

התקע המצדיע

כתב עת מקצועי לחשמל



הושלם הקטע המרכזי (פ"ת-קיסריה)
של מוביל החשמל הארצי

חברת החשמל



מס' 60 - קיץ 1995

התקע המצדיע

כתב עת מסבועי לחשמל

ספ' 40 - ג' 1995



תוכן העניינים

| | |
|----|---|
| 3 | דבר המערכת |
| 4 | מכתבים למערכת |
| | משולחן הוועדות |
| | א. ועדת ההוראות לביצוע עבודות חשמל |
| | ב. אנשי החשמל שואלים - ועדת הפירושים משיבה |
| 8 | פאול שפר |
| | מערכת ייצור החשמל (סוף 1995) |
| 12 | אריאל סגל |
| | ההפרעה הארצית במערכת החשמל (8.6.95) |
| | תיאור האירועים והמסקנות הטכניות |
| 13 | יונה שוויצר |
| | מוצרי ספידי לין כבר עומדים בדרישות התקן הישראלי |
| 16 | תקנים ותקינה |
| | רביזיה צפויה בתקינה בנושא מזגני אוויר |
| 17 | עדה רויסגור |
| | מחירים ותעריפים |
| | א) מחירי הגדלות חיבור עד 3 X 25 אמפר |
| 18 | ב) תעריפי החשמל המועדכנים ליום 8.6.95 |
| | אירועי "התקע המצדיע" |
| 19 | 2000 השתתפו בכנס ה-12 של העוסקים בתחום החשמל בישראל |
| | קורס חוקרי דליקות |
| 20 | שלום צארום |
| | משק החשמל בשנת 1994 (נקודות עיקריות לציון) |
| 21 | שמואל ריטן |
| | מדור שירות פרסומי לקוראים |
| | פיתוח מערכות חברת החשמל - מנוף לפיתוח תעשיות החשמל בישראל |
| 23 | משה לסרי |
| | ביצוע עבודות תחזוקה במיתקי חשמל |
| | היבטים בטיחותיים ותפעוליים |
| 28 | נחמן הלמן |
| | שימוש בחשמל להגברת היעילות ולשיפור איכות הסביבה |
| 32 | בוריס שוויץ |
| | נרות נתרן לחץ גבוה (נל"ג) ומערכות התצתה וההפעלה שלהן |
| 37 | אבי קניגסברג |
| | הושלמה הקמת הקטע המרכזי (פית-קיסריה) של מוביל החשמל הארצי |
| 42 | במתח 400 ק"ו |
| | חזי סמוחה |

עורך ראשי:
אורי לייטנר

עורך:
בנימין כהן

עורך משנה:
אילן נבאי

מערכת:

יוסף בלבל, יצחק ברכה, בוי גור, אברהם זיו, אילן ירום, משה מרגלית, אלי טאוטיר, נרשון סרבר, יואל סרציון, יבגני קלימט, יוסף רוזנקרנץ

מינהלה והוצאה לאור:
משה ציטרין

כתובת המערכת:

חברת החשמל לישראל בע"מ
ת"ד 8810 חיפה 31087
טל: 04-548336
פקס: 04-548398

ניהול חקקה ומודעות:
רביב א. רביטב בע"מ

הדפסה:
דפוס תמיר, חיפה

הפצה:
מסר טייל בע"מ



תצלום: א. סגל

תמונת השער:

קווי מתח העל (400 ק"ו) החדשים היוצאים מתחנת הכוח מ"ד בחדרה לתחנת המיתוג בקיסריה, בצד קווי המתח העליון (161 ק"ו) המוציאים את האנרגיה מיחידות הייצור הותיקות יותר בתחנה. (ראה כתבה על מוביל החשמל הארצי בחוברת זו).

יותר חשמל - יותר חשמלאים טובים

ולמשק, לאיכות החיים ולנוחותם, להנאה מן החשמל ולבטיחות השימוש בו.

פעולות "התקע המצדיע" - הכנסים, המפגשים וכתבי העת המקצועיים, הינם אמצעי חשוב, אם גם לא היחיד, להשגת המטרה. אנו נעשה הכל להגברתם. במקביל, אנו מצפיים מכל העוסקים בחשמל לתרום - במעורבותם ובהשתלמותם, במקצועיותם ובטיב השירות שהם נותנים - לכך שגם בקרב הדור הצעיר יימצאו אלה שיענו לאתגר, ימלאו את השורות ויתנו מענה לצרכיו של משק חשמל גדול ומפותח, כפי שצופנות לנו השנים הבאות.

בברכה שנה טובה,

אורי איטני

העורך הראשי

כמידי שנה, אנו מביאים בחוברת זו של "התקע המצדיע", את הנתונים הסטטיסטיים העיקריים שאפיינו את משק החשמל בשנה הקודמת.

התופעה העיקרית הבולטת מן הנתונים - ואין זו הפעם הראשונה שכך הדבר - הינה העלייה הגדולה בביקושים, מעל ומעבר לנחזיות ומעל ומעבר למקובל בעולם המערבי. התפתחותם של המשק ושל רמת החיים בארץ, בצד הגדלת חלקו של החשמל בייסל האנרגיה הלאומי, נותנים את אותותיהם בביקושים הנוברים, ויש להניח שהתהליכים המדיניים, החברתיים והכלכליים עוד יאיצו תהליך זה.

גידול בצריכת החשמל פירושו משק חשמל גדול יותר: מערכת גדולה יותר ועובדים רבים יותר בחברת החשמל, יותר לקוחות הנוקטים **ליותר מהנדסים - יועצים ומתכננים, ליותר קבלנים, ליותר מבצעים ואנשי תחזוקה וליותר ייצור ואספקה במפעלים המייצרים עבור כל אלה.**

גידול בצריכת החשמל, פירושו גם חשיבות רבה יותר לאיכות מערכות החשמל, הן בצד חברת החשמל והן בצד הצרכנות - קרי לטיב התכנון, הביצוע, התפעול והתחזוקה. ומכאן שהמדינה והמשק יודקו ליותר ויותר אנשי מקצוע טובים ומיומנים, אנשי חשמל בעלי ידע ויכולת, בעלי הכשרה ורצון להמשיך ללמוד, להתעדכן ולהתאים את עצמם להתפתחויות ולחידושים.

לצערנו הלך וירד מספר הסטודנטים בטכניון שלמדו חשמל והתמחו בזרם חזק, עד שהגיע לאפס. גם בבתי הספר המקצועיים ירדה פעילותן של המגמות לחשמל, ורק במכללות ובבתי הספר להנדסאים ולטכנאים ניתן למצוא היום מספר ניכר של סטודנטים, אשר יצטרפו למשפחת העוסקים בענף.

בשנים האחרונות מילאו את החסר מהנדסים עולים מחבר המדינות, מרומניה ומארצות אחרות. למרות שאין ערוך לתרומתם של העולים - כמו בעולם הספורט - אסור לוותר על גידול "שחקני הבית". אנו רואים בכך אתגר משותף לכולנו: להשתלם ולהתעדכן בעצמנו, להעלות את קרנו של המקצוע ולחזק את נאות העוסקים בו, באופן שיוקרתו תעלה בקנה אחד עם חשיבותו וחיוניותו - למדינה, לחברה

**איך לשפר את שיתוף הפעולה
המקצועי בין העוסקים בחשמל
לבין חברת החשמל!?**

◆ הצעות,

◆ רעיונות,

◆ הערות,

◆ ביקורת בונה

יתקבלו בתודה ויזכו להתייחסות

במערכת "התקע המצדיע":

ת.ד. 8810 חיפה 31087 פקס. 04-548398

טבלה 1 צבעי הבידוד של מוליכים לזרם חילופין

| המוליך | בהתאם לתקנות הישנות | בהתאם לתקנות החדשות* |
|--|---------------------|---|
| מוסע | חום, כחול או סגול | חום במעגלים תלת מופעיים יספי סימון המציין שייכות כל מוליך למוסע מסוים |
| אפס (N) | שחור | כחול |
| הארקה (PE) | צהוב/ירוק | צהוב/ירוק |
| המחבר בין מוליך ה-PEN שבכניסת קו הזינה למבנה ובין פס השואת מוטוציאלים של המבנה | שחור | כחול עם סימון בצבע צהוב ירוק בכל קצה |

* מוליכי מוסע, אפס (N) ו-PEN המשמשים בצרור יהיו בצבע שחור ויסומנו בהתאם ליישורם.

שנקבע בתקנות החדשות, אכן גורם לבעיות מסוימות בתחילה, אולם עם הוספת תרגול לצבעים החדשים וניהנה מהיתרון שצבעי הבידוד שיהיו מקובלים במדינת ישראל, יתאימו לאלה המקובלים בתקנות הבינלאומיות ולא"ה המקובלים הן במשקירי חשמל והן בלוחות חשמל מתועשים, ובכך יימנע בלבול בעתיד.

חיבורים למערכת אספקת החשמל (תיקון טעות)

לצערו נמלה טעות במדור זה בשאלה שעסקה בנושא "הזמנת חיבורים למערכת אספקת החשמל" במדור המכתבים למערכת ב"התקע המצדיע" 59. תוכנית השטח, אותה יש לצרף לפנייה בכתב, ואשר מועברת לחברת החשמל לצורך הזמנת חיבור, צריכה להיות בקנה מידה של 1:250 ולא 1:2500 כפי שנתבט בטעות.

שיפור ההארקה במבנה בו אין הארקה יסוד

אני נר במבנה תלת-קומתי, הכולל שלוש דירות מגורים, שנבנה בראשית שנות השבעים ולכן אין בו הארקה יסוד. כאמצעי הגנה בפני חישובל במבנה משתמשים בהארקה הגנה (TT). צינוד המים המתכתי הראשי, המשמש כאספקת מים למבנה, משמש למעשה כאלקטרודה של המבנה.

מפאת החשיבות של טיב ההארקה לאיכות ההגנה בפני חישובל במבנה, ברצוני לשפר את ההארקה של המבנה על ידי תוספת של אלקטרודות הארקה מקומיות.

נשאלת השאלה האם ניתן לבצע את שיפור ההארקה במבנה בהתאם למתואר כאיור 1?

ברור שלאחר שנקבע שצבע הבידוד של מוליך האפס יהיה כחול, אסור להשתמש במוליך בו הבידוד בצבע כחול, כמוליך מוסע. לאחר שנקבע שצבע הבידוד של מוליך האפס הוא כחול הוחלט לא לאפשר מוליכי מוסע בצבע סגול (כפי שהיה נהוג בתקנות הישנות), זאת מכיוון שהצבעים כחול וסגול דומים זה לזה ושינויים קלים בכמות הצבע עלולים לגרום לסכנות, אם מדובר בצבע כחול או בצבע סגול.

ב. במיתקני חשמל ישנים, בהם נוספו מעגלים חדשים, צבעי הבידוד של המוליכים במעגלים החדשים צריכים להתאים לנדרש בתקנות החדשות. במיתקנים אלה יתכן מצב בו חלק מהמוליכים, שצבע הבידוד שלהם כחול, הם מוליכי מוסע (במעגלים הישנים) וחלק אחר הם מוליכי אפס (במעגלים החדשים).

במיתקנים אלה הלוח הדרושות שבתקנות החשמל (התקנת מוליכים) סעיף 11:

(ד) במיתקן קיים, שבו הורחבו מוליכים,

יתקנו שלטו אותה בנוסף, ייהוות - הצבע הכחול של בידוד מוליך במיתקן יסול שיסמן מוליך אפס (N) או מוליך מוסע.

(ה) שילוט כאמור, יתקן רק במסגרת ראשית ורק בכל לוח משנה שבקר הניזון מסגרת ראשית בצבע בו שיטי כאמור.

שילוט זה נועד להסב את תשומת ליבו של כל אחד מהעוסקים בתחום החשמל, שיטפל במיתקן חשמל זה בעתיד, לכך שחלק מהמוליכים הכחולים במיתקן הם מוליכי מוסע וחלק הם מוליכי אפס.

מוסלך מאוד להימנע ככל האפשר משילובם של מוליכים ישנים וחדשים בעלי צבעים במשמעות שונה, בקופסת חיבורים אחת או במוביל אחד.

המעבר לשימוש במוליכים בצבעי הבידוד, כפי

שינוי צבעי ההיכר של מוליכים

במדור "משולחן הוועדות" שהתפרסם ב"התקע המצדיע" 59 (אביב 1995), ניתן פרסום לשינויים בצבעי ההיכר של מוליכים. (הפרסום מבוסס על הכתוב בקובץ התקנות 5656 - 26.1.95). מאחר שהצבעים החדשים לסימון מוליכים יהפכו להיות מחייבים החל מ-26.1.96, והואיל והשינויים הללו נורמים לכלבול בקרב ציבור החשמלאים, שהתרגלו לצבעי מוליכים מסוימים, ויהיה עליהם להתרגל עתה לצבעים החדשים - מתעוררת בעיה בעיקר במיתקני חשמל ישנים, בהם ייעשו שינויים ותוספת של מעגלים, מכיוון שצבעי המוליכים במעגלים החדשים יצטרכו להתאים לנדרש בתקנות החדשות. במיתקן חשמל ישן, בו נוסף מעגל חדש, יתכן מצב בו חלק מהמוליכים הכחולים הם מוליכי מוסע וחלק אחר של המוליכים הכחולים יהיו מוליכי אפס.

שאלות:

- א. מה הסיבה לשינויים בצבעי ההיכר של מוליכים?
- ב. כיצד אנו, כציבור העוסקים בתחום החשמל, צריכים להתמודד עם הבעיה במיתקני חשמל ישנים בהם נוספו מעגלים?

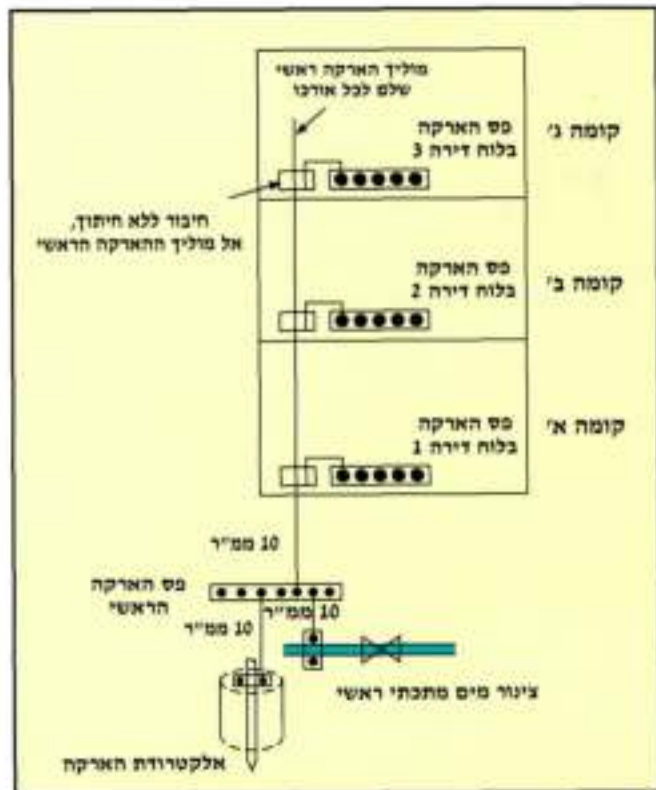
נועם ניר, אילת

תשובת המערכת:

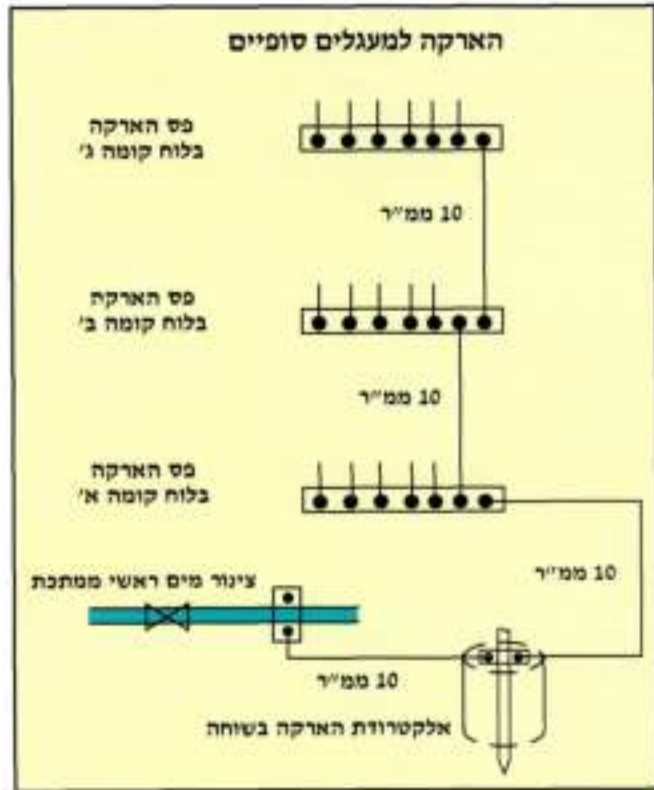
א. כדי לצמצם את אי ההבנות והספקות, מובאת להלן טבלה 11, המרכזת את צבעי הבידוד של מוליכים לזרם חילופין. הצבעים שהיו קיימים בהתאם לתקנות הישנות והצבעים הנדרשים בהתאם לתקנות החדשות.

המטרה העיקרית של השינוי בצבעי הבידוד של מוליכים היתה לקבוע שמוליך האפס יהיה כחול (ולא שחור), זאת, מהסיבות הבאות:

- בהתאם לתקנות הבינלאומיות, בידוד מוליך האפס הוא בצבע כחול.
- במשקירי חשמל רבים, בעיקר באלה המוצרים בחו"ל, בידוד מוליך האפס הוא בצבע כחול.
- בלוחות חשמל מתועשים, בידוד מוליך האפס הוא בצבע כחול.
- הצבע המקובל של מוליך האפס, בכבלים המשמשים במיתקני חשמל באירופה, הוא כחול.



איור 2
האופן בו מומלץ לשפר את ההארקה במבנה ישן, באמצעות אלקטרודה



איור 1
שיפור הארקה של מבנה באמצעות אלקטרודה (האם מותר לבצע כך?)

“מוליך הארקה המוצב יותר מ-10 מטר מעל ראשי אחד יהיה בחוץ של 10 סמיר למרחק ועלם לכל אורכו”

לכן לא מומלץ לבצע את שיפור ההארקה באופן שהוצע (באיור 1).
 האופן המומלץ לשיפור ההארקה במיתקן החשמל במבנה המתואר במכתב, בהתאם לרוח הדרישות המופיעות בתקנות החשמל (הארקות יסוד), מתואר באיור 2. יש לציין שאופן זה של חיבור הארקות ניתן להמלצה בלבד ואינו מחייב במיתקני חשמל ישנים.
 חשוב לציין שאת ביצוע השיפור המוזכר, צריך לבצע חשמלאי בעל רישיון מתאים, בהתאם לגודל החיבור במיתקן. כמו כן, לארז ביצוע השיפור יש לבדוק את עכבת לולאת התקלה בכל אחת מהדירות ולוודא שהיא מתאימה לעכבת לולאת התקלה הנדרשת בהתאם לגודל החיבור בדירה - ראה סעיף 42 בתקנות החשמל (הארקות ואמצעי הגנה בפני חישמול במתח עד 1000 וולט).
 כאשר הערך המתקבל של עכבת לולאת התקלה אינו מתאים לנדרש בתקנות, על פי גודל החיבור, יש צורך להוסיף אלקטרודות הארקה נוספות עד לקבלת ערך מתאים.
 אם לאחר תוספת של אלקטרודות הארקה,

של אותם קטעי צנרת פלסטית שהוחלפו, באמצעות מוליכים מתאימים, יפתור בדרך כלל את הבעיה.
 כאשר מתברר שהבעיה היא בטיב ההארקה של המבנה כולו, יש לבדוק תחילה את איכותם של הנישורים בצנרת המים המתכתית הראשית של הבניין. שיפור הנישורים יפתור בדרך כלל את הבעיה, שכן במקומות בהם צנרת המים המתכתית מהווה אלקטרודת הארקה, קיימת חובה של הרשות המקומית לאספקת מים, המחליפה או משנה את צנרת המים באופן העלול לפגוע בריציפות המתכתית שלה, לפעול בתאום עם חברת החשמל, במטרה להבטיח את המשך הריציפות החשמלית.
 במיתקני חשמל בהם מגיעים למסקנה שצנרת המים המתכתית הראשית אינה מספקת את ההארקה הנדרשת, יש לשקול את האפשרות להוסיף אלקטרודת הארקה.
 ההנחיות העקרוניות לאופן ביצוע ההארקה במיתקן חשמל, מופיעות בתקנות החשמל (הארקות ואמצעי הגנה בפני חישמול במתח עד 1000 וולט) ק"ת 5375 ובתקנות החשמל (הארקות יסוד) ק"ת 4271.
 בתקנות החשמל (הארקות יסוד) נפסקה ג' סעיף 3. הדן במוליכי ההארקה, כתוב:

אם לא, כיצד מומלץ לבצע את שיפור ההארקה של המבנה תוך השקעה מינימלית?

ששון בן דוד, חיפה

תשובת המערכת:

כפי שציטט במכתבך, איכות ההגנה בפני חישמול, במיתקנים המוגנים בפני חישמול באמצעות הארקות הגנה (TD), אכן תלויה בטיב ההארקה של מיתקן החשמל, ולכן במיתקני חשמל ישנים מומלץ לבדוק את איכות ההארקה ולשפר אותה, בהתאם לצורך.
 בדיקת טיב ההארקה צריכה להתבצע ראשית במיתקן הדירות ולאחר מכן יש לבדוק את איכות ההארקה של המבנה כולו. תוצאות המדידה מאפשרות לבודד את הבעיה ולבחון בצורה טובה את דרכי הפתרון.
 ברוב המקרים הבעיה היא במערכת ההארקה של המיתקן הדירות. במקרים אלה יש לאתר את התקלה ולתקן אותה נקודתית. בדרך כלל מדובר בנתיים בהם נעשו שימוצים במערכת המים הביתית, אשר במהלכם הוחלפו קטעי צנרת מים מתכתית בצנרת פלסטית. גישור

המדידה, ולכן בשני המקרים מומלץ להתרחק בעת המדידה, ככל האפשר, מנוגים מתכתיים הטמונים באדמה.

ערכי ההתנגדות המירביים בין האלקטרודה לבין המסה הכללית של האדמה (R_E) מומעים בתקנות החשמל (הארקות ואמצעי הגנה בפני חישובל במתח עד 1000 וולט).

כאשר מדובר במיתקן המוגן בפני חישובל בשיטת האיפוס (TN-C-S).

סעיף 39 ג - ילא יוחסס אדם באיפוס, במבנה שבו ההתנגדות בין הארקה היסוד או האלקטרודה הסטטית לבין המסה הכללית של האדמה שיהיה על 20 אהם.

כאשר מדובר במיתקן המוגן בפני חישובל בשיטת הארקה הגנה (TT).

סעיף 49 (ג) - יהותנגדות החשמל בין האלקטרודה הפקוסית הפועלת להארקה הגנה לבין המסה הכללית של האדמה לא תעלה על 5 אהם.

(בגדלי החיבורים הסטנדרטיים המקובלים כיום, לסעיף זה אין שמשעות, כיוון שעכבת לולאת התקלה הנדרשת קטנה בהרבה מ-5 אהם, והרי ההתנגדות החשמלית בין האלקטרודה לבין המסה הכללית של האדמה מהווה רק חלק מעכבת לולאת התקלה ולכן היא צריכה בהכרח להיות קטנה מ-5 אהם).
הערה: מאסר מפורט בנושא יעקרוות מדידת התנגדות הארקה, שנכתב על ידי המהנדס רון מונהייט, התפרסם ביהתקע המצדיעי מס' 53 (אפריל 1993).

הבדיקה בו אינן מתאימות לנדרש בתקנות החשמל, לא יחובו לרשת האספקה. בדיקת איכות הארקה במיתקן חשמל מבוצעת על ידי שתי מדידות:

- מדידת ההתנגדות בין האלקטרודה לבין המסה הכללית של האדמה.
- מדידת עכבת לולאת התקלה.

נסביר בקצרה כל אחת משיטות המדידה.

מדידת ההתנגדות בין האלקטרודה לבין המסה הכללית של האדמה
מדידה זו מבוצעת באמצעות מד התנגדות אדמה (מגרי אדמה). את המדידה יש לבצע כאשר כל השירותים המתכתיים מנותקים מאלקטרודת הארקה.

לצורך המדידה (שירים בשתי אלקטרודות עור, המוחדרות לעומק של כ- 50 ס"מ בקרקע ומתחברות אל מכשיר המדידה. מערך המדידה מתואר באיור 3.

במהלך המדידה אין תבדל עקרוני בין שיטות ההגנה בפני חישובל בהן מוגן המיתקן - הארקה הגנה (TT) או איפוס (TN-C-S), אולם קיים תבדל בהשפעת צגרת המים על תוצאות המדידה. במדידת ההתנגדות בין האלקטרודה לבין המסה הכללית של האדמה, במבנה בו מותקנת הארקה יסוד ומיתקן החשמל בו מוגן בפני חישובל בשיטת האיפוס (TN-C-S), תושפע תוצאת המדידה מצגרת המים הנכנסת לבניין. במיתקן חשמל המוגן בפני חישובל בשיטת הארקה הגנה (TT) תושפע המדידה מצגרת מתכתיים הנמצאת בקרבת אלקטרודת העור המשמשות לצורך

עדיין לא התקבלה עכבת לולאת התקלה בהתאם לנדרש בתקנות. מומלץ לשקול שימוש במפסק מגן הפועל בורם דלף לאדמה, כאמצעי הגנה בלעדי בפני חישובל. במקרה זה יש להפקיד על קיומן של הדרישות הבאות:

- מפסק המגן יותקן בטור עם המפסק הראשי וורם ההפעלה הנומינלי שלו יהיה 0.03 אמפר לפחות.
- מפסק המגן יפסיק את מוליכי המופעים ואת מוליך האפס ולא יפסיק את מוליך הארקה.
- ערך עכבת לולאת התקלה יהיה כהתאם לנדרש בתקנות החשמל (במקרה זה מדובר בערכים אשר אין כל בעיה לקבל אותם).
- יש לבדוק את כושר פעולתו של מפסק המגן במרקי זמן קבועים. כאשר נמצא שהוא אינו תקין, יש להפסיק את פעולתו של המיתקן עד לתיקונו או להחלפתו.

בדיקת איכות הארקה במיתקן חשמל

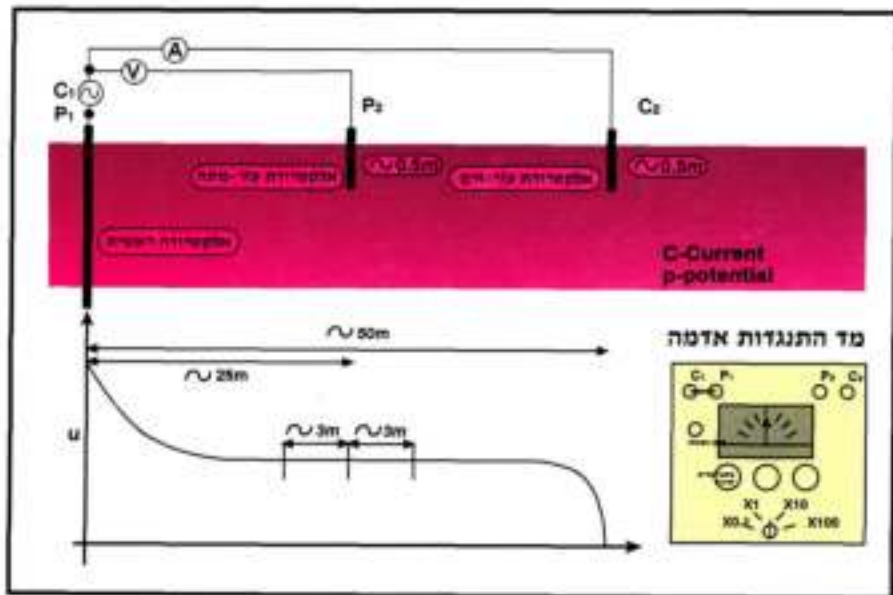
במהלך עבודתי כחשמלאי המבצע מיתקני חשמל במבנים חדשים ושימורים במיתקני חשמל במבנים ישנים, התעוררו אצלי מספר שאלות המתייחסות לבדיקת איכות הארקה במיתקני חשמל:

- כיצד בודקים את איכות הארקה של מיתקן החשמל?
- באיזה ציוד מדידה משתמשים?
- מהם הערכים המירביים המותרים?
- האם קיים תבדל במדידה ובתוצאותיה כאשר מיתקן החשמל הנבדק, מוגן בפני חישובל בשיטת האיפוס (TN-C-S) ביחס למיתקן המוגן בפני חישובל בהארקה הגנה (TT)?

אבוליל מחמוד יוסף, עין מאהל

תשובת המערכת:

למערכת הארקה של מיתקן החשמל, השפעה רבה על רמת ההגנה בפני חישובל, במיוחד כאשר מדובר במיתקנים המוגנים בפני חישובל בהארקה הגנה (TT) או כאלה המוגנים בשיטת האיפוס (TN-C-S), מפני שבשיטות אלה התכלית היא ניתוק הגוף המחוששל מהזינה - זאת על ידי פעולתו של מבטח המגן על המעגל החשמלי. לצורך זה נדרשת עכבת לולאת תקלה נמוכה. לכן, אחת הבדיקות החשובות שעובר מיתקן חשמל בטרם חיבורו לרשת האספקה, היא בדיקת איכות הארקה. מיתקן חשמל אשר תוצאות



איור 3 מערך מדידת ההתנגדות בין האלקטרודה לבין המסה הכללית של האדמה

מדידת עכבת לולאת התקלה

מדידה זו מבוצעת באמצעות מד עכבת לולאת תקלה (Loop Tester). במדידה זו מודדים את עכבת לולאת התקלה. לולאת התקלה מוגדרת בתקנות החשמל. יסמלול זרם התקלה ממקור הזינה, דרך מוליכי הזינה, מוליכי הארקה ומוליכי PEN, אלקטרודת הארקה המסה הכללית של האדמה, הארקה השיטה של מקור הזינה - כולם או מקצתם, מחוברים בטור או במקביל - שדרכו עובר זרם התקלה או זרם הדלף.

ביצוע המדידה באמצעות מד עכבת לולאת התקלה מבוצע בלוח, בין מוליכי המומע לבין מוליכי ההארקה וכן בכל אחד מבתי התקע במיתקן. כדי למדוד את עכבת לולאת התקלה במיתקן חשמלי בו מותקן מפסק מגן הפעיל בזרם דלף לאדמה - יש לעיתים צורך למשר את מפסק המגן, אחרת עלול להיווצר זרם דלף שייקפץ את מפסק המגן ולא יאפשר את ביצוע המדידה.

סערך המדידה מתואר באיור 4. העכבה המירבית המותרת של לולאת התקלה תלויה בסוג אמצעי ההגנה במני חיטמול המגן על מיתקן החשמל. העכבה המירבית המותרת של לולאת התקלה במיתקן המוגן במני חיטמול בשיטת הארקה הגנה (TT) או בשיטת האיפוס (TN-C-S), חייבת להיות כזו, שבעת קצר בין מומע להארקה, יזרום במעגל זרם קצר כעוצמה כזו, שיגרום לניתוק המבטח תוך 5 שניות לכל היותר.

הקשר שבין עכבת הלולאה המותרת לזרם הקצר, נתון בנוסחה הבאה:

$$I_K = \frac{230}{Z_s}$$

כאשר:

I_K - זרם קצר מוערי הגורם להפעלת המבטח תוך 5 שניות.

Z_s - עכבת לולאת התקלה המירבית המאפשרת היווצרות זרם I_K במתח 230 וולט. כאשר ההגנה על מיתקנים חשמליים מבוצעת על ידי נתיכים בעלי אופיין g_L או על ידי מאיזים בעלי אופיין L העומדים בתיי 745, יש אפשרות להשתמש בטבלה המופיעה בתקנות החשמל (הארקות ואמצעי הגנה במני חיטמול במתח עד 1000 וולט), התשנ"א 1991, סעיף 42, ולקבל ממנה את ערך העכבה (Z_s) המתאים ואת ערכו של זרם הקצר המוערי (I_K), עבור כל זרם נקוב של המבטח (I_n), כך שבמקרה של קצר לאדמה, זמן ניתוק הזרם המעגלי החשמלי לא יעלה על 5 שניות. כאשר בוחרים מבטחים אחרים, כלומר נתיכים בעלי אופיין השונה מ- g_L או מאיזים

לבין המסה הכללית של האדמה נמוכה מ- 20 אוהם, שכן היא מהווה חלק מלולאת התקלה. במקרה זה, כאשר מקבלים עכבה הגבוהה מ- 20 אוהם, יש צורך לבצע את המדידה במדויק, באמצעות מד התנגדות הארקה. לאחר שנוכחים לדעת שההתנגדות בין האלקטרודה לבין המסה הכללית של האדמה נמוכה מ- 20 אוהם, מבצעים איפוס ואחר כך מודדים את עכבת לולאת התקלה ומודאים שהערך המתקבל מתאים לנדרש בתקנות החשמל.

בעלי אופיין השונה מ-L, אין אפשרות להשתמש בערכים המופיעים בטבלה שהוזכרה. במקרים אלה יש צורך להשתמש באופיינים הספצימיים של המבטחים, כדי לוודא שהזרם המוערי הגורם להפעלת המבטח, אכן יגרום לניתוק הזינה תוך פחות מ- 5 שניות.

הערה: מאמר מפורט בנושא יעכבת לולאת התקלה במיתקני חשמלי, שנכתב על-ידי המהנדס אייל גבאי, התפרסם ב"התקע המצדיע" מס' 51 (ספטמבר 1992).

באופן עקרוני, ככל מיתקן חשמל יש לבצע את שתי המדידות שהוזכרו.

במיתקני חשמל המוגנים במני חיטמול בהארקה הגנה (TT), עכבת לולאת התקלה כוללת את ההתנגדות בין האלקטרודה לבין המסה הכללית של האדמה, ולכן במיתקנים כאלה, אם הערך של עכבת לולאת התקלה המתקבל מתאים לנדרש בתקנות, אין צורך לבצע מדידה של ההתנגדות בין האלקטרודה לבין המסה הכללית של האדמה.

במיתקני חשמל המוגנים במני חיטמול בשיטת האיפוס (TN-C-S), יש לוודא לפני ביצוע האיפוס, שההתנגדות בין האלקטרודה לבין המסה הכללית של האדמה נמוכה מ- 20 אוהם. מדידה זו יש לבצע באמצעות מד התנגדות הארקה. בדרך כלל מדידה זו קשה לביצוע, ולכן ניתן לבצע במקומה מדידה של עכבת לולאת התקלה. אם התוצאה המתקבלת נמוכה מ- 20 אוהם, אזי ניתן להסיק מכך שגם ההתנגדות בין האלקטרודה

מדידת ההתנגדות של בידוד המוליכים במיתקן מתח נמוך

אני חשמלאי העוסק בביצוע מיתקני חשמל במבנים חדשים ובשיפור מיתקני חשמל במבנים ישנים.

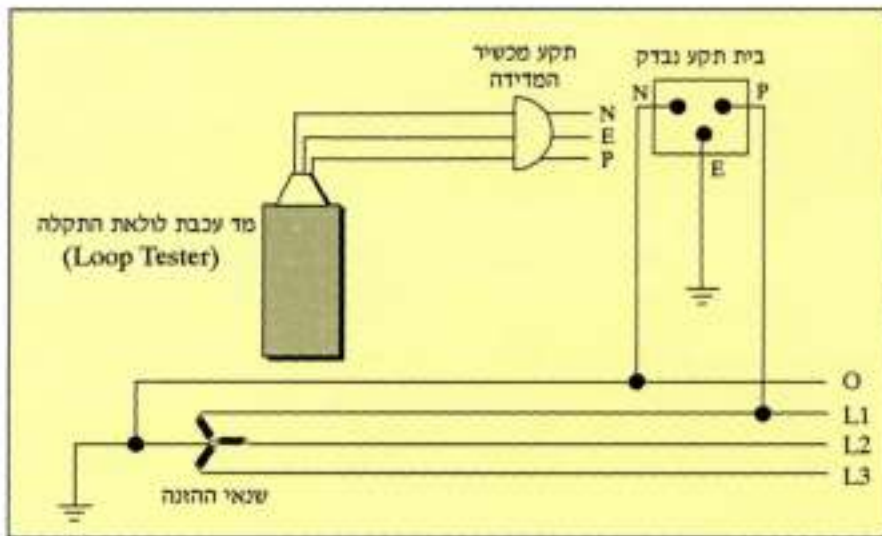
אחת הבדיקות אשר עלי לבצע במיתקני החשמל שאני מבצע, היא מדידת ההתנגדות של בידוד המוליכים (בדיקת הבדדה).

שאלותי:

- חסבר עקרוני לגבי מהות הבדיקה.
- כיצד מבצעים את הבדיקה?
- באיזה מיכשור משתמשים?
- מהן התוצאות המועריות המתותרות?

אבוליל מחמוד יוסף, עין מאהל

(המשך בעמוד 11)



איור 4

סערך מדידת עכבת לולאת התקלה בבית תקע

אינג' פאול שפר

א. ועדת ההוראות - לביצוע עבודות חשמל

של רמזורים, במיוחד בעת גשם.

■ תקנות להתקנת מיתקן חשמל בבניינים רכי קומות ובמבנים המשמשים למטרות ציבוריות: החומר נמצא עדיין בדיון בוועדת המשנה המקצועית. מטרת התקנות הינה בעיקר להבטיח, עד כמה שאפשר, את עמידות המיתקן בעת שריפה, למנוע התפשטות אש דרך מיתקן החשמל, להבטיח דרכי מילוט וכד'.

■ מיתקן חשמל בכריכות שחייה ובגיקוזי: גם כאן, החומר המקצועי מוכן לדיון במליאת הוועדה. ריבוי בריכות השחייה בארץ והשימוש ההולך וגובר במיתקני גיקוזי, גם בבתים פרטיים, הניע את הוועדה להכין תקנות מפורטות לנושא הצירוף של מים, והיעדר נעליים או בגדים, ביחד עם חשמל בכריכה או בגיקוזי, יוצרים סכנת מיוחדת, דבר המגביר את חשיבותה של ההתייחסות הברורה והנרחבת לנושא.

מכאן ברור כי לפני הוועדה תוכנית עבודה לשנתיים עד שלוש, וזאת מלבד השאלות והבעיות הנוספות המתעוררות כמעט מידי חודש ואשר זקוקות למענה דחוף.

במליאת הוועדה, יחולו שינויים מרחיקי - לכת, כגון:

1. ביטול איזורים של כבלי שפרת שיצאו מהשימוש.
2. התייחסות לכבלים נטולי הלוגן.
3. הרחבת הפרק הדין בבעיות של אש ושל תוצאותיה (עשן רעיל).
4. התייחסות לתעלות כבלים מתועשים, עם דגש על תעלות מחומר פלסטי ועוד.

■ תקנות חשמל להתקנת מובלים: (ק"ת 1809) גם בטשא זה, התקנות הקיימות כיום, מיושנות מאוד והוחל בהכנתן מחדש, תוך ביטול ההתייחסויות לטכניקות שהמציאות "ביטלה" אותן, ותוך מתן דגש לטכניקות חדשות, כמו "דקטים" (תעלות) פלסטיים, צנרת פלסטית חדשה וכו'.

■ תקנות למיתקני חשמל באתרי בנייה: החומר מוכן ברובו לדיון במליאת הוועדה. מטרת התקנות היא להגביר את בטיחותם של מיתקני החשמל באתרי בנייה ובאתרים ארעיים דומים.

■ תקנות חשמל להתקנת רמזורים: החומר מוכן לדיון במליאת הוועדה. מטרת התקנות היא להבטיח, עד כמה שאפשר, שמיתקן החשמל לא יהיה הנושא להפסקות התדירות בפעולתם

מאז הופעתו של קובץ התקנות מסי 5656 מיום 26.1.95 לא הגיעו תקנות חדשות לפרסום.

ועדת ההוראות הכינה לפרסום תיקון לתקנות החשמל (מעגלים סופיים - ק"ת 4731), בדבר הגדרת אזור "1" של חדרי אמבטיה וחדרי מקלחת, כמפורט להלן, בפרק ב' ועדת הפירושים.

תיקון זה יפורסם בקרוב.

תוכנית העבודה של ועדת ההוראות:

ועדת ההוראות מסכמת מידי שנה את פעולותיה בתחום של הכנת תקנות חדשות ומתווה את המשך הפעולה לשנים הבאות. עקב אופי תפקודה, תוכנית העבודה היא רב - שנתית, אך כאמור, היא מתעדכנת מידי שנה.

התוכנית הנוכחית כוללת:

- א. רבייה כללית לתקנות ישנות.
- ב. התקנת תקנות חשמל חדשות.

■ תקנות החשמל - התקנת כבלים: (ק"ת 1949) התקנות הקיימות הן בנות שלושים שנה. במסגרת תקנות חדשות, הנמצאות עתה בדיון

ב. אנשי החשמל שואלים - ועדת הפירושים משיבה



- מקרא**
- 0 אזור 0
 - 1 אזור 1
 - 2 אזור 2
 - 3 אזור 3

איור 1

דוגמה לקביעת האזורים בחדר אמבטיה

יש בין החשמלאים שמתייחסים אל החלל שמעל לגובה של 2.25 מ', ועד לתקרה, כאל אזור בו אין מגבלות, והם מתקיימים בו ציוד חשמלי באופן חופשי. האם לכך התכוונה הוועדה?

תשובת הוועדה:

לא היתה כל כוונה לאפשר ניצול החלל הקטן שמעל התחום של אזור "1" ועד לתקרת החדר (חלל שעשוי להיות בגובה של חצי מטר עד מטר אחד לכל היותר), להתקנת ציוד חשמלי, שאליו אפשר להגיע בעמידה, מהאמבטיה או מהמקלחת, ועם ידיים רטובות.

לכן הכינה ועדת ההוראות תיקון להגדרת אזור "1", מלווה בתיקון מתאים של האזור (ראה איור 1).

ציוד חשמלי באזור "1" של חדרי אמבטיה

השאלה:

אזור "1" מוגדר בתקנות החשמל (מעגלים סופיים) הנוונים במתח עד 1000 וולט) כדלקמן:

"החלל מעל אזור 0, עד לגובה של 2.25 מטרים או עומק ברדיוס 80 ס"מ, שמרכזו בראש המקלחת או אמבטיה, עד לגובה של 2.25 מטרים."

פי שפר - יו"ר ועדת ההוראות, ועדת הפירושים שליד משרד האנרגיה והתשתית.

בצורה כלשהי, ומה הדין לגבי אבורים אלה במרפסת פתוחה עם גג ?

תשובת הוועדה:

אכן ניתן להשתמש באבורים ביתיים רגילים במטבח ביתי. מאידך, אם מדובר במטבח גדול של מוסד, כגון מלון או מפעל, אזי על המתכנן לשקול ולברר את הרגלי העבודה, לרבות צורת הניקוי של הקירות, לפני שהוא מחליט על סוג ההגנה הדרושה לאבורים.

אשר לאבורים במרפסות פתוחות, הרי דרושה הגנה בפני חדרת גשם, גם אם יש מעל המרפסת גג או גגון.

חיבור מוליך הארקה אל אלקטרודת הארקה

תקנת החשמל (הארקות ואמצעי הגנה בפני חשמול במתח עד 1000 וולט) התשנ"א 1991, ק"ת 5375, דורשות:

תקנה 29 (א) - "מוליך הארקה יחובר לאלקטרודה על ידי התקן בעל הסוגה בלבד, החיבור יבטיח התנגדות חשמלית נמוכה דיה לאורך ימים, מקום החיבור יגן כנגד פגיעות מכניות וייתוך ותתאפשר נישא סוגיה אלו."

במקרים רבים, בעיקר של תוספת מיתקן למיתקן קיים, כשיש לתוספת מערכת הארקה נפרדת, אי אפשר ליצור בריכה מעל אלקטרודת הארקה, לצורך ביצוע החיבור הטוב של מוליך הארקה ומתן נישא לחיבור לצורך בדיקת הארקה.

האם מותר במקרה כזה לחבר את מוליך הארקה באמצעות ריתוך, המבטיח חיבור חשמלי טוב ואמין לאורך ימים, ולהביא את המוליך לנקודת חיבור באמצעות בריגים במקום אחר הנוח לנישה ?

תשובת הוועדה:

לדעת הוועדה אפשר ומותר לחבר קטע של מוליך הארקה לראש האלקטרודה, בתנאי שהוא יחובר על ידי חיבור חשמלי טוב ובר-קיימא, כפי שנדרש למשל בתקנה 5 (ב) של תקנות החשמל (הארקות יסוד) התשמ"א - 1981, ק"ת 4271.

בכך הופך הקטע למעשה לחלק של האלקטרודה עצמה והחיבור בהמשך המוליך, שחייב להיות חיבור בהברגה - לצורכי מדידת התנגדות הארקה, ייעשה במקום נוח לנישה, בהמשך מסלול המוליך. חשוב שמיקום האלקטרודה

עד 1000 וולט) הן בדבר הצטלבות, מקבילות פיזית או התקרבות בין רשתות, הוחלט להעביר את הפרק לרביזיה במטרה לנסחו בצורה מלאה וברורה יותר, ולדון מחדש בשאלות שהתעוררו.

ב) התקנות להתקנת כבלים נמצאות עתה בירביזיה פעילה" כמוסבר בפרק א.

גודל המבטח בקו של מזגן

השאלה:

המוננים בגודל עד כ-3.5 כ"ס פועלים בזרם של פחות מ-16 אמפר. למרות זאת דורשים יצרני המוננים להגן על קו הזינה (שהוא בחתך של 2.5 ממ"ר) באמצעות מבטח של 20 אמפר - זאת בגלל זרמי ההתנעה.

האם הדבר עומד בדרישת התקנת ?

תשובת הוועדה:

בתקנה 14 (א) של תקנת החשמל (העמסה והגנה של מוליכים מבודדים וכבלים במתח עד 1000 וולט), התשנ"ב - 1992, ק"ת 5482, נקבעה הדרישה של התאמת המבטח לגודל המוליך, וזאת בהתאם לנוסחאות שבתקנה 5, או בהתאם לטבלאות שבתוספת. אולם בתקנה 14 (ב) ניתן היתר לסטות מקביעה זו, ובלבד שמתכנן המיתקן מודע לאופי ההעמסה הצפויה של המוליך והוא שקל שיקולים טכניים לנופו של עניין.

במקרה דגן משרת הקו מכשיר צריכה אחד בלבד (קו בלבדי למזגן) והעומס לא יעבור את המותר למוליך (19 אמפר ועד 29 אמפר בתלות בצורת ההתקנה). מאידך יגן המבטח על הקו במקרה של קצר. דומה הדבר להיתר שניתן בתקנה 11 (ח) של תקנת החשמל (מעגלים סופיים הנוונים במתח עד 1000 וולט) התשמ"ה - 1984, ק"ת 4731. לכן מותר הדבר.

בתי תקע במטבח

השאלה:

בעקבות ההסברים שניתנו בנדון ב"התקע המצדיע" 56 (עמוד 19), שוב נשאלה השאלה:

"האם ניתן להבין שאכן בחדרי מטבח אפשר להשתמש במפסקים ובבתי תקע ישבשימוש ביתי רגיל", ושאיתם מוגנים

התיקון עומד להתפרסם ברשומות, בו הולשו.

"אמור 1 - החלל מעל אמור י"ט עד לתקנת החדר, או עיול שמרכזו בראש הסקפת, בדיוקם של 80 ס"מ, עד לתקנת החדר."

הצטלבות של רשתות שונות

בנישא זה נתקבלו כמה שאלות וצירעורים על הנאמר בתקנות.

א) תקנה 45(ג) של תקנות החשמל (התקנת רשתות חשמל עיליות במתח עד 1000 וולט) התשנ"ה-1995, ק"ת 5656, קובעת:

"המרחק המזערי האופקי בין סמך למתח נמדד לבין המוליך הקיצוני הקרוב לסמך של רשת למתח גבוה, במצב ללא סטייה של המוליך יהיה:

- 4 מטרים - למתח גבוה עד 52 קילוולט
- 5 מטרים - למתח גבוה מעל 52 קילוולט ועד 100 ק"ו.
- 7 מטרים - למתח גבוה מעל 100 קילוולט ועד 160 ק"ו.
- 10 מטרים - למתח גבוה מעל 160 קילוולט ועד 400 ק"ו."

מרווחים אלה, המתייחסים כמוגן גם לעמודי תאורת רחובות הממוקמים בקרבת רשת מתח גבוה, גורמים לקשיים בהצבת עמודי תאורה והביאו לעירוער מצד מתכנני תאורת רחובות.

תשובה מנומקת לעירוער ניתנה ב"התקע המצדיע" 59 (עמוד 14). אין אפשרות להקטין את המרווח הנדרש.

נתקבל עירוער לנאמר ב"התקע המצדיע" 59, עמוד 14, בטעם לתקנה 44, אשר לפיה אסור השימוש בכבל עילי או בצורה, בהצטלבות בין קו למתח גבוה לבין קו למתח נמוך. נימוקי העירוער כוללים נתונים שיש בהם היגיון, אך הנאמר בתקנות כיום הוא המחייב מבחינה חוקית.

ב) בתקנה מס' 104 של תקנת החשמל (התקנת כבלים) התשכ"ז-1966, (ק"ת 1949) נקבע כי: כבל עילי, המותקן על סמך משותף עם קו למתח גבוה, חייב להיות בעל עסיפה מתכתית, או שריון מאורך.

תשובת הוועדה:

א) לאור העירוערים והשאלות שנתקבלו בהקשר לפרק ד' של תקנות החשמל (התקנת רשתות חשמל עיליות, במתח

ומסלול מוליך ההארקה (שאיט נראה לעין), יהיו מסומנים בתוכניות המיתקן, כדי לאפשר את איתורם.

בתי תקע למחשבים בכיתות לימוד

שוב ושוב מתעוררת השאלה האם תקנה מס, 18 (ג) של תקנות החשמל (מעגלים סופיים הנוונים במתח עד 1000 וולט) התשמי"ה - 1984, ק"ת 4731, מחייבת התקנת בתי תקע בכיתות לימוד של בית ספר בגובה של 180 ס"מ מעל הרצפה! מעניין שבין השואלים יש גם כאלה שעומדים על כך כי גם בית ספר הוא "מוסד" ולכן התקנה מחייבת גם אותו, ובכלל מה היא ההגדרה של ילד, ומה כאשר גם בכיתה א' לומדים מחשבים, או אם בכיתה בה בתי התקע הינם בגובה נמוך תלמד כיתה שאיננה לומדת מחשבים!

תשובת הוועדה:

הבעיה אכן קיימת בכל חומרתה, השימוש במחשבים בבתי הספר נעשה נפוץ יותר ויותר מידי שנה, כולל גם בתי ספר יסודיים. הוועדה חייבת לתת מענה לצורך הדחוף של התקנת בתי תקע בצורה שתקטין את האפשרות של פגיעה בתלמיד או במיתקן. מאחר שהוועדה סבורה כי בתי תקע בגובה של 180 ס"מ, ומוליכי חיבור תלויים באויר במספר מקביל למספר המחשבים בכיתה, יגדילו את הסיכונים ולא יקטינו אותם, החליטה הוועדה לראות בתי ספר מעבר למסגרת של "חדרים המיועדים לתינוקות או לילדים במסודות..." כלשון התקנה. הדבר מתאים גם לרוח הדיונים בשעת ניסוח התקנה - ויש בוועדת הפירושים חברים אחדים שהשתתפו באופן פעיל בניסוח תקנות אלה עוד במהדורותיהן הקודמות בשנת 1979 וקודם לכן.

אך מאידך לאור הערעור

- החליטה ועדת הפירושים להביא את העניין לפני מליאת ועדת ההוראות, במגמה לשנות את התקנה ולהבהיר בצורה מדוייקת את כוונת המונח "ילדים במסוד".

עד אז הפירוש של ועדת הפירושים הוא הפירוש המחייב.

וו תלייה למנורות תקרה

השאלה:

בתקנה 28(ג) של תקנות החשמל (מעגלים סופיים הנוונים במתח עד 1000 וולט) התשמי"ה - 1984, ק"ת 4731 נקבע כי:

"ליד כל נקודת מאור בתקרה ייקבע וו תלייה המתאים לשאת משקל של 10 ק"ג לפחות."

בתקנות אקוסטיות ובתקרות גבס קלות מותקנות מנורות מיוחדות הקבועות ללא תלייה. האם אפשר לוותר על התקנת וו תלייה במתקנים בהם קיימות תקרות אקוסטיות או תקרות העשויות מגבס!

תשובת הוועדה:

התקנה נועדה להתקנה בטוחה של מנורות בתקרות סטנדרטיות, שהן חלק מהמבנה המקורי של החדר. מטרתה היתה למנוע את ההרגל הפסול של תליית מנורה על מוליכי הזינה.

תקרות אקוסטיות או תקרות גבס קלות, מעצם בנייתן אינן מיועדות לשאת משקל של 10 ק"ג. קיימות עבורן מנורות מיוחדות, המותאמות להן מבחינת צורתן ואופן קביעתן. אין לכן לא אפשרות ולא צורך בוו תלייה בתקרות כאלה. מובן שפטור זה מתייחס רק לתקרות הקלות הנדונות. בכל התקרות הרגילות באותו המתקן, בוך יש נקודת מאור, יש להתקין וו תלייה.

לוח חשמל ראשי במבנים בודדים (יילות)

השאלה:

מתרגים המקרים בהם מתקנים, ביילות גדולות, את הלוח הראשי בכניסה המקורה למבנה, ולא מאחורי דלת הכניסה, דהיינו בתוך המבנה. כמו כן, קיימים לעיתים מיתקנים של 80x3 אמפר ומעלה ויש רצון להתקין עבור מיתקן כזה לוח מתכתי. האם הדבר מותר?

תשובת הוועדה:

בתקנה 27 (ב) של תקנות החשמל (התקנת לוחות במתח עד 1000 וולט) התשנ"א - 1991, ק"ת 5375 נקבע כי:

"בבית מגורים ימוקם הלוח של המיתקן היחיד בתוך החדר הלוח, לרבות המטבח, שלו, והיה מחומר מלמני כבה מאלוין."

מטרת התקנה היתה להביא את הלוח לרשות הפרט, בתוך הדירה ולמנוע בזה גם סיכונים בטחוניים וגם טירחה מיותרת בצורך לצאת, גם בלילה, אל הלוח בחדר המדרגות לשם טיפול בו.

בית בודד - כגון וילה - הוא כולו ברשות הפרט ובדרך כלל מתוכנן על ידי או עבור בעליו. אם נח לו שהלוח יהיה בכניסה לוילה, מעבר לדלת הכניסה - אין מניעה שייעשה כך, בתנאי שהלוח מוגן בפני גשם - על ידי גגון מעל הכניסה ועל ידי התקנת ארון סגור.

אשר לאפשרות של התקנת לוח מתכתי - הדבר אסור מטעמי בטיחות. לוח מתכתי חייב בהארקה הנגה בהתאם למבטח שלפניו, דהיינו מבטח של חברת חשמל, שכן במקרה של קצר בין מוליך הזינה - בכניסה ללוח, לפני המבטח של הלוח - לבין הגוף המתכתי, הרי המבטח שלפניו, זה שבלוח המונים של חברת חשמל, הוא שצריך להגן על הלוח הפרטי.

עבור לוח של צרכן 3 x 80 אמפר מתקינה חברת חשמל מבטח של 3 x 100 אמפר. כדי שהמבטח יישרף תוך לא יותר מ-5 שניות, כנדרש בתקנה 42 של תקנות ההארקות ואמצעי הנגה בפני חשמל, חייבת עכבת לולאת התקלה להיות לא יותר מ-0.39 ארום, דבר שקשה להשיגו ברוב המקרים.

ללוח של 3 x 100 אמפר נדרשת עכבה של 0.30 ארום לכל היותר, ורק לניתים רחוקות אפשר להבטיח ערך נמוך זה. כמו כן חייב מוליך ההארקה אל הלוח להיות בחתך המתאים לרום הקצר הצפוי במקום, דהיינו בכניסה.

מסיבה זו חייב הלוח להיות מחומר מבודד וכזה מאלוין. מעל הלוח - אשר יכול להיות גם צירוף של יחידות מדולריות - מותר להתקין ארון או קופסה ממתכת (שאינם חייבים בהארקה) שכן הלוח עצמו הוא מחומר מבודד.

גנרטור ללא הארקה לאספקה ארעית

השאלה:

במוסד מסויים קיימים גנרטורים קטנים לאספקה ארעית, שאינם מאורקים. לוח הגנרטור כולל מספר בתי תקע להזנת מכשירי צריכה. האם מותר להזין בדרך זו מספר מכשירים והאם מותר להזין

מכשירים שאחד מהם מאורק והיתר הם בעלי בידוד כפול!

תשובת הוועדה:

התשובה הינה על פי תקנה 15 של תקנות החשמל (התקנת גנרטורים למתח נמוך) התשס"ז - 1987, ק"ת 5000, בה נקבע:

"במקרה של זינת מתקן ארעי באספקה עצמאית מגנרטור ארעי, מתר שהזינת תהיה בלתי מאורקת, כאשר בגנרטור ובמיתקן מתקיימת הוראת תקנות החשמל (הארקות ושיטות חבט במני השמול במתח עד 1000 וולט התשס"ד - 1984. המתייחסות לשיטה בלתי מאורקת, או מתקיימת דרישת אלה. הערה: תקנות אלה הוחלפו בינתיים על ידי תקנות חדשות משנת התשנ"א - 1991 (ק"ת 5375).

- (1) כל גופי הסתבת החייבים בהארקת הגנה, יכלול טיף הגנרטור, יחביו למוליך הגנה הכפול בתוך כבלי הונית, מתר שמוליך הגנה יהיה מאורק.
- (2) חביו מוליכי ההגנה יהיו שורים לפחות

מכתבים למערכת - (המשך מעמוד 7)

תשובת המערכת:

לבידוד המוליכים, כמו לכל חומר אחר, יש התנגדות חשמלית. חומרי הבידוד המשמשים לבידוד של המוליכים, הם חומרים בעלי התנגדות נבונה למעבר זרם חשמלי דרכם. התנגדות הבידוד של המוליכים תלויה בזרם הוליגה של הבידוד. זרם הוליגה של בידוד המוליכים מורכב משני זרמים:

- זרם הוליגה הזורם דרך הבידוד עצמו.
 - זרם הוליגה הפורץ דרך סדקים או פגמים בבידוד הזורם על שכבת הליכלוד, האבק והלחות הנמצאים מעל הבידוד.
- ככל שהבידוד פגום יותר (כתוצאה מפגיעות מכניות, יובש, התיישנות וכו') ושכבת הליכלוד עבה ולחה יותר, זרם הוליגה גדול יותר.
- תפקידו של בידוד המוליכים הוא למנוע קצרים עקב מגע בין חלקים חשמליים חיים ולכן התנגדותו למעבר זרם חשמלי צריכה להיות גדולה ככל האפשר.
- בדיקת ההתנגדות של בידוד המוליכים במיתקני חשמל מבוצעת במיתקנים חדשים

(ג) בדיקה תקופתית של המשגוח - תקנה 52

הכל כמפורט בתקנות, במקרה זה אין הגבלה על מספר המכשירים שמתר לחברם ואין סיבה שלא יחוברו מכשירים מאורקים ומכשירים בעלי בידוד כפול.

2. זינה לפי שיטת "הפרד מגני" - סימן ד' בתנאי שמתקיימים.

(א) הגבלת קיבוליות המיתקן - תקנה 53

(ב) מקור הזינה הוא עצמאי כמפורט בתקנה 54.

(ג) אין הארקה - לא של השיטה ולא של הגנה - תקנה 55.

(ד) יזון מכשיר צריכה אחד בלבד - תקנה 56.

וכן כמה תנאים נוספים בדבר שמירת רמת הבידוד של המיתקן, גישור מתכתי בין מכשיר מחוץ ביד לבין משטח עבודה מתכתי וכו'. על מפעיל הגנרטור לבחור בין האפשרויות השונות המתורחבות לפניו.

לחביו מוליכי ההארקה, כנדרש בתקנות החשמל (הארקות ושיטות הגנה במני השמול במתח עד 1000 וולט) התשס"ד - 1984.

(3) כאשר התנגדות הבידוד בין מוליך ההגנה לבין המיתקן החשמלי ירדה מתחת ל- 22 ק"ו - אחם, תיתן אתראח חזותית וקולית.

(4) הראו חישוב או ניסוי שמתה התקלה לאורך מוליך ההגנה אינו יכול מעלות על 50 וולט למשך יותר מ- 5 שניות, לא תירוש אתראח כאמור במסקה (3).

(5) תקיימו התנאים של מסקה (4) - לא יעלה סכום הארורים של הכבלים על 250 סטר.

לכן מותרת שיטת אספקה בלתי מאורקת, בתנאי שמתקיימים התנאים הנדרשים לבני:

1. "זינה צפה" כמפורט במרק ג', סימן ב', של תקנות החשמל (הארקות ושיטות הגנה במני השמול במתח עד 1000 וולט, דהיינו.
- (N) התקנת משגוח - תקנה 50.
- (ב) שריון גופי מתכת נגישים והארקתם - תקנה 51.

סאדמה אינו עולה על 250 וולט, ובין מוליך המעגל לבין טיף מאורק, לא יפחת מהמנועים הבאים לפי סוג הבדיקה.

(1) מ- 1.5 מטהאום, כאשר הבדיקה היא בדיקת הפעלה.

(2) מ- 0.25 מטהאום, כאשר הבדיקה היא תקופתית.

(3) שיעור התנגדות הבידוד בין המוליכים הכבליים במכשיר, יהיה בהתאם לתקן של המכשיר האמור.

(ג) בדיקת שיעורי ההתנגדות של הבידוד תישע במכשיר מדידה שמתר הטמנילי אינו עולה על 500 וולט בזרם ישר.

באופן מעשי, בבדיקתו של מיתקן חשמל חדש בטרם חיבורו לרשת האספקה יש להגיע ל- 1.5 מטהאום למעגל, ואילו בבדיקתו של מיתקן העובר שינוי יסודי כמוגדו בזוק החשמל (לדוגמה: הגדלת חיבור), יש להגיע ל- 0.25 מטהאום למעגל.

כאשר תוצאות הבדיקה אינן מתאימות לנדרש בתקנות החשמל, יש לאתר את התקלה ולתקן אותה, ורק לאחר מכן לאפשר את פעולתו (או המשך פעולתו) של מיתקן החשמל.

בטרם חיבורם הראשוני לרשת האספקה, ובמיתקנים ישנים, לאחר שהתבצע בהם שינוי יסודי כמוגדו בזוק החשמל (לדוגמה: הגדלת חיבור).

מידת התנגדות הבידוד של המוליכים במיתקן חשמל במתח נמוך, מבוצעת כאשר לקצוות המוליכים לא מחוברים מכשירי צריכה שעלולים להינזק. הבדיקה מבוצעת באמצעות מנהאום-סטר, שמתרר העמנילי אינו עולה על 500 וולט והבודק את טיב הבידוד בין מוליכי ההארקה לבין מוליכי האפס ומוליכי המופעים, ובמידת האפשר והצורך, גם בינם לבין עצמם.

בכל מדידה, בודק מכשיר המדידה את הבידוד בין שני המוליכים שביניהם הוא מחובר. שיעור התנגדות הבידוד המוערי המותר, בין מוליכים במיתקן חשמל במתח נמוך ומתחו העמנילי של מכשיר המדידה, מופיעים בתקנות החשמל (התקנת מוליכים), כדלקמן:

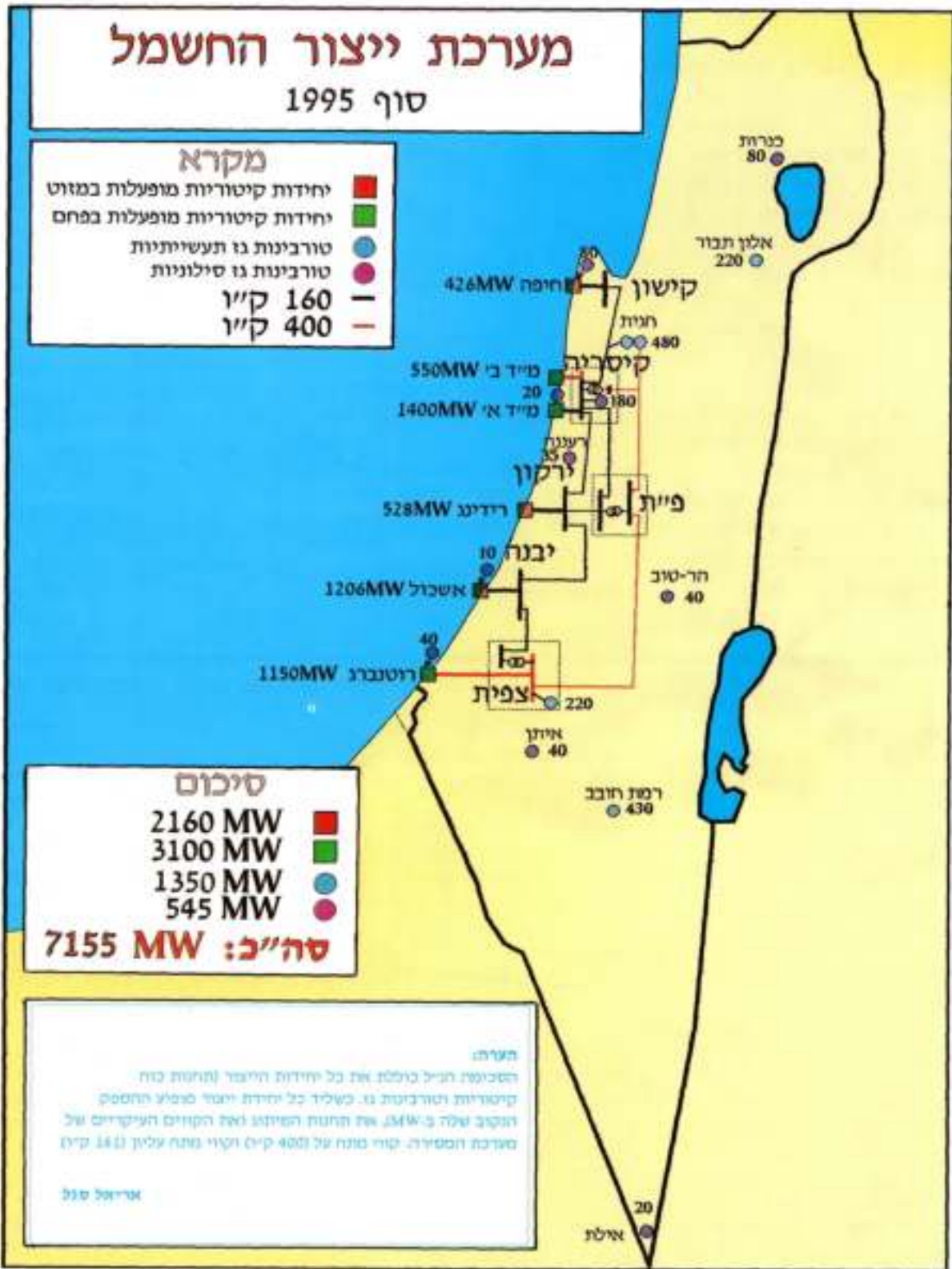
57. שיעורי התנגדות בידוד המוליכים במיתקן מתח נמוך:

(א) שיעור התנגדות הבידוד שבין שני מוליכים במעגל חשמלי אחד במתח נמוך שמתרם



מערכת ייצור החשמל

סוף 1995





ההפרעה הארצית במערכת החשמל (8.6.95) - תיאור האירועים והמסקנות הטכניות

מהנדס יונה שוויצר

הפסקות החשמל הנרחבות שהתרחשו בצהרי ה- 8.6.95, "זכו" לכיסוי תקשורתי נרחב. בהגדרות המקובלות בחברת החשמל, מוגדר כ"עלטה כללית" (BLACK - OUT), מצב בו הפסקת החשמל הינה כ- 60 אחוז או יותר, מכלל הביקוש. התקלה הארצית ב- 8.6.95 גרמה לאי אספקה של כ- 75 אחוז מכלל הביקוש, ולפיכך מוגדרת הפרעה זו כ"עלטה כללית". בעקבות ההפרעה מונע שתי ועדות חקירה: שר האנרגיה והתשתית, ד"ר **גונן שגב** מינה ועדה בראשות **שלמה (צייץ) להט** ובהשתתפות התעשיין **דיוויד פדרמן** ופרופ' **מיכאל ארליצקי** מהטכניון. ואילו מנכ"ל חברת החשמל, **רפי פלד**, מינה ועדה פנימית בת שישה מהנדסים בכירים, בראשות המהנדס הראשי של החברה, **משה לסרי**. ועדות החקירה התבקשו לבדוק את השתלשלות האירועים מרגע התרחשות התקלה ועד החזרת המערכת לפעולה מלאה, הסיבות שגרמו להפרעה, תפקודן של היחידות השונות בחברת החשמל, מערכות הדיווח, התפקוד הטכני של מערכת החשמל הארצית ושל מערכות ההגנה המשולבות בה וכד'. **ועדת להט** התבקשה לבדוק גם את הטיפול בפניות הציבור והעברת המידע אליו. שתי הוועדות התבקשו להגיש מסקנות והמלצות. מאמר זה לא יעסוק במכלול ממצאי הוועדות, הפרוסים בדו"חות מפורטים ועבי כרס, אלא יערוך ניתוח של הממצאים הטכניים העיקריים והמסקנות הטכניות המשתמעות מהם.

מן הצפון, כאמצעות ארבעה מעגלי מתח עליון היוצאים מתחנת מיתוג (תחמי"ג) קיסריה, קו "אדום" - לתחנת המשנה (תחמי"ש) בית יהושע, ומשם לתחמי"ג ירקון, קו "ירוק" לתחמי"ש שרון (ומשם לתחמי"ג פתח תקוה), קו "ירוק" לתחמי"ש רעננה (ומשם לתחמי"ג בית) וקו "שחור", המוליך ישירות מתחמי"ג קיסריה לתחמי"ג מתח תקוה. שני מעגלים ("אדום צהוב", מתחמי"ג קיסריה לתחמי"ש של מפעלי נייר חדרה ו"יכולי" מתחמי"ג קיסריה לתחמי"ג ירקון), לא פעלו עקב עבודות מתוכננות של החלמת תילים, לצורך הגדלת יכולת ההולכה שלהם (ראה איור 1).

שרשרת התקלות עד "הפרדת המערכת"

בשעה 13:15 - שעה שהביקושים בשנת שנה זו קרובים לשיא הביקוש היומיים - נפסקה פעולתן של שתי יחידות ייצור קטנות בתחנת הכוח "ירדני", שנבעה מהתפוצצות מגן ברק בפס הצבירה 110 ק"ו. כתוצאה מכך נדל הפער בין הביקוש לייצור במרכז ובדרום, מכ- 715 מגואט לכ- 805 מגואט, דבר שהייב הזרמה נוספת של חשמל מתחמי"ג קיסריה דרומה.

בשעה 13:36, כאשר אספקת החשמל במרכז ובדרום הייתה תלויה במידה רבה באספקה מתחמי"ג קיסריה, ארעה התקלה העיקרית, אשר הביאה לשיבושים הרבים ואשר זכתה לכיסוי הנרחב בתקשורת. שריפה שארעה באזור קיבוץ נבעת חיים, גרמה לקצר

השימוש בציוד ישן יחסית. התייחסות לנושא זה תובא במרק הלכחים והמסקנות.

מהלך האירועים שגרם להפרעות

המצב טרם התקלה

העומס הכללי במערכת החשמל, בעת שהחלו התקלות, היה 4534 מגואט - בכ- 50 מגואט יותר מהתחזית לאותה שעה. חמש יחידות ייצור, בתחנת הכוח "אשכול" באשדוד ו"ירדני" בתל-אביב, היו מושבתות לצורך תחזוקה מתוכננת, או עקב תקלות קודמות.

אמנם לא היה צורך ביחידות אלה לאספקת הביקושים, אשר סופקו על ידי יחידות הייצור האחרות (בעיקר אלו שבחדרה ובאשקלון), אך היעדרן גרם ל"ערעון" משמעותי בייצור במרכז הארץ ובדרומה. "ערעון" זה כוסה על ידי הזרמת חשמל מחדרה דרומה. הדבר מקובל אמנם, בשנת המערכת, אך יוצר תלות ניכרת בקווי מערכת המסירה במתח עליון (161 ק"ו) המוליכים את החשמל מתחנת המיתוג בקיסריה לתחנת המיתוג ירקון ופתח-תקוה. יצוין עוד, כי חיבורן המתוכנן בקרוב, של תחנת המיתוג קיסריה ופתח-תקוה, ברשת מתח העל (400 ק"ו) תשפר את המצב בתחום זה באורח משמעותי.

לפני תחילת ההפרעה עלה הביקוש במרכז ובדרום הארץ בכ- 715 מגואט על יכולת הייצור באזורים אלה, ועודף ביקוש זה סופק

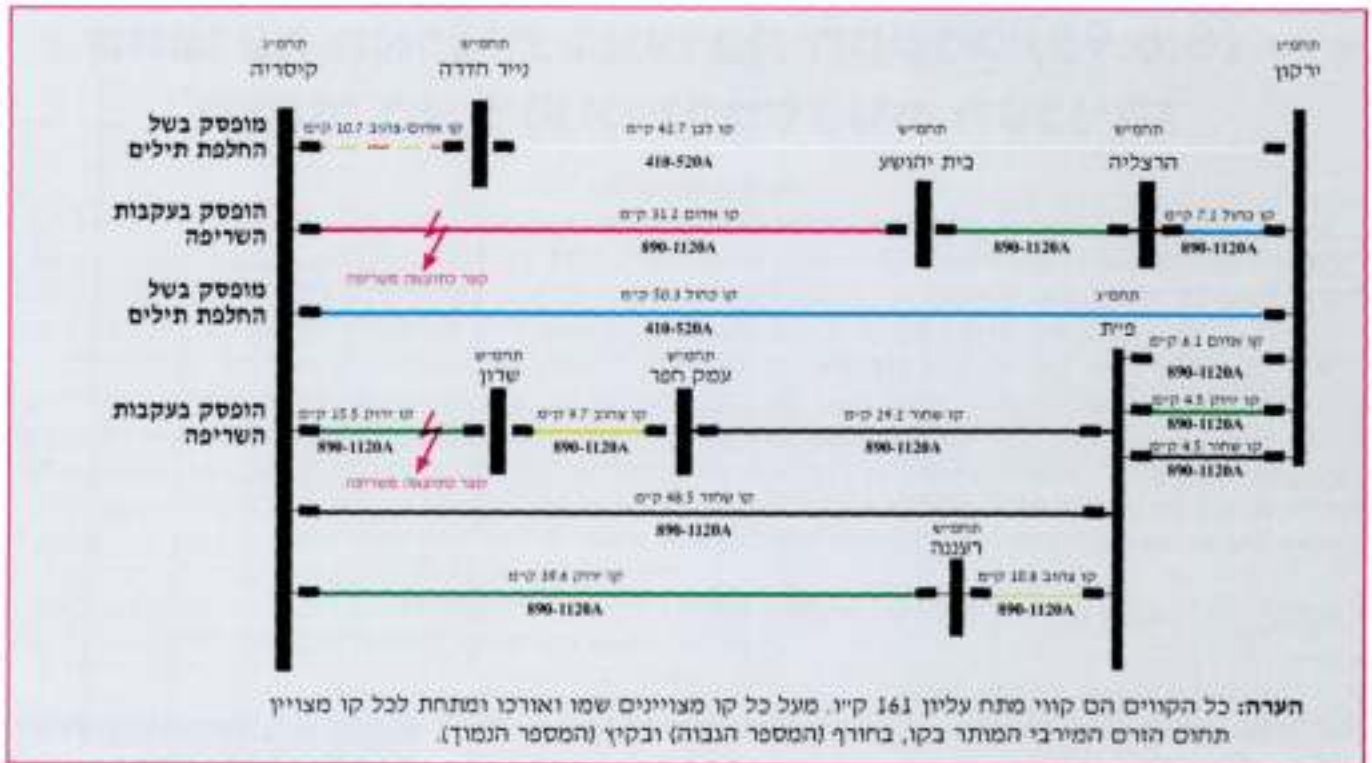
מבוא

מערכת החשמל הארצית מתוכננת כך שיציאתו מכלל פעולה של רכיב חשוב (כגון: יחידת ייצור, שנאי גדול, קו במערכת המסירה), או אף של כמה רכיבים - לא תגרום להפרעה חמורה, אלא תאפשר למערכת להתייצב, ולהמשיך לתפקד ולספק חשמל, באופן סביר. המרעה ארצית חמורה במערכת יכולה להיווצר לכן, רק בנסיבות חריגות, אשר בהן מתרחשת שרשרת של אירועים, אשר סבירות התרחשותם בו-זמנית, הינה נמוכה ביותר.

בנקודה זו ראוי לציין, כי מערכת החשמל של ישראל הינה מערכת קטנה יחסית, ואינה מקושרת עדיין, לרשתות של ארצות אחרות - כמקובל בעולם. מערכות גדולות ומקושרות מאפשרות ניבוי מינום והדדי בעת תקלה, בעיה אובייקטיבית נוספת של מערכת החשמל שלנו, קשורה בימותניים הצרים של מדינת ישראל, שאינם מאפשרים בניית מערכות מסירה מעגליות - היקפיות (המוינות לכן, משני כיוונים), וסחיבת הזרמה של החשמל, לאורך הציוד המרכזי צפון-דרום.

עוד ראוי לציין, כי מערכת החשמל בישראל התפתחה בקצב מהיר ביותר, תוך עלייה מתמדת בביקושים, מעבר לרוב התחזיות - דבר שמונע לעתים את האפשרות לותר על

י" שוויצר - מימ מנהל אגף החשמל, חברת החשמל



איור 1

קטע מערכת המסירה מהצפון (קיסריה) למרכז הארץ (ירקון ומתח-תקוה) ב-8.6.95

משמעותיות. בתת המערכת הדרומית, שסבלה מחוסר ביכולת ייצור, הופעלה המערכת האוטונומית להשלת עומסים. מערכת ההשלות הינה מערכת משוכללת, שתפקידה ליצור "איוון מלאכותי" בין יכולת הייצור הנמוכה, לבין הביקושים הגבוהים יותר, על ידי הפסקת פעולתם של קווי חלוקה, בהיקף מקביל פחות או יותר, ליכולת החסרת. איוון מלאכותי זה גורם אמנם להפסקת חלק מאספקת החשמל לצרכנים, אך שומר על יציבות המערכת, עד להתגברות על התקלה והגברת יכולת האספקה. בשלב זה, ארעה פעולת הנגה אוטונומית בלתי רצויה בתחנת הכוח רוטנברג באשקלון. הנגת הנגרטור בפני חוסר מים בקיור הססטור (החלק הקבוע - היציב, של הנגרטור) פעלה באופן שגוי, כתוצאה מאופן תכנונה על ידי יצרן הנגרטור. שתי יחידות הייצור הגדולות (550 מגואט כל אחת) התנתקו מן המערכת ונתרו עם "אספקת בית", בת 15 מגואט כל אחת - אספקה המיועדת לחלק על הנעתן והחזרתן לפעולה. יציאתן מפעולה של שתי היחידות הגדולות ביותר בתת המערכת הדרומית (בנוסף ל-900 המגואט שחסרו בדרום בעת הפרדת

זה, לכ-900 מגואט, גרעון שהיה מעבר ליכולת ההולכה של שני הקווים, שנתרו להעברת האנרגיה החסרה מן הצפון. ההנגות מפני עומס יתר על הקווים פעלו אוטונומית, ופעולת שני הקווים נפסקה תוך שניות. מעגל "שחור" קיסריה - מתח תקוה נפסק ארבע שניות אחרי "פילוט" היחידה ברמת חובב ותוך ארבע שניות נוספות נפסק מעגל "ירוקי" קיסריה - רעננה.

התקלות אחרי "הפרדת המערכת"

פרשת התקלות עד שלב זה, לא גרמה להפסקת חשמל לצרכנים, והביקוש הארצי, שעמד על 4520 מגואט, סופק במלואו, אך עם ניתוקם של שני המעגלים האחרונים שהורמו אנרגיה מצפון הארץ למרכז ולדרום, נפרדה למעשה מערכת החשמל הארצית לשתי תת-מערכות: מערכת צפונית, שבה היה הייצור גבוה, מעל ומעבר לביקושים, ומערכת דרומית, אשר בה היה מחסור של כ-900 מגואט ביכולת ייצור החשמל. עודף הייצור על הביקוש בתת המערכת הצפונית, ואי היכולת להורים את האנרגיה דרומה, הביאו להפסקה אוטונומית של פעולת יחידות ייצור בצפון, אך תת המערכת הצפונית התייצבה, מבלי שנגרמו הפרעות

דו-מופעי ולהפסקת פעולתו של הקו הדו-מעגלי קיסריה - שרון וקיסריה - בית יהושע (ראה איור 1). הנגת המרחק, אשר פעלו אוטונומית, כמתוכנן, הפסיקו את הקצר, על ידי הפסקת פעולתם של המעגלים, ויכולת ההולכה מהצפון דרומה, נפגעה קשות. כל האנרגיה הועברה עתה באמצעות שני המעגלים שנתרו בפעולה - קו "שחור" (לתחמיץ מתח תקוה) וקו "ירוקי" (לתחמיץ רעננה). כתוצאה מהעומס הגדול עליהם, הגיעו קווים אלה לקרבת הערך המקסימלי המותר, מבחינת יכולתם התרמית. חוסר האיוון שנוצר, הביא לירידה ברמת מתחי האספקה, במרכז הארץ ובדרומה. משני הדגות תחת עומס של השנאים בתחנות המשנה עלו אוטונומית לדגות הגבוהות ביותר, דבר שגרם לירידה נוספת של המתחים במערכת החלוקה, וסתימתה של יחידות הייצור העלו את מתחי הנגרטורים לרמה המסויבת, אך ללא הועיל, כתוצאה מהפעלתו של מנגנון ההגנה בפני עומס יתר. בשלב זה (שעה 13:50), כתוצאה מהפעלתו של מנגנון ההגנה בפני עומס יתר, נפסקה פעולתה של אחת מטוריבות הגו התעשייתיות ברמת חובב שבנגב. יכולת הייצור במרכז ובדרום הארץ ירדה עוד, ככ-100 מגואט. היעדרן" בייצור במרכז ובדרום הגיע בשלב



המערכת, יצרה מער ביקוש - ייצור שהיה מעבר ליכולת הספיגה של מערכת השלוח העומס. התדר ירד במהירות והגנות תת התדר, הביאו להפסקת פעולתן של יחידות הכוח האחרות בדיום, תוך כשתי דקות נפסקה באופן מוחלט, אספקת החשמל בכל האזור שדרומית לקיסריה.

שיקום המערכת

שיקום המערכת, לאחר העלטה, בוצע בצורה מקצועית ומהירה יחסית. תוך כשלוש שעות חוברו מחדש כ- 70 אחוז מהלקוחות שהיו מומסקים ותוך כארבע שעות (18:00) הודעה האספקה ל- 90 אחוז מהצרכנות המופסקת. ההתארגנות להחזרה מהירה של האספקה, צוינה לשבח גם בדו"ח הוועדה החיצונית (ועדת להט) שהקים שר האנרגיה והתשתיות. חברת החשמל קיים "ניהול עלטה". זהו טהל מתעדכן, בהתאם להתפתחות המערכת, והוא מיועד לאפשר התמודדות עם מצבי תקלה קיצוניים. אין ספק שהפסקת הלקחים ויישום המלצותיהן של ועדות שהוקמו בעקבות אירועים קודמים, תרמו ואיפשרו את הצלחת השיקום. במיוחד בולט ההבדל במשך השיקום באירוע זה, לעומת התקלה הארצית לפני כ- 12 שנה (אוקטובר 1983), היפרדות המערכות והאספקה הסדירה בצפון, "אספקת הבית" לתחנות הכוח (שהיעדרה היה הגורם העיקרי להימשכות העלטה כ- 83) ועוד - הם מרי לקחי העבר.

הפקת לקחים, הסקת מסקנות ויישום המלצות, חיוניים להקטנת הסיכון ומספר התקלות, לשיפור הטיפול בעת תקלה, להקטנת נזיקה ולשיפור אמינות אספקת החשמל ככלל. מכאן השיבותם הרבה של הלקחים והמסקנות, גם בהפרעה שלמינו.

לקחים ומסקנות

ניתוחו הטכני של האירוע, מעלה כי העלטה נגרמה כתוצאה משרשרת של התרחשויות בלתי צפויות. המסקנה המתבקשת מחייבת לכן טיפול בשורה של נושאים טכניים, כדי שסבירותו של אירוע מעין זה, תרד משמעותית. ועדת להט קבעה בסיפא של המלצותיה, כי התרשמה שצירוף כה רב של נסיבות וגורמים, המתרחשים כמעט בו-זמנית, אינו יכול להיות מקרי, וממליצה שהנהלתה של חברת החשמל והדרגים הממונים, ייתנו דעתם לאירועים אלה, ויפעלו בהתאם. דו"ח הוועדה המימית, בראשות המהנדס הראשי של חברת החשמל, כבר כולל למעשה את עיקרי הלקחים והמסקנות, במישור הטכני.

- בתחום זה, יש להתייחס לסוגיות הבאות:
- פעולת ההגנות.
- מערכת השלוח העומס ושאי היא פעולת הגנה.
- פיתוח מערכת ההולכה.

פעולת ההגנות

מערכת ההגנה מיועדות להגן על הציד החיוני והיקר של מערכת החשמל, ולמנוע בכך נזקים אשר עלולים לגרום לשיבושים קשים ביותר באספקת החשמל. ככלל, מילאה מערכת ההגנות את תפקידה העיקרי, אך למרות זאת נמצאו ליקויים, אשר לפחות לאחד מהם - הגנת הסטטור בתחנת הכוח "ירוטנברג" - היתה השפעה ישירה ומהותית על היקף התקלה.

ליקויים אחרים שיהיה צורך לתקנם, קשורים בהגנות יתרת הזרם של מערכות העירור בטורבינות הגז התעשייתיות.

בתחנת הכוח "ירוטנברג" באשקלון קיים מגננו הגנה שתפקידו להודיע את הזרם בגנרטור במקרה של תקלה בקירור ליפופי הסטטור (קירור מים) ולהפסיק את פעולת הגנרטור במקרה של שיבוש בתהליך הורדת הזרם המתבקש. בדיועד, הסתבר שמגננו זה גרם להפסקת הזרם בעקבות עליה משמעותית בזרם, למרות שלא היתה כל תקלה במערכת הקירור. הפסקה לא רצויה זו, ששקורה כאמור, בתכנון הגנרטור, נגרמה להפסקת פעולתם של הגנרטורים - הפסקה שאלמלא התרחשה, סביר להניח שההפרעה היתה מצטמצמת להיקף קטן בהרבה, תוך שמערכת השלוח העומס עשויה היתה לייצב גם את תת המערכת הדרומית, באספקת החסר של כ- 900 מגואט. וסתי המתח של טורבינות הגז התעשייתיות ברמת חובב, אינם מצויידיים במגננו להגבלת זרם העירור (E.M.L). ההגנה הקיימת היא במני עירור יתר, ועקב אי הגבלת הזרם, עלה זרם העירור באחת היחידות, וכפי שתואר, הגיע לערכים גבוהים מדי וגרם למעולת הגנה שהפסיקה כליל את פעולת הטורבינה.

מערכת השלוח העומס

מערכת השלוח העומס (אשר כאמור, מיועדת לייצב את המערכת על ידי הפסקה אוטומטית חלקית ומבודקת של האספקה, בהתאם למחסור שנוצר ביכולת הייצור), פעלה כמתוכנן, אך היקפה לא הספיק כדי למנוע את קריסתה של תת-המערכת הדרומית, שסבלה כמעט בו זמנית מהפסקת האספקה מהצפון ומהפסקת הייצור באשקלון. במערכת החשמל שלנו, שהינה "אי חשמלי", קיימים שינויים רבים בתדר (Frequency)

המערכת - מעל ומתחת ל- 50 הרץ. שינויים חדים עלולים לגרום לתקלות רחבות מימדים ולכן, התדר הוא הייסיימטרוף המפעיל את מערכת השלוח - תוך הפסקת פעולתם של קווי אספקה על פי הערכים היורדים של התדר (ומניעת ירידתו בהתאם). במערכות חשמל גדולות ומקושרות ביניהן (Inter - connected) - בהן ההשפעה של כל יחידה הינה פחות משמעותית - שינויי תדר הינם פחות תכופים ופחות חדים. לעומת זאת, באותן מערכות, קיים לעתים קושי להבטיח את רמת המתח הנאותה ותאחידה, באזורים מסויימים. במצבים כאלה נהוג שם, להפעיל את השלוח העומס על פי רמת המתח, ובמסרה לשמור עליו.

ניתוח משטר הפעולה לפני העלטה ב- 8.6.95 מעיד על רמות נמוכות של המתח בדיום הארץ, ובמיוחד במרכזה. הדבר נגרם בעיקר עקב חוסר באנרגיה ריאקטיבית במערכת. בנסיבות אלה, ובהתחשב בשיחותה של תופעת המתחים היורדים, פועלת עתה חברת החשמל ליצירתו ולהפעלתו של מערך להשלוח עומס, שיתחשב בשני הפרמטרים, התדר והמתח גם יחד.

פיתוח מערכת ההולכה

על אף הקצב המואץ של פיתוח מערכות המסירה וההשנאה, אין הוא מדביק את קצב ההתפתחות של המשק ושל הביקושים הנוברים לחשמל. כתוצאה מכך אנו עדים למספר בעיות עיקריות:

- מתחים נמוכים במערכת המסירה, בעיקר בחודשי הקיץ.
- עומס גבוה בקווי ההעברה במרכז הארץ.
- זרמי קצר - מעל ליכולת ההפסקה של מפסקי הזרם - במספר תחנות מיתוג ותחנות משנה.
- קצב איטי של החלפת ציוד מיושן במערכת (נוכח הצרכים הנוברים קיימת נטייה לא לוותר על כל רכיב שיכול לתרום - למרות גילו...) - דבר שעלול להתבטא במספר ההפרעות.
- כדי להתגבר על בעיות אלה, נדרש לפעול בכמה מישורים:
- להשלים בדחיפות את הקמתו של הקו הדו-מעגלי במתח על (400 ק"ו) בין קיסריה לתת-תקוה.
- לזרז את השלמת התכנון הקיים של מערכת מתח על (400 ק"ו) הדו-מעגלית שרמת חובב בדיום לובולון בצפון, כולל תחנות המיתוג נן שורק (לאספקה לאזור המרכז) ואבן ספיר (לאספקה לאזור ירושלים).



ומהירה יחסית. הצלחה זו ניתן לזקוף, בין היתר, להפקת הלקחים וליישום המסקנות וההמלצות שהתקבלו בעקבות תקלות קודמות.

גם מן ההפרעה האחרונה הופקו לקחים והוסקו מסקנות, אותם יש ליישם, כדי להקטין את הסתברות הישנותן של תקלות דומות ולשפר את אמינות האספקה ללקוחות אמינות שחיוניותה גוברת והולכת, במסק מודרני ומתקדם, אשר האנגניה החשמלית תופסת בו מקום יותר ויותר מרכזי.

שהעיקריות בהן היו השריפה (שגרמה בסופו של דבר להפרדת המערכת, ולמניעת האפשרות להזרים את האנרגיה הדרושה, מצפון הארץ למרכז ולדרום) וההגנה השנויה, שהפסיקה את פעולתה של תחנת הכוח רוטנברג, ומנעה את האפשרות לייצב את תת-המערכת הדרומית, על ידי מערכת השלדת העומס.

קימוס המערכת - לאחר שבשיא ההפרעה נפסקה כליל אספקת החשמל לכל הצרכנים דרומית לקיסריה - נעשה בצורה מקצועית

- להאיץ את הפעלתם של קבלים בכל תחנות המסנה, במטרה להדביק את הגידול בצריכת האנרגיה הרויאקטיבית.
- להנביר - בעד פיתוח והגדלת המערכת - את החלפתו של הציוד הישן, שאינו עומד בקריטריוני האמינות הנדרשים.

סיכום

ההפרעה הארצית באספקת החשמל, שהתרחשה ב-8.6.95, נגרמה כתוצאה משרשרת של תקלות בלתי צפויות,

מוצרי ספידי ליון כבר עומדים בדרישות התקן הישראלי

החברה שדונה לאחרונה לקנס גבוה, עומדת בפיקוח מכון התקנים, מאז יוני 1993

העובדה שקנס בסך 195 אלף ש"ח הוטל על יבעלי תשובה", מהווה גורם מרתיע ואות אזהרה, המדגיש את חשיבות העמידה בתקנים מחייבים.

פסק הדין המרתיע, שניתן לאחרונה בבית משפט השלום בחיפה, נגד חברת ספידי ליון, בגין ייצור ושיווק מוצרי חשמל בניגוד לתקן הרשמי המחייב - ניתן על עבירות שנועברו בעבר, ואילו עתה, עונים המוצרים לדרישות התקן. הקנס הגבוה שהוטל על החברה והקביעות העקרוניות בפסק הדין, צוטטו בהרחבה בעתונות. מערכת "התקע המצדיע" ביקשה פרטים נוספים ממכון התקנים, ומן התשובה שהגיעה לעורך הראשי, מסתבר שמאז יוני 1993 "נמצאת החברה (ספידי ליון) במסגרת פיקוח מכון התקנים, שאף התיר לה לסמן את מוצריה בתו תקן, והיום עומדים מוצריה בדרישות התקן הישראלי" - כדברי עדינה כספי, דוברת המכון.



מכון התקנים הישראלי

מסמך תקן

1499

לכבוד
אדי ליון
חברת התעלה
17.1.95
1995

מדינת ישראל

המסמך הנקבעת בתוקף החלטת מנהל המכון הישראלי לתקנים, המכונה מסמך תקן, נכנסת לתוקף באמצעות ההסמכות המיוחסות למנהל המכון הישראלי לתקנים.

המסמך מכיל לוח טבלה המפרט על יצור המוצר המיוצר על ידי חברת התעלה והתקן הישראלי, וצורתו זו המפרט במסמך שחלילה לא תיחשב כמפרט מן התקנים.

המסמך מכיל מפרט טכני המפרט את התקנים שאינם חייבים להיות כאלה המפרט בהם.

המסמך מכיל מפרט טכני המפרט את התקנים המיוצרים על ידי חברת התעלה והתקן הישראלי.

(חתימה)
עדינה כספי
מנהל המכון

חברה שמוצריה לא עמדו בתו התקן תשלם 195 אלף ש' קנס

בית המשפט קבע שחברת ספידי ליון סיכנה את ליקותיה הטכנית אולם מכך שמוצריה לא עמדו בתו התקן עם המסמך של מכון התקנים בנייה שערך המכון עלה אחר הקטנתם בלבחות

בית המשפט קבע שחברת ספידי ליון סיכנה את ליקותיה הטכנית אולם מכך שמוצריה לא עמדו בתו התקן עם המסמך של מכון התקנים בנייה שערך המכון עלה אחר הקטנתם בלבחות.

בית המשפט קבע שחברת ספידי ליון סיכנה את ליקותיה הטכנית אולם מכך שמוצריה לא עמדו בתו התקן עם המסמך של מכון התקנים בנייה שערך המכון עלה אחר הקטנתם בלבחות.

בית המשפט קבע שחברת ספידי ליון סיכנה את ליקותיה הטכנית אולם מכך שמוצריה לא עמדו בתו התקן עם המסמך של מכון התקנים בנייה שערך המכון עלה אחר הקטנתם בלבחות.

לחם גרין

רביזיה צפויה בתקינה בנושא מזגני אוויר

מהנדסת עדה רויטנור

בתקנים הישראליים הקיימים בנושא מיוזג אוויר, עומדים לחול שינויים משמעותיים. ועדות המומחים העוסקות בנושא זה במכון התקנים, שוקדות עתה על הרביזיה, בהתאם לשלבי הטיפול המקובלים. שלבים אלה כוללים גם את פרסום התקן המוצע להערות הציבור, וחשוב שציבור העוסקים בנושא יהיה ער לתהליך, לשלביו ולתקנים החדשים.

■ ת"י 994 - חלק 3: מזגני אוויר - שיטות מדידה אקוסטיות במעבדה. התקן יורחב על ידי פרסום גיליון תיקון. ועדת המומחים העוסקת בנושא זה כבר פרסמה את התיקון, בו שנדרת שיטת המדידה של רמות הרעש המופקות מפעולת המזגן, בייחוד מעבדה רגילי (בנוסף לשיטת המדידה ביחוד אקוסטיי). עתה נמצא התיקון בדיונים סופיים בוועדה. לאחר שהתקבלו ההתייחסויות מן הציבור.

תקן חדש: התקנת מזגנים

בנוסף לרביזיה בתקנים הקיימים, נערכים עתה במכון התקנים דיונים להכנת תקן חדש. **■ ת"י 994, חלק 4.** תקן זה יעסוק בנושא **ההתקנה של מזגני אוויר**, במטרה לקבוע דרישות בכל הנוגע להכנת הדרושות בבניין, למלאכה המקצועית ולבדיקות שיש לבצע, כדי להבטיח התקנה בטוחה ופעולה נכונה וסדירה של המזגן.

מדובר בתקן חדשני: מבחינת העובדה שלמעט התקן להתקנת מערכות סולאריות לחימום מים - לא קיימים, בישראל או בעולם, תקנים העוסקים בהתקנת ציוד או מכשירים אלקטרו-מכניים. בנושא זה רווחה הגישה שהתקנה צריכה להתבצע "בהתאם לכללי המקצועי", ללא פירוט וללא קביעה של דרישות בדיקה. יש לקוות שהתקינה, אשר תתבסס על הנסיון המעשי והידע האקדמי שנצברו במשך שנים, תתרום לביצוע עבודה טכנית טובה והתקנות בטוחות ומקצועיות. הנושאים העיקריים שבהם אמור לעסוק התקן, כוללים: הנחיות לבחירת מיקום מתאים להתקנת המזגן, פירוט עבודות הכנה וחומרים המתירים לשימוש, דרישות לחיבורי חשמל למזגנים (כולל סכימות של שיטות חיבור בין היחידות הפנימיות לבין היחידות החיצוניות של המזגן) ודרישות לגבי אופן הביצוע של החיזוקים - למניעת רעש ורעידות. היזקע המצדיע ימשיך לרווח ולערוך על התקדמות הטיפול בתקנים האמורים.

התקנים החדשים לא יהיו בהתאם לסוג המזגן, אלא בהתאם לנושא התקן. ת"י 994 חלק 1 יתייחס לדרישות בטיחות (של מזגני חדר ושל מזגנים ממוצלים כאחת). חלק 2 יתייחס לבדיקות ולדרישות פעולה וחלק 3 לנושא המדידה האקוסטית.

כן יתווסף תקן (ת"י 994, חלק 4) שיתייחס לנושא ההתקנה.

בהכנת הרביזיה מטפלות ועדות מומחים, בהן חברים יועצים ובעלי מקצוע בתחומי הביצוע, ההתקנה, חיבורי החשמל, האחזקה, השירות וכד'. ההצעות המתבטאות בוועדות מופצות לעיון ולקבלת הערות מן הציבור, והתגובות המתקבלות, נדונות בוועדה, לפני הניסוח הסופי ופרסום התקן.

המבנה החדש של התקינה בנושא מיוזג אוויר, בהתאם לרביזיה המתוכננת יהיה כדלקמן:

■ ת"י 994, חלק 1: מזגני אוויר - דרישות בטיחות. יחול על דרישות ושיטות לאבטחת הבטיחות החשמלית והמכנית של מזגני חדר ומזגנים ממוצלים. התקן הישראלי יתבסס על התקן הבינלאומי החדש של הציבות הבינלאומיות לאלקטרו-טכניקה IEC 335 - 2 - 40 (משנת 1995), בתוספת שינויים אחדים.

ועדת המומחים העוסקת בנושא אישרה את הטיוטה הסופית לתקן, וזו תפורסם בקרוב להערות הציבור.

■ ת"י 994, חלק 2: מזגני אוויר - בדיקות ודרישות פעולה. יחול על שיטות ותנאי בדיקה של מזגני חדר ומזגנים ממוצלים שאינם מתועלים (ללא תוספת של תעלה לפיוזר האוויר המקורר או המחומם, מן היחידה הפנימית של המזגן). התקן יתבסס על התקן הבינלאומי ISO 5151 משנת 1994.

בהכנת התקן עוסקת אותה ועדה המטפלת בת"י 994 חלק 1, והוא נמצא עתה בשלב הדיונים בוועדה (לפני הכנת הטיוטה הסופית, המתפרסמת להערות הציבור).

הבדיקות בנושא זה מתבצעות בחדר קלוריסטרי, המאפשר שמירת תנאי בדיקה אחידים ומבוקרים, לצורך קביעת ערכים של תמוכות חום וקור ומקדם היעילות של המזגן.

התקינה הקיימת

התקנים הקיימים היום בנושא מזגני אוויר הם ת"י 994 חלק 1, חלק 2 וחלק 3.

■ ת"י 994, חלק 1 - מזגני אוויר לחדרים, חל על מזגני אוויר לחדרים המהווים מערכת סגורה, המתוכננת כיחידה שלמה והמיועדים להתקנה בחלון, במתח שבקיר, על גבי כן ובצורות דומות - דהיינו, כל מה שנהוג לכנות בקיצור "מזגני חלון", להבדיל ממזגנים ממוצלים וממערכות מיוזג מרכזיות. התקן חל גם על מזגנים שיש בהם אמצעי לחימום, להנברת הלחות, לאזור או להוצאתו של האוויר.

התקן הוא תקן רשמי ועל היצרנים חלה חובת תו תקן לפי חוק התקנים (איסור ייצור מצדדים).

התקן פורסם בשנת 1978 ואושר מחדש ב-1990.

■ ת"י 994, חלק 2 - מזגני אוויר ממוצלים, חל על מזגני אוויר ממוצלים, המהווים מערכת מז שתי יחידות - אחת להתקנה מרוץ להלל הממוזג ואחת בתוך חלל זה. גם תקן זה הוא תקן רשמי החל גם על מזגנים שיש בהם אמצעים לחימום, להנברת הלחות, לאזור או להוצאתו של האוויר.

התקן פורסם בשנת 1980, ואושר מחדש ב-1990.

■ ת"י 994, חלק 3 - מזגני אוויר לחדרים ומזגני אוויר ממוצלים - שיטות מדידה אקוסטיות במעבדה, הוא תקן המפרט את השיטות לבדיקתן של רמות הרעש הנפלט ממזגני אוויר לחדרים ("מזגני חלון") וממזגנים ממוצלים, בעת פעולתם. התקן פורסם בשנת 1991.

הרביזיה המתוכננת

כאמור, בימים אלה נמצאים התקנים בנושא מזגני אוויר, בשלבים שונים של רביזיה.

ע' רויטנור - רכזת תקינה, מכון התקנים הישראלי.



מחירי הגדלות חיבור עד 3 X 25 אמפר (המחירים לכל סוגי הצרונות הכוללים מע"מ - לפי מחירון 7/95)

התשלום עבור התחברות למערכת אספקת החשמל מבוסס על מערכת של תעריפים אחידים וקבועים המתפרסמים אחת לשלושה חודשים ומאפשרים למזמיני החיבורים לדעת מראש כמה תעלה להם ההתחברות לרשת החשמל. הייכללים בדבר תשלומים בעד חיבורים למערכת אספקת החשמל, המאפשרים על-ידי שר האנרגיה והתשתית, הם הבסיס החוקי לשימוש במערכת תשלומים זו. בטבלה 1 להלן מובא ריכוז מחירי הגדלות החיבור עד 3 X 25 אמפר.

טבלה 1

| הגדלת חיבור | תשלום עבור השקעה ברשת החשמל בש"ח | תשלום עבור התקנת קו החיבור לבית בש"ח | תשלום עבור בדיקת המיתקן בש"ח | סה"כ |
|---------------------------------------|----------------------------------|--------------------------------------|------------------------------|--------|
| לחיבור 1 X 40 אמפר* | — | 446.6 | — | 446.6 |
| מחיבור 1 X 25 אמפר לחיבור 3 X 25 אמפר | 849.2 | 999.2 | 245.7 | 2094.1 |
| מחיבור 1 X 35 אמפר לחיבור 3 X 25 אמפר | 457.2 | 999.2 | 245.7 | 1702.1 |
| מחיבור 1 X 40 אמפר לחיבור 3 X 25 אמפר | 849.2 | 332.8 | 245.7 | 1427.7 |

* הגדלת החיבור תבוצע לאחר התקנת מפסק אוטומטי זעיר (מא"ז) ראשי של 40 אמפר על-ידי חשמלאי מורשה של המזמין.

תעריפי החשמל המעודכנים ליום 8.6.95

החל מיום 8.6.95, בעקבות התייקרויות בעלויות ייצור ושיווק החשמל, ובאישור שר האנרגיה והתשתית ושר האוצר, הועלו תעריפי החשמל ב-3.6%. כמו כן הוחל מיום 8.6.95, תעו"ז על צרכנים במתח נמוך שצריכתם השנתית גבוהה מ-100 אלף קוטי"ש (עד ליום 8.6.95 התעו"ז הוחל על צרכנים במתח נמוך שצריכתם השנתית היתה גבוהה מ-300 אלף קוטי"ש).

להלן פרטי התעריפים החדשים:

טבלה 2
פרטי תעו"ז שבתוקף מ-8.6.95 ואילך (כולל מע"מ)

| מחיר כל קוטי"ש באגודות | תשלום חודשי קבוע בש"ח | מחיר כל קוטי"ש באגודות | מחיר כל קוטי"ש באגודות | מחיר כל קוטי"ש באגודות |
|------------------------|-----------------------|------------------------|------------------------|------------------------|
| 32.36 | 14.37 | 32.36 | 14.37 | 32.36 |
| 29.44 | 7.84 | 29.44 | 7.84 | 29.44 |
| 24.07 | 42.48 | 24.07 | 42.48 | 24.07 |

טבלה 1
פרטי התעריפים שבתוקף מ-8.6.95 ואילך (כולל מע"מ)

| מחיר כל קוטי"ש באגודות | תשלום חודשי קבוע בש"ח | מחיר כל קוטי"ש באגודות | מחיר כל קוטי"ש באגודות | מחיר כל קוטי"ש באגודות |
|------------------------|-----------------------|------------------------|------------------------|------------------------|
| 32.36 | 14.37 | 32.36 | 14.37 | 32.36 |
| 29.44 | 7.84 | 29.44 | 7.84 | 29.44 |
| 24.07 | 42.48 | 24.07 | 42.48 | 24.07 |

* תעו"ז חל על צרכנים במתח נמוך שצריכתם השנתית גבוהה מ-100 אלף קוטי"ש

2000 השתתפו בכנס ה- 12 של העוסקים בחשמל בישראל

תחת הסיסמה "ענף החשמל זורם לירושלים", נערך ב-6.6.95, במרכז הקונגרסים בנייני האומה, הכנס המקצועי ה- 12 של העוסקים בתחום החשמל בישראל. כ- 2000 "אנשי חשמל", מכל רמות המקצוע, נטלו חלק בכנס, המאורגן על ידי חברת החשמל, במסגרת פעולות "התקע המצדיע".



הכנס המקצועי השנתי ה-12 ול העוסקים בתחום החשמל בישראל

ירושלים, יום שלישי, ח' בסיון תשנ"ה 6.6.1995

שולחן הנשיאות במושב הפתיחה

נציגי חברת מקורות, התאחדות התעשיינים, והתאחדות הקבלנים והבונים, לצד נציגי משרד האנרגיה והתשתית, משרד התעשייה והמסחר, ראשיהם של ארגונים העוסקים בחשמל, ונציגים של הנהלת חברת החשמל.

תערוכת חשמל

במסגרת הכנס התקיימה תערוכת מקצועית בנושא חשמל, בה הוצגו כרזות ומרספקטים. בתערוכה השתתפו 36 מציגים, שכללו יצרנים, יבואנים ומשווקים של ציוד חשמלי, נציגי ארגוני העוסקים בתחום החשמל ונציגי מוסדות הקשורים לענף החשמל. התערוכה איפשרה למציגים למגוש את ציבור משתתפי הכנס, להציג בפניהם את תחומי העיסוק שלהם, ולחלק למשתתפים חומר הסברה.

סקר שביעות רצון

במהלך הכנס התבקשו המשתתפים להשיב על סקר שביעות רצון. ניתוח השאלונים מעיד על שביעות רצון גבוהה מ"התקע המצדיע": כ-80% סבורים שכתב העת תורם להם מהבחינה מקצועית בימידה רבה או בימידה רבה מאוד. כ-58% סבורים כך לגבי המפגשים האזוריים וכ-54% לגבי הכנס השנתי. יותר מ-90% מהמשיבים קבעו שהמידע המועבר אליהם בנושא החשמל על ידי מערכת "התקע המצדיע", ברור ושימושי. המידע בנושא חוק החשמל ותקנותיו, שימושי לדעת כ-96% (1) מהמשיבים. כ-75% מהמשיבים סבורים שאת הכנס הארצי יש להמשיך ולקיים ארבע לשנה, אך 60% היו רוצים שתנובר תדירות הופעתו של כתב העת "התקע המצדיע" וארחו גבוה עוד יותר (כ-67%) הביע רצון שתנובר תדירותם של המפגשים האזוריים.

בעיה שהייתה על התצלוח בנושאי "היתורה", התעוררה דווקא סביב היקסחי. התארגנות לא נכונה נרמה לכך שרבים מבאי הכנס נותרו ללא ארוחת צהריים. לאחר הכנס שלחה חברת החשמל מכתבו התנצלות למשתתפים, ול-200 מהם, שהודיעו כי לא קיבלו ארוחה, נשלח החזר כספי.

מושב א' - המפגש המרכזי

במושב הפתיחה ההגני, השתתפו: שר האנרגיה והתשתית, ד"ר נגן שגב, שעמד בדבריו על עקרונות חוק החשמל החדש ועל השפעת תהליך השלום על מערכת החשמל, יו"ר מועצת המנהלים של חברת החשמל, עדי אמוראי, שעמד על השינוי הצפוי במבנה החברה, אשר אמור להביא לקיצור לוחות הזמנים בפיתוח ושיפור השירות ללקוחות, מנכ"ל החברה, רפי פלד, הדגיש את העלייה המואצת בביקושים ואת תעריפי החשמל הנמוכים בישראל - כאתגרים שחברת החשמל עומדת בהם בהצלחה.

דברי ברכה נשא אסף שלגי, מנכ"ל משרד האנרגיה והתשתית, ויוגל יערי, מ"מ מנהל אגף השיווק והצרכנות בחברה.

ראש עיריית ירושלים, אהוד אולמרט, שהוזמן לכנס, הביא את ברכת העיר המארחת, והודה על קיום הכנס בבירת ישראל ועל תרומתה של חברת החשמל לפיתוח העיר.

את ההרצאה המרכזית במושב הפתיחה, נשא המהנדס הראשי של חברת החשמל, משה לסרי על הנושא "פיתוח מערכת חברת החשמל - מנוף לפיתוח תעשיית החשמל בישראל" (ראה מאמר בחוברת זו). הנחה את המושב, אורי לייסנר, העורך הראשי של "התקע המצדיע" ומנהל המחלקה לייעול הצריכה באגף השיווק והצרכנות של חברת החשמל.

מושב ב' - הרצאות מקצועיות בקבוצות

המושב השני, שנערך אחר הצהריים, הורכב מחמש קבוצות, אליהן התחלקו המשתתפים, בהתאם לנושאים בהם הם מתעניינים. בכל קבוצה נישאו שתי הרצאות, שבעקבותיהן נערך דב-שית, בו נטלו חלק, בצד המשתתפים והמרצים - שישים מוסחים - מחברת החשמל וכן הסקטור הפרטי ונציגים של משרד האנרגיה והתשתית ומשרד והעבודה והרווחה.

במסגרת מושב זה התקיימו הרצאות במגוון נושאים בתחומים הבאים:

- חידושים בתקנות החשמל.
- איכות החשמל במיתקני חברת החשמל ובמיתקני צרכנים רגישים.
- תכנון וביצוע עבודות תחוקה במיתקני חשמל.
- טכנולוגיות חשמליות במגזרי המשק השונים, לאור המודעות הגוברת לאיכות הסביבה.
- ניהול מריקט של ביצוע מיתקן חשמל.
- מערכות ממוחשבות לתמיכה בתכנון חשמלי.
- מעבר לקורות מאספקה במתח נמוך לאספקה במתח גבוה.
- שיקולים בהחלטה ובהיערכות של יום, לכניסה לשוק עם ציוד חשמלי חדש.

מושב ג' - המושב המסכם

אחד משיאי הכנס היה הפגל שנערך בסיומו, בנושא "שיפור השירות ללקוחות - במה חברת החשמל נדרשת לשפר וכיצד לשפר". כ-400 משתתפים באו לפגל, שעל בימתו הופיעו נציגי לקוחות גדולים



קורס חוקרי דליקות

סניצ' שלום צארום

בחודש מרץ האחרון סיימו עשרים ואחד שוטרים את הקורס לחוקרי דליקות, בו הושם דגש על שריפות הפורצות כתוצאה מליקוי חשמלי. ההכשרה בקורס נתנה בידי החוקרים המשתלמים כלי חשוב לפענוח שריפות, הגורמות למדינה נזקים כלכליים כבדים. יצוין כי הצתה בזדון או רשלנות הגורמת לשריפה הן מן העבירות הקשות ביותר לחקירה.

הקורס

בטקס הסיום שהתקיים בתחילת חודש מרץ חילק ראש אגף החקירות, ניצב יוסי לוי, תעודות סיום לעשרים ואחד בוגרי הקורס, תשעה עשר מהם אנשי המחלקה לזיהוי פלילי (מויז"פ) מכל רחבי הארץ ושניים הנמנים עם עובדי מעבדות החבלה של המשטרה.

ארבעים ושישה מרצים, מקשת רחבה של מקצועות ונושאים, "הרביצו" תורתם, במשך שלושה שבועות, בחניכי הקורס. הרצאות בתחומי הכימיה והפיסיקה של תהליכי בעירה, התנהגות חומרים בשריפה, בדיקות מעבדה לאיתור סיבת הדליקה, איסוף ראיות, ניתוח תהליכי ההתפשטות של דליקה, אמצעי חקירה מתוחכמים, אפיון המניעים להצתה ועוד.

שריפות הנגרמות כתוצאה מליקויי חשמל

פרק מיוחד הוקדש לחקירת שריפות שסיבתן ליקויי חשמל, שכן מדובר באחד התחומים הקשים לבדיקה.

שריפות חשמל עלולות להתרחש כתוצאה מאבזרי חשמל, ההופכים את האנרגיה החשמלית או את חלקה לאנרגיה של חום, ואשר נמצאים בסביבה דליקה. אבק, נסורת עץ ועוד.

יכולות להיות מספר סיבות הגורמות לשריפות כתוצאה מליקויי חשמל:

- מגעים חשמליים רופפים מביאים לעליית הטמפרטורה בנקודת המגע, דבר שגורם לעליית ההתנגדות ובכך להמשך עליית הטמפרטורה, מגעים חשמליים רופפים בסביבה דליקה עלולים לגרום לשריפה.
- ליקויים בבידודם של מוליכים עלולים להיווצר עקב תופעות חשמליות (כגון: מתח יתר וזרם יתר).
- תופעות מכניות (כגון: מכת, לחץ, כיפוף).
- תופעות סביבתיות (כגון: לחות, חום, קרינה, התיישנות) - כל אלה ועוד עלולים לגרום לזרמי זליגה אשר גורמים להתחממות ולעיתים אף לקשת חשמלית. גם תופעות אלה בסביבה דליקה עלולות לגרום לפריצת שריפות.

ההרצאות המקצועיות

ההרצאות המקצועיות שנוכללו בקורס בתחום החשמל עסקו במושגי יסוד בחשמל, תקן NFPA 907A, תקנות וחוקים הקשורים בחשמל, דרכים למניעת שריפות חשמל ואופן חקירתן. נציגי חברת החשמל תיארו את מבנה מערכת החשמל בארץ ואת הפונקציות הפועלות במקרים של דליקה. פרק



נוסף הוקדש לסכנות הקשורות בחשמל סטטי ובו נותרו אירועים שונים שגרמו לדליקות.

חקירת דליקות

במשטרה טוענים כי חקירת דליקות דורשת מומחיות מיוחדת במינה, שכן מדובר בוירות עבירה בהן מתכלים מרבית הראיות והממצאים. עם זאת, מהניסיון שנרכש בשנים האחרונות הצליחו אנשי המחלקה לזיהוי פלילי להוכיח כי בעבודה מקצועית, תוך הפעלת שיטות ואמצעים נכונים, ניתן למענח גם מקרים קשים במיוחד.

ביחידה לחקירת הצתות במויז"פ מאמינים כי הכשרת חוקרי דליקות מיומנים מקרב עובדי המחלקה תיתן בידי המשטרה כלי מקצועי חשוב שיאפשר את כושר ההתמודדות עם אחת התופעות הקשות בתחום הפלילי, תופעה, שגורמת למדינה נזקים כלכליים בהיקף עצום.

סיכום

בוגרי הקורס שבו ליחידותיהם מצויידיים בידע מקצועי שיסייע להם להכנס לזירות הצתה ולהתחקות אחר הפעילות הפלילית שנעשתה בהם, לאסוף ממצאים וראיות ולספק לחוקר המשטרה הממונה על תיק החקירה, מידע רחב וחשוב שיאפשר לו למקד את כיוון חקירתו ולהצליח בה. הבוגרים אמורים לעבוד בשיתוף פעולה מלא עם חוקרי השריפות של מכבי האש באותם מקרים בהם קיים חשד למעשה פלילי או לרשלנות, ללמוד מנסיונם העשיר ולהשקיע מאמץ משותף בהבנת האירועים. לא נותר אלא להמתין ולבחון את תרומתם של בוגרי הקורס בעתיד.

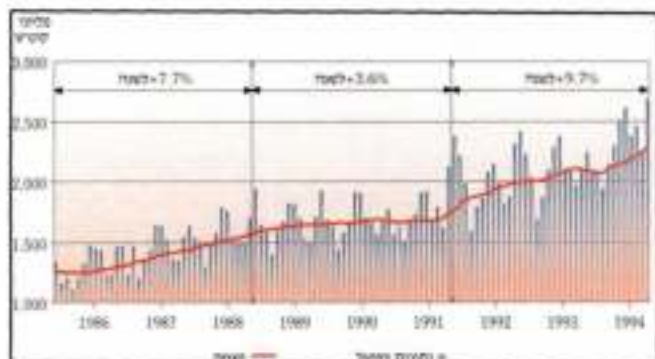
ש' צארום - ראש היחידה לחקירת הצתות, משטרת ישראל.



משק החשמל בשנת 1994 (נקודות עיקריות לציון)*

שמואל ריטן, כלכלן

מגמות בייצור החשמל החודשי 1986-1994



בחדרה תיכנסנה לפעולה ותגדלנה את הספק המערכת ב-1,150 מגואט וזאת בנוסף ל-890 מגואט הספק בטורבינות זו תעשייתית שיתחילו לפעול בתקופה הנדונה.

| 1994 | 1993 | 1992 | 1991 | 1990 | 1989 | |
|-------|-------|-------|-------|-------|-------|---------------------|
| 5,514 | 5,674 | 5,366 | 4,990 | 3,730 | 3,400 | יכולת זמינה (מגואט) |
| 5,490 | 5,090 | 5,010 | 4,540 | 3,800 | 3,760 | שיא הביקוש (מגואט) |
| +24 | +584 | +356 | +450 | -70 | -360 | ההפרש |

מערכות הייצור והאספקה

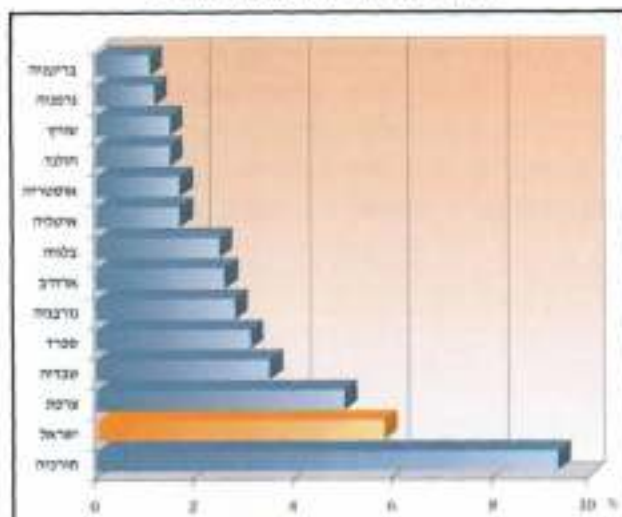
בשנת 1994 עלו ביצועי יחידות הייצור, והיו הגבוהים ביותר שנרשמו עד כה. כ-84 אחוזים ממערכת הייצור היו במצב של ניצול או עתודה במהלך כל השנה, ורק כ-16% ממנה היו מושבתים כתוצאה מתקלות או שימוצים.

ניצול יעיל של יחידות הייצור הביא לירידה בעלות הריאלית של הדלק לייצור החשמל. בשנת 1994 היתה העלות הממוצעת של דלק לייצור קוטייש - 6.6 אגרות, ב-7.9 אחוז יותר מאשר ב-1993. מאחר שבשנת 1994 הסתכמה ההתייקרות הכללית במשק ב-12.3 אחוזים (ממוצע 1994 לעומת ממוצע 1993), חלה ירידה ריאלית של כ-5 אחוזים בהוצאות הדלק להפקת יחידה (קוטייש) של חשמל. התייעלות משק החשמל קיבלה ביטוי נוסף בירידה משמעותית של איבודי האנרגיה במערכות המסירה והחלוקה. בשנת 1994 הסתכמו האיבודים ב-1,065 מליון קוטייש, ב-20 מליון קוטייש פחות מאשר ב-1993. יחסית לייצור החשמל נטו, הסתכמו איבודי האנרגיה ב-4.1 אחוזים וזאת בהשוואה ל-4.5% בשנת 1993 ו-4.9% בשנת 1992. כללית נמשכת מגמת הירידה בשיעור איבודי האנרגיה במערכות המסירה והחלוקה מאז ראשית

הצמיחה במשק החשמל

בשנת 1994 צמח משק החשמל כשיעורים גבוהים יחסית, הן בהשוואה למגמה הרב שנתית הקיימת בארץ, ובמיוחד בהשוואה לשיעורי הצמיחה הקיימים בארצות מפותחות במערב אירופה ובאמריקה הצפונית. ייצור החשמל עלה בשנת 1994 בשעור של 9.4 אחוזים ומכירות החשמל גדלו ב-9.8 אחוזים בהשוואה לשנה הקודמת.

שיעורי הגידול בייצור החשמל במדינות נבחרות 1980-1992 הגידול השנתי הממוצע באחוזים



הצמיחה המהירה בשנה הנסקרת הושפעה ישירות מן ההתפתחות הכלכלית שבאה לידי ביטוי בגידול התוצר המקומי הגולמי בשיעור של 6.5 אחוזים, ושל הצריכה הפרטית בשעור של 8.8 אחוזים. כמו כן נמשכת החשפנה של העלייה מארצות חבר העמים, שקליטתה במשק הישראלי הורגש הן בדיוור והן בתעסוקה.

מגמת הצמיחה של משק החשמל בעשר השנים האחרונות מתבטאת בגידול שנתי ממוצע של 6.8 אחוזים בתקופה זו הוכפלו מכירות החשמל, שיא הביקוש גדל ב-120%, ואילו יכולת הייצור גדלה ב-56% בלבד. אכן, בדצמבר 1994, ביום בו סופק שיא הביקוש השנתי, עמדה לרשות המערכת רזרבה תפעולית של 24 מגואט בלבד, לעומת רזרבה של 584 מגואט בעת אספקת שיא הביקוש אשתקד.

הפער בין הגידול ביכולת הייצור לבין שיא ביקוש, יצטמצם בשנים 1995 ו-1996, כאשר שתי יחידות הייצור החדשות באתר מאור דוד

* מתוך הדו"ח והסכום הסטטיסטי של חברת החשמל לשנת 1994.

ט"ר ריטן - מנהל ענייני הכלכלה והסטטיסטיקה, אגף כספים וכלכלה, חברת החשמל.



של 2.1%) ובמגזר התעשייה עלתה הצריכה ב-9.5 אחוזים (ב-1993 - 5.5%).

צריכת החשמל הביתית הממוצעת למשק בית הסתכמה בשנת 1994 ל-5,214 קוטייש, כאשר צריכת החשמל של העשירון העליון היתה 13,400 קוטייש ושל העשירון התחתון 1,140 קוטייש.

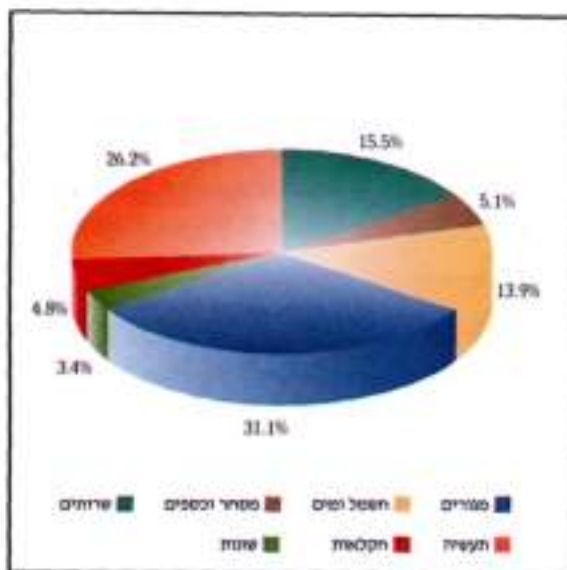
ההכנסות מסבירת השמל הסתכמו בשנת 1994 ל-5,183 מליון ש"ח, לאחר נידול של 14.7 אחוזים לעומת השנה הקודמת. אם נקוו את השפעת ההתייקרות הכללית במשק, נקבל נידול ריאלי בהכנסות בשיעור של 2.1 אחוזים.

הכנסות ומחירים

מחיר החשמל הממוצע בשנת 1994 היה 20.58 אגו לקוטייש, ב-4.5 אחוזים גבוה מאשתקד. מבחינה ריאלית חלה ירידה במחיר הממוצע, בשיעור של כ-7 אחוזים. יש לציין כי החל משנת 1990 קיימת מגמה רצופה של ירידה ריאלית במחירי החשמל, ההוזלה המצטברת בתקופה האמורה מסתכמת ב-14.5 אחוזים.

כללית ניתן לציין כי מחירי החשמל בישראל נמוכים יחסית, בהשוואה למספר רב של מדינות מפותחות באירופה ובאמריקה הצפונית, וזאת למרות העובדה שאין במערכת החשמל בארץ מרכיב הידרו חשמלי, המזייל את הוצאות הייצור באופן משמעותי.

צריכת החשמל לפי ענפי המשק, 1994



העשור וזאת בעקבות קצב הפיתוח המואץ של מערכות המסירה והחלוקה, הפעלת קו 400 ק"ו וביצוע פעולות שיפור נרחבות להגברת אמינות האספקה.

צרכנים ומגזרי צריכה

מספר צרכני החשמל הסתכם בשנת 1994 למיליון ו-750 אלף צרכנים, ב-58 אלף צרכנים יותר מאשר בשנה הקודמת. במגזר הביתי נוספו כ-51 אלף צרכנים ועוד כ-7,000 צרכנים חדשים נוספו במגזרי הצריכה האחרים. תוספת משמעותית זו של צרכנים חדשים, המהווה המשך מגמה של הגידול בשנים האחרונות, תרמה באופן משמעותי לצמיחה של משק החשמל בשנה הנסקרת.

צריכת החשמל הסתכמה בשנת 1994 ל-25,186 מליוני קוטייש, לאחר נידול של 9.8 אחוזים לעומת 1993. המגזר בו נרשם הגידול המרשים ביותר היה המגזר המסחרי-ציבורי אשר צמח בשנה הנסקרת ב-12.4 אחוזים, אולם גם במגזרים האחרים שיעורי הגידול שטרשמו, ראויים לציין. צריכת הסקטור הביתי גדלה ב-9.6 אחוזים (ב-1993 היה נידול

מגמות בצריכת החשמל בשנת 1994 השינוי באחוזים לעומת התקופה המקבילה ב-1993

| הרבעון | צריכה ביתית | צריכה מסחרית | צריכה בתעשייה |
|---------------|-------------|--------------|---------------|
| ינואר-מרץ | -10.5 | -0.1 | +6.1 |
| אפריל-יוני | +3.9 | +16.0 | +13.4 |
| יולי-ספטמבר | +12.5 | +13.1 | +6.0 |
| אוקטובר-דצמבר | +16.5 | +19.9 | +12.7 |
| ש"ח שנתי | +9.6 | +12.4 | +9.5 |

צריכת החשמל לפי התעריף ומתח האספקה



מדור שירות פרסומי לקוראים

התקע המצדיע מס' 60



למעוניינים במידע נוסף!

כדי לקבל מידע נוסף:

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

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

תלוש שירות פרסומי למידע נוסף

לכב' מערכת "התקע המצדיע" ת.ד. 8810 חיפה 31086

שם:

מקצוע:

חברה / מוסד / מפעל:

תפקיד:

המען לתשובות:

טל:

ישוב:

מיקוד:

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

| | | | | | | | | | | | | | | |
|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|------|
| 80:16 | 60:15 | 60:14 | 60:13 | 60:12 | 60:11 | 60:10 | 60:9 | 60:8 | 60:7 | 60:6 | 60:5 | 60:4 | 60:3 | 60:2 |
| 80:30 | 60:29 | 60:28 | 60:27 | 60:26 | 60:25 | 60:24 | 60:23 | 60:22 | 60:21 | 60:20 | 80:19 | 60:18 | 60:17 | |
| 60:44 | 60:43 | 60:42 | 60:41 | 60:40 | 60:39 | 60:38 | 60:37 | 60:36 | 60:35 | 60:34 | 60:33 | 60:32 | 60:31 | |

הודעה למערכת:

גזר ושלח

התלוש למידע נוסף יענה עד יום 31.10.95 לאחר תאריך זה יש להגבות את בקשות המידע ישירות לחברות המפרסמות



1987-94



נוסד 1970

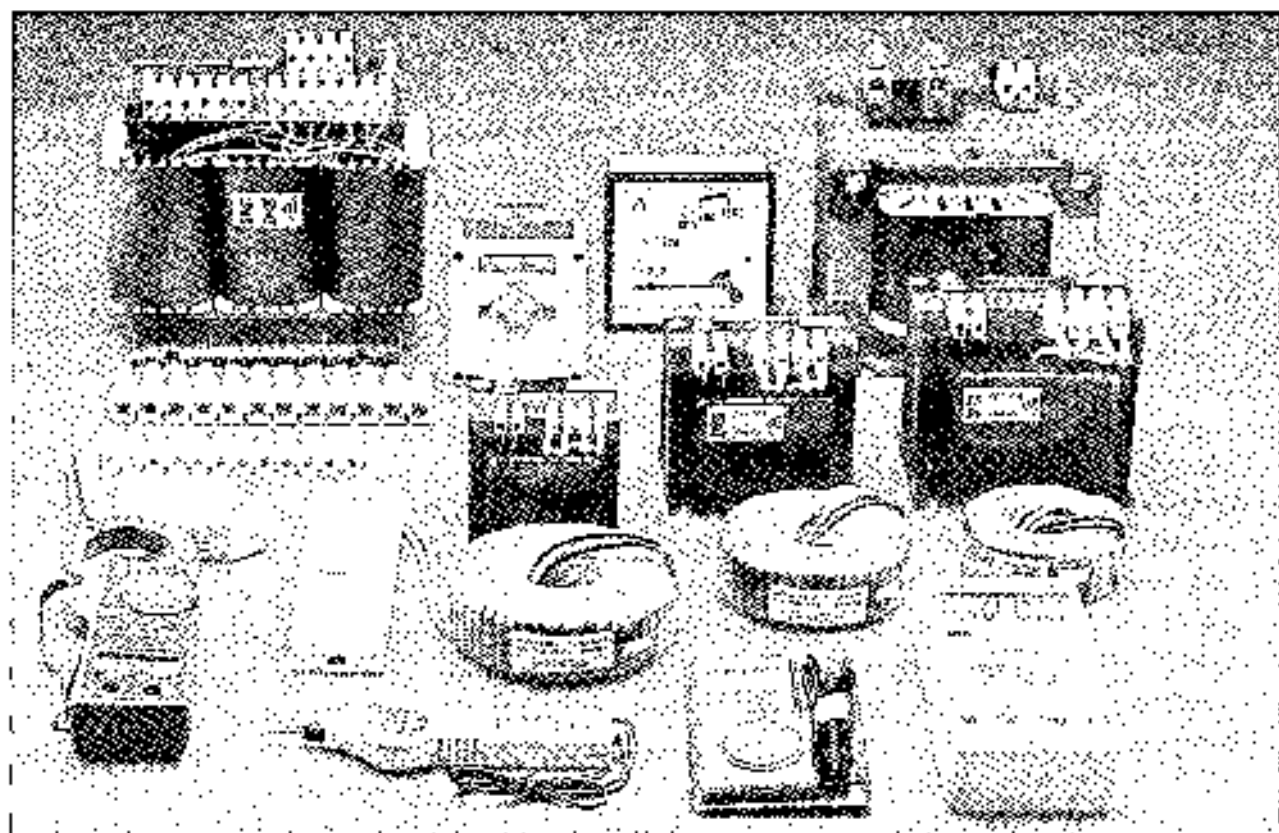
ברק כח

ברק כח ייצור שנאים (טרנספורמטורים) בע"מ
יבוא ושוקק מכשירי מדידה לחשמל

- ❖ שנאים (טרנספורמטורים) חד פאזי ותלת פאזי להרכבה בלוחות חשמל ומתקני חשמל.
- ❖ שנאי אוטורפו להתנעת מנועים חשמליים עד 200 כח סוס.
- ❖ שנאים להפעלת נורת הלוגן 12V - 230V.
- ❖ מכשירי מדידה לחשמלאים, לטכנאים וללוחות חשמל.



היתר מכון התקנים מס' 9317 והיתר מס' 11365 לגבי שנאים מבדילים ועגולים.



רח' הבנאי 19 אזור התעשייה, חולון טל: 03-5598093 רב קווי, פקסימיליה 03-5590026

להשיג בכל בתי המסחר לחומרי חשמל בארץ



אנרלק בע"מ ENERLEC LTD.

שרותי הנדסה ובדיקות למתקני מתח גבוה, עליון וזרם חזק

חברת אנרלק בע"מ נוסדה ע"י צוות מומחים בעלי ידע וניסיון של למעלה מ-25 שנה, בתחום תיפעול, אחזקות ובדיקות של מתקני חשמל עתירי אנרגיה בכל המתחים.

כל השרותים הנ"ל מבוצעים על-פי התקנים הבאים:
הישראלי - NF-VDE-BS-ASME והמלצות IEC בין לאומיות.

אנו מעמידים לרשות לקוחותינו מגוון רחב של שרותים הנדסיים כגון:

- עוץ הנדסי מונע.
- שירותי אחזקה שוטפת או ויקופתיות.
- שירותי קריאה לאיתור תקלות.
- בדיקות שנמיים (מוחזשבות - טיפול נחידוש שמנים).
- שיפוץ ותיקון ציוד מתח גבוה.
- סריקה סל-אופטית במערכות ושמליון.
- סריקה טרמית לגילוי מקורות חום במערכות תשמליות.
- בדיקות הגנות עד 100,000 אמפר ועד 200,000 וולט A. C. D. C.
- בדיקונג כבליט מתנו גבוה לפי תקן IEC 502 (הבין לאומי).
- איתורי הפרעות בכבלים מתח גבוה.
- בדיקת תיקונה לפסי צבידה התחממות/בידוד.
- בדיקת אולטרא סוניית וטרמוגרפיות משולבות ממרחק.
- פיתוח מערכות יחודיות במונה גבוה וזרם חזק.



אנרלק בע"מ

בדיקות התאמה לתקנים • בדיקות קבלה • כיוול הגנות • איתור תקלות במתקני חשמל וכבליים
ד.ג. תל-יצחק מ.ל.ט. מיקוד 45805 טל. 09-650980/1 פקס. 09-650979

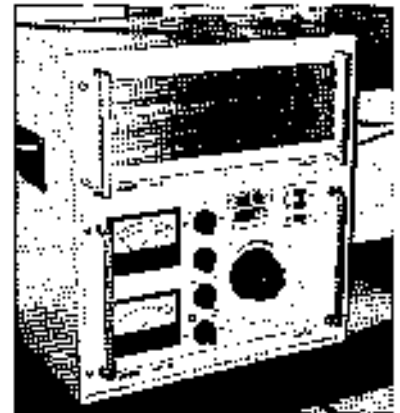
אנדלק בע"מ ENERLEC LTD.



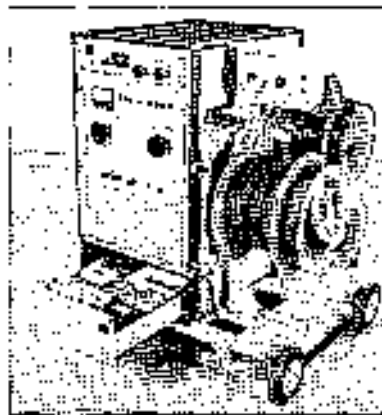
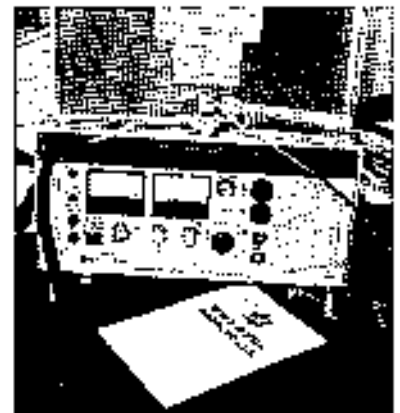
משתכללת ומפתחת את שירותיה בהתמדה לטובת לקוחותיה.
שימו לב בעלי מתקנים חדשים!



I
בדיקות כבלים לפי תקנים
בינלאומי IEC 502/2/3
עד למתחים של 200 KV
AC-DC



II
הפרעות בכבלים בכל המתחים
ללא הרס הכבלים הנבדקים
ללא שריפת מוקד התקלה
ובזמן קצר ביותר



III
הגנות למתקני חשמל?
זה אנחנו!
עם מערכת ממוחשבת
לבדיקת סלקטיביות

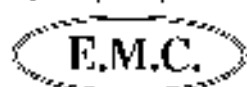


ISO 9001 – להגנות חשמליות

משני זרם ומתח SADTEM הטובים ביותר בעולם
הגנות חשמליות CEE האמינות ביותר למתקן

בדיקת החאמה לתקנים • בדיקות קבלה • כיול הגנות • איחוד תקלוח במתקני חשמל ובכבלים
ד.ו. תל-יצחק מ.ל.מ. מיקוד 45805 מל" 09-650980/1 בקם: 09-650979

אי.אמ.סי
מגיה פיקוד ובקרה בע"מ

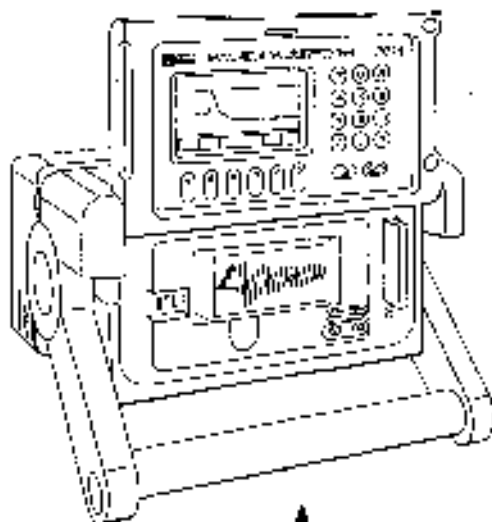


ENERGY MEASUREMENT
AND CONTROL Ltd.

מחלקת שרות: פקס. 09-509671 טל: 09-509440

מחלקת מכירות
פקס חינום: 177-022-0712
טל: 09-588001, 050-234648

רח' אזרי 20, הרצליה 46474 HERZLIYA, URZ ST.



DRANETZ

**האיכות
במידות
חשמל**

- רישום ואגירה של תופעות מעבר במתח זרם-זמן תגובה 50ms
- ההפרעה הנרשמת כוללת רישום צורת הגל.
- רישום מתח שיא עד 1kV.
- מדידת הרמוניות-עד הרמוניה ה-50 כולל כיוון זרימת הרמוניות זו
- תוכנת פיענוח נתונים מרשימה במצופיה.

מדידות חשמל

מכשירי מדידה

- ★ פרופיל צריכה
- ★ הרמוניות
- ★ זרמים ומתחים
- ★ התנועות
- ★ מצבי מעבר

- ★ מוני חשמל
- ★ אנלייזר רשת
- ★ רשם הפרעות חשמל
- ★ צבת זרם
- ★ מד בידוד
- ★ לופ סטטר
- ★ מד הארקה
- ★ מקצרים וציוד בטיחות
- למתח גבוה

INTERNET:
EMC.PL@NETVISION.NET.IL

יירד שיווק בע"מ

איזור תעשייה ב' ת.ד. 606 בצרת עלית 17000 ז'ל" 06-6414542 בקס' 06-553357

בוא נעשה חיים קלים!

בתעלוח לירד כשהמרחק בין שתי הזרועות הוא 2.5 מטר
אפשר להעמיס 125 ק"ג = 50 ק"ג למטר

סולמות
כבדים וקלים
קשתות
ואביזרי חיבור

חומרים מעולים
הרכבה פשוטה,
קלה ומהירה

תעלוח מחודצות, פינות, הסחנפיות, מכסים,
מתלים, חיבורים, זרועות.

ק.ש.פ.ן

מחלקת סיטונאות עם סניפים בברזיל ובכרמיאל + סוכנויות יבוא.

ABB 



מחלקה גדולה לציוד מוגן פיצוץ
תחנות לחצנים, קופסאות הסתעפות,
קופסאות מהדקים, שקעים, תקעים
ותאורה.

סניף ראשי - תל ניבורים 5 תל-אביב
טל: 03-6810958 פקס: 03-6835025
סניף כרמיאל - טל: + פקס: 04-9985764
סניף באר-שבע - טל: + פקס: 07-27702475

ק.ש.פ.ן

חומרי חשמל בע"מ

למידע נוסף טל 07-7



א.א.א.א.א.

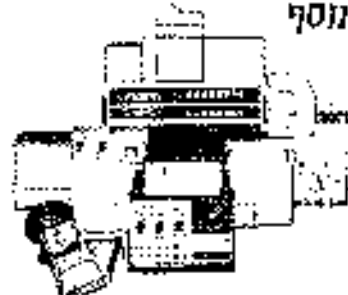
יבוא ושיווק ציוד חשמל לתעשייה



AEG
SOCOMEK
DUCATI
GANZ
KATKO



- * מנתקים אוטומטיים עד 5000A
- * מפסקים בעומס * מוגנים
- * מנורות סימון, לחצנים ומפסיקי פקם
- * קבלים יבשים לשיפור גודם ההספק
- * קבלים לתאורה, למנעים ולמתח גבוה
- * ווסתי קבלים * שנאים מתח נמוך וגבוה
- * מנועי חשמל * ווסתי מהירות
- * מכשירי מדידה
- * לוחות מחנעים עם מגרות שליפה
- * ועם קטור למחשב AEG (MCC)
- * מבחר ציוד נוסף



מעדדים ומחסן ראשי: אזור התעשייה תל-חנן ת.ד. 159
טל. 04-210411, פקס. 04-215892

למידע נוסף טל 07-8

ש.מ. יוניברס אלקטרוניקס בע"מ

מערכת איכות מאושרת ISO - 9002

טלפון: 09-902975 פקס: 09-901832

מצתים אלקטרוניים לנורות פריקה – נל"ג / מיטלהליד

מק"ט – SM-40 לנורות פריקה 150W ÷ 70 (כולל קסנון)

מק"ט – SM-45/SU לנורות פריקה 400W ÷ 70 (כולל קסנון)



- ❖ מתאים להתקנת בגופי תאורה ובמגשי ציוד
- ❖ מתח הפולטים: 3.5 & 4.5KV
- ❖ כמות הפולטים גדולה מ- 6 פולטים למחזור רשת החשמל
- ❖ מתאים לפעולה עם עומס קיבולי עד 100 PF
- ❖ מאושר לשימוש ע"י יצרני הנורות ובעל תו תקן ישראלי

ראה מאמר בנושא "נתרן בלחץ גבוה ומערכות ההצתה והפעלה שלהן"

בקר אלקטרוני לתאורת ביניים

מק"ט – SM-25

- ❖ מתאים לנורות מיטלהליד 0.5 ÷ 10A
- ❖ מתאים להפעלת נורת הלוגן עד 230VAC/10A
- ❖ כולל השתייה של 5 דקות מרגע הפעלה חוזרת של נורת המיטלהליד
- ❖ מתאים להתקנה בגוף תאורה ולהתקנה מדולרית

בקר אלקטרוני לתאורת אזהרה למטוסים בעמודים גבוהים

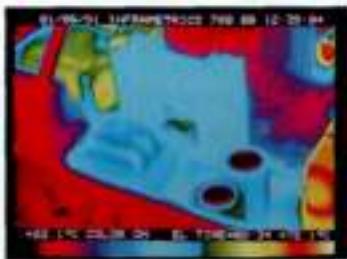
מק"ט – SM-25/S1

- ❖ מתאים להפעלת נורה ראשית עד 230VAC 10A
- ❖ מתאים להפעלת נורה מישנית עד 230VAC 10A
- ❖ הבקרה מתבצעת ע"י חישת הזרם בנורה ראשית
- ❖ מתאים להתקנה מדולרית



ThermaCAM™

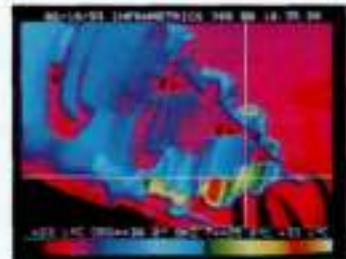
המצלמה התרמית הקטנה
והקלה ביותר בעולם!



מחליף חום



נגד על PCB



מנוע מדחס

מצלמת ThermaCAM™ הקטנה והקלה ביותר בעולם, משלבת טכנולוגיות גלאים במתכונת מטריצה (FPA) עם יכולת מדוייקת למדידת טמפרטורה וביצוע אנליזות בזמן אמיתי ו/או מעבדה. הטכנולוגיה המתקדמת של אינפרמטריקס, הכלי היעיל ביותר למחקר ופיתוח מתקדם, מיפויים תרמוגרפיים מדוייקים, בקרת תהליכים, אבטחת איכות המוצר ותחזוקה חזויה.

האולטימם
באינסוף אפשרויות!



רדיומטר
760 דגם

אלביט בע"מ / חטיבת אינפרמטריקס ישראל

ת.ד. 539, חיפה 31053. טל: 04-316829, 04-316354, פקס: 04-316818

סידרת F4 של KEB הווסתים שכל המנועים המתינו לה



- ווסתי מהירות למנועי 0.37-200KW AC 220-500Vac
- צג תכנות ניתן להסרה ולמיקום בנפרד.
- 8 ערוצי תכנות, 16 מהירויות קבועות, בקר מתוכנת פנימי.
- תדר חיתוך עד 16kHz ובקרה וקטורית מלאה.
- 14 כניסות ויציאות דיסקרטיות ואנלוגיות.
- תקשורת RC232/485
- הגנות מגע כולל ממסר לטרמיסטורים.
- מידות קומפקטיות ומחיר תחרותי.



סידרת S4 של KEB מערכות הסרוו המתקדמות בעולם



- הזנה חד ותלת-פאזית.
- מגוון דגמי מנועים 0.6-25 Nm
- מסופק כמכלול המכיל בקר, מנוע, כבלים
- להתקנה קלה ומינימום כיוונים.
- אינקודר אבסולוטי תוכנתי ניתן להנדרה.
- בקרת PI על המומנט ותדירות עבודה.
- בקר מתוכנת פנימי למיקום ולפעולות.



ציוד פיקוד ומדידה של EUCHNER לעבודה בתנאים קשים.



- מפסיקי גבול חד ורב ראשיים.
- מפסיקי גבול בטיחות.
- גששים חד ורב ראשיים.
- אינקודרים אבסולוטים ואינקרמנטלים מתוכנתים.
- מניפולטורים 2, 4, 8 כיוונים נישאר וחוזר קפיץ.
- עכבר אצבע IP67 למחשבים לעבודה בסביבה תעשייתית.



דיסקט האנרגיה

חברת גד מהנדסים בע"מ ניצלה את הידע והניסיון המצטבר שלה במטרה לסייע לכם להתמצא בסבך הנתונים, המושגים והנוסחאות בתחום האנרגיה.

דיסקט האנרגיה מרכז מידע רב הדרוש לעוסקים בתחום החשמל, האנרגיה והמים וכולל היבטים טכניים, כלכליים ותחוקתיים. דיסקט האנרגיה מהווה כלי עבודה לחשמלאי, מנהל האחזקה ומנהל התפעול ומכיל את כל הנתונים, הנוסחאות, הגרפים, התעריפים החוקיים והכתובות בתחום:

- חישובים בתחומי החשמל.
- נתונים טכניים שונים של מיווג אויר, חימום, תאורה, מוני חשמל, הארקה, גנרטורים וכד'.
- טבלאות המרה של דלקים.
- נתונים סטטיסטיים.
- חישובים כלכליים.
- נתוני הקצאת מים.
- חוקים ותקנות של חברת החשמל ומשרד האנרגיה.



הצגת התוכנה והסברים תתקיים בתאריך 19.10.95 בין השעות 10:00-12:00 באודיטוריום במשרדי החברה. נא לאשר השתתפות בטלפון 03-5313211



אר-כה והכל זורם...

כבלים, ציוד ואביזרים למקצועני החשמל.



כל חיתוך שתבקש



לכל מקום שתרצה



כל כבל שתדרוש

אר-כה הכח הביצועי שמועל לציודך בשטח. אר-כה מעמידה לרשותך 2000 קילומטר של כבלים וחוטרים מסוגים שונים, ציוד מיתוג, פיקוד, בקרה ותאורה למגזר המקצועי ולמוסדות. מערך המכירות והשרות ממוחשב ופרוש בכל רחבי הארץ, כדי לתת מענה מהיר לדרישותיך בשטח. רכז קנייתך באר-כה ותהנה משרות צמוד ואישי, מתנאים משופרים והדרכה כנדרש.

אתה ואר-כה צוות לעניין החשמל.

הפ'ינהרי'נר
אר-כה
כל החשמל ברשת אחת

מסד ראשי: וולפסון 66 ת"א, ת.ד. 35202, טל' 03-382327 (רב-קווי) פקס' 03-374903
מחלק כבלים: רח' המרכבה 36, א. התעשייה העילן, טל' 03-5599069, פקס' 03-5599068
סניף תל-אביב: וולפסון 66 ת"א, ת.ד. 35202, טל' 03-382327 (רב-קווי) פקס' 03-374903
סניף ירושלים: רח' בית הדפוס 15, א. התעשייה נבעת שאול, טל' 02-6520460 פקס' 02-6520451
סניף אשדוד: רח' העבודה 65 א. התעשייה הקלה אשדוד, טל' 08-563363 פקס' 08-563364
סניף רחובות: רח' המסוף 17, (מול ארשת אליוון), א. תעשייה, טל' 08-362632, פקס' 08-362214

ASTRAGAL LTD.



אסטרגל בע"מ

רח' השקמה 3, אזור ת.ד. 906 תל-אביב 61008 טל: 03-5591660 פקס: 03-5592340

כל המוצרים - תחת קורת גג אחת:



- ❖ ממסרים
- ❖ קוצבי זמן
- ❖ יחידות הפעלה
- ❖ מנורות בקורת
- ❖ בקרים מתוכנתים
- ❖ ספקי כח



- ❖ פעמונים ביתיים
- ❖ לחצני פעמון
- ❖ פעמונים אלחוטיים
- ❖ פעמון אלחוטי עם נורית הבזק



- ❖ רבי מודד דיגיטלים
- ❖ צבתות למדידת זרם
- ❖ מדי בידוד-מגרים
- ❖ מדי הארקה
- ❖ לופ-סטטר דיגיטלי
- ❖ מדי טמפרטורה
- ❖ מד עצמת רעש
- ❖ מד מהירות זרימת אויר
- ❖ רשמים
- ❖ מדי הספק

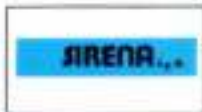
כמו כן יבואנים בלעדיים של:



סאצי
מכשירי מדידה לפנל ומשני זרם.



ורמה
אתראות אור וקול.



סירנה
אתראות אור וקול וסדרת אסאלו

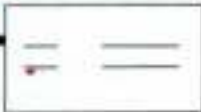
גרסלין
שעוני פיקוד אלקטרומכניים ודיגיטלים.
מוני שעות עבודה, EIB.



וילנד
מהדקי פס-מסילה, מהדקי שורה,
שקעים תקעים ומחברים למעגל מודפס.



סורסום
חצי אוטומטים, הגנות מנוע ושקעים
תקנים CEE17.



אם אתה לא עובר
 ל **אפסילון**
 אתה משחק באש



אפסילון

מערכת אתרעה משולבת
 לכל הסיכונים, המתכוננת לפי
 התקנים הישראליים הרשמיים:
 ת"י 1220 וגם ת"י 1337.

- **נמישות הפעלה** - אפסילון מופעלת ע"י לוח בקרה (מקשים), כותב בכל שפה (עברית, אנגלית ועוד) וניתן להפעלה כשהוא מותקן על הרכזת ו/או מרחוק.
- **אפסילון הפתרון המשתלם ביותר ללקוח שלך-ולך!**

אפסילון + apollo השילוב המנצח!

גלאי אש/עשן תוצרת APOLLO - אנגליה משתלבים בצורה מושלמת במערכת האפסילון.
 גלאי APOLLO נושאים תו תקן אנגלי, אירופאי ואמריקאי (UL) ומתאימים לתקן הישראלי 1220.

אפסילון פותחת עידן חדש בתחום מערכות האתרעה לגילוי וכיבוי אש ומציגה תפיסה חדשנית וייחודית המבוססת על:

- **מודולריות** - אפסילון ניתנת להרחבה מ-2 עד 24 אזורים ע"י הוספת "כרטיסים אלקטרוניים", ללא צורך ברכוזת נוספות.
- **רב תכליתיות** - אפסילון רכזת תקנית לגילוי אש/עשן ולכיבוי אש. מאפשרת גם שילוב של גילוי פריצה.

אחילנת חוקר ארצי (1978) בע"מ

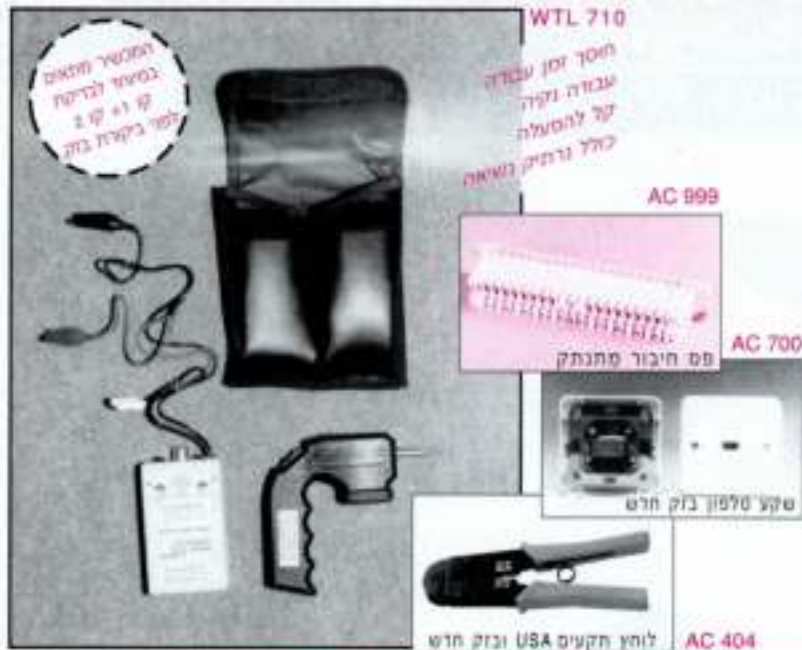
משרד ראשי - דרך סלמה 23 תל אביב, טל. 03-6828112

נייפים: חיפה: 04-627861 • נתניה: 09-333044 • טבריה: 06-724255 • כפר סבא: 09-959319 • פתח תקוה: 03-9300395
 יבנה: 08-435255 • ראש"צ-השפלה: 03-9677770 • אשקלון: 07-712511 • באר שבע: 07-280655

אפסילון - מערכת תקנית אחת וייחידה לאתרעה מסיכונים פריצה, אש/עשן

ארגנקום בע"מ

אביזרים וציוד בדיקה לתקשורת



מגלה ומאתר תקלות בזוג חוטים או יותר, כולל כבל מסוכך דגם WTL-710

בשימוש טכנאי בזק, משרד הבטחון וחברות התקנה.

שקעים ותקעים לתקשורת טלפונים ומחשבים

שקעים על הטיח ותחת הטיח מותאמים לתקשורת מחשבים (8-RJ45 ג'י) נפרד או ביחד עם בזק חדש. פנלים וארונות תקשורת ל-CAT. 5

קופסאות וארונות לתקשורת לטלפוניה ומחשבים

חברת ארגנקום עומדת לשרותכם ותשמח לראותכם בין לקוחותיה.

שדרות בן-גוריון 19 (בנין מץ), בני-ברק 51263, טל: 03-5781364, פקס: 03-6192049

למידע נוסף סמן 60/16

SATEC

סייטק

יצרני מיכשור מדידה אלקטרוני לבקרה וניהול אנרגיה חשמלית

סייטק בע"מ, חברה ישראלית עתירת ידע מיצרת מיכשור ותוכנה למדידה בקרה וניהול אנרגיה חשמלית ומוצריה מובילים בתחוםם ברחבי העולם.

רב מודד קומפקטי דגם PM 170E



- תצוגות LED בהירות של כל הפרמטרים בו זמנית.
- מדידה ובקרת שיא ביקוש בהספקים (KVA, KW) עם סינכרון לחברת החשמל.
- תצוגת שיא ביקוש זמנים לכל פזה.
- ממסרים מתוכנתים להתראות וליישומי בקרה.
- ממסרי פולסים למניה (KWH, KVARH)
- זכרון בלתי נדיף לכל הפרמטרים המצטברים (אנרגיות, שיא ביקוש)
- יציאות אנלוגיות בחוג זרם (0-20mA, 4-20mA) עם אפשרות ל-14 ערוצים.
- בידוד גלואני בכל כניסות המדידה.
- דיוק מדידה גבוה (True RMS)
- תקשורת למחשבים ובקרים פרטוקול ASCII ו-MODBUS (RS232/422/485)
- שליטה מקומית או באמצעות תקשורת מחשבים.

- מדידות הרמוניות ברשת עד להרמוניה 31 כולל תצוגת THD%
- פירוק ותצוגת ספקטרום (כולל כוון הספק הרמוני) באמצעות תכנת מחשב יעודית
- מגוון רחב של תוכנות לאיסוף ועיבוד נתונים הכוללות חישוב עלויות לפי תעריפי תעריף
- ביצוע סקרי הרמוניות ומתן פתרון על ידי צוות הנדסי
- פתרונות ייחודיים לפי דרישות הלקוח



סייטק בע"מ ת.ד. 45022, ירושלים 91450
טל: 02-812324, פקס: 02-812371

נתח הרמוניות PM 290H

למידע נוסף סמן 60/17



מאור טכנולוגיות [אם, טי, סי] בע"מ

מקבוצת אורייטק תעשיות (מ.מ.מ.) בע"מ



SEAWARD

SETTING HIGHER STANDARDS *Everytime*



SBS - 7671

מאסטר להתקנות חשמל הכולל:
התנגדות הבידוד
לופ סטטר
בודק ממסרי פחת
מד מתח AC/DC
זרם קצר עתידיני PSC
מד רציפות, קוטביות
יציאה למחשב או למדפסת
זיכרון פנימי ותוכנה.

HA- 1000

נתח הרמוניות
מהשניה ועד
העשרים וחמש
כולל זכרון ויציאה
למחשב.



HVI - 5000

מד התנגדות הבידוד
500 V - 5000 V
דגיטלי / אנלוגי
200 K Ω - 500 G Ω
אחסון עד 3000
תוצאות מדידה.

DL - 750

לופ סטטר דיגיטלי



RC - 750

בודק ממסרי
פחת (RCCB)

IR - 750

מד התנגדות הבידוד
250 / 500 / 1000V

מגוון רחב של ציוד מדידה ובדיקה:

רבי מודדים דיגטליים, צבתות זרם AC/DC, לופ סטטר, מדי הארקה (התנגדות האדמה),
סדרת מבדקים אוטמטיים לבטיחות חשמלית (לייצור, אחזקה מונעת),
ציוד להתקנות חשמל ותקשורת.

כתובתנו: רח' הברזל 31 רמת החייל ת"א טל: 03-490840 פקס: 03-6475978

רח' ביאליק 129, ת.ד. 8229 רמת גן 52181, 70' 49-7519146-03, טל.קס 32154, פקס 03-7519150

מכשירי עזר לאתזקה במפעלים, מתוצרת SPM

רב אורד דיגיטלי לאכונות

- בודק טיב מיסבים, ושימון המיסבים
- מד מהירות-אופטי ומכני- (טכוסטר)
- בודק תומרת רעידות- (ויברומטר)
- Logger אוסף נתונים ותוכנת מחשב



בודק תנועי חשמל Motorchecker

בודק תקינות הליפוף (קצר בין הליפפים) וכן מגר 1000V (בדיקת הליפוף לעף) בודק כידוד 5000V.

סטוסקופ אלקטרוני

מאפשר בדיקת רעשים מתחתים במכונות בצורה ברורה וחדה.

VIB-20 VIBRO SWITCH

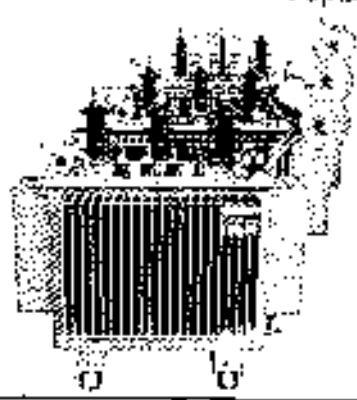
טווד באופן רציף את תומרת הרעידות במכונות ועוצר אותם.

מד סיבובים מנועסר

בודק בצורה אופטית או מכנית ע"י מגע וכן מהירות קומת של סרט.

שנאי חלוקה 22 ק"ו, 33 ק"ו

ההספקים מ-100 קו"א עד 10000 קו"א בשמן, יבשים ועם סלילים מבודדים באבוקסי.



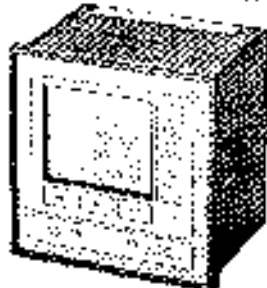
מונה חשמלי KWH-KVARH

להרכבה על פס אנון, חד או תלת פאזי דיגיטלי קטן בדיוק של 1% או 2%. מוציא פולסים למחשב. לחיבור ישיר לקו עד 63A. זול במחיר.



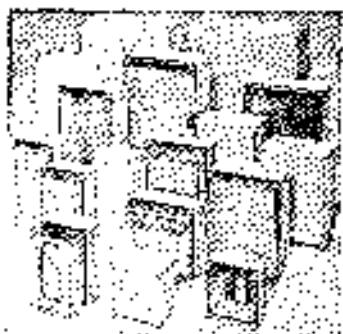
רב אורד להרכבה בלוח חשמל

מדירה וקריאה של 35 ערכי חשמל. מחיר זול.

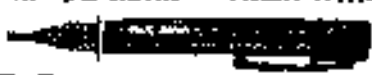


קופסאות בלסטיק

לבנית לוחות חשמל היורר אלקטרוני, מתוצרת FiBox, פיולנד. בכל הגרלים ובכל העומקים אטימה, IP-67 במחיר תחרותי.



עם בדיקה למחח Volt-Stick
עם בדיקה לבדיקה שדה
מגנטים Magnet-Stick
צגלה חשמל - מחכת בקירוח



ממירי תדר לויסוח מהירות

במנוטים לורם חילופין

מתוצרת חברת V.E.E-ELIX עם בקרה דיגיטלית מלאה, כולל קשר למחשב, למנועים בגודל 2000hp
באספקה מיידית.
(ניתן לתזמן לנעיון ללא תשלום)



תנועי חשמל לורם חילופין

בתחום הספקים 0.12 kw-5000kw בכל המהירויות - והמתחים.

תנועים לורם ישר עד 1000kw

מנועים עם טבעות החלקה Slip-Ring

מנועי מעצור

באספקה מיידית, מהמלאי ובבחיירים זולים.



קבלים לתח גבוה

קבלים מתח נמוך 400V

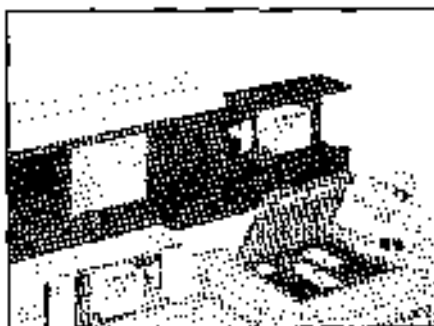
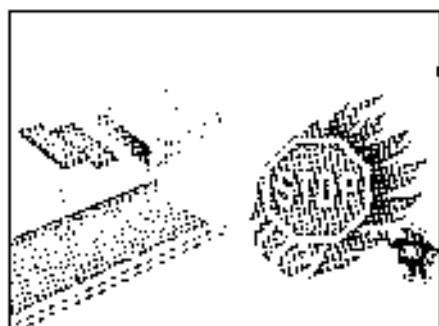
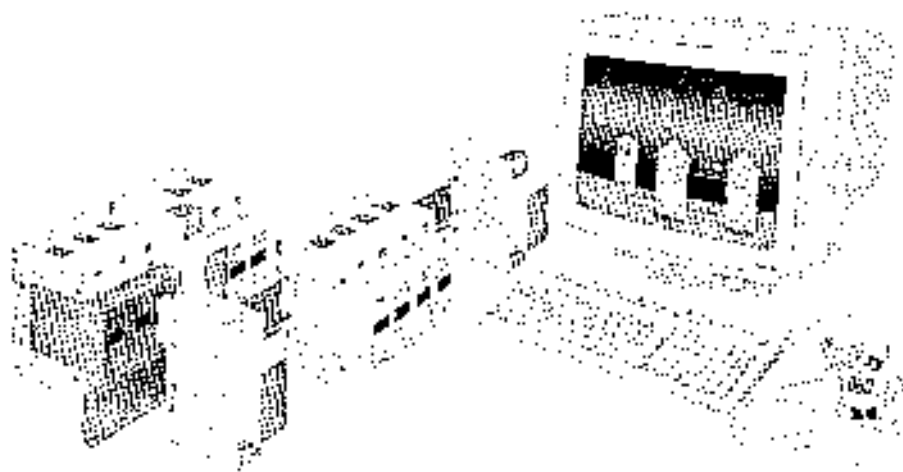
לשיפור כופל הספק

בגרלים שבין 5-85 קו"א וכן טוללות קבלים אוטומטיות עד 300 קו"א.



אמבל הנדסת חשמל בע"מ

- קופסאות חיבורים
- מהדקי חיבורים
- כניסות כבל
- אבזרי חיבור שונים
- ציוד מגן לברקים
- ציוד הגנה נגד אש

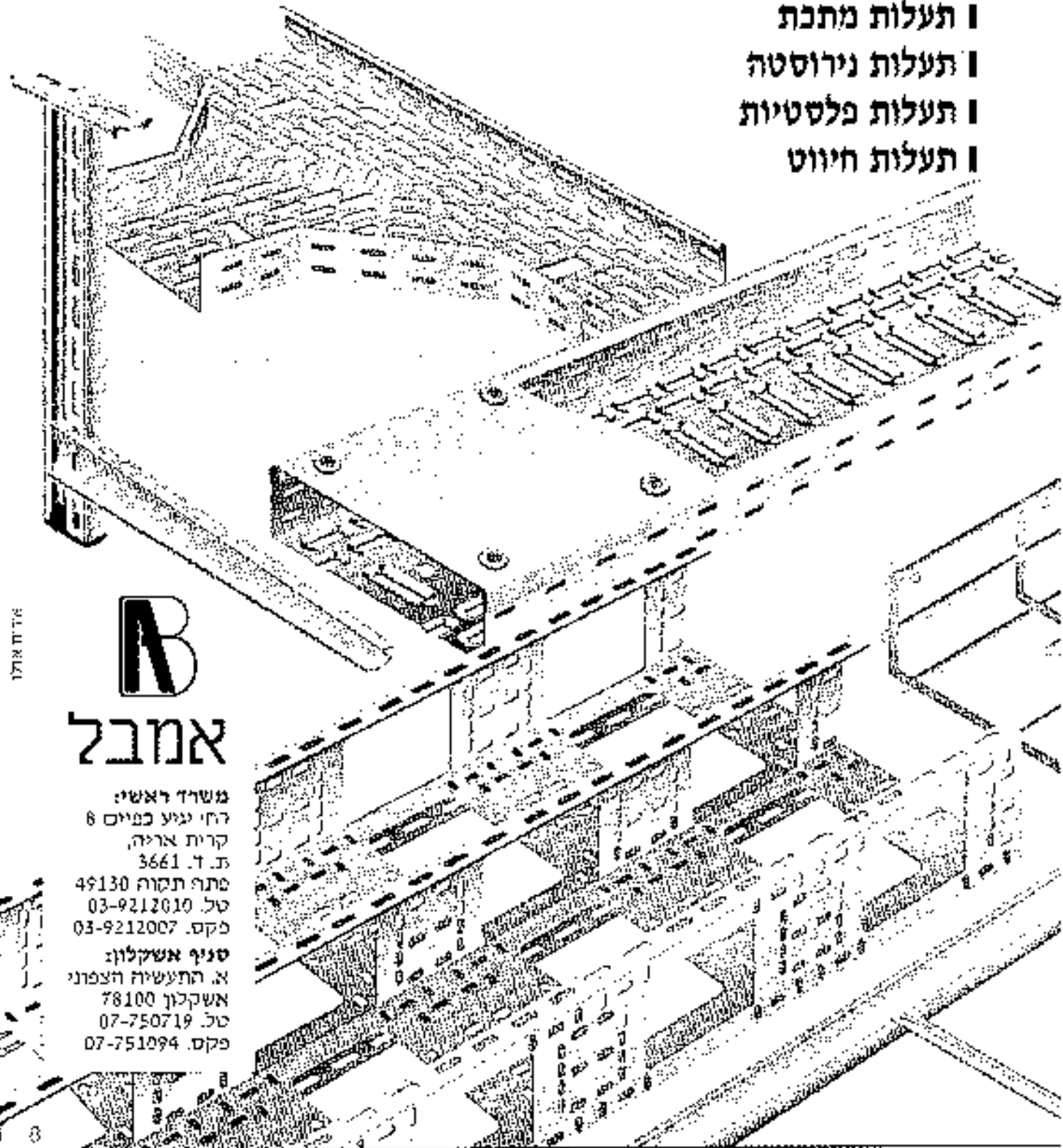



DIN VDE-E 0639 Teil 1
שיטת תעלות הכבלים
המאושרת No. 1
OBO RKS



OBO BETTERMANN

- תעלות לכבלים
- תעלות מתכת
- תעלות נירוסטה
- תעלות פלסטיות
- תעלות חיווט



אמבל

משרד ראשי:
רח' גניע כמים 8
קרית אריה,
ת.ד. 3661
פתח תקווה 49130
טל. 03-9212010
פקס. 03-9212007
סניף אשקלון:
א. התעשיות הצפוני
אשקלון 78100
טל. 07-750719
פקס. 07-751094



שיווק לתאורה בע"מ

ת.ד. 5123 דזאר ק. שרת 527

חולון מיקוד 58151

משרד/מחסן: מושב צפריה משק 33

טל/פקס: 03-9607304 03-301085

ACKERMANN
Elektro-Installations-Systeme
Kommunikations-Systeme

שיווק ומכירת מוצרי חברת "אקרמן" - גרמניה

1. לחשמל, תקשורת ומתח נמוך, במשולב - תעלות קיר, פתחים ברצפות והתקנים אנכיים.
2. מערכות קריאת "חולה - אהות" ומצוקה לבתי חולים, בתי אבות ודיוור מוגן.

שיווק מערכות מתח נמוך: -

1. הגברת קול ומוסיקת רקע
2. גילוי אש ועשן
3. מערכות אינטרקום וקשר פנים למשרדים, מוסדות, בתים משותפים ופרטיים כולל שילוב מצלמות C.C.T.V
4. מערכות קליטת שידורי TV - 1 C.C.T.V



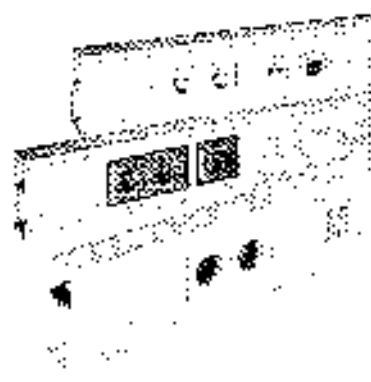
קונסאות ופתחים אטומים
למים לרצפות המטופלות
בידטובי לשיש, קרמיקה,
מזאיקת (מרצפת) וכד'



קונסאות ופתחים
לרצפות שטיח, "פרקטי"
ועץ המטופלים ב"בייש",
וכן לרצפות צפות וכמות.



התקנים לשקעים בתלית
כולל אפשרות ליציאות
ללחץ - אודר.



תעלות קיר אופקיות
ואנכיות מפח
מגלון צבע "אפוקסי"
בתור
תעלות מאלומיניום
מאולגן או צבוע

TAG 100

ת'בו'ח ח'לו'קה
למכסקים אוטומטיים

תעלימית
talimit



תעלימית בע"מ מפעל: אזור התעשייה ת.ד. 439, קרית גת 82103 טל: 8-811236-07 פקס: 07-811385
מסדדי מכירות: יצחק שדה 34 ת.ד. 9008, תל-אביב 61090 טל: 03-5374642 פקס: 03-5374070



אוסוניה גנרטורים

גנרטורים במגוון רחב ביותר
 מתוצרת חברת אוסוניה,
 יצרנית הגנרטורים מהבולטות באירופה.
 בהספק של מ-1.5 עד 2,250 KVA
 בנזין ודיזל.
 ניתן להשיג עם מנועי רולס רויס,
 פרקינס, וולבו, מרצדס, קמינס,
 דורסן, קטרפילר ועוד.
 מיועדים לעבודה רצופה
 ו/או לחירום (STAND-BY).



גנרטור בנזין 1.5-5KVA



ואב שמעון כס"מ



דיזל גנרטורים, מנוע "רולס רויס" - "פרקינס"
 עם מחולל "סטמפורד" בהספקים 175-760KVA



קרית אריה 9"ת, ת.ד. 10130 פקס. 03-9253223
 אולט תצוגה ומחלקת הדרכה עוסדים לשרותכם

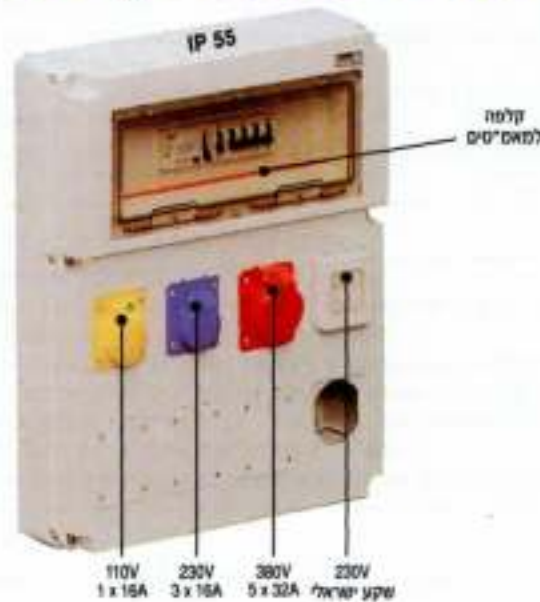
זאב שמעון בע"מ



הלוח המודולרי של

GEWISS

תשתית חשמל במפעל, לזמן בלתי מוגבל



■ התקנה מהירה וקלה

■ מכסה-דלת (הברגים הם הצירים)

■ לוחות עם 3 עד 8 פתחים

■ בפתחים ניתן להרכיב ולהחליף את כל סוגי השקעים:

5x63A — 5x32A — 3x16A — 1x16A

חב' זאב שמעון מייבאת את אביזרי גוויס מזה 17 שנה.

כאז, כן עתה - אנו לרשותך בכל עת.

המודולרים של גוויס

החלק הקל בעבודות החשמל

זאב שמעון בע"מ



לקבלת מידע נוסף ובכל שאלה או בקשה, נא פנה למחלקה הטכנית,
רח' המפלסים 10, קרית אריה פ"ת טל: 03-9231227





Telemecanique

GROUPE SCHNEIDER



פתרונות מתקדמים

חדש

ALTIVAR 66 - וסת מהירות למנועים אסינכרוניים - מוצר תפור לדרישותיך.

- ◆ תפיסה חדשה בויסות מהירות: בעזרת טכנולוגיה חדשה PRO-SYSTEM, בקרת FLUX VECTOR עם או בלי גששי מהירות, טרנזיסטורים מסוג IGBT, מוצר קומפקטי, גישה מודולרית להתאים לדרישותיך, בעזרת אביזרים ואופציות מתאימות ליישום.
- ◆ קו רחב של מוצרים בין 2.2kW לבין 220kW במזמנס קבוע בתוספת אופציונלית של מסננים ומשנקים.
- ◆ ממשק ייחודי; בעזרת צג תכנת גרפי בסכנוולוגית LCD עם תאורה אחורית ועבודה בתפריטים מנחים.
- ◆ מוצר בגישה בינלאומית: התכנת מאפשר בחירה בין 7 שפות ממשק, מוצר רב-מתח' לעבודה ב-50 או ב-60Hz.
- ◆ שירות מקומי ע"י צוות שלישיק ובכל רחבי העולם ע"י שירות קבוצת Schneider.



חדש

TSX07 - בקר זעיר המעורר את הדמיון.

- ◆ קטן: בקר קומפקטי המתאים לכל מיקום.
- ◆ פשוט: שלושה סוגי בקר זעיר 10, 16 או 24V, ניתן להגיע ל-10 ע"י הרחבת פילטרי כניסה, יציאות ממסר או טרנזיסטור.
- ◆ רב עוצמה: גודל זכרון 1000 פקודות, 256 רגיסטרים, 64 רגיסטרים קבועים, 128 ממסרים פנימיים, זמן סריקה 1.4ms ל-1000 פקודות בוליאניות, 32 סיימרים, 16 מוגים, תופי תכנות, שעון זמן אמת, מונה מהיר 10kHz, יציאת פולסים, יציאת PWM, תקשורת של 4 בקרים למרחק של עד 200 מטר.
- ◆ סכנוני: 9 תצורות אפשריות תוך שימוש ב-3 יחידות בסיסיות, מחירים אטרקטיביים.



חדש

VARIO דור חדש של מפסקים - מנתקים בעומס.

- ◆ דגם יחיד של מפסק תלת-פאזי לכל זרם נומינלי.
- ◆ פונקציות נוספות ע"י הוספת מגעי עזר וקטבים.
- ◆ מהדקים ניתנים להיסוך המאפשרים חיווט מקדימה או מאחור על אותו דגם.
- ◆ הרכבה על פס אומגה או ע"י ברנים.
- ◆ קיבוע לדלת הארון בעזרת קדח 22.5 מ"מ (עד 40A).
- ◆ להפעלה וניתוק ישיר בעומס למנועים 5.5kW עד 37kW ב-400V.
- ◆ מוצרים העומדים בתקנים בינלאומיים מחמירים IEC 947-3, UL, CSA ועוד...



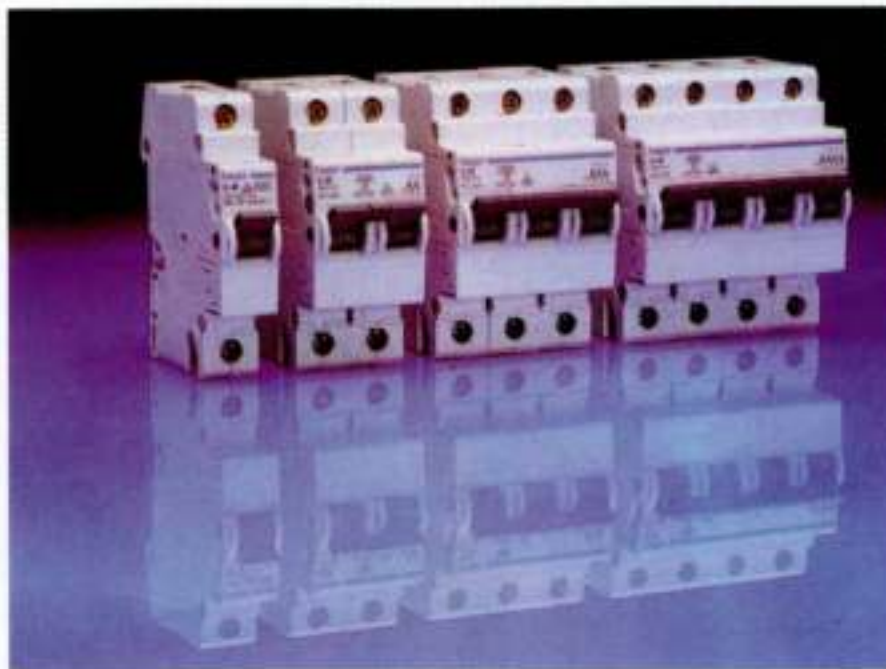
ובנוסף כל מגוון מוצרינו האמין לאספקה מהמלאי

- | | |
|--------------------------------|--------------------------------------|
| 1. פסי צבירה. | 6. אביזרי פיקוד. |
| 2. מגענים מ-6A ועד 1600A. | 7. מהדקים, קצוות חוטים ותעלות חיווט. |
| 3. מתנעים טרמו-מגנטיים. | 8. מפסקי גבול. |
| 4. ממסרי הגנה אלקטרוניים. | 9. גששים ותאים פוטואלקטריים. |
| 5. מתנעים משולבים - אינטגרלים. | 10. מתנעים רכים. |

ציוד חשמל בע"מ רחוב מבטחים 1 קרית מטלון פ"ת 49130
טל: 03-9211611, פקס: 03-9211881



מכסקים אוטומטיים זעירים



hager איכות מובטחת

- מאמ"ט תלת-קוטבי באופן סטנדרטי עם אפשרות למגעי עזר, סליל הפסקה וכו'.
- כל המאמ"טים באים עם אינדיקציה ברורה ON/OFF על ידית ההפעלה.
- מהדקי הכניסה מתאימים לחוט קשיח עד 35 מ"מ. לחוט גמיש עד 25 מ"מ.
- ברני הידוק מתאימים למברג רגיל או פיליפס.
- תפס המאמ"ט הינו בעל 2 מצבים, לנוחיות בזמן הפירוק מעל פסי אום.
- כל ה מגעים מוגנים בפני מגע מקרי.
- המאמ"ט משתלב עם כל שאר הציוד המודולרי של **hager** ונותן אחידות בלוחות, ונוחות בהתקנה על פסי אום.
- אורך חיים: 20,000 פעולות לדגמים עד 32A
10,000 פעולות לדגמים 40-63A

במסגרת הרחבת מגוון המוצרים בחברתנו, אנו שמחים להציג בפניך את המאמ"ט (6KA), המצטרף לסל המוצרים המודולריים הרחב מבית היצר של חברת **hager**.
המאמ"טים מתוצרת **hager** עומדים בזרמי קצר של 6KA (*) עם עקומות "B" ו-"C", בהתאם לתקן הישראלי ת"י 745, וכן בהתאם לתקנים האירופאיים IEC898, VDE, KEMA ועוד רבים אחרים.
הדגמים המשווקים ע"י חברתנו יהיו: חד קוטבי, חד קוטבי + 0, דו קוטבי ותלת קוטבי, לזרמים: 2, 4, 6, 10, 16, 20, 25, 32, 40, 50 – 63 אמפר.
10 KA לפי IEC 947-2.

א. ג. מולכו ציוד חשמל ותעשייה בע"מ

רחוב מבטחים 1, קרית מטלון, פתח-תקוה, טל. (רב קווי) 03-9247037
פקס. 03-9233452 מכתבים: ת.ד. 18121, תל-אביב 61181



ייצור קופסאות חשמל לתעשייה ותקשורת **ע.ד.א. פלסט**

אין צורך ליבא מחו"ל: קופסאות חיבורים, לוחות CI, קופסאות חשמל לתעשייה וקופסאות לתקשורת.

הכל – תוצרת כחול לבן.



- מוצרינו מקבילים לתקן האירופאי.
- מוצרי החברה עשויים מפוליקרבונט כסטנדרט, בעמידות של $120^{\circ}\text{C} + \text{UV}$ גבוה.
- בין לקוחותינו: בזק, מ.ע.צ., משרד הבטחון.

אזור התעשייה סגולה, סוף רח' מודיעין, פתח-תקוה טל: 9300841, 9314048-03 פקס. 03-9341196

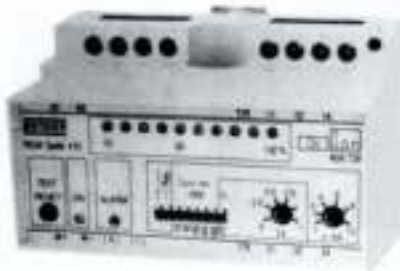
כדי שלא יהיה מאוחר מדי !!

ממסרי זליגה RCM של **BENDER**

להתראה מוקדמת על ליקויי בידוד בזינה מאורקת.

פגמים, לחות, אבק והתיישנות טבעית הינם הגורמים העיקריים לזרמי זליגה מסוכנים. ממסרי RCM של BENDER מאפשרים קבלת התראה מוקדמת בלא השבתה, למניעת נזק מאדם ומציוד, לחיסכון ניכר בעלויות מיותרות הנובעות מהשבתות ייצור.

מגוון יישומים רחב, תודות



- ✓ לכוון רציף של סף התראה בתחום רחב: 10mA-10A ב-6 תחומים.
- ✓ משנה זרם פנימי או חיצוני - בקטרים שונים.
- ✓ תצוגה על מידת הזליגה ע"י לדים + מחוון חיצוני (כאופציה)
- ✓ דגם RCM470Y2 עם שני ספי התראה.

אליפ יעוץ ושווק בע"מ

אליפ

רח' צה"ל 98, ת"ד 994, קיראון 55109, טל' 03-5343506, פקס' 03-5340776

למידע נוסף סמן 60/28



לציבור לקוחותינו

אנו שמחים להודיעכם כי מכון התקנים

אישר את מערכת האיכות במפעלינו

בהתאם לדרישות התקן הישראלי ת"י ISO-9002

סומת תעשיות(1993) בע"מ
יצרנית לוחות חשמל במתח נמוך וגבוה

סומת תעשיות בע"מ, רח' האומנות 1 אזור תעשייה דרום נתניה, ת"ד 8153 נתניה, טל. 09-851351 פקס. 09-851330

למידע נוסף סמן 60/28

SATEC
סייטק גופי חימום

**המפעל הגדול בארץ
לגופי חימום**

יצור ואספקת כל סוגי גופי החימום
ביתיים ולתעשייה, סטנדרטיים ומיוחדים
לפי דרישת הלקוח.

(נירוסטה, קרמיקה, מיקנית,
נחושת מצופה וכו')
יעוץ, תכנון, יצור ואספקת מתקני
חימום לתעשייה.

בפיקוח ואישור מכון התקנים.

מפעל וחנות המפעל: ירושלים
אזור התעשייה עטרות

טל: 02-830615 פקס: 02-830405

מרכז מכירות ראשי: תל אביב
רח' מסילת ישרים 47

טל: 03-5376723, 03-5376353

למידע נוסף סמן 60/31

אל-רם

■ דיזל גנרטורים
■ גנרטורים מושתקים
■ רתכות דיזל וחשמל



מפרץ חיפה, שד' ההסתדרות 178
כתובת למכתבים ת"ד 375 קרית ביאליק 27103
טל. 04-722448-410721
פקס. 04-724197

למידע נוסף סמן 60/30

דניאל התקנות ושרות חשמלי

הנדסת חשמל, אוטומציה שינוע ובקרה

מערכות פיקוד אלחוטיות

בי"ה



123 א
מערכות פיקוד אלחוטיות

תכונות המערכת

- בטיחות מקסימלית
- 67 תדרי עבודה
- 65,540 אפשרויות קידוד כפולות
- מוגן EX
- אטימות גבוהה
- משקל קל
- מימדים קטנים

יישומים

- עגורנים
- מכונות תעשיתיות
- תעשיות הבניה
- רובוטיקה
- מכונות חקלאיות
- מנופים ומשאבות בטון



NBB
NACHRICHTEN
TECHNIK

nbb

גמישות בשימוש בהתאם לרצון הלקוח

DIN EN ISO 9001

דניאל התקנות - ישוב גן-נר ת.ד. 271 טל/פקס 06-400818 פלפון 050-302254

למידע נוסף סמן 60/32

ש.מ. יוניברס אלקטרוניקס בע"מ

מערכת איכות מאושרת ISO - 9002

טלפון: 09-902975 פקס: 09-901832



מדרגונית[®] SM-91



אוטומט מודולרי לחדר-מדרגות

- ספירת הזמן מתחדשת עם כל לחיצה.
- זמן הדלקה מתכוונן 1.5 עד 13 דקות.
- מגן מפני ברקים והפרעות ברשת החשמל.
- ניתן לכוון למצב הדלקה רציף.
- מיועד לנורות ליבון 230V/ 10A max

S.M.-3



ON : OFF
עם השתייה נזכרן
לופעל אוטומטית
לאחר ההשתייה

מדרגות[®]

יחידת הגנה למזגנים עד 4 כ"ס



- מודולרי - מתאים להתקנה
על י"ט או תה"ט בתוספת
קופסה מתאימה.
- התקנה פשוטה ומהירה
(ללא פתיחת המכשיר).
- ממסר המיתוג נבדק ע"י
מכון התקנים.
- הגנה למזגן בדגמי מזגנית
רבים - כולל "שקע עשורי".

- דגם מיוחד לכתי ספר ולמוסדות

SM-2-DL

היחיד עם תו תקן ישראלי

S.M.-4



"שקע-תקע" עם השתייה,
זכרון והפעלה אוטומטית.
כולל שעון דיגיטלי + רזרבה,
4 תוכניות הפעלה וכבון.

מוצרים חדשים מבית AMPROBE ארה"ב



שיי SHAY
אוריאל שי בע"מ A.U. SHAY LTD.

מהיום אתה הוא המומחה להרמוניות!

**Harmonalyzer - מכשיר למדידה
וניתוח מעגלי חשמל**



1. זיהוי ומדידת ההרמוניות במערכת החשמל הגורמים להפרעות ותקלות.
2. חייוי במסך גרפי של ההרמוניות האי-זוגיות עד להרמוניה ה-19.
3. חייוי במסך גרפי של צורות הגל (מתח או זרם).
4. שמירה בזיכרון 21 מדידות (אפשרות להעברה למחשב).
5. מדידת זרם, מתח, הספקים מקדם הספק COSFI ותדר.
6. ערכת התחברות למחשב +PC תוכנה לעיבוד נתונים.
7. חייוי של כל המדידות במחשב עד להרמוניה ה-31 (זוגית ואי זוגית) ושל ציחת הגל (זרם או מתח).

המערכת אשר לה ציפיתו

**AT 2004 - מערכת לאיתור
תוואי מוליכים ותקלות בכבלים**



1. איתור ועקיבה אחר כבלי חשמל בקירות ובאדמה.
2. איתור ועקיבה אחר כבלי חשמל נושאי מתח 0-1000 VAC וזיהוי מעגל נבדק תחת מתח.
3. איתור תקלות בכבלי חשמל, נתקים וקצרים זכין מוליכים או בין מוליך לאדמה.
4. זיהוי מוליך מסוים מתוך צמת מוליכים.

רח' אימבר 23 קרית אריה ת.ד. 10049 פ"ת 49222 טל: 9223105, 03-9233601/2, פקס: 03-9234601

חדש מבית AVO - MEGGER



שיי SHAY
אוריאל שי בע"מ A.U. SHAY LTD.

תכונות נוספות:

**מכשיר מדידה רב-תכליתי: בידוד, הארקות,
ממסרי פחת דגם AVO-CM100.**

- ◆ מדידת רציפות 20-0 אום ברזולוציה של 0.01 אום.
- ◆ מדידת תדר עד 500 הרץ.
- ◆ מדידת מתח עד 500 וולט ז"ח.
- ◆ בדיקת סדר הפכות.
- ◆ מאגר זכרון פנימי Memory לשמירת תוצאות מדידה.
- ◆ יציאת תקשורת למחשב RS232 (תוכנה כלולה במכשיר).

תכל במכשיר אחד!



- ◆ מאר
- ◆ לופ-סטטר
- ◆ מר ארמה
- ◆ בודק ממסרי פחת

רח' אימבר 23 קרית אריה ת.ד. 10049 פ"ת 49222 טל: 9223105, 03-9233601/2, פקס: 03-9234601

ביה"ס להכשרה מקצועית



מדרשת רופין
מוסד להשכלה גבוהה

קורסים והשתלמויות לשנת הלימודים הקרובה

מיועדים למבוגרים המבקשים להסב מקצוע, או להרחיב ידיעותיהם ואפשרויות התעסוקה. מרבית הקורסים נערכים על-פי תוכניות לימוד של משרד העבודה ומקנים בסיסם תעודת גמר. לרשות התלמידים עומדים מרצים ומדריכים בכירים וכן מעבדות עם מיטב הציוד והמיכשור.

אילוח יוק:

- חשבול מעשי - 7 חודשים, יומיים בשבוע (כ"ג)
- חשבולאי מסמך - 4 חודשים, 4 ימים בשבוע (א' - ד')
- חשבולאי ראשי - 7 חודשים, יומיים בשבוע (כ"ג)
- חשבול יסמח גבוהי - 3 חודשים, יום בשבוע (ה')
- קידוד ומינהל אדמי - 5 חודשים, יומיים בשבוע (ה', ו')
- אלקטרוניקה תעשייתית - 5 חודשים, יום בשבוע (ה')
- מיכשור ומופדות במערכות בקרה - 4 חודשים, יום בשבוע (ה')

- בקרים ממוכתיב - 4 חודשים, יום בשבוע (ה')
- פנאי:מסיקה ואלקטרוטכניקה - 4 חודשים, יום בשבוע (ה')

אילוחי זמני:

- חשבול פיקוד תקרה - 4 חודשים, פעם בשבוע
- תחזוקת מערכות רשמל - 2 חודשים פעם בשבוע
- חשבולאי ראשי - שנה משניים בשבוע
- בקרים ממוכתיב - 4 חודשים, פעם בשבוע

גמול השתלמות: הקורסים וההשתלמויות היום מחיקף ובמהלכות המתאימים לאמות המידה המזכים בגמול השתלמות. עם זאת רצוי לפנות לוועדת ההשתלמות במהום העבודה לקבל אישור על כך.

לפרטים והרשמה: **ביה"ס להכשרה מקצועית** עמק חפר, סניף: 40250 טלפון: 09-683001/040 פקס: 09-683041

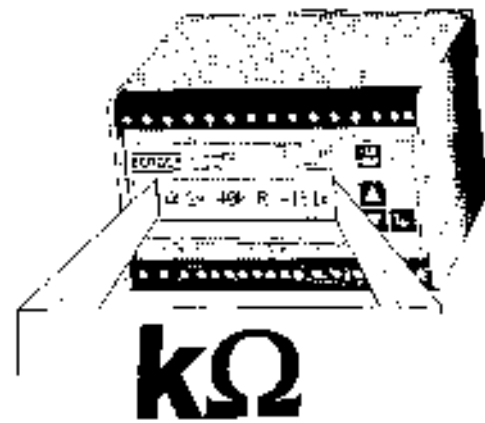
למידע נוסף טלן 80/85

השבתה = הפסד !

בזינה צפה ואיזומטר BENDER - אין!

זינה צפה עם איזומטר:

- למניעת השבתה רשעת קצו (בניגוד לממטר פחת "מקובל")
- לאמינות גבוהה במערכות פיקו ובבקרים מתוכנתים
- להגנה בפני חישמול
- "מתחייב" לגנרטורים ולמערכות ויזות בתנאי הארקה קשים
- להגנת מנועים בעתודת חרום



אליפ יעוץ ושוקק בע"מ

רח' צה"ל 98, ת"ד 994, קיראון 55109, טל' 03-5343506, פקס' 03-5340776



למידע נוסף טלן 80/85



אלקו התקנות ושירותים (1973) בע"מ

מחלקת השירות

מחלקת השירות באלקו נותנת לך פתרון מידי של 24 שעות ביממה בכל הארץ. למחלקה, מהנדסים, הנדסאים וטכנאים המספקים שירות ברמה מקצועית גבוהה לשביעות רצון הלקוח.

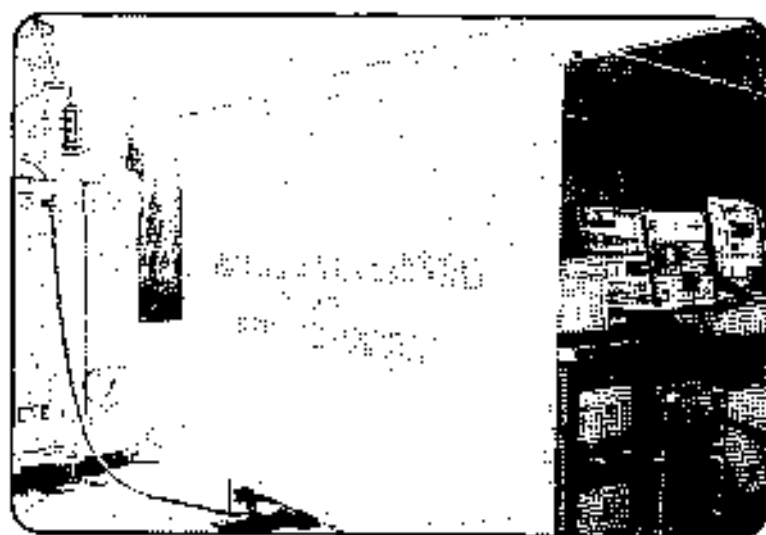
לחברה סניפים בצפון, בדרום ובמרכז עם צוותי ביצוע הניידים בכל הארץ במכוניות המצוידות במכשירי קשר אלחוטיים.

למחלקה מעבדה ניידת למתח גבוה ונמוך. היחידה מסוגה בארץ. המסוגלת לאתר תקלות במתח גבוה ונמוך ולתת שירות מידי באתר.

אנו מתאימים לכל לקוח שירותי אחזקה באופן יעיל, מקצועי ואמין בהתאם לצרכים הספציפיים וללא פגיעה בייצור השוטף.

תחומי פעילות:

- עבודות אחזקה - במתח נמוך, גבוה ועליון.
- עבודות שיפוץ - שנאים, מזדש'ים ומתקנים.
- בדיקות - מתח גבוה 100-140 ק"ו
- כיוולים - עד 10,000 אמפר.
- איתור תקלות בכבלים תת קרקעיים.
- בדיקות מעבדה של שמן שנאים.
- סינון וטיהור שמן באתר.



לפרטים נוספים וקבלת דפי מידע, פנה למנהל השירות

כתובתנו החדשה

רח' האומנות, פארק תעשיות קרית נורדאן, נתניה.
 ת.ד. 6190, נתניה 42160 טלפון: 630888 (09) פקס: 655049 (09)
 טלפון ישיר: 630860 (09) פקס: 655054 (09)

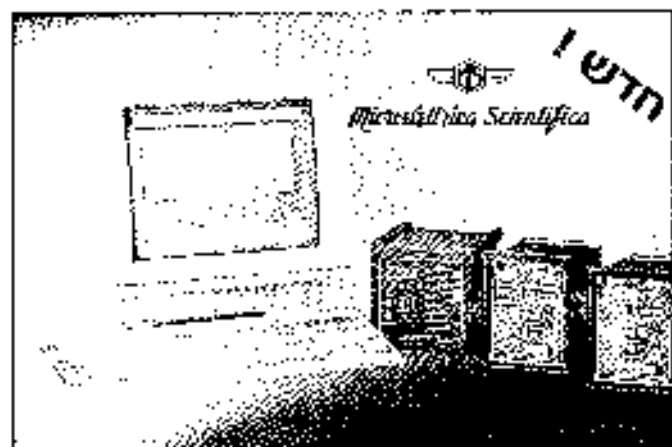


התקנות זשרותים (1973) בע"מ

אלקו-TRADE



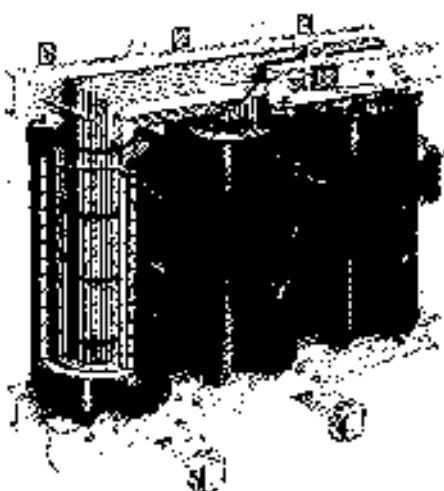
נציגויות, שיווק ומכירות



חדש!
ממסרי ההגנה המתקדמים ביותר
כל הפונקציות כולל צג מדידה
כולל מיקרופרוססור לתכנות גמיש.
אפשרות חיבור למחשב.

Tesar שנאים יצוקים

(גם משני זרם, משני מתח - מ.ג.)



כולאי ברק עד 36kv

METAL OXIDE

במבנה

SILICONE



McGRAW-EDISON

ציוד בטיחות מ.ג.

קבלים למתח גבוה - הגנות ומיתוג לקבלים.
אביזרי רשת עילית - מבדדים מזכוכית ופולימרים.
נתיכים מ.ג. ומתח גבוה.
אביזרי תא"מ.

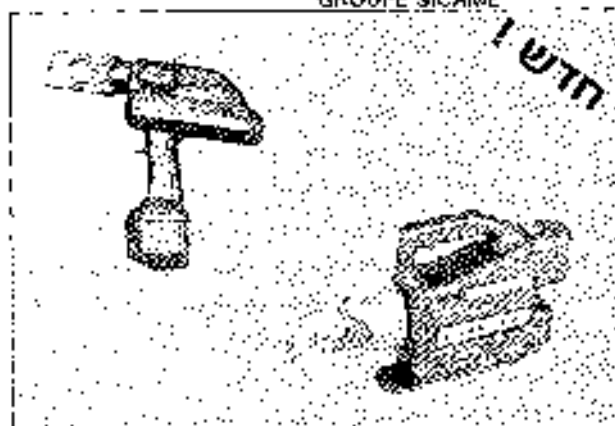
מפ"ז על עמוד McGRAW-EDISON

שנאי שמן/סיליקון - אלקו



cegers

GRUPE SICAME



חדש!
לוחצי כבל 12 TON : 5 אלקטרו-הידראוליים
כולל סוללה נטענת.
עם טבעים עד 300 מ"מ.
ניתן לקבל באותו מבנה גם חותך כבלים.

רח' האומנות, פארק תעשיות קרית גודאן, נתניה. ת.ד. 6190 70. 09-630888 פקס. 09-655049

נאור בע"מ קבלני תשמל לחעשיה

סולמות כבלים לתעשיה

25 שנות ניסיון ביצור והתקנות סולמות כבלים במפעלי החעשיה בארץ מגוון רחב של סולמות ואביזרים הנותן פתרון לכל תוואי ועומס

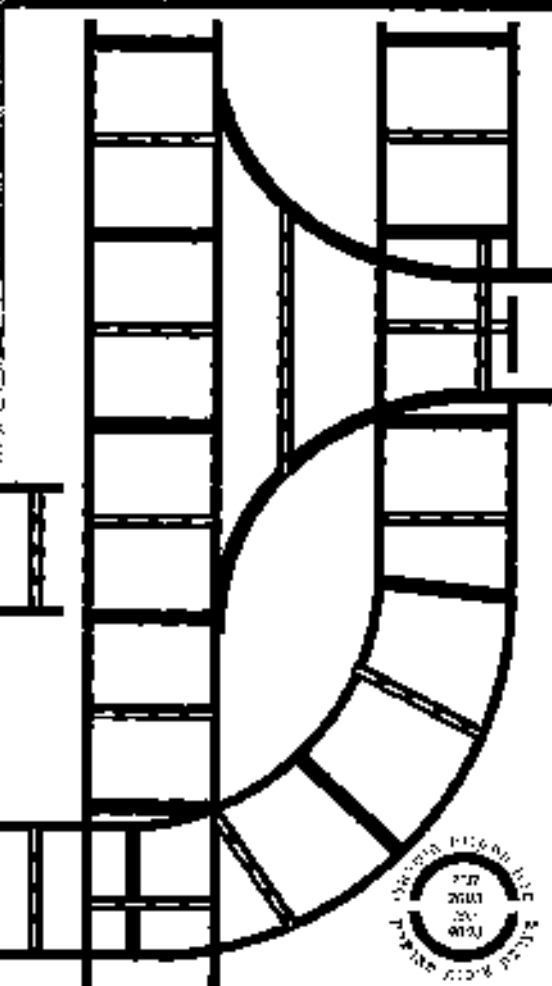
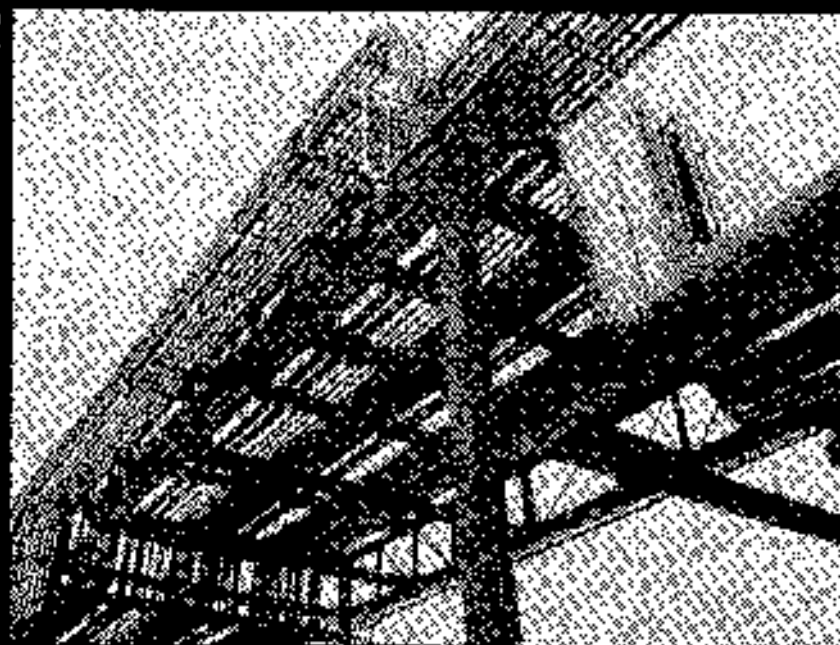
- המטרה: - פתרון נוח לכל תוואי ועומס כבלים, כובא פרופיל מיוחד עתוכן לשם כך.
- חסכון: - סרווח תמיכות של עד 6 מטר - זוסך בהזמכים וכמעקל הסכנה.
- ציפוי וצביעה: - ציפוי הקני באבץ חס בטבילה ואפשרות לצביעה כצבע אפוקסי להגנה מושלמת.
- ייצור: - ספק מעולה מכופף ומעובד בפיוח עגלות.
- אספקה: - כומן קצר ביחוד ישרוח להזמנות המופות.

מטרכת אבטחה איכות

ע"פ תקן ISO 9003

וח"י 2003 מאשרח

בציקוח מכון התקנים הישראלי



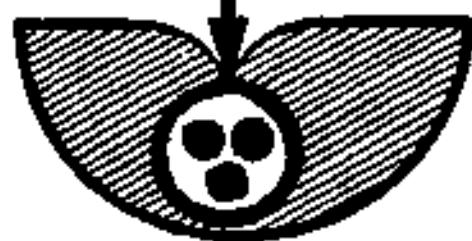
*(שם) ארצות ארץ (סיוון) הדגוי
אופקל בגבון והכנה*



נאור

רה: חלוצי החעשיה 79
ת.ד. 10256
ב.ד.ק. ח.י.ה.
פיקוד ס.י.ו.
טל: 04-414834
טל: 04-411142
טל: 04-414528

בדיקת כבלים



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

דטא - רח' עוזיאל 48 רמת גן
טל: 03-6770696, 03-6779775
פלאפון: 050-307085
טל' כבית: 03-6740513

למידע נוסף טלן 03-6740513

אולטרה שילד

חגן אולטרה טאונד נגד מזיקים

הנזק למזיק

הפתרון האלגנטי
למכת העכברים, התיקנים
והמכרסמים למיניהם

דרוסט אכזבים



אולטרה שילד

השיטה האלקטרונית נגד מזיקים

יבוא והפצה: רח' יולייה סימון 25, א.ת. ממרץ חיפה
טל. 04-410110, טלפקס. 04-410418

למידע נוסף טלן 04-410110

Z.R.C. המלקור

שוקת לינייה אפא
גלוו קור - נגד חלודה
חדד עם מלח ו-1 האמריקאי
מאגן מכל החומרים

- כל יפנים לשוב על הכרזה הוא ריסיס.
- מיידי רול - מסלף.
- סתן המה פילי- כולה כפי רחוקה עכבה גלווה
- אופסת והטה אלקטרוניקות לטוריות.
- סוכן וריכת החסירה - וניני סוכלף.
- יסיריסי פיל - יתן קפוצו פגלה כפוגי כבל וחד
- רצוי נחלקף לרף. מריסר
- אורן חיים וחה כוייל לארד- חריס של יריכון חחה.
- עמיד כמספי של גלאווי - (30)
- ארשיפה כלמי ריפחה
- כשרי עיפה לכרי - 40 כרי או 500 כרי קונסטרוקטיה
- גיסור אפור כחרי מריסר
- ירידתי לארס וכמסיבה



משה ש"ס

פקר גילון, אורחות,
חבי חשמל, משחביט
גדות, אלקו ישראליים,
מגן גילון...

לא מרפסר פז המאליס כי האקור גלויז 206 זרבי

כפלה כמטיו למריסס ויכסיה חלופיות

פי. א. סי ג'יימס ת.ד. 10335 ממרץ חיפה, טל 04-678140, טלפקס. 04-670987

למידע נוסף טלן 04-678140

הפתרון לבעיות "המתח שלך"

מעגרת עושי

P. Shoshani

תיקון בודקים ומודדים תעשיתיים

תעודות כול ת"י 9000 / 2025

- בודקי בודד מתח גבוה/ונמוך INSULATION TESTERS
- בודקי לולאת תקלה וילט LOG TESTERS
- בודקי התנגדות הארקה EARTH TESTERS
- מודדים אמלוגים/ודגיטלים
- גלאי חוואי כבלים
- בודקי סלילי מנועי-שמן שנאים ועוד...
- תיקון כרטיסים וספקי כח רגילית/מהותגים

פתח תקוה, רח' הראשונים פא, ת.ד. 523
טלפקס: 03-9344442, מען: 03-9323004

למידע נוסף טלן 03-9344442

זה האויר שלך



קטה היא חברה מזבילה באירופה בייצור מפוחי אויר אקסיאלים וצנטרפוגלים למשרד, לבית ולמטבח. מצטיינת בייצור מפוחי אויר שקטים ועילים:
תקן V.D.E., GS

IP 44 | המפוחים מתאימים להתקנת קיר או חלון (בתוספת קיט)

לדגמי "Matic" יש השחית חשמלית (25 שניות) בפתיחת התריס (למניעת כניסת אויר חיצוני פנימה ולפתיחה שקטה של התריס)

B10 MATIC TIMER - בתוספת קוצב זמן

B10 MATIC H - בתוספת סנסור לחות ולמעב או למקרים בעלי לחות גבוהה

| Voltage Tension | Switching Power (max) | Power Consumption | Speed Class | Operating Cycle | Power Resistance | Cable Length | Weight Pack |
|--------------------|--------------------------|----------------------|----------------|--------------------|---------------------|-----------------|----------------|
| 220-240V/50Hz | 41.4W | 15W | 2500 rpm | 5-10 min | 100 Ohm | 1000 mm | 0.72 Kg |

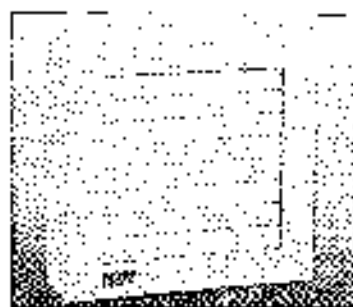


B10 MATIC

B15 MATIC TIMER - בתוספת קוצב זמן

B15 MATIC H - בתוספת סנסור לחות

| Voltage Tension | Switching Power (max) | Power Consumption | Speed Class | Operating Cycle | Power Resistance | Cable Length | Weight Pack |
|--------------------|--------------------------|----------------------|----------------|--------------------|---------------------|-----------------|----------------|
| 220-240V/50Hz | 41.4W | 15W | 2100 rpm | 3-5 min | 100 Ohm | 1000 mm | 0.90 Kg |



B15 MATIC

שואב אויר צנטרפוגלי (טורבו)

CB 100 - בתוספת קוצב זמן

| Voltage Tension | Switching Power (max) | Power Consumption | Speed Class | Operating Cycle | Power Resistance | Cable Length | Weight Pack |
|--------------------|--------------------------|----------------------|----------------|--------------------|---------------------|-----------------|----------------|
| 220-240V/50Hz | 31.4W | 10W | 1500 rpm | 1-3 min | 100 Ohm | 1000 mm | 0.65 Kg |



CB 100

*כולל תריס פנימי
למניעת כניסת אויר
מהצנור פנימה.

אינפורמציה על דגמים נוספים וקטלוג כללי אפשר לקבל אצל היבואן.

טלפון מרכז יעוץ: 7 6 7 2 6 8 - 03
יבואן: אלדין שווק חשמל בע"מ
בית ספר רח' תל גיבורים 6, תל-אביב 68105 טל: 03-6814755 פקס: 03-6814756



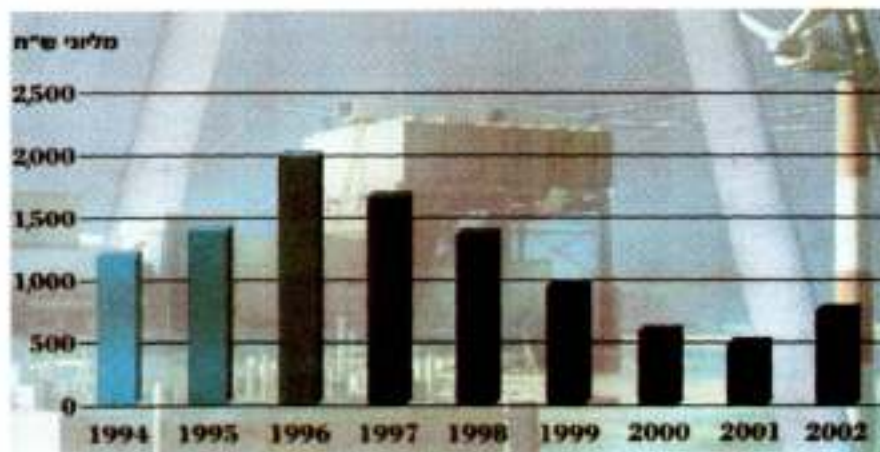


פיתוח מערכות חברת החשמל - מנוף לפיתוח תעשיות החשמל בישראל*

מהנדס משה לסרי

בישראל, כמו גם בארצות אחרות, נודעת לחברת החשמל השפעה ניכרת על קידומה והתפתחותה של התעשייה המקומית. כחברה גדולה וחזקה, אשר תוכניות הפיתוח שלה כרוכות בהשקעות גדולות, ואשר מספקת מוצר ושירות ציבורי בסיסיים, מהווה חברת החשמל לקוח גדול, אשר יכול להכתיב מדיניות ולהשפיע על מנגנון.

הגידול - **הקיים והחזוי** - בצריכת החשמל, מכתיב את תכניות הפיתוח ואת ההשקעות הכספיות במערכת של חברת החשמל. השינויים המתרחשים בשנים האחרונות בכלכלה העולמית, במשק הישראלי ובחברת החשמל עצמה, מכתיבים שינויים במדיניותה של חברת החשמל בתחום העידוד של התעשייה המקומית - שינויים שאם התעשייה והקבלנים יסתגלו אליהם, יהיו לברכה לכל הצדדים. מאמר זה, המבוסס על ההרצאה המרכזית שנישאה בכנס הארצי ה-12 של העוסקים בתחום החשמל, אשר נערך בחודש יוני בירושלים, מציג את המשמעות הכלכלית של פיתוח מערכות חברת החשמל בשנים הבאות, את הדרכים בהן עודדה החברה את התעשייה הישראלית ואת המדיניות החדשה, גורמיה ועקרונותיה.



איור 1
השקעות במערכת הייצור לשנים 1994 - 2002

לאלה יש להוסיף את הפיתוח הנדרש במערכת החלוקה במתח גבוה ובמתח נמוך, על קוויה ושנאיה.

ההשקעה הכספית בתוכניות הפיתוח

התרום הכספי של תוכניות הפיתוח משקף תמונה כלכלית שיש בה עניין רב לתעשייתם ולחברות הקבלניות, ואשר מהווה מנוף חשוב לפיתוח התעשייה בארץ.

איור 1 מציג את ההשקעות המתוכננות במערכת הייצור, אלו בלבד עומדות על כ-1.5 מיליארד ש"ח בכל אחת מהשנים הקרובות, ובשנה הבאה הן אף תעלינה על 2 מיליארד ש"ח. בסוף המאה ובתחילת המאה הבאה

מהצורך בעתודות לאבטחת האמינות הדרושה, צריך לדאוג לאמצעי ייצור בהיקף של פי 1.2 משיא הביקוש, לתחנות-משנה בעלות יכולת השנאה של 1.4 מגוויא לכל מגוואט בתחנות הכוח ולשטחי רשת ותחנות טרנספורמציה (להשנאה ממתח גבוה למתח נמוך) בהיקף של פי ארבעה מיכולת הייצור. פיתוח מערכת המסירה בשנים 1994-2002 כוללות בין היתר, הקמת כ-370 ק"מ קווי מתח על (400 ק"מ) ו-7 תחנות מיתוג 161/400 ק"ו (ביכולת של 6800 מגוויא ועם שלוש מסדרי מיתוג 400 ק"ו), הקמת 64 תחנות משנה ממתח 161 ק"ו למתח גבוה (בהספק כולל של 5830 מגוויא) והוספת יכולת השנאה בת 1550 מגוויא בתחמישי קיימות, מתירות כ-670 ק"מ קוויים עיליים והנחת כ-90 ק"מ כבלים תת-קרקעיים במתח עליון (161 ק"ו) ועוד.

היקפן של תכניות הפיתוח

הגידול המתמיד בצריכת החשמל והרנישות הגוברת לאיכותו ולאמינותו אספקתו, מחייבים פיתוח ניכר של כל מערכות חברת החשמל - מערכת הייצור, מערכת המסירה ומערכות ההשנאה והחלוקה. תוכניות הפיתוח של חברת החשמל מתייחסות לצרכים החזויים עד לשנת 2015, ובחשיבה כוללת הן מתייחסות אף לעתיד רחוק יותר, אך במאמר זה נתייחס בהרחבה לתוכניות לטווח הקרוב יותר - אלו הנגזרות מתוכניות הפיתוח לשנים 1994-2002, ואשר לגביהן קיימות תוכניות מפורטות וניתן להציג נתונים כספיים ברורים. תוכנית הפיתוח של מערכת הייצור בתקופה זו, כוללת בין היתר, את הקמתן של תחנות הכוח הפחמיות הגדולות מייד ב"בחדרה (הספק כולל של 1150 מגוואט) ורוטנברג ב"באשקלון (הספק כולל של 1100 מגוואט) ואת הקמת טורבינות הגז התעשייתיות בהנית, בעטרות, באילת ובגזר (הספק כולל של כ-560 מגוואט בכל אחת מהשנים 1995 ו-1996). תוספת ההספק הדרושה בייצור חשמל בתקופה זו הינה כ-4000 מגוואט - תוספת של כ-65 אחוז ליכולת המותקנת כיום, העומדת על כ-6115 מגוואט.

בגלל אופי הפיזור של הצריכה - מבחינה גיאוגרפית ומבחינת מועדיה, וכתוצאה

* מבוסס על ההרצאה המרכזית במסגרת הפתיחה, בכנס המקצועי הארצי ה-12 של העוסקים בתחום החשמל בישראל.

פי לסרי - מהנדס הראשי של חברת החשמל וחבר הנהלת החברה.



כולל חברות הממשלתיות, בהסכמים עם היצרנים בחו"ל, עליהם להתחייב לבצע או לרכוש מוצרים בארץ, בהיקף של לפחות 35 אחוז מסך ההזמנה. הדבר אינו חייב להיות קשור בהזמנה עצמה, והיצרן בחו"ל יכול לרכוש בישראל מוצרים לצרכיו האחרים. התיאום בנושא זה נעשה על ידי הרשות לקבלנות ולשיתוף פעולה תעשייתי (המכונה "הרשות לרכישות גומלין") במשרד התעשייה והמסחר, ומכיוון שההתחייבות נוגעת לסכום ולא לסוג הציוד, יכול היצרן לרכוש בישראל צמיגים או בנדים - ולכן ההשפעה אינה בהכרח על תעשיות החשמל.

חברות החשמל נודעת בהיקף רכש גומלין של ספקיה, הן משום הקפדתה בנושא זה והן

קבלנות. אולם מימוש הפוטנציאל הגלום ויישום המגוון במגזר, חייבו השקעת מאמצים ניכרים מצד החברה, במיוחד בעבר, כאשר המפעלים ותעשיות החשמל בישראל היו עדיין "בחיתוליהם". הסיוע של חברת החשמל לתעשייה הישראלית ודרכי שיתוף הפעולה עם המפעלים הינם בשישה מישורים עיקריים:

- **הזמנה ישירה של ציוד מיצרנים מקומיים** - כאשר הטכנולוגיות מוכרות בארץ וקיימת יכולת ייצור בהיקף ובאיכות הדרושים. דוגמאות לכך הן הקמת מבנה מלדה לאולמי הדוודים ולאולמי הטורבינות בתחנות הכוח, משאבות, שסתומים ומוצרים רבים אחרים.
- **רכישות גומלין** - זוהי למעשה חוכה החלה על רכישות בחו"ל של כל המגזר הציבורי,

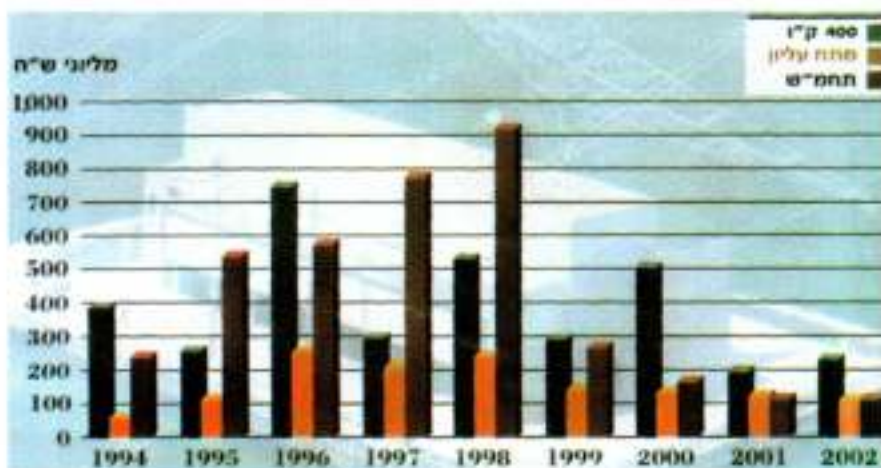
"יורדות" ההשקעות המתוכננות במערכת הייצור לסדר גודל שבין חצי מיליארד למיליארד ש"ח בשנה. הדבר אינו נובע מרידה בצרכים, אלא מהעובדה הטכנית שההשקעות המאסיביות מושקעות בתחילתם של הפרוייקטים הגדולים (תחנות כוח פחמיות). כמו כן, אם תעבור חברת החשמל לתוכנית המבוססת על ייצור חשמל בגו טבעי, יתכן שיירד סך ההשקעות במערכת הייצור (באמצעות טורבינות גז, שבהן עלות ההקמה של מגואט מותקן, נמוך יחסית) ויתרת התקציב תושקע בשיפור איכות החשמל ובהגברת אמינות האספקה, בין היתר תוך תגבור ההשקעות במערכות ההשנאה וההולכה.

אזור 2 מציג את ההשקעות המתוכננות לאורך התקופה, במערכות המסירה וההשנאה. השנה משקיעה החברה במערכות אלה כמעט מיליארד שקל, מהם כ-540 מיליון ש"ח בתחנות משנה, כ-263 מיליון ש"ח במוליך החשמל הארצי במתח על (400 ק"ו) וכ-120 מיליון ש"ח בקווי מתח עליון (161 ק"ו). בשנים 1996-1998 תגונה ההשקעות במערכת זו לשיאן, ולהיקף שנתי של כ-1.5 מיליארד ש"ח יותר.

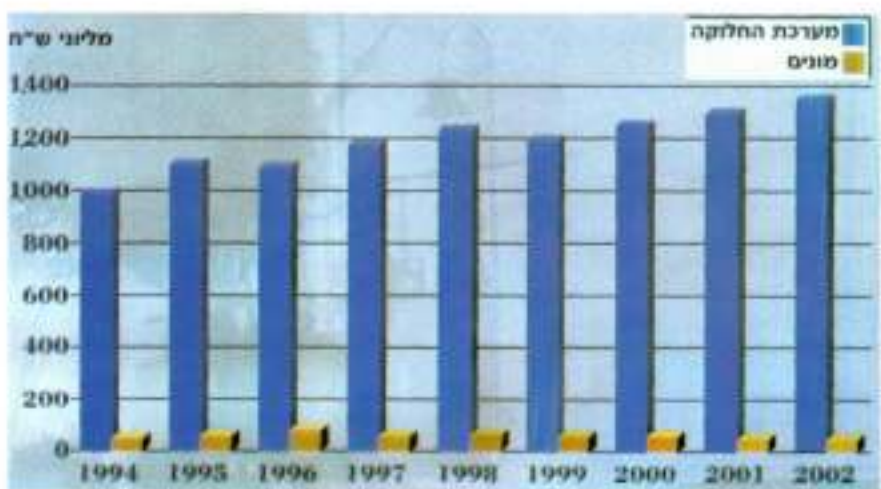
גם ההשקעות במערכת החלוקה - בקווי המתח הגבוה, בתחנות טרנספורמציה, בשנאי רשת וכד', מסתכמות לסכומים גבוהים ביותר. העברת מרכז הכובד של ההשקעות, ממערכת הייצור למערכות ההשנאה והחלוקה, מוצאת כבר את ביטוייה, ותהליך זה ילך ויגבר.

בכל אחת מן השנים הוסקרות יושקע ברשתות החלוקה בלבד סכום של יותר ממיליארד ש"ח, ובסוף המאה תגיע ההשקעה השנתית לסדר גודל של 1.3 מיליארד ש"ח (אזור 3). כאן המקום לציין כי דווקא בתחומים אלה, בהן גוברות ההשקעות, גבוהים במיוחד היכולת והיצרן במפעל של ציוד, על ידי מפעלים מקומיים.

ההשקעה הכוללת בפיתוח המערכות של חברת החשמל, עמדה בשנת 1994 על כ-3 מיליארד ש"ח. השנה היא תעמוד על יותר מ-3.5 מיליארד ש"ח וב-1996 היא תגיע לשיא של יותר מ-4.8 מיליארד ש"ח. סכום ההשקעות הכולל בשנים 1994-2002 יעמוד על יותר מ-30 מיליארד ש"ח.



איור 2
ההשקעות במערכות המסירה וההשנאה לשנים 1994 - 2002



איור 3
ההשקעות במערכות החלוקה לשנים 1994 - 2002

הדרכים בהן עודדה חברת החשמל את התעשייה המקומית

ברור שתוכניות הפיתוח עתידות ההון של חברת החשמל, הן מגוון רב עצמה לפיתוחם של תעשיות החשמל ושל קבלנים וחברות



בולט בעיקר בתחום ההנדסה האזרחית - בעבודות תשתית בהיקף גדול, בהקמת מבנים ועוד.

בנושאים בהם לא נמצאו היכולת והידע, השקיעה חברת החשמל בהשגת הטכנולוגיה ובהדרכה, כדי שקבלנים יוכלו לספק שירותים ולסייע לחברה, אולם ברוב המקרים, משהושגה הטכנולוגיה ניתנה עדיפות לביצוע העבודות על ידי עובדי חברת החשמל. בנושאים אחרים נרשמו הצלחות במרוקטי"ר אשר בהם התכנן, אספקת הציוד והביצוע נעשו בשלמותם על ידי הקבלן (שיטת Turn Key). חברות כמו "אילק" ו"חרות" ביצעו, בדרך זו, את מערכת הטיפול במי הדוודים ליהודות הייצור.

בתחום ההרכבה האלקטרו-מכנית, גברה הנטייה להעדיף את הביצוע על ידי החברה עצמה, ומסירת ההזמנות בתחום זה לקבלנים הייצוניים, מצומצמת יחסית. עם זאת, ההרכבה האלקטרו-מכנית של אתרי הדלק בתחנות הכוח, למשל - המיכלים, המשאבות וכד' - כולל אספקת החומרים, נעשית על ידי קבלנים. כמו כן מבוצעות עבודות אלקטרו-מכניות רבות בעזרת כוח אדם המסופק על ידי קבלנים.

איור 5 מציג את ההיקף הכספי של ההשקעות המתבצעות באמצעות קבלנים ואת מספר ההתקשרויות בנדון. מדובר בכמעט 500 התקשרויות, בהיקף של כ-100 מיליון דולר לשנה.

איור 6 ממחיש את משקלו הגדול של התחום האזרחי בסך העבודות הקבלניות, לעומת המגזר הסכני, ובמיוחד לעומת המגזר החשמלי - מה שסראה שבנושא זה יש עדיין לעשות דרך ארוכה.

בדרכים אלה פעלה חברת החשמל במשך תקופה ארוכה, וביתר שאת בעשר השנים האחרונות. בכוננת החברה להמשיך ולפעול בדרך זו, אם כי בנישה ובמתכונת שונים במקצת, כפי שיוסבר בהמשך.

איור 4 ממחיש את ההיקף העצום של הזמנות ציוד בארץ, אשר מתבטא במאות מיליוני דולרים בשנה. ההישג הגדול - של חברת החשמל ושל התעשייה הישראלית - מתבטא בכך שעתה אין כבר הבדל משמעותי בין ההיקף הכספי של רכישות בארץ, לבין ההוצאה לרכישת ציוד בחו"ל, וזאת למרות שאת הציוד העיקרי היקר לתחנת הכוח - הדוודים, הטורבו-גנרטורים וכד' - לא ניתן ולא כדאי לייצר כאן. מסיבה זו בולטת העובדה שעל אף שההיקפים הכספיים של ההוצאות בארץ ובחו"ל דומים, מספר ההזמנות בישראל גדול בהרבה.

חלקה הגדול יחסית של התעשייה הישראלית בסך ההזמנות, הוא פרי התהליך רב השנים. גורם משפיע נוסף הוא הגדלת חלקן של ההשקעות בדתות הרלווקה והאספקה, אשר בציוד הדרוש להן, רב החלק המקומי.

חשוב לציין גם שכיום ההוצאה בחו"ל, כולל בתוכה את אותם חלקים אשר מולם בוצעו רכישות נומלין או בוצעו עבודות בארץ בקבלנות משנה, ולפיכך היקף הביצוע בארץ גדול למעשה, עוד יותר.

הפעלת קבלנים בחברת החשמל

נישה דומה - אם כי בקנה מידה קטן יותר ובמחוז הצלחה - נקטה החברה בהפעלת חברות לביצוע עבודות קבלניות.

במקום בו נמצאו יכולת וידע, נמסרות לקבלנים עבודות בקנה מידה נרחב הדבר

משום ההיקפים הכספיים הגדולים בהם נרכזה רכישת הציוד העיקרי לתחנות הכוח - דוודים, טורבינות וכד'.

קבלנות משנה לחברות בחו"ל - במקרים רבים הצליחה חברת החשמל לחייב את ספקיה הגדולים בחו"ל, לא רק לשתף פעולה ברכש נומלין, אלא להזמין בישראל חלק מהעבודות. במקרים אלה מתחייב היצרן בחוזה, לרכוש סוגי ציוד ספציפיים בארץ. כך מומנים יצרני הדוודים לתחנות הכוח את התעלות והקורות הראשיות במפעלי וולקן וקדמנו. גריל אלקטריק וסימנס רוכשים את מסגני הניקה לטורבינות הנו במפעלי אורמת ועוד.

העברת ידע מוח"ל ליצרנים מקומיים - כאשר ניתן הדבר, התנתה חברת החשמל את ההזמנה מספק גדול בחו"ל, בכך שרק החלק הראשון של ההזמנה יבוצע בחו"ל ועל הספק למצוא יצרן ישראלי, בעל נתונים בסיסיים מתאימים ולהעביר לו את הידע כדי שיוכל לבצע את המשך ההזמנה.

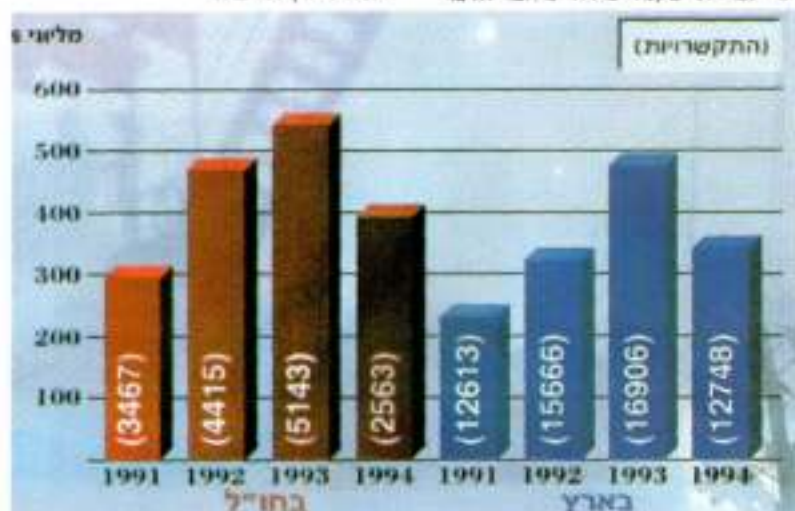
אם נעבר, צריכה היתה חברת החשמל לשמש לעתים גם כ"שדך" לצורך זה, הרי עתה, כשהתעשייה הישראלית התפתחה וקשריה הבינלאומיים הסתעפו, כבר נוצרים קשרים ישירים, וחברות ישראליות וינשות למכרזים, בשיתוף עם היצרנים בעלי הידע מחו"ל.

במסגרת זו ייצרה אלקו, עבור ג'נרל אלקטריק, חלק מהשטאים הראשיים לתחנת הכוח רוטנברג וחברת שטרקסטרום הגרמנית מייצרת שני רשת במפעל ארדן ביקנעם. המפעל ביקנעם הוקם למעשה על בסיס הזכייה המשותפת בהזמנה של חברת החשמל.

פיתוח מוצרים בשיתוף חברת החשמל - בדרך זו נעשה פיתוח של טכנולוגיה חדשה, תוך שיתוף פעולה בין מהנדסי חברת החשמל לבין היצרנים ומסודות המדע והמחקר בישראל. התוצאה היא מוצר ספציפי לחברת החשמל, אשר כולו מרי ידע משותף של היצרן ושל חברת החשמל.

צגת הפיברגלאס, המותקנת עתה במערכות מי הקירור הראשיות של תחנות הכוח, מותחה עם שתי חברות בארץ ובעזרת הסכנון.

השקעות משותפות - התקווה הגדולה בתחום שיתוף הפעולה, אשר טרם התממשה, אף שלאחרונה נרקמים סימנים ראשוניים לאפשרויות כאלה - הינה לצל את כוח הקנייה של חברת החשמל, כדי להגיע את היצרנים הגדולים בחו"ל לבצע בארץ השקעה משותפת (Joint Venture) עם יצרנים מקומיים, ולייצר כאן מרטי ציוד, לא רק עבור חברת החשמל, אלא עבור לקוחותיהם בעולם כולו.



איור 4

הזמנות ציוד בארץ ובחו"ל לשנים 1991 - 1994



ברור שאת הציור הנדול לא ניתן יהיה לייצר בארץ. כך נעשה הדבר בתכנון משאבות ועוד. בתחנות הכוח המחממות הנדולות היה זול יותר לייצר שנאי גדול לכל יחידה. חברת החשמל תכננה שנאי לכל פנה, כדי שכל אחד מהשנאים יהיה קטן יותר - בגודל שהתעשייה המקומית תוכל להתמודד עמו.

חברת החשמל התאימה, לאורך שנים, את גודלן ומורכבותן של הביולות הרכש, ליכולת של התעשייה הישראלית. הדבר חייב תכנון והזמנת של חלקי מבולעים, ששובצו ביפואלי המורכב - ובלבד שיגדל החלק הייחודי לבין.

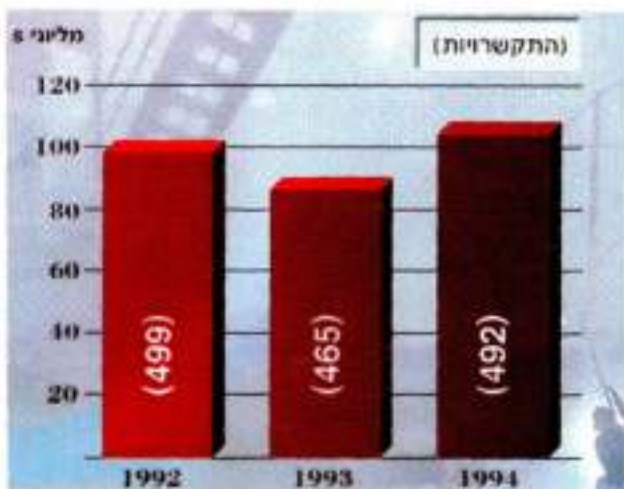
בתחום הביצוע הקבלני, רכשה חברת החשמל בהדרגה את הידע מחייל, אך ברוב המקרים העדיפה לנצל ואת לביצוע העבודות על ידי עובדיה (במקום למסור אותן לקבלנים מחייל) ולא למוסרן לקבלנים חיצוניים בארץ. למרות זאת, הניעה החברה חברות קבלניות להגיע ליכולות חדשות ונבחרות, ולבצע עבודה פרויקטים מורכבים, דוגמת הארובות הגבוהות, הכלונסאות העמוקות לביסוס תחנות הכוח ועוד.

מאז, התקדמו התעשיות והחברות בארץ בידע, בחיפוס וביכולת להתמודד בעצמן עם פרויקטים גדולים ומורכבים. היום כבר אין צורך שחברת החשמל "יתלמד" ויתחנך". מודעות לאיכות, ידע קיים ונגישות לרכישת ידע מחייל הם נחלת הרבים.

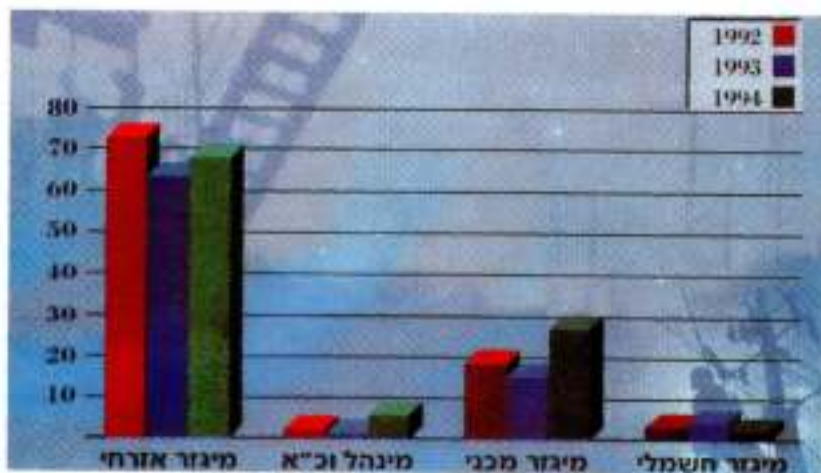
הרקע לשינוי המדיניות בנושאי רכש וקבלנים

ה"התבררות" של התעשייה הישראלית ושל החברות הקבלניות המקומיות, הינה אחד הגורמים שאיפשרו את שינוי הגישה ומאפשרים בכך לקבוע את המדיניות החדשה המתגבשת בחברת החשמל בנושא הרכש והקבלנים משנת 1990 - מדיניות פחות פטרונית ו"אבהית" ומתאימה יותר לרוחו של עידן הייסות והתחרותיות - עידן בו עולה משקלו של השיקול הכלכלי ונוברת האמונה ש"יש שטוב כלכלית" - הוא הנוכח והוא הטוב לכולם", עידן בו "הכפר הנלוכלי" הפך מתחזית סוציולוגית לעובדה יום-יומית.

בעידן המידע והתקשורת, המתאפיין בפתיחות רבה, בקיצור המרחק בין ארצות ובשוק בינלאומי פתוח, נפתחה גם התעשייה הישראלית לעולם הרחב, יצרה קשרים וחילופי ידע והוכיחה את יכולתה ליוזם, לפתח, להתפתח ולהציע מוצרים מוצלחים, טכנולוגיות מתקדמות וטיב בינלאומי, ללא צורך בתיווכה של חברת החשמל.



איור 5
ההיקף הכספי של ההתקשרויות לשנים 1992 - 1994



איור 6
ההיקף הכספי של ההתקשרויות עם קבלנים לשנים 1992 - 1994 התפלגות על פי גורם ממונה

ולחיבת עליו יותר ויותר, נבנו יכולות חדשות בתעשייה הישראלית.

חברת החשמל השקיעה רבות בהשפעה, בהדרכה ובפיקוח על טיב הייצור המקומי, חיובה מיסוד של תוכניות לאבטחת איכות ולבקרת איכות במפעלים ואף היתה מוכנה לשלם מחירים גבוהים יותר עבור תוצרת הארץ.

לאחר שחברת החשמל עצמה רכשה בהדרגה את הידע ועברה לתכנון כחול-לבן, הותאם לעתים תכנון של המשרות, באופן שיאפשר לתעשייה הישראלית לענות לצרכים. כך תוכננו שני ציטורות בקוטר קטן יותר, במקום ציטר אחד בקוטר גדול יותר, משום שהיה

המדיניות הקודמת של חברת החשמל בנושא "כחול-לבן"

במשך עשרות שנים נקטה חברת החשמל במדיניות פטרונית-סקדמת לעידוד הייצור המקומי. מדיניות זו, שהיתה טובה ונכונה לתקופתה, משתנה עתה, מכוח המאפיינים הכלכליים והחברתיים של תקופתנו.

בעבר, כל הידע והטכנולוגיה היו בידי חברת החשמל, ואילו התעשייה והקבלנים התקשו לעמוד בדרישות האיכות. החברה לא רתעה, ומתוך רצון לעודד את הייצור המקומי



הוא - המפעלים הישראליים הם הלקוחות של חברת החשמל, ואם הם לא ייצרו, לחברה לא יהיה למו למכור חשמל - אך על המפעלים לעמוד במחירים הבינלאומיים ולהיות מסוגלים להתמודד עם המתחרים מחו"ל, ללא "חגרות מגן".

הדרישה והצפייה לעמידתה של התעשייה הישראלית בתחרות, משתלבת בתהליכים הכלכליים המתרחשים בעולם ובמדינות הכלכליות של הממשלה. הדבר יחייב ויגביר את היעילות, ובסופו של דבר גם יזיל את מחיר החשמל לתעשייה עצמה, ייעל את המשיק ויגביר את כושר התחרות של התעשייה, בשוקים הבינלאומיים.

סיכום

אנו ניצבים בפני תקופה חדשה ומעניינת, בה שיתוף הפעולה של חברת החשמל עם היצרנים המקומיים לא יתבסס על פטרונות והעברת ידע, אלא להיפך, החברה מצפה שהיצרנים ירכשו וייצרו את הידע, ויציעו אותו לחברה.

גישה זו מהווה "תעודת בגרות" לתעשייה הישראלית, אשר מסוגלת לזוּם, להכיר, להבין ולהציע. יתו על כן, נוכחנו כבר שהיא מסוגלת גם לעשות זאת - כאשר היא נדרשת לכך - גם במחירים תחרותיים.

שלב התפתחות של שיתוף הפעולה נדרשו בעבר, ואנו מכירים את התופעה גם מארצות אחרות בעולם: חברות התשתית והשירות הציבורי כמו חברות החשמל, התקשורת וכד', הניעו את קידום התעשיות בארצותיהן. אך הדבר נדרש והיה נכון עד שלב מסוים. בעולם של תחרות חופשית ושל זרימת ידע, בעולם בו כל המרחקים מתקצרים, בו שיתוף פעולה בין חברות בארצות שונות, השקעות זרות והשקעות משותפות, הן חיון יום-יומי, מצינות יתו ו"חגרות הגנה" מיותרות, אף אם הם מעניקים יתרון בטווח הקצר - מסתבר עד מהרה שזהו יתרון אופטי, ובסופו של דבר מי שאינו יכול לעמוד בדרישות השוק, אינו יכול לשרוד.

אנו משוכנעים לכך, שהמדיניות החדשה תהווה זרז לשיפור נוסף ולהתייעלות, ותתרום בכך לא רק לחברת החשמל, אלא גם לספקיה - לתעשייה ולקבלנים - וכמובן, גם ללקוחותיה.

בתחום הטכני:

חברת החשמל תסתמך על תקני האיכות (ת"י/ISO 9000) שנותן מכון התקנים לספק, כהוכחה לרמתו וליכולתו. אין להבין מכך שהחברה תוותר על בדיקות האיכות שלה, אך היא לא תהיה עוד הגורם הכמעט בלעדי שדואג לטיב הייצור. מהנדסי החברה לא יהיו אלה שיאצו בספקים ויכינו עבורם את מדריכי האיכות ולא הם שיוודאו שרמת הבדוקים והמבקרים של המפעל עונה לדרישות.

לאחר שהתעשייה בארץ "התבגרה" ומסוגלת לשתף פעולה, להתמודד עם אתגרים מורכבים ולהציג לחברת החשמל מרוויקט שלם - תרכוש החברה מערכות ציוד ושירותים ביחבילות" גדולות וכוללות, המשלבות יתו ממוצר עיקרי אחד ועבודות בנייה והרכבה של ציוד מכני וחשמלי, אלקטרו-מכני ואלקטרוני. תמה התקופה בה קנינו את הרגלים במפעל אחד ואת האומים אצל יצרן אחר...

הידע הקיים היום בתעשייה והיכולת לרכוש ידע באופן ישיר, יאפשרו לחברה לפעול יותר ויותר בדרך של הכנת מפרטים פונקציונליים, שיגדירו את התכונות הדרושות מן המערכות, ולצפות לכך שהיצרן יספק פטרונות מנוסים וזולים. המפרטים שהגדירו והסבירו איך לייצר כל מריט ציוד, ואשר התאימו לתעשיות יראש קטן, ילכו וייעלמו בהדרגה.

■ תוגבר הרכישה של מערכות שלמות בשיטת "מסירת המפתח" (Turn Key Job), המסילה על הספק אחריות רחבה וכוללת למרוויקט.

בתחום הכלכלי - עסקי:

■ החברה תעודד תחרות מסחרית בין היצרנים, בכל התחומים הקשורים לרכישותיה.

■ רוב המקרים תצא החברה למכרזים בינלאומיים לרכישת הציוד, ועל היצרנים המקומיים יהיה להתמודד במכרזים אלה - זאת גם כאשר בארץ יש יותר ממפעל אחד שיכול להתמודד במכרז.

■ החברה לא תשלם עוד "מרימה" של תוספת תשלום לייצור המקומי, מעבר למחירים שהיא יכולה להשיג בשוק הבינלאומי. כדו לזכות במכרזים תצטרך התעשייה הישראלית להציע מחירים תחרותיים לאלה של עמיתיה בעולם.

המדיניות החדשה מהווה מפנה חשוב, שעל המפעלים להכיר בו, להבינו ולהסתגל אליו. אין במפנה זה משום זניחת המדיניות הצינית והשאיפה לעודד את הייצור המקומי. נהפוך

פריצת הגבולות - יהכר הגלובלי והשוק הבינלאומי הפתוח - מתאפיינים גם באימוצם של תקני איכות בינלאומיים. מכון התקנים הישראלי מיסד את תקן האיכות ת"י ISO 9000, המקביל לתקן הבינלאומי ISO 9000. היצרנים הנדרשים לעמוד בדרישות תקן זה מבטיחים בכך את האיכות המתבקשת מאימוצו, וחברת החשמל משתחררת במידה רבה מן הצורך להיות הגורם המדריך, המכוון והמציב את דרישות האיכות בקרב כל אחד מן היצרנים בארץ.

במקביל לגורמים כלליים וחיצוניים אלה, הנהיגה גם חברת החשמל, על פי החלטות הדיקטטוריון והמנכ"ל, מדיניות עסקית, מונחת על-ידי שיקולים כלכליים רגילים של "יעילות ורווחיות, ומשתתת על האמונה שדרך זו מועילה, בסופו של דבר, ללקוחות החברה ולספקיה, לא פחות מאשר לחברה עצמה.

המדיניות החדשה והשיקול העסקי המונח בבסיסה, מתחייבים גם מיישום המלצות ועדת פוגל ואימוצה של הנוסחה הקובעת את תעריפי החשמל על פי סל תשומות נורמטיבי, תוך הצמתם לסל בהפחתת מקדם התייעלות שנתי נדרש. חברת החשמל תבעה את הנהגתה של הנוסחה, אשר החליפה את שיטת "הקוסט פלוס", שזכתה - ובצדק - לביקורת קשה, כגורם מעכב התייעלות.

גורם נוסף שחייב את שינוי המדיניות הוא החלתו של חוק חובת המכרזים. חובת המכרזים אינה מאפשרת לחזור ולקנות מספק שאיתו פיתחת את הטכנולוגיה, שאותו הכרת, שלמד מה אתה דורש ושאתה יודע למה לצפות ממנו.

אם בעבר היה קשה לתאר שניתן לאתר ולפתח בארץ מספר יצרנים לציוד גדול וכבד הנדרש לחברת החשמל, כדי שיתחרו ביניהם, הרי שהתפתחות המשק והמערכת הולידו בהדרגה מקרים בהם התאפשר הדבר. כהווה, סכתיבים התפתחות התעשייה, פריצת הגבולות והמתיחות, תחרות חופשית יותר, כאשר המפעלים המקומיים מתחרים במכרזים בינלאומיים.

עיקרי המדיניות החדשה בנושאי רכש וקבלנים

תכליתה של המדיניות החדשה היא לפתח עם היצרנים ועם הקבלנים יחסי ספק-לקוח בריאים, ברזח התקופה, ללא פטרונות, תוך מתן יותר אמון ביכולות של התעשייה לייצר ולספק פטרונות איכותיים כוללים והתבססות על תחרות רחבה וחופשית.



ביצוע עבודות תחזוקה במיתקני חשמל היבטים בטיחותיים ותפעוליים

מהנדס נחמן הלמן

תעשיית המיקרו-אלקטרוניקה נמנית כיום עם התעשיות המובילות בעולם. תעשייה זו, המאופיינת בשינויים מהירים ובלתי פוסקים בטכנולוגיות הייצור, נדרשת לגידול מתמיד בקיבולת ובאיכות מערכות האספקה השונות שלה בכלל ושל מערכות אספקת החשמל במיוחד. ההתייחסות למושג תחזוקה בתעשיית המיקרו-אלקטרוניקה, כוללת הן את ההתייחסות לשימור הקיים ברמה איכותית ובטיחותית והן התייחסות להרחבת המערכות ולשימורן, בהתאם לנדרש בשטח. אורך החיים של המוצרים בתעשייה זו הינו קצר, דבר אשר מגביר מאוד את חשיבותה של זמינות המוצר, וזאת במיוחד נוכח התחרותיות הקשה הקיימת בענף.

כדי להגביר את זמינות המוצרים, מבוצעת העבודה במפעלים אלה "מסביב לשעון" - 365 ימים בשנה, 24 שעות ביממה. מסיבה זו צריך ביצוע עבודות התחזוקה לסוגיהן, להתבצע תוך שמירה על איכות ובטיחות, מבלי לפגוע במהלך התקין של תהליך הייצור. גורמי הסיכון השונים הקיימים בענף המיקרו-אלקטרוניקה, בנוסף לחשמל (כגון: כימיקלים, גזים, קרינה אלקטרומגנטית וכו'), מחייבים ידע מקצועי ברמה גבוהה וכן הקפדה יתרה על נשא הבטיחות, במהלך העבודה השוטפת במפעל וכן, כמובן, בביצוע עבודות התחזוקה לסוגיהן.

תקן האיכות תי"י ISO 9000, המיושם במפעלים העוסקים בתחום המיקרו-אלקטרוניקה, כולל דרישות לקיום נוהלי בטיחות. מאמר זה מתמקד באמצעים הבטיחותיים והתפעוליים בתחום החשמל, הנהוגים כיום בתעשיית המיקרו-אלקטרוניקה. אמצעים אלה מבוססים על הנדרש מכוח חוק החשמל ותקנותי המעודכנות ועל הנדרש על פי תקנות הבטיחות בעבודה (חשמל) (ק"ת 5251), תוך התייחסות לשלוש המטרות המרכזיות של עבודה בטיחותית: שמירה על בטיחות העובדים, הגנה על סביבת העבודה והגנה על הציוד.

- בטיחות על ידי ניהול.
 - בטיחות על ידי אמצעים.
 - בטיחות על ידי הדרכה.
- דבר שווה חלוקה שרירותית, שכן במציאות קיימים חפיפה ושילוב בין המרכיבים האמורים.

תכנון בהיבט בטיחותי

המטרה ביישור תכנון בהיבט הבטיחותי הינה לתכנן את מיתקן החשמל באופן שיענה על דרישות הצרכן, הן בהיבט הבטיחותי והן בהיבט התפעולי. השגת הדבר תלויה בכך שהמתכנן מכיר ויודע את כל הדרישות הקיימות במיתקנים אותם הוא מתכנן. להלן נביא מספר דוגמאות לדרישות ולאופן בניית מיתקנים במפעלים.

מערכות הזנה כפולות

מערכת ההזנה הראשית - כמות גבוהה - של המפעלים, הינה מערכת הזנה כפולה:

- במפעלים הישנים, מערכת אחת פעילה ואילו השנייה משמשת כגיבוי חסי.
- במפעלים החדשים, גם מערכות המתח הנמוך - 400 וולט - מפוצלות לאורך כל המפעל, עד הצרכנים הסופיים.

מערכות האספקה המכניות, כגון: מדחסי הקירור, משאבות המים, מדחסי אוויר וכל ציוד הייצור, הינן מערכות כפולות, וכל חלק של המערכת מוזן ממקור חשמלי אחר. באיור 1 נראית מערכת משאבות כפולה. משאבה בעבודה ומשאבה לצורך גיבוי.

כוח אדם

- מהנדסי חשמל מיפעליים, המודעים לדרישות התחזוקה ולדרכי הביצוע.
- בעלי מקצוע ברמה גבוהה, העובדים במפעלים ומיועדים לכצע עבודות תחזוקה, תוך התמודדות עם המערכות המורכבות והמתחכמות שבמפעל.
- יועצים ומתכננים חיצוניים, אשר מסייעים בתכנון התשתיות לביצוע תחזוקה, כנדרש, ומייצגים לגבי אופן ביצוע התחזוקה.

ציוד

מערכות אספקת החשמל במפעלים העוסקים במיקרו-אלקטרוניקה יקרות בכ- 40% ממערכות אספקת החשמל המתקנות במפעלים אחרים בהם נדרש הספק זהה, זאת עקב התשתיות הנדרשות לצורך ביצוע תחזוקה בטיחותית, מבלי לפגוע בתהליך הייצור.

שטחים

חלק מהתשתיות המאפשרות ביצוע תחזוקה בטיחותית, דורשות הקצאת שטחים. לדוגמה: מערכות הזנה כפולות, מערכות אל-פסק וכו'.

מבנה מערכות הבטיחות

- את נשא הבטיחות במהלך ביצוע עבודות התחזוקה במיתקני חשמל ניתן לחלק לארבעה תחומים.
- תכנון בהיבט בטיחותי.

רגישות המוצר כגורם לדרישות הגבוהות בנושאי הבטיחות והתפעול

ציוד הייצור של תעשיית המיקרו - אלקטרוניקה הינו רגיש ביותר לתנאי הסביבה שבה הוא נמצא, ובאופן מיוחד לאמינות אספקת החשמל. לפיכך, קיימת חשיבות מרובה להתקנה של מערכות חשמל אמינות ובטוחות במפעלים אלה.

הדרישות הקיימות כיום במפעלי המיקרו - אלקטרוניקה הינן שעבודות התחזוקה לא יפריעו לתהליך הייצור הסדיר, כלומר לא יורגשו על-ידי הצרכן, שהינו קו הייצור של המפעל, ועם זאת תבוצענה עבודות התחזוקה ברמת בטיחות גבוהה, כלומר שלא ייגרם סיכון לעובדים, לסביבה ולציוד.

המשאבים הנדרשים לקיומן של מערכות תחזוקה בטיחותיות

ביצוע עבודות תחזוקה במיתקני חשמל דורש הקצאה של משאבים. כמות המשאבים ואופיים תלויים בסוג עבודת התחזוקה ובתשתיות הבסיסית הדרושה לביצוע אותו סוג של תחזוקה. המשאבים הבסיסיים הינם השקעה בכוח אדם, ציוד ושטחים.

נחמן הלמן - מהנדס החשמל המפעלי, אינטל אלקטרוניקה, ירושלים



עקיפת מערכות אל פסק סטטיות

מכיוון שסוגים רבים של הציוד והתהליכים מפעלים או מבוקרים על ידי מחשבים, הרגישים להפרעות באספקת המתח, קיים שימוש נרחב באספקת אל-פסק. בייאנטלי 7% מהספק המפעל היו באספקת אל פסק (800 מתוך 11,000 kVA).

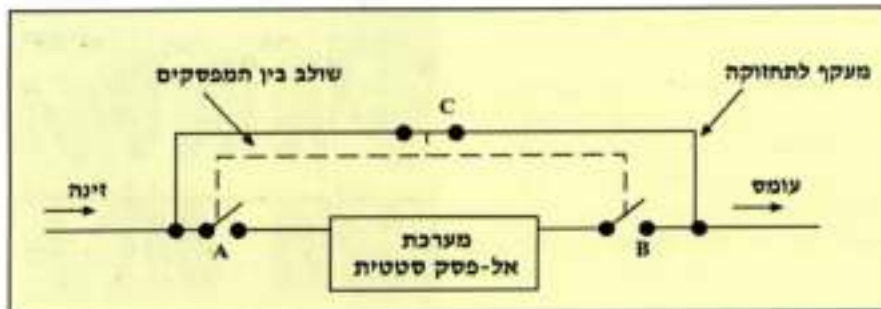
כדי להבטיח את בטיחות המשתמשים ואת בטיחות התחזוקה של מיתקני השמל בהם מותקנות מערכות אל-פסק סטטיות, יש להתקין מערכות אלה בהתאם לנדרש בתקנות החשמל (התקנת מערכות אל-פסק סטטיות במתח נמוך) התשי"ג 1993 שהתפרסמו בקיץ 5512 (30.3.93) ונכנסו לתוקף ב-30.9.93.

לצורך ביצוע עבודות תחזוקה ביחידות האל-פסק, יש להתקין מערכות עקיפה חיצוניות ליחידות (Maintenance by-pass) באופן שניתן יהיה לבצע את העבודות הצרכנים בשיטה של יחידות לפני ניתוקי. על ידי כך ניתן לבדוד את יחידת האל-פסק מהצרכנים ללא הפרעה.

מעקף לתחזוקה - התקן של מפסקים אלקטרו-מכניים, אשר מאפשר את זינת העומס ישירות מרשת הזינה, לצורכי תחזוקה וכיוצא בזה. באיור 4 מתוארת דוגמה של מעקף לתחזוקה, באמצעות שלוש מפסקים אלקטרו-מכניים משולבים. במצב עבודה רגיל, מפסקים A ו-B מחוברים, מפסק C מנותק ואספקת הזינה לעומס מבוצעת דרך מערכת האל-פסק.

בעת ביצוע עבודות תחזוקה: מפסקים A ו-B מנותקים, C מחובר, אספקת הזינה לעומס מבוצעת ישירות מהרשת אל מערכת האל-פסק.

הערה: גם במצב של זינת העומס ישירות מהרשת, יכול שיהיה מתח חילופין במוצא הממיר של מערכת האל-פסק ומתח ישר במבואו, וזאת מן המצברים של מערכת האל-פסק.



איור 4
דוגמה של מעקף לתחזוקה

הזנת ציוד ממקורות שונים

קיימים מיתקנים ומכונות ייצור, אשר ניוזים משלושה מקורות אספקה שונים, כאשר המיתקן עצמו מפועל בשלושה מקומות. ההזנת הן:

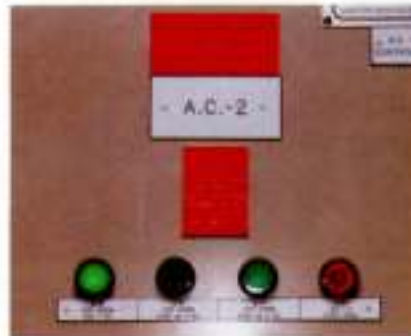
הזנת אל-פסק: למערכות הבקרה והשליטה של המיתקן.

הזנת גנרטור: לחלק המיתקן אשר הפסקת חשמל ארוכה בו עלולה לגרום לטק בלתי הפיך.

הזנת רגילה: הזנה לחלק המיתקן אשר מכיל צרכנים כבדים, כגון גופי חימום.

בעת התכנון וההתקנה יש להקפיד על קיום הדרישות הבאות:

- התקנת מנתקים משותפים לסוגי המקורות השונים, ככל שהדבר ניתן.
- שילוט ברור ומאיר עיניים על כל מקורות המתח, וזאת כאשר אין אפשרות לאחד את המפסקים בפעולה משותפת. איור 3 מראה דוגמה של שילוט אזהרה מסוג זה.
- מערכת הפסקת חירום משותפת, EMO - (Emergency Machine Off), המנתקת את כל המכונות.
- מערכת הבקרה המשותפת שבין חלקי המיתקן השונים תהיה במתח נמוך מאוד (מתח שאינו עולה על 50 וולט).



איור 3
דוגמה לשילוט אזהרה על ציוד המזון משלושה מקורות



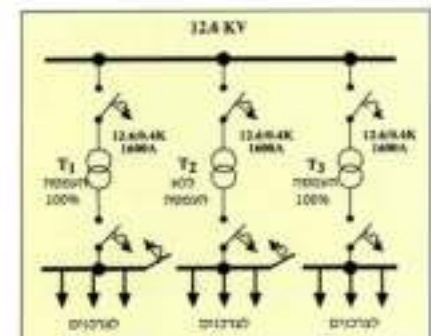
איור 1
מערכת משאבות כמולה

באופן זה מקבלים שני יתרונות עיקריים:

- **חלופיות (Alternate)** - הציוד מותקן באופן שמאפשר לו להיות מוזן דרך ההזנה הראשית או דרך מקור הזנה חלופי (כגון: לוח אחר, גנרטור וכו').
- **יתירות (Redundancy)** - התקנה בה למערכות יש גיבוי של מקור האספקה. תכונה זו נמדדת באחוזים מכלל החספק הנקוב של המיתקן. לדוגמה: מערכות אל-פסק המגובות על ידי יחידות נוספות בחיפף של 50% או 100% מכלל החספק של מערכת האל-פסק.

התכונות הללו מאפשרות החלפה בין מערכות ההזנה בעת תקלה בלתי צפויה וביצוע עבודות תחזוקה במערכות, ללא הפרעה למשתמשים. הדבר גם מאפשר לחברת החשמל לבצע עבודות כחמת המשנה, מבלי לגרום להפרעות בפעילות הסדירה של המפעל.

באיור 2 מתוארת מערכת יתירות לשנאים, בגיבוי של 50% במצב עבודה רגיל. שנאים T₁ ו-T₂ מועמסים יחד אחד ב-100% ושנאי T₃ אינו מועמס במקרה של תקלה באחד מהשנאים - T₁ או T₂. ניתן להעביר את כל העומס שלו לשנאי T₃ את ההעברה ניתן לבצע באופן ידני או באופן אוטומטי.



איור 2
מערכת יתירות (Redundancy) לשנאים - גיבוי של 50%



מיתקן הניתן לשינוי ללא צורך בהפסקה

בכדי לאפשר שינויים או הרחבה של המערכת, ובה בעת להימנע מהצורך להפסיק את אספקת החשמל, ניתן להשתמש בשיטות הבאות:

1. ציוד נשלף: ציוד שניתן להחליפה על ידי שלפתו מהמיתקן החשמלי.

■ שיטה נוחה ביותר הינה השימוש ב**פסי צבירה עם התקנים לשליפה**: דוגמה לציוד כזה מובאת באיור 5.



איור 5
ציוד נשלף המותקן על פסי צבירה

■ ציוד שבו יחידת הורם מותקנת בנפרד מהמנתק, כך שניתן להחליף את יחידת הורם ללא צורך בהפסקת המתח למיתקן, כאשר את המוליכים מתקינים על פי הורם המוריבי של המפסק.

■ שימוש בלוחות בעלי תאים נשלפים. קיימים כיום גם לוחות חלוקה וגם לוחות מתנעים אשר מותקנים בהם תאים, בכל גודל רצוי, הניתנים להכנסה ולשליפה תחת מתח.

■ חיבור כבלים באמצעות מהדקים מבדודים, המאפשרים החלפת הכבלים ללא הפסקת מתח. דוגמה לכך מתוארת באיור 6.



איור 6
חיבור כבלים באמצעות מהדקים מבדודים

2. לוחות "סופרטקט"

בניית לוחות חלוקה עם מינון של יציאות, כך שתמיד ניתן יהיה למצוא יציאה מתאימת.

3. חלוקה פנימית של הלוחות

חלוקה של הלוחות לסקטורים פנימיים, בדרך כלל על ידי חיבורים (לינקים), כך שניתן לבצע שינויים כאשר רק חלק מן הלוח מושבת, ולכן ההפרעה מינימלית.

כניסות מתחתית הלוח

למרות שמרבית הכבלים מגיעים אל לוחות החשמל מלמעלה, הכניסה של הכבלים הינה מתחתית הלוח. לעבודה זו שתי שיבות.

1. תעשיית המיקרו-אלקטרוניקה עתירה בצינורות לנוזלים כגון מי קירור, מי תהליך, שפכים וכימיקלים המשמשים בתהליך. יש להקפיד שהלוחות יהיו אטומים בחלקם העליון, כדי למנוע חדירת נוזלים לתוך הלוחות, במקרה של נזילות בצנרת.

■ באיור 7 מוצגת דוגמה של התקנה לקיחה - כניסה מלמעלה לציוד המותקן על פס צבירה הממוקם מתחת לצנרת נוזלים.



איור 7

דוגמה של התקנה לקיחה - כניסה מלמעלה לציוד המותקן על פס צבירה הממוקם מתחת לצנרת נוזלים

2. עקב השינויים הרבים, נדרשות פעולות רבות של חיבור וניתוק צרכנים. הימצאותו של תא הכניסה בתחתית הלוח מאפשר גישה נוחה ובטוחה. בתכנון המקורי ניתן להתקין את הלוחות על מערכת של תעלות וצנרת כניסה תת - קרקעית.

בביצוע תוספות, כאשר הלוחות אינם מותקנים על תעלות, ניתן להגיע אל תא החיבורים על ידי תאי מעבר בצידי הלוח או על ידי הרחקת הלוח מהקיר והשחלת הכבלים מאחורי הלוח.

בטיחות על ידי ניהול

לאופן הניהול הכללי של המפעל ולאופן הניהול הפרטי של עבודת התחזוקה ברמת

השטח, יש השפעה רבה על נושא הבטיחות. הדברים באים לידי ביטוי באמצעים הבאים:

ניהול ברמה המפעלית

- התחייבות ההנהלה על ידי מתן הכרזה ניהולית על מקום עבודה בטוח.
- סיורי בטיחות של מנהלים בשיטת SMBWA - Safety Management By Walking Around.
- ביצוע תחקיר לאחר כל אירוע בטיחותי שהוגדר כ- SBI - Safety Bulletin Incident.
- **מטרות התחקיר:**
 - א. גילוי הגורמים לאירוע - כשל ציוד או טעות אנוש.
 - ב. איתור מקור הבעיה והוצאת הוראות לשיפור ולמניעת אירוע דומה בעתיד.
 - ג. הסקת מסקנות אישיות אם נדרשות כאלה (ענישה).

ניהול עבודת התחזוקה

- תכנון עבודת התחזוקה באופן שייתלב בשאר הפעילויות היומיומיות של המפעל (כגון: יימי גשרי - הקדמה של הפסקת ייצור לסוף שבוע ועל ידי כך מתן אפשרות להפסקת האספקה ללוחות, לציוד ולמתקנים ולאפשר בכך ביצוע העבודה בצורה בטוחה).
- הקפדה, ללא פשרות, על עבודה לפי חוק החשמל, תקנות החשמל המעודכנות וההוראות והנהלים הפנימיים של המפעל.
- ביצוע הערכת סיכונים, כאשר יש כוונה לבצע עבודה שמורכבת כבעלת סיכון גבוה מההיבט הבטיחותי או התפעולי, יש למלא טופס של "הערכת סיכונים".
- על ידי מילוי הטופס משיגים את המטרות הבאות.

1. הטופס עובר "עיניים מקצועיות נוספות", אשר יכולות לתת משוב על נחיצות העבודה, מהותה ואופן ביצועה ועל ידי כך להבטיח שהיא מבוצעת בצורה הנכונה.
2. אם כתוצאה מביצוע העבודה מתרחש "אירוע בלתי צפוי", הוא אינו "טפל" כהפתעה על הגורמים האמורים לטפל בו, מאחר שהם אמורים להיערך מבעוד מועד, בהתאם לרשום בטופס.

הערה: לביצוע עבודה תחת מתח, נספח טופס "אישור לעבודה במתח חיי".

בטיחות על ידי אמצעים

גורם חשוב בתחום הבטיחות הוא אספקת אמצעים מתאימים לביצוע העבודה, גם כשעיקר זה יוזכרו אמצעים (נספים לאמצעים הרגילים, כגון:



עבודת תחזוקה במיתקן חשמלי חי

ככלל, חל אישור על ביצוע עבודות תחזוקה שינתיות במיתקן חשמלי חי. יחד עם זאת אסור לגרום להפרעות או להפסקות באספקת החשמל הסדירה, לפעילות החיונית במפעל.

במקרים מיוחדים, בהם נאלצים לבצע עבודות תחזוקה במיתקני חשמל חיים, יש לבצע את העבודות תוך הקפדה יתרה על נושא הבטיחות ובהתאם לנדרש בתקנות החשמל (עבודה במיתקנים חשמליים חיים), התשכ"ו 1967. ק"ת 2034.

תקנות החשמל מאפשרות לבצע עבודה במיתקן חי במתח נמוך במספר מקרים. אחד ממקרים אלה הוא כאשר יש צורך לבצע עבודה במיתקן, בו הפסקת הזינה למיתקן עלולה לגרום להפרעה בתהליכי ייצור המהימנים אספקת חשמל רצופה. תקנות החשמל קובעות שעבודה במיתקן חי תבוצע בהתאם להוראותיו של החשמלאי בעל רשיון מסוג חשמלאי מהנדס, אשר ייתנו בכתב ויחולו על מיתקן חי מסויים או על סוג של מיתקנים חיים.

טופס אישור לעבודה במתח חי
כדי להנביר את הבטיחות בעת ביצוע עבודות במיתקנים חיים, מומלץ להכין במפעל טפסים מתאימים המקלים על כל הנדרש לצורך ביצוע העבודה בצורה איכותית ובטיחותית.

להלן דוגמה של הוראות שכדאי לכלול בטופס האישור לביצוע עבודה במתח חי:
מבוא - כולל תאריך ביצוע העבודה, שעות הביצוע, אזור הביצוע, סוג הצידוד עליו עובדים, הסתחים באזור בו עובדים ותיאור העבודה אותה יש לבצע.

התחייבות העובד - העובד שאמור לבצע את העבודה מתחייב על כך שהוא מוסמך לבצע את העבודה, מבין את טהלי הבטיחות הדרושים לצורך ביצוע העבודה ומתחייב לנהוג בהתאם לנהלי הבטיחות.

התחייבות המפקח - המפקח שאמור לפקח על ביצוע העבודה, בודק את קיומן של הוראות העבודה לביצוע העבודה בהתאם לרשימת ביקורת.

■ אימות הנתיבות לביצוע העבודה תחת מתח חי.

■ קיימות הוראות בכתב ממהנדס חשמל לביצוע העבודה.

■ טופס הערכת הסיכונים מלא וחתום.

■ אימות יכולת הצוות לבצע עבודות תחת מתח באופן בטיחותי.

תקנות החשמל (התקנת לוחות במתח עד 1000 וולט) (תיקון) שהתפרסם בק"ת 5619 (23.8.94), חיבה זו תיכנס לתוקף החל מ- 23.8.95.

קיימים סוגים שונים של מיתקני חשמל (לדוגמה: משרדים) בהם מומלץ להתקין מפסקי מגן, למרות שאין חובה לעשות זאת. התקנת מפסקי מגן במשרדים מעלה את רמת הבטיחות, אולם יש לזכור ש"יפילתי" מפסק המגן להפסקת הזינה לכל הצידוד המחובר אליו. כאשר מדובר במחשבים ללא גיבוי של מידע או מערכת אל-פסק סטטית, עלולים להיגרם נזקים. אחת הדרכים להתמודד עם הבעיה הינה על ידי התקנת מספר מפסקי מגן, אשר לכל אחד מהם מחובר מספר מוגבל של צרכנים. כך, כאשר אחד ממפסקי המגן "נופלי", נגרמת הפסקת זינה רק לצרכנים המחוברים אליו, דבר שמצמצם את הנזק. כדאי לזכור שכדי להנביר את יעילותם של מפסקי המגן יש לבצע בהם בדיקת תקינות תקופתית.

ביצוע עבודות חשמל בהתאם לחוק החשמל

יש לבצע עבודות חשמל בהתאם לנדרש בחוק החשמל ובתקנותיו המעודכנות, תוך שימוש בצידוד תקני ובהתאם לדרישות הקבועות בתקנות הבטיחות בעבודה (חשמל). לנושא זה גם היבט "ביטחוני", הקיים על פי דרישות חברות הביטוח.

בטיחות על ידי הדרכה

ההדרכה הינה מרכיב חשוב ביותר במערכת הבטיחות. ככדי לאפשר לעובדים בתעשייה המיקרו-אלקטרונית המורכבת להכיר את המערכות בהן הם עוסקים, משקיעים כיום במפעלי ה-High Tech, כ-5% מזמן העובדים בפעילות ההדרכה.

ההדרכה כוללת:

- נתיבת מפרטי עבודה ונהלי עבודה של המפעל. אלה מתאמים לאופי המפעל, לצידוד במפעל ולמיתקן החשמל בו.
- הדרכת בטיחות כללית - לכלל אוכלוסיית העובדים במפעל (המוגדרים כ"משתמשים קלים" בצידוד חשמל).
- הדרכה לעובדים המבצעים עבודת חשמל כמשמשתה בחוק החשמל.
- כל החשמלאים עוברים קורס היצוגי בנושא מתח גבוה.
- קורס היצוגי לצורך קבלת רשיון "חשמלאי מסוגני" - לכל הטכנאים העוסקים באחזקת ציוד הייצור (לבעלי תואר טכנאי/הנדסאי אלקטרוניקה).

שילוט לוחות וציוד חשמלי

חשיבות מרובה יש לאופן בו משולטים הלוחות, וזאת על מנת לתת אפשרות לאיתור מהיר ונכון של מקור הזינה ושל הצרכנים המוגנים מהלוח וכן לפתן הוראות הפעלה נוספות.

הערה: תכנון השילוט הינו חלק בלתי נפרד מתכנון המיתקן והוא נסמך עם התוכניות לביצוע.

מערכת ממוחשבת לזיהוי מקורות

ההנה (One Line Diagram)
מערכת ממוחשבת המאפשרת לזהות את מקורות ההנה של כל פריט ציוד חשמלי, על ידי הקלדת שם הפריט.

מטרת המערכת הינה לאפשר ניתוק של הצידוד מהאספקה, גם כאשר מסיבות בטיחותיות (כגון: אש, גזים, כימיקלים וכדומה), לא ניתן להגיע אל השלט הנמצא על הצידוד והמראה את מקור ההנה.

ביצוע תחזוקה חזונית

(Maintenance Predictive)
בדיקות של התחממות הצידוד החשמלי (בדיקות תרמוגרפיות) באמצעות מערכת לגילוי קרינה אינפרא אדומה.

בדיקת העמסה

בדיקת ההעמסה של לוחות ושל מיתקנים, במטרה להבטיח שההעמסה לא תעלה על ערך נתון. הבדיקה מבוצעת באופן ידני וכן באמצעות מערכת איסוף נתונים ממוחשבת (Data Logging System).

מערכות לגילוי אש/עשן

מומלץ להתקין מערכות מושכלות לגילוי אש/עשן בחדרי החשמל ובלוחות החשמל, במטרה לצמצם את הנזקים ואת הסיכונים במקרה שתרחש שריפה.

התקנת מפסקי מגן (מספרי פחת)

על פי החוק קיימת חובה להתקין מפסקי מגן בשלושה מקרים:

1. כאשר מפסק המגן משמש כאמצעי בלעדי להגנה בפני חישהול - ראה תקנות החשמל (הארקות ואמצעי הגנה בפני חישהול) במתח עד 1000 וולט, שהתפרסמו בק"ת 5375 (1.8.91).
2. לצורך הגנה על לוח חשמל לזינת מכשירים חשמליים מיטלטלים, המוחזקים ביד או לצורך הגנה על מכשירים מיטלטלים מסוג I המוחזקים ביד - ראה תקנות הבטיחות בעבודה (חשמל) התש"ן 1990, שהתפרסמו בק"ת 5251 (27.2.90).
3. לצורך הגנה על לוח החשמל במיתקן חשמל ביתי, במבנה המיועד למגורים - ראה



החשובים בהבטחת תקינותו ובטיחותו של מיתקן החשמל. את התחזוקה יש לבצע תוך הקפדה יתרה על נושא הבטיחות והימנעות מירבית מפגיעה בתהליך הייצור של המפעל. מפעל אשר מיתקן החשמל שלו מצויד בתשתית תחזוקתית מתקדמת ובטיחותית, יצליח להתמודד בצורה טובה יותר בתחרות הקיימת בענף הייצור אליו הוא משתייך, תוך שמירה על בטיחות העובדים, הגנה על סביבת העבודה והגנה על הציוד במפעל.

רק לאחר שהמפקח וידא את קיום כל התנאים שברשימה הוא מצהיר שניתן לבצע את העבודה.
אישור הסמכות הבריאותית - רופא או אחות המפעל מאשרים שהם מודעים לעבודה שעומדת להתבצע.
אישור מהנדס החשמל - מהנדס החשמל המפעלי מאשר את העבודה לביצוע.

סיכום

תחזוקה נכונה מהווה את אחד האמצעים

- החשמלאי המסגיר יודע שאסור לו לבצע עבודה כלשהי מעבר לצפייה בעבודת החשמלאי המבצע.
- ציוד העבודה, הכלים ומכשירי המדידה נבדקו ונמצאו תקינים.
- ציוד הבטיחות מתפקד ונבדקו אמינותו ותפקודו.
- קיום קשר ישיר עם המרפאה (הודעה מראש, מכשיר קשר).
- מיקום מתק מתח ראשי.
- מיקום ותפקוד ציוד חירום.
- מספר טלפון חירום.

שימוש בחשמל להגברת היעילות ולשיפור איכות הסביבה

מהנדס בוריס שוורץ

בארצות מערביות רבות הולך וגובר השימוש בטכנולוגיות המבוססות על חשמל, במקום טכנולוגיות המבוססות על דלק. אחת הסיבות העיקריות לכך היא רצונם של הרשויות ושל הציבור בארצות אלו, לצמצם את הנזק לסביבה, הנגרם מהפקת אנרגיה מדלקים מחצביים. העוסקים ביישום טכנולוגיות במגזרים שונים של המשק בישראל צריכים להביא בחשבון, שהבעיות הסביבתיות הכלל-עולמיות, וביאו בעקבותיהן הצעות לפתרונות כלל עולמיים, שיחייבו גם את ישראל. מאמר זה מסביר כיצד תורם יישומן של אלקטרו-טכנולוגיות במקום הטכנולוגיות הדלקיות, לשיפור איכות הסביבה.

א, (או בקיצור: אלקטרו-טכנולוגיות), במקום בטכנולוגיות המבוססות על צריכת דלקים. הוכח שייצור החשמל הנצרך באלקטרו-טכנולוגיות מסוימות, לביצועה של עבודה נתונה, גורם פחות לזיהום אוויר, מאשר הזיהום שיגרום השימוש בדלק לביצועה של אותה העבודה. הסיבה העיקרית לכך היא שצריכת האנרגיה לביצוע העבודה באמצעות אלקטרו-טכנולוגיות, לפי המאזן האנרגטי הכולל של שלבי הייצור, ההובלה והחלוקה, קטנה בשיעור ניכר מהצריכה של אנרגיה בטכנולוגיות דלקיות מקבילות. את החיסכון האמור בצריכת האנרגיה נהוג "לתרגם" לצימצום הפליטה של דו-תחמוצת הפחמן (CO₂), שהוא אחד מן "הנאשמים הראשיים" בהתחממות כדור הארץ. נרחיש סוגיה זו, באמצעות דוגמאות, בהמשך המאמר. תהליך המעבר משימוש בטכנולוגיות דלקיות לאלקטרו-טכנולוגיות, אשר תורם למשק ומועיל מאד מבחינה אקולוגית, מכונה "אקוואטיס" (Ecowatts). אלקטרו-טכנולוגיות המתאימות לתהליך זה יכונה בהמשך "טכנולוגיות אקוואטיסיות".

ב) "טכנולוגיות מסוימות יכולות למעול טוב יותר (מהיבט השמירה על איכות הסביבה), כאשר הן מופעלות בחשמל במקום בדלקים".
 במבט ראשון יכול להיווצר הרשם, שיש "ניגוד אינטרסים" בין שני הכיוונים: הראשון מדבר על הקטנת השימוש בחשמל והשני על הגדלתו, אך אם בוחנים את הדברים מן ההיבט של השמירה על איכות הסביבה, אין ניגוד ביניהם ושניהם מובילים להשגת אותה מטרה: לצמצם את זיהום האוויר.
 הכיוון הראשון מתבטא בעיקר, ביעיל השימוש בחשמל במגזרי הצריכה ובענפי המשק השונים, תוך פיתוח ציוד חשמלי יעיל יותר ויישום השימוש בו. כיוון פעילות זה מכונה בפי המומחים, חיפוש אחרי "נְגוואטיס" (Negawatts) - מושג המבטא יכולת של טכנולוגיות לבצע את העבודה, תוך צריכת כמות קטנה יותר של חשמל. ברור, שכתוצאה מכך קטן גם זיהום האוויר המלווה את ייצור החשמל בתחנת הכוח.
 הכיוון השני הוא חדשני יותר, וצובר תאוצה בשנים האחרונות. משמעותו - שימוש בטכנולוגיות המבוססות על צריכת החשמל

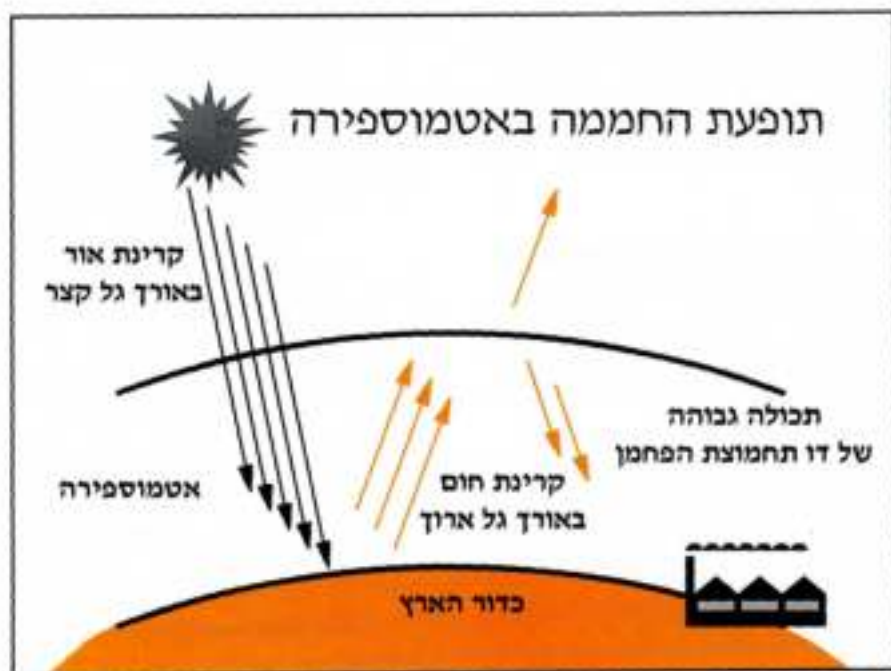
פיתוח שווקים לחשמל ושמירה על איכות הסביבה

אחת הבעיות המסורדות ביותר את הציבור ואת הרשויות בעולם המערבי, היא הדאגה ההולכת וגוברת לאיכות הסביבה, דאגה זאת מביאה להגברת המאמצים לפיתוח טכנולוגיות המאפשרות ניצול יעיל יותר של מקורות האנרגיה, במטרה להקטין את הנזקים לסביבה. מסתבר שטכנולוגיות רבות המבוססות על חשמל, הן יעילות בהרבה מטכנולוגיות מקבילות המתבססות על דלק, ולכן השימוש בטכנולוגיות החשמליות מביא למאזן חיובי יותר ממיבט השמירה על איכות הסביבה.
 בארה"ב, שבה נמצא נושא השמירה על איכות הסביבה במקום נבוח בתודעה הציבורית וזוכה להקצאת משאבים גדולים במיוחד, מתפתחים השווקים לחשמל בשני כיוונים המוגדרים בידי מומחים כדלהלן:
 א) "היאומה הייבט להיות מסוגלת לבצע אותה עבודה בפחות חשמל".

ב) שוויץ - סגן מנהל המחלקה ליישום הצריכה, אגף השינוק והצרכנות חברת החשמל.



ניצוד תורם המעבר אלקטרו-טכנולוגיות לצימצום ההתחמנות של כדור הארץ



איור 1
תופעת החממה באטמוספירה

ככל תהליך של שריפת דלק מחצבי (תוקיני נפט, פחם או גז), הנקרא בלעז דלק פוסילי (Fossil fuels), נפלטת לאטמוספירה דו-תחמוצת הפחמן. לעובדה זאת ניתנת כיום תשומת לב מיוחדת, מכיוון שזוהי אחת מן הבעיות "החמות" ביותר (נרתו משמע), המעסיקות את העולם המערבי.

דו-תחמוצת הפחמן הוא גז, המהווה אמנם רק חלק קטן מכלל החומרים הנמצאים באטמוספירה, אך נודעת לו השפעה רבה על האקלים בעולם.

דו-תחמוצת הפחמן יוצר באטמוספירה את תופעת החממה. פעולתו באטמוספירה דומה לפעולת הזכוכית בחממה לגידול צמחים. קרינת השמש חודרת דרך הזכוכית, אל תוך החממה ונקלטת על ידי האדמה. כלפי קרינת השמש (אור נראה וקרניים אולטרה-סגולות), הזכוכית היא שקופה, כלומר שאין לה כמעט השפעה על הקרינה. לעומת זאת, כאשר פוגשת הזכוכית בקרינה תת-אדומה (חום) הנפלטת מהאדמה ומתאוויר שבחממה, היא בולעת חלק מהקרינה וחלק נוסף היא מחזירה אל תוך החממה. רק חלק קטן מהקרינה התת-אדומה חודר דרך הזכוכית ונפלט אל מחוץ החממה.

הזכוכית בחממה מהווה למעשה, מלכודת לקרינה תת-אדומה, והיא הגורמת לעליית טמפרטורה בחממה. גז דו-תחמוצת הפחמן יוצר מלכודת דומה באטמוספירה. באיור 1 מובא הסבר סכימטי לתופעה זו. קרינת השמש, שהיא בעלת אורך גל קצר, נבלעת על ידי כדור הארץ, ואילו מכדור הארץ לאטמוספירה, נפלטת קרינה בעלת אורך גל ארוך (חום). קרינת החום "נתקלת" בדרכה בשכבה בעלת תכולה גבוהה של דו-תחמוצת הפחמן, הפועלת בצורה דומה לזו של הזכוכית בחממה.

המוסחים סבורים, שאם לא יינקטו צעדים לצימצום הפליטה של דו-תחמוצת הפחמן, כתוצאה מצריכתו של דלק מחצבי ויימשך קצב הגידול הנוכחי בצריכת הדלקים, צפויה במהלך מאתיים השנים הבאות, עלייה של 6-6 מעלות צלסיוס בטמפרטורה של

וההסברים שבהמשך, מתבססים על מאמרו של המוסחה האמריקאי **מארק מילס**, שפורסם בשנת 1991. באשר לתנאים המופיעים בטבלה ראוי להבהיר:

(א) שיעור החיסכון באנרגיה המופיע בטבלה כולל את האנרגיה הראשונית הנדרשת לייצור החשמל הנצרך באלקטרו-טכנולוגיות, הובלתו וחלוקתו, ואת כל האיבודים בשלבים השונים של הפקת האנרגיה מדלקים.

(ב) כימות הצימצום בפליטת דו-תחמוצת הפחמן, נעשה בתחשב בפליטה הנרשמת בעת ייצור החשמל הנצרך באלקטרו-טכנולוגיות, כאשר ייצור החשמל הוא באותו סוג דלק שנצרך בטכנולוגיה הדלקית המקבילה, עבור השימוש הנתון. לדוגמה, אם ציוד חשמלי מחליף ציוד מקביל המופעל בגז, אזי הסאון של צימצום הפליטה מחושב לעומת חשמל המיוצר אף הוא באמצעות גז.

חלק מן הטכנולוגיות המוזכרות בטבלה, קשור בחימום הסווצר באמצעות אנרגיה חשמלית, ואלה כבר נדונו במאמרו של

כדור הארץ. התחממות זאת עלולה לגרום לטקיים אדירים לחי ולצומח ולשנות ללא הכר את פני כדור הארץ. מדינות מערביות רבות נרתמו למאמץ להקטין את הפליטה של דו-תחמוצת הפחמן ואת נזקיה הרבים.

העולם מודע לנזקים האדירים שעלולים להיגרם לכדור הארץ, אם תתמש תחזית זו. אך לא די במודעות, ויש לנקוט בצעדים ממשיים להקטנת הפליטה של דו-תחמוצת הפחמן. מדינות מערביות רבות משקיעות, אכן, מאמצים רבים בכיוון זה. כך למשל, מדינות הקהילה האירופית החליטו שעד שנת 2000 תופחת הפליטה של דו-תחמוצת הפחמן בארצותיהן עד לרמה שהיתה ב-1990.

עמדנו בתחילת המאמר על שני הכיוונים של השפעת המאמצים לשמירה על איכות הסביבה, על הטכנולוגיות העושות שימוש בחשמל.

נרחיב כאן את ההסברים על הכיוון השני, המכונה "אקוויס", שהוא כאמור, הכיוון היותר חדשני.

בטבלה מספר 1 מוצגות דוגמאות של טכנולוגיות אקוויסיות. הנתונים שבטבלה



להמסת גבישי הקרח שאספו. התהליך הקוונציונלי של ריכוז החלב, כולל את חימום החלב ואידוי המים ממנו, להעלאת ריכוזו. בתהליך זה נדרשת יותר אנרגיה מאשר בתהליך הריכוז בקפיאה. הסיבה העיקרית לכך היא ההבדל במאזן האנרגטי של חימום ואידוי המים, לעומת המאזן המקביל של קירור והקפאת המים.

האנרגיה הדרושה לאידוי המים מורכבת מהאנרגיה הנדרשת לחימום המים מטמפרטורת איחסון החלב הטרי (4°C) עד לטמפרטורת הרתיחה (100°C) ומהחום הכמוס, הינו האנרגיה שנדרש להשקיע כדי שהמים ישנו את מצב הצבירה מגזל לנו (540 קק"ל לק"ג).

האנרגיה הנדרשת להקפאת המים, מורכבת מהאנרגיה הדרושה להורדת הטמפרטורה של המים מטמפרטורת האיחסון (4°C) עד לטמפרטורת הקפאון (0°C) ומהאנרגיה הנדרשת לסילוק החום הכמוס, הנפלט בעת שינוי מצב הצבירה של המים, מגזל לקרח (80 קק"ל לק"ג).

המאזן האנרגטי המתואר, מצביע על כך שעקרונות האנרגיה הדרושה לאידוי המים שנחלב, הנמצא בטמפרטורה התחלתית של 4°C, גדולה פי 7.5 מהאנרגיה הדרושה לקבלת גבישי קרח, אך כדי להשוות בין שני

הם לא דווקא החיסכון באנרגיה והקטנת הפליטה של CO₂. היתרון העיקרי של המייבש העל-סגול הוא בכך שהוא מהיר עד פי עשרה מתורנו, בנוסף לכך, שכבת הצבע היא אחידה יותר והניסור הוא באיכות גבוהה יותר.

ריכוז בקפיאה

תהליכים רבים בתעשייה, מיועדים להעלות את ריכוזם של מרכיבים מסויימים בתמיסה, על ידי סילוקו של החומר הממס (Solvent). סילוקו של הממס יכולה להיות על ידי אידוי או על ידי הקפאתו.

בתהליך של ריכוז בקפיאה של החלב, המוזכר בטבלה 1, מביאים את החלב למצב שבו המים (הממס) קופאים לפני המרכיבים האחרים (המומסים) של החלב. גבישי הקרח שצפים על פני התמיסה, נאספים למיכל מיוחד ומשאירים אחריהם חלב מרוכז, המשמש כחומר גלם למוצרי חלב שונים. את גבישי הקרח מסיסים על ידי חימום ומנקוים אותם, כדי לפנות מקום לקליטת גבישי קרח נוספים.

הדרך היעילה ביותר לביצוע התהליך המתואר של ריכוז בקפיאה, הוא על ידי שימוש במשאבת חום, המאייד במקרה זה, מקרר את התמיסה, והחום הנפלט מן המענה משמש

המהנדס נוראני שגיב ביהתקף המצדיעי מסי 59-151
אנו נתייחס בהמשך רק לאלקטרו-טכנולוגיות אשר מוזכרות כאן לראשונה.

ייבוש צבע באמצעות קרינה על סגולה

שימוש במייבש על-סגול, במקום בתורנו, לייבוש צבע, מאפשר השגת חיסכון באנרגיה בשניגור דומה לזה המושג על ידי השימוש בתורנו מיקרוגל. אך להבדיל מתורנו מיקרוגל, המנצל את האנרגיה של גלי מיקרו לחימום החומר, מעל המייבש העל-סגול על עקרון שונה לחלוטין.

לייבוש צבע באמצעות קרינה על-סגולה נדרש צבע מיוחד, שכולל שלושה מרכיבים בסיסיים: שרף (משמש כתווך), מונומר (Monomer) וחומר אשר תחת השפעת הקרינה העל-סגולה יכול ליזום ריאקציה כימית של הפיכת המונומר למוליטר (Polymer). חומר מיוחד זה (הקרוי באנגלית "Photoinitiator") נורם, לאחר חשיפתו לאור על-סגול, ליצירת שרשראות מוליטריות, שהוסכות את הצבע מגזל למוצק. מהירותו של התהליך היא עצומה (מיקרו-שניות), כמקור לקרינה על-סגולה יכולה לשמש, למשל, נורת כספית בלחץ נמוך. המנועים העיקריים לשימוש במייבש על-סגול

טבלה 1
דוגמאות של טכנולוגיות אקוויטיות
תרומת אלקטרו-טכנולוגיות
לחיסכון באנרגיה ולשיפור איכות הסביבה

| השימוש | אלקטרו-טכנולוגיה | הפעולה | החסכון באנרגיה | צמצום פליטת CO ₂ |
|---------------------|--------------------------------------|---------------------------------|----------------|-----------------------------|
| בישול | שימוש במיקרוגל במקום בכירת גז | בישול 1 ק"ג בשר | 90% | כ- 1 ק"ג |
| ייבוש צבע | שימוש במייבש על-סגול במקום ייבוש בגז | ייבוש צבע למכונת חדשה אחת | 90% | כ- 1 ק"ג |
| הדפסת כתב עת | שימוש במייבש על-סגול במקום ייבוש בגז | ייבוש דיו מעמודים של 40 כתבי עת | 60% | כ- 1 ק"ג |
| ייצור נחושת | שימוש בתורנו השראי במקום בתורנו דלקי | ייצור 5 ק"ג נחושת | 40% | כ- 1 ק"ג |
| ריכוז בקפיאה של חלב | ריכוז בקפיאה במקום חימום ואידוי | ייצור 25 ק"ג חלב | 40% | כ- 1 ק"ג |
| ניטרול פסולת רעילה | מיצוק חשמלי במקום חפירה/הובלה/כיסוי | ניטרול 0.5 ק"ג פסולת רעילה | 20% | כ- 1 ק"ג |

מקור: Ecowatts / Mark P. Mills, president of Science concepts, Inc. / IAEA Bulletin, 3, 1991.



באלקטרו-טכנולוגיות, נובע משילוב של התקנות לשמירה על איכות הסביבה בארצות אלה, עם שיקולים כלכליים ועסקיים.

החקיקה והתקינה הקיימים כיום בארץ בנושאי איכות הסביבה, אינם בוחנים את תהליכי הייצור במפעלים ואת אופן הבחירה וההפעלה של מערכות צורכות אנרגיה. לפי דבריו של ד"ר אורי מרינוב (מורסם במאמר בעיתון "הארץ", ב-21.1.93) ששימש בעבר כמנכ"ל המשרד לאיכות הסביבה, "המדיניות הנהוגת היום בישראל, מטפלת בזהום הסביבתי בקצה הצינור והארוכה, לאחר היווצרותו, ומתעלמת מהצורך למנוע את היווצרותו בתהליך תכנון המוצרים ובתהליכי הייצור הנהוגים, התקנות והחוקים, שפורסמו ב-30 השנים האחרונות מיצו את עצמם. הם גם מכבידים על פיתוח טכנולוגיות חדשות, פחות מזהמות ויותר זולות. לכן יש צורך לשנות את קווי הנוצר המדיניות הסביבתית שלנו ולעבור למדיניות של מתן תמריצים כלכליים - ממצב של טיפול בזהום שנוצר, למצב של חיזוי הבעיות העתידיות ומניעתן מראש".


ניתן להניח שבעתיד הנראה לעין יחולו השינויים המתוארים, גם בישראל. היצרנים הישראליים נאלצים כבר כיום להתמודד בחלק מן השווקים, עם יצרנים מערביים שמציינים על מוצריהם כי בייצור המוצר הם השתמשו בחומר גלם ממוחזר, כמה אנרגיה הם השקיעו בתהליך הייצור או כמה מוצרי לוואי הם פלטו לסביבה - כל זאת מצוין ב"תיוג סביבתי" (Eco Label).

מאחורי היוזמה לשימוץ המוצרים ב"תיוג סביבתי" עומד הרעיון שהצרכן המערבי יעדיף לקנות מוצר אשר בייצורו הושקעו יותר מאמצים לשמירה על איכות הסביבה.

במילים אחרות: השמירה על איכות הסביבה צריכה להוות שיקול עסקי בעת תכנון תהליך הייצור של המוצר, ומכאן לכלול גם את בחירת הטכנולוגיות לייצור המוצר. בנוסף לכך יש להתחשב כמובן, בעת בחירת הטכנולוגיות, בשיקולים הכלכליים האחרים.

כאשר עוסקים בשיקולים הכלכליים לבחירת הטכנולוגיות המועדפות, יש להבחין בין השיקולים הכלכליים של המשק לבין השיקולים הכלכליים של היום או הבעלים של המפעל. כאן המקום להדגיש שבשני המקרים חייבים להתחשב בכל המכלול של

ריכוז בקפיאה :
(הוצאת מים ליחידת אנרגיה)



$$1 \times 0.34 \times 0.92 \times 10.2 \text{ kg/kWh} = 3.2 \text{ kg/kWh}$$

ריכוז באידוי :
(הוצאת מים ליחידת אנרגיה)



$$1 \times 0.9 \times 1.35 \text{ kg/kWh} = 1.2 \text{ kg/kWh}$$

איור 2
ריכוז בקפיאה ביחס לריכוז באידוי - המאזן העקרוני של האנרגיה המושקעת במים

מיוחדים לאיסוסן חומרים רעילים. באתרים מיוחדים אלה חומרים תעלות, שאת דפנותיהן מצפים בחומר המונע דליפת חומרים רעילים, ובתוכן קוברים את הפסולת הרעילה. התהליך האמור, של סילוק פסולת רעילה, דורש משאיות וציוד מכני כבד לעבודות עפר. להפעלתם של אלה דרושה אנרגיה רבה, המתקבלת משריפת דלקים. החלופה החשמלית לטכנולוגיה האמורה, מתבססת על החדרת אלקטרודות, ישירות לאדמה המזהמת. על ידי זרמים גבוהים אפשר להגיע לזינוג או למיצוק של הקרקע המזהמת, כאשר הפסולת מגורלת ואין שום סכנה של חלחול הרעלים למי התהום. בנוסף לחיסכון באנרגיה ובפליטת CO₂, כמפורט בטבלה, מעניקה האלקטרו-טכנולוגיה, בנושא זה, שורה של יתרונות בטיחותיים וכלכליים נוספים.

כיצד בוחנים את כדאיות השימוש באלקטרו-טכנולוגיות

ד"ר, שהדאגה לאיכות הסביבה אין בה די כדי להסביר את הגידול הניכר שחל ביישומן של אלקטרו-טכנולוגיות בארצות מערביות בשנים האחרונות. השימוש ההולך וגובר

טכנולוגיות, כאשר האחת (ריכוז בקפיאה) מופעלת בחשמל והשניה (ריכוז באידוי) מופעלת בדלק, יש להביא בחשבון גם את המאזן האנרגטי הכרוך בהבאת מקור האנרגיה לתהליך אל שערי המפעל. באיור 2 מוצגת בצורה סכימטית ההשוואה בין המאזן העקרוני של אנרגיה, עבור שתי הטכנולוגיות האמורות, ללא התייחסות ליעילות הציוד המופעל בכל אחד משני התהליכים. במילים אחרות, אלו הם מאזני האנרגיה המושקעת באופן עקרוני במים. המאזנים חושבו במונחים של אנרגיה ראשונית הטמונה בדלק. במקרה הראשון שימש הדלק לייצור החשמל, במקרה השני משמש הדלק כמקור אנרגיה לתהליך הריכוז בקפיאה, ובמקרה השני משמש הדלק כמקור האנרגיה לאידוי המים.

מאזני האנרגיה המוצגים באיור 2 סבירים, ברמה העקרונית, את המקור העיקרי להשגת החיסכון באנרגיה, כתוצאה משימוש באלקטרו-טכנולוגיה לריכוז החלב, כפי שהיא מופיעה בטבלה 1.

ניטרול פסולת רעילה

ניקוי אזורים שזוהמו על ידי פסולת ממוצרים כימיים רעילים כולל, בדרך כלל, הפירה והוצאת האדמה המזהמת, העמסתה של האדמה על משאיות והובלתה לאתרים



הנותנים, בדרך מסויימת, משקל כספי לנוק הסביבתי.

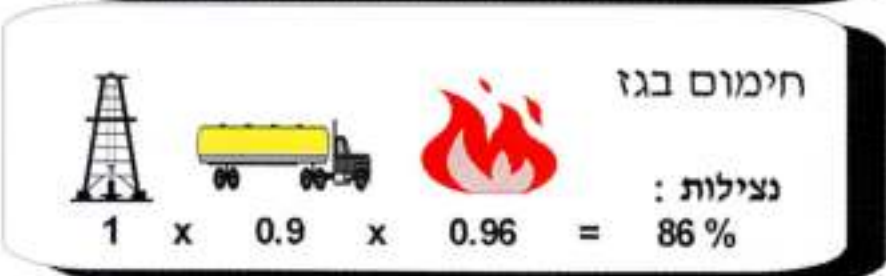
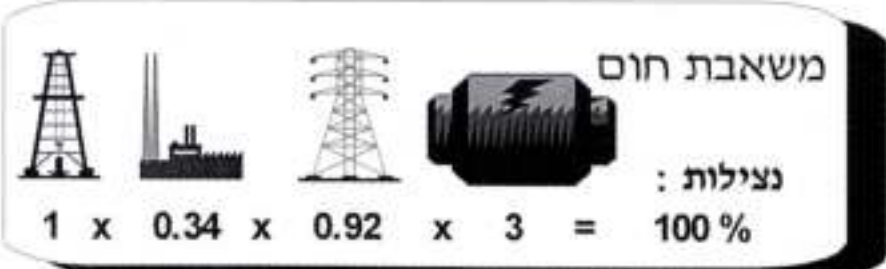
כונת הדברים אינה לומר שיש ליישם בכל מחיר את החלופה של משאבת חום, אלא להסב את תשומת הלב לכך שכל בחינה של עלות-תועלת, נריכה להיעשות באופן מלא, כשהיא מכמתת במדוייק את כל העלויות התועלות, לאורך כל משך חיי המותקן, וכן לכך שלאחר התחשיב הכמותי, יש לציין ולשקול, בכל חלופה, את אותם ירידות וחסרונות שאינם ניתנים לכימות כספי.

סיכום

אתר הבעיות המטרידות ביותר את האנושות כיום הוא בעיית איכות הסביבה. בעולם המערבי הולכים ונוברים המודעות והדאגה בכל הקשור לבעיה זו, הדאגה לסביבה היתה אחד מן הגורמים שהביאו בשנים האחרונות להגברת השימוש באלקטרו-טכנולוגיות במקום בטכנולוגיות דלקיות. הוכח שייצור החשמל הנצרך באלקטרו-טכנולוגיות מסויימות לביצוע עבודה נתונה, גורם לפחות זיהום סביבתי מאשר השימוש בדלק, לביצוע אותה העבודה.

ברור שדאגה לאיכות הסביבה, אין בה די כדי להסביר את הגידול הניכר ביישום אלקטרו - טכנולוגיות בארצות המערב. השימוש ההולך ונובר באלקטרו-טכנולוגיות נובע משילוב בין התקנות המחמירות לשמירה על איכות הסביבה לבין שיקולים כלכליים ועסקיים נוספים.

בארץ, החקיקה והתקינה הקיימים כיום בנושא איכות הסביבה, אינם בוחנים עדיין את תהליכי הייצור במפעלים ואת אופן הבחירה וההפעלה של מערכות צורכות אנרגיה, בכל הקשור למידת הנזק הנגרם לסביבה. קשה להאמין שמצב זה יישמר גם בעתיד. מסיבה זו, חשוב לתת את הדעת כבר היום, להיבטים השונים של שמירה על איכות הסביבה, בעת תכנון תהליכי הייצור של מוצרים. כך ניתן למנוע את הצורך ואת ההשקעות בשינויים בעתיד. זאת כמובן, בנוסף לעריכת התחשיבים הכלכליים הסטטיסטיים, הדרושים להשוואת הטכנולוגיות השונות המתאימות לייצור המוצר.



איור 3
חימום במשאבת חום ביחס לחימום בגז

זו (כמקור אנרגיה ראשוני לייצור חשמל) פירושו גם הקטנת הפליטות של מזהמים לאוויר (להבדיל משימור אנרגיה). למרות שבארץ התועלת שבשמירה על איכות הסביבה, עדיין אינה ניתנת לכימות באמצעות נתונים כלכליים מוסכמים, חייבים להתחשב בה בעת בחינת העלות מול התועלת של החלופות השונות לחימום, מהיבט המשק.

מהיבט הצרכן - ההתייחסות למרכיבים השונים של בחינת העלות - תועלת בחלופות לחימום, הינה מזוית שונה.

גם הצרכן מודע ליתרונות האנרגטיים של משאבת החום, אף אם לעתים הוא אינו כולל במדוייק את כל מרכיבי המאזן האנרגטי, בהשוואה בין החלופות. לעתים השיקול של סכום ההשקעה הראשונית מכריע לטובת החימום בגז.

במכלול השיקולים חייבים להתחשב לא רק בעלויות ובתועלות במונחים כספיים, כשהם מהוונים לאורך כל חיי המותקן, אלא גם באותם יתרונות שקשה לתת להם משקל כספי. יתרונות כאלה של משאבת החום הם הנוחות, הבטיחות, סביבת עבודה נקייה ונעימה יותר בקרה נוחה ומדוייקת יותר והקטנת זיהום האוויר. לכאן המקום לציין כי כלכליים רבים סבורים שכל יתרון וחסרון ניתנים לכימות וכי בארצות המערב כבר הוחל בהטלת "מסכות זיהום" ו"נקודות זיהום"

השיקולים, שחלקם ניתנים לאומדן במונחים כספיים וחלקם - עדיין לא.

את האמור נמחיש בהמשך, על ידי הצגת מספר שיקולים שיש להביא בחשבון, בעת השוואה של אחת מן האלקטרו-טכנולוגיות הידועות ביותר - משאבת חום, לעומת החימום בגז.

מהיבט של משק האנרגיה - משאבת חום היא אמצעי החימום היעיל ביותר, והיא תורמת לשמירת מקורות האנרגיה של המדינה. קביעה זו מוסברת בצורה סכימטית באיור 3. משאבת חום, הודות לעקרון הפעולה הייחודי שלה, מנצלת כל יחידה של האנרגיה החשמלית, לייצור של שלוש יחידות חום.

אם מקור האנרגיה הראשונית (לייצור החשמל) הוא גז, אזי במקרה של משאבת חום הנצילות הכללית של האנרגיה הסמונה בגז היא כ-100%. לעומת זאת הנצילות הכללית של החימום, המופק משריפה ישירה של גז במתקן הצרכן היא כ-86% בלבד.

שימור מקורות האנרגיה אינו התועלת היחידה משימוש במשאבת חום לחימום. אחת התועלות הנוספות היא השמירה על איכות הסביבה.

תועלת זו היא, למעשה, פועל יוצא של שימור האנרגיה, הודות לנצילות הגבוהה של משאבת החום. שימוש בכמות קטנה יותר של



נורות נתרן לחץ גבוה (נל"ג) ומערכות ההצתה וההפעלה שלהן

ד"ר אבי קניגסברג

בשנים האחרונות הולך וגובר השימוש בנורות נתרן לחץ גבוה (נל"ג) במיתקני תאורה המשמשים לתאורת חוץ, כגון: תאורת רחובות, כבישים וחניונים, תאורת חצרות מפעלים וכו', וכן גם לתאורת פנים כגון: תאורת מבני תעשייה ועוד. המעבר לשימוש בנורות נל"ג, נובע מהעובדה שהן מצטיינות בנצילות אורית גבוהה ובאורך חיים גבוה. לכן שימוש בהן חוסך בצריכת החשמל ומשפר את רמת ההארה.

לעתים אנו מבחינים בכך שנורות נל"ג, המשמשות לתאורת כבישים בין-עירוניים או לתאורת רחובות בערים, נדלקות וכבות לסירוגין או מאירות בעוצמה שונה זו מזו, אף כשמדובר בנורות שהותקנו באותו פרק זמן. תופעה זו פוגעת באיכות התאורה ובבטיחותם של המשתמשים בה, זאת למרות ההשקעה הכספית הגדולה שהושקעה במיתקן התאורה. הסיבה העיקרית לתופעות המתוארות, הינה שלא נעשה שילוב נכון בין נורות הנל"ג לבין מערכות ההצתה וההפעלה שלהן. שילוב זה, חשוב שייעשה תוך התבססות על דרישות התקנים השונים בנושא ועל הוראות היצרנים, של הנורות ושל מערכות ההצתה וההפעלה. מאמר זה סוקר את הסוגים השונים של נורות נל"ג ואת סוגי מערכות ההצתה וההפעלה שלהן. דגש מיוחד ניתן לתנאים הדרושים לשילוב נכון ואיכותי בין הנורות לבין מערכות ההצתה וההפעלה, תוך התבססות על התקנים הקיימים בנושא ועל ההוראות והמפרטים של היצרנים.

קיימות שתי צורות עיקריות של נורות נל"ג: נורות בצורה טובולרית (שמפרטית) ונורות בצורה אנכית (ראה איור 1). המעטה החיצוני של הנורות הינו שקוף או לבן. נורות הנל"ג הנפוצות הן בצורה טובולרית, ולכן התנאים העיקריים שיוצגו במאמר זה, מתייחסים לנורות אלו, מה גם שאין הבדל עקרוני בדרישות המתייחסות לנורות נל"ג בצורה אנכית, לעומת הדרישות המתייחסות לנורות בעלות צורה טובולרית.

הספקי נורות נל"ג נפוצות ושימושיהן

טבלה 1 מתארת את החספקים של נורות הנל"ג הנפוצות, שימושיהן העיקריים וגבהי ההתקנה המומלצים. קיימות גם נורות בהספקים של 1000W-750W ו-2000W, אשר לא נרחיב את הפרוט עליון במאמר זה, וכן נורות בהספקים של 340W / 215W / 110W - להתקנה במקום נורות מסוג כספית. נורות אלה היו נפוצות בתקופת המעבר לשימוש בנורות נל"ג, במקום נורות הכספית.

נתונים טכניים של נורת נל"ג

להלן דוגמה של התנאים הטכניים העיקריים של נורת נל"ג. התנאים מבוססים על תקנים ישראליים בנושא זה ועל נתוני היצרנים והנחיותיהם. הדוגמה מתייחסת לנורת נל"ג טובולרית שקופה, בהספק 250W.

תקן זה מבוסס על IEC-927 ו-IEC-926. ת"י 1169 - נטלים לנורות פריקה - למעט שפופרות פלואורוניות. דרישות בטיחות ודרישות פעולה לנטלים לנורות פריקה. חלק 1 - דרישות כלליות ודרישות בטיחות. חלק 2 - דרישות פעולה. תקן זה מבוסס על IEC-922 ו-IEC-923, והוא תקן רשמי. הנחיות ותנאים טכניים של יצרני הנורות ושל יצרני מערכות ההצתה וההפעלה. (הנתונים במאמר זה נלקחו מתוך מפרטים של GE, במפרטים של יצרנים אחרים מופיעים נתונים דומים).

נורות נתרן לחץ גבוה (נל"ג)

נורות נתרן לחץ גבוה (נל"ג) בנויות משפופרת פריקה העשויה מפולו - קריסטלין - אלומינה, אשר בתוכה אדי נתרן. הנורות מאירות כתוצאה ממעבר זרם דרך אדי הנתרן. נורות נל"ג מאירות בדרך כלל בגוון צהבהב. קיימים, אמנם, סוגים של נורות נל"ג המאירות בגוון לבן, אולם הן מיועדות לשימושים מיוחדים. מאמר זה מתייחס לסוג הנפוץ של נורות נל"ג - אלה המאירות בגוון צהבהב. מחקרים שבוצעו בעולם, בדרכים וכבישים המוארים בנורות נל"ג המאירות בגוון צהבהב, העלו שתאורה זו בטיחותית בנהיגה ואינה גורמת לעייפות העיניים, למרות העיוות שהיא גורמת לגווניהם של העצמים השונים בסביבה המוארת.

תקנים ודרישות המתייחסים לנורות נל"ג ולמערכות ההצתה וההפעלה

כמדינת ישראל אין כיום יתקנת ג"י המשלבת את התקנים השונים המתייחסים לנורות נל"ג, למצתים, למשנקים וכו'. מסיבה זו מבצעים יצרני מערכות ההצתה וההפעלה את השילוב בין האבזורים השונים במערכת, על בסיס התקנים המתייחסים לאבזורים אלה ואילו היצרנים של גופי התאורה הם המשלבים בין גופי התאורה לבין מערכות ההצתה וההפעלה, על בסיס התקנים בנושא. הדבר נובע מכך שבדרך כלל היצרן של גוף התאורה הוא זה שנתן ללקוח את האחריות על מערכת התאורה בכללותה. להלן פירוט של תקנים ודרישות החלים על יצרני נורות נל"ג ועל יצרני מערכות ההצתה וההפעלה שלהן:

- ת"י 1166 - נורות פריקה: נורות אדי נתרן הפועלות בלחץ גבוה - תקן זה מבוסס על IEC-662, והוא תקן רשמי.
- ת"י 1451 - התקני הדלקה - למעט מדלקי להט; דרישות כלליות ודרישות בטיחות של התקני הדלקה לשפופרות פלואורוניות ולנורות פריקה אחרות.
- חלק 1 - דרישות כלליות ודרישות בטיחות.
- חלק 2 - דרישות פעולה.

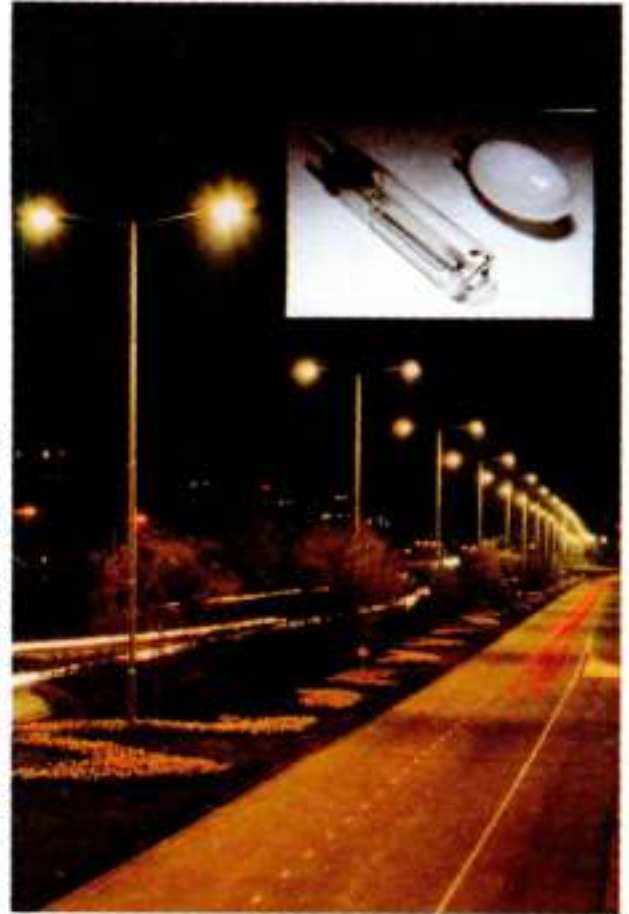
א"י קניגסברג - מנכ"ל חברת קניגס - יושף תקינה בינלאומי בע"מ.



טבלה 1

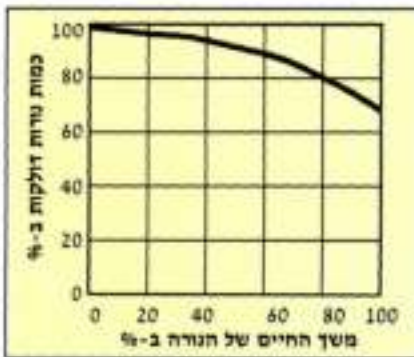
הספקים של נורות נל"ג נמוצות, שימושיהן וגובה התקנתן המומלץ

| גובה התקנה מומלץ | שימושים | הספק הנורה |
|------------------|------------------------------------|-------------|
| עד - 5 מ' | תאורת ניי - גינות ומדרחוב | 70W - 50W |
| 6 - 7 מ' | תאורת ניי - גינות וכן רחובות | 100W |
| 6 - 8 מ' | תאורת ניי - גינות וכן רחובות | 150W |
| 8 - 12 מ' (בד"כ) | רחובות ראשיים וכבישים בין-עירוניים | 250W / 400W |

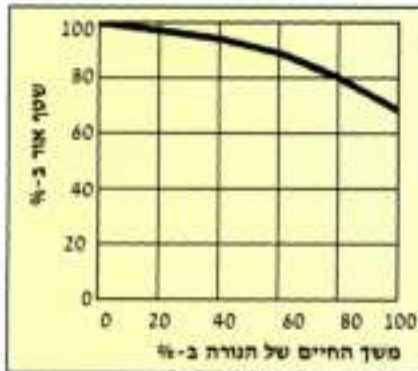


איור 1

נורות נתון לחץ גבוה (נל"ג) המשמשות לתאורת דרכים



איור 2



איור 3

טבלה 3
הדרישות מדופק ההצעה

| | |
|-------|-----------------------------------|
| 2500v | מתח הצתה מוערי |
| 4500v | מתח הצתה מירבי |
| 2250v | רוחב מוערי של דופק ההצתה ב- 1µsec |
| 50Hz | מחזוריות הדופק המוערית |
| 0.2A | זרם הצתה מוערי |

מספר הנורות הדולקות ביחס למשך החיים של הנורה

מבצעים ניסוי בו מדליקים מספר גדול של נורות נל"ג ובוחרים מה היא כמות הנורות התקינות לאורך הזמן. 100%, מבחינת כמות הנורות הדולקות, הוא מספר הנורות התקינות שהיו בתחילת הניסוי ואילו 100% מבחינת משך החיים של נורה הוא מספר שעות ההפעלה (אורך חיים) של הנורה, על פי מפרטי היצרן. איור 2 מתאר את היחס בין אחוז הנורות הדולקות לבין "משך החיים" של הנורה.

שטף האור של הנורה ביחס למשך החיים שלה

שטף האור של הנורה (בלומן), מתורגם לאחוזים ביחס למשך החיים של הנורה. 100% מבחינת שטף האור, הוא שטף האור המירבי של הנורה, כאשר היתה חדשה. יחס זה מתואר באיור 3.

טבלה 2

נתונים ביצועיים - נורת נל"ג טובולרית שקופה בהספק 250W

| | |
|-----------------|---|
| 27,500 | שטף אור לאחר 100 שעות פעולה (לומן) |
| 24,000 + (שעות) | אורך חיים ממוצע (10 שעות פעולה לכל הדלקה) |
| 90% | אחוז עוצמת האור (10 שעות פעולה לכל הדלקה) |
| 2100°k | טמפרטורת הצבץ |
| 3-4 דקות | זמן חימום ראשוני |
| 1 דקה | זמן המתנה להצתה חוזרת |

נתונים ביצועיים

בטבלה 2 מתוארים הנתונים הביצועיים של הנורה שבדוגמה.

הדרישות מדופק ההצעה

בטבלה 3 מתוארות הדרישות מדופק ההצעה הנדרש עבור הנורה שבדוגמה.



התקינות עם הזמן, בשיעורים המופיעים בטבלה 6.

המידע שבטבלה 6 מאפשר לאנשי האחזקה של מיתקן התאורה להעריך ולהכין תחזית להחלפת הנורות הצפויה במיתקן.

טבלה 6
כמות הנורות
התקינות ביחס לשעות הפעלתן

| כמות נורות תקינות (אחוזים) | אלפי שעות עבודה |
|----------------------------|-----------------|
| 100 | 0.1 |
| 99 | 2 |
| 98 | 4 |
| 95 | 8 |
| 90 | 12 |
| 80 | 16 |
| 65 | 20 |
| 50 | 24 |

מערכת ההצתה וההפעלה

מערכת ההצתה וההפעלה של נורת נליג כוללת מצת, משנק, קבל וכן אבזרי עזר ומחברים. המצת מספק לנורה את המתח הגבוה הנדרש לה לצורך ההצתה, המשנק מספק לנורה את הורם הדרוש לצורך עבודה שוטפת והקבל משמש לשיפור מקדם ההספק. אורך חיי הנורה נקבע, בין היתר, על ידי איכות דופק ההצתה ועל ידי מספר ההצתות שעוברת הנורה.

לגבי כל סוג של נורת נליג מגדיר היצרן את מאפייני דופק ההצתה הנדרש. מאפיינים אלה כוללים את עוצמתו, את רוחבו את מספר הדפקים בשנייה וכו'. על סמך נתונים אלה יש לבצע התאמה נכונה, בין הנורה לבין מערכת ההצתה וההפעלה. התאמה זו חיונית להבטחת הצתה ופעולה תקינה של הנורה לאורך חייה.

בהתאמה בין הנורה לבין מערכת ההצתה וההפעלה, יש להתייחס לעובדה שהנורה "מודקטת" עם השנים, ואוי קשה יותר להצית אותה.

שיטות ההצתה וההפעלה של נורות נליג

- עם השנים התפתחו שתי שיטות עיקריות להצתה ולהפעלה של נורות נליג:
- הצתה ישירה,
 - הצתה באמצעות משנק.



איור 4
בריכת שחייה המאורת
באמצעות נורות נליג קסנון

אופקי, וכל מצב ביניים אחר, וטמפרטורת הצבע היא $2000^{\circ}K$.

שטף האור של הנורה ביחס להספק הנורה

טבלה 5 מתארת את הקשר בין הספק הנורה לבין שטף האור שלה בלומן. שטף האור של נורות אלן, בהנחה של 10 שעות עבודה לפחות לכל הצתה, פוחת לאחר 24,000 שעות עבודה בכ- 11%.

טבלה 5
הקשר בין הספק הנורה לבין שטף האור

| שטף אור לאחר 100 שעות עבודה (לומן) | הספק W |
|------------------------------------|--------|
| 4,000 | 50 |
| 6,500 | 70 |
| 10,000 | 100 |
| 17,500 | 150 |
| 33,000 | 250 |
| 56,500 | 400 |

אורך החיים של הנורה

אורך חיי הנורה מושפע ממספר פרמטרים.

- מתח האספקה למערכת.
- מחזורי הצתה.
- תכנון נוף התאורה.
- ציוד ההצתה וההפעלה.

בהנחה שנפעיל מספר גדול של נורות נליג קסנון בהספקים של 50W-400W, 10 שעות עבודה לפחות לכל הצתה, יירד אחוז הנורות

משך החיים של הנורה ביחס לשעות העבודה לכל הצתה

משך החיים של נורת נליג תלוי במספר שעות העבודה הממוצע לכל הצתה. ככל שמספר השעות קטן יותר (היינו שמספר ההצתות גדול יחסית לשעות השימוש) - משך החיים של הנורה מתקצר, ראה טבלה 4.

טבלה 4
משך החיים של נורת נליג
ביחס לשעות העבודה לכל הצתה

| שעות עבודה לכל הצתה | משך החיים (שעות) |
|---------------------|------------------|
| הפעלה רצופה | 24,000+ |
| 10 | 24,000+ |
| 5 | 18,000 |
| 2.5 | 13,500 |
| 1.2 | 10,000 |

נורות נליג קסנון

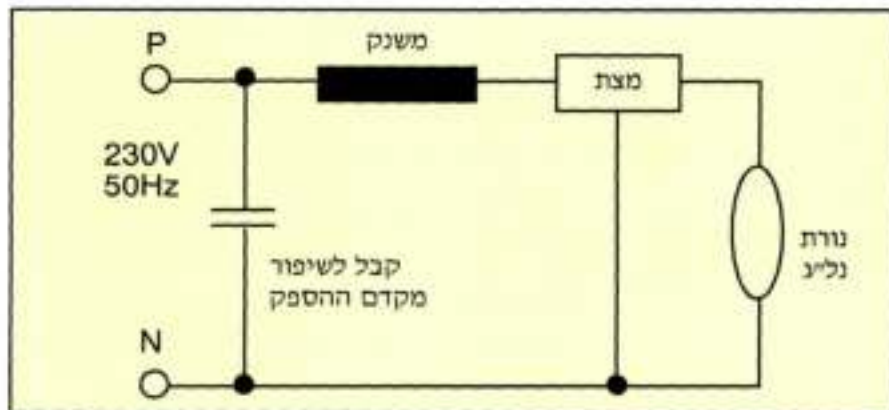
לאחרונה הוחל בשיווק של נורות נליג משופרות. נורות אלה דומות בצורתן הרצינית לנורות הנליג הרגילות, אך הן בעלות נצילות אורית גבוהה ב-20% מזו של נורות הנליג הרגילות. בנורות הללו מכילה שפופרת המריקה, בנוסף לאדי הנתרן, גם תוסף של נו קסנון. הנורות מאירות כתוצאה ממעבר הורם דרך תערובת אדי הנתרן ונו הקסנון. החסרון הטכני של הנורות המשופרות נעץ בהצתתן היקשה. כדי להצית אותן, נדרש דופק הצתה רחב יותר ובעל עוצמה גבוהה יותר מזה הנדרש להצתתן של נורות נליג רגילות.

החסרון הנוסף של נורות הנליג המשופרות הוא מחירן הגבוה, אותו יש לשקול בהתייחס לאורך החיים ולנצילות האורית המשופרת, אשר עשויה להתבטא בחיסכון בעריכת החשמל. נורות הנליג המשופרות נקראות נורות נליג סופר או נליג קסנון, ראה איור 4.

נתונים טכניים של נורת נליג קסנון

להלן הנתונים הטכניים העיקריים של נורת נליג קסנון בהספקים 50W - 400W. הנתונים מתבססים על התקנים הישראליים הרלוונטיים ועל נתוני היצרנים.

באופן עקרוני - בהתייחס לנורת נליג קסנון - הטמפרטורה המינימלית להפעלה היא $40^{\circ}C$ - הן ניתנות להתקנה בכל צורה ומצב (אנכי,



איור 5
הצתה ישירה

קיבולי של 100PF, וממליץ להתקין את המצת קרוב לנורה, ככל שניתן. כאשר מחליטים להתקין את מערכת ההצתה וההפעלה בבסיס עמוד התאורה, יש לבחור מצת המיועד לעבודה במרחק מהנורה.

כאשר משתמשים בשיטת ההצתה הישירה, ניתן להתקין את המשנק בבסיס העמוד ואת המצת בגוף התאורה, בסמוך לנורה. כך אפשר לחסוך את הצורך בשימוש בכבל היקר. לעומת זאת, כאשר נעשה שימוש בהצתה דרך משנק, אין אפשרות להפריד בין המשנק למצת ולכן אי אפשר להימנע מהצורך בכבל היקר.

לא מומלץ להשתמש בשיטת ההצתה באמצעות משנק לצורך ההצתה של נורות מסוג נליג קסטון.

הנחיות היצרנים ביחס למערכות ההצתה וההפעלה

דרישות היצרנים ביחס למערכות ההצתה וההפעלה המובאות כאן, מתייחסות למערכות המיועדות להצתה ולהפעלה של נורות נליג.

מערכת הצתה והפעלה של נורת נליג בה ההצתה היא באמצעות משנק, מוצגת באיור 6.

התקנת מערכת ההצתה וההפעלה

את מערכת ההצתה וההפעלה ניתן להתקין בתוך גוף התאורה, בסמוך לנורה עצמה וזוהי הגישה היחידה נפוצה, או בבסיס עמוד התאורה. שתי שיטות ההצתה מאפשרות להתקין את מערכות ההצתה וההפעלה בבסיס עמוד התאורה - כלומר לא ליד הנורה, אולם יש לכור שמתח גבוה עובר לכל אורך הכבל, עד לנורה. לפיכך יש להשתמש בכבל בעל הפסדים נמוכים (קיבול נמוך מאוד) המיועד לעבודה במתח גבוה. הבידוד של כבלים רגילים מטיפוס NYZ אשר אינם מיועדים לעבודה במתח גבוה פורץ עם השנים כתוצאה משימוש בהם במתח גבוה. כמו כן, דורש יצרן הנורות שיביצעו"י המצת (מתח רוחב פולט) יהיו בגבול הנדרש גם בעומס

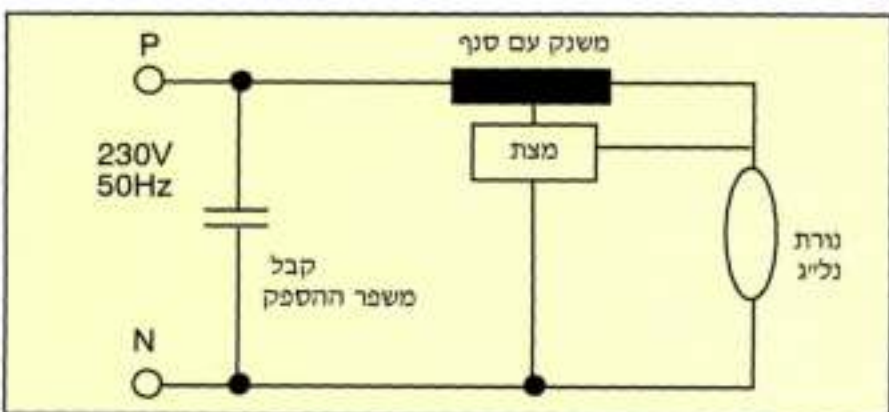
הצתה ישירה

בשיטה זו הצתת הנורה הינה על ידי מצת המייצר מתח גבוה ומשנק. עם אספקת המתח למערכת ויזיהווי" על-ידי המצת שהנורה עדיין לא הוצתה, מייצר המצת עצמו, ישירות לנורה, מתח גבוה להצתתה. לאחר מכן נכנס המשנק לפעולה, והמצת משתקט. המשנק פועל במתח רשת רגיל ולפיכך אינו זקוק לבידודים מיוחדים למתח גבוה. במערכת כזו המצת הינו החלק היקר יחסית והמשנק זול יותר. מערכת הצתה והפעלה של נורת נליג בשיטה ישירה מוצגת באיור 5.

הצתה באמצעות המשנק

הצתת הנורה בשיטה זו נעשית על-ידי סליל מתח גבוה מתוך המשנק, ומצת אשר מהווה למעשה רק מערכת פיקוד והבחנה. המתח הגבוה המסופק לנורה לצורך ההצתה מיוצר מתוך המשנק. המצת מהווה רק מעין פיקוד ומיתוג אלקטרוני. בתחילה, כאשר הנורה עדיין לא הוצתה, הוא דואג למתח את המתח דרך הסליל שבתוך המשנק המייצר מתח גבוה. לאחר שהנורה הוצתה, המצת והמשנק מפסיקים את "ייצור" המתח הגבוה והמשנק מעביר את הזרם לו זקוקה הנורה, ובכך מסתיים תפקידו. במערכת זו המצת הינו זול יחסית והמשנק יקר ביותר, וזאת מכיוון שיש צורך בבידוד מנימו לסלילים הפועלים במתח גבוה. לכן המשנק הינו גדול יותר, כבד יותר ויקר יותר. החברות הגדולות המשתמשות בשיטה זו, יוצקות את המשנק, על מנת ליצור בידוד טוב למתח גבוה ולאפשר לחוטי המשנק לפעול במתחים הגבוהים. מנבלה נוספת: אם המצת - שכאמור, הינו למעשה רק מערכת פיקוד ומיתוג בין סלילים שונים - אינו מצוייד במערכת השתקה עצמית (טיימר), וכמצב של נורה שרופה או פגומה אין הצתה, אך המשנק ממשיך "לייצר" מתח גבוה שעלול למנוע בתקינות שלו עצמו. כאשר עובדים בשיטת הצתה זו יש להקפיד על בחירת משנק המיועד לעבוד בשיטה זו (בדרך כלל משנק יצוק).

לעיתים יצרני ציוד ההצתה המייצרים משנק ומצת, המיועדים להצתה באמצעות משנק, מייצרים מצת אשר אינו מספק את מספר (הפולסים) בשנייה הדרוש לצורך ההצתה הנורה בצורה טובה. הדבר טבעי מרצונם להגן על המשנק מפני פגיעה (עקב אי התאמתו הסלילה לעבודה במתח גבוה). התוצאה היא פגיעה בנורה והקטנת אורך החיים שלה ולאחר מכן פגיעה במשנק עצמו. לכן יש להיות מודעים לכך ולתכנן מצת מתאים, המספק את קצב הפולסים הנדרש להצתת הנורה, ומשנק מתאים לעבודה במתח גבוה שכזה.



איור 6
הצתה באמצעות המשנק



טבלה 7 נתוני דופק ההצתה

| קצב דופק מזערי למחזור הרשת | רוחב פולס מזערי (µs) | מתח הצתה מירבי (kV) | מתח הצתה מזערי (kV) | הספק הנורה (W) |
|----------------------------|----------------------|---------------------|---------------------|----------------|
| *(4) | *(3) | *(2) | *(1) | הערות |
| 1.5 | 0.2 | 2.3 | 1.8 | 50 |
| 1.5 | 0.2 | 2.3 | 1.8 | 70 |
| 1 | 0.2 | 4.5 | 2.8 | 100 |
| 1 | 0.2 | 4.5 | 2.8 | 150 |
| 1 | 0.2 | 4.5 | 2.8 | 250 |
| 1 | 0.2 | 4.5 | 3.25 | 400 |

הערות:
 * (1) בעומס של 100PF.
 * (2) בעומס של 20PF.
 * (3) ב-90% מתח שיא 240° - 270° ו/או 90° - 60°.
 * (4) ממצת לתוך נורה בזמן הצתה. מיקום הפולס ברשת החשמל.

טבלה 8 הערך הקיבולי הנדרש לנורות נל"ג בהתאם להספקן

| הספק הנורה (W) | 400 | 250 | 150 | 100 | 70 | 50 |
|----------------|-----|-----|-----|-----|----|----|
| ערך קבל (µF) | 40 | 30 | 20 | 12 | 10 | 8 |



איור 7
הארת שדה תעופה
באמצעות נורות נל"ג

יגרום בסופו של דבר למניעה באיכות התאורה ויקטין את אורך חיי הנורה, ואזי החסכון שרוצים להשיג עולה ביוקר, בבחינת "יוצא שכרו בהפסדו".

שיטת ההצתה הנפוצה כיום בעולם להצתת נורות נל"ג, היא הצתה ישירה. שיטה זו הוכיחה את עצמה, הן מהבחינה הטכנית והן מהבחינה הכלכלית. חשוב ליישם אותה בהתאם לדרישות התקנים ולהנחיות היצרנים.

מפרסומים שהופיעו לאחרונה, מתברר שיצרני נורות הנל"ג מתכוונים לשווק בקרוב דגם חדש ומשופר של נורת נל"ג קסטון, נורות אלה אמורות להיות בעלות משך חיים ותמוקת אור גבוהים בכ-20% נוספים, (על אלה של נורות הנל"ג קסטון המוכרות כיום).

הנצילות האורית של נורות הנל"ג קסטון המשופרות היא 150 לומן לואט, לעומת 120 לומן לואט בנורות נל"ג קסטון וכ-100 לומן לואט בנורות נל"ג.

מערכות ההצתה והפעלה המיושמות כיום בהתאם לדרישות היצרנים, יתאימו גם להצתה ולהפעלה של הדגם המשופר החדש של נורות הנל"ג קסטון. לכן יתאפשר שילובן של הנורות הללו במיתקני תאורה, מבלי שיהיה צורך בשינויים מהותיים.

קסטון. לכן הן מתאימות בהכרח גם להצתה ולהפעלה של נורות נל"ג רגילות (שכן דרישות ההצתה וההפעלה עבור נורות נל"ג קסטון הינן גבוהות יותר).

כדי להשיג הצתה נכונה, ביצועים טובים ואורך חיים גבוה, חשוב ביותר שציוד ההצתה וההפעלה יתאים לסוג הנורה, ושציוד ההפעלה יתאים למתח הנומינלי של רשת החשמל.

משנק

המשנק צריך להיות מותאם במיוחד לדרישות הנורה כפי שמפורט בתיי 1166 וצריך להתאים לדרישות תיי 1169.

מצת

המצתים חייבים להתאים לדרישות תיי 1451 ובעלי נתוני דופק הצתה כמפורט בטבלה 7.

כבל החשמל בין המצת לנורה

כבל החשמל חייב להיות בעל נתונים אשר יבטיחו את שלמות ההצתה של הנורה. הכבל יהיה מסוג "ערך קיבול חשמלי נמוך" - 100PF ל-1 מטר ומותאם למתח גבוה המתאים לרמת דמקי ההצתה של המצת (מינימום 15kV). כדי להשיג הצתה נכונה יש להתקין את המצת קרוב לנורה, בגוף התאורה. בעת התקנת המצת יש להקפיד שהמרחק בין המצת לנורה לא יעלה על 1 מטר.

קבלים לשיפור מקדם ההספק עבור המערכות השונות

קבלים לשיפור מקדם ההספק חיוניים להקטנת הצריכה של הזרם מרשת החשמל ולצמצום העלויות של מערכת החשמל. עבור אספקת החשמל של 220 - 250VAC יש להשתמש בקבלים בעלי מתח של 250 VAC ובערך קיבולי כמפורט בטבלה 8.

סיכום

במאמר זה הוסברה חשיבותו של השילוב הנכון בין נורות הנל"ג לסוגיהן לבין מערכות ההפעלה וההצתה שלהן. שילוב זה חשוב במיוחד כאשר משתמשים בנורות נל"ג קסטון, אשר הצתתן דורשת דופק הצתה "איכותי" יותר, מבחינת עוצמתו, רוחבו ותדרו. שילוב לא נכון בין נורות הנל"ג לבין מערכות ההצתה וההפעלה, במסגרת לחסוך בהוצאות,



הושלמה הקמת הקטע המרכזי (פ"ת-קיסריה) של מוביל החשמל הארצי במתח 400 ק"ו

מהנדס חזי סמוחה M.Sc.

בטקס תגיני, בהשתתפות שר האנרגיה והתשתיות, ד"ר גונן שגב, יו"ר דירקטוריון חברת החשמל, עדי אמוראי ומנכ"ל החברה, רפי פלד, צויינה השלמתו של הקטע המרכזי של מוביל החשמל הארצי (קו 400 ק"ו)-קטע באורך של 54 קילומטר, המחבר בין תחנת המיתוג פתח-תקוה וקיסריה.

מערכת המסירה במתח-על (400 ק"ו) המתוכננת כמערכת המסירה הראשית בישראל, מהווה חלק מתוכנית הפיתוח של מערכת החשמל בכללותה. תוכניות הפיתוח מיועדות להתאים את המערכת-לכלל אורכה, מאמצעי הייצור עד מיתקן החשמל של הלקוח - לדרישות המשק ולצרכים הנוברים, מבחינת הכמות, הזמינות והאיכות של החשמל. מוביל החשמל ועמודיו הנישאים הפכו לחלק בלתי נפרד מן הנוף, באזורים בהם הוא עובר, ועם השלמת החלק המרכזי, מצאנו לנכון לסקור בקווים כלליים את מה שהוקם ואת מה שמתוכנן בעתיד, בנושא זה.

נתונים מספריים מרשימים

למעט תחנות הכוח הפחמיות הגדולות - פרויקט י"קו 400, הוא הפרויקט הגדול ביותר שמבצעת חברת החשמל, והוא מן

הוצאת האנרגיה מתחנת הכוח החדשה מיד ב, שהקמתה נשלמת כחדרה - צפונית לתחנת הכוח ימאור דוד" הוותיקה יותר, תוכננה אף היא מראש, כחלק מהקונספציה של קו 400, והקטע שהושלם עתה, מיועד למטרה זו, עם הפעלתה של יחידת הייצור הראשונה בתחנת, ייכנסו לפעולה תחנת המיתוג בקיסריה והקווים מתחנת הכוח לקיסריה ומקיסריה לפתח תקוה. במקביל יופעל מסדר 400 ק"ו באתר טורבינות הגז חנית (בכביש ואדי מילק).

בשנת 1997 תחברו למערכת תחנת המיתוג בן שורק, ובשנת 1998 תופעלנה תחנות המיתוג רמת חובב בדרום וזבולון בצפון. שנה מאוחר יותר אמורה להיכנס לפעולה תחנת המיתוג אבן ספיר, אשר תהווה מקור אספקה ממוביל החשמל הארצי לירושלים רבתי ולסביבתה. לקראת סוף המאה יועזר איפוא קשר חשמלי רציף במתח 400 ק"ו בין צפון הארץ ודרומה, עם "שלוחות" לכיוון ירושלים (אבן ספיר) ולכיוון המרכז (בן שורק). אורכו של "הציר הראשי" במוביל - מרמת חובב עד זבולון - יגיע ל- 280 קילומטר.

עוד נמצאים בתכנון קו 400 ק"ו נוסף, שמשרב ובמקביל לקו הקיים, ואשר מיועד שיפזר יכולת המסירה וליסיפור אמינות האספקה במאה ה-21 והמשך המוביל הארצי, צמונה לזבולון, לאזור הכינת.

תיאור המריסה הבסיסית של מוביל החשמל הארצי, תחנת המיתוג שלו ואמצעי הייצור המחוברים אליו, מובאים באיור 1.

המעבר לקו 400 ק"ו

מערכת המסירה הארצית במתח-על (400 ק"ו), תאפשר העברת כמויות חשמל גדולות מי **שבעה**, לעומת מערכת המתח העליון (161 ק"ו), הקיימת היום (ואשר תהפוך בתדרנה למערכת משנית). צמיחת המשק וההספקים הצפויים בשטח הקרוב, הינם מעל ליכולתה של מערכת המתח העליון. גם רמת זרמי הקצר הצפויה, עם צמיחת המערכת, מהייבום את "עליית המדרגה" במערכת המסירה הארצית.

חברת החשמל נערכה לצרכים החדשים, והקונספציה של "קו 400" כפתרון, נובשה באגף המחקר והפיתוח של החברה, כבר במחצית שנות השמונים, במקביל להחלטה לעבור להקמת יחידות ייצור גדולות, בהספק של 550 מגואט כל אחת, בתחנות הכוח החדשות.

שלבי הפיתוח של המערכת

קטעיו הראשונים של מוביל החשמל הארצי החדש, באורך של כ-100 ק"מ, הופעלו במקביל להפעלתה של תחנת הכוח רוטנברג באשקלון. עם הפעלתה של יחידת הייצור הראשונה בתחנה זו, הופעלה תחנת המיתוג (תחמי"ג) צפית (ליד כפר מנחם) ועם הפעלת היחידה השנייה, הופעל הקטע מתחמי"ג צפית לתחמי"ג פתח תקוה. (ראה איור 1).

חזי סמוחה - מנהל מחלקת קווי רשת עליונים, מרשת הארצית, אגף השינוק והרכינות חברת החשמל.



איור 1 תשתית מערכת החשמל 400 ק"ו



תשתית אחרים - כגון מעיצוב ועוד. לפני ביצוע העבודה נדרשים אישורי מעבר מבצעי הקרקעות.

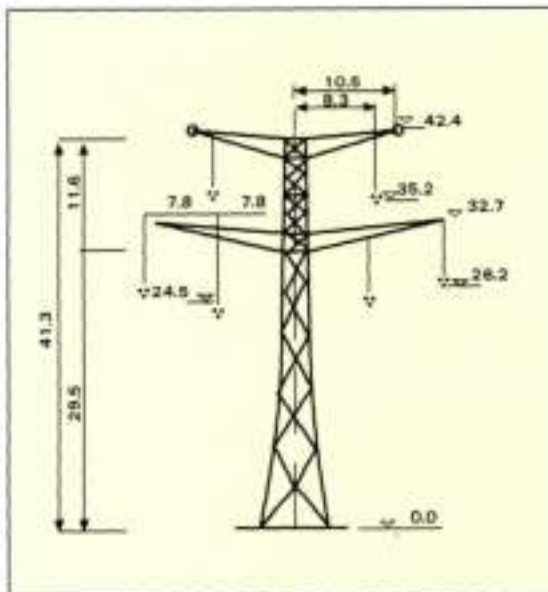
הקמת הקווים נעשית על ידי מחלקות ביצוע הרשת של מחוזות חברת החשמל, באמצעות עובדי חברה שעברו הכשרה מיוחדת לצורך זה. מדובר בעבודה מורכבת, הכרוכה לא רק בהקמת עמודי ענק ומתיחת תילים כבדים, אלא גם בחציית מכשולים (כבישים, מסילות ברזל, קווים אחרים וכיוצא בזה), בעבודה בשטחים הקלאיים (הדורשים תיאום והתחשבות בבצעי הקרקע) ובקטעים מסוימים גם התמודדות עם קרקע קשה, מפלסים בעייתיים, ואדיות, חורש טבעי ועוד.

לצורך ההקמה נדרש ציוד רב הכולל, בין היתר, מגופים כבדים ומערבלי בטון, טרקטורים ומכונות קידוח, במות הרמה, מכונת משיכה וכלימה (לפריסת התילים), קרוניות הנוסעות על התילים ולאחרונה אף מסוקים למתיחת התילים באזורים מסוימים.

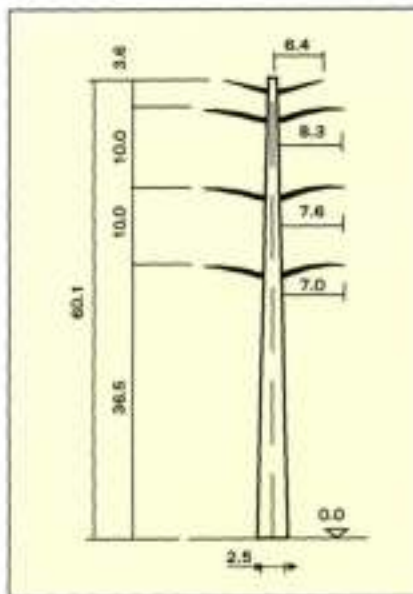
היבטים סביבתיים

הקו שצריך להליך חשמל לאורך המדינה, ומתחנות הכוח שלאורך החוף אל אזורים הצריכה, עובר מטבע הדברים, באזורים רגישים. שטחים חקלאיים, אתרי טבע ונוף, לאורך ומעל לציוד תנועה ועוד. הדבר מחייב התחשבות ורגישות, הן מבחינת הדרישות החוקיות והפרמטריות המחייבות תהליכי רישוי, על פי חוק התכנון והבנייה (כגון: תסקירי השפעה על הסביבה) והן מבחינת המחויבות הציבורית של חברת החשמל. משלב התכנון של עמודי הקו ועיצובם, דרך תכנון התוואים, המיקום והעיצוב של תחנות המיתוג, התיאום עם גורמי איכות הסביבה ועד להפעלת מסוקים לצורך מתיחת התילים באזורים מסוימים - משקיעה חברת החשמל מאמצים ומשאבים רבים במטרה למוער את ההשלכות הסביבתיות של הפרויקט.

השימוש במסוקים מונע את הצורך להגיע עם הציוד הכבד לאתר ההקמה של כל עמוד, דבר שעלול להיות כרוך בפגיעה בנוף או בגידולים חקלאיים. השימוש בעמודי צינור מקטין את שטחי הקרקע היינגליים על ידי העמודים. תחנות המיתוג הסגורות, מקטנות בתוך מבנים, כאשר הכידוד נעשה באמצעות גז (SF₆) במקום מרחקי אוויר - דבר אשר מקטין את השטחים הדרושים ואת הפגיעה בנוף.



איור 2
עמוד משא אופייני - מסבך



איור 3
עמוד משא אופייני - צינור

הליכי הרישוי, לשלביהם השונים, מטופלים על ידי מנהל רישוי ונכסים ומחוזות בחברת החשמל בסיוע המחלקה לאיכות הסביבה. תוואי הפרוזדורים מאושר על ידי המועצה הארצית לתכנון ולבנייה והממשלה, במסגרת תוכנית המיתאר הארצית למערכת החשמל (תמ"א 10). הליך זה מחייב בדיקות מפורטות הנוגעות לאיכות הסביבה ותיאום עם גורמים שונים, בהם צה"ל, רשות שמורות הטבע, רשות העתיקות, רשויות מקומיות, גורמי

המרוקטים הגדולים ביותר בישראל בכלל. בהקמתו מושקע סכום של כ-500 מיליון דולר, כשליש מהסכום - בקו עצמו, וכשני שלישים בתחנות המיתוג.

גובהם של העמודים הרגילים (עמודי מסבך) מגיע לכדי 40-50 מטר (דהיינו, הם מתנשאים עד לגובה של בניין בן כעשרים קומות!) ומפתח זרועותיהם כ-30 מטר. משקל העמודים 15-30 טון, יסודותיהם נחפרים לעומק של כ-25 מ' ושטח בסיסם 50 - 100 מ"ר. הם מתוכננים להצבה במרחק של כ-500 מ' זה מזה.

משיקולים סביבתיים פותחה סדרה נוספת של עמודים: עמודי צינור, שגובהם 50-65 מ', מפתח זרועותיהם כ-15 מ' ומשקלם 25-60 טון. חלקם מתוצרת צרפת וחלקם מתוצרת ארצות הברית. יתרונם העיקרי בכך ששטח בסיסם (5 - 10 מ"ר) דהיינו כעשירית בלבד מהשטח הדרוש לעמודי המסבך המקבילים, אך מחירים גבוהי פי שלושה מזה של עמודי המסבך.

תאור של עמוד משא (עמוד נושא תילים, להנדיל מעמוד מתיחה) מטיפוס מסבך מובא באיור 2, ושל עמוד משא מטיפוס צינור, באיור 3.

נתונים טכניים - תכנון וביצוע

קווי 400 ק"ו הם הקווים הגדולים והכבדים ביותר של חברת החשמל, מכל הבחינות. רובם קווים דו-מעגליים, המורכבים מתילים בחתך 3 x 593 ממ"ר סנסוגת אלומיניום בכל מופע ושני תילי הארקה בחתך 241 ממ"ר סנסוגת אלומיניום. באחד מתילי הארקה משולב סיב אופטי OPGW. בקטע המוביל מתחנת הכוח מ"ד בחדרה לתחמיג קיסריה, נבנו משיקולי אמינות האספקה, שני קווים חד-מעגליים, שנעזרו למנוע תלות בקו אחד להוצאת כל האנרגיה מתחנת הכוח החדשה.

התכנון הרעיוני של מוביל החשמל, נעשה על ידי אנף המחקר והמיתוג של חברת החשמל. יחידת הרשת הארצית באנף השיווק והצרכנות מכינה את המפרטים ומגדירה את הדרישות הטכניות של הרכיבים השונים: יסודות, עמודים, תילים, מבדדים, האבזורים השונים, הציוד וכלי העבודה. על פי המפרטים, את הליכי הרכש והאספקה, מבצע אנף האספקה והאחסנה ובמקביל נערכת התקשרויות עם קבלנים לביצוע עבודות שונות. במחוזות החברה מתוכננים תוואי הקוים ומיקום העמודים בשטח.

מוביל החשמל הארצי במתח-על (400 ק"ו)

"קו 400" - מוביל החשמל הארצי במתח-על (400 ק"ו), מיועד לענות לצורכי העברת החשמל הגוברים, בעתיד הקרוב ובעשורים הבאים. הקמתו תאפשר אספקת חשמל בכמויות הגדולות שתידרשנה, באמינות ובאיכות גבוהים יותר. הקמת הקו נעשית בשלבים, במקביל לפיתוחם של אמצעי הייצור ולעלייה בביקושים. פרויקט ההקמה והטו פרויקט מורכב ורחב מימדים, שההשקעה בו (בקווים ובתחנות המיתוג) הינה כחצי מיליארד דולר.

פריסת הקו וגודלם של העמודים מחייבים עבודות תכנון וביצוע מורכבים ממה שידענו עד כה בתחום מערכות המסירה והחלוקה. גם ההשפעה על הסביבה הינה, באופן טבעי, משמעותית יותר. חברת החשמל נערכה בהתאם - לביצוע מקצועי ולהשגת התוצאות תוך פגיעה מינימלית בסביבה והתחשבות מירבית בבעלי הקרקעות ובאינטרס הציבורי.



צילום: אבי חזאב

עמוד צינור בקו 400 ק"ו
עמודי צינור משולבים במוביל החשמל הארצי במתח-על (400 ק"ו), במקומות בהם נדרשים עמודים בעלי שטח בסיס קטן.



צילום: אבי חזאב

מתיחת תילים באמצעות מסוק
באזורים בהם אין גישה נוחה עבור הציוד המקובל למתיחת תילים, מבצעים את מתיחת התילים באמצעות מסוק.



צילום: מיל סלינג

עבודות הקמה של קו 400 ק"ו המבוצעות בלילה
כדי לקצר את משך ההקמה של קו 400 ק"ו וכדי לצמצם במידת האפשר את הפגיעה בפעילות השוטפת של המשק, מבוצע חלק מהעבודות גם בלילה.