידוש, בהשוואה לכנסים הקודמים, היא השתתפות במושב זה של **מרצה אורח מגרמניה** שהוזמן במיוחד כ**אורח לכנס**. ההרצאה שהוכנה על-ידי המרצה האורח בנושא: **"סיכוני חשמל תעסוקתיים"** תתורגם ותוגש בעברית על ידי המהנדס היועץ אינג' **יוסף שוירמן**.

תחרות צרכן החשמל היעיל

חידוש נוסף שיוחל בו לראשונה בכנס הנוכחי, הוא הצגת הזוכים בתחרות **צרכן החשמל היעיל**, הצגת הזוכים תלווה בהרצאתו של אינג' **משה זיסמן**, בנושא **ייעול צריכת החשמל של צרכנים גדולים**.

מושב ב' – אחה"צ

מושב זה יתפצל ל-7 קבוצות דיון:

קבוצת דיון מס' 1 – נושאים הקשורים באמינות אספקת החשמל לצרכנים.

קבוצת דיון מס' 2 – נושאים הקשורים בחקיקה ובתקינה בנושאי החשמל.

קבוצת דיון מס' 3 – נושאים הקשורים בהיבטים התעריפיים של צריכת החשמל.

קבוצת דיון מס' 4 – נושאים הקשורים בציוד למתקני חשמל, בביצוע

עבודות חשמל ובאיתור תקלות ברשתות ובמתקנים.

ממיסוד זה, לקיים סדרת ימי עיון שתקיף את רוב רובם של בתי הספר המקצועיים בעלי מגמות חשמל בכל רחבי הארץ.

סדרה מס' 14 של מפגשי מועדון "התקע המצדיע" לחשמלאים באזורים

המפגש הראשון של מועדון "התקע המצדיע" לחשמלאים באזורים במסגרת סדרה זו התקיים באיזור רמלה/לוד במחוז הדרום ב-30.9.86. המפגשים בסדרה זו מוקדשים לנושא: **התקנת גנרטורים למתח נמוך, עם פרסום התקנות החדשות.** בכל מפגש יתקיים, לאחר הגשת ההרצאה, רב-שיח במיכלול הנושאים המשותפים לחשמלאים ולחברת החשמל בהשתתפות המרצים ונציגים מהמשרד הראשי וממחוזות חברת החשמל. הזמנות נשלחות לכל החשמלאים הנכללים בקהילת "התקע המצדיע". בהתאם לאיזור מגוריהם.

יום עיון "התקע המצדיע" בע"פ לתלמידי מגמות החשמל בבתי הספר המקצועיים בקרית-גת

ב-24.9.86 נערך לראשונה יום עיון "התקע המצדיע" לתלמידים במגמות החשמל בבתי הספר המקצועיים בקרית-גת.

המפגש היה מעניין ועורר תגובות חיוביות והתענינות רבה בקרב התלמידים בכל הקשור הן לנושאי ההרצאות והן לנושאים נוספים שהועלו במסגרת יום העיון.

במפגש השתתפו 150 תלמידים מ-3 בתי ספר מקצועיים בקרית-גת: בית-הספר "שלאון" ו"גרוס" שבפיקוח משרד החינוך והתרבות ובית הספר "אורט" שבפיקוח משרד העבודה והרווחה. לאור הצלחת מפגש זה נשקלת האפשרות למסד את המפגשים עם תלמידי מגמות החשמל במסגרת מועדון ארצי של "התקע המצדיע" לתלמידי מגמות החשמל בבתי הספר המקצועיים - וכפועל יוצא

הערכת פוטנציאל שיפור פרופיל הצריכה של מערכות מיוזג אויר מרכזיות

שלב שני: הערכת פוטנציאל שיפור פרופיל הצריכה של מערכות מיוזג אויר מרכזיות תוך בדיקת אפשרויות היישום של השיטות המקובלות להשגת השיפור האמור אצל הצרכנים. כחלק מביצוע השלב הראשון של המחקר נשלחו לצרכנים מתאימים שאלונים המיועדים לאיסוף מידע כללי על מערכות מיוזג אויר במתקניהם - תפוקת הקיור, הספק חשמלי ומשטרי הפעלה.

אנו מבקשים מחשמלאים המשתייכים לצוותי אחזקה והפעלה של מערכות מיוזג אויר מרכזיות, לפעול למילוי נאות של השאלון ולמשלוח מהיר ככל האפשר של השאלון הממולא.

החשמלאים שבמתקנם מוחקנת מערכת מיוזג אויר מרכזית ומסיבה כל שהיא לא הגיע לידם השאלון האמור, מתבקשים לפנות אלינו בהקדם לקבלת השאלון.

אנו תקוה שיתוף הפעולה בין חברת החשמל לבין אנשי המקצוע האחראים על הפעלת מערכות מיוזג אויר, בביצוע המחקר הנדון, יהיה לתועלת המשק בכלל ולתועלת הצרכנים בפרט.

מניתוח עקומות העומס במערכת הארצית ומלימוד מרכיבי הצריכה בארץ מתברר כי בשנים האחרונות גדלה בשיעור ניכר צריכת החשמל למיוזג אויר וצפוי גידול נוסף בשנים הקרובות. רוב צריכת החשמל למיוזג אויר בחודשים החמים של השנה נובע מהפעלתן של מערכות מיוזג אויר מרכזיות ולכן חברות החשמל במדינות שונות בעולם מקדישות תשומת לב לנושא, תוך בדיקת אפשרויות של הפעלת הסדרים תעריפיים נסיוניים ושל נקיטת צעדים טכניים ליעול צריכת החשמל, המתאימים לאופי המיוחד של הצריכה למטרות מיוזג אויר.

בחברת החשמל הוחלט לבצע מחקר להערכת פוטנציאל שיפור פרופיל הצריכה של מערכות מיוזג אויר מרכזיות (העברת הצריכה משעות הפסגה לשעות השפל, הקטנת הביקוש וחיסכון בצריכה).

המחקר יתבצע בשני שלבים:
שלב ראשון: איסוף מידע על מערכות מיוזג אויר מרכזיות המותקנות אצל צרכנים;

רשימת חומר נחיקתי המתייחס למיתקני חשמל

מס' סדר	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	(1) בא במקום התקנות מ-1957 (2) פורסם תיקון ב-1986
	התקנת מוליכים הארקות יסוד	ק"ח 2569	4.6.1970	פורסם תיקון ב-1980
	מעגלים סופיים הניזונים במתח נמוך	ק"ת 4271	13.9.1981	בא במקום התקנות מ-1978
	העמסה והגנה של מוליכים במתח עד 1000 וולט	ק"ת 4731	18.11.1984	בא במקום התקנות מ-1979
	עבודה במתקנים חשמליים חיים	ק"ת 4350	16.5.1982	
	הארקות ושיטות הגנה בפני חישמול במתח עד 1000 וולט	ק"ת 2034	28.4.1967	(1) בא במקום התקנות מ-1966 (2) פורסם תיקון ב-1975
	התקנת כבלים רשיונות	ק"ת 4643	10.6.1984	(1) בא במקום התקנות מ-1962 (2) פורסם תיקון ב-12.10.1984
		ק"ת 1949	28.10.1966	פורסם תיקון ב-1980
		ק"ת 4778	22.3.1985	בא במקום התקנות מ-1963 והתיקונים לתקנות אלה שפורסמו ב-1969, 1970, 1971, 1977, 1973
	תקנות הבזק והחשמל התקרבויות והצטלבויות בין קווי בזק לבין קווי חשמל	ק"ת 4909	6.3.1986	
	2	הכללים לאספקת חשמל לצרכנים (בהתאם לאישור שר האנרגיה והתשתית מתאריך 5.11.84 ובעקבות הדעתו של מנכ"ל חברת החשמל שפורסמה בילקוט הפרסומים 3143 בתאריך 31.12.84)		
תשלומים בעד חיבורים למערכת אספקת חשמל		י"פ 2410	6.2.1978	
4	חוק התכנון והבניה התשי"א - 1965 ותקנותיו			
	הגבלת אספקת חשמל 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, 1984, 1983
	התקנת מערכת חימום מים באמצעות אנרגיית שמש	ק"ת 4111	17.4.1980	פורסם תיקון ב-1983
	מניעת 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	פורסם תיקון ב-1980
	תאורה בחדר מדרגות	ק"ת 2692	9.5.1971	
	תקנות ההתגוננות האזרחית (מפרטים לבניית מקלטים)	ק"ת 4207	3.3.1981	
	תקנות רשות לאומית לאנרגיה (פיקוח על יעילות צריכת אנרגיה במפעלים)	ק"ת 4762	14.2.1985	
8	תקנות הבטיחות בעבודה (חשמל)	ק"ת 4940	17.6.1986	

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

המחיר ל-1000 קק"ל ("ניטוי") באחוזים	המחיר ל-1000 קק"ל ("ניטוי") באגורות	מקדם התמוקה המשוער	המחיר ל-1000 קק"ל ("ברוטו") באגורות	סוג המכשיר
5	4	3	2	1
100	11.73	0.95	11.14	תנור חשמל – קורן
100	11.73	0.95	11.14	תנור חשמל – מפזר חום עם מנוע
100	11.73	0.95	11.14	תנור חשמל – מוליד חום ("קונבקטור")
106	12.38	0.90	11.14	תנור חשמל – רדיאטור שמן
49	5.71	1.95	11.14	משאבת חום (מוגן אור)
96	11.26	0.85	9.57	תנור חשמל – אוגר ("זרם לילה")
117	13.67	0.70	9.57	מתקן חשמל תת-רצפתי
82	9.64	0.70	6.75	תנור נפט ("פירסידי")
85	9.97	0.65	6.48	תנור נפט עם ארובה
80	9.4	0.65	6.11	תנור סולר עם ארובה
102	12.0	0.50	6.0	מתקן הסקה מרכזית (סולר)
74	8.69	0.90	7.82	תנור גז ללא ארובה (גז – בבלונים)
83	9.68	0.90	8.71	תנור גז ללא ארובה (גז – אספקה מרכזית)
95	11.17	0.70	7.82	תנור גז עם ארובה (גז – בבלונים)
106	12.44	0.70	8.71	תנור גז עם ארובה (גז – אספקה מרכזית)

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-16.5.86 – ראה טבלה 2 להלן.

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	9.58 אג"קוטי"ש	860 קק"ל קוטי"ש	לא נכלל התשלום החודשי הקבוע החל על כל צרכן גם אם איננו משתמש בחשמל
חשמל	8.23 אג"קוטי"ש	860 קק"ל/קוטי"ש	לא נכלל התשלום החודשי הקבוע החל על כל צרכן גם אם איננו משתמש בחשמל
קרוסין (נפט)	56 אג"ליטר	8300 קק"ל/ליטר	מתייחס לקנייה בתחנת דלק כולל הובלה והספקה לתוך מיכל הלקוח בכמויות שבין 250 ליטר לבין 999 ליטר
	53.81 אג"ליטר	8300 קק"ל/ליטר	
	51.9 אג"ליטר	8500 קק"ל/ליטר	
סולר	50.98 אג"ליטר	8500 קק"ל/ליטר	לבין 999 ליטר. כולל הובלה ואספקה לתוך מיכל הלקוח בכמויות שבין 2000 ליטר לבין 2999 ליטר.
	86.02 אג"ק"ג	11000 קק"ל/ק"ג	כולל הובלה לבית הצרכן, התקנת מיכל ודמי שירות.
גז	95.83 אג"ק"ג	11000 קק"ל/ק"ג	כני"ל, אך כשהאספקה היא באמצעות מונה (אספקה מרכזית)

בטור השלישי של טבלה 1 מופיעים ערכי מקדם התפוקה המשוערים של המכשירים/המתקנים. מקדם התפוקה מוגדר כיחס בין כמות האנרגיה המנוצלת בפועל להעלאת הטמפרטורה בחדר לבין כמות האנרגיה הנצרכת לשם הפעלת המכשיר/המתקן ואשר עברה משלם הצרכן. הגורמים המשפיעים על ערכו של מקדם התפוקה הם כדלקמן:

א. מידת ניצולו של הדלק שהוכנס למכשיר;

ב. כמויות החום הנפלטות אל מחוץ לקטע המרחבי בחלל החדר, אשר בו נדרש החימום למעשה;

ג. ניצולו בזמן הרצוי של החום המופק מן המכשיר/המתקן.

מידת ניצולו של הדלק שהוכנס למכשיר/המתקן, רמת ההפסדים התרמיים בצנרת (במקרה של הסקה מרכזית למשל). 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 "ניטוי") המושקע בפועל בחימום החדר. מחירים אלה התקבלו מחילוק המחיר של 1000 קק"ל "ברוטוי", המופיע בטור השני של הטבלה, במקדם התפוקה המשוער המופיע בטור השלישי של הטבלה.

בטור החמישי של הטבלה מופיעים המחירים של 1000 קק"ל "ניטוי" באחוזים, ביחס למחיר יחידת החום ("ניטוי") 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.



רשומות

קובץ התקנות

4964

ל' באב התשמ"ו

4.9.1986

תקנות-החשמל (התקנת לוחות במתח נמוך) (תיקון).

התשמ"ו - 1986

להלן נוסח השינויים והתיקונים שחלו בתקנות החשמל המתייחסות להתקנת לוחות במתח נמוך שהתפרסמו בקובץ התקנות 4964 מ-4.9.1986.

בחוקף סמכותי לפי סעיף 13 לחוק החשמל, התשי"ד-1954, אני מתקין תקנות אלה:

- | | |
|--|---|
| <p>1. תקנות החשמל (כללים להתקנת לוחות במתח נמוך), התשל"ו-1976², ייקראו "תקנות החשמל (התקנת לוחות במתח נמוך), התשל"ו-1976" (להלן - התקנות העיקריות).</p> <p>2. בתקנה 1 לתקנות העיקריות, במקום הגדרת מבטח יבוא:</p> <p>"מבטח" - אזור לניתוק אוטומטי של זרם חשמלי במיתקן, כאשר עוצמתו גדולה מעוצמת הזרם הנקוב שלו; מבטח יכול להיות משני סוגים: נתיך או מפסק זרם אוטומטי";</p> <p>3. בתקנה 29 לתקנות העיקריות, במקום "2 ס"מ" יבוא "17.5 ס"מ".</p> <p>4. במקום תקנה 33 לתקנות העיקריות יבוא:</p> <p>33. (א) גיוון מעגל מלוח, יוגנו מוליכי המעגל בפני יתרת זרם.
 (ב) להגנת מוליכי מעגל כלוח כמיתקן ביתי אין להשתמש בנתיכים בעלי אלמנט ניתך חליף.
 (ג) כלוח כמיתקן ביתי, מבטח בעל זרם נקוב של עד 50 אמפר (כולל) יהיה מפסק זרם אוטומטי לפי תקן ישראלי ת"י 745 (להלן - מפסק אוטומטי זעיר) או מפסק אוטומטי."</p> <p>5. בתקנה 34 לתקנות העיקריות, במקום תקנת משנה (א) יבוא:</p> <p>"(א) גיוון מיתקן ביתי מלוח ראשי, יוחקן בו מפסק אוטומטי זעיר ראשי או מפסק אוטומטי ראשי לפי הוראות אלה:</p> <p>(1) מפסק אוטומטי זעיר תלת-קוטבי או ארבע-קוטבי או מפסק אוטומטי תלת-קוטבי או ארבע קוטבי אם ההספקה היא תלת-מופעית;</p> <p>(2) מפסק אוטומטי זעיר חד-קוטבי או דו-קוטבי או מפסק אוטומטי חד-קוטבי או דו-קוטבי אם ההספקה היא חד-מופעית; מפסק אוטומטי זעיר חד-קוטבי או מפסק אוטומטי חד-קוטבי יוחקן במוליך המופע;</p> <p>(3) על-אף האמור בפסקאות (1) ו-(2) במיתקן ביתי בעל זרם נקוב של 63 אמפר ומעלה מותר להשתמש במפסק ראשי ובנתיכים במקום במפסק אוטומטי זעיר או במפסק אוטומטי."</p> | <p>החלפת שם התקנות</p> <p>תישן תקנה 1</p> <p>תישן תקנה 29</p> <p>החלפת תקנה 33</p> <p>"הגנה נגד יתרת זרם"</p> <p>תישן תקנה 34</p> |
|--|---|

חיסון תקנה 44 .6. בתקנה 44 לתקנות העיקריות, כמקום תקנת משנה (א) יבוא:

"(א) לוח ייבדק אחרי השלמתו ולפני חיבורו הראשון לזינה."

תחילה .7. תחילתן של תקנות אלה ששה חדשים מיום פרסומן. משה שחל

שר האנרגיה והתשתית

י"ג בתמוז התשמ"ז (20 ביולי 1986)

השינוי הבולט בתקנות אלה בהשוואה לתקנות הקודמות — (קובץ התקנות 1351 מ-1976.25.5) מתבטא בהחלפת התקנה 33 (בקובץ התקנות הקודם) בתקנה 4 (בקובץ התקנות הנוכחי). שינוי זה מביא לסימו של עידן הנתים בעלי אלמנט ניתן חליף בלוח במתקן ביתי (תקנה 33(ב)). עם כניסתם של שינויים אלה לתוקף ב-4.3.1987 יוגנו מוליכי המעגל בפני יתרת זרם, בלוח ביתי בעל מבטחים לזרם נקוב עד 50 אמפר (כולל) — באמצעות מפסקי זרם אוטומטיים — ולא עוד בנתיכים.

מחקר תעו"ז

גבריאל פרידיגר — כלכלן

התעו"ז — תעריף על פי עומס המערכת וזמן הצריכה — שהוחל בהדרגה מאז 1983 על צרכני החשמל הגדולים, מקיף כיום כ-1000 מצרכניה הגדולים ביותר של חברת החשמל, שצריכת החשמל שלהם מהווה כ-46% מכלל צריכת החשמל בישראל (ראה "התקע המצדיע" מס' 35 — נובמבר 1985 ומס' 37 — יולי 1986). מאחר שהחלת התעו"ז דורשת את התקנתם של מוני חשמל, היקרים מאלה המשמשים למדידת צריכה לפי התעריפים המקובלים, לא ברורה עדיין כדאיות החלת התעו"ז על הצרכנים הקטנים יותר. כדי לקבל תשובה מתאימה לשאלה זו, הוחלט בחברת החשמל לבצע מחקר בו יאספו הנתונים הדרושים. מחקר זה יתבסס על לימוד הצריכה החשמלית האופיינית לקבוצות שונות של צרכנים, ועל נתונים כלכליים נוספים כולל ניתוח השפעתם של נתונים אלה על התנהגותן של הקבוצות.

על-פי נתוני המחקר ייקבע מבנה התעריף הרצוי לצרכנים עליהם יתברר שכדאי להחיל תעו"ז! כל זאת יבוצע באופן שיתווה בסיס ידע, נתונים, תוכנה ונסיון שיאפשרו המשך מחקרי הביקוש לחשמל בתנאים שונים. **עבודת המחקר** תעשה על ידי חברת החשמל בניהול צוות בין אגפי, וביעוץ של המכון למחקר עסקים באוניברסיטת תל-אביב, בראשותו של ד"ר א. טישלר ושל פרופ' ד. איינגר מאוניברסיטת דרום קליפורניה — בעל שם עולמי בתחום זה שערך מחקרים דומים בארה"ב, ויעץ לחברות חשמל נוספות בעולם.

לצורך המחקר אותר מדגם של 1000 צרכנים המתחלקים למספר קבוצות:

● **700 צרכנים** המייצגים את 10,000 הצרכנים בעלי הצריכה הגדולה ביותר מבין הצרכנים המקבלים את אספקתם במתח נמוך. קבוצה זו מתחלקת לשתי קבוצות:

— **300 צרכנים** — ייצגו כ-3,000 צרכנים בעלי צריכה שנתית של 266,000 קו"ט"ש ומעלה (הצריכה הגדולה ביותר).

— **400 צרכנים** — ייצגו את יתר 7,000 הצרכנים.

במדגם זה נכללים מגוון רחב של צרכנים המייצגים את המגוון הגדול של הצרכנים בקבוצה הנחקרת, הן תעשייתיים, הן מסחריים והן אחרים כגון: בתי חולים, בתי מלון, קיבוצים וכו'.

● **300 צרכנים** — ייצגו את הצרכנות הביתית המאופיינת על-פי האיזור האקלימי ועל פי גודל הצריכה ב-3 רמות צריכה: 0-1500 קו"ט"ש בשנה (כ-25% מהאוכלוסייה), 1500-3500 קו"ט"ש (כ-50% מהאוכלוסייה), וצריכה שנתית מעל 3500 קו"ט"ש (כ-25% מהאוכלוסייה).

לשם ביצוע המחקר נרכשו — לאחר מכרז בינלאומי — מכשירי מדידה מיוחדים וציוד מיוחדים וקריאה תואמים, שביכולתם לרשום בצורה רציפה על פני היממה כולה את צריכת החשמל של הצרכנים (בניגוד למונים הרגילים המסכמים את סה"כ הצריכה).

המחקר יבוצע בשני שלבים: **בשלב הראשון** תילמד התנהגותם החשמלית של הצרכנים, **ובשלב השני** הם יחשפו למבנים שונים של תעריפים כדי לבדוק את תגובתם לתעו"ז. ניתוח התגובה יקבע באם החיסכון והרווח הכלכלי, הצפויים מהחלת התעו"ז — בין היתר עקב העברת הצריכה מזמני שיא לזמני שפל — גדולים מהעלות הכוללת של החלת התעו"ז על צרכנים אלה.

המידע מהמחקר ישפר את כלל מערכת התעריפים, יעזור לחיזוי צריכת החשמל ועקומת העומס של הסקטורים השונים, ויסייע לבדיקת השינויים בהרגלי הביקוש של הצרכנים לאורך זמן ויאפשר איפיון של הגורמים המשפיעים על הרגלי הצריכה.

ג. פרידיגר — המחלקה למחקר, אגף חכרנות, חברת החשמל.

הפיקוח הארצי על רשת החשמל

אינני דב סטרולוביץ

ביום 31 במרס 1986 חגגה חברת החשמל שנה להפעלתו המבצעית של המתקן החדש של הפיקוח הארצי, הנמצא בחיפה. משנת 1956 עד ל-31 במרס 1986, היו ממוקמים מתקני הפיקוח הארצי ומחלקת התפעול בשכונת כרמליה בחיפה. ההחלטה להקים מרכז פיקוח חדש התקבלה בחברה לפני כ-12 שנה.

המגמות להקמת מערכת הפיקוח

המגמה בהחלטה, להקים את מערכת הפיקוח החדשה, נועדה לענות על דרישות הנובעות מהשינויים הבאים:

- **התפתחות מערכת הייצור:** על יד הוספת תחנת הכוח מ.ד. (בעלת תפוקה של 1400 מגווי"ט).
- **התפתחות מערכת ההעברה:** על-ידי בניית קווים חדשים במתח 150 ק"ו ובחתיכים של 300 מ"מ² ובמיוחד של 680 מ"מ².
- **התפתחות מערכת ההשנאה:** בניית תחנות משנה חדשות והעברת תחנות ישנות ממתח 110 ק"ו ל-150 ק"ו.

- **הכוונה להגדיל את אמינות אספקת החשמל לצרכנים ולצמצם את זמן הפסקת הזרם לצרכנים במצבי הפרעה.**

- **הכוונה לייעל את מערכות הייצור וההעברה הכלל ארצית.**

- **הכוונה לעבור מבקרה ותפעול מקומיים: של תחנות משנה, בידי אדם, לבקרה ותפעול מרוחק בצורה בלתי מאויישת.**

- **הכוונה לעבור לבקרה ממוחשבת:** של מתקני הייצור, מערכות ההעברה ומערכות ההשנאה במתח עליון ובמתח גבוה.

לאחר קביעת הדרישות, הוצאת המכרז, בדיקת ההצעות וקביעת הספק, החלו בשנת 1975 העבודות הכרוכות בבניית מרכז הפיקוח החדש ובהרכבת המתקנים בתחנות המשנה. התהליך של תכנון, בנייה, הרכבת, בדיקות והכנת הצוות להפעלה נמשך כ-10 שנים.

באזור 1 מתוארת באופן סכמטי המערכת לאיסוף מידע ולבקרה מרוחק.

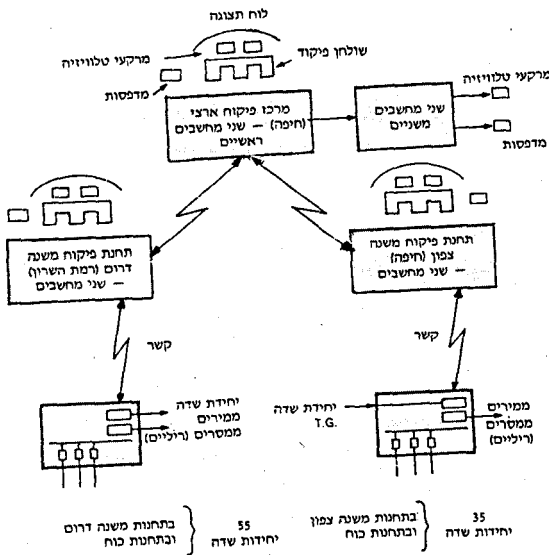
מבנה המערכת

המערכת כוללת:

- **90 יחידות שדה** (מיקרו מחשבים), מורכבים בתחנות משנה ובתחנות הכוח. יחידות השדה מחוברות דרך אמצעי קשר למחשבים בתחנות פיקוח המשנה (55 יחידות שדה מחוברות לפיקוח משנה דרום, ו-35 מחוברות לפיקוח משנה צפון).

- **4 מחשבים מרכזיים** מורכבים בתחנות פיקוח המשנה (שניים בפיקוח משנה צפון - חיפה, אינני ד. סטרולוביץ - מחלקת תפעול המערכת, אגף התפעול, חברת החשמל

איור 1
תאור המערכת לאיסוף מידע ולבקרה מרוחק



ושניים בפיקוח משנה דרום - רמת השרון). תפקידם של המחשבים הנייל - השגחה, בקרה ופיקוד מרוחק.

- **4 מחשבים ראשיים** מורכבים במרכז הפיקוח הארצי: שני מחשבים ראשיים מחוברים דרך אמצעי קשר לתחנות פיקוח המשנה הצפונית והדרומית ותפקידם - השגחה, בקרה ופיקוד מרוחק. ושני מחשבים משניים מריצים "תוכנת על", לדוגמא: "חיזוק" עומס, הזמנת יחידות, חלוקה אוטומטית, ביקורת זרמים, קצרים, יציבות, סטטיסטיקה וכו') ומעבירים את התוצאות לעיבוד במחשבים הראשיים או לגורמים אחרים.

- **דרכי קשר** - כל יחידת שדה מצוידת ביחידת קשר ודרכי תקשורת עצמאית - לתחנות פיקוח המשנה.

המערכת מאפשרת העברת מידע מתחנות המשנה ומתחנות הכוח למחשבים הראשיים, הצגת המידע בפני המפקח על מירקעי הטלוויזיה, הכנת לוחות סינופטיים, מדידה, רישום והעברת הוראות לביצוע פעולות מהמפקח לתחנות המשנה ולתחנות הכוח.

תאור פעולת מערכת הפיקוח

ממסרים (ריליים) - ממירים
בכל תחנה מותקן ארון של ממסרים (ריליים) וממירים אשר תפקידם:

- להעביר מידע מהשדה אל יחידת השדה על מצב המתקנים החשמליים (מפסקי זרם, מנתקים, הגנות, ממסרים, התראות).
- לתרגם אם הגדלים החשמליים הנמדדים בשדה - (מתחים, זרמים, אנרגיה פעילה אקטיבית ואנרגיה היגבית ראקטיבית, תדירות) ליחידות זרם ישר.
- להעביר הוראות לביצוע פעולות אל השדה.

יחידת השדה

יחידת השדה סורקת בפרקי זמן קצובים מספר נקודות ציון (אינדיקציה) ונקודות מדידה. מספר הנקודות הנסרקות שונה מתחנה לתחנה ותלוי בגודל התחנה. בתחנות הגדולות הוא מגיע ליותר מ-600 נקודות ציון ו-150 נקודות מדידה. כל שינוי מצב בנקודות הציון לעומת המצב הקודם, וכל שינוי ערכי מוגדר במדידה - מועברים מיד לתחנת פיקוח המשנה. המחשבים בתחנת פיקוח המשנה "מבקשים" מדי פעם דיווח מלא על מצב התחנה מיחידות השדה, בכדי למנוע איבוד מידע ולעדכן את תמונת התחנה אשר נמצאת במחשב. יחידות השדה מסוגלות גם לקבל מהמחשבים המרכזיים בתחנות פיקוח המשנה הוראות לביצוע פעולות ולהעבירן לשטח.

מחשבים בתחנות פיקוח המשנה

- לסנן את המידע שמגיע מהשדה, ולהעביר חלק ממנו לפי ההגדרה, אל המחשבים במרכז הפיקוח הארצי.
- לעבד את המידע ולבדוק אם הנתונים החשמליים אינם חורגים מגבולותיהם המותרים.
- להעביר את הוראות המפקח בתחנות פיקוח המשנה אל יחידת השדה, ומכאן לשדה.

המחשבים במרכז הפיקוח הארצי - המחשבים הראשיים

- תפקידם:
- לקבל את המידע ממחשבי פיקוח המשנה.
 - לעבד את המידע ולבדוק אם הנתונים החשמליים אינם חורגים מגבולותיהם.
 - להציג את המידע בכני המפקח במרכז הפיקוח הארצי ולהרתייע על שינוי מצבם של המתקנים ועל חריגה של הנתונים החשמליים מהגבולות המותרים.
 - להעביר את הוראות המפקח, ממרכז הפיקוח הארצי אל מחשבי פיקוח המשנה.
 - להעביר נתונים על מצב המערכת, אחת ל-20 דקות, או לפי דרישת המפקח, אל המחשבים המשניים ולקבל את תוצאות ההרצות המבוצעות במחשבים הנייל.
 - להעביר הוראות לוויסות היחידות בתחנות כוח; לוויסות העומס של היחידות.
 - להעביר אל יחידות השדה הוראות להשלט עומס במצב הפרעתי של התדירות.

המחשבים המשניים

- תפקידם:
- לקבל את המידע מהמחשבים הראשיים.
 - לעבד את המידע ולבדוק את אמינותו.
 - להרתייע במידה שמתגלה מידע לא נכון.
 - להריץ תכניות של חיזוי עומס, הזמנת יחידות, זרמים ומתחים במערכת, קצרים ויציבות, חלוקה אופטימלית.
 - להעביר את תוצאות התכניות אל המחשבים הראשיים לשימוש המפקח, או כנתוני כניסה עבור תכנית לחלוקה אופטימלית וויסות יחידות בתחנת כוח מרוחקת.
 - לסנן את הנתונים ולהכין דו"חות סטטיסטיים.


סיכום

כאמור, המערכת הופעלה מבצעית ב-31 במרס 1985, אז היו מחוברות למערכת כ-35 יחידות שדה בפעולה במצב מיקוון (ON-LINE) עם ששת המחשבים הראשיים בתחנות פיקוח המשנה ובמרכז הפיקוח הארצי. כיום נמצאות במצב פעולה כ-60 יחידות שדה, ובנוסף נמצאות בהרצה ללא מיקוון (OFF-LINE) כמעט כל התכניות במחשבים המשניים, במרכז הפיקוח הארצי.

אנו מקווים שבתוך פרק זמן קצר - כשנה - נוכל להפעיל את כל המערכת כולה במיקוון.

השגת מטרות

בפרק הזמן הקצר של שנה - הצליחה המערכת להתמודד עם בעיות בשטח, הוכיחה את עצמה כאמינה ותרמה רבות להגדלת אמינות המערכת, ליעול הייצור ולקיצור זמן הטיפול בהפרעות.



רשומות

קובץ התקנות

י" סיון התשמ"ו 4940

17.6.86

תקנות והנתיחות בעבודה (חשמל)

ב-17.6.1986 פורסמו, כחתימת שר העבודה והרווחה, מר משה קצב "תקנות הבטיחות בעבודה (חשמל)" התשמ"ו 1986.

תחולתן של התקנות היא מיום פרסומם.

התקנות מפרטות את כללי הבטיחות שיש לנקוט בעבודה במכשירי חשמל מיטלטלים, בביצוע עבודות חשמל כהעדר מתח במתקני מתח גבוה ובביצוע עבודות תיקון ואחזקה כציוד המופעל בחשמל. כן מגדירות התקנות את סוג המתקן החשמלי אשר אמור לפעול באטמוספירה נפיצה והגדרות נוספות מתחום מקצוע החשמל.

רשת וחיבורים לבתים (הל"ב) במתח נמוך

— מאפיינים טכניים —

אינג' אנדריי שטיינר

כללי

רשת וחיבורים לבתים (הל"ב) ניתנים לביצוע בקווים אויריים, או בקווים תת-קרקעיים. קיימים הבדלים עקרוניים בין רשת אוירית ובין רשת תת-קרקעית במספר מאפיינים כגון:

- מבנה הקווים.
- כושר ההעמסה.
- כושר עמידה בפני הפרעות.
- היבט כלכלי.

מבנה הקווים

מוליך חשוף לרשת אוירית התלוי באויר מחוץ לעמוד באמצעות מבדד במרחק בטיחותי ותפעולי מאדמה ו/או מהארקה, מרחק זה חייב להיות גדול יחסית ומבוסס על רמת בידוד האויר. מאידך, בכבל שבו המוליך מונח לכל אורכו בבידוד ובמעטה חיצוני ניתן להקטין את המרחק בין נקודת המתח (מוליך) ונקודת הארקה (אדמה). מסיבות אלה הדרישה לשמור על רמת מתח נומינלית ברשת אוירית משנית בחשיבותה, הואיל ועליות מתח מסוימות לא ייגרמו בעיות מיוחדות ברשת אוירית. לא כן בכבלים, אשר בגלל עובי בידודם הקטן יש חשיבות רבה בשמירת רמת מתח נומינלית וכן יש צורך להגן על רשתות תת-קרקעיות בפני תנודות מתח ברשת.

כושר ההעמסה

כושר העמסת הזרם בקו אוירי הוא גדול בהרבה מאשר בכבל. הבדל זה נובע מכך, שבידוד הכבל מחושב מבחינת התפשטות החום לרמה מסוימת אשר מוגבלת בהתאם לסוג הבידוד (פ.ו.י.סי.; פוליאטילין מוצלב וכו').

בגלל המרחקים הגדולים בין המוליכים בקו אוירי וקירור המוליך על ידי האויר, התפשטות החום היא קלה בהרבה וחלקים שלמים של הרשת האוירית ניתנים להעמסה בעומס יתר בזמן ממושך יחסית. במידה ורוצים להשוות את כושר העברת הזרם בין כבל לבין מוליך חשוף בקו אוירי, צריכים להגדיל את חתך המוליך של הכבל:

כושר עמידה בפני הפרעות

כושר העמידה בזרמי קצר של קוים אויריים הוא בכ- 30% - 20% גבוה יותר מאשר בכבלים. עובדה זו נובעת מסיבות תרמיות. הואיל ולקווים האויריים

אינג' א. שטיינר — מחלקת ח"י"ב ת"ק ותפעול, הרשת הארצית, אגף הצרכנות, חברת החשמל.

כושר התנגדות אינדוקטיבית גדול פי 3 - 4 מאשר בכבל — כבר לאחר מספר קילומטרים יורד זרם הקצר של קו אוירי למחצית מערכו ההתחלתי. בכבלים מתרחשת תופעה זאת רק לאחר מרחקים השווים למרחק הכפול מאורכו של קו אוירי. אחת התקלות הנפוצות ברשת היא קצרים לאדמה. במקרה של תקלה — קצר ברשת אוירית — לא ייגרם בדרך כלל, נזק לרמת הבידוד של המערכת. על פי רוב קורה, שקצר כזה חולף ולאחר זמן קצר מאד חוזר מצב הרשת לקדמותו.

לעומת זאת, ברשת תת-קרקעית זרמי הקצר לאדמה הם גדולים יותר ולכן גם סכנת הנזק לרמת הבידוד של המערכת היא גדולה יותר.

בדרך כלל, לאחר תקלה של זרם קצר, יוצא הכבל מכלל שימוש ויש צורך לתקנו. איתור תקלות ברשת תת-קרקעית מסובך מאד בהשוואה לרשת אוירית ונדרש לשם כך ציוד מיוחד, יקר מאד, וכן מיומנות גבוהה.

היבט כלכלי

אם נבחון ונשווה בין התקנת רשת תת-קרקעית לבין התקנת רשת אוירית המשמשת לאותה מטרה כאשר כושר העברת הזרם ומרחק האספקה וכו' זהים, נמצא כי עלות רשת תת-קרקעית גבוהה בהרבה.

רשת תת-קרקעית מבוססת על כבלים תת-קרקעיים הבנויים ממוליך בעל שתי שכבות בידוד לפחות. כבר בהוצאה הראשונית, מחיר הכבל עצמו והתקנתו יקרים יותר מאשר הקמת רשת אוירית אשר כוללת מוליכים חשופים, עמודים, מבדדים, אביזרים שונים והקמתם.

כאשר עולה המתח הנומינלי הנדרש למערכת, גדל פער המחירים ויכול להגיע להפרשים עד פי 8 - 10 לרעת הרשת התת-קרקעית.

רשת אוירית

חלוקת האנרגיה במתח נמוך ברחבי העולם ובארץ, נעשתה במשך שנים רבות בעיקר באמצעות רשת אוירית.

עם הכנסת כבלים תת-קרקעיים לשימוש ברשתות מתח נמוך, קטן השימוש ברשתות אויריות במיוחד באיזורים בעלי צפיפות אוכלוסין גבוהה.

כיום, כמעט ולא קיימת בניה חדשה של קווים עיליים במתח נמוך במדינות מפותחות באירופה. מצב דומה קיים גם בארץ והשימוש בקווים אלו הולך וקטן.

בהמשך המאמר נסקור את סוגי המוליכים השונים הנמצאים בשימוש ברשתות עיליות וברשתות תת-קרקעיות.

נתונים טכניים של מוליכים לרשת אווירית

מוליכים לקווים-עיליים בנויים ממספר תילים חשופים ממתכות שונות השזורים ביניהם. המתכות העיקריות המשמשות בתילים אלו הן: נחושת, אלומיניום, סגסוגת של אלומיניום הקרויה "אלדריי" ואלומיניום-פלדה. מכל המתכות שהוזכרו נמצאות כיום בשימוש בארץ: נחושת, אלומיניום, ולעיתים גם אלומיניום-פלדה. ו"אלדריי".
 על בחירת סוג המתכת המתאימה לקווים אוויריים משפיעים מספר גורמים כגון: כושר העברת הזרם, משקל המוליך, אורך השדה בין העמודים, השפעת מזג האוויר על המתכת וכו'.
 בטבלה 1 מובאות מספר תכונות פיסיקליות של מתכות לצורך השוואה:

טבלה 1

השוואות תכונות פיסיקליות של מתכות שונות המשמשות לבניית תילים

Al-Fe ביחס 6:1	אלדריי	אלומיניום	נחושת	הערך
3.45	2.7	2.7	8.9	משקל סגולי g/cm^3
1.92	2.3	2.7	1.7	מקדם התפשטות בחום $10^{-5} / ^\circ C$
1:0.75	1:0.6	1:0.56	1:1.3	מקדם התמתחות אלסטית $10^{-6} / kg$
20	24	12	30	חוזק משיכה מתמשכת kg/mm^2
7,850	6,000	5,600	12,000	מודול אלסטיות E kg/mm^2
0.0334	0.0318	0.0284	0,017241	התנגדות סגולית $\Omega \cdot mm^2/m$ ב- $20^\circ C$
—	0.0036	0.004	0,00313	מקדם התנגדות ל- $1^\circ C$

מבנה המוליכים

המוליכים החשופים מיוצרים לפי תקנים של ארצות שונות או תקנים בין-לאומיים כגון: GOST, IEC, BS, DIN. וכ"ו הקובעים את החתך המסומן והממשי שלהם, מספר התילים שמהם הם שזורים וקוטרם, מספר שכבות התילים, הקוטר הכללי של המוליכים ומשקלם בק"ג לק"מ.
 הנתונים בטבלה 2 מבוססים על התקן גרמני DIN 48200 ו-DIN 48201 וכן על התקן הישראלי ת"י 643. מבנה המוליכים ניתן בטבלה 2.

טבלה 2

מבנה המוליכים

משקל מינימלי ק"ג/ק"מ	קוטר מוליך (מ"מ)	קוטר תילים (מ"מ)	מספר תילים בכל שכבה	חתך ממשי (מ"מ"ר)	חתך המוליך (מ"מ"ר)
43	143	5.1	1.7		
66	218	6.3	2.1	1+6	16
94	310	7.5	2.5	1+6	25
135	446	9.0	3.0	1+6	35
181	596	10.5	2.1	1+6	50
256	845	12.5	2.5	1+6+12	70
332	1060	14	2.8	1+6+12	95
406	1337	15.8	2.25	1+6+12	120
500	1649	17.5	2.5	1+6+12+18	150
670	2209	20.3	2.25	1+6+12+18	185
827	2725	22.5	2.5	1+6+12+18+24	240
				1+6+12+18+24	300

רשת תת-קרקעית

כללי

רשת תת-קרקעית מבוססת על כבלים תת-קרקעיים הבנויים ממוליכים בעלי שתי שכבות בידוד לפחות.

ברשת התת-קרקעית למתח נמוך בארץ, נמצאים בשימוש ב-25 השנים האחרונות, כבלים בעלי בידוד פ.ו.י.סי. משוריינים ובלתי משוריינים, חד גידיים ורב-גידיים. כבלים אלה הם בדרך כלל מייצור מקומי, ועשויים ברמה טכנית גבוהה. בגלל בעיות תקינה הוחלט לאחרונה לעבור לשימוש בסוג כבלים בעלי בידוד מפ.ו.י.סי. היחודיים לארץ ואינם תיקניים לפי שום תקן בינלאומי מלבד התקן הישראלי.

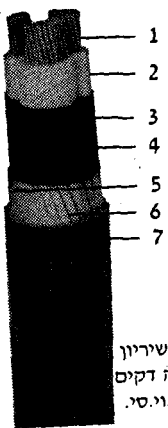
הסיבה השניה להחלפת סוגי הבידוד היא הגדלת כושר העברת הזרם הודות להתקנת סוגי בידוד משופרים.

סוגי ומבנה הכבלים
למרות המגמה הקיימת לעבור לשימוש בכבלים בעלי בידוד של פוליאטילן מוצלב ניתן עדיין למצוא כיום, בשוק הכבלים למתח נמוך, כמה סוגי כבלים, מבודדים עם ב-פ.ו.י.סי.

הכבלים המשווים להלן הם משוריינים, ללא שריון או מסוככים, בעלי מוליך אלומיניום סקטוריאלי (גזרתי) (שהוא המוליך המתאים ביותר מבחינה טכנולוגית).

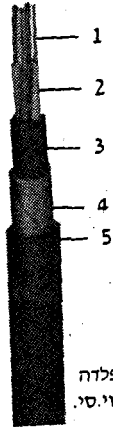
- הכבלים השימושיים בארץ הם (לפי סימון התקן הגרמני):
- א. NAYY — כבל בעל בידוד פ.ו.י.סי. לא משוריין.
 - ב. NAYBY — כבל בעל בידוד פ.ו.י.סי. עם שריון של שני פסי פלדה.
 - ג. NAYFGY — כבל בעל בידוד פ.ו.י.סי. עם שריון של שני פסי פלדה דקים.
 - ד. NAYCY — כבל בעל בידוד פ.ו.י.סי. מסוכך.
 - ה. NAYCWY — כבל מסוכך בסיכוך גלי.
 - ו. NA2XY — כבל בעל בידוד פוליאטילן מוצלב, לא משוריין.
- מבנה הכבלים נתון באיור 1.

איור 1



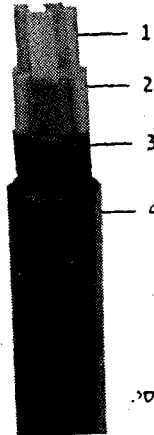
א) כבל NYFGY
NAYFGY

- 1 - מוליך
- 2 - בידוד פ.ו.י.סי.
- 3 - מילוי
- 4 - מעטה הגנה
- 5 - פס פלדה לחיזוק שריון
- 6 - שריון מפסי פלדה דקים
- 7 - מעטה חיצוני מפ.ו.י.סי.



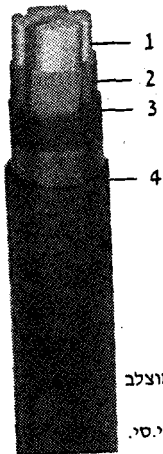
ב) כבל NAYBY

- 1 - מוליך
- 2 - בידוד פ.ו.י.סי.
- 3 - מילוי
- 4 - שריון משני פסי פלדה
- 5 - מעטה חיצוני מפ.ו.י.סי.



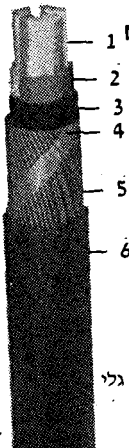
א) כבל NAYY

- 1 - מוליך
- 2 - בידוד פ.ו.י.סי.
- 3 - מילוי
- 4 - מעטה חיצוני מפ.ו.י.סי.



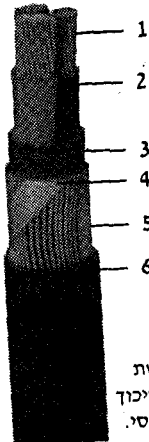
ו) כבל NA2XY

- 1 - מוליך
- 2 - בידוד פוליאטילן מוצלב
- 3 - מילוי
- 4 - מעטה חיצוני מפ.ו.י.סי.



ה) כבל NAYCWY

- 1 - מוליך
- 2 - בידוד פ.ו.י.סי.
- 3 - מילוי
- 4 - פס נחושת לחיזוק סיכוך גלי
- 5 - סיכוך נחושת גלי
- 6 - מעטה חיצוני מפ.ו.י.סי.



ד) כבל NAYCY

- 1 - מוליך
- 2 - בידוד פ.ו.י.סי.
- 3 - מילוי
- 4 - סיכוך ממוליכי נחושת
- 5 - פס נחושת לחיזוק סיכוך
- 6 - מעטה חיצוני מפ.ו.י.סי.

* ראה המאמר: "סימולי הכבלים המקובלים בישראל" - "התקע המצדיע" מס' 24 - ספטמבר 1980.

השוואה טכנית של כבלים

אחריו הוא כבל בעל בידוד פוליאתיילן מוצלב מסוג NA2XY, שמחירו גבוה ב-6.5%. כאשר נשווה את הכבלים הנ"ל בהתאם לכושר להעברת זרם, יתברר, כי כושר העברת הזרם של כבל בעל בידוד פוליאתיילן מוצלב גבוה ב-22.2% יותר מאשר כבל בעל בידוד פ.י.ו.סי. ולכן מחירו הריאלי קטן יותר.

שיטות מיוחדות לחיבורים

מלבד השיטות "הקלסיות" של חיבורי חל"ב ורשת מתח נמוך (קווים אויריים ורשתות תת-קרקעיות) קיימות שיטות חדשות יותר המשלבות את השיטות "הקלסיות" תוך שימוש בחומרים ובטכנולוגיות חדשות. השיטות בהן מדובר הן:

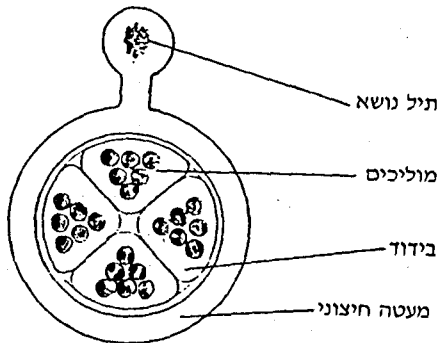
- א. כבל נושא עצמו.
- ב. רשת אוירית מבודדת.

כבל נושא עצמו

סוג מיוחד של כבל שתפקידו לחבר את הרשת האוירית למבנה נקרא "כבל נושא עצמו" או "כבל עם תיל נושא". כבל כזה מיועד להתקנה אוירית בלבד. ההתקנה נעשית בין העמוד האחרון של הרשת לבין קיר הבית ובהמשך, ללוח הראשי של הבית. כבל זה מחוץ בצידו האחד אל העמוד ובצידו השני אל קיר הבית (או זיו המחובר לבית) באמצעות תיל פלדה. תיל זה נמצא מחוץ למבנה העגול של הכבל, ומבודד יחד עם המעטה החיצוני של הכבל ובכך הוא הופך לחלק אינטגרלי של הכבל.

מבנה הכבל הנושא עצמו נראה באיור 2:

איור 2



מבנה הכבל עצמו זוהה בדרך כלל למבנה כבלים תת-קרקעיים רגילים, בלתי משוריינים, בעלי בידוד פ.י.ו.סי. או פוליתילן מוצלב ומעטה חיצוני מפ.י.ו.סי.

במשך כל שלבי התפתחותו הטכנולוגית של הכבל הנושא עצמו נעשו נסיונות לשפר את מבנהו. כיוון התפתחות אחד היה במבנה המוליכים, בחתכים שמעל 16 ממ"ר שסידורם המוצע היה לפי מבנה סקטוריאלי. שלב נוסף היה איחוד התיל הנושא עם מוליך הארקה ו/או אפס. במקרים אלה היה התיל הנושא בנוי ממוליך אלומיניום עם ליבת פלדה או מוליך מסגסוגת אלומיניום בשם "אלדרי".

כושר העברת הזרם
כושר העברת הזרם של ארבעת הסוגים הראשונים (כולם מבודדי פ.י.ו.סי.) כמעט זהה, הואיל והם מוגבלים על ידי סוג הבידוד שלהם, המאפשר את חימום המוליך עד לטמפרטורה של 70°C.

ההבדלים בכושר העברת הזרם בין כבלים משוריינים ובלתי משוריינים הם מזעריים ואין להתחשב בהם.

כאשר נשווה את כושר העברת הזרם של כבלים בעלי בידוד פ.י.ו.סי. נקבל הבדלים הנעים בין 20% - 10% לטובת כבלי הפוליאטיילן המוצלב המאפשרים טמפרטורת מוליך של 90°C. הבדל זה מאפשר להקטין את חתך המוליכים וכן מקטין את ההוצאות הכלכליות.

הגנה מכנית

עד עכשיו נחשב שריון, העשוי משכבת פלדה, כחומר עמיד בפני פגיעות מכניות אך עם הכנסת השימוש בצידוד הנדסי כבד בחפירה, אין באפשרות השיריון להגן על הכבל בפני פגיעות מכניות והשיטה היעילה היא לכן על ידי סרט אזהרה. לפיכך המגמה הקיימת כיום היא מעבר לייצור כבל בלתי משורין המאפשר חיטכון כספי ניכר. הסיכון בכבלים אינו מהווה הגנה מכנית, תפקידו שמלי - למנוע הפרעות חיצוניות.

התקנת כבלים

בזמן התקנת הכבלים יש חשיבות רבה לגודלו הפיזי של הכבל, משקלו וגמישותו. מסיבה זאת כבלים משוריינים קשים להתקנה ומסורבלים להנחה בקרקע.

לכן קיימת עדיפות בהתקנת כבלים בעלי בידוד פוליאטיילן מוצלב, בלתי משוריינים בעלי מוליך אלומיניום מלא או סקטוריאלי. כבלים אלה קטנים ביותר ובעלי גמישות רבה.

השוואה כלכלית

לפי נתונים של יצרנים מקומיים, יחס המחירים בין כבלים הוא בהתאם לטבלה 3. המחירים מבוססים על מחיר של כבל בעל בידוד פ.י.ו.סי. - לא משורין מסוג NAYY (100%).

טבלה 3

המחיר היחסי בהתאם לסוג הכבל

סוג הכבל	מחיר יחסי
NAYY	100.0%
NAYBY	127.4%
NAYFGY	120.9%
NAYCY	126.9%
NA2XY	106.5%

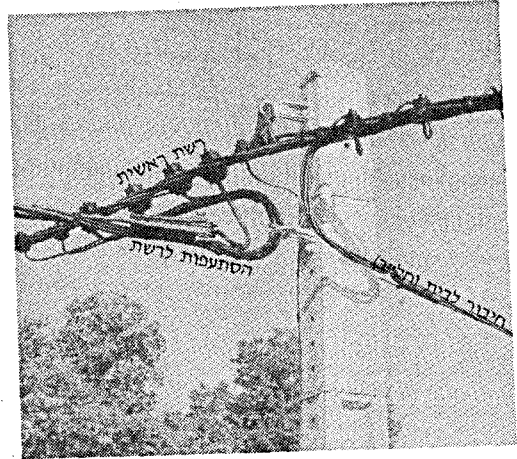
מהטבלה ניתן לראות שהכבל הזול ביותר הוא כבל בעל בידוד פ.י.ו.סי. בלתי משורין מסוג NAYY והבא

רשת אווירית בעלת מוליכים מבודדים ושזורים

הרשת הבנויה ממוליכים מבודדים ושזורים משמשת כרשת חלוקה למתח נמוך וכן להסתעפות לחיבורי בתים (חל"ב). רשת עם מוליכים כגיל ניתן גם לחבר כהסתעפות מרשת רגילה בעלת מוליכים גלויים (ראה איורים 3, 4).

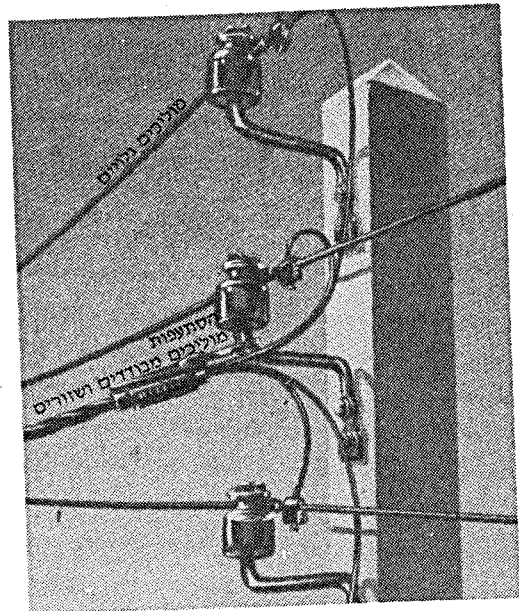
איור 3

רשת חלוקה מתח נמוך בעלת מוליכים מבודדים ושזורים, בתוספת הסתעפות להמשך הרשת בכיוון שמאל והסתעפות לחיבור לבית בכיוון ימין.



איור 4

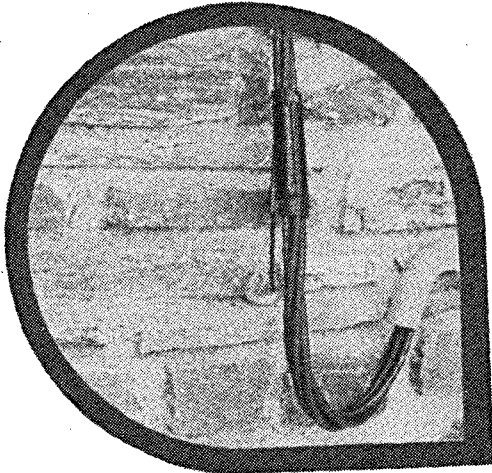
רשת חלוקה מתח נמוך בעלת מוליכים גלויים והסתעפות באמצעות רשת בעלת מוליכים מבודדים ושזורים.



כפי שנראה באיורים 5, 6, 7, 8, אין צורך במבודדים, ולא בזרועות על העמודים, בשימוש עם מוליכים מבודדים לרשת, אלא, אך ורק במהדק משא לנשיאת המוליכים ומהדק מתיחה למתיחתם.

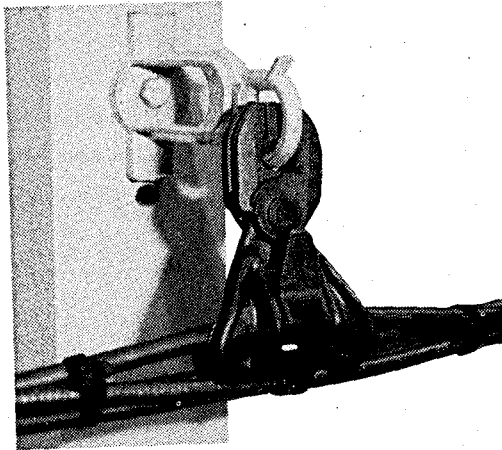
איור 5

נקודת כניסה לבית של הסתעפות בעלת מוליכים מבודדים ושזורים.



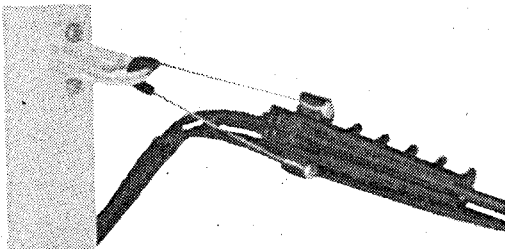
איור 6

מהדק משא לרשת עוברת מחובר לוו שבעמוד.



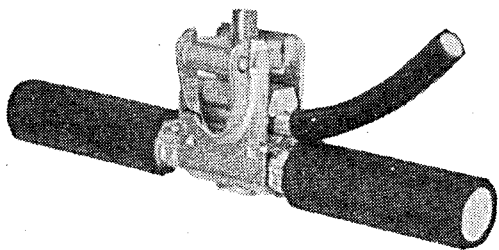
איור 7

מהדק מתיחה מחובר לוו שבעמוד הסופי.



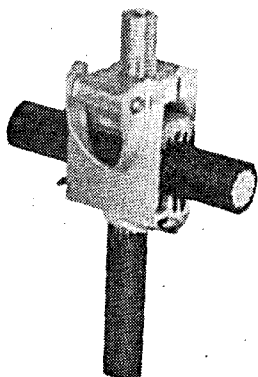
מהדקי הזרם
 מהדקי הזרם מתחלקים לשני סוגים, בהתאם למבנם ולפי תפקידם:
 1. מהדקים לשימוש לתיל גלוי או למוליך מבודד שהוסר ממנו הבידוד בקטע של חיבור המהדק (ראה איור 10).

איור 10
 מהדק זרם למוליך גלוי או למוליך מבודד שהוסר ממנו הבידוד.



2. מהדקים בעלי שיניים המסוגלים לחדור דרך בידוד המוליך (ראה איור 11).

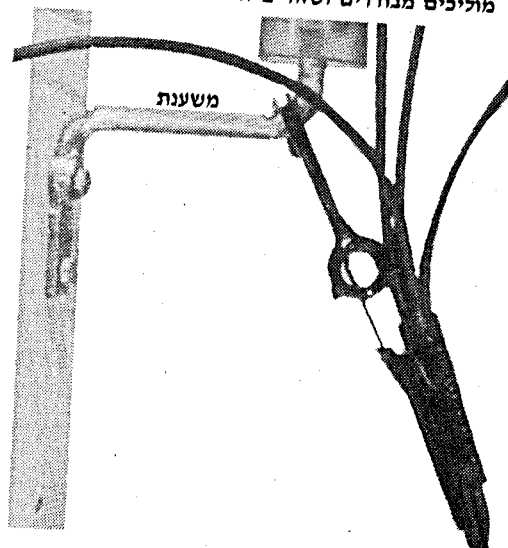
איור 11
 מהדק זרם עם "שיניים" לחדירה דרך הבידוד.



לשם התקנת מהדקי הזרם יש לפתוח את מכסה המהדק המורכב על ציר. בכך ניתן להלביש את המהדק על המוליך. פתיחת המכסה אינה גורמת להתפרקות המהדק לשני חלקים ולכן אין חשש לאבדן החלקים.

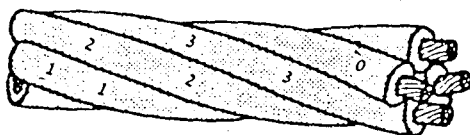
במהדקים עם "שיניים" קיים בורג בעל ראש שבי, אשר נשבר כאשר הוא מגיע להידוק הנדרש. עם גמר הידוק המהדק על המוליך ניתן להלביש עליו מכסה פלסטי עם מילוי משחת מנגן נגד חימצון, דבר, הדרוש בעיקר בחיבור של שני מוליכים מחומר שונה (אלומיניום + נחושת) (ראה איור 12).

איור 8
 הסתעפות מרשת רגילה בעלת תילים גלויים, באמצעות מוליכים מבודדים ושזורים המתוחים מהמשענת.



מבנה המוליכים המבודדים והשזורים
 החומר מהם מורכבים מוליכי המופעים (מאות) הוא אלומיניום (ניתן להזמין גם מוליכים מנחושת). המוליך הרביעי הוא מסגסוגת אלומיניום - "אלדריי" (Aldrey) ותפקידו לשמש הן כמוליך האפס והן כמוליך נושא. כל מוליך מבודד בשכבת בידוד מפוליאיתילן מוצלב, בעובי 1-1.8 מ"מ. גוון הבידוד הוא שחור ונועד להגן על המוליך בפני קרינת השמש. המוליכים המבודדים הם שזורים ומהווים מוליך קומפקטי אחד. המעטה החיצוני של כל מוליך מסומן בדרך כלל סדר המופעים בספרות 1, 2, 3. השיזור נעשה כך, שמספרי המופעים מסומנים כלפי חוץ, בכדי שאפשר יהיה להבחין בהם בקלות (ראה איור 9).

איור 9
 מבנה המוליכים המבודדים והשזורים



שיזור המוליכים מקטין את אימפדנס הרשת. המוליכים, ניתנים להעמסה גבוהה מהרגיל, עד לטמפרטורה של 90°C או עד 250°C במקרה של קצר. שתי תכונות אלו מאפשרות לבחור, להעברת אותה כמות אנרגיה, במוליך בעל שטח חתך קטן מאשר כבל רגיל.

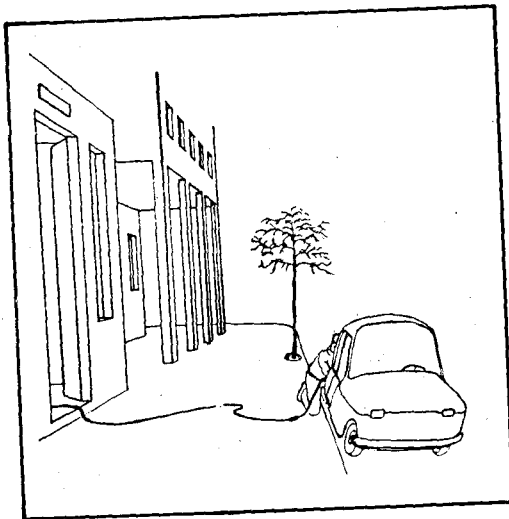
יתרונות הרשת בעלת מוליכים מבודדים ושזורים

1. אין צורך במבודדים ובזרועות.
2. שיזור המוליכים מאפשר את התקנתם תוך ביצוע פעולה משולבת אחת, הכוללת הן את הנחת המוליך והן את מתיחתו (בניגוד לרשת עם מוליכים גלויים בהם יש צורך להניח כל מוליך בנפרד).
3. קיימים מהדקי זרם חדישים ופשוטים להתקנה.
4. בחיבורים לבתים אין צורך לקלף את "התיל הנושא" מהכבל, כפי שנדרש בכבל הנושא עצמו, מתוצרת הארץ.
5. ניתן לבחור מוליך בעל שטח חתך קטן מהרגיל, דבר, המביא לחיסכון כספי.
6. אין צורך בגיוסם עצים, הואיל והמוליכים מבודדים.
7. בזמן קריעת מוליכים, לא קיימת סכנה ישירה של התחשמלות.
8. בהנחת הרשת על קירות הבתים אין צורך בעמודים, ובהסתעפות לבתים. הרשת מותקנת מתחת למרזבים ומוצנעת מהעין.

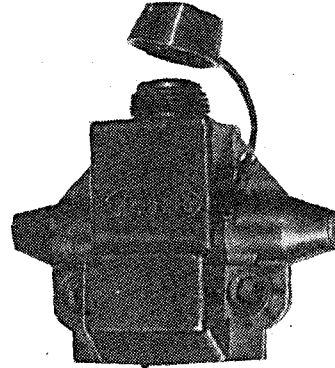
סיכום

בחוויל בעיקר בצרפת, קיים נסיון טוב של שנים רבות בשימוש ברשת זו. שליש מהרשת האווירית בצרפת בעיקר בעיירות ובאזורים כפריים הוחלפה כבר לרשת בעלת מוליכים מבודדים ושזורים, ומגמת התפתחות זו הולכת וגוברת.

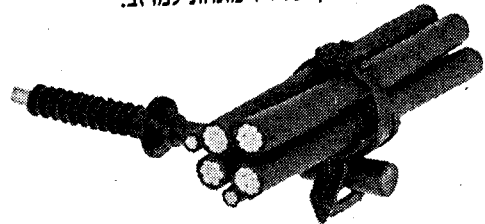
ממחקרים שנעשו בצרפת ובגרמניה מתברר, שעלות בניית רשת אווירית בעלת מוליכים מבודדים ושזורים, קטנה ממחיר התקנת רשת אווירית בעלת מוליכים גלויים ובוודאי קטנה מזו של רשת תת-קרקעית.



איור 12
תרמיל פלסטי עם מילוי משחת מגן.

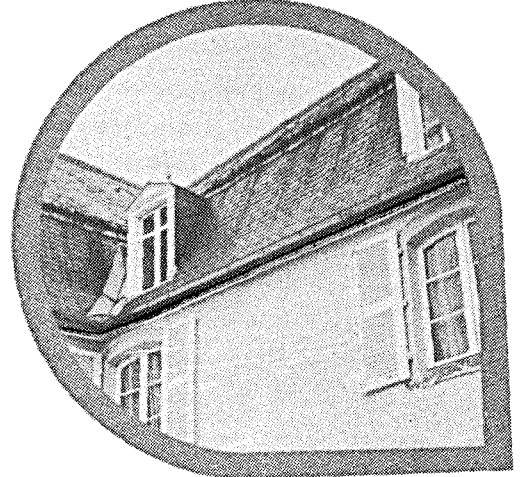


איור 13
מוליך על זיו מתחת למרזב.



רשת אווירית ללא עמודים
מוליכי הרשת הם מאלומיניום מבודד ושזור. המוליכים אינם נישאים על עמודים, אלא, מחוברים באמצעות זיזים מבודדים המותקנים על קירות הבתים. המוליכים עטופים באמצעות חותלות (Bandet) מחומר מבודד. ניתן לחבר על אותו זיו מוליך אחד או מספר מוליכים (ראה איור 13) במקרה של גג רעפים ניתן להצניע את המוליכים מתחת למרזבים (ראה איור 14).

איור 14
רשת אווירית - המוליכים מותקנים ומוצנעים מתחת למרזבי הבתים (מסומנים באדום).

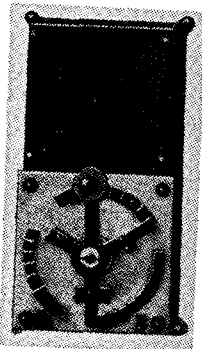


ההיסטוריה של פיתוח מכשירי מיתוג למתח נמוך

אינג' קארל אוזה

המאמר בכללותו דן בפיתוח מכשירי המיתוג למתח נמוך כפי שתואר במחקר שנעשה על-ידי המחבר במסגרת מכון התקנים הגרמני (VDE). בחלקו הראשון של המאמר (עלון "התקע המצדיע" מס' 35 – נובמבר 1985) דובר על פיתוח מכשירי המיתוג למתח נמוך והנתיכים משנת 1880 ועד לימינו. חלק זה במאמר דן בשלבי פיתוח מתנעים ומפסקי זרם אוטומטיים.

תמונה 19

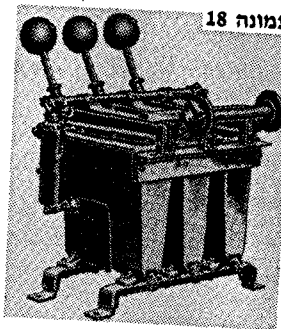


מתנע עם צינור אויר בהספק עד 30 קו"ט, 550 וולט (Klöckner-Moeller, 1910)

מתנעים

השימוש הכמעט בלעדי במנועי כלוב כיום, גרם להעלמותם הכמעט מוחלטת של מכשירי המיתוג למתח נמוך, פרט למקרים בודדים, שהיו בזמנו נפוצים ביותר, שימש המתנע בין השנים 30 – 1920 כמכשיר לוואי לכל מנוע חשמלי לזרם ישר ולזרם חילופין, בעיקר תלת מופעי. (תמונה 18).

תמונה 18

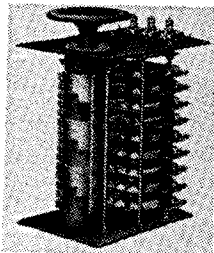


מתנע תלת מופעי עם נוזל, המשמש כהתנגדות למנועים עם טבעת מגע בהספק עד 120 קו"ט. (Siemens-Schuckertwerke, 1904)

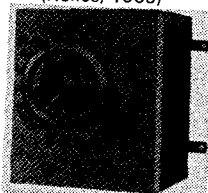
מכשיר זה – "המתנע בשמן" היה שימושי ביותר, כאשר היה צורך במספר מועט של הפעלות. השמן מנע גם את חימצון חומר ההתנגדות והמגעיים, לכן היה יעיל בעיקר בסביבה קורוזיבית. למרות זאת, כמתנע שנועד לוויסות השתמשו בעיקר במכשיר עם צינור אויר. כאמצעי צינון השתמשו לעתים גם בחול (עקב קיבול החום הגבוה שלו) ובגרפית. למרות מספר יתרונות של הגרפית, בוטל במשך הזמן השימוש בו מאחר, ונוצר על ידו אבק שחדר לכל מקום והיווה סכנת פריצה. המתנעים לזרם ישר ואלו לזרם חילופין (תלת מופעיים) לא נבדלו למעשה במבנה העקרוני, שלהם, מה שנחשב כיתרון בייצור במשך שנים רבות. בדרך כלל נבנה המתנע עם מפסק והתנגדות במכשיר אחד. צורת המבנה היתה שטוחה או גלילית (תמונה 20).

תמונה 20

מתנע גלילי (Klöckner-Moeller, 1923)



מתנע שטוח (Helios, 1905)

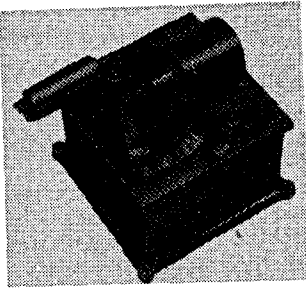


נוצרו אז סוגים רבים של מתנעים שהיו שונים באופיים, מבנם, תכונות צינונם והרכב ההתנגדויות שיוצרו מחומרים שונים. במתנעים הראשוניים (1890), נכלל נוזל (לדוגמה: מים, תמיסת סודה וכו'), אשר שימש כהתנגדות. כידוע, תפקידו של המתנע הוא להפחית, באמצעות ההתנגדות, את עוצמת הזרם בזמן חיבור המנוע לרשת. למרות שמכשירים אלו היו שימושיים, היו להם גם חסרונות (בין השאר: סכנת הקפאת הנוזל, התאדותו, התהוות גבישים בתוכו, סכנת התהוות של גז רועם וכו'). חסרונות אלו הגבילו את השימוש במתנעים, במיוחד כאשר מדובר היה בהספקים גדולים. הפתרון שנמצא היה שימוש בהתנגדויות מתכתיות (לדוגמה: סגסוגת של כסף, כרומניקל, ברזל יציקה וכו') בצורת חוט או גוף יצוק. לבעיית צינון המתנעים נמצאו שני פתרונות: צינון באויר (תמונה 19) או צינון בשמן. יתרון השימוש בשמן לצינון המתנע היה כושר קיבול החום הגדול שיש לשמן.

אינג' ק. אוזה (K. Ose) – חבר הוועד לפיתוח טכני-היסטורי, מכון התקנים הגרמני – VDE. תורגם ועובד ע"י אינג' ד. מריש – לשעבר מנהל מחלקת קווים ורשתות, הרשת הארצית, חברת החשמל. מתוך Der Elektromeister – רחון מקצועי לחשמל – מס' 11/83 ר' 14/83.

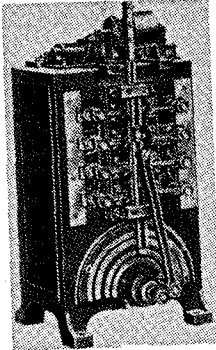
תמונה 23

מתנע אוטומטי
למנועי זרם ישר עם
הפעלה באמצעות
אלאקטרומגנט וגליל
עימום



תמונה 24

מתנע אוטומטי להחלפת כוון
התנועה של מעליות, הפועל
באמצעות מנוע.
(Siemens-Schuckertwerke,
1905)

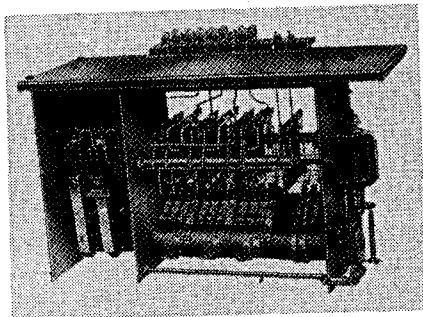


לקבוצת מתנעים זו שייכים גם המתנעים
האוטומטיים לחיבור כוכב משולש. במתנעים אלה
הותקן מגעון אחד אשר חיבר או ניתק את המנוע
ממצב כוכב למצב משולש. מתנעים כאלה יוצרו
במשך הזמן על ידי רוב המפעלים למיכשור חשמלי.

ראויה לתשומת לב העובדה, כי כבר בשנת 1900
בערך, צויידו המתנעים בהתראה אלאקטרומגנטית
לזרם יתר או להעדר מתח כך, שהסלילים "החזיקו"
את ארכובת המתנע במצב "עבודה" ובמקרה של
הפרעה החזירו אותה למצב 0 באמצעות קפיץ (תמונה
25).

תמונה 25

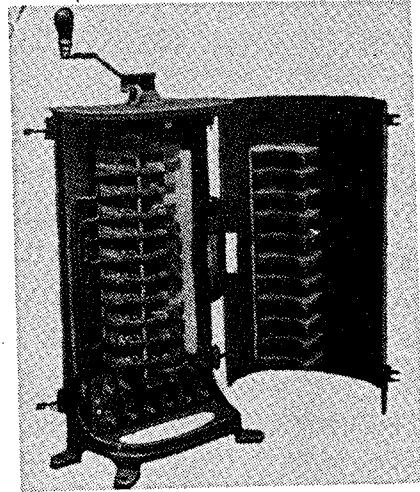
מתנע אוטומטי בעל מוט הזזה, הפועל באמצעות מגנט
להספקים עד 18,5 קו"ט מצוייד בהתנעה עם פיקה (מגנט
מתרומם) וממסר הגנה לזרם יתר.
(Klöckner-Moeller, 1924)



במידה וממדי המתנע או הנתונים באתר לא
איפשרו להתקין את המתנע ומפסק ההתנגדות
במכשיר אחד וזאת במיוחד בהספקים גדולים,
הפרידו ביניהם - ואז נקרא מפסק ההתנגדות:
"ווסת התנגדות" (תמונה 21). ("Kontroller").
בתחילה הותקנו ווסתים כאלה ברכבות חשמליות
ובמנופים גדולים.

תמונה 21

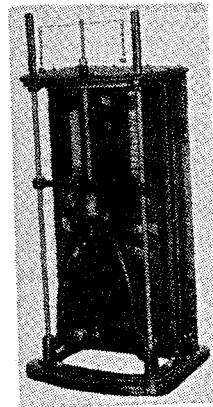
ווסת התנגדות לזרם עם מגעים קפיציים.
(Helios, Köln 1900)



להתנעת מתקנים שונים עם פיקוד אוטומטי. כגון:
מעליות, מדחסים ומכשירי עירגול, השתמשו
במתנעים אוטומטיים (תמונה 22), שהופיעו בצורות
שונות, כגון: מנועי חשמל, מגנטים ואלאקטרומגנטים,
בעלי גרעין נע.

תמונה 22

מתנע אוטומטי עם גולת
שרשרת הניתנות לכוונון
(Klöckner-Moeller, 1902)



בשנת 1900 נכנסו לשימוש מתנעים אוטומטיים
בצורת מגעונים אשר פעלו בצורה אוטומטית מדרגה
לדרגה. (תמונות 23, 24).

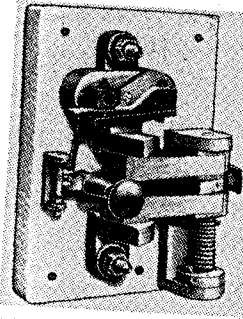
מפסקי זרם אוטומטיים

בנוסף לנתיכים, השתייכו גם מפסקי הזרם האוטומטיים למשפחת מכשירי הניתוק האוטומטיים הראשונים. במשך שנים רבות הם נקראו בכינוי "אוטומטים". ה"אוטומטים" הראשונים החלו להופיע בשוק כבר באמצע שנות ה-80 של המאה הקודמת, כמכשירים חד-מופעיים בלבד. עד לשנים 1920/25 הם צוינו אך ורק באמצעי הגנה אלקטרומגנטיים. כך למשל סיפקה חברת Siemens & Halske & Halske כבר בשנת 1886, מפסק זרם אוטומטי עם הגנה אלקטרומגנטית למערכת גנרטורים העובדים במקביל.

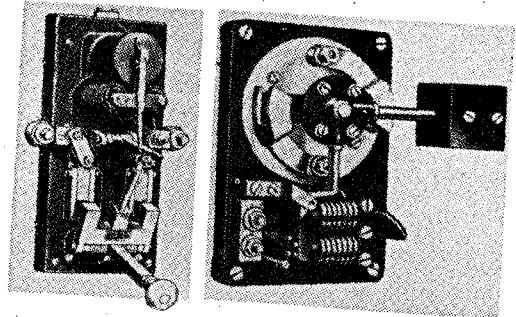
סמוך לתקופה זו הוחל בייצור של "אוטומטים" במפעל Schuckert, Nürnberg, לפי ידע שנתקבל על ידי Hermann Müller.

מפעל AEG פיתח "אוטומטים" דומים בשנת 1892 (תמונות 26, 27). מכשירים אלה היוו את המבחן הדרוש לטכניקות ההפעלה של התקני מיתוג בזרם ישר של אותה תקופה.

תמונה 26

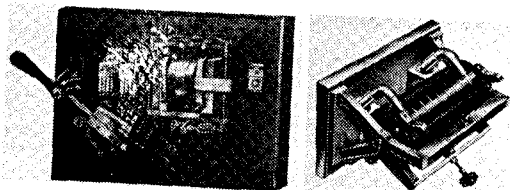


מפסקים אוטומטיים לזרם יתר, לזרם בכוון נגדי ולהעדר מתח בעבודה מקבילה של גנרטורים לזרם ישר.
(Siemens & Halske, 1892)



תמונה 27

מפסקים אוטומטיים להעדר מתח עם מגע באמצעות "פינכת כספית"
(AEG, 1892) (AEG, 1893)



קשיים מיוחדים נתגלו בתחילת ייצור המפסקים להעדר מתח, אשר היו אמורים להפסיק את הגנרטור כאשר המתח ירד בו מתחת למינימום המותר, ובכדי להמנע, עד כמה שאפשר, מהזנת הגנרטור ממצברים, שהיו מותקנים אז ברוב המקומות. למטרה זו שימשו למעשה גם המפסקים למניעת זרם בכוון נגדי. החיסרון של שני סוגי מפסקים אלה, היה בעוצמת המגנט שהותקן בהם ושלא הספיק בדרך כלל להפעלתם. לכן היו מקרים, שצרכן אחד השתמש במפסק להעדר מתח והשני העדיף את השימוש במפסק לזרם בכוון נגדי. ברם, לא עבר זמן רב והופיעו המפסקים עם הגנה בפני העדר מתח והפעלה אלקטרומגנטית, בעלי כושר הפסקה ומהירות מוגדלים, שהחליפו כיחידה אחת את 2 המפסקים הנפרדים. כמגעים למפסק האוטומטי, השתמשו בזמנו ברוב המקרים בכספית, אולם כבר בתחילת שנות ה-90 עברו לשימוש בנחושת, הואיל ולשימוש בכספית היו מספר חסרונות (לדוגמה: התאדות, התזת הכספית בזמן הפסקות קשות ועוד...). פיתוח נוסף היוו המגעים דמויי המברשת אשר היו מקובלים בין מתכני המפסקים בשנות ה-90, למרות, שאף לשיטה זו היו חסרונות (נטיפות מותזות של חומר המברשת מנעו מגע טוב בין השטחים וגרמו לשריפת החלקים). בנוסף לכך המגעים בצורה זו היו יקרים, היות והמברשות היו בנויות מפחי נחושת דקים שעלותם היתה גובהה. רק בשנת 1930 הפסיקו את הייצור בשיטה זו, כאשר החלו המתכננים להשתמש יותר ויותר במגעי לחץ וציפוי שכבת מתכת אצילה על שטחי המגעים.

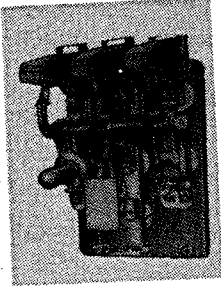
בגלל השימוש הכמעט בלעדי בזרם ישר, באותה התקופה, היו בשימוש אוטומטים חד-קטביים בלבד. עם הרחבת השימוש בזרם חילופין (תלת-מופעל) חיברו ביחד שלושה אוטומטים חד-מופעיים. פיתרון זה היה יקר והוחלף ב"אוטומט" תלת-מופעל בעל ציר משותף.

הצעד החשוב ביותר בפיתוח המפסקים האוטומטיים טיים היה בשנת 1900 בערך, כאשר פותח המפסק האוטומטי שהיה בעל מנגנון מיוחד שמנע את חיבור המפסק בזמן קצר. לפני פיתוח מנגנון זה, פתרו בעיה זו על ידי חיבור המפסק האוטומטי בטור עם מנתק. מפסקים מסוג זה נקראו מפסקים בעלי מנגנון "להפסקה חופשית".

האוטומטים הראשונים. עם "הפסקה חופשית" שפותחו על ידי שני מהנדסים: Schieman-Stobrowa ממערכת התחבורה העירונית ב-Dresden היו מגושמים ואלה קיבלו את צורתם הסופית בשנת 1900 על ידי המהנדסים Lux ו-Müller ממפעל Schuckert. בשנות 1925/30 חלו צעדים מכריעים בפיתוח ייצור המפסקים. הוכנסו לשימוש "המגעים הנפרדים" עם לחץ סגולי גבוה על שטחי המגע. שטחי המגע היו נקודתיים או בצורת קו, בנוסף לכך צופו המגעים בכסף, כל אלה איפשרו חיבור חוזר מידי של המספק. לאחר הפסקה, אפילו במקרה של קצר קשה ללא נזק למגעים וללא צורך בניקוי המגעים, כפי שהיה מקובל עד לפיתוחם של מגעים חדשניים אלה. המפסקים החדשים נבנו על מסגרת פלדה או על מסגרת ברזל יציקה. המסגרות וכן צירי המפסקים

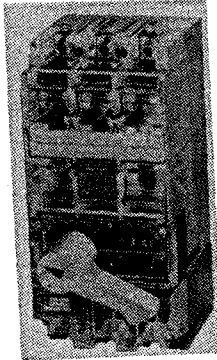
תמונה 28

מפסק אוטומטי תלת-מופע
בהפעלה ידנית 30...600
אמפר
(AEG, 1910)



תמונה 29

מפסק זרם קומפקטי
אוטומטי ל-250 אמפר
(Klöckner-Moeller, 1960)



הקו מיד לאחר הפסקתו עקב תקלה. וזאת כתוצאה ישירה מהתפתחות האוטומציה וייעול הייצור של מפסקי העומס האוטומטיים.

היו מבודדים בבקליט, בהתאם לצורך. הדור החדש של "האוטומטים" צוייד גם בתאי-כיבוי שאיפשרו הגדלת כושר הניתוק. (לדוגמה: בשנת 1900 פותח מפסק זרם בעל כושר ניתוק של 1000 אמפר. בשנת 1910 הוגדל כושר הניתוק ל-5 ק"א ובשנת 1930 ל-30 ק"א.)

לאחר שנת 1950 הוחל בפיתוח מפסקים מדגמים חדשים. בבניית מפסקים אלה ניתנה תשומת הלב בעיקר להגברת כושר הניתוק ולהקטנת מימדי המפסק. נוסף לכך, תוכננו בגרמניה לראשונה מפסקים קומפקטיים, דוגמת אלה שפותחו בארה"ב, שם הם יוצרו כבר שנים רבות. מפסקים אלה יועדו בדרך כלל לזרם של 400...600 אמפר (ראה תמונות 28, 29) מספר יצרנים הצליחו אף לייצר מפסקים קומפקטיים לזרם עד 3000 אמפר.

במשך הזמן נוצר צורך דחוף בהגדלת כושר הניתוק של "האוטומטים" הזעירים והבינוניים. הוראות VDE דרשו בזמנו כושר ניתוק גבוה עבור מפסקי זרם גדולים בלבד. למפסקים הזעירים הסתפקו בכושר ניתוק נמוך יחסית. בזמנו, בהתאם למבנה הרשת דאז, ענו הוראות VDE אלה לנתוני הרשת. עם התפתחות הרשת וגידול העומסים החשמליים היה צורך בפיתוח דור חדש של מפסקים, המצטיינים, כאמור, בכושר ניתוק גבוה של 50 ק"א במפסק של 63 אמפר זרם נומינלי ושל 100 ק"א במפסק ל-160 אמפר זרם נומינלי, במתח 380 וולט. מפסקי העומס האוטומטיים, שהיו "מקופחים" שנים רבות בשימוש לעומת הנתיקים שהם בעלי כושר ניתוק גבוה ועדיפים בגלל מחירם הנמוך, יחסית, והסלקטיביות שלהם, חזרו בשנים האחרונות לשימוש. יתרה מזאת, הם מאפשרים גם את חיבור

חדשות חברת החשמל

"עבודות פינוח גדול-תהיב"

בימים אלה הסתיימו עבודות הנחת כבלי מתח גבוה תת-קרקעיים ברחוב קפלן בתל-אביב. העבודה, שבוצעה על ידי מחלקת חליב ורת"ק במחוז דן, היא שלב נוסף בפיתוח רשת החשמל של העיר הגדולה, לאור הצרכים הגדלים והולכים של מרכז העיר ולשם הגדלת אמינות אספקת החשמל לצרכנים.

היא מהווה שלב שני בפרוייקט של הולכת החשמל מתחנת המיטנה רדינג, שבצפון העיר, אל מרכז העיר (שלב ראשון כלל העברת קווים תת-קרקעיים בנחל הירקון).

כן מסתיימות בימים אלה עבודות התשתית של רשת תת-קרקעית במדרחוב של נחלת בנימין והחלו חיבורי הבתים לרשת התת-קרקעית. חלק הארי של העבודה בוצע בשיתוף הפעיל של קבוצות רשת חליב מאיזור אשקלון ואיזור אשדוד. מנהל מחלקת חליב דת"ק במחוז דן, יצחק אריאלי, ביקש לציין לטובה

את עבודתן המסורה ואת הרמה המקצועית של הקבוצות ולהודות להן, ולמנהלי האזורים שהואילו לשחרר למטרה זו. כן נסתיימו עבודות חיבור בתים לרשת תת-קרקעית ברחוב יחיעם בשעות התקווה. במסגרת עבודה זו שנועדה לשיפור חזות השכונה, חוברו לרשת 36 בתים.

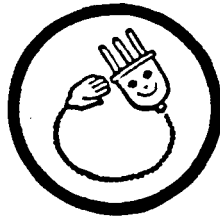
"פיקוד מזהוק מוגיני לזילקה"

לאחרונה חוברו תחנות המשנה פארן ואילת למערך של פיקוד מרחוק, המופעל מחדרי הפיקוד של הפיקוח הארצי על העומס בחיפה ופיקוח המשנה ברמת השרון.

המערכת כוללת מדידות, אינדיקציות, ופיקודים ומאפשרת לחבר קווי מתח גבוה ומתח עליון לצורכי עבודה ובמצב של תקלות בקווים, דבר המקצר בהרבה את זמן הפסקות החשמל לצרכנים בערבה.

מדור שרות פרסומי לקוראים

"התקע המצדיע" 38



למעוניינים במידע נוסף !

כדי לקבל מידע נוסף:

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

מספר

רחוב/שכונה

ישוב:

מיקוד:

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

38/11	38/10	38/9	38/8	38/7	38/6	38/5	38/4	38/3	38/2	38/1
38/22	38/21	38/20	38/19	38/18	38/17	38/16	38/15	38/14	38/13	38/12
38/33	38/32	38/31	38/30	38/29	38/28	38/27	38/26	38/25	38/24	38/23
		38/42	38/41	38/40	38/39	38/38	38/37	38/36	38/35	38/34

הודעה למערכת:

התלוש למידע נוסף יענה עד יום 31.12.86 לאחר תאריך זה יש להפנות את בקשות המידע ישירות לחברות המפרסמות.

גזור ושלה !

לך על בטוח

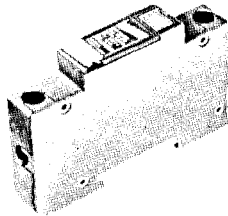
הגן על ציודך בפני מתחי יתר וברקים!

הנה
לחמלאי הראש!
האפשר!

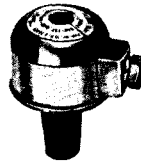


מתח יתר ל - דהן מוגן

מגן מתח יתר
וברק
VM 280 10 KA



הגנה על אספקות
חשמל
לפסי צבירה.

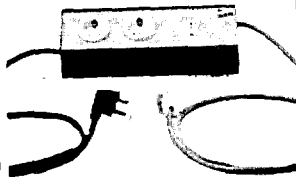


מפרץ מוגן
התפוצצות
ExPS

מפרץ אמין
למניעת ניצוצות
באטמוספרות
נפוצות.

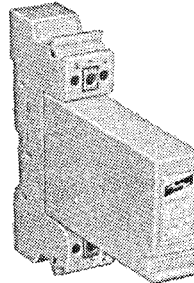
הגנה
למסופים
ולמערכות
מחשבים CS

הגנה משולבת -
מגינה בפני מתחי יתר
DATA בקווי
(תקשורת V₁₁ V₂₄
RS 232)
ורשת החשמל.



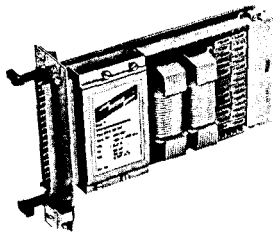
בליצדוקטור
BLITZDUCTOR
KT

מגוון התקנים
להגנה עדינה
(1.3 x Un)
על קווי תקשורת
מחשבים, מסופים,
טלקס וכיו.



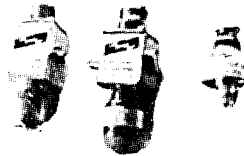
מגן מתח יתר
BEE

הגנה על מחשבים
מסופים,
מרכזיות טלפונים,
וכו', בפני מתחי יתר
לאדמה ובין זוגות
הקווים (50KA).



הגנה UGK ל-
COAX
CABLES

הספק שידור
עד 5 KW



זכור, הנזק העקיף יכול להיות חמור יותר מהנזק הראשוני לציוד!

אנו לשרותך במידע ויעוץ
הנדסה אלקטרומכנית חיפה בע"מ
יצרני לוחות וציוד מיתוג חשמלי לתעשייה ולבנין
מקבוצת קצנשטיין אדלר



סיקל! ארדילן החדשים!

רח' המוסכים 22, ת.ד. 20033 דואר משרד הרישוי, מפרץ חיפה, טל. 727174/5, 04-721934

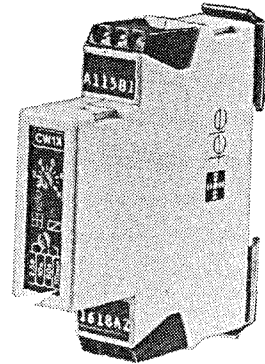
DEHN+SOHNE נציגות בלעדית: די.אס.בי. הנדסה בע"מ

tele  haase

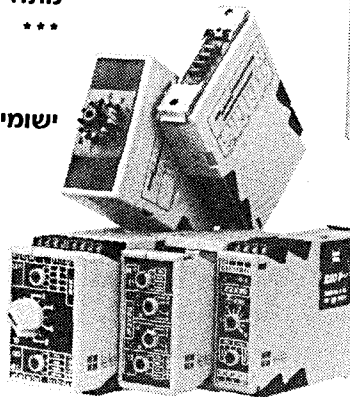
קוצבי זמן ויחידות בקרה אלקטרוניות

קוצבי זמן אלקטרוניים

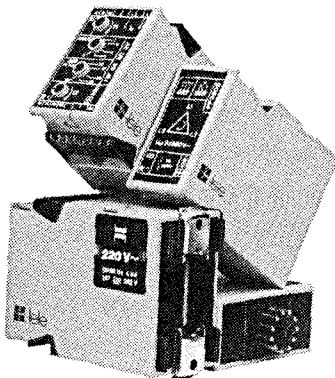
- יציאה — ממסר מגע מחליף או טרייק
- זמנים — כל סוגי הזמנים
- הרכבה — על מסילה או תושבת
- מבנה — דגם clip מודולרי
- מתח — כל סוגי המתחים
- *** — דגם 20 ÷ 240V AC/DC clip
- — דגם vxo שנאי מתח מודולרים
- ישומים — 6 ÷ 440V AC/DC לפי דרישה
- — השהייה בהפעלה בניתוק מהבהב מחזורי ניגוב ועוד



דגם clip
למידע נוסף סמן 2 / 38



דגם vxo
למידע נוסף סמן 3 / 38



למידע נוסף סמן 4 / 38

בקרים תעשייתיים

- יציאה — ממסר מגע מחליף
- הרכבה — על מסילה או סוקט
- ישומים — בקר מתח חד פזי, תלת פזי, בקר חוסר והפוך פזה ובקר זרם

פיסום אלי בע"מ - חיפה

שלמה כהנא סוכנויות בע"מ

סוכנויות יבוא ושוקק לציוד חשמלי ואלקטרוני

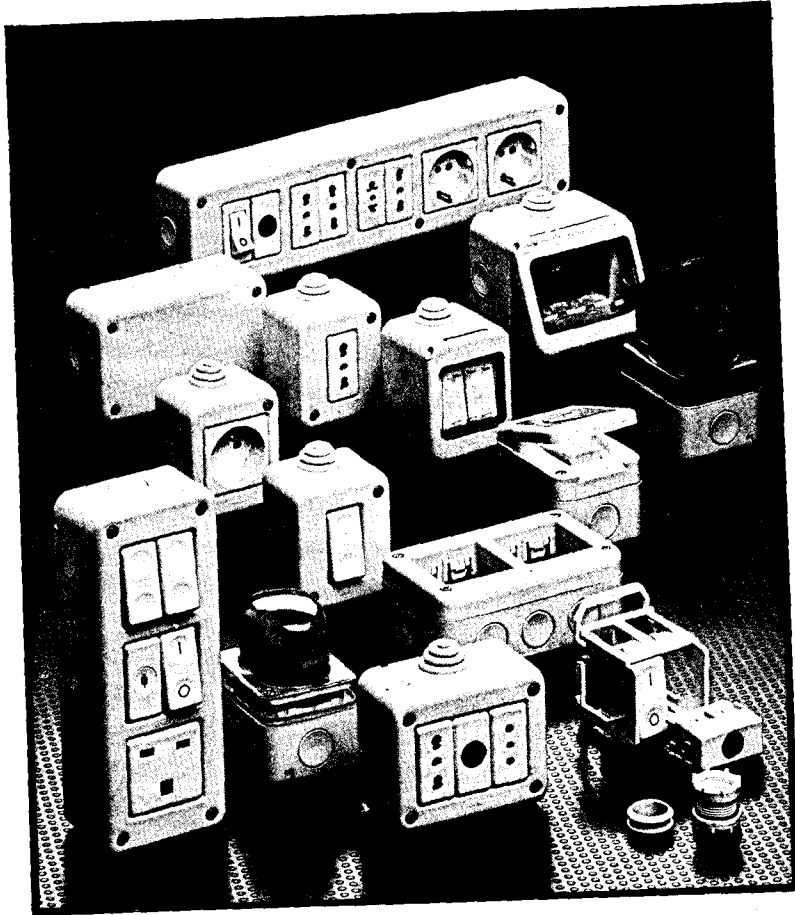
רח' נחלת בנימין 72-70 תל-אביב, טל. 03-660747



המודולריים של GEWISS

GEWISS

סדרת 9000 על הטיח



סדרה חדשנית של מפסקים, לחצנים, שקעים, עמעמים, נוריות סימון, פעמונים, זמזמים וכל שאר האביזרים החשמליים – הכל ביחידות מודולריות הניתנות להרכבה עצמית להתאמה, עה"ט, משוריין אטום IP557, ועל גבי תעלות ולוחות חשמל. התקנה נוחה, בטיחות מירבית, בעיצוב יפיפה וגימור מושלם. סדרת 9000 מאושרת ע"י מכון התקנים הישראלי. לקבלת קטלוג מפורט והדגמה פנה ל

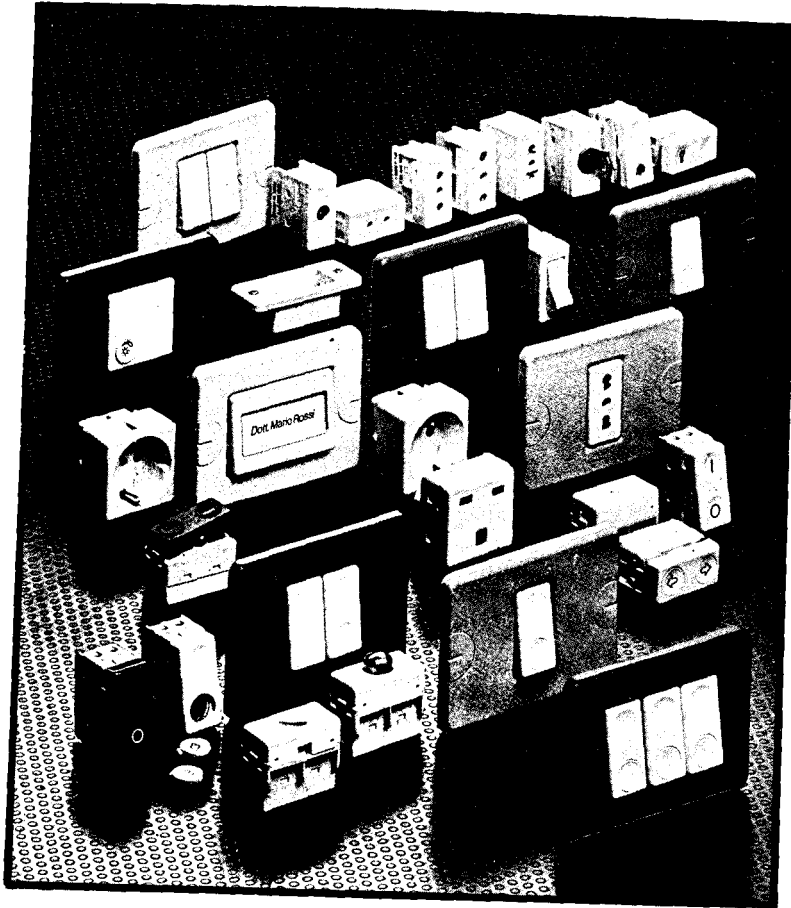
חברת **זאב שמעון** בע"מ

שד' ושינגטון 18 ת"א, 66086, טל': 03/834111

המודולרים של GEWISS

GEWISS

סדרת 9000 תחת הטיח



סדרה חדשנית של מפסקים, לחצנים, שקעים, עמעמים, נוריות סימון, פעמונים. זמזמים וכל שאר האביזרים החשמליים - הכל ביחידות מודולריות הנתנות להרכבה עצמית בכל שילוב אפשרי במסגרות בצבעים שנהב, חום, אפור, אדום, ירוק, בורדו, תכלת וורוד. התקנה נוחה, בטיחות מירבית, בעיצוב יפיפה וגימור מושלם - פאר תוצרת איטליה.

סדרת 9000 מאושרת ע"י מכון התקנים הישראלי.

לקבלת קטלוג מפורט והדגמה פנה ל-

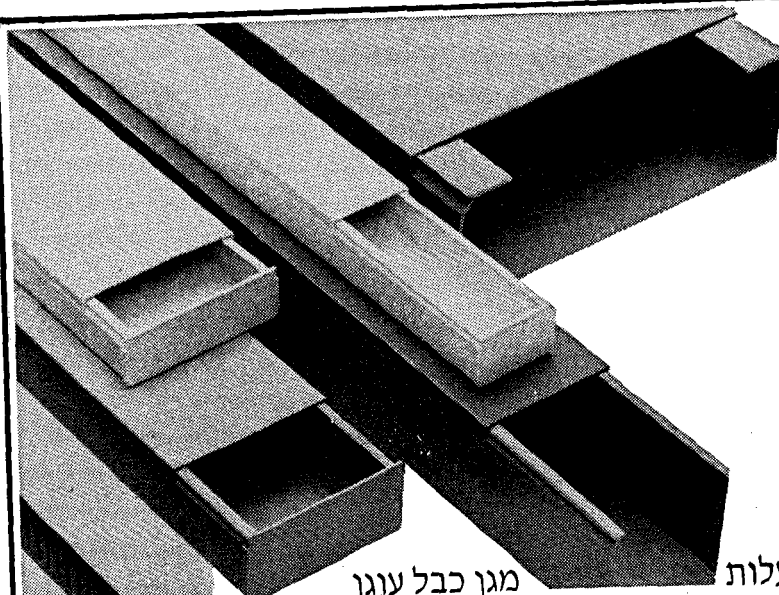
חברת **זאב שמעון** בע"מ

שד' ושינגטון 18 ת"א, 66086. טל': 03*834111

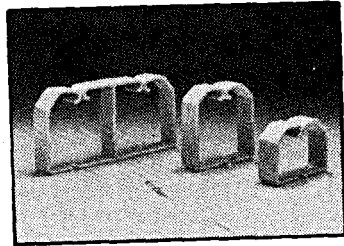
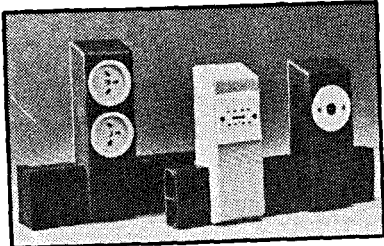
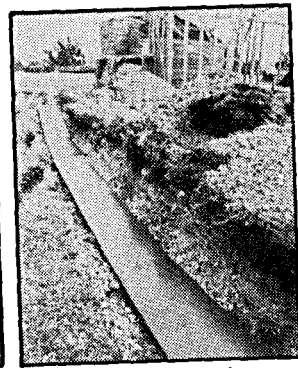
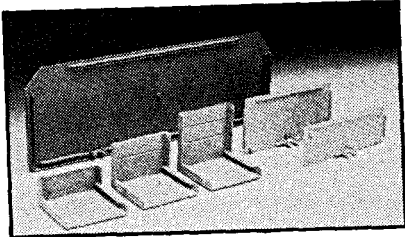


פלגל
תעשיות מוצרים
פלסטיים

חפצי בה
ד.נ. גלבע 19135
טלפון: 065 31094-5
טלקס: 46381
משרד תל אביב
טלפון: 03 253405-6



מגן כבל עוגן סופיות לתעלות



תעלות פלסטיות לחשמל,
תקשורת ומחשבים

מחזיק כבלים

מגן לכבלים
תת קרקעיים

תעלות ופרופילים

חשמל • בקרה • תקשורת • מחשבים

פירסום אילי בע"מ - חופה

**A.B.S.B. Automation, Control,
Drive**

Electronic devices & systems



א.ב.ש.ב. אוטמציה, בקרה, הנע

אביזרים ומערכות אלקטרוניות

כל מוצרי אלקטרוניקה תעשייתית - תחת גג אחד.



קוצבי זמן

- * קוצבי זמן אלקטרוניים: השהייה בהפעלה, בהפסקה, מהבהבים, ניגוב, לכוכב-משולש, רב-תפקידיים, מקבילים וטוריים

סנסורים

- * אלקטרו אופטיים, סיבים אופטיים
- * גששי קירבה: השראתיים, קבוליים ומגנטיים
- * אולטרה סוניים נקודתיים, ו/או למדידה רציפה (4-20MA)

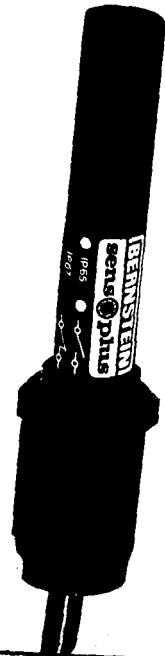
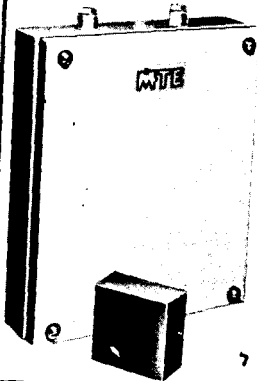
בקרים

- * בקרים מתוכנתים מתוצרת *EBERLE* - מע'י גרמניה.
- * בקרים מתוכנתים מתוצרת *MTE* - אנגליה. עם 8 כניסות אנלוגיות
- * בקרים לרשת החשמל
- * בקרי טמפרטורה אלקטרוניים
- * בקרים לפרמטרים מכניים
- * מוביל פולסים

הנע

- * מתנעים רכים
- * ווסתי מהירות
- * מתנעים רכים לחסכון באנרגיה

מ ל ר ב ה פ ר י ט י מ מ ה מ ל א ו



רח' קריניצי 5 ר"ג - 52453
טל! 739121, 03-735910

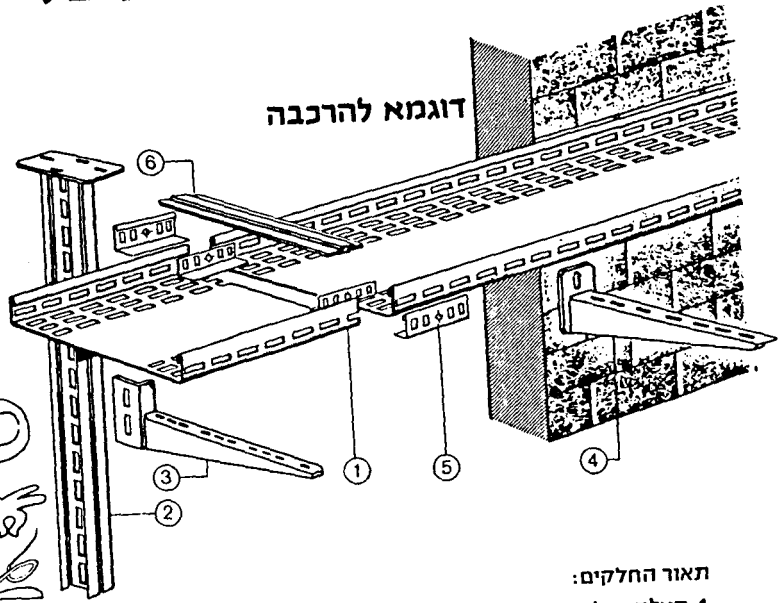
כתובתנו החדשה:

לירד שיווק בע"מ

ת.ד. 609 נצרת עילית, טל. 065-74434

תעלות וסולמות כבלים MFK

דוגמא להרכבה



בכבלים
שבתעלות לירד
אני לא נוגע...
— מואר וקריר
שם מדי!....!



תאור החלקים:

- 1 תעלת כבלים
- 2 תומך תלוי
- 3 משען לתומך תלוי

- 4 משען קיר
- 5 חיבור הגיתון לכיפוף
- 6 פלטה לחיבור עליון

החל מינואר '86 קיים במלאי.

אינטר אלקטריקה

שרות וביצוע
עבודות חשמל בע"מ
ביצוע עבודות חשמל בתעשיה
בתי קרור, מכוני תערובת, בתי אריזה



נצרת עילית, אזור תעשיה ב', רח' העמל 3
ת.ד. 609, טל. 065-74434

פרסום אלו בע"מ - חיפה

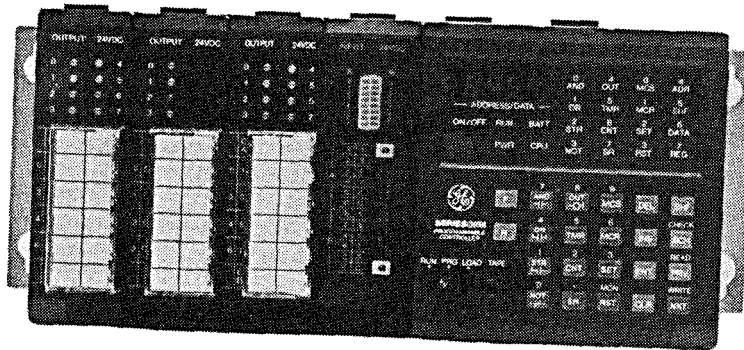
חדש

GENERAL ELECTRIC

חדש

GE'S NEW SERIES ONE™ PLUS.

בקר מתוכנת



- * מודולרי עד 168 כניסות/יציאות במודולים בני 4, 8 ו- 16 נקודות
- * פונקציות תוכנה מחוכמות: פעולות אריתמטיות (כפל, חילוק, חיבור, חיסור והשוואה).
- * קריאת ערכים מספריים בקוד בינארי ו- B.C.D.
- * אפשרות ל- REMOTE I/O עד 1 ק"מ.
- * תקשורת למחשב ובקרים גדולים כ- RS232/422
- * קריאת פולסים צרים עד 1m/Sec
- * קריאת פולסים מהירים 10KHZ
- * כניסות ויציאות אנלוגיות
- * הדפסת דיאגרמת הסולם ישירות למדפסת
- * אפשרות לתכנות ב- IBM-PC

על החברה

חברת ג'נרל מהנדסים עוסקת מזה שנים מספר במגוון טכנולוגיות מתקדמות תחת קורת גג אחת.

במחלקת הבקרים המתוכנתים אפשר לקבל שרוחים מגוונים, החל מרכישת בקר קטן ועד למערכת בשיטת TURN KEY PROJECT. למחלקת הבקרים מרכז הדרכה אשר בו מתבצעים ימי עיון וקורסים באופן שוטף.

כמו כן מקיימת המחלקה מערך שירות וחלקי חילוף כדי להבטיח ללקוחותיה שירות אמין ומהיר.

במידה וברצונך לבקר במרכז ההדגמה ליד משרדנו, או להשתתף באחת מפעילויות המחלקה (ימי עיון וקורסים) נא לתאם טלפונית בימים א'-ה' בשעות 07:30 - 16:30.

נציגים בלעדיים לישראל

GENERAL ELECTRIC

PRODUCTS

אזור התעשייה, הרצליה ב. 46105. ת.ד. 557. טלפון 052-552233. טלפקס 341908





לטלמכניק מגוון רחב של אביזרי בקרה אלקטרוניים
בכל המתחים ולכל היישומים:

PROXIMITY SWITCHES

גששי קרבה

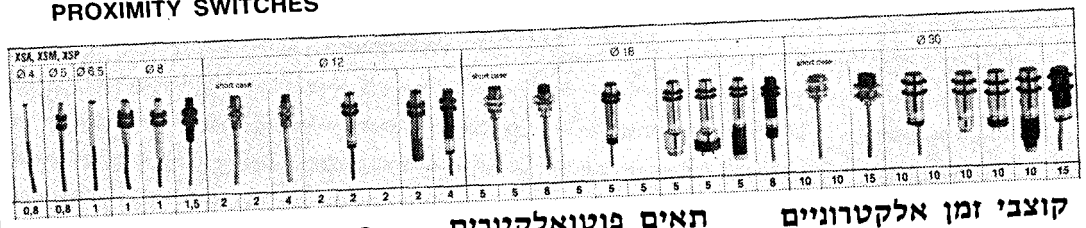
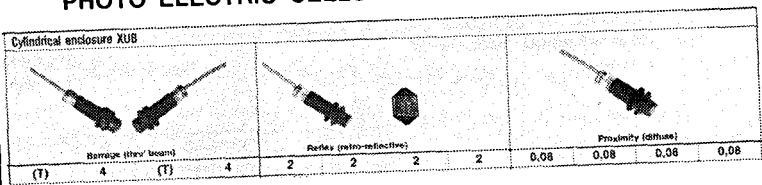


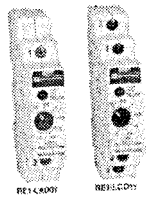
PHOTO ELECTRIC CELLS

תאים פוטואלקטרים

קוצבי זמן אלקטרוניים

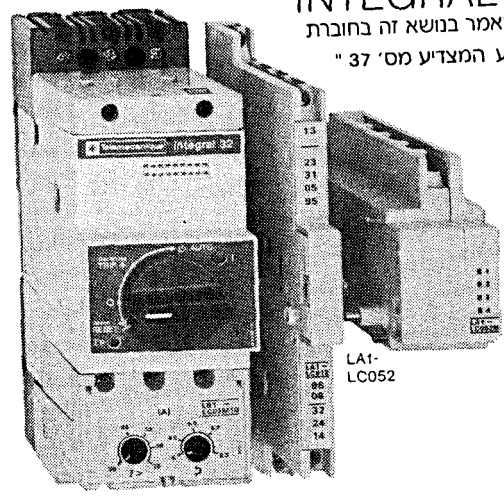
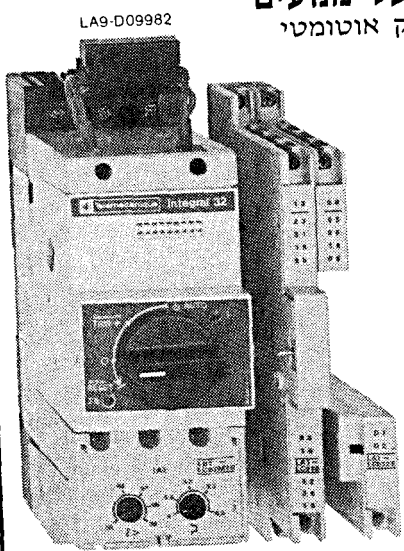


ELECTRONIC TIMERS



מהפכה במיתוג והגנה על מנועים
שילוב חדשני בין מגען למנתק אוטומטי

INTEGRAL 32
ראה מאמרו בנושא זה בחוברת
"התקע המצדיע מס' 37"



LA1-LC010 LA1-LC07**

LA1-LC012

להשיג אצל כל סיטונאי החשמל בארץ או ישירות דרכנו:
ציוד חשמל בע"מ

רח' הבטחון מס' 6 קרית מטלון
אזור התעשייה פ"ת, טל. 03-9234467
ת.ד. 4014, קרית אריה, פ"ת, מיקוד 49130



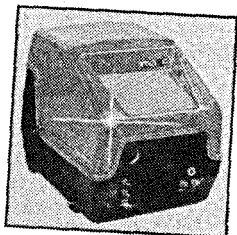
בית הגנרטור **מזה**
mase

GENERATORS

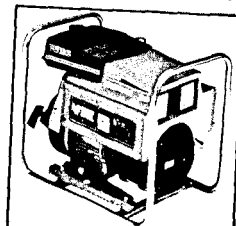
גאה להציג

את היהלום שבכתר

Multiwork®



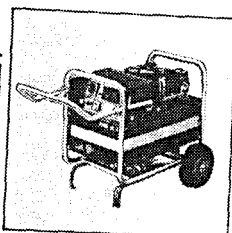
MARINER 3500/6000/12000



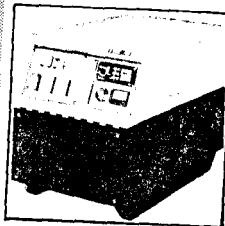
FOX 2500/300/4200/5000



«THE PORTABLE WORKSHOP» (50 Kg!)



DIESEL



שקט 7600 SILENT

הפתרון המושלם!

לחשמלאי להארקת יסוד!

גם ריתוך: A.C. - D.C. 130-170 Amp
 גם חשמל: 220V/50 ~ - 2000-3000 Watt

המבחר הגדול בארץ לגנרטורים ניידים, גודל קטן ובינוני.
 לפיקניק, לבעלי מקצוע, לריתוך. מיוחדים לרכב וקרוואנים.
 גנרטורים ימיים, גנרטורים אוטומטיים לחרום למקלטים, בנקים וכו'.
 מבחר גנרטורים שקטים במיוחד, בנזין ודיזל.

ניתן להשיג:

רח' השפלה 1, תל-אביב, טל. 03-377793
 פינת דרך פ"ת 42 (ע"י התחנה המרכזית)
 או בבית: משה תמיר, צהלה, טל. 03-490174-5

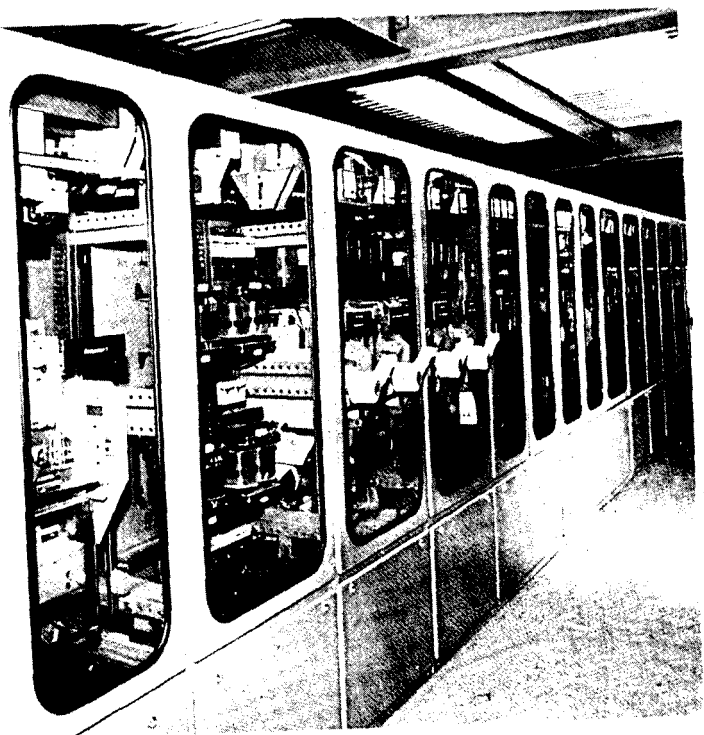
"בית הגנרטור"

פרסום אילי נעים - חיפה

קבוצת קצנשטיין אדלר



עוד צ
מנתקי ה
ZM 4
MH 4



על ציוד
אפש

ניה

קבוצת קצנשטיין אדלר אנו תמיד קרובים אליך:



קצנשטיין אדלר תעשי
קצנשטיין אדלר ושות'
א. הנדל קצנשטיין אד
הנדסה אלקטרומכנית
ה. א. מ. שיווק בע"מ
לוחות והנדסת חשמל
קצנשטיין אדלר תעשי

מלאי חלפים

בנקת איכות

שרות

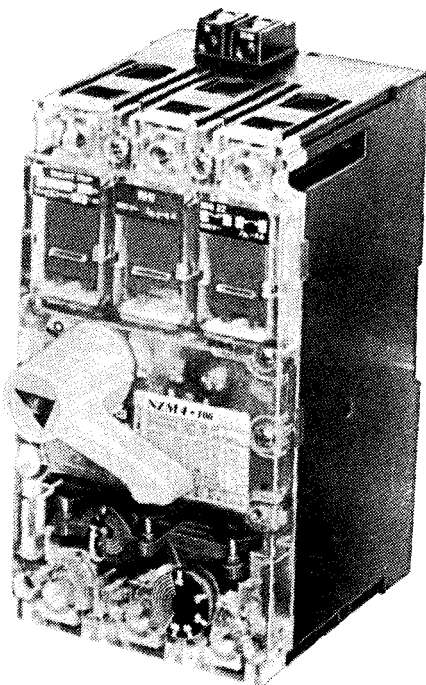
ייצור

חכמון

אמינות

אחריות

איכות



עד קדימה... ספק אוטומטיים עד 100A NZ עד 100A NZM



מיתוג קלוקר מלר ור תמיד לסמוך.

לשם קבלת מידע נוסף
לפנות למשרדינו הטכניים

ירושלים טל. 02-536332
 באר-שבע טל. 057-35916
 תל-אביב טל. 03-614032
 תל-אביב טל. 03-614668
 ראשון-לציון טל. 03-999844
 תל-אביב טל. 03-623421

ק.מ.ק הנדסת חשמל בע"מ
 ק.א. אלקטרומכניקה באר שבע בע"מ
 טקסל אלקטרוניקה בע"מ
 סולקון תעשיות בע"מ
 מיתוג בע"מ
 אסטרגל בע"מ

טל. 03-614668
 טל. 03-614668
 טל. 03-614776
 טל. 04-727174
 טל. 04-727174
 טל. 052-24003
 טל. 051-26719

תל-אביב (1975) בע"מ
 תל-אביב בע"מ
 תל-אביב (התקנות) לר בע"מ
 חיפה בע"מ
 חיפה
 כפר-סבא
 אשקלון (סניף אשקלון) כפר-סבא בע"מ

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 ~ 3.
- ★ 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

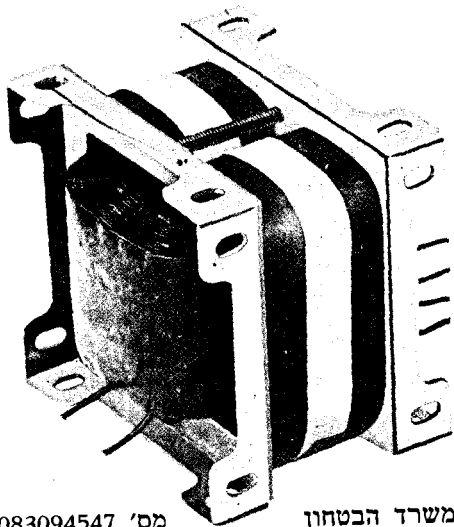
ברק כ"ח

ייצור טרנספורמטורים (שנאים)

רח' רורגו 8, פינת שד' הר ציון 91

תל-אביב

או בחנויות חומרי חשמל



ספק משרד הבטחון מס' 0083094547

שד' הר ציון 91 (סמטת רוויגו 8)

טל: 03-377692 ת"א

"אוריון" ORION

חשמל
לתעשייה

מבנים ורשת

ביצוע, אחזקה, תכנון ופקוח

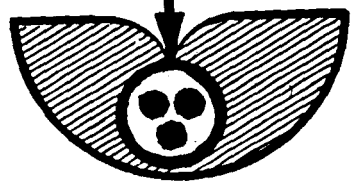
מערכות — אזעקה, גילוי אש,
אינטרקום, מחשבים ותקשורת

טבריה — ת.ד. 457, רח' אילת 1

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

למידע נוסף סמן 38/14

בדקן כבל



בדיקת כבלים
קביעת מקומם בשטח
אתור מקום התקלה

מרקו אלקלעי - מהנדס חשמל

ת.ד. 27154, יפ"ר 61271

טלפון: 821661

קשטון חומרי השמל בט"ח

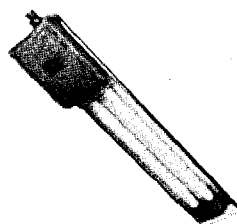
אלבני 121, ת"א, 61007, ת.ד. 802, טל. 613208, 623854, 613925
 מח' מכירות: קיבוץ גלויות 24, ת.א., טל: 810958, 835025, 829469, טלסקס: 341292 ASTR IL

...ויקטור יספק לך את מיתקני התאורה המתאימים



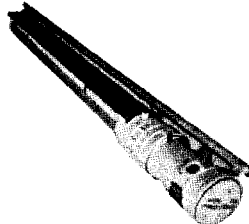
"וייקונט"

גוף פלורסנט כפול או יחיד, Type D, תקן מכון הבטיחות האנגלי ואישור לביטוח מס' 841001.
 דרגה: EEx Ed IIB T5; אטימות: I.P. 67 דף קטלוגי L630/6



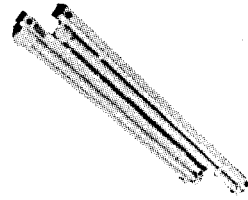
"אקסקליבור"

גוף פלורסנט כפול, Type E, תקן מכון הבטיחות האנגלי ואישור לביטוח מס' 84369.
 דרגה: EEx Ed IIC T4; אטימות: I.P. 67



גוף פלורסנט נגד התפוצצות ותנאי מזג אוויר קשים.

דגם רשום בארה"ב תקן UL מספר 844.
 תואם לדרישות התקן האמריקאי: Class I, Divisions 1 and 2, Groups C and D, Class II and Class III Locations



"רגינט"

גוף פלורסנט יחיד וכפול Type N, תקן מכון הבטיחות האנגלי ואישור לביטוח מס' 81284.
 T3 II אטומים 65 IP. דף קטלוגי L682



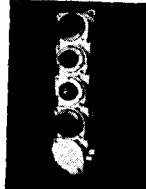
"טיטון"

Type D, גוף תאורה מתאים לנורות כספית 250 W, 400 W, נורות נתרן 250 W, 400 W או 500 קייים גם דגם לתאורת הצפה. תקן מכון הבטיחות האנגלי ואישור לביטוח מס' Ex T3 D II B 80203.
 דרגת אטימות I.P. 66 דף קטלוגי L638/2



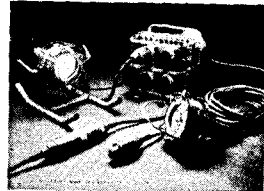
"טיטון"

Type D, גוף תאורה מתאים לנורות נתרן 70 W, נורות כספית 80 W, 125 W, נורת ליבון 200 W ונורת כספית 160 W ללא משנקה. הדגם ניתן לאספקה גם כגוף תאורה מהבהב.
 תקן מכון הבטיחות האנגלי: דרגת אטימות Ex D II B T3 80059.
 דרגת אטימות I.P. 66 דף קטלוגי L637/3



מערכת נורות סימון

Type "D", תקן מכון הבטיחות האנגלי ואישור לביטוח מס' Ex: T4 II B D 76130.
 דף קטלוגי L634/1



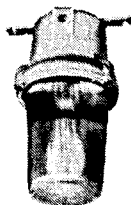
"ספטר"

Type "D", מערכת תאורת יד יבדת, תקן מכון הבטיחות האנגלי ואישור לביטוח מס' Ex: T3 II B D 76200/1.
 דרגת אטימות I.P. 66 דף קטלוגי L641-1



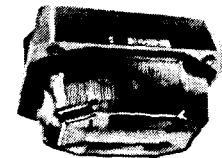
"וייקונט"

גוף לתאורת חרום Type D, גוף פלורסנט עם מערכת חרום. D.C. תקן מכון הבטיחות האנגלי, ואישור לביטוח מס' Ex: T6 IIB SD 79163X.
 אטימות I.P. 56 דף קטלוגי L 639



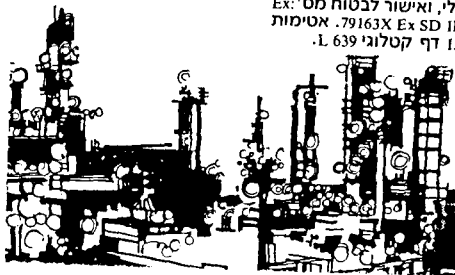
"מונרה"

מתאים לאזור Zone 2, גוף תאורה לנורת נתרן 70 W נורת כספית 80 W, 125 W, או 160 W ללא משנקה. נורת ליבון 200 W. תקן מכון הבטיחות האנגלי ואישור לביטוח מס' Ex: T4 II B N 76084/B.
 דרגת אטימות I.P. 67 דף קטלוגי L681



"בלקהד"

גוף תאורה דגם "אוניה" מתאים לנורת נתרן 70 W, נורת כספית 80 W ונורת ליבון עד 150 W. מתאים לאזור Zone 2 קייים גם דגם עם זכוכית צבעונית למינחת הליקופטרים.
 דף קטלוגי L673/L677



הגד מהם התנאים....

Victor LIGHTING



ALLEN-BRADLEY



מהפכה!

PLC - 5/15

בקר

קטן

ביצועים

גדולים

- ★ זכרון 14K-6, 1/0 512
- ★ יחידות I/O מקומיות ומרוחקות
- ★ P.I.D — קבועי בקרה אנלוגית בחוג סגור
- ★ ביצוע מתקדם של פקודות מתמטיות (נקודה צפה, 6 ספרות, שורש ריבועי וכו')
- ★ תיכנות בדיאגרמת סולם סטנדרטית או בשיטה חדשנית: דיאגרמת מלבנים לוגית המשולבת ב־ ZOOM
- ★ תקשורת peer-to-peer בין בקרים, תיכנות מרוחק
- ★ איכות ALLEN BRADLEY — מס' 1 בעולם.

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



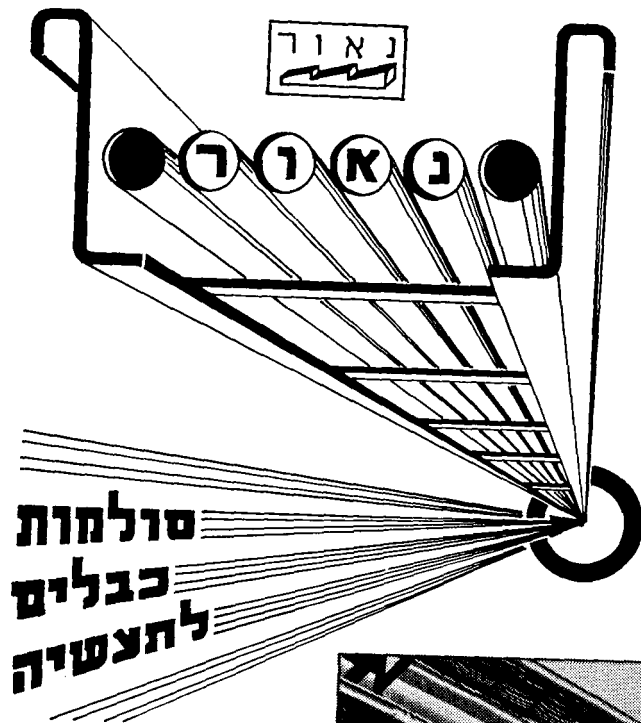
קונטל

הנדסת מכשור ובקרה בע"מ

CONTEL

CONTROL INSTRUMENTATION ENGINEERING LTD

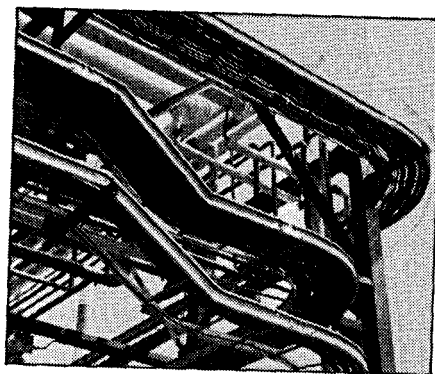
יצור אספקה והתקנה של סולמות כבלים מודולריים לתעשייה



סולמות
כבלים
לתעשייה

אנו מציעים:

1. פתרון לכל תוואי - סולם כבלים מודולרי
 2. מגוון רחב של מידות ופניות שונות
 3. חוזק מיכני מותאם לעומסים עד 200 ק"ג למ'.
 4. ציפוי אבץ חם 77 מיקרון או צבע לפי דרישה.
- אחריות 10 שנים לציפוי.
אספקה מהירה



בדבר מידע נוסף וקטלוג הזמנות נא לפנות למשרדינו:

NAOR LTD.

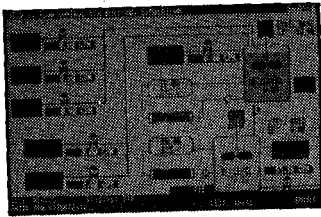
קבלני חשמל לתעשייה

נאור בע"מ

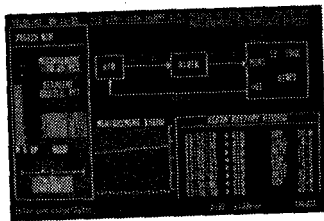
מפ"ץ חיפה, רח' חלוצי התעשייה 79, ת.ד. 10256, 70, 724834, 04-724528 TEL. POB. 10256 HAIFA-BAY

תוכנת תקשורת בין מחשבי IBM-PC/XT/AT ו-IBM תעשיית, לבין בקרי GOULD-MODICON, ובקרים מתוכנתים אחרים.
 התוכנה כוללת חבילת תקשורת MODBUS לתקשורת בין המחשב לבקרים, (או חבילת תקשורת לבקרים אחרים), מחולל יישומים גרמי וחבילת תוכנה לביצוע בקרה (כגון P, מתמטיקה ועוד).
 החבילה מאפשרת עבודה ב-MULTITASKING עם כל המחשבים הנ"ל, כלומר: יחד עם תוכנת ה-FIX ניתן להריץ תוכנות נוספות כדוגמת 1-2-3, LOTUS.

- * התכנה יכולה להתחבר בעת ובעונה אחת עם מאות בקרים.
- * אין הגבלה על מספר המסכים.
- * המסכים יכולים להיות בעברית וראו אנגלית.
- * ניתן לחלק כל מסך לחטעות, כאשר בכל חטון ניתן להציג אינפורמציה בצורה שונה, כגון: TUI, ALARM, BARGRAPH, TREND, GRAPHICS, TEXT.
- * בכל מסך ניתן להציג נתונים ממספר רב של בקרים.
- * הדיפדוף נעשה כך שמכל מסך ניתן להגיע לכל מסך ללא צורך בתפריטים.



- * מכל המסכים ניתן לבצע המעלות ולקבל דווחים עיני הווה ה-CURSOR על הרכיב המבוקש והקשת ENTER.
- * ניתן לחסום כל תמונה ב-PASSWORD נפרד.
- * מספר המקשים הדרוש לתפעול המערכת הוא 5 בלבד !!!
- * כל התוספות והשינויים נעשים ON-LINE.
- * ניתן לתגדיר פרמטרים של אלמנטים בעברית.
- * תעד החבילה מצוי על הדיסק, כך שבכל שלב ניתן עיני בקשת HELP לקבל על המסך את קטע ההסבר הרלוונטי לפעולה אותה שמדים לבצע.



אפקון בקרה ואוטומציה בע"מ
 מקבוצת פויכטונגר תעשיית

רח' פינסקר 14, ת"א 63421, ת.ד. 4857, ת"א 61048.
 טל: 03-299617, טלפקס: 33665 FEUCO IL.

- FIX

מערכת לקשר

אדם מכונה

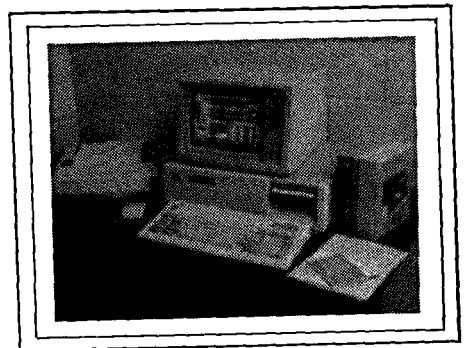
בעברית

התוכנה הטובה ביותר,
 הגמישה ביותר והנוחה ביותר.

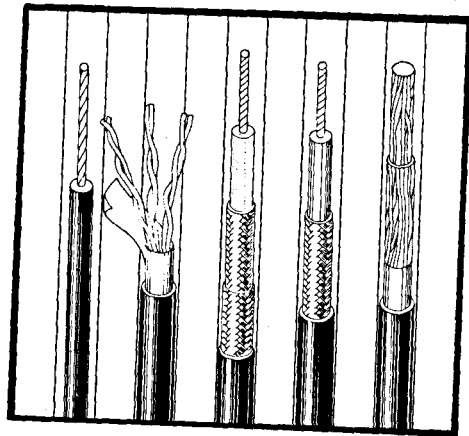
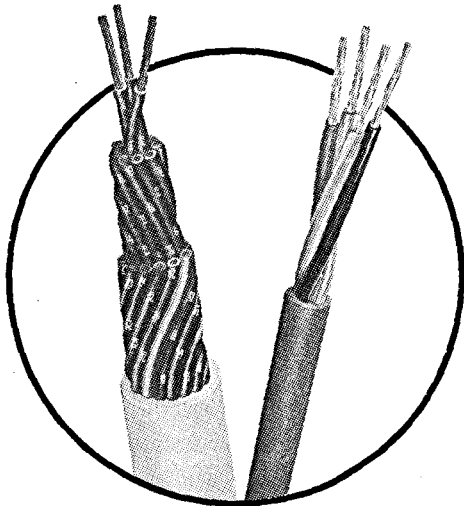
M.M.I-

MAN-MACHINE

INTERFACE



כל סוגי הכבלים תחת קורת גג אחת



כבלים מכל הסוגים ובמלאי שוטף:

- כבלי אלקטרוניקה, מיכשור, מחשבים, קואקסים וכבלים מסוככים בסיכוכים שונים.
- כבלי טלוויזיה TV תקניים T1 וכבלי במבו (BAMBOO) למערכות טלוויזיה במעגל סגור.
- כבלי מתח גבוה XLPE
- כבלים חסיני אש PYROELODOR
- כבלי פיקוד ממוספרים רב - גידים OZJ
- כבלי סיליקון לטמפרטורות גבוהות BIHF
- כבלים לתנאי שטח קשים ולסביבה בעייתית YPUR

ניתן לקבל יעוץ בנושא כבלים למיניהם
סוכנים בלעדיים של:

■ SAB ■ CONZEN ■ EHLERSKABEL ■ NKF

מפיצים בלעדיים של חברת "תרמופיל"

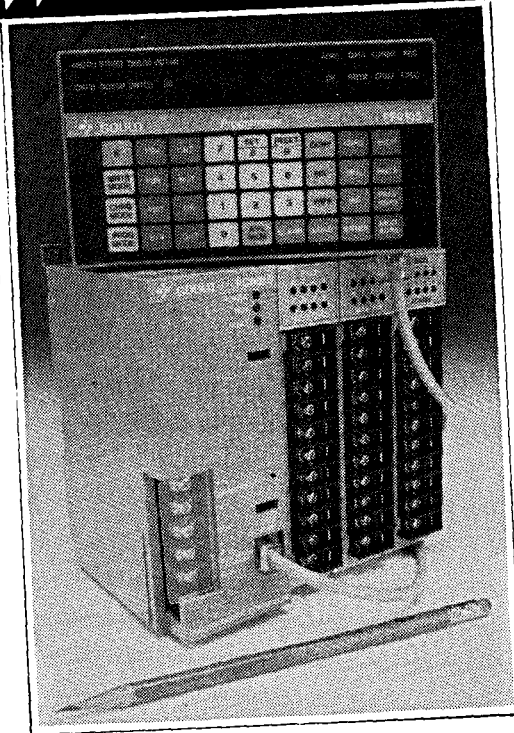
קשטן חומדי השמל בע"מ

אלנבי 121, ת"א, 61007, ת.ד. 802, טל. 613208, 623854, 613925

מח' מכירות: קיבוץ גלויית 24, ת.א., טל: 810958, 835025, 829469, טלקס: IL ASTF 341292

085 - בקר קטן לכל מתקן.

ועכשיו גם
כניסה אנלוגית!!



אטקה

אטקה בע"מ חברה לשיווק והפצה
מקבוצת פויכטונגר תעשיות

רח' בר-כוכבא 6, בני-ברק, ת.ד. 917 בני-ברק 51625.

טל: 03-707146, טלפקס: FEUCO IL 33685

פקסימיליה: 03-707240

תכונות עיקריות

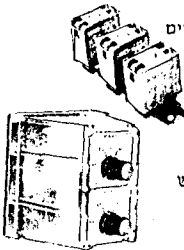
1. מערכת התחלתית גמישה של 24I/O
2. זכרון 1K
3. מגוון מתחי AC/DC לכרטיסים
4. כניסות ויציאות BCD
5. מגעים טרנסיאליים
6. מונה מהיר 5KHZ
7. זמן סריקה 6 mSec
8. מונים וקוצבים נשלטים במפסקי בוהן
9. פעולות חבור בין רגיסטרים
10. 2 מכשירי תכנות
11. ספר הדרכה בעברית



מגטרון אלקטרוניקה ובקרה בע"מ

יצרנים ומפיצים של ציוד בקרה

- מגוון של מערכות התרעה
- קוצבי זמן ומהבהבים
- יחידות להמרת סיגלים
- בקרים מיוחדים
- מפסקי לחץ, טמפרטורה וזרימה
- מתקנים ומערכות בהתאם למפטי המומין
- מפסקי קירבה אינדוקטיביים
- בקרי גובה (אולטרסונים, אלקטרודות ומצופים)
- אלמוטים פוטואלקטריים
- התנעה רכה ובקרי מהירות

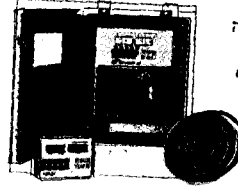


- מגוון רחב של טיימרים: טוריים ומקביליים
- זמנים ממילישניות עד שעות.
- מתחי פעולה מ"ע עד 220 וולט ד"ח
- ציוד אמין - 3 שנים אחריות!
- השתתפות הפעלה, ניתוח, פולס, מחזורי
- דגמים חדשים להרכבת על פס:
- 703-CL השתתפות ניתוח עד 3 דקות
- 704 - טיימר כמו טורי אך עם מגע יבש

למידע נוסף סמן 38/27

MILITRONICS

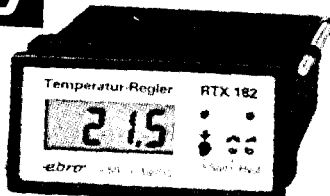
PROCESS CONTROLS FOR INDUSTRY



מערכות מדידה מפלס אולטרע
סוניות
מערכות סקירה למפלס עד 60
מיכלים
דגשי תנועה וסיבוב
מתמרי הספק, מתח זורם

למידע נוסף סמן 38/23

ebro ELECTRONIC GMBH



למידע נוסף סמן 38/28

- בקרי טמפרטורה * מדי טמפ. דיגיטליים ניידים
- צגים ל"מא 20 4+



BEIEL ELECTRONICS

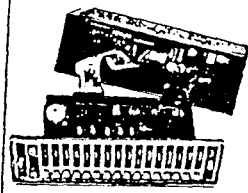
- ★ בקרי מהירות למנועים
- ★ ¼ עד 800 כ"ס
- ★ מעצורים אלקטרוניים
- ★ מתנגעים אלקטרוניים
- ★ מ"ע עד 800 כ"ס

למידע נוסף סמן 38/24

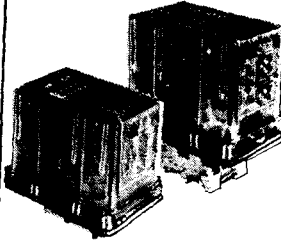
מולטימלקסר לבקרים מתוכנתים MMX-85

יחידת MMX-85 שפותחה ע"י מגטרון מסוגלת לקבל כניסות אנוניות כגון טמפ. RTD, 20mA, 4 - 5V, 1 וכל כניסה אנוניית אחרת. המערכת כוללת 16 מגברים עם 32 פוטנציומטרים לכיוון אפס ותחום לכל כניסה. הסינל ה"מגבר" ממותג באופן אלקטרוני למעגל יציאה בעל תפוקה של 20mA - 4. אותות הפיקוד מהבקר הם פולסים. כל פולס מקדם את המערכת לכניסה הבאה. כדי להבטיח סינכרון מושלם בין הבקר ל-MMX-85, קיימת כניסת RESET שהבקר מפעיל אותה לאחר 16 פולסים. עבור מקרים בהם נדרשת סקירה לא מתוזזת קיימת אופציה של הפעלת המערכת ע"י אותות BCD. כדי לאפשר בדיקה או עבור כיוול ראשוני מותקן במערכת "מעגל קידום ידני". LED שמתקנת ליד כל כניסה מראה איזו כניסה מופעלת. המערכת יכולה להיות מונית ממתח 24 וולט ז"י או חילופין או 220V ז"ח. הויוד הוא ארגז מתכת (או פלסטיק) אטום מתאים להתקנה בשטח

למידע נוסף סמן 38/29



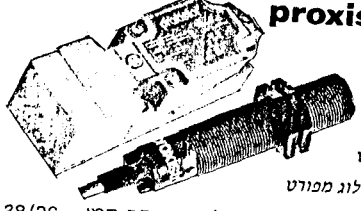
למידע נוסף סמן 38/25



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

למידע נוסף סמן 38/30

Huntleigh Technology proxistor



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

פנה לקבלת קטלוג מפורט

למידע נוסף סמן 38/26



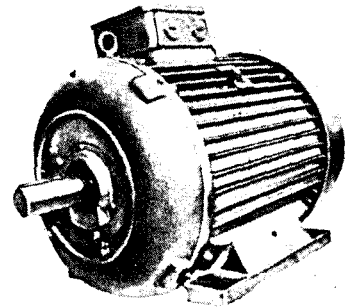
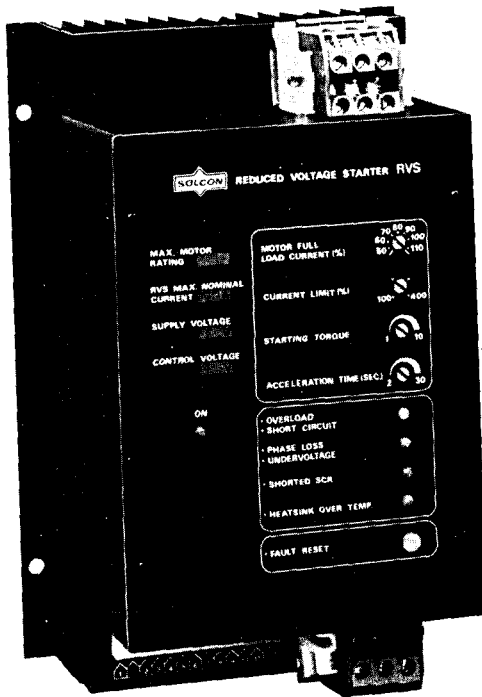
סולקון תעשיות בע"מ

מקבוצת קצנשטיין אדלר

RVS

מתנע אלקטרוני להתנעה רכה 5-400 כ"ס

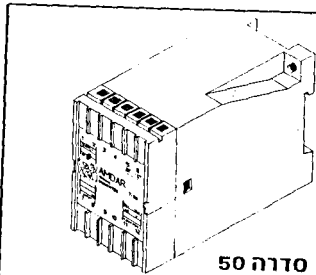
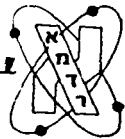
מתנעים אלקטרוניים - שיטת ההתנעה הטובה ביותר
מתנע RVS - הפתרון הטוב ביותר
שווק, שרות ואחריות של קבוצת קצנשטיין-אדלר



פנה אלינו לקבלת מידע נוסף, יעוץ והדגמה.

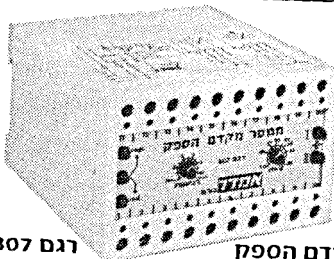
- קצנשטיין אדלר ושות' בע"מ, תל-אביב, טל. 03-614668 • ה.א.מ. שיווק בע"מ, חיפה, טל. 04-532174 • לוחות והנדסת חשמל כפר-סבא בע"מ, כפר-סבא, טל. 052-24003 • קצנשטיין אדלר תעשיות (סניף אשקלון), אשקלון, טל. 051-26719
- ק.מ.ק. הנדסת חשמל בע"מ, ירושלים, טל. 02-536332 • ק.א. אלקטרומכניקה באר-שבע בע"מ, טל. 057-35916
- סולקון תעשיות בע"מ, תל-אביב, טל. 03-614668

אמדר" אלקטרוניקה ובקרה בע"מ



50 דורה

מתמרי זרם מתח ותדירות



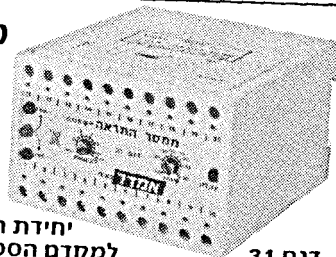
307 רגם

בקר מקדם הספק

ממסר מקדם הספק
לבקר מתוכנת דגם

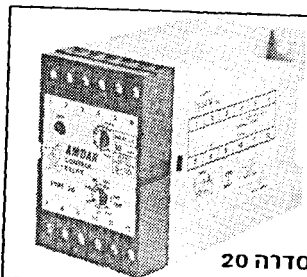
309

$\cos \phi$



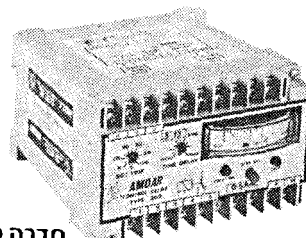
31 דגם

יחידת התרעה
למקדם הספק

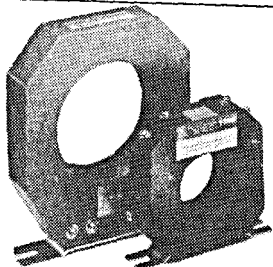


20 דורה

ממסרי בקרה
לזרם ומתח



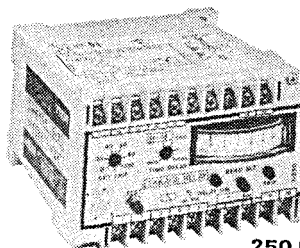
200 דורה



ממסר זליגה
לתעשייה

C.T.55 דגם

C.T.110 דגם

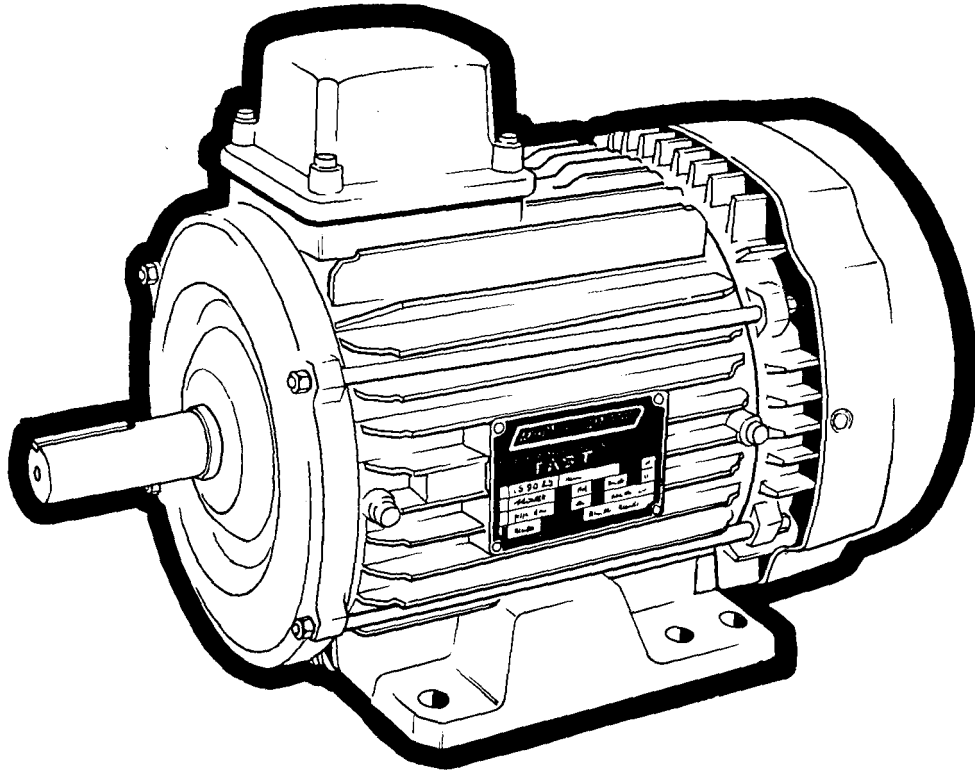


250 דגם

♦29♦

רח' בר-כוכבא 8 - ת.ד. 806 - בני ברק 51261 טלפון 786095 , 03-701548

ליפוף ותיקון מנועי חשמל



- ליפוף ושיפוץ מנועי זרם חילופין (A.C.) בכל הגדלים.
- ליפוף ושיפוץ מנועי זרם ישר (D.C.) וגנרטורים.
- ליפוף ושיפוץ מנועים אנכיים בעלי ציר חלול למשאבות מים.
- התקנה ואחזקת מערכות חשמל ופיקוד בתעשייה ועגורני בנין.
- ליפוף ושיפוץ משאבות טבילה ומשאבות מים.
- התקנה ואחזקת מערכות חשמל ופיקוד באניות.

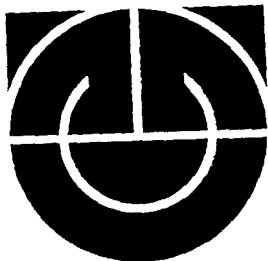


LEROY SOMER
 שרות מוסמך יעוץ ומכירה של מנועי חשמל AC-D.C. משאבות, ממירים וציוד חשמלי.

אלקטרומכניק

(1984) מ.ש. בע"מ

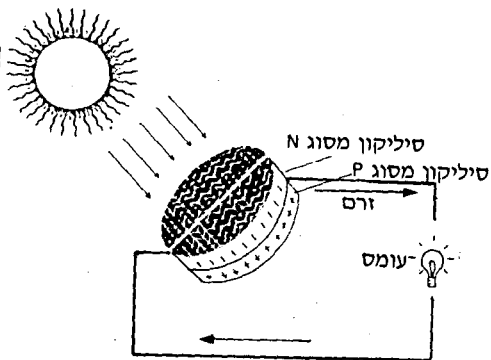
רח' חלץ 10 (גשר פז) חיפה
 ת.ד. 2636 חיפה, טל. 04-644238



פיסום אילי בע"מ - חיפה

תאים פוטוולטאיים לייצור חשמל

אינג' דוד פישר



עידן המאה ה-20 המצטיין בקידמה טכנולוגית מרשימה, הביא לעליה תלולה בצריכת האנרגיה. לאחרונה, עם התגברות המודעות לדלדול מקורות האנרגיה הקונוונציונאליים, עליית המתיחות על רקע איכות הסביבה והמציאות הפוליטית, קיבל חקר הענף הפוטוולטאי דחיפה חזקה.

התערבות ממשלות, מכוני מחקר גדולים וגופים עסקיים פרטיים, הביאה לירידה משמעותית בעלות יחידת יצור האנרגיה הבסיסית (התא), בשיפור נצילות ההמרה שלה ובשיפור וייעול שאר חלקי המערכת (Balance of System). מתוך מגוון האופציות הניתנות לייצור חשמל כמקור אנרגיה, בולטות שתיים עיקריות:

- ★ תרמית
- ★ פוטוולטאית.

באופציה התרמית (מחממי מים סולריים לדוגמה), מנוצלת קרינת החום מן השמש לחימום נוזל עבודה (מים, שמן מינרלי וכד') במחליפי חום המעבירים את האנרגיה האצורה בהם לחימום מים, אוויר, למתקני תעשייה שונים וכן ליצור קיטור תח"כ סולריות ולהנעת טורבינה. (עקרון הפעולה במתקני חברת לוז).

באופציה הפוטוולטאית, מנוצלת קרינת פוטוני האור מהשמש ליצור ישיר של חשמל באמצעות חדירה לחצאי מוליכים שעברו טיפול מיוחד (תאים פוטוולטאיים), וגרימת תהליך "אלקטרון חור" הגורם לתנועת אלקטרונים חפשיים - קרי זרם חשמלי בכיוון המותווה על-ידי פסי צבירה. תהליך זה מתרחש כל עוד מקור האור קיים וחדל עם ניתוק מקור האור. בתהליך אקזוטי זה על כל האפשרויות הטמונות בו, עוסק מאמר זה.

על אף ההתקדמות הרבה שחלה בשטח זה וריבוי הפירסומים בנדון בתקופה האחרונה, אין שיטה זו מהווה עדיין גורם בר תחרות בשיטות ייצור החשמל הקונוונציונאליות הן מבחינת עלותה והן מבחינת נצילותה ואמינותה לטווח ארוך.

כיום עלות ההתקנה לקילוואט מותקן נעה בין 6000 - 8000 דולק במוצע כאשר העלות עבור תח"כ קונוונציונאלית הינה כ-500 דולר לקילוואט מותקן.

נצילותם הכוללת של תח"כ פוטוולטאית ותח"כ קונוונציונאלית הינה 10% - 12% ו-38% בהתאמה. בהיקף ביקוש של ווטים בודדים עד עשרות קילוואטים, עונה שיטה זו על דרישות צרכנים קטנים ואף נחשבת ככדאית.

שימושה כדאי מבחינה כספית, מבחינה טכנית ומבחינת העדר הצורך הכמעט מוחלט בתחזוקה, בסוג המתקנים הבאים: תחנות ממסר מבודדות, מגדלי אור, תאורה ואמצעי זיהוי והתראה למתקני קידוח ימיים ויבשתיים, הגנה קטודית, מערכי תאורה וכח לישובים קטנים ומבודדים, מערכות תאורה וכח ליאכטות, קרוונים ועוד.

תלות המערכת הפוטוולטאית במשטר הקרינה של השמש ובהשפעות האקלימיות והסביבתיות, מטילה על המתכנן את הצורך להשלמת האנרגיה החסרה על-ידי אספקה מרשת החשמל, גנרטורי חירום או מסוללת מצברים תואמת.

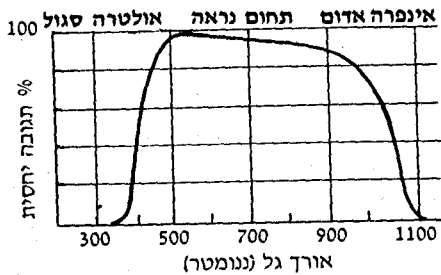
סקירה היסטורית

עקרון הפעולה של התא הפוטוולטאי הקדים ב-40 שנה אף את זמנו של אדיסון, ממציא נורת החשמל. בשנת 1839 בהיותו בן 19, הבחין הפיזיקאי **אדמונד בקרל** בהיווצרות מתח כאשר אחת מתוך שתי אלקטרודות מתכת הונחה בתערובת מוליכה חלשה תוך חשיפת המתקן לאור.

אינג' ד. פישר - מחלוקת פיתוח מקורות אנרגיה ומערכות כח וחום, אגף מחקר ופיתוח, חברת החשמל.

בשנת 1870 הוחל בלימוד התופעה במוצקים ובעיקר בסלניום. בשנת 1880, הופיעו התאים הפוטוולטאיים הראשונים העשויים מחומר זה. תאים אלו היו בעלי נצילות המרה של 1% - 2%. על אף התחזית של אותם ימים שחומר זה יתחרה ביום מן הימים בדינמו כאמצעי הפקת חשמל בכמות גדולה, עיכבה נצילותו התאורטית הנמוכה את פיתוח התא המעשי עד לשנות ה-40 של המאה ה-20. בתקופה זו הגיעה פיזיקת המצב המוצק לרמה שאיפשרה לראשונה להבין לעומק את מכניזם ההמרה הישירה.

איור 2
תגובה ספקטרלית של תא סיליקון פוטוולטאי



עוצמת הקרינה הסולרית על פני כדור הארץ קטנה בשיעור ניכר (כ-1000 ווט/מ²). ערך זה מתקבל לאור תופעת הספיגה והפיזור הנוצרת על-ידי אטמוספירת כדור הארץ. הקרינה האמורה מגיעה לפני כדור הארץ בשתי צורות: קרינה ישירה (DIRECT OR BAEM) וקרינה מפוזרת (DIFFUSE).

הקרינה הישירה הינה חלק הקרינה המגיע לכדור הארץ ללא שינוי כיוון. עוצמת קרינה זו משתנה במקביל לשינויים החלים במרחק שבין השמש לכדור הארץ לאורך השנה, פיזור אטמוספרי הנוצר על-ידי מולקולות האוויר, אדי המים והאבק, והספיגה האטמוספירית.

הקרינה המפוזרת הינה חלק הקרינה המגיע לכדור הארץ לאחר שכינונה שונה על-ידי תופעת ההחזרה והפיזור של האטמוספירה.

מהלך הקרינה המפוזרת מושפע מאד על-ידי עננות. בעיתות עננות כבדה, כל הקרינה המגיעה לקרקע הינה קרינה מפוזרת.

גורמים נוספים המשפיעים על ערכי הקרינה הינם המיקום הגאוגרפי, גובה האתר מעל פני הים והשעה ביממה.

האפקט הפוטוולטאי

התא הפוטוולטאי הינו גוף חצי מוליך. על חמרים אלו נמנים סיליקון, גרמניום, גליום ארסניד ועוד. חצי מוליך הינו חומר המוגדר אי שם בין מוליך טוב ומבודד טוב. הסיליקון הינו מן הנפוצים בחמרים שבשימוש תעשיית חצאי המוליכים.

לאחר ניקוי וטיהור הסיליקון ניתן להפכו למבנה גבישי. כל אטום בטבעת החיצונית של אטומי הסיליקון מצוי במקום מוגדר במבנה. לכן, בגביש סיליקון טהור אין אלקטרונים חופשיים. עובדה זו מסבירה מדוע מהווה גביש הסיליקון הטהור כמוליך חשמל גרוע.

על מנת להפוך חומר זה לשמיש בתעשיית הזיודות הטרוניסטורים והתאים הפוטוולטאיים, מוסיפים לחומר בעת התגבשותו יסודות נוספים. תהליך זה נקרא "doping".

הוספת כמות קטנה של זרחן יגרום להופעת מספר אלקטרונים חפשיים בחומר שלא ימצאו מקום מוגדר במבנה. סיליקון הספוג בזרחן נקרא שלילי או מסוג N.

מדעני חברת הטלפונים האמריקנית "בל", גילו כמעט במקרה בשנות ה-50 כי סיליקון טהור עם תוספות (זרחן ובורון) מתאים לייצור תאים פוטוולטאיים והצלוחו להגיע לנצילות המרה של 6% לתא הבסיסי בתנאי מעבדה.

על אף שתוך שנים ספרות הגיעו לנצילות המרה של 15% בתנאי מעבדה, היתה העלות הנדרשת לייצורו המסחרי כה גבוהה עד כי נראה היה שמוצר זה יהפך למוצג מוזאוני.

שילוח הלוויין האמריקני "יונגרד" בשנת 1958 כתשובה לשילוחו של הלוויין הסובייטי "ספוטניק" שנה קודם לכן, הביא לתחילתו של עידן חדש - עידן החלל במשולב עם "תקופת הסיליקון" על שימושי השונים.

לאחר שנת 1973 הפעילו גם יפן, צרפת, גרמניה ואיטליה תכניות לאומיות לפיתוח טכנולוגית התאים הפוטוולטאיים.

בשנת 1977 הוקצה ביפן תקציב של 1.5 מיליארד דולר עבור פרויקט הפיתוח "SUN-SHINE". דבר המלמד על ההתייחסות הרצינית לענף חדשני זה.

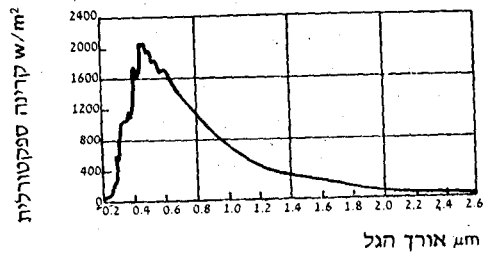
השמש כמקור אנרגיה

ההיותה מקור אנרגיה בלתי מתבלה במושגי הזמן האנושי, שולחת השמש את קרינה לכדור הארץ בצורת אנרגיה אלקטרומגנטית כאשר 99% ממנה נמצאת בתחום אורכי הגל שבין 0.28 ל-4.96 מיקרומטר.

איור 1 מציג את תחום אורכי הגל כפונקציה של סה"כ התרומה האנרגטית ב-1000 ווט/מ² של שלושת תחומי הקרינה המרכיבים את סה"כ קרינת השמש והם: אולטרה סגולית, התחום הנראה והאינפרא אדום.

איור 1

הסטנדרט לפי NASA/ASTM של הקרינה הספקטרלית במרחק כדור הארץ - שמש ממוצע וקבוע סולרי 1353w/m²



תחום אורך גל (μm)	0 - 0.38	0.38 - 0.78	0.78 - ∞
חלק יחסי של התחום (W/m ²)	0.0700	0.4729	0.5471
אנרגיה בתחום (W/m ²)	95	640	618

איור 2 מציג את התגובה הספקטרלית של תא סיליקון פוטוולטאי. אנרגיית השמש מתפשטת לכל הכיוונים ורק חלק ממנה מגיע למרומי האטמוספירה של כדור הארץ. עוצמתה באטמוספירה הינה כ-1353 ווט/מ² (1.94 קלוריה/ס"מ² וכינויה "הקבוע הסולרי").

יעלה המתח אך במעט לכדי 0.6 וולט וישתנה באותו אופן לקראת השקיעה. הזרם לעומת זאת משתנה פרופורציונאלית ישר עם עוצמת הקרינה.

הגורמים המשפיעים על תכונות התא

טמפרטורה

בניגוד לאינטואיציה, עליה בטמפרטורת הסביבה תביא לירידת מתח התא. קצב ירידת המתח (ובעקבותיו ההספק) הינו כ-2.2 מיליוולט עבור עליה של 1°C. משמעות הדבר היא שמתח התא הינו פרופורציונאלי הפוך לטמפרטורה. הזרם לעומת זאת ישאר קבוע יחסית לשינוי הטמפרטורה.

רוח

חינויים בעצמת הרוח יביאו לשינוי בכושר סילוק החום של הקולט. לכן תופעה זו קשורה באופן ישיר בטמפרטורת התא. ההסבר לכך ניתן בסעיף הקודם.

זיהום

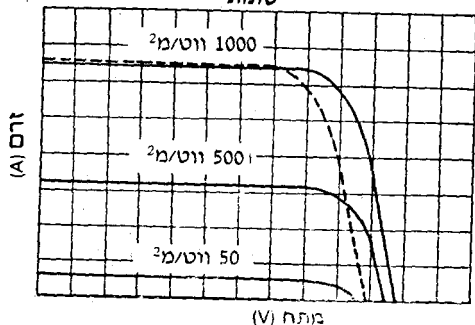
לאור ריבוי הזיהומים באויר, הכוללים אבק, נשורת פחמן וכד'. יש לתת את הדעת לגורם מסכך זה העשוי לגרום לירידת הספק הקולטים בשיעור הנע בין אחוזים בודדים עד כ-10%. הזיהום מופיע בצורה מרחפת ובצורת משקע על משטח התאים. רמת הזיהום מכתובה לכן את תדירות השטיפות קרי עלות התפעול והמים.

הצללה

כצפוי, הצללה תביא בעקבותיה להפחתה זמנית בהספק המופק. עננות כוללת או אובך יפחיתו את הספק הקולט אולם לא יציגו תופעות לואי שליליות. במידה ורק חלק מן הקולט יוסתר יפעלו התאים המוצלים כסופגים ולא כמיצרי מתח וזרם. במידה ולא תילקח אפשרות זו בחשבון בשלב תכנון הקולט או המערך (התקנת דיודות), יתחמם התא עקב התחממות נגדית חשמלית ויהיה עשוי להפגע. איור 3 מציג אופיין תא פוטוולטאי טיפוסי המוקרן בעוצמות הארה שונות. בנוסף, מוצגת עקומת מתח זרם של אותו תא בטמפי של 47°C (קו מרוסק). איור 4 מציג עקומת מתח וזרם של תא פוטוולטאי טיפוסי כפונקציה לשינוי הקרינה היומי.

איור 3

אופיין עקומת מתח-זרם של תא טיפוסי בעוצמות הארה שונות



הוספת כמות קטנה של בורון יגרום להופעת חללים בגביש, הנקראים holes. חללים אלו יכולים לנוע בחופשיות בחומר.

סיליקון הספוג בורון נקרא חיובי או מסוג P. בפועל ימלא אלקטרון חופשי את מקומו של החלל ויותר אחריו חלל במקום ממנו בא. לכל חלל יהיה מטען חיובי השווה ונוגד את המטען השלילי של האלקטרון. עובדת המצאות מטענים חיוביים ושליליים בחומר אינה מצביעה בהכרח על כך שלחומר יש מטען חשמלי. בפועל מבטלים המטענים החיוביים והשליליים זה את זה. לצורך לימוד השפעת קרינת אור על תהליך יצור החשמל של התא, יש לראות באור כמכיל חלקיקים הקרויים פוטונים. חדרת פוטון לחומר התא, יהדוף אלקטרון מחוץ למקומו במבנה.

תהליך זה ייצור "זוג אלקטרון חור". עוצמת חדרת הפוטון לסיליקון תלויה ברמת האנרגיה שלו. קרני אור בעלי אורך גל ארוך ייצור פוטונים בעלי רמת אנרגיה גבוהה יותר מזו של קרני האור בעלי אורך הגל הקצר יותר.

חיבור שני סוגי הסיליקון ה-N וה-P. יוצר מחיצה (JUNCTION). האור החודר עד למחיצה יוצר במקום זוגות "אלקטרון חור". השדה החשמלי שנוצר במחיצה מונע מן האלקטרונים והחורים מלחזור למקום מוצאם כפי שרואי היה קורה ללא המצאות ה-JUNCTION. דבר שהיה מנטרל את התא ומבטל לחלוטין את תהליך ייצור החשמל. שכבת ה-N תהיה הקוטב השלילי ואלו שכבת ה-P תהיה הקוטב החיובי.

קרינת האור מהשמש הפוגעת בתא, מפעילה אותו כגנרטור זעיר. שכבות ה-N וה-P מהוות קוטב שלילי וחיובי בהתאמה.

פסי צבירה הפרוסים משני צידי התא, מתעלים את הזרם אל הצרכן.

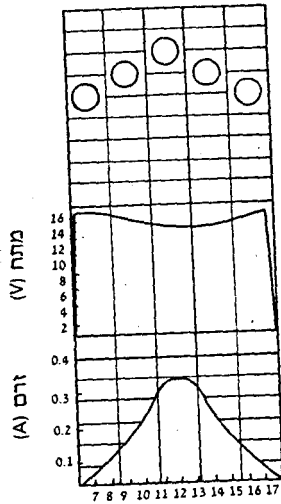
תכונות התא

התא הפוטוולטאי מציג כאמור תכונות של חצי מוליך. קיימים שינויים בין סוגי תאים שונים הקשורים בסוג החומר החצי המוליך (סיליקון, גליום ארסניד וכד'), מבנה התא (חד גבישי, רב גבישי או אמורפי וכד') ובצבעו. סוג החומר "זיהומי" קובע את תחום אורכי הגל שאליו רגיש התא. כל פוטוני האור בארכי הגל הגדולים או הקטנים מתחום מוגדר זה, יעברו דרך התא, יחזרו או ייצרו אנרגיית חם אולם לא יתרמו כמעט במאום לתהליך יצור החשמל.

מבנה התא, הקשור בשיטת יצורו, מכתוב את נצילותו של התא והתנהגות עקומת הזרם והמתח שלו, נצילותו התאורטית הינה בגבולות 25%.

צבעו של התא משפיע על שיעור הספיגה או ההחזרה של האנרגיה הטורמית, גורם המשפיע על טמפרטורת התא ובעקבותיו על שיעור עליית או ירידת ההספק.

עליה בטמפי התא תגרום לירידת הספקו וירידה בטמפי תגרום לתופעה הפוכה. תכונות החשמלית הבולטת של התא היסודי קשורה באופייני המתח והזרם שלו. עם זריחת השמש עולה המתח במהירות לרמה של כ-1/2 וולט. בצהרי היום בזמן שיא הקרינה,



מהלך יומי של השמש

סוגי חומרים ותאים בשימוש חומרים

החמרים המשמשים להשגת האפקט הפוטוולטאי הינם המוליכים למחצה (Conductors-Semi). מתוכם, המתאימים ביותר הינם אלו המציגים את המכפלה המריבית של זרם במתח בתחום הנראה של האור. הבולטים ביניהם הינם: סיליקון (צורן), קדמיום סולפיד וגליום ארסניד. כיום, משמש הסיליקון כחומר הנפוץ ביותר בענף, זאת עקב תכונותיו המתאימות, שכוחותו הרבה ועלותו הנמוכה יחסית. עלותו כחומר גלם טהור ומוכן לשימוש הינו כ-45 דולר/ק"ג. פיתוח טכניקות יצור חדשות יפחיתו את עלותו לכדי מחצית כבר בתקופה הקרובה.

הגליום ארסניד - Ga Ar המשמש כחומר יסוד לתאים, נמצא עדיין בשלבי מחקר ופיתוח. תשומת לב רבה מרוכזת בו עקב נצילותו ההמרה הגבוהות שניתן להגיע באמצעותו (24%). חומר זה מצטיין בעמידות טובה בטמפרטורות גבוהות, עובדה המסווגת אותו כחומר המתאים לסוג תאים מרכזים שהתארז שלהם יפורט בהמשך.

חסרונותיו מתבטאים ברעילותו ובאי שכיחותו בטבע.

תאים

תנופת הפיתוח האדירה בשנים האחרונות בנושא התאים, התפצלה לאפיקים רבים. רוב הפיתוחים לא הגיעו לכלל יישום ונמצאים עדיין בשלבי מחקר מתקדמים. יחד עם זאת, מספר מועט של סוגי תאים נמצאים כיום בייצור ושיווק מסחרי. והבולטים ביניהם הינם:

★ תאי סיליקון חד-גבישיים.

★ תאי סיליקון רב-גבישיים.

★ תאי סיליקון אמורפי.

★ תאים מרכזיים (גליום ארסניד או סיליקון).

★ **תאי הסיליקון החד גבישי (SINGLE CRYSTAL)** מיוצרים בתהליך איטי ויקר. תהליך יצור גביש סיליקון טהור כרוך בהתכת הסיליקון בטמפי של 1410°C ובנית גביש בצורת גליל בקוטר של כ-12 ס"מ. גליל זה נחתך בתהליך בזבזני לדיסקות תוך איבוד 50% מכמות החומר. דיסקות אלו הופכות בתהליך הטבלה וחיטוך לתאים.

נצילותו התאורטית של סוג תא הינה 24% והמעשית כיום כ-11%.

★ **תאי הסיליקון הרב-גבישיים (POLYCRYSTAL)** מיוצרים אף הם מסיליקון טהור. תהליך היצור של תאים אלו מהיר יותר מזה של התאים החד גבישיים, זאת לאור העובדה שגידול גבישים קטנים מצריך זמן קצר יותר וכמו כן איבודי החומר נמוכים יותר. נצילותם נמוכה במעט מזו של התאים החד-גבישיים. נתח השוק שתופסים סוג תאים אלו דומה לזה של תאי הגביש היחיד.

★ **תאי הסיליקון האמורפי (AMORPHOUS)** המכונים גם תאי שכבה דקה, מיוצרים מסיליקון טהור אולם תהליך יצורם שונה. זהו תהליך זול ומהיר הכרוך בציפוי לוחות זכוכית או חומרים פולימרים וזולים אחרים בשכבה או שכבות דקות של חומר התא בטמפי נמוכה יחסית תוך שמוש בכ-10% - 15% מכמות החומר שבשימוש בתאים רגילים.

נצילות התאים המשווקים כיום נעה בין 5% - 6%. קיימת עדיין בעיה בשמירה על יציבות תכונות החומר לאורך זמן, וכן חוסר הומוגניות של חומר התא - עובדה הגורמת לחוסר אחידות בין התאים. על אף נחיתותו העכשווית של התא ביחס לתאים הרגילים, יתפוס סוג תא זה (לפי תחזיות כל היצרנים והמפתחים) תוך שנים ספורות את נתח השוק הגדול ביותר. לפי תחזית זו המושגת על האפשרויות הטמונות בטכנולוגיית הייצור ובעלות המרכיבים - תגיע תוך כ-8 שנים, נצילות ההמרה לערכים הדומים לאלו של התאים הרגילים כיום (10% - 12%) ולעלות יצור של כ-1/10 מזו של היום - קרי כ-80 דולר/מ².

★ **תאים מרכזיים (CONCENTRATED)**

הינם תאים בעלי נצילות גבוהה במיוחד - דוגמת גליום ארסניד. תא כזה בנוי מחצי מוליך בעל נצילות גבוהה ומימדים קטנים (כ-1 סמ²) הרתום תחת עדשה מרכזת.

בהבדל משאר התאים המנצלים את הקרינה הישירה והמפוזרת, מנצל תא זה אך ורק את הקרינה הישירה. עקב כך יפעל תא זה רק תוך עקיבה מדויקת על גבי מערכת עקיבה דו צירית, דבר שיאפשר ריכוז הקרינה הישירה בתוך גבולות התא המצומצמים. יתרונו של תא זה הינו בכמות החומר החצי מוליך המועטה הנדרשת ובנצילות ההמרה הגבוהה שניתן להשיג באמצעותו (15% - 18%).

חסרונותיו:

1. צורך במערכת עקיבה ובקרה מדויקת ביותר שעלותה גבוהה.

- אי הודאות לטווח הארוך הקיימת בעמידות מרכיבי הקולט לאור, רמת הטמפרטורה הגבוהה המתפתחת בסוג קולט זה, והמורכבות של מבנה הקולט.
 - אי המעשיות בהפעלתו כמערכת ביתית - מערכת הדורשת פשטות ואמינות לטווח ארוך. כווני הפיתוח כיום מצביעים על שתי אופציות עיקריות שיאפילו ככל הנראה על השאר לקראת שנות ה-2000, והם: **תאים אמורפיים ותאים מרכזיים**.
- על מנת לקבל מושג כללי על האופייניים של סוגי הקולטים הנפוצים (סטנדרטיים), מציגה טבלה 1 השוואת פרמטרים עיקריים.

טבלה 1

השוואת פרמטרים עיקריים של קולטים פוטוולטאיים נפוצים

פרמטרים	קולט	חד גבישי M-55	אמורפי: G-100	מרכז: IPC 10027
שטח (מ ²)	0.425	0.115	0.63	
משקל (ק"ג)	5.7	1.4	13.2	
הספק שיא (וואט)	53	5.1	88	
מתח בהספק שיא (וולט)	17.4	14.5	7.8	
זרם בהספק שיא (אמפר)	3.05	0.35	11.3	
מתח מעגל פתוח (וולט)	21.8	20.8	9.6	
זרם קצר (אמפר)	3.27	0.435	12.0	
נצילות המרה	~12	~5	~15	

הערות:

- הנתונים נמדדו בתנאי מדידה סטנדרטיים. (קרינה - 1000 וואט/מ², טמפי קולט - 25°C, הקולט המרכז נמדד בתנאי מדידה סטנדרטיים לקולטים מרכזיים. (קרינה - 1000 וואט/מ², טמפי קולט - 28°C, מהירות רוח - 1 מ"ש).
- מקדם הריכוז של המיכל הקולט הינו 70.

תאים פוטוולטאיים לשימוש ביתי

על אף אי כדאיותם הכלכלית של המערכים הפוטוולטאיים כיום, עוסקות חברות החשמל בעולם, מכוני מחקר רבים, ממשלות ומשקיעים פרטיים בבדיקת אופציות שמוש מגוונות בטכנולוגיה הפוטוולטאית.

אופציית מתקנים "פרטיים" לשימוש ביתי מתחלקת לשתי קבוצות עיקריות:

- מתקנים ביתיים מבודדים שאינם קשורים לרשת.
- מתקנים ביתיים הקשורים לרשת.

באשר לראשונים, לאור חוסר הבריירה, מתגמד גורם העלות נוכח היתרונות המופקים מאספקת חשמל סדירה על-ידי קולטים בזמן הקרינה, וגיבוי מערך מצברים או גנרטור בזמן אי קרינה.

מתקנים ביתיים הקשורים לרשת מקבלים את אספקת החשמל ממערך קולטים המוצבים בוויית אופטימלית על גג המבנה, או מהווים חלק ממנו. הצרכן מקבל את אספקת החשמל דרך ממיר DC ל-AC במשך שעות הקרינה ומספק את האנרגיה העודפת אל הרשת דרך מונה.

במשך הלילה או בעיתות חוסר קרינה (עננות וגשם לדוגמא), מספקת הרשת את האנרגיה החסרה. חברות החשמל המקומיות קונות ומוכרות את החשמל ליחידות הביתיות לפי תעריף מוסכם. על מנת שנקבל מושג כללי על הפוטנציאל האצור בניצול היחידות הביתיות ליצור חשמל במתכונת עצמאית בארץ, נסתמך על העובדות וההנחות הבאות: מספר בתי האב בארץ הינו כ-1,050,000. 80% מהבתים מתאימים להצבת מערכות עצמאיות. שטח ממוצע לגג הינו כ-100 מ"ר והשטח הפנוי להתקנת קולטים נע בין 36 - 64 מ"ר. בהנחה שרק 40% מהצרכנים יתקינו מערכות מסוג זה, יהיה כושר התפוקה הכולל כ-1.2x10⁶ עד 2.0x10⁶ מגוואט ש בהתאמה. החסכון בהספק מותקן עקב הפעלת מערכים מסוג זה, נע בין 137 עד 228 מגוואט מותקן בהתאמה.

תחנות כוח פוטוולטאיות מרכזיות

עלות תחנת כוח מסחרית - מרכזית נמוכה במעט מעלות מתקן קטן ונמצאת בתחום שבין 4000 - 5000 דולר/קילוואט מותקן.

על אף יוקר זה, הוקמו בקליפורניה שלוש תחניכ בהספקים של 1 ר-6 מגוואט. התחנות הוקמו על-ידי חברת ARCO-SOLAR האמריקנית, יצרנית התאים הפוטוולטאיים הגדולה בעולם שהינה חברת בת של חברת הדלק Atlantic Richfield Corp.

התחנה הראשונה הוקמה בשנת 1982 בהספק 1 מגוואט ליד תחנת המשנה של חברת החשמל בקליפורניה Southern California Edison הקרובה לעיר היספריה.

התחנה מומנה על-ידי חברת האם של ARCO-SOLAR שצוינה לעיל. כל החשמל המיוצר מועבר לרשת החשמל של S.C.E.

התחנה השנייה הוקמה בשנת 1983 בהספק 6 מגוואט, נומינלי שהינם חלק ראשון מפרויקט של כ-16.5 מגוואט.

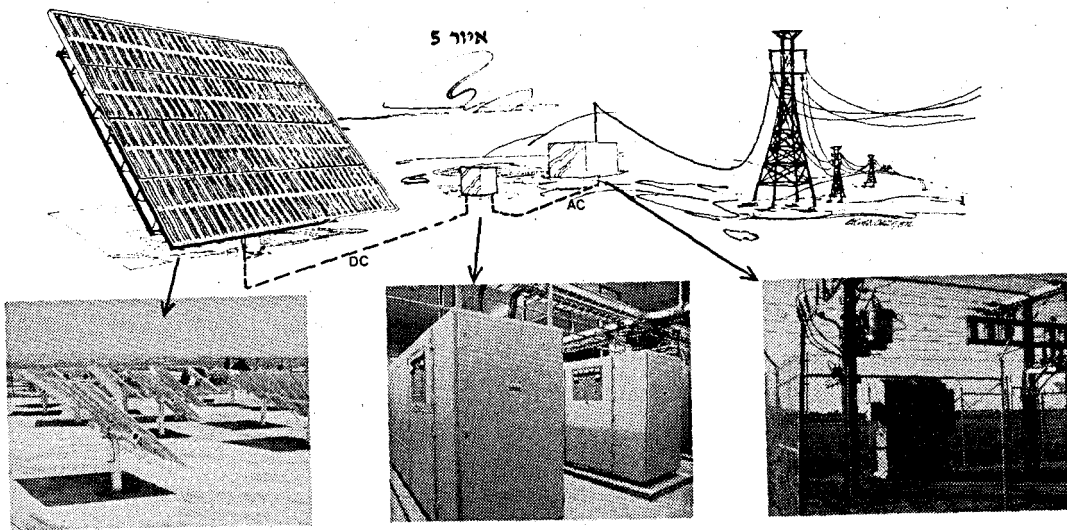
התחנה ממוקמת ב-California Vally San Les Ebispo שבקליפורניה.

גם תחנה זו מומנה על-ידי חברת האם של ARCO-SOLAR ואף היא מוכרת את החשמל לרשת המקומית (PACIFIC GAS & ELECTRIC) בתנאים המקובלים ליצרני אנרגיה קטנים המחוברים לרשת. בשתי התחנות הותקנו קולטים פוטוולטאיים חד-גבישיים על גבי מערכות עקיבה הנעות בשני צירים. בתחנה הגדולה יותר מנצלת מערכות של מראות הרתומות לקולטים לשם הגברת ההספק.

התחנה השלישית נכנסה להפעלה בחודש יוני 1984 בסקרמנטו קליפורניה בהספק של 1 מגוואט - אף היא במימון חברת האם של ARCO-SOLAR.

בנוסף הוקמו עוד כ-10 תחנות כח בהספקים של מאות קילוואטים כל אחת, הקשורות כולם לרשת החשמל.

על אף שמתקנים אלו אינם כדאיים מבחינה כלכלית, ברור שהנסיון שנצבר במתקנים אלו בשטח התנהגות מרכיבי המערכת, האמינות, משטר התפעול וכד', יתנו דחיפה לענף ויצדיקו את עצמן עם הגעתן לסף הכדאיות בעתיד הלא רחוק.



★ נצילות המרה נמוכה המצריכה שטח תחנה גדול.
 ★ תלות התפוקה בגורמי מזג אוויר (עננות, רוחות, זיהומים וכדו').

איור 5 מציג סכמה של מערך גדול מחובר לרשת על מרכיביו העיקריים.
 איור 6 מציג תח"כ בהספק 1 מגווי"ט בהיספריה – קליפורניה.

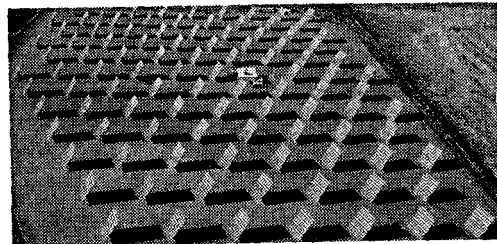
פרוייקט חלוץ פוטוולטאי בחברת החשמל לישראל

בשנת 1982 הוחל בחברת החשמל בסקרים לבדיקת אפשרויות השימוש במערכות ייצור פוטוולטאיות להפקת חשמל. במרוצת תקופה זו הוחל באגף מחקר ופיתוח של החברה בלימוד הנושא תוך מעקב על הנעשה במישור זה בארץ ובעולם.
 בחודש אוקטובר 1985 החליטה הנהלת חברת החשמל ליישם לצורך מטרת לימודיות את העקרון הפוטוולטאי במסגרת מתקן הדגמה.
 באותו מועד הגיע משרד האנרגיה להחלטה על הקמת שדה נסיונות סולרי (פוטוולטאי ותרמי) באתר הנסויים בשדה בוקר ליד המדרשה במקום. מועד פתיחת האתר לנסיונות יזמים נקבע לדצמבר 1986.
 חברת החשמל החליטה להשתלב בפרוייקט זה בהצבת מתקן פוטוולטאי בהספק 10 קילוואט שיחובר באמצעות ממיר אל הרשת. מטרת הפרוייקט כפי שהוגדר על-ידי משרד האנרגיה, העולה בקנה אחד עם מדיניות המשרד לקידום וליישום טכנולוגיות ייצור אנרגיה אלטרנטיביות מבטיחות, הינה הזמנת משקיעים בעלי יכולת מקצועית מישראל ומחו"ל להציב מתקנים נסיוניים באתר. על מתקנים אלו להציג טוכנולוגיה מוכחת וניתנת ליישום במתקנים גדולים ומסחריים, וכן פוטנציאל הגעה לנתונים תחרותיים עם מערכות קונוונציונאליות בעשור הבא.

בשלב זה הוגדרו פריטי המסגרת הבאים:

1. תקציב.
 2. לוח זמנים להקמה ולהתקנה.
 3. תוכנית מדידות ובדיקה השוואתית של מרכיבי המערכת לצורך קביעת סוג התחנה.
- במסגרת תוכנית הבדיקות והמדידות, הוזמן מיגוון רחב של קולטים מסוגים ומתוצרות שונות. הקולטים עברו בדיקות קבלה שכללו בדיקת אופייני

איור 6



תכנונים נוספים של מתקנים גדולים עד 100 מגווי"ט ליחידה שנמצאו בשלבי תכנון סופיים, הוקפאו לאור הירידה הקיצונית במחירי הדלקים בשנה האחרונה.

יתרונות וחסרונות מערך פוטוולטאי

- יתרונות**
- ★ זמן תכנון והקמה קצר.
 - ★ תפעול ואחזקה פשוטים בעלות מינימלית.
 - ★ דרישה מועטת למים (רק לצורך שטיפת קולטים)
 - ★ אנרגיה נקייה מזיהומי לואי.
 - ★ אספקת חשמל למקומות מבודדים המנותקים מהרשת.
 - ★ אספקת אנרגיה חשמלית זולה בשעות שיא הצריכה.
 - ★ הקטנת התלות בדלק פוסילי ועוד.

חסרונות

- ★ עלות גבוהה ובלתי מסחרית עדיין.
- ★ מותאם לאספקת חשמל ישירה רק בשעות האור.
- ★ קיים הכרח בגיבוי חשמלי בעיתות אי קרינה (גנרטורים, מצברים וכדו').

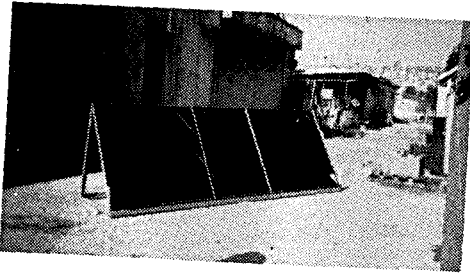
מערכים של קולטי דוגמא המחוברים למערכת המדידות ומותקנים על גג מעברת מחקר ופיתוח של חברת החשמל בחיפה, מאז פברואר 1986.

תחזית טכנולוגית

התבססות הענף וראיית האפשרויות הטמונות בו, הביאה את החוקרים לקביעת מספר מטרות שיביאו ענף זה לסף הכדאיות הכלכלית כבר בעשור הבא. מטרות אלו כוללות ירידת עלות התא לכדי 1/10 מזו של היום (0.6 סנט/וואט שיאי), שיפור נצילות ההמרה והתקרבות לנצילות התאורטית, הגדלת אמינות התא והמערכת שתביא בעקבותיה הגדלת תוחלת החיים של הקולטים והמערכות המכניות והחשמליות לזו של תח"כ קונוונציונאלית - קרי 30 שנה.

טבלה 2 מציגה את מצב הטכנולוגיה כיום בסוגי התאים החמרים ושאר אביזרי המערכת לעומת תחזית שנות ה-90. בחירת סוג התאים שבהשוואה הינה סלקטיבית אולם משקפת נכונה את כיווני הפיתוח והדגש המושם בתחום זה על-ידי היצרנים.

איור 8



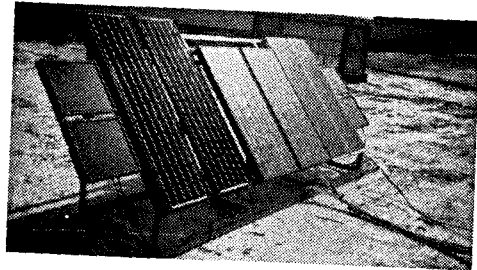
הזרם והמתח בתנאי תאורה מעבדתית והותקנו לאחר מכן על גג מבנה בחברת החשמל בחיפה במקום מתנהל רישום רציף ומעקב אחר התנהגותם בתנאי אמת, קרי תגובתם להשתנות הקרינה היומית, לרמות הטמפי' השונות, לזיהומים וכד'. בהתבסס על ממצאי הבדיקות ועל כיווני הפיתוח בעולם הוחלט להתקין שתי מערכות, האחת אמורפית בעקיבה מלאה והשנייה מרכזת בעקיבה מלאה בהספק כולל של כ-10 קילוואט.

המתקן יפעל שנתיים באתר הסולרי בשדה בוקר בהתאם לחוזה עם משרד האנרגיה ובתום תקופה זו יועבר על-ידי חברת החשמל לכל אתר שתחפוץ. במקביל לפרוייקט האמור מכין אגף המחקר בסיוע מעבדות מחקר ופיתוח בחברת החשמל תכנית להתקנת מיתקן נוסף בהפסק דומה בצפון הארץ, שיוקם במועד מאוחר יותר.

מטרת מתקן זה תהיה בדיקת קונספציות נוספות העשויות להתבלט כמובילות בעתיד, במקביל לבדיקת כל המשתנים בתנאים גיאורפיים ואקלימיים שונים.

כבר בתקופה הקרובה יתחיל שלב הזמנת הציוד והכנת המדידות לאתר. איורים 7 ו-8 מציגים 2

איור 7



טבלה 2

מצב הטכנולוגיה הנוכחי לעומת תחזית שנות ה-90

תחזית שנות ה-90		מצב טכנולוגי נוכחי					מרכיבי המערכות
מחיר	נצילות (%)	מחיר (דולר/\$)	קולט	נצילות (%)			
	קולט			תא גדול (100 ס"מ ²)	תא קטן (1 ס"מ ²)	תאורטית	
90 \$/מ ²	15	550 \$/מ ²	12	16	18	25	1. טכנולוגית התא: חד ורב גבישי אמורפי חד צמתי אמורפי דו צמתי מרכז
70 \$/מ ²	12	400 \$/מ ²	6-5	7.5	11	25	
---	18	---	בפיתוח	16	22	30-35	
125 \$/מ ²	22	750 \$/מ ²	14	---	24	30-35	
16 \$/מ ²	---	45 \$/מ ²	תופצתו למעלה מ-90% מן השוק				2. חמרים (סיליקון)
50 \$/מ ²	---	140 \$/מ ²	מערכת קבועה עבור קולטים שטוחים				
75 \$/מ ²	---	210 \$/מ ²	מערכת קבועה עבור קולטים שטוחים				3. מערכות עקיבה
150 \$/מ ²	---	420 \$/מ ²	מערכת קבועה עבור קולטים מרכזיים				
150 \$/קווא"ט	98	530 \$/מ ²	95				4. מערכות המרה
30 שנה		---	עד 10 שנים				
							5. אמינות

סיכום

המערכת האחרים. כמדינה שאיננה עשירה במשאבי אנרגיה קונוונציונליים וברוכה מאידך גיסא בקרינת שמש, יש מקום בחנינה יסודית של מגוון האופציות הקיימות בעולם.

כבר עתה מתבלטות מספר אופציות תרמיות ופוטוולטאיות כאחת אשר יאפשרו לדעת המפתחים והיצרנים להגיע לסף הכדאיות הכלכלית המיוחלת. הפרוייקט הסולרי הנסיוני שיוקם בסוף שנה זו על-ידי משרד האנרגיה והתשתית באתר הניסויים בשדה בוקר, מצביע על החשיבות המיוחסת לענף בדרג המיינסטריאלי - כענף בריסיוני להקטנת תלותה של מדינת ישראל במקורות אנרגיה מיובאים.

הענף הפוטוולטאי על אף שניצניו ניכרו כבר בסוף המאה הקודמת, הפך למסחרי רק החל משנת 1976. כדאיותו הכלכלית באה לידי ביטוי אך ורק במערכות מבודדות ומנותקות מהרשת בהספקים בסדר גודל של קילוואטים ספורים.

סיכויי הענף להגיע לסף הכדאיות - קרי תחרות בתח"כ קונוונציונאליות, אפשרי במידה וסה"כ עלות המערך הפוטוולטאי כיום יגיע לכדי 1/10 מערכו. לפי התחזיות ניתן יהיה להגיע לסדר גודל זה בעשור הבא עם שיפור טכנולוגיית יצור התא, בחירת חמרי חצי-מוליך מתקדמים ושיפור כל מרכיבי

טורבינת הרוח של חברת החשמל

סיכום בצועי הטורבינה בתקופת מרץ-אוקטובר 1986

הפקת אנרגיה

במשך שמונת החודשים שהטורבינה הופעלה היא הפיקה כ-195,000 קו"ט"ש. תפוקה זו גבוהה ב-15% יותר ממה שצפויה היתה הטורבינה להפיק בהתאם למדידות הרוח ולעקום ההספק הנתון של היצור (168,000 קו"ט"ש). מתוך זה, 47% מן האנרגיה (כ-91,000 קו"ט"ש) הופקו בשעות הפסגה. 15% מן האנרגיה הופקו בשעות הגבוע (כ-30,000 קו"ט"ש). ר-38% הנתרים הופקו בשעות השפל (כ-74,000 קו"ט"ש). המהירות הממוצעת של הרוח בתקופה זו היתה 6.6 מ"ש.

זמינות הטורבינה

בתקופה שבין 1.3.86 - 31.10.86 היתה הטורבינה מחוברת לרשת במשך 3,514 שעות. במשך 96 שעות היא לא היתה זמינה כתוצאה מתקלות, רובן חולפות, שדרשו בסה"כ פעולת החזרה (Reset) פשוטה. הזמינות הממוצעת שלה לתקופה היא כ-98%.

טבלת ביצועי טורבינת הרוח בהרי יודפת בתקופה: מרץ 1986 - אוקטובר 1986

זמינות הטורבינה	סה"כ שעות תקלה	שעות אחזקה מתוכננת (4)	מס' שעות בעבודה	סה"כ שעות בתקופה	מקדם יכולת (3) (%)	הספק מירבי (2) (kW)	אנרגיה מופקת				זמינות הרוח (1) (%)	מהירות רוח ממוצעת (M/S)	תקופה
							סה"כ (kWh)	שפל (kWh)	גבע (kWh)	שיא (kWh)			
100	—	—	390	744	11	176	16650	18186	11094	7092	53	6.3	מרץ
100	—	—	390	720	12	169	19500	19392	9106	10284	49	6.2	אפריל
100	—	—	420	744	13	163	16500	21414	5970	15444	50	6.1	מאי
100	5	—	460	720	21	193	28200	31140	10078	7426	59	7.3	יוני
98	12	—	506	744	21	175	29100	31150	10127	8315	73	7.7	יולי
92	60	—	548	744	21	173	25100	30980	12486	6742	66	7.1	אוגוסט
100	—	—	458	720	19	194	22100	27500	10854	9380	62	6.7	ספט
97	24	1	342	744	10	187	11150	14800	4470	10330	39	5.2	אוקי
100	—	—	342	744	10	187	11150	14800	4470	10330	39	5.2	אוקי

הערות

(1) % הזמן שבו נשבה רוח בתחום העבודה של הטורבינה (בין 6 מ"שני ל-25 מ"שני).
(2) ממוצע 15 ד'

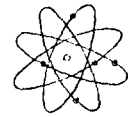
(3) מקדם יכולת = $\frac{\text{סה"כ אנרגיה מופקת}}{225 \times \text{סה"כ שעות בתקופה}} \times 100$

(4) אחזקה מתוכננת מבוצעת כאשר הרוח אינה נושבת, כדי לא לפגוע בזמינות הטורבינה.

(ד"ר אלי בן-דב)

ראה עלון "התקע המצדיע" מסי 37 - יולי 1986.

תחנות כוח גרעיניות - מצב עכשווי



ד"ר לואיס טפר

מהו העיקרון הבסיסי, שעל פיו פועלת תחנת כוח גרעינית?

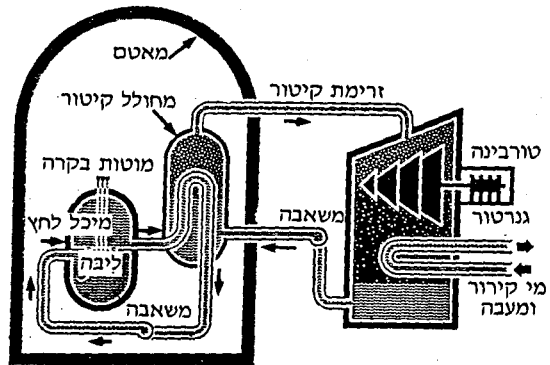
פועלתה של תחנת כוח גרעינית מבוססת על תהליך ביקוע גרעיני האטום, המשחרר כמויות גדולות של אנרגיה. האנרגיה, המשתחררת באיטיות מבוקרת, משמשת ליצירת קיטור. הקיטור משמש לייצור חשמל בדרך המקובלת בתחנות כוח קונבנציונליות (המוסקות בדלק נוזלי, או בפחם), על-ידי סיבוב טורבינה. באופן עקרוני - ציוד של תחנות כוח גרעיניות, להוציא את הכור עצמו, דומה לזה הקיים בתחנות תרמיות.

קיימים מספר סוגים של כורי כוח, הסוג הנפוץ ביותר בעולם הינו "כור מים קלים בלחץ" (P.W.R) (ראה תרשים 1), זהו גם הכור שעליו נוהל מו"מ בין ממשלת ישראל וממשלות ארה"ב וצרפת במשך העשור האחרון.

בתרשים מתואר באופן סכמטי מערכת המרת האנרגיה לאנרגיה חשמלית: מי הכור, הזורמים במערכת סגורה, עוברים דרך מחולל הקיטור ומעלים את טמפרטורת המים לנקודת רתיחה וליצירת קיטור. כמו במערכת רגילה של תחנות-כוח תרמיות, מסובב הקיטור את הטורבינה, המפעילה גנרטור שיוצר חשמל.

תרשים 1

תאור סכמטי של המרת האנרגיה בתחנת כוח גרעינית מסוג "כור מים קלים בלחץ"



כיצד מסופק הדלק לתחנת-כוח גרעינית?

בדרך כלל מקובל, שהחברה המספקת את הכור הגרעיני, היא גם זו המספקת את מטען האורניום הראשון, כיוון שהיא אחראית על ביצועי הציוד שהיא מוכרת, וביצועים אלו תלויים בתכונות הדלק. במקרים מסוימים, על פי הסכמים מקובלים, מוחזרים אחת לשנה חלק ממוטות הדלק הגרעיני המוקרן למדינה המספקת אותם (כשליש מהכמות הכוללת) והן מוחלפים במוטות חדשים.

ד"ר ל. טפר - מנהל מחלקת תכנון גרעיני, יחידת המהנדס הראשי, חברת החשמל

עד כמה מקובל השימוש בתחנות כוח גרעיניות בעולם?

במרבית המדינות המפותחות מקובל, זה מכבר, השימוש בתחנות כוח גרעיניות, וכיום פועלות ברחבי העולם מאות תחנות כאלה. בסך הכל נמצאות כיום כ-600 תחנות בפעולה ובבנייה. בשנים האחרונות נובר השימוש באנרגיה הגרעינית לייצור חשמל גם בארצות ה"עולם השלישי". המגמה לכך חזקה במיוחד במזרח הרחוק.

מהי עמדתן של ארצות הברית וצרפת לגבי מכירת כורים גרעיניים לארצות אחרות?

בארצות הברית קיים איסור, לפי חוק מ-1978, על מכירת תחנות כוח גרעיניות למדינות שאינן חתומות על האמנה לאי הפצת נשק גרעיני.

עד אז סיפקה ארה"ב כורים למדינות שונות בעולם, וגם מסרה ידע גרעיני. בתקופתו של הנשיא קרטנר חלה החמרה במדיניות עד כדי כך, שארצות הברית סירבה למכור דלק גרעיני, גם למדינות שכבר סיפקה להם כורים. הסירוב עוגן בחוקים נוקשים ביותר.

למרות זאת הסכימה ארה"ב לאחרונה למכור כורים לסיין, דבר שאולי מצביע על הפשרה מסוימת במדיניות.

ממשלת צרפת, לעומת זאת, אינה חתומה על האמנה ומדיניותה ליברלית יותר. היא מסתפקת בהסכמים דו-צדדיים ומתירה לעצמה לספק כורים גרעיניים גם למדינות שאינן חתומות על האמנה.

כיום, צרפת היא יצרנית הכורים הגדולה ביותר באירופה, ומנהלת מדיניות עצמאית בתחום זה. מדינת ישראל מוכנה לחתום על חוזה דו צדדי עם המדינה שתספק לה את הכור, ולאפשר לה פיקוח על תחנות הכוח הגרעיניות שלה. כן מוכנה ישראל לחתום על אמנה איזורית, בדומה לזו הקיימת בדרום אמריקה.

עד לפני כשנתיים סירבה צרפת לדון במכירת כור כוח לישראל מסיבות פוליטיות, אולם ב-1984 חל שינוי לטובה מבחינה זו.

האם תחנת-כוח גרעינית עשויה לשמש גם לייצור פצצות?

בתהליך העשרת אורניום לכורי כוח מעלים את הריכוז של האיזוטופ "235" ל-2-3 אחוזים. לעומת זאת, כדי לייצר פצצות, דרושה העשרה של 90 אחוזים ויותר. בכורים מטיפוס מסויים, ובמטעני הפעלה מיוחדים, אפשר להפיק מהכור חומר גלם המתאים לשימושים צבאיים, אך בכור כוח הכמות המופקת הינה מזערית. מכאן, שייצור חומר ביקוע לפצצות דווקא בכורי כוח לייצור חשמל, הינה דרך בלתי יעילה ביותר, ושנן דרכים פשוטות וכלכליות בהרבה להשגת מטרה זו. בכל אופן, המדינה הרוכשת את הדלק מתחייבת להחזיר אותו לאחר שימוש, כדי לקבל דלק טרי להמשך פעולת הכור.

האם לא קיימת סכנה של דליפה רדיו-אקטיבית לסביבה כפי שקרה בתאונה בצ'רנוביל?

צריך להבין שהגישה המערבית לבטיחות כורים שונה בתכלית מהגישה הרוסית, לפחות כפי שמתבטאת בכורים מדגם RBMK, שעליו נמנה הכור בצ'רנוביל. (נושא התאונה בצ'רנוביל ידון במאמר נפרד ב"התקע המצדיע" בעתיד הקרוב). חוסר מאטם בכור מדגם RBMK, הינו הבדל בטיחותי אחד, אך לא היחיד, מבין ההבדלים הבטיחותיים הבולטים בינו לבין הכור המערבי מסוג מים קלים, שתואר לעיל. התחנות הגרעיניות במערב מצוידות באמצעי בטיחות יעילים ביותר, והסיכוי לדליפה הינו מיזערי. הן מוגנות על-ידי קירות בטון בעובי 1-1.5 מטר ובמאטם פלדה, המונע שחרור חומרים רדיואקטיביים לסביבה במקרה של תאונה חמורה, כך שכל החומר נשאר בתוך המאטם ואינו יוצא החוצה. גם במקרה של הדליפה בתחנת "טרי מיילס איילנד" בפנסילבניה, ארה"ב, ב-1979, הסכנה היתה אפסית, מאחר שהדליפה נעצרה בתוך המאטם. עובדה היא, שעד היום, לא היו "בעולם המערבי", אף לא פעם אחת, נפגעים בצייבור כתוצאה מדליפת חומר רדיואקטיבי מתחנה גרעינית, וזאת בתעשייה אשר במשך 30 שנות קיומה הפיקה חשמל בשווי של כחמש מאות מיליארד דולר (\$ 500.000.000.000).

עקרונות הבטיחות במערב כוללים, בין היתר, מרווחי בטחון גדולים בהספק הכור; "עצירה" בטוחה של הכור בכל מקרה של תקלה; ומערכות בטיחות/חירום מרובות, שפועלות בשיטת "היתירות" (כלומר, קיימות מערכות חירום רבות שמשוגלות כל אחת בעצמה למנוע דליפה רדיואקטיבית, כך שאם מערכת חירום אחת אינה תקינה – עדיין פועלות מערכות החירום האחרות).

כיצד ניתן לפתור את בעיית הפסולת הגרעינית?

מוטות הדלק, המוכנסים לליבת הכור, מוחלפים מדי שנה עד שלוש שנים. גם לאחר שסיימו את תפקידם, הם ממשיכים להיות מקור לקרינה רדיואקטיבית בעוצמה רבה. מוטות אלו מוחזרים, בדרך כלל, ליצרני הכור לשימוש חוזר, ולמעשה אינם מהווים בעיה. במדינות מסוימות מובאים מוטות אלו למתקנים מיוחדים לצורך הפרדת הפסולת ולאחסונה למאות שנים.

תוך כדי פעולת התחנה נוצרת פסולת במצב של גזים, נוזלים ומוצקים, בעלי עוצמות קרינה שונות. את הגזים משחררים באוויר בצורה מבוקרת, באופן שלא יגרמו נזק לסביבה. את הנוזלים מרכזים ומאיידים ומשאירים את המוצקים. את הפסולת המוצקה ניתן לצקת לתוך אספלט או זכוכית במיכלים, העומדים בפני פעילות כימית, ולקבור אותם. בארצות, בהם פועלות תחנות כוח גרעיניות, קיימים "בתי קברות" לפסולת גרעינית.

מדוע מעוניינת ישראל בתחנת-כוח גרעינית?
ישראל מעוניינת בתחנת כוח גרעינית מהטעמים הבאים:

* הוספת תחנת כוח גרעינית תהווה גיוון נוסף של מקורות האנרגיה של המדינה – עובדה חשובה מבחינה אסטרטגית. על אף שהגיוון על-ידי המעבר לפחם הקל מאוד על המדינה, הרי, הן בדלק נוזלי והן בפחם – קיימת תלות היצונית רבה באספקה השוטפת. הדלק הגרעיני מקטין תלות זו, שכן כמות הדלק הנכנסת במטוס אחד, די בה כדי לספק את הצריכה למשך שנה שלמה. מובן, שלכך יתרון גם מבחינת האיחסון הקל, שאינו דורש שטחים נרחבים.

* דלק גרעיני נמצא בארצות ידידותיות לישראל. הדלק הגרעיני זול במידה משמעותית לעומת הדלק הקונבנציונלי (אם כי יתרון זה יפחת במידה רבה, כתוצאה מעלויות ההון הגדולות יותר, עקב היות התחנה הגרעינית יקרה יותר בהקמה מתחנה רגילה).

* לתחנת-כוח גרעינית יתרונות אקולוגיים. ההשפעה הסביבתית שלה היא מזערית, מאחר שהיא אינה פולטת לאוויר גזי שריפה.

* בנייתה של תחנת-כוח חדשנית עשויה לקדם את ישראל מבחינה טכנולוגית ולקדם מגוון רחב של תעשיות ובעלי מקצוע. כמו כן היא תחדיר נורמות ארגוניות גבוהות לתעשייה המקומית.

מהן הנסיונות של ממשלת ישראל לרכישת כור גרעיני?

הממשלה החליטה בשנת 1973 לפעול להקמת תחנות-כוח גרעיניות, לצורך גיוון מקורות האנרגיה. כבר בשנות השישים התקיימו מגעים אם ארצות הברית לרכישת כור גרעיני להפקת חשמל, ומאוחר יותר, בשנות השבעים, נוהל משא ומתן עם חברת "ווסטינגהאוז" האמריקאית לרכישת שתי יחידות גרעיניות. אך מסיבות מדיניות, בעיקר עקב אי נכונותה של ישראל לחתום על האמנה למניעת הפצתו של נשק גרעיני ולהחילה על כור המחקר הקיימים, לא יצאה הרכישה לפועל. עם זאת, החלטתה העקרונית של הממשלה עומדת בעינה.

בשנת 1980 הקימה הממשלה ועדה, בראשותו של נשיא הטכניון דאז, **עמוס חורב** ("ועדת חורב"), שמשמיתה היתה לבחון את כל ההיבטים של הקמת כורי כוח בארץ. בשנת 1983, בעקבות סיום עבודתה של "ועדת חורב" ומתן המלצותיה, חזרה והחליטה הממשלה להקים תחנות כוח גרעיניות.

ב-85-1984 התנהל משא ומתן עם ממשלת צרפת לרכישת כור בהספק של כ-950 מגוואט, מתוצרת "פראמאטוס". חברה זו המייצרת כורים על פי ידע שנרכש בזמנו מחברת "ווסטינגהאוז" האמריקאית ושוכלל על-ידי הצרפתים, הכוונה לכור "מים קלים בלחץ" (ראה תרשים 1). שהוא, כיום, הנפוץ ביותר בעולם ומאחוריו ניסיון תפעולי רב.

מהם הגופים המטפלים כיום בישראל בנושא תחנות-כוח גרעיניות (תג"ר)?

ב-1983 הוקם ועד מנהל של תכנית תג"ר, בו חברים משרדי ממשלה הנוגעים בדבר – אנרגיה, אוצר, חוץ, ביטחון, פנים, מדע. כמו כן, הוועדה לאנרגיה אטומית, המוסדות להשכלה גבוהה, צה"ל, הוועדה לבטיחות גרעינית, חברת החשמל ונציגי התעשייה.

האם מדובר גם בתחנת-כוח גרעינית כחול-לבן?

האינטרס של מדינת ישראל ושל חברת החשמל הוא, שחלקים רבים ככל האפשר של תחנת-הכוח ייוצרו בארץ. עם זאת, לא תמיד הדבר מתאפשר וכדאי מבחינה כלכלית ואז עדיף לרכוש חלקים גם בחו"ל. באשר לתחנה שעליה מדובר, הכוונה היא לרכוש כור מוכן, אם כי גם קנייה מהמוכן מחייבת ידע רחב מצד הרוכשים. ידע זה דרוש כדי לדעת מה לדרוש, כיצד לפקח על המוצר וכיצד לשלב מרכיבים רבים ככל האפשר מתוצרת מקומית – זאת בהתאם למדיניות הקיימת בחברת החשמל, המיושמת גם בתחנות-הכוח הקיימות.

מהי עמדתה של חברת החשמל לגבי כדאיות הקמתה של תחנה גרעינית?

לאחר הצלחת הגיוון באמצעי הייצור, עם המעבר לפחם, השיקול הכלכלי הוא שצריך להכריע. העלות השנתית של מאגר דלק בתחנה גרעינית בהספק מסוים, היא בסביבות שליש או רבע מהעלות השנתית של פחם הדרוש לייצור אותה כמות אנרגיה בתחנה רגילה. מדובר על הפרש של קרוב ל-100 מיליון דולר לשה עבור תחנת כוח בעלת הספק של כ-950 מגו"ט. לפיכך, השאלה היא, אם, בסופו של חשבון מחיר החשמל המופק בתחנה גרעינית לא יעלה על מחיר החשמל המופק בתחנה המוסקת בפחם, בגלל מחיר הכור ותנאי המימון. אם נתוני המימון יורו על אפשרות לייצר חשמל, במחיר שלא יעלה על מחיר הייצור בפחם (לא כל שכן – במחיר נמוך יותר) – יהיה מקום לרכישת כור, לאור היתרונות האחרים שצוינו.

הכדאיות של תחנה גרעינית מושפעת מגודל ההשקעה הדרושה, מתנאי המימון, ומהזמינות התיפעולית הצפויה.

האם יחידת ייצור בעלת הספק של 950 מגו"ט אינה גדולה מדי למערכת בסדר גודל של זו הקיימת בישראל?

יחידות ייצור בהספק של כ-950 מגו"ט מקובלות כיום בעולם, ולמעשה, לא מצויות בשלבי ייצור יחידות קטנות יותר לייצור חשמל. יחידות אלו מתאימות לשמש כיחידות בסיסיות, כיוון שהפעלתן זולה, יחסית, ועדיף לצלול ככל האפשר. תחנות-הכוח הגרעיניות המודרניות הן גמישות להפעלה בעומסים משתנים, בהתאם לצורך. התברר, לפי בדיקות שערכה חברת החשמל, כי ניתן יהיה לקלוט תחנה בסדר גודל זה תוך שמירה על רמת אמינות האספקה. יחס בין הספק היחידה הגרעינית בת 950 מגו"ט לגודל המערכת, (כ-1/4 מכוסר הייצור במתקן כיום) הוא מעל למקובל במערכות חשמל במדינות מפותחות. עם זאת, תוכל חברת החשמל להפעיל מערכת זו בהסתמך על נסיונה בהפעלת רשת חשמל מבודדת, ובעזרת המערכת המשוכללת להשלה אוטומטית של עומסים במקרה של תקלה. קו המוביל הארצי של 400 קילולט, הנמצא כיום בהקמה, והמתקנים לאגירה שאובה – נושא הנמצא כיום

בשלבי בדיקה – כל אלו יסייעו בקליטת יחידות גרעיניות גדולות, מבלי לסכן את אמינות האספקה.

מהן הפעולות שנעשו עד היום בחברת החשמל לקראת אפשרות הכניסה לעידן הגרעיני?

למן היום בו עלה הנושא בשנות ה-60, החלה חברת החשמל, להכין עצמה לכך. ב-1974 הוקמה מינהלת פרוייקט תג"ר (תחנות גרעיניות), אשר מרכיבת את הפעילויות הדרושות בשלב זה ("קדם-פרוייקט") – בעיקר סקר אתרים, בדיקת בטיחות האוכלוסיה, רישוי, תכנון כללי וניהול הפרוייקט. ב-1976 הוקמה מחלקה גרעינית, ובה מדורים לנושאים הבאים: בטיחות גרעינית, דלק גרעיני, הנדסת ליבה, מערכות גרעיניות, מיכשור ובקרה. העובדים הם בעלי כישורים וידע בנושא, שמבצעים ניתוחים הנדסיים בתחום הגרעיני, לפעמים בשיתוף עם הטכניון. כמו כן, אחראית המחלקה על כל מעגל הדלק הגרעיני – החל בחישובים הטכניים והכלכליים וכלה בטיפול המסחרי כולל חוזים עם ספקים.

למרות, שבמשך כל השנים היה נושא תחנות-כוח גרעיניות "על אש קטנה", לא נפסק אף לרגע הטיפול בו בחברת החשמל, ובוצעו בדיקות רבות כדי למצוא אתר מתאים להקמת התחנה.

עד שנת 1978 נבדק **אתר ניצנים** הנמצא ליד חוף הים הוחלט אז, ביחד עם הוועדה לאנרגיה אטומית, לחפש אתר אלטרנטיבי. כיום מתרכזות הבדיקות ב**אתר שבטה**, הבדיקות הן קפדניות ובתחומים מגוונים – גיאולוגיה, גיורפיסיקה, סייסמולוגיה, הנדסת קרקע ועוד. השנה יוגש דו"ח מקיף על תוצאות הסקרים באתר שבטה, לאישור אגף הרישוי של הוועדה לאנרגיה אטומית.

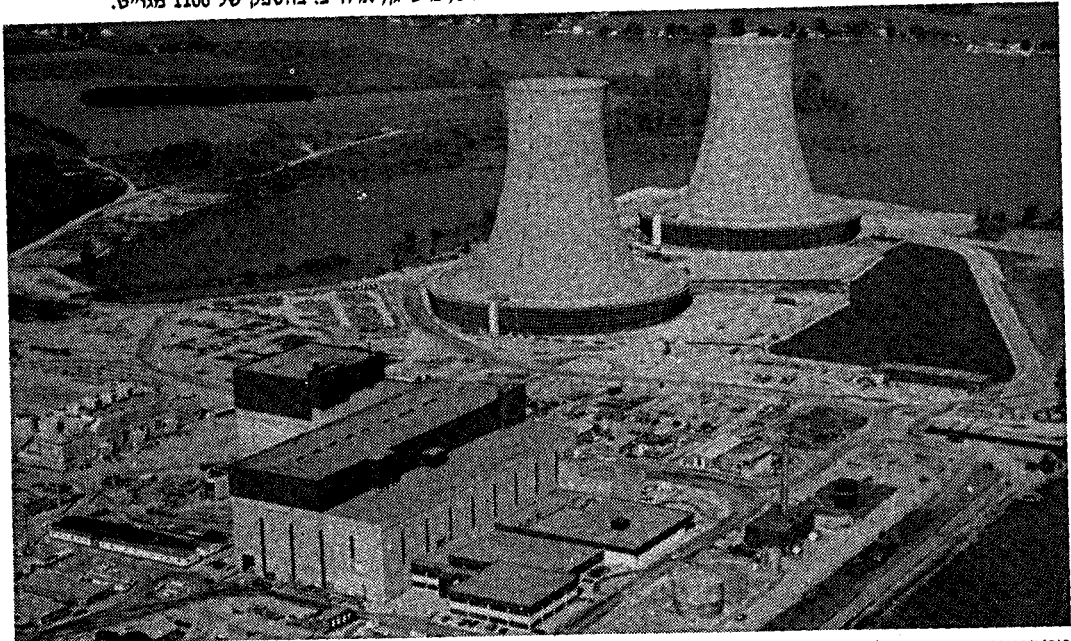
בעיות הקירור בתחנת-כוח פנים ארצית:

מאחר שתחנת-כוח, הממוקמת על שפת ים או נהר משתמשת בכמויות אדירות של מים לקירור ולעיבו הקיטור, ובישראל אין נהרות ואגמים גדולים היכולים לשמש לכך, הרי שבאתרים שאינם לחוף הים – יש למצוא פתרונות חליפיים לקירור. כיום מדובר על שימוש במגדלי קירור רטובים (באמצעות מים מתוקים, מים מלוחים או מי שפכים), או במגדלי קירור "חצי יבשים" (קירור אוויר בתוספת קירור מים בשעות ובימים חמים). עקרונות הקירור על-ידי מגדלים, דומים לעקרונות הקירור של מנוע מכונית.

האם חברת החשמל היא הגוף המתאים להקמת תחנת-כוח גרעינית?

מאחר שתחנת-כוח גרעינית מהווה פרוייקט, שבעיקרו הוא דומה מבחינה טכנולוגית לתחנת-כוח קונבנציונלית, הרי הארגון ותהליך ההתקשרות עם ספקים להקמת תחנה גרעינית – דומים לאלו הקשורים בתחנה קונבנציונלית. הדרושות הגרעיניות המיוחדות, הנובעות בעיקר מבעיות הבטיחות ומהצורך באמינות גבוהה, בגלל ההשקעה הגדולה,

* ראה מאמר בנושא – "התקע המצדיע" מס' 28 – דצמבר 1982.



מכשירי חשמל ביתיים נפוצים — נתונים טכניים והערכת צריכת החשמל

במחלקה לייעול הצריכה באגף הצרכנות של חברת החשמל הוכן דו"ח מס' 110/4/86 בנושא הנ"ל. בדו"ח זה, המורכב מחמישה עשר פרקים, מובאת סקירה ראשונית על נתונים טכניים של מכשירי חשמל ביתיים נפוצים והתקניה החלה על מכשירים אלה.

כמו כן נכללים בדו"ח הערכות צריכת החשמל של המכשירים, פירוט הגורמים העיקריים המשפיעים על הצריכה ותאור צעדים המומלצים לשם הקטנת הצריכה.

מטרת הדו"ח היא מתן מידע כולל וערכני לגורמים הנדרשים במסגרת עבודתם, לטפל בצרכנות הביחית.

חשמלאים שיש להם ענין בנושא יכולים לפנות למערכת "התקע המצדיע" בבקשה לקבלת הדו"ח האמור.

אנו מבקשים שבפניה יצויינו:
א. תחום עיסוקו של החשמלאי ומקום עבודתו.
ב. מספר הדו"ח המבוקש (110/4/86).

מתבטאות בצורך להקים מערכת אבטחת איכות וארגון מורכב ברמה גבוהה ובהיקף גדול בהרבה מזה שבפרויקטים קונבנציונליים.

כיום לא מצוי גוף אחר בארץ, מלבד חברת החשמל, בעל יכולת וניסיון בניהול פרויקט בקנה מידה רחב כזה, ובעל מערכת אבטחת איכות וביקורת טיב קפדנית החיוניים בנושא הגרעיני.

כאמור, מאז המו"מ שהתנהל בזמנו עם חברת "ווסטינגהאוז" וחברות אמריקאיות אחרות, התגבשה בחברת החשמל מומחיות רבה בנושא הגרעיני ובנושא אבטחת האיכות. בשנים שחלפו מאז, רכשה חברת החשמל גם ידע מקיף בטיפול בבעיות קירור של תחנות כוח פנים ארציות. לכן החברה רואה עצמה כגוף

המתכן, המבצע והמפעיל את התחנה הגרעינית, תחת הכוונה ובקרה של משרד האנרגיה, כמשרד ממונה ושל הוועדה לאנרגיה אטומית כגוף הרישוי.

בחברת החשמל קיים הידע, הניסיון, כושר הביצוע וכוח האדם המיומן והמנוסה (הן בתחום התכנון והביצוע, והן בנושאים הנלווים, כגון מימון, רכש וכד'), לאחר שאלה הוכיחו את עצמם בפרויקטים בהיקפים גדולים.

היות ותחנה גרעינית מהווה חלק בלתי נפרד ממערכת חברת החשמל, היא צריכה להיות מתוכננת, בנויה ומופעלת תוך שילוב מירבי במערכת הייצור וההעברה של חברת החשמל.



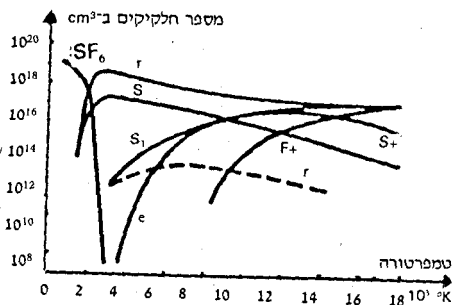
ציוד מיתוג - SF₆ קומפקטי למתח גבוה

אינג' יוסף רוזנקרץ

בעלון 27 (אפריל 1982) של "התקע המצדיע" פורסם מאמר על תחנות משנה פנימיות קומפקטיות הנמצאות במרכזים עירוניים, בעלות בידוד SF₆ (כלומר, הגז SF₆ משמש מבדד לציוד של תחנות אלו). במאמר ההוא תוארו עקרונות התיכנון של התחנות הללו, וכן התכונות העיקריות של הגז SF₆. המאמר שלהלן דן בפיתוח אשר חל לאחרונה בתחום ציוד ה-SF₆ למתח גבוה. במונח המקוצר "ציוד SF₆" הכוונה היא לציוד אשר בו הגז SF₆ משמש כחומר מבדד.

לאחר שהקשת כובתה, מתחזק באופן חד ופתאומי חוזקו הדיאלקטרי של הגז, וזאת הודות ל"שאיבת" האלקטרוני, לרכיב הפלואורון, הנמצא בתוך הגז, (ראה איור 2).

איור 2



כתוצאה מכך נהפך הגז, לאחר כיבוי הקשת, בחזרה לחומר אחיד, ואינו מאפשר שתתהווה שוב פריצת מתח במרווח הפתיחה של המפסק. לתכונות אלו יש להוסיף שהגז יציב לזמן ממושך מאד (עשרות שנים). כאמור, משתמשים ב-SF₆ כאמצעי בידוד וכאמצעי לכיבוי הקשת מזה זמן רב, כ-15 שנה.

יישום ציוד SF₆ בארץ

בארץ הוכנסו לשימוש מפסקי זרם SF₆ במתח עליון - 161 ק"ו כבר בשנת 1977, והם פועלים ללא תקלות מבחינת תקינותם ואחזקתם עד עצם היום הזה. עוד לפני כן החל השימוש בתחנות מיתוג ובתחנות השנאה (טרנספורמציה), פנימיות, למתח עליון עד 380 ק"ו, בעלות בידוד SF₆. כאמצע שנות ה-70 היו תחנות כאלה נפוצות למדי באירופה ובארצות הברית. השיקול לשימוש בתחנות SF₆ פנימיות למתח עליון היה בעיקרו כלכלי, ונבע למעשה מכורח הרחבת רשת החשמל בערים הגדולות, מחד, ומחוסר קרקע מתאימה לבניית תחנות משנה למתח עליון קונבנציונליות, כפי שהיה נהוג קודם, או ממחירן הגבוה, מאידך גיסא, (ראה מאמר בנושא ב"התקע המצדיע" 27).

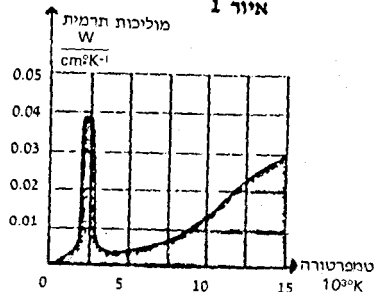
פתרון זה הוכיח את עצמו מבחינה כספית, למרות המחיר הגבוה עד כדי פי 3-4 ממחירי תחנות

התכונות הפיסיקליות של ה-SF₆

יתרון ציוד מיתוג למתח גבוה עם בידוד SF₆ מתבטא במימ'ו הקומפקטיים. קיימת מגמה חדשה לייצור תחנות השנאה (טרנספורמציה) זעירות, המשתמשות בלוחות מיתוג SF₆ קומפקטיים. למעשה אין חידוש בעצם השימוש בגז SF₆ כאמצעי בידוד מעולה בעל תכונות מצוינות לכיבוי הקשת. תכונותיו המצוינות ידועות זה מכבר בין חוגי המקצוע ונעשו לדבר נדוש. בכל זאת, נסקור בקיצור נמרץ את תכונותיו הפיסיקליות כדי לאפשר הבנה יסודית יותר של מאמר זה.

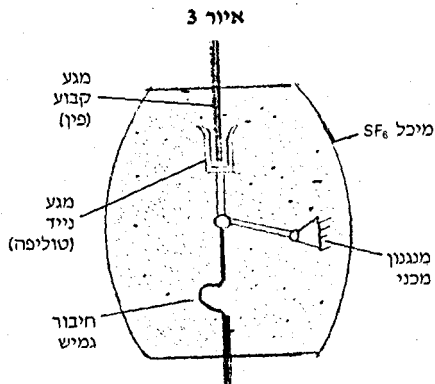
הגז גפריית שש-פלואוריד (SULPHUR HEXAFLUORIDE). שם מלו הכימי הוא SF₆, הינו גז ללא צבע, ללא ריח, בלתי דליק, בלתי רעיל, בעל משקל סגולי גדול פי המישה מזה של האויר ויציבותו הכימית מעולה. החוזק הדיאלקטרי של ה-SF₆ גדול פי 2.5 מאשר זה של האויר - בלחץ אטמוספרי רגיל. במשך התרחשות הקשת בתוך ציוד מיתוג כלשהוא - מנתק או מפסק זרם - נוצר חום רב בעת פתיחת המגעים המובילים זרם. חום זה חייבים לסלק בכדי לכבות את הקשת. גז ה-SF₆ מתאים במיוחד לתפקיד זה, הודות לתכונותיו התרמיות. ככל שהטמפרטורה עולה, כך גם עולה החום שלו. נציין לדוגמא, כי בטמפרטורה של 2000°K יכולה כמות של גרם אחד בלבד מגז זה להוליד כמות של חום עד כדי 20,000J (ג'אול). המוליכות התרמית של SF₆ משתנת באופן חד עם עליית הטמפרטורה. כשהזרם שואף לאפס, מגיעה הטמפרטורה של הגז לכ-2000°K בטמפרטורה זו מזנקת המוליכות התרמית של SF₆ לכ- 0.04 $\frac{W}{cm^2K}$. הודות לכך הגז מקורר במידה ניכרת את הקשת, ועל ידי כך מכבה אותה (ראה איור 1).

איור 1



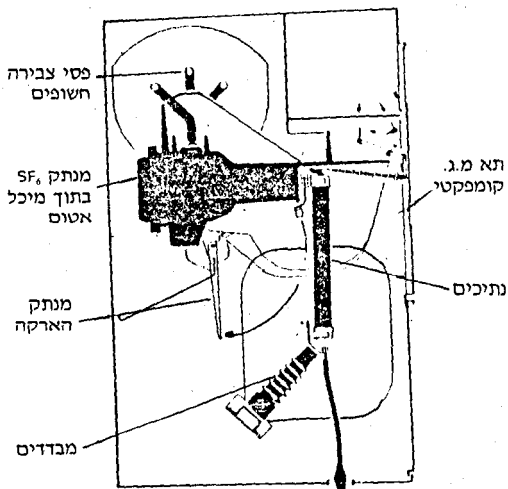
אינג' י. רוזנקרץ - מחלקת ח"ב"ר ת"ק ותפעול, הרשת הארצית, אגף הצרכנות, חברת החשמל.

בציוד SF₆ מהקבוצה האמורה בסעיף ב' לעיל, מותקנים המגעים הראשיים, כאמור, בבקבוקים או במיכלים מלאים SF₆ ו"אטומים לצמיתות" (SEALED FOR LIFE), כמתואר עקרונית באיור 3.



המגעים הראשיים גם במנתקי עומס וגם במפסקי זרם, הם בדרך כלל בצורת "פיו" ו"טולפיה" – ולא בצורת "סכינים" כנהוג במנתקים קונבנציונליים. הסיבה לכך היא כי ה"טולפיה", המהווה את המגע הנייד גורמת לזרימת הגז SF₆ לכוון הקשת בעת פתיחת המגעים, וגורמת בכך לכיבוי הקשת. מה שמאפיין ציוד מסוג זה הוא, שההדקים מובאים אל מחוץ לבקבוק האטום, ומתחברים, בתוך התאים שבהם הם מורכבים, לפסי הצבירה או לציוד אחר (משני זרם, משני מתח, כניסות כבלים) באמצעות מוליכי נחושת חשופים או מבודדים. מוליכים אלה ופסי הצבירה הינם בדרך כלל בצורת צינורות, דבר אשר מקנה להם חוזק מכני מירבי ומאפשר בזה את הקטנת המרווחים בין הפזות, דבר הנחוץ כדי שהציוד יהיה קומפקטי. באיור 4 מובא חתך של לוח כזה.

איור 4



קונבנציונליות. כמו כן הקימה חברת החשמל לפני כ- 4 שנים תחנת משנה קומפקטית למתח עליון, מהדגם של תחנות פנימיות SF₆. תחנה זו נמצאת בחיפה, ותחנה אחרת אמורה להיות ממוקמת בזמן הקרוב בתל-אביב. השימוש בציוד SF₆, אשר התחיל דווקא בתחום המתח העליון (52 ק"ו ומעלה), "ירד" לאט לתחום המתח הגבוה (33 עד 36 ק"ו) במספר שלבי פיתוח, עד לשלב בו אנו עומדים לעסוק במאמר זה. המבנה המכני של ציוד ה-SF₆ למתח עליון, המותקן בתחנות פנימיות, דומה במראהו החיצוני לאינסטלציות, הכוללות צינורות כבדים ומיכלים; ומי שמבקר בתחנה שכזו מקבל רושם שהוא נמצא בתחנת שאיבת מים, לא בתחנת חשמל.

מבנה כבד כזה, המשתמש בצינורות כבדים ובמיכלים, הייחודי גם שלב הפיתוח הראשון של ציוד ה-SF₆ למתח גבוה, עד שהיצרנים "עלו" על רעיון הקומפקטיות, כפי שהוא מצטייר בשלב הנוכחי של פיתוח הציוד מסוג זה. בעצם, גם רעיון הקומפקטיות אינו חדש לגמרי, ציוד קומפקטי למתח בינוני הוכנס לארץ באמצע שנות ה-70 ונמצא בפעולה עד היום, למרות מספר תקלות אשר אירעו בדגם זה או אחר. השאיפה לייצר ציוד SF₆ קומפקטי למתח גבוה נבעה בעיקרה, כמו במקרה של הציוד למתח עליון, משיקולים של חיסכון בשטח בנוי, כמובן בקנה-מידה שונה לגמרי, בשילוב ניצול התכונות המעולות של ה-SF₆ כחומר מבודד וכבעל יכולת מצוינת לכיבוי קשת חשמלית.

ציוד SF₆ קומפקטי למתח גבוה

מן השילוב בין ציוד ה-SF₆ והציוד הקומפקטי הקונבנציונלי נוצר ציוד למתח גבוה בדגמים שונים. מבלי לנקוב בשמות אפשר להגיד, כי היצרנים הגדולים באירופה לציוד חשמלי במתח גבוה נכנסו, רובם ככולם, לייצור ציוד מסוג זה. היבואנים בארץ, המייצגים יצרנים אלה, הבינו את המגמה החדשה, וכיום כבר מותקן או נמצא בשלבי התקנה, במתקנים שונים, מגוון רחב של ציוד SF₆ קומפקטי. במבט כללי על כל גוויי ציוד ה-SF₆ למתח גבוה ניתן להבחין בשלוש קבוצות כדלקמן:

- א. **ציוד מיתוג** – בעיקר מפסקי זרם אוטומטיים – אשר בו המגעים הראשיים מותקנים בתוך בקבוקים או מיכלים מלאים SF₆. ציוד זה מורכב בלוחות מיתוג בעלי מידות קונבנציונליות.
- ב. **ציוד מיתוג** – מנתקים בעומס, מנתקי הארקה ומפסקי זרם אוטומטיים, שהמגעים הראשיים שלהם מותקנים בתוך בקבוקים או מיכלים מלאים SF₆. ציוד זה מורכב בלוחות מיתוג בעלי ממדים קומפקטיים.
- ג. **ציוד מיתוג** – בשלב זה: מנתקים בעומס ומנתקי הארקה בלבד, המורכבים בצורה אינטגרלית בתוך מיכלים מלאים SF₆. ומהווים יחידות לוחות קומפקטיות.

להלן נתייחס רק לציוד המפורט לעיל בסעיפים ב' וג', מכיוון שזהו החידוש האחרון בפיתוח ציוד למתח גבוה.

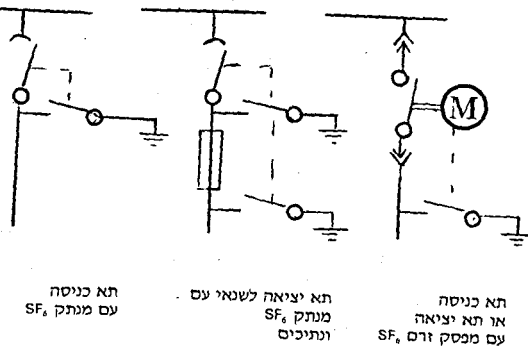
היתרונות המתבטאים בנוחיות פעולת ההארקה, גם שני חסרונות:
 (א) סיכון לפעולה מוטעית, אשר תגרום לקצר ישיר, בעוצמה מירבית.

(ב) סיכון מסוים שחיבור ההארקה לא נעשה כראוי מבחינה גלונית, והוא עולל לסכן בני אדם, אשר נוגעים בחלקים שהם כרגיל "חיים".

ובכן, בעוד שבלוחות הקונבנציונליים נמנעים לא אחת, מלהרכיב מנתקי הארקה, בשל הסיבות האמורות לעיל, ולפעמים אפילו אם כבר הותקנו מנתקי הארקה - מפרקים אותם, לא כך בלוחות קומפקטיים.

בלוחות הקומפקטיים לא ניתן בדרך כלל להרכיב מקצרים ניידים, ולכן מנתקי ההארקה - חשיבותם מבחינת הגנה בפני חישימול גדולה לאין ערוך לעומת חשיבותם של מנתקים המותקנים בלוחות קונבנציונליים. זאת הסיבה שהביאה את רוב היצרנים להרכיב מנתקי הארקה בכל תא ותא, כמתואר בתרשימים הבאים (ראה איור 5).

איור 5



הבעיה העיקרית, שאנו נתקלים בה בציוד מסוג זה, בעיקר כשמדובר במנתקים, היא אמינות הניתוק. התקן IEC-265 העוסק במנתקים למתח גבוה, דורש שפתיחת המגעים תהיה בולטת לעין, או ניתנת לאבחנה על ידי מנגנון מכני, אשר מראה בעקיפין, אך בצורה בטוחה, את המצב "הפתוח" או "הסגור" של המנתקים.

מבחינה זו מתחלקים המנתקים מסוג SF₆ לדגמייהם וליצרניהם השונים לשני סוגים: מנתקים המשתמשים בבקבוקים **שקופים**, שבהם ניתן לראות באופן ישיר את המגעים, ומנתקים המשתמשים בבקבוקים **אטומים**, הנעורים ב"מראה מצב" מכני.

צרכנים רבים שואלים את עצמם, האם קיימת עדיפות של סוג אחד, מבחינת האמינות האמורה לעיל, על הסוג השני. ובכן, ברור כי האפשרות להשקיף ישירות על מצב המגעים, נותנת לצרכן הרגשה בטיחותית טובה יותר מאידך גיסא, אין לפסול את המנתקים, שבהם ניתן לראות את המגעים רק בעקיפין על ידי "מראה מצב" מכני, בתנאי שהוא אמין; שיטה זו הינה תקנית לחלוטין.

בעיה אחרת, מהווים המרווחים המוקטנים שבין החלקים ה"חיים" - בין פוזה לפוזה ובין הפזות ההארקה. בלוח קונבנציונלי, המרווחים בין חלקים "חיים" הם, לדוגמא, למתח 24 ק"ו - 215 מ"מ, בעוד שבלוח קומפקטי המרווחים מוקטנים עד כדי 100 מ"מ ואפילו פחות. נשאלת השאלה: באיזו מידה מהווה הקטנת המרווחים סכנה לפריצת מתח ולגרימת קצר בתוך התא, וגם: באיזו מידה מהווים המרווחים המוקטנים סכנת חישימול לבני אדם, אשר יגעו בחלקים מתכתיים חיצוניים של התא. ובכן, הסכנה באמת קיימת, אלא, אם כן הלוח הקומפקטי, נבדק בדיקות מדוקדקות במתח הלם ובמתח יתר, וכל בדיקת הדגם האחרות הנדרשות לפי התקנים.

לכן, צרכן אשר רוכש ציוד קומפקטי ייטיב לעשות אם לא יסתמך רק על הנתונים המופיעים בקטלוגים (מכיוון שבדרך כלל אין להם תוקף מחייב חד-משמעי), אלא יודא שהיצרן בדק את הלוח בהתאם לתקנים מקובלים, ותוצאות הבדיקה היו חיוביות.

היבטים בטיחותיים בתפעול

המידות הקומפקטיות של הלוחות מהסוג שתואר לעיל, שבהם קיימים חלקים "חיים" (בהם שורר מתח), גורמות לסכנה בטיחותית, ברגע שפותחים את הדלת או מפרקים את המכסה החזיתי לצורכי תפעול או אחזקה. היצרנים מודעים לבעיה זו, לכן בכל לוח SF₆ קומפקטי, לא ניתן לגשת לחלקים "חיים" הנמצאים בסמוך לדלתות או למכסי גישה חזיתיים, אלא רק לאחר הארקה חלקים אלה באמצעות מנתקי הארקה.

מה שמאפיין אם כן, במיוחד את ציוד ה-SF₆ הקומפקטי, הוא ריבוי מנתקי הארקה, שחשיבותם מבחינה בטיחותית גדולה בהרבה מאשר בציוד הקונבנציונלי. בלוחות מ"ג קונבנציונליים אין הכרח במנתקי הארקה, מכיוון שהודות למידות הרחבות של התאים ניתן להרכיב, על פי הצורך, מקצרים ניידים. השימוש במנתקי הארקה טומן בחובו, מלבד

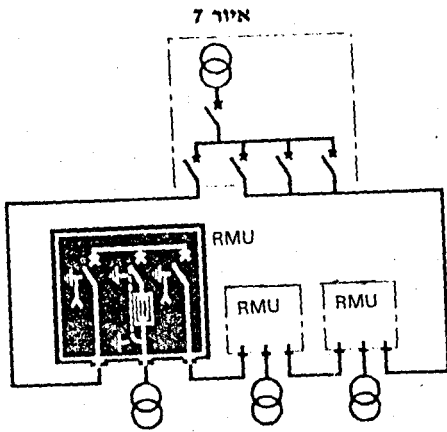
מובן שבכל תא ותא קיים חיגור - בין המנתק הראשי או מפסק הזרם הראשי לבין מנתק ההארקה - המונע את הפעלת מנתק ההארקה, אלא אם המנתק הראשי או מפסק הזרם פתוחים. וכן גם להיפך - לא ניתן לסגור את המנתק או את המפסק הראשי, אלא אם מנתק ההארקה פתוח. חיגורים אלה קיימים גם בלוחות קונבנציונליים, אולם בלוחות הקומפקטיים קיים חיגור נוסף, חשוב במיוחד, והוא החיגור המונע פתיחת דלת ופתיחת מכסה הגישה, אלא אם **מנתק ההארקה נסגר**.

חיגור זה הוא כאמור הכרחי, עקב המידות הקומפקטיות של הלוחות, אך הוא מהווה גם אחד מהחסרונות הבולטים של הציוד הקומפקטי, עם השלכות על צורת החיבור בין מתקן הצרכן לבין רשת חברת החשמל. מדובר במיוחד בתא הכניסה הראשי של המתקן, שבו קיימת הסכנה לסגור את מנתק ההארקה ללא הפסקת מתח הזינה מרשת חברת החשמל, על ידי פתיחת המנתק הראשי של ההסתעפות, שהרי מנתק זה אינו, בדרך כלל, בשליטתו של הצרכן, אלא בשליטתם של אנשי חברת החשמל.

ציוד מיתוג מורכב אינטגרלי במיכלים מתכתיים של SF₆ "אטומים לצמיתות" (SEALED FOR LIFE)

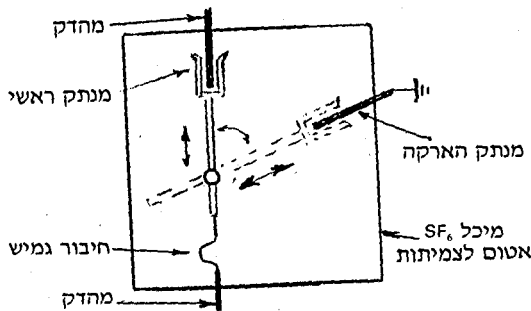
ציוד מסוג זה פותח לאחרונה (במיוחד בשנתיים האחרונות), מורכב במיכלי פח מרזותים בעלי ממדים קומפקטיים. למרות הפשטות במבנה זה (עובי הפח נע בסביבות 3 מ"מ) מבטיחים היצרנים, שהמיכלים הם "אטומים לצמיתות" ושלא קיימת כל סכנה שהיא ל"בריחת" הגז מתוכם. בציוד הקומפקטי SF₆ מסוג זה, כמו בסוג הציוד אשר תואר בפרק הקודם, אין חלקים "חיים" חשופים כלשהם מחוץ למיכל, וכל החיבורים בין התאים (פסי צבירה) מורכבים בתוך מיכל ה-SF₆. הדקי הציוד מובאים מחוץ למתקן בצורת הדקים מבודדים המאפשרים חיבורי סופיות של כבלים מבודדים.

הרכבתו האינטגרלית של הציוד במיכלים "אטומים לצמיתות" מתבטאת בכך, שבדרך כלל, במקום תאים בודדים שהצרכן יכול לשלב אותם או להרכיבם לפי רצונו, מייצרים מתקנים המורכבים מ-3-4 תאים, המיועדים לתפקיד מוגבל שנקבע מראש. המתקנים הנפוצים ביותר מסוג זה הם מתקנים לזינת שנאים במערכת טבעתית - RING MAIN UNITS - (RMU). מתקן RMU כולל שלושה תאים: כניסה ראשית, יציאה לשנאי ויציאה כללית. בכל התאים מורכבים מנתקי עומס ומנתקי הארקה, ובתא היציאה לשנאי מורכבים גם נתיכים (ראה איור 6).



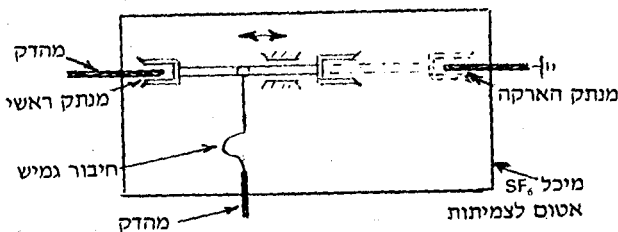
"חיים" שהם, כפי שנאמר, כלולים במיכל אטום, כך שלא קיימת כל אפשרות להרכיב מקצרים נידים. כדי לפתור את בעיית צימצום המקום בתוך המיכל, וגם את החיבור ההכרחי בין מנתק ראשי לבין מנתק ההארקה, בונים רוב היצרנים את המיכלול של מנתק ראשי ומנתק הארקה בתור יחידה אחת, בדומה למפסק מחלף הידוע במיתקנים למתח נמוך. הפתרון המעשי שונה באופן מהותי בין יצרן ליצרן, ולצורך הדגמה ניתן להבחין בין כמה שיטות (ראה איור 8).

איור 8

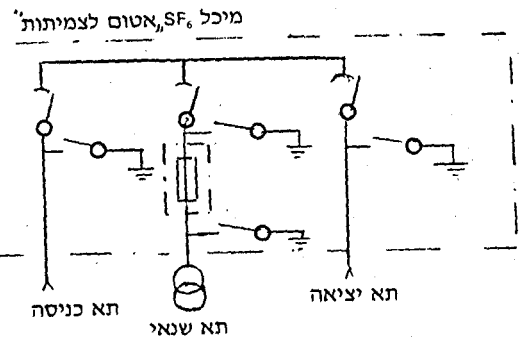


בדגם זה קיימים שני מגעים קבועים (בצורת פין) ומגע ניד בצורת "טוליפה" אשר נסוגה או נכנסת לפין השייך למנתק הראשי או לפין הארקה. פין זה מופעל על ידי מנגנון מכני משותף, המבצע את פעולת ההחלפה על-ידי תנועה ליניארית וסיבובית. שיטה אחרת מתוארת באיור 9.

איור 9



איור 6 מיכל SF₆ "אטום לצמיתות"



הנתיכים מותקנים למעשה מחוץ למיכל, כדי שניתן יהיה להחליפם בקלות. מותקנים כאלה מיועדים להזנת שנאים עד 2000 קו"א ולמתח מ-3.3 קו"ו עד 24 קו"ו, כשהם מחוברים במערכת זינה טבעתית או ראדיאלית (ראה איור 7).

היבטים הבטיחותיים בתפעול ציוד SF₆ אינטגרלי

מה שמאפיין את ציוד ה-SF₆ האינטגרלי, כמו גם את ציוד ה-SF₆ האינדיבידואלי המתואר בפרק הקודם, הוא השימוש הרחב במנתקי הארקה. הסיבה נעוצה בכך, שבציוד זה אין בכלל גישה לחלקים

השיטה, זהה לשיטה הקודמת, אלא שהמגע הנייד מבצע פעולה לינארית בלבד. בכל הדגמים האלה ניתן לפתוח ולסגור בנפרד את המנתק הראשי ואת מנתק הארקה באמצעות מוט הפעלה ובריה, אשר מעביר את פעולת המוט אל המנתק הראשי או אל מנתק הארקה. הדוגמאות שהובאו לעיל אינן מכסות את כל הדגמים הקיימים, ומעניין לציין שקיימים הבדלים טכנוניים עיקריים בין יצרן ליצרן.

סיכום

אנו עומדים לפני עידן חדש בתחום הציוד למתח גבוה - עידן שמתאפיין בנו SF₆ כחומר בידוד ואמצעי יעיל לכיבוי הקשת, וכן בקומפקטיות של הציוד. היתרונות הבולטים של ציוד SF₆ קומפקטי, הם:

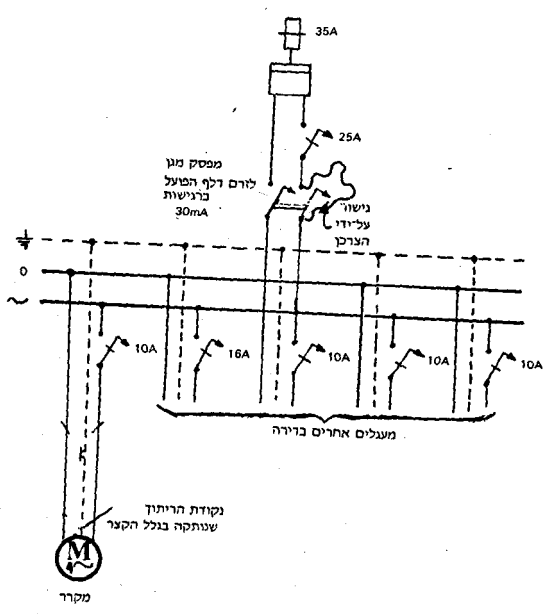
- חיסכון בשטח בנוי.
- פשטות ההרכבה.
- הציוד אינו מושפע מתנאים חיצוניים (טמפרטורה, זיהום האוויר, לחות וכד').
- דרישות אחזקה מינימליות.
- עם כל היתרונות הנ"ל קיימות גם מגבלות מסוימות, לכן כדאי כי צרכן, אשר עומד לרכוש ולהתקין אצלו ציוד SF₆ קומפקטי, ייטיב לשים לב לדברים הבאים:
- א. להקפיד שהציוד יהיה מדגם אשר אושר על-ידי חברת החשמל.
- ב. לבקש מהיצרן, שהציוד יהיה מלווה בתעודות בדיקה תקינות, במיוחד בתעודות הקשורות לרמת הבידוד ולעמידה בזרמי קצר.
- ג. להיות ער לסכנה הגלומה בשימוש במנתקי הארקה.

תאנת השמל ולקחה

חטאי הצרכן שהבין קצת בחשמל אינני ויקטור זיס

3. החשמלאי אשר הוזמן לטפל בתקלה, החליף את הפתיל הפגום, פירק את הגשר שהותקן על-ידי הצרכן והחזיר את הספקת החשמל התקינה למתקן.

תרשים המתקן



בדירתו של צרכן, "המבין קצת בחשמל", נפסק זרם החשמל לדירה, בזמן סערת ברקים, תוך הפעלתו של מפסק המגן הפועל בזרם דלף. הצרכן ניסה מספר פעמים לחברו אך ללא הצלחה. על מנת לחדש את ההספקה גישר הצרכן את המופע של מפסק המגן (ראה תרשים), ובדרך זאת התחדשה ההספקה לדירה. להפתעתו גילה הצרכן תופעה "מוזרה"; גם לאחר "יתקון" (גישור) זה מפסק המגן לא התחבר. לאור התופעה "המוזרה" פנה הצרכן לעזרת חשמלאי.

בבדיקת התופעה גילה החשמלאי את הפרטים הבאים:

1. מפסק המגן הפועל בזרם דלף היה תקין, ולפיכך הוא חייב לפעול כאשר מועבר דרכו רק הזרם הזורם במוליך האפס והזרם הזורם במופע עובר בחלקו דרך הגשר ובחלקו דרך מפסק המגן.
2. גל המתח אשר נוצר על-ידי הברק גרם לפריצת הבידוד ולריתוך בין מוליך האפס וההארקה בפתיל ההזנה בכניסה למדחס של מקרר ישן. נקודת הריתוך, המסומנת בחץ, איפשרה את המשך הספקת החשמל המסוכנת, על-ידי הפעלת המתקן בין המופע ובין הארקה, כמו כן נקודת הריתוך עלולה היתה להשרף עם הפעלת עומסים נוספים בדירה.

אינני ו. זיס - מנהל עיני החשמל, משרד האנרגיה והתשתית.

מה חדש בזיוף השמל

פרופ' ליאון מדזיר

"התפתחות בייצור נתיכים". לצורך זה משתמשים כיום במפתח מיוחד הבנוי עבור נתיכים מטיפוס DII ובמפתח אחר לנתיכים מטיפוס DIII. השימוש במפתחות אלה ניתן להגדרה כשימוש "פרימיטיבי" למדי ואינו עונה לכל הדרישות הבטיחותיות המתחייבות בסוג עבודה זה.

לאחרונה פיתוח מפעל מערב גרמני מפתח אוניברסלי המיועד לנתיכים מ-2-63 אמפר (לנתיכים מטיפוס DIII) (ראה תמונה 2) המפתח המצטיין במבנה סולידי, עשוי מחומר פלסטי בעל כושר בידוד עד ל-1000 וולט. המפתח עונה על כל הדרישות של תקן VDE ובכלל זה כל הדרישות המתייחסות לבטיחות הנדרשת בהתאם להוראות הבטיחות הפדרליות הנהוגות במערב גרמניה (המכונות - BG4 בנוסף להכרה של GS - GEPRUFTE SICHERHEIT), הסמל GS מוטבע על המפתח המסמל כי ההתקן אכן עבר את בדיקות הבטיחות ועמד בהם. ייצור מפתח זה נעשה תחת פיקוח מתמיד בהתאם לנורמות הקבועות בתקן DIN 57680.

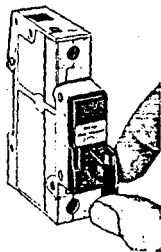
סגירה בבטיחותית חדשה של המותג במפסקים אוטומטיים זעירים

בעבודות (תיקונים, הרחבות ועוד) במתקני חשמל, מומלץ לנתק את הזינה למעגל בו מבצעים את העבודות.

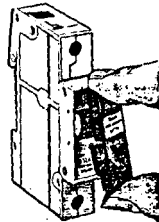
הניתוק נעשה בדרך כלל בלוח החשמל משם באה האספקה למעגל המטופל - הלוח נמצא, במקרים רבים, מחוץ לטווח הראיה של העוסקים בעבודה במעגל החשמל המסויים, וקיימת לכן סכנה שיתבצע חיבור חוזר של המעגל ללא ידיעת המטפלים בו (אם במקרה ואם בטעות).

בהיסטוריה של תאונות החשמל ידוע על מספר לא מבוטל של תאונות שהגורם להם היה חיבור מוטעה או מקרי.

בכדי להבטיח שלא תקרה תקלה כמתואר לעיל, נהגו (ועדיין נוהגים) בלוחות עם מפסקים אוטומטיים זעירים, להבטיח על ידי גושפנקא, חוסר אפשרות להרמת המתג ולחיבור המפסק, אולם מומחי בטיחות הגיעו למסקנה שדבר זה איננו מספיק בבטיחותי ובעקבות זאת פותח במפעל גדול בגרמניה מכסה תרמו-פלסטי מיוחד המתאים במידותיו לחזית המפסק הזעיר ונענעל על המתג באמצעות מפתח מיוחד (ראה תמונה 3) - דבר שיש בו גם בטיחות מירבית וגם נוחות בביצוע האבטחה.



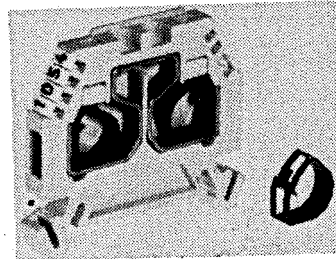
תמונה 3



מהדק מוליכים ללא ברגים

יצרני ציוד חשמלי הוציאו לאחרונה לשוק מהדק ללא ברגים. המהדק החדשני היוצר מגע טוב מבלי לגרום לנזק למוליכים (הבנויים מתיל אחד או ממספר רב של תילים שזורים) בעלי חתך כללי מ-0.5-2.5 ממ"ר, מומלץ לשימוש על-ידי בעלי מקצוע מוסמכים בענף.

תמונה 1



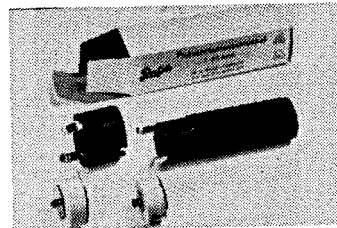
המהדק, הבנוי בצורה מודולרית, מותקן בלוחות (ראה תמונה 1) המגע נוצר בו באמצעות קפיץ זעיר, חזק במיוחד, העשוי מפלדת אל-חלד גמישה ביותר. כניסת המוליכים (עשויים מנחושת מצופה בבדיל, המגן עליהם נגד קורוזיה) ומבטיחים מגע טוב בחתכים גדולים וקטנים כאחד, גם כאשר קיימים רעידות חזקות בסביבה בה מותקנים מהדקים אלה. הקפיץ, המהווה חלק חשוב במערכת זו, בנוי בצורה אובלית מיוחדת הנותנת לו את תכונותיו המיוחדות.

מפתח להוצאת בורג הנתאמה (ביטחון) של נתיכים מתוברגים מטיפוס DII ו-DIII לזרמים מ-2-63 אמפר במתח 500 וולט

נתיכים מטיפוס DII לזרמים עד 25 אמפר ומטיפוס DIII מ-36 עד 63 אמפר (תקן ישראלי ת"י 230; 236) מותקנים במספר רב של לוחות (בתי מלאכה, תעשייה וכו').

לעוסקים בעבודות חשמל, ידועה העובדה שלא קל להוציא את בורג ההתאמה מבית הנת"ך (ראה כתבה ב"התקע המצדע" מס' 32 מאוגוסט 1984 -

תמונה 2



DIN VDE 0680 Teil 7/02.84



פרופ' ל. מדזיר - הפקולטה להנדסת חשמל, הטכניון, מכון טכנולוגי לישראל, חיפה.

מערכות כבלים וסכנת התפשטות שריפה

אינג' נחום פלג

המחוקק המודע לסכנות הגדולות הנשקפות ממתקן החשמל; חוקק במשך הזמן, מספר תקנות המתייחסות לבעיית מתקני חשמל ומניעת התפשטות שריפות בהן. מתוך תוכן של התקנות הללו המצוטטות להלן, [אשר בחלקן נכללו בתקנות המקוריות (לפי תאריך פרסומן) וחלקן מהוות תוספות ותיקונים מאוחרים יותר], רואים כי הסכנה היא כפולה; לא רק שמתקן החשמל עלול להוות מקור להיווצרות שריפה, אלא גם לשמש נתיב להתפשטות שריפה בין חלקי המבנה. במאמר זה אנסה להתייחס למרכיבים העיקריים של הבעיה.

הקנה 94 — תעלות אנכיות

(א) "תעלות אנכיות העוברות בין קומה לקומה, יהיו מצוידות, במעבר בין הקומות במחיצות מחומר עמיד בפני אש, למניעת התפשטות אש מקומה לקומה".

מערכות הכבלים המותקנים במבנים

אם נתבונן במבנה חדיש, המשמש למגורים, למשרדים או לתעשייה, לא נוכל לראות מבחוץ את המספר העצום של הכבלים והמוליכים השונים המותקנים בו. מבנה כזה כולל מערכות שלמות של כבלים להספקת חשמל במתח נמוך (לפעמים גם במתח גבוה). כגון:

- כבלי טלפון וטלקס,
- כבלים לתקשורת פנים,
- כבלים לפיקוד ובקרה,
- כבלים להעברת נתונים וכו'.

הכבלים עצמם מושחלים ברצפות, בתקרות (אמיתיות או דקורטיביות), בקירות, בפירים שבין קומות, על סולמות כבלים ובכל מקום בו קיים חלל בממדים מספיקים לצורך זה. באופן כללי — במבנה כזה ממוקמים כבלים במשקל של מאות או אלפי קילוגרמים.

המצב גרוע יותר במבנים ישנים, בהם לא נצפה מראש הצורך בהתקנות מסוג זה, אך המצב מחייב אילתור מתמיד כדי להתקין מערכות כבלים נוספות. הביצוע במקרים אלו נעשה בשיטת טלאי על גבי טלאי, כמובן — תוך העלמת עין מסכנת התפשטות אש. לצערנו הרב היו כבר מספר לא זניח של מקרים, בהם נגרמו נזקים כבדים ביותר, עקב רשלנות בנקטית אמצעים למנועת התפשטות שריפה דרך מערכות כבלים.

חומרי הבידוד המקובלים

בתעשית הכבלים

ראשית — נסקור את חומרי הבידוד המקובלים בתעשיית הכבלים השונים, ונעמוד על מידת תרומתם להתפשטות (או אי התפשטות) שריפות בגללם.

פולי-ויניל-כלוריד (P.V.C.) הוא חומר בידוד מקובל ביותר לכבלי מתח נמוך ואחרים (כגון כבלים לתקשורת, לפיקוד ובקרה, לעיבוד נתונים וכו'). חומר

קובץ התקנות 1949 — תקנות החשמל (התקנת כבלים) תשכ"ז — 1966

הקנה 17 — הגנה בפני שריפה והתפשטות אש

- (א) "אין להתקין כבל בארובות או בתעלות המשמשות כמובילי עשן או כאמצעי להתפשטות אש.
- (ב) במקומות שקיימת בהם סכנה מוגברת של שריפות או של התפשטות אש, וההתקנה במקומות אלו היא גלויה, יותקן כבל בעל עטיפה בלתי בעירה או תוסר העטיפה הבעירה מהכבל.
- (ג) הותקן כבל בתעלות העלולות להוות מקום להתפשטות האש, יותקנו בהן מחיצות או אמצעים אחרים המונעים התפשטות האש, בנוסף למילוי ההוראות שבחקנת משנה (ב)".

הקנה 37 — הגנה בפני חומרים

מתלקחים ונפיצים

"כבלים, המותקנים במקומות בהם נמצאים חומרים מתלקחים או נפיצים, יצוידו בקצוותיהם בתיבות או אבורים מותאמים לתנאי מקום ההתקנה".

קובץ התקנות 1809 — תקנות החשמל (התקנת מובילים), תשכ"ו — 1965

הקנה 8 — הגנה בפני גזים מאכלים או נפיצים

- "מתקן מוביל במקום המכיל גזים מאכלים, או נפיצים יתמלא התנאים הבאים, כולם או מקצתם, כהתאם לתנאי המקום.
- (1) המוביל יהיה מחומר עמיד בפני איכול, או מוגן במידה מספקת בפני איכול;
- (2) המוביל יהיה אטום לכל אורכו באופן המונע חדירת גזים או חומרים נפיצים לתוכו;
- (3) המוביל יצויד בסידורים מתאימים המונעים התפשטות התפרצות או שריפה בין קטעיו".

הקנה 54 — שימוש בצינורות פלסטיים

"בכפוף להוראות תקנות 52 ו-53, מותר להשתמש בצינורות פלסטיים, כאמור להלן:

- (5) צינור פלסטי כפוף שאינו כבה מאליו — בהתקנה סמויה בלבד — במתקנים ביתיים ובמקומות המיועדים לבתי מלאכה ולבתי חרושת, שאין בהם סכנה של התלקחות אש או התפרצות מחומרים דליקים או נפיצים".

אינג' נ. פלג — מהנדס יועץ, מרכז ועדת ההוראות לביצוע עבודות חשמל שליד משרד האנרגיה והתשתית.

"התקנה המצויד" מס' 38 — נובמבר 1986

הטכנולוגיה החדשה להגנת הכבלים בפני אש

בנוסף למניעת מעבר אש, ניתן – באמצעות טכנולוגיה חדשה – להגן גם על הכבלים עצמם בפני אש, למשך פרקי זמן ארוכים – בסביבות 90 דקות (הערת הכותב: "אם לא הצליחו להשתלט על השריפה בתוך שעה וחצי, הרי כנראה אין כבר מה להציל..."). הגנה זו מתקבלת על ידי ציפוי חיצוני של הכבלים בחומר בידוד מיוחד בעל תכונות מעניינות. חומר זה "נצבע", "נמרח" או "מותז" על הכבל בשכבה לא עבה במיוחד, כך שאין פגיעה משמעותית בתכונות פליטת החום המתהווה בכבל עקב מעבר זרם דרכו. כל זה תקף כל זמן שהטמפרטורה האופפת את הכבל היא רגילה. במקרה של שריפה, עולה הטמפרטורה ליד הכבל למאות מעלות צלסיוס, וכתוצאה מכך חלה בחומר זה תמורה – הוא "מתנפח" ויוצר שכבה עבה של בידוד תרמי בעובי של סנטימטרים אחדים מסביב לכבל. בידוד תרמי זה שומר על חומרי הבידוד של הכבל בפני הצתתם במשך כ-90 דקות.

מניעת מעבר האש דרך מעברי הכבלים בקירות ותקרות, מחייבת, בראש ובראשונה, שהמחיצות עצמן תהיינה עמידות באש. את המעברים עצמם יש לאטום בחומרי בידוד מינרליים מתאימים (כגון צמר סלעים), ולכסות אותם בלוחות מחומרים מינרליים חסיני אש. השילוב הנכון של קירות, רצפות ותקרות מחומרים מתאימים ובעלי עובי נאות וכן דלתות חסינות אש וסגירה מקצועית של מעברי הכבלים ימנעו מעבר אש לפרקי זמן, שבהם אפשר להספיק ולהשתלט על מקור השריפה ולמנוע את התפשטותה. באיורים 1 ו-2 ניתן לראות דוגמאות של ציפוי הגנה לכבלים במצב של "לפני" שריפה ובמצב של "אחרי", ובאיורים 3 ו-4 – תיאור התקנה נכונה של איטום מעבר לסולם כבלים דרך קיר ורצפה (תקרה).

זה נחשב, בטעות, כחומר עמיד באש. המציאות היא, כי להבה חלשה לא תצית אותו, אך אש בטמפרטורה העולה על 600°C תגרום לפליטת החומר המרוכז שבו – וחומר זה לכשעצמו הוא דליק ומגביר את השריפה. בנוסף לזאת פולט החומר גז כלור, אשר, בנוסף להיותו חומר רעיל, יוצר על ידי מגעו במים או באדי מים חומצת מלח (HCl). טמפרטורת השריפה מסייעת לתהליך זה. כידוע חומצת המלח, גם בריכוזים נמוכים, גורמת נזקים עצומים לציוד ולמערכות (ביחוד לעדינות שבהן).

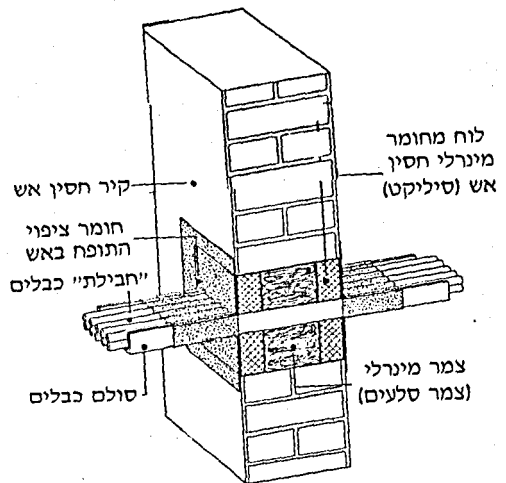
פוליאיתילן הוא חומר הבידוד השני, הנמצא בשימוש נרחב, (הסוג הרגיל והסוג המוצלב). כל מה שניתן לאמר על חומר זה הוא, שהוא חומר בידוד מצוין, אך דליק ביותר – ועלול להוות "קו אש" יוצא מן הכלל.

הכבלים כמקור להולכת אש

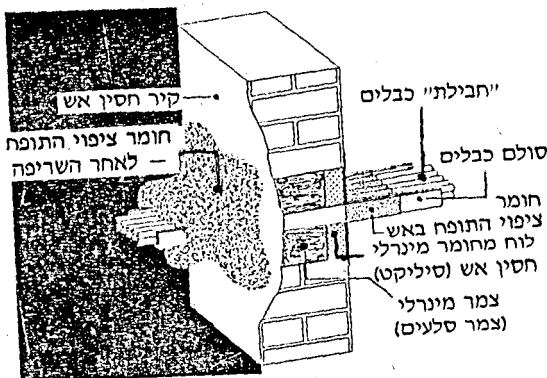
יצאנו למדים, מתוך כך, כי כל כבל (או קבוצת כבלים) עלול להוות מקור להולכת אש, לכן על המתכנן – בין אם מדובר במתקן חדש ובין אם מאלתרים תוספות של כבלים במבנה קיים – לדאוג למניעת מעבר אש בין חללים, דרך מעברי הכבלים, דרך קירות או תקרות. **דבר זה מתחייב**, כדי לצמצם את הנזק במקרה שבחלל מסוים פרצה שריפה מסיבה כל שהיא.

ברוב הארצות – כולל מדינת ישראל – קיימות הוראות המחייבות להתקין דלתות חסינות אש בין חללים שונים. ברור שלא תהיה תועלת באמצעים אלו אם יתאפשר מעבר אש דרך מעברי הכבלים.

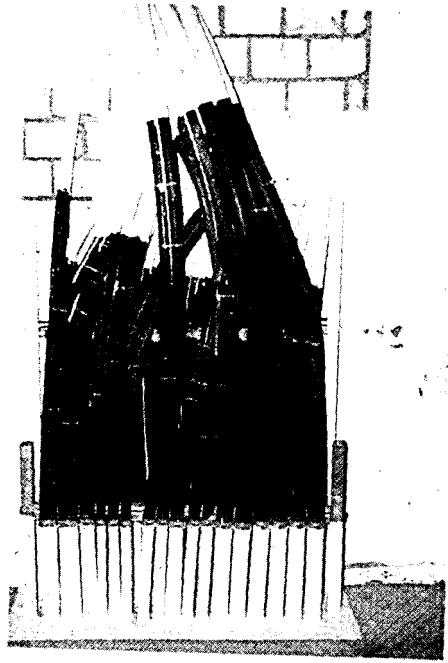
איור 1
מחיצה חסינת אש



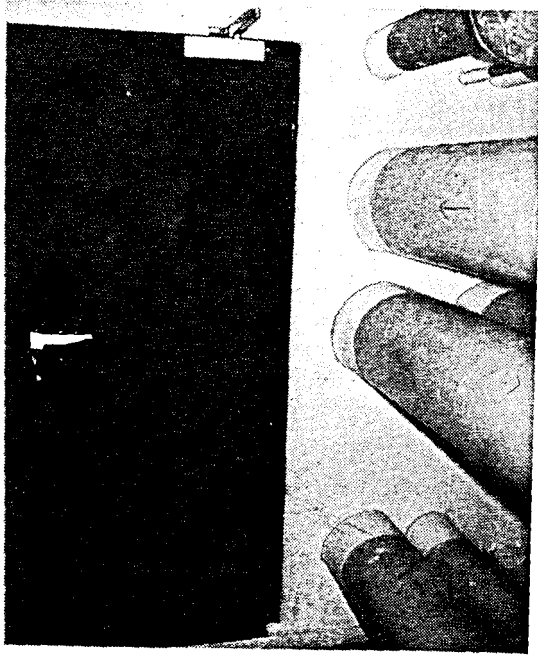
איור 2
מחיצה חסינת אש:
תפיחת חומר הציפוי כתוצאה מהשריפה



איור 3
מעבר חסין אש לכבלים ברצפה ובקיר



איור 4
מעבר חסין אש לצינורות כבלים
(שים לב לדלת חסינת האש שבסמוך)



רכב חשמלי ראשון בישראל

רכב ראשון בישראל, המונע בחשמלי ומשמש להסעת נוסעים, הוצג לאחרונה בארץ. (ראה תמונה בשער האחורי) המכונית מדגם "בדפורד" מסחרית (מיניבוס) ובה מקום ל-11 נוסעים, נראית ככל מכונית אחרת מסוגה, נרכשה לפני מספר חודשים באנגליה במחיר של כ-16,000 ל"יש (ללא מיסים), כמעט פי שניים בהשוואה למכונית דומה המונעת בדלק (קונבנציונלית).

במסגרת הניסוי מנוצל הרכב לצורך הסעת אנשי משמרת מהקריית ומסביבות חיפה לתחנת הכח בחיפה. תוצאות הניסוי עד כה הן משביעות רצון. להצלחת הניסוי יש חלק רב, הודות לתרומתו האישית ולענין הרב שמגלה בו מר **דב מסד**, סגן מנהל אגף שרותים ומליח לענייני תחבורה בחברת החשמל. הרכב החשמלי זקוק לכשמונה שעות טעינה כדי לנסוע כמאה ק"מ. הטעינה מתבצעת בשעות הלילה, כלומר בשעות בהן צריכת החשמל נמוכה. המהירות המירבית של הרכב החשמלי היא כ-80 קמ"ש, אחזקתו והנהיגה בו הם קלים ביותר.

חברת החשמל משקיעה בנושא זה מראשית שנות השבעים הן במחקר והם בפיתוח אשר תוצאותיו עד כה הביאו כאמור לרכישת רכב ניסוי זה.

לדברי המהנדס **יגאל פורת**, מנהל מחלקת פיתוח ומחקר אנליטי בחברת החשמל, יש כיום באנגליה צי של כ-35,000 כלי רכב חשמליים לחלוקת חלב, כמו כן גובר השימוש ברכב זה בתחברות חשמל ומוסדות אחרים. בגרמניה מתרבה והולך השימוש ברכב החשמלי כרכב פרטי, רכב מסחרי ואוטובוסים. לדבריו, הניסיון באנגליה מלמד כי הרכב החשמלי הינו בטיחותי וכמעט שלא נרשמו תקלות בהפעלתו בשנים האחרונות, עם זאת, הרכב החשמלי יקר פי שניים ממכונית רגילה. מר **פורת** ציין כי המחיר הגבוה מתקזז בסופו של דבר עם העלות הנמוכה של האחזקה השוטפת. מחיר החשמל לטעינת רכב כזה מגיע רק לכ-30% מזה של הדלק במכונית קונבנציונלית והאחזקה לכ-50% בהשוואה לרכב רגיל.

יש לציין שלאחרונה מסתמנת פריצת דרך בנושא, לאחר שחברה קנדית בשיתוף עם חברת B.B.C. יצאה עם רכב חשמלי חדש (מיניבוס) המונע על ידי מצברי גופרית נתון אשר מסוגלים כנראה לאפשר טווח נסיעה הגדול פי שלושה מן המקובל כיום וזאת כאשר משקל המצבר החדש זהה לזה של מצבר העופרת. הרכב הוצג בתערוכה העולמית שהתקיימה השנה בונקובר, קנדה. באחד מעלוני "התקע המצדיע" הבאים נפרסם מאמר רחב יותר אודות הרכב החשמלי וכן את תוצאות הניסיון שהצטבר עד כה.

* מאמר בנושא מורסם ב"התקע המצדיע" מס' 31 - מרץ 1984.

רכב השמל"י האשון בישראל

