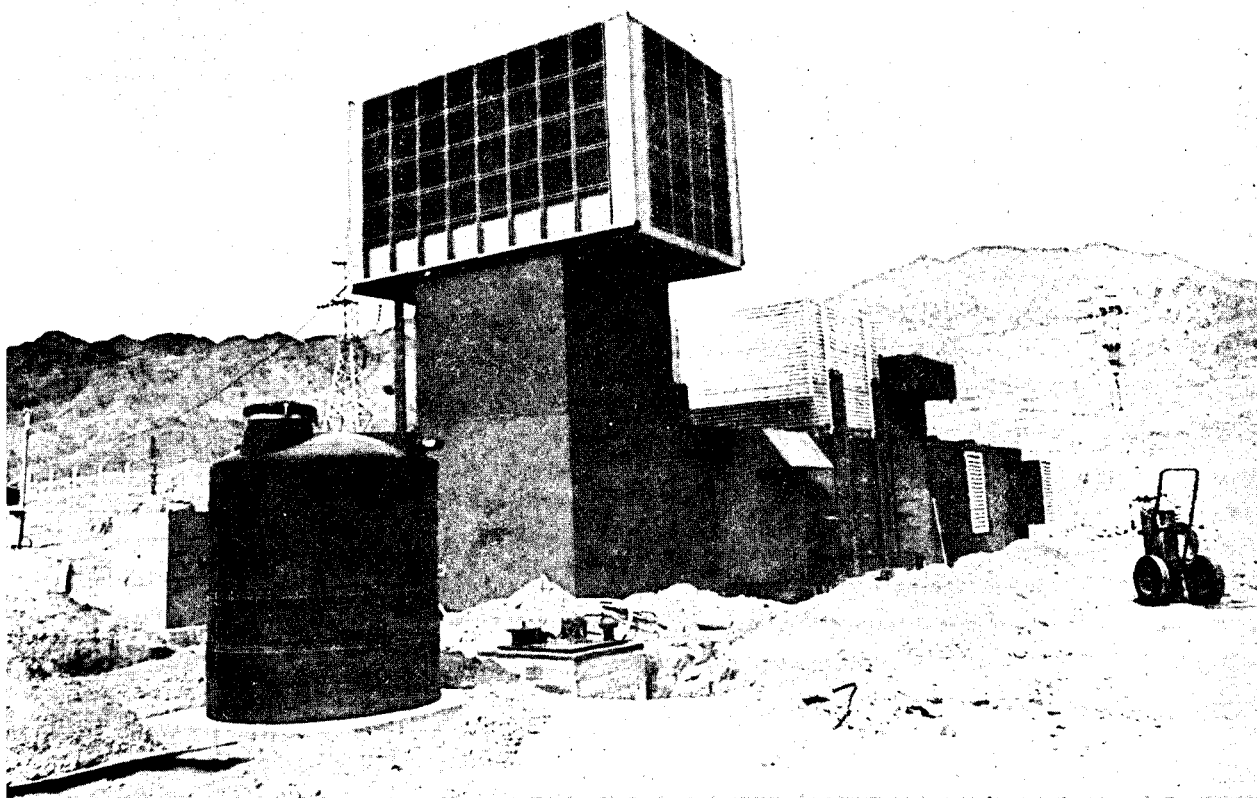
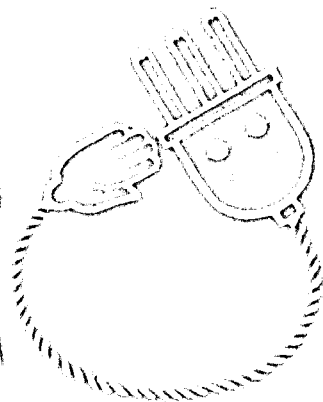


התקע המצדיע

ע ל ו ן ל ח ש מ ל א י ם

בהוצאת חברת החשמל לישראל בע"מ



אפריל 1981

מס' 25

תוכן הענינים

3	סקירת-רקע על תעריפים לפי עומס המערכת וזמן הצריכה — תעו"ז
8	שימוש בלתי חוקי בחשמל (שב"ח)
9	מה חדש בספרות המקצועית?
10	האחריות המשפטית של החשמלאי, המתכנן או המבצע של מיתקן חשמלי
15	רמות המתח במערכת החשמל הישראלית — עבר, הווה ועתיד
17	הודעה על חידוש מנוי „התקע המצדיע“
18	מנוע חשמלי בנצילות גבוהה — מקור חשוב לחסכון בצריכת אנרגיה
22	עובדי חברת החשמל בין חתני פרס נמיר לשנת 1981
	מדור מודעות — שרות פרסומי
23	קביעת ההספק של שנאי חלוקה על בסיס תצרוכת החשמל של המפעל
25	תפישה ושיטות בבקרה וניהול של העומס החשמלי
26	נשלמה הקמת טורבינת גז — באילת
27	שימוש בחומרים חדישים בכבלי מתח נמוך
31	שילוב האנרגואלקטרוניקה בייצור ובחלוקה של האנרגיה החשמלית
34	מתקין אנטנות נענש על התקנה שלא לפי התקן
35	בדיקת כבלים במתח גבוה
37	מבצע חציית הירקון עם 10 כבלים למתח גבוה
38	פעילות הועדה המרכזית ב' — לתקני חשמל
40	החלפת פתיל הזנה ותקע דורשת מומחיות
41	תאונת חשמל ולקחה
42	30 שנה למחלקת החשמל של הקיבוץ הארצי

העורך:
א. לייטנר

המערכת:
צ. אביתר, י. בלבל, מ. זיסמן,
ל. יבלונבסקי, ש. מרדיקס,
י. נוימן, ז. ספורן, נ. פלג,
ג. פרבר, ה. ציפר

מנהלה:
ש. וולפסון

תסדיר וביצוע:
מ. ציטרון

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

הדפסה:
דפוס ואופסט נורמן, חיפה.

בשער: טורבינת גז החדשה באילת (ראה עמוד 26)

סקירת-רקע על תעריפים לפי עומס המערכת וזמן הצריכה - תעו"ז

א. גולינסקי

הסקירה מתייחסת לרעיונות המונחים ביסוד החשיבה על תעריפים המשתנים על-פי זמן הצריכה.

בחו"ל נהוגים כינויים שונים לשיטות תעריפים הקשורים בזמן, כגון:

P.L.D. = Peak Load Pricing;

T.O.D. = Time Of Day;

T.O.U. = Time Of Use.

על משקל הכינוי האחרון נתקבל הכינוי „תעו"ז" בעברית, המייצג את ראשי התיבות של „תעריפים לפי עומס וזמן”.

התעריף כמכשיר ניהולי לעומת תפקידו הכלכלי-משקי

חיוב במחיר גבוה יותר עבור קוט"ש של חשמל המסופק בתקופה של מעמס גבוה במערכת האספקה ומחיר יחסי נמוך יותר עבור חשמל המסופק בזמן נים של שפל.

ייצור קוט"ש בשעות שיא עולה למשק החשמל יותר מזה המיוצר בשעות של ביקוש נמוך לחשמל. זאת בעיקר בגלל הצורך של משק החשמל לשרת את שעות השיא באמצעות יכולת מותקנת של אמצעי ייצור המנוצלים מספר קטן יחסית של שעות עבודה במשך השנה.

תעריפים על-פי זמן הצריכה אמורים להיות מושרתים על העלויות השוליות של ייצור החשמל המבוקש ע"י השוק בתקופות שונות על-פי חישובי עלות אקטואליים למשק באותן תקופות.

הקשר בין העלויות ובין התעריף והשפעתו

יצירת קשר חזק של השתקפות העלויות השוליות הריאליות בתוך חלקי התעריף תהווה תמריץ כספי לצרכן בכוון של הגבלת צריכתו בשעות של מעמס גבוה והגדלת נטייתו לצרוך בשעות שפל.

בהנחה שהתמריץ ישפיע בכוון הרצוי, תהיה התוצאה השתטחות מסויימת של עקומת העומס, שפירושה שיפור מקדם העומס של המערכת.

מקדם העומס (= הביקוש הממוצע ביחס לביקוש המירבי) מבטא את היחס בין הצריכה למעשה בתקופת זמן ובין הצריכה שהיתה נצרכת אילו נשמרה לאורך כל אותה תקופה רמת העומס הגבוהה ביותר שאירעה משך התקופה. יחס זה זה מכתוב את שיעור הניצול האפשרי של המערכת. שיפור מקדם העומס מקטין את עלות הייצור ליחידת אנרגיה בכמויות נתונות של צריכה.

כל מספק חשמל שואף לנצל את מבנה התעריפים שלו לשם השפעה על ההתנהגות של צרכניו. התמיצית הרעיונית של השפעה באמצעות תעריף היא ההסתמכות על איתותי-מחיר, הנשלחים אל הצרכן, שיש בהם כדי להמריץ את הצרכן לבחור בהתנהגות התואמת את האינטרסים של מספק החשמל. מאידך, בגלל היותו של החשמל מרכיב חיוני במשק הלאומי, קיימת רגישות גדולה בהתייחסות הציבורית למחירי החשמל ומתבקשת מערכת-על ל-קביעת עקרונות מנחים למדיניות תעריפים ולפיקוח עליהם.

בהנחה שאין ניגוד אינטרסים טבעי יסודי וארוך-טווח בין משק החשמל ובין המשק הלאומי וב-הנחה שיעילותו של משק החשמל חשובה ליעילותו של המשק הלאומי, ניתן לצפות שהעקרונות המנחים למדיניות שייקבעו ימנעו ניגודי אינטרסים משמעותיים אף לטווח הקצר.

תעריף החשמל הופך בכך להיות מכשיר ניהולי חשוב בידי האחראים לניהול משק החשמל, משום שיש בו כדי לתרום נכבדות לשיפור יעילותה הכוללת של מערכת האספקה. אף אם אין חולקין על כך שהעקרונות עליהם יושתתו תעריפי החשמל צרי-כים להשקל ולהתאשר ברמה הממלכתית, כאמור, אין בכך כדי לשחרר את הנושא באחריות ישירה לניהולו ותפעולו של משק החשמל למבנה התעריף-פים ויישומם במסגרת המדיניות והעקרונות שאושרו ע"י הגופים המוסמכים.

זמן הצריכה ועומס המערכת

תעריף לפי זמן הצריכה ועומס המערכת פירושו

א. גולינסקי — סגן מנהל האגף המסחרי, חברת החשמל.

לסווח ארוך יותר יחסוך השיפור עלויות הכרוכות בתוספת מתקני ייצור להבטחת יכולת האספקה בשאי.

מעריך יכולת הייצור והעלות השולית

הבטחת יכולת הייצור באמצעות טורבינות גז היא זולה יותר למערכת מאשר באמצעות יחידות כוח קיטוריות הפועלות על שמן הסק (מזוט) או על פחם, אם הייצור לאספקת שיא דרוש למשך תקופות קצרות לאורך השנה. טורבינות כאלה מצטיינות בהשקעה נמוכה יחסית ליחידת כושר ייצור אך הן מצטיינות גם ביעילות אנרגטית נמוכה וצורכות כמויות סטוליות גבוהות של דלק לייצור יחידת אנרגיה ודלק שעלותו גבוהה יותר.

לכן מתקיימת חברה החשמל טורבינות-גז כדי לשרת את הצרכים של שעות השיא במערכת בהסתברות שהן תפעלנה לתקופות קצרות (כמה מאות שעות בשנה).

כדי לספק ביקושים המתמסכים לאורך תקופות ארוכות במשך השנה כדאי להשקיע ביחידות ייצור המצטיינות ביעילות אנרגטית גבוהה גם אם ההשקעה היחסית ליחידת ייצור היא גבוהה יותר.

במעריך הייצור נמצאות, יחידות בעלות יעילות אנרגטית שונה. תכנון התמהיל האופטימלי של יחידות הייצור במערכת נגזר בעיקרו משיקולים של תחלופה בין מרכיבי ההון בהשקעה ליחידת ייצור ובין מרכיבי הדלק ועלותו ליחידת אנרגיה על בסיס התע"צ (Pattern) של מבנה עקומות העומס ומשך העומס של המערכת.

(תחום מגוון היעילות במערכת הייצור של חברת החשמל לישראל בע"מ — בהעדר יכולת ייצור ביחידות גרעיניות, הידרו-חשמליות ובינתיים אף לא יחידות ייצור המופעלות בפחם — הוא מצומצם יותר מן המקובל בארצות התעשיות).

הכנסת כל יחידת ייצור לפעולה בכל עת נעשית למעשה עפ"י שיקולים של יעילות אנרגטית אופטימלית. רמות ביקוש נמוכות מסופקות מתחנות יעילות וככל שרמת הביקוש עולה נכנסות לפעולה יחידות לפי סדר יורד של יעילות אנרגטית.

עקרונית, העלות השולית לייצור קוט"ש בכל רמת ביקוש על גבי עקומת העומס של המערכת שווה לעלות הייצור של הקוט"ש ביחידה האחרונה שהוכנסה לפעולה להשלמת יכולת האספקה הדרושה לאותה רמת ביקוש.

שיטות למדידת העלויות השוליות לוקחות בחשבון גם את ההסתברות הקיימת בכל מצב להוצרות חסר ביכולת האספקה ומשלבות בכך גם את העלות המחושבת למשק של העדר אספקה או "עלות אי-אספקה".

יעדי התע"צ

הציפיות הן כי לסווח-ארוך יביא יישום תע"צ לשי-

מוש יחסי קטן והולך ביחידות ייצור בעלות יעילות אנרגטית נמוכה. חלק מביקוש שיא יועבר לתקופות אחרות של שפל או של מעמסי ביניים.

תע"צ, אם ייושם בהצלחה, יתבטא גם בחלוקה יותר צודקת של כיוו העלויות ה"אמיתיות" לייצור החשמל, מאחר והכוונה היא שכל צרכן יחוייב לשלם את המחיר הנכון והתואם את העלות השרו לית, בזמן צריכתו. כמו כן, אם אמנם יקויים קשר טוב, נכון ואמיתי בין העלות המעשית הריאלית ובין המחירים שהצרכנים ישלמו עבור צריכתם בתקופות השונות של היממה, השבוע, העונה והשנה, יתפתח מצב לפיו יימכר החשמל רק לצרכנים שכדאי להם לשלם את המחיר האמיתי למשק ולחברה (וזה מצב רצוי מנקודת ראות כלכלית כלל לאומית).

את האמור עד לכאן נסכם בכך שלתע"צ שושה יעדים כלכליים-חברתיים עיקריים:

א. שיפור היעילות של משק החשמל במונחים של הקטנת תשומות-כספיות ואנרגטיות — ליחידות אנרגיה מופקות;

ב. תרומה לשיפור "הצדק התעריפי" בין צרכני החשמל;

ג. קירוב המשק להקצאה אופטימלית יותר של משאבי האנרגיה שלו.

חששות וטיעוני נגד

נגד כל האמור, מועלים חששות וטיעונים רבים, המנומקים בטעמים עקרוניים ו/או בטעמים של קשיים יישומיים מעשיים. ננסה לתמצת כאן מספר חששות וטיעוני נגד בלטים:

הקצאה שרירותית

כל הקצאה של עלויות הנגרמות בשותפות היא בעצם שרירותית והיומרה להציג את העלויות "האמיתיות" מופרכת מיסודה. דבר זה נכון גם לגבי מה שמכונה "הקצאה מלאה" בשיטות הקונבנציונליות של עיצוב תעריפים, אולם אלו אינן מתיימרות להציג עלויות אמיתיות ברמת הצרכנים הבודדים והן עוסקות בהקצאה קבוצתית מקורבת בלבד.

הטענה היא שהמספרים התיאורטיים שמשמשים בהם לקביעת העלויות השוליות — אף אם ניתן היה ליישם אותם בדיוק עפ"י התיאוריה — הם בשום פנים לא מבוססים והגיוניים במידה שהיתה מתחייבת מעצם ההגיון של השתתת תעריפים על עלות שולית כדי לקשור את המחיר עם העלות המעשית האמיתית.

חלק מן המעלים טענה זו מוסיפים כי חישוב "עלויות שוליות לסווח-ארוך" (L.R.M.C) אינו יותר מאשר אומדן בלבד. מעקבים השוואתיים

שנעשו לגבי שיטה זו מצביעים על תוצאות עגומות של החטאה ואי-דיוק.

הבעיות הקשות הכרוכות בהשגת הנתונים וביישום החיובים לפי הישוב של „עלויות שוליות לטווח-קצר“ (S.R.M.C.) אד משלימות את הטענה.

נתונים קלושים ובלתי מדויקים

הנתונים העיקריים הדרושים לצורך יישום אינטלי-גנטי של תעו"ז על בסיס של עלויות שוליות אינם בנמצא למעשה במערכים האדמיניסטרטיביים של חברות החשמל. המספרים הם קלושים מפותלים ומסובכים — הן מבחינת התפיסה העקרונית והן מבחינת המדידות המעשית שלהם.

(אחד השוללים השתמש, לשם הגדרה, בביטוי „קליידוסקופיים“, לאמור: שהמספרים משתנים בהתמדה ובמהירות רבה כאשר תנאי הייצור משתנים).

לשם הדגשת הטענה מציינים את העובדה שנוצרה תחרות בין שיטות שונות של אלגוריתמים, מטריצות וסכימות לקביעת העלויות השוליות וכל אחת מהן טוענת שהיא המכשיר האמיתי והנכון ליישום תעריפי.

סטיות שתפגומנה בעקרון הרצינות

כל החשיבות ביישום עלויות שוליות כשיטה תערי-פית תלויה בהנחה יסודית לפיה כל מרכיבי המשק פועלים ומחליטים על בסיס רציונלי של כדאיות כלכלית, בתנאים ובמחירים ריאליים וחופשיים.

סטיות מבונות מראש (Built-in), העולות לנבוע מטעמים שונים, שאינם כלכליים גרידא, כגון בעידן של צורך בחסכון למניעת תלות פוליטית, או הת-חיוביות להשקעות קודמות שנעשו במשק על בסיס שקולי אופטימום שנתבדו וכיו"ב, יפגמו קשות באפקטיביות ובחשיבות היישום.

חוסר יציבות כלכלית וגורמי אי-ודאות

החששות והמכשולים שהועלו עד כאן מקבלים מי-מד של קושי מיוחד בעידן חוסר יציבות כלכלית בו מתעצמים גורמי אי-ודאות.

יעילות פעולת המשק בהפעלה חלקית של תעו"ז

ייצור ואיסוף הנתונים הדרושים, כרוכים בהוצאות פרוהיביטיביות למניה והוצאות אדמיניסטרטיביות אחרות, לפיכך כל עוד לא תהיה פריצה טכנולוגית שתאפשר שימוש בתעריפים גזורי עלות שולית גם לרמות של צרכנות ביתית וצרכנות מסחרית קטנה, בהכרח יוגבל היישום לצרכנות גדולה בלבד ואז מתעוררות שאלות רבות לגבי יעילות פעולתו של משק אספקה המושתת על קשר בין מחיר ועלות שולית באופן חלקי בלבד.

גם בהקשר זה מועלה החשש מסטיות כאמור והי-חשש שקבוצות לחץ העלולות להפגע עם יישום התעו"ז יפעילו השפעתן הפוליטית שתמנע יישום מלא.

עלול אף להוצר מצב שהצרכנים שצריכים להנות מתעו"ז יקבלו את שלהם אך אלה שצריכים להיזק יגרמו להטלת „הנזק“ על כלל המערכת, או על קבוצה זו או אחרת.

אי-קיום תנאים ליעילות כלכלית

השגת יעילות כלכלית באמצעות תעו"ז המבוססים על עלויות שוליות מלווה בדרישה שהמחירים שייקבעו יקיימו בו זמנית 2 תנאים:

א. שבמחיר שנקבע לכל יחידות התפוקה (באותו זמן) תהיינה עלויות משתנות שוות למחיר שנקבע או קטנות ממנו וכן:

ב. שהכמות המיוצרת והנמכרת באותו מחיר, תהיה שווה לכמות שהצרכנים היו קונים מרצונם החופשי באותו מחיר (ובאותו זמן).

דרישה זו נתקלת בקשיים רבים, אולם הגשמתה נפגמת במיוחד במקרה של מדידה במקבץ זמן ולא מדידה שעתית. במדידה כזאת הזמן איננו „אותו זמן“, וה„עלות השולית“ המיוחסת לכל מקבץ היא, במקרה הטוב ביותר, רק עלות שולית „ממוצעת“ ולא עלות שולית „אמיתית“.

סיבות יחודיות לזהירות אצלנו

כל החששות והטענות ראויים לעיון ובחינה אצלנו, אך אולי כדאי להזכיר מספר גורמים יחודיים למשק שלנו, המחייבים אותנו לזהירות מיוחדת.

מבנה עקומת העומס שלנו המצטיינת בתקופות שיא בעלות אפיונים שונים לעומת קיומם של שיאי מערכת מאפיינים היטב בחו"ל.

לעובדה זו השפעה על התועלת מהפעלת תעו"ז, שכן הקטנת שיא אופייני לתקופה מסויימת אינה מבטיחה אי-הופעת שעת שיא אחרת עם אפייני צרכנות אחרים, במשך השנה.

קיום מקדם עומס גבוה יחסית במערכת האספקה שלנו, מגביל את פוטנציאל השיפור.

העדר יחידות ייצור גרעיניות והידר-חשמליות, מצמצם אף הוא את פוטנציאל התועלת. תחום מגוון היעילויות האנרגטיות במערך הייצור עתיד להתרחב במידה מסויימת עם כניסת יחידות הייצור על פחם, אולם יכולת היחידות הראשונות שתופעל-נה במ"ד, „תאכל“ כמעט כולה ע"י העומס הבסיסי — ה Base Load הקיים, כך שתחום מגוון היע-לויות ברמה השולית יישאר מצומצם לזמן די ארוך. גם הקושי המיוחד, שהוזכר בהקשר לעידן חוסר היציבות הכלכלית, הוא בעל משמעות מיוחדת במשק אינפלציוני כשלנו.

למרות הקשיים גוברת הנטיה לתעו"ז

ואף-על-פי-כן, למרות ההכרה בקיומם של קשיים רבים — אלה האמורים וכיוצא באלה אחרים — גוברת הנטיה בעולם להתיחס בחיוב ליישום תעו"ז בשלבים מודרניים.

הסיבות לנטיה זו נעוצות בעובדות ובשיקולים דלקמן:

הצורך „לעשות משהו“

הלחץ הגובר „לעשות משהו“ להקלת משבר מחירי האנרגיה, מחייב אינסטיטיטיקציה של הפעילות בתחום ניהול עומס.

שחיקת נשקל מרכיב הביקוש

התעצמות מרכיב הדלק בעלות האספקה שחק את משקלם היחסי של המרכיבים שהוו מקור טבעי ליצירת מכשירים להכוונת הצרכנים לניהול עומס בשיטות התעריפים הקונבנציונליים.

חשש מהזדקקות לניהול עומס

אובליגטורי

החשש מהזדקקות לאמצעים של ניהול עומס אובלי-גטורי, באמצעים אדמיניסטרטיביים — חוקיים, ש-נבילו או יאסרו צריכה בשעות שיא.

תקוה לפריצה טכנולוגית תוך כדי יישום

התקוה שמתוך העיסוק המעשי ביישום תעו"ז, אף אם הוא מוגבל למספר קטן של צרכנים, יעודד ויקרב השגת פריצה טכנולוגית בתחום המניה, המדידה והאמצעים הנוספים הכרוכים בניהול עומס.

מבחן עלות תועלת נשמר

הציפיה שגם אם לא יושגו מלוא היעדים המוצהרים של עשיית צדק תעריפי בין הצרכנים, ושל הקצאה אופטימלית של משאבי האנרגיה במשק, הרי בסופו של דבר אם תושג התייעלות כלשהי — אף אם תהיה חלקית בלבד — יפיק מכך תועלת משק החשמל לטובת כל צרכניו ועל כל פנים לא יגרם נזק חמור.

התיחסות זהירה ומבחני יישום

בכל מקרה ההתיחסות ליישום תעו"ז נעשית בזהירות רבה, תוך נקיטת אמצעים שנועדו למתן את המעבר ולהקחות „פינות חדות“ מדי.

במקומות שונים בהם הוחל בהנהגת תעו"ז הוצבו מבחנים שונים כתנאי מוקדם, אולם תנאי אחד לפחות מוצב בכל מקרה מראש, שיישום תעו"ז לגבי קבוצה מסויימת, הלכה למעשה, יעמוד במבחן, לכאורה, של עלות/תועלת לגבי אותה קבוצה.

במקרים מסויימים „מתקנים“ את החישובים התי-אורטיים ומתאימים אותם מראש באופן שיבטיחו תוצאה חיובית למבחן עלות/תועלת ובכך מוותרים במידה מסויימת על הדיוק המוחלט, על דרישות „הצדק התעריפי“ וכו' בתקוה שאלה יתוקנו בעתיד.

הבחירה הראשונה — צרכנות גדולה

אף-על-פי שבעולם הצטבר נסיון רב יותר של החלת תעריפים הקשורים בזמן לגבי צרכנות קטנה (כדוגמת ה- „White meter“ באנגליה) הרי כיום הנטיה הטבעית היא להתחיל ביישום על הצרכנות הגדולה והשיקולים הם:

מודעות טובה למאפייני הצריכה

לצרכנים גדולים יש מודעות די טובה, בדרך כלל, למאפייני הצריכה שלהם והם אמורים לבחון אם אפשר וכדאי לשנות את הרגלי צריכתם, לקבוע שינויים בתהליכי ייצור קיימים ולהחליט על מדי-ניות השקעות להרחבת מתקני ייצור.

עלות יישום יחסית נמוכה

עלות יחסית נמוכה של אמצעי המניה והציוד האחר הדרושים ליישום תעו"ז אצל צרכנים גדולים, לעומת פוטנציאל השינוי.

שילוב הסדרים לניהול עומס

פוטנציאל התועלת לגבי צרכנות גדולה מתרחב בגלל האפשרות לשילוב תעו"ז בהסדרים להורדת עומס (Interruption Load)

תאור כללי

עומס ביקוש החשמל משתנה משעות השפל בלילה ועד לשעות השיא ביום וכן בהתאם לעונות השנה. עלות ייצור החשמל משתנה אף היא בהתאם לעומס. ייצור החשמל זול יותר בשעות השפל ויקר ביותר בשעות השיא הציור מתאר את מהלך עלות ייצור החשמל בהתאם למחזור העומס היומי, השבועי והעונתי-שנתי.

תעריף חשמל לפי עומס הינו שימוש ישיר בעיקרון ההקצאה היוניברסלי — „מחיר עלות“ — קביעת המחיר לפי העלות השולית. שיטה זו מחייבת מדי-דת צריכת החשמל לפי שעות עומס. הצריכה בכל שעת עומס תימדד בנפרד במונים שיותקנו לצורך זה.

נסיון עולמי

תעריף חשמל לפי עומס הונהג לראשונה בצרפת ב-1954. תעריף זה הביא לשינויים בהרגלי צריכת החשמל. חל מעבר בצריכת אנרגיה חשמלית משעות השיא לשעות השפל בביקוש. הופחתו כ-2000 מגווי"ט מרמת שיא הביקוש (= כמודת ביקוש השיא ביש-ראל) ונחסכו מאות מיליוני דולר לשנה.

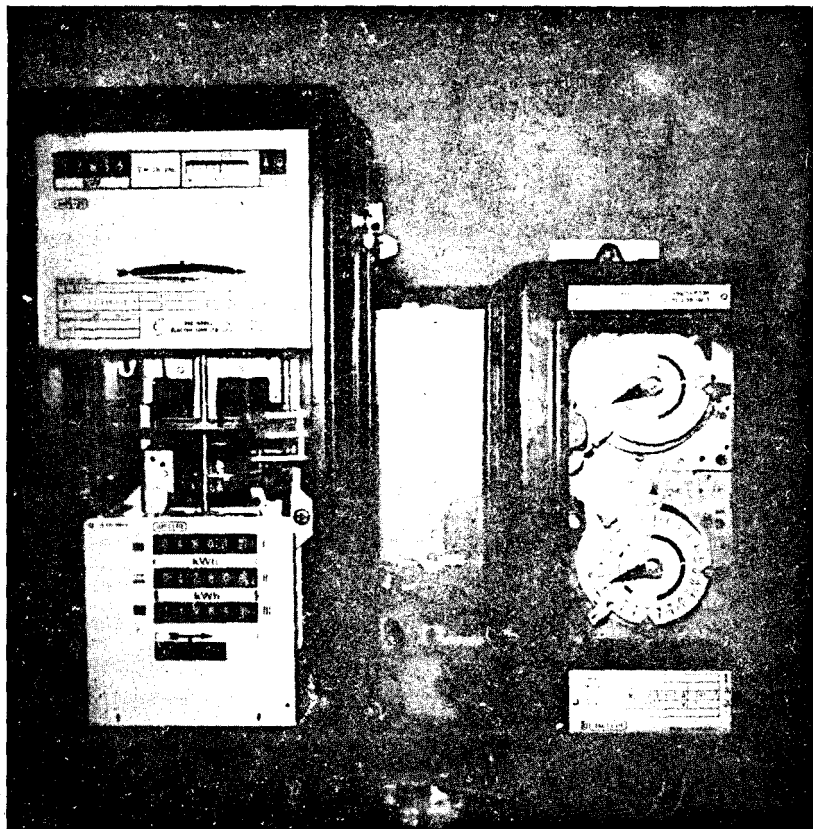
להתחייב להפסיק או להפחית את צריכתם, לתקור-
פות קצרות, בזמנים של קשיים במערכת האספקה,
תמורת הטבות כספיות על-פי הסדר תעריפי.

מאידך, מערכת האספקה עשויה להפיק תועלת רבה
מהסדרים כאלה באשר העומסים הניתנים פוטנ-
ציאלית להורדה מאפשרים חסכון בהשקעות על-ידי
הקטנה ברזרבות של היכולת הדרושה למערכת
האספקה ו/או על-ידי שיפור אמינותה של המערכת.

אחד הקשיים ליישום נרחב של הסדרים מעין אלה
נעוץ בהעדר מעשי של כלים נאותים לתקשורת
תפעולית ופיקוח להבטחת אמינות יישומם של
ההסדרים ובהעדר כדאיות כלכלית להתקנת מכשי-
רים מתאימים למטרה זו בלבד.

שילוב המטרות מגדיל את ערך התועלת שתושג
לעומת ערך העלות הכרוכה בהתקנת מכשירים
מתאימים. על-ידי כך משתפר פוטנציאל התועלת
לגבי צרכנות גדולה.

דוגמא של שעון מיתוג ומונח תלת-צגי המשמשים בתע"ז.



תהליכים דומים ארעו במדינות נוספות שאמצו את שיטת תעריף חשמל לפי עומס, כגון: אנגליה, גרמניה, שבדיה, נורבגיה, פינלנד, טוניסיה ועוד. בר"ב, בעלת המבנה הנוקשה של ועדי פיקוח על תעריפי חברות החשמל, חקקו השלטונות חוק המייב את כל חברות החשמל לפתח תעריפים לפי שעות עומס.

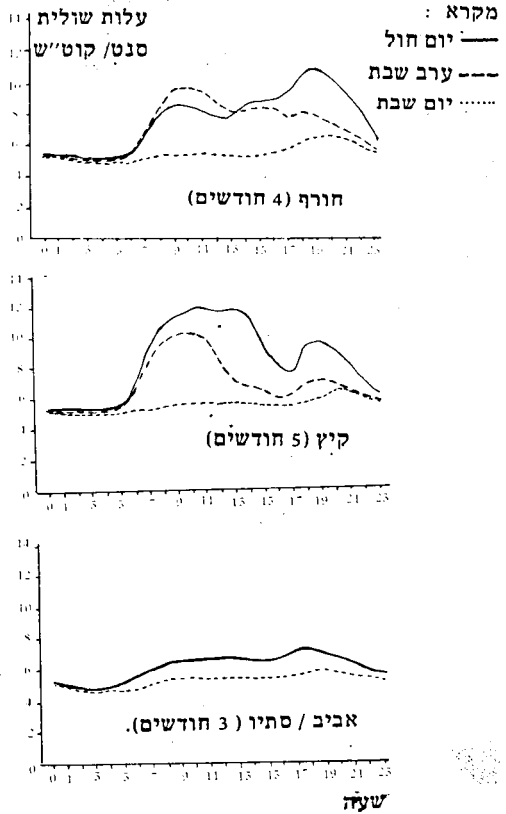
חשיבות

מחיר לפי עומס, כמחיר עלות שולית, מחזיר לתעריף החשמל את תפקידו הטבעי כמכשיר להקצאה יעילה של שימושי החשמל. התעריף מעביר לצרכן (כולל הצרכן היצרנית/עשיתי) את האינפורמציה הנכונה והמדויקת לגבי עלות יצור החשמל למשק, ומוביל להגדלת השימוש בחשמל זול בשעות השפל והקטנת הביקושים בשעות שיא.

המחיר לפי עומס אינו מונע את הצריכה בשעות השיא בשימושים שתועלתם גבוהה יותר מן העלות למשק בשעות שיא. המחיר לפי עומס מדויק ואינו מפריז בהערכת העלות השולית בשעות השיא. בידוי הצרכן נותר החופש המלא לאופטימיזציה של מתכנת שימושו בחשמל, לאחר שקיבל את האינפורמציה הנכונה על עלויות השימוש בלבד.

עיקרון המחיר לפי עומס כ"מחיר עלות", הוא הבסיס האובייקטיבי והטבעי למחיר החשמל. ישנה חשיבות מרובה להעמדת תעריף החשמל על בסיס עקרוני, פשוט, מוצדק, אובייקטיבי ואיתן. אפשרות ניהול מדיניות תעריפים אחראית בתוך מגוון האינטרסים והכוחות הפועלים; יכולת שמירת התעריף מהשתבשות; כל אלה מותנים במידה רבה בביוסוסו העקרוני והאובייקטיבי של התעריף.

עלות יצור החשמל בהתאם למחזורי העומס



בתחילת שנת 1980 הוקם צוות משותף למשרד האנרגיה ולחברת החשמל עליו הוטל לבחון את האפשרויות ולהמליץ על דרכים להנהגת תעריף בישראל. הצוות גיבש המלצות שבמרכזן הגישה שיש ליישם בשלב ראשון את התעריף על הצרכנות הגדולה. דהיינו — צרכנים שהמדידה אצלם היא בצד המתח העליון או המתח הגבוה. המדובר בכמה מאות צרכנים פוטנציאליים שמשקלם הסגולי מבחינת הביקוש והצריכה הוא בסדר גודל של 25% מכלל המערכת.

✧ חברת החשמל נערכת לקראת תחילת הפעלת התעריף כבר בחודשים הקרובים לצורכי מעקב ולימוד.

✧ בשלב ראשון יופעל התעריף אצל 30—40 צרכנים גדולים, שנבחרו תוך התייחסות לאפיוני הצריכה כגון: גודל הצריכה, שיאי הביקוש ומקדם העומס.

התעריף שייקבע בהתאם לעלויות השוליות הריאליות של חברת החשמל, יתבסס על שלוש קבוצות מחירים ביממה בהתאם לשעות ההפעלה (בעונות המעבר ובימי סוף השבוע יהיו רק שתי קבוצות מחירים ביממה): שעות פסגה, שעות גבע ושעות שפל — תוך התייחסות לעומס המערכת וזמן הצריכה; שעות הקבוצות והמחירים ישתנו בכל עונה.

✧ יש להדגיש שהתעריף יחיל מרכיב תשלום נפרד עבור שיאי הביקוש של הצרכן.

✧ למטרת מדידת הצריכה במסגרת התעריף החדש הוזמן ציוד מדידה מתאים והתקנתו אצל הצרכנים שנבחרו לתואם לקראת הפעלת התעריף.

שימוש בלתי חוקי בחשמל (שב"ח)



א. ונגרקו, כלכלן

אחת מתופעות הלואי של אספקת חשמל לצרכנים, היא התופעה של שימוש בלתי חוקי בחשמל (להלן — שב"ח) השימוש הבלתי חוקי בחשמל מוגדר כשימוש בחשמל בדרך הנוגדת את הכללים לאספקת חשמל לצרכנים.

שימוש בלתי חוקי זה, מופיע בצורות ואופנים שונים, אולם מהותית כל סוגי השב"ח מהווים פעולה פלילית וברוב המקרים משמעות הדבר היא שימוש בחשמל ללא תמורה כספית נאותה עבורו.

בשנים האחרונות אנו עדים לגידול מדאיג בתופעות שב"ח בארץ ובעולם בכלל, הסיבות לעליה בממדי השב"ח הן שונות, אולם אין ספק כי האמרת מחירי החשמל מחד, והקלות היחסית בביצוע עבירות השב"ח מאידך הן בין הגורמים העיקריים אולי, בתרומתם לעליה בממדי התופעה.

השימוש הבלתי חוקי בחשמל מביא לא רק נזק לחברת החשמל אלא גורם בדרך כלל נזק הן לצרכני חשמל נוספים שאינם קשורים ישירות לעבירת השב"ח והן למשק המדינה בכלל. סיבות אלה מחייבות את חברת החשמל להערך בצורה נאותה ולנקוט באמצעים מתאימים לגילוי עבירות השב"ח ולטפל בהן באופן נמרץ ויסודי לשם ביעור תופעה מדאיגה זו.

הגדרת סוגי השב"ח

שב"ח דרך המונה

שב"ח זה מספר צורות:

* שב"ח ללא סילוף כמות הצריכה: שימוש בלתי חוקי דרך מונה תקין של החברה, המראה את מלוא הצריכה.

דוגמה שכיחה לסוג שב"ח זה היא חיבור מחדש של מונה שהחברה הפסיקה, ללא ידיעתה ואי-שורה של החברה.

* שב"ח הכרוך באירישום, או רישום לא נכון של הצריכה: שימוש בחשמל דרך מונה אשר נעשו בו בזדון שינויים, שבעטיים אין המונה מראה את מלוא הצריכה, בין על ידי פגיעה במונה בין על ידי סידורים אחרים, הגורמים לשיבוש קבוע או ארעי של פעולת המונה.

* שב"ח הכרוך במדידה לא נכונה של הביקוש המירבי על ידי פגיעה במד-שיא הביקוש או סידורים אחרים לשיבוש פעולתו.

* שב"ח הנובע מפגיעה במגביל הזמן, או מסידורים אחרים הגורמים לכך שהזרם לא יופסק בשעות האסורות.

שב"ח שלא דרך המונה

שימוש בחשמל על ידי חיבור המיתקן במישרין לקו החיבור או לרשת, בין על ידי "עקיפת" המונה, בין ללא מונה כלל.

שב"ח תעריפי

שימוש בחשמל בתעריף בלתי מתאים, (שב"ח מסוג זה הוא שכיח כאשר צרכן משנה ללא ידיעת החברה את אופי מקום הצרכנות, כגון פתיחת משרד במקום דירה), או חיבור מעגל של סוג צריכה שחל עליו תעריף מסויים למונה של סוג צריכה יותר זול.

שב"ח יחידות

עוריס בלתי מאושר (עב"מ): סילוף נתיכים של החברה לשם הגדלת יכולת החיבור מעל לזו שהחבר רה אישרה.

שב"ח בין צרכנים

נטילת חשמל מצרכן אחר, ללא אישור החברה.

היבטים השונים של שב"ח

לשימוש הבלתי חוקי בחשמל מספר היבטים:

כלכלי

הנזק הכספי שנגרם לחברת החשמל בעטיו של השב"ח נובע מההוצאות הבאות:

* אספקת חשמל ללא קבלת תמורה כספית מתאימה.

* הוצאות בגין הגילוי והאימות של השב"ח.

* הוצאות הנגרמות עקב הטיפול בצרכני השב"ח אחרי גילוי.

* הוצאות עקב פעילות במקום האירוע.

* טיפול משרדי ומשפטי.

* נזק חומרי לרכוש החברה.

עברייני השב"ח הוא שחייב לכסות את כל ההוצאות ו

א. ונגרקו — מרכז ארצי בנושא שב"ח, האגף המסחרי, חברת החשמל.

פלילי

מעצם מהותו מהווה השב"ח פעולה פלילית שמש-
מעוטה נטילת חשמל שלא כדין ובמילה פשוטה —
גניבה.

אמנם להיבט זה גוונים שונים מבחינת חומרת ה-
עבירה וחראיות הדרושות להוכחת עבירה זו, אולם
לא מבחינת מהותיות.

עבירות שב"ח חמורות נמסרות בדרך כלל לטיפול
משטרתי המהווה טיפול מקביל לטיפול של חברת
החשמל במישור האזרחי לצורך ביעור הנגע וקבלת
התמורה הכספית המגיעה לה מהצרכן.

ציבורי

חברת החשמל היא חברה לשרות ציבורי המופקדת
על נכס יקר וחיוני למדינה. בתוקף מעמדה זה אמר
רה החברה לדאוג שמשאבי הציבור, בכל מה שנוגע
למשק החשמל, לא יופנו לאפיקים בלתי חוקיים,
מה גם ששימוש בחשמל בדרך הנוגדת את הכללים
לאספקת חשמל לצרכנים עלול להפוך את מתקן
החשמל לסיכון בטיחותי בדרגה גבוהה ביותר הן
למשתמשים בו והן לאלה הנמצאים בסביבתו.

סיכום

ההיבטים שהוזכרו לעיל בנוסף לצורך למנוע עד כמה
שאפשר עבירות שב"ח מחזקים את הדעה שיש לח-
תור לגילוי מהיר של עבירות שב"ח ולטפל בהן
טיפול יסודי אם במישור האזרחי ואם במישור
הפלילי בכדי להקטין עד כמה שהדבר ניתן, תופעה
זו — ולקבל מהצרכן את ההחזר הכספי תמורת
הצריכה וההוצאות האחרות שנגרמו לחברת החשמל
בגין השב"ח, וכן לדאוג לכך שהצרכן יקיים את כל
הנדרש ממנו בשטח המסחרי והטכני כפי שמעוגן
בחוק ובכללים לאספקת חשמל לצרכנים — למען
רווחתו ובטיחותו של הצרכן וטובת החברה.

ציבור החשמלאים ברמות השונות, המופקד על מת-
קני החשמל במשק במה שנוגע לתכנון המתקנים,
לביצועם, לתפעולם ולתחזוקתם הנאותים חייב
לדעת להקפיד גם על האספקט של שימוש חוקי
בחשמל בהתאם לכללי המקצועי התקנות והכללים.
יש לצפות להעמקת המודעות של ציבור החשמלאים
לקיום גנע זה בקרבנו וכל חשמלאי בעל תודעה של
אחריות מקצועית ואזרחית מצווה לשימת לב מיד-
חדת למקרים של תופעות שב"ח בכדי שיטופלו
בהקדם ע"י חברת החשמל ויבואו על תיקונם.

מה חדש בספרות מקצועית

תחיקה ותיכנון מיתקני חשמל / אינג' א.ג. איציקוביץ

הספר מיועד לסטודנטים ולתלמידים בבתי ספר מקצועיים במגמת חשמל, הלומדים את נושא מיתקני חשמל
וכן עוסקים בתכנון וביצוע מתקני חשמל זכך לעוסקים בפיקוח על המתקנים בתפעולם ובתחזוקתם

הספר כולל פרקים על פיתוח מערכת החשמל, תחנות כח, מסירת אנרגיה חשמלית וחלוקתה, כללים
לאספקת חשמל לצרכנים, אספקת חשמל מגנרטורים לשעת חרום וכו'.

על המחבר

אינג' א. ג. איציקוביץ עובד בחברת החשמל ומרצה בביה"ס הארצי להנדסאים על יד הטכניון.

ניתן לרכוש את הספר

בחנות הספרים של אגודת הסטודנטים של ביה"ס להנדסאים ליד הטכניון או על ידי פניה בדואר: חיפה, קריית
הטכניון, ביה"ס להנדסאים ת.ד. 4459 טלפון: 04-229111.

האחריות המשפטית של החשנולאי, המתכנן או המבצע של מיתקן חשמלי

עו"ד ז. אפיק



החשמל כדבר מסוכן

באנגליה היה מקובל מכבר בשנים כי חשמל הוא דבר מסוכן, וכתוצאה מכך קיימת חובה מוגברת על אלה המופקדים על הנושא - ובמקרה נשוא הדיון חשמלאי, המתכנן או המבצע של מיתקן חשמלי - לנהוג בזהירות ולמנוע נזקים כתוצאה מטיפול לא נכון במיתקן חשמלי. אחריות זו דומה לאחריות הקיימת לגבי גז, חומרי תבעירה וחומרי נפט, אשר גם הם נחשבים כמסוכנים - ומחייבים טיפול זהיר במיוחד ואמצעי בטיחות מוגברים (4) גם בישראל הלכו בתי המשפט בעקבות ההלכות האנגליות בקובעם כי להבדיל מגורמים המסכנים חיי אדם כאשר משתמשים בהם באופן רשלני, קיימים דברים המסוכנים לכשעצמם המהווים סכנה גם אם נוקטים כאמצעי זהירות מעולים ביותר בעת השימוש בהם - ועל הדברים האלה נמנים אש, חמרי נפץ, גז וחשמל (5), כלומר החשמל משמש כאחת הדוגמאות לדברים שהם מסוכנים מעצמם טבעם, והדורשים נקיטת אמצעי הגנה מעולים כדי למנוע מבני אדם לכוא עמם במגע.

דוגמה לדבר המסוכן מעצם טבעו יכול לשמש המקרה בו הונחו נפצים ללא שמירה מתאימה, שכתוצאה ממשחק בהם נגרם נזק לילד. בית המשפט קבע בצורה חד משמעית כי הנתבע שהוניה את נושא שמירת הנפצים אחראי לנזק, למרות שהניזוק או גורם נוסף תרמו חלקית באשמתם לתוצאה המזיקה - וזאת כל עוד לא נותק הקשר הסיבתי בין פעולתו או מחדלו של מי שהתרשל בשמירת הנפצים ובין התוצאה המזיקה (6) ללמדך שעצם יצירת הסכנה כתוצאה מאי שמירה או טיפול נכון בחומרים מסוכנים, עשויה להיחשב עמיד כנגד האחריות המתרשל תביעה בנוזיקין - וזאת על אף שהסתבר כי המתרשל איננו דווקא הגורם הביצועי לנזק שנגרם. הדבר מרמז כמובן עד כמה התייחסו בתי המשפט בחומרה לנושא של "דברים מסוכנים", והדגישו את חובת הזהירות המוגברת הקשורה בהם. כהיות החשמל דבר מסוכן מעצם טבעו, אין להמנע מהמסקנה שהאחריות של חשמלאי, מתכנן או מבצע של מיתקן חשמלי היא אחריות מוגברת - ואלה חייבים בזהירות ברמה גבוהה כלפי ניזוקים העשויים להפגע כתוצאה מכך שלא נהגו ברמת מירמנות מתקבלת על הדעת בהתחשב בנסיבות העניין. לאור אחריות מוגברת זו בנושא החשמל אנו חייבים לבחון את האחריות של חשמלאי מתכנן או מבצע של מיתקן חשמלי הן בתחום המשפט הפלילי והן בתחום המשפט האזרחי.

בחוק החשמל, תשי"ד - 1954 (1) (להלן - החוק) ובתקנות שהותקנו מכוחו הוטלו חובות רבות ומגוונות על חשמלאי, מתכנן או מבצע של מיתקן חשמלי. כך למשל נקבע בסעיף 4 לחוק כי לאדם אסור להתיימן מיתקן חשמלי או לעשות בו שינוי יסודי. ללא היתר בכתב מטעם מנהל עניני החשמל - ובסעיף 6 לחוק נקבע כי לאדם אסור לעסוק בביצוע עבודות חשמל ללא רשיון של מנהל עניני החשמל; בתקנה 5 לתקנות החשמל (עבודה במיתקנים חשמליים חיים), תשי"ז - 1967 (2) נקבע כי אסור לאדם לבצע עבודה במיתקן חי אלא אם הוא בעל רשיון לעסוק בביצוע עבודות חשמל מסוג חשמלאי מסוייג או חשמלאי מרסמן לפחות - והוא הוכשר לעסוק בעבודה בפיקוחו של בעל רשיון מסוג חשמלאי - מהנדס - ובתקנה 8 לאותן תקנות נקבע כי חובה המוטלת על פי התקנות יראו אותה כמוטלת על נותן ההוראה לביצוע עבודה במיתקן חי, על מבצע העבודה ועל בעל המיתקן; בתקנה 2 לתקנות החשמל (מעגלים סופיים הניזונים במתח גמור), תשי"מ - 1979 (3) נקבע כי לא יתקין אדם, לא ישנה ולא יבדוק מעגל סופי אלא אם הוא חשמלאי - ובתקנה 4 לאותן תקנות נקבע כי ציוד חשמלי של מעגל סופי יתאים לתנאים הקיימים במיקום ההתקנה כגון רטיבות, סכנה של פגיעות מכניות, השפעה כימית, אש או התפרצות או הצטברות אבק או לכלוך הפוגעים באיורור התקין.

בענין ביצוע עבודות חשמל על ידי אדם חסר כישרון מתאימים לשון החוק ברורה, וקשה לחלוק על כך שהדבר אסור באיסור מוחלט. אך כמו במספר תחומים אחרים גם כאן לא תמיד קיימת "התאמה" מלאה בין הוראות החוק ובין מה שקורה בשטח - והואיל ובתוך עמנו אנו יושבים, מן המפורסמות הוא שאנשים רבים החסרים כישרונים פורמליים לבצע עבודות חשמל מבצעים בפועל עבודות כאמור - ואין צורך להתאמץ הרבה כדי "לגלות" אדם שמעולם לא למד והתמחה בביצוע עבודות חשמל מחליף תקע של מכשיר חשמלי שהתקלקל או מתקן בית מגורה שגריזק אגב שימוש. ביצוע עבודות בדרך המתוארת - וכן הפרת חובה של החוק או תקנות שהותקנו מכוחו על ידי חשמלאי, מתכנן או מבצע של מיתקן חשמלי יש לה. תוצאות הן במישור המשפט הפלילי והן במישור המשפט האזרחי.

עו"ד ז. אפיק - היועץ המשפטי במשרד האנרגיה והתשתית.

אחריות מכוח המשפט הפלילי

אדם חסר כישורים המבצע עבודות חשמל וכן חשמל לאי, מתכנן או מבצע של מיתקן חשמלי שאינם ממלאים אחר הוראות החוק והתקנות שהותקנו מכוחו מעמיסים על עצמם אחריות מכוח המשפט הפלילי. בענין זה נקבע כי מי שעובר על הוראה מהוראות החוק דינו - מאסר שנה אחת או קנס כשיעור של 1,000 לירות או שני העונשין כאחד. על פי חוק הערי נשין (תיקון מס' 9), תש"מ - 1980 (7), שהתקבל בכ"ס נסת לפני מספר חודשים, הוגדל הקנס המירבי לסכום של 100,000 ל"י. לגבי הפרה של הוראה המעוגנת בתקנות קיימת הוראה כללית בסעיף 16 לפקודת הפרשנות (נוסח חדש) 8 לפיה ניתן לקבוע בתקנות כי העובר על הוראה מהוראותיהן יהא צפוי למאסר או לקנס או לשני העונשים כאחד - ובלבד שהקנס לא יעלה על 500 ל"י ותקופת המאסר לא תעלה על 6 חודשים. על פי התיקון המאוחר לחוק העונשין הוגדל הסכום שניתן להטיל כקנס בתקנות והועמד על סכום של 10,000 ל"י.

ניתנה האמת להאמר כי עד היום נעשה שימוש מרע כלבד במשפט הפלילי לצורך הבאת עבריינים על הוראות החוק והתקנות שהותקנו לפיו לדין. ולא רק זאת אלא שדווקא במקרים החמורים בהם קופחו חי אדם כתוצאה מאי מילוי הוראות החוק והתקנות הר באו העבריינים לדין מכוח ההוראות הכלליות של החוק הפלילי העונקות כהריגה - וזאת ללא התבססות על הוראות העונשין המיוחדות של החוק. כוונתי היא לשני מקרים אלה:

ראשית, המקרה של חשמלאי בכיר אשר הועסק כמנהל המחלקה לעבודות חוץ בחברת "אלקו" בע"מ, ואשר אמור היה לפקח על קבוצת עובדים שנשלחה לעבוד בתחנת טרנספורמציה בתעשייה האווירית. כתוצאה מאי ניתוק מלא של הטרנספורמטורים חדר זרם למקום שבו הועסקו הפועלים, ואחד מהם התפחם. בית המשפט קבע כי החשמלאי, שכאמור היה בעל נסיון עתיר, התיחס בפחות מדי זהירות לסכנה התמידית והאיומה שעשוי זרם החשמל לגרום, ועל יסוד קביעה זו הרשיעו בעבירה של גרימת מוות מתוך חוסר זהירות בניגוד לסעיף 218 לפקודת החוק הפלילי 1936 (סעיף 304 לחוק העונשין, תשל"ז-1977). העונש שהוטל עליו היה קנס של - 5,000 ל"י או 5 חודשי מאסר - ומרתם - וכן שנת מאסר אחת שהפעלה הותנתה בכך שהחשמלאי לא יעבור תוך תקופה של שנתיים על עבירה דומה נוספת שבגינה הורשע בדין (9).

ושנית, מקרה שנדון בשנת 1958, והמתייחס לחשמל לאי מנוסה שעסק מטעם פירמה מסויימת בתיקון "אוטומט" של איוורור. לצורך ביצוע העבודה נעזר

בחשמלאי עוזר אשר בעת ביצוע העבודה נגע ב"מפסק הזרם" שהיה מותקן בקופסת מתכת ליד האוטומט וכתוצאה מכך התפחם העוזר ומת. גם כאן הובא החשמלאי לדין פלילי באשמה של גרימת מותו של אדם מתוך רשלנות על פי סעיף 218 לפקודת החוק הפלילי 1936 - ונידון ל-3 חודשי מאסר על תנאי ולקנס בסכום 300 ל"י או חודש מאסר תמורתו (10).

העובדה שבמהלך השנים האחרונות הגיעו לבית המשפט רק תיקים מועטים המתייחסים לעבריינים על חוק החשמל - מאמתת את ההנחה כי השימוש בדין הפלילי לצורך הכטחת מילוי החובות המוטלות על חשמלאי, מתכנן או מבצע של מיתקן חשמלי על פי החוק הוא סלקטיבי ביותר - והדבר נעשה אך ורק במקרים קיצוניים וחריגים. כמובן שניתן להתווכח על כך אם טוב עושים הרשויות הממונות על החוק בהמעטן בשימוש בהוראות העונשין של החוק. אולם במצב הקיים לא נראה לי כי צפוי שיי נוי מרחיק לכת במדיניות, זאת בעיקר מאחר והנר אות עונשין מטרתו להרתיע, אולם אין כל כוונה ויכולת להביא את כל העבריינים על הוראות החוק לדין. בנושא האמור נצטרך כנראה להסתפק גם להבא שקיים מכשיר הולם שכעזרתו ניתן להביא עבריינים על הוראות החוק לדין פלילי, אולם עושים בו שימוש רק במקרים חריגים והמוריים.

אחריות מכוח המשפט האזרחי

אמצעי לאכוף מילוי הוראות החוק קיים גם מכוח המשפט האזרחי. בענין זה יודגש כי האחריות של חשמלאי, מתכנן או מבצע של מיתקן חשמלי בתחום המשפט האזרחי מעוגנת בדיני הנזיקין - ואי מילוי החובה המוטלת עליהם עשויה להעמיד לניזוק עילה בגין רשלנות או הפרת חובה חקוקה.

רשלנות

כבר קודם לכן נמצאו למדים כי החשמל סווג כדבר המסוכן מן טבעו ולכן חייב החשמלאי, המתכנן או המבצע של מיתקן חשמלי לנהוג בזהירות סבירה בעת טפלו במיתקן כאמור, ואי עמידה ברמת הזהירות הנדרשת מעמידה לניזוק עילה בניזיקין בהתבסס על העילה של רשלנות. (11) בענין זה הלכה פסוקה ומקובלת כי התרשלנות קיימת במקרה בו עשה אדם מעשה שאדם סביר ונבון לא היה עושה באותן נסיבות, או שלא עשה מעשה שאדם סביר ונבון היה עושה, באותן נסיבות, או שבמשלח יד פלוני לא השתמש במיומנות או לא נקט מידת זהירות סבירה. בנושא הרשלנות קיימת פסיקה ענפה ביותר, אולם

דבר אחד מקובל על כולם - והוא שזו "עוולת מסגרת" שניתן לכלול בה עולם ומלואו - ולכן אין אפשרות לקבוע מראש את היקף התחולה והאחריות שיוטלו על פי העוולה.

היסודות הדרושים כדי להעמיד תביעה על יסוד העוולה של רשלנות הן: ראשית, קיום חובה על החשמלאי, מתכנן או מבצע של מיתקן חשמלי לנהוג זהירות ולמנוע נזק. שנית, הפרת אותה חובה על ידי החשמלאי, המתכנן או המבצע של מיתקן חשמלי. ושלישית, גרימת נזק כתוצאה מהפרה. לשון אחר, יסוד הכרחי של עוולת הרשלנות מצד החשמלאי, המתכנן או המבצע של מיתקן חשמלי הוא שקיימת חובת זהירות בינם ובין הניזוק - ובענין זה כבר נאמר כי הרשלנות היא "פונקציה" של חובת הזהירות - ואין רשלנות אלא אם כן הנפגע הוא "בעל חובה"; דהיינו אדם אשר לו חב החשמלאי המתכנן או המבצע של מיתקן חשמלי את חובת הזהירות.

התנהגות רשלנית של חשמלאי, מתכנן או מבצע של מיתקן חשמלי יכולה להיות הן תוצאה של מעשה (Act) והן תוצאה של מחדל (Omission), אם כי אין ספק בכך שהחובה לפעול כדי למנוע נזק מצומצמת לאין שיעור מהחובה להמנע מלהזיק. רשלנות קיימת איפוא גם במקרה בו לא נעשתה פעולה שחשמלאי, מתכנן או מבצע של מיתקן חשמלי סביר היו עושים כדי למנוע את הנזק - וגם כאשר היה כשלון שלהם לעשות פעולות הנחוצות כדי למנוע נזק. מה סביר לעשות בנסיבות הענין - ומה אינו סביר לעשות, היא שאלה הקשורה בנסיבות של כל מקרה ומקרה - ואין לקבוע בה מסמרות. על כל פנים שאלת הסבירות ושאלת הנהוג הן שתי שאלות נפרדות זו מזו - ודבר שהוא נהוג, נפוץ ומקובל אינו בהכרח גם סביר. 12) לכן בדרך כלל אין חשמלאי, מתכנן או מבצע של מיתקן חשמלי יכולים להשמע בטענה שהם נהגו בדרך שנוהגים אחרים, ואין לדרוש מהם יותר מאשר מקובל ורגיל אצל אחרים (13).

וכדי שהיכרים לא יאשרו תיאורטיים יתר על המידה בצינוני ההדגיש כי במקרה בו חשמלאי, מתכנן או מבצע של מיתקן חשמלי משתמשים בצינור חשמל לשם העברת קו טלפון 14), או במקרה בו הם עושים שימוש לא נכון בחוטים מצבעים שונים למטרות שהחוטים אינם מיועדים להם, או המקרה בו הם מוסיפים קווים נוספים בצינורות המיועדים למעגל סופי - הם חושפים את עצמם לסיכון שבמקרה של ארוע נזק יקבע בית המשפט כי הם התרשלו ולא נהגו כפי שחשמלאי סביר היה נהוג בנסיבות הענין.

בענין זה אין לשכוח כי בהיות החשמל דבר מסוכן, חלה אחריות מוגברת על החשמלאי, ומתכנן או המבצע של מיתקן חשמלי וכך יתייחס גם בית המשפט לענין. בהתאם לעקרון האמור בהן בית המשפט מקרה של אדם שנפל מסולם לאחר שקיבל מכת חשמל בעת שנגע בחלק כלתי מבודד של חוט חשמל אשר חברת החשמל והשירות הציבורי לירושלם לים כע"מ התקינו על קיר הבית שבו התגורר המנוח וקביעתו החד משמעית הייתה שבמקרה של תאונת חשמל ההנחה היא שעדות המצביעה על רשלנות קיימת שעה שהמסקנה העולה מהעדויות מתיישבת יותר עם קיומה של רשלנות מצד הנתבע מאשר עם העדר רשלנות. 15)

הפרת חובה חקוקה

אי מילוי הוראות החוק או התקנות על ידי חשמלאי, מתכנן או מבצע של מיתקן חשמלי יכולה להעמיד לנדי זוק עילה בניזיקין בגין הפרת חובה חקוקה 16). האל-מנטים לביסוס העוולה של הפרת חובה חקוקה הם ראשית, קיום חובה המוטלת על פי חיקוק לטובת הניזוק. שנית, הפרת אותה חובה. שלישית, גרימת נזק. רביעית, שהחיקוק שהופר - ובמקרה נשוא הדיון הוראות החוק והתקנות שהותקנו לפיו - נועד להגן נתו של התובע שניזוק. חמישית, שהנזק שנגרם הוא נזק מאותו הסוג שהמחוקק התכוון למנוע בחיקוק שהופר. ושישית, שהחיקוק שהופר אינו מעניק בעצמו תרופה במקרה של הפרה 17).

גם העוולה של הפרת חובה חקוקה חלה על כל מקרה שבו נמצאים אנשים ביחס קירבה או שכנות מספיקים כדי לחייב את האחד לנהוג בזהירות סביר רה כלפי רעהו, על מנת שלא לגרום לו נזק במהלך הרגיל של הענינים. גורם נוסף שאותו חייב הניזוק להוכיח הוא שהחיקוק שהופר, ובמקרה נשוא הדיון החוק או התקנות שהותקנו על פיו, נועדו להגנתו של הניזוק - והנזק שנגרם הוא מאותו הסוג שהמחוקק קק התכוון למנוע בחיקוק שהופר. הוכחה כגון זו קשורה בפרשנות של החיקוק שהופר - אולם בענין זה נתנו בתי המשפט פירוש "גמיש" לחיקוקים שונים - ובהיות העוולה של הפרת חובה חקוקה עוולת מסגרת גמישה היא ניתנת להחלה גם על חיקוקים נוספים שיפורו, זאת בהתחשב בנסיבות של כל מקרה ומקרה.

בישראל קיבלה העוולה של הפרת חובה חקוקה מימד חדש ודחיפה מירכית בהקשר לנושא ההגנה על מועסקים שנפגעו במהלך העבודה כתוצאה מאי מילוי הוראות הבטיחות על ידי המעביד, וכן במקרים של הפרת תקנות התעבורה שכתוצאה מהן נפגע אדם. בתחומים אחרים קמצו בתי המשפט את ידם -

ונמנעו מלהרחיב את העוולה, על אף שבארצות אחרות הורחבה תחולת העוולה. 18) אולם בהיות העוולה של הפרת חובה חקוקה עיוולת מסגרת גמיי שה הניתנת להרחבה, בהחלט ניתן לצפות שבתי המשפט ימצאו כעתיד לנכון להחיל את העוולה גם על מקרים בהם ניזוק אדם כתוצאה מאי מילוי הוראת החוק או התקנות שהותקנו על פיו על ידי חש"מלאי, מתכנן או מבצע של מיתקן חשמלי. וכמוכן שדבר זה מטיל עליהם אחריות אזרחית נוספת, שהם חייבים להיות מודעים לה, כאשר אינם ממלאים אחר הוראות החוק והתקנות שהותקנו לפיו ככתבן וכלשונן.

הפרת חובה חקוקה כיוצרת חזקת רשלנות

לעיתים יוצרת הפרת חובה חקוקה "חזקת רשלנות". ההגיון העומד מאחורי תיאוריה זו הוא שהמחוקק דיבר בלשון בני אדם - ואם המזיק - ובמקרה שלנו החשמלאי, המתכנן או המבצע של מיתקן חשמלי, לא מילאו אחר החובה שהוטלה אליהם בחיקוק שהופר, יש להניח שהם לא נהגו כפי שאדם סביר היה נוהג בנסיבות הענין - והדבר יוצר חזקה שהם התרשלו במילוי חובתם. כלומר ההפרה של החיקוק מתפרשת כראיה לכאורה שלא נהגו בדך סבירה.

"חזקת הרשלנות" כאמור הופעלה במקרים מסויי (מיום 19) ולא מן הנמנע כי בעתיד תוחל חזקה דומה גם על חשמלאי, מתכנן או מבצע של מיתקן חשמלי שלא מילאו אחר דרישות החוק או התקנות שהותקנו על פיו. במקרה בו מוצא בית המשפט לנכון להפעיל את "חזקת הרשלנות" מקל הדבר על נטל ההוכחה הרובץ על התובע הניזוק - והנתבע המזיק הוא שחייב להוכיח כי לא התרשל במילוי הוראות החיקוק שלגביו טוענים כי הופר. מוכן שזהו יתרון שאין לזל זל בו - וגם הוא מדגיש את החשיבות שבה ראו בתי המשפט בהקפדה על מילוי חובות המוטלות בחיקוק קיים השונים - ובכלל זה החוק והתקנות שהותקנו לפיו.

צירוף עוולת הרשלנות והעוולה של הפרת חובה חקוקה כעילות תביעה חילופיות

לאחרונה גובר השימוש בפרקטיקה של צירוף עוולת הרשלנות והעוולה של הפרת חובה חקוקה כעילות תביעה חילופיות, במקרה בו נגרם נזק אשר ניתן לשייך אותו הן לעוולת הרשלנות והן לעוולה של הפרת חובה חקוקה. יתכן והדרך של צירוף העורלות כעילות תביעה חילופיות נובע בין היתר מכך שלעיתים אין זה קל להוכיח שנוק מסויים הוא תוצאה של רשלנות או של הפרת חובה חקוקה - והתובע

הניזוק מעדיף לצרף את העוולות על מנת שביט המשפט יקבע לאחר שמיעת הראיות לפי איזה עוולה זכאי התובע לסעד. מכל מקום אין ספק בכך שהחלת פרקטיקה זו של צירוף העוולות של רשלנות והפרת חובה חקוקה בתביעות הנובעות "מנזקי חשמל", עשויה להגביר את היקף החבות האזרחית של חשמלאי, מתכנן או מבצע של מיתקן חשמלי.

האחריות של חברת החשמל לגבי מעשים או מחדלים מצד חשמלאי, מתכנן או מבצע של מיתקן חשמלי

בסעיפים 1 ו-6 לכללים לאספקת חשמל של חברת החשמל לישראל בע"מ שהותקנו מכוח סעיף 25 של התוספת לפקודת זכינות החשמל (20) נקבעו הוראות לענין בדיקת מיתקני חשמל על ידי החברה. בסעיף 1 לכללים נקבע כי אספקת חשמל על ידי החברה תינתן לאחר שהמיתקן נבדק על ידי החברה או על ידי בעל רשיון על פי החוק שהורשה לכך על ידי החברה - ובסעיף 6 לכללים נקבע כי על הצרכנים של החברה לשמור ולקיים את הוראות החוק והתקנות על פיו - וכי החברה רשאית לבדוק את המיתקנים של הצרכן בין לפני אספקת החשמל ובין לאחר מכן. עבור בדיקה כאמור גובה חברת החשמל אגרה, אולם בכללים נקבע במפורש כי אין החברה מקבלת על עצמה אחריות כלשהי לגבי טיבו ובטיחותו של מיתקן שנבדק או לגבי נזק שנגרם כתר צאה מליקוי במיתקן או מאופן השימוש בו או עקב שימוש בלתי נכון בו.

יתכן ומכוח ההוראות המאוזכות ניתן לטעון כי במקרה בו חשמלאי, מתכנן או מבצע של מיתקן חשמלי לא עמדו בחובות המוטלות עליהם על פי החוק והתקנות שהותקנו לפיו - וכתוצאה מכך נגרם נזק, אחראית גם חברת החשמל לישראל באחריות שילוחית למעשים הנזקיים, באשר לא בדקה כראוי את המיתקן או לא איתרה בעוד מועד את הפגם - וסיפקה חשמל אליו על אף מצבו הבטיחותי הלא תקין. נושא זה אינו נקי מספקות, אולם דעתי היא שאין הבדיקה הנערכת על ידי חברת החשמל על פי הכללים מעבירה את האחריות לפגמים וליקויים במיתקן לחברה - הואיל והחברה אינה בודקת בדיקה מלאה את המיתקן בטרם חיבורו לרשת - ולכן מוכן שבבדיקה זו היא תתקשה לאתר פגמים נסתרים במערכת. זו גם הסיבה שנקבע בכללים לאספקת חשמל של חברת החשמל שהיא משוחררת מאחריות לנזקים כתוצאה מפגמים או ליקויים במיתקנים שנבדקו על ידה.

בנוסף לכך אין להתעלם מכך שהאחריות הראשונית והעיקרית בנושא מוטלת על פי החוק והתקנות שהותקנו לפיו על החשמלאי, המתכנן או המבצע של מיתקן חשמלי, וזו אינה מועברת לחברת החשמל לישוא ראל רק בשל הבדיקה שנערכה על ידה. בענין נושא

חשמלי גם בלא שנגרם נזק כתוצאה מאי מילוי הוראות החוק או התקנות שהותקנו מכוחו, בעוד במקרה השני תנאי מוקדם לתחילת האחריות הוא ארוע הנזק. יחד עם זאת ראוי להדגיש כי כעולה באחד המישורים אינה פוטרת את החשמלאי, המת כנן או המבצע של מיתקן חשמלי מאחריות המישור האחר.

במהלך הדברים שמתני דגש על האחריות בתחום המשפט האזרחי, הואיל ואינני מאמין כי המערכת הפלילית מסוגלת לפעול כנגד כל אדם המבצע עבירה חמלה ללא רשיון או בצורה שאינה תואמת את ההוראות שנקבעו בחוק ובתקנות שהותקנו לפיו. אולם אדם כגון זה חייב להיות מודע לכך שהאחריות האזרחית המוטלת עליו היא חמורה, ובמקרה שבו ינזק משהו כתוצאה ממעשיו או צירת עבודתו הוא יתחייב לשלם תשלום מוצדק הניזוקים, וזאת בנוסף להיותו חשוף לסכון שיוגש נגדו אישום פלילי בשל הפרת הוראות החוק או תקנות שהותקנו מכוחו.

לסיים, למרות האחריות המוגברת המוטלת על חשמלאי, מתכנן או מבצע של מיתקן חשמלי אין הדבר כרוך במטלות שהוא אינו מסוגל לעמוד בהן, בתנאי שיפעל בצורה נכונה מתוכננת ומפוקחת - ואם כך יעשה ייחשב לדעת כי הוא מסוגל למלא אחר דרישות החוק והתקנות שהותקנו מכוחו.

זדיון לא הוגשה נגד חברת החשמל תביעה כלשהי, אולם הדעת נותנת שעילה כעניין האמור קיימת רק במקרה הייצוגי בו הפגם במיתקן שגרם את הנזק היה גלוי עד כדי כך כי היכור המיתקן לרשת החשמל או אי ניתוקו מרשת החשמל מהווים רשלנות ברורה מצד חברת החשמל. לעומת זאת, במקרים בהם הפגם נסתר, קשה לבוא בטענות אל חברת החשמל, והואיל והבדיקה הנערכת על ידה מעצם טבעה אינה מאפשרת לגלות פגמים נסתרים - ולכן גם אין הגיון לגלות עליה אחריות לפגמים כאמור שאותם לא הייתה מסוגלת לגלות בבדיקה סבירה. ימים יגידו כיצד יתייחסו בתי המשפט לסוגיה המאוזכרת, אולם בשלב זה קשה להציע לחשמלאי מתכנן או מבצע של מיתקן חשמלי לסמוך על הבדיקה של חברת החשמל, מאחר ולכל הדעות האחריות הראשונית והיעיקרית בנושא היא עליו.

סוף דבר

האחריות המשפטית המוטלת על חשמלאי, מתכנן או מבצע של מיתקן חשמלי היא חמורה - ובמקרה בו אלה אינם ממלאים חובתם, ניתן לפעול כנגדם הן במישור הפלילי והן במישור האזרחי. ההבדל העיקרי בין האחריות במישור הפלילי והאחריות במישור האזרחי הוא בכך שבמקרה הראשון ניתן לפעול כנגד החשמלאי, מתכנן או מבצע של מיתקן

מובאות

- 1 ס"ח 164, תשי"ד, עמוד 190; ספר חוקים 237, תשי"ז, עמוד 140.
- 2 ק"ת 2034, תשכ"ז, עמ' 2287.
- 3 ק"ת 4036, תשמ"מ, עמ' 74.
- 4 צ'ארלסטורט - על הרשלנות (מהדורה שישית), סעיפים 556 - 569.
- 5 ע"א 225/53, קורנשטיין נגד חברת החשמל והשרות הציבורי לירושלים בע"מ, פס"ד 6 (3) 1816, 1819.
- 6 ע"א 333/56, סולל בובה בע"מ נגד מאיר נדיה ודוד בן יחזקאל, פס"ד י"ב (1) 619.
- 7 ס"ח 959, תשמ"מ, עמ' 60.
- 8 דיני מדינת ישראל (נוסח חדש) מס' 1, תשי"ד, עמ' 2.
- 9 ע"פ 876/76, שלמה וינגרטן נגד מדינת ישראל, פס"ד ל"ב (2) 36.
- 10 ע"פ 59/58, משה אדלר ב' היועץ המשפטי לממשלה, פס"ד י"ב (3) 1993.
- 11 סעיפים 35-36 לפקודת הנזיקין (נוסח חדש).
- 12 ע"א 363/59, גשר הזיו ב' אסתר פיבוש, פס"ד ט"ו (1) 469.
- 13 המרצה 119/62, ארמנדו נסים ב' ירדניה חברה לביטוח ואח', פס"ד י"ז (1) 683.
- 14 כגון המקרה שהוצג בזמנו בתכנית "כל-ברטק" בטלוויזיה, הו הועברו קווים של אינטרקום בתוך צינורות חשמל - וכתוצאה ממגע בין חוטי חשמל וטלפון ניזוק אדם שהשתמש במערכת האינטרקום.
- 15 ע"א 225/53, קורנשטיין ב' חברת החשמל והשירות הציבורי לירושלים בע"מ, פס"ד 6 (3) 1816.
- 16 סעיף 63 לפקודת הנזיקין (נוסח חדש).
- 17 בענין נשוא הדיון אין חולק על כך שהוראות החוק והתקנות שהותקנו לפיו אינן מעניקות תרופה אזרחית במקרה של הפרת התחייבויות על ידי חשמלאי, מתכנן או מבצע של מיתקן חשמלי.
- 18 למשל בארה"ב נפסק כי יצרן אחראי לנזקים שנגרמו כתוצאה מאספקת מזון פגום בעוולה של הפרת חובה חקוקה.
- 19 כגון במקרה בו נהג המזיק במהירות בשטח בנוי, או סטה מהכביש ללא סיבה מספקת וגרם נזק.
- 20 י"פ 2552, תשל"ט, עמ' 1888.

רמות המתח במוערכת החשמל הישראלית -

עבר הווה ועתיד

אינג' צ. שגב

הצורך בסטנדרטיזציה של רמות המתח הקיימות במערכות החשמל השונות נתעורר כבר בשלבים מוקדמים למדי של התפתחות השימוש באנרגיה חשמלית. מתברר כי „התהווהוהו“ אשר שרר בתחום זה בשנות הבראשית של התעשייה האלקטרוטכנית מונע פיתוח קוויי צור גדולים ותחרות חופשית בענף ומייקר את הציוד והמכשירים החשמליים השונים.

לפיכך נתגבשו בהדרגה נוהגים וולנטריים שהפכו אח"כ לתקנים מחייבים - תחילה בקנה מידה איזורי, אחר כך בקנה מידה לאומי, ולבסוף בהיקף בינלאומי. סיכום מעודכן של רמות מתחים תקינים אשר בתוקף נמצא בפרסום מס' 38 של הועדה האלקטרוטכנית הבינלאומית (International Electrotechnical Commission) משנת 1975.

כל רמת-מתח תקנית מגדירה למעשה תחום מתחים צר יחסית, סביב למתח הנקוב, אשר אותו אמורות חברות-החשמל להבטיח (נגבול האפשר) ע"י תכנון ותפעול נאותים.

יצרני המכשירים והציוד, חייבים מאידך להבטיח תפקוד תקין של מוצריהם בכל מתח אשר בתחום התקני. מספר רמות-המתחים חייב להיות פשרה בין התמריץ לאפשר לייצרנים ייצור בסדרות גדולות ככל האפשר, לבין הצורך לאפשר לצרכן בחירת המתח האופטימלי לגביו.

רמות המתח שנבחרו עם יסוד חברת-החשמל לארץ-ישראל

חברת החשמל לארץ ישראל בע"מ החלה לפעול בשנת 1923, כאשר תהליך הסטנדרטיזציה של רמות-המתח בארצות המפותחות היה כבר בשלב מתקדם למדי. מסיבה זו וכן בשל המעוף והמחשבה הכוללת של דור המתכננים הראשון של המערכת נמנעו הפיצול ואי-האחידות שהיו מנת חלקן של המערכות האירופאיות והאמריקניות הראשונות.

בתור מתח נמוך תקני עבור כל חלקי-הארץ נבחר מתח של 380/220 וולט. מתח זה מתאים לסטנדרט האירופאי ושימושי, הן להזנת צרכנים ביתיים והן להזנת בתי מלאכה, בתי-עסק וביניינים גבוהים. לעומת זאת רמות המתח האחרות הנהוגות בעיקר בצפון-אמריקה (208/120 וולט, 415/240 וולט ו-480/277 וולט) מתאימות רק לחלק מן השימור שים הני"ל. הבחירה במתח 380/220 וולט עמדה במיבחן הזמן ואיפשרה לצרכן הישראלי חופש בחירה בין מיגוון רב של מנועים ומכשירים חשמליים המיוצרים ע"י מיטב היצרנים העולמיים. הבעיה היתה קשה ומורכבת הרבה יותר כאשר היה צורך לבחור במתח חלוקה ראשי. בחירה זו היתה צריכה לקחת בחשבון את הגורמים הבאים:

- א. רדיוס ההזנה של מערכת החלוקה.
 - ב. סוג רשת החלוקה (עילי, תת-קרקעי).
 - ג. גודל ההספקים החוזיים בקוי החלוקה.
 - ד. מתח הדיזלוגנטורים שיוחברו ישירות לרשת.
- יש לזכור כי בעשור הראשון לקיומה התבססה מערכת החשמל על דיזלוגנטורים מקומיים קטנים שהזינו ישירות לרשת החלוקה.

אינג' צ. שגב — אגף מחקר ופיתוח, חברת החשמל.

בהתחשב בנתונים דלעיל ובשוני שהיה קיים בין איזורים שונים בארץ, נקבעו רמות המתח הבאות כמתחי חלוקה תקינים:

א. מתח 22 ק"ו נקבע כמתח תקני מחוץ למרכזי הערים הגדולות דאז, שבהם הונהגה רשת-עילית ושנאי-רשת על עמודים. חלק גדול מאיזורים אלה שינה במשך הזמן את אופיו והפך לאיזור עירוני צפוף עם רשת תת-קרקעית בחלקה, אולם רמת-המתח של 22 ק"ו נשמרה בו.

ב. מתח 13.2 ק"ו נקבע כמתח תקני במרכזי הערים תל-אביב וירושלים. באיזורים צפופים אלו הונחה רשת חלוקה תת-קרקעית. בימים ההם היה מחיר כבלים 22 ק"ו יקר ביותר, ולפיכך נמצא יתרון באימוץ מתח 13.2 ק"ו שהוזיל במידה ניכרת את עלות הנחת ק"מ כבל, ועדיין היה גבוה מספיק לצרכי החלוקה שהיו רצויים באותה התקופה.

ג. מתח של 6.3 ק"ו נקבע כמתח תקני עבור העיר חיפה למעט השכונות המרוחקות.

באופן כללי ניתן לקבוע כי הבחירה הני"ל העידה על המעוף ועל התכנון. לטווח-ארוך של ה„אבות“ המייסדים“ של החברה. באותה תקופה היו מקובלים באירופה מתחי-חלוקה של 10—6 ק"ו. קביעת מתח חלוקה תקני של 22 בארץ נחשלת כמו ארץ-ישראל של שנות ה-20 העידה על האמונה הציונית בפיתוח הארץ של קובעי המדיניות. כמרכן נלקח, כנראה, בחשבון הצורך לספק לישובים מרוחקים יחסית במרכזי הייצור מתח חלוקה סביר.

קביעת מתח העברה (טרנסמיסיה) למערכת הארצית

בחירת מתח 110 ק"ו כמתח העברה תקני באה מן הסיבות הבאות:

א. מתח 110 ק"ו הוא מתח סטנדרטי באירופה. לעובדה זו היה יתרון חשוב מכיוון שבשנות ה-50 התבססה חברת החשמל על ציוד גרמני שהגיע ארצה במסגרת הסכמי-השילומים.

ב. יכולת העברה של קוי 110 ק"ו עם תיילי 95 ממ"ר נחושת (ומאוחר יותר עם תיילי 150/25 ממ"ר אל"פל) הגיעה ל-70—60 מגו"א למעגל. יכולת זו הספיקה עבור דרישות המערכת בשנות ה-50 כאשר הספק היחידה הגדולה ביותר במערכת היה 50 ואח"כ 75 מגו"ט ונשמר פחות או יותר האיזון הגיאוגרפי בין הייצור והצריכה. בתחום מתחי החלוקה נישמר המצב שהיה קיים בזמן המנדט שלפני מרכזי תל-אביב וירושלים מוונים במתח 13.2 ק"ו. אולם פרברי הערים הללו הוזנו במתח 22 ק"ו. בחיפה נשארו איזורי העיר התחתית, הדר-הכרמל ומרכז הכרמל מוונים ב- מערכת 6.3 ק"ו. אך השכונות האחרות הוזנו במתח 22 ק"ו. שאר איזורי הארץ הוזנו ממתח 22 ק"ו, אולם שהוחל בפיתוח מערכת החשמל בנגב המזרחי והמרכזי הוברר שעקב המרחקים הגדולים בין הצרכנים באיזור זה אין אפשרות לספקם במתח זה במפלי מתח סבירים לפיכך נבחר מתח חלוקה תקני נוסף 33 ק"ו עבור מערכת החלוקה באיזור זה, וכן בעיר אילת וסביבותיה (שהוזנו בנפרד מן המערכת הארצית בתקופה זו).

ההחלטה על אימוץ מתח 150 ק"ו

לקראת סוף שנות ה-50 הוברר שהפוטנציאל הטמון במתח 110 ק"ו עומד בפני מיצויו, מסיבות של יכולת העברה של קווי-ההעברה וכן בגלל זרמי הקצר שהתקרבו ליכולת מפסקי הזרם שהותקנו במערכת 110 ק"ו.

באותה תקופה גם החלו עבודות הקמת מוביל המים הארצי שכלל משאבות-מים בהספק כולל של 90 מגו"ט.

הוברר למתכנני המערכת שפרויקט זה יחד עם גידול יחידות הייצור מעבר ל-100 מגו"ט שהיה צפוי בשנות ה-60 לא יוכל להתבצע עם מתח העברה של 110 ק"ו.

בפני מתכנני המערכת עמדה הבחירה הבאה:

א. ניתן היה בהשקעה קטנה יחסית להמיר את קוי 110 ק"ו המקשרים בין מרכזי הייצור ל-150 ק"ו. מתח 150 ק"ו הוא מתח סטנדרטי המקובל במיספר ארצות אירופה (הולנד, שוויץ ועוד) וכן בארצות-הברית (שם הוא נקרא 161 ק"ו). יחידות הייצור ותחנות המיטנה החדשות יחוברו למערכת 150 ק"ו. אשר תקבל בהדרגה את כל תפקידיה של מערכת 110 ק"ו הישנה שתעלם ברבות הימים. ב. אפשר היה להקים מערכת 220 ק"ו אשר

למרות שבשנים הראשונות לקיומה התבססה חברת החשמל על תחנות כח של דזל-גנרטורים שהוקמו בתל-אביב ובחיפה בלי קשר ביניהן, הרי שהיה זה רק שלב ארעי בדרך להגשמת חזונו של **רוטנברג** אשר מלכתחילה קבע כיעד את ניצול הפוטנציאל ההידרואלקטרי של הירמוק יחד עם הקמת טורבינות קיטור בסמוך לערים הגדולות. לשם כך היה צורך בהקמת מערכת העברה ארצית שתקשר את מרכזי הייצור. לשם קביעת מתח-תקני של המערכת נלקחו בחשבון העובדות הבאות:

א. מרחקי ההעברה היו:

מנהריים לחיפה כ-50 ק"מ

מנהריים לתל-אביב (רדינג) כ-120 ק"מ

מחיפה לתל-אביב (רדינג) כ-90 ק"מ

ב. עיקר התצרוכת של העיר תל-אביב וסביבותיה היה עתיד להיות מסופק מתחנת הכח רדינג ורק במיקרה חיים אמורה היתה העיר לקבל אנרגיה גם מאתרי חיפה ונהרים.

ג. הזנת העיר חיפה התבססה הן על הייצור בתחנת הכח המקומית והן על הזנה מנהריים יש לזכור כי בתקופת המנדט היתה העיר חיפה המרכז התעשייתי הרציני היחיד בארץ.

ד. היכולת המותקנת של יחידות הייצור שנלקחו בחשבון הייתה של מגו"טים בודדים או לכל היותר 40—30 מגו"ט. יש לזכור כי ההספק שיוצר בתחנת הכח נהריים לא עלה על 14 מגו"ט.

ההתפתחויות שחלו בשנות ה-50

שנות ה-50 היו שנים של פיתוח, "רצחני" בהן נקלטו בארץ מאות אלפי עולים, הוקמו עשרות עיירות פיתוח ומאות מושבים וקיבוצים ופיתחו מפעלי תעשייה ותשתית בכל רחבי-הארץ. משק החשמל גדל אף הוא בצורה מרשימה וההספק המותקן בטורבינות קיטור עלה מ-84 מגו"ט בשנת 1948 עד ל-485 מגו"ט בשנת 1960.

כבר בראשית התקופה הוברר כי מתח העברה של 66 ק"ו אין בו כדי לענות על הצרכים של המדינה המתפתחת. גודל יחידות הייצור שהותקנו ברדינג, באשדוד ובחיפה הגיע ל-50 ואח"כ אף ל-75 מגו"ט. כמו כן היה צורך לבנות קוי העברה ממרכזי הייצור באיזור החוף לאיזורים המתפתחים בגליל ובנגב וכן לירושלים, לצרכנים אלו לא התאים מתח 66 ק"ו שיועד בראשיתו להעברת עומס של 20—10 מגו"ט בין מרכזי הייצור. לפיכך הוחל כבר בראשית שנות ה-50 בהקמת מערכת 110 ק"ו, כאשר קוי 66 ק"ו הוצאו מן השימוש באופן הדרגתי וחלקם הומר ל-110 ק"ו.

נתקל בבעיות הולכות וגוברות במישורים הבאים:
א. גידול עצום בהשקעות בקווים ובתחנות-מיתוג
150 ק"ו.

ב. חוסר תוואים למיספר הרב של קווי 150 ק"ו
שיידרשו במישור החוף בהנחה של המשך פיתוח
ב-150 ק"ו.

ג. גידול זרמי-קצר מעל ליכולת הציוד הקיים
בתחנות משנה 150 ק"ו.

בעיות אלו מחייבות את חברת החשמל להתחיל
בהקמת מערכת מתח-על חדשה שאליה תחוברנה
יחידות הייצור הראשיות החל מתח-ה"כ הדרומית
המתוכננת לשנת 1986. לפני מתכני המערכת
עמדה הבעיה באיזה מתח סטנדרטי לבחור. הבחין
רה הייתה בין המתחים הסטנדרטיים הבאים:

345 ק"ו (מקובל בעיקר בארה"ב)

400 ק"ו (מקובל באירופה)

500 ק"ו (מקובל בארה"ב ובברה"מ)

עיון טכני-כלכלי אשר נערך באגף המחקר והפיתוח
של חברת החשמל ופורסם בדצמבר 1979 בדק את
החלופות השונות והמליץ על קביעת רמת-מתח
של 400 ק"ו, בתור רמת המתח האופטימלית עבור
פיתוח מערכת. חברת החשמל בשלבי הפיתוח
הבאים החל ממחצית שנות ה-80.

קביעה זו נערכה תוך התחשבות בעלויות הקמת
הקוים ותחנות המיתוג וההשנאה ואיבודי ההספק
והאנרגיה המתחייבים מכל חלופה וחלופה.

מערכת 400 ק"ו תספק את צרכי ההעברה הראשית
של המערכת הארצית עד לשנת 2010 לפחות,
תאפשר הגדלת ההספק המותקן בתחנות הכח
הראשיות עד מעבר ל-20,000 מגו"ט, והספק
היחידה הגדולה ביותר עד ל-1500 מגו"ט.

תאולץ מעל למערכת 110 ק"ו שהיתה נשאת
במערכת תת-העברה. למערכת 220 ק"ו היו
מחוברות תחנות הכח החדשות, והיא מצידה,
הייתה מזינה את מערכת 110 ק"ו באמצעות
תחנות השנאה עם שני-איקישור 220/110 ק"ו.
חלופה זו היתה יקרה בהרבה בהשקעה הראשונית
מן החלופה הראשונה, אך היא היתה מספקת את
צרכי המערכת לטווח ארוך יותר.

סקר ראשוני שנערך בחברת החשמל וסקר מקיף
יותר שהוזמן אצל יועצי חוץ באנגליה הראו
שהחלופה הראשונה היא כלכלית יותר בעיקר
עקב החסכון הטמון בהמרת קווים קיימים 110
ק"ו למתח 150 ק"ו לעומת ההשקעה הראשונית
הגדולה בקווי 220 ק"ו שהיתה נחוצה לפי חלופה
ב'. בהתאם לכך חוברו כל תחנות הכח מאשכול
ב' ואילך למערכת 150 ק"ו חדשה. הוקמו קווי
150 ק"ו חדשים ותחנות מישנה חדשות 161/24
ק"ו, 161/36 ק"ו ו-161/13.8 ק"ו. מערכת 110
ק"ו צומצמה בהדרגה ומשרתת כיום איזורים
מצומצמים יחסית במרכזי הערים הגדולות, בעמקים
ונבג המזרחי.

קביעת מתח-על לצרכי העתיד של מערכת הארצית

קביעת מתח 150 ק"ו כמתח העברה ראשי של
המערכת הארצית אפשרה את פיתוח מערכת חברת
החשמל מהספק מותקן בתחנות הכח של 485
מגו"ט בשנת 1960 ל-2647 מגו"ט כיום ותאפשר
הרחבה נוספת עד ל-4181 מגו"ט בשנת 1984.
כמו כן ניתן היה להעלות את הספק היחידה
הגבוהה ביותר מ-75 מגו"ט ל-350 מגו"ט. אולם
כאשר הוחל בתכנון המערכת למחצית השנייה של
שנות ה-80 הוברר שהמשך הפיתוח במתח 150 ק"ו

הודעה על חידוש מנויי "התקע המצדיע"

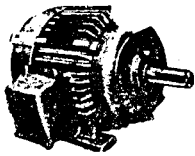
בהמשך להודעה שפורסמה בחוברת מס' 24 ולנוכח העליות התלולות בהוצאות ההפקה והמשלוח
של "התקע המצדיע" הוחלט בהנהלת החברה לעדכן באופן שוטף את מחיר המנוי כדלקמן:

* עד לתאריך 31.7.81 מחיר 4 חוברות - 20 שקל

המדובר בסדרה הקודמת (21-24) ובסדרה החדשה (25-28) אשר חוברת זו היא הראשונה בה.

* כל מי ששילם מראש את דמי המנוי בסך 10 שקל, עבור הסדרה החדשה, אינו חייב בתוספת
תשלום.

* החל ב-1.8.81 ייקבע מחיר חדש בהתאם למה שיתחייב מייקור ההוצאות.



מנוע חשמלי בנצילות גבוהה - מקור חשוב לחסכון בצריכת אנרגיה

אינג' ק. ויקטור

מהנתונים הכלולים בסקרים שונים שבוצעו ובהם הערכות על צריכת האנרגיה החשמלית במגזרים השונים של המשק, ניתן להעריך כי כ-70% מצריכה זו מהווים מנועים חשמליים תלת-פזיים, (צריכה עצמית של תחנות כח, שאיבת מים, תעשייה, חקלאות, הסקטור המסחרי והציבורי וכיו"ב).

אם נקח בחשבון שבשנת 1979/80 הסתכם ייצור החשמל בכ-12 מיליארד קוט"ש, אז מתברר שכ-8.5 מיליארד קוט"ש של אנרגיה חשמלית נצרכו על ידי מנועים חשמליים — ברובם תלת-פזיים, אסינכרוניים עם רוטור כלוב.

מספרים אלו אינם כוללים את הצריכה של מאות אלפי המנועים החשמליים החד-פזיים למקרים, מכונות כביסה, מערבלים וכיו. ללא הגזמה ניתן לקבוע שהמנוע החשמלי הינו הצרכן מספר אחד של חשמל וכפועל יוצא — של דלק נוזלי, בארצנו.

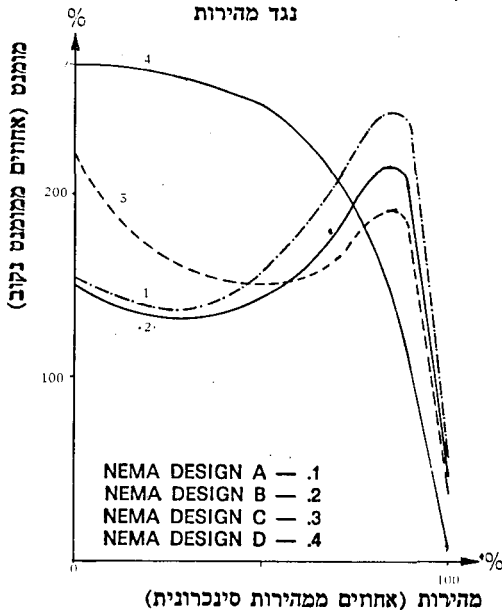
בהמשך המאמר נפרט את מאפייני המנוע החשמלי האסינכרוני. במיוחד נרחיב את הדיבור על הנצילות שלו. בשיפור הנצילות נחפש את הפוטנציאל לחסכון בצריכת החשמל ובסוף ננסה לעמוד מקרוב על דרכי הפעולה שיביאו לחסכון הצפוי.

מאפייני מנוע חשמלי אסינכרוני

בשרטוט 1 אפשר לראות את כל ארבעת עקומות המומנטים כפונקציה מהירות (באחוזים):

שרטוט מס' 1

עקומות מומנטים של מנועים DESIGN A, B, C, D נגד מהירות



כבר הזכרנו את העובדה שהמנוע החשמלי האסינכרוני התלת-פזי עם רוטור כלוב, הינו השכיח ביותר בכל ענפי המשק. צריכת החשמל של כל יתר סוגי המנועים החשמליים החשמליים (זרם ישר. סינכרוניים ואסינכרוניים עם רוטור מלופף) מהווים פחות מ-5% מסה"כ צריכת החשמל לסוג זה של טכנולוגיה.

לכן, כל מה שיכתב בהמשך יתיחס לסוג זה של מנועים בלבד.

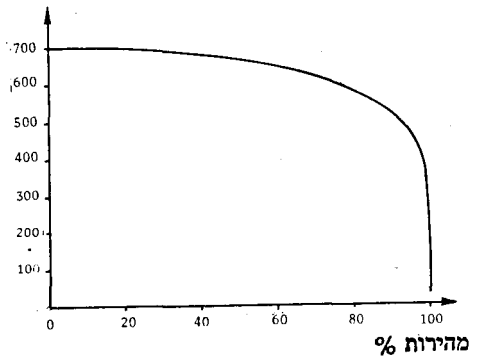
כאשר מדברים על מאפיינים של מנוע חשמלי, אנו מתכוונים:

- למומנט התנעה שלו (ST — Starting Torque)
- מומנט מקסימלי שלו (BDT — Break Down Torque)
- זרם התנעה (SC — Starting Current)
- נצילות (Efficiency)
- ומקדם הספק (PF — Power Factor)
- התקנים האמריקאיים הרלוונטיים לנושא (NEMA), מתיחסים לעקומת המומנטים וזרם ההתנעה, על-מנת להגדיר ארבעה סוגים של מנועים חשמליים אסינכרוניים: NEMA DESIGN A, B, C, D.

אינג' ק. ויקטור — מהנדס חשמל ראשי, חברת ש.ח.א. שימור וחסכון אנרגיה בע"מ.

בשרטוט 2 מובאת עקומת זרם התנעה אופיינית כפונקציה המהירות.

שרטוט מס' 2
עקומות זרם התנעה כנגד מהירות זרם %



חשוב לזכור שהמנועים מהסוגים A ו-B הם הנפוצים ביותר במזורים השונים של המשק ומהיום כ-90% מסה"כ המנועים הנמצאים בעבודה.

מנועים אלה ידועים ידועים גם כמנועים סטנדרטיים בעלי מאפיינים "רגילים". בהמשך נתיחס במיוחד לעקומת הנצילות של המנועים הנ"ל.

נצילות של מנוע חשמלי

כאשר מדברים על נצילות של מנוע חשמלי מבחינה כלכלית, יש ליחס לו שני מימדים: אחד שקשור למנוע עצמו, להפסדים שמופיעים בזמן העבודה (הנצילות זו מופיעה בדרך כלל בקטלוגים של יצרני המנועים).

אולם קיים מימד שני של הנצילות והוא קשור לצריכה המוגברת של אנרגיה ריאקטיבית וביטויו בשפה מקצועית נמצא בזה שהמנוע עובד עם מקדם הספק או כופל הספק ירוד. דבר זה מביא להפסדים נוספים ברשתות של חברת החשמל וגם של הצרכן עצמו. קבוצה ראשונה של הפסדים קשורה למבנה המנוע ולא ניתנת תמיד לתיקון. קבוצה שנייה של הפסדים ניתנת לתיקון על ידי השקעות נוספות, הקשורות בהתקנת קבלים. בהמשך המאמר נתיחס רק לסוג הראשון של הפסדים וננסה לפרט אותם. מענין לראות איך משתנים המאפיינים של המנוע (נצילות, מקדם ההספק וזרם העבודה) עם שינוי העומס.

בשרטוט 3 מובאות העקומות הנ"ל עבור מנוע מטיפוס B 10 כ"ס 1500 סל"ד. הציור מראה שהנצילות של המנוע בעומסים מעל 50% מתקרב לרוויה ומשתנה בגבולות יחסית קטנים. מצד שני בעומסים יותר נמוכים ב-60%—50 ופחות מזה, מה עומס הנקוב, הנצילות נופלת בצורה חריפה ביותר. עקומת מקדם ההספק משתנה בצורה פחות דרסטית, ובכל העומסים הנמוכים יותר מהעומס הנקוב נשארת בערכים יחסית נמוכים. זרם העבודה

שרטוט מס' 3

מאפייני מנוע חשמלי 10 כ"ס 1500 סל"ד דגם סגור לחלוטין עם איורור היצוני



1. זרם עבודה.
2. מקדם הספק.
3. נצילות.

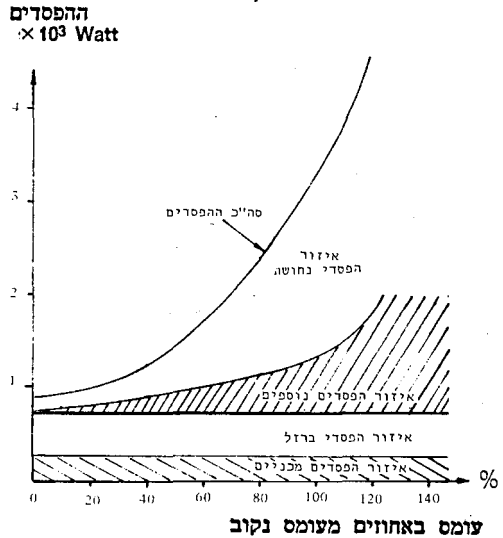
מתחיל ב-30% מהזרם הנקוב, בעבודת המנוע ריקם, ועולה עם העומס בצורה יותר מודגשת מליניארית. מכאן מספר מסקנות חשובות:

- (1) אם עומס העבודה של מנוע כלשהו יותר נמוך מ-60% מהעומס הנקוב שלו, הנצילות כפועל יורדת בצורה משמעותית מהנצילות הנקובה שלו.
- (2) אם עומס העבודה של מנוע כלשהו נמוך יותר מ-90% מהעומס הנקוב שלו, מקדם ההספק כפועל נמוך יותר בצורה משמעותית ממקדם ההספק הנקוב שלו.
- (3) אין להוציא מסקנות לגבי אחוז המעמסה של מנוע כלשהו רק לפי זרם העבודה שלו. כך למשל בדוגמא שלפנינו בזרם עבודה של 30% מהנקוב — המנוע עובד ריק לחלוטין וכאשר זרם העבודה של המנוע יגיע ל-50% מהזרם הנקוב שלו — העומס כפועל יהיה רק 25% מהעומס הנקוב שלו.

חלוקת ההפסדים הפנימיים השונים של מנוע חשמלי — מהווה את הסיבה העיקרית לעובדה שב-עומסים נמוכים הנצילות נמוכה ביותר ובקירבת העומס הנקוב — הנצילות הינה יחסית גבוהה.

להלן חלוקת ההפסדים לפי הסוגים השונים (ראה שרטוט 4).

שרטוט מס' 4
חלוקת ההפסדים במנוע 50 כ"ס 1500 סל"ד
דגם סגור לחלוטין עם איורור היצוני



המנועים מתוצרתם. נתונים אלו נבדלים ביניהם באופן משמעותי. לעיתים קרובות הפיזור יכול להגיע לעשרות אחוזים.

ג. את הנתונים המתפרסמים יש לקבל בספק מסוים היות ושיטות קביעת הנצילות והתקנים שקובעים את הסטיות המתרות מהתקן, שונות ממפעל למפעל ובמיוחד בין היצרנים האירופיים והאמריקאיים.

ד. בדרך כלל רוב הלקוחות מסתפקים בנתונים הרשומים בדפי הקטלוג ואינם מבקשים תעודות שיאמתו רמת הנצילות של מנוע זה או אחר.

ה. צריכים לזכור שב-20 השנים האחרונות הטיה הכללית בשטח המנועים החשמליים היתה להקטין את היחס בין הספק המנוע ומשקלו (לבנות אותו בצורה יותר קומפקטית) ולאפשר עליות טמפרטורות יותר גבוהות בליפוף הסטטור כתוצאה משימוש בחומרי בידוד יותר משוכללים. שתי המגמות הללו הביאו להורדה משמעותית ברמת הנצילות של המנועים.

ו. ההוצאות הנוספות הקשורות בצריכה מוגברת של חשמל עקב נצילות נמוכה, לא היוו משקל במחירי החשמל דאז. המודעות של הצרכן לנושא כמעט שלא היתה קיימת. גם היכולת של הצרכן הבודד להשפיע על הנושא היתה מוגבלת ביותר.

הפוטנציאל לחסכון בצריכת החשמל טיון בשיפור הנצילות

ניקח לדוגמא מנוע מתוצרת מקומית שהספקו 2 כ"ס ונצילותו 73%
ההספק החשמלי הנדרש:

$$P_1 = \frac{2 \times 736 \times 100}{73} = 2016 \text{ וט}$$

ובמנוע אמריקאי בעל נצילות גבוהה " שהספקו 2 כ"ס ונצילותו 83%:

$$P_1 = \frac{2 \times 736 \times 100}{83} = 1773 \text{ וט}$$

פירוש הדבר היסכון של 0.243 קוט"ש לכל שעת עבודה במנוע בעל הנצילות הגבוהה לעומת המנוע בעל הנצילות הרגילה.

בתחשיב של 5000 שעות עבודה בשנה, היסכון ה- שנתי הצפוי הוא: 1215 קוט"ש = 0.243×5000 .

עקומת הנצילות של שני סוגי המנוע מובאת בט" בלה. עד 50 כ"ס יש פער משמעותי בין הנצילות

של שני סוגי המנועים מעל הספק זה הפער מצטמצם, אם כי הוא קיים. על-מנת להעריך בצורה נכונה את הפוטנציאל לחסכון בצריכת החשמל של המנועים החשמליים נניח שהנצילות הממוצעת של כל המנועים החשמליים הינה 80%. קל לחשב שגובה ההפסדים שנגרמים בזמן העבודה של המנועים החשמליים בארץ מגיע ל- $1,700 = 0.2 \times 8,500$ מ" ליון קוט"ש/שנה.

א. הפסדים מכניים — ההספק הדרוש לכסות את האיבודים במיסבים ובמאווררי המנוע. הפסדים אלה אינם תלויים בעומס המנוע.

ב. הפסדי ברזל ונגרמים על ידי זרמי מינוט בס"ט טור וברוטור ותלויים בתדירות הרשת ובמתח עבודה.

ג. הפסדים נוספים (הפסדי עומס) מופיעים גם בברזל הסטטור וברוטור והם עולים עם ריבוע הזרם (או העומס) ומושפעים על ידי השטף המגנטי של המנוע.

ד. הפסדי חימום (I^2R) בליפופי הרוטור ושל הסטטור נגרמים על ידי הזרם שעובר דרך הליפופים והתנגדותם האומית. מכיוון שהפסדים אלה משתנים עם ריבוע הזרם, הם בדרך כלל נמוכים בעבודת ריקם של המנוע ומהווים את רוב ההפסדים בעבודת המנוע בעומס מלא.

בשרטוט 4 מובאת דוגמה של חלוקת ההפסדים השונים, במנוע 50 כ"ס, כנגד עומס. מכאן ברורה חלוקתם באחוזים שונים של העמסת המנוע.

לנושא של נצילות המנועים החשמליים עלינו להעיר מספר נקודות חשובות:

א. כל יצרן של מנועים חשמליים מפרסם בדפי הקטלוג שלו את הנצילות של המנוע בעומס מלא. יש לזכור היטב שבכל עומס אחר, שונה מהעומס הנקוב של המנוע — הנצילות הינה בדרך כלל נמוכה יותר.

ב. היצרנים השונים מפרסמים נתונים של נצילות

השוואה בין הנצילות של מנועים תיקניים
ובעלי נצילות גבוהה
(High Efficiency Motor)

η %		
מנוע בנצילות גבוהה.	מנוע תיקנית.	המנוע P/HP
82	70	1
83	73	1.5
84	76	2
85	79	3
	81	4
86.5		5
	82	5.5
88	86	7.5
89	85	10
	85	12.5
90	88	15
91	89	20
91	89	25
92	91	30
92	91	40
92	91	50
92	92	60
93	93	75
93	93	100
93.5	93.5	125
94	94	150

בתנאי ייצור המוני קשה לשנות בלי הכנות מוקדמות, שלעיתים לוקחות שנים רבות, את מאפייני המנוע החשמלי זה או אחר.

העדר כמעט מוחלט של לחץ מצד הלקוחות לשיפור רמת נצילותם של המנועים נובע משתי סיבות: אחת קשורה בחוסר מודעות מצד הלקוחות על האפשרויות לחסכון בצריכת החשמל בעזרת שיפור נצילותם של המנועים החשמליים ומצד שני העדר תאום בין כל הגורמים הקשורים לנושא — כולל העדר תקינה מתאימה.

ג. בעיות הקשורות בצורת הפעלתם של המנועים.

כאן ניתן לתת כמה דוגמאות המאפיינות את המצב. העדר, מרוב המתקנים, של אמצעים המיועדים להפסיק עבודתם של מנועים חשמליים בזמן הפסקת קומוטציה. לעיתים קרובות בתהליכים מסוימים שכוללים תקופות עבודה בעומס ובריקס — לא נלקחו בחשבון שום אמצעים להפסקת עבודת המנוע עים בהעדר עומס.

ג. בעיות הקשורות בתכנון המתקנים שבהם משתמשים במנועים חשמליים.

עד לזמן האחרון הנושא של חסכון אנרגיה בהפעלת מנועים חשמליים לא היווה גורם בתכנון המתקנים. כך, למשל, במיזוג אוויר מלכתחילה המתכנן יוצא מהנחה שבעומס מלא של המדחס המנוע לא יהיה מועמס יותר מ-70% מהעומס הנקוב שלו. בפועל יוצא שברוב הזמן המנוע עובד בעומסים נמוכים בהרבה מהעומס הנקוב שלו.

במתקנים מסוימים כשתנאי ההפעלה קשים יותר מהרגיל, המתכננים נוהגים לבחור מנוע שהספקו הנקוב בדרגה אחת או שתיים יותר גבוה מהדרוש, במקום לבחור מנוע בהספק נקוב יותר נמוך אבל עם תכונות של מנוע בעל מומנט התנעה גבוה.

רשימת הדוגמאות ארוכה, אך אופי המאמר אינו מאפשר לנו להרחיב את הדיבור בנושא.

ד. בעיות הקשורות בצורת השיווק של המנועים.

כיום רוב המנועים מגיעים לצרכן הסופי דרך היצרן של הציוד הבסיסי: משאבות, מדחסים, מפוחים או מערכות שלמות למיזוג אוויר או תהליכים שונים. יצרן הציוד הראשוני מעוניין בדרך כלל בשני דברים: מצד אחד במחירים נמוכים יותר, עד כמה שניתן, של המנוע החשמלי ויחד עם זאת עבודה תקינה של הציוד בשנת האחריות שלו.

ברור שמחיר החשמל הנצרך על ידי הציוד נופל לחלוטין משטח ההתענינות של ספק הציוד. אין צורך להרחיב את הדיבור. אם נוסף לזה העדר כמעט מוחלט של תקינה מתאימה בנידון — הרי התוצאות לפנינו.

אם נצא מתוך הנחה שניתן בממוצע לשפר את הנצילות של המנועים ב-25% ע"י שימוש במנועים בנצילות גבוהה ובאמצעים אחרים, אז נקבל שפוטנציאל החסכון הארצי מגיע ל- $425 = 25 \times 1700$ מיליון קוט"ש אנרגיה חשמלית לשנה.

דרכים להשגת החסכון הצפוי

ברור שבמאמר מסוג זה קשה וכמעט בלתי אפשרי, לעמוד מקרוב על כל ההיבטים הקשורים באפשרויות להשגת החסכון בצריכת אנרגיה חשמלית ע"י מנוע עם חשמליים. על-מנת להדגיש היקף הבעיות שניצבות לפנינו במטרה לקדם את הנושא, ננסה בשלב ראשון להגדירן כדלקמן:

א. בעיות הקשורות בתכנון וייצור המנועים החשמליים.

כיום יצרני המנועים קשורים בסטנדרטים בינלאומיים ואירופיים שקובעים קשר שלא ניתן לשנוי בין מידותיו והספקו של המנוע החשמלי.

דרכי פעולה

יש לחלק את הנושא לשניים :

א. במתקנים חדשים.

ב. במתקנים קיימים.

א. **במתקנים חדשים** יש לעשות הערכה מחדש של רשימת המנועים, סוג, גודל ודגם על-מנת לקבוע את כדאיות השימוש של מנוע בנצילות גבוהה. יש להתחשב תמיד במספר שעות העבודה של המנוע ול-החליט לגופו של ענין.

בסקר מוקדם שבוצע במפעל גדול שעומד לקום בדרום הארץ נקבע שיתן לחסוך כ-5% מצריכת החשמל של המפעל ע"י בחירת מנועים בהספקים מתאימים למשימות. כמו כן יש לבדוק צורת הפעלתם של המנועים ומשטרי עבודתם.

ב. **במתקנים קיימים** יש אפשרויות לשיפור המצב.

סדר הפעולות כדלקמן :

(1) לבצע סקר מקיף על כל המנועים העובדים במפעל עם כל הנתונים הנקובים שלהן.

(2) לבדוק את נקודות העומס האמיתית כשהמנוע עובד.

(3) לקבוע את ההספק הנקוב הדרוש באמת.

(4) לבדוק אפשרויות של החלפת מנועים בהספק מתאים.

(5) לבדוק אפשרויות של הפעלת מנועים בכוכב במקום במשולש.

(6) לבדוק אפשרויות של ליפוף מחדש של המנוע לפי העומס בפועל, לאחר שהמנוע נשרף.

במאמר זה איננו מתיימרים לפתור את הבעיות הנזכרות לעיל, אלא להבהיר אותן בצורה נכונה בפני הציבור הרחב של בעלי מקצוע.

על-מנת להצליח דרושה בראש וראשונה פעולה הסברתית נרחבת בכדי להביא לידיעת כל המעוניינים את הפוטנציאל לחסכון הטמון בשיפור נצילות מנועים חשמליים. וידיעה ברורה על מורכבותו של הנושא.

עובדי חברת החשמל בין חתני פרס נמיר לשנת 1981

גם השנה זכו עובדי חברת החשמל בפרס-ייעול ארצי והפעם מדובר בצוות ממחלקת ביצוע רשת במחוז הצפון שזכה בפרס נמיר, המוענק ע"י ההסתדרות לצוותות וליחידים, כגמול על הישגיהם ותרומתם בעולאת הפיריון ובקדום משק המדינה.

בטכס רב-רושם שנערך ב-17.3.81 בהיכל התרבות בתל-אביב, במעמד מזכיר ההסתדרות, שר העבודה והרווחה, ראש עיריית תל-אביב, חברי הועדה המרכזת ואורחים רבים, הוענק הפרס ל-20 חתני הפרס הארציים לשנת 1981, ביניהם צוות של עובדי חברת החשמל הנמנה על מחלקת ביצוע רשת במחוז הצפון.

הפרס הנכסף הוענק לצוות זה על ביצוע מוצלח של פרויקט הקמת קו המתח העליון עם העמודים הגבוהים והכבדים ביותר שהוקמו עד כה בארץ, מתחנת הכח בחדרה לתחנת המיתוג בקיסריה. ועדת הפרס העלתה על נס את הצלחת הצוות בקידום לחזקת הומונים של הפרוייקט בחדשיים בהשוואה לתכנון המקורי: בכך נמנע הצורך בהקמת קו מתח עליון אלטרנטיבי וזמני שתפקידו היה להעביר אנרגיה מתחנת המיתוג אל תחנת הכח כדי שניתן יהיה להריץ מוקדם יותר את מנעמי התחנה המוקמת בחדרה.

ועדת הפרס הדגישה את תרומת הצוות לחסכון כספי ישיר למשק המדינה בסך של 17 מיליון לירות, שהושג ע"י קיצור משך העבודה וצמצום משמעותי בשעות המושקעות בפרוייקט.

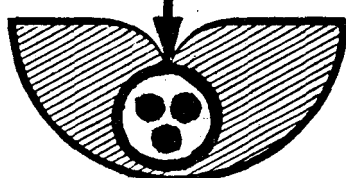
ועדת הפרס ציינה גם את הביצוע המעולה של הצוות שנעשה תוך כדי לימוד ושימוש בטכנולוגיות חדשות ובלתי מוכרות, ברמת בטיחות גבוהה, תוך כדי פריצת והכשרת דרכים, התגברות על בעיות לוגיסטיות ובעיות תאום עם רשויות ציבוריות שונות ובתנאי אקלים לא נוחים.

לרגל יובל 60 שנות ההסתדרות, החלט להעניק במסגרת פרס נמיר לשנת 1981 גם פרסים אזוריים ליחידים ולצוותות שגילו יכולת גבוהה ותרמו לייעילות ולהסכון למשק המדינה. בין הזוכים בפרסים האזוריים היה גם צוות הרכבה הנמנה על המחלקה להרכבות מכניות באגף הביצוע בחברת החשמל. צוות זה זכה בפרס האזורי בעיקר על עמידתו בלוח הזמנים הקצר שנקבע לו להרכיב את שתי טורבינות הגז ועל תרומתו בחסכון במטבע זר, שהושג כתוצאה מהמנעות במסירת העבודה לקבלן מח"ל.

זכיית עובדי החברה ב,פרס קפלן" בשנת 1980 וב,פרס נמיר" בשנת 1981, היא הוכחה נוספת ליכולת הטמונה בעובדי חברת החשמל ועל כך שיש בהם רבים הנמנים על השורה הראשונה של עובדים יעילים ומסורים במדינה.

י. שליט — המרכז הארצי של הועדות לייעול בחברת החשמל

בדקן נבל



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

מרקו אלקלעי - מהנדס חשמל
ת.ד. 27154, יפו 61271
טלפון: 821661

למידע נוסף סמוך מס' 253

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. 8810
חיפה 31087
- הפרטים יישלחו למפרסם המודעה, אשר ימציא לך מידע נוסף הנמצא ברשותו.

תלוש הזמנה

לכב'

חברת החשמל לישראל בע"מ
מערכת "התקע-המצדיע"
ת.ד. 8810, חיפה 31087

א"י,

אנו מזמינים מודעה בגודל של
עמוד שדוגמה ממנה רצופה בזה.

שם המפעל

הכתובת

.....

לשם ברור תוכן וצורת המודעה-

נבקשכם להתקשר עם מר

טלפון

נבקשכם לשלוח את נציגכם לקבלה.

לתשומת-לב המפרסמים!

לנוחיות כל אלה, המעוניינים במסירת חומר-פרסומי לכתב-העת שלנו הננו מצרפים מחירון לרכישת מקום לפרסום.
שטח עמוד נטו:

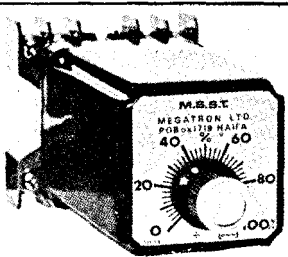
גובה — 20 ס"מ
רוחב — 13.5 ס"מ

המחיר:
1 עמוד — 700 שקל
" 1/2 — 400 שקל
" 1/4 — 250 שקל

לא כולל מ.ע.מ.

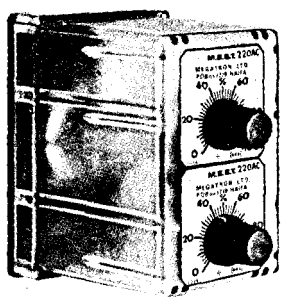
ההדפסה היא באופסט (אין צורך בגלופות)

באם הנך מעונין בפרסום מודעה בגליון הקרוב של עתוננו, שלח דוגמה ממנה לפי כתובת המערכת או מלא את תלוש ההזמנה הסמוך ונציגנו יבוא לקבלה.



megatron
electronics & controls ltd.

גם לך מגיע להגות ממוצר אמין. נוח להתקנה, מסופק מהמלאי במחיר נמוך. אם עדיין לא קבלת את הקטלוג של הטימרים תוצרת מגטרון דרוש אותו מיד! מיגזון של סוגי הפעלה, תחומי זמן. מתחי הפעלה.

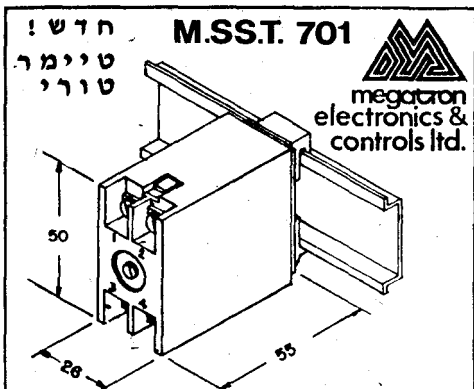


אחריות 5 שנים לפעולה תקינה!

מגטרון

אלקטרוניקה ובקרה בע"מ
ת.ד. 1719 חיפה, טל. 82374, 04-88835

למידע נוסף סמן מס' 255



חדש!
טימרי
טורי

M.S.S.T. 701



- יחידה אחת המתאימה למתח החל מ-12 וולט ועד 230 וולט.
- 10 תחומי זמן ניתנים לבחירה ע"י חיבור פנימי מ-1 שניה עד 16 דקות.
- מתאים למסילות DIN סטנדרטיות. איכות מעולה במחיר נמוך (\$17) אספקה מהמלאי!

מגטרון

אלקטרוניקה ובקרה בע"מ
ת.ד. 1719 חיפה, טל. 82374, 04-88835

למידע נוסף סמן מס' 256

יעד אלקטריקה

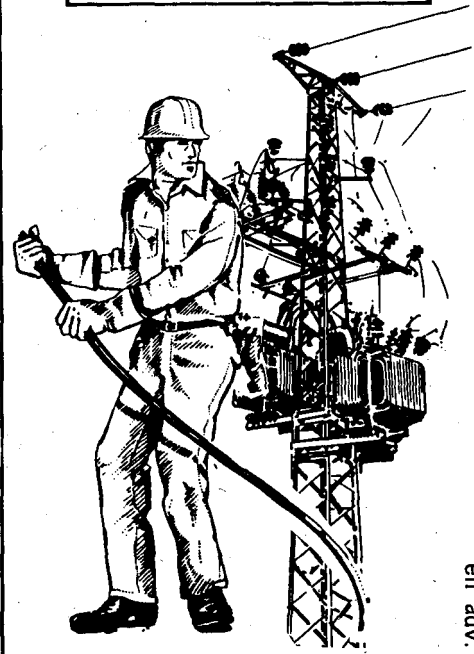
שרות וביצוע עבודות חשמל בע"מ. נצרת עילית. אזור תעשייה ב' רח' העמל 3, ת.ד. 609 70. 065-74434

מפיצים בלעדיים בצפון הארץ לציד טלמכניק



Telemecanique

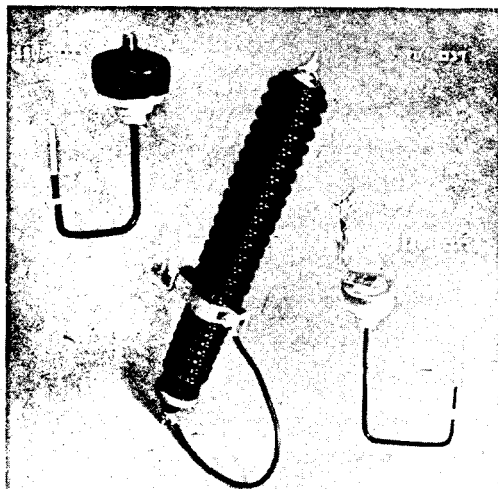
דחש מפיץ לציד הנ"ל בצפון הארץ



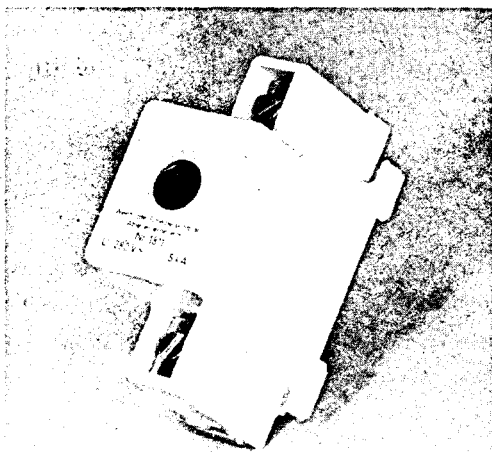
elli adv.

למידע נוסף סמן מס' 254

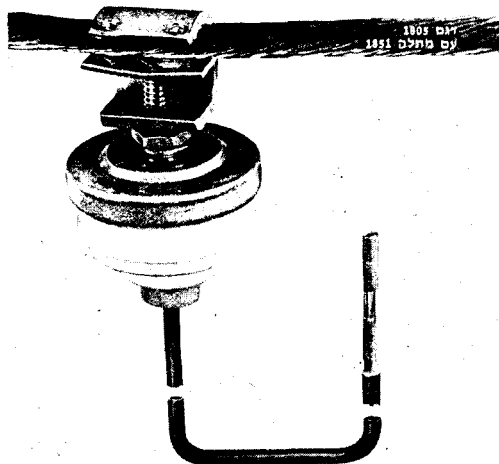
הגן על מתקניך באמצעות מגיני ברק של "ויקמן"



**LIGHTNING ARRESTERS FOR
0,28 TO 36 KV**



**OVER-VOLTAGE FILTER FOR
CONSUMER INSTALLATIONS**



**L.V. LIGHTNING ARRESTER
WITH SUSPENSION CLAMP**

- ☆ מתוצרת גרמניה, בהתאם לתקנים IEC 99-1, VDE 0675
- ☆ מיגוון דגמים למתח נמוך וגבוה, להגנת מתקנים ורשתות.
- ☆ אספקה מהמלאי אן מחו"ל. תחומי מוצרים נוספים:
- נתיכים, בסיסי-נתיכים ומנתקים בעומס, הן למתח נמוך והן למתח גבוה.
- יצוג והפצה:

גתג בע"מ **GATAG ID.**

ת.ד. 13113, תל-אביב

טלפון: 03-471027

שלקס: 35770-COIN/GAT

Wickmann-Werke AG

Annenstraße 113 · D 5810 Witten 6
Tel.: (0 23 02) 66 21 · Telex 08 229 145



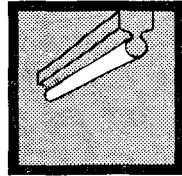
Sicherheit,
wo Ströme
fließen

A mark
of safety

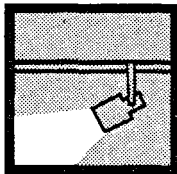
חינם!

בדוק והשווה
עם רשימת
הקטלוגים
המופיעה
במודעה זו:

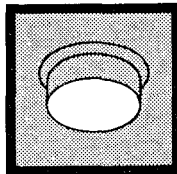
איזה קטלוג של "געש" חסר לך?



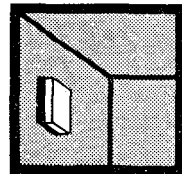
1. תאורה פלואורסצנטית.



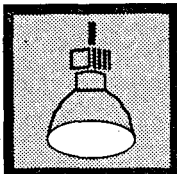
4. פסי צ'בירה וספוטים.



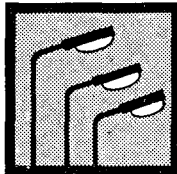
3. מנורות Anti Vandal.



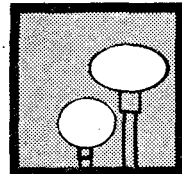
2. תאורת קיר ותקרה.



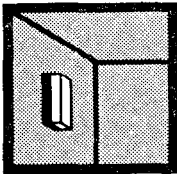
7. תאורה תעשייתית.



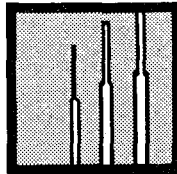
6. תאורת רחוב.



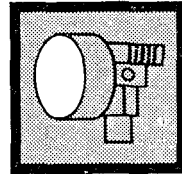
5. תאורת גן.



10. תאורת חירום.



9. עמודי תאורה.



8. תאורת שטח.

מלא את התלוש הר"ב ושלח לגעש. בגעש ישלימו לך את החסר וישלחו בהקדם בדואר חוזר.

גזור ושלח

לכבוד
מפעלי תאורה געש
קיבוץ געש 60950

נא לשלוח לי קטלוגים (מס' (סמן בעיגול): 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10
שם: _____ מקום העבודה: _____ תפקיד: _____
טלפון: _____ כתובת: _____

ז"ב

נאד אלימות רק פוליקרבונט.

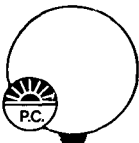
מנסיס לזרוק אבן – לא הולך. מחליפים את השיטה ומכים במוט, אבל המנורה לא נשכרת. והחברה מחפשים קרבן אחר, בסביבה אחרת. יכול להיות שבפעם הבאה הם יצליחו לשבור, אבל זה לא יהיה כדור-תאורה מפוליקרבונט החזק פי 5 מכל כדור-תאורה "אנטי וונדל" אחר. ולא רק חזק יותר. הוא גם שקוף יותר וראף עמיד יותר בחום.

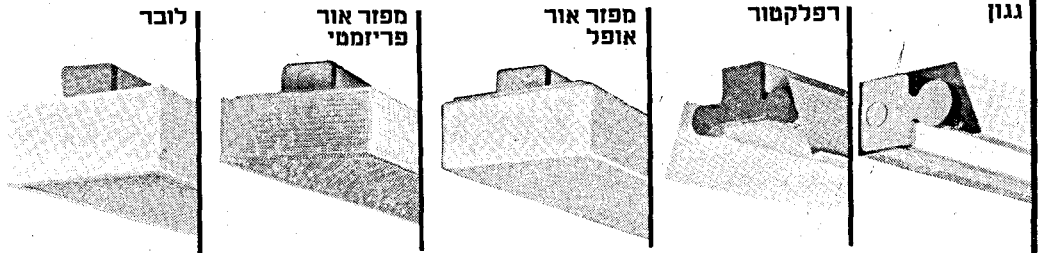
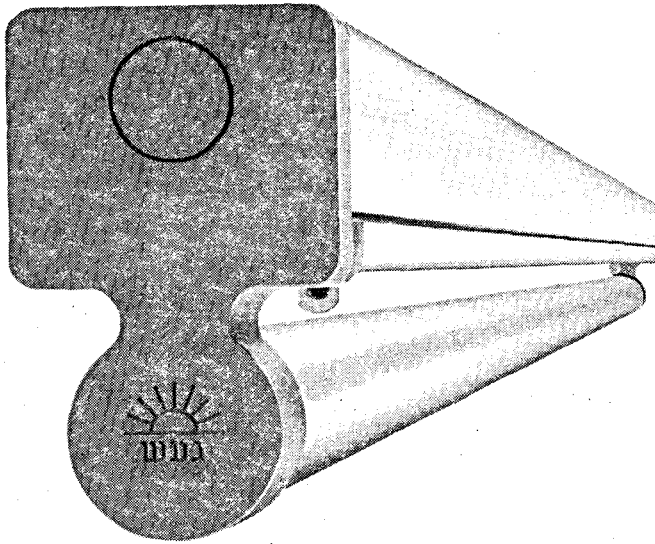
לכדורי-תאורה מפוליקרבונט יש "תוחלת חיים" ארוכה במקומות שבהם האנשים "מקצרים את החיים".

מכילי תאורה
געש

קיבוץ געש 60950, ג.ט. 8. 78985*052
מוצרי חכן, רח' הארבעה 8, ת"א.
ג.ט. 268251*03, ובכל מרכזי תכן בארץ.
אזור הצפון: זהר-אור מפרץ חיפה,
מול מוסד חושי, ג.ט. 932137*04.

שים לב
לסמל P.C.
המוטבע
בכדור!





כולם מתלבשים על געש 2000

יפה אבל צנועה. זוהי געש 2000: יפה להפליא, אך עם זאת מוכנה להסתתר מתחת לכיסוי נוסף, כדי לספק לך את התאורה המבוקשת. ע"י כך הופכת געש 2000 ממנורה פלואורסצנטית למנורה רב-תכליתית המתאימה לקשת רחבה של חפיקידיים וכשמחליפים את סגנון המקום, אין צורך להחליף את המנורה – אלא רק את הכיסוי שלה.

געש 2000 מעניקה לך עוד יתרון חשוב – תחזוקת סוג אחד של גופי-תאורה.

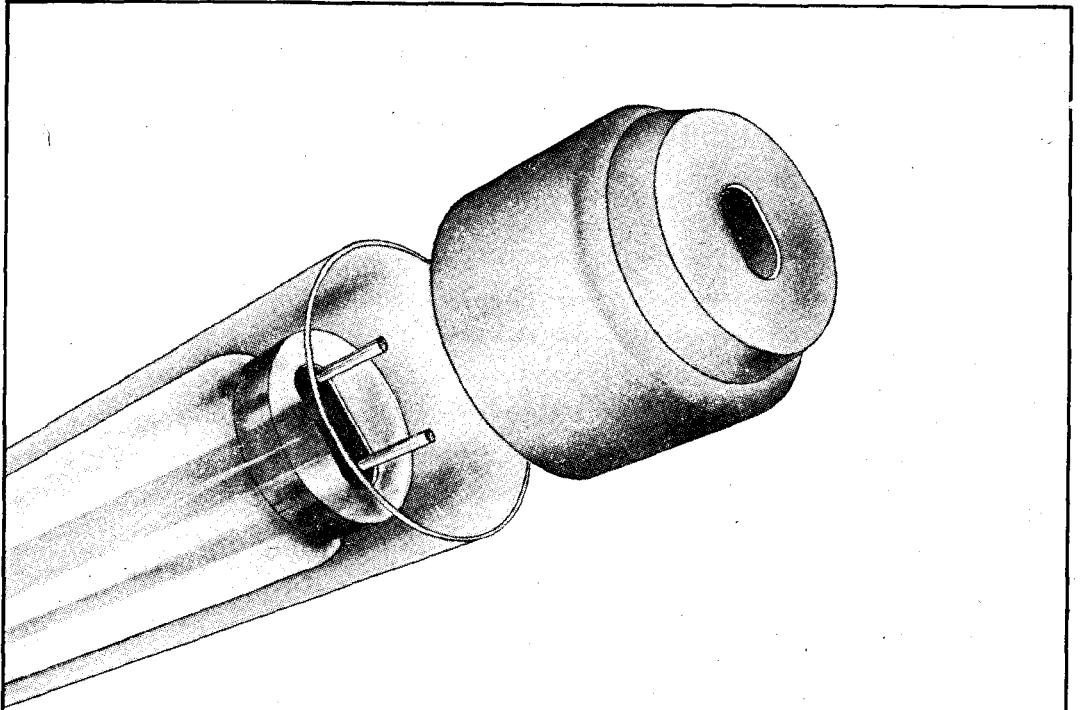
הסתכל בכלל הדגמים המוצגים לפניך – כולם מתלבשים בקלות על געש 2000.



קיבוץ געש 60950, טל. 052-78985-8
 מוצרי תכן, רח' הארבעה 8, ת"א.
 טל. 052-268251, ובכל מרכזי תכן בארץ.
 אזור הצפון: זוהר אור מפרץ חיפה,
 מול מוסד חושי, טל. 04-932137

למידע נוסף סמן מס' 260

יב

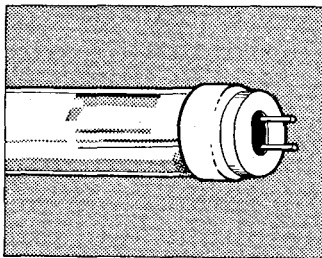


שפופרות-מגן לנורות פלואורסצנטיות

היא עשויה מפולי-קרבונט
גמיש וניתנת לשימוש חוזר.

שפופרות-מגן של געש
מונעות גם פגיעה אפשרית
בעובדים או בלקוחות
והוסכות לך תשלום פיצויים
מיותר.

שפופרות-מגן אלו אושרו
ע"י המחלקה למזון ולתרופות
של ממשלת ארה"ב.



אם אתה בעל מסעדה,
בעל מפעל למזון
או לתעשיות עדינות אחרות —
עליך לשמור על מוצריך
מפני שברי זכוכית
ומפני חומרים כימיים הטמונים
בגוף הנורה הפלואורסצנטית.

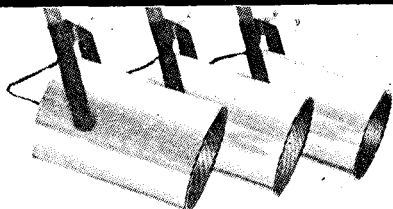
שפופרות-מגן של געש "מתלבשת"
על כל נורה פלואורסצנטית
מגינה עליה מפני מכות קלות
ומונעת התפזרות רסיסי הזכוכית.

חכעלי תאורה

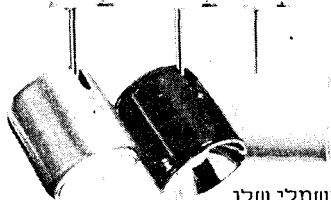
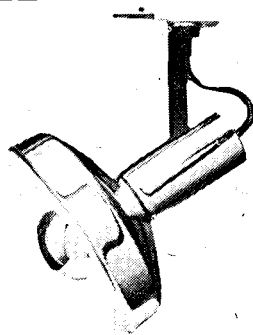
געש

קיבוץ געש 60950, טל. 052-78985*8.
מוצרי תכן, רח' הארבעה 8, ת"א,
טל. 03-268251, ובכל מרכזי תכן בארץ.
אזור הצפון: זהר"אור מפרץ חיפה,
מזל מוסך חושי, טל. 04-932137.





**אור
חדש
בגעש**



פסי-צבירה וספוטים

געש משלים את המעגל החשמלי שלך
עם פסי צבירה וזרקורים (תלת פאזיים
וחד פאזיים).

מעטה תוכל לציין בהזמנה:
פסי צבירה וספוטים יחד עם גופי תאורה
אחרים של געש, לנוחותך המלאה.

קיבוץ געש 60950, טל. 052-7898578.
מוצרי תכן, רח' הארבעה 8, ת"א,
טל. 03-268251, ובכל מרכזי תכן בארץ.
אזור הצפון: והר אור מפרץ חיפה,
מזל מוסך חושי, טל. 04-932137

מפעלי תאורה
געש 

51

למידע נוסף סמך מס' 262

שים לב
לכתובתנו
החדשה!

אליסל סוכנויות ונציגויות יבוא ויצוא
שיווק מוצרי השמל לתעשייה
רח' אלנבי 10, ת.ד. 804 חיפה 31,000 טל: 529623

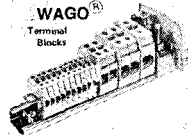
ציוד השמל לתעשייה

**OMEX-
Earth
Rods**

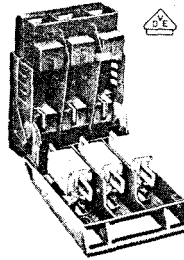


ציוד להארקת יסוד
ופסים מצופים אבץ
חס מוטות הארקה
מצופים אבץ חס או
מצופי נחושת.

- * מהדקים על מסילה
ללוחות השמל
ופיקוד.
- * מהדקי תותב
לחותי השמל.

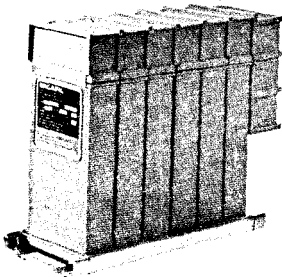


- * מאמתים וממסרי
פחת (תדיראן).
- * כבלים חשמליים
למתח גבוה בידוד
נייר ופוליאתילין -
לפי דרישה.



- * מנתקים בעומס
לנתיכי סכין כנ"ג.
נתיכים כנ"ג (HRC)
ובסיסים.

**חשמלאי,
אל תוותר על מוצרי תדיראן.**



קבלים לשפור כופל ההספק
מתוצרת MICAFIL שוצריה
לפי תקנים IEC 70A/68, VDE 0560-4/4.73
הפסדים נמוכים פחות מ-0.5 ואט/קוא"ר
ריפוי עצמי של פריצות
נגדי פריקה ומשרן להגבלת זרם טעינה
ראשוני בתוך הקבלים
מבנה מודולרי קטן מימדים וקטן משקל

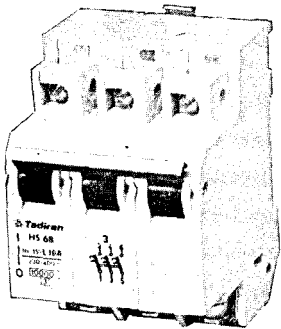


תדיראן
חרושת חשמל

רח' המרכבה 29 חולון, ת.ד. 33 — טל. (03)809141 טלקס 35436

אספקה מהתנאי

חשמלאי, אל תוותר על מוצרי תדיראן.



מפסיקי זרם אוטומטיים זעירים 10 000
3

דגם KOPP HS-68

עצמת ניתוק גבוהה במיוחד עד 15KA ב-220/380 וולט, $\cos \phi = 0.4$.

סלקטיביות לפי דרגה 3 בזרמים עד

10KA לפי VDE 0641/6.78.

זרמים נקובים 6, 10, 16, 20, 25, 32 אמפר.

הגנה מגנטית ותרמית באפיינים G-L.

ממדים קטנים — 68 מ"מ עומק,

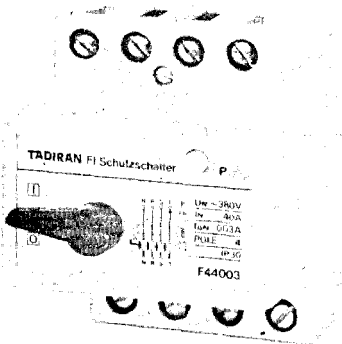
17.5 מ"מ רוחב.

☆ מסופקים בדגמים ☆ חד קוטביים

דו קוטביים ☆ תלת קוטביים

☆ חד קוטביים עם ניתוק האפס. ☆

☆ תלת קוטביים עם ניתוק האפס. ☆



ממסרי זרם פחת

חד מופעי ותלת מופעי

לשמוש ביתי ותעשיתי

לפי תקן VDE 0664/3.63.

זמן ניתוק פחות מ-20 מילישניות.

כושר ניתוק 3000 אמפר.

אורך חיים 20,000 פעולות.

התקנה באמצעות ברגים או חיבור למסילת

DIN סטנדרטית.

מהדקים מתאימים למוליכים עד חתך 25 ממ"ר.

דרגת אטימות IP20. IP30 עם כיסוי מהדקים).

מתאים להפיכת חבורי "הזנה" ו"יציאה".



תדיראן

חרושת השקה

רח' המרכבה 29 חולון, ת.ד. 33 — טל. (03)809141 טלקס 35436

למידע נוסף סמן מס' 265

מערכות לחסכון אנרגיה

בקרים לניהול ולתזמון עומסים.
 בקרי שיא ביקוש.

התקנים לבקרת מזגני אוויר
 START-STOP TIMER.

התקנים לבקרת יחידות סליל
 מפוח במיזוג אוויר מרכזי.

מגוון שלם של מתאמי פיקוד
 ויחידות קצה ליישום מלא
 של המערכות.

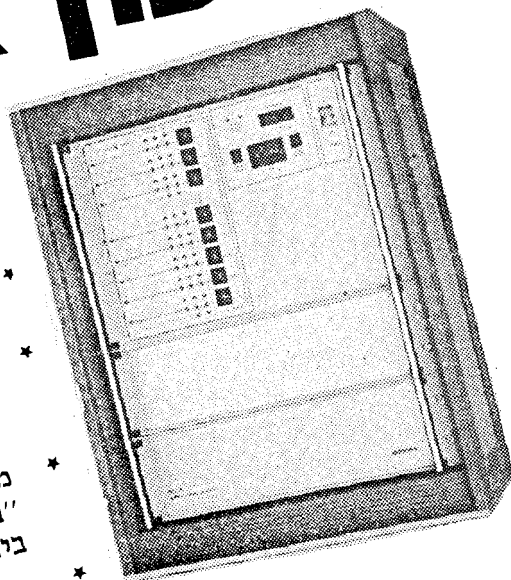
מערכות מתוצרת ישראלית
 "ביטרוניקס" מותקנות
 ביותר מ-100 מתקנים בארץ.

ההתקנות הן בשיטת
 TURN KEY PROJECT
 הכוללות סקר הספקה, התקנה,
 הפעלה, הרצה ואחריות.

ברשותנו כל הציוד הנדרש ע"י
 חב' חשמל ו/או המאושר ע"י
 יצרני המדחסים למטרות בקרת
 אנרגיה.

ישום המערכות מלווה בייעוץ
 בבחירת תעריפי חשמל.

הכנת הדו"ח למשרד האנרגיה
 לצורך בקשת מענק.



גד טכנולוגיות בע"מ
 רח' דבנה 30 תל אביב 64920. טל. 253942 (03)

אלקטרה מתכות והנדסה בע"מ

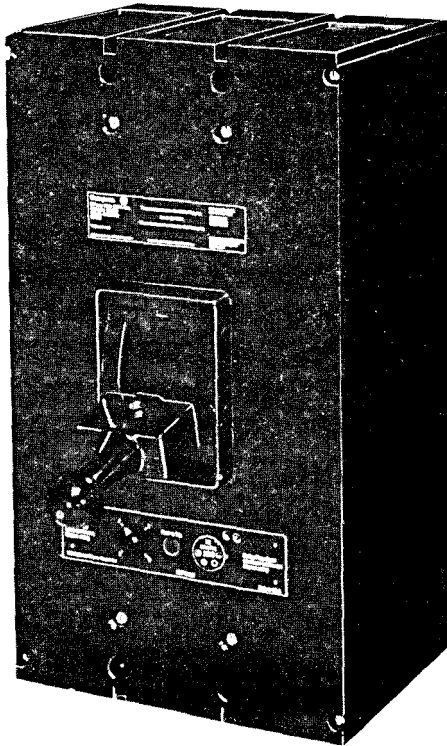
תל-אביב, דרך פתח-תקווה 19, טל. 614631, 614640, 622363

המפסק של שנות ה-80



Westinghouse Seltronic Breakers

בעלי מערכת הגנה אלקטרונית מתכוונת
מפסקים ראשיים
 להגנה על שנאים
 זרם נקוב: 300 - 3,000 אמפר
 כושר ניתוק: 35,000 -
 100,000 אמפר
 השהיה אלקטרונית מתכוונת בזרמי קצר



מערכת הגנה

בפני זרם קצר לאדמה

מתוצרת Westinghouse ארה"ב
 G.F.P. (Ground Fault Protection System)

מערכת GFP תוכננה להגנת מתקני חלוקה בפני זרמי קצר במתח נמוך לאדמה

כוללת:

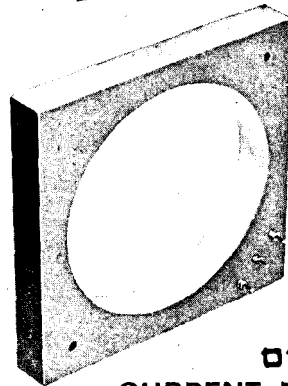
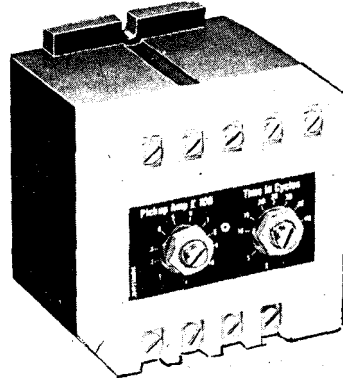
גלאי (SENSOR)

תחום כוון זרם ההגנה:

דגם א: 5 - 60 אמפר

דגם ב: 100 - 1200 אמפר

עם כוון זמן השהיה עד 1.2 שניות



משנה זרם

CURRENT MONITOR

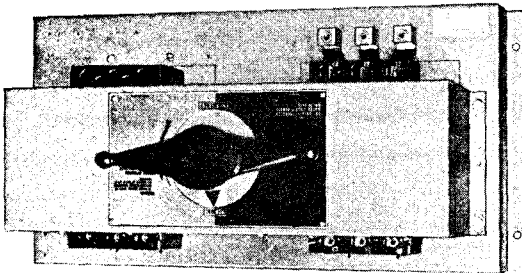
בעל פתח עגול או מלבני (דופן אחת ניתנת לפרוק)

אלקטרה מתכות והנדסה בע"מ

תל-אביב, דרך פתח-תקווה 19, טל. 614631, 614640, 622363



תוצרת- U. S. A. WESTINGHOUSE



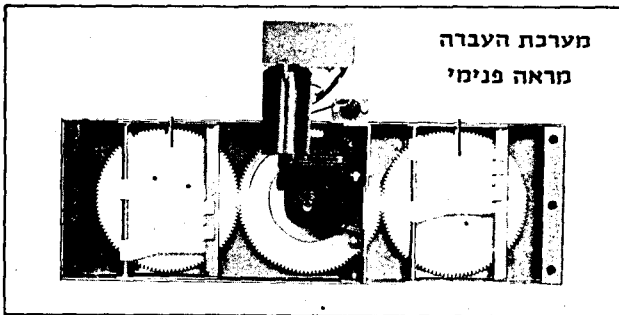
יחידת העברה אוטומטית

ATS AUTOMATIC TRANSFER
SWITCH

המערכת כוללת

2 יח' - מפסיקי זרם חצי אוטומטיים תלת פזיים מדגם SELTRONIC עם הגנות בפני זרם יתר וזרם קצר (השהיית זמן בהגנה המגנטית). כל מפסיק מצוייד במגעי עזר ומערכת הגנה למניעת העברה אוטומטית במקרה של פעילות ההגנות בפני זרם יתר וזרם קצר. המפסיקים כוללים מהדקים לכבלים או חבור לפסי צבירה. (ניתן לספק מפסיקי זרם ללא הגנות).

1 יח' - מערכת העברה אוטומטית הכוללת מנוע להעברה. (מתח פקוד 120 וולט, 50 הרץ). מראה מצב על חזית היחידה מציין איזה מפסיק מחובר. ניתן להפעיל המערכת

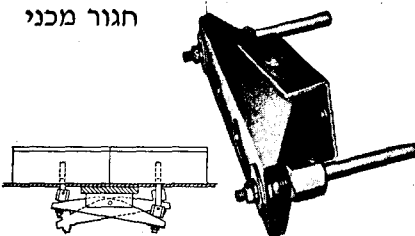


מערכת העברה
מראה פנימי

1 יח' - חגור מכני אפקטיבי המונע משני המפסיקים להיות מחוברים בו זמנית גם באופן ידני

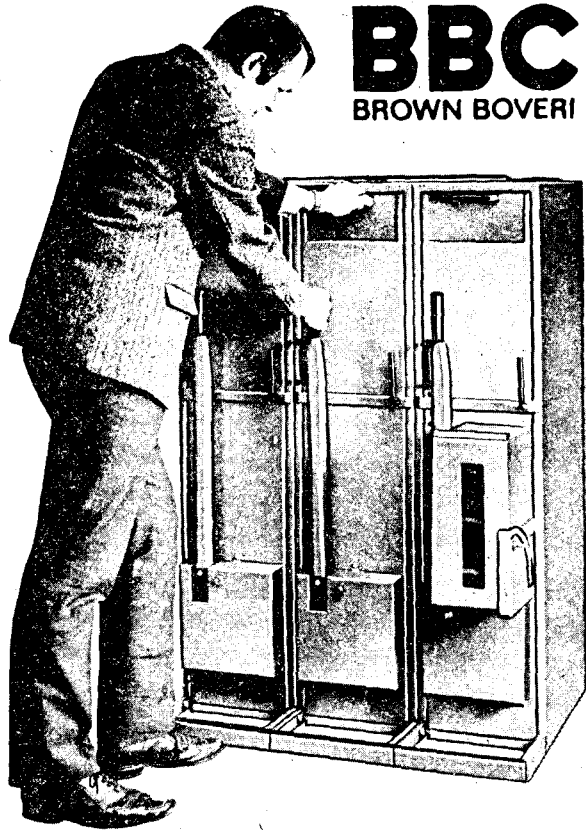
המערכת מיועדת לזרם
2000 — 3000 אמפר
עם כושר נתוק
100000 — 36000 אמפר

חגור מכני



אספקה מהמלאי!

BBC
BROWN BOVERI



מתקן

קונפוקטי

מ"ז עד 24 ק"ז

- מוכן להרכבה ולחבור לרשת מ"ג.
- מורכב במספר שעות - דורש שטח מינימלי.
- מנתק בעומס עד 400 אמפר.
- מנתק בעומס עם מבטיחים להגנת טרנספורמטורים.
- אספקה מיידית.

ELECTROPLAN LTD.

Representatives of:

Brown, Boveri & Co. Ltd.

אלקטרופלן בע"מ

נציגות חברת

בראון, בוברי ושות' בע"מ

משרד: שדרות הנשיא 20 ב', הר הכרמל (רחוב סוכות 9)
ת.ד. 6110 חיפה, טלפון 332320 טלקס 46672



פיקון שיפור מקדם הספיק בע"מ

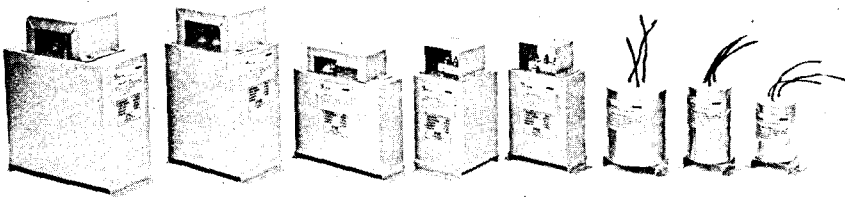
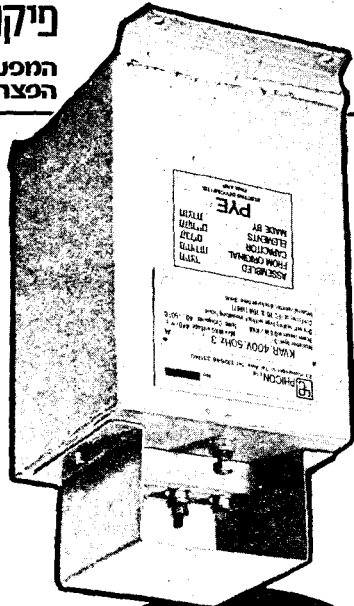
המפעל: רח. החרושת 12 ת"א, טל. 337062
הפצה: רח. נחלת בנימין 98 ת"א, טל. 822461

קבל על הראש

רק קבלי הספק מתוצרת „פיקון”
נותנים להרכבה בכל מצב
אפילו כשהם „עופדים על הראש”

רק קבלי הספק מתוצרתנו
מאחדים בתוכם את כל
התכונות הבאות:

- ✓ מתח עבודה מירבני 440 וולט 50 הרץ
 - ✓ נותנים להרכבה בכל מצב
 - ✓ אטימה כפולה
 - ✓ מיכל יחיד במבחר גדלים -
2.25 עד 100 קוא"ר
 - ✓ מבדדים בולטום - מרחק זחילה
מוגדל לפגיעת קצר בשל אבק ולחות
 - ✓ הפסדים נמוכים
 - ✓ חסכון בתשלום עבור צריכת חשמל
 - ✓ אין בעיות התחממות
 - ✓ תיקון עצמי של הקבל בעת קצר
 - ✓ שטח רצפה קטן להתקנה
 - ✓ מחיר השוואתי נמוך
 - ✓ עמידות בפני שריפה
- ייעוץ והדרכה חינם במפעלך
ושנתיים אחריות



חסוך בהוצאות לאנרגיה - חשמל ודלק!

במפעלי תעשיה, בתי חולים, בתי מלון
מוסדות להשכלה קיבוציים, בניני משרדים
גדולים ומרכזים מסחריים.

ש.ח.א.

שימור וחסכון אנרגיה בע"מ

תל-אביב, סימטת אברהם לב 3 (חיסין 14)
טל. 280 552, 288 398 מיקוד: 64284

חברה הנדסית העוסקת ב:

* מקור ואבחון פוטנציאל החסכון
באנרגיה וכדאיותו.

* תכנון שנויים ושפורים במערכת
צורכות אנרגיה.

* פיקוח והדרכה על יישום וביצוע
המלצות לחסכון באנרגיה.

* ארגון מערכת מניה ודווח על צריכת
אנרגיות ומעקב על רמות נצילות של
מערכות ומתקנית.

* * *

החברה מוכרת ומאשרת ע"י משרד האנרגיה
והתשתית (מבצעת גם שרותים הנדסיים
עבורם)



משרד האנרגיה והתשתית
מעניק תמריצים
ומענקים למפעלים
ומוסדות המבצעים
הפעולות הנזכרות לעיל.

למידע נוסף סמון מס' 272

תנור היוקרה הצרפתי

Sauter

* עיצוב צרפתי אלגנטי.
* בידוד כפול; חסכון בחשמל
למעלה מ-30%.
* הצתה אלקטרונית, הפעלה
והפסקה אוטומטית.

מקור היוקרה



Hotpoint

מיוצר בארה"ב ע"י

GENERAL  ELECTRIC

זהו חיוכה

המקור

רח הרצל · בית הקרנות · טל 668340

למידע נוסף סמון מס' 271

לדשותך צוות אנשי מכירות וקטלוג מוצרים הגדול בארץ

יבואנים ומפיצים בלעדיים:

NIKO
מבסקי חשמל
ביתיים



בלגיה

KÜHNEL

פיחוד
בוטואלקטרי

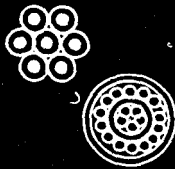


אוסטריה



**CONZEN-
KABEL**

כבלים



גרמניה

FRIEDLAND

פנחונים
לבית
ולחפנטלים



אנגליה

MAEHLER & KAEGE

ציוד חובן
התפוצצות



גרמניה



! קשטון חומרי חשמל בע"מ

תל-אביב 61000 רחוב אלנבי 121 ת.ד. 802 טל. 623854-613208

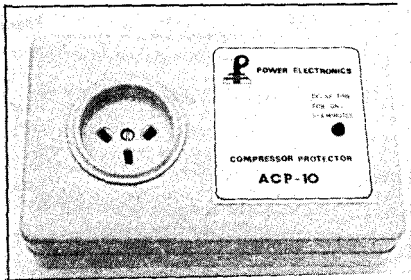
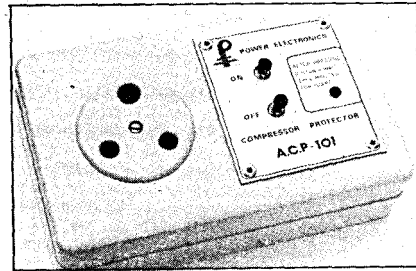
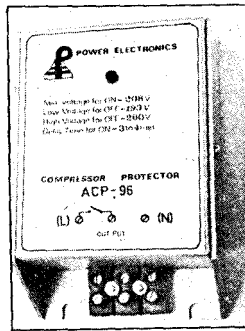
למידע נוסף סמן מס' 273



הנדסת הספק (1980) בע"מ
POWER ELECTRONICS (1980) LTD.

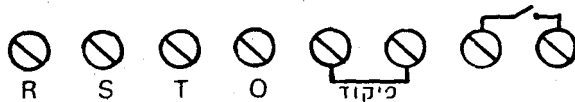
יחידות להגנת מדחסים **ACP 95, 96, 10, 101, 103**

ה - A.C.P. הינה יחידה אלקטרונית הבאה להאריך חיי מזגן האוויר הביתי (חלון), מערכת המזוג המרכזית, או המקרר. זאת ע"י מניעת פעולה בתנאי מתח לא נומינליים והפעלה רק בתנאים האופטימליים עבור הציוד ורשת החשמל.



ביצועי היחידות

- * מניעת הפעלה בתת מתח.
- * הפסקת פעולה בתת מתח.
- * הפסקת פעולה ביתרת מתח.
- * השהיה של כ-3 דקות בין הפסקה להפעלה מחדש (פזור הפעלה).
- * חיסכון באנרגיה ע"י הפעלה START - STOP.
- * תוכנית חיסכון באנרגיה.



איזור התעשייה הצפוני אשקלון ת.ד. 303, טל. 051-27644, P.O.B. 303 ASHKELON

חברת ישראל אלקטרוניקה בע"מ

רח' ארלוזורוב 25, תל אביב ת.ד. 6014 מיקוד: 488-62
טלפון: 03-248213-4-5 טלקס: 03-2266

BBC **GOERZ**
BROWN BOVERI

צבת דיגטלי

למידת זרם עד 1000A
מתח חילופין עד 650V
התנגדות בדיוק של 0.1Ω

מהמלאי!

מחיר 285 דולר
לא כולל מ.ע.מ.

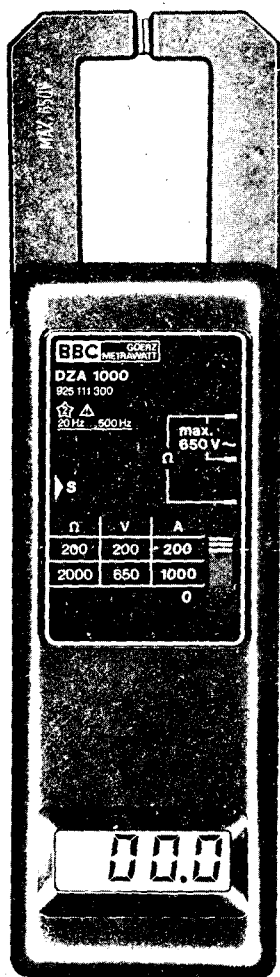
כמו כן:

מוד כופל הספק נייד

(צבת)

מוד הספק נייד

(צבת)

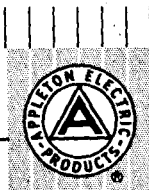


eli adv.

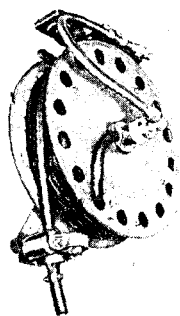
מכשירי מדידה ורישום ניידים, לחות למדידת זרמים ומתחים בכל התחומים, שבאי זרם, מתמרי מתח זרם, מודדי טמפרטורה, רשמים לטמפרטורה, מודדי התנגדות בידוד והארקות.

APPLETON.

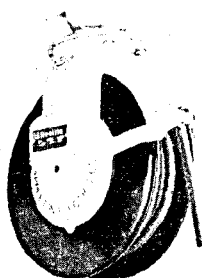
electric company



ציוד חשמלי לתעשייה, מוגן בפני התפוצצות, אטום בפני מים, אטום בפני אבק, לפי NEMA, UL 844, UL 57...
מבחר גדול של גופי תאורה, לחצנים, מתנעים, קופסאות חיבור והסתעפות, מגוון רחב של גלגלות לכל המטרות: חשמל, הארקה, העברת גזים, נוזלים...



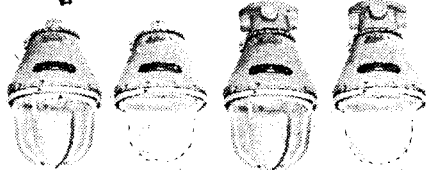
גלגלות



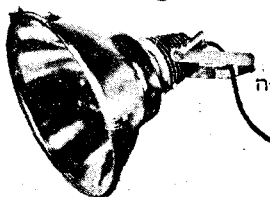
מנורות יד עם גלגלת



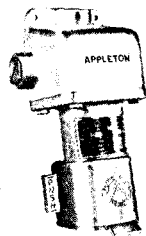
קופסאות הסתעפות



גופי תאורה מוגנים בפני התפוצצות

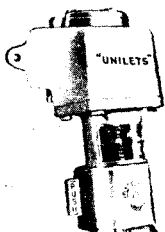


גופי תאורה לתאורת הצפה



CES

שקעים ותקעים תעשייתיים.



CESD

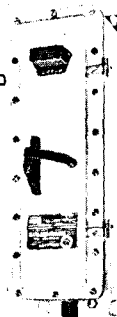


לחצנים



מתגים

מתנעים



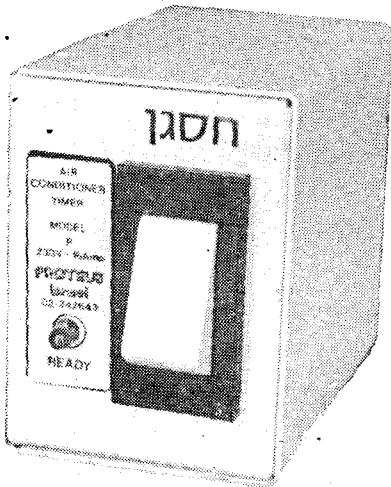
סוכנים בלעדיים בארץ:
חברת רוזנפלד-מצפי בע"מ

ת.ד. 177, רחוב רוטשילד 103, פתח תקוה 49101. טלפון 03-913971, טלקס: 341923, למברקים: רמקויל, פתח תקוה

פרוטיוס ישראל

ציוד לחסכון באנרגיה המתאים למפעלך

רשב"א 24 ירושלים, 92 265 • טל: 02-637887 02-690743



"חסגן"*

מפסק — שעות

לחיסכון

במזגן אוויר

חסגן

- מפסק START - STOP
- השהייה לאחר כל הפסקה
- קוצב זמן להפסקה אוטומטית כל מספר שעות (אופציונלי)

מוצרים אחרים:

- בקרת אנרגיה עם הדגשה בהפעלה קלה.
- בקרת שיא ביקוש.
- חסכון במיזוג אוויר מרכזי.
- חסכון בדוודים לחימום מים.
- חסכון בתנורים אינפרא-אדום.



ENGINEERING LTD.

הטעני מצברים עד 250 אמפר.

הטענים לחלגונות בשטח Wa -10 כפי תקן DIN 41773

ספקי כח מיוצבים עד 500 אמפר.

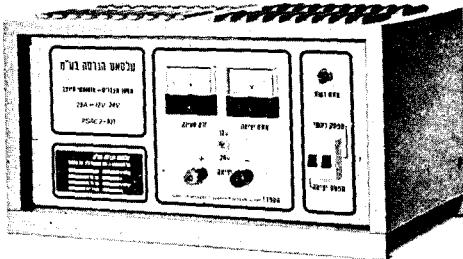
מיישרי זרם לציפוי ולהגנה קטודית עד 1000 אמפר.

זוסי מהירות כמונטי זרם ישר.

מערכות התנעה כמונטי זרם חיכוכי (טריסטורים).

חמרים למתח ותדר.

הטען מצברים- אוטומטי מיוצב



דגם PSAC 2, לפי תקן DIN 41773

- 12v או 24v (נמכט ט"י מסמך בחזית).
- זרם יציאה 25A.
- מוגן בפני מצד מוחלט ביציאה.
- אמין, בנוי בשטח "Full Proof".
- מתח יציאה כפי 2.23v לתא.
- אידי מיים נמוך ביותר.

סלסאט הנדסה בע"מ

רח' הנפח 11, אזור התעשייה חולון
על 80 40 10

למידע נוסף סמן מס' 279

קב-קור

מפעלי בית-אלפא לויסות אוטומטי

תרמוסטטים לקירור דגם 51B

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

תרמוסטטים למזוג-אוויר דגם MA

- לחימום, קירור וחימום-קירור
- למזגני חלון מכל הסוגים
- למזוג אוויר 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 $+80^{\circ}\text{C} \div -30$
- דיפרנציאל של $3^{\circ}\text{C} - 1$

ניתן גם להשיג בקופסת פלסטיק עם שקלת מעלות

בית-אלפא, ד. ג. גלבע, טל. (065)81924

טלקס מס' 46304

מיקוד: 19140

למידע נוסף סמן מס' 278

לידיעת סיטונאים וקבלני חשמל



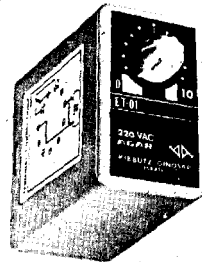
הגברנו ייצור
מפסיקים חצי אוטומטיים
(ממת"ם)
לשוק המקומי.

אפשר להשיג מפסיקים
מ-6A עד L-25A
בכל כמות.

המחירים נוחים ביותר
בתנאי תשלום נוחים.

אחריות ל-3 שנים
לכל
הממת"ם.

לידיעתכם אנו מייצרים כל סוגי קוצבי
הזמן האלקטרוניים (טיימרים)
המותאמים לכל סוגי לוחות בקרה,
לכל מתח ולכל זמן פעולה.

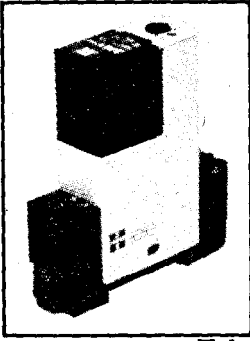


נשמח לספק פרטים במפעל ישירות.

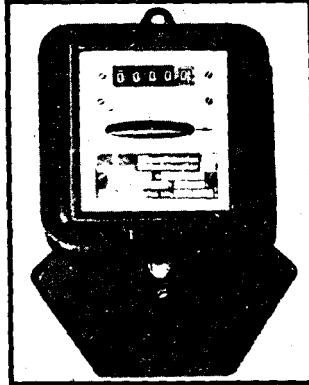
אגד

אלקטרוניקה ומהכת גנוסר

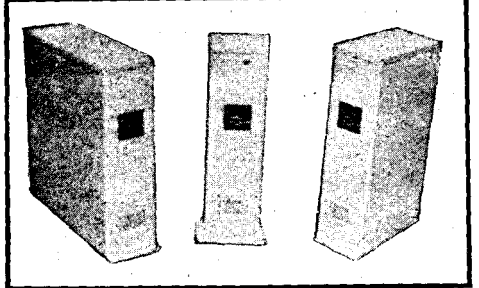
טל. 067-92152, 067-20206, 03-249085



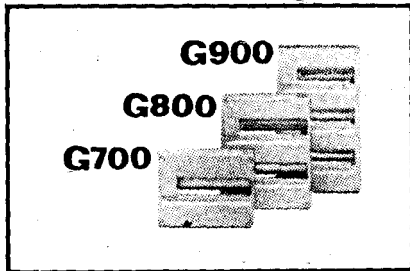
Tele - ממסרי השהייה
אלקטרוניים



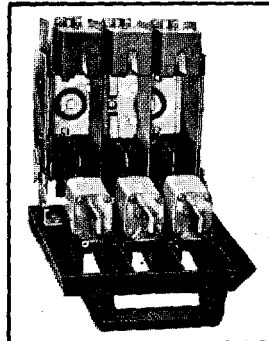
מוננים חד-פזיים ותלת-פזיים
משופצים



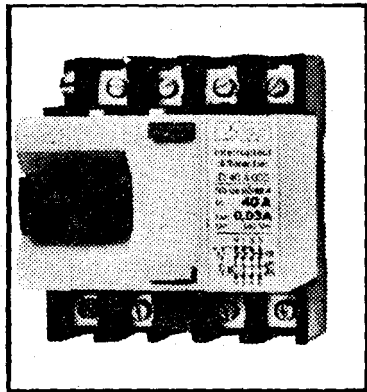
קבלים יבשים דלי הפסדים



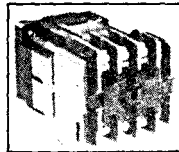
Hager - ארגזי חלוקה וציוד מודולרי



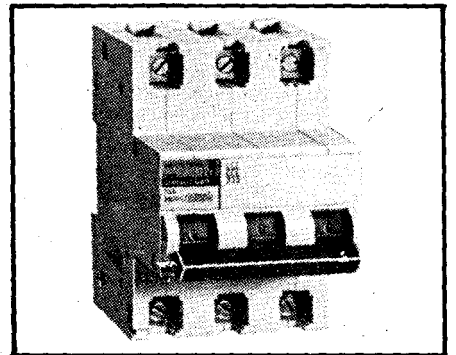
Lindner - מנתק מבטיחים
בעומס



Baco - ממסרי פחת



מגענים



Merlin & Gerin
מפסיקי זרם חצי-אוטומטיים
מודולריים עד 80A

מוצרי חשמל ואלקטרוניקה בע"מ
(חברה בת של אלקו בע"מ)
תל אביב, רח' הארבעה 16, טל 6-269125

אלקוטרדיד



GENERAL ELECTRIC

BACO
CATU
FRAPIL

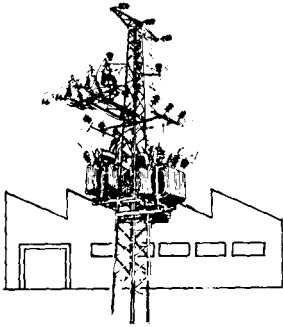
חשוקים ומפיצים של:

HAGER
KRAUS & NAIMER
LINDNER

MERLIN & GERIN
WEBER
TELE
WESTINGHOUSE

קביעת ההספק של שנאי חלוקה על בסיס תצורות החשמל של המפעל

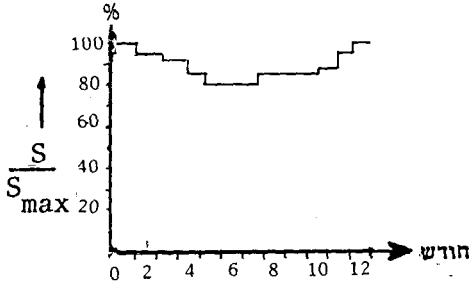
אינג' א.י. איציקוביץ



בדרך כלל ההספק החשמלי הממוצע של מפעל, קטן ממהספק הנומינלי של השנאי המזין אותו. הדבר נובע מהעובדה שהעומס במפעל איננו, בדרך כלל קבוע לאורך 24 שעות היממה והשנאי חייב להיות מסוגל לספק את ביקוש השיא של המפעל. העובדה שהשנאי - מטבע הדברים - כאמור לעיל, איננו מועמס כל הזמן במלוא העומס, משפיעה על אורך החיים שלו בכיוון החיובי ומאידך מסוגל השנאי לעמוד בפרקי זמן קצרים גם בתנאי העמסת יתר מסויימים.

ציור מס' 2

דוגמא לעקומת עומס שנתית במפעל מתכת.



A — השטח המוגבל על ידי מערכת הציורים וקו עקומת העומס היומית (ראה ציור מס' 1).

S_n — ההספק הנקוב של השנאי (קו"א).

α_3 — מקדם העמסת יתר, בגלל תנודות יומיות.

α_n — מקדם העמסת יתר, בגלל תנודות שנתיות.

S_{max} קיץ — ההספק המירבי הנדרש למפעל בתקופת הקיץ (קו"א).

S_{max} חורף — ההספק המירבי הנדרש למפעל בתקופת החורף (קו"א).

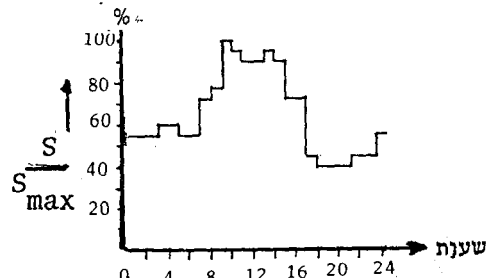
מקדם השימוש

נגדיר את מקדם השימוש כיחס בין ההספק הממוצע בתנאי עבודה רגילים ביום בו הצריכה מירבית, לבין ההספק המירבי באותו יום, להלן — היום הקובע.

$$K_u = \frac{S_{med}}{S_{max}} = \frac{\frac{1}{T} \int_0^T S dt}{S_{max}} = \frac{A}{T S_{max}} \quad (1)$$

ציור מס' 1

דוגמא לעקומת עומס יומית במפעל מתכת.



בחישוב הספק השנאי הנדרש, יש להתייחס לנתונים הבאים:

1. עקומת מהלך העומס היומי האופיינית לתנאי עבודה רגילים שבהם הצריכה מירבית (ציור מס' 1).
 2. עקומת מהלך העומס השנתית (ציור מס' 2).
 3. הביקוש הכולל המירבי המוכתב על ידי העומס הגדול ביותר שעשוי להופיע במפעל בתנאי העמסת יתר הנדרשים על ידי תהליכי הייצור בתנאים הקשים ביותר.
- יש להדגיש כי עקומות העומס, שונות ממפעל למפעל והן מוכתבות על ידי סוג העבודות, תוכניות הייצור, משטר העבודה והתנאים הסביבתיים.

בהמשך ההסבר נתייחס לסימונים הבאים:

- K_u — מקדם השימוש.
- S_{med} — ההספק הממוצע ביום הקובע (קו"א).
- S_{max} — ההספק המירבי ביום הקובע (קו"א).
- T — 24 שעות.
- S — ערך רגעי של ההספק (קו"א).

אינג' א.י. איציקוביץ - מחלקת אחזקת הרשת במחוז הצפון, חברת החשמל.

העמסת יתר של השנאי

כדי למנוע העמסת יתר של השנאי שמחושב לפי ההספק המירבי הנדרש, צריך להביא בחשבון 2 גורמים כדלקמן:

א. העמסת יתר מותרת על סמך תנודות יומיות של ההספקים המחושבים לפי „עיקרון 3 האחוזים“. לפי עיקרון זה, עבור הקטנה ב-10% של מקדם השימוש K_u , מותרת העמסת יתר של השנאי ב-30% מעל ההספק הנקוב S_n של השנאי.

$$\alpha_3 = 3 \frac{100 - K_u}{10} [\%] \quad (2)$$

ב. העמסת היתר המותרות בהתבסס על התנודות השנתיות של ההספקים, מחושבת על פי ה„עיקרון של n אחוזים“.

לפי עקרון זה, עבור n אחוזים של תת-העמסה (בדרך כלל בתקופת הקיץ) יחסית להספק הנקוב S_n של השנאי, אפשר להעמיס יותר את השנאי בתקופה הקשה (חורף) ב-n אחוזים אבל לא לעבור על 15%, לכן:

$$\alpha_n = 100 \frac{S_n - S_{\max} \psi}{S_n} [\%] \quad (3)$$

$$\alpha_n \leq 15\%$$

כושר העמסת יתר כולל של השנאי

כושר העמסת יתר כולל של השנאי — בגלל תנודות יומיות ושנתיות יהיה:

$$\alpha = \alpha_3 + \alpha_n \quad (4)$$

וזאת בלי לעבור על 20% עבור שנאים המותקנים במבנים ר-30% עבור שנאים המותקנים בחוץ (בגלל הצטברות חום).

לבחירת הספק השנאי, צריך לקחת בחשבון העמסת יתר כוללת α . על ידי זה מבטיחים אספקת העומס המירבי הדרוש במפעל בתקופה הקשה (תקופת חורף)

$$S_{\max} \psi \leq S_n + \alpha S_n \quad (5)$$

$$S_n \geq \frac{S_{\max} \psi}{1 + \alpha} \geq \frac{S_{\max} \psi}{1 + \alpha_3 + \alpha_n}$$

אם מחליפים α_3 ו- α_n לפי נוסחות [2] ו-[3], אפשר לחשב את ההספק הנקוב של השנאי לפי

$$S_n \geq \frac{S_{\max} \psi + S_{\max} \psi}{2 + \frac{3}{10} (1 - K_u)} \quad (6)$$

כל האמור לעיל מחושב כאשר השנאי נמצא בטמפרטורה מירבית של 35°C ומזערית 25°C-.

דוגמת חישוב

— ההספק המירבי הדרוש למפעל בתקופת החורף

$$S_{\max} \text{ חורף} = 691 \text{ מו"א}$$

ראה מאמר — „הספק המחושב של מפעל“ (התקע המצדיע“ מס' 18, עמ' 11).

— ההספק המירבי הדרוש למפעל בתקופת קיץ (יולי—ספטמבר) לפי עקומה מס' 2

$$S_{\max} \psi = 0.85 S_{\max} \text{ חורף} \\ = 0.85 \times 691 = 587.3 \text{ קו"א}$$

— מקדם השימוש לפי נוסחה [1]

$$K_u = 64.2\%$$

— הספק הנקוב של השנאי לפי נוסחה [6]

$$S_n = \frac{691 + 587.3}{2 + \frac{3}{10} (1 - 0.642)} = 608.7 \text{ קו"א}$$

בהתאם לכך בוחרים בשנאי תקני של 630 קו"א.

במקרה שלנו העמסת יתר של השנאי היא 17.5% לפי נוסחות (2) (3) (4)

$$\alpha_3 = 3 \frac{100 - 64.2}{10} = 10.7\%$$

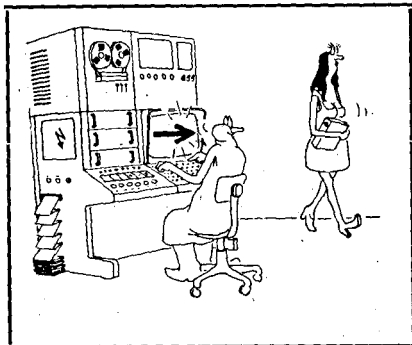
$$\alpha_n = 100 \frac{630 - 587.3}{630} = 6.8\%$$

$$\alpha = 10.7 + 6.8 = 17.5\%$$

לסיכום

המתחבה הראשונה (והמוטעית) של איש החשמל במפעל היתה עשויה להיות בכיוון בחירה (מתוך סדרת השנאים המוקבלת — 100, 160, 250, 400, 630 קו"א) של הצורך 2×400 קו"א, עבור העומס המירבי הנ"ל שהוא 691 קו"א. שכן צורך של 100 קו"א + 630 קו"א לא נראה מעשי בגלל בעיות של עבודה במקביל.

אבל מודעות לענין נושא מקדם השימוש כפי שתואר במאמר זה מובילה למסקנה שניתן להסתפק בצורה רציונלית בשנאי אחד של 630 קו"א.



תפיסה ושיטות בבקרה וניהול של העומס החשמלי

אינג' א. גרינולד

עליית מחירי החשמל בשעור ניכר והמשקל ההולך וגדל של מרכיב הביקוש בהוצאות החשמל, מחייבים שימוש באמצעים ניהוליים ואלקטרוניים לניהול העומס ובקרת שיא הביקוש.

בשורות אלו נדון באמצעים האלקטרוניים לניהול העומס לבקרת שיא הביקוש. הטיפול בשני הנושאים הנ"ל הוא שונה, הן מבחינה פונקציונלית ותעריפית והן משיקולי יישומי המערכות במתקן המטופל.

מערכת לבקרת שיא הביקוש

שיא הביקוש משפיע כיום בשני מישורים על חשבון החשמל:

— שיא ביקוש חודשי — ההספק הממוצע על פני 15 דקות הגבוה ביותר אשר נמדד במשך החודש הנידון. גובהו של שיא הביקוש החודשי קובע את המחיר לקוט"ש בצריכה נתונה.

— שיא ביקוש שנתי — שיא הביקוש החודשי הגבוה ביותר במשך 12 חודשי החיוב האחרונים כולל החודש הנידון.

גובהו של שיא הביקוש השנתי קובע תשלום לקוט"ש.

בהתאם לתעריפי חברת החשמל מ-6.11.80, למשל, מגיע החסכון בגין הפחתת 1 קוט"ש משיא הביקוש החודשי מדי חודש ל-484.8 שקל לשנה בתעריף 54 לתעשייה לצרכן המשתמש לפחות ב-450 שעות בשיא העומס.

דרישות אלמנטריות ממערכת לבקרת שיא הביקוש:

- אפשרות חיזוי, נקיטת פעולה בשלבים מוקדמים של אינטרוול המדידה.
- אופטימיזציה של הדרישות הסותרות בין מהירות תגובה לדיוק חיזוי.
- סינכרון לאינטרוול המדידה של חברת החשמל.
- אפשרות תכנות נוחה לפרמטרי הבקרה היעקריים:
- מטרת שיא הביקוש.
- משקל הפולסים.
- עדיפות העומסים.
- משך זמן ניתוק / הורדת רמת הפעילות של העומסים (התניית זמן על סדר הניתוק).
- בצוע אסטרטגיה מיוחדת לאחר הפסקת החשמל.

מערכת לתיזומון וניהול עומסים מיועדת לקביעה של משטר פעילות אופטימלי (משיקולי אנרגיה) של צרכני החשמל השונים

המאפיינים העיקריים במערכת לתיזומון עומסים:

— הפעלה והפסקה של עומסים חשמליים על בסיס זמן (שעה, יום, תאריך וכד') בהתאם לתכנית ייצור במפעלי תעשייה, ותכניות פעילות שוטפת (נוהלי עבודה, מנוחה, הפסקות), במתקנים אחרים כבתי מלון, אוניברסיטאות, בנייני משרדים, משקים קבוציים וכדומה.

ביצוע סבב (CYCLING) של עומסים על בסיס זמן.

ביצוע פעולות הפעלה, הפסקה וסבב על בסיס נתונים מהשטח (טמפרטורה, לחות, לחץ אוויר, רמת תאורה וכד').

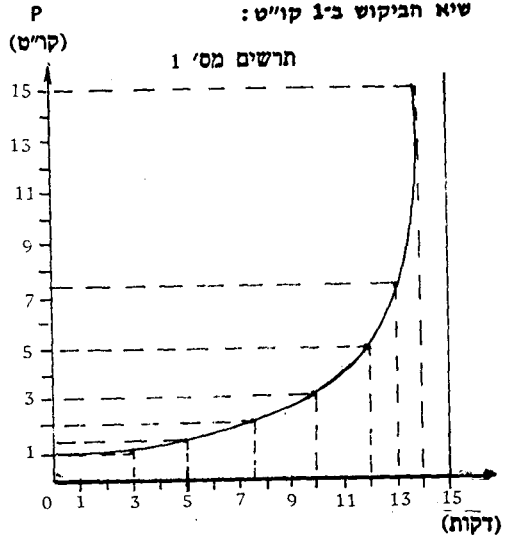
רשימת דרישות ממערכת לתיזומון עומסים:

- מספר העומסים הנשלטים.
- מחזור התוכנית (יום, שבוע).
- מספר פעולות לעומס וליום.
- סבב (DUTY CYCLE).
- מספר פעולות הסבב השונות לעומס וליום.
- תכנית ליום מיוחד.
- הכנסת יום מיוחד על בסיס תאריך (לוח-שנתי).
- מספר הימים המיוחדים.
- גיבוי לזכרון במקרה של נפילת הרשת (BATTERY BACK-UP).
- אפשרות הטענה וקריאת תכנית מרחוק.
- הפעלה בשלבים (STAGED OPERATION)
- המערכת לתיזומון עומסים מביאה לחסכון בקוט"ש ומתחברת, בדרך כלל, אל צרכנים אזוריים בעיקר קטנים ובינוניים במפוחים אזוריים, מזגני אוויר, משאבות וכדומה.

אינג' א. גרינולד — מהנדס יעץ, ג'ד טכנולוגיות בע"מ.

בקרת שיא ביקוש הצדקת הצורך בחיזוי

חישוב העומס שיש להדמים על-מנת להוריד את
שיא הביקוש ב-1 קו"ט:



אינטרוול המדידה $T = 15 \text{ min}$
העומס הנשלט P : מודם t דקות.

מתחילת האינטרוול.

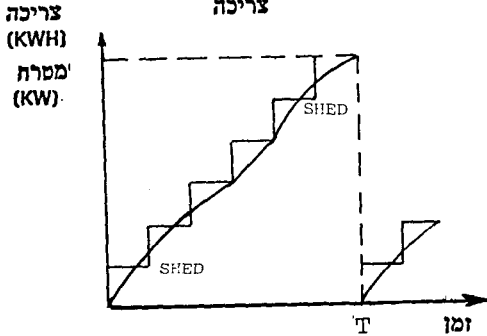
על-מנת להוריד 1 קו"ט:

$$1 = P \times \frac{15-t}{15}$$

$$P = \frac{15}{15-t}$$

תרשים מס' 2

חיזוי על ידי קו מדרגות
צריכה



המערכת לבקרת שיא הביקוש שולטת, בדרך כלל, על מספר לא גדול של עומסים גדולים כמדחסים, תנורים וצרכנים אחרים בעלי אנרגיה תרמית גבוהה או בעלי מלאי ביניים מתאים (BUFFER) ביישום מערכת לבקרת שיא ביקוש נודעת חשיבות רבה לפרמטרים הבאים:

- האפשרות להתקנת ממשק בין בקר שיא הבי-קוש לעומס באופן שיאפשר במקרים מסוימים הורדת רמת הפעילות ולאזן דווקא ניתוק העומס הנשלט.
- אפשרות לעקיפה ידנית של פקודות הבקר על גבי העומס הנשלט.
- אפשרות להתניית בצוע פקודות הבקר בהתאם לנתונים מהעומס הנשלט או מהסביבה, כלחץ אויר, לחץ מים, טמפרטורה וכו'.
- במקרים מסוימים יש טעם לבחון את האפשרות להתחבר ולהפעיל את גנרטור החרום ברגעי מגמת תריגה משיא ביקוש מוסכם. ברור שפעולה כזו יש להאם עם הגורמים המתאימים בחברת החשמל.

נשלמת הקמת טורבינות-גז - באילת

צוות, מתוגבר של אנשי הביצוע בחברת החשמל משלים בימים אלו את הקמתה של טורבינות-גז באילת. בקרוב יחלו אנשי מחלקת טורבינות-גז של אנשי התפעול בחברה בעבודות בדיקה והריצה סופיות לקראת ההפעלה המתוכננת לחודש אפריל.

הקמתה של טורבינת הגז באילת באה לענות על צורך דחוף באבטחת מקור עצמאי לייצור חשמל לעיר הדרומית. כזכור הופסקה לפני כחצי שנה פעולה של תחנת-הכוח הקטנה באילת, שהיתה לא יעילה מבחינת תצרוכת הדלק שלה. אילת סבלה בשנה האחרונה מהפסקות חשמל שנגרמו עקב פגיעות בקווים הראשיים לעיר, מירי של צה"ל בשטחי האימונים החדשים שהועברו מסיני לגב.

כדי לענות על הבעיה הוחלט על פעולה משולבת - מצד אחד החל מחוז הדרום להעתיק קו מתח עליון באורך 36 קילומטרים ולהרחיקו משטחי האימונים הצבאיים. מצד שני - הוחלט להקים טורבינות-גז באילת.

היכולת הנקובה של היחידה של 18 מגו"ט. המתח בהדקי הגנרטור 11.5 ק"ו וההתחברות למערכת היא, דרך שנאי, לקו 33 ק"ו. (ראה תמונה בשער הקדמי).

שימוש בחומרים חדישים בכבלי מתח נמוך

אינג' א. שטיינר

חלוקת אנרגיה בישראל בוצעה במשך שנים רבות באמצעות קווים אויריים בלבד. הסיבה לכך היתה, ששיטה זאת פשוטה יחסית; המוליכים היו קלים, העמודים לא מסובכים ולא היתה דרישה בטוחותית ובטחונתית להוריד את הקווים מתחת לפני הקרקע עד היום יש עוד מקומות רבים בארץ שאפשר לראות בהם קווים עיליים במתח נמוך אך הנטיה התכנונית היא לעבור לכבלים תת־קרקעיים, במיוחד בערים הגדולות כגון תל-אביב, ירושלים וחיפה בהם קיימת הוראה מפורשת להתקנת קווים במתח נמוך תת־קרקעיים בלבד. בשנות ה-70 השלישים התחילו בארץ בשימוש בכבלים תת־קרקעיים, מתח נמוך, עם בידוד נייר רווי שמן. כבלים אלה אפשר לראות בשימוש עד היום. הכבלים היו בזמנו אמינים, אך יקרים ומסובכים וכל תיקון היה לוקח זמן רב וציוד מסובך.

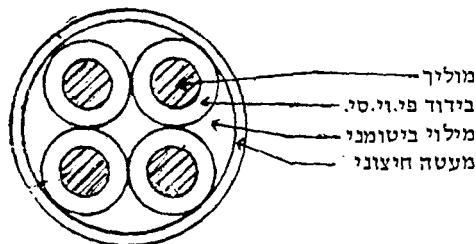
לפני יותר מעשרים שנה התחילו בארץ בשימוש בכבלים פלסטיים שנמצאים בשימוש עד היום. כבלים מסוג זה הם כבלים פשוטים הז מבחינת המבנה והן מבחינת האביזרים המיועדים לכבלים אלה.

מבנה הכבלים

יש לקחת בחשבון שכבלים מהסוג הזה לא מוגנים בצורה מספקת מבחינה מכנית ויש לקחת בחשבון אספקט זה בזמן תכנון הרשת. יש אומנם אפשרות להגביר את המודעות של הגבה בפני פגיעות מכניות אבל על כך ידובר במקום אחר

תרשים מס' 1

מבנה של כבלים לא משוריינים:



כבלים מסוג זה מוכרים בארץ בסימול "טבט" אך בדרך כלל משתמשים בסימול לפי התקן הגרמני "NYY" (כאשר מדובר במוליך נחושת) או "NAVY" (כאשר מדובר במוליך אלומיניום).

כבלים משוריינים.

כבלים משוריינים הם כבלים בעלי בידוד וגם מעטה חיצוני מפי.וי.סי. המוליך שלהם יכול להיות מנחושת או מאלומיניום.

ההבדל בין כבלים משוריינים וכבלים לא משוריינים הוא שכבלים משוריינים מוגנים יותר בפני פגיעות מכניות אך תכונה זו באה על חשבון הגמישות והקושי בהנחת הכבל. השיריון מגן על הכבל במיקרים של פגיעה מכנית על ידי בן אדם בלבד. בעת

במסגרת מאמר זה אין צורך להכנס לפרטים של כבל מ.נ. עם בידוד נייר רווי שמן, בגלל העובדה שהוא יצא משימוש. הכבלים הקיימים עם בידוד פלסטי הם כבלים עם בידוד פי.וי.סי. כבלים מסוג זה אפשר לחלק לכמה קבוצות:

חלוקה לפי מוליכים:

- א) כבלים עם מוליכי נחושת.
- ב) כבלים עם מוליכי אלומיניום.

חלוקה לפי מבנה המוליכים:

- א) מוליכים מלאים עגולים.
- ב) מוליכים מלאים סקטוריאליים.
- ג) מוליכים שזורים עגולים.
- ד) מוליכים שזורים סקטוריאליים.

חלוקה לפי הגנה מכנית:

- א) כבלים משוריינים.
- ב) כבלים לא משוריינים.

כבלים לא משוריינים.

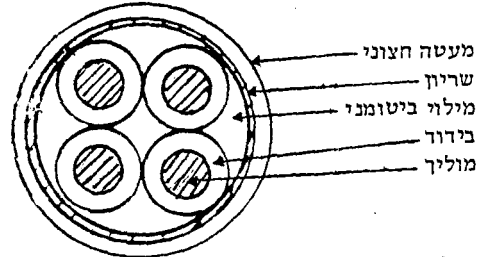
הכבלים הלא משוריינים הם כבלים בעלי בידוד ומעטה חיצוני מפי.וי.סי המוליך שלהם יכול להיות גם מנחושת וגם מאלומיניום. כבלים אלה הם בעלי גמישות גבוהה. נוחים להתקנה וזולים בהשוואה לשאר סוגי כבלים מ.נ.

אינג' א. שטיינר — הרשת הארצית, חברת החשמל.

התקדמות בטכניקה של מכונות החפירה הגדולות אין שום שיריון שיכול להגן הגנה מוחלטת על הכבל בפני פגיעה. מסיבה זאת מתפתחת עכשיו שיטה אחרת שתתירע לפני פגיעה מכנית בכבלים.

תרשים מס' 2

מבנה של כבלים משוריינים



בעולם וגם בארץ מייצרים שני סוגים בסיסיים של כבלים משוריינים.

סוג ראשון הוא כבל עם שריון של שני פסי פלדה ברוחב של 60-80 מ"מ ובעובי של 0.8 מ"מ.

כבלים אלה הם בעלי הגנה מכנית גדולה ביותר אך עם גמישות קטנה ביותר. סוג זה זול יותר מהסוג השני והוא בשימוש במיוחד בצרכנות הפרטית בארץ.

סוג שני הוא כבל עם שריון של פסים רבים וצרים של פלדה בצורה גלית. כבל זה אינו נופל בהרבה מבחינת הגנה מכנית בהשוואה לסוג הראשון, אך הוא גמיש הרבה יותר. הוא יקר יותר ומשתמשים בו במיוחד בחברת החשמל.

הסוג הראשון מוכר בארץ בסימון "טשבת" או בסימון לפי תקן גרמני "NYBY".

הסוג השני מוכר בארץ בסימון "טמבנט" או "NYFGby".

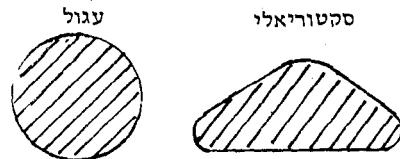
מבנה המוליכים

היני וריה של התפתחות הכבלים הוצאו צורות רבות, שונות ומשונות של מוליכים, אך כעת הגיעו לשתי צורות בסיסיות של מוליכי הכבלים.

צורה ראשונה היא צורה עגולה והצורה השניה היא סקטוריאלי

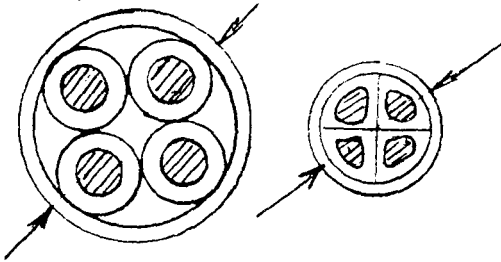
תרשים מס' 3

מבנה המוליכים



ההבדל העיקרוני בין שתי הצורות הוא בחיטוכו. במקום במבנה הכללי של כל הכבל מבלי לשנות את התק המוליכים.

תרשים מס' 4



מבחינת מבנה פנימי של המוליכים יש גם שתי צורות. צורה ראשונה היא מוליך יצוק שיכול להיות עגול וגם סקטוריאלי. הצורה השניה היא מוליך שזור. ההבדל ביניהן הוא בגמישות המוליך.

חומרים חדישים בכבלים

לפני שנתחיל לנתח את החומרים החדישים צריכים לדעת מה קיים כעת ומה אפשר לשפר. מבחינת מוליכים אין מה לחדש לעומת הקיים. נחושת ואלומיניום הם המתכות השימושיות ביותר. מוליכים ממתכות עם מוליכות גדולה יותר לא ניתנים ליצור המוני במחיר מתקבל על הדעת.

יש אפשרות לשנות בצורה משמעותית את מבנה המוליך וזאת על ידי שזירת המוליך באמצעות גידים רבים דקים העשויים מנחושת. בכך מתקבל מוליך גמיש ביותר, אך כבלים אלה יקרים מאוד ומסיבה זאת שימושם מוגבל מאוד.

את החידושים הגדולים ביותר ניתן לראות בהתפתחות חומרים פלסטיים שמשמשים בהם כבידוד וכמעטה חיצוני.

כעת משתמשים בכבלי מתח נמוך מתוצרת הארץ אך רק ב- פי.וי.סי. תכונותיו של ה-פי.וי.סי. הן:

(א) גמישות גבוה מאוד.

(ב) עמיד בלחות.

(ג) עמיד בטמפרטורה עד 70°C .

(ד) ניתן לשימוש במתחים עד 10 ק"ו.

(ה) כבה מאליו אך מייצר כשריפה גז שמזיק לכריאות וגורם לקורוזיה חזקה של נחושת.

את התכונות של ה-פי.וי.סי. לשימוש בבניית כבלים אפשר לסכם כחוביות. הבעיה הגדולה ביותר היא ההגבלה בטמפרטורה עד 70°C . בארץ, בתחנות טרנספורמציה פנימיות בגלל טמפרטורת סביבה ובגלל התחממות האביזרים בתחנה, ניתן להגיע לטמפרטורה של $50-55^{\circ}\text{C}$. עובדה זאת מקטינה בהרבה את כושר העברת הזרם בכבלים ומכריחה אותנו למצוא חומר שיכול לעמוד בטמפרטורה גדולה יותר.

אביזרים לכבלים

קיימים אביזרים רבים לכבלים בכל רמות המתח. באופן עקרוני אפשר לחלק אותם לשתי קבוצות בסיסיות:

- (א) סגירות סופיות. (ראשי כבל).
- (ב) חיבורים (מופות).

בשני השטחים היתה בעשור אחרון התפתחות גדולה ביותר וזאת בעיקר בגלל התפתחות החומרים הפלסטיים.

סגירות סופיות

תפקיד הסגירה הסופית הוא לגמור את קצה הכבל משתי בחינות. ראשית, להוות הפרדה חשמלית בין הפזות השונות ובין האפס והארקה במקומות שד בידוד אינו מספיק טוב כמו בתוך הכבל. שנית, 'להוות' אטימה נגד כניסת רטיבות לתוך הכבל.

בעבר לא היתה מודעות גדולה לסגירות סופיות במתח נמוך, דבר שגרם לבעיות רבות בזמן התפעול. כיום מכירים שני סוגים בסיסיים לסגירות סופיות לכבל מתח נמוך:

- (א) סגירות אפוקסי.
- (ב) סגירות מתכווצות.

סגירות סופיות מאפוקסי.

התפקיד העיקרי של אפוקסי הוא למנוע כניסת לחות לתוך הכבל במקום פיצול הגידים. אפוקסי הוא חומר עמיד ברטיבות אך אינו גמיש ויכול להיטק בגלל תזוזות הכבל הנוצרות עקב התפשטות התרמית ולכן שיטה זאת יוצאת עתה מהשימוש ועי וברים לשיטה שניה של סגירות סופיות מתכווצות.

בעולם התחילו לפתח סוגים שונים של חומרים פלסטיים לשימוש בכבלים. הסוג הראשון היה פוליאטילן שנתוניו החשמליים טובים יותר מ-פ.ו.י.סי. וניתן להשתמש בו עד למתח של 40 ק"ו.

נתון זה לא מסייע לנו בשימוש בכבלים למתח נמוך. מבחינת טמפרטורה יש לו גם הגבלה בשימוש עד 70°C , ואז הוא אינו מתאים לשימוש כתחליף ל-פ.ו.י.סי. בכבלים למתח נמוך. למרות זאת שימושי הפוליאטילן בכבלים למתח גבוה (גם מתוצרת הארץ)

אחרי עיבוד כימי יכול הפוליאטילן לקבל צורה שונה המוכרת בארץ בשם פוליאטילן מוצלב או בסימן XLPE. פלסטיק זה אינו גמיש כמו פ.ו.י.סי או פוליאטילן רגיל אך נתוניו החשמליים וכושר העמידה שלו בטמפרטורה גבוהה הם טובים יותר ומאפשרים שימוש בטמפרטורה של 90°C לתקופות חירום קצרות ניתן להגיע עד 105°C , עובדה המי אפשרת 'טווח מחייה' גדול יותר. מבחינה חשמלית קיימים כבר בעולם כבלים עם בידוד פוליאטילן מוצלב במתח של 220 ק"ו. סוג זה של פלסטיק מתאים במיוחד לשימוש בכבלים למתח נמוך לא רק בגלל יתרונותיו החשמליים כמו היתרונות התרמיים

הסוג האחרון המוכר כעת בין יצרני הכבלים הוא סוג של גומי מיוחד שכינויו הבינלאומי הוא: ETHYLENE PROPYLENE RUBBER (EPR)

נתוניו החשמליים והטרמיים של החומר הנ"ל זהים לפוליאטילן מוצלב דהיינו עמידה במתח מעל 200 ק"ו וטמפרטורת עבודה של 90°C . ההבדל בין החומרים הוא בגמישות. EPR הנו חומר בעל גמישות גבוהה מאוד (יותר מ-פ.ו.י.סי). החסרון של החומר הנ"ל הוא מחירו היקר ולכן עד היום אין הוא בשימוש רחב בכבלים למתח נמוך.

טבלה מס' 1
סיכום נתונים של חומרים לכבלים

סוג החומר				התכונות
EPR	פוליאטילן מוצלב	פוליאטילן	פ.ו.י.סי.	
400	400	עד 40	עד 10	מתח עבודה מקס' (ק"ו) טמפרטורה מקס' ($^{\circ}\text{C}$)
90	90	70	70	
טובה מאד	לא טובה	טובה	טובה	גמישות שימוש באביזרים מיוחדים.
יש צורך	אין צורך	אין צורך	אין צורך	
גבוה מאד	בינוני	נמוך	נמוך	מחיר עמידה בלחות
בינונית.	לא טובה	בינונית	טובה	

הנחת כבלים

יש חשיבות רבה בצורת ההנחה של הכבלים, הואיל ופגיעות בכבלים בזמן ההנחה יכולים לגרום לתקלות תוך זמן קצר לאחר הפעלתם.

בבחירת שיטת ההנחה יש צורך לבדוק אספקטים שונים והם:

(א) בדיקת תוואי הכבל.

(ב) בדיקת סוג הקרקע.

(ג) בדיקת שריתים שונים שנמצאים בקרקע (כגון: כבלים, צינורות מים, גז, נפט, ביוב וכו').

(ד) סוג ההגנה.

(ה) מידות ההנחה.

(ו) ציוד להנחה.

בדיקת תוואי וסוג הקרקע חשוב לבחירת סוג הכבל. במידה והקרקע בעלת התנגדות תרמית נמוכה אפשר להשתמש בכבל קטן יותר על מנת להעביר את כמות האמפרים הרושה. בזמן האחרון מנסים להוריד את ההגנה המכנית על ידי פלטות הואיל ובעידן הטכנולוגי כיום, פלטות אלה לא יכולות להגן על הכבלים.

השיטה היא להשתמש בסרט סימון המשמש התראה לפני הפגיעה בכבל.

בתרשים מס' 5 רואים את השיטה המקובלת היום. בשיטה זו משתמשים באמצעים שונים להגנה מכנית של הכבלים כגון: פלטות בטון, לבנים, צינורות וכו'. גם הכבלים הם היום ברובם משוריינים וכך מנסים להגביר את ההגנה עליהם.

באירופה, לפני כמה שנים, התחילו לעבור לשיטה יותר חסכונית וזאת אפשר לראות בתרשים מס' 6. בעידן הטכנולוגיה של מכונות החפירה אין למעשה שום הגנה מושלמת על הכבלים ולפיכך יש לעבור לגישה אחרת.

במקום הגנה יש להסתפק בהתראה אפקטיבית בפני פגיעה מכנית הדבר מושג באמצעות סרט אזהרה הנמצא בעומק של כ- 30 ס"מ בקרקע.

כך מבטיחים שבזמן החפירה פוגע המפעיל בסרט, ובצורה ברורה יקבל התראה לפני המשך העבודה שעלולה לגרום נזק לכבל עצמו

סוג זה של סגירות סופיות אפשר לחלק לשני תת סוגים לפי שיטת התכווצות.

(א) התכווצות תרמית

(ב) התכווצות מכנית.

שני הסוגים הללו מבוססים על אותה שיטה, החומר מתכווץ באיזור פיצול הגידים ואוסם את האיזור.

חיבורי כבלים (מופות).

התפקיד של מופה היא לחבר שתי חתיכות כבלים מבחינה-חשמלית ומכנית לכבל אחד.

קיימות שלוש שיטות עבודה:

(א) מופה בשפיכת אפוקסי.

(ב) מופה בהזרקת אפוקסי.

(ג) מופה מתכווצת.

מופה בשפיכת אפוקסי

מופה זאת נפוצה בארץ בהיותה השיטה הזולה ביותר, אך גם הפחות אמינה.

גוף המופה יכול להיות או מתכתי או פלסטי והגוף ממולא באפוקסי בשפיכה. אין שום אפשרות לבקרה על טיב האפוקסי ורמת הבידוד של החיבור.

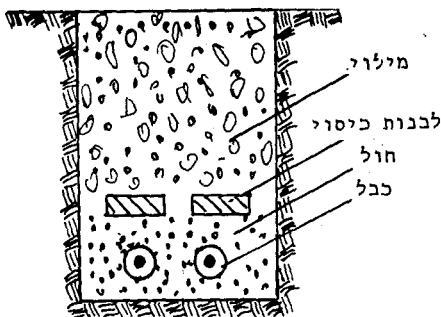
מופה בהזרקת אפוקסי

שיטה זאת מתקדמת בהרבה לעומת השיטה הקודמת. כאן יש בקרה על טיב האפוקסי ורמת הבידוד של המופה. החסרון של שיטה זאת הוא מחיר גבוה יחסית וביצוע מסובך.

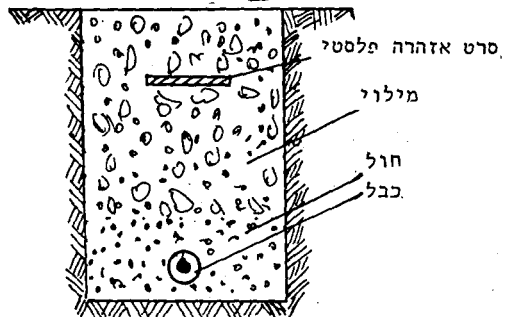
מופה מתכווצת.

שיטה זאת נכנסת באיטיות לשימוש בשוק המקומי. מופה עשויה מחומר מתכווץ, יש לה גמישות גדולה ביותר, להבדיל ממופות אפוקסי שאין להם גמישות כלל. מופה זאת יכולה להיות עם או בלי שריון

תרשים מס' 6



תרשים מס' 5



שילוב האנרגואלקטרוניקה בייצור ובחלוקה של האנרגיה החשמלית

אינג' ד. קרדרור

מבוא

ההתקנים האלקטרוניים הבנויים למיתוג הספקים גדולים, ובעיקר התיריסטור (התקן צורן שהומצא בשנות החמישים) מסוגלים לבוא במקום המתגים המכניים השונים, כך שהמתגים המכניים ישמשו רק לבידוד גלווני של חלקי המערכת. הודות למהירות הפעולה של התקנים אלה משיי גים מטרת נוספות כמו: בקרה רציפה של זרימת האנרגיה והמרת האנרגיה החשמלית לצורת שונות.

שטח האלקטרוטכניקה העוסק בשליטה על הספקים גדולים בעזרת התקנים אלקטרוניים נקרא „אנרגואלקטרוניקה“ (Power Electronics).

האנרגואלקטרוניקה תורמת לתחומים רבים של האלקטרוטכניקה, במיוחד לאלה המנוצלים בתעשייה, בתחבורה ובצבא.

התיריסטור — אופייניו, תכונותיו ושילובו במערכות אנרגיה

ההתקנים האלקטרוניים, כאמור, מנוצלים בין היתר לבקרת זרימת האנרגיה והמרתה לצורה הרצויה לצרכן האנרגיה.

דיודות הספק ותיריסטורים, העשויים צורן גבישי טהור, הינם ההתקנים החשובים ביותר המשתתפים בתהליך הבקרה ו/או ההמרה הנ"ל.

הרכיב המתאים ביותר להחלפת המתג המכני הוא התיריסטור. סימול התיריסטור מתואר בצירוף 1, בהשוואה למתג המכני.

בצירוף 2 מתואר אופיין מתחזרם של התיריסטור. מהאופיין נראה כי התיריסטור יכול להמצא במצב אי הולכה (ז"א — מופסק "OFF") כשהמתח

האשית תרומת האלקטרוניקה ליצירה וחלוקה של האנרגיה החשמלית, היו מערכות קומוניקציה, מערכות לאיסוף מידע ועיבודו באמצעות מחשב, מדידות וכדומה. ייצור חלוקה וניצול נכונים של האנרגיה החשמלית, כרוכים לעתים קרובות בהחלטות ביצועיות מהירות כל כך, שתגובת אנוש אינה יכולה לעמוד בהן.

בעבר, ההחלטות הביצועיות שהתקבלו ממערכות אלקטרוניות שונות תורגמו לפקודות ביצוע, אך ורק באמצעות מנגנונים אלקטרו-מכניים, כמו: ממסרים, מפסקים, מחברים, מגעונים, מנועים וכו'. בזמננו ניתן לבצע פעולות אלו, בעיקר ע"י מיתוג באמצעות רכיבים אלקטרוניים.

המתגים ברשתות אנרגטיות גורמים לשינוי מבנה ארגט הרשת האנרגטית ומבקרים את זרימת האנרגיה, במטרה להפעיל את המערכת הכוללת של הרשת האנרגטית בניצול מירבית. למתגים המכניים, אפילו האמינים ביותר, מגרעות יסודיות:

א. תגובה איטית יחסית לזמן מחזור מתח הרשת.

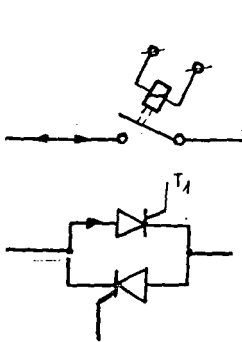
ב. הענות לאותות חשמליים מתבצעת רק דרך מנגנונים אלקטרו-מכניים.

ג. היווצרות קשת חשמלית בזמן המיתוג (מאריכה את משך המיתוג, גורמת לשחיקה והתבלות של המגעיות, הופעת מתח יתר וכו').

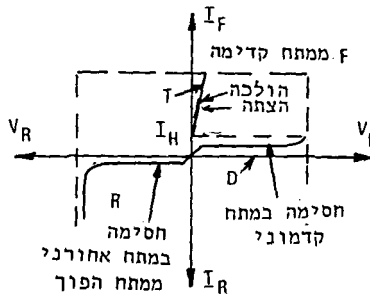
ד. הצורך בתחזוקה קבועה בגלל בלאי מכני.

באמצעות הרכיבים האלקטרוניים החדשים ניתן להתגבר על המגרעות הנ"ל כיוון שהמיתוג נעשה ללא חלקים נעים (Static-Switchgear)

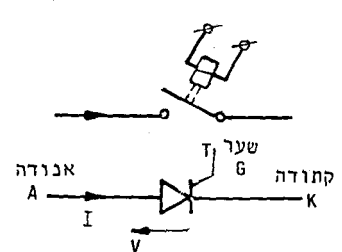
צירוף מס' 3
סימול הסימיסטור



צירוף מס' 2
אופיין התיריסטור



צירוף מס' 1
סימול התיריסטור



אינג' ד. קרדרור-הרשת הארצית, חברת החשמל

מצויר 3 ומצויר 4 רואים כי הסימיסטור מסוגל להוליך זרם בשתי מגמות, בכל כיוון מוליך וני-ריסטור אחד, כאשר השני חסום ואינו מסוגל ל-הוליך.

לפעולה התקינה של התריסטור דרושים אבזורים נוספים כמו גופי קרוור. הגנה בפני מתח וזרם יתר, ומעגלים אלקטרוניים לפיקוד ובקרת פעולתו.

למרות זאת מתחרה התריסטור בהצלחה עם ה-מתג המכני. השימוש בתריסטור כמתג הולך ומת-רחב. בשטחים רבים אף לא נותרו סיכויים למתג המכני ובמיוחד כשדרוש מיתוג מהיר.

הזמן הדרוש לתריסטור לעבור ממצב הולכה (ON) למצב אי-הולכה (OFF) ולהיפך, נמדד ב-מיקרו-שניות. (לפחות בשלושה סידרי גודל מהיר יותר מהמתג המכני) התריסטור ניצת (מתחיל להוליך) כאשר בשער מופיע אות הצתה חשמלי מתאים ונחסם (מפסיג) את ההולכה) כשמופיע אות חשמלי ע"י קומוטציה, כיבוי מאולץ, או אחרי ירידה טבעית של הזרם לאפס.

תחומי שימוש נוספים לתריסטור

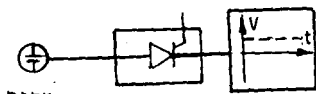
מהירות הפעולה של המתג התריסטורי מאפשרת לבצע בעזרתו פעולות אחרות, נוסף למיתוג חלקי הרשת. אחד השימושים הנוספים והנפוצים של התריסטור הוא בקרה, "רציפה" של זרימת הא-נרגיה (באמצעות מיתוג מהיר יחסית) חיבור ה-עומס למקור ההזנה וניתוקו בזמנים קצובים, ה-קצרים מקבועי זמן התהליך המבוקר, מבטיחים את "רציפות" הבקרה וזאת תוך שמירה על נצי-לות מירבית.

לפני עידן האנרגואלקטרוניקה, אמצעי האלקט-רוטכניקה שאפשרו בקרה רציפה דומה, היו ה-שנאי המשתנה והריאוסטט (הנגד המשתנה). מ-בחירת אופן ההפעלה, מהירות ההפעלה, וברוב המקרים גם מבחינת הנצילות נחותים רכיבים אלה מהרכיבים האלקטרוניים.

צרכני אנרגיה רבים מסתפקים בבקרת מגעונים תריסטוריים, במיוחד כאשר זמני החיבור והני-תוק קטנים יותר ממחזור המתח הסינוסי של ה-מקור. הבקרה נעשית ע"י השהייה של הצתת

ציור מס' 6

בקרה תריסטורית בורס ישר



צרכן מתג תרדסטורי

עליו במגמה כלשהי (ז"א — בממתח הפוך או בממ-תח קדימה), ובמצב זה זליגת הזרם זניחה; או במצב הולכה (ז"א — מחובר „ON") בו מסוגל התריסטור להוליך זרם, אמנם במגמה אחת, אך ב-הפסד מתח זניח.

ציור 2 הינו אופיין מתח-זרם סטטי של התריס-טור, כאשר ברביע F (ממתח קדימה) קיימים שני ענפים: ענף החסימה במתח קדומני D. וענף ה-הולכה T.

לאחר הצתת התיסטור, הוא עובר מענף D לענף T. התריסטור מפסיק להוליך כאשר הזרם יורד לערך האחזיה I_H (Holding current) שערכו קטן ומכאן מקובל לקשור את כיבוי התריסטור עם אפסת זרם ההולכה. כיום גבולות גודל ה-התקן התריסטורי הם קילולטים וקילואמפרים.

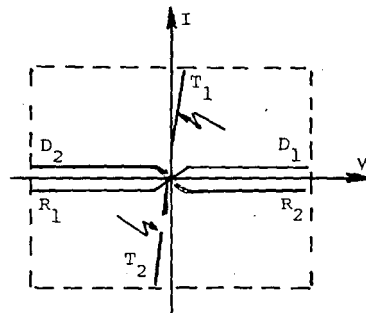
במידת הצורך ניתן להרחיב את הגבולות ע"י חי-בור טורי ו/או מקבילי של ההתקנים.

אם נדרש מהמתג התריסטורי להוליך זרם בשתי המגמות, כמו שמתפקד המתג המכני, אפשר להש-תמש בזוג התקנים המשלימים אחד את השני.

כיום ניתן לרכוש התקן כזה המזווד באריזה אחת משותפת והנקרא סימיסטור (Triac). הסימיסטור הינו התקן המורכב משני תריסטורים המחוברים ביניהם, „גב אל גב" כמתואר בציור 3. את אופיין הסימיסטור נראה בציור 4.

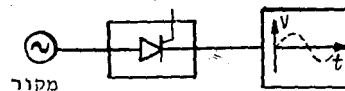
ציור מס' 4

אופיין הסימיסטור



ציור מס' 5

בקרה תריסטורית בורס חילופין



צרכן מתג תריסטורי

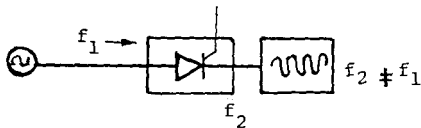
העומס. הדורש זרם ישר, מחובר למקור זרם חיי לופין, כאשר בעזרת מתגים תיריסטוריים מחבר רים אותו בחלקי מחזור מוגדרים בלבד.

כתוצאה מכך המתח על העומס מורכב מקטעי ה- מתח הסינוסי של המקור.

אמנם הזרם אינו ישר באופן אידיאלי, אבל גם זרם המסופק על ידי גנרטור בעל קומוטטור אינו ישר אידיאלית, אלא מיושר.

לפני עידן האנרגואלקטרוניקה שימש המנוע-גנר- טור כממיר זרם החילופין (חוץ מתדירות גבוהות מאד שם נוצלו אמצעי אלקטרוניקה אחרים). היום תהליך ההמרה נעשה באופן בלעדי בעזרת תיריסטורים, כפי שנראה בציור 8 או בעזרת רכיבים אלקטרוניים אחרים.

ציור מס' 8
המרת התדירות של זרם חילופין



קבוצות שימושי התיריסטור והשלכות על הרשת האנרגטית

את אנשי החשמל, העוסקים בבעיות הרשת האנר- גטית מעניינים במיוחד תחומי האנרגואלקטרוניקה המשתתפים או העשויים למצוא שימוש בייצור אנרגיה חשמלית וחלוקתה. או שיש להם השלכות על פעולת הרשת.

נפרט כאן שלוש קבוצות נושאים:

1. מתגים תיריסטוריים המנוצלים לפעולות אופ- רטיביות או למתקני הגנה.
2. מיישרים מבוקרים — ממירים המשתתפים ב- תהליך ייצור האנרגיה.
3. השפעות מזיקות של מתקני האנרגואלקטור- יקה המחוברים לרשת.

- בקבוצה הראשונה משתמשים למחילפי ההס- תעפיות בשנאים (Tap Changing). מערכות חיבור לרשת של סוללות קבלים לתיקון מקדם ההספק ($\cos \varphi$). מתגים מעורבים-מכניים הכוללים מתגים תיריסטוריים, שתפקידם להשתתף בזמן המיתוג למניעת היווצרות קשתות ולזרוז פעולת המיתוג. כאמור, במצב מתמיד של חיבור או הפסקה מ- תפקד המתג המכני בלבד.

- בקבוצה השניה משתמשים. קונבנציונלית, לה- זנת ליפופי עירור של מכונות ולטעינת מצברים. שימוש נוסף לקבוצה זו, נעשה בעזרת הממירים

התיריסטור בכל תחילת מחזור הזנה (Phase Delay Control או בעזרת מקטס (Chopper) מת- אים בזמן כלשהו של מחזור ההזנה של זרם החי- לופין.

סכמתית נראה המצב בציור 5.

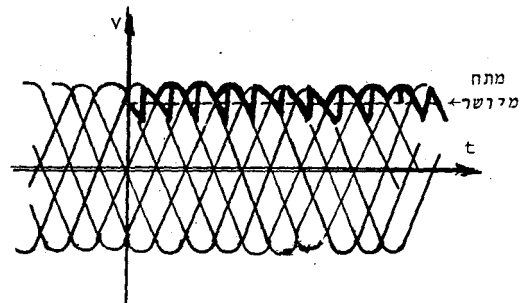
הבקרה בזרם ישר אפשרית בעזרת מקטס מתאים כפי שנראה סכמתית בציור 6.

מהירות הפעולה והשימוש בשיטת ההשהייה של הצתת התיריסטור מאפשרת המרת צורת האנרגיה המסופקת על ידי המקור, לצורה הדרושה לצרכן. כמעט כל האנרגיה החשמלית מיוצרת בעולם על ידי גנרטורים מסתובבים המספקים זרם חילופין בתד- יות 50 או 60 הרץ. בארצות מתועשות כמות עצומה של האנרגיה מנוצלת בזרם ישר, למשל לאלקטרוכימיה, מטלורגיה, תחבורה ותחומים רבים אחרים; או שהאנרגיה מנוצלת בזרם חילור- פין בתדר לא קונבנציונלי.

להמרת צורת האנרגיה השתמשה האלקטרוטכניקה באגרנט „מנוע-גנרטור“. המנוע היה מוזן מהרשת והגנרטור, הצמוד מכנית למנוע, סיפק את הא- נרגיה הדרושה תוך אפשרות בקרה ע"י שינוי עירור הגנרטור (לדוגמא האגרנט Ward Leonard) להמרת צורת האנרגיה, השתמשו גם, באופן חלקי, במיישרים למיניהם, החל ממיישר אדי כספית, מיישרי גז למיניהם, ומאוחר יותר דיודות סל- ניום. גרמניום וצורן. בקרת היישור התקבלה ע"י בקרת סריגי המיישר, או בעזרת מגברים מגנטיים. התקני הצורן — הדיודות והתיריסטור, דחו את האגרנטים המכניים וכן את המיישרים הקדומים. בציור 7 נוכל לראות דוגמא לתהליך המרת אנר- גיה, לצורך יישור מבוקר, הנעשה באמצעות מת- גים תיריסטוריים.

ציור מס' 7

יישור זרם חילופין באמצעות מתגים תיריסטוריים



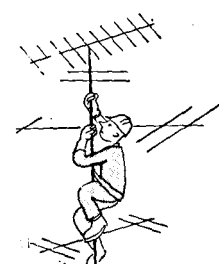
• בקבוצה השלישית נבחון תופעות הקשורות בעצם אופן הפעולה של מתקני האנרגואלקטרוניקה, מיתוג בעזרת מתנים תיריסטוריים בהם המ-קור צריך לספק זרם בלתי סינוסי, הכולל פרט לרכיב המועיל, בתדירות הרשת (הנושא את ההספק הפעיל), גם את הרכיב הריאקטיבי באותה תדירות וכן הרמוניקות בתדירויות שונות, שאינן רצויות ומזיקות לרשת.

המסקנות היוצאות מכך הן להתקין התקנים הידועים:

- א. לצורה סינוסית טהורה של מתח הרשת.
- ב. להספקה של האנרגיה הריאקטיבית הנצרכת.
- ג. לדיכוי ההפרעות המתפשטות ברשת ומשבשות את התקשורת ואת הפעולה של מערכות בקרה. פרט לשלושת קבוצות הנושאים הקשורות ישירות לייצור וחלוקה של אנרגיה ניתן למנות קבוצות חשובות אחרות, כמו ניצול האנרגואלקטרוניקה בהנע ובמיוחד בתחבורה חשמלית, גרציה של זרם חילופין בתדירויות בינוניות (עד 20 קילו-הרצים) ותחומים רבים נוספים.

התיריסטוריים לצורך העברה של אנרגיה במתחים גבוהים בזרם ישר בקווים עיליים או בכבלים אי-רוכים. הזרם הישר משמש כאן צורת ביניים, כאשר גם מקור האנרגיה וגם הצרכן הם של זרם חילופין. את הרעיון הני"ל רוצים לנצל לכיסוי צריכת השיא ברשתות על ידי טעינת מצברים (ההתפתחות בשטח המצברים הקשורה בפתוח מכור ניות חשמליות, עודדה את התקוות הקשורות בצבירת חשמל יעילה), בזמני שפל הצריכה, והחזרת האנרגיה לרשת בזמני שיא הצריכה. שיטה זו עשויה להיות טובה יותר מאגירת מים במיכל גבוה. רעיון דומה מנוצל במערכות הזנה בלתי מופסקות (Uninterruptible Power Supply) בהם המצברים הטעונים מספקים את זרם החילופין, דרך ממירים תיריסטוריים, בזמן תקלה ברשת האנרגטית.

מתקנים תיריסטוריים אחרים משמשים להתנעה של טורבינות גז ואגרטים אחרים. כאן מחליפים ה-תיריסטוריים את מנועי העזר, והמתקנים הם מטי-פוס (ציקלוקונוורטרים" או אינוונורטרים (ממירים) בעלי חוליות זרם ישר.



מתקין אנטנות נענש על התקנה שלא לפי התקן

נציג משרד המסחר והתעשייה ע"ד משה בלונסקי טען בבית המשפט. כי האנטנה לא הייתה יציבה ו- בצורת הרטבתה היתה ניתנת לפגיעה על ידי ברקים.

מאידך טען סניגורו של הנאשם, כי במקרה זה לא דרשו הדיירים התקנת אנטנה מרכזית לפי דרישת התקן ומכון התקנים, אלא על פי מיפרט טכני שצויין בזכרון-הדברים ביניהם לבין שולחן. הסניגור ציין, כי הבניין שבו הותקנה האנטנה הוא בית ישן והתקנת אנטנה מרכזית עפ"י דרישות התקן יש בו כדי לייקר את העבודה פי שניים או שלושה. עוד טען הסניגור, כי כ-99 אחוז מהאנטנות בבניינים ברחבי הארץ אינן מותקנות עפ"י התקן. הסניגור ציין עוד, כי הנאשם מתקין אנטנות זה 16 שנה והוא בעל מקצוע מעולה.

השופט מיכה לינדשטראוס החליט לא למצות את הדין עם הנאשם, מאחר שהאיש עשה את העבודה עפ"י מיפרט טכני שנקבע בזכרון-הדברים עם המתלוננים. עם זאת ציין השופט, כי אין להתעם מהאינטרס הציבורי כאשר העבודה לא נעשתה ב- התאם לתקן המחייב החקנת אנטנה לטלוויזיה.

מתקין אנטנות לטלוויזיה הורשע כאהרונה בבית-משפט השלום בחיפה בהתקנת אנטנה שלא לפי התקן הישראלי הרשמי, תידון לקנס בכך אלף שקלים או 10 ימי מאסר תמורה.

הנאשם מנחם ליבנה מקריית-ביאליק — מתקין אנטנות מרכזיות ורגילות לטלוויזיות הובא לדין ב-פני השופט מיכה לינדשטראוס. לאחר שבאקטובר אשחקד התקין אנטנה מרכזית לבית משותף על הרי הכרמל בחיפה. בדיקה שנעשתה לאחר ההתקנה על-ידי ראש מדור האלקטרוניקה של מכון התקנים הישראלי, אריה שמש, העלתה, כי האנטנה לא התיי-אימה לדרישות התקן הרשמי 799, בכך שהתורן וצידוד ההגברה לא היו מוארקים, בסיס התורן לא היה יצוק לגג המיבנה, כבלי העיגון היו מחווקים לגג המיבנה ללא עוגנים, קצוות כבלי העיגון היו מחווקים ללא מהדקים (ללא מותחים), זווית נטיית המיתרים שחיזקו את התורן לא היו מתוחים בנווית של 45 עד 60 מעלות הקבוע בתקן, וקצוות כבלי העיגון לא היו מוגנים כנגד פרימה.

כן לא נמצא ארון מגברים ולא נמצאה הגנה נגד חדירה מי גשמים למעבר קויההאזנה של האנטנה.

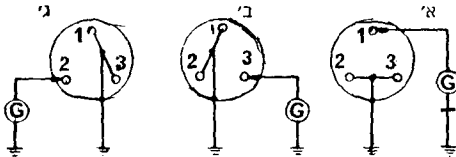
בדיקת כבלים במתח גבוה

אינג' ש. גולדברג

כדי לשנוור על רציפות האספקה, חייבת מערכת החלוקה במ"ג להיות אמינה ביותר. לפיכך נערכות כיום בדיקות מוקדמות בכבלים, במטרה לאתר מוקדי תקלה אפשריים. הבדיקות עצמן הן משגיי סוגים:

שרטוט מס' 2

בדיקת כבלים בעלי שדה לא רדיאלי, (לפי תקן בינלאומי):



ע"י 3 הבדיקות הנ"ל נבדקים כל הצרופים הדרושים.

את הבדיקות במ"ג מקובל לבצע כיום בעזרת ציוד d.c., הואיל ועבור כבלים ארוכים נדרש ציוד a.c. בהספק מדומה [VA] גדול, ופירוש ה"דבר ציוד כבד ומסורבל. לעומתו ההספק [W] ה"נדרש מציוד d.c. קטן.

התהליכים המתרחשים בבדיקת מ"ג (d.c.)

כתוצאה מהפעלת מתח ישר לבדיקה, מופיעים ב"כבל שלושה זרמים שתיאורם הזמני מופיע ב"שרטוט 3.

כדי להשתמש ביתרונות שיטת הבדיקה, רצוי ל"הבין את התופעות המתרחשות בכבל כתוצאה מפעולתם.

1. זרם קיבול גיאומטרי —

הזרם בקיבוליות הגיאומטרית בין גידי הכבל.

$$i_q = \frac{E}{R} e^{-t/RC}$$

- c - קיבוליות גיאומטרית (μF).
- r - התנגדות בטור עם c (Ω) (בדרך כלל התנגדות הפנימית של מכשיר המדידה).
- e - מתח יציאה של ציוד בדיקה (V); לפני חיבור לכבל.

זרם לא משמעותי לקביעת מצב הבידוד, ובדרך כלל ערכו זניח תוך פרק זמן קצר ביותר. האנרגיה כתר צאה מזרם זה נפרקת בפרק זמן שווה לזמן הטעינה.

2. זרם קיטוב (פולריזציה) —

הזרם כתוצאה מקיטוב החומר הדיאלקטרי בכבל.

$$i_a = v \cdot c \cdot p \cdot t^{-n}$$

- v - המתח המופעל (v).
- c - קיבוליות גיאומטרית (μF).
- d - קבוע הנקבע על ידי המתח והקיבוליות. תלוי בסוג, מצב וטמפ' הבידוד.
- n - קבוע הנע בין 0-1 ותלוי בחומר הדיאלקטרי.

א. בדיקת הפעלה —

הבדיקה נערכת לאחר התקנת כבל חדש ולפני הכנתו לפעולה. בדיקה זו מקובלת בכל העולם לפי תקנים שונים, ואין היא תלויה בבדיקת ה"כבל על ידי היצרן.

גם לאחר איתור תקלה ותיקונה או שינוי בכבל פעיל, נערכת בדיקת הפעלה. אך הפעם ב"80% בקירוב מהמתח המופעל בבדיקת כבל חדש ש"הותקן.

ב. בדיקה מחזורית (פריודית) —

לגבי בדיקה זו קיימים חילוקי דעות. יצרני כבלים מהטובים בעולם, ממליצים כיום על בדיקות מח"זוריות ואף מספקים שרותי בדיקה מתאימים. לעומתם יש חברות אספקה הטוענות שבדיקות ב"מ"ג גורמות לתקלות שלא היו קורות אילו לא נעשתה הבדיקה.

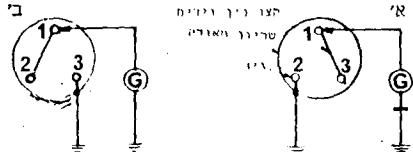
למעשה ייתכן שעל ידי בדיקה במ"ג, בשיטות מסויימות, נפגע הבידוד, ולכן הכדאיות הכלכלית של הבדיקה תלויה במספר התקלות ברשת כבלים נתונה.

ממצאים אמריקאיים מורים על תקלה אחת ל"שנה לכל 100 ק"מ כבלים. באירופה מספר התק"לות הוא 6-5 ל"100 ק"מ כבלים. מתוך נתונים חלקיים בארץ, ידוע על איזורים בהם מתגלות יותר מ"10 תקלות ל"100 ק"מ כבלים בשנה. ב"נתאים אלה הבדיקה כדאית ורצויה מאד, על מנת לשמור על אמינות ורציפות האספקה. את הבדיקה מבצעים ב"80% מהמתח המופעל בבדיקת כבל חדש שהותקן.

צורות בדיקת כבלים במ"ג (כללי)

שרטוט מס' 1

בדיקת כבלים בעלי שדה לא רדיאלי (לפי תקן גרמני):



בבדיקה א' נבדק הבידוד של גידים 1 ו"3 לאדמה וכן בידודם ביחס לגיד 2.

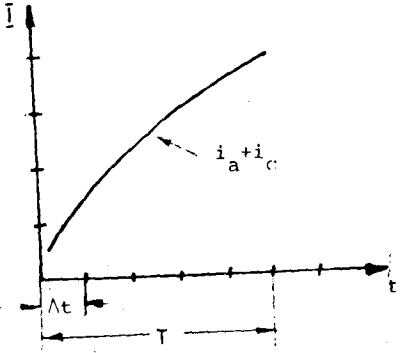
בבדיקה ב' נבדק הבידוד של גידים 1 ו"2 לאדמה וכן בידודם ביחס לגיד 3.

ע"י שתי הבדיקות הנ"ל נבדקים כל הצרופים הדרושים.

אינג' ש. גולדברג — מח' הצרכנים הטכנית מחוז ירושלים, חברת החשמל.

מתחים קבועים אך יחד עם זאת הוא חייב לעלות לינארית עם כל העלאת מדרגת מתח. בדרגות מתח גבוהות, הלינאריות לא נשמרת בהכרח, ואז הזרם עולה יותר מעלית המתח היחסית. בבדיקת כבל תקין מתקבל בשיטה זאת האופיין האיכותי הבא:

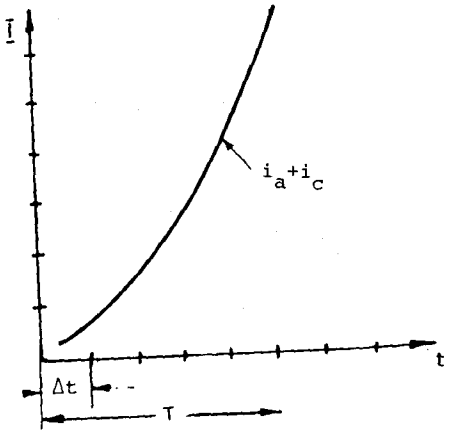
שרטוט מס' 4
אופיין איכותי המתקבל בבדיקת כבל תקין לפי שיטת בדיקה במדרגות מתח לפרקי זמן קצובים.



בבדיקה זו זרם הזליגה עולה בצורה לינארית ו גם סכום זרמי הזליגה והקיטוב לינארי בקירוב, עם נטיה כלפי מטה. המתח הועלה במדרגות קבועות כל Δt נשאר קבוע במשך פרק זמן זה. (זמן הבדיקה).

לעומת זאת אם בודקים כבל לא תקין, רואים שעלית זרם הזליגה לא לינארית וגם סכום זרמי הקיטוב והזליגה אינו לינארי. הגרף נוטה כלפי מעלה, כפי שרואים איכותית בשרטוט 5:

שרטוט מס' 5
אופיין איכותי המתקבל מבדיקת כבל פגום.



גם לזרם זה אין משמעות רבה בקביעת טיב ה ביחוד אך האנרגיה שלו נפרקת בצורה איטית. לפיכך יש לקצר את המוליכים לאדמה במשך פרק זמן ממושך, ולפחות לפרק זמן השווה לזמן ה בדיקה כולה. מומלץ אף לקצר לפרק זמן גדול פי 4 מזמן הבדיקה.

3. זרם זליגה - זרם דרך דפנות הבידוד לאדמה.

$$i_c = \frac{E_g}{R_g}$$

E_g - מתח הבדיקה (v).

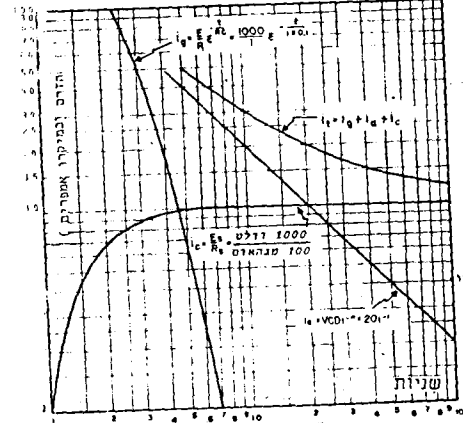
R_g - התנגדות הבידוד (Ω).

זרם הזליגה הוא החשוב ביותר לקביעת מצב ה בידוד והתנהגותו נקבעת על פי חוקי אום. בדרך כלל הזרם קטן מאד, אך אם הבידוד פגום יזרום זרם גדול לאדמה.

תיאורטית זרם הזליגה קבוע בזמן עבור מתחים קבועים. קביעות זו מראה כי הבידוד מסוגל לעמוד במתח המופעל.

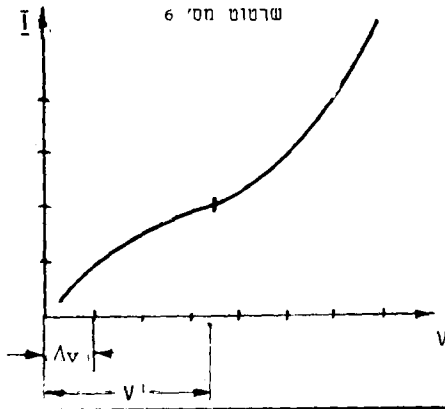
נטיה פתאומית להגדלת הזרם מראה על תקלה קרבה. באופן מעשי, זיהוי של זרם הולך וקטן (כמשיר המדידה) אחרי היעלמות הזרם הקיבולי מראה שהבידוד תקין.

שרטוט מס' 3
בדיקת כבל עם נתונים אופייניים לדוגמא:



שיטת בדיקה במדרגות מתח לפרקי זמן קצובים

על ידי שימוש בשיטת בדיקה זו, ניתן לגלות עוד במתחים נמוכים כי הזרם לא מתנהג בצורה הרצויה ולכן הכבל לא יוכל לעמוד במתח גבוה. הוכח כי בידוד שאינו פגום, לא ניזוק כתוצאה מבדיקה זאת, וגם התחלת תהליך פנימת הבידוד לא מואצת אם המתחים אינם גבוהים במיוחד. בכבל עם בידוד נקי, יבש וללא פגמים, בדרגות מתח נמוכות, חייב הזרם להיות קבוע בזמן עבור



מתוך שני הגרפים הנ"ל ניתן להסיק מסקנות לגבי טיב הבידוד לפי נקודת השינוי בגרף הבדיקה. בנקודה זו העקום משנה נטיתו, וכך ברור לנו ש- אין צורך לעלות במתח כי הכבל אינו תקין.

באופן איכותי יתקבל האופיין הבא:

צנרף זה רואים את הזרם ביחס למדרגות מתח קבועות $V \Delta$ לפרקי זמן קצובים. לאחר V חל השינוי במגמת העקום. בהמשך הבדיקה הכבל קרס, כצפוי,

במציאות קיימות בעיות בהעלאת מתח מדוייקת וכן במשך זמן עליית המתח עקב מגבלות המכשירים שבשימוש.

מבצע חציית הירקון עם 10 כבלים למתח גבוה

לראשונה בישראל, נערך מבצע של הנחת כבלי חשמל בקרקעית נהר.

היה זה כאשר מחוז דן של חברת החשמל בשיתוף עם יחידת הרשת הארצית של החברה, העביר דרך אפיק הירקון 10 כבלים למתח גבוה, מתחנת ההשנאה החדשה שליד תחנת הכת רדינג, אל עבר אזור בתי המלון בחוף תל-אביב.

לצורך המבצע נעזרה חברת החשמל ביעוץ של מומחים מחברה הולנדית. נציגי החברה הזו השתתפו גם בביצוע הפרוייקט.

העבודה כללה:

1. חפירת תעלה, שתחתיתה 6 מטר רוחב, בתוך אפיק הירקון אשר המשיך בזרימתו. אורך החפירה המוצפת במים היה 114 מטר. רוחב הירקון במקום המעבר 60 מטר.
 2. האורך של כל כבל היה 800 מטר, דהיינו כ-700 מטר של כבל הונחו בתעלה היבשה.
 3. מאחר שזרימת הירקון גרמה לכיסוי התעלה, היה צורך לחפור בעת ובעונה אחת משתי הגדות. הדבר בוצע באמצעות שני מחפרים בעלי זרועות של 24 מטר אורך ונפח של 1200 ליטר.
 4. הושקעו בתעלה צינורות מרילן בקוטר של 125 מ"מ ועובי דופן 71 מ"מ. ההשקעה בוצעה על ידי השללת משקלות בתוך הצינור ותליית גושי עופרת חיצוניים על הצינורות. תחתית התעלה רופדה בחול נקי.
 5. היה צורך לכסות את הצינורות הנ"ל מיד עם השקעתם במלוי של חול, כדי להבטיח את שלמותם.
 6. הצינורות נמשכו דרך 2, "מסרקים" שהבטיחו את שמירת המרחקים ביניהם.
 7. עמודאים פקחו כל הזמן על ביצוע העבודה, על עומק ההשקעה ועל שלמות הצינורות.
 8. משיכת הכבלים דרך התעלה היבשה ודרך הצינורות, בוצעה באמצעות מכונה מיוחדת לטעינת התופים וסיבובם.
- המכונה הנ"ל, 30 מכונות משוכללות ומסונכרונות לדחיפת כבלים, 200 גלגלות למעבר כבלים, הובאו כולם ע"י היועצים הזרים. מחוז דן סיפק את המכונה למשיכת הכבל מהקצה.
- לשליטה על העבודה השתמשו ב-12 מכשירי קשר בשני ערוצים, במגדל פיקוח וברכב מטה לניהול המבצע. העבודה כולה בוצעה בתיאום מלא בין כל הגורמים שהיו מעורבים בתכנון וביצוע הפרוייקט. יש להעיר כי הכבלים עצמם הוזמנו עם מעטה מיוחד מפוליאטילן לעמידה בתנאי הזיהום של הירקון. בגמר ביצוע הפרוייקט נבדקו הכבלים וסיכוכיהם בבדיקות תקניות ונמצאו כשירים לתפעול.
- יש להעיר עוד כי מחוז דן ראיין 17 קבלנים שהגישו את מועמדותם לביצוע העבודה. 14 מהם נמצאו בלתי מתאימים ובמכרו השתתפו שלושה.
- העבודה כולה נמשכה 40 יום, כאשר בימי הלחץ הועסקו 40 עובדי קבלן, 5 מפקחים מחוז"ל ו-5 עובדים ממחוז דן. (ראה תמונות בשער האחורי).

ה. גינדס / י. אריאלי — מחלקת חל"ב ורת"ק מחוז דן, חברת החשמל

פעילות הוועדה המרכזית ב' - לתקני חשמל

אינג' א. אנגל

הוועדה המרכזית ב' - לתקני חשמל היא אחת הוועדות הפעילות ביותר במכון התקנים ויחד עם זאת אחת הוועדות הקשות לפעולה.

לתקנים שהיא מכינה יש השפעה רבה על המשק הישראלי, על פעולותיה השוטפות של המעבדה לאלקטרוטכניקה ועל פעולתה של הוועדה המקצועית המטפלת בהיתר לסימון בתרתקן.

הקו המנחה של הוועדה המרכזית ב' - לתקני חשמל, ושל כל הוועדות התקינה המסונפות אליה, הוא כי התקנים הישראליים כענף החשמל יהיו זהים או קרובים ככל האפשר לתקנים של הנציבות הבין-לאומית לאלקטרוטכניקה IEC (השינויים והתוספות מופיעים בתקנים הישראליים בהערות שוליים).

תקנים ישראליים חדשים

היו התקנים החדשים נציין את התקנים:

ת"י 899 - שנאים קטנים למתח נמוך עד 500 וולט: דרישות כלליות, מהווה תקן-אב לשנאים הקטנים למיניהם.

ת"י 962, חלק 2 - מחממי מים חשמליים מרכזיים: פרק ג' - מיכל המים, מהווה מדריך לבניית המיכל על חלקיו.

ת"י 981 - מיון דרגות ההגנה של מעטפות לצנור חשמלי, דן בדרגות ההגנה מפני מגע מקרי ומפני חדירת מוצקים, בדרגות ההגנה מפני חדירת מים ובדרגות ההגנה מפני פגיעות מכניות; בתקן הובאו שיטות בדיקה של דרגות הגנה אלה וכן חובת הסימון של דרגת ההגנה על המוצר או חובת ההצהרה בפרטומים העומדים לרשות הציבור.

ת"י 1058 - קבלי הספק, חל על הקבלים המיועדים לשיפור מקדם ההספק $(\cos \phi)$.

ת"י 1069 - מטעני חשמל סטטי; דן בסכנות ובמטרדים הנובעים ממתעני חשמל לא רצויים, המתהווים בתהליכים תעשייתיים, בשעת הובלת חומרים ובפעולות אחרות. מטרת התקן היא לסייע בחיפוש דרכים לצמצם ככל האפשר את הנוזקים ולהמליץ על שיטות לפיזור המטענים ולהקטנת השפעתם;

ת"י 1101 - מוליכי חשמל מאלומיניום מצופה נחושת;

תקנים למכשירי חשמל שונים לשימוש ביתי ולשימושים דומים, כגון:

א' - מזגני אוויר;

ב' - מכונות תפירה;

ג' - מכשירים לטיפול בעור ובשיער;

ד' - מכשירי מטבח להכנת מזון.

רוויזיות לתקנים הישראליים

בין הרוויזיות לתקנים הקיימים מכילים:

רוויזיות כלליות, דהיינו עיבוד מחדש של התקנים והוצאה לאור של מהדורות חדשות.

רוויזיות חלקיות (מצומצמות), דהיינו-עיבוד מחדש של חלק מהתקן והוצאה לאור גליונות תיקון;

מבין התקנים שעובדו מחדש נציין את התקנים:

ת"י 149 - תנורי חשמל להסקת חדרים

ת"י 206 - סימון מוצרי חשמל, בתקן הוראות סימון כלליות וכן חובת הסימון, בסמלים המציינים תכונות

כגון: דרגת ההגנה מפני חדירת אבק ודרגת ההגנה מפני חדירת רטיבות; כן צוינה חובת הסימון של מיון

דרגות ההגנה, כנקוב בת"י 981.

אינג' א. אנגל - מרכז תקינה ראשי במכון התקנים הישראלי ורכז הוועדה המרכזית ב'.

ת"י 246 (על חלקיו) - נורות ליבון שיש להן תיל טונגסטן התקן הורחב כדי לחול על נורות ליבון למיניהן; לתקן זה חלקים אלה: חלק כללי, החל על דרישות טיב כלליות כגון: סימון, שטף האור, התמימות הכיפה, משך החיים, נוהל דגימה והתאמה לתקן; 4 חלקים מיוחדים, החלים על נתונים אופייניים, מידות ונתונים פוטומטריים.

בהתאם לאמור בתקן, נורה ממין מסויים, שבשבילה טרם פורסם תקן מיוחד, תיבדק במספר בדיקות כגון: סימון, הספק המבוא, קביעת הכיפה אל הגולה (במקרה כזה אי אפשר לקבוע כי הנורה מתאימה לכל דרישות התקן אך אפשר לקבוע כי אין היא מתאימה לתקן).

ת"י 247 (על חלקיו) - כיפות מתוברגות וכיפות גליליות, התקן הורחב והוא חל על כיפות אדיסון (E) וכיפות באיונט (B - BA) למיניהן; בתקן פורטו הוראות לגבי מיון הכיפות וכינוין דרישות עיבוד הכיפות ומידותיהן.

ת"י 442 - מרחקי אוויר, מרחקי זחילה ומרווחי התקנה בציוד חשמלי.

ת"י 575 - קבלים למנועים.

ת"י 728 - צנורות מחומר פלסטי למתקני חשמל.

תקנים מיוחדים בסדרת ת"י 899, החלים על שנאי בטיחות מבודל, על שנאים לפעמונים, שנאים לצעצועים על שנאי עצמי חד לפופי, על שנאים למתח בטיחות נמוך מאוד וכו'.

מבין גליונות התיקון לתקנים אפשר לציין את ג"ת אלה:

כ- 30 ג"ת לתקנים החלים על מוצרים חשמליים שונים ובהם הדרישה לבדיקות האינדיווידואליות ואימותן;

ג'ת 2 לת"י 79 - תבריגים בעלי פרופיל עגול מטיפוס אדיסון, בא להרחיב את תחום התקן;

ג"ת לת"י 87 - מצברי התנעה לכלי רכב ממונעים. טיפוס עופרת-חומצה, ג"ת זה בא להוסיף לתקן, אשר הוצא לאור בשנת 1975, את בדיקת הקיים, המיועדת למצברים ללא תחזוקה (Maintenance free);

ג"ת לת"י 322 - מכונות כביסה חשמליות לשימוש ביתי: ג"ת זה בא להוסיף לתקן, אשר הוצא לאור בשנת 1972 את הדרישה להוספת תווית מידע על תצרוכת האנרגיה, תצרוכת המים וכו';

ג"ת לת"י 520 - שפופרות פלואורסנטיות לשימוש כללי. התקן הוצא לאור בשנת 1964 וג"ת זה בא להרחיב את תחום התקן ולעדכנו למהדורה משנת 1974 ולהצעות השנויים משנת 1978, של התקן הבין לאומי IEC 81

ג'ת לת"י 900 - כללי בטיחות למכשירי חשמל לשימוש ביתי. התקן הוצא לאור בשנת 1974 וג"ת זה בא לעדכנו למהדורה החדשה משנת 1976 של התקן הבין לאומי IEC 335-1

הצעות רוויזיה אשר פורסמו לביקורת ציבורית

ת"י 246 (על חלקיו) - נורות ליבון שיש להן תיל טונגסטן, מסמך זה מסכם של 5 תקנים של הנציבות הבין לאומית לאלקטרוטכניקה IEC ובעקבות חלותו על נורות הליבון למיניהן;

ת"י 298 - מנועים אסונכרוניים בעלי רוטור כלוב. התקן החדש שונה לחלוטין מהתקן הישן;

ג"ת לת"י 1037 - מכשירים חשמליים לטיפול בעור ובשיער בג"ת זה הוספה דרישה שלפיה אסור השימוש באסבסט ובכל חומר אחר הכולל אסבסט, כשבדרך זרם האוויר ובמגע ישר עמו מצוי גוף חימום.

הצעות תקן ששוחזרו מחובת הפרסום לביקורת ציבורית

הצעות התקן שלהלן זהות לתקנים של הנציבות הבין לאומית לאלקטרוטכניקה IEC

ה"ת 201/11 - 201/14 (ת"י 1070) - נתיכים מתוברגים בעלי פקק, סידרה DO - מידות.

ה"ת 241/2 (ת"י 1058) - קבלי הספק.

ה"ת 251/2 (ת"י 994, חלק 2) - מזוגי אוויר מופוצלים.

ה"ת 264/1 - בטיחות מכונות חשמל לשימוש משרדי.

החלטות ופעולות מיוחדות

מקדם ההספק ($\cos \phi$) - החובה לנקוט את כל האמצעים הדרושים במכשירי החשמל בעלי מנוע, כדי להבטיח את שיפורו של מקדם ההספק אשר בהתאם לחוק "לא יהיה פחות מ-0.92 בכל זמן שהוא".

בדיקות אינדיווידואליות ואימותן - בכל התקנים החלים על מכשירי החשמל נכללה הדרישה לביצוע בדיקות אינדיווידואליות ואימותן, כלהלן:

הצהרה - כל מכשיר חשמלי יבדק על ידי היצרן, היבואן או מטעמם במספר בדיקות, המיועדות לגלות שנויים בחומרים או ביצור, העלולים להפחית מבטיחות המכשיר; בדיקות אלה אינן פוגעות בתכונותיהם של המכשירים ובבטיחותם.

לכל מכשיר תצורה הצהרה חתומה על ידי הבודק, שיצויין בה כי המכשיר נבדק בבדיקות אינדיווידואליות ועמד בהן (הצהרה זו אינה משמשת הוכחה כי המכשיר עמד בכל דרישות התקן החל עליו);

אימות - מכוון התקנים הישראלי או בודקים מטעמו בלבד יאמתו את הבדיקות האינדיווידואליות; נוהל האימות מפורט בכל תקן ותקן.

לא עמד מכשיר שבמדרג, אפילו באחת מדרישות הבדיקות האינדיווידואליות, אין לקבלת את ההצהרה ורואים את המנה כאילו לא נבדקה. במקרה זה בודקים את כל המכשירים שבמנה.

התקן הישראלי ת' 108 - הוראות למתקני חשמל - בתקן זה כוּטלו פרקים אחדים בעקבות פרסומן של תקנות החשמל ברשומות.

חיסכון באנרגיה - הוקמו וועדות לדיון בהוראות לשימוש רצינוני במכשירי חשמל, בתצורתם וחיסכון בצריכת החשמל וכמו כן במידע על צריכת האנרגיה; בוועדות התקינה השונות נבדקים התקנים החלים על מכשירי חשמל מהאספקט האנרגטי.

עידכון וועדות התקינה ותחומי פעולתן - הוקמה וועדת משנה שתבחן את ההרכבים של וועדות התקינה ואת תחומי פעולתן, אשר יהיו מקבילים, ככל האפשר, לאלה של וועדות הטכניות השונות של הנציבות הבינ-לאומית לאלקטרוטכניקה

איכות המוצרים - הועלו רעיונות להקים גוף שיתווה מדיניות להחדרתה של תוצעת האיכות של המוצרים תוך כדי שימוש בתקנים; הוצע כי הגוף יוקם מקרב חברי הוועדות המרכזיות וכי ההצעה תובא להחלטה בוועדה לחיאום התקינה.

דליקות חומרי הבידוד - תמונה וועדה מיעצת לקביעת נוהלים אחידים בנושא, אשר ישמשו בסיס לבדיקות, כך שכל וועדת תקינה תבחר את החומר המתאים בהתאם לייעוד המוצר שהיא דנה בו.

מצברים ללא תחזוקה (Maintenance free) - הוטל על המעבדה לאלקטרוטכניקה של מכוון התקנים לערוך ניסויים השוואתיים בין מצברים אלה לבין מצברים רגילים מתוצרת הארץ וזאת כדי לקבוע סופית את דרישות בדיקת "הקיים" (ג"ת 1 לת"י 87 - סעיף 305.1).

החלפת פתיל הזנה ותקע דורשת מומחיות (המשך מעמ' 41)

המכשירן החליט להחליף פתיל הזנה בלוי ותקע שבור של מכשיר ריתות אשר היה ברשותו. זמן קצר לאחר סיומה המוצלח של עבודת התיקון נהרג המכשירן בזמן הזנת מכשיר הריתות.

בחקירת נסיבות התאונה התברר שבמהלך החלפת הפתיל והתקע עשה המכשירן מספר שגיאות:

לא ניקה את שרידי החומר הפלסטי, שנשארו בזמן היצור סביב פין הארקה של התקע החדש.

לא העביר את פתיל ההזנה דרך התקן התפיסה בכניסה למכונת הריתות.

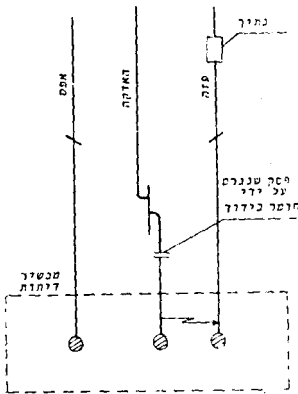
הוריד יותר מדי בידוד מגידי הפזה והארקה בכניסה למהדקי מכשיר הריתות.

בזמן העברת מכשיר הריתות נעשתה משיכה בפתיל ההזנה וכתוצאה מאי הכנסת התקן - התפיסה לפעולה נגעו גידי הפזה והארקה זה בזה.

דבר זה גרם לחישמול מכשיר הריתות. החישמול לא גרם לשריפת הבתיר כי המכשיר הנ"ל היה מנותק ממערכת הארקה על ידי כיסוי פלסטי של פין הארקה בתקע. המכשירן נהרג כאשר סגר מעגל חשמלי בין

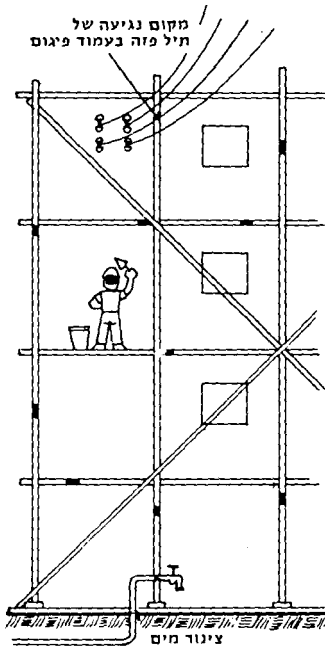
מכשיר הריתות לבין האדמה (דרך רצפת בטון).

הלקח: כל התיקונים אפילו אלה הנראים פשוטים, מותר לבצע לבעל מקצוע דהיינו לחשמלאי בלבד



אינג' ו. זיס

תזכורת לקבלני בניין



לצינור המים בעוצמה של כ-200 אמפר. זרם זה לא היה מסוגל לשרוף את המבטיח (פקק) של 350 אמפר של רשת החשמל. הופעת מתח מוקטן של 70 וולט (ולא של 230 וולט) נגרמה על-ידי מפל המתח שנגרם על-ידי זרם קצר לא-מה.

6. כתוצאה מזרזית זרם במשך זמן ממושך נפגע דופן צינור המים הראשי וכתוצאה מכך נגרמו הצפה במרתף הבניין ונזק לחומרי הגלם שהיו מאוחסנים במקום.

הלקח

אין להקים פיגומים בסמוך לקווי חשמל, ללא קבלת ייעוץ מקצועי מתאים במשרד האיזורי של חברת החשמל. קיימת סכנה גדולה ביותר בהקמת פיגומים עבור מבנים הניזונים מחיבורי חשמל אוויריים מטיפוס ישן והמורכבים מתילים מבודדים נפרדים, בעלי בידוד דק.

לחברת החשמל מגוון אמצעים למניעת תאונות מסוג זו שקרתה לבנאי והיא יכולה להפעיל אותם רק בתנאי שקיבלה הזמנה עם התחייבות כספית מהקבלן המקים את הפיגום.

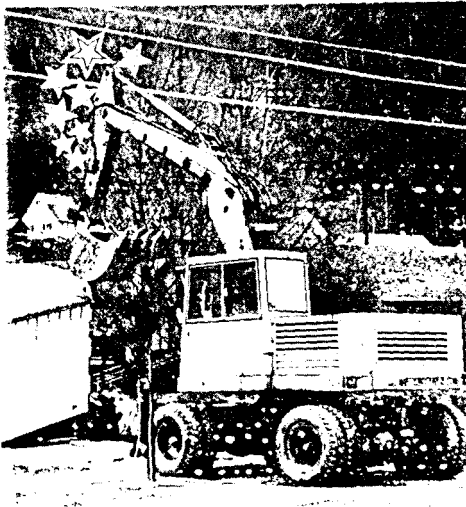
לחלן תיאור תאונה שקרתה לאחרונה והמתזכרת אותנו בסכנה הגדולה ביותר בהקמת פיגומים המיועדים לחידוש טיח של מבנים ישנים, לעומת הסכנה הפחותה שבהקמת פיגומים לבנייה חדשה.

פועל בניין, שניצב על פיגום של בניין ועסק בעבודות חידוש טיח, הרגיש פתאום חישמול, כאשר נגע בקיר הבניין. הפועל נבהל מעצם קבלת מכת החשמל, קפץ מגובה שתי קומות ונחבל קשות.

בהקירת התאונה התבררו הפרטים הבאים:

1. הפיגום היה עשוי מיצנורות פלדה ומקראשים.
2. למבנה היה חיבור חשמל תלת-פזי ישן המורכב מ-4 תילים מבודדים נפרדים (ראה איור).
3. אחד מתילי-הפזות השתפשף בצידו נור הפלדה של הפיגום, בידודו נפגע וכתוצאה מכך נגרם חישמול הפיגום.
4. הפיגום הוצמד, בין היתר, בכבל פלדה לצינור המים הראשי.
5. במדידה לאחר התאונה נתגלה מתח של כ-70 וולט בין הפיגום לבין המבנה. דרך הפיגום זרם זרם קצר

הלם חשמלי



בקצה אחד של אתר בנייה נמצא קו-חשמל אווירי במתח גבוה של 20,000 וולט. מתחתיו מונח לוח בטון, שמשמשים בו כבמה לטעינה. מלוח זה אפשר להטעין משאיות בצורה ישירה.

יום אחד צריך היה להטעין חדר עשוי פח, לשימוש העובדים באתר הבנייה, לעבודה זו השתמשו במחפר הידראולי. המחפר ניצב על הבמה, ולמטה — על יד הבמה — העמידו את המשאית שעליה התכוונו להעמיס את החדר. את החדר תלו על זרוע המחפר, הרימו אותו והעבירוהו מעל למרכב, על-ידו עמד נהג המשאית מוכן לכוון את המטען למקום הנכון. בין נהג המחפר לבין נהג המשאית קיים היה קשר עין. פתאום ניתזו ניצוצות לכל עבר: זרוע המחפר ננעה בחוטי החשמל, כתוצאה מכך קיבל נהג המשאית שנגע במטען מכת חשמל באמצעות הפח, שזמנו היה עשוי החדר. הוא לזרק על המרכב ואיבד זמנית את ההכרה. מכת החשמל גרמה לכוויות קשות בידו השמאלית וברגלו השמאלית. בשעת הנפילה נחבל הנהג גם בכניו, ולמזלו נשאר בחיים.

תילי הרשת האווירית במתח גבוה נמצאים במקום זה בגובה של 6 מ'. כל אדם הנמצא באתר הבנייה רואה את החוטים, ויודע שצריך לשמור מרחק מהם. אך על זה לא חשבו כנראה לא נהג המחפר ולא נהג המשאית. לו חשבו — לא היו משתמשים במחפר לטעינה.

הלקח

אין להפעיל כלים מכניים גבוהים בקרבת קווי חשמל, אם אין ודאות שאפשר יהיה בשעת העבודה לשמור על מרחק של לפחות 2 מ' עד לקו החשמל של מתח נמוך.

ומתח גבוה עד 22 ק"ו או מרחק של לפחות 3 מ' לקווים של מתח גבוה שמעל 22 ק"ו. אם אין אפשרות לשמור על מרחקי הבטיחות הדרושים חייבים להזמין את ניתוק הקו. ככלל מוטב שלא לעבוד ומתח לקווים חשמליים.

אינג' ו. זיס — הממונה בפועל על עיני החשמל, משרד האנרגיה והתשתית.

30 שנה למחלקת החשמואל של הקבוץ הארצי

בשנת 1950, שנתיים אחרי יסוד מדינת ישראל, נוסד, ביזמתו הברוכה של הח' מיכאל זאבי משער העמקים, מדור החשמואל של קבוצי השומר הצעיר.

מדור זה קם למעשה ממצוקת השעה. תנאי השוק של חומרי החשמואל בעת ההיא היו גריעים ביותר ולא פעם היה נדרש מהחשמלאי כוח המצאה מפותח כדי למצוא תחליפים לחומרים ולמיכשור חסרים.

מצב עגום זה התלווה למציאות עגומה לא פחות של חוסר הכשרה מקצועית של מרבית חשמלאי הקבוצים. לא יקשה להבין שכתנאים אלה מצב מתקני החשמואל בקבוצים היה בכי רע ולמעשה ארבת סכנת מוות מכל מתקן כמעט.

מדור החשמואל, אליו אני הצטרפתי כיועץ מזמן יסודו, הציב לעצמו מטרה כפולה: לעזור לחשמלאים להשיג חומרי התקנה תקינים ולהעלות את רמתם המקצועית, כך שיוכלו לבצע עבודתם על הצד הטוב ביותר.

דרכי הפעולה של מדור החשמואל התקדמו בכמה מישורים:

א. קנייה מרוכזת של חומרי התקנה והספקתם לחשמלאים במחיר סביר. במישור זה התפתחה פעילות עניפה, הן בצורה של קנייה ישירה, הם בצורת הסכמים עם גורמים מסחריים צבוריים כגון "המשכיר המרכזי" ואחרים, שבזכותם יכלו החשמלאים לקבל את החומרים הדרושים להם כפקוח המדור, באופן מרוכז ובתנאים מבוקרים. פעילות זו ממשיכה עד היום, בעיקר בצורת הסכמים, והגיעה להיקף כספי נרחב.

ב. תכנון מרוכז - מדור החשמואל הקים מיד בתחילת פעולתו משרד תכנון צנוע, שתיכנן את מיתקני החשמואל של המשקים על פי עקרונות אחידים תוך שימת הדגש בטיב התכנון וכיעילות המתקן. החיוב לקיבוץ המזמין בגין התיכנון היה צנוע מאוד וכיסה בקושי את ההוצאות הריאליות של התיכנון.

ג. מעקב צמוד על עבודת החשמלאים. במסגרת פעילות זו אורגנו בקורים קבועים בקבוצים פעמיים בשבוע. בבקורים אלה נבדק מצב המתקנים במשקים ונכתב דו"ח על כל בקור בנפרד, עם דרישה מפורטת לתיקון לקויים והכנסת שפורים. באופן ממוצע, כל משק קבל שני בקורים בשנה ויותר אם מצב המתקנים הצדיק זאת. יחד עם זאת נקבעו ימי ייעוץ קבועים בחיפה ובתל אביב, שבהם כל חשמלאי יכול היה להוועץ בכל שאלה, הנוגעת למשק החשמואל בקבוצו.

ד. פעולת השתלמות מקצועית. במסגרת זו, פעולת המדור היתה והינה רב גונית מאוד. מספר פעמים בשנה מתקיימים ימי עיון וסמינריונים בנושאים אקטואליים, וכל חשמלאי התנועה הקיבוצית מוזמנים לשמוע הרצאות מפי מומחים לדבר.

ליד ימי עיון אלה מאורגנים גם קורסים ממושכים להכנת החשמלאים לקראת התקדמותם בסוג המקצועי שלהם לפי דרישות משרד העבודה. התקיימו כבר קורסים רבים להכנה לקבלת הסוג של "חשמלאי מוסמך" ו"חשמלאי בכיר" וכן, בשנתיים האחרונות, קורסים לטיפול במתקני מתח גבוה.

בדרך כלל עוקב הצוות המתכנן את פעולת ההשתלמות בערנות אחר האתגרים שבפניהם עומדים החשמלאים ומשתדל לארגן כעוד מועד השתלמויות מתאימות. נוסף על כל אלה, נעשתה גם פעולה עניפה של השתלמות בכתב. במסגרת זו הוצאו לאור חוברות רבות בנושאים שונים וכן מספר רב מאוד של מאמרים.

רצוי לציין באופן מיוחד את החוברת "ידע", שיצאה לאור כמשך שנים, לה תרמו מאמרים טובי בעלי המקצוע בארץ, כיניהם מחברי הסגל של הטכניון והמהנדסית עשייה. לצערנו הרב היה הכרח להפסיק הוצאה זו, בגלל קשיים של כוח אדם וקשיים כלכליים. כולנו תקוה שזו תהיה הפסקה זמנית וכי יתאפשר לנו לחדש את הופעת ה"ידע" בזמן הקרוב.

במרוצת השנים, מדור החשמל גדל מאוד והפך למחלקת החשמל. כל הפעולות הנזכרות לעיל נמשכות ללא לאות, למעט הביקורים השגרתיים בקיבוצים, מאחר שהנסיון מראה שאין צורך בהם. בקורים אלה נמשכו 15 שנה רצופות והסתכמו ככמה אלפי בקורים. כיום יש בכל קבוץ צוות חשמלאים בעל ידע מקצועי מבוסס. הדבר משתקף גם במצב המתקנים, שהוא, בדרל כלל, ברמה מקצועית טובה.

לעומת הפסקת הביקורים השגרתיים גדלה מאד פעילות הדרכת החשמלאים בנושאים אקטואליים ופעילות התיכנון. מחלקת התכנון כוללת כיום מהנדס קבוע, בעל ידע רב וותק מקצועי רב-שנים, שני הנדסאים ושתי שרטטות. יחד עם זאת ניתנת הדרכה שוטפת כעניינים שכעת הם בעלי חשיבות מיוחדת, כגון: התחברות למתח גבוה, ניצול חסכוני של מתקני חשמל מבחינת השימוש באנרגיה, שפור מקדם החספק ועוד.

על מנת להשלים את התמונה אוסיף עוד כמה פרטים על שתוף פעולה של המחלקה עם גורמי חוץ: בין חברת החשמל לישראל ומחלקת החשמל נוצרו יחסים שאפשר להגדירם כיחסי שיתוף פעולה הדוק וידידי דו-ת, במספר רב מאד של מישורים, החל בקביעת תעריפי חשמל למשקים הקבוציים וכלה בליכון משותף של הבעיות הטכניות של כל קבוץ בודד.

גם מחלקת החשמל, המשותפת לקבוץ המאוחד ולאייחוד הקבוצות והקבוצים, משתפת פעולה עם המחלקה שלנו בחיפוש פתרון משותף למספר רב של בעיות, בעלות ענין משותף.

בארגון קורסים ובכל הפעילות הקשורה בהדרכה, נהנית המחלקה משיתוף פעולה הדוק עם משרד העבר דה והמחלקה לחנוך מקצועי וכן עם המדרשה לחקלאות על שם רופין, שבה נערכים עתה מרבית הקורסים.

גם מפעלי תעשייה רבים משתפים פעולה עם המחלקה בארגון ימי עיון מיוחדים, במגמה לאפשר לצבור החשמלאים להכיר את מוצריהם, כך שהשמלאי הקיבוצים מעודכנים בקביעות כמה שניתן להשיג בשוק חמרי החשמל.

לכסוף ראוי להוסיף כמה מילים על האנשים העומדים אחרי מפעל זה.

בתחילת רשימה זו הזכרתי את הח' מיכאל זאבי, שהוא בבחינת מייסד המחלקה, אבל הייתי חוטא לגבי חברים אחרים, שתרמו הרכה מאד ממרצם ומעבודתם לקדום המחלקה, לו עברתי עליהם בשתיקה. מסיבת צניעות מובנת, לא אפרט כל אחד בשמו, מלבד שלושה מביניהם שאינם חיים אתנו עוד וראוי להזכירם: פרופ' קרל שטרק ז"ל, שתרם רבות בהוראה ובארגון קורסי השתלמות בשנים הראשונות של קום המחלקה.

אינג' דניאל פיינברג ז"ל, שפעל במשך שנים, שלא על מנת לקבל פרס, כעריכת ה"ידע" ובהרצאות בקורסים מקצועיים.

אבההם סדן ז"ל, חבר קבוץ מזרע, שהיה במשך שנים רכז המחלקה ועשה ימים כלילות לקידומה ולכיוסיה.

לכל הרבים האחרים, ייבדלו לחיים ארוכים, שלוחה בזה תודה וברכה.

(פרופ' יהודה נאות)



בתמונה: בוגרי הקורס לחשמל באחד מהמחוזים הראשונים שהתקיים לפני כ-30 שנה. שני משמאל בשורה העליונה אינג' ד. פינברג ז"ל שהיה מרכז הקורס, שלישי משמאל בשורה העליונה אינג' מ. פלימן ז"ל. מכירי חברת החשמל וראש עיריית חיפה. במרכז השורה העליונה מ. זאבי "כשהיה צעיר" (היום כשהוא בן 70 עדיין במלוא המרץ)

