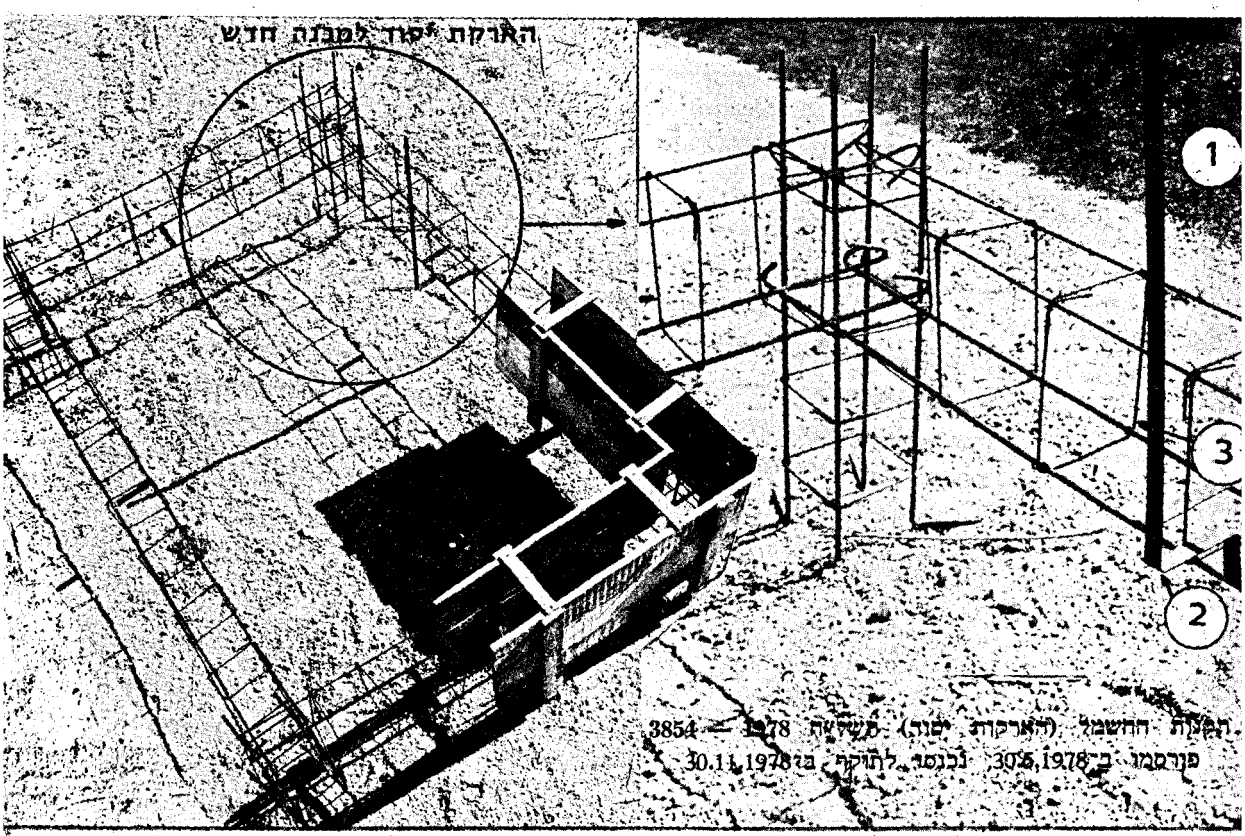
התקע המצדיע

עלון לחשמלאים

בהוצאת חברת החשמל לישראל בע"מ



חברת החשמל (הארקות ים) תשל"ח 1978 — 3854
פורסמו ב-30.6.1978 נכנסו לתוקף ב-30.11.1978

מס' 21 דצמבר 1978

תוכן הענינים

מקדם ההספק — 0.92 3
פעילויות הדרכה בנושא הארקות יסוד 3
מועדון יועצי החשמל 4
פורום עם נציגי החשמלאים 5
הכנס הבינלאומי על כבלים 5
סדרה חדשה של מועדוני „התקע־המצדיע" 5
ימי העיון המרכזיים 5
מכתבים למערכת 6
שיא הביקוש — מהותו, מדידתו והשלכותיו לגבי ייעול משק־החשמל
במתקן הצרכן 7
התנעת מנועים 15
מידע לחשמלאים 20
ציוד חשמלי לשימוש באטמוספירות נפיצות 22
מדור מודעות — שרות פרסומי
הכנס הבינלאומי על כבלים (ספטמבר 1978) — תמצית דעות
המומחים מחו"ל, הערות והארות 23
מצברי ניקל־קדמיום — מצברים לשימושים מקצועיים 28
חזון השלום ופיתוח מערכת החשמל 32
מנועים המשמשים במוצרים ביתיים 33
תוכנית לימודים „השתמש בחשמל בתבונה" 41
חוברת הדרכה על הערכות לייעול וחיסכון במשק החשמל אצל צרכנים . . . 41
קטעים מהדו"ח השנתי של חברת־החשמל לשנת 1977/78 42

העורך:
א. לייטנר

המערכת:
צ. אביתר, י. בלבל, מ. זיסמן,
ל. יבלונובסקי, ז. ספורן, י. פישר,
נ. פלג, ג. פרבר

מנהלה:
ש. וולפסון

תסדיר וביצוע:
מ. צימרון

כתובת המערכת:
חברת החשמל לישראל בע"מ
ת. ד. 25, תל־אביב — 61000
טלפון 03-625963

הדפסה:
דפוס ואופסט נורמן, חיפה.

בשער: דגם מיתקן לארקת יסוד למבנה חדש המותקן במדרשת רופין.

1. — מוליך חיבור בין טבעת הגישור לפס השואת הפוטנציאלים
פס ברזל 30×3.5 מ"מ לפחות.
2. — חיבור על־ידי ריתוך.
3. — טבעת הגישור. ברזל עגול בקוטר 10 מ"מ לפחות.

המערכת איננה אחראית לתוכן המודעות שהן על אחריותם של המפרסמים.

ידיעות - מידע - דיווח

☆ מקדם ההספק — 0.92

מתקרב והולך מועד כניסתם לתוקף של תעריפי החשמל המחמירים המתייחסים למקדם ההספק. החל מ-1.4.79 תחול בענין מקדם ההספק ההוראה הבאה — המעוגנת בכללים לאספקת החשמל לצרכנים ובתעריפי החשמל שאושרו על ידי שר האנרגיה והתשתית: —

- על הצרכן לנקוט בכל האמצעים הדרושים על מנת להבטיח שמיתקנו יפעל במקדם הספק שלא יהיה פחות מ־0.92 בכל זמן שהוא.

במקרה שמקדם ההספק יהיה באיזה זמן שהוא פחות מ־0.92, ישלם הצרכן, גוסף על המחירים הרגילים, הוספה כלהלן: מבלי שתשלום זה יפטור אותו מן ההתחייבות לנקוט בכל האמצעים כדי להביא את מקדם ההספק ללא פחות מ־0.92;

(א) במקרה שמקדם ההספק יהיה לא פחות מ־0.80 — הוספה בשעור של 1% מן המחיר בעד כל 0.01 ממקדם ההספק החסר להשלמת מקדם ההספק עד 0.92;

(ב) אם מקדם ההספק יהיה פחות מ־0.80 אך לא פחות מ־0.70 — הוספה בשעור של 1.25% מן המחיר בעד כל 0.01 ממקדם ההספק החסר להשלמת מקדם ההספק עד 0.92;

(ג) אם מקדם ההספק יהיה פחות מ-0.70 — הוספה בשעור של 1.5% מן המחיר בעד כל 0.01 ממקדם ההספק החסר להשלמת מקדם ההספק עד 0.92.

בטבלה הבאה מובאות דוגמאות של אחוזי ההוספה (התשלום בעד מקדם הספק נמוך) לפי התעריף החדש בהשוואה לתעריף הישן.

מקדם ההספק	0.92	0.90	0.85	0.80	0.75	0.70	0.65	0.60	0.55	0.50
% ההוספה (החל מ־1.9.77 עד 31.3.79)	0	0	0	5	12.50	18.75	30	37.50	45	52.50
% הוספה (החל מ־1.4.79)	0	2	7	12	21.25	27.50	40.50	48	55.5	63

המחלקות הטכניות המחוזיות של חברת החשמל פועלות במלוא המרץ, כדי להביא לידיעת הצרכנים שמקדם ההספק שלהם נמוך, את דבר הצורך לפעול לשיפורו כנדרש. צוותים טכניים של המחלקות הטכניות עוזרים בייעוץ עקרוני לצרכנים הללו. עם כל האמור לעיל יש לחזור ולהדגיש כי, בסופו של דבר, האחריות לנושא מקדם ההספק היא על הצרכן עצמו ולפיכך נראה לנו, כי מחובתם של החשמלאים והמהנדסים היועצים להביא את הענין — בכל חומרתו — לידיעת הצרכנים אשר בתחום טיפולם. ניתן, כמובן, להעזר בעלוני ההסברה/ההדרכה שהוצאו על ידי חברת החשמל ואשר אפשר לקבלם בכל משרדי החברה העוסקים בקבלת קהל.

☆ פעילויות הדרכה בנושא הארקות יסוד

עם כניסתם לתוקף של תקנות החשמל העוסקות בהאר־קות יסוד (קובץ התקנות 3854 תשל"ח 1978) ביום 30.11.1978, חלה חובת הארקת היסודות של כל מבנה שיסודותיו באדמה הוקמו לאחר תאריך זה.

הננו חוזרים ומדגישים כי מאחר והאחריות על קיום הדרישות שבתקנות מוטלת באופן חד־משמעי על החשמלאי, שהיה אחראי לביצוע מתקן הארקת היסוד לפי תוכנית של מתכנן מתקן החשמל של המבנה, מחייב הדבר את החשמלאי למעורבות פעילה כבר בשלבים של יציקת יסודות המבנה.

בהמשך למאמרים בעלונים הקודמים ולסדרת מועדוני "התקע המצדיע" שהוקדשה לנושא ו"הורצה" בכל האזורים, נערכו לאחרונה 2 פעולות מרכזיות נוספות:

● ביום 30.11.1978 התקיים בבית סוקולוב בת"א, יום עיון בנושא „הארקות יסוד". יום עיון זה אורגן על ידי משרד השיכון והבינוי במטרה להביא לתודעת הצוותים של המשרד את מכלול האספקטים השונים של הארקות יסוד.

ביום העיון השתתפו למעלה מ־160 אנשי חשמל, קונסטרוקציות, בנין, מפקחים, מרכזים איזוריים ויועצי חוץ. המשתתפים שמעו את הרצאתו של מר נ. פלג מחברת החשמל שהסביר (בעיקר לאלה שאינם משתייכים למקצוע החשמל) את הסיבות שהביאו לצורך בחיוב התקנת הארקות יסוד (העלמות צנרת המים המתכתית, למשל), את תכונות הארקות היסוד הן כאלקטרודה בפני עצמה והן לצורך הבאת המבנה למצב שבו יהווה „כלוב פארדיי" שבו לא יופיעו הפרשי פוטנציאלים גם במקרה של תקלה.

דגש מיוחד הושם על הסבר נקודות מסויימות הנדרשות בחוק וכן על הצורך בשיתוף פעולה בין אנשי המקצועות השונים הן בזמן התכנון (חשמל, קונסטרוקציות ובנין) והן בזמן הביצוע בשטח (ברזלנים, חשמלאים, מפקחים וכו').

ההרצאה היתה מלווה בשאלות עירניות של המשתתפים ביחס לאספקטים מעשיים המתייחסים לביצוע הארקות היסוד ותשובות.

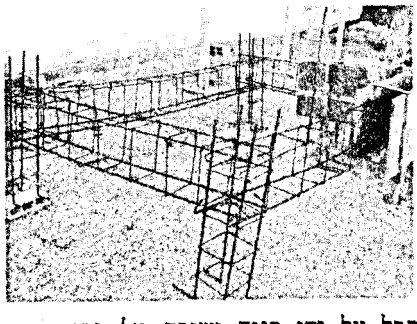
מטעם משרד השיכון והבינוי ניתנו הנחיות בהקשר להכללת נושא הארקות היסוד בחוזים, ברשימת הכמויות וכו'.

● לאחרונה התקיים במדרשת רופין, קורס לחשמלאים בנושא „הארקות יסוד". קורס זה, שארך 3 ימים ושהשתתפו בו 17 חשמלאים מההתישבות העובדת, התקיים בתנאי פנימיה. חומר הלימודים כלל:

- לימוד תקנות החשמל בדבר הארקות יסוד.
- ריתוך — בטיחות, תיאוריה ועבודה מעשית.
- קריאת תכניות קונסטרוקציה.
- מדידת הארקות בשטח (שימוש במגר־אדמה).

מאחר ומספר המשתתפים הוגבל מחמת תוכנית הלימודים שכללה גם הדרכה ועבודה מעשית בריתוך ובמדידות, ולאור ההתעניינות הרבה בנושא מצד חשמלאים רבים (נרשמו למעלה מ־80 איש), הוחלט לקיים בקרוב מספר מחזורים נוספים.

תוכנית הלימודים של הקורס אושרה ע"י משרד העבודה והמשתתפים שיעמדו בו בהצלחה יקבלו תעודות מתאימות.



מידע נוסף בנושא, מטעם חברת החשמל, ניתן לקבל על ידי פניה ישירה אל יחידת הרשת הארצית בחברת החשמל (חיפה ת.ד. 10) ואל מחלקות הצרכנים הטכניות המחוזיות של החברה.

✡ מועדון יועצי החשמל

במסגרת הפעולות לשיפור התקשורת ההדדית בין חברת החשמל וציבור אנשי המקצוע הופעל לאחרונה כלי־קשר נוסף - מועדון יועצי החשמל. מטרת המועדון לאפשר ליועצים, הנמצאים במערכת של יחסי גומלין עם חברת החשמל, לשמוע את נציגי הנהלת החברה ולהשמיע את חוות דעתם ומשאלותיהם כלפי החברה במיגוון הנושאים המשותפים: תקשורת, תקנות, תעריפים, כללי רשת וחל"ב, כללי אספקה ועוד.

המפגש הראשון של המועדון התקיים **בתל־אביב** ביום 5.12.78. מטעם חברת החשמל נשאו דברי פתיחה מר **י. טראוב** מנהל האגף המסחרי, מר **ד. גלעדי** מנהל מחוז דן (שהיה המחוז המארח) ומר **מ. זיסמן** סגן מנהל המחוז לענינים טכניים.

השתתפו במפגש כ־40 מהנדסים יועצים בכירים כשמולם התייצבה "סוללה" של ממלאי תפקידים בכירים בחברת החשמל.

מפגש שני יתקיים בחיפה ב־24.1.1979.

כתוצאה מחילופי הדעות, ההשגות והמשאלות שהובאו על ידי המהנדסים היועצים שהשתתפו במפגש, סוכם כי במסגרת "התקע המצדיע" יופעלו **פורומים מצומצמים לליבון בעיות קונקרטיות**

בענינים טכניים, בענינים מסחריים ובענינים אדמיניסטרטיביים.

מהנדסים יועצים המעוניינים להשתתף בפורומים המצומצמים שיופעלו בקרוב, מוזמנים לפנות אל מערכת "התקע המצדיע".

בעיות שילובנו במסגרת הפורום המצומצם יובאו לידיעת כלל ציבור היועצים באמצעות ביולטין קבוע שיישלח אליהם.

✡ פורום עם נציגי החשמלאים

בכוונת חברת החשמל להקים בקרוב **"פורום חשמלאים"** אליו יוכלו להצטרף חשמלאים המעוניינים להשמיע דעתם המקצועית, באוזני חברת החשמל, בענינים עקרוניים ומעשיים.

כל חשמלאי המעוניין להשתתף בפורום האמור, מתבקש לפנות אל מערכת "התקע המצדיע" כדי שאפשר יהיה להזמינו.

✡ הכנס הבינלאומי על כבלים

בכנס הבינלאומי על כבלים שתוכנן, אורגן ובוצע על ידי הסניף הישראלי של I.E.E וחברת החשמל — בהתאם למתוכנן (הרצליה 20-21/9/78) — השתתפו כ-300 איש. (מהנדסים יועצים העוסקים בתכנון מתקני כבלים, מהנדסי אחזקה ותפעול ממפעלים שונים, מהנדסים מחברות העוסקות בייצור כבלים ואבזריהם, ומהנדסים ממחלקות שונות בחברת החשמל הקשורים בנושא הכבלים).

לאחר דברי ברכה ופתיחה של מר א. עמיעד מנכ"ל חברת החשמל ומר א. גוראל הנציג הבינלאומי של I.E.E בישראל, התקיימו ההרצאות שסקירתם מובאת ברשימתו של ד"ר ג. סורוצקין בחוברת זו.

כתוצאה מהצלחת הכנס ושיתוף הפעולה בין I.E.E ו"התקע המצדיע" הוחלט לקיים כנס בינלאומי נוסף שיתוכנן ויאורגן על ידי 2 הגופים הנ"ל.

התאריך המוצע לכנס הבא הוא אוקטובר 1979.

הועדה המארגנת נענתה לבקשתו של מר גוראל, שנבחר כידוע לתפקיד ראש עירית חיפה, לקיים את הכנס בחיפה!

✡ סדרה חדשה של מועדוני "התקע המצדיע"

לאחר הסדרה הראשונה של מועדוני "התקע המצדיע" באיזורים שהוקדשה לנושא **"התקנת קבלים לשיפור מקדם ההספק"** והסדרה השניה שהוקדשה לנושא **"התקנת הארקות יסוד — התקנות** והטכנולוגיה",

הסדרה השלישית תוקדש לנושא **"התנעת מנועים (חד-פזיים ותלת-פזיים) ואיכות האספקה".**

המועדון הראשון יתקיים **בנהריה** ביום רביעי 31.1.1979

המועדון השני יתקיים **בחדרה** ביום רביעי 7.2.1979

חשמלאים המעוניינים לקבל הזמנות מפורטות למועדוני הסדרה השלישית מתבקשים לפנות למשרד האיזורי של חברת החשמל הקרוב למקום מגוריהם.

✡ ימי העיון המרכזיים

ב-31.10.1978 הסתיימה סדרת ימי העיון המרכזיים מס' 5 במפגש שהתקיים בחיפה ב"דן כרמל" השתתפו כ-150 איש.

את הרצאת הפתיחה הגיש מר **ש. הוך** מנהל מחוז הצפון.

את ההרצאות המקצועיות הגישו ה"ה: **א. ונגרקו** (בידוד תרמי), **א. פטקין** (חידושים בכבלים) **י. רבהון** (טכניקות חדישות בתחנות טרנספורמציה פנימיות) **ג. פרבר** (בטיחות בתחנות טרנספורמציה) **י. גת** (חברת החשמל, ואיכות הסביבה).

הסדרה החדשה של ימי העיון המרכזיים תתקיים במקומות ובתאריכים כדלקמן:

תל-אביב 28.3.1979	**ירושלים** 23.5.1979
חיפה 25.4.1979	**באר שבע** 27.6.1979

ההרצאות הפעם תוקדשנה למיגוון של נושאים הנוגעים לבעיות שיא הביקוש, תאורת חוץ, התנעת מנועים, אספקה מגנרטורים פרטיים.

מכתבים ומערכת

מי מפחד מקבלים?

בהתחס לכתבה שפרסמתם בחוברת „התקע המצ־דיע" מס' 20, יולי 1978, תחת הכותרת „מי מפחד מקבלים". קראתי את הכתבה בעיון רב, הסעיף הדן בתהודה בין הקבלים והשנאי משך את תשומת ליבי באופן מיוחד.

בהרצאות שונות וימי עיון רבים דובר על הצורך בהתקנת בקרי מקדם־הספק על מנת למנוע תהודה אפשרית בין הקבלים והשנאי — למקרה שהעומס נמוך מאד ונע בין קבולי להשראתי. לדעה זאת היה שותף המהנדס היועץ של מפעלנו, ובשל כך הומלץ על ידו להתקין בקרי מקדם הספק בכל אחד מ־16 הלוחות הראשיים הנמצאים בפולגת־ביר. ההשקעה היתה גדולה מאד, וההתקנה חייבה את הפסקת העבודה במפעל.

משקראתי את הכתבה האמורה, בה נכתב במפורש, שאין לחשוש מתהודה בין קבלים לשנאי, אלא עם הספקם מגיע לכדי שני שליש מהספק השנאי (ובפולגת אין הדבר כך), התעורר בי הספק בכדאיות ההשקעה הגדולה שהשקיע המפעל. הק־בלים בלוחות הראשיים היו מחוברים דרך מפס־קים ונתיכים — באופן קבוע, האם היתה זאת שיטה טובה? אם כן, מדוע הומלץ בכל יום עיון בנושא כופל הספק להתקין בקרים לוויסות מקדם הספק?

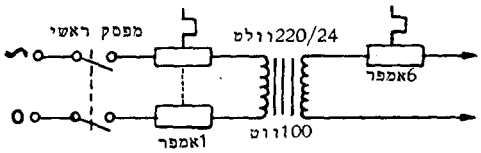
אמיר אילן „פולגת" קרית־גת.

הדרישה לפיקוד אוטומטי על קבלים לשיפור מקדם ההספק נובעת פחות מהחשש לתהודה, ויותר מתו־צאות אפשריות אחרות של משטר עבודה במקדם הספק קיבולי. בנוסף לאיבודים שיהיו כאשר מקדם ההספק הוא קיבולי (וכאן למעשה אין חבדל משמ־עותי באיבודים בין מקדם הספק ירוד השראתי או קיבולי) אלא גם בגלל הבעיה שמקדם הספק קיבולי גורם לעליית מתח הדקי היציאה של השנאי. מאחר ויש לצפות לתופעות כאלו בעיקר בשעות הלילה שאז ממילא המתח קצת יותר גבוה, הרי התוספת של עליית מתח בגלל מקדם הספק קיבולי עלולה לגרום לנזקים שבאים לידי ביטוי, בקיצור אורך החיים דווקא של אותם מכשירים הנשארים מחוב־רים במשך הלילה, כגון נורות.

הגנה על שנאים

מפעלנו מייצר מרכיבים פנאומטיים והשמליים אשר להפעלתם נחוצה חזנת חשמל. רוב הפעולות הן במתח חילופין 24 וולט.

סכימת החשמל בכניסה מתוארת בתרשים שלהלן:



מהתרשים אנו רואים כי קיימת, בהתאם לדרישות המקובלות, הגנה לפני השנאי וכן קיימת הגנה נוספת אחר השנאי. מובנת לי הדרישה להגנה לפני השנאי. לגבי ההגנה שאחרי השנאי הסיבה המצדיקה את הדבר, היא הטענה שהקצר בא מהרשת „ועולה" לקראת שנאי חברת החשמל וההגנה אחרי השנאי תגן עליו „מאחור".

האם הדרישה להגנה משני צידי השנאי מוצדקת או שאפשר לוותר על ההגנה המותקנת אחרי השנאי?

חיים קארו, קבוצת גבע

תפקידה של ההגנה בכניסה לשנאי הוא לנתק את השנאי במקרה של קצר ליפופים בסליל הרא־שוני או פריצה לאדמה בין הסליל הראשוני לגוף. ההגנה ביציאה מהשנאי מיועדת להגן על הסלילים ועל מוליכי היציאה מפני עומס יתר ו/או קצר בצד המשני.

לפיכך גראה כי יש מקום לדרישה ל־2 הגנות.

עדכון רשימת מינויי "התקע המצדיע"

הננו מפנים את תשומת לב הקוראים כי חוברת זו (מס' 21) היא הראשונה שאיננה נשלחת בחינם אל כל החשמלאים בארץ, אלא רק אל אלה אשר נרשמו כמינויים בהתאם להסדר עליו הודענו בחוברות מס' 20, 19.

הוראת תשלום עבור החוברות 21—22—23—24 תשלח — לפי בקשה — אל כל חשמלאי שיפנה אל המערכת (בכתב או בטלפון) ולאחר התשלום בבנק, בהתאם להוראות, יהיה כרטיס המינוי בר־תוקף.

שיא הביקוש - מהותו, מדידתו והשלכותיו לגבי ייעול משק החשמל במתקן הצרכן

אינג' פ. קישיניאבסקי

☆ צרכני החשמל צורכים אנרגיה חשמלית ברמות שונות של ביקוש.

רמת הביקוש — אשר אינה צמודה בהכרח לצריכת האנרגיה החשמלית — גורמת לעלויות משמעותיות במערכת הייצור הארצית, בגלל הצורך בהערכות מתאימה לשם כיסוי שיאי הביקוש.

☆ במגזרי צריכה שונים כגון: תעשיה, שאיבת מים והמגזר המסחרי ציבורי — קיימים מספר תעריפים אלטרנטיביים לצורך תשלום עבור צריכת החשמל. בחלק מהתעריפים האלטרנטיביים הללו התשלום בעד החשמל מושפע מהביקוש המירבי של הצרכן (שיא הביקוש החודשי, שיא הביקוש השנתי).

☆ בארץ קיימים כ־4600 צרכנים אשר משלמים בעד החשמל לפי תעריפים הכוללים מרכיב של שיא ביקוש.

צריכת החשמל הכוללת של צרכנים אלה שהיתה כ־4300 מיליוני קוט"ש בשנת 1977/78, מהווה כ־45% מצריכת החשמל הכוללת בארץ וכ־70% מצריכת החשמל במגזר התעשיתי, ציבורי־מסחרי ושאיבת מים.

הקטנת שיא הביקוש אצל הצרכנים תביא בדרך כלל להקטנת תשלומים בעד החשמל. להקטנת שיא הביקוש אצל הצרכנים הנ"ל תהיה קרוב לודאי השפעה משמעותית בהקטנת שיא הביקוש במערכת כולה.

הקטנת שיא הביקוש במערכת הארצית תגרום ל:—

(א) הקטנה בשעות הניצול של תחנות כח פחות יעילות.

(ב) הקטנת האיבודים במערכת ההעברה והחלוקה.

(ג) שיפור איכות האספקה והגדלת אמינות המערכת.

(ד) אפשרות לדחית הצורך בהקמת תחנות כח נוספות — מיתון קצב הבניה.

הפרמטרים המאפיינים את צריכת החשמל של הצרכן

ניתן לתאר את אופיה של צריכת החשמל במגזרי צריכה שונים (תעשייתי, מסחרי־ציבורי, שאיבת מים) על ידי מספר פרמטרים:

(א) מספר שעות העבודה ביממה.

(ב) עונתיות.

(ג) מקדם אי האחידות של עקומת העומס היומית.

(ד) מקדם העומס היומי.

(ה) מספר שעות השימוש בשיא העומס — בתקופה (שנה, חודש).

☆ מספר שעות העבודה של צרכן חשמל

ישנם צרכנים אשר משתמשים במערכת החשמל שעות ספורות ביממה ויש אחרים אשר משתמשים במשך כל שעות היממה.

אצל צרכני התעשיה מקובל לחלק את צרכני החשמל ל־3 קבוצות בהתאם למספר משמרות העבודה (משמרת אחת, שתי משמרות, שלוש משמרות).

☆ עונתיות

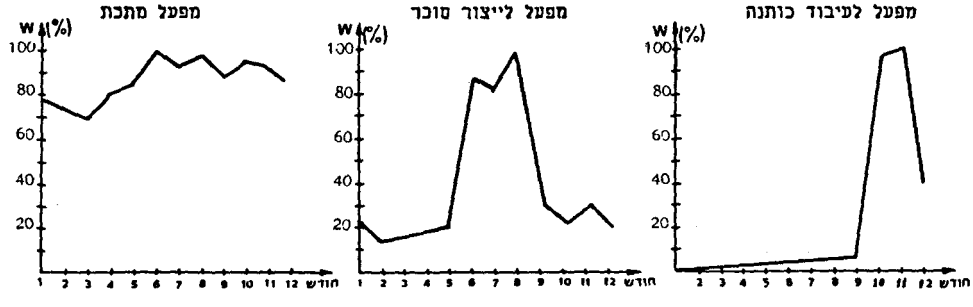
גורם נוסף אשר משפיע על השינויים בגודל צריכת החשמל הוא העונתיות.

יש צרכני חשמל אשר צריכת החשמל שלהם היא אחידה למדי במשך חודשי השנה (תעשיות כימיות, תעשיות מלט וכו').

ישנם צרכנים אשר צריכת החשמל שלהם משתנה בצורה דרסטית בין עונה לעונה (למשל: בתי מלון). ישנם צרכנים אשר עובדים רק חלק מחודשי השנה, כאשר בשאר החודשים צריכת החשמל אפסית (מנפטות, מתקני שאיבת מים, השקייה) (ראה תרשים מס' 1).

תרשים מס' 1

דוגמאות להשתנות צריכת החשמל במשך השנה אצל צרכנים מסוגים שונים



✡ מקדם אי האחידות של עקומת העומס היומית

עקומת העומס של צרכן חשמל היא בדרך כלל בעלת צורה בלתי אחידה כאשר העומס משתנה במשך שעות היממה ומגיע לשיא או לשפל בשעות מסוימות (ראה תרשים מס' 2) מקדם אי האחידות (K) של עקומת העומס היומית מבטא את היחס בין העומס המינימלי והמכסימלי של הצרכן במשך היממה.

$$K=\frac{P_{min}}{P_{max}}$$

ככל שמקדם אי האחידות מתקרב ל-1 עקומת העומס של הצרכן אחידה יותר.

✡ מקדם העומס היומי של הצרכן

מקדם העומס היומי α מבוטא על ידי היחס בין העומס הממוצע (P_α) ל-24 שעות ביממה לבין העומס המכסימלי (P_{max}) באותה יממה.

$$\alpha=\frac{P_\alpha}{P_{max}}$$

את מקדם העומס היומי α ניתן לבטא גם כיחס שבין צריכת החשמל ביממה (W_d) בקוט"ש — לבין העומס המכסימלי (P_{max}) כפול 24 שעות.

$$\alpha=\frac{W_d}{P_{max}\cdot 24}$$

מקדם העומס תלוי באחידות עקומת העומס היומית מחד, ומספר שעות עבודת הצרכן ליממה מאידך. מקדם העומס שואף-ל-1 כאשר הצרכן הוא בעל עקומת עומס אחידה למדי במשך כל שעות היממה.

✡ מספר שעות־השימוש במכסימום העומס

מספר שעות השימוש במכסימום העומס (h) מבוטא על ידי היחס שבין צריכת החשמל בתקופת זמן (W_t) לבין העומס המכסימלי (P_{max}) באותה תקופה:

$$h=\frac{W_t}{P_{max}}$$

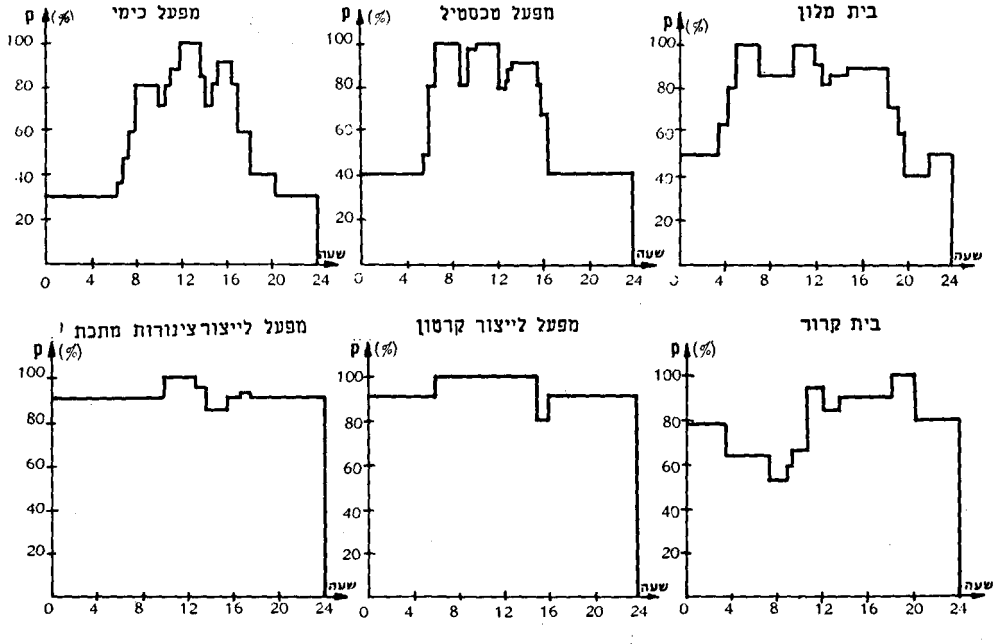
את מספר שעות השימוש במכסימום העומס (להלן- שעות־השימוש) מקובל ליחס לשתי תקופות: חודשי, שנתי.

מספר שעות השימוש במכסימום העומס משפיע על העלויות במערכת הייצור הנגרמות על ידי הצרכן. ככל שגדלות שעות־השימוש של צרכן כלשהו, קטנות — יחסית — העלויות במערכת הייצור שנגרמות על ידי אותו צרכן.

שעור שעות־השימוש תלוי באחידות עקומת העומס, במספר שעות העבודה של הצרכן ביממה ובמספר ימי העבודה בתקופת זמן (חודש או שנה) — ראה טבלה מס' 1.

תרשים מס' 2

דוגמאות על עקומות עומס יומיות של צרכנים שונים



טבלה מס' 1

שעות־שימוש שנתיות בשיא העומס
במפעלי תעשיה מסוגים שונים (בממוצע)

סוג התעשיה	שעות־שימוש שנתיות בשיא העומס
טקסטיל	4500
ייצור נעלים	3000
כימיה	7500
נייר	6000
עיבוד מתכות	5900
אבן וסיד	4700
מזון	5000
מלט	7800
ברזל ופלדה	6500
ציוד חשמלי	4300

הערה: המספרים נלקחו מספרות מקצועית.

שיא הביקוש

אחד המאפיינים העיקריים לצריכת החשמל של הצרכן הוא העומס המכסימלי שלו (P_{max}) בת־קופת זמן.

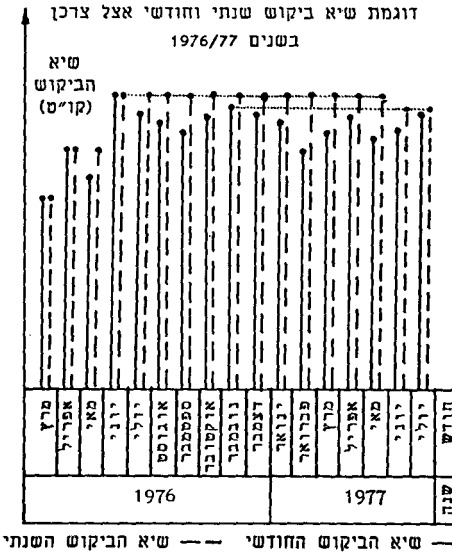
הגדרת העומס המכסימלי הנמדד על ידי מערכת המניה של חברת החשמל מתייחסת למכסימום בין העומסים הממוצעים במשך רבע שעה שנמדדו באופן מחזורי בתקופת זמן (חודש, שנה).

☆ שיא ביקוש חודשי: — מתייחס לתקופת מדי־דה של חודש.

☆ שיא ביקוש שנתי: — מתייחס לתקופה של שנה, הכוללת את החודש הנידון ו־11 החודשים שקדמו לו.

תרשים מס' 3

דוגמת שיא ביקוש שנתי וחודשי אצל צרכן בשנים 1976/77



בתרשים מס' 3 מתוארים שיא הביקוש החודשי והשנתי של צרכן במשך השנים 1976/77. בתרשים זה אנו רואים כיצד שיא הביקוש החודשי מכתיב את שיא הביקוש השנתי. לדוגמא: בחודשים מרץ ואפריל 1976 שיא הביקוש השנתי זהה לשיא הבי־קוש החודשי (תחילת המדידה של שיא הביקוש ה־חודשי החלה בחודש מרץ 1976).

בחודש מאי, שיא הביקוש החודשי קטן משיא הבי־קוש השנתי היות ושיא הביקוש השנתי הוגדר על ידי שיא הביקוש של חודש אפריל שהנו גבוה יותר מזה של חודש מאי.

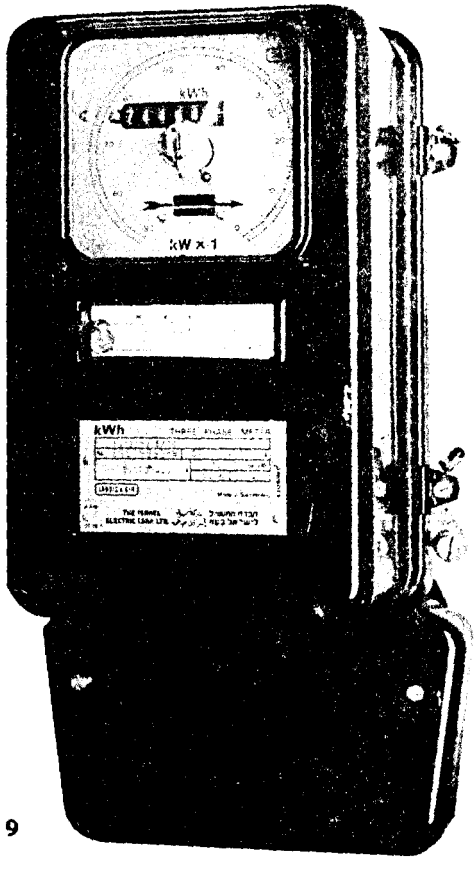
בחודש יוני היתה עליה נוספת בשיא הביקוש ה־חודשי ועליה זו הגדירה את שיא הביקוש השנתי החדש שנשאר בתוקף במשך שנה (היות ולא נמדד שיא ביקוש חודשי גבוה ממנו).

מדידת שיא הביקוש

שיא הביקוש נמדד על ידי מד שיא ביקוש המורכב כיחידה אחת עם מונה אקטיבי תלת־פזי המשמש למנית צריכת האנרגיה האקטיבית של הצרכן. (ראה תמונה מס' 1).

תמונה מס' 1

מונה אקטיבי תלת פזי
עם מד שיא ביקוש



צריכת האנרגיה הנמנית על ידי המונה בפרק זמן ($\Delta t = t_2 - t_1$)

(ראה תרשים מס' 4) שווה ל:

$$W_{\Delta t} = \int_{t_1}^{t_2} P_t \, dt = \frac{N}{n}$$

כאשר

$W_{\Delta t}$ — צריכת האנרגיה בקוט"ש בפרק הזמן Δt

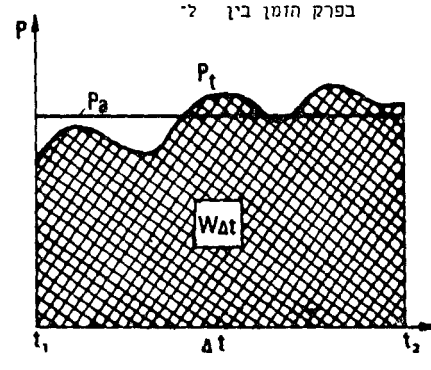
P_t — ההספק הרגעי (בקוו"ט) בכל זמן שהוא ביו הזמנים $t_2 - t_1$

n — מספר סיבובי הדיסק המתאימים לצריכת חשמל של 1 קוט"ש (מספר קבוע לכל סוג מונה)

N — מספר סיבובי הדיסק של המונה בפרק הזמן Δt

תרשים מס' 4

עקומת העומס, צריכת האנרגיה, והעומס הממוצע בפרק הזמן בין ל־



העומס הממוצע באותו זמן (בשעות) יהיה:

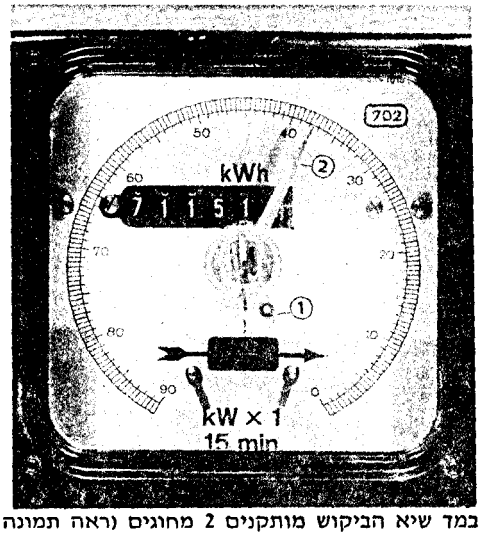
$$P_A = \frac{W_{\Delta t}}{\Delta t} = \frac{1}{\Delta t} \int_{t_1}^{t_2} P_t \, dt = \frac{1}{\Delta t} \cdot \frac{N}{n}$$

כאשר פרק הזמן הוא 15 דקות (0.25 שעה) שהוא מחזור המדידה של מד שיא הביקוש.

$$P_A = \frac{N}{0.25n}$$

תמונה מס' 2

סקלה של מד־שיא ביקוש



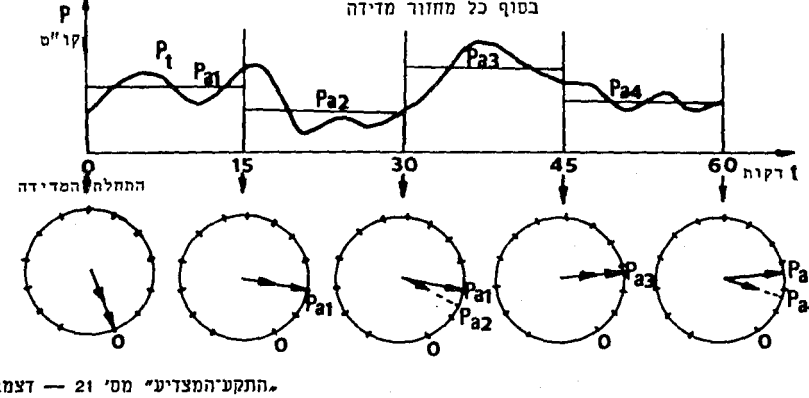
במד שיא הביקוש מותקנים 2 מחוגים (ראה תמונה מס' 2). מחוג מדחף (1) ומחוג מד שיא הביקוש (2). במשך כל מחזור מדידה (0.25 שעה) נע מחוג המדחף לאורך מסוים של הסקלה, יחסית לצריכת האנרגיה. מחוג שיא הביקוש נדחף על ידי קפיץ מחזיר. בסוף כל מחזור מדידה מוחזר מחוג המדחף ע"י קפיץ מחזיר למצבו ההתחלתי (נקודה 0) ומחוג שיא הביקוש נשאר במצב המדידה המכסימלי עד כה.

כך מראה מחוג שיא הביקוש, תמיד, את הביקוש המירבי בתקופת הזמן ומחוג המדחף מראה את הביקוש בסוף כל מחזור מדידה. (ראה תרשים מס' 5).

בסוף כל תקופת מדידה (בדרך כלל כל חודש) מוחזר מחוג שיא הביקוש למצב אפס על ידי איש חברת החשמל, המוסמך לכך.

תרשים מס' 5

עקומת העומס ומצב המחוגים במד שיא הביקוש בסוף כל מחזור מדידה



✱ **מדידה נפרדת של שיא הביקוש בשעות היום והלילה.**

לפי בקשת הצרכן קיימת האפשרות שהביקוש ח־מירבי החודשי (שיא הביקוש החודשי) יימדד בנפרד בשעות היום. ובשעות הלילה כפי שתקבענה על ידי חברת החשמל מזמן לזמן.

שיא הביקוש החודשי לצורך התשלום יחושב במקרה זה בהתאם לשיא הביקוש שימדד בשעות היום, כל עוד שיא הביקוש בשעות הלילה לא יעלה על כפליים משיא הביקוש ביום, שיא הביקוש החודשי לצורך התשלום יקבע כ־50% מערכו בשעות הלילה.

השפעת הקטנת שיא הביקוש על הצרכן.

להקטנת שיא הביקוש אצל הצרכן יש השפעה ב־3 מישורים:

(א) הקטנת התשלום בעד החשמל (במקרה שהתש־לום עבור החשמל הוא לפי תעריף הכולל מרכיב של שיא ביקוש).

(ב) הקטנת האיבודים במתקן הצרכן.

(ג) אפשרות להמנעות מן הצורך בהגדלת חיבור החשמל הקיים במקרה של תוספת עומסים.

✱ **שיא הביקוש והתעריף.**

התעריפים בהם קיים מרכיב של שיא ביקוש כוללים 2 סוגי תשלומים:

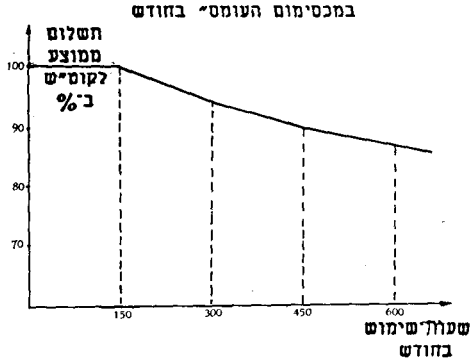
(א) תשלום בעד שיא ביקוש שנתי.

(ב) תשלום בעד צריכת החשמל, המושפע ישירות מרמת הצריכה ומגודל שיא הביקוש החודשי.

גודל התשלום בעד צריכת החשמל החודשית תלוי במספר שעות־השימוש, אשר קובעות את מספר דרגות התשלום ואת סך הכל התשלום לפי כל דרגה. הגדלת „שעות־השימוש" גורמת להגדלת מספר דר־גות התשלום (קיימות 4 דרגות), ולהקטנת התשלום הממוצע עבור כל קוט"ש. (ראה תרשים מס' 6).

תרשים מס' 6

התשלום הממוצע ל־קוט"ש כתלות ב„שעות־שימוש במכסימום העומס" בחודש



דוגמה המדגימה את השפעת ההקטנה של שיא הביקוש במפעל תעשייתי על התשלום בעד צריכת החשמל.

המצב הקיים

צריכת החשמל החודשית	100,000	קוט"ש
שיא ביקוש שנתי	600	קוו"ט
שיא ביקוש חודשי	550	קוו"ט

שעות שימוש במכסימום העומס בחודש:

$$\frac{100,000}{550} = 182 \text{ שעות}$$

המצב לאחר הקטנת שיא הביקוש ב־25 אחוז

צריכת החשמל החודשית	100,000	קוט"ש
שיא הביקוש שנתי	450	קוו"ט
שיא ביקוש חודשי	412	קוו"ט

שעות שימוש במכסימום העומס בחודש:

$$\frac{100,000}{412} = 243 \text{ שעות}$$

התשלום בעד החשמל:

א. תשלום בעד שיא ביקוש שנתי:

600 קוו"ט × 20 לירות = 12,000 ל"י

ב. תשלום בעד צריכת החשמל:

(150 קוט"ש × 550 קוו"ט)

82,500 קוט"ש × 0.665 ל"י = 54,862 ל"י

(יתר הצריכה בחודש)

17,500 קוט"ש × 0.59 ל"י = 10,325 ל"י

סה"כ 65,187 ל"י

✱ סה"כ התשלום בעד החשמל:

12,000 ל"י + 65,187 ל"י = 77,187 ל"י

התשלום בעד החשמל:

א. תשלום בעד שיא ביקוש שנתי:

450 קוו"ט × 20 ל"י = 9,000 ל"י

ב. תשלום בעד צריכת החשמל:

(150 קוט"ש" × 412 קוו"ט)

61,800 קוט"ש × 0.665 ל"י = 41,097 ל"י

(יתר הצריכה בחודש)

38,200 קוט"ש × 0.59 ל"י = 22,538 ל"י

סה"כ 63,635 ל"י

סה"כ התשלום בעד החשמל:

9000 ל"י + 63,635 ל"י = 72,635 ל"י

✱ **ההפרש בין שני התשלומים:** 77,187 ל"י — 72,635 ל"י = 4,552 ל"י

✱ **שעור הקטנת התשלום בחודש כ־7%.**

✱ הסדר תעריפי להורדת עומסים לפי דרישת חברת החשמל.

(א) להסדר יכולים להצטרף צרכנים בתעריף ב׳ לכח ולמאור לתעשיה המוכנים להוריד, על פי דרישה 5 מגוו״ט ומעלה מהביקוש שלהם.

(ב) הביקוש המירבי השנתי יוקטן (לצורך חי־שוב התשלום הקבוע) בשעור של 70% ממספר הקוו״ט שהצרכן התחייב להוריד על פי הדרישה.

(ג) ביקוש מירבי חודשי יוקטן (לצורך חישוב דרגות התשלום בעד צריכת החשמל) בשעור של 0.2% בגין כל שעת שימוש מעל 400 שעות שימוש בחודש, זאת ממספר הקווט״ים שהצרכן התחייב להוריד על פי הדרישה.

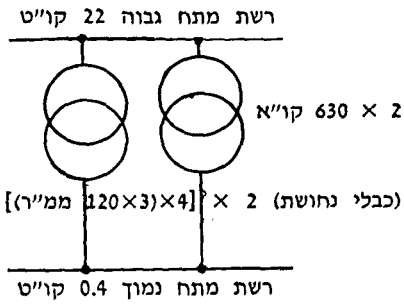
✱ הקטנת האיבודים ברשת הפנימית

הקטנת שיא הביקוש אצל הצרכן מביאה להקטנת האיבודים ברשת הפנימית של הצרכן. הדבר מש־מעותי בעיקר כאשר האספקה לצרכן היא במתח גבוה — והאיבודים בשנאי האספקה, בקוים בין השנאים לבין הלוח הראשי וכן בקוי המתח הגבוה נמנים על ידי מונה הצרכן.

להלן דוגמא להקטנת האיבודים אצל הצרכן כ־תלות בהקטנת שיא הביקוש שלו:

תרשים מס׳ 7

סכימה עקרונית של מערכת האספקה



טבלה מס׳ 2

שעור ההקטנה באיבודי האנרגיה

	תאור המצב	
	לפני הקטנת שיא הביקוש השנתי	אחרי הקטנת שיא הביקוש השנתי
צריכת החשמל השנתית (קוט״ש)	5,000,000	5,000,000
שיא הביקוש השנתי (קו״ט)	1,100	850
איבודי האנרגיה בשנאי האספקה בשנה (קוט״ש)	* 48,000	* 42,000
איבודי האנרגיה בכבלים משנאי האספקה עד הלוח הראשי (קוט״ש)	* 28,000	* 23,000
סה״כ איבודי האנרגיה (קוט״ש)	76,000	65,000
סה״כ הקטנה באיבודי האנרגיה (קוט״ש)	11,000	
שעור הקטנה באיבודי האנרגיה	14.5%	

* מבוסס על חישובים שנערכו לגבי צרכן מסוים.

✱ אפשרות להמנעות בצורך בהגדלת חיבור החשמל הקיים במקרה של תוספת עומסים

במקרה של התפתחות המפעל יתבטא הדבר ב־תוספת עומסים למערכת החשמלית — דבר אשר יכול לחייב הגדלת חיבור החשמל.

במקרים מסוימים הקטנת שיא הביקוש יכולה למ־נוע את הצורך בהגדלת החיבור.

טבלה מס׳ 3

לדוגמא: תמונת המצב במפעל מכני מסוים

נתוני המפעל	מצב קיים	מצב צפוי	
		פתרון א׳	פתרון ב׳
גודל החיבור (אמפר) — תלת פזי	630	800	630
שיא הביקוש השנתי (קו״ט)	380	450	390
מקדם ההספק בשעות שיא העומס	0.94	0.94	* 0.92
ההעמסה בשעות שיא העומס (אמפר)	540	691	612

* מקדם ההספק בשעות שיא העומס יורד עקב הקטנת העומס האקטיבי.

פתרונות אפשריים:

פתרון א' —

הגדלת החיבור מ־3 × 630 ל־3 × 800 אמפר.
(תוספת של 102 יחידות)

ההשקעה הכספית להגדלת החיבור תהיה:

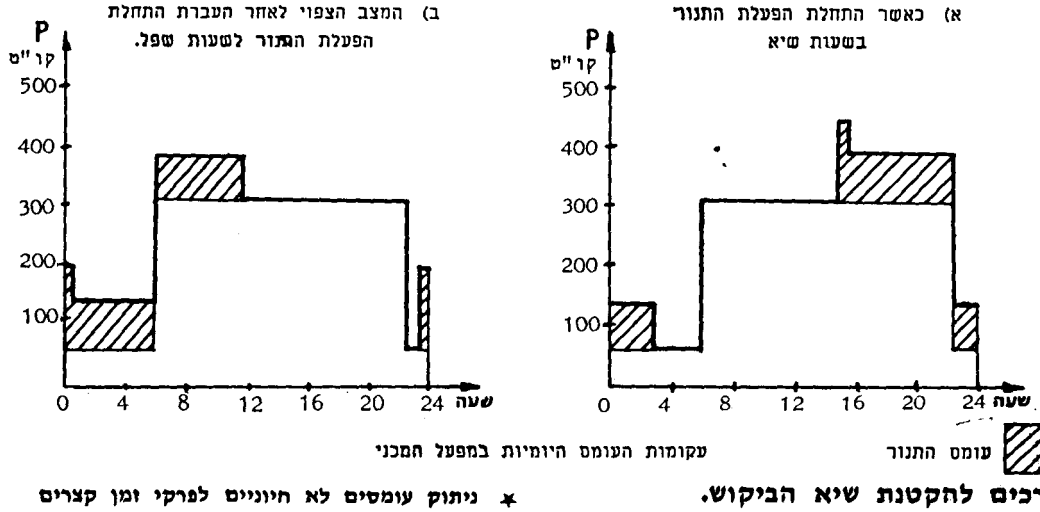
תשלום עבור תוספת יחידות	124,000 ל"י
תשלום עבור החלפת הכבל מהטרנס־פורמטור עד הלוח הראשי	100,000 ל"י
תשלום עבור שינויים בלוח הראשי של הצרכן	100,000 ל"י
סה"כ	324,000 ל"י

פתרון ב' —

שיא הביקוש במפעל הוא בין השעות 15.00—17.00. שיא הביקוש בשעות אלה מוסבר על ידי ההכנסה לעבודה של תנור בהספק של 140 קוו"ט, אשר זמן החימום, עד לטמפרטורה הנדרשת (כ־180 מעלות צלזיוס) הוא כ־20 דקות. חימום התנור מווסת תרמוסטטית, כך שרק עם הכנסת התנור לעבודה מתחבר כל עומס התנור לזינה. לאחר שהתנור התחמם לטמפרטורה הנדרשת יוצא חלק מגופי החימום מפעולה באופן אוטומטי על ידי הבקרה התרמוסטטית. הוצאת חלק מגופי חחימום מביאה להקטנת עומס התנור ב־60 קוו"ט בקירוב.

בהעברת מועד תחילת הפעלת התנור לשעות שפל (אחרי השעה 23.00), כאשר רוב המפעל אינו ב־עבודה — ניתן להקטין את שיא הביקוש בערך ב־ 60 קוו"ט. (ראה תרשים מס' 8), דבר אשר אינו דורש השקעה כלשהי ומונע את הצורך בהג־דלת החיבור.

תרשים מס' 8



דרכים להקטנת שיא הביקוש.

✱ פיזור הצריכה על ידי העברת עומסים משעות השיא לשעות השפל בביקוש המפעל

מתאפשר בעיקר אצל צרכנים אצלם קיימות מע־רכות אשר תהליכי הייצור אינם מחייבים שעות הפעלה מסוימות ביממה — וניתן להפעיל מע־רכות אלה גם בשעות השפל.

✱ הימנעות מהפעלה בו זמנית של מתקנים

ניתן ליישם המלצה זו בעיקר במתקנים בעלי דרגות עומס כמו מערכות מיזוג אויר, מערכות חימום וכו'. מתקנים אלה מופעלים בדרך כלל בעומס המכסימלי וממשיכים לעבוד בעומס המלא תקופה קצרה, כאשר המשך עבודתם היא בדרגות עומס נמוכות יותר.

✱ ניתוק עומסים לא חיוניים לפרקי זמן קצרים בשעות שיא הביקוש

בדרך כלל נעשה ניתוק העומסים בצורה מבוקרת על ידי בקרים לניהול עומס. העומסים הניתנים, בדרך כלל, לשליטה על ידי בקרה (ידנית או אוטומטית) הם:

— מערכות מיזוג אויר
— מדחסים
— מתקני חימום
— מתקני תאורה
— מכונות עזר שונות (בהתאם לסוג ואופי המפעל).

✱ שימוש במתקני חשמל יעילים יותר

בעיקר אמור הדבר ביחס למערכות תאורה ושיפור הבידוד התרמי בבנינים ובמתקני חימום שונים.

בקרים לניהול עומס

* אחד האמצעים לבקרה על שיא הביקוש יכול לשמש מכשיר הנקרא בקר לניהול עומס אשר בעזרתו ניתן לשלוט על חלק ממתקני החשמל במערכת. בקרים לניהול עומס נמצאים בשימוש בעיקר במגזר הצריכה התעשייתי והמסחרי-ציבורי. בסוגים אחדים של בקרים לניהול עומס, ניתן לבקר, גם את צריכת החשמל של מערכות מסויימות ולהגיע לחיסכון משמעותי בחשמל בנוסף לתרומה להקטנת שיא הביקוש.

* הבקרים לניהול ובקרה על העומס של הצרכן, פועלים לפי העיקרון של ניתוק עומסים לא חיוניים בעת שהביקוש עומד לעלות מעל ערך קבוע מסוים. ניתוק העומסים הוא לפרקי זמן רצויים בהתאם לתכנון.

* אצל צרכני חשמל גדולים, (כגון: מפעל תעשייתי, בית מלון, קמפוס) ניתן לאתר מוקדי צריכה בהם ניתן להפסיק חלק מהעומסים לפרקי זמן מבוקרים, כך שהדבר לא יפריע לתהליכי הייצור הטוטפים ולתנאי הנוחות הנדרשים.

להלן רשימה של מספר צרכנים בישראל אשר אצלם מותקנים בקרים לניהול עומס:

סוג הצרכן	סוגי העומסים הנשלטים
בתי מלון	מערכות מיזוג אויר תנורי מטבח
קמפוס אוניברסיטאי	מערכות מיזוג אויר
נמל תעופה	מערכות מיזוג אויר
בתי חולים	מערכות מיזוג אויר
בניני משרדים	מערכות מיזוג אויר
מפעלי מזון	מדחסי קירור ציוד לייצור שוקולד מערבלים ציוד לייצור גלידה
מפעלי מתכת	תנורי חימום
מפעלי טקסטיל	מערכות מיזוג אויר דוודים לחימום מים
מפעל פלסטיק	מדחסי קירור
בתי קירור	ציוד לייצור כלי קיבול פלסטיים

* סוגים עיקריים של בקרים

א. מערכת לניתוק אוטומטי של צרכן אחד בעל מתקן התראה אור-קולי. בקר זה מתאים לצרכנים בהם קיים מתקן אחד שניתן לניתוק והצריכה שלו, גדולה, יחסית, לצריכת החשמל הכללית.

ב. מערכת לניתוק וחיבור מספר גדול של מתקנים, עם אפשרויות לקבוע סדרי עדיפויות להפסקתם וחיבורם.

ג. מחשבים לניהול עומס — מכשירים מתוחכמים במיוחד, לצורך הקטנת שיא הביקוש והחיסכון בצריכת החשמל. מיועדים בעיקר לצרכנים גדולים שאצלם מותקנות מערכות מיזוג אויר או מתקנים אחרים שאפשר להפסיקם לסירוגין באופן מחזורי לזמנים קצרים במשך כל שעות העבודה.

* התחברות הבקר למערכת המדידה

לשם הזנת הבקר באינפורמציה על הביקוש של הצרכן יש לחברו למערכת המדידה. בפני הצרכן אשר מתקין בקר לניהול עומס, עומדות שתי אפשרויות לקבלת האינפורמציה:

(א) התקנת מערכת מדידה נפרדת-פרטית לבקר.
(ב) התחברות למערכת המדידה של חברת החשמל.

האפשרות הראשונה של התקנת מערכת פרטית היא יקרה בדרך כלל מן האפשרות השניה, בעיקר כאשר מדובר על צרכנים אשר אצלם אספקת החשמל היא במתח גבוה — דבר אשר מחייב התקנת ציוד מדידה במתח גבוה.

במקרה של התחברות למערכת המדידה של חברת החשמל, מחייב הדבר ציוד משדר אימפולסים (מונה שיא ביקוש עם יציאות אימפולסים) ומתאם זמני אינטגרציה.

בדרך כלל אין מערכות המניה הרגילות בעלות אפשרות של שידור אימפולסים ולכן יש צורך בהתאמת מערכת המניה המקובלת לדרישות התקנה והתפעול של הבקר.
הדבר מחייב תאום מוקדם עם חברת החשמל!

* בחירת הבקר המתאים

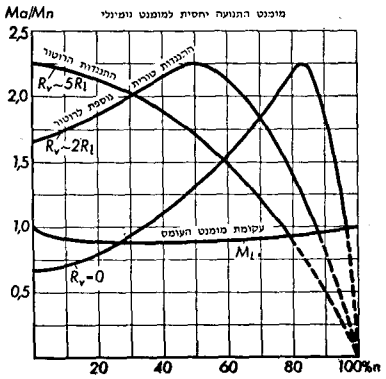
בחירת הבקר המתאים חייבת להתבסס על חישובים טכניים-כלכליים שהנם ספציפיים לכל צרכן. התאמת הבקר המתאים מחייבת עריכת סקר מוקדם במפעל לקביעת אופיו "החשמלי" של הצרכן, לרבות מוקדי הצריכה והעומסים שניתנים לבקרה. דבר שיאפשר, כללית לקבוע את הכדאיות בהתקנת בקר וכן מהו סוג הבקר המתאים לאותו צרכן.

התנעת מנועים

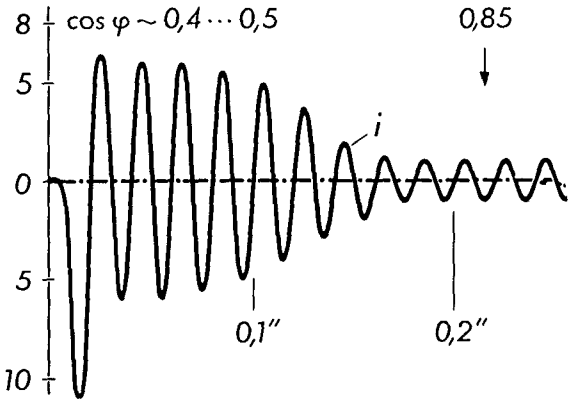
אינג׳ ש. הרפז

המנוע האסיכרוני עם רוטור כלוב פשוט במבנהו ואי לכך נפוץ כל־כך בשימוש. החסרונות העי־קריים של המנוע האסיכרוני בעל רוטור כלוב הם: זרם ההתנעה הגבוה וכופל ההספק הגרוע בזמן ההתנעה.

זרם התנעה גבוה, פרושו „מכה״ של זרם בגודל פי 5 עד 8 מהזרם הנומינלי, ועלול להגיע בחלקיק השניה הראשון לגודל פי 12. כופל ההספק הנילווה לזרם התנעה זה הוא בתחום 0.4 עד 0.5 בערך. כל זאת כמובן רק בזמן ההתנעה, ולאחר זמן קצר יגיע זרם המנוע לערך הנומינלי השוטף שלו, וכן כופל ההספק. תאור גרפי של מצב זה ניתן בשרטוט מס׳ 1.



שרטוט מס׳ 2



שרטוט מס׳ 1

זרמי ההתנעה גורמים לקשיים רבים בבניית ציוד חשמלי העומד בזרמי ההתנעה וצריך להפסיקם או לחברם. ברור שזאת בנוסף לבעיות הקיימות כבר אצל מתכנן המבנה של הציוד החשמלי; כגון: כושר ניתוק, תדירות הפעלה (מס׳ פעולות בשעה), כושר עמידה בזרמים קבועים, ועוד תכונות שונות המיועדות לאפשר לציוד החשמלי „משך חיים של המכונה״.

תכנון ציוד חשמלי נעשה על־פי דרישות תקניות מוגדרות, ולכן מוגדרים גם היעדים אותם הוא חייב להבטיח. עבור מכונות שתכונותיהן שונות מהתחום הסטנדרטי, יש להתאים ציוד באופן מיוחד, תוך בדיקת הנתונים והדרישות בקפדנות. כמו כן יש לבדוק, האם הרשת אליה מתחברים מנועים אלה מתאימה לחיבור ישיר, והאם יש צורך להגביל את זרם ההתנעה בעזרת מתנעים שונים. אף דבר זה מובטח בתקנים שונים.

צורות ההתנעה הנפוצות ביותר, להגבלת הזרם המופיע בהתנעה ישירה לקו, של מנועים אסיכרו־ניים עם רוטור כלוב הן: התנעת כוכב משולש, שנאי להתנעה (אוטו־טרפו), משנק טורי, נגדים טוריים להתנעה.

שיטות התנעה אלה, המקטינות את זרם ההתנעה, גורמות גם להקטנת מומנט ההתנעה בזמן הראשון לאחר חיבור המנוע והפעלתו.

המנוע האסינכרוני מספק את ההספק המכני שלו באמצעות מומנט הסיבוב. מובן מאליו שמומנט זה תלוי בכמה גורמים וביניהם הזרם. אך למרות העובדה שהמנוע צורך זרם גבוה, עד פי 8 מהזרם הנומינלי בזמן ההתנעה, אין הדבר מוסיף למומנט הסיבוב — אלא להיפך. ברגע ההתנעה קטן המומנט הנומינלי והוא עולה עם מספר סיבובים. דבר זה נובע מהעובדה, שרק החלק הפעיל של הזרם הזורם במנוע, מסוגל ליצור מומנט פעולה. כיון שהיחס בין הזרם הפעיל לבין הזרם הכללי בזמן ההתנעה הוא נמוך (כופל ההספק ו) יהיה המומנט הפעיל נמוך אף הוא. חלק רב של הזרם נדרש ליצירת השראה מגנטית, ורק ע״י הגברת האופי היעיל (אוהמי) של הזרם בזמן ההתנעה ניתן להגדיל את מומנט ההתנעה. דבר זה מתבצע במנועים בעלי רוטור מלופף (לא ברוטור כלוב ! ו), ע״י הגדלת האופי האוהמי של הזרם, ע״י הוספת נגדים טוריים במעגל זרימת הרוטור. הגדלת ההספק הפעיל מגדילה את מומנט ההתנעה של המנוע, ובזמן זה קטן זרם ההתנעה של המנוע. ניתן לקבל, ע״י שנוי של הנגדים ברוטור, שליטה במס׳ הסיבובים של המנוע, כיון שכל התנגדות רוטורית תקבע עקומה שונה של מומנט־מהירות, ועבור עקומת מומנט־עומס נתונה תתקבלנה מספר נקודות פגישה של המנוע והעומס.

מובן שיתרונות אלה אינם קיימים במנוע האסינכרוני בעל רוטור כלוב.

הדרישה להקטנת זרם ההתנעה, בתלות במומנט ההתנעה הנדרש, קובעת למעשה את מחיר המתנע שיבחר, ואת הסוג.

במנוע עם רוטור כלוב אין אפשרות להגיע לתוך המנוע כדי להתחבר ללפוף, וכמו כן קשה להקטין את התחממות הרוטור, הנובעת מההספק היעיל המתפזר ברוטור כדי ליצור את מומנט ההתנעה. ההתנגדות האוהמית הקיימת ברוטור תלויה במבנה הרוטור, כך שזרם ההתנעה ההתחלתי אף הוא קשיח ואינו משתנה עם השדה המסתובב.

בכדי לקבל זרם התנעה קטן יותר יש אפשרות לכן רק להקטין את מתח האספקה. הקטנת מתח האספקה מקטינה את השדה המגנטי הסיבובי ביחס ישר. כמו כן קטנה באותו יחס עוצמת הזרם. אולם מומנט הסיבוב של המנוע, הבנוי מהרכיב היעיל של זרם ההתנעה ומהשדה המגנטי הסיבובי, יקטן בריבוע להקטנת המתח. למשל, אם הוקטן מתח הכניסה לחצי, יקטן השדה המגנטי הסיבובי לחצי וכן הזרם לחצי, אך המומנט לרבע (!!!) מערכו הראשוני. לכן יש לבדוק תמיד, האם המתנע שנבחר מקטין את זרם ההתנעה כנדרש ואם לא הוקטן בגלל זה המומנט ההתחלתי, מתחת לדרוש להנעת המכונה.

מתנע כוכב משולש

המוכר בחיבורי התנעות, למנועים בעלי רוטור כלוב, הוא החיבור בכוכב משולש. כדי שניתן יהיה להתניע בעזרת מתנע זה חייבים סלילי הליפוף להתאים לעבודה במתח המשולש — לדוגמא 380 וולט — ולשאת את הזרם הנובע מכך.

בזמן חיבור הכוכב, יקבל כל סליל פזה, מתח קטן פי שורש שלוש מהמתח הקוי, זאת אומרת 220 וולט. עבור סליל שהתנגדותו, לצרכי חישוב תהיה אוהמית בלבד, 11 אוהם, נקבל בכל פזה בחיבור משולש, בסליל, זרם של

$$I_{\triangle PH} = \frac{380}{11} = 34{,}6\ A$$

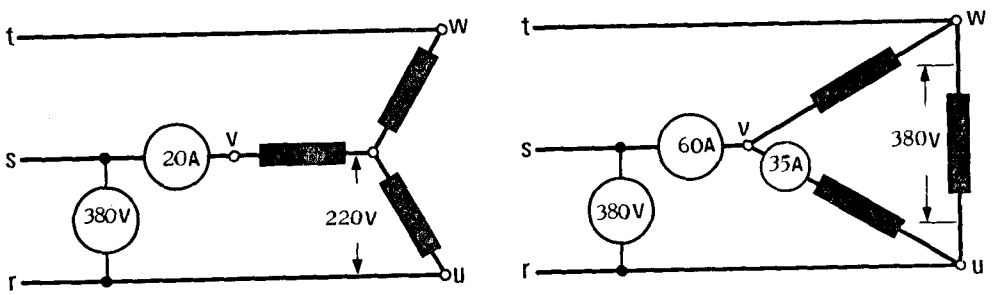
הזרם ברשת במקרה זה גדול פי שורש שלוש, זאת אומרת:

$$I_{\triangle} = \sqrt{3} \cdot I_{\triangle PH} = \sqrt{3} \cdot 34{,}6 = 60\ A$$

בחיבור כוכב אין הבדל בין זרם פזי לזרם קוי, אך המתח קטן פי שורש שלוש, זאת אומרת 220 וולט. הזדם שיתקבל בסליל ובקו, בחיבור הכובכ, יהיה:

$$I_Y = \frac{I_{\triangle}}{\sqrt{3} \cdot \sqrt{3}} = 20\ A$$

שרטוט מס' 3



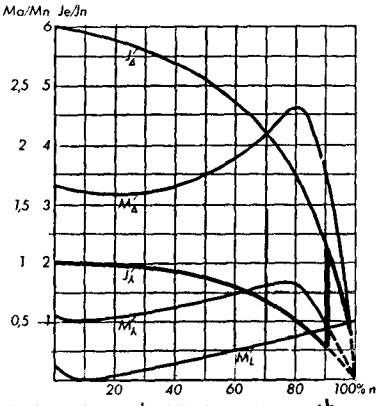
מכאן מתקבל שהזרם בקו יקטן פי שלוש. כך גם יקטן מומנט ההתנעה ההתחלתי. יש לזכור שהזרם בסלילי המנוע יקטן רק פי שורש שלוש.

לא נוכל להפעיל מנוע, המיועד לעבוד ברשת מסוימת בחיבור כוכב, באותה הרשת בחיבור משולש כיון שאז יגדל הזרם פי שורש שלוש מיכולתו לשאת. לכן גם לא ניתן להשתמש במנוע כזה בחיבור התנעה כוכב משולש.

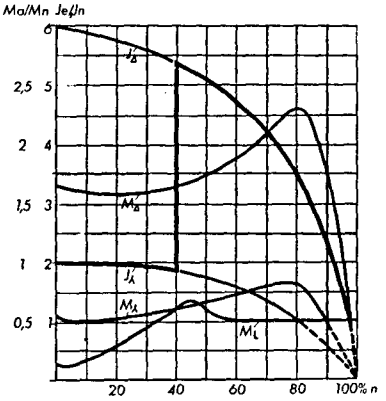
התנעה בכוכב משולש אפשרית וכדאית אך ורק, כאשר מומנט התגובה של העומס מאפשר הגדלת מהירות הסיבוב — במצב כוכב — עד הסיבובים הנומינלים.

אם המנוע עובר מוקדם מדי מחיבור כוכב למשולש, תתקבל מכת זרם כמעט כמו בהתנעה ישירה לקו. בשרטוט 4a מתואר מעבר נכון, במהירות של 90% מהמהירות הנומינלית. שיא הזרם יגיע אז פי 2.2. מהזרם הנומינלי.

שרטוט 4a



שרטוט 4b



שרטוט 4b מתאר שימוש לא נכון במתנע כוכב משולש (בגלל דרישת מומנט חעומס). במקרה זה המעבר למשולש נעשה ב־40% מהמהירות המלאה, דבר הגורם למכת זרם כמעט כמו בהתנעה ישירה לקו — ומתבטל היתרון של המתנע.

הנצילות וכופל ההספק משתפרים בעבודה בחיבור כוכב לעומת חיבור משולש. אולם זה אפשרי רק בעומס הקטן מ־⅓ מהנומינלי. בדוגמא הבאה בא הדבר לידי ביטוי. עבור רבע מהעומס הנומינלי:

בחיבור משולש $\eta = 78\%;\ \cos\varphi = 0{,}45$

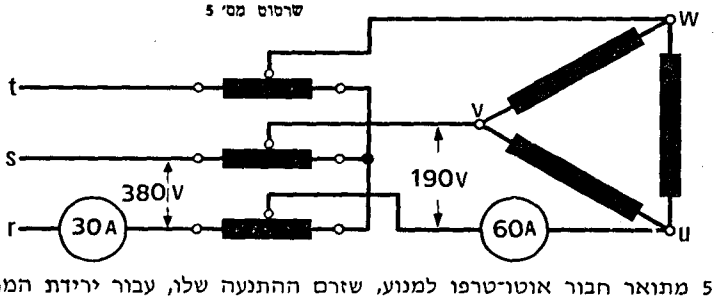
$\eta = 85\%;\ \cos\varphi = 0{,}73$

אם נחזור ונתיחס לחמום, מסתבר לנו שניתן להשתמש בחיבור כוכב רק כאשר העומס המוקטן יהיה **פחות משליש** מהעומס המלא בעבודה מלאה וככל שיהיה קטן יותר כן תשתפר הנצילות בעבודה בחיבור כוכב. מובן שבמקרה זה המנוע איננו מנוצל. ההחלקה של המנוע תגדל, זאת אומרת: מספר סיבובי המנוע במקרה זה, יהיה נמוך במעט מהסיבובים הנומינלים (בערך 10%—5%).

מתנע אוטו־טרפו (שנאי — עצמי)

בהתנעה בעזרת מתנע אוטו־טרנספורמטור, נקבל את אותם היחסים שקבלנו בהתנעה במתנע כוכב משולש. המומנט הסיבובי וזרם הרשת, בהתנעה, יקטנו ביחס ריבועי ליחס הקטנת המתח, וזרם ההתנעה במנוע יקטן ביחס ישר

שרטוט מס' 5



בשרטוט 5 מתואר חבור אוטו־טרפו למנוע, שזרם ההתנעה שלו, עבור ירידת המתח לחצי, הוא 60. כיון שיחס הזרמים שווה הפוך ליחס המתחים בטרנספורמטור, יהיה הזרם הנדרש מהרשת רק 30. אילו חובר אותו מנוע ישירות לרשת היה דורש זרם מלא, זאת אומרת פי שניים מאשר הוא מקבל עם הטרנספורמטור, פרושו: זרם של 120, שהוא פי 4 מהזרם הנדרש עם התנעה בעזרת אוטו־טרפו.

מובן שבמקרה זה יקטן המומנט ההתחלתי של המנוע פי 4, כי הוא תלוי גם בירידת הזרם במנוע וגם בירידת ערך השדה המגנטי הסיבובי, שכל אחד מהם קטן פי 2 לכן ברור, שעבור בחירת דרגה של 70% ירידת מתח, נקבל ירידה של 49% בזרם ההתחלתי ובמומנט ההתנעה.

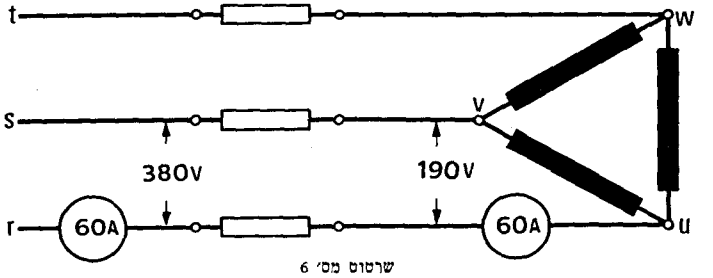
היתרון הגדול של מתנע עם אוטו־טרפו לעומת מתנע כוכב־משולש הוא בכך, שבמתנע אוטו־טרפו ניתן להתאים יותר במדוייק את המומנט הדרוש להתנעה לפי העומס, ולעומת זאת במתנע כוכב־משולש מומנט ההתנעה קבוע ואינו ניתן לשינוי.

ברור שאוטו־טרפו מיועד לעבודה בזמנים קצרים, התלויים במשך התנעת המנוע וסוג העומס. לכן יחושב לחימום קצר וזמן קירור ארוך (פחות נחושת). דבר זה גורם לכך שאסור להפעיל מנוע באופן קבוע עם טרפו שמיועד רק להתנעות.

כמו במתנע כוכב משולש, גם במתנע אוטו־טרפו, יש לדאוג לזמן מעבר נכון מדרגת התנעה — להפעלה ישירה, אחרת מכת הזרם בעת העברה תהיה כמעט כמו בהתנעה ישירה לקו.

מתנע עם נגדים סטטוריים

סוג זה של התנעה מבוסס על הורדת מתח האספקה בעזרת נגדים טוריים לליפוף הסטטור. מפל המתח על הנגדים תלוי — כמובן — בזרימה, אך יש לזכור שהוא אינו בפזה עם מתח המנוע עקב האופי האוהמי שלו.



שרטוט מס׳ 6

גם בהתנעה זו קטן מומנט ההתנעה ביחס ריבועי ליחס ירידת המתח בסטטור — לעומת מתח ההזנה, אולם שלא כבמנועים הקודמים — **ירידת הזרם בהתנעה יחסי ישר לירידת המתח.** דבר זה מובן, כיון שלא קיים כאן גורם ההשנאה אשר קיים במתנע אוטו־טרפו. דבר זה מהווה חסרון, כיון שהרשת שופגת מכת זרם חזקה יותר. חסרון נוסף הוא הצורך בקירור הנגדים ואיוורורם. היתרון שנשמר, הוא באפ־שרות לבנות נגד שיתאים בדיוק למומנט ההתנעה הדרוש, וכן, להתניע בעזרת כמה דרגות נגדים. יתרון נוסף הוא המחיר הזול יותר של מתנע נגדים ביחס למתנע אוטו־טרפו — גם במחיר הנגדים וגם עקב השימוש במגען אחד פחות. (למתנע אוטו־טרפו דרושים שלושה מגענים ולמתנע נגדים רק שניים).

המחיר היחסי של מתנע נגדים, לעומת מתנע אוטו־טרפו, נע בגבולות ⅔ עד ½. ניתן לחשב את נגדי ההתנעה באמצעות עקומות, או בעזרת חישוב קל, גם ללא חישובים וקטורים מסובכים.

מתנע עם משנק

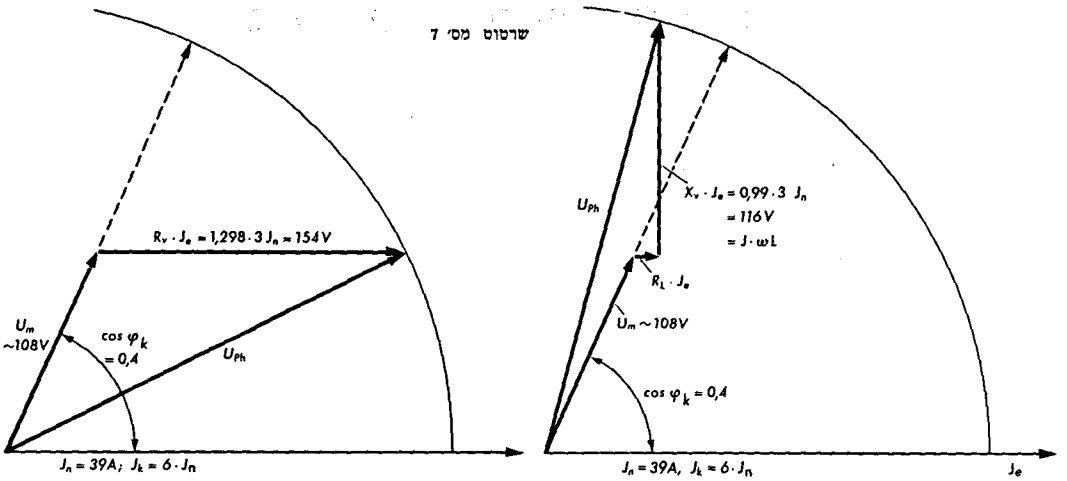
בהתנעה בעזרת משנק ,מוקטן מתח הרשת, לערך הדרוש, בעזרת משנק (צ׳וק) טורי לליפופי הסטטור. זרם ההתנעה דרך המשנק הטורי — המוסבר כמו נגדים טוריים, בתמונה מס׳ 6 — יפגר ב־90 מעלות ביחס למפל המתח על המשנק. מפל המתח על המשנק, יהיה שווה למכפלת זרם ההתנעה המוקטן ,בעכבת המשנק. התאור הוקטורי מראה את חיבור המתח הקיים על הדקי המנוע עם מפל המתח על המשנק. מובן שאם נחבר את המתחים באופן חשבוני בלבד נקבל 224 = 108 + 116, שזה קצת מעל המתח האמיתי — 220 (פזי). החישוב הוא מקורב כיון שהמתח על המנוע גם הוא כמעט בזוית של 90 מעלות ביחס לזרם.

התנגדות אוהמית טהורה אינה גורמת ליצירת זוית בין הזרם למפל המתח על ההתנגדות, אי־לכך יהיה מפל המתח עם **נגדים טוריים** בזוית 0 מעלות עם הזרם. כיון שהמתח על המנוע בזמן ההתנעה נמצא ב־90 מעלות ביחס לזרם (כמעט!) יתקבל במקרה זה סכום אריתמטי גבוה יותר, אם נחבר את מפל המתח על הנגדים והמתח על המנוע. התאור הגרפי ממחיש את התוצאה שתתקבל מחבור שני הוקטורים.

מכאן מתקבל שיש להפיל, במקרה של התנעה עם נגד, מתח גדול יותר מהמתח שיש להפיל במקרה של התנעה עם משנק, כשמדובר בקבלת אותו מתח — במקרה זה 108 — על הדקי המנוע.

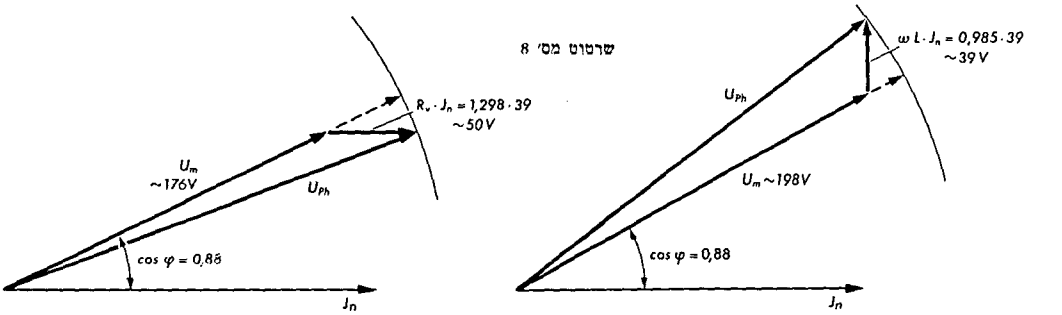
לשם כך נצטרך לקחת נגד שערך התנגדותו — באופן מוחלט — גבוה בהרבה מערך ההתנגדות המוחלט של משנק שניקח לאות מטרה.

שרטוט מס׳ 7



אולם יש עוד נקודות מספר בהשוואה זו שיש לקחת בחשבון. עם סיום שלב ההתנעה, יהיה מצב המנוע שהותנע בעזרת נגדים, גרוע יותר ממצבהמנוע שהותנע בעזרת משנק. כיון שהערך המוחלט של הנגד גדול יותר פי כמה, נקבל שהמתח הפזי על המנוע יהיה $U_m = 176\ V = 0{,}8 \cdot U_{PH}$ לעומת זאת נקבל במתנע עם משנק מתח של $U_m = 198\ V = 0{,}9 \cdot U_{PH}$ כיון שהמומנט יחסי לריבוע המתח, מסתבר שבסיום ההתנעה מסוגל מתנע נגדים לספק אך ורק 64% מהמומנט הנומינלי — ואם יש צורך במומנט גדול יותר, יש להפסיק את ההתנעה קודם, במומנט עומס נמוך יותר — אבל במכת זרם גדולה יותר לרשת ו. לעומת את יאפשר מתנע עם משנק לספק 80% מהמומנט הנומינלי, ללא צורך בניטרול מוקדם יותר של המשנק. יתרון המשנק ברור מכאן.

שרטוט מס׳ 8



השימוש של חריץ אויר — ושינוי גודלו — במתנע עם משנק, מסבך קצת אומנם את החישוב, אולם מאפשר דיוק רב יותר בקבלת מומנט ההתנעה הנדרש, עם הקטנת הזרם בהתנעה.

על ידי שנוי חריץ אויר בתוך ברזל המשנק, אנו משנים את התנגדותו המגנטית, ואתה את זרם ומומנט ההתנעה.

לסיכום

מתוך שיטות התנעה שנותחו כאן, השימושית ביותר והזולה ביותר היא דווקא השיטה שלא הובאה — התנעה ישירה לקו. זו ההתנעה המהירה ביותר, הפשוטה ביותר והמהימנה ביותר. בכל יתר השיטות קיימת סכנה של אי־מעבר מדרגה ראשונה לשניה ועוד תקלות שונות. בכל מקרה שניתן, כלומר כאשר אין מניעה מצד חוזק הרשת, והטרפו המשרת את המכונות הוא נפרד למפעל או למנועים שמדובר בהם, כדאי ורצוי להשתמש בהתנעה ישירה לקו.

באותם המקרים שבהם נוקב יצרן המנוע במפורש, בשיטת ההנעה שלדעתו כדאית למנוע המסוים שלו, כדאי להקפיד ולמלא אחר ההוראות ולא לחפש תחליפים ולו גם טובים יותר. ביחוד מיותרת ההתנעה בעזרת כוכב־משולש או אוטו־טרפו כאשר זמן ההתנעה אינו מאפשר להגיע לסיבובים מלאים כמעט, והמעבר לדרגה שניה יוצר מכת זרם כמעט כמו בהתנעה ישירה לקו.

מידע לחשמלאים

נוהל קבלת רשיון חשמלאי מסוייג למתח גבוה

משום הביקוש הרב לרשיונות מתח גבוה כונסה תת־ועדה לנושא אשר גיבשה נוהלים המאפשרים עיסוק במתח גבוה לבעלי רשיונות מתאימים. ברצוני להביא נוהלים אלו לידיעת ציבור החשמלאים.

1. בקשה לרשיון חשמלאי מסוייג לעבודות במתקני מתח גבוה תיחתם על ידי בעל המתקן ומהנדס חשמל המכיר את המתקן, הרשיון יהיה תקף רק לגבי המתקן שעבורו הוא הוצא.
2. על החשמלאי שלגביו מתבקש הרשיון למתח גבוה לעמוד בדרישות הבאות:
   א. להיות בעל רשיון חשמלאי מוסמך, לפחות.
   ב. להיות בעל תעודת גמר של קורס מוכר למתח גבוה, או לחילופין — שיעמוד בבחינות של קורס כזה.
3. לכל בקשה יצורף תרשים המערכת ונוהלי העבודה במתח גבוה באותו מתקן.
4. הועדה רשאית לבחון את החשמלאי, מבקש הרשיון, במתקן שבו הוא אמור לעבוד.
5. לבקשה תצורף תעודה רפואית שוות ערך לזו הנדרשת לקבלת רשיון נהיגה.
6. בעל רשיון לחשמלאי מסוייג חייב אחת לשנתיים להמציא אישור שעבר קורס ריענון בבטיחות, בקרת המתקן וכיוצא באלה.
7. בכל מקרה של שינוי משמעותי במתקן מתח גבוה (כגון: הוספת שנאים, שינוי סוג אמצעי המיתוג, שינוי מקום הציוד, הרחבה ושינויים ברשת מתח גבוה וכיוצא באלה), בעל המתקן יעביר הודעה מתאימה ליחידת הרישוי ומנהל היחידה רשאי לדרוש, במקרה זה, בחינה משלימה.
8. הסידור הנ"ל אינו חל על רשיונות מסוייגים הניתנים לאנשים שאינם חשמלאים אך הוסמכו לביצוע הפסקות חרום בלבד במתח גבוה.

   בנוסף לבחינות במתקן מסוג זה, המתקן יהייה בנוי כך שבעל רשיון מסוייג לפי סעיף זה יוכל לבצע פעולות הפסקה בלבד.
9. בכניסה למתקן מתח גבוה תמצא רשימה שמית של המורשים לטפל בו.
10. תחילתו של נוהל זה מתאריך אישורו ע"י מליאת ועדת הבחינות בחשמל.

ישבו בועדה המהנדסים: **ס. גליקמן, ו. זיס, נ. פלג.**

מסלולי לימוד והכשרה לקראת התואר חשמלאי מוסמך

א. לימוד במסלול יום — ברחבי הארץ קיימים מרכזי הכשרה של משרד העבודה, בהן לומדים משך עשרה חודשים יום יום את מקצוע החשמל.

לימודים אלו מתבצעים באופן שאינו מאפשר ללומד עבודה נוספת וזאת משום שעליו להמצא בבית הספר 50 שעות במשך השבוע בנוסף לשעורי הבית המוטלים עליו. תלמיד כזה זוכה במענק יומי בסביבות 70 ל"י ליום.

בסוף הקורס, מתקיימות בחינות סיום, המזכות את המצליחים בהן, בתעודת גמר הניתנת להמרה ברשיון לפי חוק החשמל.

ההרשמה לקורסים אלו נעשית במשרדי שרות התעסוקה או במשרדים המחוזיים של האגף להכשרה ולהשתלמות מקצועית:

1. **ירושלים** — מגרש הרוסים.
2. **באר־שבע** — בניין מרכז הנגב.
3. **תל־אביב** — יונה הנביא 13.
4. **חיפה** — דרך העצמאות 82.

ב. לחשמלאים העוסקים במקצוע, או לאלו שאינם עוסקים במקצוע ורוצים ללומדו קיימת אפשרות של לימוד בשעות הערב בפגישות דו־שבועיות בנות ארבע שעות כל אחת. ברור שלימוד זה נמשך כשנתיים ויש לשלם עבורו שכר לימוד. מערכת לימודית זו מבוצעת בכל מחוז ע"י בתי ספר בפיקוח משרד העבודה והרווחה, המקנים ללומד תעודת סיום אשר ניתן להמירה ברשיון כאמור בחוק החשמל.

במחוז ירושלים מתקיימים הלימודים בביה"ס אורט קנדי.

במחוז באר־שבע בביה"ס עמל לחניכים וברשת עמל.

במחוז תל־אביב בתי הספר המוכרים הם — המערכת הלימודית של אורט מבוגרים, רשת עמל, משל"ב וטכניקום.

במחוז חיפה מועצת פועלי חיפה, רשת אורט וטכניקום.

פרטים נוספים אודות השתלמויות אלו ניתן לקבל במשרדים המחוזיים של משרד העבודה והרווחה כאמור בפסקה א'.

ג. ברצוננו להפנות תשומת ליבם של המועמדים לדרך נוספת ללמידה המאפשרת לאותם אלו שהתנאים האוביקטיביים שלהם קשים במיוחד, להקלט ולהמשיך בלימודיהם. הלימודים במסלול זה, בדרך למידה יחידנית, מבוצעים ע"י המרכז לטכנולוגיה חינוכית.

המרכז לטכנולוגיה חינוכית (מט"ח) בשיתוף עם האוניברסיטה הפתוחה פיתח שיטת לימוד ומערכת אמצעי לימוד מיוחדת להעברת קורסים להכשרה מקצועית בחשמל ואלקטרוניקה בלימוד עצמי־יחידני. הקורסים המופעלים היום בהיקף ארצי כוללים את הנושאים הבאים: "חשמלאים מוסמכים", "אלקטרוניקה סוג 1" "אלקטרוניקה סוג 2" ו"השתלמות באלקטרוניקה ספרתית (דיגיטלית)". האגף להכשרה והשתלמות מקצועית במשרד העבודה והרווחה היה שותף מלא בפיתוח ופיקוח על חומר הלימוד ומערכת אמצעי הלימוד המיוחדת שפותחה.

כיצד לומדים במט"ח ובאוניברסיטה הפתוחה?

הלימודים מתבצעים בעזרת **מערכת אמצעי לימוד משולבת המבוססת בעיקרה על לימוד אישי בבית.** מערכת האמצעים כוללת את:

1. **יחידות לימוד כתובות** — הנשלחות ללומד לביתו ובנויות במיוחד ללימוד אישי.
2. **מעבדה ביתית** — הנמסרת לתלמיד לביתו למשך הקורס והוא מבצע באמצעותה ניסויים רבים בביתו.

המעבדה לקורס חשמלאי מוסמך כוללת מקור זרם ישר ומקור זרם חילופין, מכשירי מדידה שונים, לוח ניסויים ורכיבים חשמליים רבים.

באמצעות המעבדה מבצע הלומד עשרות רבות של ניסויים בביתו ושולח את גליונות תוצאות הניסויים לבדיקה.

3. **משדרי טלוויזיה** — בחלק גדול מהקורסים בחשמל ואלקטרוניקה מוקרנים משדרי טלוויזיה בשעות אחר הצהריים ע"י הטלוויזיה הלימודית והלומדים יכולים לצפות בהם בביתם. חלק מהמשדרים מוקרנים גם במעגל סגור בפגישות תקופתיות.
4. **פגישות תקופתיות** — מתקיימות אחת ל־3—4 שבועות במרכזי לימוד בשעות הערב. הפגישות התקופתיות בקורס לחשמלאים מוסמכים מתקיימות במרכזי ההכשרה המקצועית של משרד העבודה והרווחה בחיפה, ת"א, ירושלים ובאר שבע ומדריכים מקצועיים מנוסים מעבירים בפגישות את נושאי העבודה המעשית הדרושים לחשמלאי.
5. **קשר טלפוני עם מנחה** — כל קבוצת לומדים נמצאת בקשר עם מנחה מקצועי. הלומד יכול להתקשר בטלפון למנחה קבוצתו לברור בעיות הקשורות לחומר הלימוד הביתי.
6. **סמינרים בני מספר ימים מרוכזים** — אחת למספר חודשים מתקיימים סמינרים של 2—3 ימים מרוכזים לביצוע עבודות מעשיות במרכזי הלימוד.

מערכת האמצעים שתוארה מיועדת לפתוח אפשרויות לימוד נוספות לאנשים הבאים:

1. למבוגרים שלא יכלו או לא רצו ללמוד במסגרות הפרונטליות המקובלות.
2. לאנשים העובדים ביום ויכולים להקדיש ללימוד זמן מוגבל בערבים או בחופשות.
3. לאנשים הרחוקים מן הערים הגדולות ואינם מסוגלים לנסוע מרחקים גדולים מספר פעמים בשבוע כנדרש במסגרת לימודים מקובלת.

מערכת זו של אמצעים מאפשרת בעיקר למידה אישית, הלמידה האישית נותנת ללומד גמישות רבה בבחירת הזמן המתאים לו ללימודים ומאפשרת ללומד לימוד בקצב שיטה ותנאים המיוחדים לו.
בקורסים לחשמל ואלקטרוניקה של מט"ח והאוניברסיטה הפתוחה לומדים עתה כ־560 תלמידים המפוזרים בכל רחבי הארץ.

הקורסים נמצאים בפיקוחו של משרד העבודה והרווחה והמסיימים את הקורסים בהצלחה ניגשים לבחינות הרישוי או הסיווג מטעם משרד העבודה והרווחה.

המידע דלעיל נמסר ע"י מר ד. תרזה, מנקח ארצי לחשמל ואלקטרוניקה במשרד העבודה והרווחה.

כתבת היחידה לחשמל ואלקטרוניקה:

קטמון, רח' מחלקי המים 21, ירושלים, ת. ד. 4032 טל. 65760־1

ציוד חשמלי לשימוש באטמוספרות נפיצות

אינג׳ א. ורנר

ידוע, כי השימוש בציוד חשמלי במקומות, שמצויים בהם גזים או אדים דליקים, עלול להביא להתפוצצות, וכדי למנוע זאת דרושים אמצעי בטיחות מיוחדים.

אסונות מחרידים קרו כתוצאה מהתפוצצויות, שנגרמו מניצוץ חשמלי או עקב חימום־יתר של ציוד חשמלי, שהיו ממוקמים באזורים שהיו בהם גזים או אבק דליקים.

בארצות שונות פורסמו תקנים בדבר המבנה והבדיקה של ציוד חשמלי, המיועד לשימוש מאטמוספירה נפיצה והונהגו נהלים לאישור הציוד כמתאים לתקן.

קרוב לשנת 1940 הובן, כי תועלת רבה תצמח מתקינה בין־לאומית בנושא זה ובמסגרת הנציבות הבין־לאומית לאלקטרוטכניקה (IEC) הוקמה הוועדה הטכנית מס׳ 31 לטיפול בתקינה מבחינת הבטיחות של הציוד החשמלי לשימוש באטמוספירות נפיצות, כגון במכרות פחם, במתקני נפט, במתקנים כימיים ואף במפעלים קטנים, שמשתמשים בהם בממיסים דליקים.

נהלים לאומיים ומקומיים מהווים מכשול משמעותי למסחר הבין־לאומי. הדבר מורגש במיוחד בחברות הגדולות בעלות מפעלי תעשיה למוצרי נפט ולמוצרים כימיים בכל רחבי תבל.

אף הבדלים קלים בדרישות לגבי מבנה הציוד החשמלי וכללי ההתקנה עלולים להביא לכך, שציוד שנבנה בארץ אחת ומופעל בה בבטיחות יותקן בארץ אחרת ויוחזק בה בבטיחות לקויה. קורה, שחברת נאלצת לשנות את הוראותיה ואת הדרכת עובדיה מארץ אחת לארץ אחרת, דבר המקשה על העברת צוותים השייכים לאותה חברה.

לכן חיונית היא התקינה הבין־לאומית.

פעילותה של הוועדה הטכנית מס׳ 31 הנ״ל מקיפה תחומים רבים ורחבים, שכן דנה הועדה בבטיחותו של ציוד חשמלי ואלקטרוני ממינים רבים; עליה להביא בחשבון את העבודות של ועדות אחרות, הפועלות במסגרת הנציבות הבין־לאומית לאלקטרוטכניקה. הוועדה הטכנית מחולקת לוועדות משנה ולקבוצות עבודה; בוועידותיהן משתתפים נציגים של יצרנים, של מפעלים, של רשויות אישור ושל רשויות תחיקה לאומיות.

הוועדה הטכנית עוסקת גם בנושאים לא־חשמליים, כגון: מיון גזים ואדים בהתאם לדרגת דליקותם מגורמים תרמיים וחשמליים, מיון אזורי סכנה בהתאם להסתברות של הופעת אטמוספרות דליקות ואף בסיכון הכרוך באבק דליק.

התפוצצות יכולה לקרות, רק אם נמצאים במקום בעת ובעונה אחת אטמוספרה נפיצה ומקור הצתה; ההגנה מבוססת על הקטנת ההסתברות של הימצאות השניים בו בזמן.

אמצעי הבטיחות הראשון הוא מבנה המתקנים, שימנע ככל האפשר את שחרורם של חומרים דליקים לאטמוספרה; האמצעי האחר הוא מיקום הציוד החשמלי ככל האפשר מחוץ למקומות, ששיחרור כזה עלול לקרות.

רק אם האמצעים האמורים אינם מעשיים, יש לשקול את השימוש בציוד מוגן מפני התפוצצות.

האמצעים השונים אינם מונעים במידה שווה את הסכנה, לכן יש לבחור בשיטת ההגנה בהתאם לדרגת הסיכון שבאזור הסכנה.

הנציבות הבין־לאומית לאלקטרוטכניקה פרסמה עד כה מבוא כללי ו־11 חלקים של התקן הבין־לאומי IEC 79 לציוד חשמלי לשימוש באטמוספרות נפיצות כמפורט להלן.

במסגרת מכון התקנים הישראלי פועלת בארץ ועדת התקינה מס׳ 247, המעבדת את התקן הישראלי ת״י 786 על בסיס התקן הבין־לאומי הנ״ל.

מיון אזורי הסכנה בהתאם לדרגת הסיכון הוא הנושא של התקן הבין־לאומי 79 חלק 10 (עתה בשלב של רוויזיה) ושל התקן הישראלי ת״י 786 חלק 2.

כללים לבחירת שיטת ההגנה יוכנסו לחלק חדש של התקן הבין־לאומי 79, שהוא כעת בשלב של הכנה.

ארבעה עקרונות מנהים את המתכנן של ציוד מוגן:

א. הגבלת ההתפוצצות — מעטפת עמידה באש — התקן הבין־לאומי 79 חלק 1.

ב. צמצום האנרגיה של הניצוץ והאנרגיה המשתחררת בשעת תקלה אל מתחת לרמה, המאפשרת הצתה — התקן הבין־לאומי 79 חלק 11 — ציוד חשמלי בעל בטיחות עצמותית (Intrinsically safe apparatus).

חלק 11 של ת״י 786, הדן בנושא זה, נמצא בשלב הכנה.

בתקן הבין־לאומי 79 חלק 3 מתואר מכשיר נצנוץ לבדיקת הציוד הנ״ל.

ג. הקטנת ההסתברות של התהוות ניצוץ מקרית בציוד, שאינו יוצר ניצוצות בפעולה תקינה — התקן הבין־לאומי 79 חלק 7, ת״י 786 חלק 8 — ציוד בעל הגנה מטיפוס „e״ — מבנה ובדיקות.

ד. הפרדת חלקים חיים מאטמוספרה דליקה:

התקן הבין־לאומי 79 חלק 2, ת״י 786 חלק 5 — מעטפות שמקיימים בהן לחץ־יתר.

התקן הבין־לאומי 79 חלק 5, ת״י 786 חלק 9 — ציוד ממולא בחול.

התקן הבין־לאומי 79 חלק 6, ת״י 786 חלק 7 — ציוד טבול בשמן.

כאמור, לא רק ניצוץ גורם להצתה, כי אם גם טמפרטורת משטח גבוהה ויש לפקח עליה. התקן הבין־לאומי 79 חלק 4 ות״י 786 חלק 4 דנים בשיטות בדיקה לקביעת טמפרטורת הצתה. התקן הבין־לאומי 79 חלק 8 ות״י 786 חלק 3 דנים במיונן של טמפרטורות משטח מקסימליות ובסימונן.

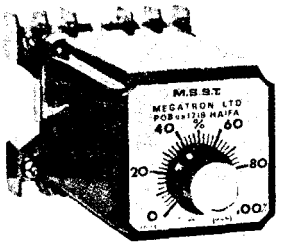
סימון הציוד החשמלי לשימוש באטמוספרות נפיצות הוא הנושא של התקן הבין־לאומי 79 חלק 9.

חיוני הוא, שהמתקין, איש התחזוקה והמפעיל של הציוד יכירו ויבינו את הסמלים ואת אותיות הצופן, המצויים על גבי הציוד ובתעודות האישור.

הסימון כולל בתוך השאר את האותיות EX, המעידות שהציוד מיועד לאטמוספירה נפיצה. פרטים אחרים של הסימון מציינים אם הציוד מתאים למכרות או לשימוש מחוץ למכרות, את סוג האטמוספרה, שהציוד שמיש בו ועוד.

במשך שנים רבות שקדו מומחים בחו״ל וגם אצלנו על הכנת חלקי התקנים, שפורסמו עד כה, והם מטפלים בהכנת חלקים חדשים וברוויזיה של חלקים קיימים. עדיין רבה העבודה, שעלינו לעשותה, וזאת גם בשל ההתקדמות הטכנית המתמדת בתעשיה.

מעודד הוא, כי מסתמנת מגמה להקטין את ההבדלים בין התקנים הלאומיים עד למינימום.



יצאנו עם מוצרים חדשים המשלימיר את משפחת הטיימרים שלנו. טיימרים לזמנים של: שעות, ימים ושבועות.

עקרון הפעולה של הטיימר החדש מתבסס על ספירת תדר בסיסי (הניתן לשינוי) על ידי מונה פנימי. פיתוח הטיימר החדש משפר את הדיוק, מאפשר השגת זמנים ארוכים והעיקר הוזלת מחירי הטיימרים לזמנים ארוכים.

סוג RT טיימר להתנעה אוטומטית של מנועים — חדש!
הטיימר מודד זמן מרגע הפסקת מתח הרשת, כאשר ההפסקה קצרה מ־150 מילישניות הטיימר יתן פולס התנעה (סגירת מגע לזרם עד 8 אמפר למשך 0.15 שנ'ה). בהפסקת חשמל בין 150 מילישניות עד 2 שניות (ניתן לכיוון) הטיימר יתן פולס התנעה לאחר השהיה של 0.5 עד 5 שניות (ניתן לכיוון ע"י פוטנציומטר שני). בהפסקות חשמל ארוכות יותר הטיימר לא יתן פולס התנעה. פולס ההתנעה ניתן רק לאותם המנועים שעבדו לפני הפסקת החשמל. המתח החוזר חייב להיות מעל 80% של המתח הנומינלי (ניתן לכיוון פנימי).
פנה לקבלת פרטים נוספים:

מגטרון

אלקטרוניקה ובקרה בע"מ

MEGATRON

electronics & control ltd.

ת.ד. 1719 חיפה, טל. 82374, 04-88835

דרושים מפיצים בכל הארץ

שרות פרסומי לקוראים

למעוניינים במידע נוסף!

כדי לקבל מידע נוסף:

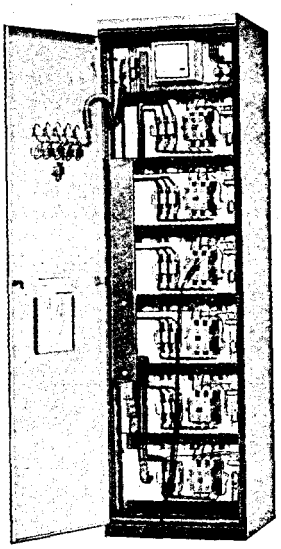
1. סמן בדף השרות הפרסומי את מספרי המודעות בהן יש לך ענין במידע נוסף.
2. מלא את שמך וכתובתך, בכתב יד ברור **בכל** משבצת מהמודעות שסימנת.
3. שלח את דף השרות (בשלמותו) לפי כתובת המערכת:

מערכת „התקע המצדיע"

ת. ד. 25

תל־אביב

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



בע"מ הנדסת חשמל

אזור התעשיה הישן, ראשון־לציון, ת. ד. 588, טלפון 99 98 44

מערכות לשיפור מקדם הספק

מבנה קומפקטי • הפסדי אנרגיה נמוכים

- קבלים דגם NKV תוצרת SIEMENS.
- הפסדים דיאלקטריים נמוכים: 0.5 w לכל קוא"ר.
- משנקי פריקה (במקום נגדים).
- הפעלה ידנית או אוטומטית.
- וסת אוטומטי SIEMNES.

גדלים סטנדרטיים: מ־25 — 400 קוא"ר —

ליעוץ והדרכה אנא פנה למשרדנו

ת.ד. 588 ראשל"צ • טל. 999844

הנכם מוזמנים לבקרנו בתערוכה שתתקיים בבית ישראל אמריקה,
שדרות שאול המלך 35, תל-אביב, בימים 22.1.79—26.1.79, בין השעות 11.00 עד 21.00.

התאחדות בעלי מלאכה ותעשיה זעירה

תל-אביב — יפו והסביבה

רח' מרכז בעלי מלאכה 16 ת. ד. 4041 ת"א 61-040 טל. 294211

ארגון קבלני חשמל וחשמלאים עצמאים

כנס שנתי של הארגון

אנו מתכבדים להודיע לצבור קבלני חשמל, חשמלאים מוסמכים, ראשיים ובכירים עצמאים (חברים ולא חברים) כי הכנס השנתי של הארגון יתקיים ביום שני, 5 בפברואר 1979 בשעה 7 בערב במלון "פרק", רח' הירקון 75, תל-אביב.

תכנית הכנס:

- דברי פתיחה.
- חוק הארקות יסוד — הרצאה על ידי נציג חברת החשמל לישראל בע"מ אינג' נחום פלג, חבר ועדות התקינה.

בדיון ישתתפו נציגי משרד האנרגיה והתשתית, משרד השיכון והבינוי, משרד העבודה והרווחה, מרכז הקבלנים והבונים, מרכז השלטון המקומי ונציגי חברות בניה. אחרי ההרצאה — שאלות ותשובות.

החלק הארגוני יכלול:

- תכנית הפעולה המקצועית — קורסים, השתלמויות, סיורים מקצועיים ועוד.
- שאלות ארגוניות — דו"ח על פעולות הארגון וההתאחדות.
- בחירת מוסדות הארגון — לקראת ועידת ההתאחדות.
- רישום חברים — המעוניינים להצטרף לארגון יוכלו להירשם במקום.
  דמי השתתפות (לכסוי ההוצאות בלבד) — 75 ל"י למשתתף.

את דמי ההשתתפות יש להעביר לארגון קבלני חשמל, ת.ד. 4041, תל-אביב, בשיק או המחאת דואר, לפקודת „התאחדות בעלי מלאכה", או בערב הכנס במקום.

השמלאי עצמאי!

להבטחת זכויותיך, שיפור תנאי עבודתך, קידום הידע המקצועי

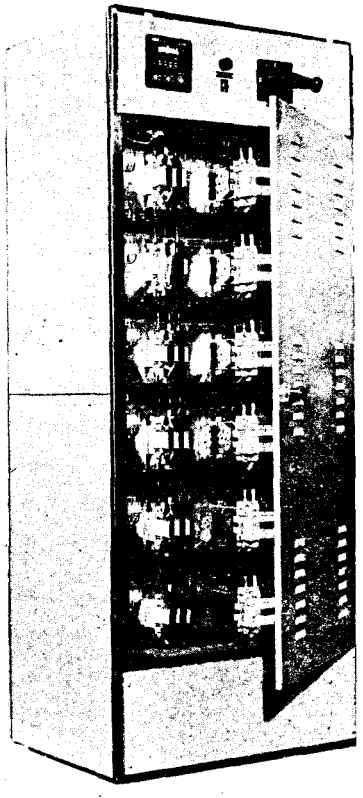
הצטרף לארגון קבלני חשמל וחשמלאים עצמאים!

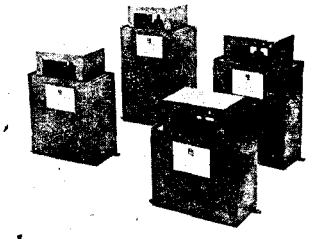
נשמח לראותך בכנס!

פיקון – שיפור מקדם הספק בע"מ

PHI CON

תל־אביב המסגר 23, טל 32646; 31740





מערכות אוטומטיות לחיבור קבלים בקבוצות בהספק כולל של עד 270 קוא"ר

קבלים תלת־פזיים 400V 50Hz בהספקים 5–100 קוא"ר מתאימים לדרישות I.E.C. פרסום מס. 70 ותוספת לנ"ל (1967)

המערכות והקבלים מורכבים מקבלים יבשים בעלי הפסדים נמוכים 0.5 ואט/קוא"ר לקבלים כושר תיקון עצמי בעת קצר פנימי

נציגים בצפון: "המכונה" חברה בע"מ ת.ד. 6038 חיפה טל. 04-721291

נציגים בדרום: ברק דרום בע"מ, ת.ד. 4123 באר־שבע אזור התעשיה (ליד מוסד ברע"מ) טל. 057-36034

עוזרם

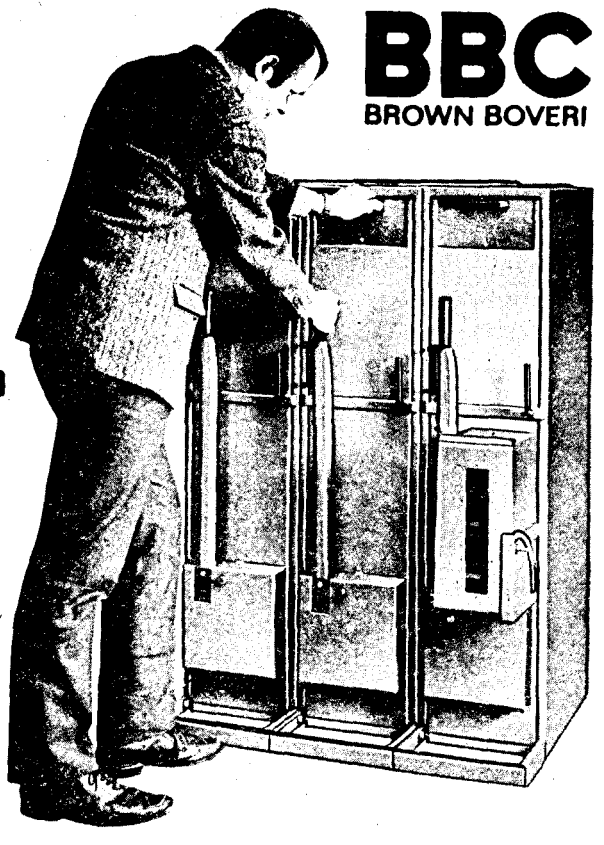
תל־אביב, המסגר 23

31740 – 32646

- **לוחות חלוקה 10A – 3000 A**
- **לוחות פיקוד**
- **לוחות ובר לפי דרישות חח"י**

BBC
BROWN BOVERI

מתקן
קומפקטי
מ־12 עד 24 ק־ו



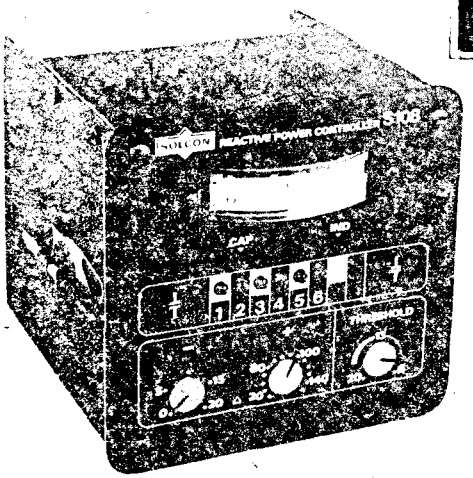
— מוכן להרכבה ולחבור לרשת מ״ג.
— מורכב במספר שעות – דורש שטח מינימלי.
— מנתק בעומס עד 400 אמפר.
— מנתק בעומס עם מבטיחים להגנת טרנספורמטורים.
— אספקה מידית.

אלקטרופלן בע״מ
נציגות חברת
בראון, בוברי ושות׳ בע״מ

ELECTROPLAN LTD.
Representatives of:
Brown, Boveri & Co. Ltd.

משרד: שדרות הנשיא 20 ב׳, הר הכרמל (רחוב סוכות 9)
ת.ד. 6110 חיפה, טלפון 84627, 84320, טלקס 46672

SOLCON



בקר הספק
ריאקטיבי
SOLCON S108

בקר אלקטרוני רב דרגתי הממתג באמצעות מגענים עד 12 קבוצות קבלים לשמירת מקדם ההספק של צרכן חשמל בגבולות

0.92 השראתי — 0.95 קבולי

- ✡ תחום רחב של בקרים לפיקוד על 6, 8 או 12 קבוצות קבלים.
- ✡ מד מקדם הספק (Cos φ-meter) בנוי בתוכו.
- ✡ נורות סימון ולחצני בדיקה בנויים בתוכו.
- ✡ כיוון סף פעולה תחתון המונע פעולות מיתוג מיותרות בעומסים נמוכים — להארכת משך החיים של הקבלים והמגענים.
- ✡ התקנה פשוטה (מידות 144×144) על פנל קידמי או אחורי.
- ✡ חיבור למשנה הזרם של מד הזרם.

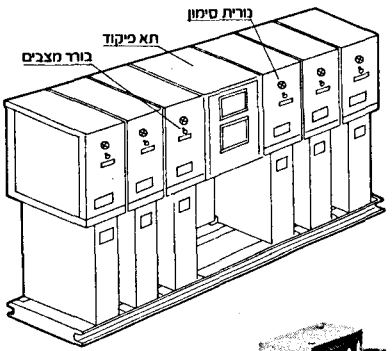
שמור על מקדם הספק בגבולות הנדרשים
התקן סוללת קבלים אוטומטית עם בקר
SOLCON S108

אלקטרה מתכות והנדסה בע"מ

תל־אביב, רחוב הנגב 4 * ת. ד. 2180 * טל. 37029, 30851

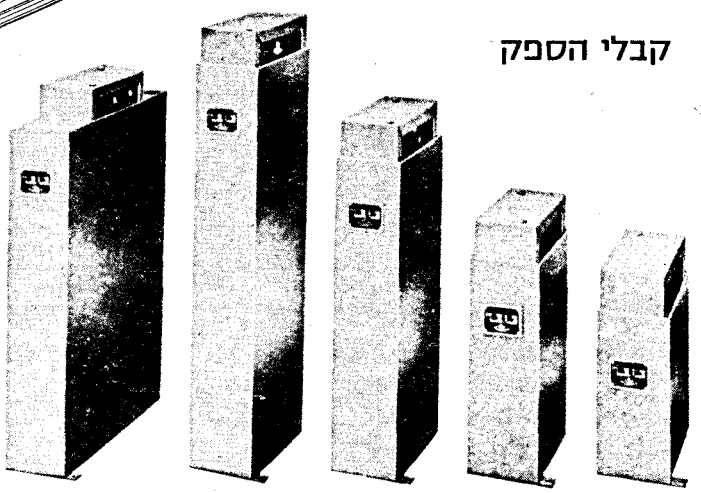
שפור מקדם ההספק בעזרת קבלים תוצרת הארץ שעמדו בהצלחה בבדיקות דגם של מכון התקנים הישראלי

למתחים 230-400 V



סוללות קבלים
עם וויסות אוטומטי

קבלי הספק



קבלים לגופי תאורה
קבלי עבודה למנועים

ייעוץ והדרכה חינם במפעלך.

אנלקו ELCO חברת אלקטרומכנית ישראלית בע"מ רמת־גן

ענף הקבלים

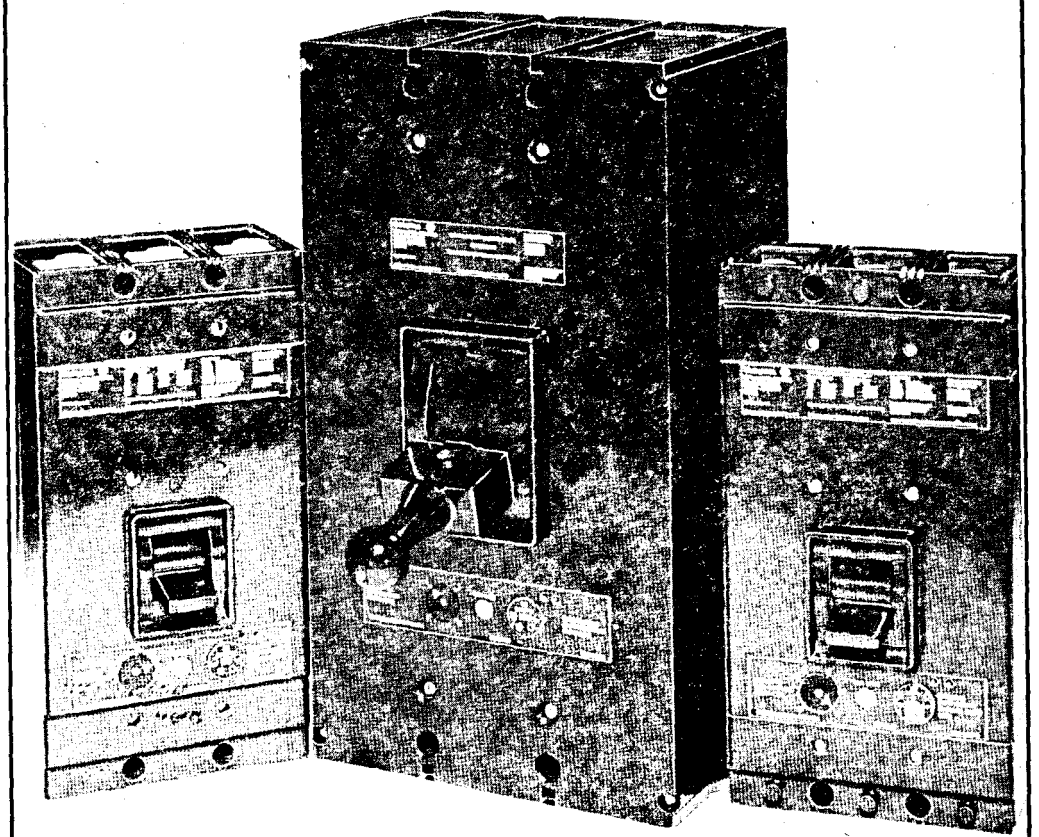
רמת־גן, דרך ז'בוטינסקי 23 טל: 727131.

שרות פרסומי מודעה מס' 148

Westinghouse SELTRONIC מפסקי זרם מסדרת

זרם נקוב: 300 ÷ 3000 אמפר

כושר נתוק: 36000 ÷ 100000 אמפר



ווסטינגהאוז ארה"ב

WESTINGHOUSE U. S. A.

אלקטרה מתכות והנדסה בע"מ

תל־אביב, רחוב הנגב 4 * ת. ד. 2180 * טל. 37029, 30851

המעבדה לחסכון אנרגיה

מכון המתכות הישראלי

קרית הטכניון

חיפה

טלפונים 4-3-235102-04, 231216-04, 230914-04

חסוך דלק וחשמל!

חסוך הוצאות לרכישת אנרגיה

קבוצת מהנדסים בעלי נסיון רב־שנתי בביצוע סקרים לקביעת אפשרויות ועיבוד אמצעים לחסכון דלק וחשמל במפעלי תעשייה, בתי מסחר ומוסדות אחרים מציעה את שירותיה.

הקבוצה מצוידת במיכשור מדידות ורישום לביצוע מעקב אחרי פעולת הציוד הצורך אנרגיה. בעבודות שבוצעו לאחרונה הושג חסכון דלק וחשמל המגיע ל־20% מכלל הצריכה.

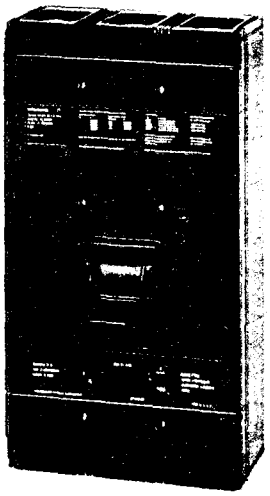
המעבדה מוכרת על ידי משרד האנרגיה והתשתית לעריכת סקרים מקיפים לחסכון אנרגיה במפעלי תעשייה ובמוסדות.

משרד האנרגיה והתשתית משתתף ב-50% מכלל ההוצאות לביצוע סקרים לחסכון אנרגיה ומעניק תמריצים למימוש האמצעים להשגת החסכון.

שרות פרסומי מודעה מס' 150

Westinghouse
Electric Corp. U.S.A.

מפסקי זרם חצי אוטומטיים
ווסטינגהאוז — ארה"ב



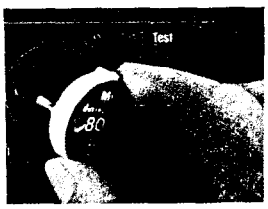
- מפסיק זרם 1200 אמפר SELTRONIC NC 1200.
- מפז' בעל הגנות אלקטרוניות מאושר על ידי חברת החשמל להגן על שנאיה.

— הגנה בפני יתרת זרם מתכוונת 70%—100% זרם נקוב.

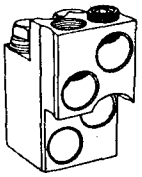
— הגנה בפני זרם קצר מתכונת 4—8 × זרם נקוב.

— התקן השהייה במעגל המגנטי (סלקטיביות).

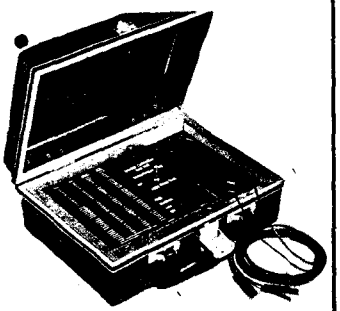
— כושר ניתוק 36,000 אמפר.



- המפסקים בסדרת SELTRONIC כוללים מערכת הגנה אלקטרונית SOLID STATE.
- יחידת ההגנה ניתנת להחלפה בנקל.



- המפסקים כוללים (כלול במחיר) **מהדקי** כבלים בכניסה וביציאה המתאימים לחיבור כבלי נחושת ו/או אלומיניום.



- מזודת בדיקה (TEST KIT) מאפשרת בדיקת המפסק בשטח בעודו מורכב בלות.

המחיר — 26,310 ל"י (ליום 1.12.78)

דרוש מפסקי זרם „ווסטינגהאוז"

הציוד הנכון במחיר הנכון

לקבלת מחירון ופרטים נוספים התקשר עמנו

אלקטרה מתכות והנדסה בע"מ

תל־אביב, רחוב הנגב 4 * ת. ד. 2180 * טל. 37029, 30851

פתאום נפסק החשמל...

מה קורה במפעל שלך כשיש הפסקת חשמל?

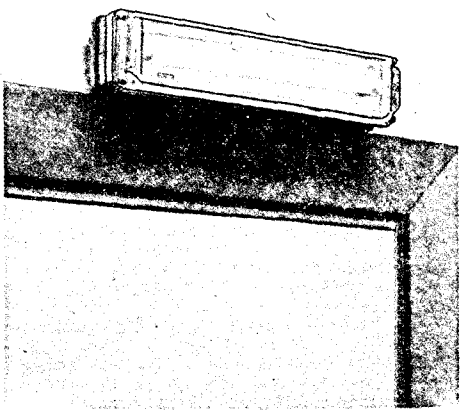
הפסקת חשמל יורדת עליך כמו רעם ביום בהיר. המפעל משותק. המעלית תקועה. הפועלים מבוהלים. חדר המכונות הופך להיות מלכודת מסוכנת לעובדים. בחדרי המדרגות אנשים נתקלים זה בזה והחשמלאי שהוזעק לחדרי־לוחות־החשמל והגנרטורים - אינו מסוגל לעבוד בחושך.

אתה יכול למנוע אסונות ופגעים כאלה במפעלך.

התקן מנורת "ברק" של "געש" למניעת בהלה ראשונית ולאספקת תאורה עד לחידוש הזרם.

"ברק"

מנורה פלואורסצנטית הנדלקת אוטומטית בהפסקת חשמל, פשוטה להתקנה ואינה דורשת אחזקה.



"ברק" - מחוברת באופן קבוע לרשת החשמל ולכן טעינת הסוללה מובטחת בכל עת.
במקרה של הפסקה בזרם החשמל, נכנסת תאורת החרום לפעולה באופן אוטומטי.
עם חידוש אספקת הזרם, חוזרת המנורה למצב של טעינה.

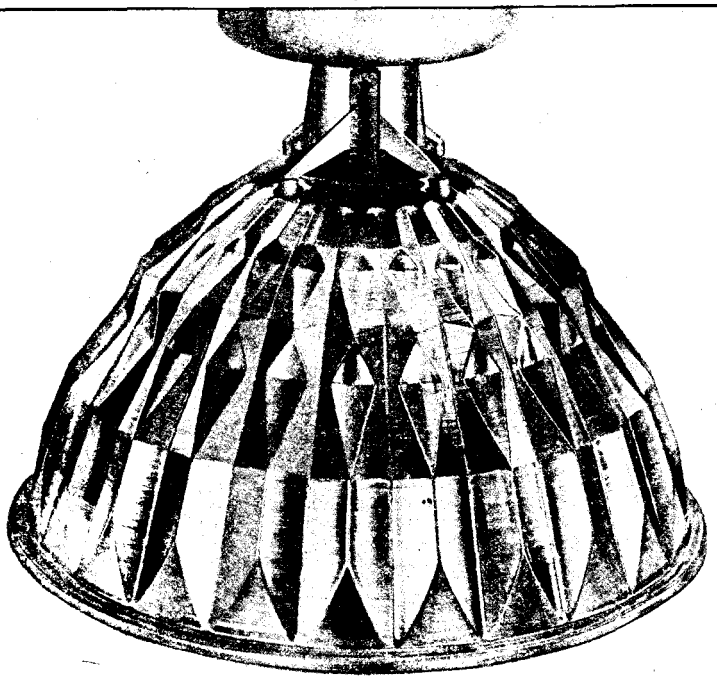
עם "ברק" יש תמיד אור במפעל.

מפעלי תאורה געש

קבוץ געש, טלפון 03·938985/8

סוכנות ראשית:
מוצרי תכן, רחוב הארבעה 8-10 תל-אביב טלפון 268251
ובסניפים של מוצרי תכן בירושלים, חיפה ובאר-שבע.

"פריזמה־געש"
לא צורך יותר-
הוא רק מקרין יותר...



כדי לקבל תנאי תאורה מצויינים, "געש" מציע לך רפלקטור פריזמטי אשר תוכנן באמצעות מחשב. רפלקטור זה, המכונה "**פריזמה־געש**", מאפשר פיזור אור מקסימלי תוך ניצול מירבי של עוצמת הנורה.

"**פריזמה־געש**" עשוי אלומיניום טהור ומצופה בשכבת זכוכית כדי להבטיח תפוקת־אור מלאה לאורך זמן.

ל"**פריזמה־געש**" תיבת חיבורים חיצונית עשוייה מאלומיניום יצוק (ובלתי מחליד) ומאפשרת תחזוקה נוחה.

"**פריזמה־געש**" פועל עם כל הנורות החדישות: כספית, מטל־הלייד ונתרן־לחץ־גבוה.

"**פריזמה־געש**" מתאים למבנים תעשייתיים ולמגרשי- ספורט.

"**פריזמה־געש**" ניתן להשיג ב־2 דגמים: בעל אלומה רחבה להתקנה בגובה עד 15 מ', ובעל אלומה מרוכזת להתקנה בגובה שמעל ל־15 מ'.

למתן פרטים נוספים ו/או המצאת פרוספקט, נא מלא, גזור ושלח את התלוש הר"ב.

לכבוד
מפעלי תאורה געש
קבוץ געש

אבקשכם לשלוח לנו פרוספקט על הנושא "**פריזמה־געש**".

שם המזמין _____

שם המפעל _____

תפקיד _____

כתובת _____

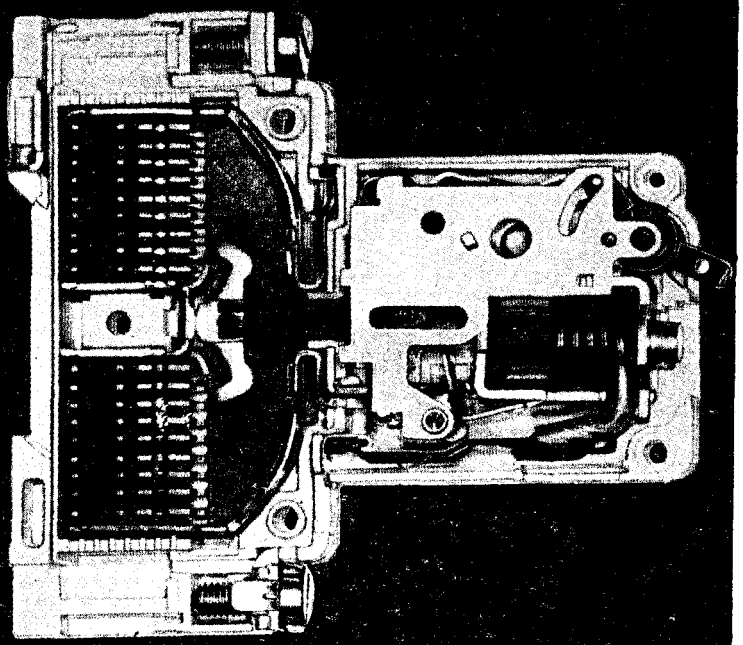
טלפון _____

מפעלי תאורה געש

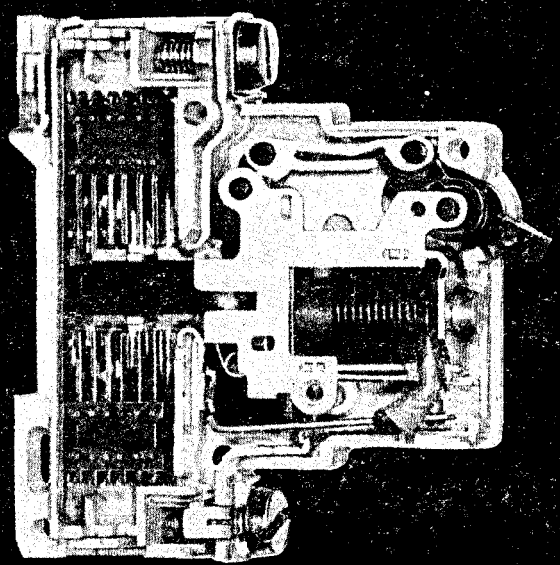
קבוץ געש, טלפון 03-938985/8

הגנת מוליכים וציוד

AZ



FAZ

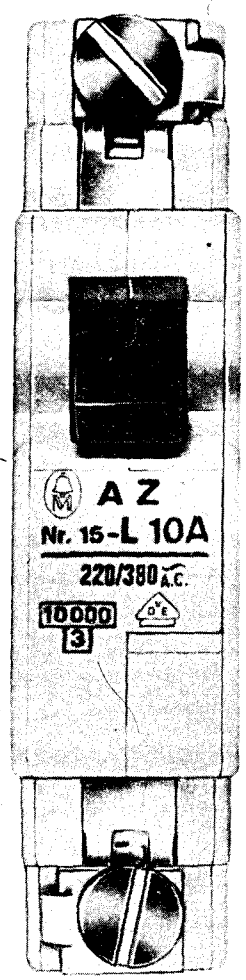


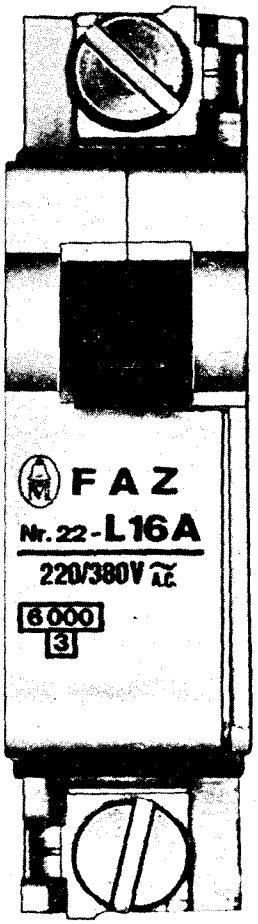
טכניקה טובה יותר לבטיחות גבוהה יות

KLÖCKNER-MOELLER

הגנה לפי צרכיך.

במתקנים ביתיים הוכיח את עצמו ה-מאמ"ת הנמוך FAZ (68 מ"מ גובה בלבד) — בעל כושר ניתוק של 6 kA (220/380 V, cosφ=0.6).
במתקני תעשיה וברבי-קומות, בהתקנה קרובה לשנאי — יש עליונות מוחלטת למאמ"ת AZ בעל ההספק הגבוה וכושר ניתוק של 30 kA (220/380 V, cosφ=0.2) המאפשר לתכנן מתקני תעשיה ורבי — קומות ללא נתיכים.





הגנה מעל ומעבר לנדרש בתקנים.

שני ה-מאתי"ם; FAZ ו-AZ עונים על הדרישות החמורות של התקנים הבין-לאומיים החדשים, כגון; CEE 19 ו-VDE 0641 ועולים בתכונותיהם על הנדרש בדרגה הגבוהה ביותר של הגבלת זרם — קצר.
היות והאנרגיה העוברת במאמ"תים הנ"ל הינה נמוכה ביותר — מובטחת הגנה מלאה לקווים אפילו בגודל 1.5°, ב-6 kA וב-30 kA בהתאם לסוג המא"מת.

קצנשטיין, אדלר ושות בע"מ.
תל-אביב, דרך פתח תקוה 37
טל. 03-614668
חנדסה אלקטרו-מכנית חיפה בע"מ.
חיפה, דרך יפו 121
טל. 04-526148

ק.מ.ק. הנדסת חשמל בע"מ
ירושלים, רח' יפו 214
טל. 02-231610
קדקו בע"מ.
אשקלון, אזור התעשיה,
טל. 051-26719
לוחות והנדסת חשמל כפר- סבא בע"מ.
כפר-סבא, רח' וייצמן 94
טל. 052-24003

ק.א. באר — שבע בע"מ
באר-שבע, רח' המלאכה 28
טל. 057-35916

משרדינו הטכניים תמיד קרובים אליך!

כל מה שרצית לדעת על תאורת חרום

א. החשוב ביותר בתאורת חרום הוא המצבר.

קיימים בשמוש כמה סוגי מצברים.
מצברי עופרת חצי יבשים (גיליי טייפ)
מצברי ניקל קדמיום יבשים.
ההבדל במצברים הינו רב ומשמעותי ולכן חשוב לדעת באיזה סוג מצברים משתמש היצרן.
מנסיון בציוד המצוי בארץ אורך חיי מצבר ניקל־קדמיום הנו רב ביותר ומגיע למעלה מעשר שנים ויותר ללא כל בעיות החזקה וללא צורך בטפול לעומתו מצבר האופרת אורך חייו קצר יחסית והנו זקוק להחלפה אחרי מספר שנים, כ־3 שנים. מצבר ניקל קדמיום קל במשקלו ומאפשר שמוש באלמנטים קטנים קלים ודקורטיבים.

ב. התאמת גוף לשמוש הנכון

קיימים בשמוש מספר סוגי גופים.
גוף פלורסנטי, גוף לבון, גוף לבון דו-תכליתי וכן גוף לבון עם מנורת עדשה (סילד־בום).
כל גוף מיועד למטרות שונות בהתאם לסוגו ולצורתו.

1. תאורה פלורסצנטית — תאורה חזקה ויעילה מתאימה בעיקר לאולמות, בנקים, מרפאות, מקלטים וכו'.
2. תאורת לבון — תאורה מינימלית להתמצאות בלבד.
3. תאורת לבון דו תכליתית — מיועדת בעיקר לשלוט ולהכונה (ניתן לקבל בהתאם לדרישות המשטרה ומכבי אש, פועלת גם בחשמל הרגיל וגם בחרום).

ג. גודל הנורה וכמות האור

כל המתמצא בחשמל יודע שכמות הווטים של נורה הנו מונח הקשור בהספקה ולא בעוצמת האור. את עוצמת האור אנו מודדים בלומנים או בלומן למ² שזה לוקס. אי לכך יש להתיחס לכל מנורה בהתאם לכמות האור המעשית שהיא נותנת ולא למספר הווטים הרשום על הנורה מה עוד שישנם גופים שבהם הספק המצברים לא תואם את הנורה והנורה דולקת חלקית לכן חשוב לבדוק את נצילות הגוף. כסוי פרספקט לא שקוף גורם לאבודי אור בכ־35 אחוז ויותר ולחלופין כסוי שקוף ורפלקטור פנימי מלוטש גורם לנצילות מכסימלית של האור.

להלן כמה נתונים מבדיקות שנערכו בלילה עם מד־אור (לוקס מטר) במרחק 1 מ' מהגוף.

גוף 20 וט תוצרת מקומית כסוי מט	כ־50 לוקס
גוף 8 וט תוצרת מקומית מצבר גליי טייפ	כ־35 לוקס
גוף 6 וט ניקל קדמיום רילוקס	כ־40 לוקס
גוף 20 וט ניקל קדמיום רילוקס	כ־80 לוקס

ומכאן שלא כמות הווטים היא הקובעת אלא איכותו של הגוף. סוג הכסוי ומחזור האור וכמובן ניצולת המצברים והמערכת האלקטרונית. לכן לפני שאתה קונה תאורת חרום

בדוק!
תשוב!
והחלט נכון!

מוגש כמודעה ע"י צבמד בע"מ
חובבי ציון 36, ת"א
טל' 03-299450

קב-קר

מפעלי בית־אלפא לויסות אוטומטי

תרמוסטטים לקירור דגם 51B

- למקררים ביתיים מכל הסוגים
- למקררים מסחריים
- לארגזי גלידה
- למיכלי מים
- להקפאה עמוקה

תרמוסטטים למזוג־אויר דגם MA

לחימום, קירור וחימום־קירור

- למזגני חלון מכל הסוגים
- למזוג אויר מרכזי
- למבטיחים נגד קפיאה
- למפשירי קרח
- לתפקידים מיוחדים

לדרישות מיוחדות ומדוייקות!

תרמוסטט כפול דגם FD

בעל מפסק אחד (FD-3) או שני מפסקים נפרדים (FD-6) מסוג S.P.D.T. הניתנים לכוון בנפרד.
להפעלת 2 מערכות נפרדות לחימום וקירור ומערכת משולבת לויסות טמפרטורה:

- בחדרי ומגדלי קירור
- בחממות
- בלולים
- באולמות מבוקרים

תחומי עבודה בין $-30 \div +80^{\circ}C$
דיפרנציאל של $1-3^{\circ}C$

ניתן כדגם FDX בקופסת פלסטיק

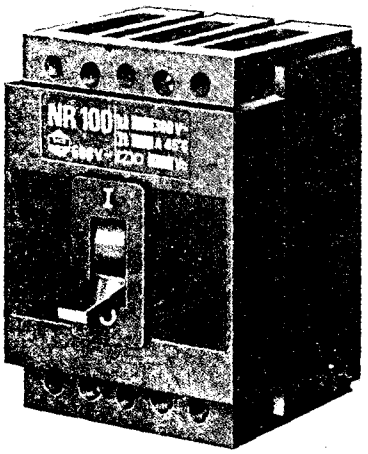
בית.אלפא, ד. נ. גלבוע, טל. 81924(065)

סַצֶ'ה

SACE BERGAMO

מפסקי זרם אוטומטיים

מודול NR100



- 11 יתרות זרם מ 10 עד 100 אמפר
- 4-3-2 קטבים
- עם מגע מופעל על ידי יתרות זרם

המשווק

אלטקה בע"מ

בני־ברק רח' בר כוכבא 6.

טל: 78 24 65, 78 27 18-03

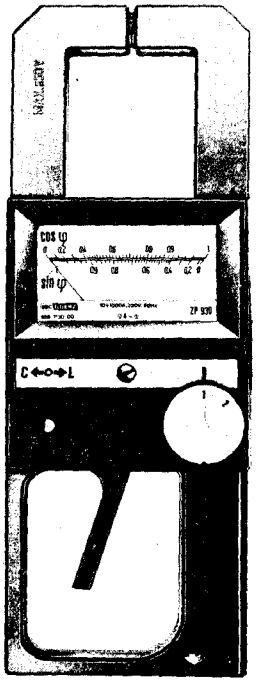
סניף צפון:

חיפה, רח' השיש 3, טל. 04-740801

חברת ישראמקס בע"מ

רחוב ארלוזורוב 25, תל־אביב ● ת.ד. 6014
טלפון: 5-4-24 82 13 – טלקס: 03-2266

BBC GOERZ
BROWN BOVERI



הצלחה ללא תקדים
רבים כמותו נמכרו בארץ.
עדיין במלאי.

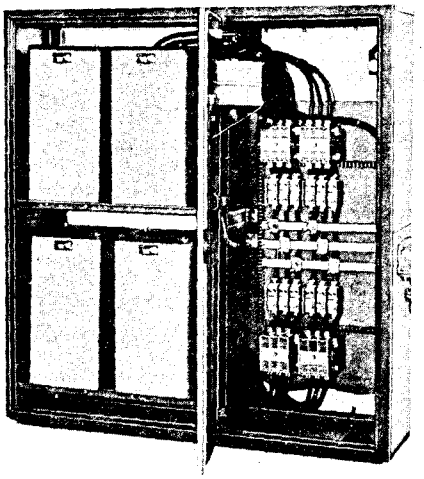
מד כופל הספק נייד ("צבת" COS φ)

למדידת כופל הספק השראתי או קיבולי 0...1
10 עד 1000 אמפר, 220 וולט, 50 הרץ.
למדידת זרם במוליכים עגולים או
פסי צבירה עד 60×50 מ"מ.

מד הספק נייד ("צבת" וואט-מטר)

למדידת הספק במערכות חד פאזיות
או תלת פאזיות 380/220 וולט, 50 הרץ.
תחומי מדידה: 300—100—30—10—3 קילוואט.

מכשירי מדידה ורישום ניידים
ולוחות למדידת זרמים ומתחים בכל התחומים.
שנאי זרם, מתמרי מתח וזרם, מודדי טמפ'
ורשמים לטמפ', מודדי התנגדות בידוד והארקות.



מפה

חנדסת חשמל בע"מ

ארון קבלים לשפור מקדם הספק

גדלים סטנדרטים מ־60—312 קוא"ר

הרכב:

- 4 או 6 קבלים תוצרת ASEA
- מפסק ראשי
- הבטחות לקבלים
- נורות סימון
- ווסת אוטומטי HELIOWATT
- מד כופל הספק
- הפעלה ידנית או אוטומטית

אספקה תוך 3-6 שבועות או מהמלאי

לייעוץ והדרכה אנא פנה למשרדנו!

כתובתנו החדשה

מ.פ.ה. הנדסת חשמל בע"מ
רח' שרת 44, ר"ג ת.ד. 8229
(כניסה מרח' הרצל מול אואסיס)
טל. 721624 729164/7

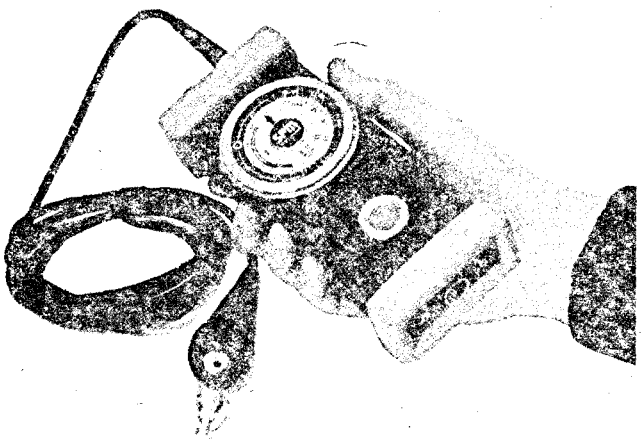
מפה הנדסת חשמל בע"מ

רמת־גן, רחוב שרת 44 (ליד אואזים) • ת.ד. 8229 • טל. 721624 ,03-729146/7 • טלקס 32154

מכשיר לבדיקת טיב מיסבים

חדש

Shock Pulse Meter 43A will tell you the condition of your ball and roller bearings



יתרונות מכשיר SPM

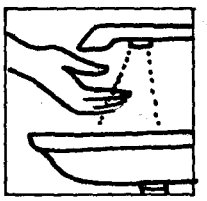
- הקריאה מראה גודל הנזק המכני ומציינת מיידית מצב־עבודה של המיסב.
- הקריאות והבדיקות נעשות בזמן עבודה שוטפת, ללא הפרעות מרעידות ורעשים הקיימים בדרך כלל במכונות.
- תקלות במיסבים יתגלו בשלב מוקדם וזה **מאפשר תכנון מראש** לתיקון או החלפת המיסבים; כל זאת ללא סיכון של תקלה פתאומית ובלתי צפויה.

SPM

The SPM method

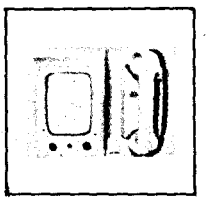
י. קשטן חומרי חשמל בע"מ

תל־אביב רח' אלנבי 121 טל: 613208 623854



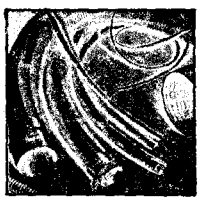
Kuhnel

אוסטריה אינסטלציה סניטארית
עם פקוד פוטואלקטרי.



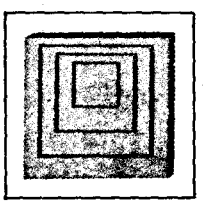
Grothe

גרמניה תקשורת קוית-
מערכות אינטרקום וידיאו.



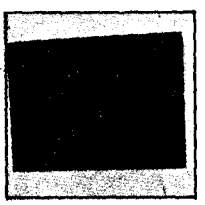
Flexa

גרמניה צנורות גמישים ומשוריינים
לתעשיית החשמל.



Friedland

אנגליה פעמונים דקורטיבים לבית.
פעמונים משוריגים לתעשיה
ומערכות אזעקה
באמינות גבוהה.



Niko

בלגיה מפסיקי חשמל דקורטיבים
לבית ודימרים פלורסנטים
בעיצוב נאה ומודרני.

Maehler & Kaege

גרמניה ציוד מוגן.התפוצצות

* הקטן תשלומיך לחברת החשמל
* חסוך באנרגיה
* הקטן את הפסדי החשמל במפעלך

התקן במפעלך

ציתופיט

יחידה אוטומטית לשיפור כופל ההספק

ה„ציתופיט" כולל:

— קבלים מודולריים בעלי הפסדים קטנים (0.05%)
— ווסת אוטומטי הכולל גם מערכת „סף עומס"
— מפסק ראשי מנתק בעומס.
— מגענים ונתיכים לכל קבוצת קבלים.

יעוץ והדגמה:

ציתור תעשיות בע"מ

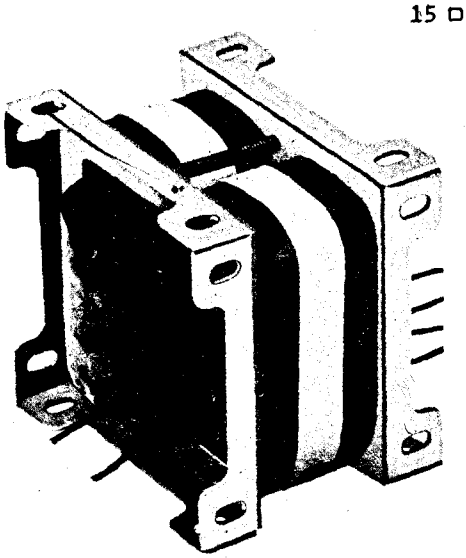
רחוב המרכבה 29, איזור התעשיה חולון
טלפון: (03)809141.

CITOR

מקבוצת כור חשמל ואלקטרוניקה

ברק כ"ח

תל־אביב, רח' מסילת ישרים 15
טל. 833475



יצור שנאים (טרנספורמטורים)

* חד ותלת פאזיים, בכל מתח נדרש.
* שנאים עם שקע אמריקאי ל־110 v.
* שנאי בטחון.
* שנאי זרם לאמפרמטר.
* סלילים אלקטרו מגנטיים.

חדש

תדיאור E-20

התאורה הפרטית שלך

תכונות:

- ★ מופעלת אוטומטית עם הפסקת החשמל.
- ★ ניזונה ממצבר ניטען ניקל-קדמיום אטום מתוצרת "תדיראן".
- ★ כוללת נורה פלורסנטית W 20 סטנדרטית בעלת משך חיים ארוך.
- ★ מותקנת בגוף דקורטיבי מחומר פלסטי דוחה אש.
- ★ נוחה להתקנה, אינה דורשת אחזקה שוטפת ומשתלבת היטב בכל עיצוב פנים.
- ★ כוללת נורית בקורת לטעינה ולחצן בדיקה.
- ★ מוצר איכות של חברת "תדיראן" עם שנתיים אחריות.

★ לנו אור עם תדיאור

★ לנו אין הפסקת חשמל

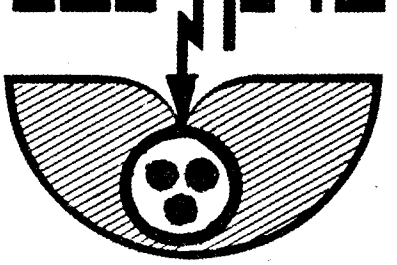
תדיראן

★ ייצור

★ אחריות

★ שרות

בדקן כבל



בדיקת כבלים
קביעת מקומם בשטח
אתור מקום התקלה

מרקו אלקלעי - מהנדס חשמל

יפו, שד' ירושלים 153
טלפון 821661
ת.ד. 27154

אל און הנדסת חשמל בע"מ

רח' יחיאלי 9, תל-אביב טל. 59074
טל. בערב 777877—429191

א. ייעוץ ותכנון מתקני חשמל מתח גבוה ונמוך של:
כח ומאור במבנים, משרדים, בתי מלון, בתי ספר ותעשיה.

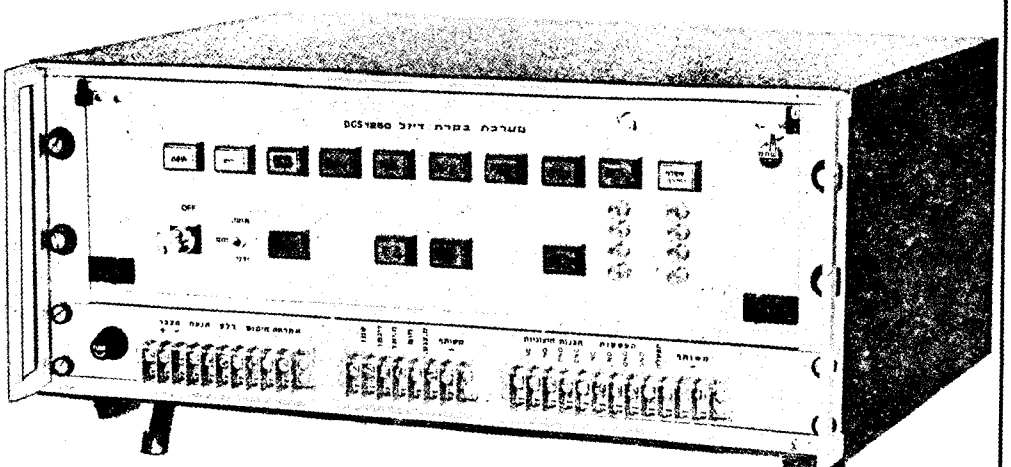
- יעוץ ותכנון מערכות פקוד ובקרה.
- פקוח על עבודות חשמל.
- מדידת כמויות של מתקני חשמל.

ב. תכנון וייצור לוחות חשמל:
- לוחות אספקה.
- לוחות חלוקה.
- לוחות פקוד ובקרה.
- לוחות מעבדה.
- לוחות אספקת חרום.

שרותים חשמליים פרטניים

חברת בת של מקורות חברת מים בע"מ

חולון, רח' הפלד 1 (אזור התעשיה) ● ת.ד. 308 חולון ● טלפון 806111



מערכת הפעלה, בקרה והגנה אלקטרונית לדיזל.

DCS 1250 להגנה – הפעלה – הפסקה אוטומטית, או ידנית של מנוע דיזל בשילוב עם מערכות חשמל ומים.

משרד העבודה והרווחה מחוז חיפה — מועצת פועלי חיפה
האגף להכשרה ולהשתלמות מקצועית — המח' להכשרה ולהשתלמות מקצועית
המרכז להשתלמות מקצועית — חיפה

קורסים להשתלמות חשמלאים

- **לקראת רישוי:** חשמלאי מוסמך — חשמלאי ראשי — חשמלאי בכיר.
- **קורס השלמה מקוצר לטכנאי והנדסאי אלקטרוניקה** — לקבלת תעודה של חשמלאי מוסמך.
- **קריאת שרטוט חשמלי** ומעגלי פקוד.
- **למודי הכשרה והסבה לחשמלאים מתחילים** — לקראת רישוי לחשמלאים מוסמכים — לימודי ערב ובוקר.
- **אלקטרוניקה תעשייתית שלב א'** — לחשמלאים העוסקים במכשור אלקטרוני. **שלב ב'** — פיקוד דיגיטלי.
- **מתח גבוה** לקראת רשוי מתאים.
- קורסים יחודיים לפי דרישת המעוניינים.
- **ערבי עיון** בנושאים מקצועיים.

כל הלימודים מתקיימים בחיפה בשעות הערב — פעמים עד שלוש בשבוע.

הרשמה ופרטים נוספים: מועצת פועלי חיפה — המח' להשתלמות מקצועית — רחוב החלוץ 45, חיפה חדר 206 טלפון 04-641781.
במרכז בסמ"ת חיפה, רח' בלפור — בשעות הערב בלבד. טל. 645341
או סמן מספרנו בגלוית השרות.

שרות וביצוע עבודות חשמל

בתעשיה, במבנים ציבוריים, תחנות טרנספורמציה, פקוד ובקרה.

בחברתנו
צוות עובדים צעיר ומנוסה
המבצע עבודות חשמל לתעשיה,
בניני ציבור, מתקני מתח גבוה,
פיקוד ובקרה.
מוקדי עבודה בכל צפון הארץ,
טלפון וקשר אלחוטי מהמשרד
לכל מכונית — מבטיח שרות
מהיר ללקוחותינו.

יעד אלקטריק בע"מ

רחוב דהאן 15, טבריה, טל: 067-21226
משרדנו הראשי: נצרת עילית (אזור תעשיה ב')

נגה

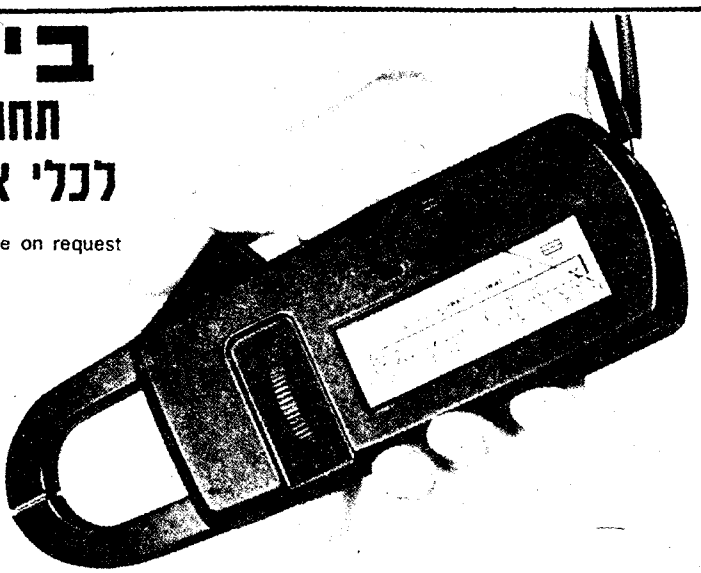
אלקטרוטכניקה בע"מ

קרית טבעון, רח' קק"ל 16, מיקוד: 3600
טלפון: 932583, 931752—04

- לוחות חלוקה, פקוד וסינופטיים
- ליפוף מנועים
- ייצור טרנספורמטורים ומטענים
- מתקני חשמל (אינסטלציה) בתעשיה ובמשק
- מתקני מתח גבוה
- שרותי תחזוקה ותיקונים

בי-דני
תחנה מס' 1
לכלי אלקטרוניקה

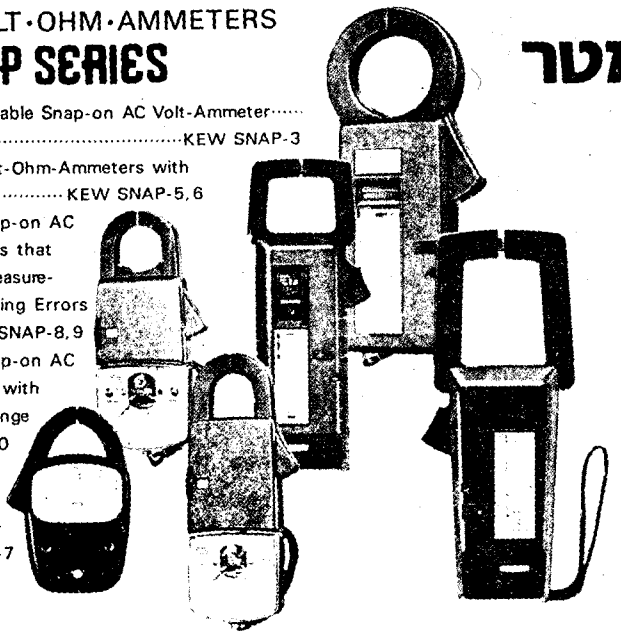
★Catalogues are available on request



צבת
אמפרמטר

SNAP-ON VOLT·OHM·AMMETERS
KEW SNAP SERIES

- Compact, Pocketable Snap-on AC Volt-Ammeter ..... KEW SNAP-3
- Snap-on AC Volt-Ohm-Ammeters with Swivel Case ..... KEW SNAP-5, 6
- Rotary Scale Snap-on AC Volt-Ohm-Ammeters that Ensure Accurate Measurements without Reading Errors ..... KEW SNAP-8, 9
- Rotary Scale Snap-on AC Volt-Ohm-Ammeter with Maximum 1000A Range ..... KEW SNAP-10
- Rotary Scale Snap-on DC Volt-Ohm-Ammeter ..... KEW SNAP-7



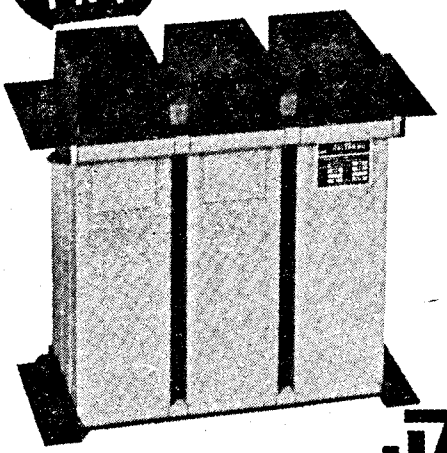
INSULATION TESTER
KEW MEG SERIES
EARTH RESISTANCE TESTER
KEW EARTH 600

מגר אלקטרוני
מגר אומטר
(לבדיקת פריצות מתח)

מפיצים בלעדיים: בי־דני / אינג' א. בידני בע"מ
תל־אביב, רח' אלנבי 84, טל. 615469

שווק בכל הארץ

ביחידות
של 5-50
קוא"ר



ITALFARAD
קבלים
חד ותלת
פזיים
לשיפור
מקדם ההספק.

- הפסדים נמוכים — 0.5 וואט לקוא"ר
- הגנות מיוחדות בפני עומס יתר
- בידוד כפול – קופסה ומכסה מפלסטיק בלתי שביר
- קלים במשקל
- מבנה מודולרי קומפקטי
- אקולוגי ללא חמרים רעילים
- מתאים במיוחד לארונות קבלים
- אספקה מהמלאי
- מחיר תחרותי

לקבלת עלון הסבר, יעוץ והדרכה:

אקלימט
מחלקת ציוד חשמל
חיפה, שדרות המגינים 39, טל. 532102-3-4

שרות פרסומי מודעה מס' 172

הכנס הבינלאומי על כבלים (ספטמבר 1978) — תמצית דעות המומחים מחו"ל, הערות והארות

ד"ר נ. סורוצקין*

בתאריכים 25—18 בספטמבר, ביקרו בישראל 9 מומחים ידועי שם בשטח הכבלים. הם באו לארצנו במטרה להרצות בפני הכנס, שנכון יותר לכנותו סמינר, ולספר על ידע וניסיון בנושאי פיתוח, ייצור ושימוש של כבלי מתח נמוך, מתח בינוני ומתח גבוה.

עצם תכנון הכנס וביצועו — על ידי הסניף הישראלי של IEE וחברת החשמל לישראל בע"מ — מראה על התעניינות גוברת והולכת בנושא הכבלים בארצנו.

כידוע מקובל להניח כי האופי וכמות הכבלים אשר בשימוש משקפים לכאורה את הרמה והיעילות של העברת הכח וחלוקתו בכל ארץ.

היקף השימוש בכבלים גדל בקצב מהיר יותר מגידול מערכת הייצור בכללה. לדוגמא: תגבור מערכת אספקת החשמל בהרבה ערים ואיזורי מגורים בישראל מתבצע לאחרונה תוך העדפת השימוש בכבלים. מאידך, חלוקת כח באמצעות תילים עיליים, מאבדת את חשיבותה וכנראה תוחלף בהדרגה על־ידי כבלים. מכך משתמע שכבלים הולכים ומהווים רכיב חשוב ביותר במערכת הכח. ניצולם היעיל של הכבלים יתרום לשיפור המקדם הכלכלי של המערכת.

בכנס ניתנו 14 הרצאות אשר שלוש מתוכן הוקדשו לשאלות ביחס לכלל סוגי הכבלים, שלוש הרצאות לכבלי מתח נמוך, שלוש הרצאות לכבלי מתח בינוני חמש הרצאות לכבלי מתח גבוה. אפשר לציין שאין קביעה או הסכמה כללית לסיווג הכבלים לקבוצות לפי המתחים.

לי נראה שהחלוקה המתאימה ביותר היא:

עד 1 ק"ו — כבלי מתח נמוך; מעל 1 ק"ו ועד 35 ק"ו — כבלי מתח בינוני;
מעל 35 ק"ו ועד 400 ק"ו — כבלי מתח גבוה; מעל 500 ק"ו ועד 765 ק"ו — כבלי מתח עליון;
מעל 1000 ק"ו ומעלה — כבלי מתח על־עליון (אולטרה עליון).

בהרצאות עסקו בבעיות כבלים ברשתות חלוקה וברשתות כבלים. ראשיות. על נושא כבלים לצריכה עצמית בתחנות כח או בתעשיה לא דובר בכנס, למרות שלחברת החשמל ענין רב בו.

בחומר ההרצאות יש מידע רב שימושי אשר צריך להתעמק בו ולקראו בכובד ראש.

כבלי מתח נמוך

הנסיון המעשי במערב גרמניה

ברשתות מתח נמוך בגרמניה המערבית, לפי דברי המרצה H. WICHMANN, כבלים 4 גי־דיים עם תילים מאלומיניום ובדוד מ־PVC (פוליווינייל כלורי) נמצאים בשמוש בלעדי. שני סוגי מבנה בכבלים נמצאים בשמוש: האחד — כבלים אשר הגיד הרביעי (האפס) הוא צורני, והשני בכבלים אשר הגיד הרביעי שלהם הוא בצורת שכבת ליפוף קונצנטרי מתילי־אלומיניום. הסוג הראשון נחשב לעדיף.

לאחרונה השימוש בכבלי מתח נמוך עם בידוד מ־XLPE (cross-linked polyethylene — פוליאטילן „תפור") גובר מפני שהכבלים האלה, למרות שהם די יקרים, יש להם יציבות תרמית גבוהה ניכרת.

מר H. WICHMANN, כמרצים האחרים, הדגיש את החשיבות הגדולה של ההבנה הנכונה של נושא העמסת הכבלים המותרת והשימוש ביצי־בות התרמית הגבוהה של הכבלים עם בידוד XLPE למרות העובדה שה־XLPE מאפשר התחממות ממושכת של 90°C כנגד 70°C של ה־PVC, העומס המותר הרצוף (מקדם עומס 100%) של כבלי XLPE עולה לא בהתאם לחישובים חוזרים פורמליים אלא במדה פחותה, וזאת בהתאם לנסיון שנצבר בגרמניה המערבית. זה מוסבר בטיעון שאיבודים גבוהים נוספים אינם רצויים, ובמקרה של כבלים תת־קרקעיים יש חשש לייבוש ניכר של האדמה מס־ביב לכבל. היובש גורם לעליית ההתנגדות ה־תרמית של הקרקע ומנמיך את ההעמסה המותרת של הכבל.

ייתכן שהגישה הזאת לא תתאים במלואה לתנאים בישר־אל מפני שהקרקע ותנאי ההעמסה שונים באופן ניכר בהשוואה לאירופה.

יתרונות הכבלים עם בידוד תרמי יציב של XLPE

---

* ד"ר סורוצקין הוא מומחה בינלאומי לכבלים שעלה לפני כשנה מברה"מ ועובד במעבדת החשמל למחקר ופיתוח של חברת החשמל. הערותיו והארותיו מובאות באותיות הבהירות בעוד תמצית דעת המומחים מחו"ל באותיות רגילות.

באים לידי ביטוי כאשר לוקחים בחשבון תנאי עומס־יתר לזמן קצר ובמיוחד בתנאי קצר. נציין שבקשר לתנאי קצר, בכבלים עם בידוד PVC מאפשרים התחממות עד ל־130°C—160°C וב־כבלים עם בידוד XLPE מאפשרים עד ל־250°C—350°C. מר WICHMANN מציין שסר־פיות מיוחדות למתח נמוך אינן בשימוש כיום בהתקנה פנימית בגרמניה המערבית. המקובלות הן רק סופיות פשוטות (חתוכות) באשר למחברים, עדיין דרושה להם תשומת לב ויש עוד מקום לשיפורים.

לנושא אבזרי הכבלים יש חשיבות גדולה בהתייחסות לישראל ואנו משתדלים, להשתמש בפיתוחים החדי־שים בשטח זה. נתקבל אצלנו מידע רב־ערך בשטח אבזרי כבלים למתח נמוך ובינוני ממר Lehbok, נציג חברת 3M ממערב גרמניה אשר ביקר בחודש יולי האחרון. מר Lehbok הראה לנו בצורה מעשית שיטות מתקדמות של הרכבת אבזרים והרצה לנו בנושא, כמו כן הוא מסר לנו חומר נדרש שכלל ספרי הוראות ושירטוטים.

הנסיון המעשי באנגליה

מר R. G. ANSTEE בהרצאתו, מסר לנו על הנעשה בשטח כבלי מתח נמוך באנגליה. ברשתות 1 ק"ו נמצאים בשימוש כבלים בעלי ארבעה גידים מסוגים שונים (מיבנה ותיכנון). ביניהם יש כבלים סימטריים, כלומר, כבלים שהגיד הרביעי הוא צורני, וארבעת הגידים שלובים ב־יחד. כבלים אלו יכולים להיות בעלי מע־טה מתכת אחיד. כבל מסוג אחר מאופיין על ידי מעטה מתכת אחיד (בדרך כלל מאלומיניום), אשר משמש בו־זמנית כהארקה וכאפס. כבל זה הוא תלת־מופעי עם בידוד מנייר רווי בתמיסה אל־נזילה, ובעל מעטה הגנה מ־PVC. הכבל השכיח כיום ונראה שיהיה, מכל מקום, הכי נפוץ בעתיד — גידיו צורנים וחד־תיליים עשויים מאלומיניום עם בידוד פלסטי (PVC, XLPE).

שלושת הגידים המבודדים שלובים ביניהם וסביב שלושתם יש סיכוך גלי משכבת תילי נחושת. שיכבה זו משמשת גם כאפס. לכבל זה יש מעטה חיצוני מ־PVC. הסיכוך הגלי יתרונו בזה שהוא מאפשר לעשות הסתעפות מבלי לחתוך אותו אלא רק להטות את תילי הסיכוך.

בהרצאה הודגשו היתרונות היחודיים בשימוש XLPE כחומר בידוד לכבלי מתח נמוך, בעיקר בגלל יציבותו בעומס־יתר וזרמי קצר. אולם, שימוש בכבל זה מצריך נקיטת אמצעי זהירות מיוחדים להגנה כנגד פגיעות מכניות בייחוד בגיד האפס.

הנזקים הנגרמים לכבלים מיוחסים בדרך כלל לחפירות שנעשו בקרבתם ולעבודה שנעשית ב־תוואי הכבל. בשעת נזק מקרי בבידוד הכבל, הסכנה העיקרית נובעת מקשת הקצר. עוצמת הקשת תלויה בנסיבות שונות ולא נקבעת על־ידי חישובים פשוטים או נסיונות. נקבע שפריצה בכבל בעל סיכוך מתילים, מסוכנת פחות מפריצה ב־כבל בעל מעטה מתכת מקשי, מפני שכמות האנרגיה תהיה גדולה יותר במקרה השני.

מספר פרטים אודות כבלי מתח נמוך אשר מר ANSTEE לא נגע בהם בהרצאתו באו לידי בטוי בהרצאתו של מר A. ROSS מאנגליה שנגע גם בנושא הרכבת אבזרי כבלים.

ההרצאה המשותפת של שני המרצים האחרונים התיחסה בעיקרה לבעיות הכלליות של האנרג־טיקה ומקום מועט ניתן לנושא הכבלים גופא. צויין שברשתות החלוקה באנגליה (וכל הכבלים עד וכולל 132 ק"ו המתיחסים להן) עובדים בתנאי הארקה לאפס. ברשתות 132 ק"ו מוארק האפס ישירות לאדמה, וברשתות 33 ק"ו הוא מוארק דרך נגד אשר מגביל את זרם הקצר עד ל־1000 אמפר. כמו כן, האפס ברשתות 11 ק"ו מאורק ישירות או דרך סליל הגב השראי מיוחד (תלוי ברצון הצרכן); כל רשתות המתח הנמוך הן בעלות אפס המוארק ישירות לאדמה.

המרצים התייחסו כמו כן לבעיות התנאים התר־מיים הלא־נוחים אשר הכבלים, המונחים בצינו־רות במעברי כבישים, נמצאים בהם.

בהתאם לנהוג באנגליה התחממות־יתר במקומות אלו בתוואי הכבלים אינן נלקחות בחשבון מנקו־דת מבט כלכלית. המרצים הסבירו מפני מה באנגליה מגבילים באופן ניכר את זרמי הקצר המותרים בכבלים. לא רק הנזקים התרמיים לבידוד נחשבים כמסוכנים ביותר, אלא הכוחות המכניים והשפעתם על שלמות המחברים והסופיות.

כבלי מתח בינוני

הנסיון המעשי במערב גרמניה

מר E. REUTER מסר שכבלים של 10, 20 ו־30 ק"ו מיוצרים בגרמניה המערבית כבזמנים עברו, בעיקר עם בידוד נייר רווי ומעטה מעופרת או אלומיניום. כבלים עבור מתחים של 10 ק"ו מהסוג הזה מהווים בערך 73 אחוז מסך כל ייצור הכבלים הללו, ומכבלים למתח 20 ק"ו בערך 40 אחוז מכלל יצורם. מכל מקום, יש נטיה ברורה לעבור לבידוד מ־PVC בכבלים ל־10 ק"ו, ולכבלים עם בידוד XLPE בכל קבוצות המת־חים הבינוניים. המרצה פרט השוואה בין כבלים עם בידוד מנייר רווי לבין כבלים עם בידוד פלסטי. הכבלים האחרונים בהשוואה לראשונים קלים במשקל, מאפשרים הנחתם בהפרשי גובה, אביזריהם פשוטים יותר והם מתאימים יותר לתקון. אולם, מנקודת מבט של איבודים וייבוש מהיר ומשמעותי של הקרקע, העלאה מלאה של יכולת ההעמסה של כבלים עם בידוד XLPE לא רצויה. מאידך היכולת הגבוהה ליתרת זרם וה־יציבות בזרמי קצר חשובים באופן מיוחד. הודות

לערך הנמוך של פארמיטיביות (סיפרה) דיאלקטרית של XLPE $\varepsilon = 2.2 \div 2,3$ במקום $\varepsilon = 3,5 \div 3.6$ עבור הנייר הרווי) הזרמים הקיבולים ברשתות כבלים בעלי בידוד כזה, קטנים באופן יחסי.

יש נטיה ברורה בגרמניה המערבית להשתמש בכל מקום בכבלים חד־גידיים ולהמנע משימוש בכבלים תלת־גידיים. כבלים חד־גידיים בתנאים שבגרמניה — זולים, וניתן ליצרם, להובילם ולהניחם באורכים חרושתיים גדולים, ולכן יש פחות צורך במחברים.

אבזרי הכבלים החד־גידיים פשוטים באופן משמעותי יותר במיבניהם וזולים בהתלת־גידיים. מלבד זאת החד־גידיים הודות לטיב הפיזור התרמי החיצוני, הם בעלי יכולת העמסה גדולה יותר.,

בדרך כלל כבלים בקבוצת המתח הבינונית עם בידוד XLPE, ובעיקר החד־גידיים, נחשבים בגרמניה המערבית ליעילים ביותר מבחינה כלכלית ולבעלי שימוש נפוץ בעתיד. ה־PVC המיוחד בעל תכונת התלקחות נמוכה נחשב לחומר הטוב ביותר לעשיית מעטה חיצוני לכל סוגי הכבלים.

לא יהיה זה מחוץ להקשר להעיר את תשומת הלב לעובדה כי בישראל השתמשו בכבלים ל־22 ק"ו עם בידוד XLPE לפני שהשתמשו בכבלים ל־13.2 ק"ו בעלי בידוד כזה. האחרונים עדיין בשימוש בגירסא שונה — עם בידוד מנייר רווי ומעטה מעופרת הנטיה הכללית לעבור לכבלים עם בידוד XLPE כנראה תתגבר גם בארץ.

ההרצאה של Dr. R. Wimmershoff הוקדשה בכללותה לסופיות של כבלים בקבוצת המתח הבינוני עם בידוד פלסטי. המרצה מצא לנחוץ להסביר פעם נוספת את הכלל הידוע שבאים לא יינקטו אמצעים מיוחדים, תהיה עליה חדה בעוצמת השדה החשמלי על סופית הכבל. דבר זה עלול לגרום לרשף (פריצה חיצונית) בין ה־מוליך לסיכוך המאורק על פני סופית הכבל או לפריצת בידוד הכבל במקום החתך (קצה). לכן, מורכבת על הכבל סופית מיוחדת תוך כדי הקפדה על הדרישות בהוראות.

ככל שמתח הכבל גבוה יותר כן בעית הסופית היא יותר מורכבת. המרצה התייחס לשלוש שיטות ידועות לשיפור השדה החשמלי בסופית:

— ויסות קיבולי בעזרת סיכוך־מוליך בצורת חרוט. שיטה זו מתאימה לכל מקרה אבל סופית הכבל מגיעה למימדים ניכרים.

— ויסות בעזרת שיכבה בעלת התנגדות חשמלית נמוכה יחסית. בשיטה זו סופית הכבל בעלת מימדים קטנים, אבל יעילות ויסות השדה ה־חשמלי תלויה בתדירות המתח. ויסות השכבה המותאם לתדר השימושי (50 הרץ), לא מספק במתח אימפולסיבי, (למשל: ביתרות מתח אטמוספריות או במיתוג) מפני שתדר גל המתח יותר משמעותי מאשר 50 הרץ.

— ויסות בעזרת שכבות בעלות ערך גבוה של פארמיטיביות דיאלקטרית. שיטה זו היא מאוד יעילה מפני שערך ה־ε לא תלוי כמעט בתדירות.

המרצה ציין, שסופיות מפלסטיק חייבות להיעשות בהתאם לדרישות הכלליות ובנוסף — הן חייבות לעמוד בפני אוזון, להיות חופשיות מפריצות פנימיות חלקיות ומוכרחות לעמוד במיוחד בפני זיהום והשפעות אטמוספריות אחרות.

חומרי הבידוד אשר משתמשים בהם ליצור חלקי סופיות של כבלים עבור קבוצת המתח הבינוני הם: גומי סיליקוני, גומי אתילן־פרופילן, גומי אתילן־פרופילן־טרפולימר וגומי כלור־סולפין־פוליאתילן. ההרכב המגופר על בסיס גומי סיליקוני הוא היעיל ביותר.

הנסיון המעשי באנגליה

מר A. ROSS התרכז בנושא קבוצת המתח הבינוני לפי הנסיון המעשי באנגליה.

כבלים למתחים 6.6, 11, ו־33 ק"ו מתייחסים לקבוצת המתח הבינוני באנגליה. מירב הכבלים ל־11 ק"ו שהונחו באנגליה הם תלת־גידיים עם בידוד מופעי וכללי (BELTED TYPE), עם תרכובת רוויה אל־נזילה במעטה עופרת או אלומיניום (חלק או גלי). בשנים האחרונות הכבלים הללו יוצרו עם מעטה הגנה מ־PVC.

באנגליה סוברים שכבלים למתחים מעל 11 ק"ו חייבים להיות עם גידים מבודדים ומסוככים בלבד, לכן כל הכבלים של קבוצת מתח בינוני מיוצרים כתלת־גידיים בלבד מפני שסוג הכבל החד־גידי יקר יותר במידה מסויימת. כבלים למתח 33 ק"ו יכולים להיות הן מטיפוס עם תרכובת אל־נזילה והן ממולאים בשמן.

הנחת כבלים מקבוצת המתח הבינוני נעשית ככלל ישירות מתחת הקרקע בעומק של לא יותר ממטר אחד. לאחרונה משתמשים בסרט סימון צבעוני כאמצעי התראה בתוואי, היות והמומחים משוכנעים עתה כי אמצעי ההגנה הרגילים לכבלים כגון: לבנים ולוחות בטון אינם יעילים כנגד ציוד החפירה המכני המודרני רב העוצמה. כשהמדובר בכבלים בעלי בידוד מניר רווי, עדיף לכלוא אותם בתוך מעטפת הגנה מתכתית ממולאת בתרכובת בידוד.

פיתוח הכבלים לקבוצת המתח הבינוני עם בידוד XLPE ו־EPR (גומי אתילן פרופילן) מתבצע באיטיות באנגליה בגלל מספר סיבות ובעיקרן: הרגלים מסורתיים להשתמש בכבלים מקובלים, חשדנות בחוסר רמת־אמינות מספיקה שיש לכבלים עם בידוד פלסטי וכמו כן שיקולים כלכליים. אולם רבים חושבים בבטחון שכבלי העתיד יהיו הכבלים עם בידוד פלסטי.

מר A. ROSS ציין שבאנגליה מעדיפים להשתמש

במספר מוגבל של שטחי חתך המוליך לאמור, 95, 185 ו־300 ממ"ר. הוא התייחס גם כן באופן כללי לגישה האנגלית לקביעת זרמי העומס המות־רים בכבלי קבוצת המתח הבינוני הפועלים ברשתות החלוקה. גישה זו שונה באופן ניכר מזו שאומצה באירופה וראויה לתשומת לב מיוחדת.

בקצרה, העניין הוא בזה שזרמי העומס הנמשכים המות־רים, המונחים ישירות מתחת לקרקע, מחושבים בהתאם לתקן IEC287, שהוא די מקובל, אבל לא בכל מקרה החישובים נותנים תוצאות סופיות. דבר זה מוסבר בעוב־דה, שאחד הפרמטרים העיקריים היא, ההתנגדות התרמית של הקרקע, שאיננה קבועה, ותלויה בהרבה גורמים. בחירת הגורמים, מידת השתנותם והתייחסות להתמדה התרמית של הכבל בקרקע מאפיינת את התכונות המיוח־דות של הגישה הלאומית לקביעת העמסת הכבל המותר בארצות השונות בעולם.

כבלי מתח גבוה
הנסיון המעשי במערב גרמניה

אחד ההיבטים של הנסיון המעשי במערב גרמניה בנושא כבלים למתח גבוה, השתקף בהרצאתו של מר H.J. Neinemann בשאלה הנוגעת לבחירת הסוג של כבלי מתח גבוה.

לנושא זה יש ענין רב בישראל מפני שבעתיד הקרוב יונחו מספר כבלים של 110 ק"ו ו־161 ק"ו. ייתכן ויזדקקו גם לכבלים עבור 400 ק"ו.

המרצה פרט והשווה מספר סוגים של כבלים למתח גבוה ובתוכם:

— כבלים חד גידיים בעלי לחץ נמוך, עם מעטה עופרת או אלומיניום, וממולאי שמן (הנקרא כבל הנושא את „עצמו").

— כבלים חד גידיים עם בידוד של XLPE.

— כבלים מולאי שמן או ממולאי גז, בעלי לחץ גבוה, בתוך צינור (צינור פלדה).

בחירת סוג הכבל תלויה באפשרויות הייצור או הרכישה ובתנאי השימוש המעשי, ולעתים קרובות בטעם האישי והמסורת של המהנדסים וההנהלה המחליטים בנושא זה. בבסיס ריבוי האפשרויות מונחת העובדה שכל אחד מכבלי מתח גבוה הקיימים כיום ניתן להתאימו לתנאי הנחה והפעלה שונים. בו בזמן בתכנון של כל קו כבל, רצוי לשקול באופן יסודי את הנסיבות הקיימות ולהשוות את כל סוגי הכבלים הידועים ולבחור במתאים ביותר.

הקריטריונים הטכניים לבחירת כבלים הם כלהלן:

— חוזק מכני. כל הכבלים בתוך צינור מפלדה הם בעלי היתרון הגדול ביותר מנקודת מבט זו.

— אחזקה. כבלים עם בידוד פלסטי והכוונה ל־XLPE, הם הנוחים ביותר לתפעול ולאחזקה.

— עמידות בפני שיתוך (קורוזיה). תכונה זו יש במידה מספקת לכבלים ממולאי שמן עם מעטה עופרת ולכבלים עם בידוד XLPE. לכבלים בתוך צינורות מפלדה דרושה ככלל הגנה קטודית.

— התאמה לביצוע תיקונים. כבלים עם בידוד של XLPE וכבלים ממולאי גז בתוך צינורות הם המת־אימים ביותר לתיקונים.

— יכולת ההעמסה בתנאי קרור טבעי היכולת הג־דולה להעמסה בזרם חשמלי היא תכונה של כבלים עם בידוד XLPE וכבלים חד גידיים ממולאי שמן.

— חוזק דיאלקטרי. תכונה זו היא גבוהה ביותר בכבלים ממולאי שמן מכל הסוגים והמינים.

— איבודים דיאלקטריים. האיבודים הדיאלקטריים הנמוכים ביותר הם בכבלים עם בידוד XLPE.

— קירור מלאכותי. האפשרות הטובה ביותר לקרור מלאכותי שמעלה את יכולת ההעמסה היא בכבלים ממולאי שמן בתוך צינורות.

לאמור לעיל ניתן להוסיף כי בכבלים למתחים מ־110 ק"ו ומעלה עם בידוד XLPE, יתר סוגי הכבלים עם בידוד פלסטיק אמינים, עד כה, באותה מידה ככבלים ממולאי שמן. הסיבה לכך היא, ש־XLPE נתון להשפעה חזקה מזיהום בלתי נמנע ויש אי־אחידות בחומר עצמו. דבר זה נוסה להיות מושפע בתגובת המתח ונראה בדומה לשורשי עץ („Treein — סימנים בצורת שורש עץ כהתפתחות הדרגתית של שבירה). יש להניח שכאשר כבלים עם בידוד XLPE (או עם בידוד מחומר סינטטי אחר) יהיו בעלי אותה דרגת אמינות ככבלים ממולאי שמן הם יהיו הכבלים של מתח גבוה מהסוג היחיד שימצא בשימוש אולם דבר זה לא יקרה כנראה בעתיד הקרוב ביותר עם הכוונה היא לכבלים למתח מ־300 ק"ו ומעלה. באשר לאמינות, הכוונה העיקרית היא — לחוזק הדיאלק־טרי הנדרש מבידוד הנמצא תחת השפעת מתח תפעולי במשך זמן בלתי מוגבל ותחת השפעת מתחים אימפול־סיביים מכל סוג שהוא. במשך שתי עשרות השנים האח־רונות בעית העברת עומס גדול מאוד בכבלים הפכה להיות קריטריון בהרבה ארצות מתפתחות, ומדובר בכאלפי מגוולטאמפר לכבל אחד.

בעיה זו ובאופן כללי המשימה להעביר בכבל למתח גבוה את העומס הגדל ניתנת לפתרון בדרכים שונות. אחד הצע־דים היעילים ביותר הוא השימוש בקירור מלאכותי.

ההרצאה של Dr. R. Wimmershoff הוקדשה ל־נושא הקרור המלאכותי בכבלים למתח גבוה. המר־צה פרט שלוש שיטות ידועות של קרור כבלים חד־גידיים במים, וביניהם:

— שיטה הנקראת קרור עקיף בעזרת מים זורמים דרך צינורות המונחים מתחת לקרקע במקביל ל־כבלים.

— קרור חיצוני ישיר בו הכבלים מונחים בצינורות או בתעלות (סגורות או פתוחות) והמים זורמים דרך תעלה מרכזית בתוך הגיד בכבל.

שתי השיטות הראשונות הוכנסו לשימוש עכשיו וה־שיטה השלישית נבחנת עדיין.

כמו כן, מתכוונים לפתח ולבדוק קו נסיוני של כבל ל־110 ק"ו עם קרור פנימי במים וגם על פיתוח כבל ל־380 ק"ו עם קרור באותה השיטה. שיטת הקרור הראשונה מאפשרת להעלות עת העומס המותר פי 1.7 בהשוואה לעומס המותר בתנאי קרור

טבעיים, השיטה השניה מעלה את העומס המותר פי 2.2 והשלישית פי 5.

המרצה לא פרט את השיטות הידועות של קרור מלאכותי בשמן, בכבלים ממולאי שמן, מפני שבגרמניה המערבית מרכזים את תשומת הלב בקרור מים בלבד. כמובן לא הזכיר דרכים ידועות אחרות לייצור כבלים עם יכולת העמסה גבוהה ביותר, למשל, דרך מרחיקת ראות. שימוש בכבלים עם בידוד של גז דחוס שיהווה את הבידוד העיקרי. נוכל למנות את התנאים בישראל לקרור מלאכותי של כבלים למתח גבוה, שיהיה להם באופן כללי שימוש מוגבל, מפני שמחד־גיסא אין לנו צורך בהעברת עומס רב בכבל אחד (מאות ואלפי מגאוולטאמפרים), ומאידך־גיסא אין לנו מים ללא הגבלה במידה מספקת לקרור כבלים.

הנסיון המעשי בהולנד

הרצאה מעניינת על הנסיון המעשי ההולנדי בשטח כבלים למתח גבוה ניתנו על־ידי המרצה מר J.A. Cieremans שהישווה בין כבלים ממולאי שמן לבין כבלים ממולאי גז עם לחץ נמוך וגבוה בשני הסוגים וכבלים עם בידוד XLPE. בנושא זה דעתו זהה לדעת המומחים מגרמניה המערבית: כאשר שטח החתך של הגיד עולה על 1200 ממ"ר, על הכבלים להיות מונחים, אפילו מתחת לקרקע, בקו גלי ולא בקו ישר, מפני שהמאמצים התרמיים האורכיים בכבל ניתנים לאיזון בדרך זו בלבד, אחרת הסופיות והמחברים יכולים להנתק.

הנסיון המעשי באנגליה

הנסיון המעשי האנגלי בשטח כבלים למתח גבוה השתקף באחת מהרצאותיו של מר A. Ross. באנגליה אומצו שלוש רמות מתח לקבוצת מתח גבוה, והן: 132 ק"ו, 275 ק"ו ו400 ק"ו. למתחים אלה קיימים אך ורק כבלים חד־גידיים ממולאי שמן עם מעטה עופרת או אלומיניום. מספר מסויים של כבלים ממולאי גז נמצאים בעבודה עתה, אבל אין כל תוכניות חדשות להניח כבלים כאלו בעתיד. הואיל ובאנגליה מותקנים כבלים רבים ממולאי שמן למתח 33 ק"ו הם נדונים בדרך כלל בהקשר אחד עם כבלי מתח גבוה. בהתחשב ביוקר האחזקה של כבלים ממולאי שמן, ובהשוואה לכבלים קשיחים עם בידוד מנייר רווי בחומר צמיגי לאותו מתח, הם לא מונחים בתוואים החדשים.

כבלים למתח 132 ק"ו שייכים לרשתות חלוקה, וכבלים למתח 275 ק"ו ו־400 ק"ו לקווים עיקריים.

כבלים למתח גבוה עם בידוד פלסטי נמצאים בפיתוח באנגליה בשלב הראשון בלבד, אבל בעתיד יש לצפות כי יימצא להם שימוש נרחב. המרצה דן ביתרונות של המיבנה השונה של הכבלים ואבזריהם, ושיטות השימוש בהם.

בהתאם לנסיון המעשי הקיים באנגליה, מעטות מתכת של כבלים חד־גידיים למתח גבוה מחוברים בכל המקרים ביניהם ומוארקים באופן המאפשר לזרמי ההשראה האורכיים ואיבודים נוספים הקשורים להם, להתבטל באופן מושלם.

הנחת כבלים למתח גבוה מתבצעת בדרך כלל ישירות מתחת לקרקע בעומקים בין 0.75 מ' ל־1.5 מ', והם מוגנים מלמעלה על ידי לוחות בטון. שיטת הנחת כבלים אלה בתוך מעבירים דמויי שוקת מקובלת גם כן. המעבירים מונחים מתחת לקרקע כך ששפתם נמצאת בגובה פני הקרקע, והחלל הפנימי עם הכבלים ממולא באדמה.

לבחירת העומס המותר בכבלים לקבוצות מתח שונות, יש גישה שונה. כך שיש שיקול מיוחד לקביעת היכולת לנשיאת הזרם של כבלי מתח גבוה.

הנסיון המעשי בקנדה

הרצאתו של מר R. M. Russek מקנדה הוקדשה במיוחד לכבלים ממולאי שמן בלחץ גבוה, בצינורות מפלדה. המרצה ספר בתחילת דבריו על קיום כבלים ממולאי שמן וממולאי גז, במעטה ניפרד מעופרת ומאלומיניום ובצינורות פלדה. הוא הסביר מפני מה דרוש הכבל של הבידוד מניר רווי עם גז או שמן נוזלי בלחץ־יתר, ובמה יתרונו.

כבלי מתח גבוה עם בידוד מ־XLPE לא הוזכרו כלל. המרצה מסר לשומעים שבהתאם לנתונים הסטטיסטיים, כל סוגי הכבלים הממולאים בגז (שהרכיב המוצק הוא נייר רווי מראש) כמעט ולא משמשים בתוואים החדשים באמריקה הצפונית (ארה"ב וקנדה) נפוץ ביותר השימוש בכבלים ממולאי שמן בלחץ גבוה ובצינורות פלדה. דבר זה קיים לגבי כבלים לכל המתחים מ־72 ק"ו ועד 500 ק"ו. המרצה עמד בפרוטרוט בשאלת היתרונות המיוחדים של כבלים מסוג זה. כגון: חוזק חשמלי ומכני גדול, פעולה אמינה, עדיפות להנחה בערים גדולות (הפרעה מינימלית לתחבורה), אפשרות להתאמה בשימוש קרור מלאכותי. הוא תאר את המיבנה, אופן הייצור, שיטות בדיקה, הנחה והפעלה של כבל זה, וכמו כן יוצאי דופן בסופיות ובמחברים וכל מיני אבזרים.

יש לציין כי איש מהמרצים לא הזכיר את הכבלים ממולאי גז עם בידוד XLPE. אבל רווחת הדעה בעולם שכבל מסוג זה יכול לעורר עניין מפני שיוכל לפתור במידה גדולה את בעיות האמינות בכבלים עם בידוד פלסטי.

בנוסף להרצאות שהתרכזו בנושא הכבלים גופא, נישאו על־ידי מר G. F. L. Dixon מאנגליה שתי הרצאות שהתייחסו לשאלות הקשורות באיתור מיקומן של פרצות ונזקים אחרים בכבלים.

בהרצאות אלו רצוי לדון באופן נפרד.

שתי התכנסויות הוקדשו לשיחות וחילופי מידע עם אנשי חברת החשמל שהציגו למומחים מחו"ל שאלות ענייניות הקשורות ביישום טכניקות חדישות של כבלים תת־קרקעיים, במערכת החשמל הארצית, במתחים השונים.

מצברי ניקל קדמיום –
מצברים לשימושים מקצועיים

אינג' ג. גבעוני

המצברים הראשונים המבוססים על המערכת הכימית של תא ניקל קדמיום פותחו בסוף המאה ה־19 ע"י יונגנר בשבדיה ואדיסון (שפיתח גם את המערכת המקבילה ניקל ברזל) בארה"ב.

עקרון הפעולה הכימי:

בצורה פשטנית הראקציה הבסיסית המתקיימת במצברי ניקל קדמיום לכל סוגיהם היא ריאקציה של שינוי ערכיות (חימצון, חיזור) של החומרים הפעילים על האלקטרודות שהם ניקל הידרוקסיד באלקטרודה החיובית וקדמיום הידרוקסיד ב־אלקטרודה השלילית.

האלקטרוליט אינו משתתף בריאקציה ואין תנועת חומר בתוך האלקטרוליט ושינוי משמעותי ברכוז האלקרוליט כפי שקיים במצבר עופרת.

מתח התא הנומינלי: 1.2 וולט.

המשוואה האלקטרוכימית המרוכזת:

$$2Ni(OH)_2+Cd(OH)_2 \underset{\text{פריקה}}{\overset{\text{טעינה}}{\rightleftharpoons}} 2NiO(OH)+Cd+H_2O$$

היתרונות הנובעים מהתהליך הבסיסי שנתגלה אז ונכונים עד היום, הם שהביאו לפיתוח הנרחב והמגוון של תאי ומצברי ניקל קדמיום כפי שנמצא היום, שהם:

1. יציבות גבוהה של החומרים הפעילים של האלקטרודות ואי התמוססותם באלקטרוליט דבר המאפשר קבלת מחזורי פעולה רבים.
2. שימוש באלקטרוליט אלקלי שמשמש כמוליך זרם בלבד ואינו משתתף בריאקציה.
3. אי פגיעות של האלקטרודות מטעינת יתר ויכולת עמידה ממושכת במצב פרוק ללא כל נזק.
4. אין פליטה של גזים רעילים בזמן הטעינה.

מיגוון המוצרים:

כתעשיה בוגרת מצטיינת תעשית מצברי ניקל־קדיום (ניק"ד) במיגוון נרחב של מרכיבים לשימושים שונים.

נתאר להלן את המוצרים העיקריים:

תאים אורירים (Vented Cells)

תאים אלו ניתן לחלקם לתת קבוצות עיקריות:

1. תאים מסונטרים.
2. תאי כיסים.

תאים מסונטרים (Vented Sintered Electrodes Cells)

תאים אלו בקיבולים מ־3 אמפר־שעות ועד 100 אמפר־שעות מצטיינים בצפיפות אנרגיה גבוהה עד 0.030 קוט"ש לק"ג וצפיפות הספק אדירה, כ־1.20 קו"ט לק"ג. השימוש העיקרי שלהם הוא: התנעת מטוסים, הפעלת מערכות בכלי נשק מתוחכמים.

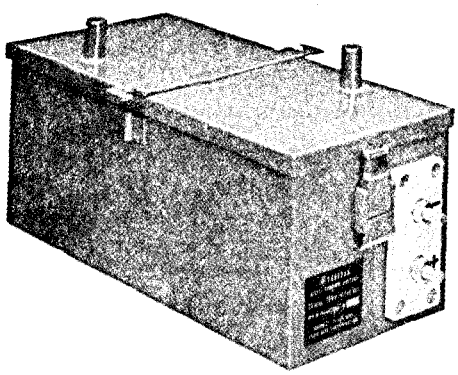
בתנאי עבודה מסודרים ניתן לבצע בהם מעל 1000 מחזורים תוך שמירה על הקיבול המלא. בארץ מייצרים בייצור סדיר תאים מסונטרים מ־10 אמפר־שעות ועד 65 אמפר־שעות.

תאים אלו מורכבים למצברים המאושרים על ידי מינהל התעופה האזרחי וכן על ידי חיל האויר לשימוש במטוסים. (ציור מס' 1)

עקב התכונות המעולות שלהם ניתן לטעון את המצברים בטעינה מהירה של שעה בעזרת מטען עם אופיין REFLEX, (ציור מס' 2).

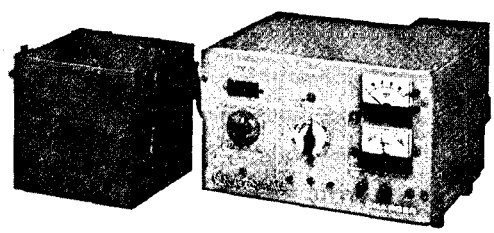
ציור מס' 1

מצבר תעופתי עם תאי ניק"ד



ציור מס' 2

מטען מטפוס Reflex עם מצבר ניק"ד תעופתי



תאי כיסים (Vented Pocket Plates Cells)

תאי כיסים הנם תאים אוריריים לשימוש נייח ש־בהם מוכנס החומר הפעיל בתוך כיסי מתכת. (ציור מס' 3) עקב מבנה זה מצטיינים תאים אלו באמינות הגבוהה שלהם. ניתן לצפות לאורך חיים בלתי מוגבל. למעשה, למצברים הנמצאים במשטר עבודה תקין. תחום הקבול שלהם הוא מ־10 אמפר־שעות ועד כ־1500 אמפר־שעות במיכלי פלסטיק או מתכת. כמו כן ניתן להשיג היום מונובלוקים ה־מכילים מספר תאים ארוזים מראש.

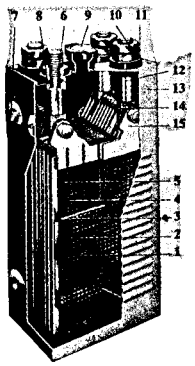
ניתן לבחור במצברים לפריקה איטית (של שעות) או לפריקה מהירה כמו במקרה של התנעת מנועים. שימושם העיקרי של מצברי תאי כיסים הוא ל־הפעלת מערכות פיקוד תעשיתיות כגון: מערכות קשר, מרכזי מחשבים, פיקוד מפעלים כימיים, פיקוד מתקני שאיבה, מערכות להחזקת מפסקי מתח גבוה, מערכות תאורת חרום ומערכות התנעה לגנרטורי חרום. בכל אלה משמשות מערכות הספק המכילות מצברי ניקל קדמיום מטיפוס כיסים, להפעלה, הבטחה, והתנעה של העומס בזמן הפסקת חשמל. בנוסף למצברים משולבים במערכת מטענים, ספקי כח, ממירים ולוחות בקרה ופיקוד שכולם ביחד מהווים את מערכת ההספק המשולבת.

בשל האופי „הנקי" של המצבר שאינו פולט גזים רעילים, ניתן להתקין את המערכות בחדר הציוד ללא חשש לפגיעה בציוד או במשתמשים. למערכות הבנויים עם תאי ניק"ד אין צורך בחדר מצברים נפרד. דבר זה מהווה חיסכון ניכר במחיר המבנה.

יתרון נוסף הוא שניתן להשבית את המערכות לתקופה בלתי מוגבלת מבלי שהמצברים יפגמו ויפסידו מקיבולם. עם חידוש החשמל במתקן חוזר המצבר לקיבולו לאחר מחזור טעינה ופריקה.

ציור מס' 3

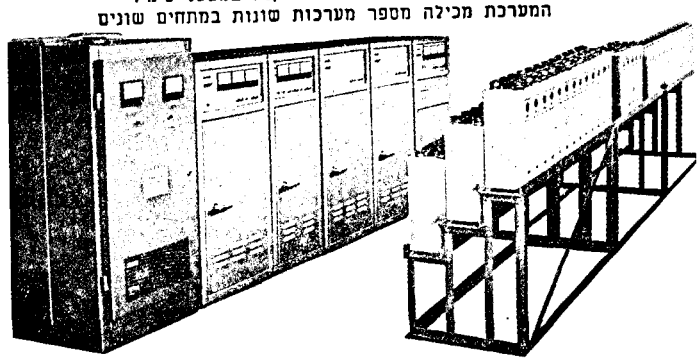
מבנה של תא ניקל־קדמיום מטיפוס כיסים



1. פלטה חיובית
2. מסגרת הפלטה
3. מבדד
4. מוטות בידוד
5. פלטה שלילית
6. יציאה שלילית
7. כפתור תליה
8. אטם
9. שסתום
10. אומים
11. מבדד יציאה
12. יציאה חיובית
13. מיכל (פלדה או פלסטיק)
14. טבעת מרווח
15. יציאה חשמלית של הפלדה

ציור מס' 4

מערכת הספק משולבת חמותקנת במפעל כימי.
המערכת מכילה מספר מערכות שונות במתחים שונים



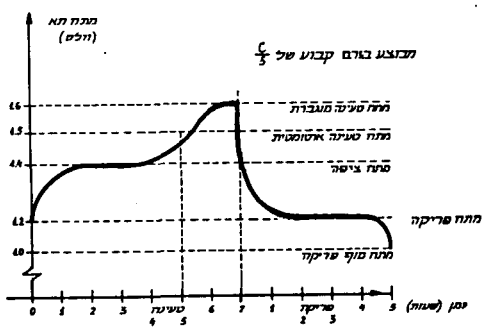
אופייני התא ושיטות טעינה

תא ניקל קדמיום מטפוס כיסים מכיל 2 מדרגות בעקום הטעינה. אחת ב־1.4 וולט לתא והשניה ב־1.6 וולט לתא (מתח טעינת יתר) מתח הפריקה של התא הוא 1.2 וולט לתא מזרם נמוך ועד לזרמי שיא וזאת בשל התנגדותו הפנימית הנמוכה מתח סוף פריקה הוא 1 וולט לתא, (ציור מס' 5).

שיטות הטעינה מבוססות על שימוש באופין התא. במערכת בהן מותקנים המצברים משאירים את המצבר באופן קבוע בטעינת ציפה (Float) במתח של 1.4 וולט לתא, השומרת על קיבול המצבר ללא איבוד מים. לאחר הפריקה טוענים את המצבר עד למתח של 1.50 וולט לתא וחוזרים באופן

ציור מס' 5

עקומת טעינה/פריקה של תא ניקל קדמיום מטיפוס כיסים



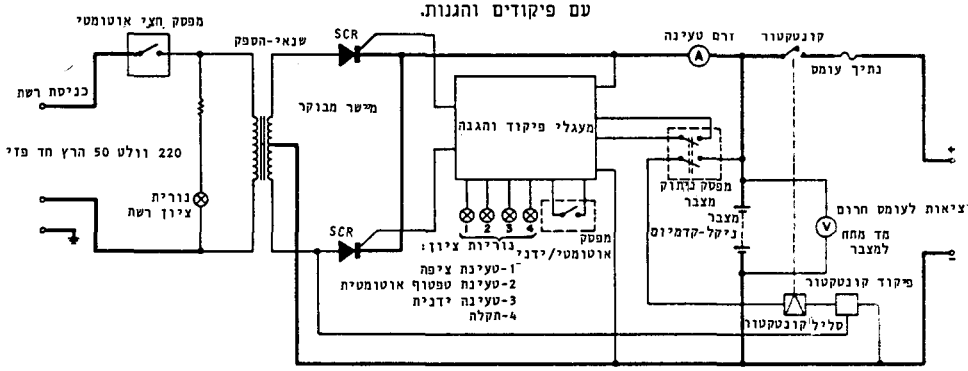
אוטומטי לציפה, (מצב אוטומטי). בצורה זו מבטיחים טעינה טובה ללא איבוד מים.

אחת לחצי שנה יש לבצע טעינה מוגברת במצב ידני (Manual Boost) עד למתח של 1.7÷1.6 וולט לתא למשך מספר שעות ולאחר מכן יש להחזיר את המטען למצב אוטומטי. (ציור מס' 6).

תהליך זה מבטיח את הקיבול המלא של המצבר. התאמת המטען למצבר מבחינת איפיונים, ערכי זרמי טעינה ומתחי טעינה מבטיחים את הפעולה התקינה ואמינות המערכת כמיכלול. יש להמנע מהרכבת מערכת מרכיבים (מטען מצבר) שאינם תואמים זה את זה.

ציור מס' 6

דיאגרמת מלבנים של מטען אוטומטי ידני עם פיקודים והגנות.



תאים אטומים (Sealed Cells)

היציבות הגבוהה של האלקטרודות מבחינה אלקטרו כימית, יעילות הטעינה הגבוהה, מתח התא הנמוך והעובדה שהאלקטרוליט אינו משתתף בריאקציה אפשרה את הפיתוח של התאים האטומים. על ידי בניה מיוחדת של התאים, שימוש במפריד מיוחד וקביעת כמות האלקטרוליט המתקבל תא אמין ובעל שימושים בלתי מוגבלים.

בתאים אלו נשמרים כל היתרונות שהוזכרו כגון: אורך חיים, צפיפות הספק גבוהה מאוד ויכולת עמידה במצב פרוק ללא הגבלת זמן. וכמובן יתרונם שעקב האטימות הם אינם דורשים כל טיפול, וניתן להתקינם כרכיב אלקטרוני.

המבנים העיקריים לתאים אטומים:

א. **תאי הכפתור** שבו התא בנוי מכיסים קטנים בתוך תא שטוח (דמוי כפתור). ניתן לקבלם בקיבול מ-10 אמפר שעות ועד 3 אמפר שעות. תאים אלו משמשים בעיקר למכשירים מטלטלים קטנים.

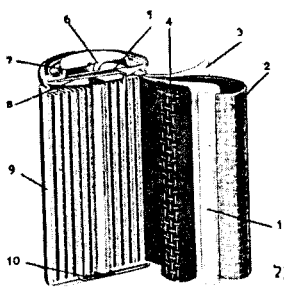
ב. **תאים גליליים** המבוססים על שימוש באלקטרודות המסונטרות המגוללות לתוך התרמיל (ציור מס' 7) ניתן להשיג תאים בקיבול מ-100 מיליאמפר שעות ועד 10 אמפר שעות. בזכות האלקטרודות המסונטרות והמבנה המיוחד של התא ניתן להשתמש בתא במיגוון נרחב של שימושים:

החידוש העיקרי במבנה התאים הוא שסתום שחרור הלחץ (Reseal Valve) אשר מאפשר שחרור לחצים גבוהים מתוך התא ולאחר מכן לאטום את התא מחדש. שסתום זה משפר בצורה ניכרת את אמינות התא.

בארץ מיוצרים תאים גליליים מ-1 אמפר-שעות ועד 6.8 אמפר-שעות.

ציור מס' 7

מבנה עקרוני של תא ניקל קדמיום אטום גלילי



1. מבדד
2. אלקטרודה שלילית מדובקת
3. מבדד
4. אלקטרודה חיובית מדובקת
5. יציאה חיובית
6. דקר
7. דיאפרגמה
8. אטם ניילון
9. תרמיל מצופה ניקל
10. יציאה שלילית

תאים פריזמטיים

תאים אטומים שמבנם מלבני ביסודו בקיבולים של עד 50 אמפר שעות וכן תאים גליליים בקיבולים שונים משמשים במחקר החלל. מצברי ניקל קדמיום משמשים באופן בלעדי את מערכות הצבירה של כל החלליות הבלתי מאוישות. עקב שימושם במחקר החלל נחקרה התנהגות התאים בצורה מעמיקה ביותר ופורסמה ספרות ענפה. אמינות התאים האטומים הודגמה על ידי ביצוע עשרות אלפי מחזורים של טעינה ופריקה.

במחקרים אלו התגלו מספר תופעות שאחת מהן. תופעת הזכרון, שהיא ירידה חלקית בקיבול עקב ביצוע מספר גדול מאוד של מחזורים זהים, (אלפי מחזורים) מוצאת לרוב, בפרסומים שונים, מתוך

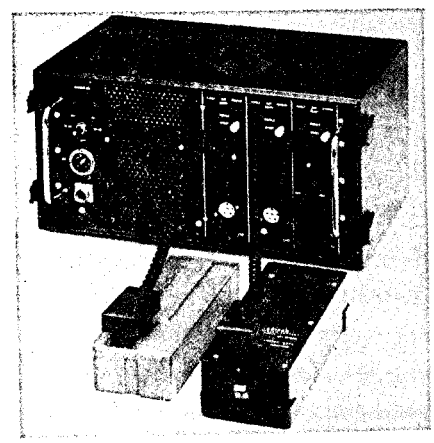
הקשרה ומוצגת כמגבלה יסודית של תא ניקל קדמיום. בעקרון תופעות אלו במצברי ניקל קד־מיום הן זמניות וניתנות לביטול בצורה מוחלטת על ידי מחזור אחד של טעינה ופריקה מלאים. לא קיים, עדיין, תא אטום אחר בעל אורך חיים ויכולת עמידה בתנאים של טעינת יתר, עבודה במחזורים ועמידה במצב פרוק כתא ניקל קדמיום האטום.

בתנאים של שימוש יום־יומי ההעמסה אינה מחזורית ולכן תופעה זו אינה קיימת למעשה.

שימושים

מכשירים מטלטלים — מצברים המורכבים מתאי ניקל קדיום (ניק"ד) אטומים מפעילים מכשירי קשר נישאים, ציוד מטלטל (מכונת גלוח, מצלמות, מחשבונים) וכן מתניעים מכונות. למצברים של מכשירי קשר צבאיים מותאמים מיגוון רב של מטענים וכן מטענים מהירים הטוענים את ה־מצברים בזמן של שעה עד 3 שעות (ציור מס' 8)

ציור מס' 8
מטען מהיר לטעינת מצברי ניקל קדמיום אטומים למכשירי קשר צבאיים



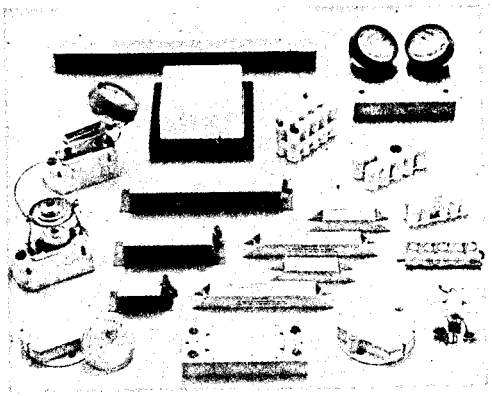
מערכות חרום (תאורה אזעקה, שמירת זכרון מחשבים)

במערכות אלו נימצא המצבר במשטר של טעינה מתמדת. במקרה של הפסקת חשמל או במצב חרום מפעיל מצבר ניקל קדיום (ניק"ד) את המערכת ומספק את האנרגיה.

יכולתו של התא האטום לעמוד במשטר של טעינת יתר מתמדת בזרם קבוע מאפשרת בנית מערכות חרום פשוטות ללא צורך בכיוון של מערכת ה־טעינה ואמינות ביותר.

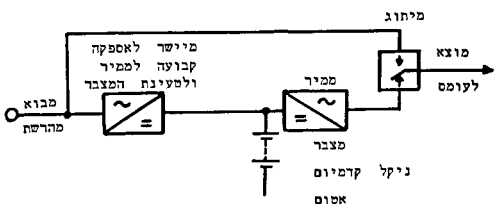
שימוש נרחב נמצא למערכות לתאורת חרום נקוד־תיות, נורות ליבון ופלואורסצנט ופנסים נטענים וכן רכיבים למערכות כגון מטעינים — ממירים, מצברים וממירים עצמאיים. (ציור מס' 9)

ציור מס' 9
רכיבים ומערכות תאורת חרום נקודתית



להפעלת מערכות גדולות כגון מרכזיות אלקטרו־ניות משולב מצבר ניקל קדמיום אטום בצורה מ־תוחכמת עם מטען לממיר, כשהמערכת מספקת בצורה בלתי פוסקת את המתח לעומס ללא תלות במצב אספקת החשמל. במיוחד יעילה המערכת במקומות בהן הרשת בלתי יציבה ואז שומר המצבר על יציבות מתח היציאה גם ברגעי שפל או תנודות של הרשת (ציור מס' 10)

ציור מס' 10
דיאגרמת מלבנים עקרונית של מערכת ניק"ד עם ממיר.



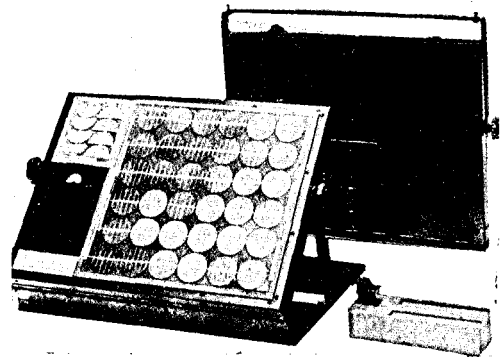
מערכות סולריות

תכונות הטעינה והעמידות המעולים של מצבר ניקל קדמיום האטום מאפשר חיבורו למערכת ה־מבוססת על תאים פוטו אלקטריים ההופכים את אור השמש לאנרגיה חשמלית ומאפשרים בכך לקבל מערכת כח בלתי תלויה לחלוטין. בעזרת מערכת זאת ניתן לטעון בשדה מצברים של מכשירי קשר מטלטלים (תמונה מס' 11) וכן לבנות מערכות חרום לאזעקות, פקוד מרחוק ממסרי קשר ו־תאורה ללא צורך במשיכת קווי חשמל יקרים אליהם, או טיפול אספקת דלקים ואחזקה של גנרטורים מרוחקים.

שיטות טעינה של תאים אטומים

שיטת הטעינה הפשוטה והאמינה ביותר היא שי־טת הטעינה בזרם קבוע.

ציור מס׳ 11
מטען סולרי לטעינת מצברי קשר צבאיים



באם נסמן את ערך הקיבול של המצבר באמפר־שעות ב־C הרי לטעינה תמידית במערכת חרום זרם הטעינה היא:

$$\frac{C}{15} \div \frac{C}{20}$$

מצבר פרוק יטען בזמן של כ־20 ÷ 28 שעות. בזרם זה ניתן להשאיר את המצבר בטעינה תמידית.

לטעינת מצברים במכשירים מטלטלים כגון מכשירי קשר משתמשים במטענים עם זרם טעינה של C/10 וזמן הטעינה הוא 14 שעות. גם בזרם זה אין למעשה הגבלה בטעינת יתר ואין כל סכנה בטעינה של ימים ושבועות בזרם זה.

במכשירים ובמערכות קריטיות כגון מערכות חרום למחשבים טוענים בזרם של C/5 ועד 1C. שלוב של גששים מטענים ומעגלי גלוי מאפשרים טעינה מהירה וזמן הטעינה הוא משבע שעות ועד שעה בהתאם.

ע״י שימוש במטענים מיוחדים ובתאום עם מבנה מיוחד וממוינים לצורך כך ניתן לבצע טעינה בזמן של ¼ שעה ובזרם טעינה של 4C.

סיכום

בסקירה הקצרה שהבאנו ניסינו לתאר את עולם הניקל־קדמיום. האמינות, אורך החיים, וכושר הסבל של התא, מאפשרים בנית מצבר אמין, הן בתאים מאוורים והן בתאים אטומים. ואכן כלל נקוט הוא אצל המתכננים להשתמש במצברים ובמערכות המבוססות על מצברי ניקל־קדמיום בכל מקרה של עומס חרום קריטי (ואיזה עומס חרום אינו קריטי) וכמובן במכשירים מטלטלים.

יש כמובן לזכור שהמצבר הוא „יצור חי״ ותכנון של המערכת לוקח בחשבון את תכונותיו ובונה כך את המערכת שבצועיה מכילות את כל היתרונות הגלומים במצבר הניקל קדמיום.

חזון השלום ופיתוח מערכת החשמל

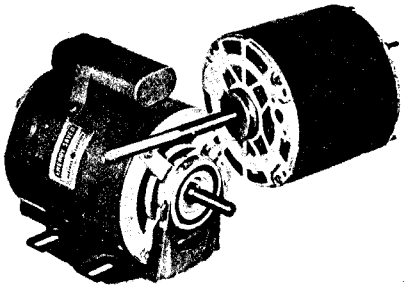
אם יושג שלום עם מצרים, כדאי לבנות תחנת כוח גרעינית משותפת בין על עריש וימת ברדוויל, שהספקה יהיה כ־1300 מגוו״ט. תחנת כוח זו תספק חשמל בזול ל־2 המדינות ותסייע גם להקמת חקלאות חורף באיזור, שתהיה מבוססת על גידולי חממות. זאת אמר מנכ״ל חברת החשמל מר אריאל עמיעד, שהירצה במועדון ההנדסי ב־תל־אביב. המרצה הדגיש, כי לתוכנית משותפת כזאת אפשר יהיה לקבל מימון טוב ובעזרתה לשנות לגמרי את מערך החשמל במדינה. תחנות כוח גרעיניות משותפות, שיבנו במדבר ויהיו גדולות די הצורך, עשויות לפתח את האיזור, אם יהיה שלום, בעיקר משום שלא יהיו בעיות אקולוגיות והן יהיו מרוחקות מכל ישוב.

עוד אמר מר עמיעד, כי בארץ זול יותר לבנות תחנות כוח מאשר בארה״ב. שכן מהנדסים בחו״ל מקבלים תמורת שעת עבודה מה שמשלמים כאן תמורת יום עבודה. כל תכנון המתקנים של חברת החשמל נעשה מעתה בארץ, משום שזה זול יותר.

בדברו על בעיות האנרגיה ציין הדובר, כי אשתקד צרכנו במדינה 7330 מיליון טונות דלק. הביקוש לחשמל עלה מעבר למה שחשבנו, ומשום כך צריך לבנות תחנות כוח ותחנות משנה, אחרת לא יהיה לנו די חשמל.

התחנה בחדרה, שתופעל הן ע״י דלק גוזלי והן ע״י פחם, תייצר 50 אחוז מכלל תצרוכת החשמל, אך יש הכרח לבנות תחנת כוח בדרום, כניראה בזיקים, שכן דרושות 3 שנים לפחות להקמת תחנה חדשה. חרף החששות, יהיה צורך לבנות תחנת כוח גרעינית ולחשוב ברצינות על פרוייקט הימים, של כריית תעלה מהים התיכון לים המלח.

מר עמיעד הזהיר, שאם לא נבנה בעוד מועד תחנות כוח — לא יהיה חשמל ולא יעזרו כל הקיצוצים והפסקות החשמל, שכן הצריכה גדלה והולכת מדי שנה בשיעור של יותר מ־5 אחוז.



מנועים המשמשים במוצרים ביתיים

אינג' א. כהן

מכל הסוגים השונים והמגוונים של מנועים חשמליים הקיימים, הפופולריים ביותר, ושעל קיומם יודע כמעט כל אדם, שביתו מוזן באנרגיה חשמלית, הינם המנועים המשמשים במכשירים החשמליים הביתיים.

בארה"ב מגיעים לכ־20 מנועים בממוצע — לדירה. בארץ כ־8 אם ניקח בחשבון גם את המנועים בכלי הרכב ובכלי התחביב (הובי) נגיע למספרים מרשימים מאוד. אם נניח שבארץ יש כמליון דירות אב, הרי שלא נטעה הרבה אם נקבע שבמדינה פועלים כ־8 מליון מנועים חשמליים ביתיים.

אורך חיים

לכל מוצר חשמלי ביתי, אורך חיים ממוצע, מוגדר. כאורך חיים של מוצר, מגדירים את התקופה ש־לאחריה, החלפת חלקים ותיקונים, נעשים תכופים מאוד ומהווים מעמסה כספית מכבידה. סביר אם כן, לצייד את המכשיר במנוע בעל אורך חיים מעט גדול מאורך החיים הממוצע של כלל המוצר.

תאום

התחרות בין יצרני המוצרים, גדולה ביותר ומיותר להדגיש את נטייתם להשתמש ברכיבים **טובים במדה מספקת** על־מנת שיעמדו בדרישות אורך החיים, ויחד עם זאת יהיו זולים ככל האפשר.

כדי שהמנוע המורכב במוצר מסויים, יהיה אופטי־מלי מבחינת מחירו, חייו וביצועיו, עליו לענות על התנאים הבאים:

(1) במנועי השראה, המומנט המכסימלי ומומנט ההתנעה, יהיו בעלי גודל המספיק להפעיל את מע־מס המכשיר בתנאי העבודה הגרועים ביותר, כגון מתח רשת נמוך, חיכוך רב בתמסורות המכניות (רצועות, גלגלי שיניים) ותנאי טמפרטורה קיצוניים.

מנוע בעל מומנטים הגבוהים יותר מהמינימום ה־נדרש, לא יוסיף מאומה לאיכות המכשיר וגם לא לאורך חיי המנוע.

(2) התחממות המנוע בתנאי העבודה הגרועים ביותר של המכשיר, תהיה מעט נמוכה מערכי המכ־סימום המקובלים לדרגת טיב הבידוד התרמי שלו.

טיב הבידוד המקובל היום:

חוטי ליפוף: 180°C, CLASS H
בידודי חריצים: 130°C CLASS B

למרות שבידוד חוטי הליפוף המקובלים, עמיד ב־טמפרטורת עבודה ממושכת של 180°C, אין מנצלים עובדה זו, ולא מעמיסים את המנוע בצורה כזו ש־טמפרטורת העבודה שלו במכשיר תגיע קרוב ל־180°C; זאת משום שתי הסיבות הבאות:

א. אם טמפרטורת חוטי הליפוף תגיע ל־180°C, אזי יכולה המעטפת החיצונית של המנוע להגיע לערכים של כ־150°C. טמפרטורת מעטפת כזאת, מסוכנת מאוד לחלקים אחרים של המכשיר ה־חשמלי הקומפקטי — שהמנוע נמצא בקרבתם.

ב. בידודי החריצים של המנוע והבידודים האחרים המקובלים מאוד במנועי המכשירים הביתיים, מסוו־גים לטמפרטורת עבודה של 130°C.

כתוצאה משתי סיבות אלו, מתוכננים מירב סוגי המנועים הנדונים כך שטמפרטורת העבודה של לי־פופיהם תגיע עד לכ־130°C.

(3) כושר מעמס מערכת המיסוב של המנוע, ואורך החיים שלה, יהיו מספיק טובים כדי לעמוד בתקו־פת אורך־החיים של המוצר כולו.

כדאי לציין שמערכות מיסוב, אפשר לתכנן בצורה כזאת, שאורך חייהן יהיה ניתן לשינויים בתחום נרחב ביותר, החל מכמה שעות עבודה בלבד עד לעבודה רצופה של כמה שנים, ללא צורך בשימון וטיפול נוספים.

כמובן שהפרשי העלויות של המערכות השונות, יהיו ניכרות. מאליו יובן שאין שום הצדקה לצייד מנוע עם מערכת מיסוב כזאת שתחיה הרבה מעל אורך חיי המוצר.

(4) בדומה למה שהוסבר לעיל, נדרוש גם מהקונ־סטרוקציה המכנית של המנוע ודיוקה. גם כאן, דיוקים בדרגות גבוהות, וחוזק קונסטרוקטיבי מרו־בה, לא יתרמו מאומה, ורק יגדילו את העלויות במידה ניכרת.

מסקנות

מכל מה שהוסבר עד כה, אפשר להסיק את המס־קנות הבאות:

כל מנוע למוצר ביתי, מתוכנן שיהיה מתאים אך ורק לעומס ולתנאי העבודה הספציפיים של אותו מוצר בלבד, בצורה הלוקחת בחשבון, אופטימיזציה של העליות ואורך החיים הנדרש. משיגים זאת על ידי:

(1) שימוש קפדני ומבוקר בחומרי הגלם של ה־מנוע, עד לגבולות העליונים של כושר עמידותם.

(2) שימוש בשיטות ייצור מתקדמות.

סדר שיוך

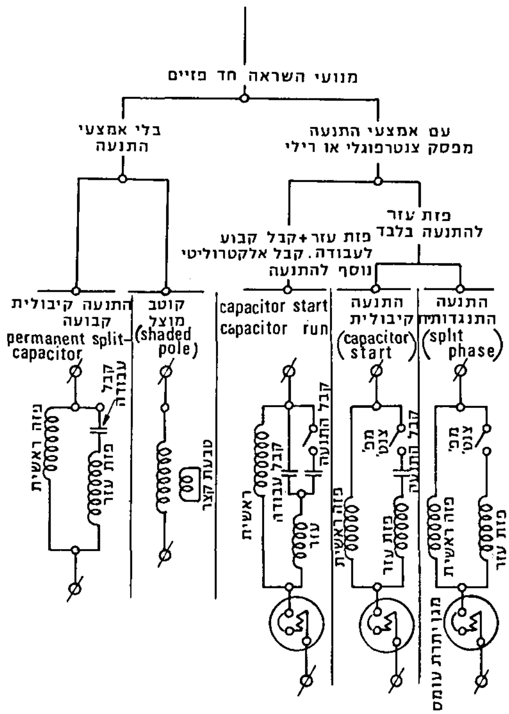
רוב המנועים הנדונים כאן, ניזונים מרשת של זרם חילופין חד פזית של 50Hz 220־240V. או: 60Hz, 110־220V.

מנועים הניזונים מזרם ישר או מיושר במכשירים הביתיים, מקור האנרגיה שלהם במכשיר הוא סול־לות או מערכת יישור — הנמצאים במכשיר עצמו. תחום הספקי היציאה של המנועים הנידונים: (2÷2000)W.

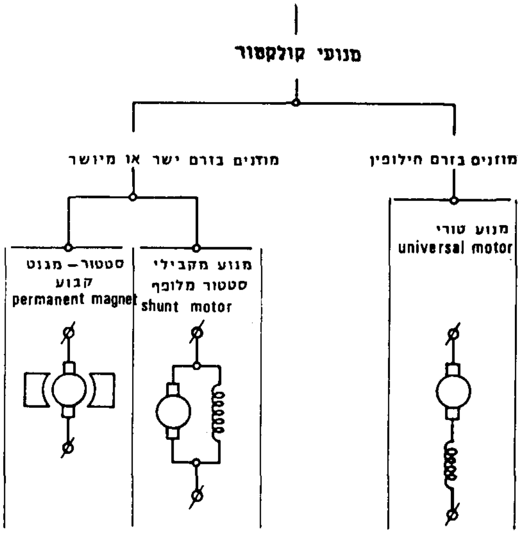
הדיאגרמה בשרטוט מס. 1 מראה את הסיווג הטכני של המנועים.

שרטוט מס' 1

מנועי השראה חד־פזיים



שרטוט מס' 2



מנועי השראה חד־פזיים בעלי רוטור כלוב

במנועי השראה תלת־פזיים, נוצר השדה המגנטי המסתובב על ידי ליפופי סטטור סימטריים המוז־נים ישירות מהרשת התלת־פזית. במנועים אלה, לא קיימות בעיות התנעה מוטוריות, אלא רק בעיות משניות של תיאום בין כושר הרשת והמנוע בתקו־פות ההתנעה ועומסי היתר.

במנועי השראה חד־פזיים, לעומת זאת, המצב הפוך:

1. קיימות בעיות ומגבלות של יצירת ההתנעה במנוע עצמו.

2. כמעט ולא קיימות בעיות תאום רשת למנוע, בגלל ההספקים הקטנים יחסית של סוג מנועים זה.

כדי ליצור שדה מגנטי מסתובב, חד־כווני, בחריץ האוויר של מנוע השראה חד־פזי, יש למלא אחר התנאים הבאים:

1. קיום של לפחות 2 קבוצות ליפופים נפרדות, המוזזות אחת מן השניה בזווית פיזית מרכזית השווה לחצי צעד הקוטב.

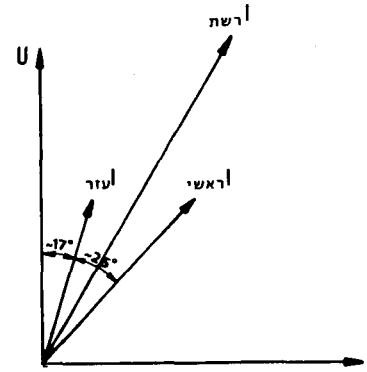
2. יש לדאוג שהזרמים בכל קבוצה וקבוצה, יהיו בהפרש פזות אחד מהשני.

שתי קבוצות הליפופים מכונות: פזה ראשית, פזת עזר.

הפזה הראשית מוזרמת כל זמן פעולת המנוע. פזת העזר, בחלק מסוגי המנועים מתנתקת מיד עם ההפ־עלה, ובחלק אחר ממשיכה להיות מוזרמת כל זמן פעולת המנוע.

שרטוט מס' 3

זרמי הפזות במנוע בעל התנעה התנגדותית ברגע ההתנעה.



קבוצת המנועים, בעלי אמצעי עזר להתנעה

א. מנועים בעלי פזת עזר התנגדותית

SPLIT PHASE MOTORS

פזת העזר מתנתקת מיד אחרי ההתנעה. בעזרת מפסק צנטריפוגלי המוצמד לציר המנוע, בתוכו או בעזרת ריליי זרם מסויים. הפרש הפזות בין זרם הפזות בין זרם פזה ראשית וזרם פזת העזר, נוצר על ידי ההתנגדות האוהמית הגבוהה של ליפופי ה־עזר (חוט דק) לעומת הפזה הראשית.

סכמת החיבורים של המנוע מופיעה בשרטוט מס' 1.

הדיאגרמה הווקטורית של זרמי הפזות בהתנעה, נראית בשרטוט מס' 3.

בציור מס' 4 אנו רואים:

העקומה O-S-N, כאשר פזה ראשית בלבד מוזרמת. אין לעקומה זו מומנט התנעה.

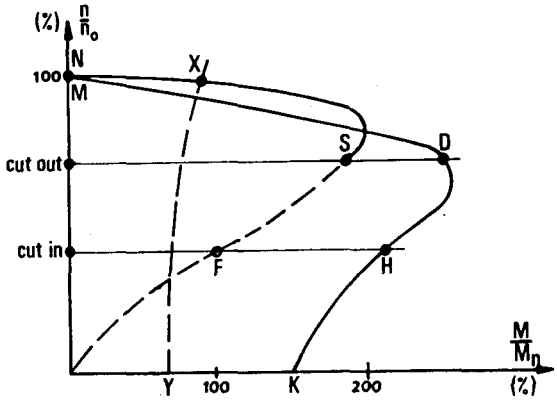
העקומה K-D-M, כאשר פזה ראשית ופזת עזר מוזרמת; קיים מומנט ההתנעה בנקודה K.

מומנט העומס, מסומן, כדוגמא, על הקו X-Y. ההתנעה מתרחשת על־גבי קטע העקומה K-D. בנקודה D, בה מופיע המומנט הגבוה ביותר שהמנוע מפתח והמתאימה למהירות Cut Out, המפסק־הצטנריפוגלי מנתק את פזת העזר, ומומנט המנוע קופץ מנקודה D לנקודה S שעל גבי עקומת הפזה הראשית בלבד. מהנקודה S, המומנט ינוע על־גבי העקומה O-S-N עד לנקודת העבודה היציבה X.

אם תוך כדי פעולת המנוע, יגבר העומס בצורה ניכרת, נקודת העבודה X תנוע על־גבי עקומת המו־מנט של הפזה הראשית. ימינה עד לנקודת S, ומשם „תיפול" במהירות לנקודה F. כאן נכנס המפסק הצנטריפוגלי שנית לעבודה ומחבר את פזת העזר. נקודת העבודה „תקפוץ" ל־H ומשם או שהמנוע יעצר או שתתרחש מחזוריות פעולת המפסק הצנט־

שרטוט מס' 4

עקומת מומנט־מהירות של מנוע התנעה התנגדותית.



ריפוגלי על־ידי ריטוט, עד לניתוק המנוע על־ידי מפסק יתרת העומס.

התכונות הבולטות של מנועי התנעה התנגדותית

1. זול מבחינת חומרי גלם.
2. אין אביזרי התנעה חיצוניים (קבל וכד').
3. מומנט התנעה גבוה יחסית 150%—100 מהנו־מינלי.
4. זרם התנעה גבוה I_n (8—6).
5. מומנט מקסימלי לפזה ראשית $2M_n$ (200%).
6. החלקה נמוכה ומהירות די יציבה בשינויי עו־מס בסביבות הנומינלי.
7. רעש מגנטי חזק.
8. המנוע חייב להיות מצוייד במפסק יתרת עומס המגיב על הזרם הכללי של המנוע עם השהיית זמן קצרה.

צפיפות הזרם בפזת העזר, גבוהה מאוד, כ־50~40 אמפר/ממ"ר. אם פזת העזר לא תנותק אחרי כ־10 שניות, היא **„תשרף"** במהירות. זו היא הסיבה העיקרית לשרפת מנועים מסוג זה ולצורך במפסק יתרת עומס.

9. מקדם הספק גרוע: 0.6—0.5.
10. נצילות: 0.65—0.45.
11. תחום ההספקים השימושיים: (1/3—1/10) כ"ס. המיגבלה להספקים גבוהים היא בעיקר זרם ההתנעה הגבוה מאוד. במנוע של 1/3 כ"ס זרם ההתנעה מגיע ל־25 אמפר. זרם כזה נחשב לגבוה לרשת הביתית.
12. מהירויות מקובלות: 2800 סל"ד; 1400 סל"ד (4 ו־2 קוטבים). לא מקובלות מהירויות נמו־כות יותר (6 או 8 קוטבים).
13. אין שום אפשרות מעשית לוויסות צר של מהי־רויות.

14. שימושים אופיניים:

סוג המנוע הזה מקובל מאוד בארה"ב ובאנגליה. אך אינו מקובל לגמרי באירופה.

השימוש העיקרי בו, בכל העולם: במדחסי קרור הרמטיים של מקררים ביתיים, בהספק של עד 1/4 כ"ס.

מנוע זה מופיע בכל אותם השימושים שאינם דורשים התנעות תכופות, בגלל זרם ההתנעה הגבוה והבלאי המואץ של המפסק הצנטריפוגלי.

ב. מנועים בעלי קבל התנעה

CAPACITOR START MOTORS

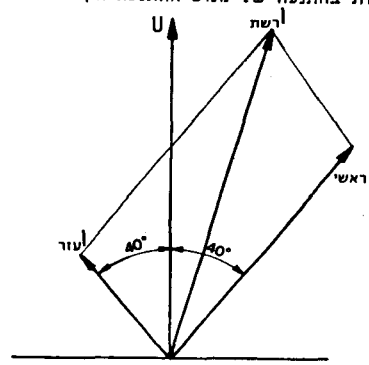
(ראה סכמת החיבורים בשרטוט מס' 1)

כמו במנועי ההתנעה ההתנגדותית, גם מנועים אלו מצויידים במפסק צנטריפוגלי. ליפופי פזת העזר מחוברים בטור עם קבל אלקטרוליטי. תפקידו של הקבל האלקטרוליטי ליצור הפרש פזה גדול בין **הזרם** בפזה הראשית לזרם שבפזת העזר.

השפעת הקבל האלקטרוליטי ניכרת ביותר על זרם ההתנעה של פזת העזר ומקדמת אותו בכ-40° לפני מתח הרשת.

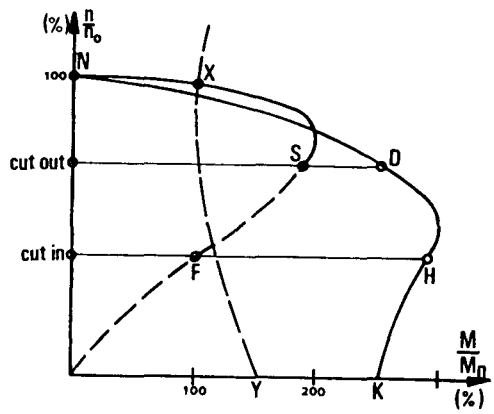
שרטוט מס' 5

זרמי הפזות בהתנעה של מנוע ההתנעה הקיבולית.



שרטוט מס' 6

עקומת מומנט מהירות של מנוע התנעה קיבולית.



העקומה של הפזה הראשית בלבד, O-S-N זהה לחלוטין לזו שבמנוע ההתנעה ההתנגדותית.

עקומה של פזה ראשית + פזת עזר: K-H-D-N הנה בעלת העוצמה הגבוהה ביותר בין כל מנגני ההשראה החד פזיים והתלת פזיים המקובלים בעלי אותו הספק נומינלי.

מומנט ההתנעה יכול להגיע עד ל-300% מהמומנט הנומינלי.

על הקורא להשוות את מהלך העקומות של שרטוט מס' 6 עם זו של שרטוט מס' 4.

התכונות הבולטות של מנועי ההתנעה הקיבולית

1. יקר בכ-15—20% מהמנוע בעל ההתנעה ה־התנגדותית.
2. קבל אלקטרוליטי מוצמד למנוע. הגדלים ה־מקובלים של הקבלים האלקטרוליטיים למנועים הללו 300—50 מיקרופרד, בעלי מתח עבודה מכ־סימלי של כ-300 וולט אפקטיבי. משך השהייה של הקבל תחת מתח בתנאי ההתנעה, אסור שיעלה על כ-10—5 שניות. השהיה ממושכת יותר תגרום לפרוקו הכימי של החומר האלקטרו־ליטי והרס הקבל.
3. מומנט ההתנעה גבוה מאד, עד כ-300% מהנומינלי.
4. זרם התנעה גבוה יחסית אך נמוך מזרם ההתנעה של מנוע ההתנעה ההתנגדותית I_n (3—5).
5. מומנט מקסימלי לפזה ראשית $2\,M_n$ (200%) זהה לזה שבמנוע ההתנעה ההתנגדותית.
6. החלקה נמוכה ומהירות די יציבה בשינויי עומס בסביבות הנומינלי.
7. רעש מגטי חזק.
8. המנוע חייב להיות מצוייד במפסק יתרת עומס המגיב על הזרם הכללי של המנוע עם השהיית זמן קצרה. צפיפות הזרם בפזת העזר 40—30 אמפר/ממ"ר. פזת העזר חייבת להתנתק כעבור מכסימום, 10 שניות. אי ניתוקה בזמן, יגרום ל־הרס הקבל ושריפת פזת העזר. זו היא הסיבה העיקרית לצורך במפסק יתרת העומס.
9. מקדם הספק גרוע: 0.6—0.5.
10. נצילות: 0.65—0.45.
11. תחום ההספקים השימושיים (3/4—1/6) כ"ס.
12. מהירויות מקובלות: 2800 סל"ד; 1400 סל"ד. לא מקובלות מהירויות יותר נמוכות.
13. אין שום אפשרות לוויסות צר של מהירויות.
14. הקבל האלקטרוליטי "מזדקן" בגלל התיב־שות החומר האלקטרוליטי שבו, דבר המצמצם את אורך חיי המנוע.

מנוע ההתנעה הקיבולית זהה במבנהו למנוע ה־ההתנעה ההתנגדותית, מלבד ליפופי פזת העזר, הקבל ומגן יתרת העומס.

ביצועי המנוע בנקודת העבודה הנומינלית (פזה ראשית בלבד), זהה לחלוטין למנוע ההתנעה ה־התנגדותית.

15. שימושים אופיניים:

משתמשים רק באותם מוצרים או מכונות הדורשים מומנט־התנעה הגבוה מהמומנט הנומינלי, ובאותם מוצרים שמומנט ההתנעה הדרוש להם, אינו קבוע ומוגדר, אלא, משתנה בגבולות רחבים. מספר סוגי המוצרים הדורשים מנוע כזה, מוגבל: מטחנות, Crushers, משאבות בעלות חיכוך פנימי רב, מדחסי אוויר או גאז בעלי לחצי ראש גבוהים שאין בהם התקני שחרור לחץ הראש, לפני ההתנעה.

16. מנועים אלו מופיעים בשוק תחת השם: (מנועים לשימוש כללי) GENERAL PURPOSE MOTORS רוכשים אותם לשימושים הדורשים כמות מעטה מאד, וכאשר אין יודעים בדיוק את אופי התנהגות העומס אלא רק הערכה גסה של ההספק הדרוש.

ג. מנועים בעלי פזת עזר קיבולית קבועה

Permanent Split Capacitor Motors (P.S.C) זה מנוע השראה הפופולרי ביותר בשימושים של מוצרים ביתיים. כפי שרואים בשרטוט מס' 1 פזת העזר מחוברת באופן קבוע — בטור עם קבל קבוע. תפקיד הקבל להפוך את מעגל פזת העזר למעגל בעל אופי קיבולי, דהיינו: $1/\omega C > \omega L$

אימפדנס הקבל יהיה גדול מאימפדנס האינדוקטיביות העצמית של פזת העזר — בצרוף ההשפעות של האינדוקטיביות ההדדית עם הפזה הראשית והרוטור, ועל ידי זה לקדם את זרם פזת העזר בכ־90° לפני זרם הפזה הראשית. המעגל האקוויולנטי של מנוע זה, מורכב מאד ולא נעסוק בו כאן.

מבחינה חשמלית, המנוע בנוי כך שנוצר בסביבות המומנט הנומינלי, שדה מגנטי מסתובב כמעט מושלם. בגלל תכונה זו, ביצועיו עולים בהרבה על אלה של מנועי ההתנעה ההתנגדותית וההתנעה הקיבולית, מלבד מומנט ההתנעה שלו, הנמוך מהם. יש תמיד לזכור שמנוע ה־P.S.C. מפתח מומנט התנעה די נמוך, אבל מספיק לתפקודו על העומס המוגדר.

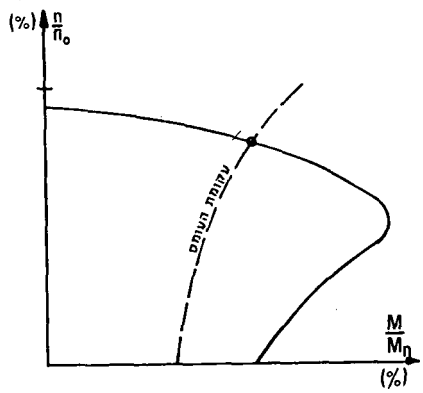
כדי לחזק את מומנט ההתנעה של מנוע ה־P.S.C., מבלי לפגום בעלות המנוע ומבלי להוריד בהרבה את המומנט המכסימלי שלו, נוהגים להשתמש ברוטורים בעלי התנגדות אוהמית גדולה יותר מהמקובל בשאר סוגי מנועי ההשראה (High Resistance Rotor) עושים זאת על ידי חתך מוקטן של מוטות וטבעות הקצר או שימוש בנתיכי אלומיניום מסוגסגים בברזל ובסיליקון.

בשרטוט מס' 7 רואים שתי עקומות מומנט־מהירות, של שני הסוגים האופיניים ב־מנועי P.S.C.

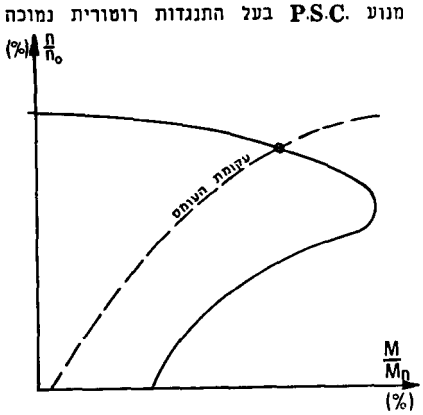
שרטוט מס' 7

עקומות מומנט־מהירות של מנועי P.S.C. אופיניים.

א. מנוע P.S.C. בעל התנגדות רוטורית גבוהה



ב. מנוע P.S.C. בעל התנגדות רוטורית נמוכה



מבחינים בין שלושה סוגי עומסים למנועי P.S.C.:

א. עומסים מכניים, בהם דרוש מומנט התנעה משמעותי. בסוג עומסים זה, ציר המנוע מחובר לעומס דרך גלגלי רצועה או תיבת ממסר. תיבת הממסר או הרצועה מהווים בנפרד, בעצמם, מומנט התנעה משמעותי. עקומת עומס כזאת נוכל לראות בשרטוט 7 א'.

ב. עומסים פרבוליים הדורשים מומנט התנעה כמעט אפסי. עומסים אלו מחוברים ישירות לציר המנוע ללא רצועה וללא תיבת ממסר.

סוגי העומסים הפרבוליים: מאיצי אוויר, משאבות סחרור נוזלים צנטריפוגלית וכד'. עקומת עומס כזאת נוכל לראות בשרטוט 7 ב'.

לעומסים הפרבוליים מעונינים תמיד להשתמש

במנוע בעל מומנט־מכסימלי, גבוה ככל האפשר והחלקה קטנה ככל האפשר.

היות והעומס הפרבולי, בדרך כלל, מוגדר מאד, נקודת העבודה נמצאת בכ־80%—70 מהמומנט המכסימלי. המומנט המכסימלי מהווה 120% — מהמומנט הנומינלי.

העומסים המכניים מוגדרים וקבועים פחות ב־השוואה לעומסים הפרבוליים. לכן: מומנט ה־התנעה והמומנט המכסימלי של המנוע חייבים להיות גדולים באופן משמעותי מהמומנטים ה־מתאימים של העומס, בדרך כלל 200% ממומנט העומס.

ג. עומסים המתחברים לציר המנוע זמן ניכר **אחרי** הפעלתו. נקל להבין שבסוג זה **אין** מומנט התנעה של העומס לדוגמא: מקדחת שולחן, המקדחה מופעלת זמן רב לפני שאנו מורידים את המקדח לתוך החומר. בסוג זה של עומסים, מקו־בלים המנועים בעלי ההתנגדות הרוטורית ה־נמוכה.

הקבלים המשמשים במנועי P.S.C.

תחום הקיבול: 40—5.0 מיקרופרד.

מתחי עבודה: ברוב סוגי המנועים בהם פזת ה־עזר מחוברת במקביל עם הפזה הראשית, המתח הנופל על הקבל בעומס הנומינלי מעט נמוך מ־400 וולט.

לכן מתח העבודה המוצהר של הקבל יהיה לפחות 400 וולט. במנועי P.S.C. המלופפים בצורה תלת פזית סימטרית, המתח המופיע על הדקי הקבל לא יעלה על 250 וולט ולכן מתח העבודה המוצ־הר של הקבל יהיה לפחות 250 וולט.

מתחי העבודה של הקבלים המסחריים המקובלים למנועי P.S.C.: 400 וולט; 250 וולט.

הקבלים הקיימים שנים רבות מכונים: קבלי נייר־שמן. רצועות אלומיניום דקות שביניהן רצו־עות נייר דקות, מגולגלות ומוכנסות לתוך שפופרת אלומיניום הממולאת בשמן. שימוש בקבלי נייר־שמן למוצרים ביתיים, גורר אחריו את המגרעות הבאות:

א. מחיר גבוה יחסית למחיר המנוע.

ב. השמן רעיל ובעל תכונה מסוכנת מאד של הצטברות בגוף ללא יכולת הפרשה.

ג. אטימות הקבל לנזילות אינה מוחלטת. השמן, בסופו של דבר, מצטבר תחת כל מוצר ביתי וה־דרך לגופנו קצרה. התקנים בכמה מדינות, אוסרים את השימוש בקבלי נייר־שמן במוצרים ביתיים.

ד. מידות פיזיות גדולות.

ה. סכנת התפוצצות והתלקחות במקרה של ניצוץ פנימי המצית את השמן.

ב־5 השנים האחרונות החלו להופיע בשוק ה־מנועים הקבלים המכונים: **METALIZED (MP) PLASTICS CAPACITORS** המיועדים למתח עבודה של 400 וולט.

קבלים אלו מיוצרים בשיטה של איוד אלומיניום על סרטי פלסטיק־דקיקים, ומגולגלים בתוך שפופרת פלסטיק.

יתרונות קבלי ה־MP למנועים של המוצרים ה־ביתיים:

א. משקל ומידות פיזיות קטנים בערך פי 5—4 מקבל שמן אקוויולנטי.

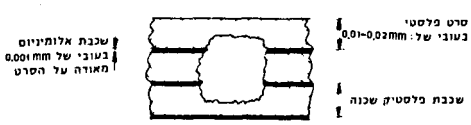
ב. מחיר נמוך יותר ממחירי קבלי השמן.

ג. אין סכנת נזילות והתפוצצות.

ד. קצרים פנימיים נדירים מאד בגלל התכונה של "ריפוי עצמי" **SELF HEALING** נסביר זאת בעזרת שרטוט מס' 8:

שרטוט מס' 8

חתך רוחב בקבל **MP**



כאשר מתהווה התחלה של פריצה בין שתי שכבות אלומיניום שכנות, דרך שכבת הפלסטיק, גורמת פריצה זו לאיוד מקומי של האלומיניום בשתי השכבות. האיוד מתאפשר תודות לעובי הזעיר (0.001 מ"מ) של האלומיניום. איוד האלומיניום גורם להעלמו וממילא לחיסול הפריצה.

בגלל היווצרותם של כתמי איוד, יורד במשך הזמן הקיבול הכללי של הקבל. ירידה כזו מקוזזת על ידי בחירה מראש של קבל מעט יותר גדול. זה חסרונו היחיד של קבל MP — בשימוש במנועים.

התכונות הבולטות של מנועי הקבל הקבוע P.S.C.

1. אם המנוע מתואם היטב למוצר, הוא יהיה הזול ביותר מכל יתר סוגי מנועי ההשראה.
2. קבל ה־PM או קבל השמן יכול להיות מוצמד למנוע או מחובר ללוח הפיקוד של המוצר.
3. מומנט ההתנעה, נמוך יחסית, 80%—30% מהמומנט המכסימלי. אין בעיות של מיתוג ב־תקופת ההתנעה.
4. זרם ההתנעה נמוך מאד, הנמוך מכל סוגי מנועי ההשראה החד והתלת פזיים המקובלים.

במנועים בעלי התנגדות רוטורית נמוכה: $2I_n$

במנועים בעלי התנגדות רוטורית גבוהה: $(1\div1.5)I_n$

תכונה זו עושה אותו למנוע אידיאלי בכל אותם

המוצרים הדורשים התנעות תכופות והפיכות כי־וון תכופות.

5. מומנט מקסימלי:

(1.2 — 1.3) x Mn בהתנגדות רוטורית גבוהה.

2 x Mn בהתנגדות רוטורית נמוכה.

6. החלקה נמוכה בהתנגדות רוטורית נמוכה.
החלקה גבוהה בהתנגדות רוטורית גבוהה.

7. רעש מגנטי נמוך מאד בעומס נומינלי. במו־צרים הרגישים לרעש, זה המנוע החד פזי הטוב ביותר. בשינויי עומס רחבים גובר הרעש המגנטי במידה ניכרת, אך המנוע מתואם שרעשו יהיה מינימלי בעומס הנומינלי המוגדר.

8. הזרם בפזת העזר יורד עם גידול העומס. והוא הנמוך ביותר בהתנעה, והגבוה ביותר בריקם. בפזה ראשית התמונה הפוכה. המנוע יכול להימצא זמן ניכר מאד בתנאי רוטור עצור מבלי להתחמם מעל הערכים המסוכנים. לכן נהוג במנועים אלו להצמיד בתוך הליפופים מפסק תרמוסטטי זעיר המפסיק את הזרם הכללי של המנוע כאשר טמ־פרטורת הליפופים מגיע ל־140°C. מפסק זה רגיש רק לטמפרטורה ולא לזרם.

9. מקדם ההספק, הטוב ביותר מכל סוגי מנועי ההשראה המקובלים, הוא — 0.80—1.0. לעתים, זרם המנוע מקדים במעט את מתח הרשת.

10. הניצלות: 0.45—0.70.

11. תחום ההספקים השימושיים: (0.01—1.5) כ"ס. ניתן בקלות להעלות את ההספק בגלל זרמי התנעה וזרמי עבודה נמוכים במיוחד. מנוע של ½ כ"ס יכול לצרוך 2.5 אמפר ובהתנעה 5 אמפר.

12. מהירויות מקובלות: 2800 ; 1400 ; 930 ; 720 ; 450 ; 300 ; 220 סל"ד.

2 ; 4 ; 6 ; 8 ; 12 ; 18 ; 24 קוטבים.

מנועים מרובי קטבים מסוג זה, נוחים מאד ואינם פרובלמטיים בייצור. מקובלים מאוד גם מנועים בעלי 2 או 3 מהירויות, המלופפים פעמיים או שלוש באותו הסטטור במספר קוטבים שונה (POLE CHANGING MOTORS).

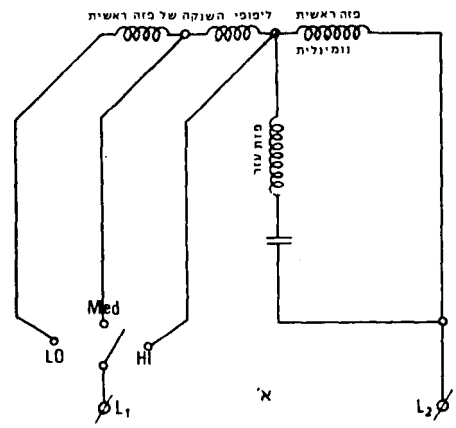
13. **וויסות מהירויות:** בעומסים בעלי עקומת עומס פרבולית נוח מאד לווסת מהירויות. העק־רון הינו: הנמכת עקומת מומנט — מהירויות, כאשר עקומת העומס קבועה. ההנמכה יכולה להתבצע בעזרת האמצעים הבאים:

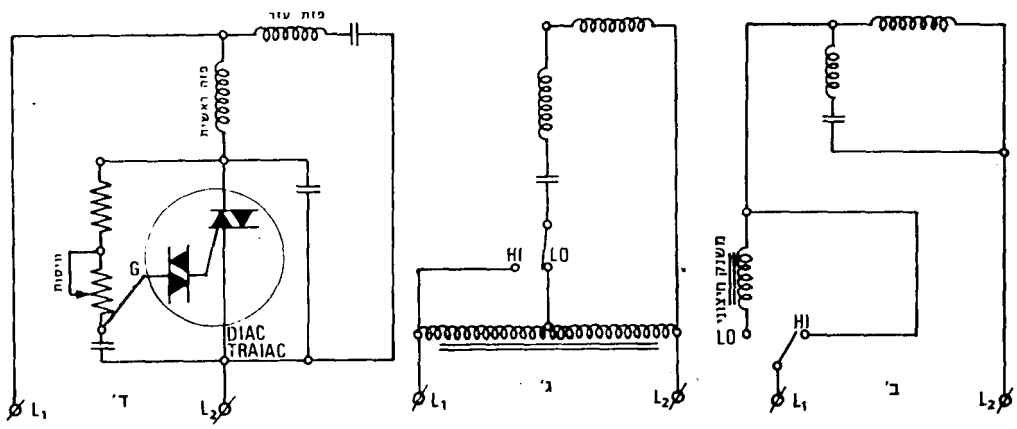
א. ליפופי השנקה (tape windings), לליפוף הנומינלי מוסיפים בטור ליפופים נוספים.

ב. חיבור משנק חיצוני.

ג. חיבור לאוטוטרנספורמר בעל מתחי יציאה שונים.

ד. חיתוך פזה בשני חצאי הגל בעזרת התקנים טירוסטוריים.





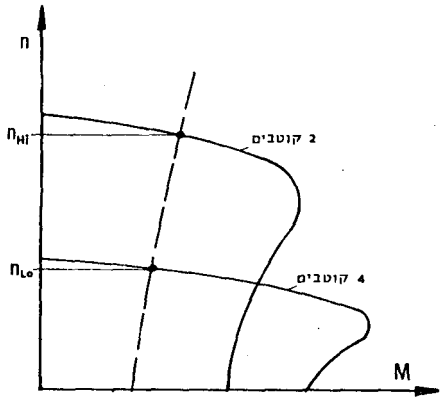
שרטוט מס' 9

4 אופני וויסות מהירויות במנועי P.S.C.

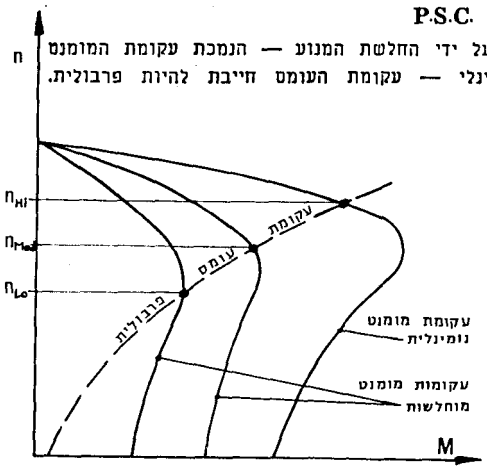
שרטוט מס׳ 10

ויסות מהירות במנועי : P.S.C.

א. על ידי שינויי מספר הקטבים. צורת עומס כלשהי.



ב. על ידי החלשת המנוע — הנמכת עקומת המומנט הנומינלי — עקומת העומס חייבת להיות פרבולית.



יש לזכור תמיד שמנועי ה־P.S.C. המיועדים ל־ויסות מהירות, הינם בעלי התנגדות רוטורית גבוהה.

אחת התכונות הבולטות במנועי P.S.C. המחוברים לעומסים פרבוליים היא יכולתם לפעול במהירויות נמוכות בהרבה מתחת לסינכרוני והרבה מתחת ל„ברך". דבר שבלתי אפשרי לחלוטין במנועי ה־התנעה ההתנגדותית והקיבולית.

ההתקן האלקטרוני לפי שרטוט מס׳ 9 ד׳ יוצר ויסות רצוף על ידי קיטוע גל הזרם של הפזה הראשית בלבד ועל ידי כך להורדת הזרם האפק־טיבי של הגל הראשוני והנמכת עקומת המומנט. אפשר לחבר את ההתקן בטור עם הזרם הכללי של המנוע, אבל אז נכנסים עיוותים משמעותיים במעגל הקיבולי של פזת העזר, וכתוצאה מכך רעשים מגנטיים חזקים ו"בורות" בעקומת המו־מנט ,מתחת ל„ברך".

15. שימושים אופייניים

ברוב המוצרים הביתיים המכילים מנוע השראה, הנטיה היא להשתמש במנוע P.S.C. רק באותם מוצרים הדורשים במפורש מומנט התנעה גבוה, אין להשתמש במנוע ב־P.S.C.

16. לא ניתן להשיג מנוע זה בשוק החופשי או בחנויות כי כפי שכבר הוסבר, מנועים אלו נבנים ומתואמים לעומסים מסוימים, מוגדרים.

ד. מנועי P.S.C. בעלי קבל עזר להתנעה

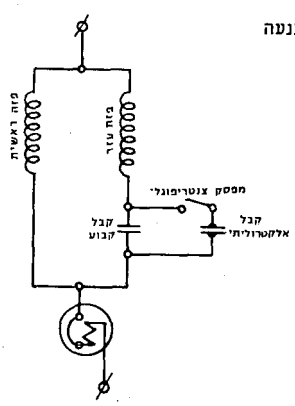
CAPACITOR START, CAPACITOR RUN MOTOR

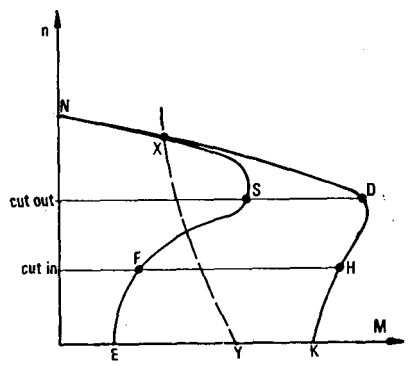
(ראה שרטוט מס׳ 11).

מנוע זה משלב בתוכו את תכונות ההתנעה של מנוע ההתנעה הקיבולית ותכונות העבודה הנו־מינלית של מנוע ה־P.S.C.

שרטוט מס׳ 11

מנוע P.S.C. בעל קבל עזר להתנעה





עקומת ההתנעה K-D-N מתקבלת כאשר הפזה הראשית ופזת העזר מחוברת בטור עם הקבל הקבוע והקבל האלקטרוליטי — המפסק הצנט־טריפוגלי מחובר. העקומה E-S-N מתקבלת כאשר הפזה הראשית מחוברת, ופזת העזר מחוברת ב־טור רק עם הקבל הקבוע, הקבל האלקטרוליטי

מנותק על ידי המפסק הצנטריפוגלי.
ההתנעה מתחילה בנקודה K וממשיכה על גבי העקומה K-D-N, עד למהירות פתיחת המפסק (Cut-out) בנקודה D. משם קופצת העקומה ל־נקודה S, שעל גבי עקומת E-S-N והמהירות מתיצבת בנקודה X. שהיא קו החיתוך בין עקומת E-S-N ועקומת העומס. בנקודת העבודה, המנוע פועל כמנוע .P.S.C

התכונות הבולטות של המנוע

1. היקר ביותר מכל סוגי מנועי ההשראה החד פזיים המקובלים למוצרים ביתיים.
2. מחוברים אליו, מבחוץ, שני הקבלים. תחום הקיבול של הקבלים:

א. לקבל הקבוע: 40—10 מיקרופרד 400 וולט מתח עבודה.

ב. לקבל האלקטרוליטי: 300—50 מיקרופרד. מתח עבודה 250 וולט.

השהית התנעה ממושכת מדי תגרום לפרוק הקבל האלקטרוליטי אך היא תגרום לשריפת פזת העזר כי פרוק הקבל גורם בו לנתק, וחוט פזת העזר עבה יחסית.

3. מומנט התנעה גבוה מאד, עד 300% מה־נומינלי.
4. זרם התנעה גבוה In (5—3).
5. מומנט מכסימלי לפזה ראשית כ־200% מה־נומינלי.
6. החלקה נמוכה מאוד ומהירות יציבה בשינויי עומס בסביבת הנומינלי.
7. רעש מגנטי חלש מאד. השדה המגנטי ה־מסתובב, בעומס נומינלי, כמעט מושלם.
8. המנוע חייב להיות מצויד במפסק יתרת עומס, המגיב על הזרם הכללי עם השהיית זמן קצרה.
9. מקדם הספק: 1.0—0.8.
10. נצילות: 0.7—0.45.
11. תחום ההספקים השימושיים: (½—1½) כ"ס).
12. מהירויות מקובלות 2800; 1400 סל"ד. לא מקובלות מהירויות יותר נמוכות.
13. אין שום אפשרות לויסות צר של מהירויות.
14. הקבל האלקטרוליטי "מזדקן".
15. **שימושים אופיניים:**

משתמשים רק באותם מקומות הדורשים מנוע אחד בהספק גבוה, זאת בגלל הזרם הנומינלי הנמוך, נצילותו הטובה, וזרמי התנעה גבוהים אך עדיין בגבולות יכולת הרשת. אין מוצאים מנועים כאלו במוצרי בית מקובלים אלא בעיקר במכונות הניזונות מפזה אחת.

16. מנועים אלו מופיעים בשוק תחת השם: "מנועים לשימושים כלליים" GENERAL PURPOSE MOTORS.

✡ תוכנית לימודים: "השתמש בחשמל בתבונה"

לאחרונה פורסמה מהדורת ניסוי של תוכנית לימודים בנושא **"השתמש בחשמל בתבונה"**. התוכנית הוכנה על ידי ביה"ס לחינוך של אוניברסיטת חיפה בהתאם להנחיות שהוכנו על ידי חברת החשמל — המחלקה לפיתוח הצריכה.

בינתים "מריצים" את התוכנית באופן נסיוני — בברכת משרד החינוך — במספר מצומצם של בתי ספר.

לאחר לימוד הלקחים הדידקטיים יש כוונה לעדכן את החוברת ולהעביר את התוכנית במספר רב של בתי ספר מתוך הנחה כי התלמידים יביאו גם לבית הוריהם את תודעת הייעול והחיסכון בחשמל. מהנדסים וחשמלאים אשר יש להם ענין בתוכנית, בהקשר להעברתה בבתי הספר בו לומדים ילדיהם, יכולים לפנות אל המחלקה לפיתוח הצריכה בחברת החשמל (ת. ד. 8810, חיפה) לקבלת מידע נוסף.

✡ חוברת הדרכה על הערכות לייעול וחיסכון במשק החשמל אצל צרכנים

המחלקה לפיתוח הצריכה הוציאה לאחרונה חוברת הכוללת הנחיות, קוי מחשבה, הסברים מקצועיים וכו', בכל מה שנוגע להערכות לייעול וחיסכון במשק החשמל אצל צרכנים. מהנדסים וחשמלאים המעוניינים בחוברת יוכלו לקבלה על ידי פניה ישירה אל המחלקה הנ"ל (ת. ד. 8810, חיפה).

התפתחות בייצור וצריכת החשמל *

למרות הקפאון שחל בצמיחה הכלכלית של המשק הישראלי מאז 1974/75, קפאון שהמשיך גם בשנת 1977/78, גדלו הייצור ומכירות החשמל מידי שנה בקצב הולך ועולה. בשנת 1977/78 ייצרו תחנות הכח במערכת התשמל כ-10.9 מיליארד קוט"ש שמהם נמכרו 9.5 מיליארד קוט"ש. שעורי הגידול לעומת אשתקד הגיעו ל־7.4% בייצור ו־6.5% במכירות. גידול גבוה במיוחד אובחן בצריכת החשמל של הסקטור המסחרי (14.4% לעומת אשתקד) — הצורך כ־16% מס"ה מכירות החשמל.

כמו כן יש לציין את הגידול הגבוה של צריכת החשמל במחוז ירושלים — 12.6% לעומת אשתקד (לעומת ממוצע ארצי של 6.5%). במחוז זה הגדיל הסקטור המסחרי והציבורי את צריכת החשמל שלו בהשוואה לשנה הקודמת בכ-35%.

שיא הביקוש השנתי שארע בחורף 1978 בשעות הערב הגיע ל־1,880 מגווטים. שעור הגידול בשיא לעומת שנה קודמת כ־10%. השיא בקיץ חל בשעות הבקר והגיע ל־1,810 מגווטים. שיעור הגידול של שיא זה לעומת שיא הקיץ אשתקד כ-12.5%.
ההשלכות של התפתחויות אלו על פיתוח משק החשמל הן בעלות משמעות רבה.

בעיות ושיקולים בפיתוח מערכת החשמל

הבעיות מתמקדות בהחרפת מצב אי הוודאות הכרוך בחיזוי התפתחות הביקוש לחשמל, באי הוודאות לגבי התפתחות משק האנרגיה בעולם המודרני, בהתמשכות התהליכים והחמרת הדרישות המוסדיות והחברתיות הכרוכות באישור הקמת תחנות כח חדשות. ניתן להבין את חומרתן הרבה של בעיות אלו, אם נביא בחשבון כי ההחלטה על הקמת תחנת כח חדשה חייבת להתקבל כ־10 שנים לפני הפעלתה.

כאמור, גם השנה נמשכת המגמה שהחלה ב־1975/76 המצביעה על גידול עיקבי ורצוף בביקוש לחשמל וזאת חרף ההתיקרות הריאלית במחירי הדלק והחשמל והקיפאון בצמיחה הכלכלית. עובדה זו שונה באופן מהותי מהצפיות שהובעו לפני שנתיים, אשר צפו האטה משמעותית בשעור הגידול בביקוש ובצריכת החשמל.

המגמה שתוארה לעיל מעלה את הצורך לבחון מחדש את תוכניות הפיתוח של מערכת החשמל, ובמיוחד פיתוח מערכת הייצור, כדי להבטיח את יכולתה לענות על הצרכים בהתיחס למגמה המסתמנת.

כמו כן יש להכין תוכניות ואמצעים שיאפשרו הפעלת תחנת כח חדשה במערכת החשמל כבר בשנת 1985. במקביל למהלכים אלו חיוני לערוך תוכניות ולהקצות אמצעים למיתון הגידול בביקוש לחשמל.

כפי שהוסבר בסקירותינו בעבר גם אם יואט בעתיד קצב הגידול של הביקוש לחשמל, הנזק שיגרם מהקדמת תחנת כח קטן לאין ערוך מהנזק שייגרם מאיחור בהפעלתה.
ראוי לציין כי הרחבת היקף השימוש באנרגיה סולרית לחימום מים במשקי הבית תרמה למיתון הגידול בצריכת החשמל של סקטור זה.
החיסכון באנרגיה חשמלית הנובע משימוש באנרגיה סולרית הוא הישג חשוב ביותר, אך יש לזכור כי לחיסכון זה גם תופעות לוואי שאינן חיוביות. שימוש באנרגיה סולרית משפיע על האצת הגידול בביקוש לאנרגיה חשמלית בשעות חורף קשות בהן בד"כ חלים שיאי הביקוש השנתיים לחשמל. על החברה יהיה להפעיל את כל האמצעים הנחוצים כדי לעודד שימוש באנרגיה סולרית ובאותה עת למנוע את השפעת השימוש בחשמל לחימום דוודי שמש בתקופת שיאי הביקוש, בה מערכת ייצור החשמל עמוסה עד קצה גבול יכולתה.

* נלקח מסקירת יו"ר הדירקטוריון של חברת החשמל, המופיעה בדו"ח השנתי (1977/78) שפורסם לאחרונה.

התוכניות לחיסכון באנרגיה שהותוו במדינות המפותחות לצימצום הביקוש לאנרגיה, ובכללה אנרגיה חשמלית, טרם התממשו. יש לציין כי ציבור הצרכנים אינו מגלה להיטות להתרגל לשינוי מהותי בדפוסי צריכת האנרגיה והקפאה ברמת החיים החומרית. כנראה שמצב זה אופייני גם לציבור הצרכנים במדינת ישראל.

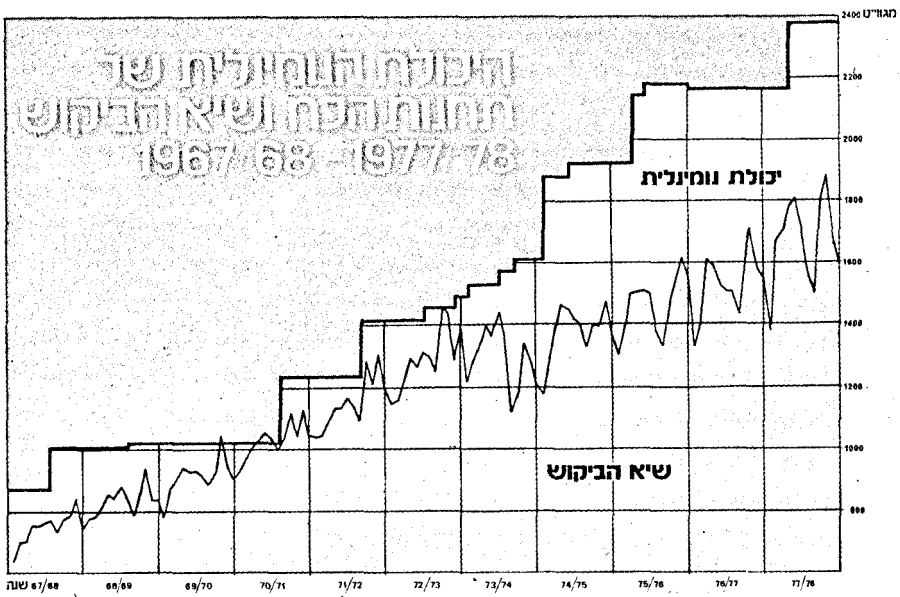
בעולם בו מקורות הנפט הגולמי, המספקים כ־50% מצרכי האנרגיה ומרוכזים בידי מספר קטן של מדינות מתפתחות המזינות חלק ניכר מצרכי האנרגיה של המדינות המפותחות, יכול תמיד להתרחש מאורע מדיני בלתי צפוי אשר ישפיע באופן מהותי על מאזן האנרגיה בעולם ועל המצב הכלכלי בעקבותיו.

כמו כן קיימות הערכות כי לקראת סוף שנות ה-80 תגרום התדלדלות מקורות הנפט הגולמי מחד, והקצב האיטי של פיתוח שימושים במקורות אנרגיה אלטרנטיביים מאידך לעליות מחירים תלולות במחירי הנפט הגולמי ולקשיים באספקת אנרגיה. הערכה רווחת היא כי המדינות המפותחות אינן נערכות בקצב הראוי והרצוי לקדם פני מצב זה.

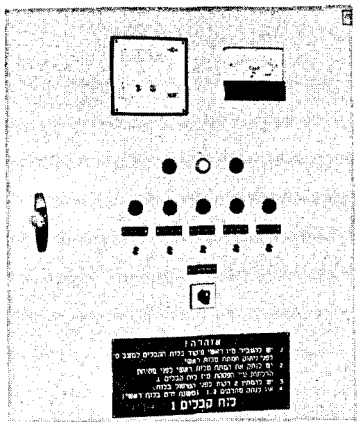
לגבי הקשיים ומשך הזמן הכרוך ברישוי ובהקמת תחנות כח חדשות בארץ ראוי לציין שתי התרחשויות בעלות חשיבות מכרעת בפיתוח משק החשמל ובגיוון מקורות האנרגיה. הראשונה קשורה בהפעלת תחנת הכח בחדרה בפחם. עד כה טרם הוכרע הויכוח הציבורי בדבר מיקום פריקת הפחם. מצב זה עשוי לעכב את אספקת הפחם לאתר התחנה, שעה שכבר הושגו הסכמים לרכישת הפחם מספקים בדרום אפריקה ואוסטרליה.

ההתרחשות השניה מתייחסת לעיכוב הקמת תחנת הכח הגרעינית בישראל. התוצאה של העיכוב בהקמת הפרוייקט היא שעד סוף שנות ה־80 לא תוכל להשתלב תחנת כח גרעינית במערכת ייצור ההשמל בארץ, עם כל המשמעות של עובדה זו מנקודת ראות של גיוון מקורות האנרגיה. מצב זה מחייב לבנות תחנות כח נוספות שתופעלנה בפחם ותשולבנה במערכת החשמל במחצית השניה של שנות ה־80. שינוי זה בפיתוח מערכת ייצור החשמל יחייב שינוע של כמויות פחם הרבה מעל מה שתוכנן קודם לכן. לפיכך, פתרון בעיות השינוע של הפחם לחדרה חייב להביא בחשבון מצב זה על כל השלכותיו.

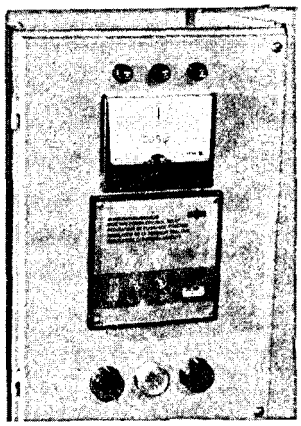
הואיל והגיוון היחיד במקורות האנרגיה למשק הישראלי בשנות ה־80 יושג כנראה רק באמצעות שימוש בפחם לייצור חשמל, פתרון בעיות השינוע נעשה בעל חשיבות מכרעת. בטווח הקצר, כדי להבטיח את הפעלתה התקינה של תחנת הכח מ.ד. (צפונית לחדרה) בפחם, ובטווח הארוך כדי למצוא פתרון הולם לשינוע כמויות גדולות יותר של פחם, הן מבחינה כלכלית והן מבחינה אקולוגית.



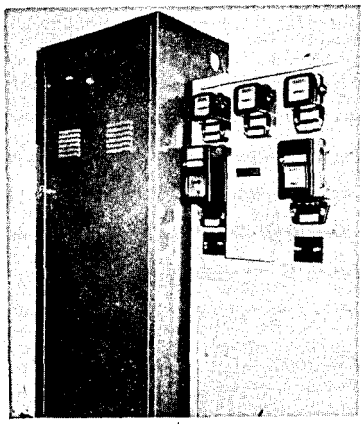
הערך המעודכן של מקדם ההספק התקני — 0.92
נכנס לתוקף בחיוב התעריפי ב־1.4.1979



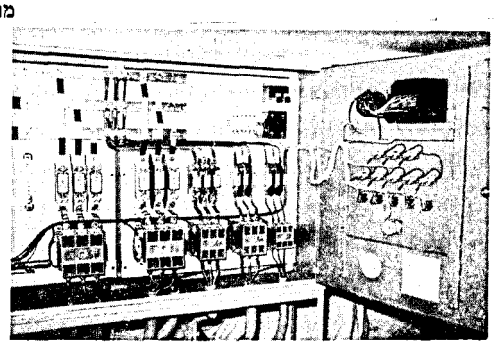
מערכת פיקוד אוטומטי



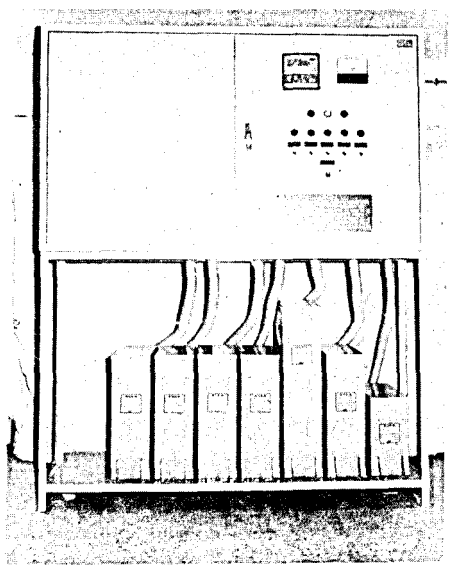
COSφ מטר"
מד מקדם ההספק הרגעי
מותקן בלוח הצרכן.



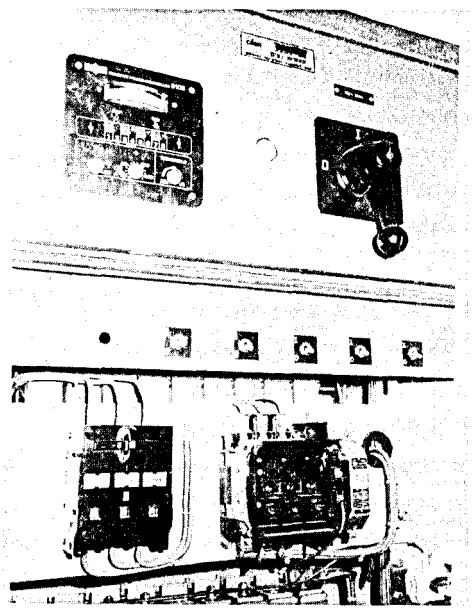
מערכת מניה תעשיתית
למטה מימין המונה הריאקטיבי



המגעונים וההגנות
על מתקן הקבלים



מערכת הקבלים בהספק כולל
של 355 קוא"ר



מערכת פיקוד אוטומטי
למתקן הקבלים

התקנת מערכת קבלים נאותה משמעותה:

* מקדם הספק משופר.
* הימנעות מתשלום קנסות בגין מקדם הספק נמוך מהתקני.