

התקע המצדיע



כתב עת מקצועי לחשמל



חדר הפיקוד הראשי של תחנת הכוח "רוסנברג"



תוכן העניינים

	מזר שירות פירסומי לקוראים	3	עיקרי המלצות הוועדה לבדיקת תעריפי החשמל
23	משולחן הוועדות פ' שפר א. ועדת ההוראות לביצוע עבודות חשמל ב. ועדת הפירושים	4	השוואת מחירי החשמל בין מספר ארצות באירופה ובין ישראל ח' פלד
25	הכשרה והשתלמות לחשמלאים עולים חדשים ד' תרזה	7	חיבור חשמל לבתים פרטיים באמצעות ארונות מונים נ' גרינברג
26	השיקולים בתיכנון מיתקני החשמל באתרים רפואיים א' כהן	9	התשלומים עבור התחברות למערכת אספקת החשמל מ' שלושברג
34	היבטים טכניים-כלכליים של שימוש בטורות פלאוארניות קומפקטיות נ' שגיב	12	חידוש המגזר ל"התקע המצדיע" – כתב עת מקצועי לחשמל
36	הכנס המקצועי השנתי ה-9 של העוסקים בתחום החשמל בישראל	13	היבטים בתיכנון מיתקני חשמל במתח נמוך – העמסה והגנה של מוליכים מבודדים במתח עד 1,000 וולט י' רוזנקרנץ
37	אבטחת מקום העבודה במיתקנים ובירשתות מתח נמוך י' צדוק	17	אתר המגורונים – נחל בקע
39	איגני ויקטור ויס זיל	18	הפרעות במערכת מתח עליון של חברת החשמל י' חאין
40	שילוב מצברים במערכת החשמל ד' קוסיק	22	מהדורה חדשה של הימדריך לחשמלאים
		22	השמת מטען של חשמל סטטי במתח 300,000 וולט על טף האדם

עורך:
אנדרו לייטנר

עורך משנה:
אריה הנדקו

מערכת:
יוסף בלבל, בן ציון גמליאלי, אברהם וין, נתן זלצר, משה מרגלית, שמעון מרדיקס, אלו נאוסר, גרשון מרבי, יהודה מרץ, יוסף רוזנקרנץ

מינהלה והוצאה לאור:
משה ציטרון

עריכה לשונית, גרפיקה וסדר:
סרפיק כתיבה והפקה בע"מ
המגזינים 35, חיפה

לוחות והדפסה:
דפוס תמיר בע"מ
יהודה הלוי 31, חיפה

כתובת המערכת:
חברת החשמל לישראל בע"מ
ת"ד 8810 חיפה 31087
טל 04-548336

בשער:

ב-28.11.91 חיברה חברת החשמל בהצלחה את היחידה השנייה בתחנת הכוח "רוטנברג", הממוקמת דרומית לאשקלון, לרשת החשמל. בכך הגיע לשלב סיום הפרוייקט הטכנולוגי הגדול ביותר שבוצע בישראל. תמונת השער מציגה את חדר הפיקוד הראשי של תחנת הכוח.

תחנת הכוח "רוטנברג", לרבות חדר הפיקוד, היא פרי תכנון והקמה "כחול-לבן", ובכך מהווה מקור גאווה לחברת החשמל ולמדינת ישראל.

הספקה הנקוב של תחנת הכוח "רוטנברג" הוא 1,100 מגואט (שתי יחידות שהספק כל אחת הוא 550 מגואט). התחנה מהווה נדבך נוסף במערך הייצור הארצי של החשמל המסתכם ב-5,825 מגואט. החשמל המיוצר בתחנת הכוח "רוטנברג" מהווה כ-19 אחוז מכלל ייצור החשמל הארצי, וכ-24 אחוז מכלל ייצור החשמל בתחנת הכוח הקיטוריות.



צילום: עמרם אלבו

עיקרי המלצות הוועדה לבדיקת תעריפי החשמל

הוועדה לבדיקת תעריפי החשמל מונתה באוקטובר 1990 על ידי שר האוצר מר יצחק מודעי, ועל ידי שר האנרגיה והתשתית פרופ' יובל נאמן, כדי לבדוק את בסיס תעריפי החשמל הקיימים ולהציע שיטה נורמטיבית לעידכון אוטומטי של התעריפים, תוך התחשבות ברווחי חברת החשמל, בתשואה לבעלי המניות ובתמריצי התייעלות.

בראש הוועדה עמד מר אהרון פוגל, הממונה לשעבר של אגף התקציבים באוצר, והשתתפו בה נציגי משרד האוצר, משרד האנרגיה, חברת החשמל והציבור.

הוועדה סיימה את עבודתה בנובמבר 1991 הגישה דו"ח, שממצאיו מאשרים את טענות חברת החשמל, כי מאז 1989 נשחקו תעריפי החשמל וקיים צורך לעדכן אותם.

מנגנון עידכון תעריפי החשמל

הוועדה ממליצה שייקבע מנגנון עידכון שוטף ואוטומטי של תעריפי החשמל, ללא התערבות אדמיניסטרטיבית, שיעוגן בחוק ויבטיח תעריף ריאלי.

מנגנון תעריף כלכלי צריך לבטא את ההוצאות הדרושות למילוי משימותיה של חברת החשמל ואת השינויים החלים בהן (בעיקר עקב האינפלציה והשינויים במחירי הדלק), מתן תשואה כלכלית על ההון המעיל במשק והפעלת "מקדם התייעלות", שיחייב התייעלות וניצול היתרון לגודל לטובת צרכני החשמל.

מנגנון עידכון התעריפים המוצע יהיה תקף עד ליום 25.3.96 – מעד פקיעת הוויכוח הנוכחי של חברת החשמל.

תעריפי החשמל יעדכנו פעם בשישה חודשים, או כאשר העלות הכוללת לקוטייש נמכר תשתנה ב-3.5 אחוזים בהשוואה לרמתה בעידכון האחרון, המקדם מביניהם.

עלויות ייצור החשמל

מחיר החשמל הממוצע הבסיסי ייקבע לפי העלות הממוצעת לקוטייש נמכר בשנת 1990, שנקבעה כשנת הבסיס.

עלויות ייצור החשמל מתחלקות לארבעה מרכיבים עיקריים:

- הוצאות דלק.
- עלויות שירותי הון.
- הוצאות תיפעול ואחזקה.
- עלויות רכישת חשמל מיצרנים פרטיים.

לפיכך, העלות הבסיסית תיקבע כסכום משוקלל של ההוצאות הנ"ל, בהתחמת מקדם התייעלות.

הוצאות דלק

הדלק, הוא חומר גלם עיקרי בייצור החשמל ומהווה את הוצאת התיפעול העיקרית. המעבר לשימוש בפחם כדלק ראשי הביא לירידה וליתר יציבות במחירי החשמל. הוצאות הדלק יעדכנו באופן שוטף לפי מחירי הדלקים השונים.

עלויות שירותי הון

עלויות שירותי הון (פחת וסימון) יעדכנו באופן שוטף על פי מדד המחירים לצרכן, ופעם בשנה תעודכן הריבית על גיוס הון זר, ובתאם יעודכן שיעור התשואה.

לשנת הבסיס נקבעה ריבית ריאלית מוכרת בשיעור של 4.25 אחוזים, ותשואה ריאלית ברוטו בשיעור 5.33 אחוזים.

הוצאות תיפעול ותחזוקה

הוצאות תיפעול ותחזוקה כוללות את כל ההוצאות השוטמות של חברת החשמל, למעט דלק, ואת שכר העבודה. הוצאות אלה יעדכנו באופן שוטף בהתאם למדד המחירים לצרכן.

עלויות רכישת חשמל מיצרנים פרטיים

התעריף המשולם ליצרנים פרטיים, שיאשרו על ידי משרד האנרגיה, יתבסס על תעריף לפי רמות מתח (בהתחמת עלויות השיווק לרמת המתח), בתוספת פרמיה של 5 אחוזים על אנרגיה נקייה (אנרגיית השמש, אנרגיה הידרואלקטרית, אנרגיית הרוח, ניצול אנרגיה שירית בתהליכים תעשייתיים כאשר הניצול לא מזהם).

מקדם התייעלות

נקבע "מקדם התייעלות", המשקף יתרונות לגודל ועלויה צפויה בפיריון, שבמסגרתו יופחתו תעריפי החשמל בשיעור ריאלי של 1.5 אחוזים בשנת 1991, וב-2 אחוזים בשנים שלאחר מכן.

תעריפי חיבורים לרשת החשמל

הוחלט כי תיעשה הבחנה בין עלות חיבור חצרים לרשת בקטע שבין הרשת לבין חצרי הצרכן, שאותה ניתן לשייך במלואה למוזמן, ובין עלות החיבור לרשת, האמורה לכסות השקעות במיתקנים ובקווים, שלא ניתן לשייך למוזמן. בעקבות כך תבוטל השתתמות המזמינים במימון השקעות במתח עליון.

תעריפי החשמל

בנושא התעריפים הוסכם כי עקרונות מערכת תעריפי החשמל הם:

- מנגנון המחירים יהיה פשוט, אוביקטיבי, ניתן לבחינה ציבורית ויעיל מבחינה תיפעולית.
- תעריף החשמל ישקף את עלות ייצורו, מסירתו חלוקתו ושיווקו, ללא סיבסוד מכל סוג שהוא (בין צרכנים שונים או על מני זמן).
- המחירים והתעריפים יהיו בלתי מפלים בין צרכנים או מקבלי שירות שונים.

כמו כן, נקבע שהתעריף לתעריף לפי עומס המערכת זומן הצריכה) הוא התעריף הרצוי, מכיוון שהוא משקף את עלויות החשמל כמנוקציה של עיתוי הצריכה, מתח האספקה ואמינות האספקה. מרכיב התשלום עבור שיא ביקוש בתעריף זה יופחת בהדרגה.

מספר התעריפים הסקטוריאליים לצרכנים כמתח נמוך שאינם תשיי יצומצם מ-11 ל-4 בלבד.

- תעריף ביתי וחקלאי.
- תעריף כללי (תעשייה ומלאכה).
- תעריף כללי ברית (הכולל מרכיב שיא ביקוש).
- תעריף למאור רחובות ציבוריים.

בתעריפים אלה יבוטלו דרגות הצריכה וייקבע מחיר אחיד לקוטייש בכל תעריף.

השינויים המוצעים לעיל, ידרשו העלאה בשיעור של 8.2 אחוזים בתעריפי החשמל (נכון לספטמבר 1991), וזו תעמיד את חברת החשמל על בסיס כלכלי ותהפוך אותה מתחרה מפסידה לחברה רווחית, מה שיאפשר את ביצוע הפרטת החברה המתוכננת.

השוואת מחירי החשמל בין מספר ארצות באירופה ובין ישראל

חנה פלד, כלכלנית

המדיניות הרווחת במרבית המדינות בקביעת תעריפי החשמל היא שהחשמל יימכר במחיר המשקף את עלות ייצורו ואספקתו, על פי זמני הצריכה השונים. מדיניות זו מכוונת למנוע אפליה בין צרכנים ולמנוע עיוותים בהקצאת המשאבים במשק. זוהי המדיניות הנהוגה גם במשק החשמל בישראל.

תעריף המשקף את עלות ייצור החשמל ואספקתו בזמנים השונים בישראל הוא תעריף – תעריף לפי עומס המערכת וזמן הצריכה. תעריף בישראל חל כיום על כ-50 אחוז מכלל צריכת החשמל הארצית (על כל צרכן אשר צריכת החשמל השנתית שלו עולה על 300 אלף קו"ט"ש).

מאמר זה מציג השוואה של מחירי החשמל בין מספר ארצות באירופה ובין ישראל.

השוואה בין מחירי החשמל לצרכנות הביתית ולצרכנות התעשייתית

קיים קושי טכני בעריכת השוואה על בסיס אחד בין מחירי החשמל בארץ לעומת המחירים הנהוגים במדינות השונות. השוואת המחירים חייבת להביא בחשבון מאפיינים שונים של כל מדינה ומדינה. ההפרשות בין מחירי החשמל במדינות השונות נובעת מגורמים רבים, כגון: תמהיל התשומות המשמשות לייצור האנרגיה החשמלית, תנאי האקלים במדינה, מבנה הביקוש לחשמל ועוד.

כך, לדוגמה, בצרפת ייצור החשמל נעשה בעיקרו באמצעות אנרגיה גרעינית, ובשבדיה ייצור החשמל נעשה בעיקר באמצעות אנרגיה הידרו-אלקטרית ובאמצעות אנרגיה גרעינית. העלות השולית בייצור החשמל באמצעות תחנות כוח גרעיניות ובמיתקנים הידרו-אלקטריים זולה יחסית לעלות השולית בייצור החשמל באמצעות תחנות כוח תרמיות. מבנה מערך ייצור החשמל בישראל מושתת כמעט כולו על תחנות כוח תרמיות, ללא מקורות הידרו-אלקטריים או אנרגיה גרעינית.

בטבלה 1 (לקוחה מתוך הדו"ח הסטטיסטי של חברת החשמל 1990) מוצגים נתונים המתייחסים למבנה תמהיל ייצור החשמל בשנת 1990, לפי מקור האנרגיה במדינות שונות.

מרבית המערכות בעולם לייצור חשמל ולאספקתו מקושרות ביניהן. אם במדינה

חי פלד – המחלקה לצרכנות ולתעריפים,
אגף הצרכנות, חברת החשמל

השוואת מחירי החשמל במדינות שונות בהתייחס לסוג הצרכנות

הנתונים המובאים להלן לקוחים מתוך דו"ח של יוניפד (UNPEDE - International Union of Producers and Distributors of Electrical Energy), יוניפד, הארגון האירופי הבינלאומי של יצרנים ומספקי חשמל, מפרסם מדי שנה

מסוימת נוצר מחסור ביכולת הייצור, באפשרותה לרכוש אנרגיה חשמלית ממדינה שכנה ובכך למנוע מצבים של הפסקת האספקה לצרכנים. לעומת זאת, מערכת החשמל בישראל היא מערכת מבודדת ללא קשר עם מדינות שכנות. מחסור ביכולת הייצור עלול להביא להפסקת האספקה לצרכנים, שעלותה למשק גבוהה.

לכל הנורמים שתוארו לעיל, השלכה על רמת התעריפים לחשמל במדינות השונות.

טבלה 1

מבנה תמהיל ייצור חשמל לפי מקור אנרגיה במדינות שונות לשנת 1990

המדינה	מקור האנרגיה (באחוזים)		
	תרמי	הידרו-אלקטרי	גרעיני
אוסטריה	27.8	72.2	—
איטליה	79.9	18.5	1.6
בלגיה	37.4	1.5	61.0
בריטניה**	78.3	2.4	19.3
גרמניה המערבית	61.0	4.5	34.5
גרמניה המזרחית	88.0	1.4	10.6
הולנד	94.5	0.1	5.3
צרפת	14.4	14.9	70.7
שבדיה	4.0	50.9	45.1
ישראל	100.0	—	—

* כולל מיתקנים גיאותרמיים ואנרגיית רוח
** על פי נתונים משנת 1988.

איור 1 מציג השוואה של מחירי חשמל לצרכנות ביתית מהאיור ומהנתונים שהובאו לעיל ניתן לראות שמחירי החשמל בישראל לצרכנות הביתית נמוכים יחסית למחירים בית

צרכן ג' – צריכתו 3,500 קוטייש בשנה ויש לו מונה נפרד לחימום מים.
הערה: הצריכה הממוצעת לצרכן ביתי בישראל הגיעה בשנת 1990 ל-3,900 קוטייש בשנה בקירוב.

בשנה נתונים השוואתיים לגבי מחירי החשמל לצרכנות ביתית ולצרכנות תעשייתית בארצות אירופה ובארצות נוספות בעולם.

הערות כלליות לבסיס ההשוואה

מקור הנתונים במרסום יוניפד מיוני 1991, המציג את תעריפי החשמל המעודכנים ל-1.1.1991.

מחיר החשמל בישראל תורגם לסנטים של ארה"ב על פי שער החליפין ב-27.9.1991 – 2.393 ש"ח=15.

המחירים הממוצעים בארצות אירופה השוות תורגמו לסנטים של ארה"ב לפי יחס המטבעות לדולר ב-27.9.1991.

התעריף בישראל בתוקף מ-27.9.1991.

במדינות שבהן מחירי החשמל אינם אחידים בכל המדינה, נלקחו בחשבון המחירים הממוצעים בעיר הגדולה ביותר.

השוואת מחירי החשמל לצרכנות ביתית

טבלה 2 מציגה את השוואת מחירי החשמל לצרכנות ביתית במספר ארצות באירופה לעומת ישראל.

אימיון הצרכנים שלנביהם נערכה והשוואה הוא.

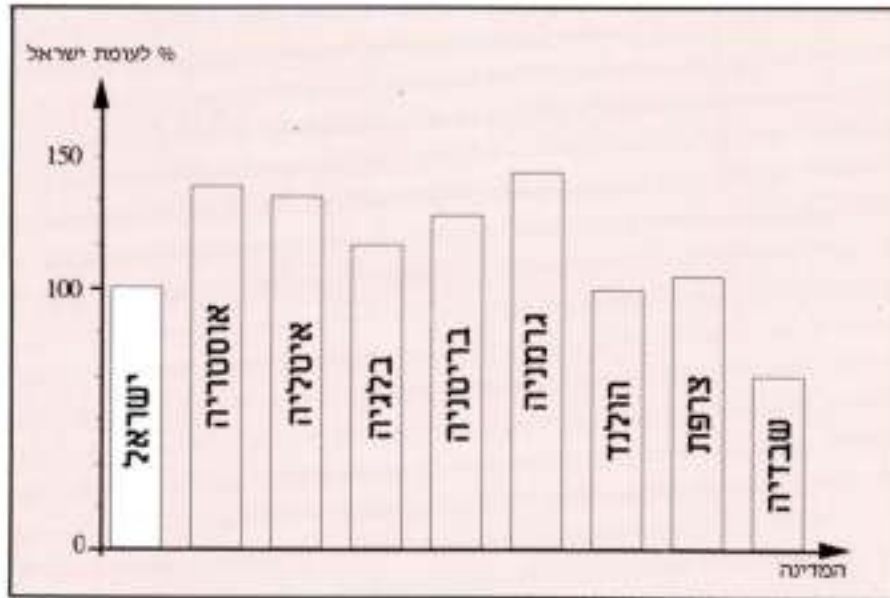
צרכן א' – צריכתו 1,200 קוטייש בשנה ואין לו מונה נפרד לחימום מים.

צרכן ב' – צריכתו 3,500 קוטייש בשנה ואין לו מונה נפרד לחימום מים.

איור 1
השוואת מחירי חשמל לצרכנות ביתית
(עבור צרכן שצריכתו 3,500 קוטייש בשנה בתעריף רגיל – צרכן ג')

טבלה 2
השוואת מחירי חשמל לצרכנות ביתית במספר ארצות באירופה לעומת ישראל

צרכן א'			צרכן ב'			צרכן ג'			
צריכה שנתית בקוטי"ש			1,200			3,500			
צריכה בתעריף רגיל			1,200			2,200			
צריכה למטרות חימום מים בשעות מוגבלות בתעריף מוזל			0			1,300			
המדינה	מחירים ממוצעים לקוטי"ש			מחירים ממוצעים לקוטי"ש			מחירים ממוצעים לקוטי"ש		
	אנדרות	סנטים	% לעומת ישראל	אנדרות	סנטים	% לעומת ישראל	אנדרות	סנטים	% לעומת ישראל
אוסטריה	29.07	12.15	136	27.66	11.56	142	24.83	10.38	131
איטליה	26.36	11.02	123	45.96	19.21	237	—	—	—
בלגיה	45.30	18.93	211	36.34	15.19	187	31.37	13.11	166
בריטניה	42.24	17.65	197	32.92	13.76	170	28.41	11.87	150
גרמניה	41.36	17.28	193	35.90	15.00	185	35.90	15.00	189
הולנד	30.22	12.63	141	26.61	11.12	137	24.44	10.21	129
צרפת	31.66	13.23	148	31.28	13.07	161	27.13	11.34	143
שבדיה	20.98	8.77	98	17.98	7.51	93	17.98	7.51	95
ישראל	21.47	8.97	100	19.42	8.12	100	18.95	7.92	100



איוור 2
השוואת מחירי חשמל לצרכנים תעשייתיים
(עבור צרכן במתח גבוה שצריכתו 10 מיליון קוט"ש בשנה)

בה ייצור החשמל נעשה בעיקרו באמצעות תחנות כוח הידרו-אלקטריות ותחנות כוח גרעיניות.

מהאיוור ומתנתונים שהובאו לעיל ניתן לראות שמחירי החשמל בישראל נמוכים יחסית למחירים במדינות השונות, מלבד בשבדיה

המדינות, מלבד בשבדיה, שבה ייצור החשמל נעשה בעיקר באמצעות תחנות כוח הידרו-אלקטריות ותחנות כוח גרעיניות.

השוואת מחירי החשמל לצרכנות תעשייתית

טבלה 3 מציגה את השוואת מחירי החשמל לצרכנים תעשייתיים במספר ארצות באירופה לעומת ישראל.

אופיון הצרכנים לנביחם נערכה השוואה הוא:

צרכן א' – צרכן תעשייתי קטן המשלם את מחיר החשמל על פי תעריף אי למתח נמוך.

צריכתו השנתית 1,250,000 קוט"ש.

צרכן ב' – צרכן תעשייתי בינוני המשלם את מחיר החשמל על פי תעריף אי למתח גבוה.

צריכתו השנתית 10 מיליון קוט"ש.

צרכן ג' – צרכן תעשייתי גדול המשלם את מחיר החשמל על פי תעריף אי למתח עליון.

צריכתו השנתית 50 מיליון קוט"ש.

איוור 2 מציג השוואה של מחירי חשמל לצרכנות תעשייתית.

טבלה 3
השוואת מחירי חשמל לצרכנות תעשייתית במספר ארצות באירופה לעומת ישראל

צרכן ג' (מתח עליון)			צרכן ב' (מתח גבוה)			צרכן א' (מתח נמוך)			המדינה
10,000			2,500			500			
50,000,000			10,000,000			1,250,000			
מחירים ממוצעים לקוט"ש			מחירים ממוצעים לקוט"ש			מחירים ממוצעים לקוט"ש			
% לעומת ישראל	סנטים	אנדרות	% לעומת ישראל	סנטים	אנדרות	% לעומת ישראל	סנטים	אנדרות	
147	8.86	21.20	138	9.45	22.61	133	11.48	27.46	אוסטרליה
116	6.97	16.67	134	9.17	21.94	131	11.35	27.16	איטליה
98	5.88	14.07	116	7.92	18.96	113	9.77	23.37	בלגיה
136	8.20	19.63	127	8.69	20.79	114	9.86	23.60	בריטניה
136	8.22	19.66	143	9.80	23.46	140	12.09	28.92	גרמניה
97	5.85	13.99	99	6.82	16.32	108	9.73	22.43	הולנד
93	5.62	13.44	104	7.13	17.07	101	8.72	20.87	צרפת
66	4.00	9.57	66	4.52	10.82	60	5.20	12.45	שבדיה
100	6.03	14.42	100	6.86	16.42	100	8.65	20.69	ישראל

חיבור חשמל לבתים פרטיים באמצעות ארונות מונים

אינני נולדי גרינברג

בתקופה האחרונה החלה חברת החשמל בשיטות חדשות בתחום החיבורים לבתים – חל"ב. מאמר זה סוקר את אחד מסוגי החיבורים החדשים – חיבור חשמל לבתים חד משפחתיים, בתים דו משפחתיים ובתים טוריים באמצעות ארונות מונים.

הקדמה

השיטה החדשה לחיבור בתים חד משפחתיים, דו משפחתיים וטוריים הוכנסה לשימוש בחברת החשמל בחודש אגוסט 1990.

בשיטה החדשה, הציוד הנדרש לביצוע החיבור מורכב בתוך ארון מבודד ("פילרי") המותקן בגודל הבית.

החיבור החדש משמר את אמינות אספקת החשמל לצרכן הפרטי, מפשט את תהליך קריאת המונים ואת העבודות הנדרשות בהקמה ובטיפול בחיבור הבתים לרשת החשמל.

מראה כללי של ארון המונים בצורת החיבור החדש מוצג בתמונה 1.



תמונה 1
מראה כללי של ארון מונים

תיאור השיטה

ארון המונים בא כשלב נוסף במאמצי חברת החשמל לשפר את רמת הציוד ואמינות האספקה בתחום החיבור לצרכן הפרטי.

הכנסת ארונות המונים כחיבור לצרכנים כגון: בתים חד משפחתיים, בתים דו משפחתיים ובתים טוריים, מאפשרת לחברת החשמל לעבור לעידון של "חיבורים מתועשים", בהתאם להתפתחויות הטכנולוגיות האחרונות.

ג' גרינברג – הרשת הארצית, אגף הצרכנות, חברת החשמל

בשיטה החדשה, הציוד החשמלי של חברת החשמל עובר מהארון הישן – המורכב, בדרך כלל, בסמוך לדלת הכניסה של הבית ועשוי ברוב המקרים מחומרים דליקים – לתוך ארון מבודד, חסיך אש המורכב בגודל הבית (תמונה 2).

כתוצאה מהעברת ציוד חברת החשמל מחוץ לבית משינים את היתרונות הבאים:

- הקמה וטיפול קל וטוח בארון.
- קריאת המונים פשוטה יותר.
- אפשרות טובה יותר להגדלת החיבור.

סוגי ארונות מונים

בהתייחס למספר הצרכנים המזוהים דרך ארון המונים, מבחינים בשני סוגים של ארונות מונים.

- ארון לצרכן בודד (בעל חלון אחד).
 - ארון לשני צרכנים (בעל שני חלונות).
- בהתייחס לציוד החשמלי המורכב בתוך ארון המונים, מבחינים בסוגים הבאים של ארונות מונים.

■ ארונות לחיבור עד 40x3 אמפר (גודל חיבור הצרכן).

■ ארונות לחיבורים גדולים יותר.

כאשר מדובר על אפשרות של מעבר כבל חברת החשמל דרך מספר ארונות מונים המזוהים בטור, קיימים ארונות בעלי ארנו הסתעפות.

ככל ארונות המונים קיימת אפשרות של הוספת ארנו הסתעפות.

תיאור הציוד בארון המונים

ארון המונים הוא ארון מבודד שבתוכו מותקן הציוד החשמלי הנדרש לביצוע החיבור לבית.

הארון עצמו עשוי מחומר מבודד – פוליאסטר משורייץ בסיבי זכוכית, בעל חוזק מכני גבוה ועמיד לתנאי עבודה חיצוניים. הארון אטום בפני גשם.

על דלת הארון מורכבים חלון שקוף אחד או שני חלונות שקופים, תלוי במספר הצרכנים המזוהים מהארון. החלון השקוף מאפשר את קריאת המונה או המונים.

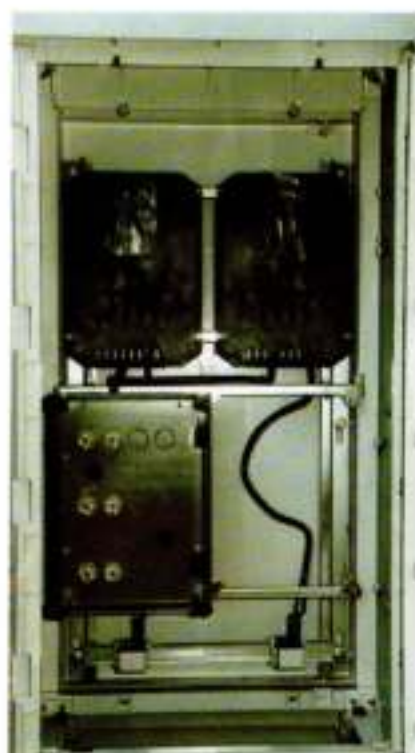


תמונה 2
מראה של ארון מונים המותקן בשיטה החדשה



תמונה 5

ארון מונים הכולל ארגז הסתעפות לחיבור שני צרכנים



תמונה 4

ארון מונים לחיבור שני צרכנים



תמונה 7

ארון מונים המורכב בגדר הבית



תמונה 6

ארון מונים לחיבור שני צרכנים החיבור המוזן גדול מ- 40×3 אמפר

בתוך הארון מורכב הציוד החשמלי הבא:

- מסד (או מסדים) עבור התקנת המונה (או המונים)

- ארגז מבודד עם נתיבי חברת החשמל.

- מהדקים עבור חיבור כבל הצרכן.

במקרה שהכבל המזין את הארונות מהרשת עובר דרך מספר ארונות, קיימת אפשרות להרכיב בתוך הארון גם ארגז מבודד בעל מהדקי הסתעפות. הארון סגור עם מנעול חברת החשמל.

תמונות 3-6 מציגות את הציוד הפנימי המורכב בתוך ארונות מונים מסוגים שונים.

מיקום ארון המונים

ארון המונים יותקן בגדר הבית, בתוך גומחה בנוויה (תמונה 7), כאשר ארון המונים מזין שני בתים חד משפחתיים במגרשים סמוכים עם גבול משותף או בית דו משפחתי, הארון מותקן על הגבול המשותף. ארון המונים יכול להזין גם בתים טוריים.

מיקום ארון המונים יענה על הדרישות הבאות:

- גישה חופשית לחזית הארון מהשטח הציבורי, מדרכה, מעבר ברשות הרבים וכו'.

- הארון יותקן על גבול המגרש, ללא חריגת אל השטח הציבורי.

- כאשר קיר הבית נושק לשטח ציבורי, מותר להתקין את הארון על השטח הציבורי בצמוד לקיר.



תמונה 3

ארון מונים לחיבור צרכן בודד

התשלומים עבור התחברות למערכת אספקת החשמל

מיכאל שלוסברג, כלכלן

בשנים האחרונות חלו שינויים ועידכונים באופן בו מבוצע חישוב התשלום עבור התחברות למערכת אספקת החשמל. עד 1976 כשהוזמן חיבור למערכת אספקת החשמל נדרש המזמין לשלם את עלות החיבור בפועל. החל מחודש יולי 1976 נקבעה והופעלה מערכת תשלומים אחידה עבור התחברות למערכת אספקת החשמל.

מאז יולי 1976 מתבצעים מדי פעם עידכונים במערכת תשלומים זו כאשר המטרה היא לפשט את החישובים ולהגיע לאחידות רבה יותר. התעריפים האחידים והקבועים מתפרסמים אחת לשלושה חודשים ומאפשרים למזמיני החיבורים לדעת מראש כמה תעלה להם ההתחברות לרשת החשמל.

"הכללים בדבר תשלומים בעד חיבורים למערכת אספקת החשמל", המאושרים על ידי שר האנרגיה והתשתית, הם הבסיס החוקי לשימוש במערכת תשלומים זו.

התשלום עבור ההתחברות למערכת אספקת החשמל מורכב משני מרכיבים:

■ תשלום עבור ההשקעה ברשת החשמל.

■ תשלום עבור התקנת קו החיבור לבית (חל"ב).

מאמר זה סוקר את שיטת התשלומים הנהוגה כיום עבור צרכנים המקבלים אספקה במתח נמוך או במתח גבוה. הסקירה מלווה בדוגמאות במטרה להמחיש את אופן ביצוע חישוב התשלום עבור התחברות לרשת החשמל של צרכנים שונים המקבלים אספקה במתח נמוך.

הזמנת לחיבורים עד 910x3 אמפר
חייבות להיות רק לפי גדלים סטנדרטיים –
ראה טבלה 1.

אספקה לחיבורים גדולים יותר תבוצע
במתח גבוה.

קביעת גודל החיבור במתח נמוך

כאשר נדרשת אספקת חשמל במתח נמוך
נקבע גודל החיבור למערכת אספקת החשמל
לצורך חישוב מספר היחידות על פי גודל
המבטחים הראשיים של הצרכן.

תשלום עבור ההשקעה ברשת החשמל

התשלום עבור ההשקעה ברשת החשמל מבוסס על עלות מרכיבי ההשקעה ברשת החשמל. המזמין אינו משלם עבור ההשקעה המסויימת הכרוכה בהתקשרותו לרשת, אלא משלם מחיר אחיד ליחידה בהתאם למתח האספקה שאליו הוא מחובר ולסוג הרשת המיונה אותו. מחיר אחיד זה מבוסס על ממוצעים רב שנתיים של עלות השקעת חברת החשמל במרכיבי הרשת השונים.

קיימים איפוא שני מרכיבים המהווים את הבסיס לתשלום עבור ההשקעה ברשת החשמל:

■ גודל החיבור – מספר היחידות.

■ סוג הרשת.

גודל החיבור – מספר היחידות

יחידת המדידה לצורך חישוב התשלום עבור התחברות למערכת אספקת החשמל תלויה בגודל החיבור ונקראת בקיצור "יחידה".

כאשר נדרשת הגדלת חיבור, נעשה חישוב מספר היחידות לתשלום בהתאם להפרש שבין מספר היחידות בחיבור החדש ובין מספר היחידות בחיבור הישן.

טבלה 1
גודל החיבור לצורך חישוב מספר היחידות

מספר היחידות	גודל החיבור לצורכי חישוב מספר היחידות (אמפרים)	עוצמת הנתיכים של חברת החשמל (אמפרים)	קבוצה
3	40	63	א
5.4	25 X 3	35 X 3	
18	40 X 3	63 X 3	
28.3	63 X 3	80 X 3	
36	80 X 3	100 X 3	
45	100 X 3	125 X 3	
56.2	125 X 3	160 X 3	
72	160 X 3	200 X 3	ב
90	200 X 3	250 X 3	
112.5	250 X 3	315 X 3	
141.7	315 X 3	400 X 3	
180	400 X 3	500 X 3	
225	500 X 3	630 X 3	
378	630 X 3	800 X 3	ג
480	800 X 3	910 X 3	
546	910 X 3	1000 X 3	

מי שלוסברג – המחלקה למחקר,
אגף הצרכנות, חברת החשמל

- עבור כל מרחק מעבר ל-2 מטרים ליחידה – 90 אחוז מעלות בניית מטר קו.

זוגמה לחישוב התשלום עבור מרחק נוסף

נתון שהמרחק בין נקודת האספקה ובין נקודת החיבור שבין הרשת ובין קו החיבור למרחק הוא 800 מטר.

מוזמנים 30 חיבורים של 40x1 אמפר כל אחד. לפיכך מספר היחידות הוא $90 \cdot 30 = 2700$.

המרחק הנוסף במקרה זה הוא 200 מטר ($800 - 600 = 200$).

עלות בניית מטר קו – X ש"ח למטר.

חישוב התשלום עבור מרחק נוסף:

- תשלום עבור 90 מטר ראשוניים
 - 30 אחוז מעלות בניית מטר קו – $90X \cdot 30\%$
 - תשלום עבור 90 מטר נוספים
 - 60 אחוז מעלות בניית מטר קו – $90X \cdot 60\%$
 - תשלום עבור 20 מטר נמעבר ל-2 מטר ראשוניים לכל יחידה, כלומר מעבר ל-180 מטר
 - 90 אחוז מעלות בניית מטר קו – $20X \cdot 90\%$
- ומכאן, סך הכל תשלום עבור מרחק נוסף הוא $20X \cdot 90\% + 90 \cdot 60\% + 90 \cdot 30\%$

תשלום עבור ההשקעה ברשת החשמל – אספקה במתח גבוה

התשלום עבור ההשקעה ברשת החשמל במקרה שאספקת החשמל היא במתח גבוה מתבצע לפי הנוסחה הבאה:

$$M = N \cdot S$$

כאשר:

M – המחיר לתשלום

N – מספר היחידות

S – תעריף ליחידה לפי סוג הרשת (ה', ב', ג')

תשלום עבור מרחק נוסף יהיה אם המרחק בין נקודת האספקה (עמוד קרוב של קו מתח גבוה או נקודת הסתעפות של כבל תת קרקעי במתח גבוה) ובין נקודת החיבור שבין הרשת ובין קו החיבור למיתקן הצרכן גדול מ-0.5 מטר ליחידה.

התשלום עבור המרחק הנוסף אינו כולל את מלוא העלות של קו זה, אלא מהווה תשלום מדורג התלוי בגודל החיבור המזומן. התשלום נקבע באופן הבא:

- עבור 0.5 המטר הראשון או חלק ממנו של המרחק הנוסף לכל יחידה – 30 אחוז מעלות בניית מטר קו.

במקרה שאספקת החשמל היא במתח נמוך מתבצע לפי הנוסחה הבאה:

$$M = N \cdot S$$

כאשר:

M – המחיר לתשלום

N – מספר היחידות

S – תעריף ליחידה לפי סוג הרשת (א', ב', ג', ד')

תשלום עבור מרחק נוסף יהיה אם יתקיימו שני התנאים הבאים:

- המרחק בין השנאי למתח נמוך הקרוב ובין מיתקן הצרכן גדול מ-600 מטר.
- המרחק בין נקודת האספקה (שנאי קרוב, עמוד מתח נמוך קרוב או הסתעפות קרובה של כבל תת קרקעי) ובין נקודת החיבור שבין הרשת ובין קו החיבור למיתקן הצרכן גדול ממטר אחד לכל יחידה.

תיאור חישוב התשלום עבור מרחק נוסף

מדדים את המרחק בין נקודת האספקה ובין נקודת החיבור שבין הרשת לבין קו החיבור למיתקן הצרכן במטרים.

מהערך המתקבל מחסרים 600 מטר או את מספר היחידות.

התוצאה הנמוכה יותר שמתקבלת היא המרחק הנוסף.

התשלום עבור המרחק הנוסף אינו כולל את מלוא העלות של קו זה, אלא מהווה תשלום מדורג התלוי בגודל החיבור המזומן. התשלום נקבע באופן הבא:

- עבור מטר ראשון או חלק ממנו של המרחק הנוסף לכל יחידה – 30 אחוז מעלות בניית מטר קו.
- עבור כל מטר נוסף או חלק ממנו לכל יחידה – 60 אחוז מעלות בניית מטר קו.

טבלה 2

תעריפים ליחידה עבור הרשתות השונות (מחירי אוקטובר 1991)

סוג הרשת	מחיר יחידה (ש"ח)	
מתח נמוך	א	289.06
	ב	394.09
	ג	489.32
	ד	596.46
מתח גבוה	ה	108.81
	ו	190.50

* התעריפים ללא מע"מ

קביעת גודל החיבור במתח גבוה

כאשר נדרשת אספקת חשמל במתח גבוה נקבע גודל החיבור לצורך חישוב מספר היחידות על פי אחת משתי האפשרויות:

- זרם הכיול של מפסק הזרם האוטומטי בצד ראשוני של מיתקני ההשגחה המזומים ישירות ממערכת האספקה של חברת החשמל.

במקרה זה מספר היחידות (N) מחושב על פי הנוסחה הבאה:

$$N = \sqrt{3} \cdot V \cdot I$$

כאשר:

N – מספר היחידות

V – מתח אספקה (ק"ו)

I – זרם הכיול (אמפר)

- הספק נקוב כולל של כל השנאים באתר המזומים ישירות על ידי מערכת האספקה של חברת החשמל וניתנים טכנית להפעלה בזמנית.

כל קריא של ההספק נחשב ליחידה אחת.

סוג הרשת

כדי להשיג אחידות בחישוב התשלום עבור ההשקעה ברשת החשמל הוגדרו ארבעה סוגים של רשתות במתח נמוך ושני סוגים של רשתות במתח גבוה.

סוגי הרשתות במתח נמוך

הרשתות המוגדרות במתח נמוך הן:

- רשת סוג א' רשת שכל מרכיביה עיליים.
- רשת סוג ב' רשת שבה אחד המרכיבים תת קרקעי.
- רשת סוג ג' רשת ששניים ממרכיביה תת קרקעיים.
- רשת סוג ד' רשת שכל מרכיביה תת קרקעיים.

סוגי הרשתות במתח גבוה

הרשתות המוגדרות במתח גבוה הן:

- רשת סוג ה' רשת שבה קו המתח הגבוה עילי.
- רשת סוג ו' רשת שבה קו המתח הגבוה תת קרקעי.

תעריפים ליחידה

טבלה 2 מציגה את התעריפים ליחידה עבור הרשתות השונות.

תשלום עבור ההשקעה ברשת החשמל – אספקה במתח נמוך

התשלום עבור ההשקעה ברשת החשמל

חיבורים למערכת אספקת החשמל המפורסם על ידי המחלקה למחקר, אגף הצרכנות חברת החשמל.

דוגמה 1

הזמנת חיבור לבית מגורים בודד. גודל החיבור 40x1 אמפר, חיבור בארון מונים. החפירה עבור הכבל התת קרקעי מבוצעת על ידי חברת החשמל. רשת ההזנה היא רשת מסוג א.

תשלום עבור ההשקעה ברשת החשמל

מספר יחידות: 3.

תשלום עבור יחידות:

289.06 ש"ח/יח • 3 יח = 867.18 ש"ח

תשלום עבור חל"ב

המחיר לדירה המחוברת בארון מונים (קוד 52101): 2,628.40 ש"ח
סה"כ תשלום: 3,495.58 ש"ח

דוגמה 2

הזמנת חיבור לבניין מגורים בן 12 דירות. 3 קומות שבכל אחת 4 דירות. גודל החיבור 40x1 אמפר לכל דירה ר-25x3 אמפר לשירותי הבית. החפירה עבור הכבל התת קרקעי מבוצעת על ידי מוסין החיבור. רשת ההזנה היא רשת מסוג א.

תשלום עבור ההשקעה ברשת החשמל

מספר יחידות: 5.6 = 12*3 + 41.6

תשלום עבור יחידות:

289.06 ש"ח/יח • 41.6 יח = 12,024.89 ש"ח

תשלום עבור חל"ב

המחיר לדירה המחוברת בכבל תת קרקעי (קוד 54203): 18,451.56 ש"ח
1,537.63 ש"ח/דירה • 12 דירות
סה"כ תשלום: 30,476.45 ש"ח

דוגמה 3

הזמנת חיבור לבניין מגורים בן 36 דירות. 12 קומות שבכל אחת 3 דירות. כמו כן בתחתית הבניין יש 5 תנויות. גודל החיבור לכל דירה ולכל תנויה הוא 40x1 אמפר, ר-3x3 אמפר לשירותי הבית. החפירה עבור הכבל התת קרקעי מבוצעת על ידי חברת החשמל. רשת ההזנה היא רשת מסוג א.

■ מבצע החפירה כאשר מדובר בכבל תת קרקעי (חברת החשמל או המוסין).

■ מבצע הנחת הצינורות בחיבור הפנימי (חברת החשמל או המוסין).

■ החל מאוגוסט 1990 חל שינוי טכני באופן החיבור של בתים חד משפחתיים ודו משפחתיים. בתים אלה יחוברו בארון מונים מפוליאסטר (פילר) הכולל את כניסת הכבל של חברת החשמל, מבטחים, מונים והיציאה של כבל הצרכן. ארון המונים מותקן בגבול מגרש הצרכן בתוך גומחה בגדר והוא מקבל אספקה דרך כבל תת קרקעי ומוין, בדרך כלל שתי דירות.

בחיבורים אלה חישוב עלות החיבור נעשה בהתאם למיפרט הטכני של החיבור.

מחיר חליב למגורים מתייחס לחיבור סטנדרטי של 40x1 אמפר. אם החיבור המוסק הוא של 25x3 אמפר, קיימת תוספת אחידה על המחיר הנ"ל.

מחיר חל"ב שלא למגורים

בחיבור חליב שלא למגורים קשה לבצע סטנדרטיזציה על פי מיפרט חליב, כיוון שקיימת שונות רבה מאוד בין סוגי החיבורים בהתאם לאופי הצרכנות והמבנה.

לפיכך נבטו סלי עלויות המהווים כל אחד חלק מהעבודה הכרוכה בחיבור, והחישוב נעשה בשיטת ה"לוגו" בהתאם למקרה.

רכיבי ה"לוגו" הם למעשה העלויות של רכיבי קו החיבור, לדוגמה: מספר קווי הזנה והחתך שלהם, קווי הזנה אופקיים, קווי הזנה אנכיים, אבטחה ראשית בארון מונים, סרגלי מבטחים וכו'.

מחיר לעבודות שונות

קיימים סלי עלויות המתייחסים למחירי עבודות שונות הקשורות לחליב ומוסמגות על ידי המוסין, כגון: פירוק חיבור קיים, הגדלת חיבור וכו'.

דוגמאות

להלן מספר דוגמאות להמחשת אופן ביצוע חישוב התשלום עבור התחברות לדירת החשמל של צרכנים שונים המקבלים אספקה במתח נמוך.

■ המחירים הנקובים בדוגמה הם אלה שבתוקף מאוקטובר 1991 ואינם כוללים מע"מ.

■ כל הקודים המוזכרים בדוגמאות שלהלן מתייחסים למחירון תשלומים בעד

■ עבור 0.5 מטר נוסף או חלק ממנו של המרחק הנוסף לכל יחידה – 60 אחוז מעלות בניית מטר קו.

■ עבור כל מרחק הגדול ממטר אחד של המרחק הנוסף לכל יחידה – 90 אחוז מעלות בניית מטר קו.

אם יש לבצע שיפורים בקו האספקה הקיים כדי שיהיה מסוגל לספק את העומס הנדרש על ידי הצרכן, הצרכן יחוייב בחלק מעלות התאמת הקו לעומס החדש.

תשלום עבור התקנת קו החיבור לבית

קו החיבור לבית הוא הקו המקשר בין הרשת הקיימת, או זו שתוקם, ובין מיתקן החשמל הפרטי. הוא כולל שני מרכיבים:

■ חליב חיצוני.

■ חליב פנימי.

חל"ב חיצוני

כבל החיבור עילי או תת קרקעי

בחיבור תת קרקעי – תשלום קבוע עבור הכבל וכן תוספת תשלום בהתאם לאופי העבודה (חפירה, כביש, מדרכה, קידוח אופקי וכו').

בחיבור עילי – תשלום קבוע עבור הכבל.

חל"ב פנימי

קווי הזנה, אבטחות ראשיות ואבטחות לצרכן

מחיר חליב פנימי בבתי מגורים נקבע על פי מיפרטים סטנדרטיים של בתי מגורים שנקבעו על ידי גורמים טכניים בחברת החשמל, כשאר הבניינים – על פי הנתונים הטכניים של החיבור.

סוגי התשלום עבור החל"ב

החל משנת 1977 קיימת הבחנה ברורה בין שיטת החיוב של מוסמי חיבורים למגורים ובין מוסמי חיבורים שלא למגורים. התשלום עבור החליב מתחלק לשני סוגים.

■ מחיר חליב למגורים.

■ מחיר חליב שלא למגורים.

מחיר חל"ב למגורים

מחיר אחיד לדירה הכולל בתוכו את שני מרכיבי החליב: הפנימי והחיצוני.

המחיר מאופיין על ידי הקריטריונים הבאים:

■ מספר הדירות בכל קומה (1, 2, 3, 4, 5 ויותר).

■ אופן החיבור החיצוני (כבל עילי או כבל תת קרקעי).

תשלום עבור ההשקעה ברשת החשמל

מספר יחידות: $28.3 + 5 \times 3 + 36 \times 3 = 151.3$.

תשלום עבור יחידות:

289.06 ש"ח/יח • 151.3 יח = 43,734.78 ש"ח

תשלום עבור חל"ב

מחיר לדירה בבניין המחובר בכבל תת

קרקעי (קוד 53103 לדירה: 50,551.92 ש"ח
1,404.22 ש"ח/דירה • 36 דירות

מחיר לדירה בבניין המחובר בכבל תת

קרקעי (קוד 52103 לחנות: 9,959.05 ש"ח
1,991.81 ש"ח/חנות • 5 חנויות

סה"כ תשלום: 104,245.75 ש"ח

דוגמה 4

הגדלת חיבור מחיבור בגודל 25×1 אמפר
לחיבור בגודל 25×3 אמפר.

חברת החשמל מבצעת את כל עבודות החלק
הפנימי של קו החיבור.

רשת ההזנה היא רשת מסוג ב'.

תשלום עבור ההשקעה ברשת החשמל

מספר יחידות: $2.6 \times (5.6 - 3) = 6.76$.

תשלום עבור יחידות:

394.09 ש"ח/יח • 2.6 יח = 1,024.63 ש"ח

תשלום עבור חל"ב

תשלום לחיבור בודד

(קוד 00011) 1,052.62 ש"ח

סה"כ תשלום: 2,077.25 ש"ח

דוגמה 5

הגדלת חיבור מחיבור בגודל 40×1 אמפר
לחיבור בגודל 25×3 אמפר.

הכניין הוקם אחרי דצמבר 1988, כלומר
בניין שקיימת בו תשתית וצנרת.

רשת ההזנה היא רשת מסוג א'.

תשלום עבור ההשקעה ברשת החשמל

מספר יחידות: $2.6 \times (5.6 - 3) = 6.76$.

תשלום עבור יחידות:
289.06 ש"ח/יח • 2.6 יח = 751.55 ש"ח

תשלום עבור חל"ב

תשלום עבור שינוי חיבור

(קוד 00811) 237.13 ש"ח

סה"כ תשלום: 988.68 ש"ח

דוגמה 6

הזמנת חיבור למבנה תעשייתי המחולק
לחמישה חלקים. גודל כל אחד מהחיבורים
 40×3 אמפר. לא קיים חיבור ציבורי.

החיבור יתבצע על ידי כבל תת קרקעי בחתך
150 ממ"ר ובאורך של 40 מטר, וממנו לארון
מונים בגודל י"ס.

רשת ההזנה היא רשת מסוג א'.

תשלום עבור ההשקעה ברשת החשמל

מספר יחידות: $18 \times 5 = 90$.

תשלום עבור יחידות:

289.06 ש"ח/יח • 90 יח = 26,015.40 ש"ח

תשלום עבור חל"ב

לחיבורים הבודדים

(קוד 00012) 6,116.80 ש"ח

1,223.36 ש"ח/חיבור • 5 חיבורים

קווי הזנה אופקיים

(קוד 00061) 7,276.35 ש"ח

1,455.27 ש"ח/חיבור • 5 חיבורים

אבטחה ראשית בארון מונים

(קוד 00047) 2,145.25 ש"ח

סרגל מבטחים

(קוד 00492) 400.17 ש"ח

כבל תת קרקעי בחתך 150 ממ"ר

תשלום קבוע (קוד 97103): 3,285.20 ש"ח

תשלום עבור מטר אורך הפירה

(קוד 97123) 5,634.40 ש"ח

140.86 ש"ח/מטר • 40 מטר

סה"כ תשלום: 50,873.57 ש"ח

דוגמה 7

הזמנת חיבור למבנה מסחרי בן 3 קומות.
בכל קומה 10 חנויות. גודל החיבור עבור כל
אחת מהחנויות הוא 25×3 אמפר. גודל החיבור
עבור שירותי הבית הוא 400×3 אמפר.

החיבור יתבצע ישירות מתחנת השנאה
מנימית בבניין.

רשת ההזנה היא רשת מסוג א'.

תשלום עבור ההשקעה ברשת החשמל

מספר יחידות: $180 + 5.6 \times 30 = 348$.

תשלום עבור יחידות:

289.06 ש"ח/יח • 348 יח = 100,592.88 ש"ח

תשלום עבור חל"ב

לחיבורים הבודדים

(קוד 00011) 31,578.60 ש"ח

1,052.62 ש"ח/חיבור • 30 חיבורים

שירותי בית

(קוד 00014) 3,518.99 ש"ח

קווי הזנה אופקיים

(קוד 00061) 43,658.10 ש"ח

1,455.27 ש"ח/חיבור • 30 חיבורים

קווי הזנה אנכיים

(קוד 00052) 4,261.26 ש"ח

אבטחה ראשית בארון מונים

(קוד 00048) 2,450.64 ש"ח

סרגל מבטחים 1,000 אמפר

(קוד 00494) 1,245.77 ש"ח

סרגל מבטחים

(קוד 00492) 1,600.68 ש"ח

400.17 ש"ח/סרגל • 4 סרגלים

3 כבלים 150 ממ"ר $4 \times$

תשלום קבוע (קוד 97103): 9,855.60 ש"ח

3,285.20 ש"ח/כבל • 3 כבלים

כבל באורך של 40 מטר

(קוד 97213) 13,845.60 ש"ח

115.38 ש"ח/מטר • 40 מטר • 3 כבלים

סה"כ תשלום: 212,608.12 ש"ח

חידוש המנוי ל"התקע המצדיע" – כתב עת מקצועי לחשמל

- החוברת הנוכחית (מס' 49) היא האחרונה בסדרה (45-49) עליה שולמו דמי המנוי.
- הסדרה החדשה תכלול שש חוברות (50, 51, 52, 53, 54, 55).
- מחיר המנוי נקבע ל-36 ש"ח (לכל הסדרה).
- לקראת חידוש המנוי לסדרה החדשה יישלחו כרטיסי מנוי לכל חברי קהילת "התקע המצדיע", העוסקים בתחום החשמל ומופיעים ברישומינו. העוסקים בתחום החשמל שלא יקבלו עד סוף חודש מרץ 1992 את שוברי התשלום לחידוש המנוי, ומועניינים להיכלל ברשימת המנויים, מתבקשים לפנות בכתב למערכת לפי הכתובת:
מערכת "התקע המצדיע", חברת החשמל לישראל, ת"ד 8810, חיפה 31087

היבטים בתיכנון מיתקני חשמל במתח נמוך* העמסה והגנה של מוליכים מבודדים במתח עד 1,000 וולט

אינג' יוסף רוזנקרץ

במאמר הקודם הועלו מספר בעיות תיכנון של מיתקני חשמל הקשורות בהעמסת מוליכים במעגלים סופיים ובקווי זינה של לוחות חשמל. הוסבר כי מבחינת התחממות המוליך יש להבדיל בין הזרם **הצפוי המתמיד**, הגורם לעלייה מתמדת של הטמפרטורה עד לערך קבוע כל שהוא ובין **הזרם המתמיד המירבי**, המהווה סף הזרם המותר של מוליך, בעל חתך נתון, כשהוא מותקן בתנאי סביבה מוגדרים. כמו כן הוסבר ההבדל בין הזרם המתמיד לזרם הקצר הגורם לעלייה רגעית של טמפרטורת המוליך עד לערכים מירביים מותרים – למרקי זמן קצרים מאוד.

במאמר הודגמו מספר שיטות לחישוב הזרם הצפוי המתמיד והמהלכים לבחירת חתך המוליכים בהסתמך על טבלאות ההעמסה הכלולות בתקנות החשמל.

מאמר זה מתייחס להיבט אחר של הבעיה – **הגנת המוליכים בפני זרמי יתר**.

זרמי יתר

כדי להבהיר את נושא זרמי יתר רצוי להגדיר מספר מונחים עקרוניים. בספרות הטכנית, בתקנות למיניהן ובקטלוגים של מוצרי חשמל למיניהם מופיעים, לא אחת, מונחים מקבילים דומים, אך בעלי משמעות טכנית שונה.

אין כוונה, במסגרת מאמר זה, לקבוע מונחים חדשים בתחום זה, אלא רק להסביר את משמעותם.

כשמתייחסים למונח **זרם יתר** כדאי להבהיר שמשמעותו שונה לגבי מכשיר חשמלי בודד (מנוע, שנאי, מנורה, מכונה וכד') בהשוואה למעגל סופי או לקו המוין מיתקן חשמלי.

כאשר מדובר, לדוגמה, במנוע חשמלי, זרם היתר יהיה כל **זרם שעולה על הזרם הנקוב של המנוע**. זרם היתר, במקרה זה, נגרם על ידי העמסת יתר של המכונה המופעלת על ידי המנוע או על ידי תקלה טכנית במכונה או במנוע עצמו, ולכן הוא מוגדר על ידי המונח "עומס יתר".

תקלה חשמלית עשויה לגרום גם כן לפעמים לעומס יתר, כמו למשל, בשעת ניתוק הזינה במנוע אחד, במנועים השראתיים תלת מופעיים.

בהגדרת עומס יתר אינו נכלל זרם היתר הרובע מקצר במכשיר או במיתקן המוין.

* המשך המאמר באותו נושא שפורסם ב"התקן המצדיע" מס' 47 – אפריל 1991.

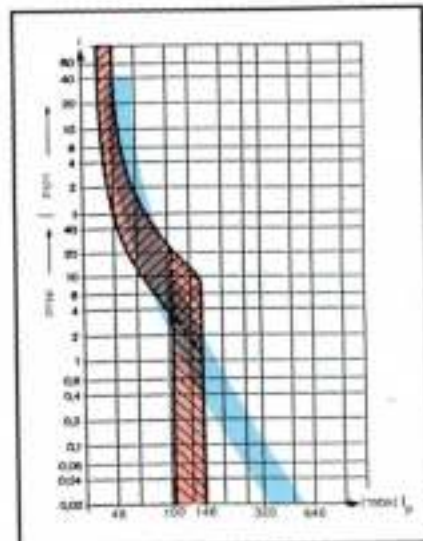
** **רוזנקרץ** – מהנדס מומחה, הרשת הארצית, אגף הפרקנות, חברת החשמל

לצורך הבהרת הבעיות המועלות במאמר זה כדאי לחזור על מספר נקודות עקרוניות.

מבחינת אופן פעולתם מתחלקים המבטחים לשתי קבוצות עיקריות:

- נתיכים.
- מפסקי זרם אוטומטיים.

גם הנתיכים וגם מפסקי הזרם האוטומטיים מיועדים להגן על ציוד חשמלי או על מוליכים בפני עומס יתר ובפני זרם קצר, ושניהם מופעלים בשיטת "Inverse Time", כלומר, בשיטה שבה זמן הניתוק הולך ומתקצר ככל שהזרם שעובר דרך המבטח הולך וגדל, אולם אופייני הניתוק שלהם שונים כפי שרואים באיור 1.



איור 1
אופייני ניתוק של נתיך
ומ"ז – זרם נקוב 32 אמפר

לא כל מכשיר חשמלי צפוי לעומס יתר. לדוגמה, כשמדובר במטרות חשמל או בתנורי חשמל למיניהם, המונח **עומס יתר** אינו מעשי, שכן אם הזרם עולה על הזרם הנקוב במשך זמן ממושך, הוא עשוי לבוע מעלייה בלתי צפויה של המתח או שתקלה מנימית של המכשיר והוא אינו נחשב לעומס יתר.

כשמדובר במוליכים המזינים מיתקן חשמלי כלשהו, מוגדר זרם היתר כזרם כשיעור העולה על **הזרם המתמיד המירבי המותר של המוליכים (I_p)**, בהתאם לחתך שלהם ובתנאי התקנה כמפורט בטבלאות העמסת המוליכים שבתקנות החשמל. בהקשר לזרם זה נהוג לפעמים להשתמש במונח "עומס יתר" (Overload) ולפעמים במונח הכללי של "זרם יתר" עצמו (Overcurrent).

במונחים הכלליים "זרם יתר" או "עומס יתר", כפי שהוגדרו לעיל, נחשב הזמן שבו הזרם עובר במוליך כזמן ממושך העשוי לגרום לעליית הטמפרטורה עד לערך המירבי המותר, לכן המבטח מגן על המוליכים ומניב באיטיות ובחשיהיה מסויימת.

זרמי קצר

זרם הקצר הינו בעצמו זרם יתר מובהק, אולם הוא מוגדר כפרק נפרד מהמונח "זרם יתר" או "עומס יתר" בשל תכונתו הבלתי הפיכה והמהירה. כידוע, דורשות תקנות החשמל שכל מוליך חי, אשר אינו מוליך ארס או מוליך תווך מוארק, יוגן גם בפני עומס יתר וגם בפני זרם קצר.

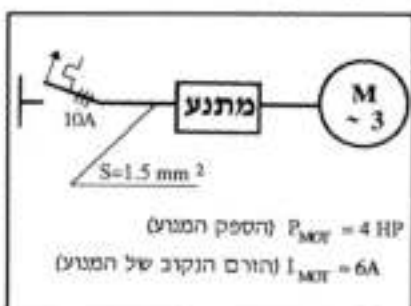
בהמשך נתייחס לשתי שיטות הגנה אלה בנפרד.

תפקיד המבטח בהגנת המוליכים

על סוגי המבטחים ועל תפקידיהם דובר במאמרים רבים ב"התקן המצדיע", אולם

צורך, אם נבחר מבטח מדגם שעקומת הניתוק שלו אינה מתאימה.

לדוגמה, נתייחס למעגל המזין מנוע שהספקו 4 כ"ס, כמתואר באיור 2.



איור 2

תרשים מעגל המזין מנוע בחספק של 4 כ"ס

חתך המוליכים, לפי הטבלאות שבתקנות החשמל, נבחר ל-1.5 מ"מ ומידו וגודלו של המא"ז המתאים לכך הוא $I_N = 10A$.

גודלו של זרם ההתנעה של המנוע עשוי להיות במקרה זה 42 אמפר ($I_{ST} = 7 \cdot 6A = 42A$).

אם המא"ז שנבחר הוא מדגם "L", הרי שהוא עלול לפעול כאשר הזרם העובר דרכו עולה על פי 3.5 מערכו של הזרם הנקוב כלומר, במקרה שלט נקבל:

$$I_M = 3.5 \cdot 10A = 35A < I_{ST} = 42A \quad (5)$$

כאשר:

I_M – זרם הפעולה המידי של המא"ז

דהיינו, בכל פעם שהמתנע יסגור את מעגל המנוע, המא"ז ייקפוז" והמנוע לא יגיע לזרם.

כדי לפתור את הבעיה יש לבחור במא"ז שהזרם הנקוב שלו הוא גם כן 10 אמפר, אך מדגם "G", כשצילו הזרם המידי הוא 50 אמפר ($I_M = 5 \cdot 10A = 50A$). מא"ז כזה לא ייקפוז" בעת ההתנעה.

כאן בולט השוני המהותי בין מא"זים ונתיכים ובין מפסקים אוטומטיים מכווננים. במקרה המתואר לעיל, אם היינו בוחרים במפסק אוטומטי בעל זרם מידי מכוון, אזי אפשר היה לכוון את הזרם המידי לערך נבוח מ- $I_{ST} = 42A$ ולוודא שהמפסק לא יפתח.

על חשיבות הזרם I_{ST} עוד נחזור כשנתייחס להגנת המוליכים בפני זרם קצר.

השוואה בין מא"זים ונתיכים ובין מפסקים אוטומטיים מכווננים

הקריטריון שבנוסחה (1) $I_B \leq I_N \leq I_2$ חל באופן מעשי רק על מפסקים אוטומטיים בלתי מכווננים ועל נתיכים. לגבי מפסקים אוטומטיים מכווננים חלה הדרישה $I_B \leq I_2$

כאשר:

I_B – הזרם המתמיד המירבי עבורו תוכנן המעגל

I_2 – הזרם המתמיד המירבי של המוליך

I_2 – זרם הבדיקה הגבוה של המבטח לפי התקן

I_N – הזרם הנקוב של המבטח

הזרם " I_B " (או " I_L ") כפי שכונה במאמר הקודם) הוא הזרם הצפוי במעגל והוא התנן שקובע, יחד עם נתוני התקנת המעגל, את הזרם " I_2 " ואת חתך המוליך לפי הטבלאות שבתקנות החשמל.

לפיכך, כאשר הזרמים " I_B " ו" I_2 " ידועים אפשר לקבוע את הזרם הנקוב (I_N) של המבטח על פי הקריטריון שבנוסחה (1). אולם לא די בכך, מאחר שברגע שהזרם הנקוב נבחר חייבים לבדוק שמתקיים גם הקריטריון שבנוסחה (2). לשם כך יש להכיר גם את הזרם הטיפעולי הרגעי של המעגל ולקבוע את אופיין הניתוק המתאים של המבטח.

הזרם הטיפעולי הרגעי של המעגל

הזרם הטיפעולי הרגעי של המעגל " I_{ST} ", המוכר גם כזרם התנעה (Inrush Current), הוא הזרם המתהווה ברגעים הראשונים כשצויד חשמלי נתון תחת מתח, והוא נמשך בפרק זמן שאורכו ממספר עשרות של מילישניות ועד למספר שניות.

הדוגמה השכיחה ביותר היא זרם ההתנעה של מנוע חשמלי ישראלי. זרם זה מבוטא כמפלול של הזרם הנקוב של המנוע:

$$I_{ST} = 5 + 7I_{MOT} \quad (3)$$

כאשר:

I_{ST} – זרם ההתנעה (נמשך במשך 5-8 שניות)

I_{MOT} – הזרם הנקוב של המנוע

כשדובר בהגנת מנוע יחיד הבעיה פשוטה, אך כשמדובר במעגל המזין לוח חשמלי שמסמו ניזונים מספר מנועים, אזי החישוב נעשה מורכב יותר. בדרך כלל, במקרה זה, מחשבים את הזרם הטיפעולי הרגעי לפי הנוסחה הבאה:

$$I_{ST} = I_L + (K_{ST} - 1) \cdot I_{BIBOMOT} \quad (4)$$

כאשר:

I_L – הזרם הצפוי המתמיד במעגל

$I_{BIBOMOT}$ – הזרם הנקוב של המנוע הנודול ביותר המזין מהלוח

K_{ST} – מקדם ההתנעה של המנוע (בדרך כלל בין 5 ל-7)

הכרת זרם ההתנעה " I_{ST} " חשובה מאוד, כיוון שהוא עלול לגרום לניתוק המבטח ללא

השוני בין שני אופיינים אלה הוא בכך שעקומת ניתוק התיך היא רציפה לכל אורכה ואילו עקומת הניתוק של המפסק האוטומטי מחולקת לשני חלקים: החלק העליון – מבטא את פעולת המנגנון התרמי והוא אשר פועל להגנה בפני עומס יתר, והחלק התחתון מבטא את פעולת המנגנון האלקטרומגנטי, והוא אשר פועל להגנה בפני זרם הקצר.

המפסקים האוטומטיים מתחלקים אף הם למספר קבוצות לפי אופן פעולתם:

- מפסקים אוטומטיים שאינם ניתנים לכיוונון – אלה הם המפסקים האוטומטיים הזעירים (מא"זים).
- מפסקים אוטומטיים אשר רק המנגנון התרמי שלהם ניתן לכיוונון בעוד שהמנגנון המגנטי אינו ניתן לכיוונון. מפסקים אלה (כדוגמת PKZM) משמשים, בדרך כלל, להתנעת מנועי חשמל קטנים והגנתם.
- מימסרים תרמיים (Overload) אשר מנתקים זרמי יתר אם בעצמם ואם באמצעות מפנים.
- מפסקים אוטומטיים המצוידים במנגנונים תרמיים ואלקטרומגנטיים ששניהם ניתנים לכיוונון (כדוגמת NZM או אחרים).

המא"זים והנתיכים תופסים מקום נכבד ברוב מיתקני החשמל, במיוחד במיתקני החשמל הביתיים, ולכן הם מוצאים את מקומם בטבלאות העוסקות בהעמסת המוליכים שבתקנת החשמל.

המא"זים והנתיכים הם אמצעי אבטחה אמינים וזולים, אך העובדה שהם אינם ניתנים לכיוונון גרמה לכך שהם מיוצרים בדגמים שונים מבחינת אופייני הניתוק.

עבור המא"זים, האופיינים השכיחים ביותר הם "L" ו-"G" (או בהתאמה "B" ו-"C" לפי התקן החדש).

עבור הנתיכים, האופיינים השכיחים הם I_{G1} או I_{G2} .

בחירת המבטח בעל האופיין המתאים, לכל מיתקן בהתאם ליישורו, קשורה במספר גורמים טיכנוניים, כפי שגראה בהמשך.

הגנת המוליכים בפני עומס יתר

הגנת המוליכים בפני עומס יתר נעשית על פי שני קריטריונים, הכלולים בתקנות החשמל בהתאם לטווחאות הבאות:

$$I_B \leq I_N \leq I_2 \quad (1)$$

$$I_2 \leq 1.45I_B \quad (2)$$

מסוג "L" נובעים מהשוויה שהזרם I_2 זהה לשתי קבוצות מבטחים אלה.

כידוע נמצאים בשוק מאיזים בגודל של עד 63 אמפר בלבד. לכן, כל שרקי הזרם הנקוב גדולים מ-63 אמפר המופיעים בטבלאות שבתקנות החשמל מתייחסים לנתיכים בלבד. במילים אחרות, הטבלאות שבתקנות אינן מיועדות לבחירת מפסקים אוטומטיים מכווננים כפי שלמעמים חשמלאים נוהגים לעשות.

עמודות "נתיך" בטבלאות ההעמסה מבוססת על הגנת המוליכים בפני עומס יתר בלבד ואינה ממצה את כל ההיבטים הקשורים למן השני של הבעיה, כלומר, הגנת המוליכים בפני זרם קצר. לכן, כאשר בוחרים בנתיך או במאיז לפי טבלאות ההעמסה, יש לבדוק אם הם עונים על דרישות ההגנות בפני זרמי קצר וגם על דרישות ההגנה בפני חימום.

בתקנות החדשות בדבר העמסת מוליכים והגנתם שיפורסמו בקרוב יופיעו הזרמים הנקובים I_N עבור נתיכים ומאיזים עד לחדך של 6 סמ"מ בלבד, ועל החשמלאי המתכנן מיתקני חשמל יהיה לבחור את המבטח המתאים לפי כל הדרישות המפורטות בתקנות אלה.

דוגמה ליישום עקרונות הגנת המוליכים בפני עומס יתר

לשם המחשת הנאמר לעיל נתייחס לדוגמה לתוכנית חד קווית כלשהי (איור 4), הכוללת צירופים שונים של מבטחים ונתכנן את הגנת המוליכים בפני עומס יתר.

בתתייחס לאיור 4, נגא מההנחות הבאות:

- כל הזרמים הצפויים במעגלים C1, C2, C3 ו-C4 ידועים.
- חתי המוליכים נבחרו בהתאם לתנאים בטבלאות ההעמסה שבתקנות החשמל, ועל כן ידועים גם הזרמים המירביים I_2 עבור כל מעגל ומעגל.

טבלה 1

דוגמה לטבלת העמסת מוליכים כפי שמופיעה בתקנות החשמל

חדך S (ממ"ר)	זרם סתמי מירבי I_2 (אמפר)	נתיך I_N (אמפר)
1.5	14	10
2.5	19	16
120	222	200

המבטח עשוי לפעול בנקודה כלשהי בין שתי הנקודות הגבוליות.

הערך I_1 הוא זרם הבדיקה הנמוך המבטיח שאם הוא עובר במבטח במשך 60 דקות אזי המבטח יפתח.

הערך I_2 הוא זרם הבדיקה הנבחה שאינו גורם לפתיחת המבטח למשך של 60 דקות. כידוע, הזרם I_2 תלוי באופיין המבטח.

עבור מאיזים בעלי האופיינים החדשים "B" ו-"C", זרם הבדיקה הנבחה הוא $I_2 = 1.45I_N$, ומכאן יוצא שעבורם הקריטריון לפי נוסחה (2) מתקיים לפי הנוסחה: $I_N \leq I_2$.

לכאורה, הקריטריון $I_2 \leq K \cdot I_N$ (שבו עבור מאיזים ונתיכים מתקיים $K = 1.45$) היה צריך לחול גם על מפסקים אוטומטיים מכווננים, וזאת מכיוון שגם עבורם לכל ערך של זרם מתכווץ אין עקומת ניתוק יחידה אלא שתי עקומות "כפולות", כמתואר באיור 3.

תקן VDE, המתייחס לייצור ולבדיקה של מפסקים אוטומטיים, אכן מגדיר את ערכי זרמי הבדיקה: הזרם הנמוך I_1 והזרם הנבחה I_2 בדומה למאיזים ולנתיכים. אולם בשוק המציאות קצת אחרת. יצרני המפסקים האוטומטיים אינם מציינים לרוב בקטלוגים שלהם את הזרם I_2 המתאים לכל דגם ודגם.

בהתחשב בעובדה זו קובעות תקנות החשמל כי לבני מפסקים אוטומטיים מכווננים לא יעלה זרם הכיווץ על הזרם הסתמי המירבי I_2 המתון בטבלאות.

הדבר מתבטא בנוסחה:

$$I_{TH} \leq I_2 \quad (6)$$

כאשר:

I_{TH} – זרם הכיווץ התרמי של המפסק

התקנות אינן מפרטות עד כמה I_{TH} צריך להיות קטן מ- I_2 , אך, בדרך כלל, נהוג לקחת $I_{TH} \leq 0.8 \cdot I_2$.

הערות לבחירת הזרם הנקוב של המבטח בהתאם לטבלאות ההעמסה שבתקנות החשמל

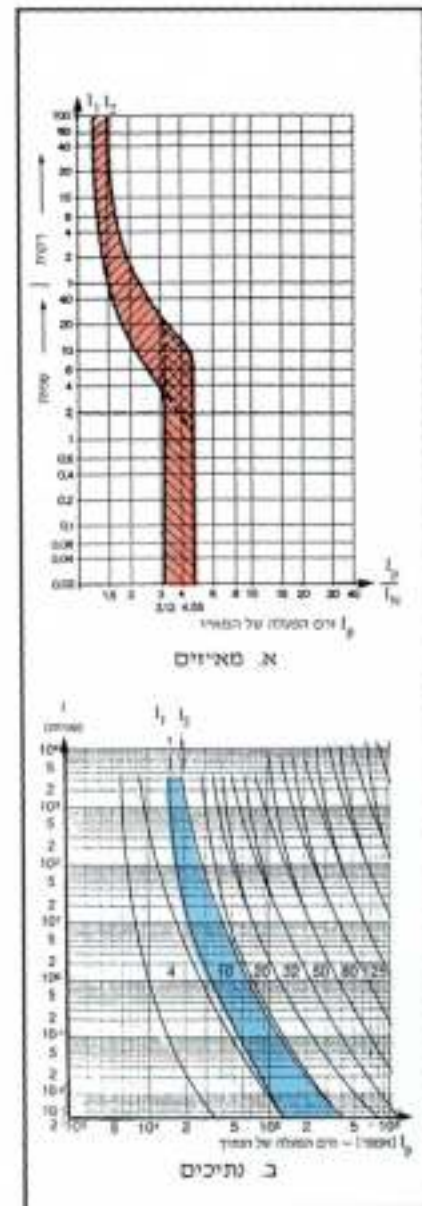
טבלאות העמסת המוליכים שבתקנות החשמל כוללות שלוש עמודות כמודגש בטבלה 1.

בעמודה "נתיך" מוצגים הזרמים הנקובים של הנתיכים כשהם מחושבים לפי קריטריון של נוסחה (2) – $I_2 \leq 1.45I_N$. עבור נתיכים בעלי אופיין "gL" ומאיזים בעלי אופיין "L" בלבד. הנתונים המשותפים האלה עבור הנתיכים מסוג "gL" והמאיזים

אך הזרם הנקוב של המבטח יכול להחלט להיות גם גדול מ- I_2 ובלבד שזרם הכיווץ יהיה קטן מ- I_2 (ראו נוסחה (6)).

הבדל אחר הכולט בהשוואה בין מאיזים ונתיכים ובין מפסקים אוטומטיים מכווננים בא לירי ביטוי בקריטריון השני בהגנת המוליכים בפני עומס יתר, כלומר: $I_2 \leq 1.45I_N$.

המאיזים והנתיכים הם מכשירים פשוטים ואמינים אך אופן פעולתם, מבחינת זרם הניתוק, אינו מדויק. לפיכך, עקומות הניתוק שלהם מאופיינות על ידי ערכים מירביים ומינימיים כמתואר באיור 3.



איור 3 עקומות ניתוק של מאיזים ונתיכים

■ סוגי המבטחים לפי דגמייהם נקבעו מראש.

הבעיה הניצבת לפנינו היא לבחור את המבטחים F1 עד F6 מבחינת הגנת המוליכים בפני עומס יתר בלבד.

כל הנתונים האלה מרוכזים ומוצגים בטבלה 2.

כפי שרואים מהנתונים המוצגים בעמודה יזרם נקוב של המבטחיי שבטבלה 2, הזרמים הנקובים של המבטחים F2, F3 ו-F5 אכן עונים לקריטריון שבנוסחה (1). הקריטריון השני $I_2 \leq 1.45I_1$ או $I_2 \leq I_{TH}$ לפי הנאמר לעיל, והדבר מוסבר להלן עבור כל מבטח בנפרד.

חישוב הזרם במבטח F1

המבטח הוא מדגם מספק אוטומטי מכוונן (כדוגמת NZM או אחרים) ומצוייד במנגנון תרמי בעל תחום כויוון $I_{TH SET} = 200-250A$. הכויוון נקבע ל- $I_{TH} = 220A$, וכך הוא שונה לדרישה.

$$I_B = 200A \leq I_{TH} = 220A \leq I_2 = 250A \quad (7)$$

הערה:

הזרם הנקוב של המבטח F1 היה יכול להיות גם גדול מ- $I_2 = 250A$ אם הדבר היה נחוץ מבחינת ההגנה בפני זרם קצר או מבחינת אבטחת הזרם התיפעולי הרגעי.

חישוב הזרם במבטח F2

המבטח הוא מדגם מאיז $I_N = 10A$ אופייני י"י והוא שונה לדרישה:

$$I_2 = 14.5A \leq 1.45I_N = 20.3A \quad (8)$$

חישוב הזרם במבטח F3

המבטח הוא מדגם מספק אוטומטי מכוונן למנוע (כדוגמת PKZM או אחרים) ומצוייד במנגנון תרמי מכוונן בלבד.

כאן, המנגנון התרמי מיועד להגן על המנוע בפני עומס יתר ולכן הוא מכוונן באופן הבא:

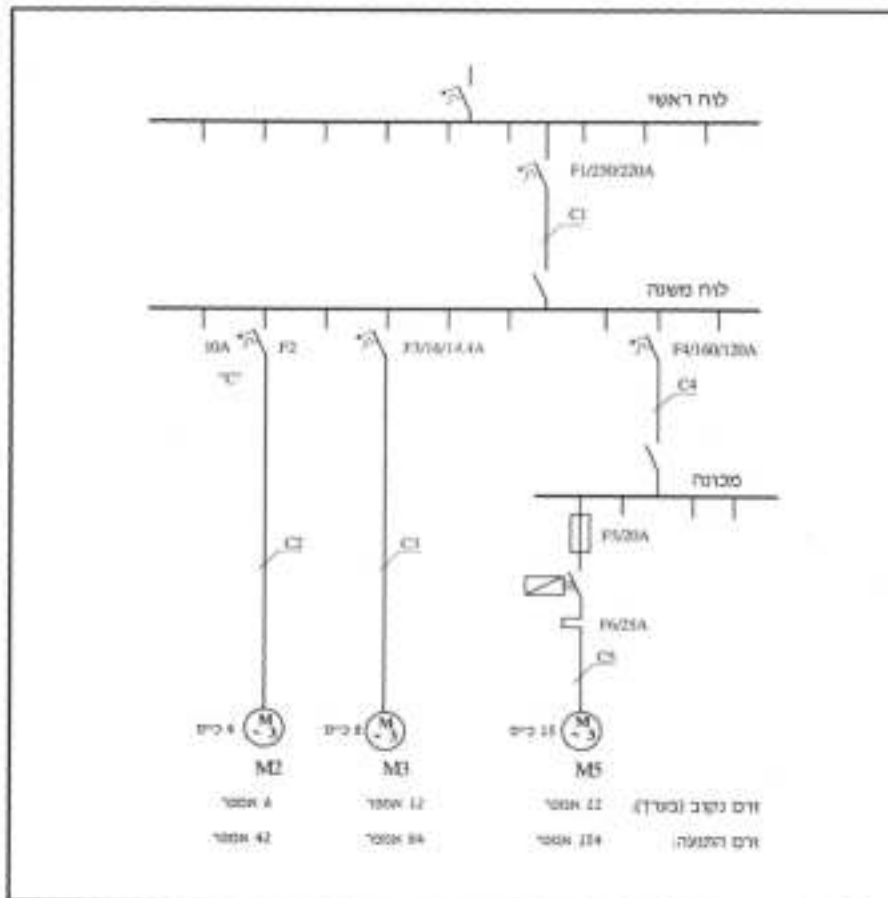
$$I_{TH} = 1.2I_B = 14.4A \quad (9)$$

כאשר:

I_B – הזרם הנקוב של המנוע M3

המבטח ממלא כאן תפקיד כפול מאחר שהוא מיועד להגן גם על המוליכים, ולכן הוא חייב לשנות גם לדרישה:

$$I_{TH} = 14.4A < I_2 = 19A \quad (10)$$



איור 4
תוכנית חד קווית הכוללת צירופים שונים של מבטחים

טבלה 2
נתונים טכניים של המעגלים שבאיור 4 ובחירת המבטחים

שם המעגל	זרם צפוי מתמיד I_B (אמפר)	זרם ההתנעה I_{TH} (אמפר)	חיתך המוליך המזויד (נחושת) (ממ"ר)	זרם המירבי I_2 (אמפר)	שם המבטח	סוג	זרם נקוב של המבטח I_N (אמפר)	זרם הבדיקה I_2 (אמפר)	זרם הכויוון I_{TH} (אמפר)
C1	200	280	120	250	F1	מספק אוטומטי מכוונן	250	–	220
C2	6	42	1.5	14	F2	מאיז	10	14.5	–
C3	12	84	2.5	19	F3	מספק אוטומטי למנוע	16	–	14.4
C4	100	150	50	124	F4	מספק אוטומטי מכוונן	160	–	120
C5	22	154	4	26	F5	תנ"ך	20	29	–
					F6	מספר תרמי	25	–	25

לגבי הפיתרון השלישי, יש להניח שהוא עומד בדרישות התקנות, וזאת בזכות הממסר התרמי F6 המופקד על הגנה בפני שמש יתר של המנוע M3 ושל מוליכי המעגל C5 גם יחד.

סיכום

עברנו במאמר זה על מספר בעיות תיכנון הקשורות בהגנת המוליכים בפני עומס יתר בלבד מבלי להתייחס, בשלב זה, להגנתם בפני זרמי קצר וגם מבלי להתייחס לתפקיד נוסף של המבטח הקשור בכך – ההגנה בפני חיטום.

כדאי לכל חשמלאי להבין שתקנות החשמל על דרישותיהן מונות כלי מלווה של התיכנון, אך אינן באות במקום הניתוח הטכני המעשי של כל מקרה ומקרה בנפרד.

אין להיחפז, כפי שנהגים חשמלאים לעשות לפעמים, ולבחור את הזרם הנקוב של המבטח לפי הנתונים בטבלאות שבתקנות החשמל באופן "אוטומטי", אלא יש להכיר את הדברים לעומקם ולתכנן את המיתקנים בהתאם.

$$I_B = 22A < I_{TH} = 25A < I_Z = 26A \quad (12)$$

נשאר לבדוק אם זרם החתונה של המנוע M5 השווה ל- $I_{ST} = 154A$ לא יגרום לשריפת הנתוך. כדי לעשות זאת יש לבדוק את עקומת הניתוק של הנתוך. בעקבות כך מתגלה שאם זרם החתונה בגודל של 154 אמפר נמשך כ-2 שניות בלבד הנתוך אכן עשוי להישרף.

כדי למנוע זאת קיימות האפשרויות הבאות:

- להגדיל את חתך המוליך וגם את הזרם הנקוב של הנתוך.
- לבחור נתוך בעל עקומת ניתוק אחרת שאינה גורמת לשריפת הנתוך בעת התנגות המנוע.
- להשאיר נתוך מדגם "gL", אך להגדיל את הזרם הנקוב שלו מ-20 אמפר לזרם נקוב של 40 אמפר, וזאת מבלי להגדיל את חתך המוליך.

הפיתרון נתון בידי המתכנן ועליו להחליט איזהו הכוון מבחינה טכנית וכלכלית.

חישוב הזרם במבטח F4

המבטח זהה מבחינת הדגם למבטח F1, ומתוך הטבלה רואים שאם הוא מכוונן כך ש- $I_{TH} = 120A$, לכן הוא עונה לדרישה.

$$I_B = 100A < I_{TH} = 120A \leq I_Z = 124A \quad (11)$$

חישוב הזרם במבטחים F5 ו-F6

המבטח F5 הוא נתוך מדגם "gL", ולכן נראה שהדבר הפשוט ביותר הוא לבחור את הזרם הנקוב לפי טבלה I שבתקנות החשמל, כלומר: $I_B = 20A$.

מהתוכנית החד קווית רואים שהגנת המנוע M5 נעשית על ידי המימסר התרמי F6. כאן, בניגוד למעגל C3, הנתוך F5 אינו מופקד על הגנת המנוע בפני עומס יתר, אך מצד שני קיומו של המימסר התרמי F6 מבטיח שהמוליכים במעגל C5 לא יועמסו בזרם גדול יותר מזרם הכיוונון של F6 המכוונן ל- $I_{TH} = 25A$. כלומר, המבטח F6 מגן על המוליכים לפי הדרישה.

אתר המגורונים – נחל בקע

אתר המגורונים הגדול בארץ בנחל בקע, ממקום מדרום לבאר שבע (תמונה 1). האתר מכיל 1,154 מגורונים דרישםפחתיים, בסך הכל 2,308 יחידות דיור.

האתר מאכלס בעולים חדשים מרוסיה ומאתיופיה וכן בסטודנטים ומתוכנן להגיע לאיכלוס מלא עד סוף דצמבר 1991.

לצורך אספקת החשמל לאתר בנתה חברת החשמל קו אספקה במתח גבוה. קו זה יכול לקבל הזנה משתי תחנות משנה שונות.

האתר מקבל אספקת חשמל במתח גבוה 22 ק"ו. גודל החיבור 137 אמפר.

בכניסה לאתר קיימת מערכת מניה במתח גבוה של חברת החשמל (תמונה 2). ממערכת זו ואילך נמשכת רשת פרטית של החברה המשכנת, חברת "עמידר". רשת זו מעבירה את החשמל לצרכני האתר השונים. גודל החיבור ליחידת דיור הוא 20 אמפר.

במסגרת הרשת הפרטית שהקימה חברת "עמידר" באתר הותקנו בכל אחת מיחידות הדיור מונה חשמל. כל צרכן משלם ל"עמידר" עבור צריכת החשמל בהתאם לקריאת המונה שלו. חברת "עמידר" היא זו שמשלמת לחברת החשמל עבור צריכת החשמל באתר כולו.



תמונה 2
מערכת המניה במתח גבוה



תמונה 1
מראה של אתר המגורונים בנחל בקע

הפרעות במערכת מתח עליון של חברת החשמל

אינג' יעקב חאין

מערכת החשמל הארצית של חברת החשמל מורכבת משלוש מערכות עיקריות:

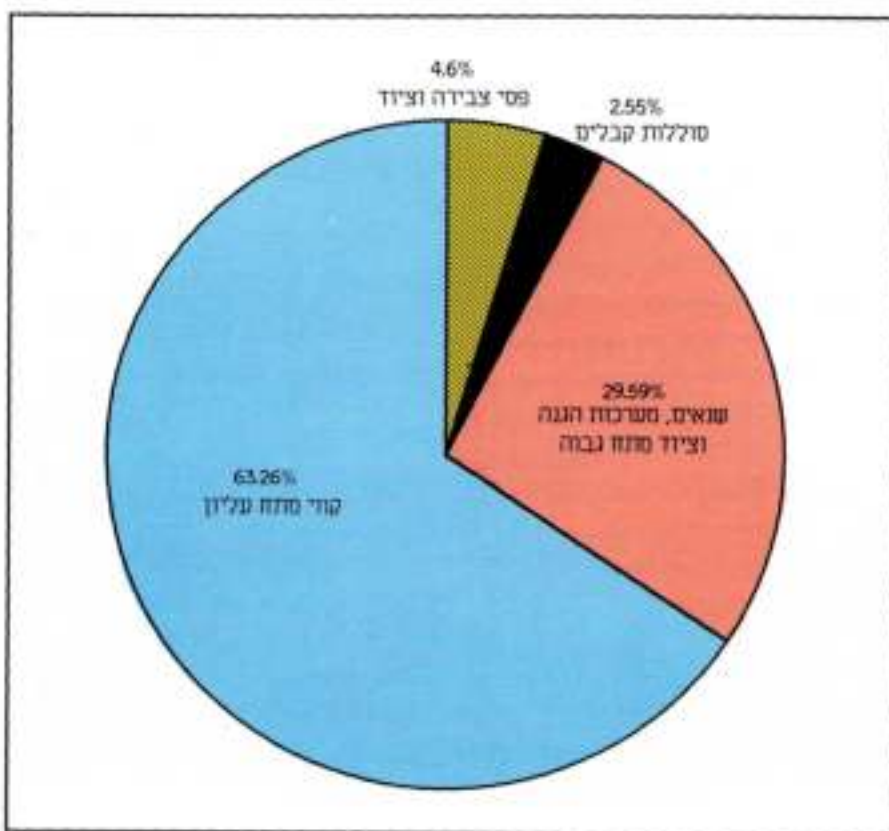
■ **מערכת ייצור** – כוללת חמש תחנות כוח קיטוריות המופעלות בפחם או במזוט וטורבינות גז תעשייתיות וסילוניות.
 ■ **מערכת העברה** – מורכבת מקווי מתח על (400 ק"ו), קווי מתח עליון (115 ק"ו ו-161 ק"ו), תחנות מיתוג ותחנות משנה, המשנות ממתח על או ממתח עליון למתח גבוה.

■ **מערכת חלוקה** – מורכבת מקווי מתח גבוה (13.2 ק"ו, 24 ק"ו ו-36 ק"ו), תחנות השנאה ממתח גבוה למתח נמוך (0.4 ק"ו) וקווי מתח נמוך. מערכת זו מחלקת את האנרגיה החשמלית לצרכני החשמל השונים.

קיימים צרכנים אשר עבורם הפסקת החשמל, ואפילו לפרק זמן קצר (דקות, שניות ואפילו חלקי שניות), יכולה לגרום נזק. במקרים מסויימים הנזק יכול לבוא לידי ביטוי בשיבושים בפעולת מערכות חיוניות, בנזקים לציוד ובנזקים כספיים. לדוגמה: במפעלים שבהם יש תנורי התכה למתכות או לפלסטיק, במערכות ממוחשבות ועוד.

אחת המטרות החשובות העומדות בפני חברת החשמל היא שיפור אמינות אספקת החשמל לצרכנים. במסגרת זו מכינים גופים שונים בחברת החשמל, בין יתר הדברים, דו"חות שנתיים הכוללים נתונים סטטיסטיים המאפשרים להסיק מסקנות לגבי אופן פעולתם של מרכיבי מערכת החשמל הארצית ולנקוט צעדים לשיפור המערכת.

מטרת מאמר זה היא לתאר את הפרעות במערכת המתח העליון, את פעולת ההגנות ואת התנהגות הציוד הראשי במערכת המתח העליון. המאמר מבוסס על דו"ח המחלקה החשמלית באגף התפעול בחברת החשמל – "הפרעות במערכת מתח עליון ופעולת ההגנות בשנת 1990".



איור 1
דיאגרמת התפלגות הפרעות במתח עליון (באחוזים)

מבוא

בשנת 1990 אירעו 196 הפרעות במערכת מתח עליון והפרעה אחת במערכת מתח על, לעומת 192 הפרעות בשנת 1989 ו-222 הפרעות בשנת 1988.

בטבלה 1 מוצגים נתונים השוואתיים על מספר ההפרעות הממושכות בהתאם למקורן במערכת. דיאגרמת התפלגות הפרעות הממושכות מוצגת באיור 1.

במערכת אירעו 92 הפרעות שכללו הפסקות צרכנים (46.7 אחוז מסך כל הפרעות) לעומת 85 הפרעות בשנת 1989.

טבלה 1

הפרעות במערכת מתח עליון

מקור הפרעה	מספר ההפרעות	
	1990	1989
קווי מתח עליון	124	128
פסי צבירה מתח עליון	9	2
שנאים וציוד במערכת מתח גבוה בתחנות משנה	58	54
סוללות קבלים במתח עליון	5	8

י. חאין – מחלקת חשמלית, אגף התפעול, חברת החשמל

■ 26 הפרעות המלוות בתיפקוד לא תקין של ההגנות: תקלות בחיווט הממסרים, תקלות בממסרים, טעויות בכיוונון הממסרים וכו'.

■ 84 הפרעות בגלל גורמים הנמצאים ברשת: פגיעות ופריצות בשרשרת המבדדים, פגיעות עצים, קריעת חוטים וכו'.

איור 2 מציג תיאור גרפי של מספר ההפרעות במתח עליון מ-1986 ועד 1990.

הפרעות במרכיבים השונים של מערכת המתח העליון

ראשית נדיר שני מושגים:

תקלה – שינוי בלתי רצוי בתיפקוד התקין של מרכיב כלשהו במערכת החשמל.

הפרעה – תהליך המתרחש עקב התקלות/ות אשר גורמת לשינוי בלתי רצוי בתנאים של תיפעול תקין. הפרעה אחת יכולה להיגרם בגלל מספר תקלות במרכיבים שונים.

בשנת 1990 אירעו 244* תקלות במרכיבים השונים של מערכת מתח עליון. טבלה 2 מציגה את התפלגות התקלות בהתייחס למרכיבים השונים של מערכת המתח העליון.

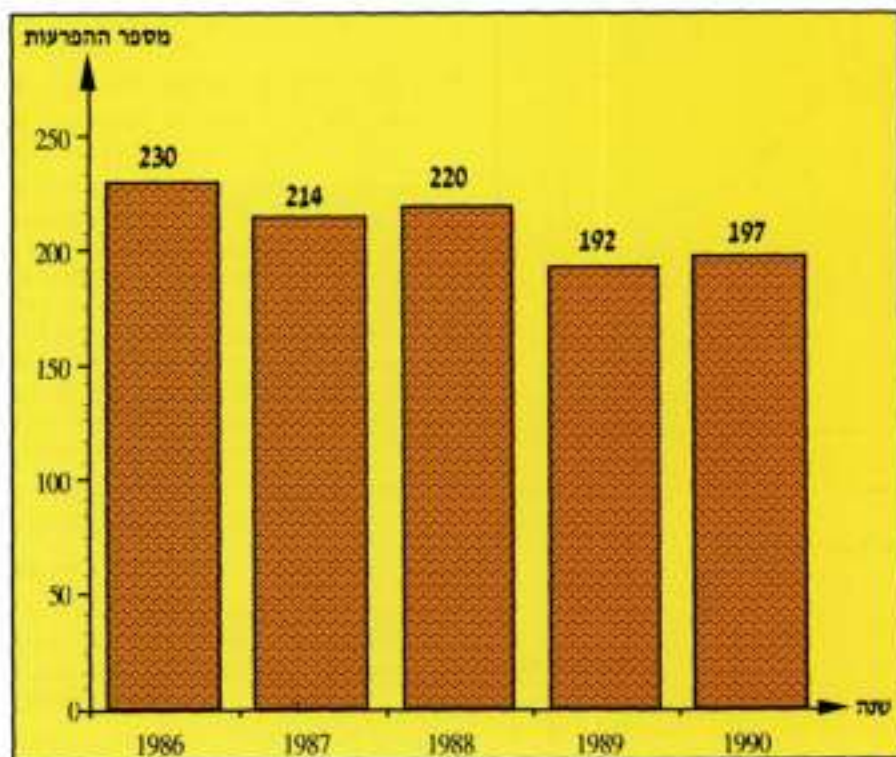
את המרכיבים החשובים של מערכת המתח העליון ניתן לחלק לשלושה סוגים:

- קווים,
- הגנות (בתחנות כוח ובתחנות משנה).
- ציוד (בתחנות כוח ובתחנות משנה).

להלן סקירה תמציתית לגבי המאפיינים של כל אחד ממרכיבים אלה, שוני ההפרעות וגורמי ההפרעות האופייניים לכל קבוצה.

קווים

בשנת 1990 אירעו בקווי מתח עליון 124 הפרעות. שוני ההפרעות נבעו מהסיבות הבאות:



איור 2

תיאור גרפי של מספר ההפרעות במתח עליון בשנים 1986-1990

טבלה 2

התפלגות התקלות בהתייחס למרכיבים השונים של מערכת מתח עליון

מרכיב	סה"כ תקלות במערכת מתח עליון				110 ק"ו				161 ק"ו			
	1990		1989		1990		1989		1990		1989	
	מספר	%	מספר	%	מספר	%	מספר	%	מספר	%	מספר	%
קווים	105	43.0	123	55.7	39	50.0	34	68.0	66	39.8	89	52.0
מפסקים	8	3.3	4	1.8	2	2.6	0	0.0	6	3.6	4	2.3
פסי צבירה	2	0.8	2	0.9	1	1.3	0	0.0	1	0.6	2	1.2
שנאים**	64	26.4	40	18.1	18	23.0	5	10.0	46	27.7	35	20.5
סוללות קבלים	5	2.0	8	3.6	3	3.9	1	2.0	2	1.2	7	4.0
מניעי ברק	1	0.4	3	1.4	0	0.0	0	0.0	1	0.6	3	1.8
הגנות	35	14.3	34	15.4	11	14.1	10	20.0	24	14.5	24	14.0
מנתקים	1	0.4	0	0.0	0	0.0	0	0.0	1	0.6	0	0.0
שנאי מדידה*	1	0.4	0	0.0	0	0.0	0	0.0	1	0.6	0	0.0
טעות אנוש	22	9.0	9	4.0	4	5.1	0	0.0	18	10.8	9	5.4
סה"כ	244	100.0	221	100.0	78	100.0	50	100.0	166*	100.0	171	100.0

* תקלה אחת במשנה מתח (מסמית) 400 ק"ו.

** כל הפסקת שנאי בגלל הפרעה במערכת מוגדרת כתקלה. חשוב לציין שבשנת 1990 לא היו כלל תקלות פנימיות בשנאים.



איור 3
מספר הקצרים ל-100 ק"מ בשנים 1984-1990

עקרון הפעולה של הגנה זו מבוסס על מדידת זרם דרך מפסק הזרם של הקו הפגוע לאחר מתן פקודה להפסקתו על ידי הגנת הקו.

הגנת צומת

הגנה זו שימושית, בדרך כלל, בקרבת תחנת הכוח, זוהי הגנה הפרשית של מספר מעגלים שיש להם צומת משותף.

עקרון הפעולה של ההגנה מבוסס על השוואה בין הזרמים הנכנסים לצומת ובין אלה היוצאים ממנו.

הגנת שנאים במתח עליון

קיימים שלושה סוגים של הגנות שנאים במתח עליון.

- הגנה הפרשית.
- הגנת יתרת זרם.
- הגנת בזכר/אף/לחץ.

הגנה הפרשית

הגנה הפרשית של השנאי מיועדת להגן על הקטע בין שני משני הזרם שמצידו השנאי. היא נכנסת לפעולה בעת תקלה פנימית בשנאי.

הגנת יתרת זרם

הגנה זו נכנסת לפעולה כאשר קיימת תקלה פנימית בשנאי. היא משמשת גם הגנת משען לתקלות בקווי מתח גבוה. עקרון הפעולה של הגנה זו מבוסס על יתרת זרם בקו המוגן.

הגנת תיל נהוג

זוהי הגנה הפרשית (דיפרנציאלית) של קווים קצרים, המגינה בדרך כלל על הקווים שבין תחנת הכוח לתחנת המיתוג. קצר בקו המוגן גורם לזרם הפרשי וזה גורם להפעלת ההגנה.

הגנת יתרת זרם

הגנה זו קיימת במספר קטן של קווי מתח עליון. קצר בקו המוגן גורם לעליית הזרם בקו ולהפעלת ההגנה.

הגנת במסדר מתח עליון

קיימים שלושה סוגים של הגנות במסדר מתח עליון:

- הגנת פס צבירה.
- הגנת אי הפעלת מפסק.
- הגנת צומת.

הגנת פס צבירה

זוהי הגנה הפרשית של פס צבירה במתח עליון. כאשר יש קצר בפס צבירה מוגן, ההגנה דואגת לנתק מהפס הפגוע את כל המעגלים המזינים אותו.

הגנת אי הפעלת מפסק

אם יש קצר בקו מסויים ומפסק הזרם שלו אינו מתנתק, אזי הגנה זו נכנסת לפעולה ומנתקת את כל מפסקי הזרם של המעגלים המחוברים לפס הצבירה, שאליו מחובר הקו הפגוע.

■ 3 הפרעות שנבעו מהמסקה מאולצת.

■ 6 הפרעות שנבעו מטעויות אנוש.

■ 5 הפרעות שנבעו מתקלות במעגלים משניים: תקלות במעגלי פיקוד ובקרה.

בשנת 1990 אירעו במערכת המתח העליון 107 קצרים משני סוגים.

■ קצרים חד מופיעים – בין מופע לאדמה.

■ קצרים בין מופעים – בין מופע אחד לאחר.

מספר הקצרים אינו כולל את הקצרים החולפים שסולקו על ידי מערכת החיבור החוזר האוטומטית. מערכת זו מועלת באופן אוטומטי ומחברת את המעגל הפגוע לאחר שהופסק על ידי ההגנה, אם חלפה התקלה, המעגל נשאר מחובר והמערכת חוזרת למשטר תיפעולי רגיל. אחרת – המעגל מופסק ונשאר במצבו זה עד לחיבורו מחדש לאחר איתור התקלה ותיקונה. יש לציין שבמערכת המתח העליון מתבצע נסיון חיבור חוזר יחיד.

העקומה באיור 3 מציגה את מספר הקצרים ל-100 ק"מ בשנים 1984-1990.

הגנות

למערכת ההגנה מיועד תפקיד ראשי בסילוק מהיר של הקצרים במערכת, צימצום הנזק הנגרם לצידוד ושמידת היציבות של מערכת החשמל הארצית.

תפקידים של מיספרי ההגנה הוא לנתק במהירות את הקטע הפגוע בצורה סלקטיבית, ובו זמנית לאפשר את המשך תיפקוד המערכת באופן תקין. במובן מסויים דומה פעולת מערכת ההגנות לפעולת רופא-מתח אשר תפקידו לנתק את החלק הפגוע של הגוף ולצמצם את ההשפעה השלילית של הניתוח על התיפקוד הכללי של האדם.

קיימים שלושה סוגים עיקריים של הגנות במערכת המתח העליון:

- הגנות בקווי מתח עליון.
- הגנות במסדר מתח עליון.
- הגנות שנאים במתח עליון.

הגנות בקווי מתח עליון

קיימים שלושה סוגים של הגנות בקווי מתח עליון:

- הגנת מרחק.
- הגנת תיל נהוג.
- הגנת יתרת זרם.

הגנת מרחק

זוהי ההגנה העיקרית של קווי מתח עליון. עקרון פעולתה הוא מדידת העכבה של הקו המוגן. כאשר יש קצר בקו המוגן, העכבה שלו יורדת מתחת לערך אליו מכווננת ההגנה וזו משלח את המסקה לקו הפגוע.

הגנת בוכהולץ/לחץ

זוהי הגנה מכנית. כאשר קיימת תקלה מנימית בשנאי נוצר לחץ גוים בשמן של השנאי. לחץ זה מפעיל את ההגנה.

בטבלה 3 מופיע סיכום פעולת ההגנות עקב הפרעות ממושכות במתח עליון בשנת 1990. החישוב באחוזים של פעולת ההגנות נעשה בהתייחס לנפחאות הבאות:

חישוב שיעור הפעולות הנכונות של ההגנות:

$$\frac{X}{X+Y+Z} \cdot 100$$

חישוב שיעור הפעולות השגויות:

$$\frac{Y}{X+Y+Z} \cdot 100$$

חישוב שיעור אי הפעולות:

$$\frac{Z}{X+Y+Z} \cdot 100$$

כאשר:

X – פעולות נכונות

Y – פעולות שגויות

Z – אי פעולות

ציוד

המאפיינים של התקלות בפרטי הציוד השונים הם:

- **תקלות בממסקי זרם ובמתקים** – בעיקר תקלות מכניות, כגון תקלות במנגנוני ההפעלה שלהם.
- **תקלות בשנאים – שנאי הספק, משנה מתח, משנה זרם** – נדירות למדי ונגרמות, בדרך כלל, בגלל פגמים בבידוד, בעיקר בגלל התיישנות.
- **תקלות במגיני ברק** – נגרמות בגלל התיישנות הציוד.

שיעורי התקלות (הממוצע לשש השנים) חושב על סמך סטטיסטיקה של תקלות בציוד הראשי בשנים 1990-1985.

שיעור התקלות חושב לפי הנוסחה:

$$\lambda = \frac{\sum_{i=1}^n F_i}{\sum_{i=1}^n E_i}$$

כאשר:

λ – שיעור התקלות

$\sum_{i=1}^n F_i$ – סה"כ תקלות בציוד מסויים במשך שש שנים

$\sum_{i=1}^n E_i$ – סה"כ הציוד המורכב במשך שש שנים

טבלה 3

סיכום פעולת ההגנות עקב הפרעות ממושכות בשנת 1990

סוג ההגנה	מספר ההגנות	מספר הפעולות	פעולות נכונות (באחוזים)	אי פעולות (באחוזים)	פעולות שגויות (באחוזים)
לחץ	438	182	93.4	0.0	6.6
תיל נהוג	64	33	84.8	0.0	15.2
פסי צבירה	24	3	66.6	0.0	33.4
זמנת	13	0	—	—	—
אי הפעלת ממסק	16	1	100.0	0.0	0.0
יתרת זרם (כולל יתרת זרם של שנאים)	240	37	73.0	—	27.0
דיפרנציאלית	252	14	50.0	0.0	50.0
בוכהולץ/לחץ	252	0	—	—	—
סה"כ	1,299	270	87.0	0.0	13.0

טבלה 4

שיעורי התקלות (ממוצע לשש שנים) בציוד הראשי

מרכיב המערכת	שיעור התקלות 1990-1985
ממסק זרם	0.0121/שנה
שנאי	0.0100/שנה
משנה זרם	0.0017/שנה
משנה מתח	0.0008/שנה
מתק	0.0008/שנה
מגן ברק	0.0047/שנה

טבלה 4 מציגה את השיעור הממוצע של תקלות, המחושב בהתייחס למרכיבי הציוד השונים שבמערכת.

בהתייחס לתנאים שבטבלה 4 מתברר שמספר התקלות בציוד במשך שש השנים האחרונות נע בין 1 ל-12 תקלות לכל 1,000 פריטים בממוצע.

הפרעות במתח עליון בהשוואה לנעשה באירופה

בחברת החשמל קיים ציוד רב במתח עליון מתוצרת שבדיה (ABB). לכן ביצעה חברת החשמל השוואה של התפלגות התקלות (באחוזים) בישראל בהשוואה לשבדיה (טבלה 5).

טבלה 5

התפלגות התקלות (באחוזים) – השוואה בין שבדיה לישראל

מרכיב התקלה	שבדיה	ישראל 1989	ישראל 1990
קווים	69.0%	55.7%	43.0%
שנאים*	2.0%	0.9%	0.0%
ממסקי זרם	5.0%	1.8%	3.3%
ציוד מתח עליון ונבוח	8.0%	**22.2%	**30.3%
הגנות (כולל טעות אנוש)	16.0%	19.4%	23.4%

* במקרה זה הכוונה לתקלה מנימית בלבד.
** נתון זה כולל תקלות בממסקי זרם במתח נבוח.

טבלה 6
שיעור התקלות במרכיבי המערכת בישראל ביחס למערכות בחו"ל

המרכיב	CIGRE	ישראל
מפסקי זרם	0.001-0.022/שנה	0.0121/שנה
שנאים	0.003-0.059/שנה	0.0100/שנה
משני זרם	0-0.0029/שנה	0.0017/שנה
משני מתח	0-0.0029/שנה	0.0008/שנה
מתקנים	0-0.005/שנה	0.0008/שנה
קווים	0.62-7 לכל 100 ק"מ שנה	4 לכל 100 ק"מ שנה

למרות כל השיפורים שחברת החשמל נוקטת, יש לציין שלא ניתן למנוע לחלוטין את הופעת התפרושות במערכת המתח העליון.

התופעות של עליית זרם וירידת מתח בגלל הפרעות הולכות ומצטמצמות, אולם הן לא תמסקנה לחלוטין.

לפיכך, צרכנים "רגישים" – צרכנים אשר עבורם הפסקת אספקת חשמל לפרק זמן, ואפילו קצר ביותר, גורמת נזק – או צרכנים הרגישים לשינויים במאפייני החשמל המסופק, צריכים להיעזר במערכות ובציוד כגון מערכות בקרה משופרות, מערכות אליפס (UPS), הזנה חלופית וכו', שיגדילו את אמינות החשמל המגיע אליהם.

- מכניסה ציוד חדיש, כגון מערכות הגנה סיפרתיות ומערכות פיקוד מרחוק התורמות לשיפור במשולות המערכת.
- נוקטת שיטות אחזקה משופרות בעזרת תוכניות ממוחשבות. במסגרת זו מבצעים שטיפת מבודדים למחות פעמיים בשנה. מבצעים בדיקות תרמוגרפיות לצורך איתור "נקודות חמות" – נקודות אשר בהעדור טיפול נאות צפויות להתפתח בהן תקלות. כמו כן מבצעים בדיקות תקופתיות וטיפולים תקופתיים כדי לשמור על הציוד כמצב תקין וזמין.
- מקיימת הדרכה והשתלמויות לצוותים הפועלים בתחנת הכוח ובתחנות המשנה וברשת המתח העליון.

להשוואה מוצגים, בטבלה 6, נתונים אשר התקבלו על ידי CIGRE (האירגון הבינלאומי של חברות החשמל) כתוצאה ממחקר על 55 חברות חשמל ב-19 ארצות שונות. הנתונים הם לגבי ציוד במתח 110-145 ק"ו.

מהשוואה זו נובע שתיפקוד הציוד בארץ שווה, באופן כללי, לממוצע אשר התקבל ממחקר של 55 חברות החשמל מחו"ל.

סיכום

בשנת 1990 נמשכה ירידה משמעותית במספר הקצרים ל-100 ק"מ קו. בשנים 1989 ו-1990 היתה ירידה במספר ההפרעות בקווי המתח העליון. הירידות האלה נבעו מעבודות אחזקה מוגברות שנושעו במערכת.

כדי לשפר את אמינות אספקת החשמל ולצמצם את שיעור ההפרעות ושיעור התקלות בציוד חברת החשמל מבצעת את הפעילויות הבאות:

- מחליפה, בהיקף רחב, ציוד מיושן (מפסקי זרם, מתקנים, משני זרם, משני מתח ומגני ברק).
- מכניסה אחידות במרכיבי המערכת השונים הנמצאים בשימוש בתחנות המשנה ובקווים.

השפעת מטען של חשמל סטטי במתח 300,000 וולט על גוף האדם



צולם על ידי אינג' ז' דוניבסקי ב"ארסון" המצאתי (Palais de la Découverte) בפריס (נובמבר 1991)

מהדורה חדשה של ה"מדריך לחשמלאי"
בעריכת אינג' ז' דוניבסקי

בימים אלה הופיעה מהדורה חדשה של ה"מדריך לחשמלאי" בעריכת אינג' ז' דוניבסקי (1992). אינג' דוניבסקי החל במלאכת הפירסום של ה"מדריך לחשמלאי" לפני כ-38 שנים. המדריך הראשון ראה אור ב-1953 ומאז הופיעה מהדורה חדשה, מעודכנת ומורחבת אחת לשנתיים. המדריך הפך להיות, כפי שכתב אחד החשמלאים לאינג' דוניבסקי, הישולחץ ערוץ של כל חשמלאי בארץ.

ה"מדריך לחשמלאי" החדש מכיל 388 עמודים. מהדורה מעודכנת זו כוללת גם את שלושת תקנות החשמל החדשות שפרסמו באוגוסט 1991:

- הארקות ואמצעי הגנה בפני חישהול במתח עד 1,000 וולט.
- מיתקני חשמל בחצרים חקלאיים במתח עד 1,000 וולט.
- התקנת לחות במתח עד 1,000 וולט.

מהחידושים האחרונים במדריך מן הראוי לציין את הפירסום המלא של הדרישות לבטיחות בעבודות חשמל לפי חוק התיכונן והבניה ולפי התקנות של משרד העבודה והרווחה, אשר רק תמציתן הופיעה במהדורה הקודמת של המדריך. כמו כן עודכן במדריך הפרק החדן במקורות אור מלאכותיים.

במדריך החדש נכללו גם הצעות של ועדת התוראות לעבודות החשמל, אשר טרם אושרו סופית, הכוללות שינויים מרחיקי לכת בתקנות מעגלים סופיים (ק"ת 4731).

אנו סבורים כי גם מהדורה זו של המדריך, כמו מהדורות הקודמות, תהיה לתועלת רבה לחשמלאים.

מחיר ה"מדריך לחשמלאי" כולל מעיים הוא 38 ש"ח. הוא נמצא למכירה בבתי המסחר לספרים וניתן גם להזמין ישירות אצל המחבר בכתובת: רח' דישראל 19, חיפה 34333, בתוספת 2 ש"ח עבור הוצאות המשלוח.

מדור שרות פרסומי לקוראים

"התקע המצדיע" מס' 49



למעוניינים במידע נוסף !

כדי לקבל מידע נוסף:

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

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

תלוש שירות פרסומי למידע נוסף

לכבי מערכת "התקע המצדיע"
ת.ד. 8810 חיפה 31086

התלוש למידע נוסף יענה עד יום 28.2.82 לאחר תאריך זה יישלח לתמונת את בקשות המידע ישירות לחברות המפרסמות.

שם:

מקצוע:

חברה/מוסד/מפעל:

תפקיד:

המען לתשורות:

טל':

רחוב/שכונה / מספר

ישוב:

מיקור:

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

49/13	49/12	48/11	49/10	49/9	49/8	49/7	49/6	49/5	49/4	48/3	48/2	49/1
49/26	49/25	48/24	49/23	49/22	49/21	49/20	49/19	49/18	49/17	49/16	48/15	49/14
							49/32	49/31	49/30	48/28	48/26	49/27

הודעה למערכת:

גזור ושלח ! 



חברת החשמל לישראל מודיעה על
חידוש המנוי לשנת 1992 ל:

**קובץ דפי מידע לעוסקים בניהול
עומס החשמל בתחום הצרכנות
(Demand-Side Management)**

דפי המידע מיועדים למהנדסים, לאדריכלים ולגורמים מקצועיים אמורים העוסקים בניהול עומס בתחום הצרכנות, והם כוללים:

- * מידע עדכני וייחודי, המתפרסם בארץ ובמטרות טכנית כחז"ל בנושאים המשדיכים, דגש מיוחד הושם על שיטות נאמצעים לניהול עומס בתחום הצרכנות.
- * תאור מפורט של פרויקטים עיושכו בישראל, במתקני צרכנים, אשר קבלו סיוע כספי מחברת החשמל כמסגרת התוכנית הלאומית לייעול השימוש בושמל. התאור מלווה בהצגת פורטנ טכנייט ונתוני עלות-תועלת.

למנוייט ונישלח הודעה לכתובתם, בצירוף שוכר השלום, דמי המנוי לשנת 1992 הם 25 ש"ח.

המעונייניט להימנוח על מקבלי קובץ דפי המידע, מתבקשים למלא בבירור אח פרטיהם האיטיים ככפח, וישלחו אליהם עובר תשלום נרשימת דפי המידע הנכללים בקובץ.

דמי המנוי למצטרפים הידעיים הם 75 ש"ח, עכור תשלוח איגודן ממחזור ובו דפי המידע טפורסמו ב-1991 וכבור דפי הידענ ושיפורסמו בנהלף 1992 .

אנא חזרו ספה זה

.....

.....חארן

לכבוד
חברת החשמל לישראל
אגף הצרכנות, המחלקה לייעול הצריכה
ת"ד 8810 חיפה 31086

ברצוני להיות מנוי לקובץ דפי מידע לעוסקים בניהול עומס הונווט והצרכנות (Demand-Side Management) שיוצא לאור על-ידי חברת החשמל לישראל, אבקשכט לשלוח לי טורכר השלוח ורשימה ונושאים הנכללים בקובץ.

שם

מקצוע/תפקיד

מקום העבודה

טלפון

רחוב

עיר

.....חתימה



1987-90

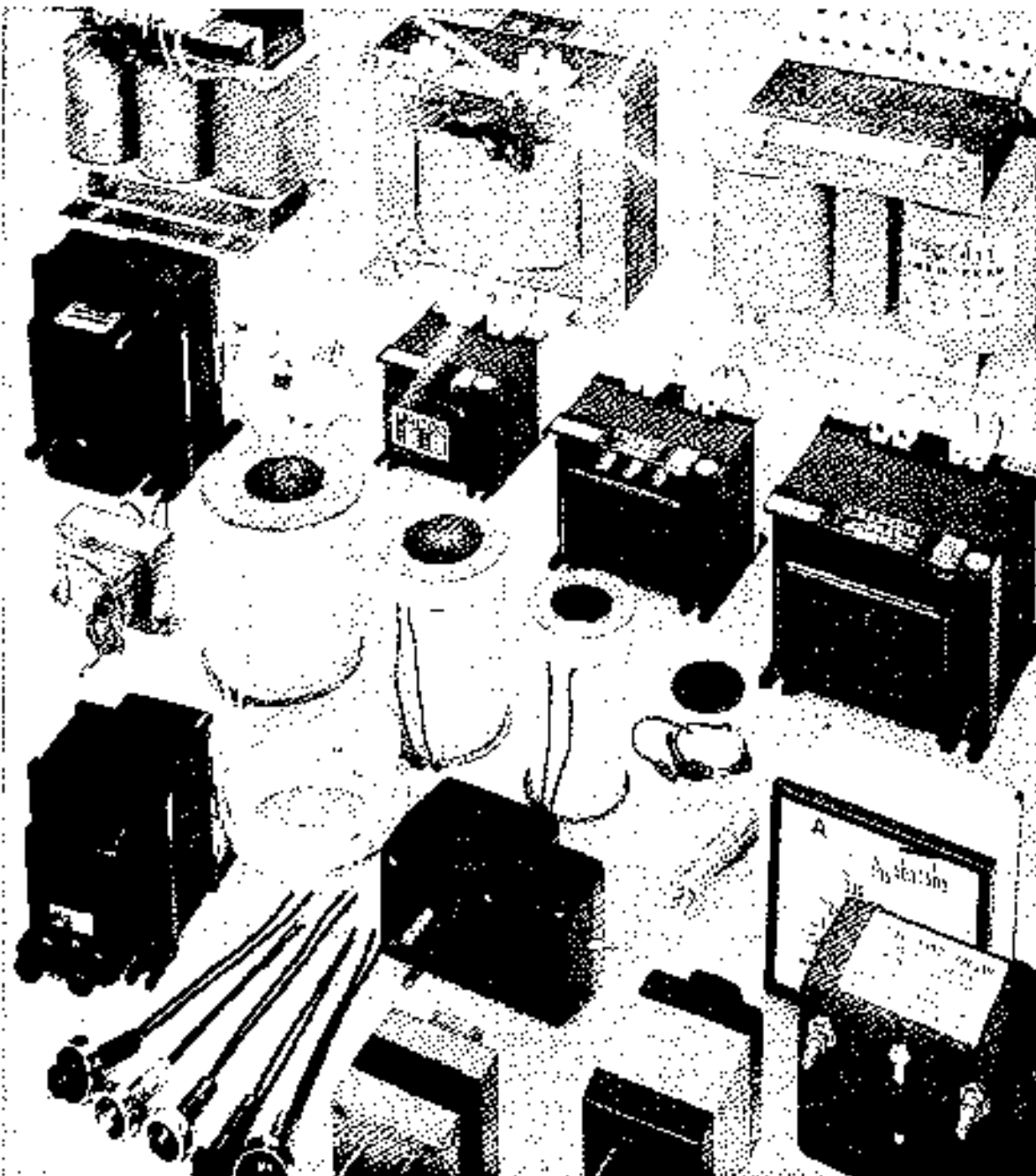


נוסד 1970

נח ברק

ברק נח ייצור שנאים (טרנספורמטורים) בע"מ
יבוא ושוק מכשירי מדידה להשמל

- * שואב (סלולטור מטורח) חד פאזי ותלת פאזי
- * לרובנה בלוחות השמל ומתקני השמל.
- * שואי אוטונומי להונקעו מניעים השמליים עד 4000 כוו סוט.
- * משנה זרם לאמפרטור להרבה בלויזין השמל.
- * שנאים להפעלת מכשירי השמל אמריקאים 115/230V
- * שנאים לפיקוד ובקרה למערכות השמל.
- * שנאים להפעלת מרות הלוגן 12V-280V
- * מיוצר לפי דרישות מוד"י, ר"י - 899.
- * ספק משוד הבטחון מס' 6083094547



רח' הויבו 8 פינת הר ציון 19 תל אביב 66838 טל. 03-377892, פקסימיליה 03-376476
להשיג בכל בתי המסחר לחומרי השמל בארץ

מכשירי - מ"מ - ו"מ - סמל

"אופיר שי"

ייצור שיווק ואספקה

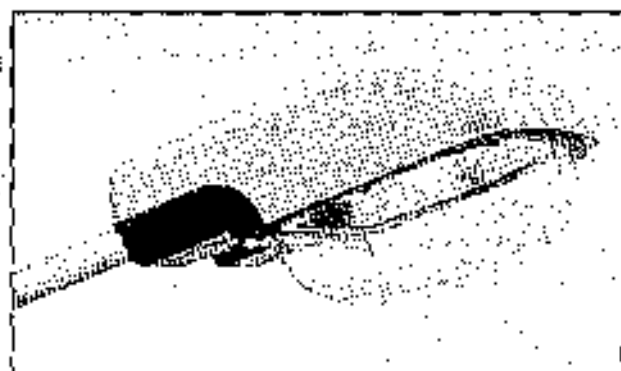


חומרי חשמל לתעשייה, בנין, רשת, אחזקה ותאורה



כבלים

כבלי כח עליים ותת קרקעיים
מכל הסוגים, כל החתכים ובכל האורכים.
כבלי פיקוד ותקשורת, אספקה מהמלאי.
כבלי בטיחות - חסיני אש - נטולי הלוגנים
משפחת LYONOTOX תוצרת:
LES CABLES DE LYON

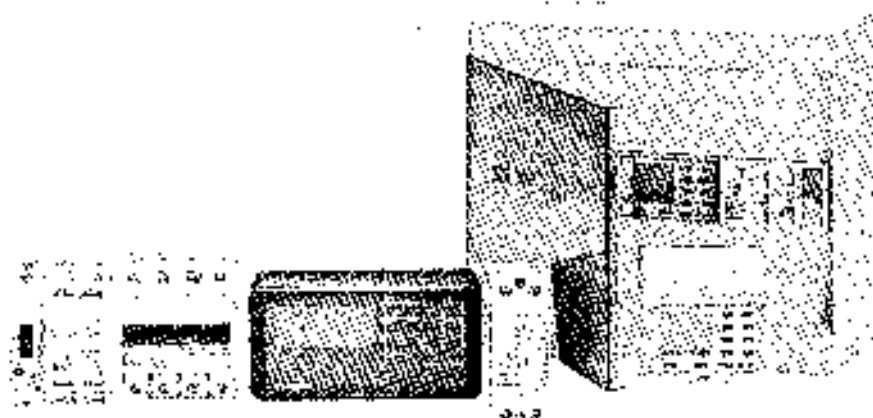


תאורת רחובות ובטחון

מחסנים,
אולמות ספורט
ותעשייה

ציוד רשת
למתח נמוך
ומתח גבוה.
עמודי תאורה
ופנסים

ציוד פיקוד מיתוג ובקרה מתוצרת לגרנד



רשת סניפים בכל הארץ:

אופיר שי ייצור שיווק ואספקה בע"מ
 משרד ומחסן ראשי : קרית אריה, רח' עמל 37, טל. 03'8230855, פקס 03'9233193
 סניף תל-אביב : רח' החשמלאים 105, טל. 5614338, פקס: 03'5614324
 סניף באר-שבע : עמק זרע רח'הפועלים 20, טל. 32080, 36830, 057-36076, פקס: 057-32077

אופיר שי (1984) בע"מ
 משרד ומחסן ראשי : רח' החרושת 10, אזור תעשייה העונה, טל. 052'910588, פקס: 052'910926
 סניף ירושלים : דרך חכרון 28, טל. 02'731080/5, פקס: 02'731010
 סניף הרצליה : רח' בן גוריון 48, טל. 052'557747, פקס: 052'557802
 רח' סוקולוב 80, טל. 540784, 052-640748, פקס: 052'557802

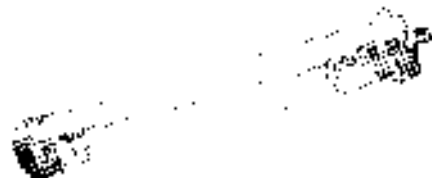
אופיר שי ייצור שיווק ואספקה צפון (1986) בע"מ
 משרד ומחסן ראשי : דרך בן יהודה 59, תל חנן, טל. 323477, 04'322277, פקס: 04'343415
 סניף כרמיאל : רח' אלמסג' 8, טל. 04'861898, פקס: 04'861891

אור 87 - אופיר שי (1991) בע"מ
 אזור התעשייה החדש, טל. 059-31380, פקס: 059-79244



תאורת גן

גופי תאורה למשרדים
 גופי תאורה מיוחדים -
 נגד סינוור לחדרי מחשב.



ציוד מוגן התפוצצות

קופסאות, אביזרי פיקוד
 כניסות וגופי תאורה

קבוצת חברות אופיר שי הנן רשת לשיווק ואספקה של כל ציוד החשמל לתעשייה, בנין, רשת, תאורת רחובות וכבישים. לחברה מלאים גדולים בכל אחד מסניפיה בארץ, לאספקה מיידית, וכן מחסן מרכזי לכל כבלי הכח והפיקוד עד למידות הגדולות ביותר הקיימות בסטנדרט. כמו כן מייצגת החברה בארץ בלעדית חברות כדוגמת לגרנד, דיסנו, די-ברייט, סרמטו, מזדה ואחרים. חברתנו מתמחה גם בציוד מיוחד כציוד מוגן התפוצצות תוצרת הארץ ומח"ל.

לשרות לקוחות החברה צוות מקצועי של אנשי מכירות וכן מהנדסי תאורה וחשמל לסייע בבעיות תכנוניות ולהתאמת ציוד נדרש.

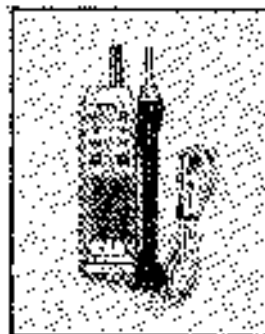
אנו עומדים לשרותך לכל פניה, בדבר פרטים הנך יכול לפנות לסניף הקרוב למקום עבודתך עפ"י הכתובות המפורטות.

סניפים בארץ

אמינות מעבר לקו

K&D

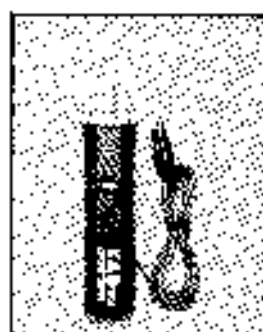
החברה המובילה בייצור גלאים ומכשירי עזר לחשמלאי



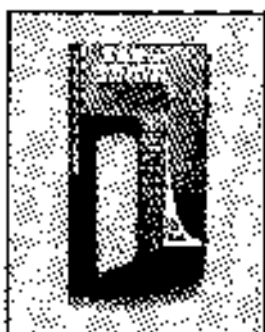
KD 4002 חבי אלדין נאה להציג את הגלאי המשולב
גילוי V 240 - 220 V ללא מגע, אבחון נתק כנבל,
בדיקת רציפות, בדיקת הארקה,
טסטור מגע (2 חוטים) AC, DC. בדיקת קוטביות,
מבחין בין V 220 ל-V 380, זמזום + נורית בקרה



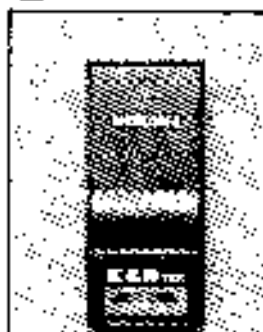
KD 1202
טסטור מגע
2 חוטים
בודק ומבחין בין
220 V - 240 V
ל-V 380 - 410 V
מניח בטיחות קטגוריה
שנע במשל
2 מערכות עצמאיות
הפועלות בטווח
על מנת להבטיח
גיבוי מקור מתח



KD 1102
מד רצף
בדיקה רציפה
בדיקת הארקה
זמזום
+ נורית בקרה



KD 1002
גלאי כבלים
וצינוורות מתכת,
מגלה ומזהיר מפני
כבלים וצינורות
מתכת בתוך הקיר.
כדיה זו תלכדות
המגלה בו זמנית
מתח ושחכת; יסילת
החזרה בין כבלי חשמל
לבין צנרת מתכת
כשהוד סגור בתוך השקוף
זמזום + נורית בקרה



KD 9002
בודק קרוינה
למיקרוגל



KD 37, KD 42
חותך צינורות
מירדון
KD 37 - 37 ס"מ



KD 1402
ננ"ס בודק נורות
נתיכים וסוללות
בודק את כל סוגי
סוללות 1.5 V ו-V 9
פניולות, אלקלין
ונטעטיל, נורות
חשמל ביתיות
להבה ומולטן יתחכום.
זמזום + מחוץ בקרה

צילום אילי בע"מ - תש"י

ניתן להשיג: חיפה והצפון: המשובר המרכזי 04-354211, אופיר שי 04-322277, נרתי חשמל 04-663498, דן ויקטור 04-662971.
נתניה: אדיר ארון 053-619295, **רעננה:** אופיר שי 052-455888, **תל אביב והמרכז:** אריכה 02-377256, אלתר 03-3701664,
חשמל הוצמל 05-5312659, המשובר המרכזי 03-389333, חשמל דיגי 02-9345021, קלאריה 03-612389, הצי"ח 03-992789.
ירושלים: ארלים אוטומט 02-283007, השיבוע 02-244555, לימשיץ 02-523053, אופיר שי 02-733060, המאגזין המרכזי 02-792020.
דרום: אור אילת 059-313801.
מוקד יעץ להשירות חומרי בנייה, המרכז לחסכון באנרגיה: 177-022-3939. **היבואן: אלדין בע"מ 03-816904**



הנדסת הספק (1980) בע"מ

מקבוצת כלל תעשיות

משפחת מתנעים-רכים

- SOF-R** אנלוגי
- STC-7** אנלוגי-הגנות
- STC-8** דיגיטלי

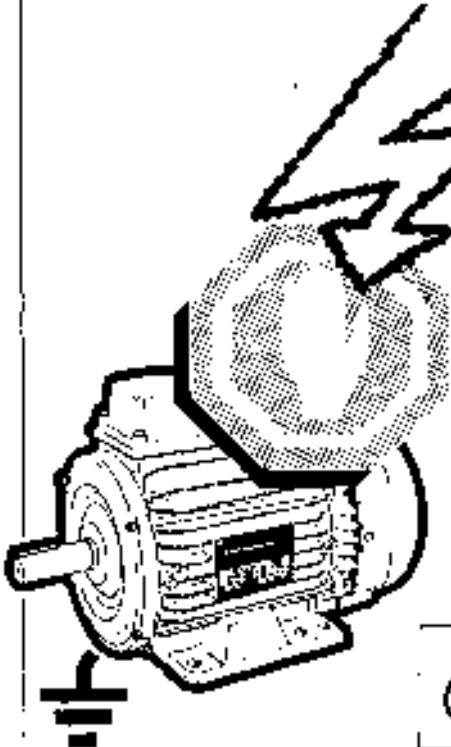


- משפחת בקרי-מהירות**
- PDB** אנלוגי
 - PAD** דיגיטלי
 - PDC** דיגיטלי שקט

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

למידע נוסף סמך 49/4

הקדם תרופה לשד"י צבת המנוע



תיקון מנוע שדוף עולה לך ביוקר! (זמן השבתה, עבודה ושימוץ)

- כאשר אתה אקו למנוע יחיד או תיקון כבד מיותר מדי!
- שונים נפרדים לזמן בשל ליקוי מידר ורטיסות תורנים כשהמנוע עובד!
- החתאק מוקדמת של ה- IREH נרץ למנוע את הנק!
- במרת ה- IREH בלוק טוב הבידור כל הנון כשהמנוע אינו עובד!
- ה- IREH מופיע לביט מאסעלים הרדישים עוד בזמן התחנות הליקוי!
- נועה במידה למוקדם (ולגורמוריס) הסמסעים במנוע הצלה לננון סעבור ליקוי אש, וכעידה ליום וכו' למנוע החינתמים כמאלי לידת-גובה או ספקורד קשיה לניעה



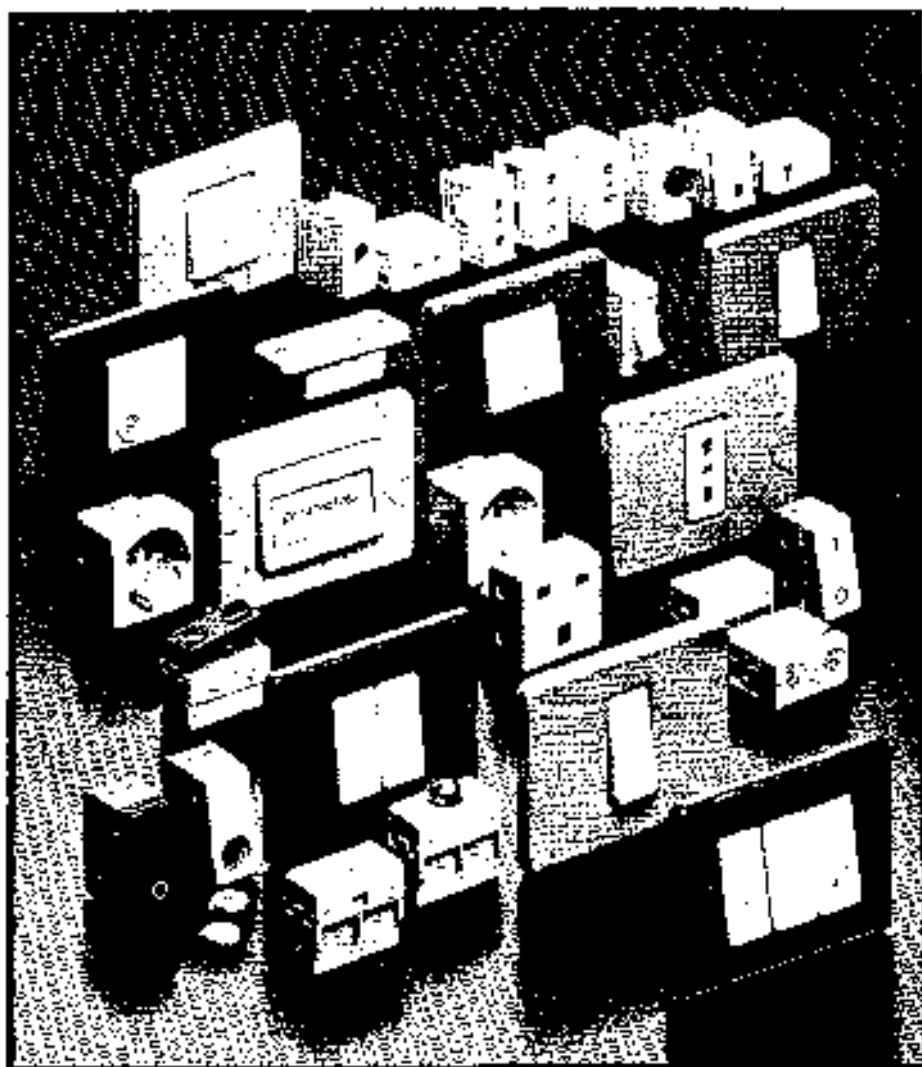
אליס יטקושווק נטייר רדז עזיל 98, ליראן
ת.ד. 994 קו'אן 55109, טל. 03-343506, פקס. 03-340776

למידע נוסף סמך 48/6

המודולרים של GEWISS

פאנל

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, כורזו, תכלת וזרוד. התקנה נוחה, בטיחות מרבית, בעיצוב יפיפה וגימור מושלם – פאר תוצרת איטליה.

סדרת 9000 מאושרת ע"י מכון התקנים הישראלי.
לקבלת קטלוג מפורט והדגמה פנה ל-

זאב שמעון - חמיש בע"מ

שרי' ושינגטון 18 ת"א, 66086, טל. 03-834111, פקס. 03-834114

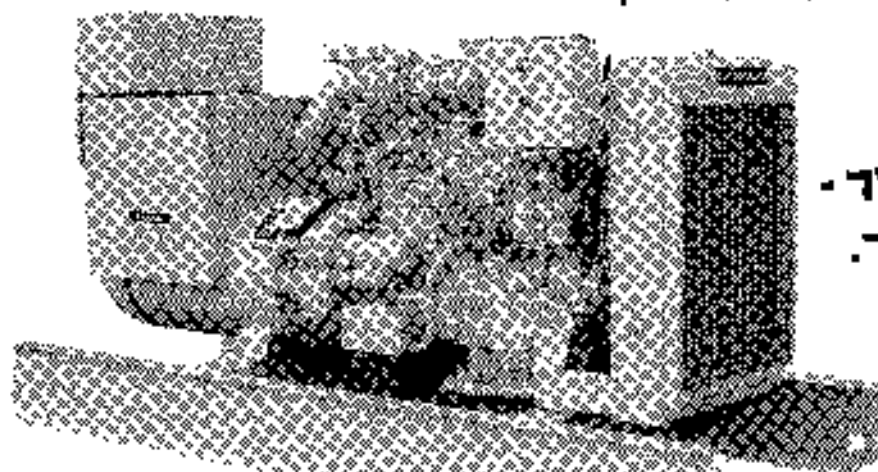
דיזל גנרצור קטרפילר - מקור האנרגיה שלך

CATERPILLAR®

מקים של יוזר ממליץ שקל ליוס למפעל
תעשייה בעל הפסקות השמל יזמות

21.3.91

- אספקת השמל מתמדת - לעבודה רצופה ולשעת חירום.
- גנרצורים לסקצור החקלאי והתעשייתי, למפעלים ולבתי הרושת, למוסדות, בתי ספר, בתי חולים, אולמות שמחה ולגיבוי מחשבים.
- שרות מקצועי ואמין של החברה הישראלית לטרקטורים וציוד בע"מ.
- אספקה מיידית מהמלאי - לרוב הדגמים.
- הספק: 150, 200, 225, 250, 300 קו"א.



גנרצור קטרפילר -
תחנת הכח שלך.

חיפה: טל' 04-761477

חולון: טל' 03-807722

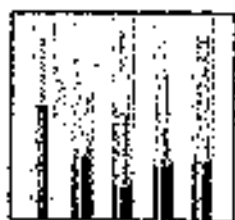
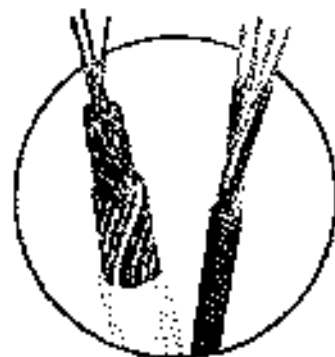
CAT

טרקטורים וציוד

החברה הישראלית לטרקטורים וציוד בע"מ. ספיצי CATERPILLAR בישראל

י. קשטן חומרי

כבלים מכל הסוגים



- ★ כבלי אלקטרוניקה, פיקוד וקואקס.
- ★ כבלי פיקוד לבקרים גמישים, ממוספרים, מסוככים.
- ★ כבלי חשמל וכו.
- ★ כבלי טלפונים ורכבות.
- ★ כבלים לתנאי שטח קשים מסוג פוליאוריתן.
- ★ כבלים שטוחים למעלות כגונות ועגורנים.
- ★ כבלים חסיני אש PYRO, ELODUR.
- ★ כבלי מתח גבוה מבודדי XLPE.
- ★ כבלי מכשור רגילים ומשוריינים.
- ★ כבלים ל CATV - BAMBOO.
- ★ סיבים אופטיים.

SAB ■ KERPEN ■ EHLERSKABEL ■ NKF ■ DÄTWYLER ■ CAROL

לתייעץ בנסך 1000 טון 48/8

תאורה ופיקוד תאורה

מוגנת מים, אבק, התפוצצות, תאורה נידת, תאורת שטח ברכות ומיכלים, תאורת רכב צבאי ומטוסים. מפסקי תאורה, פיקוד תאורה דימויים לפלורסנטים ומערכות שליטה מרתוק עד 12 KW

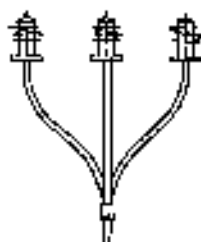
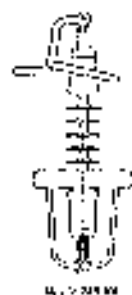


NIKO ■ VICTOR ■ CEAG ■ MAEHLER & KAEGE ■ MAX MULLER ■ WEST-AIR

לתייעץ בנסך 1000 טון 48/8

אביזרי מתח גבוה

- ★ סופיות מסיליקון לכבלים שנאים רי SF 6.
- ★ מבודדי סיליקון לרשת.
- ★ אביזרי חיבור, אינסטלציה וכלי עבודה.



isolated Switch
Circuit Breaker
SF6



CARIBONI

Permal

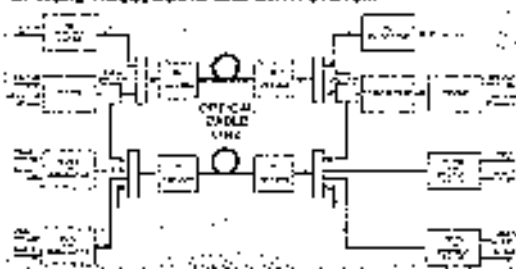
לתייעץ בנסך 1000 טון 48/10

חשמל בע"מ (נוסד 1932)

מערכות תקשורת אופטיות

מערכות תקשורת (משדרים ומקלטים) עם סיבים אופטיים להעברת נתוני קול ותמונה לתעשייה, בקרת תנועה ו-CATV. תקשורת בין מתשבים ובקרים מתוכנתים. כבלים אופטיים METAL FREE, אינדי חייבו כל עבודה ומכונות הלחמה לסיבים אופטיים.

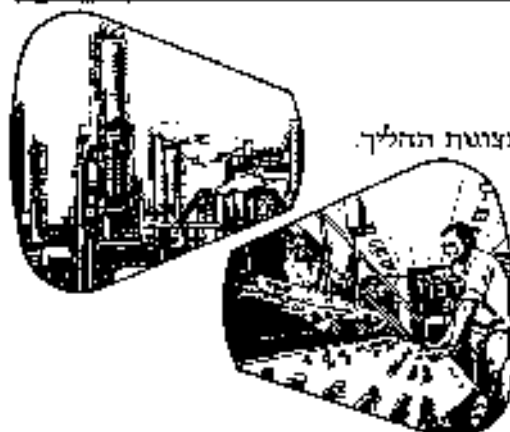
OPTICAL VIDEO, AUDIO AND DATA SYSTEM



NKE

לסיבת תעבורת נתונים

פיקוד ובקרה



- * מתמדים מכל הסוגים (טמפי זרם, מתח ועוד), חוצצים ותצוגות הנאליך.
- * בקרת טמפ', לחץ, לחות ורימה ועכוה.
- * רגשי קרבה מיוחדים.
- * רגשי ועידוד.
- * מסבירות פיקוד למיכלי תערוכת כבל הגרלים.
- * כרדים אטומטיים אינפראדד לתעשית המזון.
- בתי חולים, מעבדות ומערכות אינסטלציה סניטרית.

■ ABB ■ TRÖLEX ■ STATUS INSTRUMENTS ■ S-PRODUCTS ■ KUHNEL

לסיבת תעבורת נתונים

ציוד מוגן התפוצצות



קופסאות, אבתי פיקוד, שקעים תקעים, מתועים, מפסקי זרם עד 180 A, מפסקי גבול וחוצצים מוגני התפוצצות, פעמונים תעשייתיים ומוגני התפוצצות. כמיסות כבל ומתאמים בין הברגות. מעכדים מוגני אש לכבלים בון חדרים.

ABB
ASEA-BROWN BOVERI



EEExde, IIC T8.

BST = PEPPERS

לסיבת תעבורת נתונים

י. קשטן חמרי חשמל בע"מ אלבני 121, תל אביב 61007 ת.ד. 802

מחלקת מכירות: תל אביב: רח' קיבוץ גלויות 24, טל. 810958, 03-810919
באר שבע: רח' העצמאות 16, טל. 057-72597
TLX. 341292. FAX. 03-835025



אתם מוזמנים לראות את הכוח באור

מאזר ארצי מנהלים נכונים התארגנו לחתמה-הכוח וניצלו את ההזדמנות לראות בין מנהלים עם מיומנות גבוהה לזים הנדלרים בייקר גבנו במדינת ישראל.

נס ארם מיימנים לראות מנהלים עם חינוך וכוונת שגשומת החיים, לראות באור חיים שאנו תחילתו של קו המנהל התגבר ללידתם.

מיימנים ומוקדים נתחמם-כוח מיימנים ארם לביא לראות את הכוח באור.

מוקדים ומוקדים מנהלים מרם ביקור בהקדמה וסייד בכנסת ההדנה. לראות המכשיר עם חומר הכברה ככתב.

ביקור יש לתאם מראש
* מרם המכשיר עם כתבה חכוד יסאור-הידע, דודר, 08-2425-02, 06-23117.

* מרם המנהלים במחלק הכוח יזמנים, אשקלון, 08-51307-06, 06-49209.

* מרם המנהלים במחלק הכוח יזמנים, אשקלון, 04-546490.
* מרם המנהלים במחלק הכוח יזמנים, אשדוד, 08-563357/9.
* מרם המנהלים במחלק הכוח יזמנים, אשקלון, 08-51307-06.
* מרם המנהלים במחלק הכוח יזמנים, אשקלון, 08-51307-06.

ביקור יש לתאם מראש

חברת החשמל לישראל

פקס: 03-752 28 40



מניה סיקור בקרה בע"מ
ENERGY MEASUREMENT
AND CONTROL Ltd.

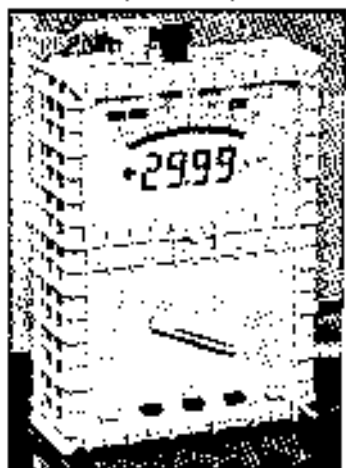
- ציוד מדידת חשמל
- מדידת חשמל
- מדידת חשמל
- מדידת חשמל
- מדידת חשמל
- מדידת חשמל

דיכוטנסקי 54, דומודין 52482 • אגף-NAVAT-54, JABOTINSKY ST.
TEL: 03-752 28 88:70



הצלה!
טלפון: 752 28 88

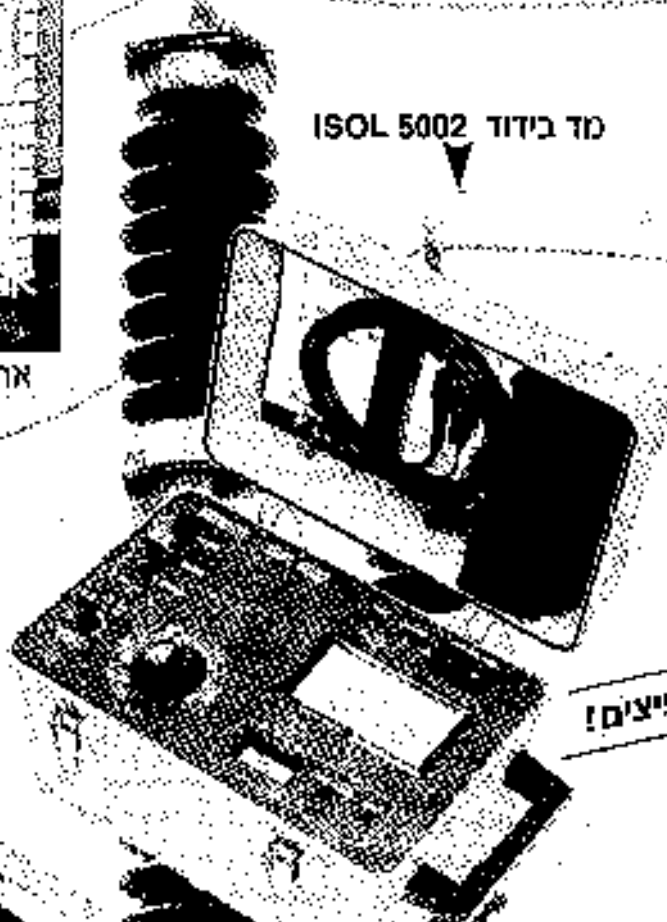
מולטימטר MAX 2000
אנלוגי/דיגיטלי, TRUE RMS



אחרות ל3 שנים!!!

- ★ מד הארקה - TERCA 2
- ★ מאושר ע"י חברת החשמל הצרפתית
- ★ מד בידוד - ISOL 5002
- ★ מזוודת אנרגיה - PROWATT
- ★ מולטימטרים - TRUE RMS
- ★ צבתות זרם

מד בידוד ISOL 5002



דושים מפיצים!

סוכנים - מילאני איטליה - סופר

100 שנות נסיון ואיכות



CHAUVIN
ARNOUX

קבוצת קונשטיין אדלר | איכות | אחריות | אמינות

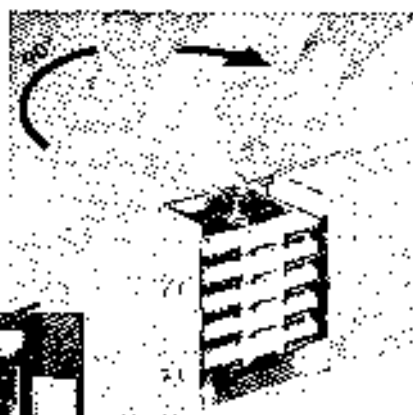
הידעת כי מערכות פסי הצבירה LD, BD, CD

מתוצרת Klockner-Moeller

הן שיטת העברת האנרגיה הנפוצה ביותר
במבנים תעשייתיים ומשרדיים באירופה



LD
1000 - 5600A
BD2
100 - 800A
BD00, BD0
63A, 100A
CD
25A, 40A



- קל לתיכנון, הרכבה והתקנה
- מגוון של חלקים לכל מרחק וזווית
- מגוון של קונסאות יציאה לכל מסדה
- יציאות בשיטת שקע תקע
- חמוגנות בפני מוגע מקרי
- דרגת הגנה IP64



קבוצת קונשטיין אדלר
אנו תמיד קרובים אליך



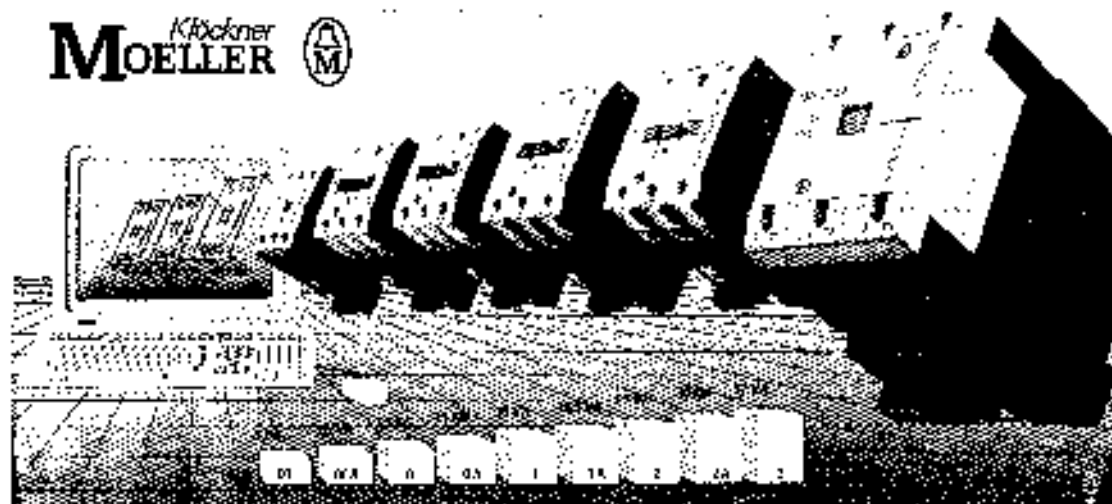
קונשטיין אדלר תעשי
קונשטיין אדלר תעשי
הנדסה אלקטרומכנית
ק.מ.ק. הנדסת חשמל

תכנון | ייצור | שדות | בקרת איכות | מלאי חלפים

חדש, חדיש ומחודש

בסדרת המגענים DIL M וממסרי המגען DIL R

- עיצוב חדש למגענים עד 37kW
- מגענים ארבע קוטביים
- מגענים מיוחדים להפעלת מערכות קבלים



אאא - אמינות, איכות, אחריות



רמת השרון טל' 03-5492998
חיפה טל' 04-410330
באר-שבע טל' 057-35916
תל-אביב טל' 03-623421

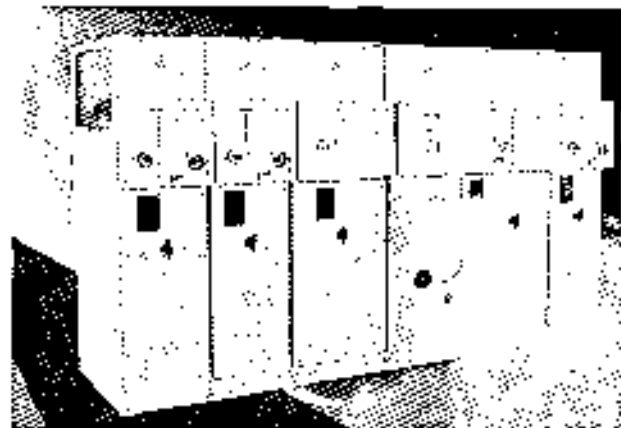
קצנשטין אדלר ושוח' בע"מ
קצנשטין, אדלר ושוח' (סניף חיפה)
קצנשטין, אדלר ושוח' (סניף באר-שבע)
אסטרגל בע"מ

(1975) בע"מ רמת השרון טל' 03-5492998
רעננה טל' 052-901570
חיפה טל' 04-410330
ירושלים טל' 02-536332

מוצרי חשמל
ואלקטרוניקה בע"מ

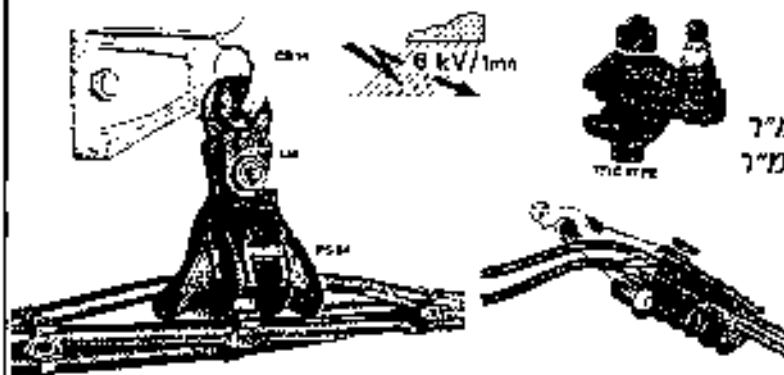
אלקוטרנייד

ת.ד. 2016 הרצליה ב' 46733, טל. 052-558825, פקס: 052-546149



חדש!

תאים קומפקטיים
מודולריים ב-SF₆
למתחים 24-36 kV
ALSTHOM מתוצרת:
ענק החשמל מצרפת



תיל אוירי מבודד

תיילים 3 X 150 + 95 + 2 X 25 מ"מ
3 X 70 + 54.6 + 2 X 25 מ"מ

אביזרים SICAMEX

כל הדגמים והאביזרים
מהדקים ברמה של 6 kV



CONTINENTALE
D'EQUIPEMENTS
ELECTRIQUES

מפיצים בלעדיים של חב' CEE
החברה המובילה בתחום רב מודד
וממסרי הגנה דיגיטליים
כיוול ערכים, זכרון עצמי
קריאה מרחוק, תקשורת למחשב
עומדים לשרותכם - לפרטים נוספים
ולהדגמת ביצועים - עם/בלי מחשב



• כולאי ברק

METAL OXIDE

חיזים במבנה

SILICONE

Mc GRAW EDISON

ארה"ב

מפסק זרם
על עמוד
מיתוג בואקום
עד 36KV



זרמים - תעשיות חשמל בע"מ

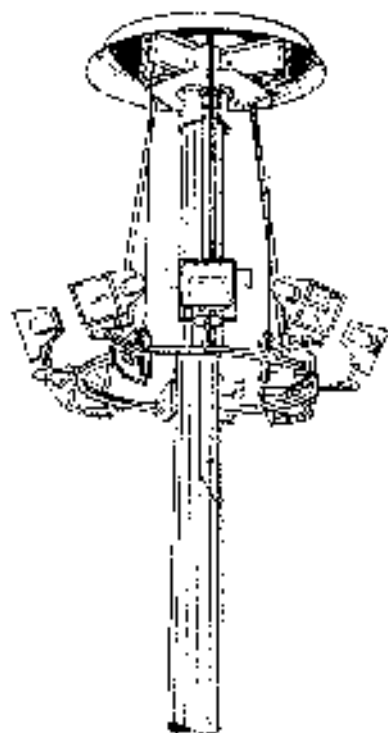
מושב בני ציון, מיקוד 60910. טל. 903362, 062-916197, פקס. 052-916177. למכתבים: ת.ד. 1331 הוד השרון

סוכנים בלעדיים ויבואנים של החברות הבאות:



"יורופאן" - צרפת

- תאורת רחובות
- תאורת שטח
- תאורת ספורט חוץ ופנים
- תאורת פנים מכל סוג ועוד



"פטיזאן" - צרפת

- היצרן הגדול בעולם לעמודים
- תאורה עד 120 מ'
- רשת עד 400 ק"ו
- אלומיניום ודקורטיביים



"אס אי אס" - צרפת

מערכות ממוחשבות לכקרת תנועה



"סילק" - צרפת

רמזורים, תאורה מיוחדת לתחבורה
פיקוד לרכבות



"יורוטק" - אנגליה

סיבים אופטיים לתמרור שילוט ודקורציה



"מאודסלי'ס" - אנגליה

- מנועי חשמל ACI DC
- מסירי תדר סיבוביים



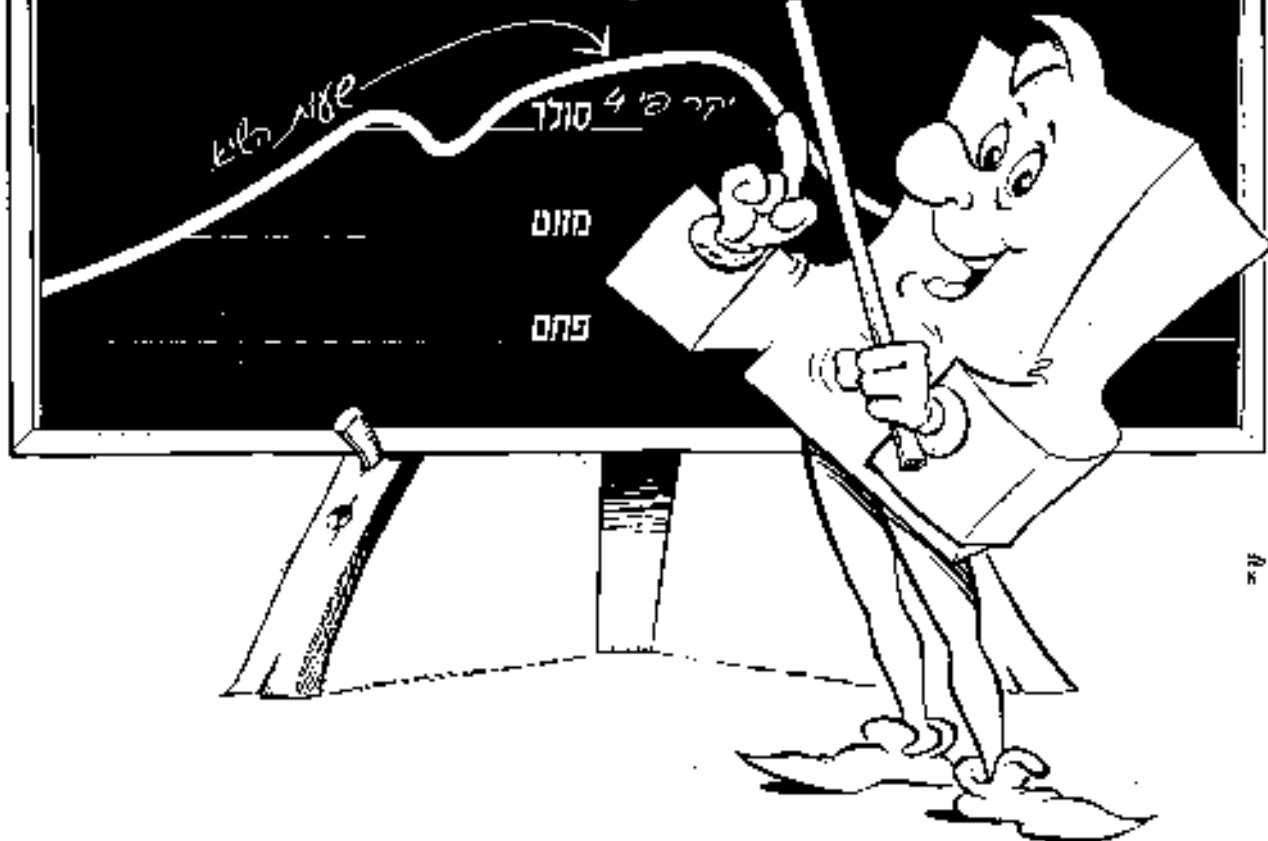
"קונטרול טכניק" - אנגליה

- וסתי מהירות אלקטרונים
- למנועי חשמל זרם חילופין
- למנועי חשמל זרם ישיר
- למנועי חשמל סרבו מכל סוג



מימון אלי בע"מ - חיפה

איך יכולים קצב מחלבה ורצון טוב
להוציא את מחיר החלב



אם תצליח חברת החשמל בעזרתך
להקטין את עלויות ההון ואת הוצאות
התפעול, יהיה מחיר החשמל לצרכן
נמוך יותר.

לכן, אם אין הכרח להפגיל בשכונת הניא
מגורים שצורכים הרבה חשמל - טדיף
להפגיל אותם כשטות אדווח.
אם נפחית את צריכת החשמל בשעות
השיא ואפשר אפיקי חשמל אחינה יותר,
והחירש נמוכים יותר.

כך, עם קצת בחשבה ורצון טוב וכל
כולנו להציא מהחשמל את הפלוס.

ישראל מפיקת את ההספק הנקי
מחנות כוח המונעת בפתח, ושהוא חל
יחסית ככל שנוכח הצריכה, ונדלר חלק
על תנודת כוח המונח בנדוט - וזה
כבר יקר יותר.

בשעות שאר הצריכה יש הכרח להאחזקו
כאן לרוב צורת יציאת הפועלות של סולר -
וזה כבר באמת יקר. ילדף ארבעה
ושלוו הצריכה משערי הנציא לשערי
אחרים מאפשרת לפגל יותר דקלוק ודלק
ולכן, כן אפשר לצל יותר טוב את
האמצעים הליימיים ורצונך הנקוים של
מילארדי דולרש במוספת של אמצעי
צריכה שישמשו רק לצורך אספקת רכינות
גבוה בשכונת השיא.

לשמל אי אפשר לאגוד, יש לספק את
כל כמות החשמל לפי ביקוש באגוד
הרגע, זו הסיבה שבגללה פועל חוביות
החשמל המתקדמות לניהול עומד בקוים
הארכונות או בניילים אחרות, לסיסה על
צריכה החשמל משתי שיא הביקוש
לשעות אחרות לצדמכון בחשמל.

לכיות רדמל המתקדמות בעולם
עוזנות ואין לדמות עליית כידר
האפטרות ליכא העמל חזריות שנינו.
כך, הניכונות לבחון את סיגולי יוצאים
בין העקונה באמצעי צריכה לבין הכישת
חשמל, המיוצר בדלקי בארצות ווליס,
כמו מפעלים הידרו-אלקטריים, היות
כוח הרעיות וכיוצא, לדכיה החשמל
ביש של צין ולייח כוזאת, זכני שמטרת
הדמל בישראל היא מוכרת מנדוד
וסגור, את כל כמות החשמל יפזר את
חיונה לייצר כאן, בעל טון, ודלק
מיכא חצי לכור בעלות החשמל
קטור באמצעים חדשים לייצור הכח
הנצרכת.

להוציא מהחשמל את הפלוס.

חברת החשמל לישראל



רח' שלבים 18 ופיקת הכישור 2 תל אביב 68168, טל. 03'824246, 03'824357, 03'832022, פאקס: 03'815744

6. חנקנים מ"א 16A עד 1350A. הכוללים פיקוד כזו, מגעי ענר ויחידות מיוחדות.
7. הגנות האס למנועים.
8. ממסרי פיקוד ייחודי בעל מגעים מחולפים עד 6 מגעי ענר.
9. מיימרים לסוגיהם.
10. בקרים מתוכנתים.

כנגבן, שחברתנו מחשיכה לייצג את:

1. BREXER - לחצנים ומפסיקים למיניהם, כולל מפסיקים מיוחדים.
2. K.I. - קוצבי זמן.
3. עמית - שרועלים מתכרזים ופסי השוואה.
4. AKAPP - פסי צבירה להזנה חשמלית עד 320A.
5. T.E.R. - ידיות הפעלה לעגורנים, כולל שלט רחוק.
6. CANFOR - מדטי משיכה.
7. חקוק - חאי פוסר לתאורה.

וכן שנאים, קופסאות זכ ואמצעי פיקוד נוספים, בקרוב נקבל נציגות של מספר חברות בתחום יחידות קצה, מסננים למיניהם וכן יחידות בקרה בתחום המתח הגבוה.

לאיש החשמל שלום!

הננו שמחים להודיעך כי החל מ-1.1.91, קיבלנו את הנציגות הבלעדית של חברת SPRECHER+SCHUH שווייץ, וזאת בנוסף לייצוג חברת BREXER, אותה אנו מייצגים כמשך 25 שנה.

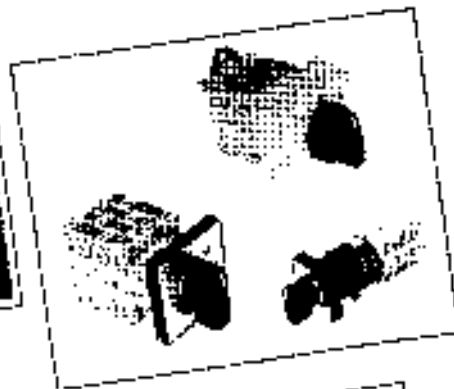
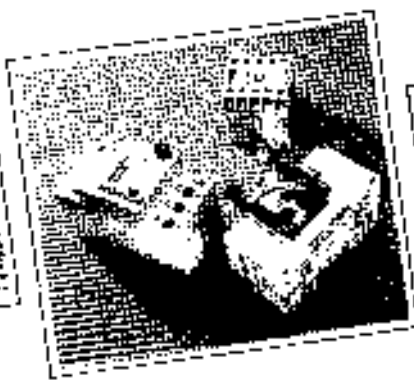
הנציגות הבלעדית של שתי החברות נקבעה עם מיוזג החברות בזמ"ל ועסק החלמת הועדה המשותפת למטרות טובן בלעדי בארץ.

למיותר לציין את איכותו של הציוד המיוצר במפעלי הוברה בשווייצריה, הידועים בזיקנות ואמינות.

להברתנו מלאי קבוע, ספרות טכנית, ערות וייעוץ מקצועי עדי מהנדסים ואנשי מקצוע לכל דורש.

חברת SPRECHER+SCHUH הינה מהמובילות בתחום החשמל בנשאים:

1. הגנות מנטע אלקטרוניות בדיק ללא מתחרים.
2. מפסיקי פקט וחנתקים בעומס עד 150A, בכל הדגמים, בכל היחידים, כולל ייצור מפסיקים מיוחדים לפי הזמנת הלקוח.
3. התקני פיקוד מ"מ עד 30 מ"מ, בכל הדגמים.
4. מהוקים ללוחות חשמל באיכות מיוחדת.
5. מתנעים אוטומטיים להגנות מנועים בעלי כושר יתוק עד 100KA.



עמית



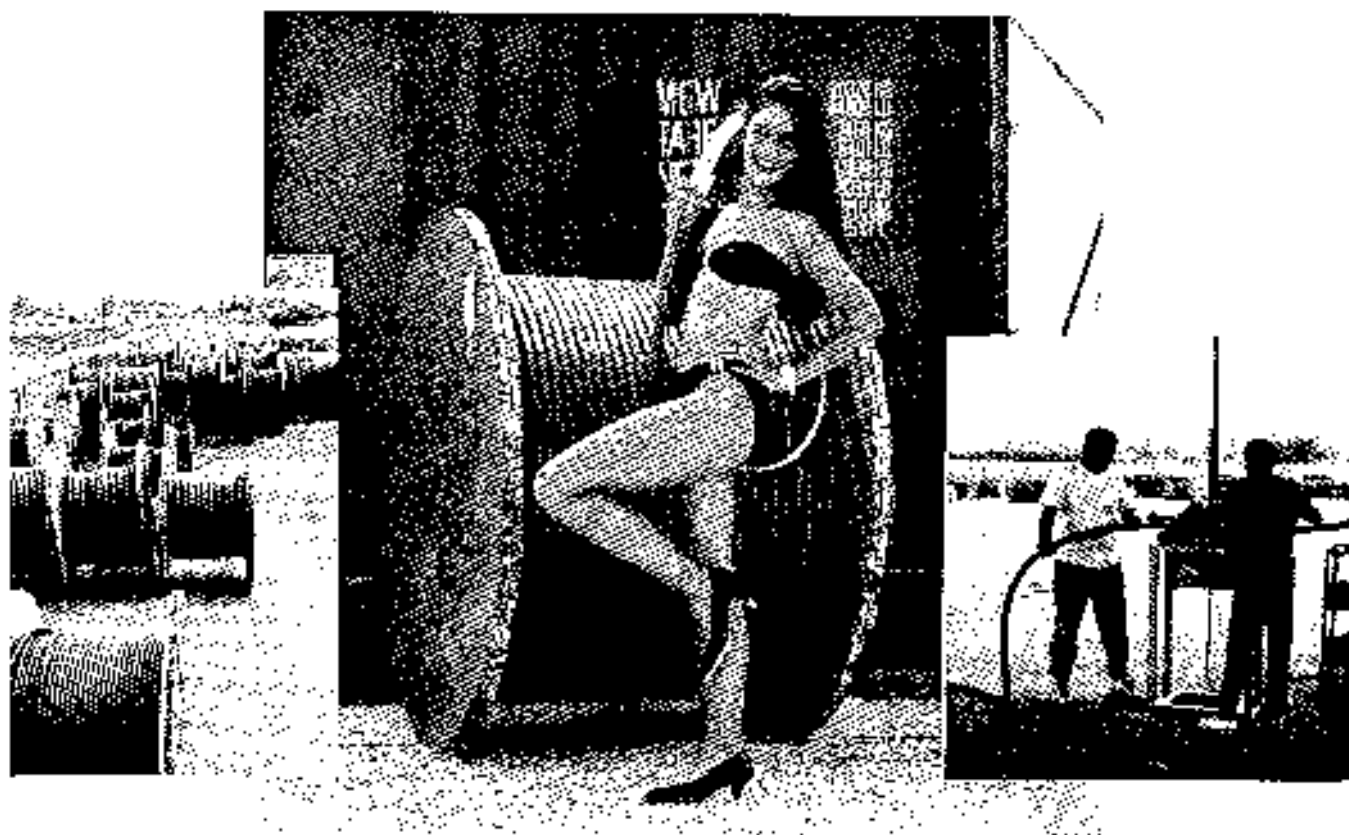
לשיווק נוסף סנין 48/76

ב
ט
מ

אר-כה

הכבל המקשר ביננו

- ★ אספקת כבלי חשמל ותקשורת מהמלאי
- ★ במלאי כבלים מסוגים: XLPE, NAYY, NYY, תילי אוויר מבודדים, נחושת גלוייה
- ★ חינוך לפי דרישת הלקוח



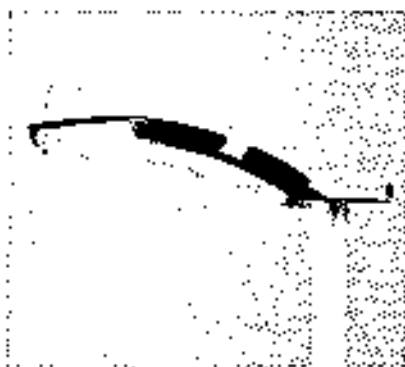
- ★ ייעוץ טכני להתאמת כבלים
- ★ לקבלת סרגל חישוב לנתוני הכבלים – (NAYY, XLPE, NYY, תא"מ), פנה למחלקת המכירות

סניף פתח תקוה:

מחסן כבלים, דרך הוד חשרון (מול כפר הבפטיסטים), טל. 03-9347101-2, פקס: 03-9347103

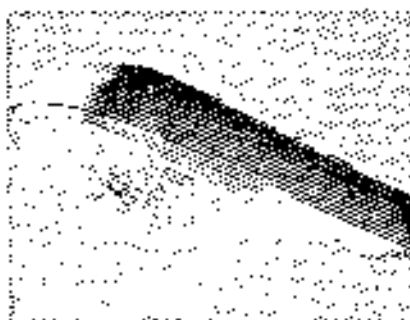


מוצרי מיתוג ותאורה



מוצרי תאורה

- ★ עמודי תאורה
- ★ פנסי רחוב, שטח



- ★ תאורת פנים, חוץ ותאורת תצפה
- ★ תאורה חסכונית PL
- ★ תאורת חרום



מוצרי מיתוג

- ★ מוצרי בקליט ומפסקים
- אלקטרו הספקה
- צינור
- דיג
- גויס



מוצרי מיתוג מהיצרנים המובילים

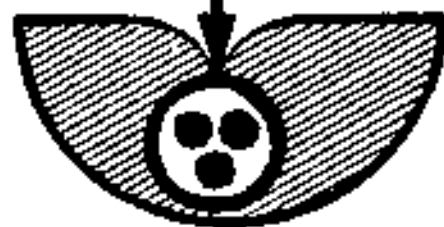
- B.B.C.
- SIEMENS
- מרלן גירן
- AEG



פרסום איל בנים - חיפה

משרד ראשי: רח' וולפסון 66 ת"א 66042, ת.ד. 35202 ת"א 61351, טל. 03-382327 (9 קווים), פקס: 03-374903

בדיקת כבל

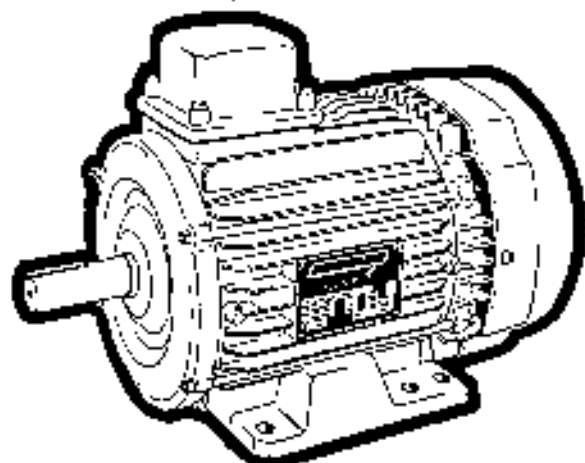


**בדיקת כבלים
קביעת מקומם בשטח
אתור מקום התקלה**

דטא - רח' עוזיאל 48 רמת גן
טל': 5714698, 03-779775
טל' בית: 03-740513

למידע נוסף סמן 49/28

**ליפוף ותיקון מנועי חשמל
ושירותי איזון דינמי**



■ יסוד המפרק כולנו עם היילוקס
■ (A.C.) סגל הדינמי



■ לייפוף ותיקון מנועי חשמל
■ לייפוף ותיקון מנועי חשמל

אלקטרומכניקה



(1984) ת.ש.מ.נ.ח.
רח' גאול (פיקוד חיל 2)
[גשר פז] חיפה ת.ל. 2636 חיפה,
טל. 04-644238, בקס. 678702

למידע נוסף סמן 49/27

Z.L. SYSTEMS LTD.

צ.ל. מערכות בע"מ

IMPEX ST-D 70 E - GERMANY

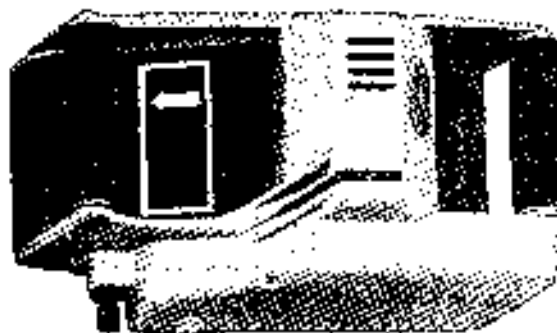
מכונת הידעום והחיתוך דו-מחזורית לשימוש
בליחור הבנים



מכונת הידעום ST-D70E היא מוצר חדש מבית
IMPEX, הבא לענף על בעיות הידעום והחיתוך
בחומרים קשים, כגון: בטון מזוין, גרזים, אספלט, רעפים
ועוד. מכשיר זה מבוסס על הידעום הנסיק הריב והרמה
הטובות הגבוהה שנוצרות במפעל IMPEX.

IMPEX ST-67 - GERMANY

מכונת הידעום והחיתוך דו-מחזורית לשימוש



מכונת הידעום והחיתוך IMPEX-ST-67 בעלת
חוקר רב ואמינות מוכחת באחרי הבניה מהה שנים.

המכשיר ניתן לשימוש על קירות מבלוק לחץ יעיל
ביותר על חומרים רכים כגון: איטונג, נכס, סליקס וכד.

רח' כורזין 5, מרכז המלאכה גבעתיים, ת.ד. 873 מיקוד 53108
טל': 03-5715005, טלפקס: 03-5711073

למידע נוסף סמן 49/24

יש דברים שאינך יכול לוותר עליהם כשמדובר בחיי אדם!

הפתרון למניעת השבתת הזינה בעת תקלה:

* שנאים מבדלים המיוחדים לאתרים רפואיים

* משגוחי בידוד

* מגבילי זרם התנעה לשנאים

* ממסרי תת מתח בקווי הזינה

* התקני מיתוג להחלפת קווי הזינה

* ממסרי עומס יתר - הספק / טמפרטורה

* בתי מחבר להשוואת פוטנציאלים

* כל הציוד שלנו מתאים לתקנות החזרות

ציוד **BENDER** + יעוץ **elicos** = השילוב הנכון

לאתרים רפואיים

elicos

אליפ יעוץ ושוקק בע"מ

רח' צה"ל 98, ת.ד. 994 קיראון 55109, טל. 03-343506, פקס. 03-340776

Striebel & John

הורדי בע"מ סוכנויות ייבוא

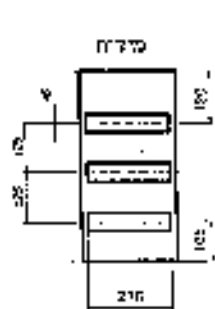


DIN 43071



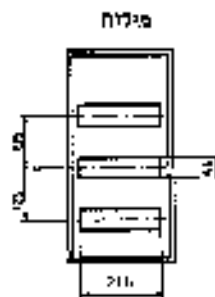
VDE 0803

לוחות מנתקים מודולרים תקינים



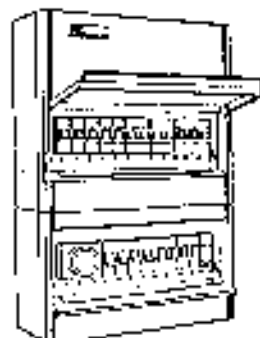
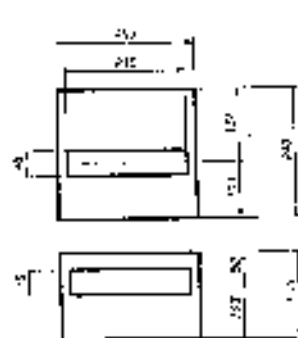
12 AK13	24 AK20	36 AK30	48 AK40
225	350	495	620

- לוחונים עה"ט דגם AK
- * בגדלים 1 שורה עד 4 שורות
 - * 12 מנתקים בשורה
 - * אפשרות לדלת בולטת



12 A 210	24 A 220	36 A 230	48 A 240
265	390	515	640

- לוחונים עה"ט דגם A 200
- * בגדלים 1 שורה עד 4 שורות
 - * 12 מנתקים בשורה
 - * דלת פח שקועה



- לוחונים עה"ט דגם Ai-10
- * 12 מנתקים בשורה
 - * דלתות שקופה עם אפשרות למנעול
 - * אפשרות חבור אפסים למכשירי פחת רכים
 - * אפשרות לצורך יחידות מספות
 - * במתקנים קיימים לאחר סיום העבודות

לוחונים תה"ט דגם AK מ-8 ועד 60 מנתקים

הורדי בע"מ סוכנויות ייבוא

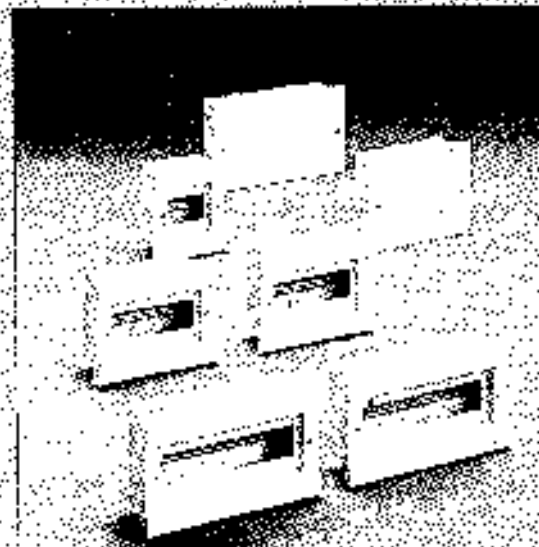
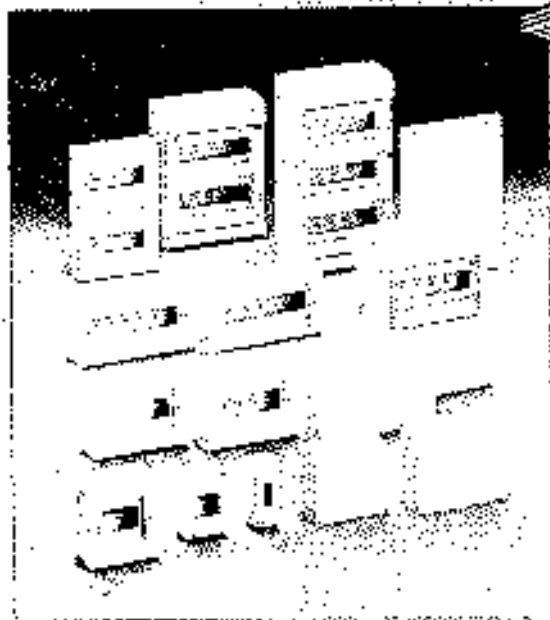
רח' סלמה 136, תל אביב 66032. טל. 383518, 03-379268. פקס. 382691

מ. אורבך חמ"ל תשפ"ג בע"מ

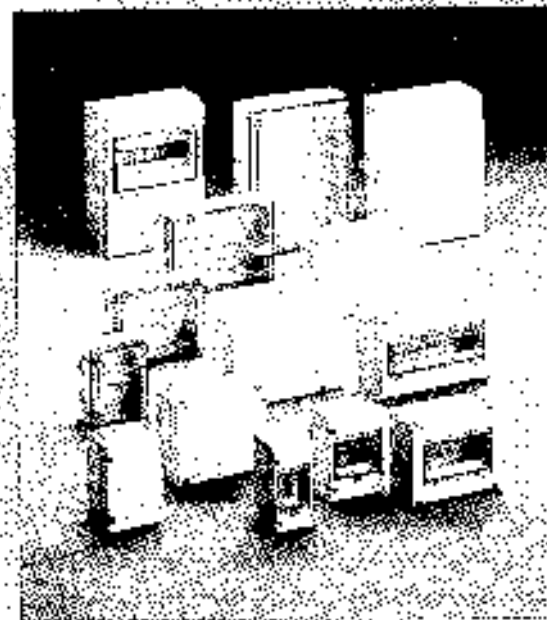
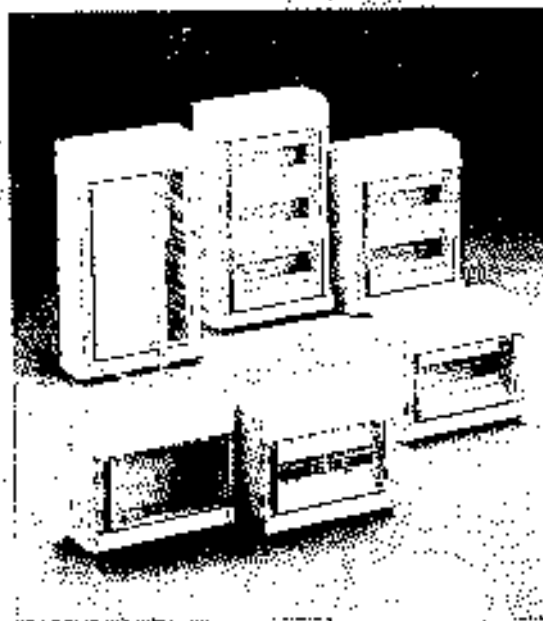
רחוב האומות 18 חדר 33264 ♦ תל אביב 04-522436 ♦ פקס 04-517301



SCAME



SCAP



מדרשת רופן



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

קורסי חשמל ואלקטרוניקה

חקורסים נערכים במיקום ובשיתוף משרד העבודה

הכשרת אלקטרונאי

במשך 5 חודשים 4 ימים בשבוע

חשמל מעשי

במשך 5 חודשים 3 ימים בשבוע

מיכשור במערכות בקה

במשך 2 חודשים 2 ימים בשבוע

חשמל מוסמך

במשך 8 חודשים 4 ימים בשבוע

בקרים מתוכנתים

במשך 3 חודשים 2 ימים בשבוע

חשמל ראשי

במשך 5 חודשים 3 ימים בשבוע

קירור ומיזוג אויר

במשך 6 חודשים 2 ימים בשבוע

חשמל מתח גבוה

במשך 3 חודשים 2 ימים בשבוע

מסלול קצר חשמל מוסמך להנדסאים וטכנאים

במשך 7 חודשים בימי המישי ושישי
יום המישי משעה 14.00 ועד 20.30
ביום שישי עד 11.30

אלקטרוניקה תעשיתית

במשך 3 חודשים 2 ימים בשבוע

* נותרו עדיין מספר מקומות.

פרטים והרשמה: המרכז להכשרה מקצועית

☎ 053-685131 שלוחות 33/34



מירב הדרכה

ימי עיון
קורסים
סדנאות

ספיר - חשמלאי תעשייה ואחזקה - תדריסים והתפתחויות

5 מפגשים שבועיים בימי ב', החל מ-23.12.91, בת"א, ניהול מקצועי: אינג' יקי גורדון

החידושים בחחום תעסל בתעשייה ובאחזקה הפך בזמנים אלו, כאשר הטכנולוגיה מתחדשת מדי יום כאמ, לסקצונג אשר תרע ירע ועיולכין סחמיר, ירע בחידושים בחחום החשמל כתעשייה ובאחזקה חורט בצורה סעסמטחח ליעול היצור, לחיסכון ולטניעח חקלוח בענכורה העוטפת בספטל ובאחזקת סיתקנים בסכני ציבור ותעשייה.

בתוכנית:

- איחול זסניסת תקלות בסערכות חשמל,
- לכניקה על לוחח חשמל,
- שיטות מניה לחשמל,
- חאורה,
- סכעירי סרירה,
- בקרה ססומשכבת לסערכות תעסל,
- סכני חשמל,
- ניהול צוחח עכדיע.
- מיזוג אויר,
- הענה לעיוני מהידוח כמעטי חשמל,
- גקרים מחוכמים,
- נעשי קירבה,
- דודי קיסור, פיקוד ובקרה
- משאכונ,
- הספקת חשמל ועירופיח.

מספר המקומות מוגבל

מחיר הסמינר 1400 ש"ח + מע"מ

קדם - מנהלי אחזקה

5 מפגשים שבועיים בימי ב', החל מ-27.1.92, בת"א, ניהול מקצועי: אינג' יקי גורדון

אחזקה בראעשיה ומרחחים בצורה יעילה וסקצועיח הפך בזמנים אלו כאשר הטכנולוגיה מתחדשת מדי יום ביומ לסקצונג אשר יורוט ירע ועדכון סחמיד הן בחידושים והן הוויטות הניאלי והבקרה על האחזקה ביצוע וניהול זכון על האחזקה חורט בצורה סעסמטחח לחיסכון וליעול היצור והענכורה העוטפת בספטל או בארטון.

בתוכנית:

- ניהול אחזקה
- ניהול צוחח עכדיים
- אכירי הענה
- טיפול סונג
- פנאוסליקה
- איחור תקלות
- הידראוליקה
- צביעה תעשייחית
- שיכון
- ניהושוב נ'אחזקה
- סרירה ובקרה
- איורוד וסינוג אויר
- משאכוח ושאיכה
- כידוד
- הריטה
- אייר דחוס
- תינטול עכדיים
- דלק ודודי קיחור
- טיפול במים
- אלסים
- כלומה אענעים
- תחוקת סיכנים

מספר המקומות בקורס מוגבל

מחיר הקורס 2300 ש"ח + מע"מ

סוף שבוע זוני לודעמים עד 26.12.91, המותנה בפתיחת הקורס וגמר החשלוס עבורו.

מועדון לעוסקים בחחום החשמל בתעשייה וערוותים

פורזס המועדון יתכנס אחת לחודעג ביום ב' הראשון בכל חודעג פגיעה ראשונה - יום ב' 6.1.92, מלון עדרתון תל-אביב

פרטים ווספים והרעמה: **מירב הדרכה** (1990) בע"מ

תועשיה 6 תל-אביב 67218, טל' 03-5621254, 03-5619788, פקס' 03-5621255

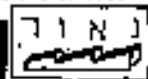
**יצור אספקה והתקנה של
סולמות כבלים לתעשייה**



פרסום אלי בע"מ - חיפה

אנו מציעים:

1. פתרון לכל תנאי - סוגם כבלים מרובי
 2. משקל וזמן של מידות וכפיות שימות
 3. חוזק חיכוך מונאם לעומסים עד 200 ק"ג למ"ר
 4. ציפוי אבץ הם כל חלקי או צבע לפי דרישה.
- אחריות 10 שנים לציפוי. אספקה מהירה
כלי עבודה נטף יחסינות קטלים ומריון נא לשנות למספר 03



נאור בע"מ
קבלני חשמל לתעשייה

מפ"ר חיפה, רח' חלוצי התעשייה 79, ת.ד. 10258
טל. 04-411142, 04-414834, פקס. 414628

למידע נוסף חתן 49/31



מערכות מיגון אש
(שריט 1988) בע"מ

**מערכות פסיביות למניעת
התפשטות אש ועשן**

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

FLAMMASTIK®
KBS System



רח' העמל 10, ת.ד. 208 אזור התעשייה אר-יהודה 60251
טל. 716473, 717016, 03-347214
פקסימיליה 03-5339285

למידע נוסף חתן 48/30

הזמנת מודעות
ל"התקע המצדיע" מס' 50



פרסום אלי בע"מ

ת.ד. 4505 חיפה - 31044
טל. 04*667534
079, 04*678043 EXT 9527

* ניתן למסור הנחיות בלבד, ואנו נעצב ונבצע את מודעותיכם לשיעור רצונכם המלאה.

למידע נוסף חתן 49/32

אינג' פאול שפר

א. ועדת ההוראות לביצוע עבודות חשמל

עם הופעת קובץ התקנות מסי 5375 מ-1 באוגוסט 1991 אפשר, סוף סוף, לברך על המוגמר באשר לשלוש תקנות חשובות ביותר. בקובץ זה מורסמו:

1. תקנות החשמל (הארקות ואמצעי הגנה בפני חימום) במתח עד 1,000 וולט, התשנ"א-1991.
 2. תקנות החשמל (מיתקני חשמל בחצרים חקלאיים) במתח עד 1,000 וולט, התשנ"א-1991.
 3. תקנות החשמל (התקנת לוחות במתח עד 1,000 וולט), התשנ"א-1991.
- תוכן התקנות נסקר והוסבר בזמנו ב"התקע המצדיע" מסי 44 וב"התקע המצדיע" מסי 45. עתה נשאר לחשמלאי רק לרכוש את קובץ התקנות מסי 5375 ולהתחיל לעבוד בהתאם לתקנות החדשות.
- בתקנות מסי (1) ו-(3) דלעיל, שהן עידכון של תקנות קיימות, יש "הוראת מעבר" הקובעת שעל אף מועד תחולתן המחייב של התקנות, שהוא שישה חודשים מתאריך פירסומן, **מוותר** כבר מעכשיו לעבוד לפי הדרישות שבתקנות החדשות בלבד.
- תקנות החשמל (חצרים חקלאיים) מכסות שטח חדש לגמרי ולכן טוב יעשו אם בחצרים אלה יתכננו ויבצעו את המיתקנים בהתאם לתקנות כבר מעכשיו, אף כי מועד תחולתן המחייב חל שנה מיום פירסומן, דהיינו ב-1 באוגוסט 1992.

דהיינו: נוונים אחידים (חום בלבד) לכל המופעים ונוון תכלת (כחול בהיר) למוליך האפס.

■ בעיית החיוצים המבדדים (טבעות מחומר בידוד) שמכניסים לצנרת מים מתכתית, דבר המפסיק את יעילות הצנרת כאלקטרודת הארקה, ומסכן בכך את ההארקה הקיימת במרבית המבנים בארץ.

■ תיקון (תוספת) לתקנות רשת על מנת לאפשר את השימוש בתיילים אוויריים מבודדים - תאים (Aerial Bundled Conductors), וזאת לאחר שחברת החשמל ניסתה, בהצלחה רבה, את השימוש בצורות מוליכים אלה.

נשמח אם קוראי שורות אלה, שיש להם דעה או ניסיון בנושאים המוזכרים, יואילו לכתוב לנו את דעתם וייהפכו בכך ל"שותפים" להכנת התקנות.

3. תקנות חצרים חקלאיים

- בתקנה 3 (א) (1) ב' יש להוסיף 4, בין המילים "כאשר" ו"הוא".
- בתקנה 19 יש לבטל את המילה "שינוי" שבכותרת התקנה.

תקנות החשמל (מעגלים סופיים)

הוועדה סיימה את דיוניה בשינויים בתקנות החשמל (מעגלים סופיים) והן יעברו לעריכה משפטית לפני הפירסום. על מרגת השינויים הדנים בהקלה ניכרת בהתקנת מיתקן חשמל בחדרי אמבטיה נדון ב"התקע המצדיע" הבא, לאחר סיום העריכה המשפטית.

כן מטפלת הוועדה עכשיו במספר נושאים נוספים שהובאו לפניו והם:

- שינוי מוצע בנווני ההיכר של מוליכים מבודדים. הדרישה היא להתאים את המתח אצלנו לתקינה הבינלאומית,

לצערנו, נפלו בעת ההדפסה, אצל המדפיס הממשלתי, מספר טעויות דפוס שמרביתן פגמי יופי או לשון, אך יש כמה טעויות העלולות לשבש את תוכנו. מי שמשיג את חוברת התקנות מתבקש להכניס מיד את התיקונים דלהלן, אשר עליהם אומנם הודענו למדפיס מיד עם הופעת החוברת, אך יעבור זמן עד להוצאת התיקון הרשמי.

ואלה התיקונים:

1. תקנות הארקות ואמצעי הגנה...

- בתקנה 15 א' יש להוסיף פסיק אחרי המילים "למים חמים".
- בתקנה 28 יש לשים את המילים "...כמוליך הארקה..." בין שני פסיקים.

2. תקנות לוחות

- בתקנה 18 יש לכתוב 17.5 מ"מ ולא 17.5 ס"מ.

ב. ועדת הפירושים

שחייבים לחבר ביניהן על ידי תיל חשוף, טמון באדמה:

תשובת הוועדה

תקנה 23 של תקנות החשמל (הארקות ואמצעי הגנה בפני חימום) התשנ"א-1991 דורשת, ש"מוליך הארקה יוגן כראוי בכל מקום שבו קיימת סכנת פגיעה מכנית".

על מנת לענות לדרישה הנ"ל, ניתן:

- להשתמש בצינור כהגנה מכנית כשטיב הצינור (פלסטי, ברזל וכ"ו) ואופן התקנתו

תיילי הארקה

בעיה א'

בהארקת הגנה של מיתקן קיים ישנן שתי אלקטרודות הארקה, שהמרחק ביניהן הוא כ-3 מטרים והשטח ביניהן מכוסה אספלט. האם אפשר לחבר ביניהן בתיל מבודד, מושתל בצינור המונח מעל פני השטח, או

פ' שפר - יזיר ועדת ההוראות ועדת הפירושים שליד משרד האנרגיה והתשתית

מיתקן חשמלי לתנור חימום ולמכונת כביסה כמוצע באותו התרשים. האם ההתקנה תואמת את דרישות התקנתו

תשובת הוועדה

החיבור המוצע של תנור החימום הוא בהתאם לנדרש בתקנה 34 של תקנות החשמל (מעגלים סופיים). מותר גם לצייד את התנור במפסק נוסף המופעל על ידי תיל משיכה מחוסר מבדד (ראה תקנה 19).

לגבי מכונת הכביסה ועדת הפירושים גורסת, שקיר ההפרדה, המצויר בתרשים שבאיור 1, יוצר למעשה חלל נפרד מחדר האמבטיה (בתנאי שהוא מתרוסם עד לתיקרה או עד לגובה של 2.25 מ' לפחות). לכן אין צורך בסידור המוצע ומוותר להתקין בית תקע במקום הצינור הריק. הגנת בית התקע בפני רטיבות תתאים למקום ההתקנה (הימצאות או העדר שיש, או אריחים על הקיר).

מפסק ביטחון ליד דוד שמש

הבעיה

בבתים בעלי גג משופע, עם ציפוי רעפים, אין אפשרות להכין חומשי על הגג. כשמותקן על גג כזה דוד שמש הרי מיוותר להתקין מפסק ליד הדוד כנדרש בתקנה 50 (ב) של תקנות החשמל (מעגלים סופיים).

תשובת הוועדה

כשם שהתקינו את הדוד על הגג המשופע, יצטרכו גם להציע אליו להחלמתו בעת קלקול או לתחוקתו בעת הצורך. לכן אין כל

הצפעת מתח על הדקי התקע של הפתיל המזין את המאדה של היחידה המושבתת שכחדר אחר.

איך אפשר למנוע סכנה זו?

תשובת הוועדה

אם המפסק המחלף הוא מדגם של "הפסקה לפני חיבור" ועומד בתקן המתאים, הרי שהסכנה הנזכרת לא קיימת, אלא אם קיים הרס מוחלט של המפסק בצורה שנשאר מתח על המעגלים היימתיים, דבר שקשה להגות. אם בכל זאת מבקשים הגנה מוחלטת יותר, כשהחיבורים בחדרים הם באמצעות תקע ובית תקע רגיל, אזי רצוי להתקין מפסק מגן על שני המעגלים המזינים את שתי היחידות.

מפסק זה יכול להיות בלעדי לכל מעגל, או משותף לשניהם. בנוסף לאמור לעיל, יש לפעול בהתאם לדרישות של תקנה 8 של תקנות החשמל (מעגלים סופיים) הדרושת. ייזון מכשיר חשמלי ממעגלים סופיים אחרים, ירוכזו אמצעי הניתוק למעגלים אלה בלוח משותף, בקרבת המכשיר ובקרבת אמצעי הניתוק של מעגלי הזינה ייקבעו שלטי אזהרה ברורים, שלטים כאמור אינם דרושים כאשר מותקן מפסק משותף לכל המעגלים, המסתק אתם בו זמנית.

מכונת כביסה ותנור חימום בחדר אמבטיה

הבעיה

בבתים מתועשים יש להכין מראש את סידורי החשמל בחדר אמבטיה, שייבנה בצורה המתוארת באיור 1, מבקשים להכין

להטמנת תיל באדמה יש היתרון של ניצול התיל האופקי באדמה כתוספת לאלקטרודות האנכיות.

החתך הדרוש של תיל ההארקה יתאים לנאמר בתקנה 25 (א), "מוליך ההארקה וחיוקו יתאימו מבחינה אלקטרודינמית ותרמית לעוצמת זרם הקצר המירבי הצפוי לעבור דרכו מבלי לגרום לו נזק ומבלי לסכן את הסביבה." דהיינו, יש להתחשב בנוהל המיתקן, בקרבתו לטרנספורמטור המזין אותו ובחתיכי המוליכים בין המיתקן לטרנספורמטור.

בעיה ב'

במיתקן קיים יש תיל הארקה מנוחשת בחתך 10 מ"מ, המחבר בין האלקטרודות בינן לבין עצמן, ומהאלקטרודות לפס השוואת הפוטנציאלים בלוח הראשי.

האם מספיק להוסיף לתיל זה תיל נוסף של 16 מ"מ או שיש להחליפו בתיל של 25 מ"מ?

תשובת הוועדה

מהצגת הבעיה אפשר להבין שהמיתקן הוא ישן. אין בו הארקות יסוד ולכן החיבור הראשי של ההארקה אל פס השוואת הפוטנציאלים לא חייב להיות בהתאם לתקנה 9 (א) של תקנות החשמל (הארקות יסוד).

המוליך, שחלקו נמצא, כנראה, באדמה (בין האלקטרודות) חייב איפוא להתאים לתקנה 25 של תקנות החשמל (הארקות) ואמצעי הגנה נגד חישמול וחתכו המוערי יהיה 25 מ"מ. מאחר שערך זה נקבע גם משיקולים של חוק מכני ועמידה בשיתוך (ראה תקנה 22), הרי ברור שתוספת של מוליך בחתך של 16 מ"מ אינה עונה על הדרישות.

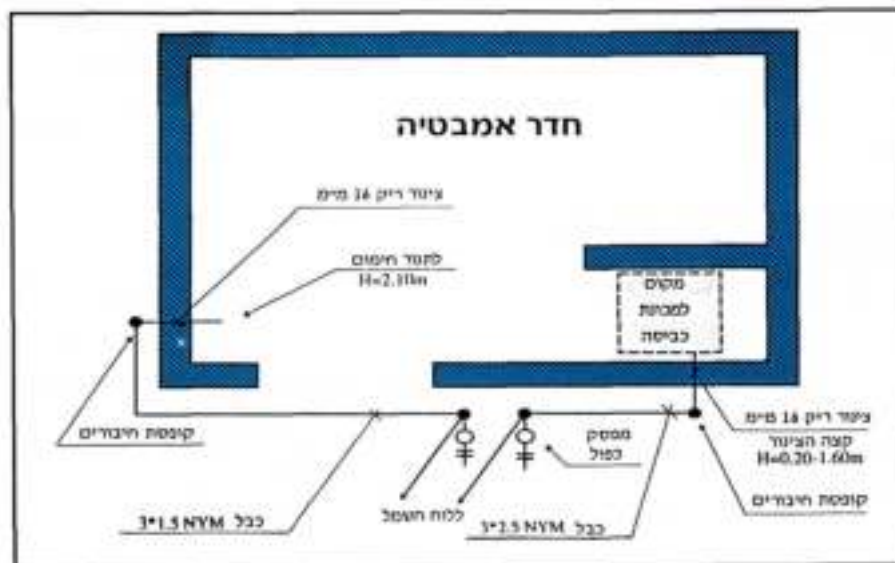
מזגנים מפוצלים רב־מאדים

הבעיה

מזגנים מפוצלים, בעלי מאדה (Evaporator) אחד (יחידת מדחס אחת בחוץ ויחידת מאדה אחת בפנים) חייבים להתאים לדרישות התקן הישראלי 994.

אין תקן לגבי מזגנים רב־מאדים, אשר להם מספר משותף לשתי יחידות מדחסים בחוץ (שהם במעטה משותף) ולשתי יחידות של מאדים בפנים (שהם בחדרים שונים). הם בנויים כך שלכל יחידה יש מעגל סופי משלה, אך המפוח מקבל הזנה דרך מפסקי מחלף הזנה מהיחידה שנכנסת ראשונה למעלה.

בשעת תקלה במפסק מחלף, כשיחידה אחת עובדת והשנייה מושבתת, קיימת סכנת



איור 1 תרשים סידורי החשמל בחדר אמבטיה בבית מתועש

אפשרות לותר על המפקס הנדרש "צמוד לקונסטרוקציה שעלית נמצא הדוד".

מיתקן המאור בחדר המדרגות

הבעיה

הלך לו חשמלאי והתקין בחדר מדרגות של בית רב דירתי (שש דירות) מיתקן לתאורת חדר המדרגות המופעל על ידי מפקס ורם אחד בלבד, בכניסת הבית.

מטור ההפעלה האפשרי היה, איפוא, חיבור ידני בערב, ממקום התקנת המפקס וניתוקו הידני בבוקר באותו מקום.

להצדקת פעולתו זו טען החשמלאי כי תקנת החשמל (מעגלים סופיים) קובעות בתקנת משנה 18 (ה).

"קיים במבנה מיתקן לתאורת חדר המדרגות המופעל על ידי לחיצים, יותקן לחץ כזה בכל דירה שחדר המדרגות משרת אתה".

מועל יוצא מקביעה מותנית זו הוא, לדעת החשמלאי, שאם לא התקין לחיצים בחדר המדרגות, אין גם צורך בלחיצים בדירות.

תשובת הוועדה

עד הנה דעתו של החשמלאי נכונה ואין כאן הפרה של תקנות חוק החשמל. אך שכח מיוזעו הנכבד, כי קיים גם חוק התיכונן והבנייה, אשר קובע בתקנות במסגרת החוק (סימן ה': איוור ותאורה בחדר מדרגות – קובץ תקנות 2581 – התש"ל 8.7.1970) תקנה 3.63 כדלהלן:

"א) בכל קומה של חדר המדרגות תותקן תאורה מלאכותית לשימוש בשעות החשיכה.

ב) ההפעלת תאורה מלאכותית כאמור יותקנו מתגים במרחק שאינו עולה על 1.5 מטר מהכניסה לחדר המדרגות ולכל דירה בבניין.

ג) בכל דירה יותקנו מתגים להפעלת תאורה מלאכותית בחדר המדרגות.

ד) בכל המרפסות של דירה הנמצאת בגובה עד 4 מטרים מפני הקרקע או מפני מפלס הכניסה הקובעת לבניין תותקן תאורה מלאכותית שתופעל על ידי מתגים הנמצאים בדירה."

כשם שיש לקיים הוראה (ד) ביחד עם תקנת משנה 11 (ז) של תקנות מעגלים סופיים, האוסרת "בכל מרפסת ששטחה עולה על 2 מ"ר יהיו לפחות נקודת מאור אחת ובית תקע אחד", כך יש לקרוא גם תקנת 3.63 (א) (ב) ו-(ג) של חוק תיכונן ובנייה ביחד עם תקנה 18 (ה) של תקנות מעגלים סופיים.

שניהם יחד חלים על מתקן ו/או מתקן המיתקן, ומי שלא פעל בהתאם לא יצא ידי חובתו החוקית.

הכשרה והשתלמות לחשמלאים עולים חדשים

יש לציין כי ישנם דגש מיוחד על הקניית נושאי התקנות וההארכת, כולל כל אמצעי ההגנה נגד חישמול, עליהם התקיים בחינה בנפרד.

חשמלאים שאינם מהנדסים יקבלו רישיון ברמתם על פי התקנות, על סמך הוותק, ההשכלה ותועדת הגמר של הקורס הנ"ל.

חשמלאים שהם מהנדסי חשמל יעברו השתלמות, או לחילופין, יעמדו בחינה בנושא מתח גבוה על פי תוכנית הלימודים של האגף.

מהנדס חשמל אשר רשום בפינקס מהנדסים כמהנדס לזרם חזק, וכידו תעודות השתלמות ואישורי ותק כנדרש, יעמוד בפני ועדת בחינות אשר תעניק לו רישיון בהתאם.

הכשרה מקצועית לעולים חדשים אינה כרוכה בתשלום שכר לימוד בשלוש השנים הראשונות לעלייתם ארצה.

עולה חדש בשנה ראשונה זכאי לדמי קיום בהתאם למצבו המשפחתי ולזכאותו האישית ממשרד הקליטה. משנה שנייה, יהיה זכאי לדמי אבטלה מהביטוח הלאומי או הבטחת הכנסה על פי זכאות אישית. ההכשרה המקצועית נערכת במוסדות בפקוח האגף, במשך שמונה שעות ביום לאחר סיום האולפן או 1/3 לימודי העשרה.

לגבי המסגרות לעידכון טכנולוגי של בעלי תעודות בענף, ניתן לקבל פרטים ספציפיים במשרדנו במחוזות.

רישום טכנאים והנדסאי חשמל נסך **ביחידה לרישום**, דרך מתח תקווה 86, ת"ד 36049, תל אביב סיקוד 67238 טלפון: 03-3465443, 03-3561443.

רישום מהנדסים בפינקס מהנדסים מתקיים בכתובת הנ"ל, ת"ד 20101, תל אביב.

נשמח לעמוד לרשות העולים החדשים ולתת להם את כל המידע המקצועי.

דוד תרזה

מפקח ארצי לחשמל ואלקטרוניקה, האגף להכשרה ולפיתוח כוח אדם, משרד העבודה והרווחה

המנדט של האגף להכשרה ולפיתוח כוח אדם במשרד העבודה והרווחה הוא לשמש ירוע ממלכתית להכשרת כוח אדם מקצועי וטכנולוגי למשק בישראל.

האגף מפעיל, כפועל יוצא מן המנדט שניתן לו, מסגרת הכשרה והשתלמות מקצועית וכן מערכת לימודית בכיוון עידכון טכנולוגי והעשרה. המטרה היא לשלב את העולים החדשים במהירות האפשרית בפעילות המשק.

העולים המגיעים ארצה מחויקים בתעודות מקצועיות שונות ומשונות. רוב התעודות אומנם מצביעות על רמה מקצועית, אך מתייחסות להתמחויות ספציפיות.

המימוש הראשון של העולה עם המערכת הביורוקרטית שלטו נעשה על ידי הפנייתו ליחידה לחשמל ואלקטרוניקה כדי לקבל רישוי חשמל מתאים. היחידה, בתהליך זריז, מפקדת לפונה רישיון חשמלאי כלשהו, המאפשר לו להירשם כדורש עבודה בענף. במקביל, העולה מופנה לקורס לעידכון טכנולוגי.

קורסים לעידכון טכנולוגי לחשמלאים מתקיימים בארבעת המחוזות של משרד העבודה, ותוכניות הלימודים לקורסים אלו בניית בשלוש רמות:

- הרמה הנמוכה מיועדת לקבוצת החשמלאים אשר עבדו בארץ מולדתם ברמה של חשמלאי מעשי.
 - הרמה הבינונית מיועדת לאותם עולים אשר עבדו בארץ מוצאם ברמה של חשמלאי מוסמך.
 - תוכנית הלימודים ברמה הגבוהה מיועדת לחשמלאים שהם בעלי השכלה וניסיון של חשמלאי ראשי ומעלה, כלומר טכנאי, הנדסאי או מהנדס.
- תוכניות הלימודים מטפלות למעשה בתכנים סביב שני נושאים עיקריים:
- תקן, תקינה וחוקי החשמל בישראל, כולל מערכות הנגה.
 - נושאים מודרניים בפיקוד, כגון: בקרים מתוכנתים ומערכות פיקוד והנגה מורכבות.
- בסוף הקורס לעידכון טכנולוגי מתקיימת בחינה ומענקת תעודת נמר לאלה שעמדו בבחינה בהצלחה.

השיקולים בתיכנון מיתקני החשמל באתרים רפואיים

אינג'י אורי כהן

מאמר זה מבוסס על הצעת תקנות למיתקני חשמל באתרים רפואיים כפי שסוכמה בוועדת ההוראות. הצעת התקנות נמצאת בזמן כתיבת שורות אלה בהליכי עריכה לשונית ומשפטית, ולכן ייתכנו שינויים לא משמעותיים בניסוח התקנות.

מבוא

נוף האדם הוא היימכונה המורכבת ביותר וגם הרגישה ביותר הקיימת בעולמנו. כתוצאה מההתקדמות הטכנולוגית אנו מעמיקים להבין את צפונותיו. מיכשור חשמלי-רפואי רב, חדש ומתוחכם משמש כיום את הצוות הרפואי במאמציו להבריאה חולים שבעבר הלא רחוק לא ניתן היה לסייע להם. השימוש במיכשור יקר זה – לאיבחון, ריפוי והחיאה – מתרחב והולך כיום לא רק בחדרי ניתוח וטיפול נמרץ, אלא גם במחלקות ובחדרי החולים, ובמיוחד במרפאות טיפוליות של רופאים ובמרכזים רפואיים פרטיים.

הטיפול המסור, התרופות והמיכשור – יקרים ככל שיהיו – לא יסייעו לחולה כאשר זינת החשמל קורסת כתוצאה מליקוי הנוצר במערכת/במכשיר או מנתק במיתקן החשמל. מכשיר תומך חיים המפסיק לפעול לפעול מחשמל או שתיפקודו משתבש כתוצאה מהפרעה או ליקוי, עלול לגרום לעיתים נזק בלתי הפיך לחולה.

חשוב לזכור, שנוק בלתי הפיך ולעיתים עד כדי נכות או שיתוק) כתוצאה מתקלה בעת טיפול עלול לגרום הרבה יותר סבל לחולה ולמשפחתו, אפילו במקרה מצער המסתיים במוות, ולעלויות הגבוהות למערכת הבריאות המשתמשת סך.

גורמי הסיכון למטופל

רגישותו של חולה גבוהה. עצם המחלה, ההרדמה, התרופות והחדירה לרקמות עדינות מקטינות את התנגדות הנוף למעבר זרם חשמלי דרכו, עד כדי כך, שבקרבת הלב עלול זרם מיוערי של עשרות מיקרואמפר להוות סיכון לחולה. זהו זרם הקטן פי 1,000 מסף הסיכון המוכר לנו מחיי יום יום.

הפסקת הזינה למיכשור תומך חיים נחשבת לגורם הסיכון הגבוה ביותר ולשכיח ביותר. מיכשור כזה משמש בחדרי ניתוח (מכל הסוגים), חדרי טיפול נמרץ והתאוששות, פניה, דיאליזה

ודומיהם. הסיבות להפסקת הזינה מקורן, לרוב, בהפסקת אספקת החשמל או כתוצאה מתקלה מקומית, כגון קצר.

ככלל, כל טיפול הדורש חדירה לנוף, ובמיוחד כשהדבר מלווה בהרדמה, מהווה סיכון ומשבש את תיפקודן הסדיר של מערכות הנוף. לכן נמנעים, עד כמה שניתן, מהצורך לחזור עליו.

גורם סיכון נוסף הוא שיבוש בתיפקוד המצופה מהמיכשור. בין הסיבות לשיבושים אלה ניתן למנות: הפרעות בזינה כתוצאה מסטיית מתח או תדר, הפרעות חשמליות ומגנטיות ברשת או כשידור. ליקוי במכשיר ו/או התעלמות מאזהרה או התדעה.

סיבה נוספת שאינה קשורה לעיונינו היא הפעלה שגויה כתוצאה מאי הכרת המיכשור.

תנאי יסוד לתיפקוד אמין

עלות המיכשור והטיפול הרפואי גבוהה ביותר. כדי שההשקעה לא תהיה לשווא, חשוב שהמיכשור יתפקד כמצופה, בצורה אמينة ויבצע את המשימה שלשמה הוא נרכש. יעד זה יושג אם:

מערכת הזינה תהיה אמينة, לא תיפסק במתאומיות, וסטיות המתח בה לא תחרזו מהמתח (10 אחוז). לעומת זאת, במקרה של כשל במערכת החשמל, יופעלו, תוך זמן קצר, זינות חלופיות למילוי צרכים חיוניים בהתאם לסדר עדיפויות מוגדר. התקנות החדשות טעזו לסייע בהנחיות לתיכנון נכון, לבחירת הציוד המתאים ולביצוע תחזוקה ברמה גבוהה.

המיכשור יהיה תקין, מכוויל כנדרש, בטיחותי מבחינה חשמלית, קרינתית וכו'. לניצול מירבי, לאורך זמן, יש, כמובן, לערוך למיכשור בדיקות בטיחות וכיול תקופתיות.

קיים בארץ תקן רשמי מחסיר, הכולל בדיקות קדניות לפני רישוי השימוש במיכשור רפואי מבחינה תיפעולית ובטיחותית. תקן זה (ת"י 1011) תואם במדויק את התקן הבינלאומי IEC 601, ומועד אף הוא לפני נטר עידכון.

לצערנו, חסרות עדיין בארץ הנחיות למשתמש המחייבות בדיקת המיכשור

לפני הכנסתו לשימוש, לכיול, ובדיקות בטיחות תקופתיות, כנדרש במדינות רבות.

תיפקוד מכשיר אחד לא יופרע על ידי מכשיר אחר או על ידי מיתקן החשמל כתוצאה מהשפעת שדות חשמליים (קיבוליות) ושדות מגנטיים בתדר הרשת, אך גם כתוצאה מגלים עליוניים ומתחי היתר המועברים באמצעות כבלי הזינה. רגישות מיוחדת קיימת באותם חדרים שבהם מבצעים מדידת מתחים הנוצרים בנוף המטופל, ואלו אינם עולים, לרוב, על אלפית וולט. חשוב שההפרעות לא יגרמו לשיבוש תוצאות המדידה ולאיבחון שגוי. לכן אסור ש"מתח הפרעה" יעלה על עשירית מערך זה.

מפעיל המיכשור יכיר את הציוד, ידע לתפעלו כראוי, ידע לזהות תיפקוד שגוי וכיזר את הנוהל במקרה של תקלה.

גם בנושא ההדרכה חסרים בארץ, עדיין, נהלים מחייבים לצוות הרפואי והמסייע, לרבות בנושאי בטיחות, ולא פחות חשוב – ריענון ועידכון הידע מעת לעת.

הצורך בתקנות

ברור, איפוא, שלא ניתן לטפל בחולים כשמערכת החשמל אינה שונה על התנאים הנזכרים. דרושות הנחיות מיוחדות לתיכנון, לביצוע ולתחזוקה שוטפת לאתרים המשמשים למטרות רפואיות. במדינות רבות נקבעו, כבר לפני עשרות שנים, תקנים והוראות מיוחדות לתיכנון מיתקני חשמל בבתי חולים. תקנים אלה עודכנו, מפעם לפעם על פי ההתקדמות הטכנולוגית והניסיון שנצבר.

כיום נעשה מאמץ מוגבר להגיע לניסוח תקן בינלאומי אחיד, שיהווה פשרה בין הנישות השונות ויאפשר התאמת המיתקנים הקיימים בעלויות מיועירות. בשלב ראשון יאוחדו התקנים האירופיים לקראת 1992 לתקן אירופי אחיד (IEC), שיושתת על התקן הגרמני VDE 0107. תקן זה מפורט ביותר ויכול לשמש במידה רבה גם הנחיות עבודה.

בארץ, שלא כבארצות אחרות, חסרו עד כה תקנות בנושא זה ולא פעם נעשה תיכנון של מיתקנים רפואיים בהתאם לקריטריונים

אי כהן – מהנדס ויצן, אליכ בעים

יתעשייתיים" שאינם מספקים מבחינת בטיחות ואמינות. אומנם, מספר מוסדות אימצו, מרצונם, תקנים זרים כבר לפני שנים, שהיוו אמונם עלייה ברמה, אך לא תמיד התאימו לתנאי הארץ. בקרוב יפורסמו בישראל תקנות חדשות למיתקני החשמל באתרים רפואיים, הדומות למקובל באירופה. תקנות אלו מבוססות אף הן על התקן VDE 0107, תוך התאמתן לתנאים ולתקנות האחרות התקפות בארץ במסגרת חוק החשמל.

הגדרות

לפני שנתמקד בתקנות החדשות עלינו להבהיר מספר הגדרות.

אתרים רפואיים מהם!

"אתר רפואי" מוגדר כחדר המיועד לביצוע בדיקות, איבחון, אישפוז וטיפול רפואי כלשהו. בהגדרה זו נכללים, כמובן, כל מחלקות בתי החולים, מרפאות, מרפאות שיניים, הידרותרפיה, פיזיותרפיה וכן האגף בדירת מגורים בה מתבצעת דיאליזה ביתית. התקנות יהיו תקפות גם לאתרים רפואיים המיועדים לטיפול בבעלי חיים.

"מערך חדרים" כולל את האתר הרפואי והחדרים הנלווים הצמודים אליו והמשמשים ביחד עם אותו אתר מטרה רפואית משותפת. הכוונה, לדוגמה, לחדר ניתוח וחדרי העזר שלו כחדרי רחצה והכנת החולה לניתוח. אין הכוונה כמובן "מערך חדרים" לקבוצת חדרים דומים שכל חדר הוא יחידה בפני עצמה, כגון: מספר חדרו ניתוח או מספר חדרו טיפול נמרץ סמוכים וכו'.

"אתר עזר רפואי" הוא חדר שאינו משמש לבדיקה או טיפול רפואי. בהגדרה זו ניתן לכלול את חדרו האמבטיה ובתי השימוש, המסדרונות, חדרו המדרגות וההמתנה, חדרו עזר ומטבחונים, מעבדות וכו'.

קבוצות שימוש

האתרים הרפואיים מיוונו לשלוש קבוצות בהתאם לסוג הטיפול ולרמת ההגנה החשמלית הנדרשת בהם במקרה של תקלה. הקבוצות הן:

- קבוצת שימוש 0.
- קבוצת שימוש 1.
- קבוצת שימוש 2.

קבוצת שימוש 0

בקבוצה זו נכללים חדרים שאין משתמשים בהם במיכשור חשמלי-רפואי הבא במגע עם המטופל, או רק במיכשור בעל זינה עצמית (מסוללה או ממצבר).

קבוצת שימוש 1

בקבוצה זו נכללים האתרים הרפואיים שבהם יכול המטופל לבוא במגע עם מיכשור רפואי הניזון מרשת האספקה. למטופל לא ייגרם סיכון או נזק כתוצאה מהפסקת פועלו הסדירה של המיכשור. בחדרים אלה לא מתבצעת חדרות לגוף.

קבוצת שימוש 2

בקבוצה זו נכללים החדרים שבהם משתמשים במיכשור חשמלי-רפואי החיוני לחיי המטופל, לדוגמה: בעת ניתוח, החיאה, הנשמה, טיפול נמרץ ודומיהם. לאמינות אספקת החשמל חשיבות מירבית, ולכן חייבים להבטיח שמיכשור זה ימשיך לפעול גם במקרה של תקלת קצר ראשון לגוף המאורק, ופעולתו חייבת להתחדש תוך זמן קצר ומוגדר במקרה שאספקת החשמל לאתר מסקה.

באתרים אלו מתבצעים טיפולים על גוף מוחלש, תוך חדרה לאיברים פנימיים ולכן מתחייבת גם הגנה מוגברת בפני זרמי זליגה.

תיכונן מיתקן החשמל באתר מקבוצת שימוש 2 ייעשה רק על ידי חשמלאי מהגדס.

אתר המתוכנן לשמש מטרת שונות, יש לצייד כגדרש מקבוצת השימוש הנבונה ביותר לה נועד.

דוגמאות לסיווג האתרים הרפואיים לקבוצות השימוש מבואות בטבלה 1.

הדרישות העיקריות ממיתקן החשמל באתרים רפואיים

המרכיבים העיקרים הנדרשים ממיתקן החשמל באתרים רפואיים הם:

- אמינות האספקה.
- הגנה בפני חימום.
- מניעת הפרעות חשמליות.

אמינות האספקה

כדי להבטיח את אמינות האספקה חייבים לקיים את הדרישות הבאות:

- זינה כפולה.
- הפרדה פיזית וחשמלית.
- זינה צפה (IT).
- פיצול המיתקן למספר מעגלים.
- הזנת חלפיות.

זינה כפולה

נועדה לשמש כגיבוי במקרה של תקלה.

זינת האתרים מקבוצת שימוש 2 תהיה כפולה ובלתי תלויה אחת בשנייה. כל אחד

משני הקווים חייב להיות מסוגל לשאת את מלוא העומס ועליו להיות מחובר למתח, בקביעות. החלפה אוטומטית מיידית במקרה של נפילת מתח (ביותר מ-10 אחוז) או חוסר מופע בקצה הקו המוגדף, תעביד את הזינה לקו החליפי. במקביל תינתן התראה אודית וקולית.

במיתקן רפואי קטן שבו קיים רק חדר אחד, או שניים, מקבוצת שימוש 2, מתירות התקנות – כדי לחסוך בעלות ההתקנה – החלפה ידנית, זאת בתנאי שיתקיימו, למעשה, שתי מערכות זינה נפרדות: זינה מהלוח הראשי, פסי צבירה נפרדים, שני שנאים הניזונים, כל אחד, מפס צבירה שונה ושתי קבוצות של בתי תקע ליד כל מיטה הניזונות כל אחת משנאי אחר.

זינת הלוחות לאתרים מקבוצת שימוש 2 תיעשה, עד כמה שניתן, מהלוח הראשי של המיתקן, וכשלא ניתן, מלוח משנה המיועד רק לאתרים רפואיים.

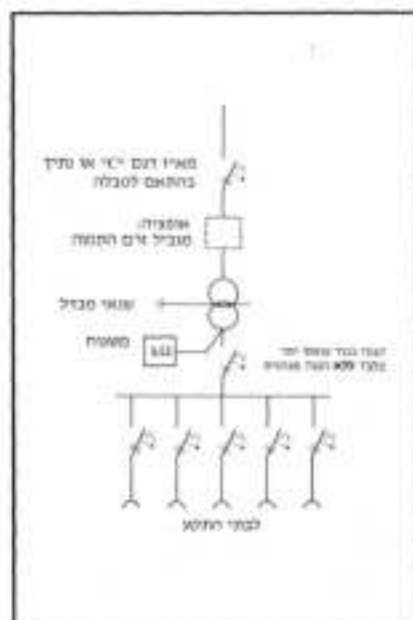
טבלה 1

סיווג האתרים הרפואיים

קבוצת השימוש	האתר הרפואי
0	<ul style="list-style-type: none"> • חדרי רחצה וסטריליזציה • מרפאות – חדרו רופאים • מרפאות וטרינריות
1	<ul style="list-style-type: none"> • חדרו אישפוז • תרפיה פיזיקלית • הידרותרפיה • עיסוי • מרפאות – חדרו טיפולים • מרפאות שיניים • חדרו לידה (ללא ניתוח) • כירורגיה אמבולטורית • חדרו רנטגן (איבחון) • חדרו מיון • חדרים למדידת • ביו-פוטנציאלים נמוכים
2	<ul style="list-style-type: none"> • ניתוח + הכנה לניתוח • ניתוח לידה • ניתוח לב פתוח • צינתור לב • חדרו התאוששות • טיפול נמרץ • פנים • גבס • רדיולוגיה (טיפול) • אנגיוגרפיה • אנדוסקופיה • דיאליזה

הספק השנאי (חד מופעי) הוגבל עד ל-8 קו"א, והמתח המשוני (הצף) בין שני מוליכים כלשהם אסור שיעלה על 230 וולט. בשנאי תלת מופעי הכוונה היא למתח שבין כל שני מופעים. השימוש בשנאים תלת מופעיים מוגבל רק לאותם צרכנים המחייבים זאת.

אמצעי ההגנה של השנאי (איור 3) כמני קצר בצד הראשוני ועומס יתר בצד המשוני שונים מהמקובל בתקנות אחרות.



איור 3
אמצעי הגנה לשנאי

הגנה בצד הראשוני

כדי להבטיח שהגנות השנאי – מצידו הראשוני – לא יופעלו שלא לצורך כתוצאה מורמי ההתמנה בו, נקבע:

שזרם ההתנעה (Inrush Current) המירבי של השנאי לא יעלה על פי 15 מהזרם הנקוב של השנאי (בניגוד לפי 24-28 מהזרם הנקוב בשנאים רגילים).

שהגנה כמני קצר, תהיה גבוהה, בדרך כלל, בשתי זרזות מהמקובל (סבלה 2). מותר לרזות מערכים אלו במידה שמשמשים במגביל זרם הפעלה (מנחת) לשנאי.

יתרונו של מנחת זה הוא בכך, שגם בהפסקות אספקה קצרצרות וחזרה מיידית של המתח לא יתפתח בשנאי זרם גבוה מאוד כתוצאה מקצר מגנטי המתפתח בו. (קצר מגנטי יתפתח כשונית השנאי נפסקת בהיסטרוזה הנמצאת ברזיה ומפעלת מחדש בהימך מופע.) זרם זה, העלול להגיע עד לפי 40 ויותר מהזרם הנקוב, עלול להפעיל, בכל זאת, את אמצעי ההגנה ובמיוחד את ההגנה הראשית המשמשת מספר שנאים, ולשלק בכך אנף

הזינה הצפה מיושמת באתרים רפואיים בעזרת שנאי מבדל חד מופעי ומשונו בידוד בעלי תכונות ייחודיות המפורטות בתקנות.

יחידת תצוגת התראה, הניזונה מהמשנות, תתריע מיד – אורית וקולית – כשרמת הבידוד תרד מתחת לנדרש. את יחידת ההתראה הזו יש להתקין בתוך האתר אותו מזינה הזינה הצפה, כדי שניתן יהיה לאתר מכשיר פגום מיד עם הפעלתו ובטרים יחזרו למטופל מכשירים נוספים. הדבר יקל על איתור המכשיר הפגום במהירות ובלא ניתוק, ללא צורך, של מספר רב של מכשירים. כמו כן ניתנת לאחות האפשרות לבדוק כנדרש, לפני ניתוח, את תקינותו ובטיחותו של מיכשור הדרוש לניתוח ונמצא בתוך אתר סטרילי. מומלץ באותה הזדמנות להפעיל את לחיץ הניסוי ולוודא את תקינות המשנות. תצוגה נוספת ליד תחנת האחות היא אופציונלית ובעלת חשיבות משנית.

דוגמאות למשונו וליחידת התראה מוצגות באיורים 1 ו-2.



איור 1
משנות (ISOMETER)



איור 2
יחידת תצוגת התראה

כל חדר מקבוצת שימוש 2 יצויד בשתי זינות צפות חד מופעיות לפחות, ובתי תקע שליד כל מיטה יוזגו משתי זינות שונות בהצלבה.

הפרדה פיזית וחשמלית

שני קווי הזינה לאתרים מקבוצת שימוש 2 יותקנו כך שפגיעה, תקלה או שריפה באחד מהם לא תגרום נזק בקו השני.

לכל אתר רפואי מקבוצת שימוש 2 צריך שיהיה לוח נפרד, או שדה נפרד בלוח המשותף, כשבין השדות יהיו מחיצות מתאימות, כיסויי הפרדה וכו'.

תיכנון הלוח חייב לענות על התנאים הבאים:

- תקלה באתר מקבוצת שימוש נמוכה – וכמובן, באתר לא רפואי – לא תשבש את הזינה באתר מקבוצת שימוש גבוהה יותר.
- תקלה באתר רפואי אחד (או בלוח שלו) לא תגרום להפסקת הזינה של אתר אחר כלשהו.

ככלל, יש למקם את הלוחות מחוץ לאתר הרפואי כדי לאפשר גישה לאנשי התחוקה מבלי שיאלצו להיכנס לתחום הסטרילי. יחד עם זאת, הלוח חייב להיות בקירבת האתר כדי שגם הצוות הרפואי יוכל להפעילו, לדוגמה: מאיזו ש"קפ"י.

זינה צפה (IT)

משמשת בקבוצת שימוש 2 לזינת בתי התקע המיועדים למיכשור רפואי, למגורת הניתוח ולשולחן הניתוח.

לזינה הצפה (IT) תפקיד בשלושה מישורים:

- התפקיד החשוב ביותר הוא למנוע השבתה במקרה של תקלה מקומית בשל קצר להארקה – תקלה הנמוצה בציוד ובמיכשור הרפואי עצמו. מרבית המיכשור הוא מטלטל ומתחבר לרשת בעזרת כבל ותקע שאינם אמינים במיוחד. הקירבה לרטיבות ולאוויר רווי כימיקלים יוצרת בלאי טבעי מוגבר, הגורם לעיתים קרובות קצר לגוף המכשיר. למעשה, לא קיימת שום דרך אחרת שתבטיח את המשך הזינה, בלא השבתה, במקרה של קצר מקומי.
- להקטין את זרמי הזלינה העלולים לעבור בנוף החולף, במיוחד בעת תקלה בבידוד.
- למנוע מעבר הפרעות חשמליות (גלים עליוניים וכו') הקיימים ברשת האספקה, אל המיכשור הרפואי שבאתר וגם אל מחוץ לאתר.

* ראה מאמר בנושא שפורסם ב"התקע המצדיע" מס' 31 – סרף 1984.

למחלקת האחזקה. מגע נוסף במשטח מיועד להצביד התראה על תקלת בידוד למערכת זו.

פיצול המיתקן למספר מעגלים

דרך נוספת להשגת אמינות האספקה היא פיצול המיתקן למספר מעגלים כך שהמסקת אחד מהם לא תגרום להשבתה כללית. דוגמאות אחדות:

- מעגלי התאורה בכל האתרים הרפואיים (לכד ממספר הריגים) ואתרי העוד הרפואיים יפוצלו לשני מעגלים לפחות. אמצעי ההגנה לאלה, כולל מפסקי המגן, יחווטו כך שהפעלתו של אחד מהם לא תגרום לחושך מוחלט באתר, או באתר עזר כלשהו. בחדרי מדרגות, במסדרונות ובמעברים יותקנו מטרות משני מעגלים בהצלבה.

- הוינה הצפה בקבוצת שימוש 2 לוינת בתי התקע למיכשור רפואי תפוצל לשני מעגלים לפחות אשר לא יזינו, כל אחד, יותר משישה בתי תקע. בתי תקע כאלה, הממוקמים בקירבת מיטת החולה, יזונו משתי זינות צמות שונות, בהצלבה, בעוד שהמעגלים השונים, מאותו שני, מותר שיזנו מיטות שונות באותו חדר.

- מפסקי המגן לוינה מאורקת לא יגנו על יותר משלושה מעגלים חד מפעילים, או מעגל תלת מפעלי בודד.

כדוגמה אחרת לפיצול, נציין שאין להזין מספר חדרים מאותו שני. הדבר נעז, בין השאר, למנוע מצב שיחידת התראה על ליקוי בבידוד תחל למתע לזמנם, בשל תקלה בחדר אחד. אירוע כזה עלול לגרום לניתוק מכשירים מהחולה ולחייבוש עקר של תקלה שלא קיימת.

הזנות חלופיות

נועדות לתת לצרכנים חיוניים – ברמות שונות ובסדר עדיפות מוגדר – מענה להפסקות חשמל מהאספקה הראשית.

העיקרון המנחה בקביעת סדר העדיפויות הוא להבטיח בראש ובראשונה את זינתם של הצרכנים החיוניים ולמנוע שצרכנים מדרגת עדיפות נחותה יסופקו מיידית ויעמיסו את הנגרטורים. צרכנים חיוניים מחת יחוברו רק לאחר התייצבות המתח לאחר שכל הצרכנים החיוניים מפעלים.

בעיקרון, אין לחבר מכשיר בדרגת חשיבות משנית (כגון מחשב הנתונים של בית החולים או של המנכ"ל) להזנה חלופית בדרגה הגבוהה (או למערכת אל-מפסק, אם קיימת). בנושא זה מתקיים הכלל "כל המסויף (להזנה החיונית) – נורע".

על פי חשיבותם וזמינותם הנדרשת חולקו הצרכנים, בהתייחס לצורך בהזנה חלופית, לארבע קבוצות המדרגות להלן בסדר יורד.

ואפס, אלא שני מופעים זהים ויש להגן עליהם כהתאם.

אין להזין את השנאי לזינה הצפה באמצעות מפסק מגן!

מבין התכונות הנדרשות מהמשטח נדושו כמה במיוחד:

- סף ההתראה הנמוך ביותר אותו ניתן לכוון במשטח יהיה 50 קילואוהם. שרך זה נראה על פניו נמוך מאוד, אך בהתחשב בכך שהתנגדות הבידוד הנמדדת היא השקול של התנגדויות כל הצרכנים במקביל, הרי עשרים צרכנים עם בידוד טוב, שהתנגדות כל אחד מהם גדולה מ-3 מגה-ואוהם תחייב סף התראה הנמוך מ-150 קילואוהם. השאיפה תהיה, כמובן, לעבוד עם סף התראה גבוה עד כמה שהתנאים מאפשרים, בלא התראות שוא.

- יחידת ההתראה תזון מהמשטח עצמו. שאם לא כך, יחידת התראה ניונה מספק חיוני והמשטח משמש לפיקוד בלבד, יוצג בידוד תקין גם במקרה שהמשטח אינו פועל (כגון: תקלה בזינת העזר אליו), מבלי שזה נמדד למעשה.

- לחץ הניסוי חייב לדמות תקלת בידוד ולוודא את תקינות המשטח והחיבורים אליו. הבדיקה נעשית על ידי חיבור נגד בן 42 קילואוהם בין הוינה ובין פס הארקה. החיבור לפס הארקה צריך שיעשה באמצעות מוליך נפרד שאינו מחובר בתוך המשטח למוליך הארקה של מעגל מידית הבידוד. בעזרת הלולאה הנוצרת דרך פס הארקה מוודאים שחיבור מעגל המדידה אל הפס לא ניתק (איור 4).

במרכזים רפואיים רבים מקובלת כיום מערכת התראה מרכזית ממוחשבת, הקשורה

שלם. המנתח מאפשר גם לקיים את הגנת המוליכים, כנדרש, בהתאם לתספקו האמיתי של השנאי, וכשוה מותקן במרחק, יביא הדבר לחיסכון בחתכי המוליכים.

טבלה 2

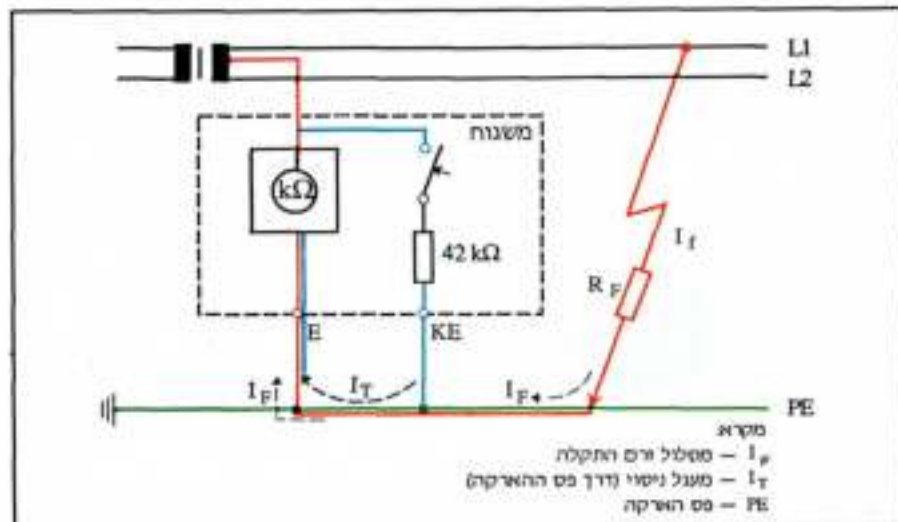
דוגמה להגנת שנאי מבלד חד מופעי בפני זרם קצר בציוד הראשוני

הספק [קו"א]	זרם נקוב [אמפר]	מא"ז, אופיין "G" לפי ת"י 745 [אמפר]	מא"ז, אופיין "C" לפי ת"י 745 [אמפר]
1.0	4.4	10	13
1.5	6.5	16	20
2.0	8.7	20	32
2.5	10.9	25	32
3.0	13.0	32	40
4.0	17.4	40	50
5.0	21.7	50	63
6.3	27.4	63	80
7.5	32.6	—	100

הגנה בצד המשני

את מוצא השנאי מגינים בפני עומס יתר בלבד ללא הגנה מגנטית (בפני זרם קצר) כדי למנוע שכתוצאה מקצר במכשיר בודד תופעל ההגנה הראשית מהר יותר מההגנה של אותו מעגל ותגרום בכך להשבתת כל המעגלים החיוניים מאותו שני. זאת, בשל הקושי ליישם סלקטיביות נאותה במוצא של השנאי.

על כל מעגל (שניים לפחות מכל שנאי) יש להגן, כמקובל, בפני קצר ועומס יתר, יש רק לזכור שברשת צפה חד מופעית אין מופע



איור 4
תרשים חיבור של מעגל מדידת הבידוד במשטח

מגרת שולחן הניתוח

מגרת הניתוח חשובה עד כדי כך שמקובל להתקין שתי מגרות במקביל – ראשית ומשנית. האור המתקבל ממגרות אלה אינו מתבטא רק בעוצמה הגבוהה מאוד, אלא מאפשר לרופא לראות את האיברים הפנימיים באור "יבון" ללא צללים ובהפרדת צבעים נכונה. לכן מתקנים עבור מגרת הניתוח מקור זינה חלופי נפרד, ומסלך שינה חלופית זו תהיה עצמאית לחלוטין, ללא כל ייספחים. המגרה אמורה לחזור ולקבל מתח מלא תוך 0.5 שניות מרגע הכשל באספקת החשמל, ותובטח זינה למשך שלוש שעות לפחות – פרק זמן המאפשר, בדרך כלל, לסיים את הניתוח.

מיכשור רפואי חיוני

למיכשור רפואי חיוני, המחוייב גם בזינה צפה, מותקנת הזנה חלופית נוספת המהווה גיבוי למקרה של כשל בהזנה החלופית הראשית העלול להיגרם כתוצאה מעומס יתר, נטרסור שאינו מניע, נתק בקווים וכו'.

זינה חלופית זו חייבת לפעול במלואה תוך 15 שניות מרגע הכשל באספקת החשמל ולהזין אותו למשך שלוש שעות לפחות.

הזנה חלופית ראשית

הזנה חלופית ראשית לצרכנים מועדפים, שתופעל במלואה תוך 15 שניות, לכל היותר ממועד הכשל באספקת החשמל ולמשך 24 שעות לפחות. כרשימת הצרכנים המועדפים ניתן למצוא בין היתר:

- חלק מתאורת המעברים, חדרי המדרגות והמסדרונות, תאורה וציוד לשימוש בשעת חירום, חלק מבתי התקע והתאורה בחדרים מקבוצת שימוש 1.
- כל מעגלי התאורה והמעגלים לזינת מיכשור רפואי בקבוצת שימוש 2.
- פיקוד ובקרה של מערכות עזר (לגזים, לריק (ואקום), להחלמות אוויר, וכו') ומערכות אעקה.
- מעליות המשמשות להעברת חולים.
- מיכשור מעבדתי חיוני ומיכשור רפואי חיוני.
- משאבות דלק לנטרסורים.
- מיתקנים בטיחותיים לכיבוי אש ולניקת עשן.

צרכנים אחרים, מדרגת חשיבות נמוכה יותר, מותר לחבר, במידת הצורך ובהתאם להספק המצוי, רק לאחר התייעצות מערכת ההזנה החלופית וזינת כל הצרכנים מדרגות חיוניות גבוהות יותר. בקבוצה זו נכללים מיתקני סטריליזציה, מיוג אוויר, בישול וחדרי קירור וכן המטענים למצברים.

כדי למנוע עיכוב בזינה החלופית מעבר ל-15 שניות (כתוצאה מתקלה בנטרסור הראשי), יש להניע, בעת הצורך, את מטעי כל הנטרסורים, בו זמנית, ולדומם את חלקם מאוחר יותר, במידה שקיים עדיף הספק.

ראוי להדגיש שבבתי חולים אין צורך במערכות אל-פסק אלא במקרים מיוחדים של ניתוחים עדינים מאוד כניתוחי עיניים וניתוחים נירוכירורגיים. הדרישה במקרה זה עשויה לבוא מהמשתמש כדי למנוע נזק אפשרי תמור למנותה כתוצאה ממוצמוץ או רעד ביד, העלולים לגבוע מהפסקה קצרה של התאורה.

חשוב לציין שאין להשתמש במצברים המיועדים להתנעת כלי רכב כמקורות לזינה חלופית, אלא רק במצברים בעלי אורך חיים ארוך שהתחנן עליהם אינו קורס בתאומיות.

הגנה בפני חימום

הגנה זו מושגת על ידי האמצעים הבאים:

- הארקה (PE).
- מערכת השוואת פוטנציאלים מקומית נוספת (PA).
- זינה צפה (IT).
- זינה מרשת מאורקת עם הגנה באמצעות מספק מנע.

הארקה (PE)

כעיקרון, לכל מעגל יהיה מוליך הארקה משלו בהתאם לתקנות הארקות, אך בחתך שאינו נופל מ-2.5 מטר. לכל חדר מקבוצת שימוש 2 יותקן פס הארקה נפרד בלוח או בשדה שלו. מצעי ההארקה בבתי התקע הניזונים מזינה צפה יותברו אף הם לפס ההארקה. התנגדות מוליך ההארקה בין פס ההארקה שבלוח ובין בית תקע כלשהו בקבוצת שימוש 2 לא תעלה על 0.2 אוהם. את המדידה יש לבצע במשך 5 שניות ובזרם גבוה (10-25 אמפר) שתפקידו לשרוף חיבור "המתקיים" על גיד בודד.

בהתחשב בהתנגדויות המעבר, משמעות ההתנגדות של 0.2 אוהם היא מוליך באורך של כ-20 מטר. כשהלוח מרוחק מהחדר, או בחדרים גדולים שבהם קיים קושי להגיע להתנגדות ההארקה הדרושה, מותר להתקין תיבת ביניים הכוללת פסים להארקה ולהשוואת פוטנציאלים מקומית. פס ההארקה הוא משמש כעין הרחבה לפס ההארקה שבלוח ויחבר אליו מוליך של 16 מטר.

פס השוואת הפוטנציאלים המקומית שבתיבת הביניים ינושר אף הוא לפס ההארקה זה באמצעות מוליך בחתך של 16 מטר.

מערכת השוואת פוטנציאלים מקומית

נוספת (PA)

ההדגשה של מערכת השוואת פוטנציאלים מקומית נוספת באה להדגיש שאין מדובר

כאן בהשוואת הפוטנציאלים הנדרשת (מתקנת ההארקה) בכניסה למבנה, אלא במערכת נפרדת ויחודית לכל אתר רפואי. מערכת זו היא באה נוסף למוליך ההארקה המפורט לעיל ובמקביל לו.

את המיכשור החשמלי-רפואי וחלקי המסכת הנגיישים שבקירבת החולה מחברים למערכת השוואת פוטנציאלים מקומית, המשמשת כעין "כילוב פאראדיי". אמצעי זה מונע הפרשי מתחים, הקיימים דרך קבע בין פריטי ציוד ומכשירים שונים, העלולים לגרום למעבר זרם חשמלי מסוכן בגוף החולה. הוא יעיל גם כהגנה בפני חימום החולה מורמי זלינה, העלולים לעבור דרך גופו כתוצאה מנתק במוליך ההארקה.

כידוע, מרבית המיכשור הרפואי אינו מותקן בצורה קבועה אלא מונח באמצעות כבל ובית תקע. במידה שאחד המופעים מנותק, יורגש הדבר מיד כשהמכשיר לא יפעל לעומת זאת, נתק במוליך הארקה לא יורגש מפני שלא יזרם לסימנים חיצוניים, ובכך יבוטלו למעשה כל אמצעי ההגנה. במקרה זה, יעבור כל זרם הזלינה (הקיים תמיד), ובמקרה גרוע כל זרם התקלה, דרך גופו הרגיש של החולה, אלא אם כן המכשיר מחובר למערכת השוואת פוטנציאלים זו.

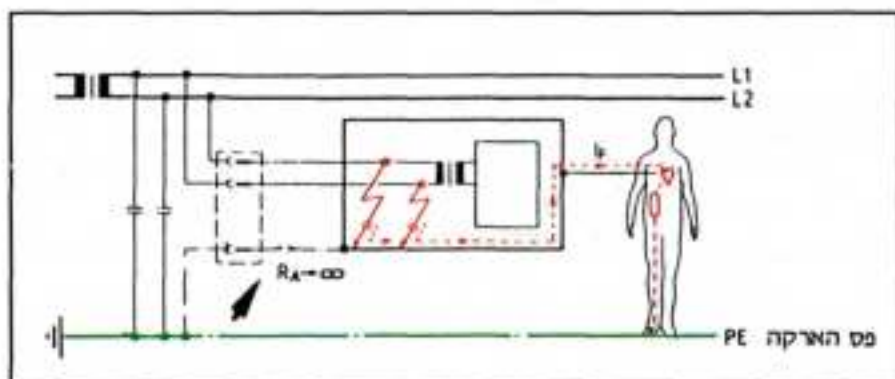
כדי למנוע סכנה זו מחברים את המיכשור החשמלי-רפואי הנייד, המשמש בחדרים מקבוצת שימוש 2 ואת המיטות למערכת השוואת הפוטנציאלים המקומית, בעזרת מוליך גמיש במיוחד (המורכב מכ-1,000 נידים), ולמחבר תיקני שמבטחו מונע את שליפתו כתוצאה ממשיכה במוליך (איור 5).

המחבר ובית המחבר בטויים כך שלא יתאפשר לחבר אליהם יותר ממוליך אחד, וזאת בשל החשש שהסרה וניתקן של מוליך חשוואה של מכשיר אחד יגרמם – כשעת זחק – לאי חיבורם מחדש של יתרת מוליכי

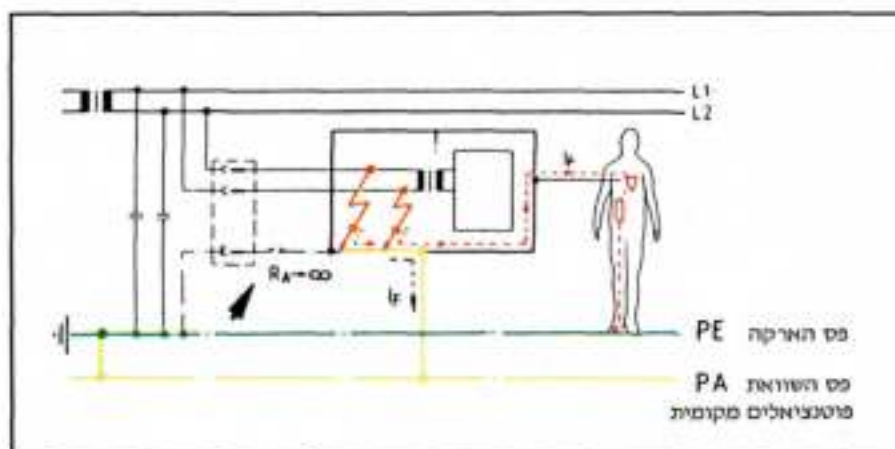


איור 5

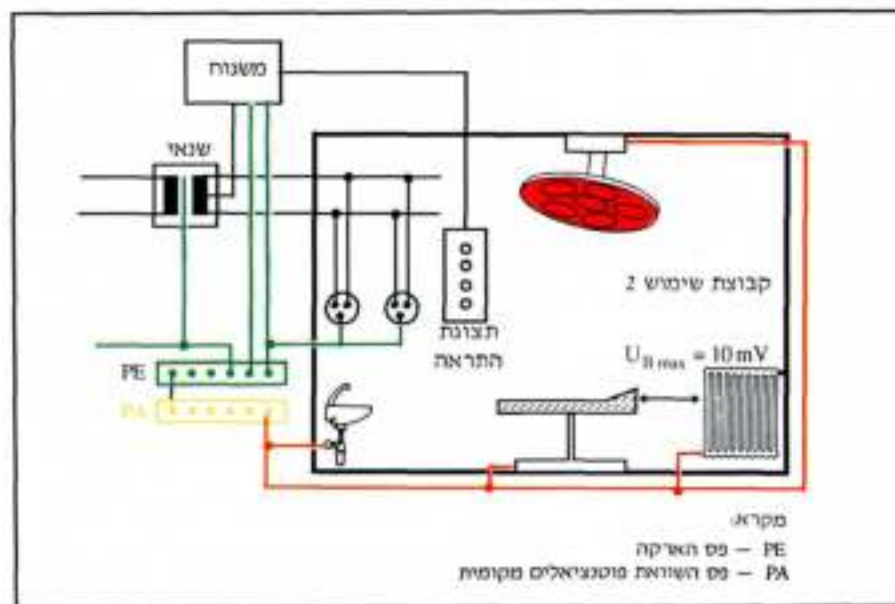
מחבר ובית מחבר להשוואת פוטנציאלים



איור 6
מסלול תקלה ללא מוליך השוואת פוטנציאלים



איור 7
מסלול תקלה עם מוליך השוואת פוטנציאלים מקומית



איור 8
חיבור עקרוני של הארקות והשוואת הפוטנציאלים המקומית

ההשוואה (שהיו קשורים אליו) ושייכים למיכשור אחר.

אזורים 6 ו-7 מציגים בבירור את מסלולי התקלה כאשר קיים נתק במוליך הארקה. בלי מוליך השוואה ועם מוליך השוואה. כאשר קיים במיכשור מוליך השוואה, יעבור בגוף החולה רק חלק מיזערי – לא מסוכן – של זרם התקלה.

מעשית, יש להתקין בכל לוח או שדה המזינים אתר מקבוצת שימוש 1 או 2 פס השוואת פוטנציאלים נפרד, שאילו מחברים את כל המיכשור החשמלי-רפואי, את שולחן הניתוח ומגורת הניתוח, את בתי המכר וכך כל חלק מתכתי גיש, כגון: כל חלקי תעלת האספקה, הסיכוכים להנעה בפני רעשים חשמליים וציוד חשמלי לא רפואי המותקן עד לגובה של 2.5 מטר. חתך מוליך השוואת הפוטנציאלים יהיה 4 סמ"ר לפחות והתנגדותו, בין הפס ובין כל אחד מהפריטים הנ"ל, לא תעלה על 0.2 אוהם (איור 8).

מדידת התנגדות הארקה מצד אחד, והשוואת הפוטנציאלים מצד אחר, מחייבת ניתוק הנישור ביניהם למשך המדידה. חשוב מאוד לחברו חזרה מיד בתום המדידה כדי שלא יישכח.

זינה צפה (IT)

הזינה הצפה, אותה כבר הזכרנו לעיל, מסקינה את זרמי הולכה במקרה של תקלה.

זינה מרשת מאורקת עם הגנה באמצעות מפסק מגן

זינה מאורקת מותרת רק כשהיא מלווה בהגנה באמצעות מפסק מגן (להוציא מספר חריגים, כגון: תאורה כללית המותקנת בגובה העולה על 2.5 מטרים).

בקבוצת שימוש 2 מותרת זינה זו רק למיכשור שהספקו גדול מ-5 קו"א, למכשירי רנטגן ולמיכשור לא רפואי. ציוד זה יותקן כאופן קבוע, או באמצעות תקע ובית תקע שאינו חליף, עם אלו של הזינה הצפה.

הערה:

אין לחבר מיכשור חשמלי-רפואי באמצעות כבל מאריך.

ככל כזה סוכל מבלאו גבוה וגורם, בתוך זמן קצר, להקטנת אמינות האספקה ובטיחות השימוש במיכשור החשמלי-רפואי בכמה דרגות ומאווה סיכון גבוה למאופל.

מניעת הפרעות חשמליות

רוב הפרעות החשמליות מקורן במכשיר אחר בחדר הסוך, או במיתקן החשמל עצמו. הפרעות מועברות הן "בדרך האוויר" על ידי

נושאים נוספים שהתקנות מתייחסות אליהם

מלבד הנושאים שבהם דנו עד כה, מתייחסות התקנות בהרחבה גם לנושאים הבאים:

- הגנה בפני התפרצות ושריפה.
- הגנה בפני התפרקות אלקטרוסטטיות.
- בדיקות חשמליות של המיתקן.
- ציוד חשמלי.
- מיתקנים מיוחדים.

הגנה בפני התפרצות ושריפה

מרבית החומרים המשמשים כיום באתרים רפואיים אינם דליקים, אם כי קיים עדיין שימוש בחומרים מסויימים מגבירי בעירה, או כאלה שביחד עם חמצן עלולים לגרום לתערובות נפיצות. לעומת זאת, נפוץ מאוד השימוש במיכשור שפעולתו מבוססת על ניצוצות, כגון: מכשיר ל"ריתוך" ו/או "חיתוך" כלי דם. אמצעים יקרים, כגון: בתי תקע וציוד אחר מונן בפני התפרצות אינם נדרשים יותר. באתרים רפואיים מוגדרים כיום שני תחומים (G ו-M) כאזורים שבהם קיימת, בכל זאת, סכנת נפיצות (תחומים דומים מוגדרים עבור המיכשור הרפואי עצמו).

■ תחום G

כולל למעשה את הצנרת והמיכשור הרפואי המיועדים לגזים העלולים לגרום לתערובות נפיצות בסביבתם הקרובה (עד ל-5 ס"מ).

■ תחום M

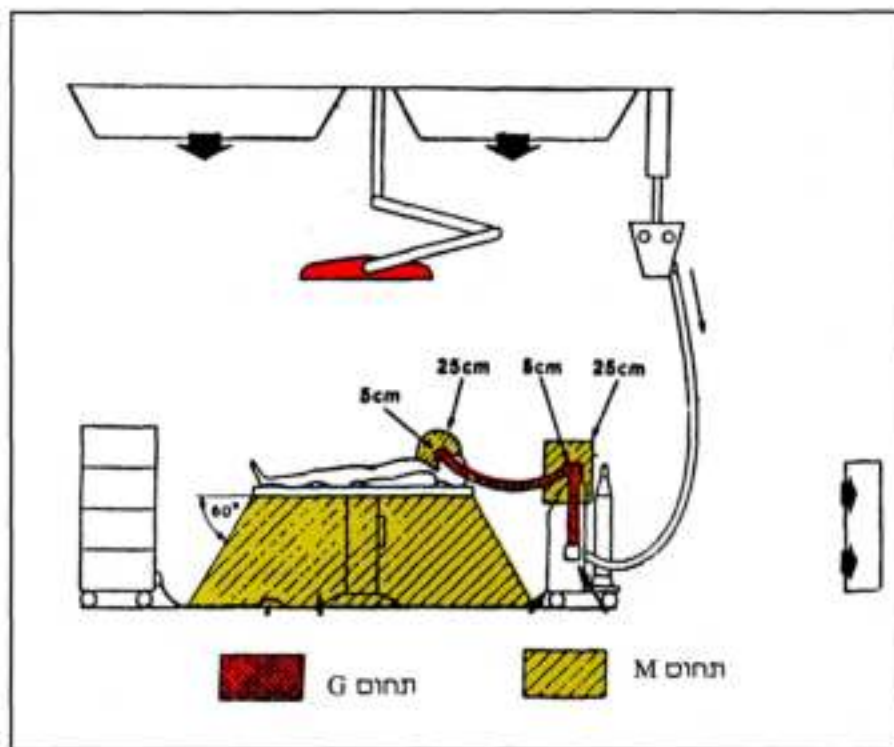
המרחב בתחום של 25 ס"מ סביב תחום G, וכך המרחב מתחת לשולחן הניתוח, כמתואר באיור 9.

תחום M יתבטל למעשה כאשר יתבצע מספר מספיק של החלפות אוויר בעזרת מערכת מיוזג האוויר הקיימת ממילא, יש צורך ב-15 החלפות אוויר בשעה, לפחות, כשהאוויר המוכנס כולו טרי, ובכמות החלפות נדולה פי כמה, ככל שחלקו של האוויר הטרי קטן יותר.

מספר זה של החלפות אוויר מתייחס לתנאים אופטימליים, משום שהחלפת אוויר יעילה תלויה גם בצורת החדר, במסדיו, ובמיוחד בכמותם ובמיקומם של פתחי כניסת האוויר והניקוז. החלפת אוויר נאותה דרשה לא רק לסילוק תערובות נפיצות, אלא במיוחד כדי למנוע את השפעתם של גזי ההרדמה על רמת הריכוז והיעירת של הצוות הרפואי.

את ביצוע משימה זו נשאר למומחי מיוזג האוויר.

האמצעים החשמליים החשובים למניעת התלקחות והתפרצות הם פשוטים, ועיקרם:



איור 9
תחומי G ו-M שבהם קיימת סכנת התפרצות

השראות (מגנטיות) ועל ידי "שידור" (קיבוליות), והן בהולכה על ידי קווי הינה.

על הולכת ההפרעות בקווי הינה ניתן להתגבר באמצעים מוחשיים, שהם מסנן (Filter) מתאים בכניסה לכל מכשיר רפואי, וליפוף סיכוך מאורק, הנדרש בשנאי הינה הצפה שבמיתקן, בין הליפוף הראשוני והמשני. אין לחבר את הסיכוך לנוף השנאי!

הפיתרון להפרעות המועברות בדרך האוויר הוא בעייתי יותר, משום שהתוצאות ניתנות למדידה רק לאחר השלמת המיתקן והפעלת כל הציוד. קשה לקבוע כללי תיכונן חד משמעיים, שיבטיחו מראש את התוצאות המקוות. לכן הוגדרו מספר אתרים רגישים שבהם מתבצעות מדידות של המתחים הזעירים הנוצרים בגוף האדם. נקבעו שתי רמות של אתרים למדידת מתחי הגוף (בירופוטנציאלים): נמוכים ונמוכים ביותר, ובהתאם להן נקבעו ערכים מירביים לרמת המתח המעשרה, הנמדד בעזרת התקן מדידה מיוחד לכך.

האמצעי כנגד הפרעות חשמליות הוא סיכוך חשמלי של כל המוליכים העברים בקירבת החדר או מקום מדידת מתחי הגוף וחיבור כל הסיכוכים אל מערכת השוואת הפוטנציאלים המקומית שהוזכרה לעיל.

האמצעי היעיל נגד השפעות הנובעות מהשראות מגנטית הוא הרחקת מקור התפרעה ממקום המדידה.

בין יתר הציוד הגורם להשראות נציין את הגורמים הבאים:

- מגנעים ושנאי הינה הצפה, שהספקם גדול מ-3 קו"א. את אלה יש למקם במרחק של 6 מטרים לפחות מהאתרים הרגישים.
- קווי זינה להספק גבוה בהתאם לממרט בטבלה 3.

טבלה 3
קווי זינה להספק גבוה הגורמים להשראות גבוהה

מרחק מיוערי	חתך המוליך (נחושת)
3 מ'	70÷10 מ"מ
6 מ'	185÷95 מ"מ
9 מ'	מעל 185 מ"מ

- גופי תאורה פלואורונים בהתאם לסוג הנטל המותקן בהם, בדרך כלל 0.75 מטר. סיכוך מגנטי מתאים מאפשר את הפחתת המרחקים.

■ הרחקת ציוד חשמלי שבו עלול להיגרם ניצוץ (במיוחד מבתי תקע) מפתחי המוצא ומכיוון זרימתם של זנים מגבירי בעידה. בדרך כלל המרחק המיוערי הוא 20 ס"מ.

■ גישור של כל חלק מתכתי גישו וכל מכשיר חשמלי-דומא למערכת השוואת הפוטנציאלים המקומית, כדי למנוע, כאמור, היווצרות הפרש מתחים ביניהם העלול לגרום ניצוץ.

■ שימוש בחומרים מיוחדים, הפרדה וחציצה מתאימה בתעלות אספקה שבה מותקנת צנרת גז במקביל למוליכי החשמל.

הגנה בפני התפרקות אלקטרוסטטיות

מדובר באמצעים למניעת היווצרות מטענים אלקטרוסטטיים. התפרקות של מיטענים עלולות לגרום להפרעות ולנזקים במיכשור רגיש. אך חמור מזהה בהרבה הוא הנזק העקיף הנובע מתגובה ספונטנית ומהרגשת האי נוחות הנגרמת למטפל בעת ההתפרקות. קל להבין שתנועה או תזוזה לא רצונית בידי של מנתח, המבצע ניתוח עדין, עלולה לגרום למנותח נזק בלתי הפיך. אך גם טיפולים פשוטים בהרבה, המבוצעים על ידי אחות הרטעת כתוצאה מהתפרקות כזאת, עלולים לגרום למטופל נזק רב.

ניתן למנוע את היווצרות מטענים אלה באחת מהשיטות הבאות:

■ שמירה על לחות יחסית של 50 אחוז לפחות.

■ ייטון של האוויר באמצעים חשמליים.

■ התקנת רצפה אנטיסטטית **מוליכה**. יעילותה של רצפה זו מותנית בכך שייעשה שימוש במקביל גם בציוד משלים, למשל, ביגוד, נעליים, סדינים וכיסויים מוליכים.

מן הראוי להדגיש שהתקנת אינן מחייבות רצפה אנטיסטטית מוליכה ואפילו מפרטות חלומות מספקות, כגון ריצוף רגיל.

חשוב מאוד להדגיש שאין להשתמש ברצפה אנטיסטטית **לא מוליכה**, זו המשמשת בתחום המחשבים ושהתנגדותה גבוהה מאוד (10¹⁴ עד 10¹⁴ אוהם ואף יותר). משום כך אסור גם השימוש ברצפת PVC רגילה.

התקנת מגדירות ערכים מורכבים (1 מגה אוהם) כשהרצפה יבשה וערכים מיועריים (10 קילו אוהם) כשהרצפה לחה וכן את התנגדות הרצפה כלפי פס השוואת הפוטנציאלים המקומית ואת השיטות למדידת התנגדות זו.

בדיקות חשמליות של המיתקן

יעילות האמצעים שהוזכרו לעיל מותנית בהתקנתם הנכונה ובתקינותם לאורך זמן. לשם השגתם הוגדרו מספר בדיקות:

■ בדיקות ראשוניות.

■ בדיקות תקופתיות.

בדיקות ראשוניות

יבוצעו בידי חשמלאי בודק סוג 3. תוצאות הבדיקה יידשמו ויישמרו על ידי בעל המיתקן או המשתמש. הבדיקות מתחלקות באופן הבא:

■ בדיקות שיעשו לפני הפעלתו הראשונה של המיתקן.

■ בדיקות שיעשו לאחר השלמתו והפעלתו של המיתקן או לאחר שיוכנסו בו שינויים.

בדיקות לפני הפעלה ראשונית של המיתקן

לפני הפעלתו הראשונה של המיתקן ייבדקו בין היתר:

■ פעולתם התקינה של המשטחים ויחידות ההתראה של הזינה הצפה, מפסקי המגן וכן תיפקודם הנאות של אמצעי ההחלפה האוטומטיים לרבות זמני הפעולה. כמו כן ייבדק כיוונתן הנכון של ההגנות ההתאמתן לזיכרון.

■ מערכת ההארקה והשוואת הפוטנציאלים המקומית כולל מדידת ההתנגדות.

■ תיפקודם של מקורות הזינה החלופית לרבות זמני ההפעלה.

בדיקות לאחר השלמתו והפעלתו של המיתקן

לאחר השלמתו והפעלתו של המיתקן יש לבדוק ולוודא:

■ שהאספקה החלופית מסוגלת לספק את כל השטח המתוכנן.

■ שלא נוצר מתח של 10 מיליוולט בקירבת מיטת המטופל בקבוצת שימוש 2. בכך תיבדק יעילות מערכת השוואת הפוטנציאלים המקומית.

■ שרמת הפרעות החשמליות אינה חורגת מהמותר.

בדיקות תקופתיות

הבדיקות האלה חשובות לא פחות מהבדיקות הראשוניות והן תישנה על ידי חשמלאי בעל רשיון מתאים אשר ירשום את התוצאות ביחס לבדיקות מיוחד.

את הבדיקות התקופתיות ניתן למיין על פי תדירות הביצוע:

■ **מדי חודש** ייבדקו מקורות האספקה החלופית, בחצי העומס הנקוב, כולל זמני המיתוג.

■ **מדי שישה חודשים** ייבדקו פעולתם התקינה של מפסקי המגן, משגוחי הבידוד ויחידות ההתראה של הזינה הצפה, וכן תיפקודם הנאות של אמצעי ההחלפה האוטומטיים.

■ **מדי שנתיים** ייבדקו ההארקות ומערכת השוואת הפוטנציאלים המקומית על ידי מדידת ההתנגדות.

■ בהתאם **להוראות היצרן** ייבדקו מצברי ההתמטה, התאורה והזינה החלופית:

במסגרת הבדיקות התקופתיות חשוב לוודא שתוכניות מערכת החשמל עודכנו כנדרש בכל השינויים שבוצעו באתר. עידכון התוכניות, מיד עם ביצועו של כל שינוי במיתקן, חוסך זמן רב, כסף ועצבים בעת איתור תקלה או בעת ביצוע שינוי בעתיד.

ציוד חשמלי

הפרק הון בציוד החשמלי מתייחס בעיקר לתעלות אספקה, למחברים ובתי מחבר השוואת פוטנציאלים ולכבלים ומוליכים.

בתעלות אספקה מתועשות מותר, כחריג, להתקין פס משותף להארקה ולהשוואת פוטנציאלים. אליו יחוברו כל מוליכי ההארקה של המטענים המתחבאים לתעלה והדקי הארקה של בתי התקע המתוקנים עליה, וכן המוליכים להשוואת פוטנציאלים, לרבות כל בתי המחבר, הכיסויים וחלקי המעטמת של התעלה.

פס זה יחובר לפס הארקה שבלוח באמצעות מוליך בחתך של 16 מ"מ², נוסף למוליכי הארקה של כל אחד מהמטענים המציעים אל תעלות האספקה.

מיתקנים מיוחדים

מיתקנים רפואיים מיוחדים שבהם עלול להיגרם למטופל נזק כתוצאה מתקלה במיתקן החשמל נכללו במרק מיוחד שבתקנות.

בשלב ראשון נכללו בפרק זה רק מיתקנים המשמשים לדיאלוזה המתבצעת כדירתו הפרטית של המטופל. התקנות למיתקנים אלו מהוות מהדורה מצומצמת מאוד של מיתקנים דומים בבית חולים.

סיכום

ראינו שתיכנון אתר רפואי הוא דבר מורכב, הדורש מיומנות וניסיון רב. התקנות החדשות הן מסגרת מנחה בלבד, ואילו מרבית השיקולים נתונים בידי המתכנן בהתאם לצורכי המשתמש (הרופא), כפי שהם מוגדרים על ידי המומין. ככל שהתיכנון ומיפירטי המכרז יהיו מפורטים יותר וחד משמעיים, כך יימנעו, בשלב מאוחר יותר, אי הכנות והוצאות מיותרות. מיפרטים מדוייקים יסייעו ביישום מדוייק של המיתקנים שתוכננו באופן מיטבי.

היבטים טכניים-כלכליים של שימוש בנורות פלואורניות קומפקטיות

איג'י נוראני שגיב M.Sc.

אחת ההתפתחויות הגדולות בטכנולוגיות התאורה, שחלה בעקבות משבר האנרגיה ב-1973 היא ללא ספק פיתוח של נורות פלואורניות (Fluorescent Lamps) קומפקטיות. נורות חדישות אלה מהוות תחליף עיקרי, יעיל וחסכוני לנורות הליבון ושימושן בעולם ובארץ הולך ומתרחב בהתמדה.

מאמר זה דן בקצרה בתכונותיהן הטכניות של נורות פלואורניות קומפקטיות ויתרונותיהן הטכניים והכלכליים בהשוואה לנורות הליבון הרגילות.

הקומפקטיות אין כל יתרון טכני או כלכלי אחר על פני הנורה הפלואורנית הרגילה, ואין היא משמשת תחליף לה. אולם בהשוואה לנורת הליבון הרגילה משמשת הנורה הפלואורנית הקומפקטית תחליף יעיל וחסכוני ביותר.

בהשוואה לנורות ליבון, נורות פלואורניות קומפקטיות חוסכות 75-85 אחוז בצריכת החשמל ומשך חייהן גדול פי 13-8 מזה של נורות ליבון. לדוגמה, נורה בשילוב עם נטל בהספק כולל של 20 וואט משמשת תחליף לנורת ליבון בת 100 וואט, ומשך חייה הוא 13,000-8,000 שעות לעומת 1,000 שעות לנורת ליבון.

טבלה 1 מציגה נתונים של מבחר נורות פלואורניות קומפקטיות בהשוואה לנורות ליבון תואמות לשימוש כללי, בהספקים ושטחי אור שונים.

טבלה 1

תפוקת אור והספק של נורות פלואורניות קומפקטיות בהשוואה לנורות ליבון תואמות

נורת ליבון	25 W		40 W		60 W		75 W		100 W	
	שטח אור (מ"ר)	תפוקת אור (lm)	שטח אור (מ"ר)	תפוקת אור (lm)	שטח אור (מ"ר)	תפוקת אור (lm)	שטח אור (מ"ר)	תפוקת אור (lm)	שטח אור (מ"ר)	תפוקת אור (lm)
FLS 25w	0.5	250	1.0	500	1.5	750	2.0	1000	3.0	1500
FLS 40w	1.0	500	2.0	1000	3.0	1500	4.0	2000	6.0	3000
FLS 60w	1.5	750	3.0	1500	4.5	2250	6.0	3000	9.0	4500
FLS 75w	2.0	1000	4.0	2000	6.0	3000	8.0	4000	12.0	6000
FLS 100w	3.0	1500	6.0	3000	9.0	4500	12.0	6000	18.0	9000
FLS 25w	0.5	250	1.0	500	1.5	750	2.0	1000	3.0	1500
FLS 40w	1.0	500	2.0	1000	3.0	1500	4.0	2000	6.0	3000
FLS 60w	1.5	750	3.0	1500	4.5	2250	6.0	3000	9.0	4500
FLS 75w	2.0	1000	4.0	2000	6.0	3000	8.0	4000	12.0	6000
FLS 100w	3.0	1500	6.0	3000	9.0	4500	12.0	6000	18.0	9000
FLS 25w	0.5	250	1.0	500	1.5	750	2.0	1000	3.0	1500
FLS 40w	1.0	500	2.0	1000	3.0	1500	4.0	2000	6.0	3000
FLS 60w	1.5	750	3.0	1500	4.5	2250	6.0	3000	9.0	4500
FLS 75w	2.0	1000	4.0	2000	6.0	3000	8.0	4000	12.0	6000
FLS 100w	3.0	1500	6.0	3000	9.0	4500	12.0	6000	18.0	9000
FLS 25w	0.5	250	1.0	500	1.5	750	2.0	1000	3.0	1500
FLS 40w	1.0	500	2.0	1000	3.0	1500	4.0	2000	6.0	3000
FLS 60w	1.5	750	3.0	1500	4.5	2250	6.0	3000	9.0	4500
FLS 75w	2.0	1000	4.0	2000	6.0	3000	8.0	4000	12.0	6000
FLS 100w	3.0	1500	6.0	3000	9.0	4500	12.0	6000	18.0	9000
FLS 25w	0.5	250	1.0	500	1.5	750	2.0	1000	3.0	1500
FLS 40w	1.0	500	2.0	1000	3.0	1500	4.0	2000	6.0	3000
FLS 60w	1.5	750	3.0	1500	4.5	2250	6.0	3000	9.0	4500
FLS 75w	2.0	1000	4.0	2000	6.0	3000	8.0	4000	12.0	6000
FLS 100w	3.0	1500	6.0	3000	9.0	4500	12.0	6000	18.0	9000

מבנה ועיקרון פעולה

מבנה הנורה הפלואורנית הקומפקטית ועקרון פעולתה דומה לנורה הפלואורנית הרגילה. היא בנוייה מצינור זכוכית המצופה בדופנו הפנימי בשכבת חומר פלואורני וממלא בכמות זעירה של כספית ונו אציל בלחץ נמוך. בעזרת ציוד עזר מתאים – נטל ומצת – זורם זרם חשמלי דרך אלקטרודות הנמצאות בקצוות הצינור ונדרם להתאדות הכספית, ליוניזציה ולהיווצרות קרינה אולטרה-סגולה. קרינה זו מונעת בדופן המצופה של צינור הזכוכית וגורמת להיווצרות אור בתחום הנראה לעין.

כל החברות הגדולות לייצור נורות חשמל מייצרות גם נורות פלואורניות קומפקטיות (איור 1). נורות אלה משווקות תחת שמות מסחריים שונים, כגון: PLS ו-PLC מתוצרת פיליפס, DULUX S ו-DULUX D מתוצרת אוסרם, BIAx מתוצרת נטרל אלקטריק ו-2D מתוצרת תוקן.



איור 1
נורות פלואורניות קומפקטיות

נ' שגיב – המחלקה ליישול הנריכה, אגף הנריכות, חברת החשמל

שעות ההדלקה של הנורה לכל הצתה. ההצתה נורמת להתאיידות האלקטרודות של הנורה, המביאה במשך הזמן להרס הנורה ולקיצור חייה.

איור 4 מתאר את משך החיים של הנורה כתלות במספר ההצתות, כאשר ציוד העזר הוא נטל רגיל (קונוונציונלי).

בהתייחס לאיור 4, משך חיי הנורה הפלואורנית הקומפקטית מתקצר במוצע למחצית (4,000 שעות) מסיבב ל-25,000 הצתות.

לפיכך, רצוי להימנע משימוש בנורות אלה במקומות שבהם תדירות ההצתות גבוהה או משך ההדלקה קצר יחסית, כגון: חדר שיזורים, מאחסן, מזוזה וכו'.

העזר הוא בא נפרד מהנורה, כדוגמת "אריזין" מתוצרת תעשיית אבורי חשמל, עין השופט (איור 3).

במקרה זה, הנורה וציוד העזר הם שני חלקים נפרדים (בדומה למערכת תאורה פלואורנית רגילה), ולכן כאשר הנורה נשרפת, מחליפים את הנורה בלבד: ציוד העזר מוסיף לעבוד עם הנורה החדשה. ראוי לציין, שבדרך כלל משך החיים של ציוד העזר הוא כ-40,000 שעות, ואילו משך חיי הנורה הוא כ-8,000 שעות.

משך החיים של נורה פלואורנית קומפקטית

משך החיים של נורה פלואורנית קומפקטית, בדומה לנורה פלואורנית רגילה, תלוי במספר

היתרונות הטכניים והכלכליים של נורות פלואורניות קומפקטיות בהשוואה לנורות ליבון, הביאו לשימוש הולך וגובר בהן במיתקני תאורה חדשים וישנים, בעיקר במינור המסחרי והציבורי בארץ. השימוש בנורות אלה במינור הביתי מוגבל עדיין עקב חוסר מודעות הצרכנים ליתרונותיהן.

חלופות אפשריות להחלפת נורות ליבון בנורות פלואורניות קומפקטיות

קיימות שתי אפשרויות להחלפת נורות ליבון בנורות פלואורניות קומפקטיות תואמות עם כיפה מתוכנת מסוג E27 (המתאימה לבתי נורה רגילים).

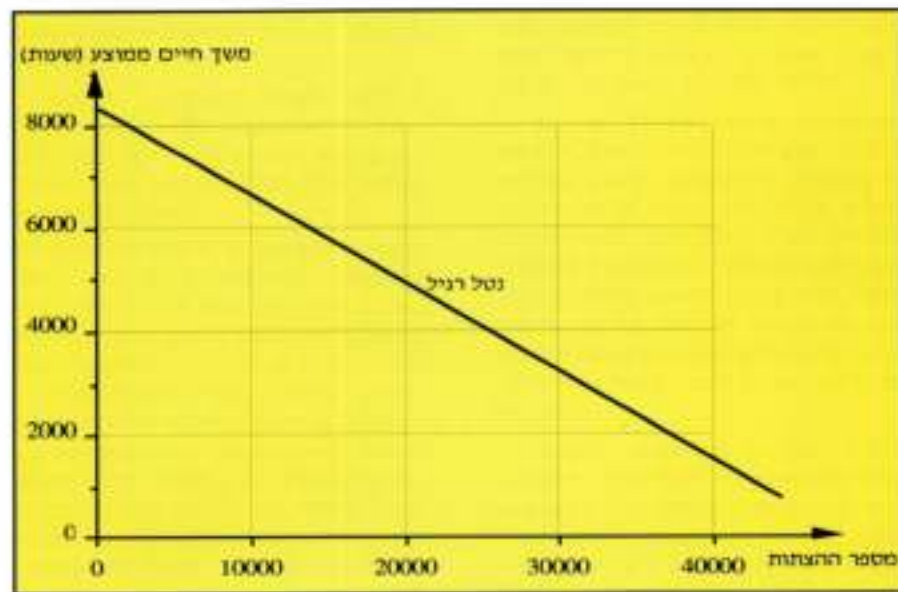
א. החלפת נורת הליבון בנורה פלואורנית קומפקטית, הכוללת ציוד עזר כחלק אינטגרלי של הנורה, כדוגמת נורות SL ו-PLC מתוצרת פיליפס או DULUX EE מתוצרת אוסרם (איור 2). במקרה זה, כאשר הנורה "נשרפת", יש להחליף את הנורה כולל ציוד העזר שלה, אם כי ציוד העזר עדיין תקין.

ב. החלפת נורת הליבון בנורה פלואורנית קומפקטית וציוד עזר בהתאם, כאשר ציוד



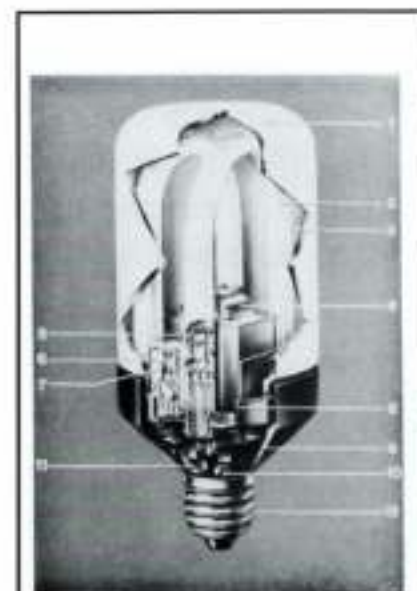
איור 3

נורות פלואורניות קומפקטיות עם ציוד עזר (מתאם) נפרד מתוצרת הארץ



איור 4

משך חיים ממוצע כתלות במספר ההצתות



מקרא:

1. מיכל חימוני
2. שטופרת מריקה
3. שכבה פלואורנית
4. נטל
5. אלקטרודה
6. דו מתכת
7. מודק
8. משטח הרכבה
9. מיכל ציוד עזר
10. מתקן תרמי
11. קבל
12. כיפת הנורה

איור 2

נורה פלואורנית קומפקטית הכוללת ציוד עזר כחלק אינטגרלי של הנורה

טבלה 2
הוצאות השימוש בשני התקני תאורה, בעלי שטף אור דומה,
למשך מחזור חיים של 8,000 שעות

תאורה בעזרת נורה פלואורנית קומפקטית	תאורה בעזרת נורת ליבון	הנושא
900	900	שטף אור (לומן)
$18 = 5 \text{ (נטל)} + 13 \text{ (נורה)}$	75	P – הספק הנורה + הפסדי הנטל (ואט)
8,000	1,000	L – משך חיי הנורה (שעות)
27	3.5	A – מחיר הנורה (ש"ח)
$7 = 35 \cdot (8,000 / 40,000)$	0	B – עלות ציוד הנור ל-8,000 שעות הפעלה (ש"ח)
$34 = 27 + 7$	$28 = 8 \cdot 3.5$	C – עלות הציוד (נורות + ציוד העזר) למשך 8,000 שעות הפעלה (ש"ח)
0.2	0.2	D – מחיר החשמל לקוטייש (ש"ח)
29	120	E – הוצאות לחשמל למשך 8,000 שעות הפעלה (ש"ח)
$63 = 34 + 29$	$148 = 28 + 120$	W – עלות מחזור החיים (C+E) (ש"ח)

היבטים כלכליים

ההוצאות עבור השימוש בחשמל מרות גורם מכריע ביחס לכלל ההוצאות של מערכת התאורה ועלויות להגיע עד כדי 80-90 אחוז מכלל ההוצאות. יתרה מזו, היות שהאנרגיה המושקעת בתאורה הופכת בסופו של דבר לחום, הקטנה בצריכת החשמל לתאורת מנים גורמת גם להקטנה נוספת ובשיעור ניכר של צריכת החשמל למיזוג האוויר. אולם בעונת החורף, החום הנפלט ממערכת התאורה עוזר לחימום המבנה.

חיסכון של 1 ואט/מ"ר בתאורה גורם לחיסכון של לפחות 1.25 ואט/מ"ר במבנים המקוררים על ידי מוגנים. זהו גורם חשוב שיש להתייחס אליו בכובד ראש בארץ חמה כישראל.

המדד המציאותי וההגיוני ביותר להשוואה כלכלית בין תאורת ליבון ובין תאורה המפיקת מנרה פלואורנית קומפקטית הוא עלות מחזור החיים (Life-Cycle Cost). השוואה כלכלית על בסיס העלות הראשונית בלבד מוטעית לחלוטין, מאחר שאין היא מביאה בחשבון את כל ההוצאות.

התועלת לצרכן

להלן מפורט חישוב התועלת לצרכן כתוצאה משימוש בנורה פלואורנית קומפקטית בהספק של 13 ואט במקום נורת ליבון תואמת רגילה שהספקה 75 ואט. החישוב נעשה לגבי נורה פלואורנית קומפקטית שציוד העזר שלה נפרד מהנורה. כאמור, מחיר הנורה שציוד העזר הוא חלק אינטגרלי ממנה יקר יותר לצרכן בארץ מאשר נורה עם ציוד עזר נפרד. לשם פשטות החישוב נתחשב רק בתועלת הנובעת מחיסכון בהוצאות החשמל לתאורה ונתעלם משאר התועלות, שגם הן חשובות כשלעצמן.

בטבלה 2 מובאות הוצאות השימוש בנורת ליבון בעלת הספק של 75 ואט בהשוואה לנורה פלואורנית קומפקטית תואמת בעלת שטף אור דומה, למשך מחזור חיים של 8,000 שעות.

בתייחס לטבלה זו, התועלת הכספית לצרכן למשך 8,000 שעות תאורה מסתכמת לכל הפחות ב-85 ש"ח (85=63-148). אם התאורה תפעל במשך 3,000 שעות בשנה, התועלת המיוערת לצרכן תהיה כ-32 ש"ח (32=3,000/8,000 * 85). החיסכון הכספי ויתרוטת רבים אחרים הנובעים משימוש בנורות פלואורניות קומפקטיות, לרבות תחזוקה קלה, הקטנת צריכת החשמל לקירור המבנה, הפחתה בסינוור וכו', ידועים היטב במינוח המסחרי. ואכן, השימוש בנורות אלה כתחליף יעיל לנורות הליבון הובזינות נפוץ לאחרונה ביותר במיתקני תאורה ישנים וחדשים במינוח ההמסחרי, במיוחד בבתי מלון ובבתי הארחה.

סיכום

לאור עדיפותה הטכנית והכלכלית של הנורה הפלואורנית הקומפקטית על פני נורת הליבון הרגילה, לא יעבור זמן רב עד אשר תדחק נורה זו את נורת הליבון לקרן זווית.

נציין שמחירן הגבוה של נורות פלואורניות קומפקטיות נובע בחלקו הגדול מהמיסוי הגבוה המוטל עליהן. חברת החשמל פנתה לגורמים האחראיים לנשוא הקטנת המיסוי, אך לצערנו, עדיין ללא תוצאות.

מבחינת המשק הלאומי, פוטנציאל החיסכון למשק החשמל, כתוצאה ממעבר לשימוש בנורות פלואורניות קומפקטיות במקום נורות ליבון, הוא כ-450 מיליון קוטייש בשנה, אשר לצורך ייצור החשמל להפעלת נדרשים מעל ל-100,000 טונות מוט שיעולתו למשק כעשרה מיליון דולר בשנה. השימוש בנורות אלה עשוי להקטין את שיא הביקוש בעונת החורף בכ-200 מגואט, שהוא שווה ערך להספק הכולל של שתי טורבינות בנ תעשייתיות.

מבחינה אקולוגית השימוש בנורה פלואורנית קומפקטית, שהספקה הכולל 18 ואט ומשך חייה 10,000 שעות במקום נורת ליבון תואמת בהספק של 75 ואט, מביא לחיסכון של 350 ק"ג בשריפת פחם לייצור החשמל, וכתוצאה מכך כ-730 ק"ג דו תחמוצת פחמן ו-8 ק"ג דו תחמוצת נופרית לא ייפלטו לאטמוספירה.

הכנס המקצועי
השנתי ה-9
של העוסקים בתחום
החשמל בישראל

הכנס המקצועי השנתי ה-9 של העוסקים בתחום החשמל בישראל יתקיים ב-12 במאי 1992, ויערך גם הפעם במרכז הקונגרסים בתל אביב.

במקביל לכנס תיערך במקום בשנה זו תערוכת החשמל השנתית המאורגנת על ידי צוות שטיר.

פרטים מלאים על נושאי ההרצאות, המרצים, לוח הזמנים המדוייק וסדרי ההרשמה יפורסמו ב"התקע המצדיע" מס' 50.

אבטחת מקום העבודה במיתקנים וברשתות מתח נמוך

אינג' יוסף צדוק

עבודה בטוחה מבחינה חשמלית במיתקנים וברשתות מתח נמוך מחייבת ביצוע הפעולות הבאות*:

- הפסקה.
- אבטחה בפני חיבור חוזר למתח.
- בחינה ודאית של העדר מתח.
- כיסויים ומחיצות הפרדה לחלקים סמוכים אחרים אשר תחת מתח.
- התקנת מקצרים.

מאמר זה מתאר את הפעולות הנחוצות לעבודה בטוחה מבחינה חשמלית במיתקנים וברשתות מתח נמוך וגם מטפל בהרחבה בשלושה אמצעים לקיצור ולהארכה של מיתקנים ורשתות מתח נמוך.

הנאמר במאמר זה מבוסס על הוראות הבטיחות הנהוגות בחברת החשמל, על התקן הגרמני VDE 105, ועל תקנות הבטיחות בעבודה (חשמל) התשי"ן – 1990**.

בשלב תיכנון והקמה של מיתקנים ורשתות חשמל יש לתת את הדעת לשיטות קיצור והארכה זמניות. במקרים מסויימים יש להכין ולהרכיב אמצעים מתאימים במיתקנים ובלוחות חשמל, כדי לאפשר את התקנת המקצרים בעתיד.

שיטה חתך של כבל המקצר ייבחר בהתאם לעוצמת זרם הקצר היכול להתפתח במיתקן החשמלי.

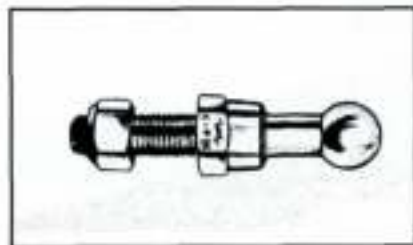
כבל המקצר, המיועד להתקנה בין שתי נקודות חיבור, יהיה ארוך ב-20 אחוז מהמרחק בין שתי הנקודות.

להלן שלושה סוגים של מקצרים המיועדים למיתקנים ורשתות מתח נמוך:

- מקצר כדורי.
- מקצר דמוי טניס.
- מקצר לרשת חיצונית גלוייה.

מקצר כדורי

מקצר זה מיועד בעיקר לקיצור פסי צבירה בלוחות מתח נמוך. כדי להשתמש במקצר מסוג זה צריך להתקין, בזמן תיכנון לוחות החשמל והתקנתם, בורג עם ראש כדורי (איור 1) על פסי הצבירה או על קצות הכבלים.



איור 1
בורג עם ראש כדורי

בחינה ודאית של העדר מתח

בחינת העדר מתח תיעשה בכל הקטבים והמוליכים במקום העבודה, על ידי בוחן מתח המיועד לכך.

חובה לבדוק העדר מתח לפני התקנת המקצרים.

כיסויים ומחיצות הפרדה

כאשר קיימת אפשרות סבירה שעובד יקרב חלק מגופו או כלי שבידו למוליכים חיים, סמוך למקום העבודה, שאותם לא ניתן להפסיק מסיבות שונות, יש להתקין מחיצות או כיסויים מבודדים אשר יהוו חיץ בין העובד והכלי שבידו ובין המוליך החי. ההתייחסות אל מוליך האפס תהיה כאל מוליך חי.

התקנת מקצרים

עבודה בטוחה, מבחינה חשמלית, במיתקנים וברשתות מופסקים ומנותקים ממתח מחייבת התקנת מקצרים להארכה זמנית של המוליכים.

קיצור המוליכים במיתקני מתח נמוך והארכתם הזמנית נחוץ לצורך ביצוע עבודות תחזוקה, שיפורים או הרחבה של מיתקני חשמל.

מקצרים הם התקנים המיועדים לחבר במתכוון בין מוליכי מעגל מופסק ומנותק ובין ההארכה.

המקצרים צריכים להיות גלויים לעיני העובדים.

כאשר מהות העבודה מחייבת ניתוק רציפות המוליכים שעליהם מותקנים מקצרים, יש להקפיד על כך שלמני ביצוע הפסק במוליכים יהיו מותקנים מקצרים משני צידי הפסק.

הפסקה

כדי לשחרר ממתח מיתקנים ורשתות שצריכים לעבוד עליהם, חובה להפסיק אותם מכל מקור מתח היכול להזין אותם לרשת חברת החשמל, נגרטור לשעת חירום, נגרטור נייד וכו'.

אבטחה בפני חיבור חוזר

מיתקנים ורשתות שהופסקו יש להבטיח מפני חיבור חוזר של מפסקי זרם ומנתקים שבאמצעותם בוצעה ההפסקה. במפסקים עם הפעלה ידנית יש לפרק את האמצעים המכנייים להפעלתם או להבטיחם מפני חיבור חוזר באמצעות מנגולים מיוחדים.

כאשר הציוד הקיים אינו מאפשר גילוח, יש להבטיח באופן אחר את ניתוק המתח ואי חיבורו עד לסיום העבודה.

כאשר מפסק זרם המזין את מקום העבודה מופעל על ידי פיקוד מרחוק יש להבטיח שלא יחובר בזמן ביצוע העבודות במיתקן החשמלי.

כמו כן צריך להתקין על ידיית או אמצעי הפעלה של מפסקים וציוד פיקוד למפסקים, אשר בהפעלתם ניתן לחבר מתח למיתקן שעובדים עליו. שלטים ברורים ויציבים האיסורים על חיבורם.

* המאמר אינו מתייחס לעבודה במיתקנים חשמליים חיים בהתאם לחוק החשמל.

** תקנות הבטיחות בעבודה (חשמל) התשי"ן – 1990, ק"ת 409 נכילים במסגרת מקודת הבטיחות בעבודה והוכנו על ידי ועדה במשרד העבודה בראשותו של אינג' י" קמר.

י" צדוק – סגן מנהל מחלקת בטיחות ארצית, אגף ארגון ובטחון, חברת החשמל

המקצרים מותקנים בבסיסים של נתיכים מטיפוס DIN. התקנת מהדק המופע בתוך בסיס הנתיך מתבצעת באמצעות ידית שליפה עם שרוול (איור 6). החלק המוליך של מהדק המופע מתקשר לקצה הכבל המיועד לקיצור.



איור 6
ידית שליפה עם שרוול

ניתן להוסיף מהדקי מופע בגדלים שונים, בהתאם לגודל הנתיכים הקיימים במערכת החשמל.

איור 7 מציג מערכת מקצרים דמויי נתיך המתקנת בלוח מתח נמוך.

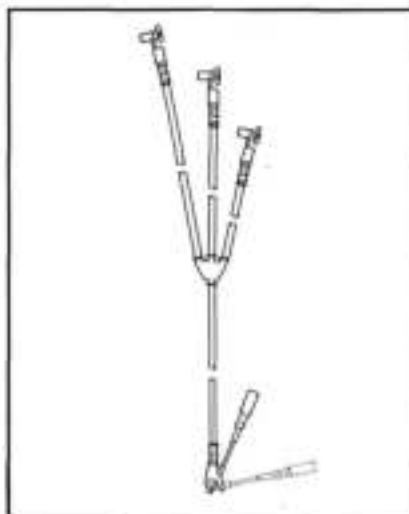


איור 7
מערכת מקצרים דמויי נתיך המתקנת בלוח מתח נמוך

מקצר דמוי נתיך

מקצר זה מיועד בעיקר לקיצור קצות הכבלים. בדומה למקצר הכדור, מערכת המקצרים דמויי הנתיך (איור 4) כוללת את המרכיבים הבאים:

- כבל בצורת מולג – שלושה כבלים כאורכים מתאימים לחיבור שלושה מופעים, וכבל לחיבור פס האפס וההארקה.
- מהדק למופע.
- מהדק לפס האפס וההארקה.



איור 4
מערכת מקצרים דמויי נתיך

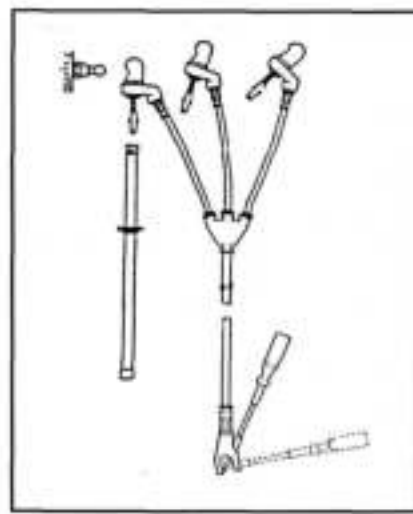
צורתו החיצונית של מהדק המופע (איור 5) זהה לצורת נתיך כנייג (כושר ניתוק גבוה HRC) מטיפוס DIN. כאשר יסכין אחד עשוי מחומר מבודד והיסכין השני עשוי מחומר מוליך. במרכז הנוף של מהדק המופע קיים נקב עם הברגה, המשמש לחיבור כבל המקצר ל"סכין" המוליך.



איור 5
מהדק דמויי נתיך למופע
וחיבור הכבל המקצר לסכין המוליך

מערכת מקצרים כדוריים (איור 2) כוללת את המרכיבים הבאים:

- כבל בצורת מולג – שלושה כבלים כאורכים מתאימים לחיבור שלושה מופעים, וכבל לחיבור פס האפס וההארקה.
 - מהדק למופע.
 - מהדק לפס האפס וההארקה.
 - מוט הפעלה לחיזוק מהדקי המופע.
- התקנה והסרה של מהדק המופע נעשית בעזרת מוט הפעלה העשוי מחומר מבודד.



איור 2
מערכת מקצרים כדוריים

איור 3 מציג מערכת מקצרים כדוריים המתקנת בלוח מתח נמוך.



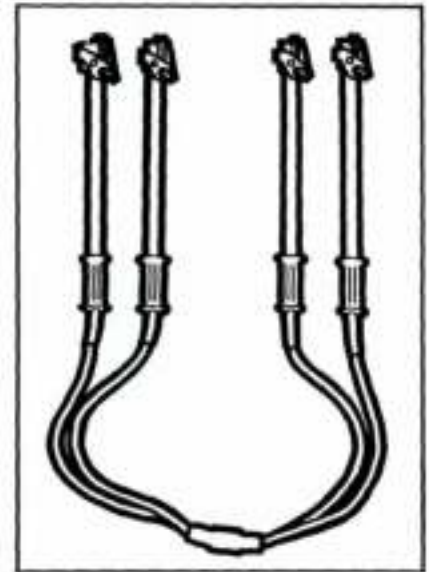
איור 3
מערכת מקצרים כדוריים המתקנת בלוח מתח נמוך

מקצר לרשת חיצונית גלויה

מקצר זה בנוי מארבעה מוטות, או יותר, עם מהדקים לחיבור מהיר לרשת גלויה חיצונית, וכבלים המחברים את כל המהדקים ביחד (איור 8).

איור 9 מציג התקנת מקצר ברשת חיצונית גלויה.

בגלל מימרט אחד לבניית רשתות מתח נמוך, נהוג בחברת החשמל להשתמש במקצר בעל שני מוטות, ועל כל מוט מותקנות שלוש לסתות לחיבור מהיר למוליכי רשת (איור 10).

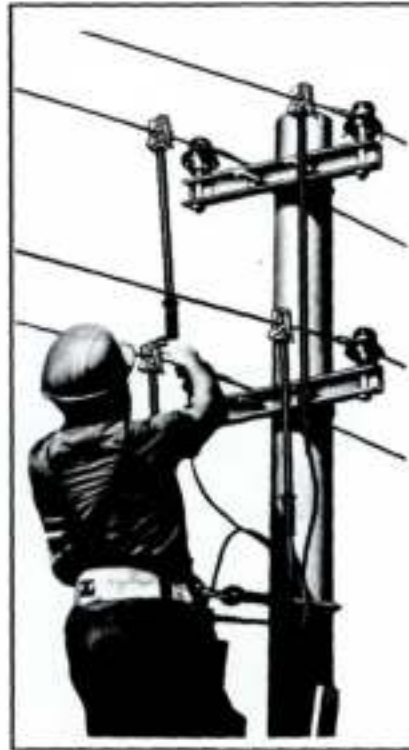


איור 8
מקצר לרשת מתח נמוך עילית

סיכום

במאמר זה ניסינו להגביר את מודעות המתכנן והחשמלאי לבני שיטות הקיצור לצורך ביצוע עבודה בטוחה במיתקני מתח נמוך.

בוטן תיכנן מיתקן חשמלי יש לתת את הדעת לנושא שיטת קיצור המיתקן לשם ביצוע



איור 9
התקנת מקצר ברשת עילית

עבודות בעתיד, ובמידת הצורך להתקין אמצעים מתאימים לקיצור.

כאשר מתוכננת שיטת קיצור למיתקן חשמלי, יש להדריך את כל החשמלאים המוסמכים לטפל במיתקן החשמלי בנושא שיטת הקיצור ושיטת התקנת המקצרים. כמו כן יש לוודא שהמקצרים המתאימים יהיו בהישג ידם של החשמלאים



איור 10
מקצר מתח נמוך לרשת חיצונית
שנשימוש בחברת החשמל

אינג' ויקטור זיס ז"ל



ב־7.11.91 נפטר בטרם עת (61) המהנדס ויקטור זיס שהיה עד יום מותו מנהל ענייני החשמל במשרד האנרגיה והתשתית, תפקיד בו כיהן מאז 1982. ויקטור היה מוכר כאישיות מרכזית בקהילת אנשי מקצוע החשמל לאור פעילותו רבת השנים גם בתפקידיו הקודמים כמפקח חשמל במשרד הפיתוח (מ־1960) וכמגן מנהל ענייני החשמל (מ־1972).

היווה סמכות מיקצועית בנושא תקנות החשמל והיה חבר מרכזי בוועדת ההוראות, בוועדת הפירושים, בוועדה המרכזית לחשמל (מת"י) ובוועדות תקינה רבות.

פעל מטעם משרד האנרגיה והתשתית בתיאום עם חברת החשמל בנושא זכויות מעבר. בנושאים הליכתיים פתר בתחום זה בעיות רבות שנבעו מהצורך לבנות קווי חשמל בשטחים פרטיים. עסק בחקר תאונות חשמל וחישובים ושימש נציג המשרד בוועדות חקירה ובוועדות מקצועיות אחרות שדנו בנושאים קונסטרוקטיביים הקשורים במערכת החשמל בארץ.

היה קמ"ט חשמל ברמת הגולן ובדרום לבנון, שם פעל לאחר מלחמת של"ג לשיקום המערכת שנהרסה.

לחברי קהילת "התקע המצדיע" היה דמות מוכרת. פירסם עשרות מאמרים מקצועיים בעיקר בנושאי בטיחות וחישובים. השתתף בכל הכנסים המקצועיים השנתיים ובעשרות מפגשי מועדון "התקע המצדיע" בכל אזורי הארץ.

יהי זכרו ברוך!

שילוב מצברים במערכת החשמל

ד"ר דניאל קוטיק

מערכת ייצור חשמל צריכה להבטיח שבכל רגע ורגע יתקיים איזון בין ייצור חשמל ובין ביקוש לחשמל. חוסר איזון בין צריכת החשמל ובין ההספק המיוצר על ידי חברת החשמל בא לידי ביטוי בשינויי תדר. אחת הדרכים להתמודד עם הבעיה היא לשלב במערכת החשמל אמצעי אגירת אנרגיה, שייטענו או יתפרקו לסירוגין בהתאם לצורך.

אמצעי אגירת האנרגיה הנמצאים בבדיקת כדאיות טכנית וכלכלית בחברת החשמל הם:

- אגירה שאובה.
- אגירת אוויר דחוס.
- אגירת אנרגיה במצברים.

מטרת המאמר היא לסקור את התועלות הצפויות משילוב מיתקן מצברים לאגירת אנרגיה במערכת החשמל בישראל, לתאר את מיתקני הניסוי העיקריים הקיימים בעולם, ולהציג תמונת מצב בנושא שילוב מיתקן מצברים במערכת החשמל בישראל.

עתודה מיידית/תחליף לעתודה סובבת בתחנות הכוח

מיתקני מצברים לאגירת אנרגיה מתאימים לספק עתודה מיידית למערכת ייצור החשמל. עתודה מיידית במערכת ייצור החשמל נדרשת בעת הפסקות מאולצות של יחידות ייצור או בעת התחברות צרכנים גדולים לרשת החשמל. מיתקן מצברים לאגירת אנרגיה המיועד לעתודה מיידית ישחרר את יחידות ייצור החשמל (המספקות, בדרך כלל, גם את העתודה הסובבת ולכן הן מוגבלות בהספקן) לפעול בהספק מלא בנקודת עבודה יעילה יותר מבחינת צריכת הדלק הסגולית.

העובדה שמערכת החשמל בישראל קטנה ומבודדת מרשתות החשמל של המדינות השכנות מתבטאת באמינות נמוכה יחסית של אספקת חשמל לצרכנים, לעומת מערכות חשמל גדולות ומקושרות.

יחסית המתרחשות במערכת ייצור החשמל, לדוגמה, בעת הפסקת דחק של יחידות ייצור גדולה.

שימושים דינמיים במיתקני מצברים לאגירת אנרגיה מנצלים בעיקר את אחת התכונות המיוחדות מיתקני אגירת אנרגיה – תגובה מהירה. זמן התגובה של מיתקן מצברים לאגירת אנרגיה עשוי להגיע עד כדי מספר עשרות מילישניות.

שימושים דינמיים חשובים במיוחד במערכות חשמל קטנות ומבודדות כדוגמת מערכת החשמל בישראל.

השימושים הדינמיים העיקרים במיתקני מצברים לאגירת אנרגיה הם:

- עתודה מיידית/תחליף לעתודה סובבת בתחנות הכוח.
- ויסות שטח-תדר.
- עתודה בעת עליית ביקוש מהירה ולמשל, בשעות הבוקר.

שימוש במיתקני מצברים לצורך אגירת אנרגיה

כשנים האחרונות חלה התפתחות בתחום המצברים, במערכות ההמרה (מתח ישר למתח חילופין ולהיפך) ובמערכות הבקרה שלהם.

התפתחויות אלה עשויות לשפר את הכדאיות לבניית מיתקני מצברים לאגירת אנרגיה.

למיתקני מצברים לאגירת אנרגיה, המשולבים במערכת החשמל, קיימים שני סוגים של שימושים:

- שימושים דינמיים.
- שימושים סטטיים.

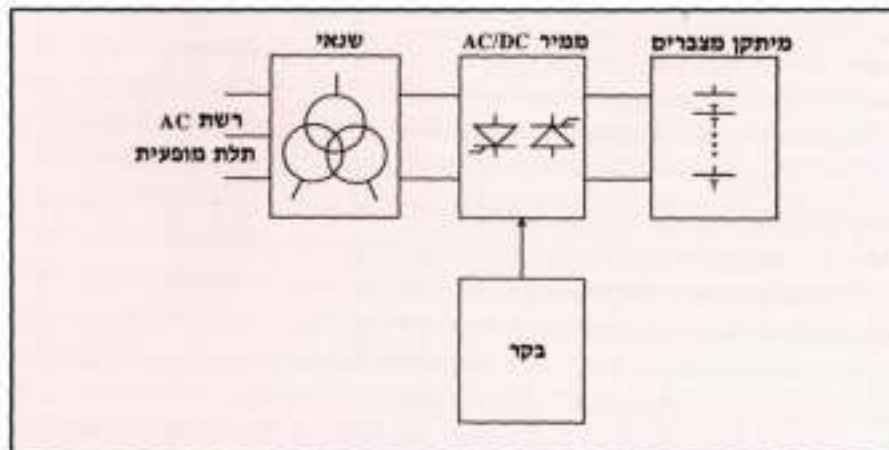
התכונות המיוחדות המאפיינות מיתקן מצברים לאגירת אנרגיה הן:

- זמן תגובה קצר.
- מדולריות וזמן הקמה קצר.
- אין פגיעה באיכות הסביבה.
- אין צורך באתרים מיוחדים.
- אחזקה נוחה וזולה.
- הסתברות נמוכה לתקלות.

איור 1 מציג תיאור סכמטי של מיתקן מצברים לאגירת אנרגיה.

שימושים דינמיים

שימושים אלה הם לצורך אגירת אנרגיה למספר דקות במטרה לקזז תופעות מהירות



איור 1
תיאור סכמטי של מיתקן מצברים לאגירת אנרגיה

ד"ר קוטיק – מחלקת פיתוח ומחקר אגילטי, אגף מחקר ופיתוח, חברת החשמל

הפעלת מיתקן מצברים לאגירת אנרגיה עשויה לשפר את אמינות האספקה כתוצאה מהקטנת היקף השלות העומסים בעקבות הפסקות מאולצות של יחידות ייצור, והקטנת מספר ו"יעומק" חריגות התדר מהערכים שנקבעו עבור תנאי תיפועל רגילים.

ויסות עומס-תדר

במצב תיפועל רגיל של מערכת החשמל, הביקוש אינו קבוע וחלים בו שינויים אקראיים מהירים (עקב מיתוג צרכנים והפעלת עומסים לא רציפים, כגון תנורי קשת). שינויים אלה גורמים לשינויי תדר, הפעלת מיתקן מצברים לאגירת אנרגיה עשויה לסמן שינויים אלה.

בחברת החשמל נערכה בדיקה ראשונית לבירור השפעת מיתקן מצברים על ויסות עומס-תדר. בגלל העובדה שמערכת החשמל בישראל קטנה יחסית ומבודדת, השפעת שינויי הביקושים המהירים על התדר גדולה יחסית.

כיום, כל שינוי בהספק הנדרש על ידי הצרכנים מסופק על ידי יחידות הייצור ולכן הספקן אינו קבוע.

העקומות באיור 2 מתארות את השתנות העומס והתדר במערכת החשמל כמשך כחצי שעה, כפי שנמדדה במרכז הפיקוח הארצי.

מהתבוננות בעקומת שינוי העומס במערכת החשמל עולה, שהשינויים החריפים ביותר הם בסדר גודל של כ-30 מגואט, תנודות התדר, הנובעות משינויי הספק אלה, הן בסדר גודל של כ-0.05 הרץ.

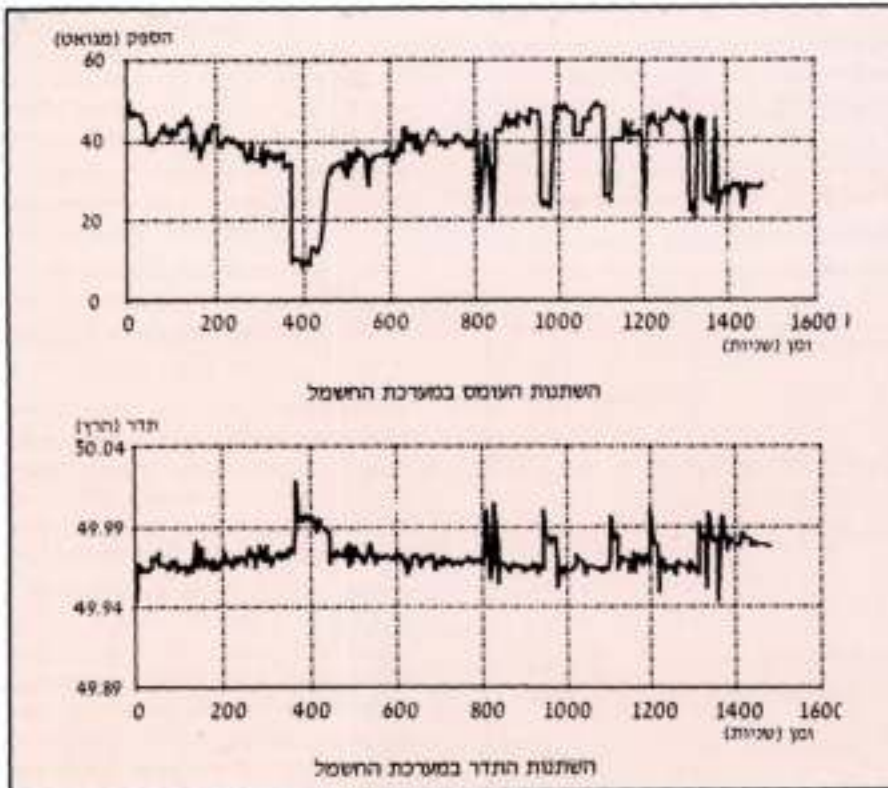
לשם בחינת ההשפעה שתהיה למיתקן מצברים על ויסות התדר, נבנה מודל של מערכת החשמל, הכולל גם מצבר של 30 מגואט. באיור 3 מוצגות תוצאות הדמיה סימולטית של המודל בתנאים זהים לאלה שהוצגו באיור 2.

מאחר שמהירות התגובה של מיתקן המצברים עולה על זו של יחידות הייצור, הספק מיתקן המצברים יעקוב אחר שינוי העומס ויחידות הייצור יגיבו רק באופן מתון. העקומה באיור 4 מציגה את תגובת המצבר בתנאים זהים לאלה שהוצגו באיור 2.

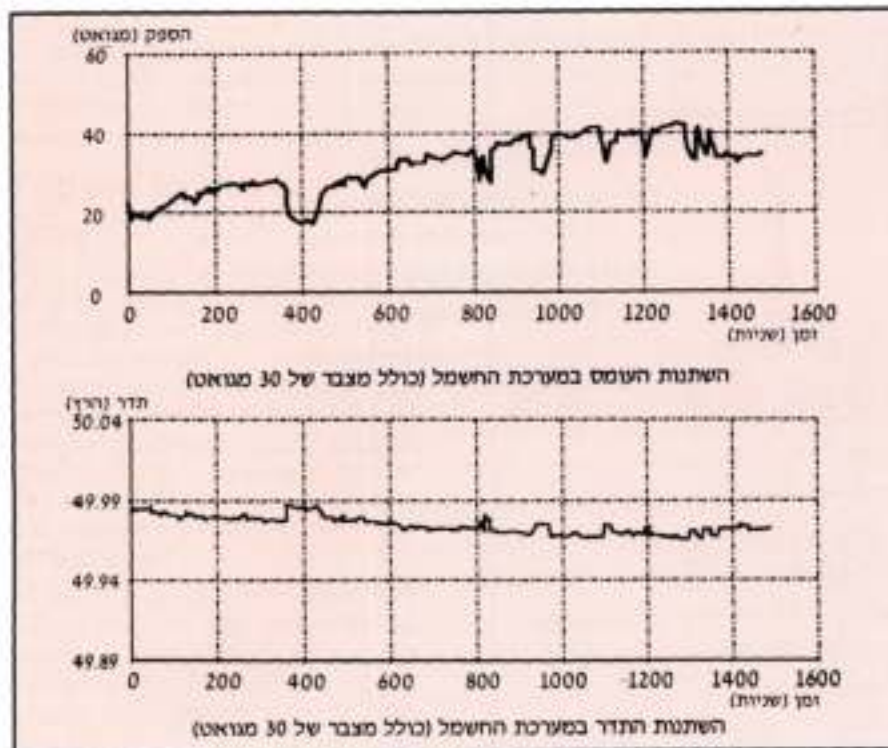
עתודה בעת עליית ביקוש מהירה (למשל בשעות הבוקר)

שעות הבוקר מאופיינות בעלייה מהירה בביקוש לחשמל. במערכת חשמל שאינה כוללת מיתקן אנרגיה, ביקוש זה מסופק על ידי יחידות הייצור. לעיתים, יחידות הייצור מתקשות לעקוב במהירות מתאימה אחר שינויים אלה.

מיתקן מצברים מסוגל לעקוב אחר שינויי ביקוש מהירים מאוד, ולכן הוא מתאים לשימוש זה.



איור 2
השתנות העומס והתדר במערכת החשמל



איור 3
השתנות העומס והתדר במודל של מערכת החשמל (כולל מצבר של 30 מגואט)

שימושים סטטיים

שימושים אלה הם לצורך אגירת אנרגיה למספר שעות וטועדו להשפיע על עקומת הייצור היומית.

במערכות חשמל גדולות ומקושרות מנצלים בעיקר את השימושים הסטטיים של מיתקני מצברים לאגירת אנרגיה.

השימושים הסטטיים במיתקני מצברים לאגירת אנרגיה הם:

- הקטנת שיאי הייצור היומיים.
- יישור עקומת הייצור היומית.

ההפרש הגדול בין רמות הביקוש בשעות השיא ובשעות השפל מהווה בעיה קשה לחברות החשמל. אחד האמצעים להקטנת ההפרש הוא בניית מיתקני מצברים לאגירת אנרגיה שייטענו בשעות השפל ויתווירו אותה לרשת בשעות שיא הביקוש.

הכדאיות של מיתקני מצברים לאגירת אנרגיה מבוססת על הפרש המחיר בין החשמל הוול כלילה לחשמל היקר המופק ממקורות ייצור יקרים בשעות שיא הביקוש. כיום, כדי להקטין את שיאי הייצור וליישר את עקומת הייצור היומית של החשמל, יש צורך במצבר שזמן הפריקה שלו הוא כמה שעות.

מיתקני מצברים לאגירת אנרגיה בעולם

שני מיתקני המצברים לאגירת אנרגיה הגדולים בעולם נמצאים במערב ברלין, [בקליפורניה]. שני המיתקנים מדגימים את שני תחומי השימוש: דינמי והסטטי.

מיתקני ניסוי לבדיקת היבטים דינמיים

מיתקני הניסוי לבדיקת היבטים דינמיים של מיתקני מצברים לאגירת אנרגיה ממוקם בברלין ופועל החל משנת 1986. מערכת החשמל בברלין היתה עד לאחרונה מבודדת מרשתות החשמל השכנות. המצבר שהוקם בברלין יועד לעתודה מיידית ולוויסות עומס-תדר. המצבר מסוגל לספק ± 8.5 מגואט במשך 30 דקות או 17 מגואט במשך 15 דקות. עלות הקמת המיתקן הסתכמה בכ-12 מיליון דולר. נתוני מיתקני המצברים ושרטוט סכמטי שלו מוצגים באיור 5.

באיור 6 מוצגת הדמיה של הפסקה מאולצת של יחידת ייצור בהספק של 214 מגואט, ההספק הכולל של מערכת החשמל הוא 1,240 מגואט. ניתן להבחין שהפעלת המצבר מקטינה את ירידת התדר בכ-0.4 הרץ.

באיור 7 מוצג שינוי התדר שגרם במערכת החשמל בברלין בזמן הפסקת יחידת

במערכת החשמל במערב ברלין. ניתן להבחין שזמן התגובה של מיתקן זה ארוך מזמן התגובה של מיתקני המצברים.

מיתקני ניסוי לבדיקת היבטים

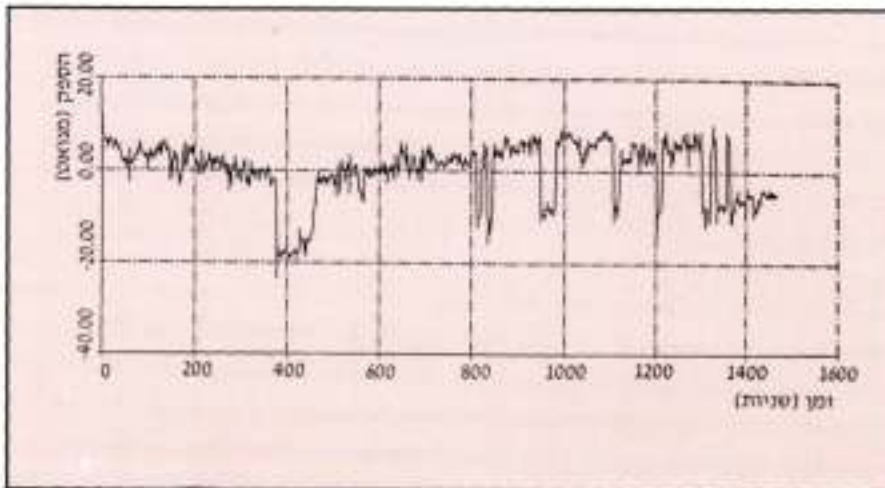
סטטיים

מיתקני הניסוי לבדיקת היבטים הסטטיים של מיתקני מצברים לאגירת אנרגיה ממוקם בקליפורניה (Chico), ארה"ב (איור 8). מיתקני

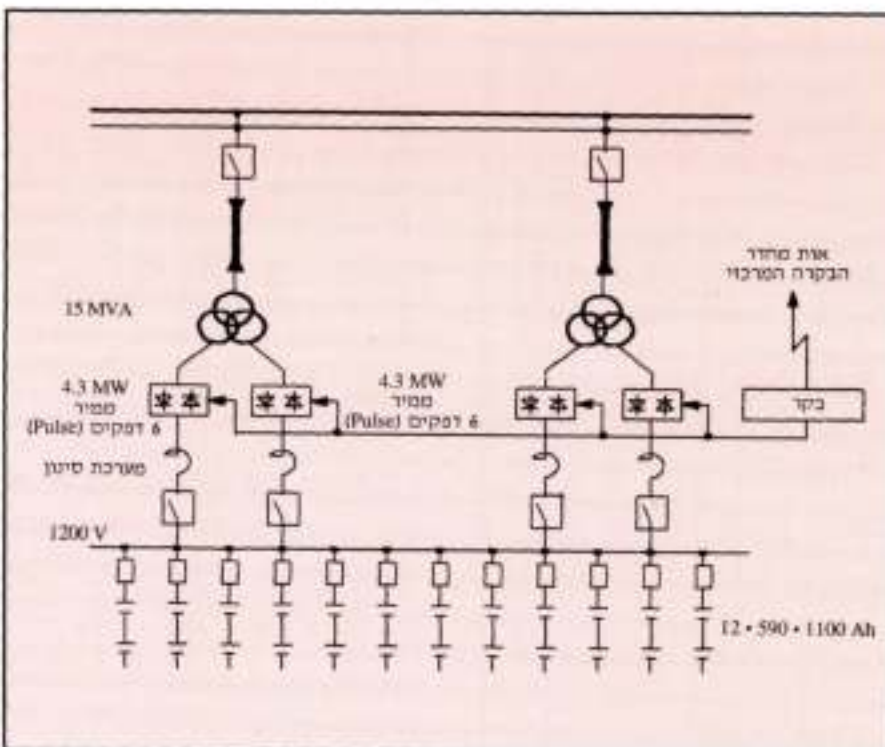
ייצור שייצרה באותו זמן כ-10 אחוז מכלל ההספק. על פי עקרונות מערכת הבקרה של מיתקני המצברים, כאשר התדר מגיע ל-49.7 הרץ, המיתקן עובר מוויסות תדר לעתודה (מהירה 17 מגואט).

הזמן הנחוץ להגלאת ההספק מכ-4 מגואט (טעינה) לכ-17 מגואט (פריקה) הוא כשניה.

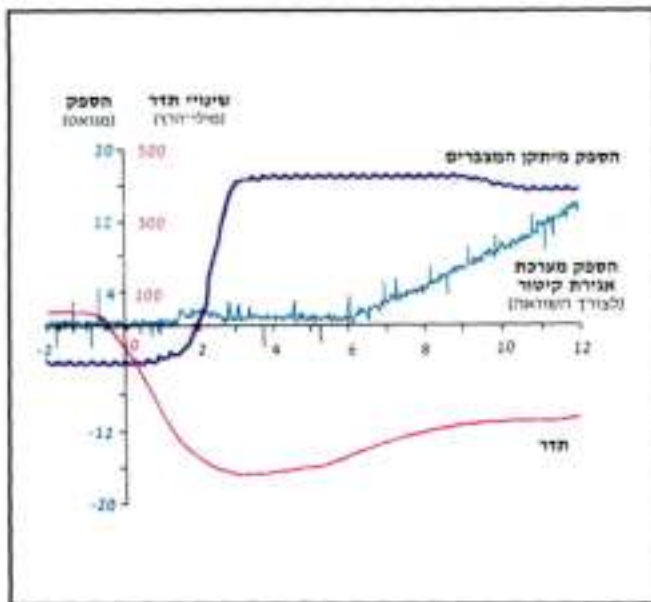
לשם השוואה, מוצגת באיור 7 התגובה של מיתקני אגירת קיטור המשולב גם הוא



איור 4
תגובת המצבר (30 מגואט)

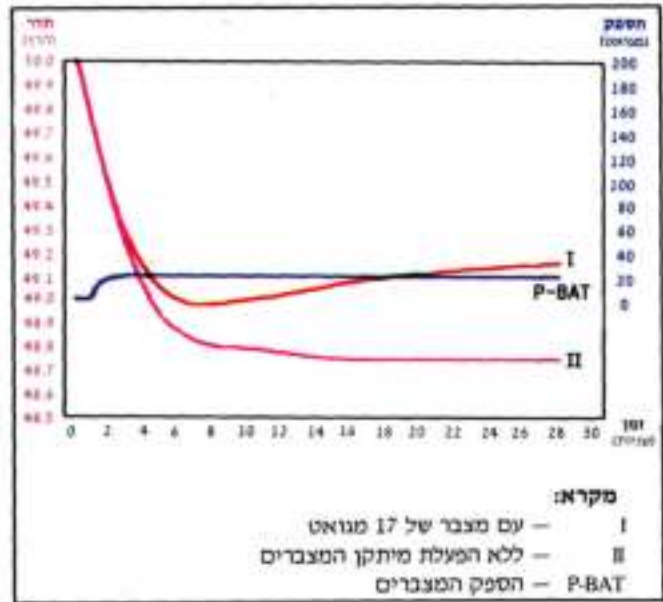


איור 5
נתוני מיתקני המצברים ושרטוט סכמטי של מיתקני המצברים במערב ברלין



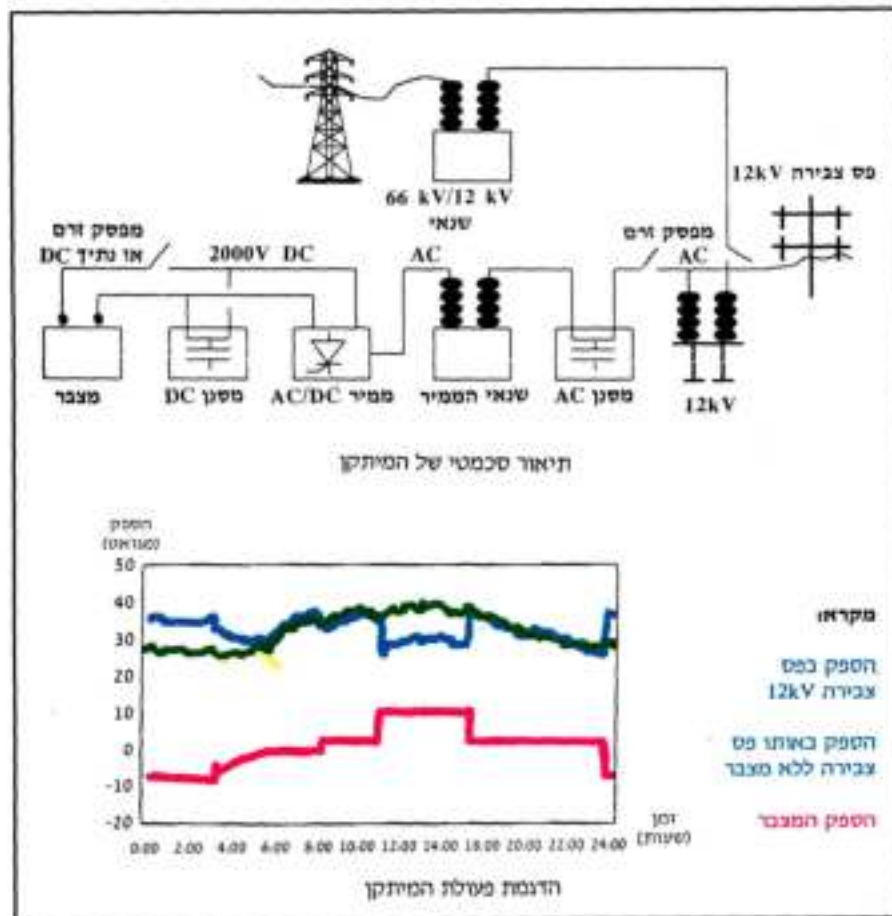
איור 7

תגובת הדר והספק המצבר שנרשמו בעקבות הספקה מאולצת של יחידת ייצור בברלין



איור 6

הדמייה של הספקה מאולצת של יחידת ייצור בברלין בהספק של 214 מגואט



איור 8

מיתקן מצברים להקטנת שיאי ייצור ויישור עקומת הייצור הממוקם בקליפורניה

המצברים מסוגל לספק כ-10 מגואט במשך 4 שעות.

המצברים במיתקן הם מסוג עופרת חומצה. המיתקן מופעל על ידי EPR1 Southern California Edison Company.

סיכום

מיתקני מצברים לאגירת אנרגיה עשויים להשתלב במערכת החשמל בתחום השימושים הדינמיים והסטטיים. השימושים הדינמיים מנצלים את מהירות התגובה הגבוהה של מיתקני המצברים. בתחומים שימושיים אלה מסיפק להשתמש במצברים שזמן הפריקה שלהם קצר יחסית (רבע שעה). השימושים הסטטיים מנצלים גם את כושר מיתקני האגירה לאגור אנרגיה ולהפיקה המיידית כלילה ולהשתמש בה בשעות שיא הביקוש ביום. בתחום שימושים אלה יש להשתמש במצברים שזמן הפריקה שלהם ארוך יחסית (כמה שעות).

נוסף לתחומי השימוש שהוזכרו במאמר, ישנם שימושים רבים נוספים, כגון: בקרת שטח, תיקון מקדם ההספק ושימושים בתחום מערכות המסירה וההשנאה.

מאחר שמערכת החשמל בישראל קטנה יחסית ומבודדת מרשתות החשמל השכנות, התופעות הדינמיות המתרחשות הן משמעותיות. לפיכך, יש חשיבות רבה יותר לשימוש בתכונות הדינמיות של מיתקני מצברים לאגירת אנרגיה, ואכן היבט זה מודגש בבדיקות המבוצעות בחברת החשמל בישראל.

סדרת בולי החשמל בישראל 1921-1991

סדרה של שלושה בולי החשמל הונפקה לרגל הפעלתה המסחרית של היחידה הראשונה בתחנת הכוח "רוטנברג", וחונכתו של "מוליך החשמל הארצי".

בבולים מוצגות שלוש תחנות כוח, המייצגות שלבים שונים בתולדות החשמל בישראל: תחנת הכוח הראשונה בתל אביב (1923), תחנת הכוח בנהריים (1932) ותחנת הכוח "רוטנברג" (1991).

תחנת הכוח הראשונה, תל אביב (1923)

ביוני 1923 נחנכה בתל אביב תחנת דיזל-גנרטורים בהספק של 300 קילוואט. התחנה היתה הראשונה במערכת ייצור החשמל ואספקתו ליישובי ארץ ישראל. הקמתה עוררה תהיות לגבי הצורך בייצור חשמל ביתל אביב הקטנה, אולם עד מהרה החלה תל אביב מתרחבת, ומן התחנה הסתעפו קווי חשמל לרחובות החדשים וליישובים האחרים באזור, כולל יפו הערבית. שטניים לאחר מכן נחנכו תחנות דומות בחיפה ובטבריה.

החשמל תרם תרומה חשובה ביותר להפיכתה של תל אביב למרכז הפעילות והמסחר של היישוב. בחלוף השנים התעורר הצורך להגדיל את כושר ייצור החשמל, ולהבטיח את אספקתו. לשם כך הוקמה תחנת הכוח "ירדינג" היא נבנתה בפאתי תל אביב, מצפון לשפך הירקון, הופעלה ב-1938 והספקה היה 24 מגואט.



תחנת הכוח "ירדן", נהריים (1932)

כשנת 1921 ניתן לפנחס רוטנברג זיכיון בלעדי לייצר חשמל ולספקו בתחומי ארץ ישראל ועבר הירדן. במסגרת זו תוכננה תחנת כוח חדשה הידרו-חשמלית בקירבת מיפגש נהר הירדן ונהר הירמוק, בגדה המזרחית של הירדן. ב-1927 החלה הכשרת הקרקע להקמת התחנה. רוטנברג ביקש לבסס את תחנת הכוח ה זאת על ייצור כוחם של המים להפיק אנרגיה חשמלית.

ב-1932 נחנך המפעל. שנה לאחר מכן נוספה עוד יחידת ייצור, והספקה הכולל של תחנת הכוח "ירדן" בנהריים הגיע ל-18 מגואט. הקמת התחנה, מיתקני העור ושכונת העובדים בסביבתה הבטיחו במשך מספר שנים תעסוקה למאות עובדים, וסייעו ליישובים אחרים בסביבה להתבסס. החשמל שהופק מן התחנה זרם לרשת הארצית, והיישוב נהנה מחוזנו של היוזמן מנהריים.

במלחמת העצמאות תרמה נהריים את חלקה בהגנת האזור, ועל כן הוענק לה אות "נס הקוסמופול" בערב הכרזת המדינה מנו הנשים, הילדים ורוב הלוחמים מן המקום. קומץ מפעילים ועובדים של חברת החשמל נותרו במקום עד לפלישת צבאות ערב. ב-14 במאי 1948 נפלה נהריים, פעילות המפעל פסקה והאנשים שנותרו במקום נפלו בשבי הלגיון הערבי.



תחנת הכוח "רוטנברג", אשקלון (1991)

לאחר נפילתה של תחנת הכוח בנהריים, התמודד משק החשמל עם צריכה הגדלים של מדינת ישראל: קליטת נלי העלייה, מיתוח התעשייה והחקלאות, קידום המסחר והשירותים וטיפול איכות החיים.

הספקה של כל אחת מתחנות הכוח החדשות, שהוקמו כדי לענות על הגידול בצריכה, נמדד במאות מגואט וכולן הופעלו בדלק נוזלי.

לאחר מלחמת יום כיפור החריף הצורך בגיוון מקורות האנרגיה לייצור החשמל, ובהסתתת תלותו של משק החשמל בגודמי חוץ. בתהליך הדרגתי סומשה יוזמתה של חברת החשמל לייצר חשמל מסחם, ולקדם בארץ את תיכנונו וייצורו של הציוד למשק החשמל.

תחנת הכוח הראשונה שייצרה חשמל מסחם היתה "מאור דוד" בחדרה. הספקה היה 1,400 מגואט, 65% מתיכנונה ו-17% מן הציוד המותקן בה נמשך בארץ.

תחנת הכוח "רוטנברג" – המופעלת גם היא בפחם – נקראת על שמו של פנחס רוטנברג, מייסדה של חברת החשמל ומנהלה הראשון, ועל שם אחיו, אברהם רוטנברג, ממשיך דרכו. בתחנה מותקנות שתי יחידות הייצור הגדולות ביותר במשק החשמל בארץ: 550 מגואט – הספק כל אחת מהן. תיכנון התחנה כולה הוא "יחול לבני" ו-22% מן הציוד המותקן בה יוצר בישראל. התחנה הוקמה על ידי חברות בנייה מקומיות, ותרמה לתעסוקתם של מאות עובדים במשך למעלה משש שנים.

כך בלב עם תיבזור מערך ייצור החשמל, תוכנן "מוביל החשמל הארצי" במת"על (400 קילו-וולט). יכולתו "להוליך" כמות אנרגיה חשמלית גדולה מתחנות הכוח אל מרכזי הצריכה הגדולים בארץ, תסייע לחברת החשמל לעמוד בתלות העוברת בחשמל בכל תחומי החיים.

