

התקע המצדיע

כתב עת מקצועי לחשמל

ISSN 0333-6220



חברת החשמל



השיתוף המקצועיות והיוזמה

היוזמה והמקצועיות של העוסקים בענף החשמל בשיתוף חברת החשמל, לתועלת הלקוחות

מס' 56 - אפריל 1994



תוכן העניינים

| | |
|----|--|
| 3 | דבר המערכת |
| 4 | תקנות החשמל (רשיונות) - עידכונים, חידושים ותוכנית לעתיד מ' זיסמן |
| 5 | זהירותו כבל חשמל מונח באדמה אירוועי "התקע המצדיע" |
| 6 | הכנס המקצועי השנתי ה'11 של העוסקים בתחום החשמל בישראל מפגשי מועדני "התקע המצדיע" |
| 7 | א' נבאי כנס "תעשיית הפלסטיקה" איכות החשמל |
| 8 | מ' שפיגל |
| 9 | השפעת טכנולוגיות חדישות ועתידיות על הביקוש לחשמל במיגזר הביתי בישראל עד שנת 2015 ב' שוורץ |
| 16 | חידושים במערכות לבקרת מבנים ב' ויינשטיין |
| 19 | משולחן הוועדות ועדת הפירודשים מ' שמר |
| 23 | מדור שירות פירטומי לקוראים תיכון מעגלים סופיים במשרד המודרני י' בלבל |
| 25 | מינוי מנהל ענייני חשמל (רשיונות) במשרד העבודה והרווחה |
| 25 | חידוש המנוי ל"התקע המצדיע" - סדרה 56-61 התפתחויות טכנולוגיות במערכות הנעה חשמליות - היבטים טכנולוגיים נ' שגיב |
| 39 | עקרונות בקרה על פריקה אלקטרוסטטית (פא"ס) להשגת בטיחות ואמינות בתעשייה מ' נצר |

עורך ראשי:
אורו לייטנר

עורך:
בנימין כהן

עורך משנה:
אייל נבאי

מערכת:

יוסף בלבל, יצחק ברכה, אברהם זיו,
אייל ירום, משה מרגלית, אלי טאטרה,
נרשון מרבר, יואל קורציון,
יבגני קליימן, יוסף רוזנקרץ

מינהלה והוצאה לאור:
משה ציטרון

עריכה לשונית, גרפיקה וסדר:
טרפיק - כתיבה והפקה בע"מ

לוחות והדפסה:
דפוס תמיד בע"מ

כתובת המערכת:

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

בשער:

הדרך לשירות טוב יותר ללקוחות עוברת בציר חברת החשמל - העוסקים בתחום החשמל. השיתוף, המקצועיות והיוזמה הם המרכיבים ההכרחיים להבטחת שביעות רצון הלקוחות.



גיליון זה, הפותח את הסידרה החדשה של "התקע המצדיע" למנויים (חברות 56-61), יוצא בעיצומה של הנכרת פעילות ההדרכה וההכוונה של חברת החשמל לציבור החשמלאים באמצעות "התקע המצדיע".

מטרות פעילות זו, כפי שאנחנו מציגים אותן במסגרת הפורומים המקצועיים הרבים בהם אנו נפגשים, הן לסייע בשיפור הרמה המקצועית של העוסקים בתחום החשמל ולקבל היוזן חוזר, שמטרתו להוות כלי לשיפור השירות והגיבוי המקצועי הניתן על ידי חברת החשמל לציבור המקצועי. כפועל יוצא מכך נוכל גם לשפר את השירות הניתן לציבור צרכני החשמל, שהם הלקוחות המשותפים לחברת החשמל ולאנשי מקצוע החשמל.

מערכת "התקע המצדיע", או אל ועדת ההוראות לביצוע עבודות חשמל שליד משרד האנרגיה והתשתית.

נוסף לכך משמשים המפגשים ל"חשבון נפש" מקצועי וניהולי עבור חברת החשמל, שבעקבותיו נעשים מאמצים לשפר את הטעון שיפור בהתאם לעניין.

בגיליון מובאים מאמרים בנושאים מגוונים, במטרה לקלוע למרבית תחומי ההתעניינות של החשמלאים. מטבע הדברים, כפי שאנחנו למדים מפניות ישירות, תחומי ההתעניינות של הקוראים משתנים בהתאם להשכלתם המקצועית ולתחום עיסוקם.

הקו המנחה של "התקע המצדיע" הוא להבטיח מינון אופטימלי של מאמרים בתחום המעשי – מאמרים הממחישים יישום תקנות החשמל במיתקני חשמל, פירסום תשובות של ועדת הפירושים שליד משרד האנרגיה והתשתית לשאלות המופנות על ידי החשמלאים וכו' – וגם מאמרים המיועדים להעשיר את הידע המקצועי של הקוראים – מאמרים המבוססים בדרך כלל על מחקרים מעמיקים שנערכו בחברת החשמל לצרכיה, ופירסומם נעשה כדי לשתף את הקוראים בניסיון שנרכש בחברת החשמל.

אנו מקווים שתמצאו עניין בחוברת הנוכחית ובחברות שייצאו לאור בעתיד. אנחנו מעוניינים לקבל את תגובותיכם. לשם כך, יש בכוונתנו לחדש במתכונת רחבה את מדור המכתבים למערכת ולכלול בו שאלות, תגובות והצעות ואף דברי ביקורת בונה של הקוראים. אנו מעוניינים שתגובר השותפות הפעילה שלכם בפעילות הענפה של "התקע המצדיע".

בנימין כהן
העורך

בגיליון זה אנחנו מודיעים על שינוי קרוב של תקנות החשמל בדבר רישיונות. שינוי זה יתבטא בהרחבת מסגרת העבודות המותרות לחשמלאים בעלי רישיון "חשמלאי-מעשי", "חשמלאי-מוסמך" ו"חשמלאי-ראשי". כפי שידוע, קדמו לשינוי פניות רבות של אנשי החשמל במסגרת כל הפורומים של "התקע המצדיע".

גיליון זה יוצא לאור לקראת הכנס המקצועי השנתי ה-11 של העוסקים בתחום החשמל בישראל, שיתקיים ב-24.5.94 בגני התערוכה בתל אביב.

אנחנו שואפים לתרגם לשפת המעשה את המסרים המועברים אלינו על ידי משתתפי הכנס, בכל הקשור לשיפור תהליכי העבודה המשותפים לאנשי החשמל ולחברת החשמל. לשם כך חולק בכנס ה-10 שאלון למשתתפי הכנס, שבו הם התבקשו לחוות דעה על השירותים הניתנים להם על ידי חברת החשמל ולהביע את ציפיותיהם משירות זה.

את מתכונת שאלוני המשוב לציבור העוסקים בתחום החשמל נרחיב לכנס ה-11 ולמפגשים נוספים, וזאת כדי להתמיד באמצעות תגובות המשיבים במגמת שיפור השירות, שהוא אחד מקווי המדיניות של חברת החשמל.

הוצאת הגיליון מתרחשת בתקופה בה הוחלט על הגברה משמעותית של תדירות מפגשי "התקע המצדיע" באזורים המנהליים של חברת החשמל. אנו מפרסמים מראש את תוכנית המפגשים לשנת 1994, כדי שתוכלו "לסמן ביומנכם" את התאריכים הרצויים לכם ותתכוננו בעוד מועד למפגשים.

במפגשים אלה, בהם משתתפים נושאי התפקידים העיקריים של האזור או המחוז, ניתן להעלות בעיות עקרוניות ופרטיות, הן בתחום המקצועי והן בתחום הקשר עם חברת החשמל ולקבל ברוב המקרים תשובות מוסמכות. שאלות מקצועיות שעליהן לא ניתן להשיב במקום, מועברות להתייחסות חברי



תקנות החשמל (רשיונות) עידכונים, חידושים ותוכניות לעתיד

מהנדס משה זיסמן

השיתויים המהותיים האחרונים בדבר רישוי חשמלאים מורסמו, כזכור, בתקנות החשמל (רשיונות), התשמי"ה – 1985 בקובץ התקנות 4778. מאז מועד זה חלו תמורות משמעותיות בתחום מקצוע החשמל ונשמעו יותר ויותר קולות המבקשים התאמת התקנות למציאות שנוצרה, להתפתחויות הטכנולוגיות לקראת שנת 2000 ולתמורות הנדרשות בהגדרת שלבי ההסמכה השונים של רשיונות החשמל.

כמאמר זה מפורסמים לראשונה עידכונים בתקנות החשמל בדבר רשיונות. עידכונים אלה יקבלו תוקף של חוק בתקופה הקרובה. כמו כן נסקור את הפעילויות הנוספות בתחום הרישוי שבוצעו לאחרונה.

במילה "פיקוח" היא, שבעל רישיון חשמלאי-עוזר יבצע עבודות חשמל במיתקן בעל מתח נמוך באחריותו של בעל רישיון חשמלאי-מוסמך לפחות.

אופן הפיקוח יהיה במתן הוראות והנחיות טכניות מחייבות, או בכל דרך שימצא לנכון בעל הרישיון חשמלאי-מוסמך או גבוה יותר, במסגרת אחריותו בנדון.

קבלת רישיון חשמלאי-ראשי בשלבים

אחת הבעיות העומדות בפני חשמלאים הנכנסים למעגל העבודה במשק, לאחר תקופת הכשרתם המקצועית המקנה להם רישיון לעסוק בעבודות חשמל, היא חזרה למסלול הלימודים הנדרשים כדי להשיג רישיון גבוה יותר.

כיום ניתנת אפשרות לתלמיד שלמד בבית ספר מקצועי, שנמצא תחת פיקוח של משרד העבודה במגמת "חשמלאי-מוסמך" וסיים י"ב כיתות, כולל מבחנים חיצוניים ל"חשמלאי-מוסמך", להמשיך ללמוד שנה נוספת בכיתה י"ג, כדי לקבל רישיון "חשמלאי-ראשי" לפי תוכנית לימודים ובחינות נמר של משרד העבודה והרווחה.

במקרה המתואר לעיל, המסלול לקבלת רישיון "חשמלאי-ראשי" יהיה כמפורט להלן.

תלמיד שיסיים בהצלחה את הלימודים במסלול י"ב כיתות, כולל מבחנים סופיים ל"חשמלאי-מוסמך" וכיתה נוספת, כיתה י"ג, כולל מבחנים

ועדות ערר

הוקמו שתי ועדות ערר פנימיות במשרד העבודה והרווחה. תפקידן לדון בעררים המוגשים על ידי חשמלאים, אשר רואים עצמם נפגעים מהחלטות לגבי סיווג רשיונות החשמל שלהם.

ועדת ערר פנימית לרישוי חשמלאים

הועדה מורכבת משלושה חברים ודנה בנוכחותו של החשמלאי בהשגותיו על החלטות של יחידת רישוי חשמלאים. אם החשמלאי אינו מרוצה ממסיקת הוועדה, הוא רשאי לפנות לוועדת ערר בבית המשפט המחוזי בירושלים בראשות שופט, כפי שזו מוגדרת בסעיף 7 של חוק החשמל תשי"ד – 1954.

ועדת ערר למהנדסי חשמל עולים חדשים

הוועדה מורכבת מארבעה מהנדסי חשמל בכירים. מהנדסי חשמל עולים חדשים הפונים לוועדת ערר זו, נבחנים על ידי חברי הוועדה. בהתאם לידע המקצועי שהם מגלים נקבעת ההחלטה לגבי סיווג רשיונות החשמל שלהם.

פיקוח על עבודות המותרות לחשמלאי-עוזר

בתקנות החשמל בדבר רשיונות נקבע, שבעל רישיון חשמלאי-עוזר רשאי לעזור בביצוע עבודות חשמל במיתקן בעל מתח נמוך, וזאת בפיקוחו של בעל רישיון חשמלאי-מוסמך או גבוה יותר. הכוונה

עידכונים בתקנות החשמל (רשיונות)

כזכור, בסוף שנת 1988 החליטה חברת החשמל על מעבר לחיבור סטנדרטי לדירת מגורים של 1x40 אמפר (במקום 1x25 אמפר). נוצר מצב, שנמנע מחשמלאי בעל רישיון חשמלאי-מעשי, אשר לפי תנאי רישיון רשאי לבצע עבודות חשמל עד 1x25 אמפר, לבצע עבודות חשמל בדירות סטנדרטיות חדשות.

כדי לתקן מצב זה הורחבה מסגרת העבודות המותרות לחשמלאים לפי הפירוט הבא:

■ חשמלאי-מעשי

רשאי לבצע עבודות חשמל, כשהמיתקן בעל עוצמת זרם שאינה עולה על 1x40 אמפר (במקום 1x25 אמפר).

■ חשמלאי-מוסמך

רשאי לבצע עבודות חשמל, כשהמיתקן בעל עוצמת זרם שאינה עולה על 3x80 אמפר (במקום 3x63 אמפר).

■ חשמלאי-ראשי

רשאי לבצע עבודות חשמל כשהמיתקן בעל עוצמת זרם שאינה עולה על 3x250 אמפר (במקום 3x200 אמפר).

מ' זיסמן – מנהל עיוני חשמל (רשיונות)
האגף להכשרה ולפיקוח כוח אדם
משרד העבודה והרווחה



שינוי תקנות החשמל (רשיונות)

סופיים ל"חשמלאי-ראשי" – יהיה זכאי לקבל רשיון "חשמלאי-מוסמך" בשלבים כלומר, הוא יקבל רשיון "חשמלאי-עוזר" בגמר הלימודים, לאחר שנה של ותק מקצועי הוא יקבל רשיון "חשמלאי-מעשי", לאחר שנתיים נוספות של ותק מקצועי יקבל רשיון "חשמלאי-מוסמך" ולאחר שנתיים של עבודה מעשית כבעל רשיון "חשמלאי-מוסמך", הוא יקבל רשיון "חשמלאי-ראשי" ללא שום מבחנים נוספים.

הגישון המקצועי המעשי הנדרש מהחשמלאי לפי תקנות החשמל הוא "במיומנויות הנמצאים במבנים המשמשים לדירות מנווים, משרדים או בתו מלאכה".

חשמלאים, ארגון הטכנאים וההנדסאים, לשכת המהנדסים והאדריכלים, משרד העבודה והרווחה, משרד החינוך, משרד האנרגיה והתשתית וחברת החשמל.

הועדה גם תאסוף מידע עדכני על שיטות הסמכה להוצאת רשיונות לחשמלאים הנהוגות במדינות שונות באירופה ובארצות הברית, כדי ללמוד מהניסיון שהצטבר שם.

הועדה תניש את הצעותיה עד 1 בנובמבר 1994.

הרכב הועדה הוא: איגני מי זיסמן, מנהל ענייני חשמל ליו"ר, איגני מי פרבר, לשכת המהנדסים והאדריכלים (חבר), איגני מי קוטינסקי, מהנדס יועץ (חבר), איגני א' ברדב, חברת החשמל (חבר), איגני ג' פלג, מהנדס יועץ (מרכז הועדה).

באגף להכשרה ולפיתוח כוח אדם שבמשרד העבודה והרווחה מונתה ועדה מקצועית של מומחים בנושא חשמל. תפקיד ועדה זו הוא להכין ולשקול את הצורך לשנות את תקנות החשמל (רשיונות) ולהתאימן להתפתחות הטכנולוגית בשנת האלפיים ולתמורות הנדרשות בהגדרת שלבי ההסמכה השונים.

הועדה מורכבת מחמישה מהנדסי חשמל בכירים מכל מיוזמי המשק, הועדה תאמץ, תראיין ותקבל הצעות מצניגים של הגופים הבאים: ארגונים שונים של

זהירות! כבל חשמל מונח באדמה

לאורכה ולרוחבה של ארצנו שזורים אלפי קילומטרים של כבלים תת קרקעיים, המובילים את החשמל למאות אלפי צרכנים. כבלים אלה, המונחים בעומק של כמטר עד מטר וחצי מתחת לפני הקרקע, מגבירים את אמינות האספקה, מגבירים את הבטיחות מפני פגיעות חשמליות ומסייעים לשמירה על איכות הסביבה. כבלי החשמל דומים למערכת כלי הדם שבגופנו – הם "היעורקים" שבאמצעותם מוזרמת האנרגיה לכל חלקי המדינה. פגעת בהם וניתקת את מקור האנרגיה:

תשומת הלב המועטה הדרושה לתיאום לפני התחלת העבודה תחסוך ממך את הסכנות הרבות העולות להיגרם לך ולמערכת אספקת החשמל עקב הפגיעה.

בכל מקרה, אם נתקלת במהלך החפירה בסרט סימון צהוב, עלו מודפסת הכתובת: **"זהירות כבל חשמל מונח באדמה"** – יש להפסיק את העבודה ולפנות לחברת החשמל לקבלת הנחיות נוספות.

הכתובות שאליהן יש לפנות לתיאום ולקבלת אישורים:

- **מחוז הצפון** (מבית-ליד ועד מטולה), מחלקת אחזקת רשת, רח' החשמל 19, חיפה 31001, טל' 04-647297, 04-647330
- **מחוז דן** (תל אביב, חולון, בת ים, אזור, אור יהודה, נבעת שמואל, קרית אונו, בני ברק, רמת גן, כפר אוזר, גבעתיים), מחלקת תיאום הנדסי, רח' יגאל אלון 76, תל אביב, טל' 03-389403, 03-389498
- **מחוז הדרום** (מנתניה עד אילת להוצא נוש דן), מחלקת הנדסה מחוז הדרום, המרכז הטכני, רח' קרמניצקי 7, תל אביב 67899, טל' 03-5633430, 04-5633419
- **מחוז ירושלים:** מחלקת ביצוע רשת, רח' המלמד 44, גבעת שאול, ירושלים, טל' 02-580935, 02-580936

למרבית הצער, נגרמות בכל שנה מאות פגיעות בכבלי החשמל התת קרקעיים, כתוצאה מעבודות עפר וחפירה הסתבצות ללא בדיקה, תיאום וקבלת אישור חפירה מראש מחברת החשמל.

לידיעתך – פגיעה בכבל עלולה לעלות בחיי אדם: פריצת חשמל בגין כבל פגוע מהווה סכנת חיים, ועל כן לפני שאתה מתחיל לחפור באזור כלשהו עליך לוודא שלא עוברים כבלים תת קרקעיים במקום. פגיעה בכבלים התת קרקעיים גוררת גם תביעה בגין הנזקים הנגרמים לחברת החשמל.

כדיקה מוקדמת וקבלת האישור מחברת החשמל מונעות פגיעה ברשת החשמל, פגיעות העולות למדינה, לחברת החשמל, לצרכני החשמל ולקבלנים עצמם סיליוני שקלים בשנה.

כל מה שעליך לעשות לפני התחלת העבודה בשטח הוא לפנות בכתב לחברת החשמל (הכתובות מפורטות להלן) ולבדוק את הנשא. את יודעים היטב שזומנך יקר ולכן עושה חברת החשמל כל מאמץ לענות לפנייתך במהירות האפשרית, כדי לא לעכב את העבודה, ולא לגרום לך הפסדים כספיים.

המחיה תכלול את הפרטים הבאים: שם, כתובת, מספר טלפון, מהות הבקשה וכל פרט אחר העשוי לזרז את הטיפול. בבקשתך (מספר חלקה, תיאור העבודה והיקפה וכו'). לפנייה יש לצרף שרטוט או תרשים של העבודה.

הכנס המקצועי השנתי ה-11 של העוסקים בתחום החשמל בישראל

הכנס השנתי ה-11 של העוסקים בתחום החשמל בישראל יתקיים ביום שלישי, 24 במאי 1994, במרכז הקונגרסים בתל אביב. הכנס יכלול שני מושבים:

מושב א – המיפגש המרכזי

יתקיים מ-09:30 עד 11:00 בהשתתפות כל באי הכנס.

ברכות

- משה שחל, שר האנרגיה והתשתית
- עדי אמוראי, יו"ר מועצת המנהלים, חברת החשמל
- משה כץ, המנהל הכללי, חברת החשמל.

- הרצאה מרכזית: תפעול מערכת החשמל הארצית תוך הדגשת היבטי אמינות האספקה במיתקני הצרכנים דב סטרולוביץ, מנהל יחידת ניהול מערכת החשמל הארצית, אגף התפעול, חברת החשמל.

מושב ב – הרצאות מקצועיות בקבוצות

מושב זה יתקיים מ-11:30 עד 14:00. באי הכנס יתפצלו ל-5 קבוצות, כדי שכל אחד יוכל למצות בצורה מרבית את מיגוון ההרצאות ולהשתתף בקבוצות שבהן נכללות הרצאות בנושאים שיש לו עניין בהם. בכל קבוצה, בסיומה של ההרצאה המקצועית, יתקיים דיון (רב־שיח) בהשתתפות צוותי מומחים בתחומים השונים.

ריכוז ההרצאות במושב ב – הרצאות מקצועיות בקבוצות

| מספר הקבוצה | מספר ההרצאה | שם ההרצאה והמרצה | מספר ההרצאה | שם ההרצאה והמרצה | מספר ההרצאה | שם ההרצאה והמרצה | מספר ההרצאה | שם ההרצאה והמרצה |
|-------------|-------------|---|-------------|---|-------------|--|-------------|---|
| 1 | 11 | 12:00-11:30 ארציות החשמל ומספר המגעים הבית והעמות | 11 | 12:30-12:00 תקנת החשמל ושינויים – עיונים, חיידים ותוכנית עתיד | 12 | 12:15-11:30 תכנון רשתות חשמל לעיר – תקנת החשמל ומגעים בטווח ספקי חשמל | 11 | 14:00-13:00 לנישאי הרצאות בהשתתפות המנהל, המרצים וצוות המומחים |
| | | עדי זאב אביק | | משה זיסמן | | פריאה משה | | מרת, מוסחים |
| 2 | 21 | 12:15-11:30 תכנון רשתות חשמל לעיר – תקנת החשמל ומגעים בטווח ספקי חשמל | 12 | 13:00-12:15 מדיקה אלקטרוסטטית – נקודות ודרכי מעולה למניעת נזקים | | פריאה משה | 21 | מרת, מוסחים |
| | | פריאה משה | | משה נצר | | פריאה משה | | מרת, מוסחים |
| 3 | 31 | 12:15-11:30 בינות אילות החשמל במסגרת תעשייה רחוקים ויצאת סלולית אברהם וזוטנברג | 32 | 13:00-12:15 מערכות יחסי תמיכה – סכנוניות ויחסיים ד"ר אהוד אבטיסין | | פריאה משה | 31 | מרת, מוסחים |
| | | פריאה משה | | ד"ר אהוד אבטיסין | | פריאה משה | | מרת, מוסחים |
| 4 | 41 | 12:15-11:30 בחירה זונה של תחנות מעעים למטרת התפוצת שילובית על רשת החשמל הממשלתית – שילובי מנובלמאס | 42 | 13:00-12:15 ודיקת הדת, החשמל המבט הפרות ביות להוצאה מתקנה חיות על מעעים יוסף רזנקרטי | | פריאה משה | 41 | מרת, מוסחים |
| | | פריאה משה | | יוסף רזנקרטי | | פריאה משה | | מרת, מוסחים |
| 5 | 51 | 12:15-11:30 תפתחות המסלולות עיקריות במערכת תנת האסליות – היבטים טכניים וכלכליים מלאכי שויב | 52 | 13:00-12:15 בכרים מתוכננים לשימוש מעמיה – מומים התפתחות ויחסיים אריאל סנד | | פריאה משה | 51 | מרת, מוסחים |
| | | פריאה משה | | אריאל סנד | | פריאה משה | | מרת, מוסחים |

- הרשמה באמצעות שובר תשלום בדואר. הקבלה על התשלום מהווה כרטיס כניסה לכנס.
- הזמנת נשלחו לכל הרשומים בקהילת "התקע המצדיע" וכן למשרדי ממשלה, מוסדות ציבוריים, מפעלים וחברות.

מפגשי מועדוני "התקע המצדיע" באזורים

במסגרת הגישה השיווקית המנחה כיום את פעילויות חברת החשמל החליטה מערכת "התקע המצדיע" להרחיב את פעילות מפגשי "התקע המצדיע" באזורים ובמחוזות, כדי לתרום לשיפור תהליכי העבודה בין ציבור החשמלאים לבין עובדי חברת החשמל הבאים איתם במגע, ובכך לתרום להעלאת רמת הביצוע של מיתקני החשמל.

חברת החשמל רואה בפעילות מסוג זה שיפור השירות לצרכני החשמל המהווים למעשה לקוחות משותפים של החשמלאים ושל חברת החשמל.

מספר המשתתפים הרב בכל אחד מהמפגשים, וההתעניינות הרבה שהם מגלים, מהווים עבורנו משוב מהשטח, המצביע על חשיבותם הרבה של המפגשים. לפיכך, היעד שלנו הוא לקיים בכל אחד מהאזורים והמחוזות שני מפגשים בשנה. לטווחיתכם מצורפת תוכנית מפגשי מועדון "התקע המצדיע" לשנת 1994.

כדי להגביר את תרומתם של המפגשים לציבור החשמלאים בכוונת מערכת "התקע המצדיע" לרכז שאלות מקצועיות מהותיות הנשאלות במפגשים ולהכין בעבורן תשובות מוסמכות, שיתפרסמו בחוברות "התקע המצדיע".

תוכנית מפגשי מועדון "התקע המצדיע" לעוסקים בתחום החשמל בשנת 1994*

| יולי-דצמבר | | |
|-------------|-----|----------|
| מקום | יום | תאריך |
| אילת | ב' | 4.7.94 |
| נתניה | ב' | 11.7.94 |
| נהריה | ה' | 14.7.94 |
| חיפה | ב' | 25.7.94 |
| ראשון לציון | ד' | 3.8.94 |
| חדרה | ב' | 22.8.94 |
| אשדוד | ה' | 1.9.94 |
| ירושלים | א' | 11.9.94 |
| עפולה | ה' | 29.9.94 |
| תל אביב | ב' | 3.10.94 |
| צפת | ב' | 10.10.94 |
| באר שבע | ב' | 17.10.94 |
| רעננה | ב' | 24.10.94 |
| חולון | ד' | 2.11.94 |
| רחובות | ב' | 7.11.94 |
| חיפה | ב' | 14.11.94 |
| אשקלון | ב' | 21.11.94 |
| נתניה | ד' | 7.12.94 |
| רמת גן | ב' | 12.12.94 |
| מתח תקווה | ב' | 19.12.94 |
| כרמיאל | א' | 25.12.94 |
| רמלה | ד' | 28.12.94 |

| ינואר-יוני | | |
|-------------|-----|---------|
| מקום | יום | תאריך |
| טבריה | ג' | 11.1.94 |
| אילת | ג' | 25.1.94 |
| אשדוד | ב' | 7.2.94 |
| ראשון לציון | ג' | 15.2.94 |
| חדרה | ב' | 21.2.94 |
| נהריה | א' | 27.2.94 |
| באר שבע | א' | 6.3.94 |
| עפולה | ב' | 14.3.94 |
| תל אביב | ג' | 5.4.94 |
| צפת | ב' | 18.4.94 |
| ירושלים | ד' | 20.4.94 |
| רעננה | ב' | 25.4.94 |
| חולון | ב' | 2.5.94 |
| רחובות | ד' | 11.5.94 |
| רמלה | ב' | 30.5.94 |
| אשקלון | ב' | 6.6.94 |
| כרמיאל | א' | 12.6.94 |
| מתח תקווה | ב' | 20.6.94 |
| טבריה | ב' | 27.6.94 |
| רמת גן | ג' | 28.6.94 |

* הודעה על קיום המפגשים ותוכנית כל מפגש תישלח בהתאם לשיטת החשמלאים של "התקע המצדיע" סמוך למעד האירוע

אירועי "התקע המצדיע"

- בעיות בביצוע מיתקני חשמל ומטרונות בכמף לתקנות החשמל
- מחירי חליב – עקרונות ועידכונים.
- חישובים – ניתוח מקרים ספציפיים ומסקנות.

חברי קהילת "התקע המצדיע" הגרים באזור שמתקיים בו המפגש, יקבלו, סמוך למועד האירוע, הזמנה שתפורט בה תוכנית המפגש, נושאי הרצאות והמראים.

אז רואים חשיבות רבה בהצטרפותם של חשמלאים נוספים לקהילת "התקע המצדיע" ומבקשים מחברי הקהילה לדאוג לעדכן את המערכת על כל שינוי, בעיקר שינוי כתובות.

אייל גבאי

ההרצאות ככל אחד מן המפגשים יכסו חלק מרשימת הנושאים המפורטים להלן, ואף יכללו נושאים נוספים שיעלו על המרק.

- בדיקת מיתקני חשמל לפני מתן אספקת חשמל.
- סקירת הנחיות טכניות לביצוע חיבורים לבתים (חליב).
- סקירת הנחיות טכניות בנושא ציכנות טכנית.
- הערכות לאספקת חשמל במבני מגורים חדשים ובמבנים קיימים – היבטים טכניים ומסחריים.
- תיאום ביצוע חיבורים לבתים, בין קבלן החשמל ומנהל העבודה ממחלקת חיבורים לבתים בחברת החשמל.
- איכות החשמל ואמינות האספקה – מה עושה חברת החשמל ומה נדרש מהחשמלאי.

כנס "תעשיית הפלסטיקה – איכות החשמל"

כנס "תעשיית הפלסטיקה – איכות החשמל" התקיים ביום שלישי, 22.3.94, במרכז הנופש וההדרכה "בית יערי" שליד ביתן אהרון. בכנס השתתפו כ-250 איש מכל רחבי הארץ הקשורים לענף הפלסטיקה מכל מינון העיסוקים והרמות המקצועיות: מנהלי מפעלים, מהנדסים ואנשי מקצוע בתחום החשמל, הייצור, האחזקה, המכונות, התהליכים וכו', וכן מהנדסים יועצים ומשווקי ציוד הקשורים לתעשייה זו.

■ **מושב א – מושב המליאה המרכזי**
מושב זה התקיים באולם המרכזי, בשעות 09.30-13.00, בהשתתפות כל באי הכנס. במושב זה בירכו את המשתתפים:

- **משה כץ** – מנכ"ל חברת החשמל.
- **משה לסרי** – המהנדס הראשי, חברת החשמל.
- **יהושע אברמוביץ** – מנהל המחלקה לכלכלת תעשייה ועסקים, התאחדות התעשיינים.
- **מיכה הרץ** – יו"ר אגוד התעשייה הקיבוצית.

לאחר הברכות הונשו שבע הרצאות מקצועיות לפני כל באי הכנס. ההרצאות עסקו בהיבטים שונים של אמינות אספקת החשמל, הגדרת פרמטרים, איסוף נתונים על מצבים חריגים, שיטות לאיתורם ואמצעים לצמצומם. כמו כן הוצגו היבטי הצרכן והיבטים כלכליים של התעשייה. לבסוף הוצגה האמנה המתוכננת בין חברת החשמל לבין לקוחותיה.

■ **מושב ב – הרצאות בקבוצות**
המושב התקיים בין השעות 14.00-17.00 בארבע קבוצות. בכל קבוצה הונשו ארבע הרצאות מקצועיות. ההרצאות עסקו בנושאים הנרמזים למפעלים כתוצאה מהפרעות חשמל, שיטות למדידת ההפרעות למיניהן ודרכים שונות למיזעור השפעתן, כגון: מערכות אל פסק סטטיות ודינמיות, הפרדת מערכות הפיקוד והבקרה ממערכות ההספק, תיכונון מתאים של מערכות החשמל במפעל ועוד, תוך בחינת ההיבטים הטכניים והכלכליים ובהתייחס לתקנות החשמל.

■ **מושב ג – רב שיח ודיונים במליאה**
בסיום כל ההרצאות התכנסו המרצים והמנחים של שני המושבים והתייחסו לשאלות ולהערות של משתתפי הכנס.

משה שפיגל

אגף השיווק והצרכנות, חברת החשמל

הכנס נערך בהמשך לעבודת צוות משותף לחברת החשמל, להתאחדות התעשיינים ואיגוד התעשייה הקיבוצית, הפועל בנושא שיפור איכות החשמל ואמינות אספקתו למפעלי תעשיית הפלסטיקה המפעלים בתהליך רציף, במטרה לגבש את תוכניות הפעולה והצעדים הנדרשים למיזעור הנוקים הנגרמים מהפרעות באספקת החשמל בכלל ומהפרעות חולמות בפרט.

הכנס מהווה ציון דרך חשוב. המשך הפעילות בנושא זה יהיה מעל יוצא מדיוני הכנס ומהמסקנות שיוגבשו על ידי צוות הפעולה המשותף. בהמלצת הצוות הזה, שכרה חברת החשמל את שירותיהם של ארבעה מהנדסים יועצים לבחינת הבעיות של אותם המפעלים, כדי לגבש פתרונות אפשריים, היועצים ביקרו בשמונה מפעלים ברחבי הארץ, שנבחרו כמיידים מייצג לתעשיית הפלסטיקה, והמסקנות הראשוניות שלהם הוצגו לפני באי הכנס.

פעילויות אלה, ופעילויות רבות אחרות הננקטות על ידי חברת החשמל במסגרת תוכנית רב שנתית לשיפור מערכת החלוקה בעלות כספית של מיליארד דולר, נסקרו לפני באי הכנס.

בכנס נסקרו כיווני הפעולה האפשריים המעשיים, תוך שימת לב להיבט הטכני-כלכלי של הטיפול בנושא. בדיונים שהשתתפו בהם מומחים מחברת החשמל ומחוצה לה, לרבות יועצים ומומחים מהייל, שדרו הבנה ושיתוף פעולה. הכנס שימש לדיונים, חילופי דעות ומידע בכל הקשור לאמינות אספקת החשמל, ולאמצעים שיש לנקוט במערכות חברת החשמל ובמיתקני הצרכנים כדי לשפר את המצב הקיים.

הכנס כלל שלושה מושבים.



השפעת טכנולוגיות חדישות ועתידיות על הביקוש לחשמל במיגזר הביתי בישראל עד שנת 2015

אינו בוריס שוורץ

המאמר מתבסס על מימצאי המחקר שהוצגו בהרחבה בדו"ח שפורסם לא מכבר בחברת החשמל. המחקר נערך במסגרת הצוות הבינאגפי של החברה הבוחר את השפעת ההתפתחויות הטכנולוגיות על הביקוש לחשמל בטווח ארוך במיגזרי המשק השונים. למצומות שהתגלו במחקר יש השלכות על תיכנון התשתית העתידית הקשורה בבנייני מגורים בישראל. המאמר מציג את עיקרי המימצאים של המחקר, העשויים לעניין את מתכנני מערכות החשמל במבני מגורים.

מבוא

משק החשמל בישראל, כמו במדינות אחרות בעולם, מאופיין על ידי שתירות הון גבוהה, פרקי זמן ארוכים החל בתכנון, דרך קבלת רישיונות מתאימים ועד להשלמת ההקמה וההפעלה של המערכות. לכן, חברת החשמל נזקקת לכלי תיכנון לטווח ארוך, כדי להחליט על מדיניות פיתוח מערכות החשמל.

עד היום השתמשה החברה כמודלים לחיזוי, שהתבססו על הערכת התפתחויות דמוגרפיות וכלכליות משקיות בלבד. שימר מתכונת החיזוי, שהיתה קיימת עד סוף, על ידי שילוב של חיזוי טכנולוגי בבניית תחזיות הביקוש לחשמל בטווח ארוך, מהווה צעד חשוב קדימה.

מאמר זה עוסק בהתפתחויות טכנולוגיות בתחום צריכת החשמל במיגזר הביתי הכוונה היא בעיקר להתפתחויות הטכנולוגיות בתחום מכשירי החשמל הביתיים ולהתפתחויות הטכנולוגיות בתחום הבנייה של דירות מגורים, המשפיעות על צריכת החשמל לחימום ולקירור חדרים.

המיגזר הביתי, כמו גם מיגזרים אחרים במשק, מושפע במידה רבה מאוד מן ההתפתחויות הטכנולוגיות בעולם המערבי. עובדה זו היא אחת

מאבני היסוד בבניית התחזית לצריכת חשמל ביתית בישראל המוצגת במאמר זה.

מגמות היישוב של טכנולוגיות חדישות ועתידיות בתחום הצריכה הביתית, כמו גם בתחום הצריכה בענפי משק אחרים במדינות מתקדמות בעולם, מושפעות בצורה מכרעת מהדאגה לאיכות הסביבה. בנסיבות אלה מתפתחות בשנים האחרונות שתי מגמות: ייעול צריכת החשמל של המכשירים הביתיים ומעבר לשימוש בחשמל במקום גז, נפט וסולר, אם הדבר מלווה, בסיכומו של דבר, בהקטנת זיהום האוויר.

מעקב אחרי התפתחויות טכנולוגיות בתחום מכשירי החשמל בעולם יכול לספק את הנתונים הדרושים לנו לצורך בניית התחזית של התפתחות היכולת הביצועית של המכשירים ליחידת צריכה, או, בקיצור, היעילות של מכשירי החשמל הביתיים.

אולם, כאשר אנו מדברים על דמת השימוש במכשירי החשמל הביתיים הצפויה בישראל בטווח בינוני וארוך, אנו צריכים להיות זהירים מאוד בבחינת המגמות הצפויות בעולם, בגלל השוני הרב הקיים בתחומי שימוש מסוימים בישראל לעומת ארצות אחרות בעולם.

תיאור המתודולוגיה

מתודולוגיית החיזוי שתוצאותיו מוצגות במאמר זה, מתבססת בחלקה על המתודולוגיה שהוצגה בדו"ח של המרכז

הבינתחומי לניתוח וחיזוי טכנולוגי ליד אוניברסיטת תל אביב, שהוכן בהזמנת חברת החשמל ביולי 1991.

לפי המתודולוגיה הזאת נבנתה התחזית למיגזר הביתי כולו, על בסיס ההתפתחויות הצפויות בסוגי השימוש השונים, המקובלים במשקי הבית בישראל (חימום חדרים, קירור והקפאה של מזון, חימום מים וכדו'). איורים 1 ו-2 מציגים, כדוגמה, את השלבים של חיזוי ההתפתחויות הצפויות בצריכת החשמל בסוג שימוש נתון, במקרה זה – חימום חדרים.

בשלב הראשון (ראה איור 1 א')

בונים את העקומה המבטאת את השינוי הצפוי בצריכת החשמל השנתית הממוצעת ליחידת שימוש אחת בחימום חדרים בדירות מגורים בישראל. העקומה נבנית על בסיס נתוני העבר ותחזית ההתפתחויות הצפויות בתחום הצריכה המזנה בעתיד. יחידת המידה שנבחרה במקרה הספציפי של חימום חדרים, כמו גם יחידות המידה שנבחרו לסוגי השימוש האחרים, מאפשרת לאמוד את ההתפתחויות הצפויות ביעילות השימוש בחשמל למטרות מוגדרות אחידות. במקרה הנדון מבטאת היחידה את צריכת החשמל הנדרשת להעלאת טמפרטורת האוויר בנפח של 1 מ"ק במעלה צלסיוס אחת בפרק זמן של שעה אחת של חימום חדרים (כמו גם במקרה של קירור חדרים) מבטאת העקומה את השילוב של ההתייעלות הצפויה של מכשירי החשמל המקובלים לחימום חדרים, ושל השיפור הצפוי באיכות הבנייה, התורם גם הוא להקטנת הצריכה

ב' שוורץ – סגן מנהל המחלקה ליחול הצריכה, אגף השיווק והצרכנות חברת החשמל



הממוצעת למשק בית ולא נתייחס כלל לתוצאות החיזוי של צריכת החשמל החזויה במיגור הביתי כולו.

צריכת החשמל הביתית ומרכיביה – השוואה בין ישראל לבין מספר מדינות בעולם

צריכת החשמל הביתית הממוצעת למשק בית תלויה, כאמור, בשלושה מאפיינים עיקריים:

■ **יעילות מכשירי החשמל הנמצאים** בשימוש במשקי הבית. יעילות המכשירים תלויה בעיקר בטכנולוגיה המימשלת במכשירים הנפוצים. קצב החידרה של הטכנולוגיות המתקדמות, שיש לצידן בדרך כלל גם שיפור ניכר ביעילות המכשירים, תלוי ברמת היעילות הנדרשת בחקיקה ובתקינה החלים על מכשירים אלה.

■ **מצאי מכשירי החשמל** במשקי הבית, המושפע בעיקר מרמת החיים ונורמות סוציו-חברתיות.

■ **רמת השימוש במכשירי החשמל** המקובלים במשקי הבית. רמת השימוש מושפעת מגודל המשפחה, רמת החיים, תנאי האקלים (עבור חלק מן המכשירים) וכד'.

מעקב אחר השינויים ביעילות מכשירי החשמל במיגור הביתי לצורך חיזוי הצריכה בעתיד יכול בהחלט להתבסס על מעקב אחר התפתחויות טכנולוגיות בתחום מכשירי החשמל בעולם. חלק ניכר ממכשירי החשמל הביתיים הם מכשירים מיובאים, ולכן ניתן לומר שחידושים טכנולוגיים בעולם, המייעלים את צריכת החשמל של המכשירים, ישפיעו (בדרך כלל אחרי עיכוב מסוים) גם על יעילות המכשירים הנמצאים בשימוש בישראל. גם מכשירי החשמל המיוצרים בישראל מושפעים בדרך כלל מהטכנולוגיות המערביות המתקדמות.

לשמת המהלך המתואר לעיל של מעקב אחר התפתחויות בתחום יעילות מכשירי החשמל, כאשר אנו מדברים על

ה"חישמולי" של החימום. הכוונה היא לנידול במצאי מכשירי החימום החשמליים, או הנברת השימוש במכשירים הקיימים, כל אלה על חשבון השימוש במכשירי החימום המופעלים בנו, בנפט או בסולר. לצורך בניית התחזית נקבעו שלושה תסריטי "חישמולי", השונים זה מזה בערכי שיעורי הנידול ברמת השימוש במכשירי החימום החשמליים. כדוגמה מובאת באיור 1 ב"ה העקומה המתייחסת לתסריט ה"חישמולי" הראשון.

בשלב השלישי (ראה איור 1 ב"ה) מחשבים את צריכת החשמל השנתית הממוצעת לחימום חדרים במשק בית אחד בעבר ובעתיד.

חישוב צריכת החשמל השנתית הממוצעת לצרכן בשנה נתונה נעשה על ידי הכפלת צריכת החשמל השנתית הממוצעת ליחידה באותה שנה במספר יחידות השימוש בחימום באותה שנה, בחמישה צירופים של תסריטי הבנייה וה"חישמולי" שנקבעו לצורך בניית התחזית. כדוגמה מובאת באיור 1 ב"ה העקומה המתייחסת לצירוף הראשון של התסריטים.

בשלב הרביעי (ראה איור 2 ב"ה) בונים את העקומות המתארות את ההתפתחות החזויה של צריכת החשמל השנתית הכוללת בממוצע לצרכן/משק בית, לפי צירופים שונים של תסריטי הבנייה וה"חישמולי". עקומות אלה נבנות על ידי סיכום הערכים החזויים של הצריכה בכל אחד מסוגי השימוש בחשמל המקובלים במשקי הבית בישראל, המתקבלים על פי המתכונת שתוארה בשלושת השלבים הקודמים.

בשלב החמישי והאחרון (ראה איור 2 ב"ה) בונים את העקומות של צריכת החשמל השנתית החזויה במיגור הביתי בישראל, תוך הכפלת ערכי צריכת החשמל הממוצעת למשק בית אחד במספר משקי הבית החזויים לפי חמישה תסריטים גלובליים שונים. התסריטים הגלובליים מתארים מנחות משקיות כלליות עד שנת 2015.

במסגרת המאמר נדון רק בתוצאות התחזית של צריכת החשמל השנתית

לחימום יחידת נפח של דירות מגורים. במקרה של שימושים אחרים, תבטא העקומה רק את ההתייעלות הצפויה של מכשירי החשמל.

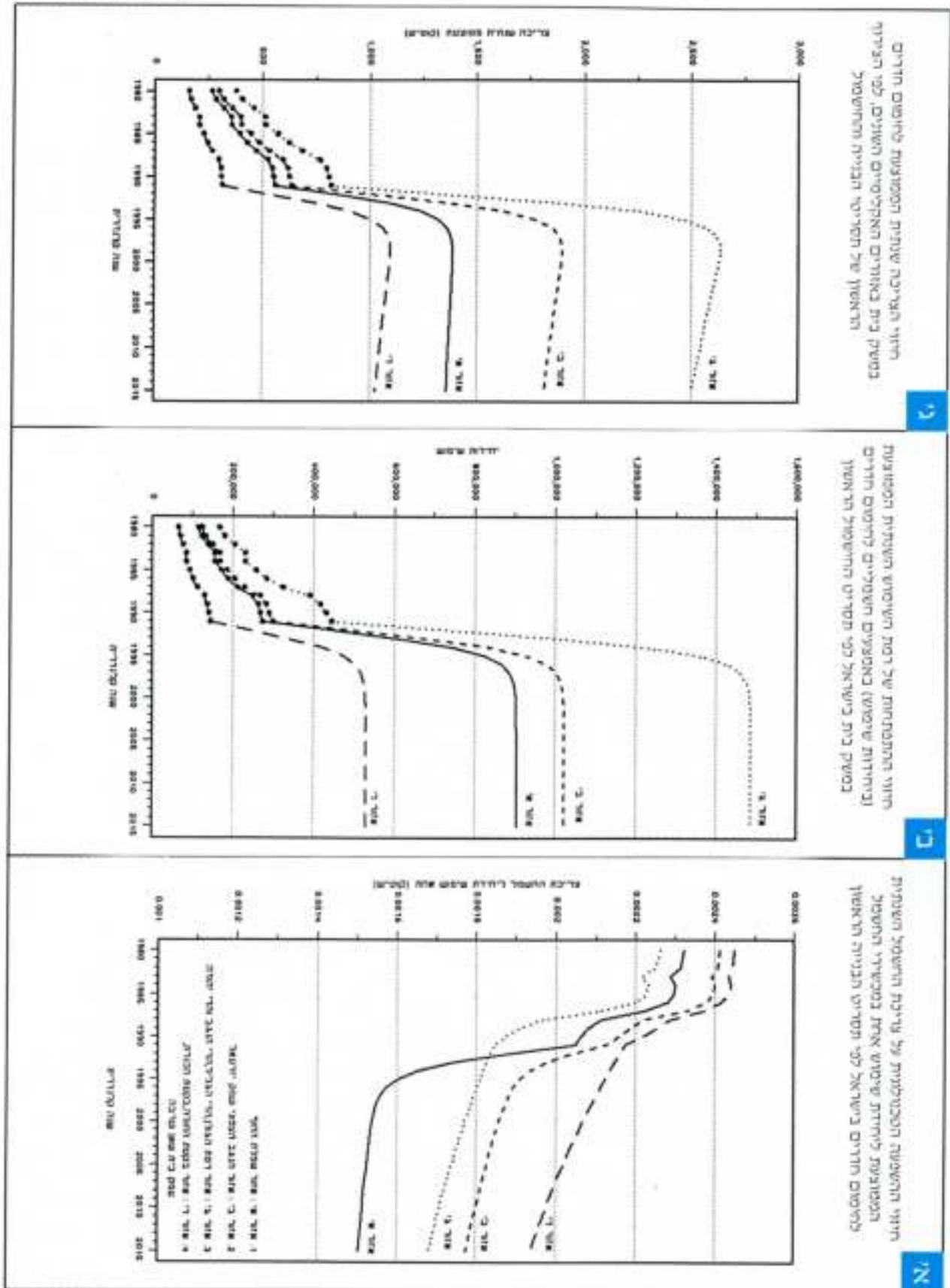
העקומה מתייחסת לתסריט הראשון מתוך שלושה תסריטי הבנייה, שהוגדרו לבניית תחזית הצריכה לחימום חדרים ותסריטים אלה שימשו גם לבניית תחזית הצריכה לקידור חדרים). תסריטי הבנייה השונים מגדירים את היקף הבנייה השנתי הממוצע (מספר יחידות דיר) החזוי עד שנת 2015. ככלל, הדירות החדשות נבנות בהתאם לתקן הקיים לכידוד תרמי נתי 1045 משנת 1985, ולכן האיכות התרמית של הדירות החדשות טובה בדרך כלל מהאיכות התרמית של הדירות שנבנו לפני פירסום התקן. אחד הערכים המאפיינים את האיכות התרמית במניס מוגד בתקן כ"מוליכות תרמית נפחית" (G). התקן מגדיר את הערכים המירביים המותרים של G לגבי ארבעה אזורים אקלימיים שונים (מירוט האזורים – ראה איור 1). הוספת הדירות החדשות למצאי הדירות הקיים תגרום להקטנת הערך הממוצע של המוליכות התרמית הנפחית. כתוצאה מכך תקטן גם צריכת החשמל ליחידת שימוש אחת במכשירים לחימום חדרים.

בשלב השני (ראה איור 1 ב"ה) בונים את העקומה המתארת התפתחות של רמת השימוש (ביחידות שימוש) באמצעים חשמליים לחימום חדרים, בממוצע לצרכן (למשק בית אחד).

עקומה זו מנטאת את רמת השימוש במכשירי החשמל לחימום חדרים. העקומה מושפעת מגורמים שונים כגון: משך החימום (בשעות), גודל הנפח המיומם בחשמל באמצעי חימום חשמליים, הפרשי הטמפרטורה בעונת החימום. במקרה של שימושים אחרים, מנטאת עקומה זו את רמת השימוש במכשיר החשמלי הנתון (מספר פעמים שהופעל המכשיר במשך השנה, משך הומן של כל הפעלה וכד''). עד שנת 1992 מתבססת העקומה על נתוני העבר, ובקטע העתיד – על תרחיש של עלייה ברמת השימוש הצפויה עד שנת 2015.

אחד הגורמים העשויים להשפיע בצורה ניכרת על רמת השימוש במכשירים חשמליים לחימום חדרים, הוא

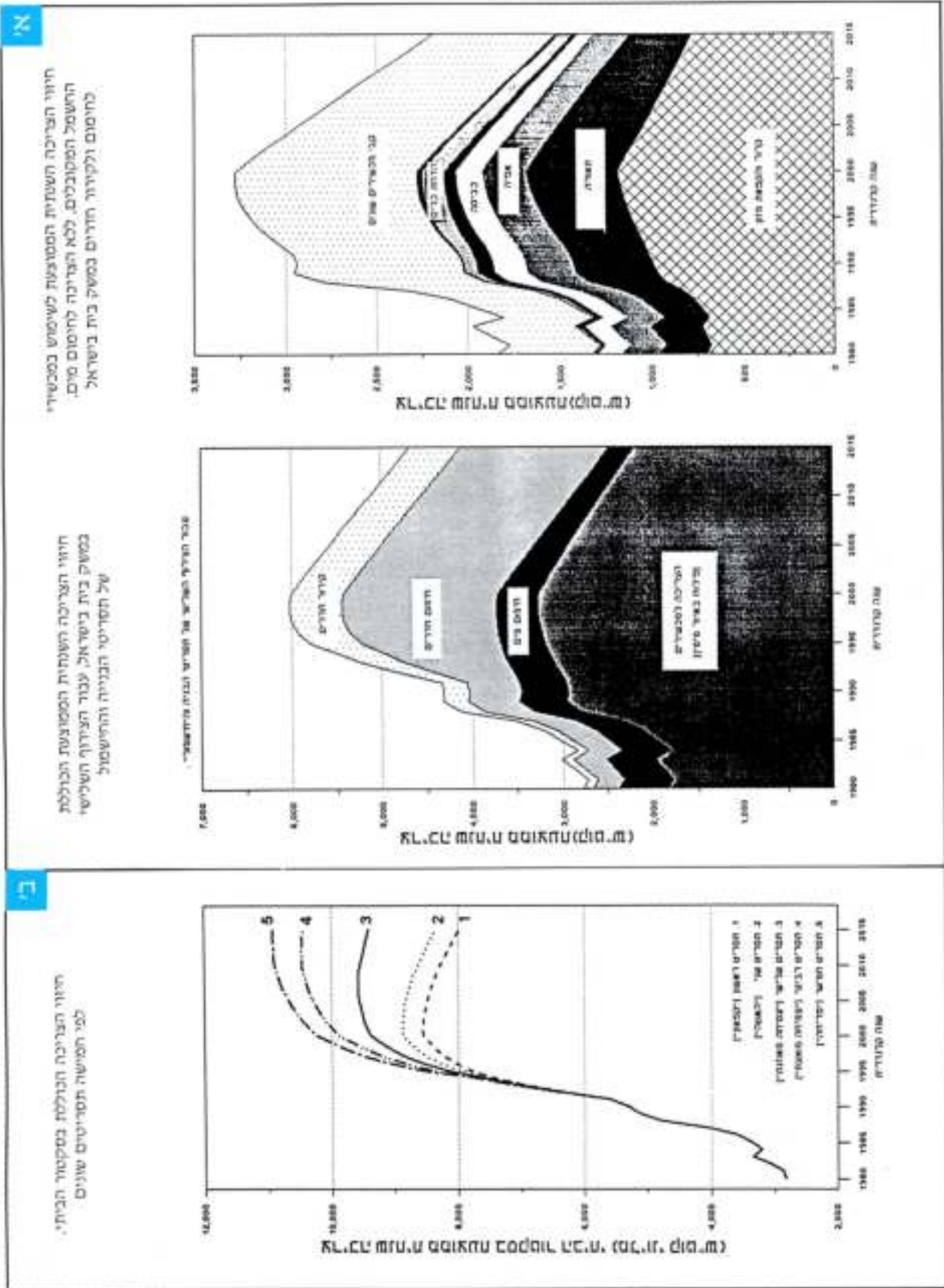
השוואת עומסי המים המצטברים במערכת המיוערת במהלך זרימת מים במערכת המיוערת במהלך זרימת מים במערכת המיוערת





שליבים בנייית תחזית של ההתפתחויות הצפויות בצריכת החשמל לסקטור הביתי (דוגמה להסבר מתודולוגיה)

איור 2





מהתנאים השוואתיים, שהתקבלו במסגרת המחקר עולה, שצריכת החשמל השנתית הממוצעת למשק בית בישראל, ללא הצריכה לקירור ולחימום חדרים ולחימום מים בשנת 1989 היתה ברמה של 2,955 קו"ש – כ-68% מסך הצריכה השנתית הממוצעת. רמת הצריכה האמורה למכשירים בישראל היא מן הגבוהות באירופה והיא מסגרת רק במעט, יחסית, אחרי פינלנד, שווייץ ודנמרק.

מן האמור לעיל ניתן להסיק בצורה זו ברורה, שרמת הצריכה של מכשירי החשמל בישראל (למעט הצריכה לקירור ולחימום חדרים ולחימום מים), זומה מאוד לזו שבארצות העשירות באירופה, ולכן לא ניתן לצפות בתחום זה לנידול משמעותי ברמת השימוש בשנים הקרובות.

צריכת החשמל השנתית הכוללת במשק בית ממוצע בישראל החזויה עד שנת 2015

מימצאי המחקר מצביעים על כך, שהתוצאה העיקרית של השפעת הטכנולוגיות החדשות והעמידות היא

מיעון בנתונים המוצגים באיור 3 עולה, שצריכת החשמל בישראל מהווה רק כמחצית מהצריכה בארה"ב עם זאת, כפי שכבר הזכרנו קודם, השוני בגורמים המשפיעים על צריכת החשמל בין שתי הארצות הוא רב מאוד. אין מקום להניח, שהצריכה בארה"ב תהווה יעד שאליו תתקרב הצריכה בישראל בעתיד הלא רחוק. קביעה זו מקבלת משנה תוקף לאור העובדה שגם הצריכה במדינות עשירות באירופה מפגרת אחרי הצריכה בארה"ב בשיעור דומה לזה של ישראל, חוץ מהארצות הסקנדינביות שבהן החשמל הוא זול מאוד ולכן הצריכה היא גבוהה מאוד.

כאמור, צריכת החשמל לחימום ולקירור חדרים בישראל שונה בהרבה מזו שבאירופה ובארה"ב. מכאן שהבסיס להשוואה בינו לבין הארצות האמורות לא צריך לכלול את הצריכה לחימום ולקירור חדרים. כדי לנטרל עוד יותר את השפעת השימושים בחשמל, שיש להם שוטת גדולה בישראל לעומת ארצות אחרות, נצטרך לבודד גם את הצריכה לחימום מים. זאת מפני שחימום מים בארצות רבות באירופה הוא באמצעות גז, ולכן הממוצע של צריכת החשמל לחימום מים, המתחלק בין כלל המשפחות בארצות אלה, עלול להטעות.

רמת השימוש במכשירי החשמל הביתיים, הצמיחה בישראל בטווח הבינוני והארז, או צריכים להיות זהירים מאוד כאשר אנו עוקבים אחר הנעשה בעולם ומנסים להשליכו על הנעשה בישראל. הסיבה לכך היא השוני הרב הקיים בתחומי שימוש מסוימים בישראל לעומת אירופה וארה"ב, בעיקר חימום וקירור חדרים.

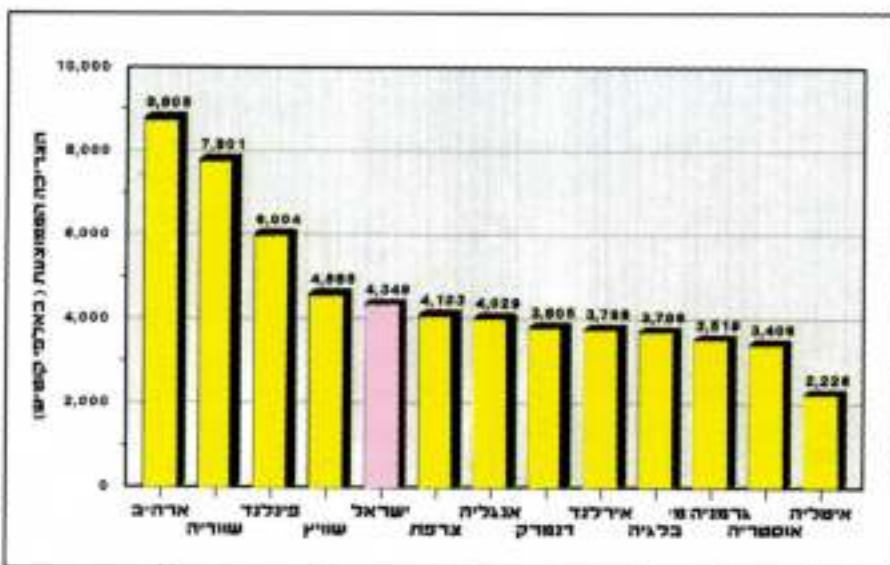
האופייניים הייחודיים של שימוש בחשמל לחימום ולקירור חדרים מוכתבים בעיקר על ידי אופי האקלים בישראל.

גם דפוסי החימום באירופה שונים מאלה שבישראל. באירופה מחממים באופן רצוף במעט על פני כל שעות היממה. לעומת זאת בישראל מפעילים את החימום למקרי זמן קצרים, יחסית, בעיקר בשעות הערב.

במסגרת המחקר, שנערך לצורך בניית תחזית הצריכה הביתית בישראל, נעשתה השוואה בין צריכת החשמל הביתית ומרכיביה (כולל השוואת מצאי המכשירים) בארצות שונות באירופה ובארה"ב לבין אלה שבישראל. ההשוואה התייחסה לכל סוגי השימוש המקובלים במשקי הבית, למעט חימום וקירור חדרים, בגלל הסיבות המתוארות לעיל.

השוואה זו בוצעה כדי לבחון אם קיימים פערים במצאי וברמת השימוש במכשירים באירופה ובארה"ב לעומת אלה שבישראל. אם היה מתברר שצריכת החשמל לשימושים שונים במשקי בית בישראל קטנה בצורה ניכרת מזו המקובלת בעיקר באירופה, אזי ניתן היה להניח שפערים אלה "ייסגרו" בשנים הקרובות, ולהשליך מכך על תחזיות צריכת החשמל במיגור הביתי בישראל. זאת, בהנחה שההתנהגות של משקי הבית בישראל "מעתיקה" את התנהגות משקי הבית בארצות הרחוחה המערביות – בעיקר אלה של אירופה.

איור 3 מציג את צריכת החשמל הממוצעת למשק בית בישראל בשנת 1989 בהשוואה לצריכה מקבילה במספר מדינות באירופה ובארה"ב. שנת 1989 נבחרה כבסיס להשוואה מפני שהנתונים המתייחסים לשנה זו במידעסטים הורים היו המעודכנים ביותר מאלה שעמדו לרשותנו בעת ביצוע הניתוח השוואתי, שתוצאותיו מובאות כאן.



איור 3

צריכת החשמל הממוצעת למשק בית במספר מדינות בעולם בשנת 1989



בהתייעלות הניכרת של מכשירי החשמל הביתיים. השמעת הטכנולוגיות האמורות נלקחה בחשבון בעת בניית תחזית צריכת החשמל, בהתבסס על שתי ההנחות הבאות:

■ צריכת החשמל של המכשיר המתקדם ביותר, שהיה ניתן למצוא באירופה בשנת 1988, תהפוך לימת הצריכה הממוצעת של כלל המכשירים מאותו סוג באירופה לקראת שנת 2007, או במלים אחרות: הודות לחדירה לשוק של המכשירים החדשניים והודות להחלפת המכשירים הקיימים בחדשים (עקב בלאי טבעי, למשל), יומך המכשיר החדשני של היום למכשיר הממוצע שיימצא במשקי בית באירופה בעוד כ-20 שנה.

■ רמת היעילות הממוצעת של מכשירי החשמל הרלבנטיים באירופה מקדימה את זאת שבישראל בארבע שנים.

באזור 4 מוצגות התוצאות של חיזוי הצריכה השנתית הממוצעת לשימוש במכשירי החשמל המקובלים, פרט לצריכה לחימום מים ולחימום וקירור חדרים. זהו למעשה סיכום הערכים החזויים של צריכת החשמל של המכשירים, שהתקבלה לפי המתודולוגיה שתוארה בתחילת המאמר ובהתבסס על שתי ההנחות הנ"ל. נתוני הסיכום האמור מצביעים על כך, שהצריכה הכוללת של המכשירים המפורטים באזור 4 בשנת 2000, תהיה כ-3,280 קוטייש לשנה – עליה של כ-8% בהשוואה לצריכה בשנת 1992. לעומת זאת, הצריכה החזויה בשנת 2015 היא כ-2,185 קוטייש לשנה בלבד – ירידה של כ-28% בהשוואה לצריכה בשנת 1992, בעיקר כתוצאה מהתייעלות המכשירים הצפויה בתקופת החיזוי.

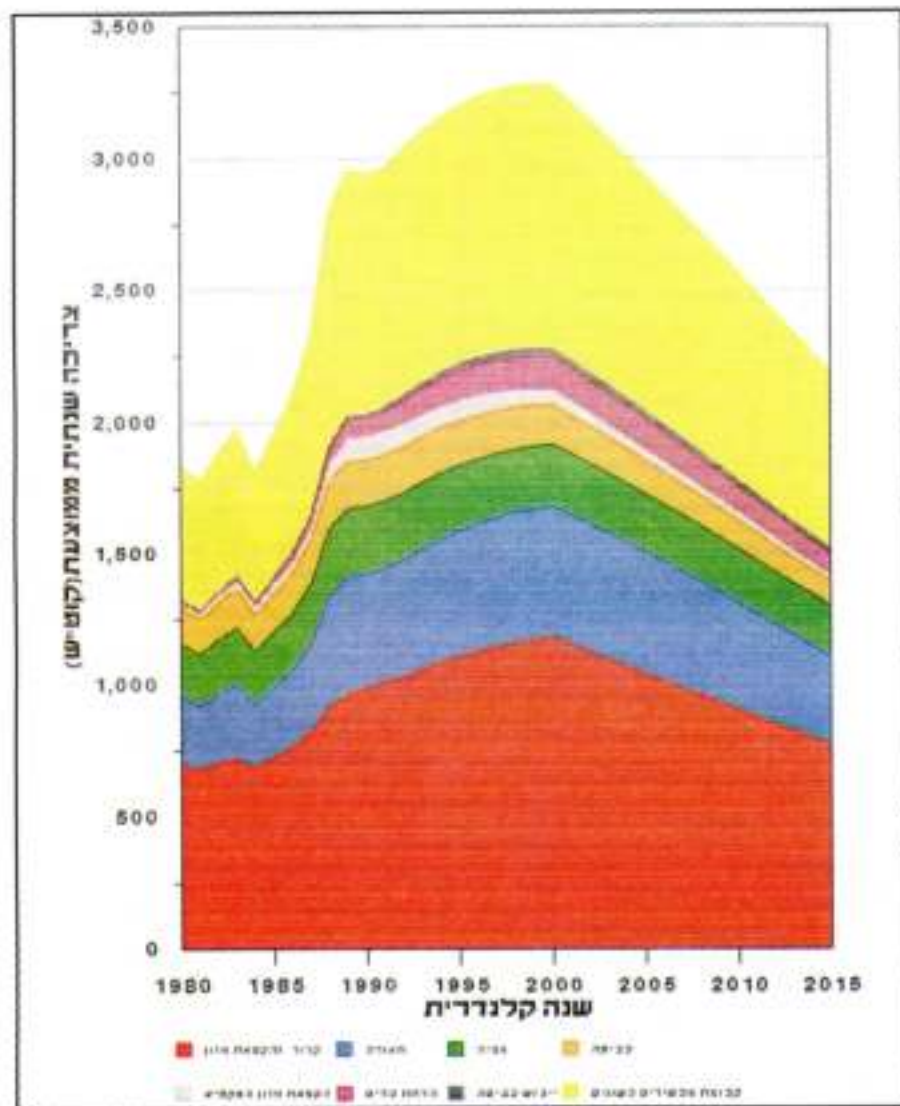
חיזוי הצריכה לחימום ולקירור חדרים באמצעות מכשירים חשמליים שונים והצריכה לחימום מים נבנה על פי נתונים ותסריטים המתאמים לתנאים בארץ, ובהתחשב בשינויים הצפויים במצאי ובהרכב המכשירים ובדפוסי השימוש בהם.

חיזוי הצריכה השנתית הממוצעת הכוללת של כל השימושים המקובלים

תסריטי הבנייה וה"חישמול". מעיון בתוצאות עולה, כי הצריכה השנתית הממוצעת הכוללת במשק בית בישראל בשנת 2000 תהיה כ-6,200 קוטייש לשנה, לפי הצירוף החמישי – עלייה של כ-29% לעומת הצריכה בשנת 1992, וכ-5,820 קוטייש לשנה לפי הצירוף הראשון – עלייה של כ-20% לעומת הצריכה המקבילה בשנת 1992. לעומת זאת, הצריכה החזויה בשנת 2015 תהיה כ-4,850 קוטייש לפי הצירוף החמישי – עלייה של כ-1% בלבד לעומת שנת 1992, וכ-4,510 קוטייש לפי הצירוף הראשון –

התבצע על ידי סיכום הערכים של צריכת החשמל, כפי שהם מופיעים באזור 4, עם הערכים של הצריכה לחימום מים ושל הצריכה לחימום חדרים לפי צירופים שונים של תסריטי הבנייה וה"חישמול", ושל הצריכה לקירור חדרים לפי תסריטי הבנייה השונים. דוגמה של התוצאות המתקבלות בדרך זו באחד מן הצירופים, מוצגת באזור 5.

באזור 6 מוצגות התוצאות של חיזוי הצריכה השנתית הממוצעת הכוללת של כל השימושים המקובלים במשק בית בישראל, לפי חמישה צירופים של



אזור 4

חיזוי הצריכה השנתית הממוצעת לשימוש במכשירי החשמל המקובלים, ללא הצריכה לחימום מים, לחימום ולקירור חדרים, במשק בית בישראל



תישאר הצריכה השנתית הכוללת כמעט ללא שינוי.

כאשר מדובר בתיכנון מערכות החשמל למבני מגורים, אנו מעוניינים לדעת מהן ההתפתחויות הצפויות של העומס, יותר מאשר ההתפתחויות בצריכה. בהקשר לזה יש לציין, שלא ניתן לקשור בצורה פשוטה את הערכים החזויים של צריכת החשמל עם הערכים המתאימים של העומס החשמלי החזוי. יחד עם זאת סביר להניח, שכיוון השינויים בעומס החזוי עד שנת 2015 יהיה דומה לזה שתואר לעיל לגבי צריכת החשמל. במלים אחרות – עד שנת 2015 צפי גידול ניכר בעומס הנובע מחימום ומקירור חדרים, העומס הנובע מהפעלת מכשירים אחרים יגדל בצורה מתונה, יחסית, עד שנת 2000 ולאחר מכן יירד.

בתחום זה ויעדכן את התחזית לפי הצורך.

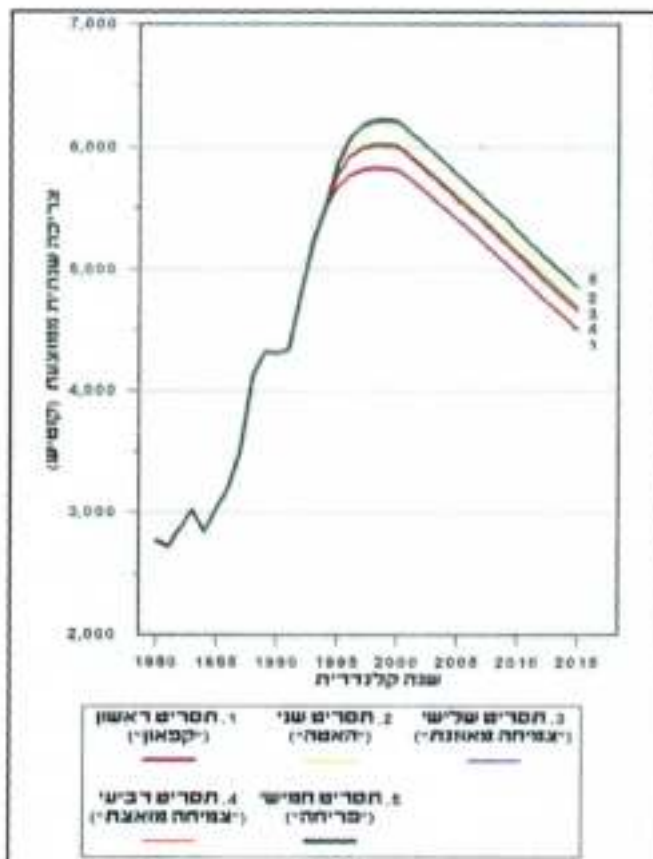
לפי המגמות המסתמנות מממצאי המחקר, צפוי גידול מואץ בצריכת החשמל לחימום ולקירור חדרים עד שנת 2015 (שיעור גידול מצטבר של כ-90% ושל כ-45% בהתאמה). לעומת זאת, צריכת החשמל הנובעת משימוש במכשירי חשמל אחרים, צפויה לנלות עד שנת 2000 ולאחר מכן לרדת בשיעורים ניכרים, הודות להתייעלות הצפויה של מכשירי החשמל.

כתוצאה מההתפתחויות האלה צפוי גידול בצריכת החשמל השנתית הממוצעת הכוללת במשק בית בישראל עד שנת 2000 בשיעור מצטבר של כ-25%. בהשוואה לצריכה מקבילה בשנת 1992, בתקופה שבין שנת 2000 לשנת 2015

ירידה של כ-6% לעומת הצריכה המקבילה בשנת 1992. הצריכה הנמוכה יחסית החזויה בשנת 2015 היא תוצאה מההתפתחויות הטכנולוגיות הצפויות להשפיע על ייעול צריכת החשמל לשימושים המקובלים במשקי בית בישראל.

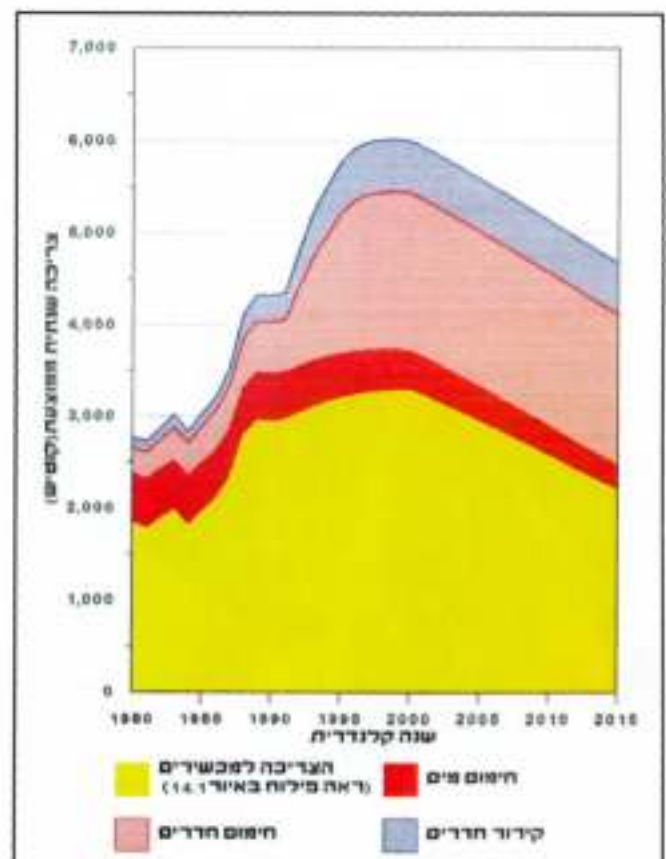
סיכום

חברת החשמל בודקת את השפעת ההתפתחויות הטכנולוגיות על צריכת החשמל, כחלק ממערך הנתונים הנדרשים לתיכנון לטווח ארוך. המחקר הנדון כאן מראה ניסיון ראשון של חיזוי טכנולוגי בכל הקשור לצריכת החשמל במיגור הביתי עד שנת 2015. הצוות שערך את המחקר ימשיך לעקוב אחר ההתפתחויות



אזור 6

חיזוי הצריכה השנתית הממוצעת הכוללת במשק בית בישראל, לפי חמישה צירופים של תסריטי הבנייה וה"חישמול"



אזור 5

חיזוי הצריכה השנתית הממוצעת הכוללת במשק בית בישראל, עבור הצירוף השלישי של תסריטי הבנייה וה"חישמול"



חידושים במערכות לבקרת מבנים

מהנדס ברוך ויינשטיין

כשבעים חברות מהמובילות בעולם בתחומי החשמל והאלקטרוניקה פיתחו במשותף את מערכת ה-Instabus. מערכת זו, המהווה חידוש עולמי בבקרת מבנים, מבוססת על רשת תקשורת המחברת את כל יחידות הקצה במבנה, כגון: מפסקים, תאורה ומזגנים באמצעות כבל דו גידי יחיד.

המערכת מאפשרת לבצע שינויים או תוספות בתיפקוד המפסקים בתוכנה ולשלב בה מערכות בטיחות, כריזה וביטחון. מאפייני המערכת הם: פשטות בתיכנון, גמישות בהכנסת שינויים לצורך התאמה למפריטים, חיסכון בארגיה, הפעלה באמצעות שלט רחוק והתקנה ואחזקה פשוטה.

גידי יחיד (קו תקשורת) המזין ממתח נמוך של 24 וולט.

המערכת מורכבת מיחידות שונות, כגון: מפסקים שונים המותקנים על קירות הבית (איור 2), שלט רחוק, שעון, גלאי נפח, בקרי טמפרטורה וכיו"ד יחידות אלו מכילות מעבד זעיר (micro processor) ומקיימות ביניהן תקשורת לצורכי בקרה, ללא צורך במחשב או ביחידת בקרה מרכזית גדולה ויקרה. כל יחידות המערכת ון יחידות "יחכמות" וניתנות ליישום רב מעמי. איור 3 מציג יחידות של מערכת Instabus המתקנות בלוח החשמל.

האמורה לתת פיתרונות למגבלות שהוזכרו לעיל וגם לכלל מערכות בקרת המבנה, המערכת אמורה לשמש סטנדרד בעתיד.

מבנה המערכת

מערכת Instabus היא מערכת חדשנית, המבוססת על עקרון של רשת תקשורת המחברת את כל יחידות הקצה במבנה, כגון: מפסקים, מזגנים ומזגנים. חיבור יחידות הקצה נעשה באמצעות כבל דו

מבוא

עליית המודעות לחיסכון בארגיה והרצון ליישם את ההישגים הטכנולוגיים לצורכי נוחות וביטחון, הביאו להתקנת מספר רב של מערכות בקרה אלקטרוניות כמבנים מודרניים. אולם, למערכות הבקרה הקיימות יש מספר מגבלות המפורטות להלן:

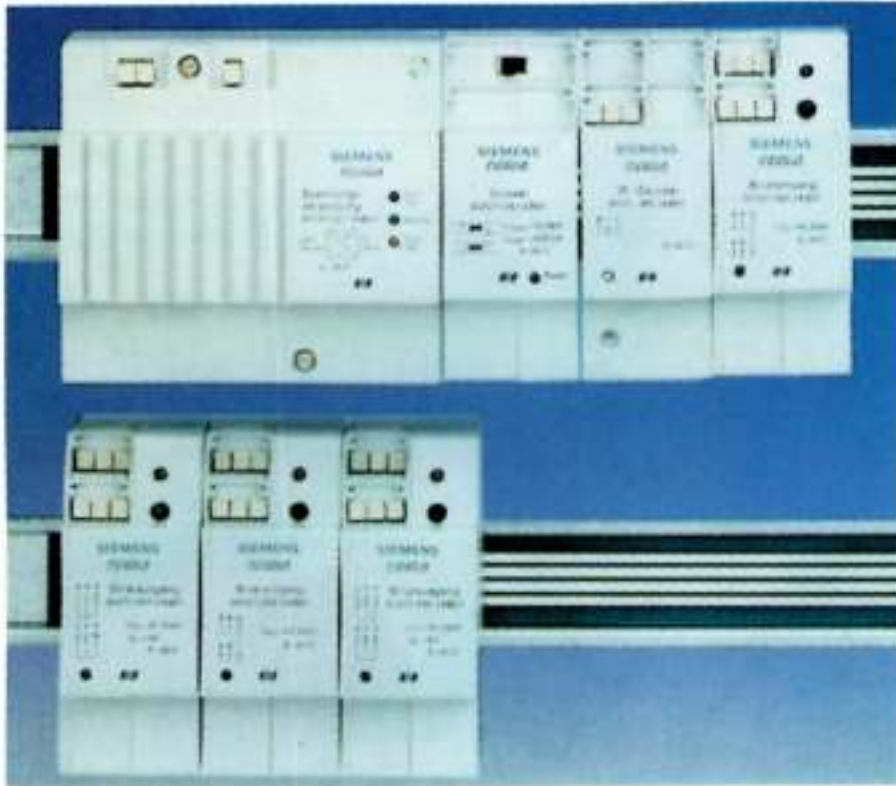
- שינוי או הרחבה בתיפקוד רכיבי המערכת, כגון מפסקים ולחצנים, כרוך באינסטלציה חדשה ובשינוי חיזוט.
- יש צורך בהתקנה של עשרות, ולעתים גם מאות, קווי פיקוד מלוח הבקרה אל יחידות הקצה – מזגנים, מזגנים וכו'.
- יכולת עיבוד הנתונים וכוסר ההרחבה של בקרים אלו מוגבלים, כתוצאה מכך, כל שינוי או הרחבה עלולים להביא לצורך בהחלפת מערכת הבקרה.
- קיימות כפילויות בהקצאת המשאבים כתוצאה מחוסר תקשורת בין מערכות הבקרה השונות (מיוזג אורז, תאורה, ביטחון, כריזה וכיו"ד), המתקנות באותו מבנה.

כדי לתת מענה למגבלות אלו, כשבעים חברות מהמובילות בעולם בתחום החשמל והאלקטרוניקה הקימו במשותף בשנת 1990 איגוד כשם - EIBA European Installation Bus Association (ראה איור 1). החברות פיתחו את מערכת ה-Instabus (Installation Bus), מערכת



איור 1
סמל איגוד EIBA

ב' ויינשטיין – ארז, ייצור ובקרה תעשייתית בע"מ



איור 3
יחידות של מערכת Instabus מותקנות בלוח החשמל



איור 2
מפסקים של מערכת Instabus להתקנה בתוך הטיח



איור 4
תיאור כללי של מערכת Instabus

עקרון הפעולה

כיצד מערכת Instabus מועלת (איור 4). לדוגמה, עם הפעלת מפסק מסוים משודרת הודעה סיפרתית על קו התקשורת. הודעה זו מכילה מידע לגבי המערכות המבוקרות (קבוצות תאורה, מיוג אוויר וכיון) האמורות להיות מופעלות. יחידות הפעלה, המחוברות לקו התקשורת, קולטות את ההודעה ומסמנות את המערכות המבוקרות בהתאם לרצון המשתמש.

יתרונות המערכת

היתרונות של מערכת Instabus הם:

יכולת הרחבה

הרחבה פשוטה ובלתי מוגבלת בניגוד למערכות רגילות אשר "נתפרות" על פי הצרכים הראשוניים. לדוגמה, הוספת מפסק Instabus על הקיר מתבצעת ללא צורך בחיווט חשמלי.

פשטות בתיכנון

כל יחידות Instabus מקושרות באמצעות כבל דו נידי, במקום באמצעות עשרות קווי פיקוד. כל היחידות הן מודולריות ומתאימות לתקנים הקיימים.

הקטנה בהוצאות התקנה ואחזקה

ציד מודולורי ללא הברגות מאפשר התקנה פשוטה ומהירה. כל יחידה מועלת באופן עצמאי וניתנת להחלפה



סיכום

מאז ההכרזה על מערכת Instabus בשנת 1990, נמצאת עקומת המכירות של בעלייה תלולה. ניתוחים כלכליים של החברות ב־EIBA צופים לה חדירה למבנים השונים בהיקף של יותר מ־50% מכלל הפרוייקטים בשנת 1996, ועד סוף האשור חוזים שתהפוך לסטנדרד בכל אירופה.

הפרוייקטים הראשונים היו בעיקר בתחום משרדים, בנקים ובתי מלון, ואילו כיום מותקנות יותר ויותר מערכות בבתים פרטיים (איור 6). יצרני מכונות כביסה, מדחי כלים, מקררים וכיוצא בזה בפיתוח יחידות, שיאפשרו חיבור מכשירים אלו למערכת Instabus. בעתיד, עקרת הבית תשב בטרקלין ביתה ובלחיצת כפתור על שלט רחוק תוכל להפעיל או לכבות כל מכשיר הנמצא בבית, או להפעילו באופן אוטומטי לפי לוח זמנים שייקבע מראש.

אוויר, למשל לכבות את המערכות באופן אוטומטי לאחר יציאת הנכחים מהחדר, או להפעיל את המערכות לפי לוח זמנים קבוע מראש.

■ הפעלות "חכמות" באמצעות שלט רחוק

הפעלת מספר מערכות בו זמנית באמצעות שלט רחוק מאפשרת לשלוט על מערכות התאורה לפי מספר תוכניות קבועות מראש, או לעגמם את האור באופן רציף או בעוצמות קבועות. כמו כן, ניתן לשלוט על מערכות מיוזג אוויר, תריסים חשמליים ועוד.

■ שילוב מערכות בטיחות, כריזה וביטחון

המערכת מאפשרת שילוב של מערכות הבקרה כמבנה בתוך מערכת אחת. קיימת אפשרות להציג תמונות מצב והפעלה של המערכות בכל חדר, כגון תאורה, מיוזג אוויר, דלתות פתוחות, טמפרטורה וגילוי פריצה.

בקלות. תקלה ביחידה מסוימת אינה מוגשת בהמשך תיפקוד המערכת כולה.

■ בטיחות

מאחר שהמפסקים מחוברים למתח נמוך ניתן לעבוד תחת מתח ללא סכנת התחשמלות. המערכת גם מקטינה את כמות החיווט ומגדילה את האמינות.

■ מהפך בתיפקוד

שינוי בתיפקוד המערכת נעשה בצורה פשוטה ומהירה באמצעות תוכנה ייחודית, ללא צורך בהוספת חיווט (חדש נאיור 5).



איור 5

שינוי בתיפקוד רכיבי Instabus מתבצע באמצעות תוכנה מתאימה



איור 6

שליטה על מערכות ביתיות באמצעות מחשב

יישומים

מאות אלפי יחידות של מערכות Instabus כבר הותקנו במבנים שונים בכל רחבי אירופה וישראל, כגון: משרדים, בנקים, בתי מלון, אולמו כינוסים, מפעלי ייצור, בתי חולים, בתי אבות, אוניברסיטאות ובתים פרטיים. אפשרות היישום של המערכת הן רבות ומגוונות ולהלן נמנה אחת.

■ היסכון באנרגיה

המערכת מאפשרת לחסוך באנרגיה בעת הפעלת מערכות תאורה ומיוזג

אינג'ני פאול שפר

ועדת הפירושים

מיום פירסום התקנות האמורות, דהיינו ביום 17.6.93.

עם זאת, החליטה ועדת הפירושים לבקש מוועדת ההוראות להגדיר ביתר פירוט את עניין "המרפסת", מאחר שיש בעייתיות מסוימת בכל אותן מרפסות, אשר הפכו להיות מעין חדר וזאת לאחר סנידת הפתחים על ידי תריסים או חלשות.

אופן החיבור של מוליכי אפס בלוח

הבעיה

לתקבלה שאלה בזו הלשון:

בסעיף 24 בפרק ד' בתקנות "התקנת לוחות במתח עד 1,000 וולט" כתוב:

"אם מוליכי אפס שבגוף יחבור אל פס האפס המיועד למוליכים אחר."

כל מוליך אפס יחבור אל פס האפס האמור באמצעות גודו המיועד עבורו בלבד. ניתוק מוליך אחד לא יפגע בתקינות חיבור מוליך אחר."

התעוררו מספר שאלות של יצרני לוחות ועל יועצי חשמל על פירוש הסעיף הניל, בדלקמן:

1. האם יש צורך שכל אבזר אשר בלוח, כגון: מנורות, וולטמטרים, מגעונים, אבזרי פיקוד, שעונים וכדו', יחבור באופן נפרד אל פס האפס?

2. כיצד מתפרש הסעיף כאשר:

א. כל מערכות הפיקוד מקבלות מתח נפרד חד מפעיל?

ב. מערכות הפיקוד מוזנות מכלל מעגל הזנה בהתאם?

ג. יש קבוצות של מערכות פיקוד, כאשר לכל קבוצה אבטחה נפרדת.

תשובת הוועדה

השאלה אמנם די מורכבת ומתארת מצבים אפשריים שונים, אך התשובה היא פשוטה, על פי רוח התקנה ולשונה.

כל מוליך אפס של מעגל כלשהו המגיע אל לוח החשמל חייב להיות מחובר לפס האפסים שבאותו לוח, וכל מוליך חייב להיות מחווק במקומו על ידי בורג המיועד לו בלבד, כך שלא תיגרם התרופפות מוליכי אפס אחרים בזמן מתיחתו.

אותו הדין כמובן לגבי הלוח הראשי ולגבי כל לוח עזר שיש במיתקן.

הגנת מפסקים ובתי תקע המורכבים על משטחים הניתנים לרחיצה

הבעיה

האם על משטחים הניתנים לרחיצה, כגון קירות מצופים בשיש או בחרסינה, חייבים להרכיב מפסקים ובתי תקע מצננים נגד מים, ואם כן באיזו דרגת הגנה "IP" בהתאם לתקן הישראלי ת"י 1981

כידוע, קיימים מפסקים ובתי תקע המורכבים בתוך תיבות התקנה עם סכסה מצויד באטם גומי, אך למרבה הצער רוב המכסים האלה נשברים ואז דיך תיבת ההתקנה כדף תיבה רגילה.

תשובת הוועדה

ניקוי משטחים אנכיים מצופים חרסינה או שיש, בדרך כלל, לא נעשה על ידי התות מים, אלא על ידי שימוש במטלית לחה, דבר זה לא גורם לחדירת מים לתוך תיבות ההתקנה ולכן אין צורך בתיבות מצוננות במיוחד נגד חדירת מים, בשימוש בתי רגיל.

אחד הוא המקרה במקומות בהם משתמשים בסילוני מים לשם ניקוי, כגון: באטליו ובחנות דנים. שם יש לדאוג לציוד מוגן לפי IPX6X (הגנה נגד סילון מים חזק), אם ציוד חשמל אכן מורכב על קיר כזה.

התקנת לוחות חשמל במרפסות

הבעיה

בעת האחרונה הותקנו לוחות חשמל במרפסות דירותיות, הסגורות על ידי תריסים. האם הדבר תואם את הוראות תקנות החשמל?

תשובת הוועדה

מאן להיות התשובה המוחלטת היא – לא.

תקנה 27א) של תקנות החשמל (התקנת לוחות במתח עד 1,000 וולט) התשנ"א – 1991 קובעת בפירוט:

"במיתקן ביתי לא יותקן לוח בחדר מקלחת או בחדר אמבטיה או במרפסת."

ובתקנה 27ב) כתוב:

"בדירת מגורים יטוקם הלוח של המיתקן הדירתי בתוך הדירה..."

יש לשים לב להבדל בין הדרישות שבתקנות משנה 27א) ו-27ב). בתקנת משנה 27א) מדובר במיתקן ביתי, אשר על פי הגדרתו הוא: "מיתקן במבנה המיועד למגורים, למסחר, למשרדים או במבנה שתנאי המקום והשימוש במיתקן החשמל דומים לאלה של דירת מגורים". ככל אלה אסור שלוח החשמל יותקן במרפסת.

תקנת משנה 27ב) קובעת בנוסף, כי בדירת מגורים הלוח יהיה בתוך הדירה, דהייש אף לא בחדר המדרגות. תנאי זה נקבע מטעמי בטיחות על מנת שלא יאפשר טיפול בלוח שלא בידיעת בעלי הלוח, וכן מטעמי נוחות הדיירים כדי שלא יצטרכו להתרוצץ בלילה בחדר מדרגות כדי להחזיר מתח במקרה של תקלה. כידוע תקנה זו נכנסה לתוקף שנתיים

1 ק"ת 5375

פי שפר – י"ד ועדת ההוראות וועדת הפירושים שלד משרד האנרגיה והתשתית

משולחן הוועדות

להתבצע סמוך ליחידה זו, כי בעת הטיפול בה, כשהתקע של החיבור הראשי נשלף, אין קשר עין בין מקום התקע לבין יחידת העיבוי שעל הגג, ולכן אין ביטחון שלא ייכנס התקע לבית התקע על ידי מאן דהוא ויופיע מתח ביחידת העיבוי בזמן הטיפול בה.

נשאלת השאלה אם חייב להיות מספק במקום זה או שמה מותר להשתמש באמצעי ניתוק אחר? בתקנה 33 נאמר במפורש:

"על אף האסור בתקנה 32 (ג) מותר ליתקין במתחל היינה של מכשירי החשמל אבזרים אלה: (1) תקע ובית תקע מיטלטלים; ..."

אין כל ספק שמחבר תקני הינו כעין תקע ובית תקע מיטלטלים. לכן צורת ההתקנה המוצעת עונה על הדרישות.

כדי להבטיח את שלמות המחבר קבעה הוועדה שתגישה אליו חייבת להיות אפשרית רק לאחר שימוש בכלים (כדי שלא כל דיכפון יתעסק בו), ושיהיה שילוט מתאים על תעלת ההתקנה, אשר בה המחבר, המצביע על זהותו ועל תפקודו.

צביעת עמודי רשת עלית המשמשים בצורה משולבת הן למתח גבוה והן למתח נמוך

הבעיה

האם עמודי מתכת הנושאים רשת משולבת, דהיינו עמודים אשר עליהם נמתחה רשת מתח גבוה ומתחתיה גם רשת מתח נמוך, חייבים להיות צבועים כחדש בתקנות החשמל (הארקות ואמצעי הגנה בפני חישהול במתח עד 1,000 וולט) התשנ"א – 1991?

רדי ידוע שקווים של מתח גבוה מוגנים על ידי סידורים נאותים ביציאתם מתחנות המסנה, סידורים אשר מבטיחים את ניתוקם של הקווים באופן מידי במקרה של קצר לאדמה או לקיוון המתח במקרה של שימוש בסליל כיבוי (סליל יפטרסון).

תשובת הוועדה

תקנה 35 (7) של התקנות הנ"ל נותנת פטור מחובת הארקה ל

(4) בתקנה 32(א)

"על אף האסור בתקנה 31. מותר להיון מכשיר באמצעות

(1) תקע ובית תקע במקום מספק כאשר חורם הנקוב של בית התקע אינו עולה על 25 אמפר."

(2) בתקנה 50(ב), הדנה באופן ההזנה של דוד שמש, אשר מבחינת דרישות הבטיחות דומה למדחס של מוגן מפוצל, נאמר:

"בנוסף למספק המותקן למי תקנת משנה (א) יותקן לכל דוד שמש, שלא נמצא בתוך המבנה שהוא משרת, מספק צמוד לטנסטורוקציה שעליה נמצא הדוד."

מכל הנ"ל אנו למדים שיש להתקין מספק בקו ההזנה למוגן, אלא אם הוא מוגן מחיבור של תקע ובית תקע לפי ההקלה שניתנה בתקנה 32(א)11) למכשירים שצריכתם אינה עולה על 25 אמפר.

חיבור המוגן הנדון נעשה על ידי תקע ובית תקע בפנים המבנה, וזה אכן מתאים לדרישות.

ניתוק יחידת העיבוי, בהקבלה לדרישות הקיימות לגבי דוד שמש, חייב

והגישה אליו אפשרית רק אחרי פתיחת ברנים להסרת המכסה.

האם צורת ניתוק כזו עונה על דרישות התקנות?

תשובת הוועדה

סמן הוא שבתקנות החשמל (מעגלים סופיים הניזונים במתח של 1,000 וולט) התשמ"ה – 1984, נדרש:

(1) בתקנה 50(א)

"מכשירי חשמל יצויד באמצעי כשם ניתוקו מחייבה"

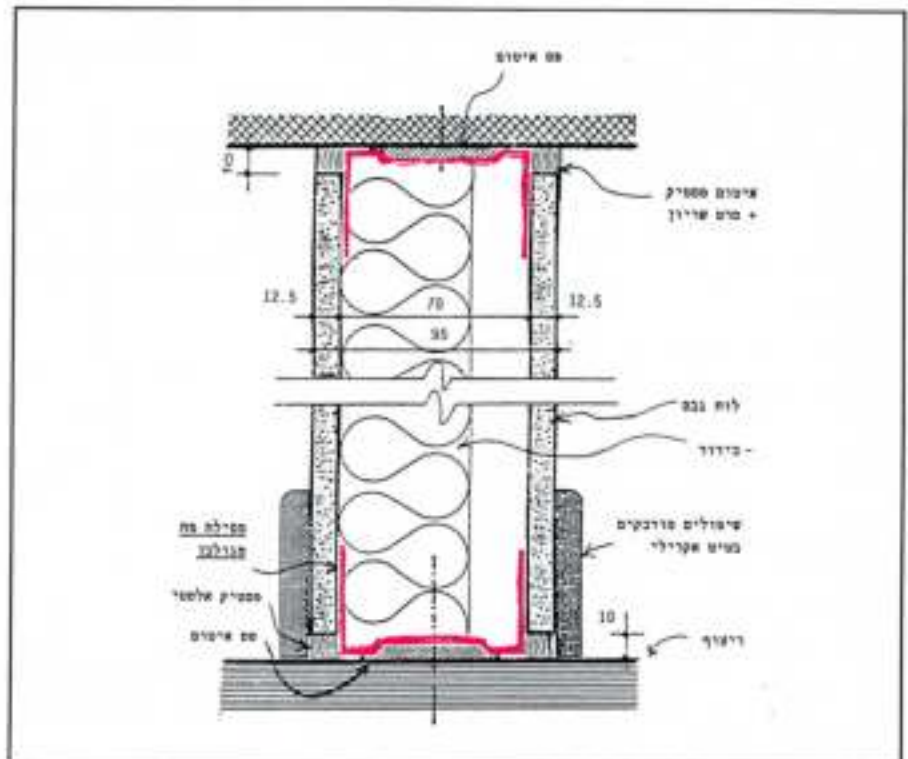
(2) בתקנה 31(א)

"למכשירי חשמל קבוע או נייד יותקן מספק קבוע אשר יתאים לחום הנקוב של המכשיר."

(3) בתקנה 31(ב)

"המספק יהיה נגד סחמכשיר וותקן בטוחה ראייה מסוג, אלא אם ניתן המספק לעגילה בסגוב מומסקי"

- 1 קית 4731
- 2 קית 5375



איור 2
מחיצה בין חדרים יבשים

משולחן הוועדות

האם חיזוק כאמור עונה על דרישות התקנות?

תשובת הוועדה

בתקנות החשמל (התקנת מובילים) התשכ"ו – 1965, קובץ תקנות 1949 והתיקון שהופיע בקובץ תקנות 4166, נאמר בתקנה 57:

"התקנת של צינורות פלסטיים תיעשה בקווים ישרים אנכיים או אופקיים בכפוף למנאים אלה:

(1) בהתקנה נלויה חיזוק צינורות פלסטיים לחלקי מגנה קבועים באמצעות חבקים תקינים, מתאימים לקוטר החיצוני של הצינור, החבקים יהיו מחווק סגור מספיק לקביעה איתנה ובת קיימא של הצינורות על המוליכים שבהם והאבזורים המחוברים אליהם.

(2) בהתקנה נלויה של צינור פלסטי כבד או קל לא יעלה המרחק בין החבקים על מטר אחד, ובהתקנה נלויה של צינור פלסטי נשיש או כפוף לא יעלה המרחק בין החבקים על 40 ס"מ, ובלבד שהמרחק בין חבק לבין מקום היסוד של הצינור בנקודות המוצא של הצינור לא יעלה על 20 ס"מ.

(3) בהתקנה סמויה יעשה חיזוק הצינורות הפלסטיים על ידי חבקים או חיזוקים כל שהם, באופן שלא יגרם נזק לשלמות הצינור, לא תשונה צורתו האגולה והחיזוק יהיה בני קיימא ויבטיח את תוחלתו מסקוטו."

ברור מהניל, שיש להשתמש בחבקים תקינים ובני קיימא וזאת במרחקים מירביים קבועים מראש. תילי ברזל אינם תקינים ואינם בני קיימא, כי החומר שמשתמשים בו לקשירה הוא בדרך כלל חוט ברזל של טפסנים, החלוד מראש או מעלה חלודה בזמן קצר ומתפורר.

יש לפסול פסילה מוחלטת מיתקנים המותקנים כמתואר בשאלה.

הבעיה חמורה כי התקנת מערכות תקשורת כגון כריזה, גילוי אש, בקרה וכ"ו מעשית על פי רוב לאחר שהמיתקן העיקרי של אספקת חשמל נבדק בדיקה שבטרם ההפעלה הראשונה וניתן לו מתח.

והדבר חמור כפליים, כי בדרך כלל זה קורה בבניינים גבוהים או רב תכליתיים, או בבנייני ציבור, שבהם קהל רב ושכנת שריפה מרחפת מעליהם עקב עבודה רשלנית ובלתי מקצועית.

(4) הפסור איננו חל על כל מכלול העמודונים ברחובות שבהם מיתקני חשמל לצינורות עמודי תאורה.

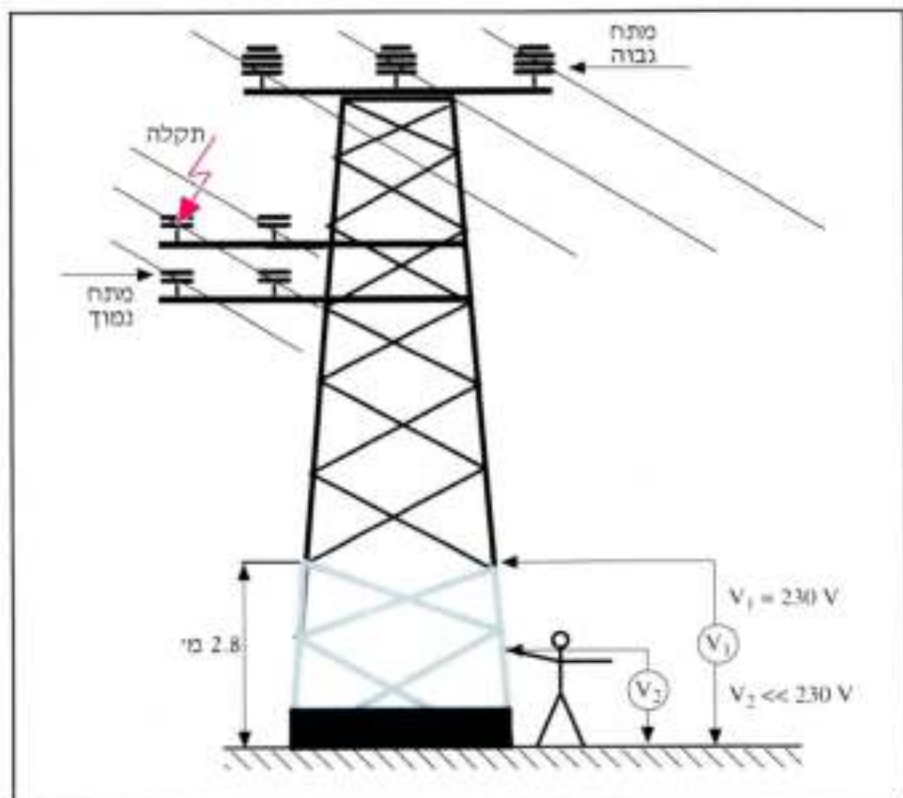
לכן קובעת הוועדה, שעמוד משולב מבחינת הרשת של מתח נמוך דינו כדיון כל עמוד ברשת עילית עד 1,000 וולט, כמוגדר בתקנות, והיותו מוגן מחדירת מתח גבוה עקב תקלה ברשת למתח גבוה שבראש העמוד אין לו ולא כלום עם הצורך להגן עליו מצד המתח הנמוך.

יש, איפוא, חובה לצבוע את העמוד כגדוש בתקנה 7135, ראה איור 3.

חיזוק תקין של מובילים

הבעיה

בודקי מערכות (במקרה זה מערכות גילוי אש) נתקלו במובילים (צינורות) המשמשים את מוליכי המערכת, כאשר מובילים אלה היו מחווקים לתקרה או לקיר באמצעות חוטי ברזל מסובכים סביב צינור ומחווקים לבורג שנתקע בתיקרה או בקיר.



איור 3

עמוד רשת עילית "משולב" המשמש למתח גבוה ולמתח נמוך

"עמודי מתח ואבזורים שמתכת מרי לגופי תאורה, ברשתות חשמל עיליות של חברת החשמל כשהעמודים ואבזורים צבועים על לגובה של 2.8 מטרים לפחות, או עמודי בטון ואבזורים, ובלבד שבידוד המוליכים שעל העמודים האמורים סתרוזק במצב תקין, הוראת פסור זה אינה חלה על עמודים המיועדים לתאורה בלבד, לסימון, לשלטי רחוב, לשלטי פרסומת וכיוצא באלה."

מקריאת הניל ברור:

(1) הפסור חל רק על עמודי חברת החשמל (כל "חברה ציבורית לאספקת חשמל").

(2) הוא מותנה בכך שחברת החשמל תתחוק את רשתותיה במצב תקין.

(3) ק הוא מותנה בצביעת העמודים עד לגובה של 2.8 מטרים, כך שאדם הגוע בעמוד שקיבל מתח עקב תקלה במוליך או אבזר של מתח נמוך שעל העמוד, יהיה מוגן במידת מה מספינת מלוא הפרש הפוטנציאל שבין רגליו לבין מתכת העמוד שהוא עלול לגעו בו (ראה איור 3).

מדור שרות פרסומי לקוראים

"התקע המצדיע" מס' 56



למעוניינים במידע נוסף!

כדי לקבל מידע נוסף:

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

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

תלוש שירות פרסומי למידע נוסף

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

שם:

חברה/מוסד/מפעל:

המען לתשובות:

ישוב:

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

| | | | | | | | | | | | | |
|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------------|
| 56/12 | 56/11 | 56/10 | 56/9 | 56/8 | 56/7 | 56/6 | 56/5 | 56/4 | 56/3 | 56/2 | 56/1 | נוסף |
| 56/23 | 56/22 | 56/21 | 56/20 | 56/19 | 56/18 | 56/17 | 56/16 | 56/15 | 56/14 | 56/2 | 56/13 | |
| 56/35 | 56/34 | 56/33 | 56/32 | 56/31 | 56/30 | 56/29 | 56/28 | 56/27 | 56/26 | 56/25 | 56/24 | |
| | | | | | | | | 56/39 | 56/38 | 56/37 | 56/36 | |

הודעה למערכת:

התלוש למידע נוסף יענה עד יום 07.94. 31 לאחר תאריך זה יש להפנות את בקשות המידע ישירות לחברות המפרסמות

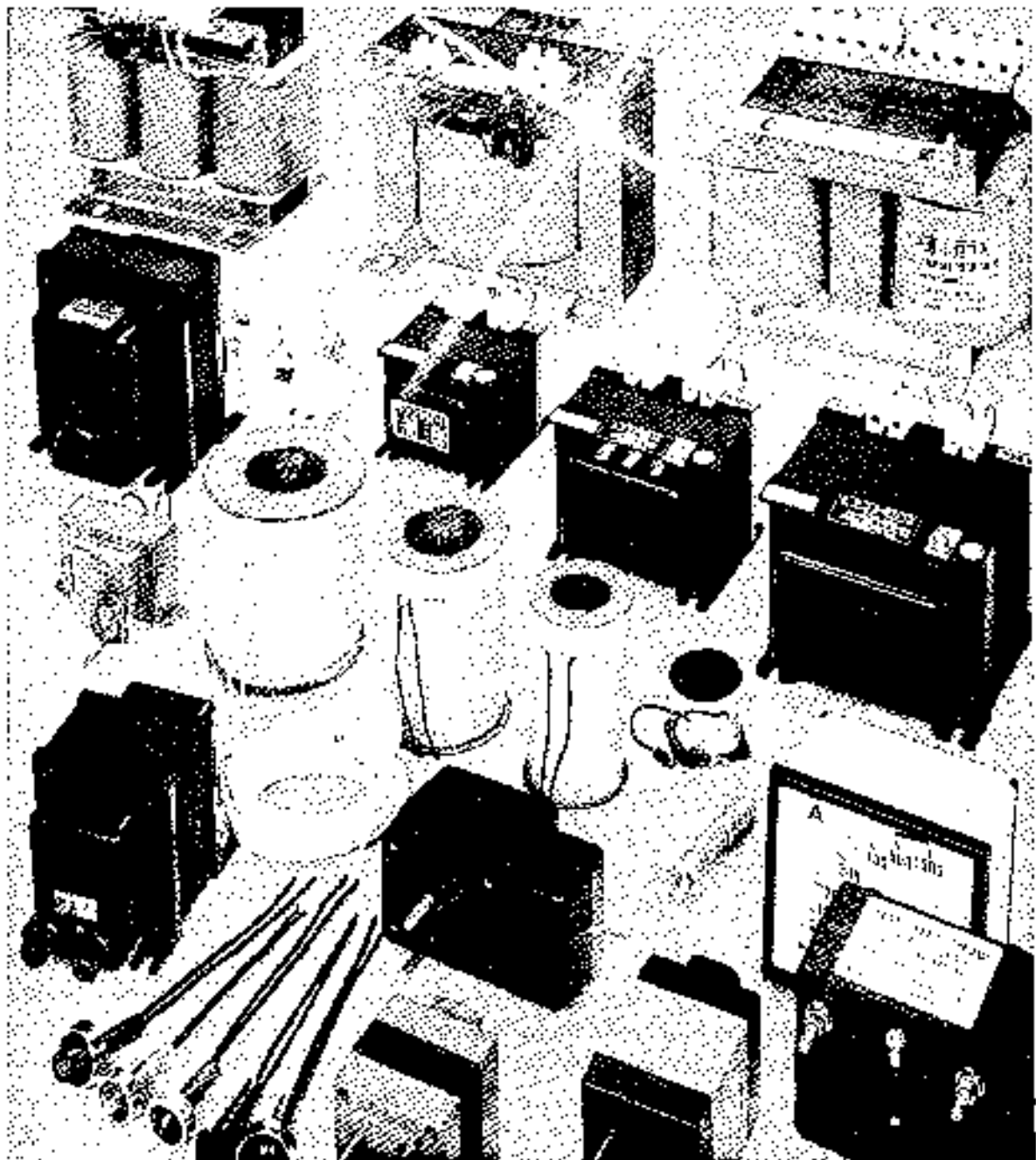


נוסד 1970

ברק כח

ברק כח ייצור שנאים (טרנספורמטורים) בע"מ
יבוא ושוק מבשירי מדידה לחשמל

- * שנאים (טרנספורמטורים) חד פאזי ורול"ת פאזי
- * להרכבה בליחות חשמל ומתקני חשמל
- * שנאי אוטוטרפו להתנעת ממעים חשמליים עד 2000HP כח סוס
- * משנה זרמי לאמפרמטר להרכבה בליחות חשמל
- * שנאים להפעלת מכשירי חשמל אמריקאיים 230/116V
- * שנאים לפיקוד ובקרה במערכת חשמל
- * שנאים להפעלת מרות הלוקן 12V-230V
- * מיוצר לפי דרישות מ"ל/נ"י • 899
- * ספק משרד הבטחון מס' 0083084547



רח' רוזיגו 8 פינת הר ציון 91 תל אביב 66538 טל. 03-377692, פקסיטיליה 03-370476
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.

**לנו המעבדה המשוכללת ביותר בארץ העומדת
לרשות לקוחותינו בכל עת!**

כל השירותים 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:

- ★ יעוץ הנדסי מונע.
 - ★ שירותי אחזקה שוטפת או תקופתית.
 - ★ שירותי קריאה לאיתור תקלות.
 - ★ בדיקות שמנים ממוחשבות — טיפול וחינוש שמנים.
 - ★ שיפוץ ותיקון ציוד מתח גבוה.
 - ★ סריקה טל-אופטית במערכות חשמליות.
 - ★ סריקה טרמית לגילוי מקורות חום במערכות חשמליות.
 - ★ בדיקות הגנות עד 100,000 אמפר ועד 100,000 וולט.
 - ★ מגוון בדיקות תשמליות נוספות לפי דרישה.
 - ★ בדיקות טרמוגרפיות לציוד עתיר אנרגיה
 - ★ בדיקות אולטרה-סאונד למתקני חשמל (החזקה מונעת)
- נא לפנות לחברת:

183A

להתייעצות נ-BAK94
2012 2013 2014

מסמך "אנרלק" ח"מ



אנרלק בע"מ

בדיקות התאמה לתקנים • בדיקות קבלה • כיוול הגנות • איתור תקלות
ד.ג. תל יצחק מיקוד 45805, טל. 09-650980/1, פקס. 09-650979

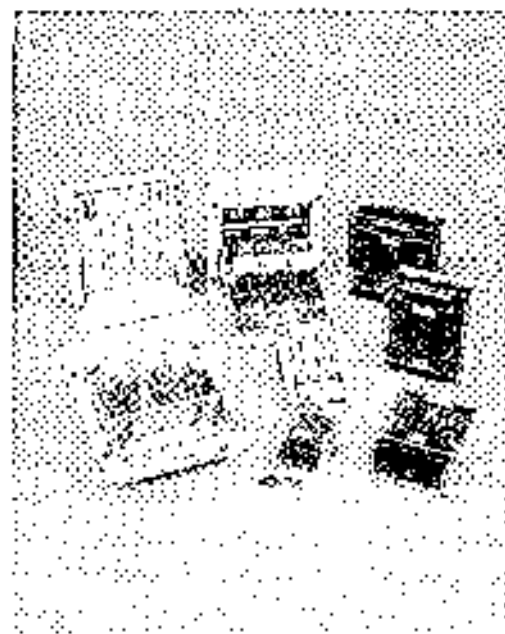
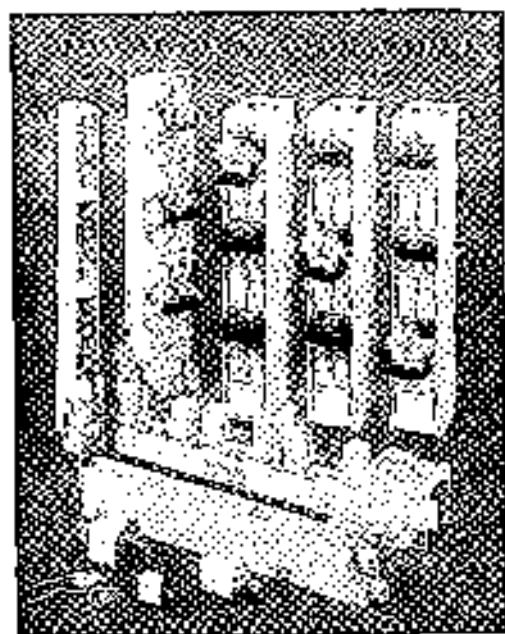
made
in
Israel

ארקו בקרה
אלקטרונית

AC

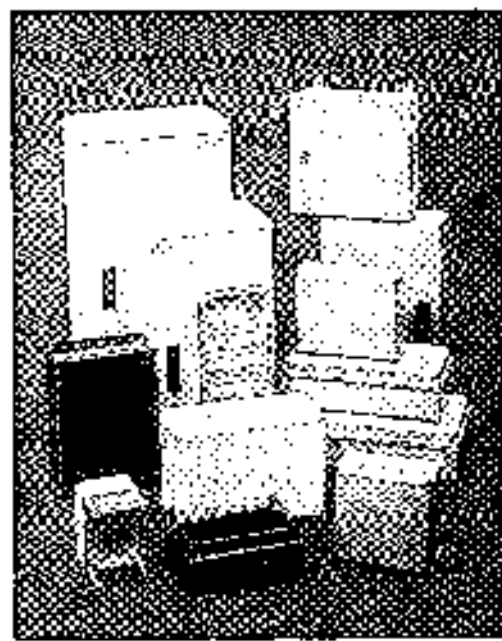
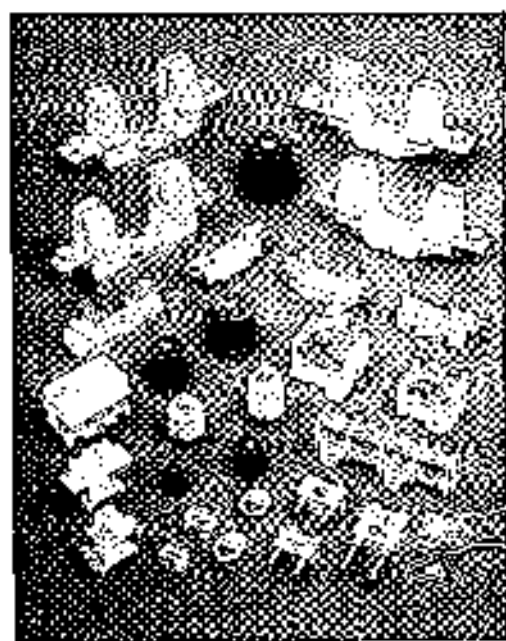
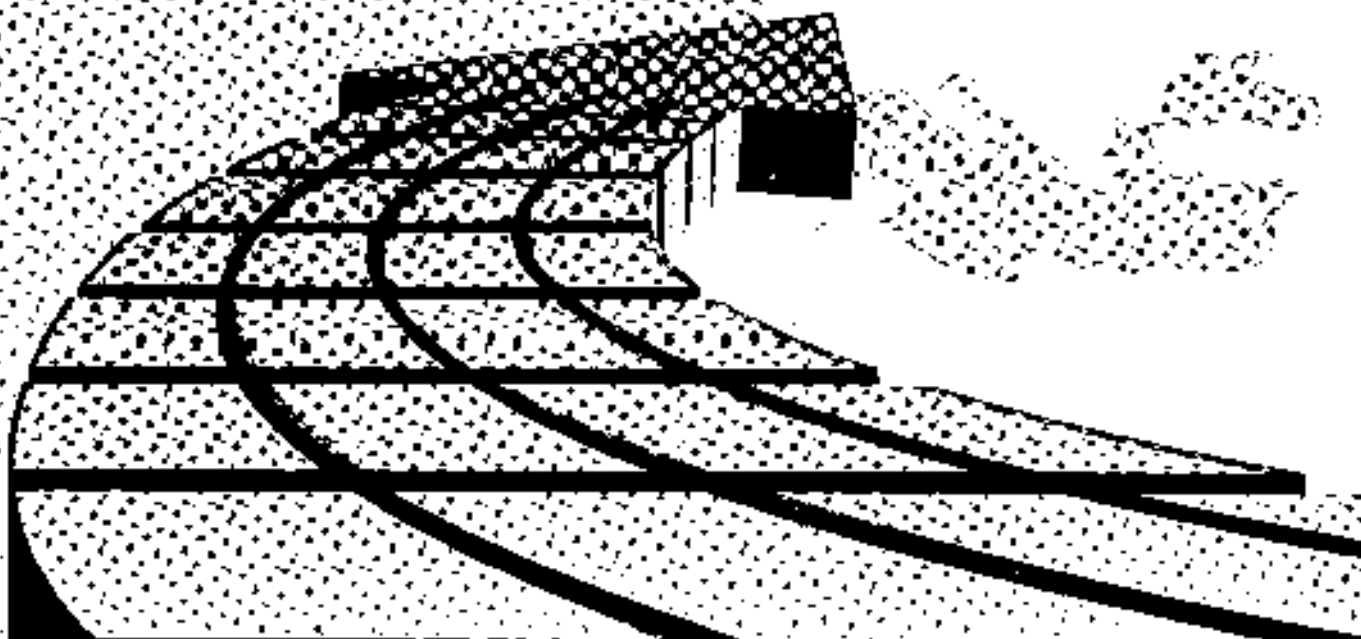
ה"כחול-לבן" היחידי שאושר לתקנים האירופיים

- ציוד מיתוג 500V עד 1250A חד וחלת פזי
- מעטפות לציוד חשמלי בדוד כפול
- מפוליקרבונט ופוליאסטר משורייני במגוון גדלים
- בסיסי נתיכים לכושר ניתוק גבוה
- אביזרים ללוחות חלוקה ופיקוד
- אביזרי חיבור והסתעפות





KEMA
KEUR



מפץ דורמילד

03-9614675 .0ק9 03-9630844 .70

אמבל הנדסת חשמל בע"מ

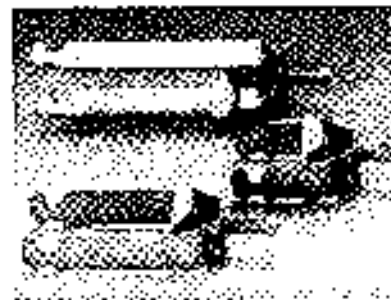
OBO BETTERMANN

חברת אמבל מייצגת בארץ
את החברה הגרמנית
OBO BETTERMANN
למגוון ציוד המשמש
להתקנות חשמל בתעשייה,
לקבלנים, חשמלאים
וצרכנים שונים.

שיווק
ואספקת
ציוד מיתוג
חשמל



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

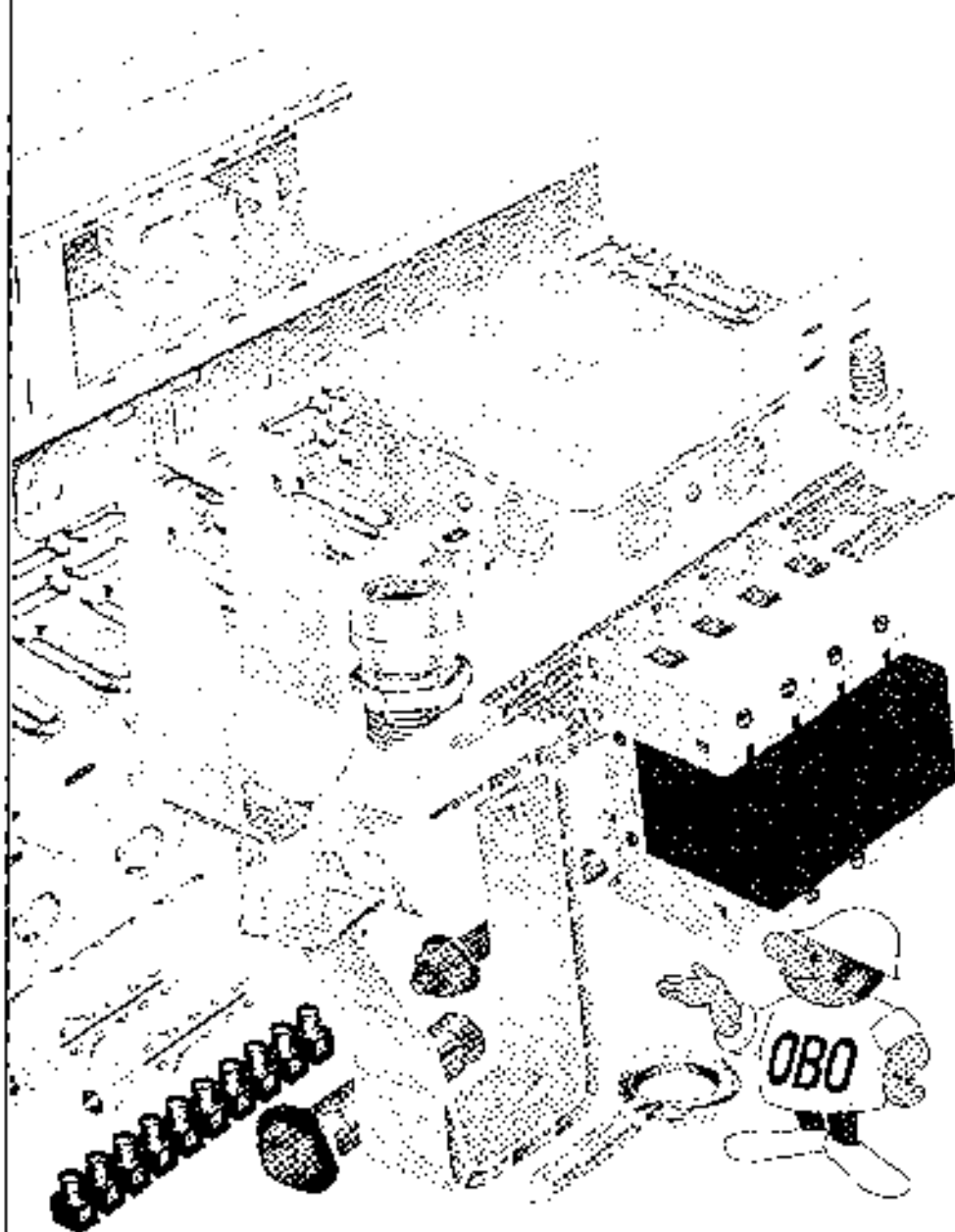


תעלות לכבלים

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



חברת אמבל
עומדת לשרותכם
במתן כל מידע שידרש
בנושא טכני, כספי
ותשמח לראותכם
בין לקוחותיה.



אורי צדוק

רח' יגיע כפיים 8 א.ת. קרית אריה, פתח תקוה
למכתבים: ת.ד. 3667 פתח תקוה 49130
טל. 03-9212010 (רב קווי), פקס. משרדי: 03-9212007
פקס. מחסן להזמנות: 03-9212008

אמבל



מדרגונית

SM-91



אוטומט מודולרי לחדר-מדרגות

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

S.M.-3



ON/OFF
עם תשייה זכרון
מופעל אוטומטית
לאחר ההשייה

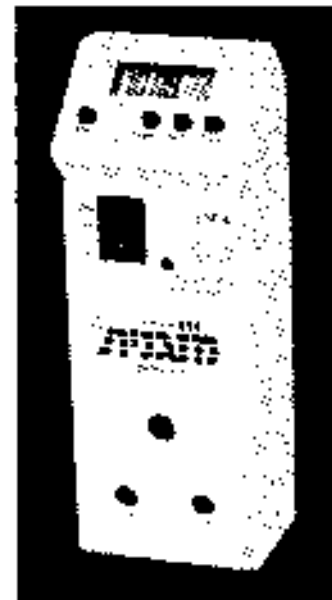
יחידת הגנה למזגנים עד 3 כ"ס

מדרגונית

יחידת הגנה למזגנים עד 3 כ"ס

- מודולרי - מתאים להתקנה עה"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.

S.M.-4

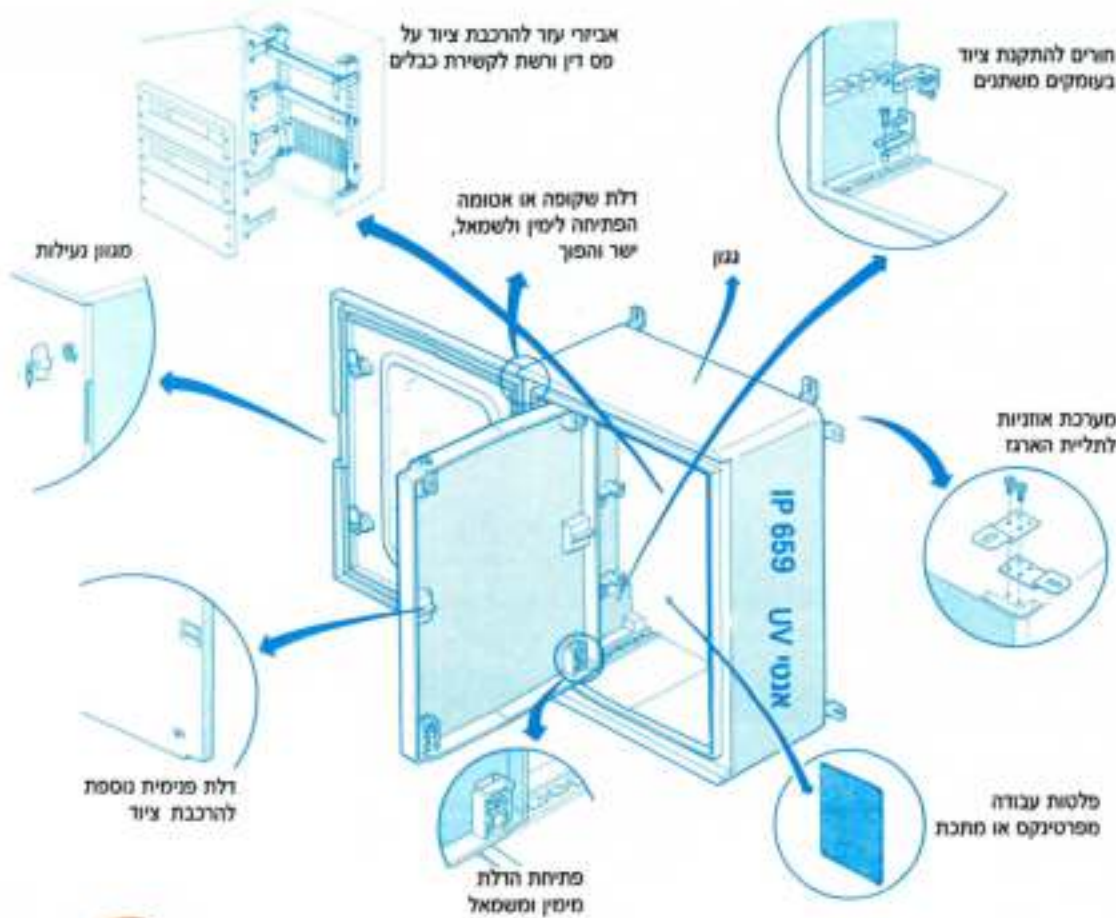


"שקע-תקע" עם השתייה,
זכרון והפעלה אוטומטית.
כולל שעון דיגיטלי + תרבה,
4 תוכניות הפעלה וכוו.

יצרן - ש.מ. יוניברסל אלקטרוניקה בע"מ 902975-09

GEWISS

כל היתרונות בארגז פולי'אסטר מודולרי אחד



אביזרי • אופק • אטומה



- ★ אישור בזק
- ★ מבחר צבעים
- ★ מגוון גדלים ואביזרי עזר תואמים
- ★ חסכוני – אתה משלם רק עבור האביזרים הדרושים לך

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 ובקשה, נא פנה למחלקה הטכנית רח' המפלסים 10, קרית אריה פ"ת טל: 03'9231227

הלוח המודולרי של

GEWISS

תשתית חשמל במפעל, לזמן בלתי מוגבל



110V 230V 380V 230V
1X16A 3 x 16A 5 x 32A שקע ישראלי

מילקום • יונאטחא



- ★ התקנה מהירה וקלה
 - ★ מכסה – דלת (הברגים הם הצירים)
 - ★ לוחות עם 3 עד 8 פתחים
 - ★ בפתחים ניתן להרכיב ולהחליף את כל סוגי השקעים:
5 x 63A — 5 x 32A — 3 x 16A — 1 x 16A
- 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 ובקשה, נא פנה למחלקה הטכנית
רח' המפלטים 10, קרית אריה פ"ת טל: 03*9231227

TAG 100

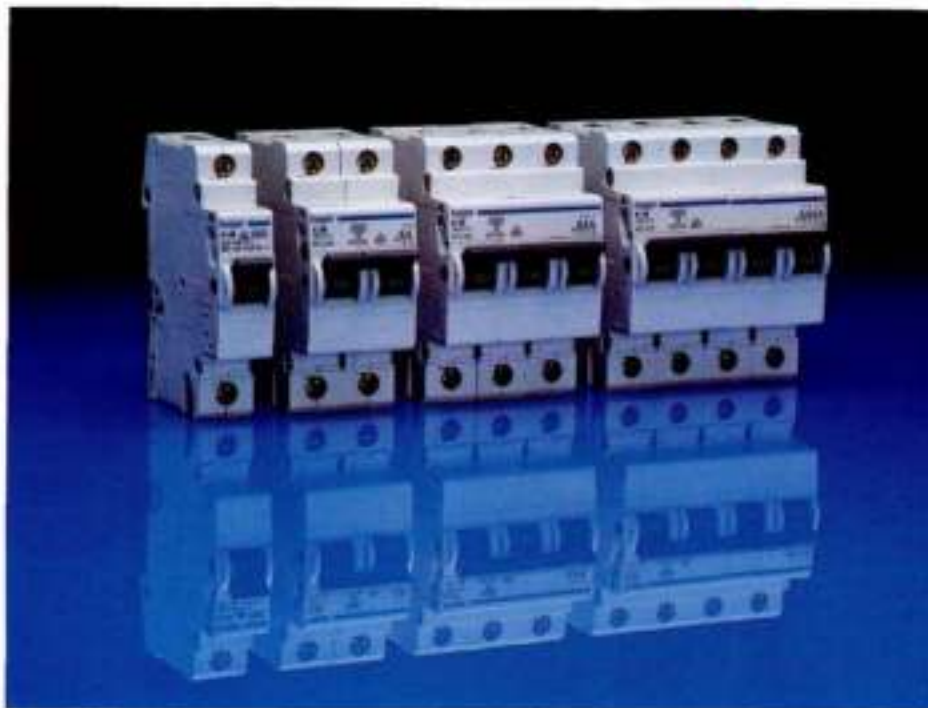
ת'בו'ת ח'לוקה
למכשקים אוטומטיים

תעלימית
talimit



תעלימית בע"מ ממעל: אזור התעשייה ת.ד. 439, קריית גת 82105 טל: 8-811236-07 פקס: 07-811285
מסדדו מכיות: יצחק שדה 34 ת.ד. 6008, תל-אביב 61090 טל: 03-5374642 פקס: 03-5374070 • כורזין 5 ת.ד. 860 גבעתיים 53108 טל: 03-5712973 פקס: 03-5713032

מפסקים אוטומטיים זעירים



hager איכות מובטחת

- מאמ"ט תלת-קוטבי בא באופן סטנדרטי עם אפשרות למגעי עזר, סליל הפסקה וכו'.
- כל המאמ"טים באים עם אינדקציה 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 DIN.
- כל המגעים מוגנים בפני מגע מקרי.
- המאמ"ט משתלב עם כל שאר הציוד המודולרי של **hager** ונותן אחידות בלוחות, ונוחות בהתקנה על פסי DIN.
- אורך חיים: 20,000 פעולות לדגמים עד 32A ו-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 היוצר 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 ו-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

instabus

הכל בזוג חוטיים!



SIEMENS
EIB
European Installation Bus



instabus הינה מערכת בקרה חדשנית תוצרת חברת SIEMENS המבוססת על רשת תקשורת המחברת את כל יחידות הקצה במבנה כגון: מפסקים, תאורה ומזגנים באמצעות כבל תקשורת דו-גידי בלבד. המערכת מורכבת מיחידות כגון: מפסקים שונים המותקנים על קיר, גלאי נוכחות, שלט רחוק, בקר טמפרטורה ועוד, המותאמים לסטנדרטים ומקיימים ביניהם תקשורת ללא צורך בבקר או מחשב.

כל מפסק כולל מיקרופרוססור ובאמצעות ניתן להפעיל כל קבוצת תאורה ו/או מזגנים ו/או תריסים בנפרד, ביחד או בכל שילוב נדרש, כולל אפשרויות לדימר, בקרת זמנים ועוד.

● **כשמות בחכון**
תכנון פשוט יותר המאפשר חסכון בזמן.

● **כשמות בהתקנה**
כל המפסקים במבנה מחוברים באמצעות זוג חוטים יחיד בלבד!

● **ישומים**
מאות אלפי יחידות instabus כבר הותקנו באולמות, וילות, בנייני משרדים ובנקים בכל רחבי אירופה ובישראל.
ראה כתבה בנושא בגליון זה.
לפרטים נוספים והדגמה נא לפנות לג'ורג' דינעסין.

ארדן יצור ובקרה חשמלית בע"מ
רח' גולומב 52, חל אביב 7171
טל: 03-5370122, פקס: 03-5376564

MERLIN GERIN

compact

NS 250 L

U_i 750V U_{imp} 8kV

| U _e (V) | ~ | I _{cu} (kA) |
|-----------------------|---|-------------------------|
| 220/240 | ~ | 150 |
| 380/415 | ~ | 150 |
| 440 | ~ | 130 |
| 500 | ~ | 70 |
| 660/690 | ~ | 20 |
| 250 | = | 100 |

cat A

I_{cs} = 100 % I_{cu}

EC 947-2
LITE VDE BS CDB LINE 125A

I_n = 100A

I_r
x I_n

I_m
x I_r

alarm



Compact NS

simply

a step ahead.

"373 אינן אלא האמר".

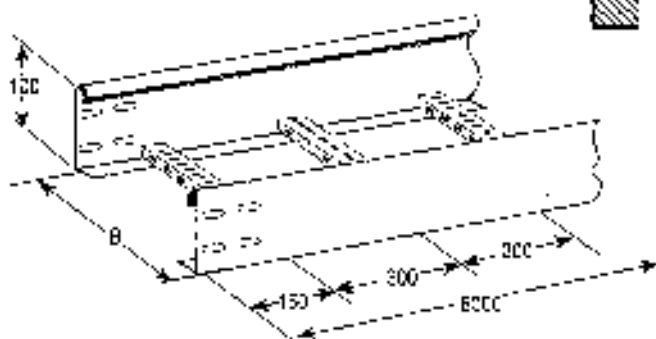
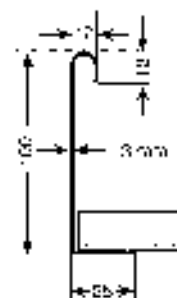
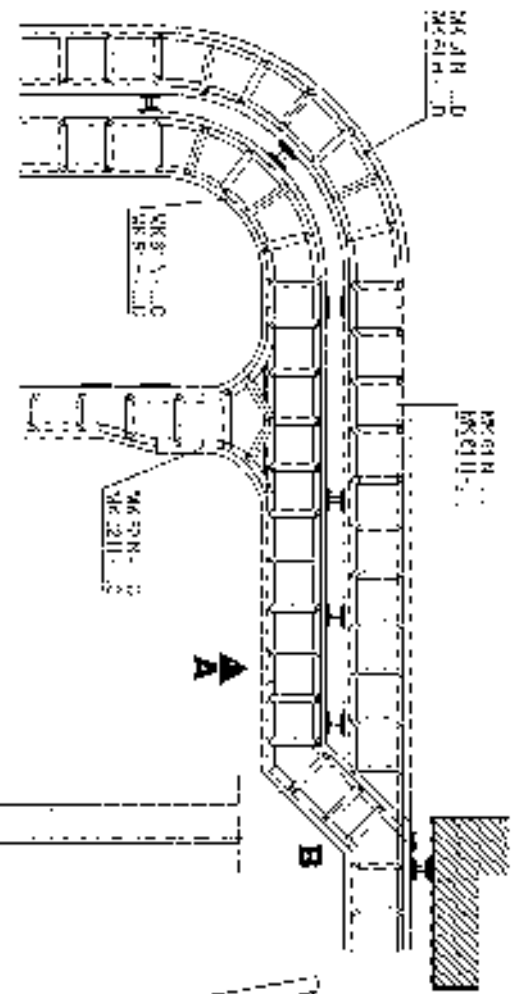
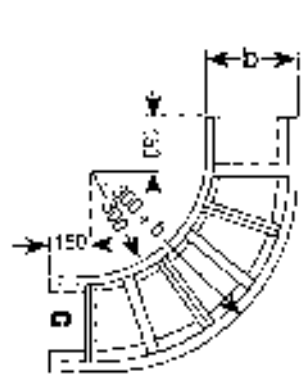
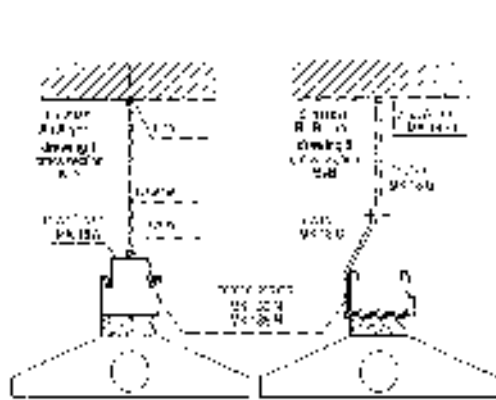
סומת SOMET

סוכנויות חשמל לתעשייה בע"מ

כתובתנו:

עד 30.6.94 - ת.ד. 2122 הרצליה 46120, טל. 09-558407, פקס. 09-558135
החל מ-1.7.94 - ת.ד. 1518 אזורית נתניה דרום, טל. 09-851351, פקס. 09-851340

נציגות **MERLIN GERIN** בישראל



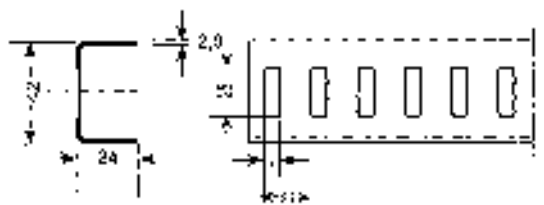
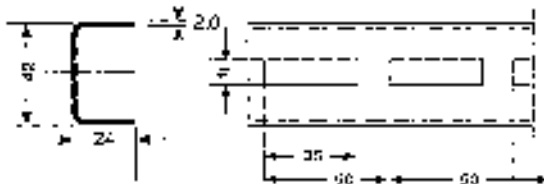
לנ בעיה

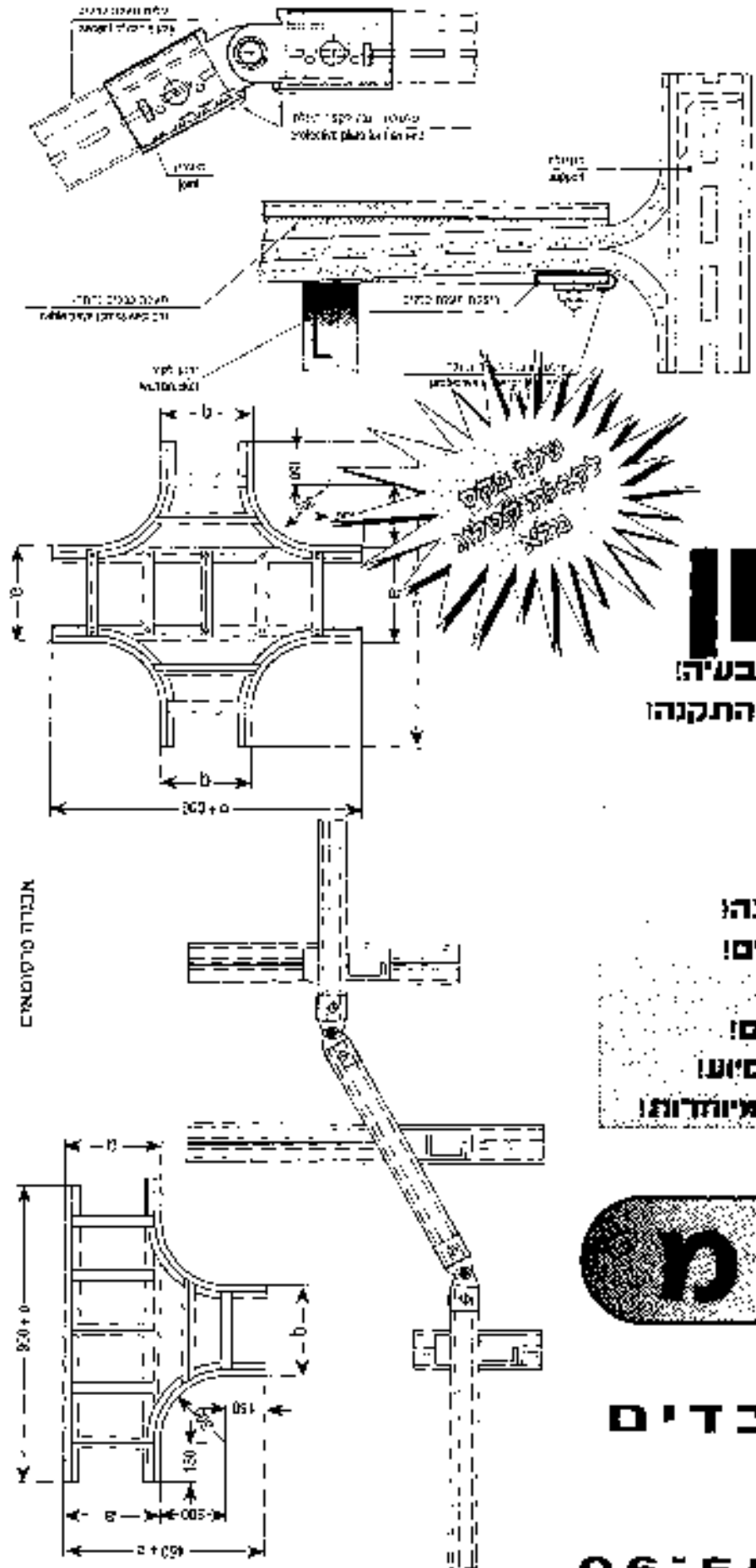
- ‡ מחפש פתרונות
- ‡ חסר לך חומר
- ‡ הלקוח דורש ציוד מיוחד
- ‡ יש בעיות בהתקנה
- ‡ אתה צריך ציוד מנדוסטה
- ‡ אתה צריך ציוד מגלון
- ‡ צריך צבע ספציפי
- ‡ התקנה בגבהים שונים
- ‡ נדרשת גמישות בהרכבה
- ‡ אין לך איך להביא את הציוד
- ‡ צריך יעוץ מקצועי
- ‡ צריך תעלות לעומסים כבדים

יורד שיו

סולמות ותעלות
תעלות כבל
סולמות וח

טל: 06-574434





ל:

פתרון

- יש לנו מבחר ציוד לכל בעיה
- יש לנו כל מה שנדרש להתקנה
- יש לנו, זאם אין נשיג לך!
- יש לנו צוותים לסיעו
- יש לנו מבחר גדול!
- יש לנו מבחר גדול!
- יש לנו בכל צבע שתרצה!
- יש לנו אמפרקים מתכוונים!
- יש לנו חיבורי ציד!
- יש לנו שרות הובלה חינם!
- יש לנו צוות מהנדסים לסיעו
- יש לנו סולמות ותעלות מיוחדות!

וק בע"מ

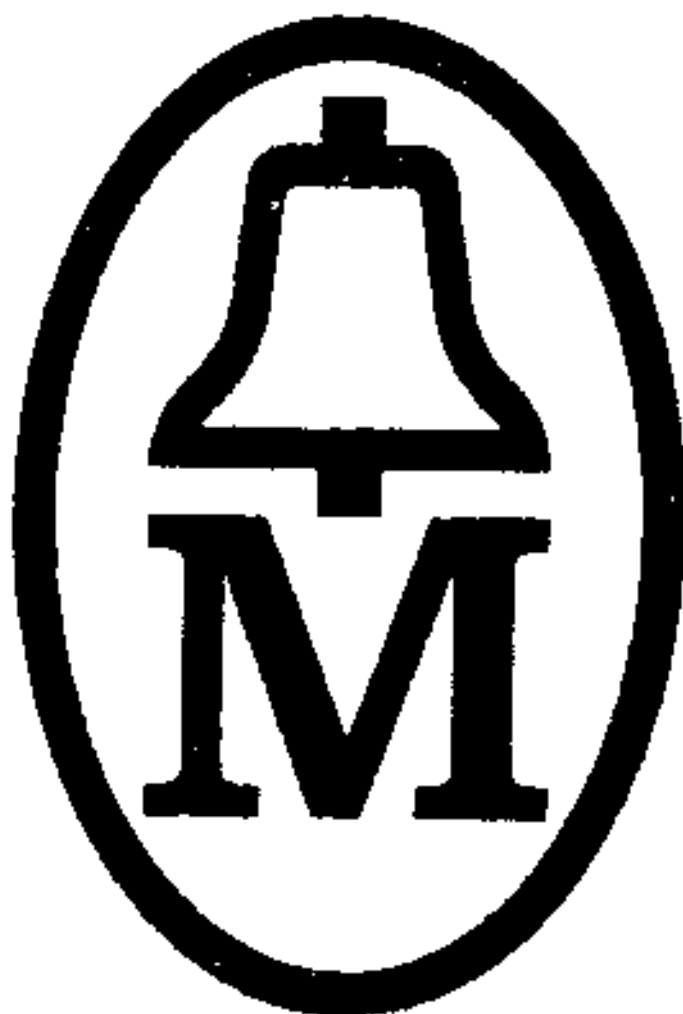
לעומסים כבדים
 מחורצות
 עלות רשת
 פקס: 06-553357

הציוד של קלוקנד מילר

הצוות והידע שלנו

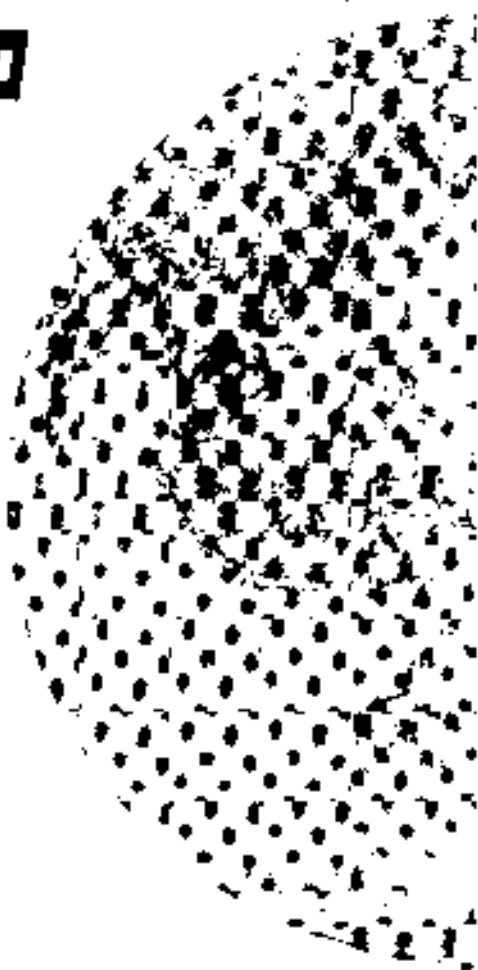
כולם יחד

ערוכה לאיכות



פיליפס מקדמת אותך מעל

8000 שעות אור קדימה!



גוף תאורה לתאורת כבישים 70-400 W

מיוצר בשני סוגים: זכוכית שטוחה ומבנה קעור,

רפלקטור מיוחד המונע סינוור

גוף מחומרים מרוכבים ומוגן UV

דרגת אטימות IP-65

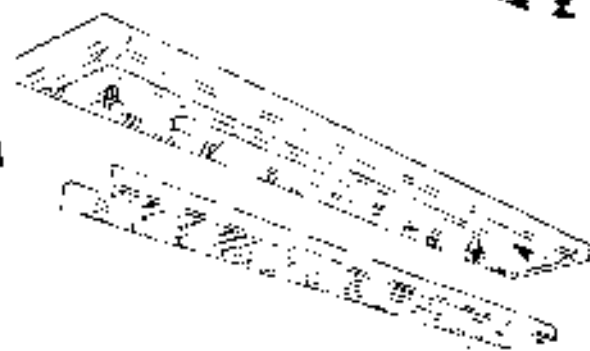
גוף תאורה (פרבולי) פלורסנטי TBS 300V

גופים פלורסנטיים פרבולים מונעי סינוור שקועים

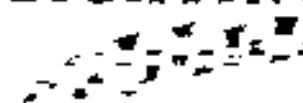
דגמים: 4x18w ; 3x18w

2x36w ; 1x36w

2x58w ; 1x58w



PHILIPS LIGHTING



* ואיזה של פיליפס

נורות צבע 80 של פיליפס (לומילוקס)

מסירת צבע של [Ra] 85

2700K צבע חם 82/WW

3000K צבע חם 83/WW

4000K צבע קר 84/CW

5700K אור יום 85/DL



קצנשטיין אדלר ושות' בע"מ



02-536 מחסן מרכזי: דעננה טל. 09-440202

א.י. א.מ. סי.
מניה פיקוד ובקרה בע"מ

E.M.C.

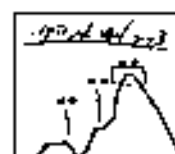
ENERGY MEASUREMENT
AND CONTROL Ltd.

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

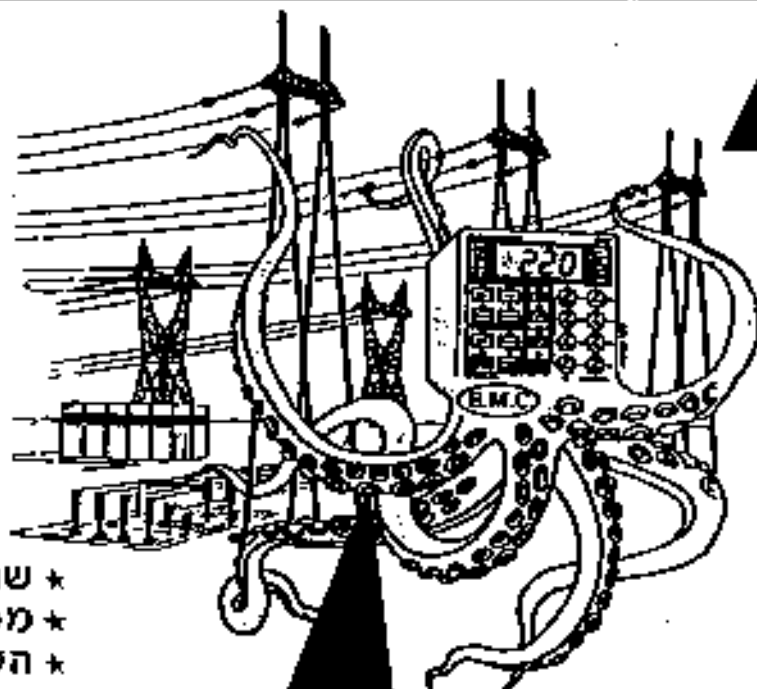
מחלקת מכירות
פקס חינום: 022-0712

טל: 09-588001, 050-234648

רח' אורי 20, הרצליה 46474 URI 20. HERZLIYA



Amp.
P.F., cos ϕ
kW
kVA
kvar
Hz
Distortion
kWh
kvarh



* שרות
* מכירה
* השכרת ציוד

מדדות חשמל

להתראות ב-RAX94

בנין 31, ביתן 201

- * מכשירי מדידה
- * מוני חשמל
- * רשמים / אגרים
- * רכי מודדים
- * בקרת אנרגיה

מירב הדרכה 03-6382920 (1 קו) 03-6382929

לימודי השמל

קורס

כיול מכשירי מדידה

קורס

מדידות ומכשירי מדידה לתשלולים

קורס

בקרים מתוכנתים PLC

קורס

לימודי האשר לאנשי השמל

קורס

מערכות תאורה

קורס

חומרים וכדי עבודה בתעשיית השמל והאלקטרוניקה

קורס

מערכות מתח גבוה

קורס

צנזר ATE בתעשייה האלקטרונית

קורס

אחזקת מתקני מיוצג אויר

קורס

חוננת WIZCON

קורס

שימוש מניה ושלילה על צדית אנרגיה

קורס

אלקטרוניקה לאנשי השמל

קורס

מתנת אנרגיה

קורס

מעבד משל תעשייתי לאוטומציה מתקדמת - CIM

קורס

דודי סיפור

קורס

כבלי השמל

ייצור וקבלנות משנה בתעשייה האלקטרונית

קורס

מענני השמל

קורס

הספקת השמל, גיבוי והגנה על מערכות

קורס

מענה לוחות השמל

רח' יד החצאים 12, ת"א 67778
טל': 03-6382920 פקס: 03-6382929

לפרטים והרשמה

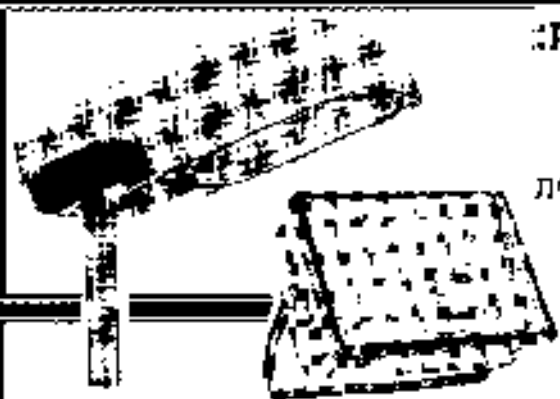
מירב הדרכה



זרמים - תעשיות חשמל בע"מ

מושב בני ציון, מיקוד 60910, טל. 903362, 052-916197, פקס. 052-916177 למכתבים: תד. 1331 הוז השדון

סוכנים בלעדיים ויבואנים של החברות הבאות:



תאורת רחובות

תאורת שטח

תאורת סביבה ודקורטיבית

תאורת ספורט



אנגליה גרמניה

צרפת - "ירופאן"

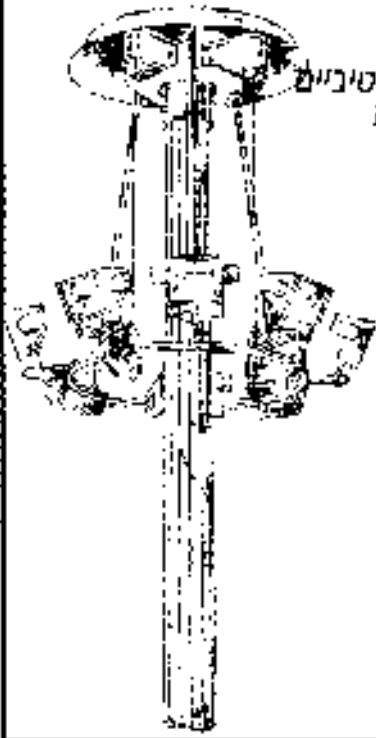
שבדיה - יונגסון

"פטיזאן" - צרפת

היצרן הגדול בעולם לעמודים



- * תאורה עד 120 מ'
- * רשת עד 400 ק"ו
- * אלומיניום ודקורטיביות
- * סרטי נירוסטה



צנורות תאורה
עיגולים, אובליים, רבועים
משולשים, משולבים



מהדקי עמודים BC2-3
קופסאות ברז כפול לעמודים



CEGELEC

INDUSTRIAL CONTROLS

AC ווסתים GD2000

AC ווסתים GD4000

40

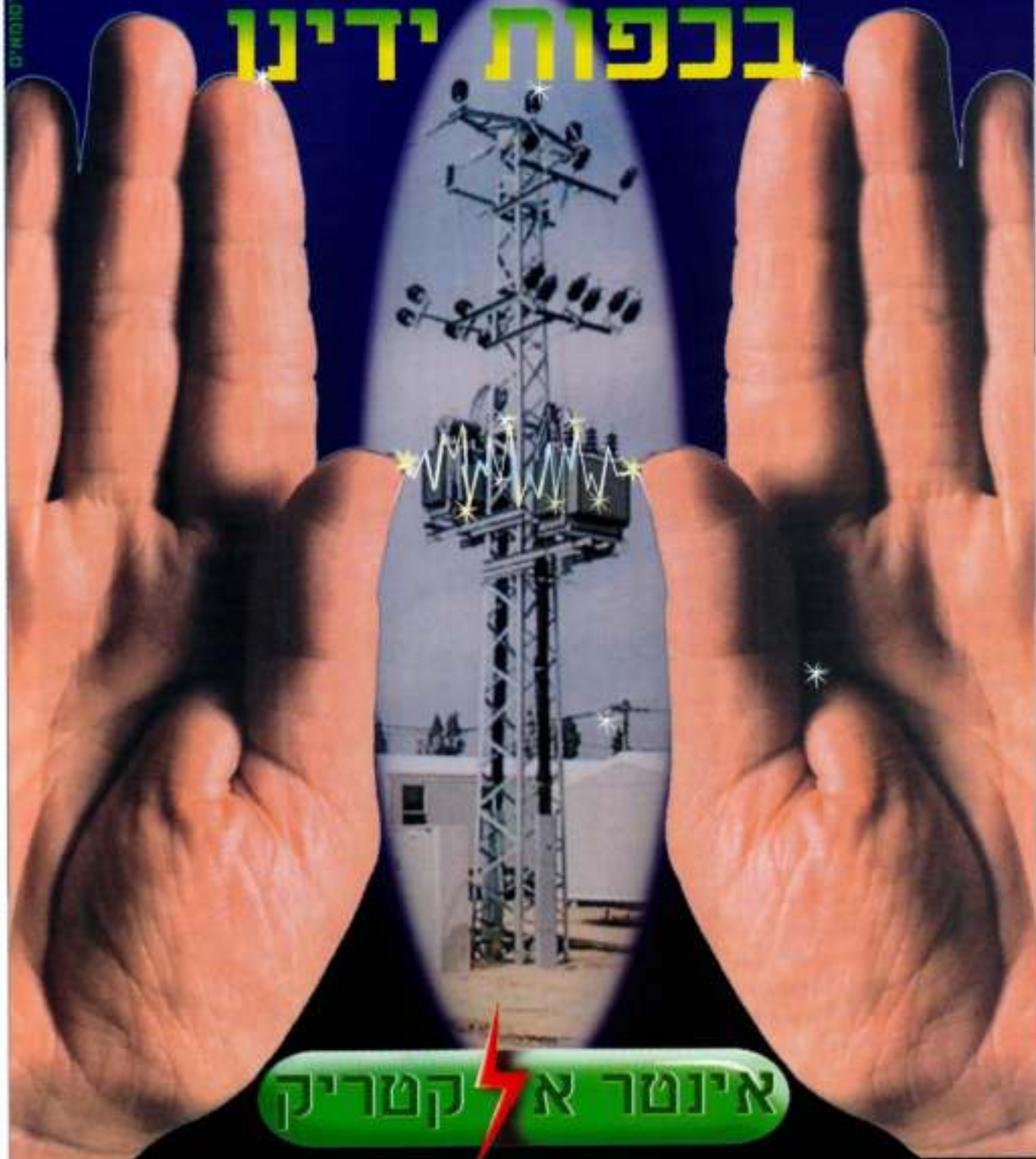
ווסתים CC

פרטים ולקוחות "זרמים" תל אביב

MICRODRIVE 3 תעשיתיים
MICROFLO 3 למפוחים ומשאבות
ASDI 2000 תעשיתיים

ווסתי מהירות

חשמל זורם בכפות ידינו



אינר א קטרק

התקנות

פקס: 06-553357

טל': 06-574434

י. קשטן חומרי השמל בע"מ נוסד ב-1932

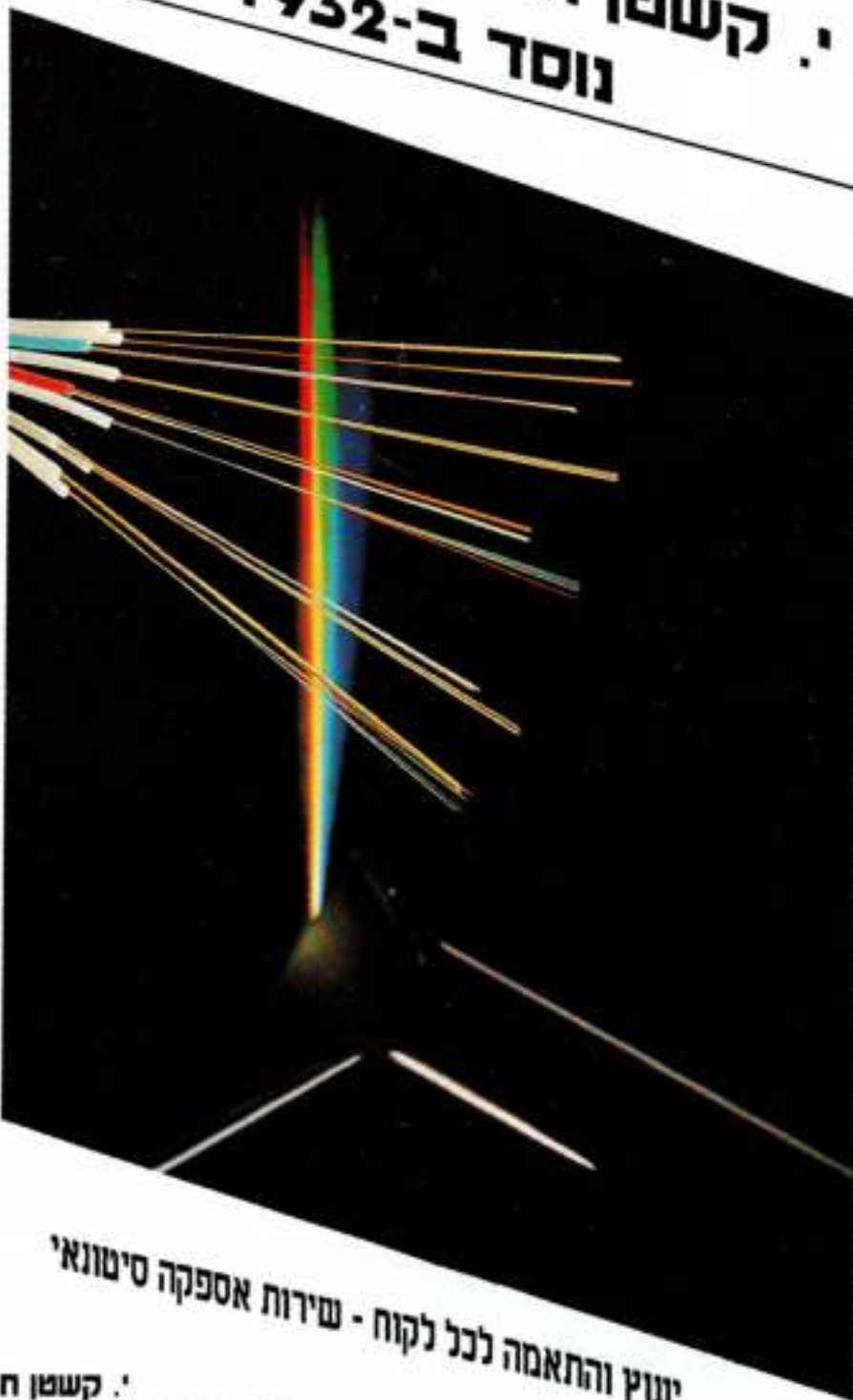
מומחיות בסינים אופטיים

כבלים מכל הסוגים

תאורה ופיקוד תאורה

אביזרי מתח גבוה

ציוד מוגן התפוצצות



יעוץ והתאמה לכל לקוח - שירות אספקה סיטונאי

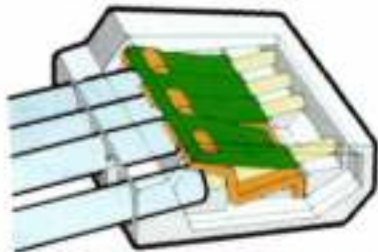
י. קשטן חומרי השמל בע"מ

תל-גיבורים 5 תל-אביב טל. 03-810958 | רב קוו"ן בקס. 03-6835025
סניף באר-שבע י"ר שמרן 17, טל. 07-277024, בקס. 07-277597

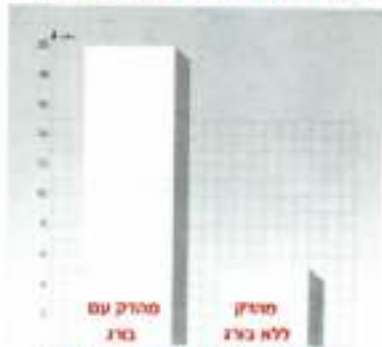
מוצר איכות של WAGO



מראה פנימי



טבלת זמן התקנה



זמן התקנה לכמות 100 מהדקים

WAGO



מהדק חיבור מהיר

- ★ חיבור מהיר של חוטי חשמל בקופסאות הסתעפות.
- ★ כוח לחיצה מותאם באופן אוטומטי לגודל המוליך.
- ★ כל מוליך נלחץ באופן עצמאי.
- ★ מבודד לחלוטין ממגע מקרי.
- ★ אין חוטים חשופים או רופפים העשויים לגרום לתקלות חשמליות
- ★ בעלי תו תקן: VDE, UL, S, CSA
- ★ נבדק ואושר לשימוש ע"י מכון התקנים הישראלי וחברת החשמל לישראל
- ★ חסכון של 75% בזמן התקנה
- ★ המהדק הפופולרי ביותר בכל רחבי אירופה!
- ★ מחירים תחרותיים



הסרת בידוד 10 מ"מ



חיבור קל ומהיר



אפשרות לבדיקה נוחה



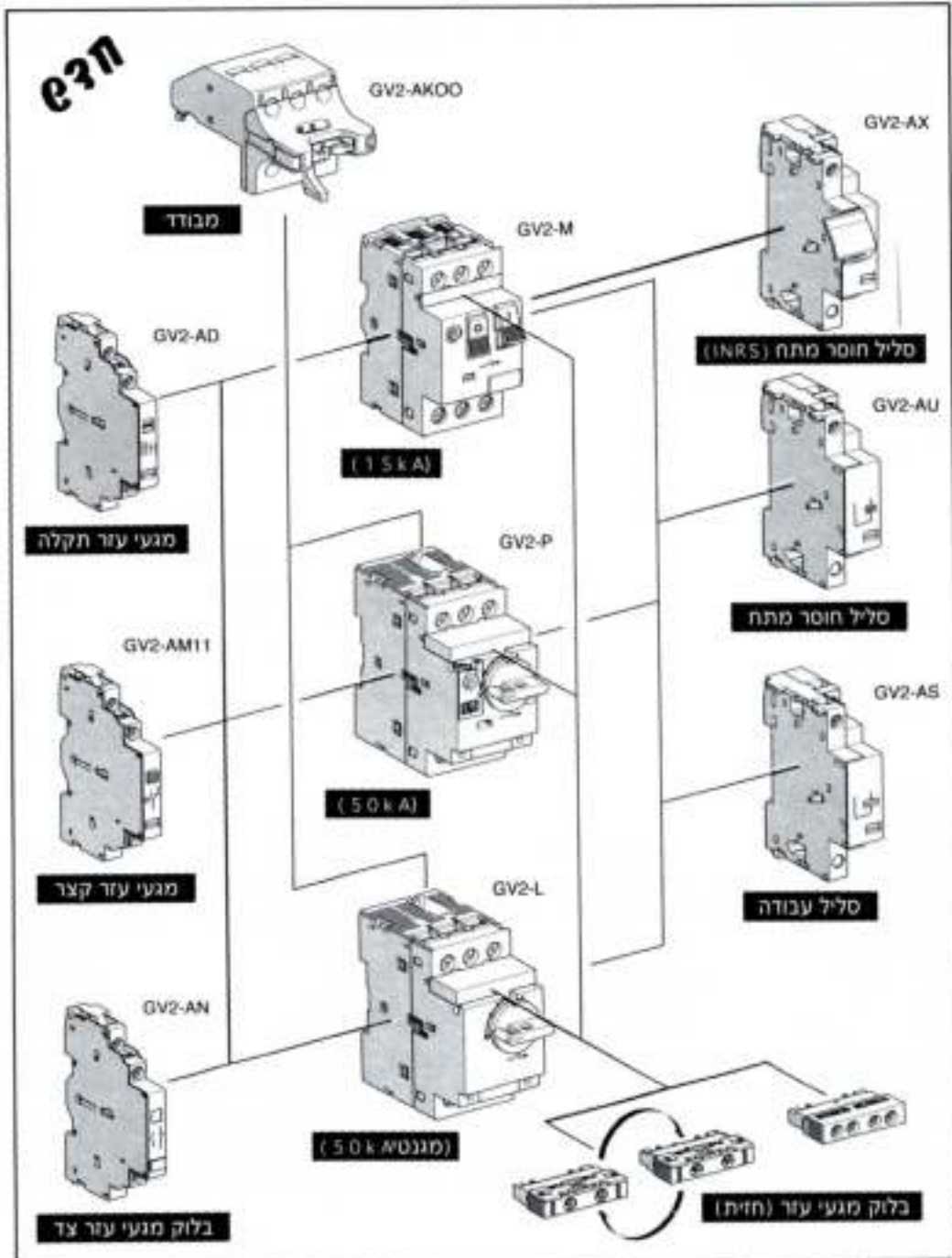
שחרור ע"י שפיחת סוכב



| | | | | | | |
|--|--|---|---|---|---|---|
| 5 x 0,5 - 1,5 mm ² 380 V Gr. B 20 A | 6 x 0,5 - 1,5 mm ² 380 V Gr. B 20 A | 2 x 0,75 - 2,5 mm ² 380 V Gr. B 27 A | 3 x 0,75 - 2,5 mm ² 380 V Gr. B 27 A | 4 x 0,75 - 2,5 mm ² 380 V Gr. B 27 A | 5 x 0,75 - 2,5 mm ² 380 V Gr. B 27 A | 8 x 0,75 - 2,5 mm ² 380 V Gr. B 27 A |
| 273-101 | 273-108 | 273-112 | 273-104 | 273-102 | 273-105 | 273-103 |

יבואן בלעדי: מערכות בקרה ממוחשבות פ"ת
טל. 03-9243681 רב קווי
03-9245038 פקס
(מקבוצת טרנסאלקטריק)

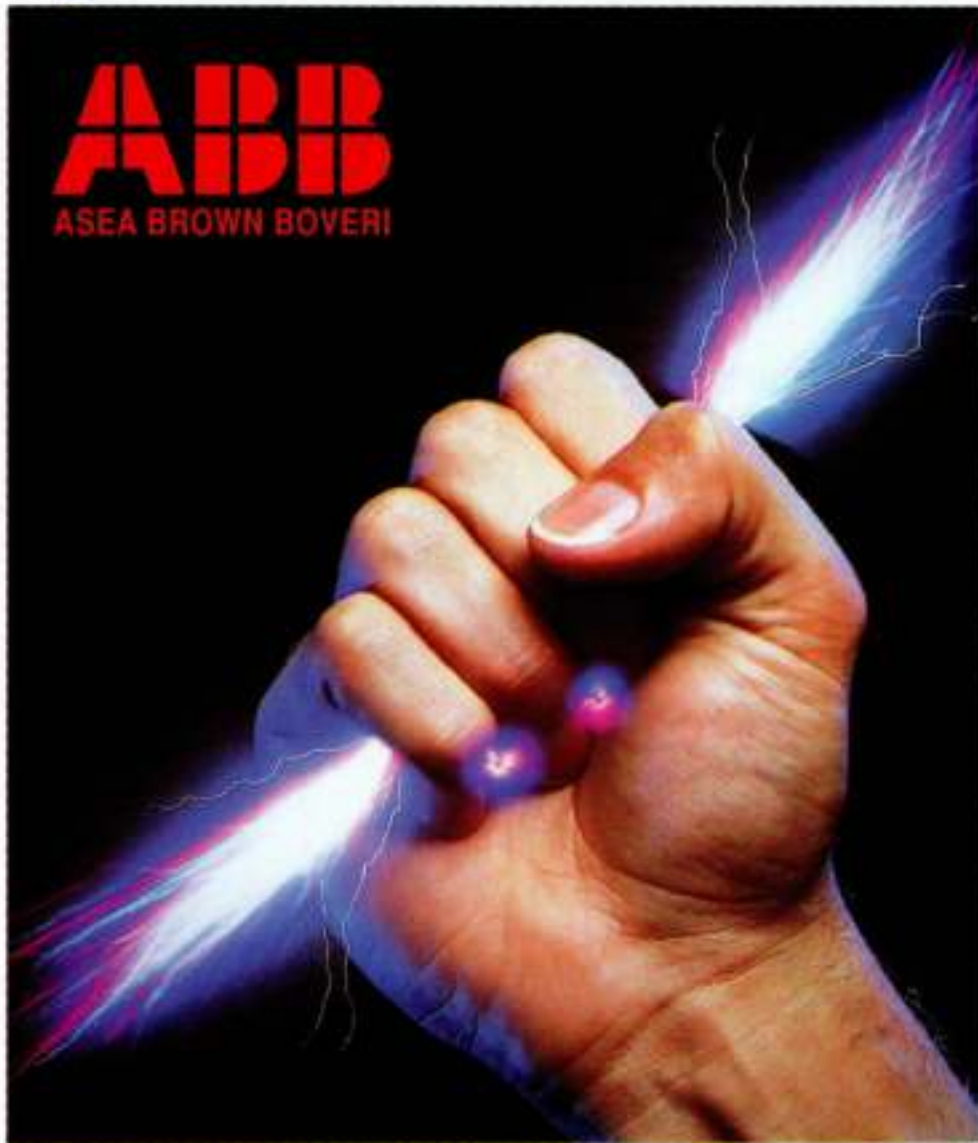
המתנע של שנות ה-2000 - היום ! **GV²**



מיוסרס אורס

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

העוצמה בידך



א.ב.ב.
א.ב.ב.
ASEA BROWN BOVERI

שלמה כהנא סוכנויות בע"מ 

חברות מקבוצת שלמה כהנא

לוננו סוגלוג
סוכנויות ושיווק גופי תאורה



אי.אל.אס.

THORN **GLAMOX**

יצור לוחות חשמל בשיטת
Logstrup

LUXO **RAAK**

TERASAKI

ת.ד. 1070, תל-אביב. טלפון: 03-660747, פקס: 03-5175504

אלקו התקנות ושירותים (1973) בע"מ



מנהלי אחזקה/חשמלאים

מחלקת השרות 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, מזדשיים 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.

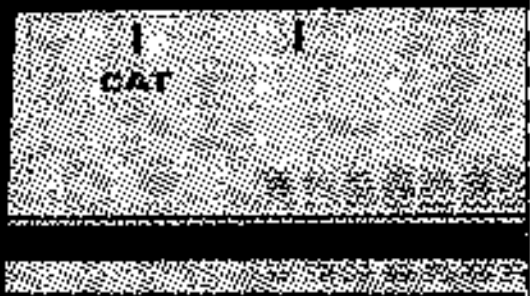
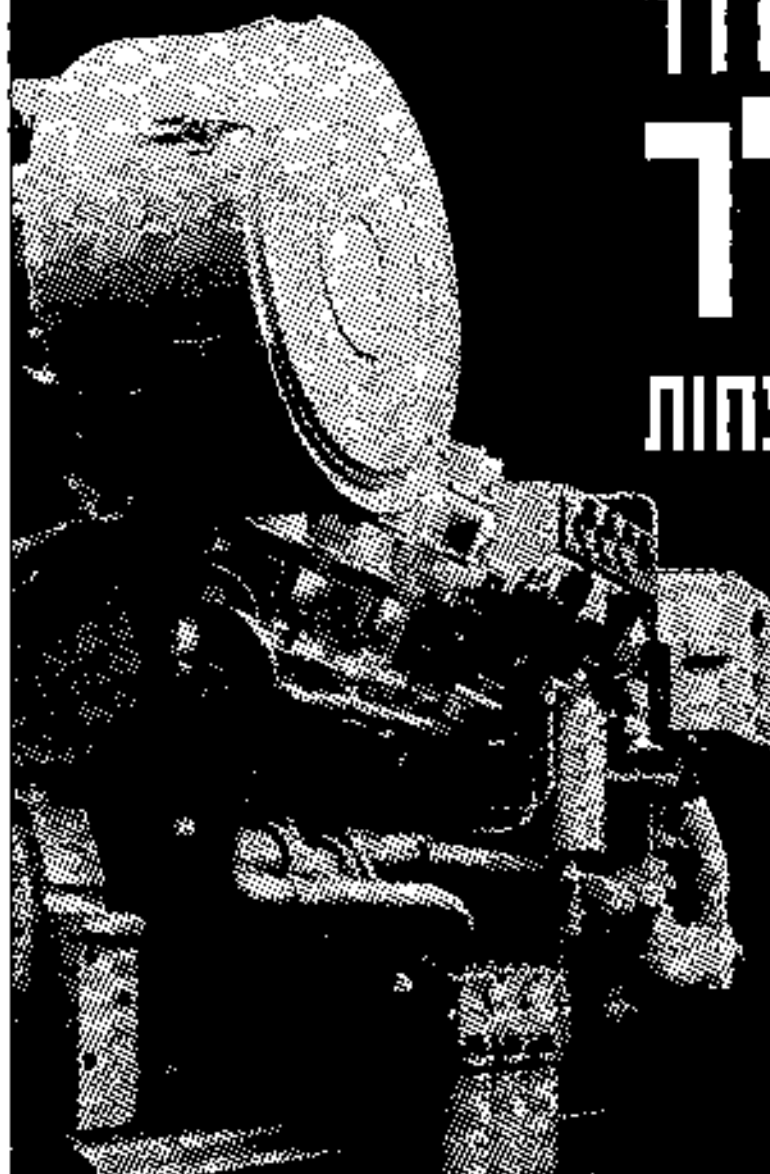


לפרטים נוספים וקבלת דפי מידע פנה למנהל השירות

כתובת: רח' המדע 4, אזור התעשייה הרצליה מיקוד 46733

מען למכתבים: ת.ד. 2016, הרצליה 46120 ☎ 554028, 09-506107 פקס. 09-576774

דיזל - גנרטור קטרפילר אל תתפשר על פחות



זיהוי סטנדרטים מחייבים אקסטנסיבי (מאונחת) הפצה רחבה תחילה מלבדן אמצעים מילום
השקעה, דרישה רחב מ-10000, אמצעים אפקטיביים רחבלי עבודתה ופועל חיוני
(STAND-BY), למערכת הביטחון, אפילו, סופר-ית-יחיד, כתי-חלום, קולנוע ושר, חל-
חל-מחשבים מותן 'קטרפילר' פועלים, מיינסט, זכר-ים אמצעים ממגדל 'קטרפילר'
פדור ל-מסחרים אצטיות עשהו ומוקד-ים אצטיות ISO-9001, ערים וולטס 40 רחבם אחרים.

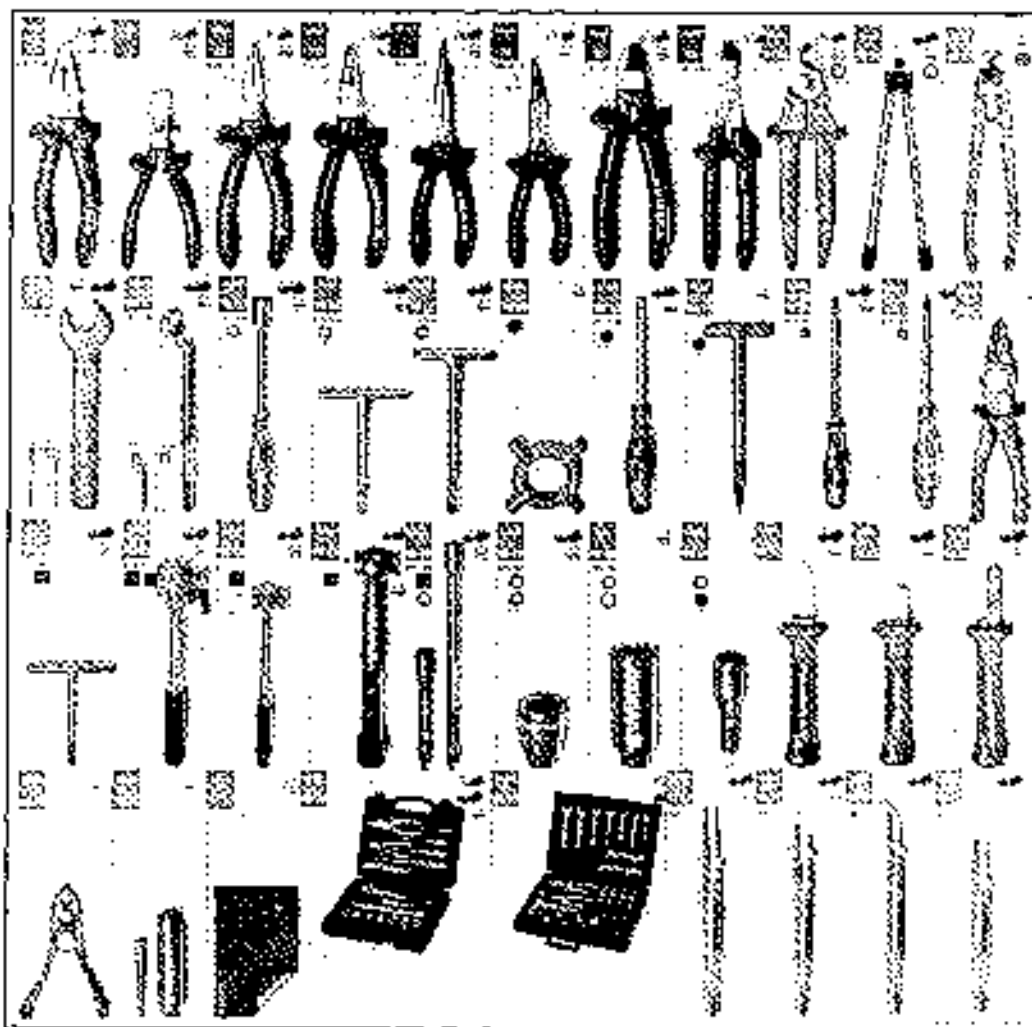
קטרפילר ציוד חזק

התמונה אינה אמורה לקדם



טרקטורים וציוד

החברה הישראלית לטרקטורים וציוד כס"מ, ספיצי 'CATERPILLAR' בישראל, חולון, טל' 5571555-03, חיפה: טל' 04-761477



כלי עבודה בעלי בידוד יצוק לעבודה תחת מתח עד 1000 וולט, עשויים מפלדת כלים מיוחדת וחזקה.
 מומלצים במיוחד לעבודות תחזוקה במפעלים ולעבודה על רשת חיה.
 מתוצרת **KNIPLEX**.

מפיצים בלעדיים בישראל:

יוליאן משה
סוכנויות יבוא ושיווק

ירושלים ת.ד. 8592, מיקוד: 91083 • טל. 02-512776 • פקס. 02-513751

מגנו פרסומים

ENERLEC LTD.

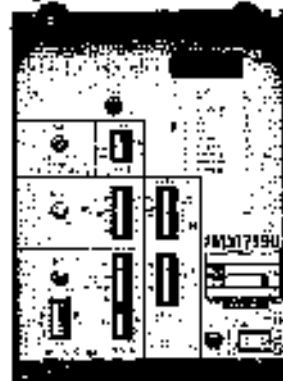
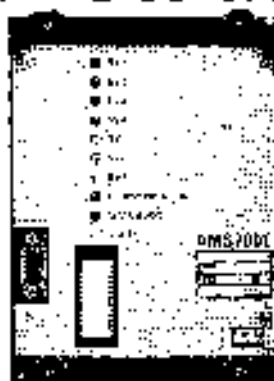


אנרלק בע"מ
נציגות

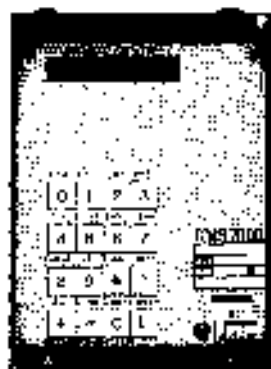


ENERLEC LTD. מייצרת
מכשירי חשמל לשימוש
במפעלים, באתרי חשמל
ובתחנות חשמל.
החברה מייצרת גם
מכשירי חשמל לשימוש
בבתי פרטיים.

THROUGHOUT THE WORLD



FOR 10% ELECTRICAL CLE CIE NOISE PROTECTION



INSTRUMENTATION DEVICE

2 PHASE DIRECTIONAL PROTECTION

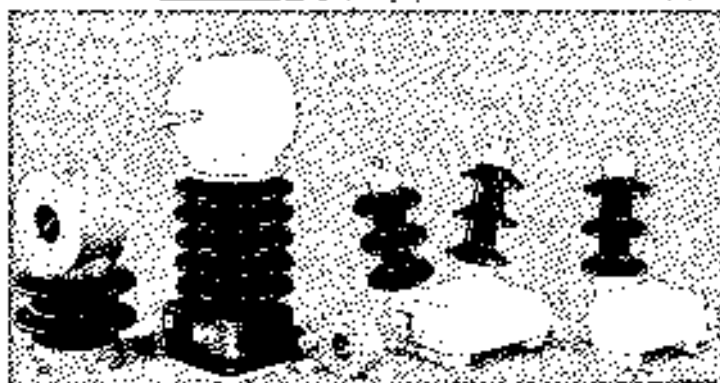
ELECTRICAL PROTECTION SYSTEMS

SADTEM



החברה

A MAJOR MANUFACTURER OF
DRY-TYPE CTS AND VT'S FOR
INDOOR AND OUTDOOR IN A RANGE UP
TO 48 000 V AND 16,000A



NON-EXPLOSIVE POLY-MOULDED VT DESIGN GIVING COMPLETE RELIABILITY
WAS A DECISIVE DEVELOPMENT IN THE COMPANY'S PROGRESS.
BUSBING CTS WERE DEVELOPED OVER 20 YEARS FOR LARGE POWER
TRANSFORMERS, POWER-CIRCUIT BREAKERS AND GENERATOR APPLICATIONS.

DRIVE SYSTEMS, POWER ENGINEERING, AUTOMATION



ELIN



להתאמת ב- RAX84

החברה מייצרת

ההגנה 'קופצת' בהפעלה ? בנפילת מתח ? ICL להגבלת זרם הפעלה !



- ♥ מגיב מיידית בהפסקות זינה קיצוצות.
- ♥ מתאים במיוחד לשנאים חד מופעים עד 7 קו"א.
- ♥ ונלת מופעים עד 20 קו"א.
- ♥ מגביל את זרם ההפעלה עד פי 3.5 מהנוקב.
- ♥ תפקוד מלא גם בירידת מתח עד 25%.

שנאי סאזפין כינוע בדרם סיגנוט גבוה כיוצר. זרם הפעלה זה, הנמשך אומנם חלקיק שניה, גורם תכופות להפעלת סדק של אמצעי ההגנה. זרמים גבוהים במיוחד - פי 40 יותר מהזרם הנוקב - מצרים בנפילות קצרות קצוצות וחזרה מיידי של הסתח בהיפוך מופע - כתוצאה מפעולות מיוגד למשל. למגנת הזרם ICL מספקות אלפיות שניה כדי להגביל שוב את זרם ההפעלה לכ- 3.5 פעמים מהזרם הנוקב ולמנוע בכך את השכתת המיתקן.

אלים

אליכ יעוץ ושיווק בע"מ

רח' צה"ל 98, ת.ד. 894 קיראון 55109 טל: 5343506-03, פקס: 5340778-03

למידע נוסף טלן 58:28



א.נ.א.א.ס

יבוא ושיווק ציוד חשמל לתעשייה

- * מוחקים אוטומטיים עד 5000A
- * חפסקים בעומס * סגננים
- * מערות סינון, לחצנים ומסטיקי פקס
- * קבלים יבשים לשיפור גורם ההספק
- * קבלים לחאורה, לחושים ולמתח גבוה
- * ווסתי קבלים * שואים מתח נמוך וגבוה
- * מוטי השמל * ווסטי מדידת
- * מכשירי מדידה
- * לוחות מחושים מס מודנה שניסה
- * תמ קעור למחשב AEG (MCC)
- * מבזר ציוד נוסף

AEG
SOCOMEK
DUCATI
GANZ
KATKO



טלן 04-325892

משרדים ומחסן ראשי: אזור התעשייה תל-חון ת.ד. 159

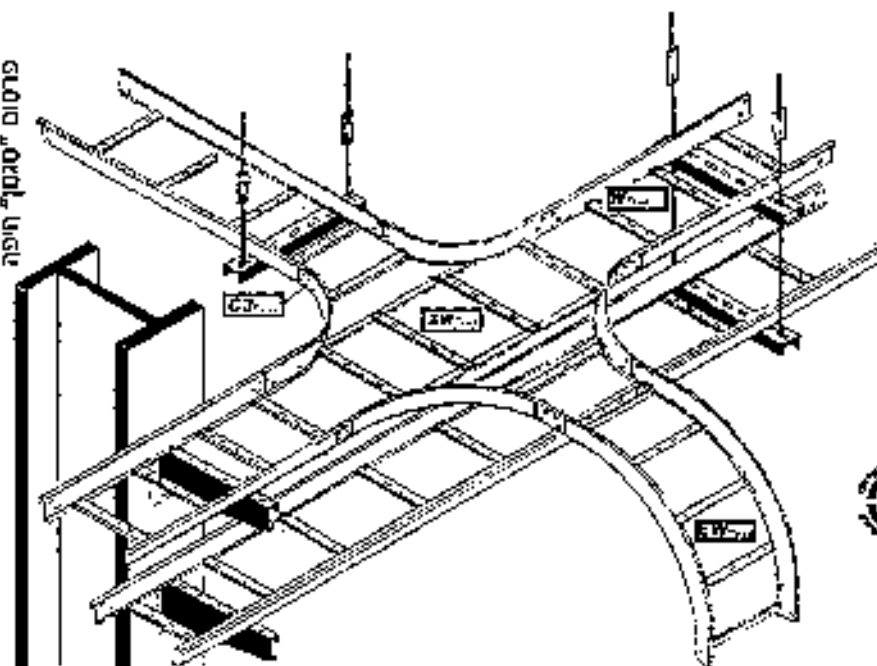
טל. 04-323113, פקס. 04-325892

למידע נוסף טלן 56:27

נאור בע"מ ייצור ואספקת סולמות כבלים.



למדינת ישראל



סולמות נאור מציעים:

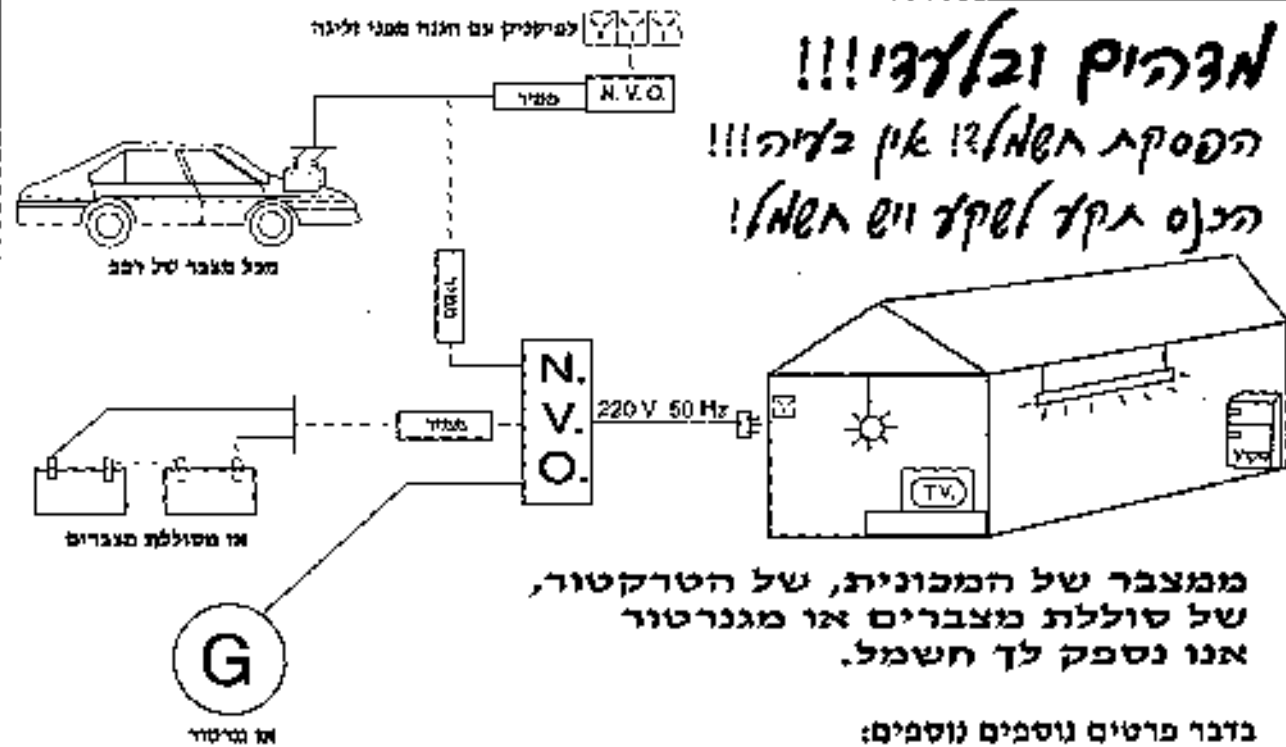
1. מסגן רחב של מידות אבירים 3-150 פריטים שונים בקצוות
2. חוקר מכני גבוה-מאגאם לעומסים שונים
3. הגנה בפני קורוזיה-גלון אבץ חם כסבלה, וצבע אפוקסי
4. מגון אבדוי תמיכות
5. אספקה מהירה-השחתת סעל לכלי



רח' חלוצי התעשייה 79 ת.ד. 10256 מפרץ חיפה. מיקוד 26110 טל. 414834, 411142-04 פקס. 414528-04

למידע נוסף סמן 66/28

מהיום וב/צרו!!!
הפסקת השלף! אין בליה!!!
הכנס גקד אקד ויש השלף!



ממצבר של המכונית, של הטרקטור, של סוללת מצברים או מגנרטור אנו נספק לך חשמל.

בדבר פריטים נוספים נוספים:

נ.ב.ו. מערכות חשמל חילופי בע"מ

יחב"ב ותרומת 43, איזור התעשייה קריית ביאליק, מל"מ: 429322 - 429322-04, מל"מ: 429322-04

למידע נוסף סמן 66/28

אולטרה שילד

מגן אולטרה סאונד נגד מזיקים

הנזק למזיק

הפתרון האלגנטי
למכת העכברים, התיקנים
והמכרסמים למיניהם



גדושים אטולים

אולטרה שילד

השיטה האלקטרונית נגד מזיקים

סגנון פרסומים נטל 04-889071

יבוא והפצה: רח' יליוס סימון 25, א.ה. ספרץ דיפה
טל. 04-410110, טלפקס. 04-410418

למידע נוסף סמן 58/32

ג.ח.ש. מהנדסי חשמל שפ"ם

בדיקת מתקני חשמל

ת.ד. 4322 ראשניץ 75142 נזל: 03-9012577

נזל: 03-9018979

נזל / פקס: 03-9623162

נדע ציוד נסיון

★ בדיקת לוחות, שנאים וכבלים מ"ג.
★ איתור תקלה ונילוז תנאי לכבלים תת-קרקעים.
מתח גבוה ונמוך.

★ איתור הפרעות ממערכות חשמל לציוד
אלקטרוני רגיש (מחשבים, תקשורת).
★ בדיקת מתקנים מיוחדים באתרים: רפואיים
חקלאיים
מונני התפוצצות
מובני אש.
★ בדיקת מערכת הארקות והמלצות לשיפור המצב.

למידע נוסף סמן 58/30

ההיסת הינו (ק.ר) בני"ח

התנעות אלקטרוניות למנועים
וויסות מהירות למנועים

רח' פלוטיצקי 3, ראשון-לציון

פקס: 03-9840833

טל: 03-9643003, 9643010

המלאכה 16 ת.ד. 377 אור יהודה 60200

טל: 03-5334316, פקס: 03-5334511

וחות רודוב

ייצור - לוחות חשמל בע"מ

סיטונאות חומרי חשמל

סוכנויות לציוד מיתוג חשמלי

למידע נוסף סמן 58/35

לוחץ נעלי כבל ושרוולים מנחושת או
אלומיניום, למוליכים קשים או גמישים,
בחתכים 400-16 מימד. חותך מוליכים עד
30 מ"מ קוטר. אוטומטי לחלוטין ללא
החלפת טבעים. מתוצרת NOVOPRESS.



מפיצים בלעדיים בישראל

יוליאן משה

סוכנויות יבוא ושיווק

ירושלים ת.ד. 8592, מיקוד 91083

טל. 02-512776, פקס. 02-513751

סגנון פרסומים

למידע נוסף סמן 58/32



אל תסמוך על המזל!

הגנה בפני התחשמלות
במיתקן ארעי ובתנאי הארקה קשים



רק בזינה צפה* עם איזומטר

לגנרטורים ומערכות נייחת שבהם התנגדות מוט ההארקה גבוהה מהמותר

* עפי' חוק החשמל ינה למסמך ארעי. (ק"ת 5000 סעיף 15)

הקדם חרופה ל"מכת" החשמל



אליכ יעוץ ושיווק בע"מ

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

למידע נוסף טלן 58:34

מדרשת רופין

עמק חפר 40250, בית הספר להכשרה מיקצועית



1994

קורסי הכשרה והשתלמויות שיפתחו בשנת הלימודים תשנ"ה

המגמה לחשמל ואוטומציה

אוטומציה בתעשייה
4 חודשים, יום בשבוע

חשמל ראשי
7 חודשים, 2 ימים בשבוע

חשמל מוסמך
8 חודשים, 4 ימים בשבוע

חשמל מעשי
5 חודשים, 3 ימים בשבוע

מיכשור במערכות נקה
4 חודשים, יום בשבוע

אלקטרוניקה תעשייתית
3 חודשים, 2 ימים בשבוע

חשמל "מתח גבוה"
3 חודשים, 2 ימים בשבוע

חשמל מוסמך
להנדסאים וטכנאים
7 חודשים, 2 ימים בשבוע

קידור ומחוג אויר
6 חודשים, 2 ימים בשבוע

בקרים מתוכנתים
3 חודשים, 2 ימים בשבוע

הקורסים נערכים בפיקוח ובשיתוף משרד העבודה

פרטים והרשמה: בית הספר להכשרה מיקצועית

עמק חפר 40250, טלפון: 09-683001/40, פקס: 09-683090

סגן פרסומים

למידע נוסף טלן 58:35



מערכות מיגון אש
(שריט 1988) בע"מ

מערכות פסיביות למניעת התפשטות אש ועשן

- * חסימת אש במעברי כבלים וזנרת.
- * צימוי כבלי תשמל ותיקשורת.
- * הגנה על קונסטרוקציות מתכת.

פרסום "אגון"

FLAMMASTIK®
KBS System



רח' העמל 10, ת.ד. 208 אזור התעשייה אגון יהודה 60251
טל. 5339284-03
פקסימיליה 5339285-03

למידע נוסף סמן 56/37

נדיבי עדן-אור



רשום 59487

התקנה ואחזקה של תאורת רחוב, מנרשים, סככות

פרסום "אגון"

השכרת מנופים

לביצוע עבודות שונות עד לגובה 18 מטר

מאושרים על-ידי משרד העבודה

טל' 750850-07, פקס' 750950-07 אשקלון

למידע נוסף סמן 56/38

בדיקת כבל



בדיקת כבלים
קביעת מקומם בשטח
אתור מקום התקלה

דטא-רח' עוזיאל 48 רמת גן
טלפון: 6770696, 6779775-03
טלפון בבית: 740513-03
פלאפון: 251449-050

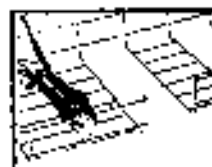
למידע נוסף סמן 56/39

תעלות רשת לכבלים

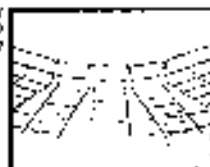


יזלי מייצרת תעלות רשת המצטיינות בתחומן הבאים:

- * קלות יצר וקלות מנחה.
- * טווח לטובת יעילות כמעט אפס.
- * חסימות קטנה וחסכוניות.
- * מנגנון עם נורה חרה לזיהוי.
- * סליליות גבוהה וזמן קצר.



קלות יצר וקלות מנחה



קלות יצר וקלות מנחה



קלות יצר וקלות מנחה



קלות יצר וקלות מנחה



יזלי מייצרת תעלות רשת המצטיינות בתחומן הבאים:

קלות יצר וקלות מנחה

למידע נוסף סמן 56/38



תיכנון מעגלים סופיים במשרד המודרני

מהנדס יוסף בלבל



כשנים האחרונות מתרחשים שינויים מהותיים באופן תיכנון מיתקני חשמל במשרדים לסוגיהם השונים. השינויים הללו מאופיינים בשימוש הולך וגובר במיכשור חשמלי רב ומגוון, המשמש למיווג אוויר, לתאורה, ולפעולות משרדיות שונות וכו'.

המיכשור החשמלי במשרד המודרני מנוצל על ידי כל בעלי התפקידים במשרד – החל בבעלי התפקידים הזוטרים ועד המנהל הבכיר.

יותר משליש מעובדי המשרד המודרני משתמשים במחשב אישי לצורך

עבודתם השוטפת, ובהתאם לצורך הם גם משתמשים בציוד החשמלי שבמשרד, כגון, מדפסות, מכונת צילום מסמכים, תאורה.

במשרד המודרני, עיקר העומס הוא עומס לא לינארי, כגון: מחשבים אישיים, עמעמי תאורה, נטלים אלקטרוניים. העומסים הללו גורמים לגלים עליונים (הרמוניות) המשפיעים על העמסת המוליכים במיתקן החשמל במשרד.

מאמר זה נועד להגביר את המודעות של המתכנן לכך, שבעת תיכנון מיתקן חשמל במשרד המודרני יש להתאים את שטחי החתך של המוליכים במעגלים הסופיים לצפיפות העומס הצפויה ליחידת שטח של המשרד המודרני הממוצע, תוך התייחסות לעומס היתר הצפוי, כתוצאה מהגלים העליונים (הרמוניות) הנגרמים על ידי העומסים הלא לינאריים במשרד המודרני.

המאמר מבוסס על מאמר שהתפרסם בכתב העת EC&M, פברואר 1993.

צפיפות העומס לצורך תיכנון מעגלים סופיים

בהתאם לתקן האמריקאי, צפיפות העומס לצורך תיכנון המעגלים הסופיים במשרד היא 48.4 וולט אמפר למ"ר, 37.6 וולט אמפר למ"ר לתאורה, 10.8 וולט אמפר למ"ר לבתי תקע. צפיפות עומס זו אינה כוללת את העומס הנדרש לצורך מיווג אוויר.

תקן זה אינו מתאים לצורך תיכנון המעגלים הסופיים במשרדים המודרניים. בסקירה שנעשתה בדצמבר 1991 על ידי חברת תיכנון התברר שנדרשת צפיפות

■ להשיך את אפשרויות התיכנון, לאור דרישת העומס והגלים העליונים (הרמוניות).

■ לחשב את חתך המוליכים המיוערי לצורך בטיחות בפני חימום יתר, הגורם לשריפת המוליך.

■ להשיך את חתך מוליכי המעגלים הסופיים הארוכים בהסתמך על חישוב מפלי המתח.

גישת התיכנון

כדי להמחיש את גישת התיכנון של המשרד, נבחן דוגמה של משרד מודרני. משרד זה מתפרס על שטח של 60x24 מ"ר, מחולק באמצעות מחיצות מודולריות (Open office area) ומאווש על

שטח כוללת של כ-161 וולט אמפר למ"ר כקריטריון תיכנון מעגלים סופיים במשרדים המודרניים. צפיפות עומס זו לקחת בחשבון את צפיפות העובדים במשרד, סוגי העומסים הקיימים במשרד והגידול הצפוי בעתיד, כולל כ-153 וולט אמפר למ"ר עבור מיווג אוויר (לנובה תיקרה עד 3 מטרים).

סיד להתאים את המעגלים הסופיים במיתקן החשמל במשרד המודרני לעומסים הצפויים במשרד זה, אשר כחלקם הם עומסים לא לינאריים יש לנקוט את עקרונות התיכנון הבאים:

- להשיך את גודל הפרוייקט וניצול הציוד.
- למרט את סוגי העומסים, כדי לקבוע את הצריכה של כל מעגל סופי.

* בלבל – מנהל מחלקת פרזים טכנית מחוז הודים, חברת החשמל



למעשה גלים בתדרים, שהם כפולות של התדר הבסיסי של רשת אספקת החשמל שהוא 50 הרץ.

במעגלי זינה תלת מופעיים, המזינים עומסים לינאריים, הזרם הזורם במוליך האפס הוא זרם האי איוון בין זרמי המופעים מסיבה זו, ערכו קטן בהרבה מערך זרמי המופעים, ויש אפשרות לבחור במוליך אפס בעל שטח חתך הקטן משטח החתך של מוליכי המופעים.

במעגלי זינה תלת מופעיים, המזינים שטסים לא לינאריים, לדוגמה מעגלי הזינה במשרד המודרני, נוסף לזרם האי איוון בין המופעים הזורם במוליך האפס, זורמים גם זרמי ההרמוניות, בעיקר הזרמים מהסדרות 3, 6, 9, 12 (תדרים 150, 300, 450, 600 הרץ בהתאמה). זרמי ההרמוניות האלו גורמים להגדלה ניכרת של הזרם הזורם דרך מוליך האפס.

זרמי ההרמוניות כמעט אינם משפיעים על ההעמסה הנקובה של מוליכי המופעים, למרות ההשפעה הרבה שיש להם על מוליך האפס.

בבדיקה שנעשתה במעגל תלת מופעי בעל מוליך אפס משותף, המזין עומסים לא לינאריים, אשר חולקו בצורה סימטרית בין המופעים כדי להבטיח העמסה סימטרית, נמצא שבמוליך האפס המשותף זורם זרם השווה ל-175% של הזרם הנקוב בכל אחד מן המופעים.

במיתקן החשמל של המשרד המודרני קיימים מעגלי זינה תלת מופעיים המזינים עומסים חד מופעיים לא לינאריים. במעגלים אלה קיימות שתי גישות לבחירת שטח החתך של מוליכי האפס.

■ כאשר משתמשים במוליך אפס נפרד לכל בית תקע של 230 וולט, שטח החתך של מוליך האפס יהיה שווה לשטח החתך של מוליכי המופעים.

■ כאשר משתמשים במוליך אפס המשותף למספר בתי תקע של 230 וולט המחוברים למופעים שונים, יש להשתמש במוליך אפס בעל יכולת העמסה של 273% ביחס ליכולת ההעמסה של כל אחד ממוליכי המופעים.

במעגלי הכוח שבדוגמה, קיימים סוגים שונים של בתי תקע ומעגלים סופיים כמפורט להלן:

- SGR – בתי תקע עם הארקה לבתי תקע וזילים)
- IGR – בתי תקע המזינים דרך שנאי מבודל
- UPS – מעגלים סופיים המזינים ממערכת אל פסק (UPS).
- NOISE – מעגלים סופיים מבודדי רעשים.
- IBC – מעגלים סופיים מיוחדים.

שטח החתך של מוליך האפס

העומסים הלא לינאריים המצויים במשרד המודרני, כגון מחשבים אישיים, מערכות אל פסק אלקטרוניות (UPS), נטלים אלקטרוניים, עמעמי תאורה וחלק ניכר מהמיכשור האלקטרוני במשרד, גורמים לגלים עליונים (הרמוניות). גלים אלה הם

ידי 160 עובדים (60 מהנדסים ו-100 פקידים).

שטח ההזנה הראשי למשרד הוא 230 וולט בין מופע לאדמה ו-400 וולט בין המופעים. המשרד מקבל הזנה נוספת של 230 וולט ממערכת אל פסק.

המערכת היא, שבמשרד זה ישתמשו העובדים ב-80 מחשבים אישיים כולל אבזרי המיחשוב הקשורים בהם, ב-320 מטרת שולחן פלואורונט ו-160 מטרת המחברות ליהוט המודרני.

התוצאי של המעגלים הסופיים מלוח החשמל אל מערכת הריהוט יכול לעבור במסלולים שונים, מעל התקרה התלויה, דרך קירות המשרד, בתעלות תת קרקעיות וכו'.

טבלה 1 מציגה נתונים המתייחסים לסוגי העומסים, הספק העומס (קו"א) ונתונים רלוונטיים אחרים לתיכונן המשרד המודרני בדוגמה הנדונה. צפיפות העומס בדוגמה היא כ-108 וולט אמפר למ"ר (ללא מיווג אזור).

טבלה 1

נתונים המתייחסים לתיכונן המשרד המודרני שבדוגמה

| תיאור העומס | עומס (אמפר) | מס' בתי תקע | סוג בית התקע | הספק העומס הכללי (קו"א) |
|---------------------|-------------|-------------|--------------|-------------------------|
| מחשב אישי גדול | 2.2 | 30 | IGR | 15.1 |
| מחשב אישי קטן | 1.2 | 50 | IGR | 13.8 |
| סקריין (CRT) צבעוני | 0.62 | 80 | IGR | 11.5 |
| מסוף | 0.95 | 10 | UPS | 2.2 |
| מדפסת MATRIX | 0.52 | 60 | SGR | 7.2 |
| מדפסת לייזר | 4 | 20 | NOISE | 18.3 |
| מכונת צילום קטנה | 8.25 | 2 | IBC | 3.8 |
| מכונת צילום גדולה | 8.25 | 2 | IBC | 3.8 |
| תאורת עבודה | 0.3 | 320 | SGR | 22.4 |
| תאורה כללית | 0.4 | 160 | SGR | 15.4 |
| שימוש כללי | 0.5 | 160 | NOISE | 19.2 |
| אוטומט לקפה | 5.2 | 3 | NOISE | 3.6 |
| שאיבת אבק | 8.3 | 10 | NOISE | 19.2 |



אורכי המעגלים הסופיים

אחת הטעויות בחינוך מיתקן החשמל במשרדים מודרניים גדולים היא השימוש במוליכים בעלי שטח חתך של 1.5 מ"מ² בעבור המעגלים של בתי תקע.

מכיוון שבמעגלים אלה יש להבטיח, שנפילת המתח בקצה המעגל הסופי לא תעלה על 3% (בהתאם למומלץ), הרי אורכם המרבי של המעגלים צריך להיות 20-18 מטר.

במשרדים מודרניים גדולים, יש

מעגלים סופיים שאורכם עולה על 18-20 מטר. במקרה כזה יש להגדיל את שטח החתך של המוליכים ל-2.5 מ"מ² ולעתים אף ל-4 מ"מ².

מיקום לוח החשמל הראשי יכול לתרום להקטנת אורכי המעגלים הסופיים, ובכך לתרום להקטנת שטח החתך של מוליכי המעגלים הסופיים.

לעתים רצוי לשקול את השימוש בלוחות משנה, הקרובים לריכוז העומס כדי להקטין את שטח החתך של המוליכים במעגלים הסופיים.

סיכום

מתיכנן המעגלים הסופיים במיתקן החשמל של המשרד המודרני יש לבחור את שטחי החתך של מוליכי המופעים בהתאם להעמסה הצפויה, וכדי להבטיח שנפילת המתח בקצה המעגלים לא תעלה על 3%, את שטחי החתך של מוליכי האפס יש לבחור בהתאם לשטחי החתך של מוליכי המופעים ותוך התייחסות לזרמי היתר הצפויים במוליך האפס כתוצאה מהגלים העליונים (הרמוניות), הנבעים מהעומסים הלא ליניאריים הקיימים במשרד המודרני.

מינוי מנהל ענייני חשמל (רשיונות) במשרד העבודה והרווחה

ב-5 בנובמבר 1993 מונה המהנדס **משה זיסמן** לתפקיד מנהל ענייני חשמל במשרד העבודה והרווחה. בתוקף תפקידו הוא ממונה על רישוי חשמלאים ברמות השונות: חשמלאים, טכנאים, הנדסאים ומהנדסי חשמל.

המינוי הוא בהתאם לתקנות החשמל (רשיונות) התש"מ"ה - 1985.

בתוקף תפקידו מנהל ענייני חשמל הוא גם יושב ראש "הוועדה המייעצת" לאגף להכשרה ולמינוח כוח אדם במשרד העבודה והרווחה.

הוא גם משמש יושב ראש ועדת הערר הפנימית לרישוי חשמלאים הרואים עצמם נפגעים מהחלטות הקשורות לרשיונות החשמל שלהם.

המהנדס זיסמן משמש גם יושב ראש של ועדת ערר פנימית נוספת, מיוחדת למהנדסי חשמל עלים חדשים.

ימי הקבלה של מנהל ענייני חשמל (רשיונות) הם כדלקמן:

כל יום שני בשבוע במשרדי משרד העבודה והרווחה:

דרך פתח תקווה 86, תל אביב (קומה רביעית, חדר 421)

טלפון: 03-5634133

כל יום שלישי בשבוע במשרד היחידה לחשמל ולאקטרוניקה של

משרד העבודה והרווחה, רח' יפו 30, ירושלים

טלפון: 02-294945/936

כיוון, המהנדס זיסמן עבד שנים רבות בחברת החשמל. בעשר השנים האחרונות שימש מנהל אגף השיווק והצרכנות וחבר הנהלת חברת החשמל לפני מספר חודשים מ"ש לגימלאות, וכאמור ב-5.11.93 מונה לתפקיד מנהל ענייני חשמל במשרד העבודה והרווחה.

מערכת "התקע המצדיע" מאחלת למהנדס זיסמן עבודה פורייה בתפקידו החדש, כך שהוא, יחד עם מר אלי בן-בשט, ראש ענף רישוי חשמלאים, יחזקו את מעמדו של אנשי מקצוע החשמל בישראל.

בעתיד נפרסם, כשירות לקוראי "התקע המצדיע", עידכונים וחידושים הקשורים לרישוי חשמלאים, וגם תשובות לשאלות החשמלאים בנושאים של רשיונות חשמל.

חידוש המנוי ל"התקע המצדיע" - סדרה 56-61

חברת זו (מסי 56) היא הראשונה בסדרה החדשה (56-61).

בהמשך להודעה שהתפרסמה בחוברת מס' 55 ולשוברי התשלום שנשלחו אל חברי קהילת "התקע המצדיע", חידשו חשמלאים רבים את המנוי לסדרה החדשה. חשמלאים אלה מקבלים, ויקבלו גם בעתיד, את החוברות באופן שוטף עם הופעתן.

מאחר שהחברות הבאות יישלחו רק למנויים, אנו פונים אל החשמלאים שעדיין לא חידשו את המנוי, וממליצים לחדשו כבר עתה, כדי להבטיח את קבלת החוברות הבאות בסדרה.

מחיר המנוי נשאר עדיין בתוקפו: 6 חוברות - 42 ש"ח.

חשמלאים שלא קיבלו את טופסי המנוי החדשים, ומעוניינים לקבלם, מתבקשים למנוי בכתב אל:

מערכת "התקע המצדיע" חברת החשמל

ת"ד 8810 חיפה 31087

פקס: 04-548398

או לרשום את מבוקשם על נבי תלוש השירות הפרסומי (במדור המודעות שבחוברת).

החל מחוברת 57 ניתן יהיה להיות מנוי אך ורק לכתבי העת הבאים בסדרה (חוברות 57-61).



התפתחויות טכנולוגיות במערכות הנעה חשמליות – היבטים טכנו-כלכליים

מהנדס נוראני שגיב M.Sc.

מערכות הנעה חשמליות הן "סוס העבודה" של החברה המודרנית התעשייתית. בבתי מגורים הן מניעות את מכונית הכביסה, המזנק, המקרר וכד', במיגור המסחרי-ציבורי את מערכות הקירור ומיוג האוויר; בתעשייה את המשאבות, המדחסים והמסועים, ובערים את המשאבות לאספקת מים לתושבים. מאמר זה מתאר בקצרה את ההתפתחויות הטכנולוגיות שחלו בשנים האחרונות במערכות הנעה חשמליות ודן באופן כללי בתועלתן הטכנית והכלכלית של התפתחויות אלה.

מבוא

ה"לבי" של כל מערכת הנעה חשמלית הוא המטע המנוע ממיר את האנרגיה החשמלית לאנרגיה מכנית, ומעביר אותה דרך מערכת תמסורת למערכת המונעת (ראה איור 1).

כשני שלישים מהאנרגיה החשמלית המיוצרת במדינות המערב הספותחות נצרכת על ידי מנועי חשמל. מניחה צריכת החשמל לשימושים סופיים במדינת אלה מתברר שמנועי חשמל בתעשייה בלבד צורכים 21%-42% מכלל צריכת החשמל. ארה"ב (23%), גרמניה (31%), איטליה (37%), יפן (42%), שבדיה (24%), אנגליה (21%).

בהתייחס לכלל צריכת החשמל בתעשייה, מתברר שצריכת החשמל של המנועים בתעשייה היא 60%-77% מכלל צריכת החשמל בתעשייה, בהתאם למבנה התעשייה בכל מדינה: צרפת (65%), גרמניה (66%), אירלנד (75%), איטליה (70%), ספרד (77%), שבדיה (67%), ארה"ב (70%).

נצילות המנוע, המוגדרת כחס בין ההספק על הציר לבין ההספק החשמלי במבוא המנוע, תלויה בסוג המטע וכשיעור ההעמסה שלו. במנועים סטנדרטיים, הנצילות בהעמסה מלאה משתנה בין 70%

מנועים לזרם ישר, מנועים סינכרוניים ומנועים אסינכרוניים. קיימים הבדלים מהותיים ברמת הביצוע של כל אחד מסוגי המנועים האלה.

מנועים לזרם ישר מוזנים במתח ישר (DC Voltage). בדרך כלל, מנועים אלה מיועדים לשימוש באותם מקרים, שבהם הכרחי להשיג דיוק בוויסות המהירות ו/או תחום רחב של מהירות. לדוגמה, בתהליכי ייצור זכוכית שטוחה, עידגול וכי, הוויסות נעשה על ידי שינוי מתח ההתנה של המנוע. המחיר של המנועים לזרם ישר והוצאות התחזוקה שלהם גבוהים יחסית.

מנועים סינכרוניים מוזנים בדרך כלל במתח תלת מופעי ומיועדים לשימוש בעיקר במיתקנים גדולים, שבהם התועלת הנובעת מנצילותם הגבוהה והזמינות לשיפור מקדם ההספק עולה על עלות ההתקנה הגבוהה שלהם.

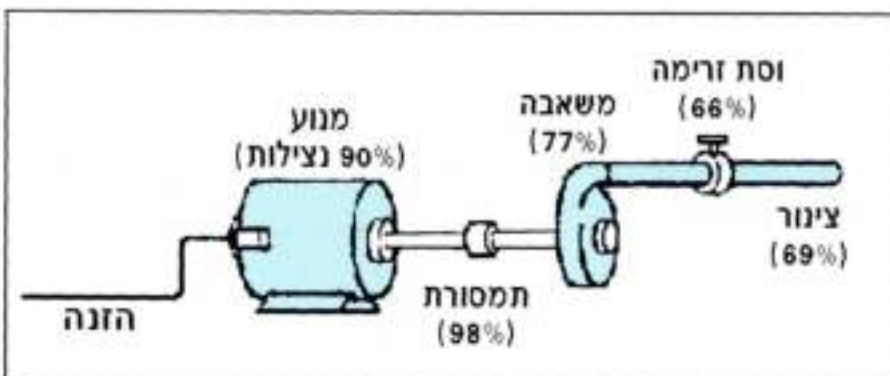
(מטע בהספק 0.75 קו"ט), ל-94% (מנוע בהספק 90 קו"ט).

לפי נתונים אלה, שיפור הנצילות של מנועים (או מערכות הנעה בכלל) באחוזים בודדים בלבד, יכול להביא לחיסכון של מאות מנואטים בייצור האנרגיה החשמלית ברמה הלאומית, ולהקל על הדרישות בייבוא דלק ובהקמת תחנות סח חדשות בעתיד.

סיווג ומצאי מנועים

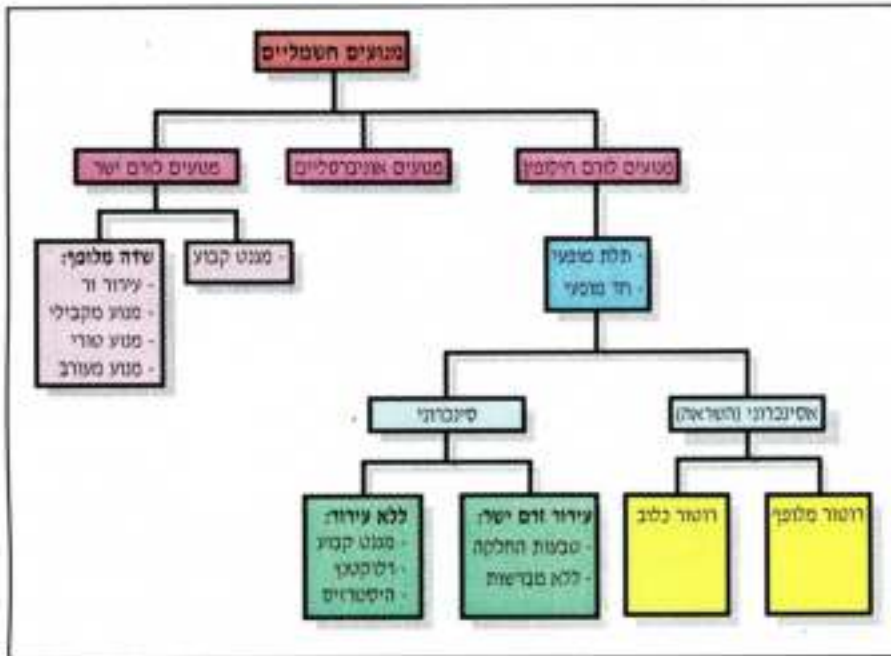
טכנולוגיות בסיסיות של מנועי חשמל, ידועות היטב ובקלות רבה גם ניתן להשיג מידע מפורט עליהן. לפיכך, נסתפק כאן בנושאים הקשורים ישירות להתפתחויות הטכנולוגיות של המנועים ולהשלכות בהווה ובעתיד.

באופן מסורתי מחלקים את המנועים החשמליים לשלוש קבוצות עיקריות:



איור 1 מערכת הנעה חשמלית טיפוסית

נ' שגיב – מהנדס מומחה, המחלקה ליישול הנריכה אגף השיווק והצרכנות חברת החשמל



איור 2
סוגים שונים של מנועי חשמל

מנועים אסינכרוניים, הסכונים גם מנועי השראה, מוזנים בדרך כלל במתח חילופין תלת מופעי. הגירסה החד מופעית של מנועים אלה משמשת לציווד בעל הספק נמוך יחסית – קו"טים בודדים ופחות, כגון: מכשירי בית, משחזות ומחזרות קטנות. מנועים אסינכרוניים אמינים וזולים ברכישה ובתחזוקה, ולכן הם המנועים הנפוצים ביותר בתעשייה ובמינורי המשק האחרים. החיסרון של מנועים אלה הוא מהירותם הקבועה, הנקבעת על ידי מספר הקטבים ותדירות מתח ההזנה.

איור 2 מציג תרשים מלבנים המתאר את מנועי החשמל על סוגיהם השונים.

אין בנמצא נתונים סטטיסטיים על התפלגות הסוגים השונים של מנועי חשמל, נודלם וצריכת האנרגיה שלהם, אלא רק נתונים המבוססים על בדיקות לא מעמיקות והערכות בלבד. יחד עם זאת, לפי מימצאים של סקר התעשייה באיטליה, ושל מחקר שנערך באנגליה מתברר שהתפלגות המנועים במדינות שונות אחידה למדי. הערכות בנושא זה – ראה טבלה 1.

בדיקה שנעשתה בגרמניה מראה ש-54% מצריכת החשמל להנעה בתעשייה מקורה במנועים תלת מופעיים, ו-46% במנועים לזרם ישר ומנועים חד מופעיים קטנים. בארה"ב מעריכים שרק 10%

רק 22% והם צורכים פחות מ-10% מכלל צריכת החשמל להנעה בתעשייה.

מצריכת החשמל של המנועים בתעשייה נצרכת על ידי מנועים לזרם ישר.

בהתייחס לנתונים בטבלה 1 מתברר ש-2% מהמנועים בתעשייה בהספק של 50 קו"ט ומעלה צורכים 56% מכלל צריכת החשמל להנעה. מנועים קטנים, עד 5 קו"ט, מהווים למעלה מ-80% מכלל המנועים, אך חלקם בעומס המותקן הוא

טבלה 1

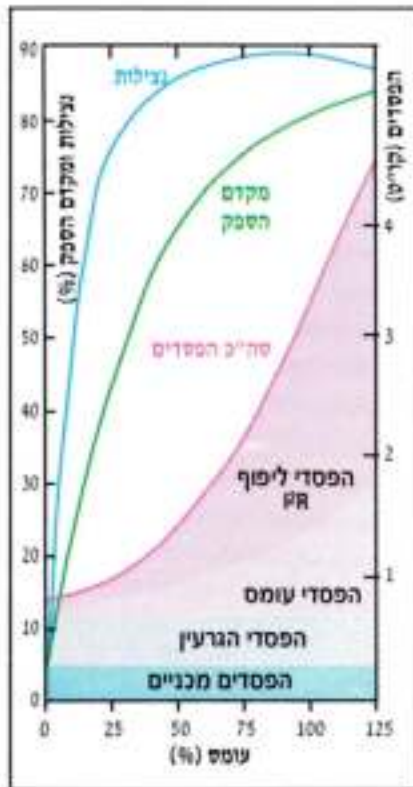
הערכות על התפלגות המנועים לסוגיהם בתעשייה (באחוזים)

| הספק (קו"ט) | כמות/מספר | הספק מותקן | נצילות ממוצעת בהעמסה מלאה | מקדם עומס | צריכת חשמל יחסית |
|-------------|-----------|------------|---------------------------|-----------|------------------|
| עד 1 | 43 | 5 | 70 | 4.5 | 2 |
| 1 - 5 | 39 | 17 | 82 | 4.5 | 7 |
| 5 - 10 | 9 | 11 | 85 | 8.0 | 8 |
| 10 - 50 | 7 | 27 | 88 | 12.5 | 27 |
| 50 - 100 | 1 | 8 | 91 | 17.0 | 11 |
| מעל 100 | 1 | 32 | 95 | 19.5 | 45 |
| כלל התעשייה | 100 | 100 | 88.2 | 12.5 | 100 |

שיפור הנצילות האנרגטית של מערכות הנעה

נצילות האנרגיה הנקובה של מנועים חשמליים משתנה בין 70% ל-95%, והיא גבוהה בהשוואה להתקנים דינמיים אחרים. אף על פי כן, כתוצאה מתנאי העבודה, הם רחוקים ממצב אופטימלי, ולעתים הפסדי האנרגיה שלהם ניכרים. יתרה מזו, היות שנצילות מערכת ההנעה אינה תלויה רק בנצילות המנוע אלא גם בנצילות יתר מרכיבי המערכת, כגון: התמסורת, המומד, ההתקן המונע. הפסדי המערכת כולה עלולים להיות גבוהים מאוד ולהגיע עד כדי 80% – נצילות כוללת של 20%.

בסקר שנערך באנגליה התגלה שהפסדי אנרגיה במערכות הנעה (הסעה, שאיבה, מניפה, ערבוב וצנטריפוגה) בתעשייה הכימית הם כגבולות 40%-80%, ובתעשיית מתכות יסוד – מעל 65%.



איור 3

מאפיינים אנרגטיים של מנוע השראה סטנדרטי 50 כ"ס, 1500 סל"ד

המנועים היתה להקטין את היחס בין הספק המנוע לבין משקלו (בניה קומפקטית), ולאפשר עלייה גבוהה יותר בטמפרטורה בגלל שימוש בחומרי בידוד משוכללים. מגמה זו הביאה להורדה משמעותית בנצילות המנועים, וכפועל יוצא מכך להגברת צריכת החשמל. ראוי לציין, שההוצאות הנוספות הקשורות בצריכה מגוברת של חשמל לא היו משקל במחירי החשמל דאז.

תמיד לתיקון באמצעות התקנת קבלים לשימור מקדם ההספק.

בהמשך נתייחס לנצילות המנוע עצמו הקשורה לסוג הראשון של ההפסדים.

איור 3 מציג דוגמה של מאפיינים אנרגטיים של מנוע השראה סטנדרטי, 50 כ"ס, 1500 סל"ד. האיור מראה שנצילות המנוע בעומסים מעל 50%-60% מהעומס הקוב, מתקרבת לרוויה ומשתנה בנצילות קטנים יחסית. לעומת זאת, בעומסים נמוכים יותר, הנצילות יורדת בצורה חריפה ביותר. חלוקת ההפסדים הפנימיים השונים של המנוע היא הסיבה העיקרית לעובדה, שבעומסים נמוכים הנצילות נמוכה ביותר, ובקירבת העומס הקוב הנצילות גבוהה יחסית.

השישי בעקומת מקדם ההספק מתון יותר יחסית. העקומה נשארת בערכים נמוכים יחסית בכל העומסים הנמוכים יותר מהעומס הקוב.

בפרסומי יצרני המנועים מפורטת הנצילות של המנועים מתוצרתם בעומס מלא, ולעתים גם בעומס חלקי. יש הבדלים משמעותיים בין נתונים אלה בגלל טיב המנוע והשוני הקיים במדידת שונות בתקנים ובשיטות קביעת הנצילות. תקנים יפניים מזניחים את הפסדי העומס בקביעת הנצילות בעומס מלא. תקן IEC, התקן המקובל באירופה, מניח הפסדי עומס בשיעור 0.5% מהספק המבוא. תקנים אמריקאיים מביאים בחשבון ערכים מדודים של הפסדי העומס. ערכי הנצילות של שני מנועים לפי תקנים שונים מצגים בטבלה 2.

עד פרץ משבר האנרגיה לפני כשני עשורים, הנטייה הכללית של יצרני

האמצעים להקטנת הפסדי אנרגיה של מערכות הנעה הם:

- שימוש במנועים בעלי נצילות גבוהה.
- בחירה נאותה של גודל (הספק) המנוע.
- בקרת מקור ההזנה של המנועים באמצעות מיקרו מעבדים, שבהם תדירות ההתנעה-ההפסקה גבוהה, חל מנועים שבדרך כלל מועמסים באופן חלקי.
- שימוש במערכות הנעה מוסתות במקום מערכות בעלי מהירות קבועה.
- שימוש במערכות הנעה מוסתות בזרם חילופין במקום אלה המוסתות בזרם ישר.
- שימור המערכת המנועת.

שימוש במנועים בעלי נצילות גבוהה

מנועים בעלי נצילות גבוהה אינם ייחודיים לסוג או לגודל מסוים של מנועים חשמליים, אלא הם נחלת כלל המנועים. מאחר שמנועי השראה תלת מופעיים מסוג 'ירוטור כלובי' הם השכיחים ביותר בתעשייה (גם בענפי משק אחרים), וניתנים לרכישה מהמודף, נתייחס בהמשך לסוג זה של מנועים בלבד. מנועים מסוגים אחרים ומנועים שהספקם עולה על 180 כ"ס מיוצרים, לעתים קרובות, לפי דרישות מיוחדות של המזמין, הכוללות בדרך כלל, גם דרישות לגבי נצילות.

כאשר דנים בנצילות של מנועי חשמל, יש להתייחס לנצילות משני היבטים הבאים:

■ נצילות הקשורה למנוע עצמו בלבד, והיא פועל יוצא מההפסדים הנגרמים בומך העבודה. נצילות זו קשורה למבנה המנוע ומופיעה בדרך כלל בקטלוגים של יצרני מנועים. היא לא ניתנת תמיד לתיקון.

■ נצילות הקשורה לצריכה מגוברת של אנרגיה ריאקטיבית כתוצאה ממקדם הספק ירוד של המנוע. דבר זה מביא להפסדים נוספים ברשת הצרכן ובדשתות של חברת החשמל. הפסדים אלה ניתנים

טבלה 2

השוואת הנצילות של מנועים לפי תקנים שונים (באחוזים)

| נצילות בעומס מלא | | תקן |
|-----------------------|-------------------------|------------------------------|
| מנוע 15 קו"ט (20 כ"ס) | מנוע 5.5 קו"ט (7.5 כ"ס) | |
| 89.4 | 82.3 | אירופי (IEC 34-2) |
| 90.4 | 85.5 | יפני (JEC - 37) |
| 86.9 | 80.3 | אמריקאי (IEEE-112A Method B) |



טבלה 3

נצילות מנועי השראה תלת מופעיים, בעלי רוטור כלוב עם שני זוגות קטבים

| נצילות בעומס מלא (%) | | הספק המנוע (קו"ט) |
|--------------------------|---------------|-------------------|
| מנועים בעלי נצילות גבוהה | מנועים רגילים | |
| 84 - 81 | 78 - 77 | פחות מ-1 |
| 85 - 82 | 83 - 79 | 1 - 3 |
| 90 - 86 | 87 - 85 | 4 - 7.5 |
| 91.5 - 90.5 | 88 - 86 | 11 |
| 92 - 90 | 90 - 88 | 15 |
| 94 | 91 | 37 |

טבלה 4

שיפור בנצילות מנועי השראה בעלי נצילות גבוהה בהשוואה למנועים רגילים בהעמסות שונות

| אחוז השיפור בנצילות | | | | | | הספק המנוע (קו"ט) |
|--------------------------------------|----------|----------|---------------------------------------|----------|----------|-------------------|
| מנוע עם שני זוגות קטבים (1,500 סל"ד) | | | מנוע עם זוג אחד של קטבים (3,000 סל"ד) | | | |
| 1/2 עומס | 3/4 עומס | עומס מלא | 1/2 עומס | 3/4 עומס | עומס מלא | |
| 10.0 | 8.0 | 7.0 | 8.0 | 5.0 | 3.2 | 0.75 |
| 4.1 | 4.2 | 3.0 | 4.3 | 3.2 | 2.0 | 3.0 |
| 1.3 | 1.5 | 1.5 | 7.1 | 4.6 | 3.8 | 5.5 |
| 4.5 | 3.0 | 1.2 | 5.2 | 3.7 | 3.1 | 7.5 |
| 3.5 | 2.5 | 2.5 | 7.8 | 5.3 | 3.7 | 11.0 |
| 3.8 | 2.8 | 2.1 | 4.5 | 2.8 | 2.0 | 15.0 |

מחירי מנועי רוטור כלוב המיוצרים במערב אירופה ובארץ הם די אחידים ומשתנים בערך מ-140 דולר/קו"ט במנועים קטנים, לפחות מ-60 דולר/קו"ט במנועים מעל 22 קו"ט.

היחידה במחיר (C) עם עליות ההספק (P) תואמת היטב לפונקציה התיאורטית:

$$C = K \cdot P^{\frac{3}{4}}$$

או לפונקציה:

$$\frac{C}{P} = K \cdot P^{-\frac{1}{4}}$$

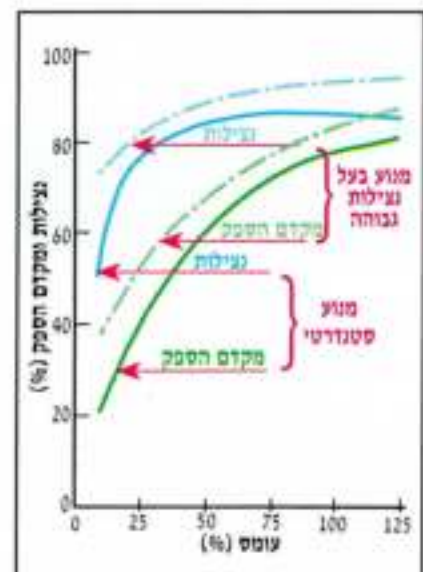
שיקולים כלכליים ליישום מנועים בעלי נצילות גבוהה

מטע תעשייתי טיפוסי צורך אנרגיה העולה פי עשרות מונים מעלות ההון השטני של המנוע. עלות ההון מוערכת בין 1% ל-3% מכלל עלות מחזור החיים של המנוע. שיפור בנצילות המנוע בשיעור של 1% גורם לחיסכון במשך מחזור חייו בשיעור של כ-10\$ לכל כ"ס הספק. מכפלת שיעור השיפור בנצילות של עשרות, מאות או אלפי כ"ס של מנועים במפעל או במדינה, תראה על הפרטנציאל העצום לחיסכון הטמון בשימוש במנועים בעלי נצילות גבוהה.

עלייה במחירי האנרגיה והשלכות השימוש המוגבר באנרגיה לזיהום הסביבה גרמו להעמקת המודעות בחיסכון באנרגיה, ודירבנו את יצרני המנועים לפעול לייצור מנועים בעלי נצילות גבוהה – מנועים חסכי חשמל.

רוב היצרנים הגדולים של מנועי חשמל מייצרים היום גם מנועים בעלי נצילות ומקדם הספק משופרים יותר ממנועים סטנדרטיים. מנועים אלה, המכונים מנועים בעלי נצילות גבוהה, או מנועים חסכי אנרגיה (Energy Efficient Motor or High Efficiency Motor), מיוצרים מחומרים בעלי איכות מעולה ובהקפדה יתרה על תכנון המנוע, ראה איור 4. הם מנוצלים בהרחבה בארצות מערב אירופה, ארה"ב ויפן. טבלה 3 מסייגה את השיפור שהושג במנוע בנצילות המנועים, על ידי מספר יצרנים אירופיים. השיפור הוא בתחום 4%-7% במנועים עד 7.5 קו"ט ו-2%-4% במנועים שהספקם עולה על 7.5 קו"ט.

חשוב לציין שהשיפור בנצילות, המושג במנועים בעלי נצילות גבוהה, משמעותי ביותר במיוחד בעומסים חלקיים, שבהם מעלים כרגיל רוב המנועים, ראה איור 4 וטבלה 4. התייחסות מורחבת יותר להעמסה חלקית של המנועים תובא בהמשך.



איור 4

נצילות ומקדם הספק במנועים בעלי נצילות גבוהה ובמנועים סטנדרטיים



טבלה 6

ערכים מיזעריים של מקדמי עומס שבהם מוצדק להשתמש במנועים בעלי נצילות גבוהה

| מקדם עומס (%) | הספק המנוע | |
|---------------|------------------------|----------------------------|
| | זוג קטבים (3,000 סל"ד) | 2 זוגות קטבים (1,500 סל"ד) |
| 6 | 11 | 1.1 |
| 5 | 5 | 1.5 |
| 8 | 17 | 2.2 |
| 10 | | 3.0 |
| 12 | | 4.0 |
| 18 | | 5.5 |
| 22 | | 7.5 |
| 8 | | 11.0 |
| 9 | | 15.0 |
| 7 | | 18.5 |

השיקולים שהובאו בטבלה 7 מתייחסים להתקנת מערכת הנעה חדשה, או להחלפת מנוע ישן שיצא מכלל שימוש במנוע חדש. כאשר שוקלים החלפה של מנוע סטנדרטי מעיל במנוע בעל נצילות גבוהה, יש להתחשב נסף לעלויות האלה, גם בהוצאות ההתקנה ובערך השארית (גרט) של המנוע המוחזק.

בחירה נאותה של גודל המנוע והספקו

בדרך כלל, המנועים הנבחרים לשימוש בתעשייה, הם בעלי הספק גבוה מהספק הרגיל, הנדרש להנעת מערכת המונעת בתנאי עבודה רגילים. הסיבה לבחירה הזאת נובעת מהצורך להבטיח התנעה טובה, עמידה בתנאי העמסה קשים מאוד והתמתחויות בעתיד. דבר זה נעשה במיוחד במיתקנים המהווים מרכיב חיוני בתהליך הייצור, כדי להקטין ככל הניתן את הפסקות הייצור הנובעות מתקלות במיתקנים. כמו כן, מערכות הנעה רבות מפורזות לעתים באתרים שונים של מערך הייצור, שהגישה אליהם קשה.

כאשר:

- LEF - מקדם העומס שבערכים גבוהים ממנו קיימת הצדקה כלכלית להשתמש במנוע בעל נצילות גבוהה
- EC - פער המחיר בין מנוע בעל נצילות גבוהה ובין מנוע סטנדרטי
- kW - הספק המנוע
- AH - מספר השעות בשנה = 8760
- C - מחיר החשמל לקו"ט"ש
- S - נצילות מנוע סטנדרטי (%) בהעמסה מלאה
- H - נצילות מנוע בעל נצילות גבוהה (%) בהעמסה מלאה
- NPV - שך נוכחי נקי של יחידת הקצבה שנתית

בטבלה 6 מוצגות הערכות של מקדמי עומס, שבערכים גבוהים מהם יש הצדקה כלכלית להשתמש במנועים בעלי נצילות גבוהה. הערכים המוצגים בטבלה נמסרו על ידי אחד היוצרנים של מנועי חשמל באירופה והם מתבססים על הנחות הבאות:

- משך חיי המנוע: 20 שנה.
- עלות ההון השנתית: 10% (ערך נוכחי מתאים = 8.5 NPV).
- מחיר החשמל: 0.077 דולר לקו"ט"ש.

במקרה הזה, מקדמי העומס משתנים בתחום 5%-22%.

על פי הנתונים המוצגים בטבלה 6, במקרים רבים עדיף מבחינה כלכלית להשתמש במנועים בעלי נצילות גבוהה ולא במנועים סטנדרטיים, אפילו במקדמי עומס נמוכים. יחד עם זאת, ראוי לשים לב, שבאופן ממוצע הערכים של מקדמי העומס של המנועים בתעשייה נמוכים יחסית, ראה טבלה I. באופן מיוחד, ערכו של מקדם העומס של מנועים עד ל-50 קו"ט"ש הוא בממוצע 8.6%, וערכי מקדם העומס של המנועים הקטנים יכולים להגיע עד כדי 4.5%.

לשם קבלת הערכה על התועלת הכלכלית הישירה הכרוכה בשימוש במנוע בעל נצילות גבוהה, מוצגת בטבלה 7 דוגמה אופיינית בנושא זה.

מונקציה תיאורטית זו אופיינית למנועים בעלי אופייניים זהים – צפיפות זרם וזה בליפומים והשראות מגנטיות זהה ברעיון הברזל.

הפרש המחיר בין מנועים בעלי נצילות גבוהה למנועים סטנדרטיים, תלוי במידה רבה בביצועים הטכניים של היצרן. פער המחיר משתנה בנבולות של 20%-25% במנועים מעל 11 קו"ט"ש ו-30%-35% במנועים קטנים יותר, ראה טבלה 5.

טבלה 5

פער מחירים בין מנועים בעלי נצילות גבוהה ובין מנועים סטנדרטיים בעלי הספק דומה

| פער המחירים | הספק מנועים | |
|-------------|-------------|----------|
| | דולר/קו"ט"ש | (קו"ט"ש) |
| 33-31% | 45-27 | 3 - 1 |
| | 23-19 | 7.5 - 4 |
| 23% | 15 | 11 |
| | 12 | 15 |

היות שמנועים בעלי נצילות גבוהה לא מיוצרים עדיין בהיקף גדול, סביר להניח שעם התרחבות השימוש בהם בתעשייה, פער המחירים בינם לבין המנועים הסטנדרטיים ילך ויפחת.

מי לקבוע את התועלת הכלכלית שביישום מנועים בעלי נצילות גבוהה, צריך לרדת את משטר העבודה של מערכת ההנעה, ובמיוחד את עקום משך העומס. כאמור, השינוי בנצילות המנועים אטו ביחס ישר לשינוי בהעמסות שונות. כתוצאה מכך משתנה התועלת בהתאם.

בהנחה ששיפור הנצילות בהעמסה מלאה משקף בקירוב די טוב גם את השיפור בהעמסה חלקית, ניתן להעריך את ההצדקה הכלכלית של שימוש במנועים בעלי נצילות גבוהה בהתאם לנטשה הבאה.

$$LEF = \frac{EC}{kW \cdot AH \cdot C \left(\frac{1}{S} - \frac{1}{H} \right) 100 - NPV}$$



מטות כלים, מכבשים, מעליות, טחנות קמח וכי'. בתנאי הפעלה אלה הנצילות של המנוע משתנה לרעה באופן משמעותי.

כדי למזער ככל האפשר את ההשפעה של תנאי העמסה על נצילות המנוע, ניתן לצייד את המנוע בבקר אלקטרוני, המקטין את מתח ההזנה של המנוע בעומסים חלקיים. למעשה, מתח ההזנה משתנה לפי מקדם ההספק של המנוע, התלוי ברמת העמסה שלו, ראה איור 3. בדרך זו ניתן להשיג:

■ הפחתה בהפסדי ליפוף המנוע כתוצאה מהירידה בזרם הסטטור.

■ ירידה בהפסדי הגרעין של הסטטור (הקטנת מתח ההזנה מביאה להקטנת ההשראה המנטית בגרעין הסטטור, ובהתאמה להפחתה בהפסדי הגרעין).

■ שיפור במקדם ההספק של המנוע, כמעט יוצא מהירידה בהפסדי הגרעין של הסטטור.

החיסכון בחשמל שניתן להשיג בדרך זו, נאמד ב־10%-30% והוא תלוי בגורמים הבאים:

■ נצילות המנוע

ככל שנצילות המנוע נמוכה יותר, האפשרות לחסוך בחשמל גבוהה יותר.

■ מחזור פעולה בעומס חלקי

ככל שמשך הפעולה של המנוע בעומס חלקי ארוך יותר, האפשרות לחסוך בחשמל גבוהה יותר.

מחיר הבקר מהווה כ־80% ממחיר מנוע להספקים שמעל ל־5 קו"ט. במנועים בעלי הספקים נמוכים יותר, מחיר הבקר יכול להיות גבוה ממחיר המנוע.

השימוש בהתקני בקרה אלה בתעשייה עדיין מוגבל מהסיבות הבאות:

■ בתנאי העמסה "טובים" לאימוץ הבקר, דהיינו העמסה נמוכה מאוד למשך זמן ארוך, זול יותר להשתמש במנוע קטן ולאפשר לו לפעול בעומס יתר במשך פרקי זמן קצרים.

הצדקה להירתע מלהשתמש במנועים שהספקם מותאם באופן מדויק לנדרש על ידי המערכת המונעת, ולבזבז לשווא אנרגיה יקרה. כי, כאמור, העמסה חלקית של המנועים גורמת להפסדי אנרגיה ניכרים כתוצאה מירידה בנצילות ובמקדם ההספק שלהם, ראה איור 4.

בקה על מקור ההזנה של המנוע

בקה על מקור ההזנה פירושה, ויסות מתח ההזנה למנוע בעומס חלקי ובהתנעה.

בקה לפי מקדם הספק

מטעים רבים פועלים בחלק ניכר מזמן עבודתם, תחת עומס חלקי ובמהירות קבועה. עם אלה נמנים מנועי מדחסים,

עד לזמן האחרון, כשנושא החיסכון באנרגיה לא היווה גורם בתיכונן המיתקנים, מתכננים רבים קבעו מלכתחילה, שבשום מלא המנוע לא יהיה מועמס מעבר ל־70%-80% מהעומס הנקוב שלו. לפיכך, מתקבל שבמועל, המנוע עובד רוב הזמן בעומסים הנמוכים בהרבה מהעומס הנקוב שלו.

במיתקנים בעלי תנאי התנעה קשים, נטן מפותחים, המתכננים נוהגים לבחור במנוע שהספקו גבוה מהדרוש בדרגה אחת או שתיים, במקום לבחור במנוע בגודל מתאים עם מומנט התנעה גבוה. בארה"ב משריכים כי כ־26% מכלל צריכת החשמל למנועים בתעשייה, נצרכת על ידי מנועים כאלה.

בטכנולוגיות הנוכחיות של מערכות המטה ובשיטות התיכונן החדשות, אין כל

טבלה 7

התועלת הכלכלית הישירה הכרוכה ביישום מנוע בעל נצילות גבוהה דוגמה אופיינית

| סוג המנוע | | אימוני המנוע |
|------------------|---------------|---|
| בעל נצילות גבוהה | סטנדרטי | |
| 11 קו"ט | 11 קו"ט | הספק מוצא |
| 91% | 87% | נצילות בהעמסה מלאה |
| 12.08 קו"ט | 12.64 קו"ט | הספק מביא |
| 37,690 קו"ט"ש | 39,437 קו"ט"ש | צריכה שנתית (12 שעות ביממה, 5 ימים בשבוע, 52 שבועות בשנה) |
| 1,747 קו"ט"ש | | הפרש הצריכה השנתית |
| 34,940 קו"ט"ש | | הפרש הצריכה למשך 20 שנה |
| 2,638 דולר | 2,760 דולר | הוצאות חשמל שנתיות (לפי 0.07 דולר/קו"ט"ש) |
| 800 דולר | 660 דולר | מחיר המנוע |
| 20 שנים | 10 שנים | משך חייו המנועי |
| 15 דולר | 40 דולר | הוצאות שנתיות לתחזוקה |
| 2,653 דולר | 2,800 דולר | סה"כ הוצאות שנתיות |
| 11 חודש | | תקופת החזר ההשקעה |
| 23,386 דולר | 24,752 דולר | סה"כ הוצאות לתקופת מחזור חיים של 20 שנה (נעלות הרוץ 10%) |
| 1,366 דולר | | תועלת לתקופת מחזור חיים |

* משך החיים של מנועים בעלי נצילות גבוהה ארוך יותר ממשך החיים של מנועים סטנדרטיים, וזאת מאחר שהמנועים בעלי נצילות גבוהה יעילים יותר ומתחממים פחות. כתוצאה מכך הם פועלים בטמפרטורות נמוכות, המבטיחות פעולה שקטה והארכת משך החיים של רכיבי המנוע.



חיסכון משמעותי שהתקבל באופן מעשי בשטח כתוצאה משימוש בווסתי מהירות אלקטרוניים. החיסכון הוא בשיעורים הבאים: 30%-50% במפוח ובמשאבות הזזה של דוד חימום, 20%-25% במדחסים, 30%-35% במפוחים ומאווררים, 20%-25% במשאבות; 25%-35% במערכות קירור מרכזיות, 20% במשאבות חום.

החיסכון בצריכת החשמל הוא אחד היתרונות של שימוש בווסת מהירות אלקטרוני. יתרונות עיקריים אחרים הם:

- ויסות מתוחכם המביא לשיפור התהליך.

- הגננה במהירות נמוכה הגורמת ליידיה בורס ההתנעה, וכפועל יוצא מכך ליידיה במאמצים החשמליים על המנוע, השנאי ואמצעי המיתוג. כמו כן הקטנה של המאמצים המכניים על המנוע, התמסורת ויתר חלקי המערכת המונעת.

- הפגלת המנוע במהירות נמוכה גורמת באופן ישיר להארכת משך חיי המנוע והציוד. אולם ייתכן שיהיה צורך בהשלמת קירור המנוע היות שהמאוורר של המנוע יהיה פחות אפקטיבי.

- עקב השימוש בווסת מהירות, נמנע הלחץ הנגדי של ברזים או מחסומים המיועדים לוויסות התפוקה במערכת קונבנציונלית. דבר זה מאריך בעקיפין את משך חיי המנוע.

- הפחתה של הוצאות התחזוקה המשתמשים בווסתי מהירות מדווחים על הפחתה בשיעור 10%-20%.

- הפרדה או בידוד המנוע מרשת החשמל פעולה זו מונעת בעיות הקשורות בשייטת מתח הרשת ואיונו.

קיימים סוגים שונים של וסתי מהירות אלקטרוניים. פיתוח טכנולוגי חדש ביותר בנושא זה מבוסס על הזנת מנוע השראה דרך ממיר, המבוקר באופן סיפרתי. אמינות הווסת הוכחה ללא כל ספק, ומחירו נמצא בירידה מתמדת.

ההשקעה הדרושה להתקנת וסתי מהירות למנועי זרם חילופין היא בדרך כלל גבוהה ומשתנה בתחום רחב מאוד, בהתאם לסוג הטכנולוגיה, תחום הוויסות

את השימוש בווסתים אלה, אפילו במיתקנים שבהם ויסות המהירות הוא חיוני, כגון: מכונות טוויה ומסועים,

כניסת חצאי מוליכים להספקים גבוהים לשוק המסחרי בתחילת שנות השבעים איפשרה, בין היתר, ויסות ישיר של מנועי השראה באמצעות וסתי מהירות אלקטרוניים, על ידי שינוי רציף של תדירות מתח ההזנה*

במיתקנים רבים, במיוחד במשאבות, משחים ומדחסים, ויסות התפוקה חיוני לצורכי התהליך. פעולה זו מתבצעת לדוב באמצעות הגדלת התנגדות הזרימה של המיתקן, בעזרת ברז או מחסום אחר. התקנים אלה סוגרים את פתח היציאה או הכניסה של המיתקן לקבלת תפוקה רצויה, **כאשר מהירות המנוע נשמרת במלואה.** ויסות כזה לא יעיל באופן קיצוני: מבחינה אנרגטית הוא שקול לנהיגה במכונית, כאשר רגל אחת לוחצת בקביעות על דוושת הגז עד סופה, ואילו הרגל השנייה לוחצת על דוושת הבלם כדי לווסת את המהירות.

וסתי מהירות אלקטרוניים יכולים להקטין במידה ניכרת את הפסדי האנרגיה במיתקנים כאלה. **כשיש צורך לדוגמה, במחצית התפוקה/זרימה של המשאבה, אפשר לחסוך עד כדי שבע שמיניות מההספק הנדרש בעזרת ויסות המהירות. מאחר שתפוקת המשאבה יחסית למהירות, והספק המבוא יחסי למהירות בחזקה שלישית.**

במשכיות מסוימות, התפוקה מבוקרת, לפי הצורך, באמצעות הפעלה והפסקה של המנוע לסירוגין (בקרת ON-OFF). במערכת הובלת אוויר עם זרימה טורבולנטית, לדוגמה, הפסד האנרגיה כתוצאה מנפילת לחץ בתעלות, משתנה בקירוב לפי החזקה השלישית של מהירות הזרימה. מערכת בעלת מחזור עימוס (duty cycle) של 50%, יכולה לספק את אותה התפוקה בעבודה רצופה ובמחצית מהירות הזרימה, דבר זה מוריד את הפסדי האנרגיה, שמקורם בחיכוך התעלות, ב-87.5% ובהתאם לכך את כלל צריכת האנרגיה ב-75%.

דוגמאות שונות, שפורסמו במאמרים טכניים ובספרות המקצועית, מצביעות על

- כאשר העומס אינו נפל מתחת ל-40% מהעומס הנקוב של המנוע, השימוש במנוע בעל נצילות גבוהה כלכלי יותר, ואת בתנאי שמשך הפעולה של המנוע ארוך מספיק.

- שימוש בבקר מביא להקטנה מסוימת באמינות מערכת ההנעה, אם כי יש צרכנים המוכנים להשלים עם העובדה הזאת.

מתנע אלקטרוני רך

מתנע אלקטרוני רך משמש להתנעה רכה של מנועי השראה באמצעות הגדלת מתח ההזנה של המנוע באופן הדרגתי. מתנע זה נחשב כהתקן הוסך אנרגיה, כאשר תדירות ההתנעה של המנוע גבוהה יחסית. במקרים מסוימים קיימת אפשרות לשלב ביחידה אחת את המתנע הרך ואת בקר מקדם הספק. במקרים אלה, המתנע הרך ימל להביא לחיסכון בחשמל בשיעור של 4%-9%.

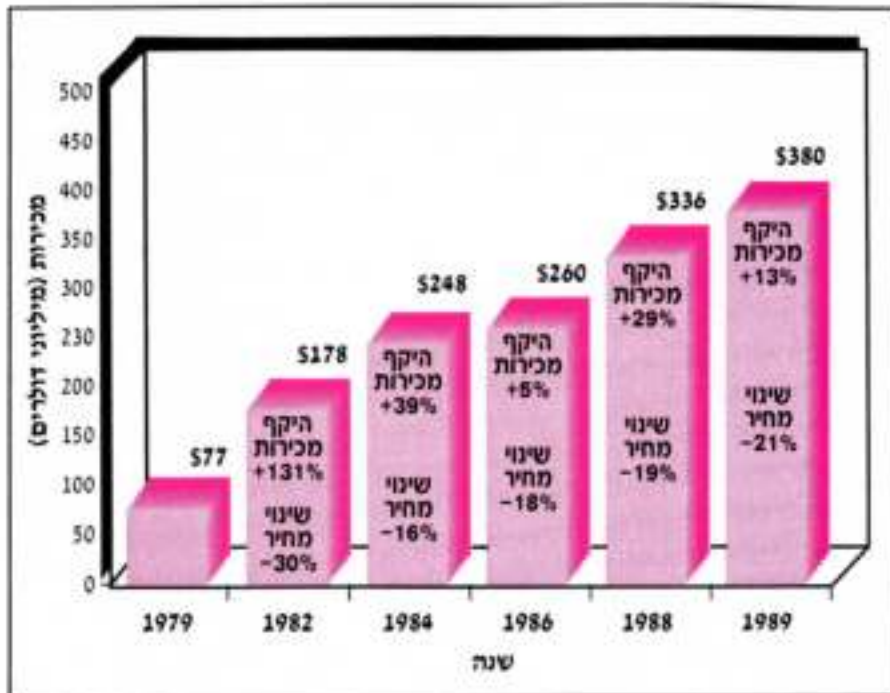
ראוי לציין שבאופן כללי, מתנע רך מיושם להשגת מטרת השונות מאלה של חיסכון באנרגיה, אך אפשרות זו בהחלט קיימת.

יישום מערכות הנעה מווסתות במקום מערכות בעלות מהירות קבועה

הצורך בוויסות המהירות של מערכות הנעה חשמליות קיים בתעשייה עוד מראשית השימוש במערכות אלה בתחילת המאה הנוכחית. עד לשנות השבעים לערך, ויסות המהירות היה בר ביצוע באמצעות שינוי מתח ההזנה של המנועים, או בעזרת מצמדים הניתנים לוויסות באמצעים מכניים או הידראוליים. המחיר הגבוה של וסתי מהירות אלקטרוניים ישנים, במקביל לנצילות הנמוכה ותחום בקרה צר, הגבילו

* מהירות הסיבוב n של מנוע השראה כתלת בתדירות מתח ההזנה (f) ובמספר זוגות הקטבים (P) של המנוע, מבוטאת באמצעות הנוסחה:

$$n = \frac{60f}{P} \text{ (rpm)}$$



איור 5

היקף המכירות ושינוי המחיר של וסתי מהירות בעשור האחרון בארה"ב

במינור המסחרר-ציבורי, כמיתקני היסוס, איחוד, מיזוג אוויר ומקררים וגם במינור הביתי במזנוני אוויר.

שימוש במערכות הנעה בזרם חילופין במקום מערכות הנעה בזרם ישר

ההתקדמות בטכנולוגיית חצאי מוליכים הובילה לשיפור בתכונותיהן של מערכות הנעה בזרם חילופין, בהשוואה למערכות ההנעה בזרם ישר, מבחינת הביצועים, האמינות והמחיר. בשלב זה, המערכות לזרם חילופין מתחרות במערכות לזרם ישר עד להספקים של 1000 קו"ט. לפיכך, חלק גדול מההתקנות החדשות במערכות אלה הן מסוג זרם חילופין.

התפתחות זו, שהיא כאמור פרי התקדמות טכנולוגית, תוביל בטווח הבינוני והארוך לחיסכון נוסף בצריכת החשמל, מאחר שהנצילות של מערכת הנעה בזרם חילופין נבחה ב-2%-3% מהנצילות של מערכת הנעה שקולה בזרם ישר. בערכים סוחלטים, החיסכון תלוי בקצב החידוש של מערכות קיימות, או

בצריכת החשמל (בהשוואה לחלופה של מהירות קבועה) בשיעור 20 מיליארד קו"ט"ש בשנה. לשם השוואה צריכת החשמל השנתית של כלל הצרכנים בישראל באותה שנה היתה כ-18 מיליארד קו"ט"ש.

על פי סקרים שנעשו בארה"ב מתברר, ששימוש בווסתי מהירות אלקטרוניים במיתקנים תעשייתיים וכול להביא לחיסכון בצריכת החשמל בשיעורים שבין 10%-40%. (ההערכה באירופה מצביעה על חיסכון של 13%-76%, רובית הדיווחים הם בתחום של 40%-50%). שיעור זה, על בסיס נתוני התפלגות המנועים למטרות שונות, הוא שווה ערך לחיסכון בצריכת החשמל של כלל המנועים במשק האמריקאי בשיעור של 20%.

איור 6 מתאר את החיסכון בצריכת החשמל, שניתן להשיג בעזרת וסתי מהירות במשאבת מים ובמפוח אוויר.

השימוש בווסתי מהירות אינו מוגבל לענפים מסוימים בתעשייה. הם ישימים, במידה זו או אחרת, בכל הענפים יתרה מזו, הם יכולים לשמש בהצלחה רבה גם

הנדש, סוג הבקרה של הווסת וכי. למרות זאת, בזכות תרומתם הרבה של וסתי מהירות לחיסכון בחשמל, תקופת החור ההשקעה אינה עולה על שלוש שנים, ויכולה להיות אפילו חודשים ספורים בלבד. תקופת החור ההשקעה הממוצעת מערכת בכשנה.

לדוגמה, במפוח של מפעל לייצור זכוכית, אשר פעל במהירות קבועה, הותקן וסתי מהירות אלקטרוני. הנתונים הבסיסיים והתוצאות שהתקבלו הם כדלקמן:

- הספק המפוח: 400 כ"ס
- אופן המעלה: רצוף, 8,760 שעות בשנה
- מחזור עימוס (Duty cycle): 85% מהזמן ב-80% תפוקה 15% מהזמן ב-95% תפוקה
- עלות הווסת כולל התקנה: 40,000 דולר
- חיסכון שנתי בהוצאות חשמל: 80,571 דולר בשנה
- תקופת החור השקעה: 6 חודשים

החישוב המפורט לא הובא כאן מטעמי חיסכון במקום.

למרות החשיבות העליונה שיש לחיסכון באנרגיה, הכרוך בשימוש בווסתי מהירות אלקטרוניים, העדיפות ניתנת עדין לגורמים התורמים לשיפור התהליך – בקרה טובה יותר של תהליכי היוצור והגברת התפוקה.

יערני המנועים מעודדים באופן פעיל את השימוש בווסתי מהירות אלקטרוניים. הם מצפים שבשנים הקרובות ימשיך הגידול המרשים ביישום וסתי המהירות ומחירים ילך ויפחת. בעשור האחרון, היקף המכירות של וסתי מהירות בארה"ב גדל פי חמישה, והמחיר ירד לשליש (איור 5).

וסתי המהירות נחשבים כיום לאמצעי היעיל ביותר להשגת חיסכון בצריכת החשמל במערכות הנעה חשמליות. ב-1990, 14% מכלל המנועים בתעשייה האמריקאית היו מצוידים בווסתי מהירות. וסתיים אלה נרמו לחיסכון



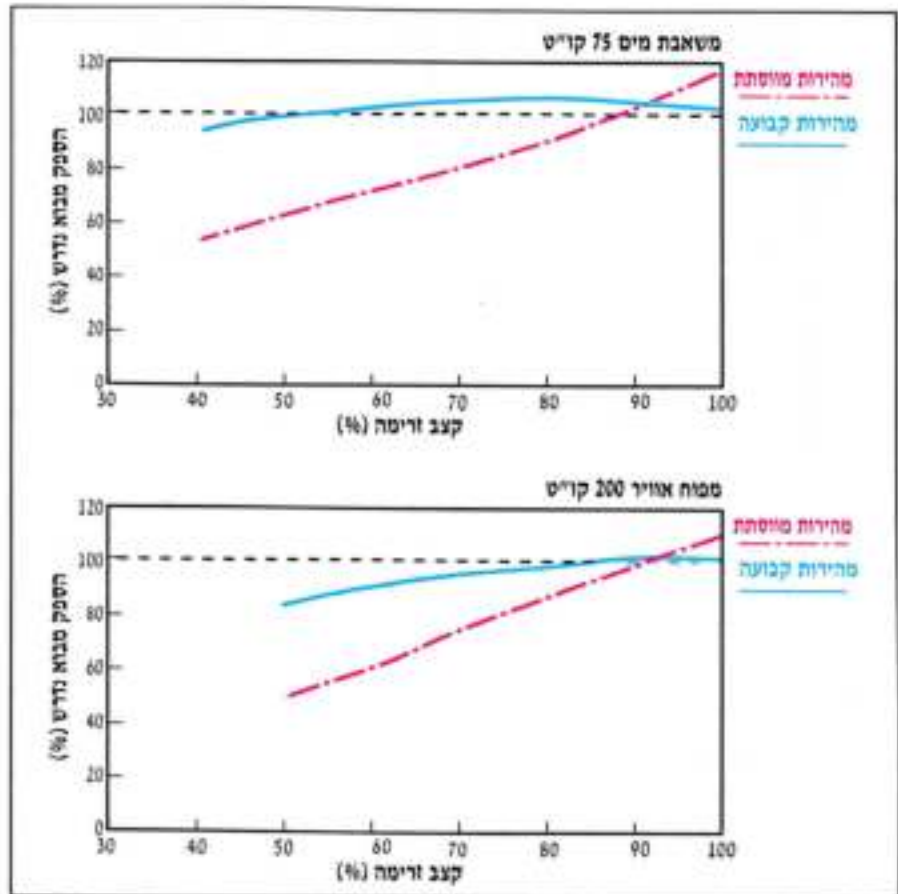
בקצב ההשקעות בתעשיות שבהן מערכת הנעה מסוג זה שימושיות (במיוחד כימיקלים, נייר, מזכות וכו').

שיפור המערכת המונעת

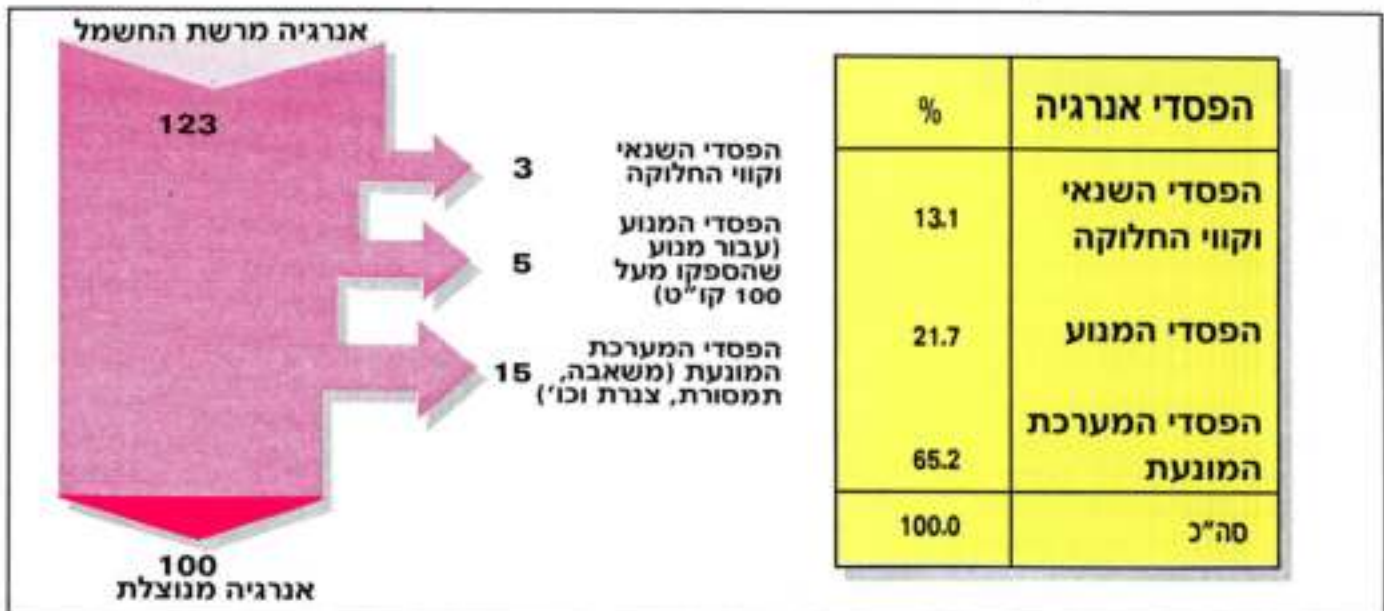
המטרה בשיפור המערכת המונעת היא לשמור בצורה טובה על תקינות המערכת, ולבחור באופן נאות את מרכיבי השונים, כך, לצורך הנעתה יידרש הספק מכני מיוערי במערכת לשאיבת מים, לדוגמה, יש להקפיד על בחירה נאותה של הצנרת, המשאבה, המקשר, אבזרי בקרה (מנופים, שסתומים) וכו', בהתאם לדרישות ההידראוליות ולדאוג לתחזוקה נאותה שלהם.

נישא זה אינו קשור אמנם באופן ישיר לתחום החשמל, אך חיוני להתייחס אליו בכובד ראש, משום שבמערכות "דינמיות" הפסדי האנרגיה של הרכיבים החשמליים (המנוע) נמוכים בדרך כלל בהרבה מההפסדים של הרכיבים האחרים, וראו איור 32.

איור 7 מתאר באופן סכמטי את זרימת האנרגיה במערכת שאיבה חשמלית. הפסדי האנרגיה ברכיבים החשמליים של המערכת מסתכמים במחות מ-35%, ואלה של הרכיבים האחרים ביותר מ-65% מכלל הפסדי



איור 6
השוואה אנרגטית של שתי מערכות הנעה: מחירות קבועה לעומת מחירות מוסתת





הזמן. לפעמים השיטתיים הם קיצוניים, הן בגלל משטר עבודה, או בגלל איכות המים הנרמזים להתבלות המשאבה ולצריכת אנרגיה גבוהה מהסביר ומרצוי.

התיישנות המשאבה נורמת לירידת הנצילות, כפי שמודגם באיור 9.

לדוגמה, כפי שנתקלים לעתים קרובות מאוד, צריכת החשמל תעלה מ-4 וטייש ל-5.3 וטייש, דהיינו עלייה של למעלה מ-32%.

יש לראות את המשאבה כמכונה העובדת בתנאים משתנים על פני ציר

המערכת. לפיכך, בכל יומומה לניהול עומס, שמטרתה להקטין את הפסדי האנרגיה של המערכת, תשומת הלב צריכה להינתן, בראש ובראשונה, להפסדי המרכיבים הלא חשמליים של המערכת.

כדי להתרשם מהשפעת התקינות וההתאמה של המרכיבים הלא חשמליים על צריכת האנרגיה, נתמקד בקצרה על השלכותיהם במערכת לשאיבת מים. המסקנות יהיו נכונות במידה לא פחות גם לגבי מערכות אחרות, כגון מפוחים.

המקשר

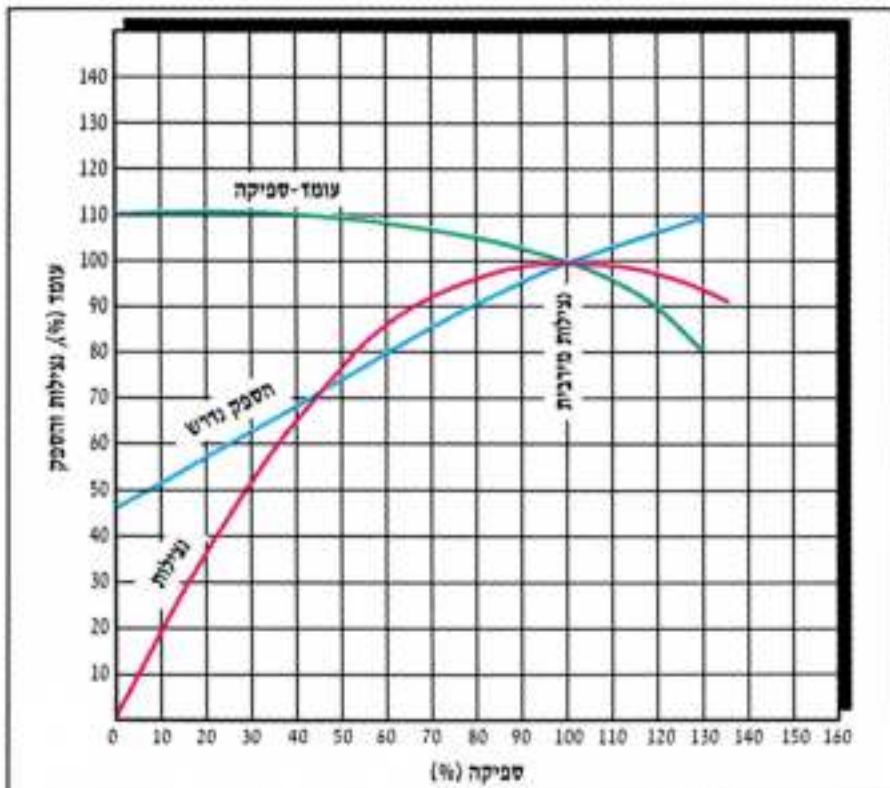
המקשר הוא התקן המקשר בין המנוע לבין המשאבה. יש לו השפעה לא מבוטלת על האנרגיה המושקעת במערכת. נצילות המקשר משתנה בטווח של 98%-99% אמנם, קשה למדוד באמצעים פשוטים את הפסדי האנרגיה במקשר, אך איזוט הנאות יכול לשפר את הנצילות שלו עד כדי 10%. בחשבון שנתי, שינוי זה משמעותי בהחלט.

המשאבה

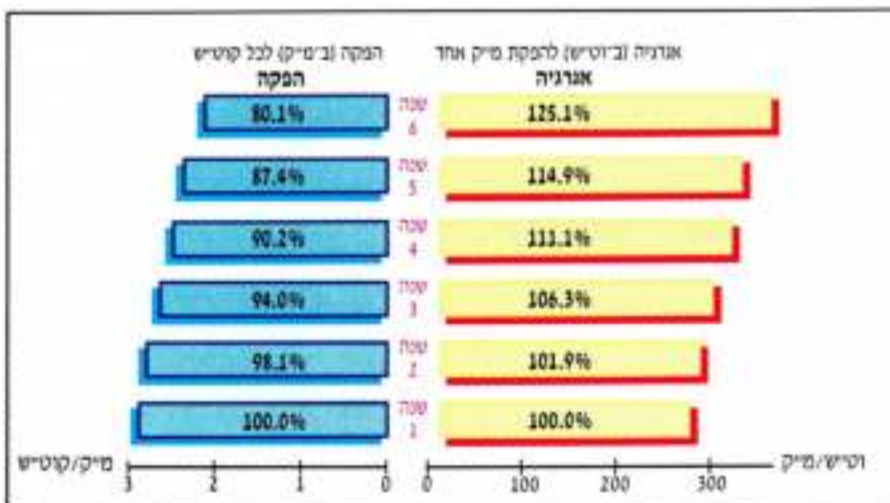
המשאבה היא הצרכן הישיר של האנרגיה, וניתן לראותה כ"לבי" המערכת לשאיבת מים. אי התאמתה לתנאי העבודה הנדרשים, או אי תקינותה, עשויות לגרום לצריכת יתר משמעותית של אנרגיה.

לכל דגם של משאבה יש אופיינים המראים על ספיקה, עומד ונצילות בכל נקודה ונקודה. איור 8 מציג אופיינים יחסיים של משאבה טיפוסית.

הספיקה נמדדת במ"ק/שעה ואילו עומד/לחץ נמדד במטרים. באופן תיאורטי, האנרגיה הדרושה כדי להקנות ל-1 מ"ק מים (1000 ק"ג) עומד/לחץ של 1 מטר (0.11 אטמוספירה) היא, בקירוב, 2.8 וטייש (וטישעה). באופן מעשי, כאשר המשאבה מופעלת ומנוצלת כנקודה בה נצילותה טובה מאוד, כ-80% מן האנרגיה המגיעה אליה מנוצלת. בהנחה שנצילות המקשר היא 98%, תשל המנוע 90%, נדרש להשקיע 4 וטייש כדי לבצע את העבודה. כל זה בתנאי שהמנוע, המקשר והמשאבה נבחרו כראוי ועובדים בצורה תקינה וללא התחשבות בהשפעת הצנרת והאביזרים. אם נצילות המשאבה יורדת מתחת ל-60%, שהוא הערך המעשי הרצוי, 60%



איור 8 אופיינים יחסיים של משאבת מים טיפוסית



איור 9 השפעת התיישנות המשאבה על צריכת החשמל והתמוק



הצנרת

כאשר בוחרים בסוג הצנרת, מקובל להתחשב במקדם הייחוסים" (C) של הדופן הפנימית של הצינור. תשומת לב מועטה מאוד מוקדשת לשינויים החלים במקדם הייחוסים לאורך זמן, אשר גורמים לעתים להפסדי אנרגיה משמעותיים השינויים במקדם הייחוסים הם תוצאה של השינויים הנוצרים בדפנות הפנימיות של הצנרת.

שכבה של משקעים גסים, קורוזיה, התבלות או משקעים זעירים יחסית, גורמים לשינויים בדופן הפנימית של הצינור, והופכים אותה מדופן חלקה לדופן מרוחפת. הקוטר הפנימי (D) ומידת הייחוסים של הדופן הפנימית של הצינור הם בעלי השפעה רבה על הפסדי האנרגיה של מערכת ההובלה. השפעתם של גורמים אלה על הפסד העומד בצינור (J), מבוטאת באמצעות המשוואה הבאה.

$$J = K \cdot \left(\frac{Q}{C}\right)^{1.85} \cdot D^{-4.75}$$

כאשר:

- J - הפסד העומד בצינור
- K - מקדם
- Q - ספיקה
- C - מקדם הייחוסים
- D - הקוטר הפנימי של הצינור

איור 10 מציג דוגמאות שונות של תלות הפסד העומד, בצינור בקוטר של 6 אינץ' / 150 מ"מ, במקדמי הייחוסים שונים.

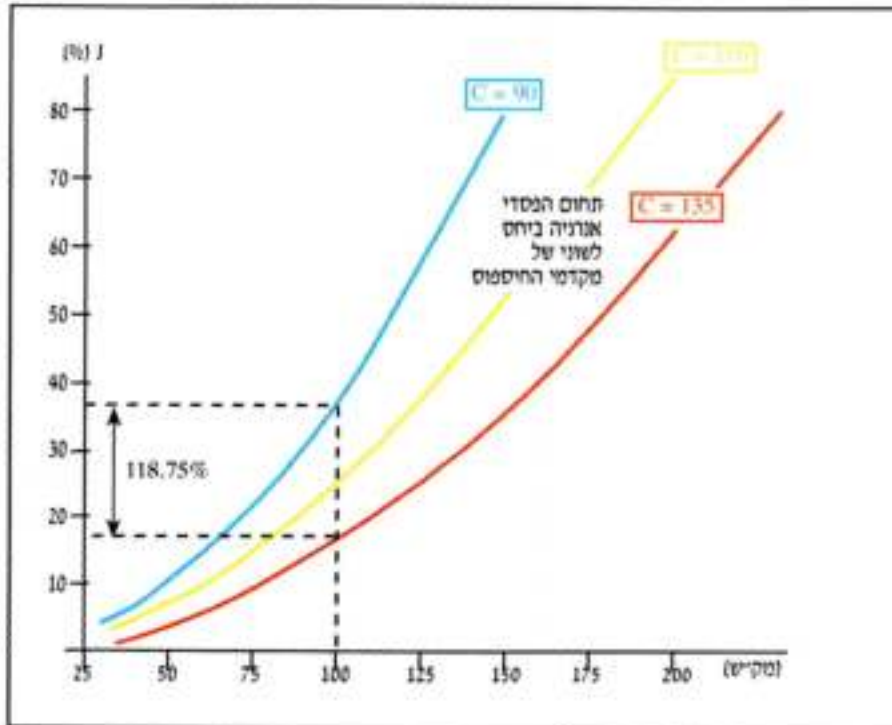
המשמעות האנרגטית של הפסדי העומד, בצינור באורך 1,000 מטר המונח ממשאבה בעלת נצילות 75%, כאשר נצילות המנוע היא 90%, מובאת בטבלה 8.

התיישנות הצנרת במשך השנים גורמת לייחוסים יתר של הדופן הפנימית של הצינור. כמעט יוצא נדל הפסד העומד, לעתים, מפרשים את הסיבה לגידול בהפסד העומד כירידה בניילות המשאבה, או בשינוי כלשהו בישיבת האספקה. ולא כך הוא – הפתרון הנכון לייחוסים הפסדי השמך הוא ניקוי הצנרת.

אביזרי בקרה

אביזרי בקרה: וסתים, מנפים, שסתומים וכו', הם מקור נוסף של הפסדי אנרגיה. התפתחות הטכנולוגיה של אספקת המים הביאה למינון רחב של אביזרי בקרה, הנאפשר בחירה באכזר על פי נתונים

הידראוליים. בבחירה יש להתחשב גם בהפסדים אנרגטיים (הפסדי עומד) של האבזר, בזה עשויים להיות הבדלים גדולים בין הסוגים השונים הקיימים. איור 11 מציג הפסד עומד בשסתום אל-חוזר בקוטר "6" מסוגים שונים, על פי מהירויות זרימה.



איור 10

הפסד העומד בצינור בקוטר של 6 אינץ' / 150 מ"מ על פי מקדמי הייחוסים שונים

טבלה 8

אנרגיה של הפסד עומד מבוטאת בקוט"ש בצינור באורך 1,000 מטר

| תוספת הפסד ב- % כאשר הערך של C יורד מ-135 ל-90 | הפסד העומד (קוט"ש) | | | הספיקה (מק"ש) | קוטר הצינור (אינץ') |
|---|--------------------|-------|------|---------------|---------------------|
| | C=135 | C=110 | C=90 | | |
| 120% | 6.5 | 9.8 | 14.3 | 50 | 4" |
| 120% | 6.5 | 9.8 | 14.3 | 100 | 6" |
| 124% | 4.9 | 7.4 | 11.0 | 150 | 8" |
| 105% | 4.0 | 5.7 | 8.2 | 200 | 10" |



מנועים בעלי נצילות משופרת

נתונים המתייחסים לאנרגיה הכוללת הנדרשת לייצור מנועי חשמל סטנדרטיים עד 375 קו"ט, במנחים של קוטי"ש/מנוע וקוטי"ש/טון, מופיעים בטבלה 9.

טבלה 9

אומדן האנרגיה הכללית הנדרשת לייצור מנועי השראה סטנדרטיים (1980)

| הספק המנוע (קו"ט) | צריכת אנרגיה בוללת | |
|-------------------|--------------------|------------|
| | קוטי"ש/מנוע | קוטי"ש/טון |
| עד 0.075 | 114 | 46,343 |
| 0.075 - 0.25 | 231 | 53,126 |
| 0.25 - 0.75 | 556 | 50,791 |
| 0.75 - 7.5 | 1,724 | 35,918 |
| 7.5 - 375 | 6,172 | 35,473 |
| 375 - 75 | 34,555 | 32,776 |

ברוך כלל, יצרני המנועים מעלים את נצילות המנוע על ידי שימוש בפלדה מאיכות טובה, והוספת יותר מתכות למנוע. צעד הכרחי זה מוביל לעלייה באנרגיה הכוללת הנדרשת לייצור המנוע.

לדברי אחד היצרנים, אורך הליבה של הסטטור במנועים בעלי נצילות גבוהה, והלמפוסים שלה, מכילים 20% יותר נחושת. על בסיס נתונים אלה ובהנחה שהרוטר כולל 9% יותר אלומיניום, העלייה הכוללת באנרגיה לייצור מנוע השראה רוטר כלוב טיפוס 18.5 קו"ט עם נצילות משופרת, היא בסביבות 800 קוטי"ש/מנוע. זוהי עלייה בדרישת אנרגיה כוללת בשיעור כ-13%. שיפור הנצילות של המנוע יביא לידי כך, שתוספת אנרגיה זו (800 קוטי"ש) תיחסך כעבור 500 שעות עבודה של המנוע בלבד. לפיכך, על בסיס אנרגיה כוללת, יש יתרון עצום בייצור מנועים בעלי נצילות משופרת/גבוהה.

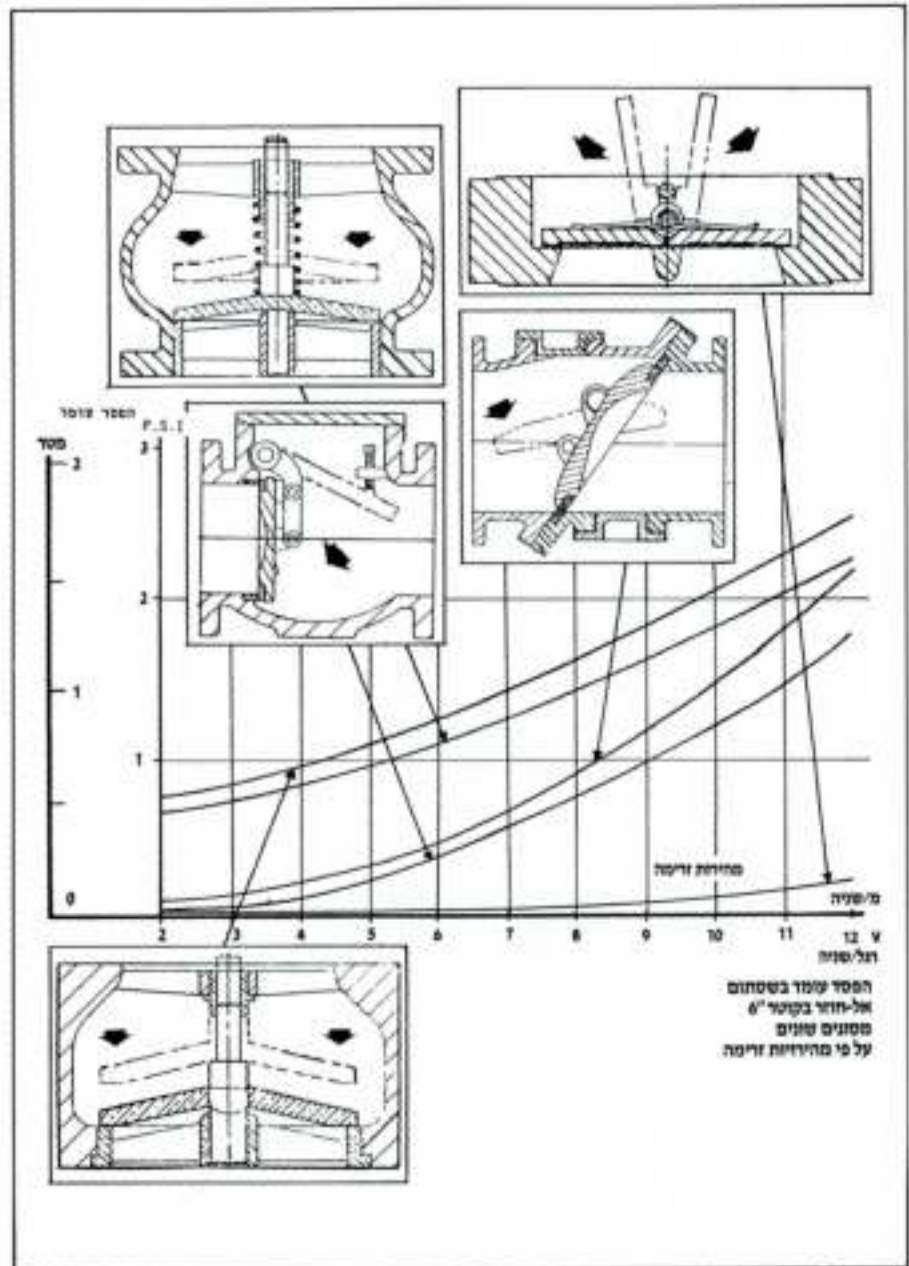
בקרה אלקטרונית של הזנת המנוע

נתונים לגבי דרישה כוללת של אנרגיה לשם ייצור התקני בקרה אלקטרוניים, המיושמים במערכות הנעה חשמליות,

איה מביאה בסופו של דבר לעלייה כללית בצריכת האנרגיה, עלייה הנובעת מהצורך בהשקעה נוספת של אנרגיה, באופן ישיר או בעקיפין, כדי לשפר את הנצילות של ההתקן. מקרה זה אינו קיים, למעשה, באמצעי חיכוך בחשמל הנוגעים למערכות הנעה, אך רצוי לבדוק את הנשא בהירות.

האנרגיה הראשונית הדרושה לייצור התקני הנעה בעלי נצילות משופרת

כאשר דנים באמצע חיכוך באנרגיה, עלה השאלה האם נקיטת האמצעים



איור 11

הפסד עומד של סוגי שסתומים אל-חזרים שונים



נצילות גבוהה אינו מוצדק מבחינה כלכלית.

עקב גורמים עיקריים אלה, לא צפוי שבשנים הקרובות תורחב האפשרות לשימוש במנועים בעלי נצילות גבוהה בתעשייה. ההרחבה תתאפשר כאשר יתקיימו אחד או יותר מהגורמים הבאים:

■ הכדאיות הכלכלית ו/או הטכנית ליישום מנועים בעלי נצילות גבוהה תעלה. דבר זה יקרה בתנאים הבאים:

- עלייה משמעותית במחיר החשמל.
- מוצקה באספקת החשמל.
- ירידה במחירי מנועים בעלי נצילות גבוהה.

● עידוד השימוש במנועים אלה על ידי מתן תמריצים כלשהם (ממשאבים ציבוריים או נופים אינטרסטיים).

■ ייקבע תקנים בינלאומיים או לאומיים מחייבים, אשר יובילו לשימוש במנועים בעלי נצילות גבוהה.

הטכנולוגיה של חצאי מוליכים להספקים גבוהים. גם לאמות המידה לגבי תיכונן מערכות הנעה חדשות, יש חשיבות עליונה.

שיפור נצילות המנועים שייך לקבוצה השנייה של האמצעים, וכן אינו מהווה בעיה טכנולוגית (ברשות היצרנים נמצא כל הידע הנחוץ למטרה זו), אלא קשור בעיקר לגורמים כלכליים. הסיבות העיקריות לשימוש מוגבל של מנועים בעלי נצילות גבוהה בתעשייה הן:

■ בחירת המנוע של מערכת ההנעה, במיוחד בהספקים קטנים ובינוניים, נעשית לרוב על ידי יצרן הציוד או הקבלן. עדיפות ראשונה ניתנת להשקעה הראשונית בציוד ולא להוצאות תיפסול.

■ חוסר מודעות הצרכנים ליתרונותיהם של מנועים בעלי נצילות גבוהה.

■ מקדם העומס הממוצע של מערכות הנעה תעשייתיות, במיוחד להספקים קטנים, הוא די נמוך. למיכך, במקרים רבים, השימוש במנועים יקרים בעלי

אינם ניתנים להשגה. אף על פי כן, לאור החיסכון האדיר באנרגיה הכרוך ביישום התקן בקרה מסוג זה, סביר מאוד להניח שהאנרגיה הנדרשת לייצורו תיחסך תוך פרק זמן הקטן אפילו מ-500 השעות שצוינו לגבי מנוע בעל נצילות משופרת.

סיכום

ניתן לשפר את הנצילות של מערכות ההנעה החשמליות, ולהשיג חיסכון בצריכת חשמל תוך כדי שיפור ברמת השירות המתקבלת (איור 12).

באופן עקרוני, אפשר לחלק את האמצעים לשיפור הנצילות של מערכות הנעה חשמליות לשתי קבוצות:

■ אמצעים שמקורם בהתקדמות הטכנולוגיה של מערכות הנעה.

■ אמצעים שאינם קשורים לבעיות טכנולוגיות, אלא לגורמים כלכליים.

הקבוצה הראשונה כוללת:

■ הרחבת השימוש בווסתי מהירות אלקטרוניים במקום מערכות הנעה עם מהירות קבועה.

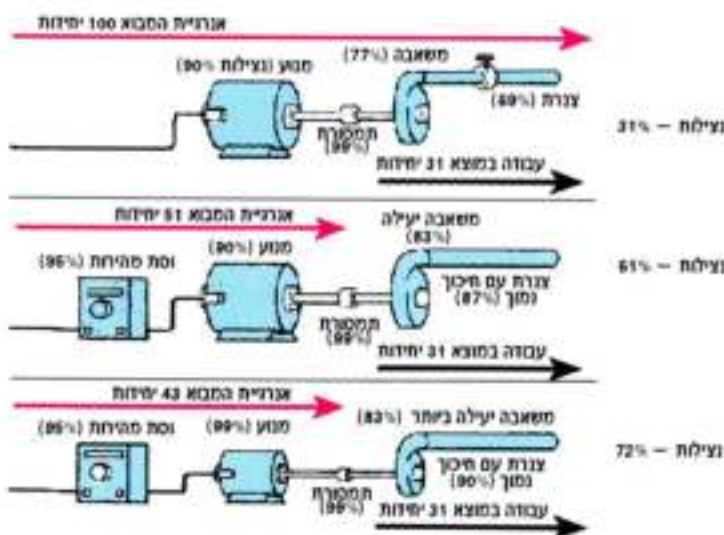
החיסכון הצפוי בצריכת חשמל: 20%-70%.

■ שימוש במערכות הנעה בורם חילופין במקום מערכות הנעה בורם ישר. החיסכון הצפוי בצריכת חשמל: 2%-3%.

■ בקרה אלקטרונית של מקור ההזנה של המנועים, הפועלים בתנאי עומס נמוכים, או כאשר תדירות ההתנעה/ההפסקה של המנועים גבוהה יחסית. החיסכון הצפוי בצריכת חשמל: 10%-30%.

ההשקעה הדרושה לנקיטת הצעדים הנזכרים לעיל אמנם גבוהה, אך בהתחשב בתועלת שבצידה – הקטנת הוצאות החשמל, שיפור הבקרה של התהליך והאמינות – ההשקעה כדאית בהחלט. באופן כללי, תקופת החזר ההשקעה קצרה.

הגורם העיקרי הקובע את מידת ההתפשטות של האמצעים הנזכרים לעיל בתעשייה קשור ברמת ההתקדמות



איור 12

שיפור בנצילות האנרגיה של מערכת הנעה חשמלית כתוצאה מיישום טכנולוגיות חדשות



עקרונות בקרה על פריקה אלקטרוסטטית (פא"ס) להשגת בטיחות ואמינות בתעשייה

אינג' משה נצר

פריקה אלקטרוסטטית (פא"ס) היא תופעה טבעית המלווה את קיומנו בחיי היום יום. ניתן לחוש בתופעה דרך מופעה השונים: בריקים, חבטת פריקה אלקטרוסטטית לאדם, פריקה אלקטרוסטטית מריהוט ומכשירים, פריקה אלקטרוסטטית בכלי טיס ועוד. המטען האלקטרוסטטי והשדה החשמלי הסטטי מגוצלים לתועלת האדם, לדוגמה: במכונות צילום מסמכים, בקולטי אבק ופית, בגילוי מתכות ובשימושים רבים נוספים.

לתופעת הפריקה האלקטרוסטטית יש, למרבה הצער, גם היבטים שליליים בתחומים הבאים. בתחום האמינות: גרימת נזק למעגלים ולרכיבים אלקטרוניים – הרס רכיבים ופגיעה באיכות ובאמינות המוצר. בתחום הבטיחות: גרימת פיצוצים או דליקות כתוצאה מפריקה אלקטרוסטטית דרך חומרים מסוכנים – כימיקלים, אבקות, דלק, חומר נפץ (חצילים), פירוטכניקה וכו'. במאמר זה מוצגים מספר עקרונות יסוד הקשורים בבקרת פריקה אלקטרוסטטית למניעת הסכנות למעגלים ולרכיבים אלקטרוניים ולמניעת סכנת פיצוץ או דליקה בחומרים מסוכנים.

במעון של חומרי מגן, כלים, מכשירים, לבוש והנעלה, מרסמו מאמרים, ספרים, מגזינים ודפי מידע מסחריים המטפלים בנושא על כל צדדיו, אפניו ומשמעותיות לעולם המתועש.

בתעשייה בארץ, בעיקר בתעשייה ליצור שבבים וזיוודם במערכות אלקטרוניות, בתעשייה הבטחונית, ובתעשייה הכימית, שבהן מיוצרים ומטופלים חומרים מסוכנים (הייש חומרים נפיצים או דליקים), נדרשת התמודדות מתמדת עם איום הפריקה האלקטרוסטטית בתהליכים שונים: ייצור, עיבוד, שינוע, אחסנה, השמדת חומרים מסוכנים ושימוש במערכות, רכיבים וחומרים הפגיעים לפריקה אלקטרוסטטית. עם השנים, לנוכח אירועים ותאונות בתעשייה מצד אחד, ופגיעות בייצור התעשייתי של רכיבים מצד אחר, הצטבר ידע בעל ערך רב בנושא. למרבה הצער ידע זה אינו נחלת כלל הנדרמים הרלוונטיים בתעשייה, כגון משני בטיחות וממוני אבטחת איכות, אשר מתפקדים לספק מתרונות לאיומים שונים ובכך להגן על ציבור העובדים במפעלים ועל איכות מוצריהם.

היווצרות מטענים אלקטרוסטטיים ועקרונות בקרה על חשמל סטטי

מטען אלקטרוסטטי נוצר כתוצאה מחיכוך והפרדה בין שני חומרים שונים,

כאשר הטמפרטורות נמוכות מ- 0°C , בקיץ, מזגני אוויר מרכזיים מקררים ומייבשים את האוויר.

במלחמת העולם הראשונה ולאחריה משו פעולות בקרה על פריקה אלקטרוסטטית בתעשיית ייצור "האבק השחור" (אבק שריפה). עד אז, ולרוע המזל עד ימינו אלה, מתברר מדו"חות הקורה של תאונות רבות במפעלי תחמושת, טחנות קסח, ממגרות דגנים, מפעלי כימיקלים, ועוד, שהגרם להם היה, כפי הנראה, פיצוץ או דליקה עקב פריקה אלקטרוסטטית.

החל משנות ה-60 ואילך, כתוצאה ממחפכה בתחום המיקרואלקטרוניקה – מיושר של מעגלים משולבים בטכנולוגיות של מוליכים למחצה וירידה בצריכת ההספק החשמלי של הרכיבים – גברה הסכנה של פגיעה בהתקני סצב מוצק כתוצאה מפריקה אלקטרוסטטית. כדי לצמצם את ההפסדים הכלכליים הכבדים שאיום זה נורם – הפגיעה בצרכנים והפגיעה במוניטין של החברות היצרניות – נוצר צורך למסד את הטיפול בבקרה על החשמל הסטטי בתהליך הייצור של שבבי האלקטרוניקה, בטיפול ברכיבים המוגמרים ובייצור ובתחזוקה של מעגלים מדפסים.

לשם כך פותחו מעגלי מגן, הוצאו לאור ספרי הדרכה, תקנים ומפרטים לבקרה על פריקה אלקטרוסטטית, השוק התמלא וממשיך לשפרו בהתמדה

מבוא

המודעות לבעיית הבטיחות המלווה פריקה אלקטרוסטטית החלה כבר במאה ה-18. הניסוי המפורסם של בנימין פרנקלין (1749) הוכיח, שהברק אינו אלא פריקה אלקטרוסטטית רבת עוצמה. ניסוייו של בן פרנקלין בלכידת ברק באמצעות עפיפון הביאו להמצאת כליא הברק הקרוי על שמו, "סוט פרנקלין" – מטט הלוכד את הברק, מתעל ומפזר את הזרם שלו לאדמה מבלי לפגוע במבנה המונן. הברק, שעלול לגרום הרס רב ולפגיעה בבני אדם ובבעלי חיים, קבע לראשונה את הקשר בין המושגים סיכון, בטיחות, ופריקה אלקטרוסטטית. הסטטיסטיקה בארה"ב כלבד קובעת שכי 100 איש נהרגים מדי שנה מפגיעת ברק:

הוכח שהאנרגיה החשמלית המלווה פריקה אלקטרוסטטית מאדם, ציוד ורהיטים (זעירה מאוד בהשוואה לאנרגיית ההתפרקות של מטענים אלקטרוסטטיים של ברק סמוצע) עלולה בתנאים מסוימים לגרום לדליקה או לפיצוץ. סכנה זו מחריפה באופן טבעי בעיקר בחודשי השנה היבשים, בסתיו ובאביב בחורף ובקיץ בעיית הפריקה האלקטרוסטטית לא נעלמת לחלוטין. בחורף, נוצר יובש מוגבר באולמות סטורים, "הנהגים" מחסקה מרכזית או

מ' נצר – יו"ר ועדת בטיחות מאיס, רמאיל



לגרום לפיצוץ בחומר נפץ, או להזיק לרכיבים אלקטרוניים.

אחד מעקרונות הבקרה המרכזיים ביותר כולל איפוא את האדם עצמו ומתבטא בשני אופנים:

■ **קשירה חשמלית** של העובד לתחנת העבודה לשם יצירת מערך שווה פוטנציאל של האדם עם מערך העבודה.

■ **הארקה חשמלית** של העובד ושל עמדת העבודה למניעת טעינה אלקטרוסטטית.

הארקה אלקטרוסטטית של העובד נעשית באמצעות צמיד, או נעליים אנטיסטטיות. הארקה עמדת העבודה נעשית באמצעות מיקשר נחושת מוליך, המגשר את עמדת העבודה אל הארקה היסוד.

קשירת עובד באמצעות צמיד יד חשובה במיוחד במקומות שבהם נעשית העבודה בישיבה, או במקומות שבהם הרצפה מכוסה בשכבת בידוד דוגמת PVC, אפוקסי, עובד שעיסוקו בעמידה או תוך כדי הליכה אינו יכול להשתמש בצמיד יד, ועל כן חייב להאריק את גופו דרך נעליים מוליכות או באמצעות רצועות עקב. כריצפה מוליכה יכולה לשמש ריצפת בטון בלתי צבוע, אספלט, ריצפת אריחים וריצפה המכוסה או צבועה בחומר מוליך או מפור מטענים.

ההיבט הבטיחותי של פריקה אלקטרוסטטית

כאשר ההיווצרות של המטענים אלקטרוסטטיים ופריקתם אינה מבוקרת, עלולה הפריקה האלקטרוסטטית לגרום לדליקה, או לפיצוץ, בפרט במפעלים ובמעבדות שבהם עוסקים בחומרים וגישים לפריקה אלקטרוסטטית. כגון: חומרי נפץ, דלק, כוסיקלים אורגניים, אבקות אורגניות ומתכתיות, גזים ותרכיבים דליקים.

שני עקרונות יסוד מצויים בהוראות בטיחות מכל סוג ולכל מינור:

- הקטנת האיום ומנגנון צימוד.
- אם מתרחש אירוע, צימצום תוצאותיו, כדי שלא יהפוך לתאונה.

מטען אלקטרוסטטי הנמצא בגוף מבודד, או מטען אלקטרוסטטי הנצבר במוליך, מבטא את קיומו בעלייה גוברת והולכת של השדה האלקטרוסטטי סביב הגוף הטעון. בשדה אלקטרוסטטי מספיק גבוה, הנוצר כתוצאה מצבירת מטענים אלקטרוסטטיים, האוויר מתייך, התנגדותו החשמלית קטנה, והמטען האלקטרוסטטי מתפרק מגוף אחד לגוף אחר, אם בין הנפחים קיים הפרש פוטנציאלים (מתחים) ניכר. בגמר התהליך שני הנפחים יהיו שווי פוטנציאל – הפוטנציאל המשותף יהיה למך מזה שהיה לגוף "החם" ביותר.

מניעת פריקה אלקטרוסטטית

פריקה אלקטרוסטטית היא תהליך המתרחש כאשר השדה האלקטרוסטטי סביב גוף טעון נורם ליוון האוויר, וכתוצאה מכך להתפרקות מטענים בין שני גופים סמוכים. כאשר בנתיב הפריקה (נתיב דילוג הניצוץ) מצוי חומר נפץ, או דליק, או רכיב אלקטרוני פגיע, קיימת סכנה של התפוצצות, או שריפה, או גרימת נזק בלתי הפיך לרכיב רגיש.

מניעת פריקה אלקטרוסטטית בנתיב בלתי רצוי תידרש כאשר התרחיש הפיסיקלי אינו מונע טעינה אלקטרוסטטית, כגון בכלי טיס או בגופים מתכתיים, שאין כל אפשרות להאריקם.

מניעת פריקה אלקטרוסטטית נעשית בעיקר על ידי גישור בין מוליכים ליצירת מערך שווה פוטנציאל.

כאמור במבוא, לא ניתן לרסן את היווצרותם של מטענים אלקטרוסטטיים, לכן לא קיים כיוון פעולה נוסף, שהיה נקרא, "למנוע את יצירת המטענים האלקטרוסטטיים"! מניעת היווצרותם של מטענים אלקטרוסטטיים אינה אפשרית פיסיקלית.

האדם נשא מובהק של מטענים אלקטרוסטטיים

המוליכות החשמלית של הרקמות הביולוגיות מאפשרת למטען האלקטרוסטטי הנאגר בקיבוליות החשמלית של הגוף להשתחרר בבת אחת, באנרגיה המסוגלת לגרום להצתת דליקה,

בתהליך המוגדר כתהליך טריבואלקטרי (טריבו = שפשוף, חיכוך). הואיל והוא תהליך טבעי בכל מקום שבו קיימת תנועה וחיכוך בין החומרים, לא ניתן למנוע את ההיווצרות של מטענים אלקטרוסטטיים, אולם ניתן למנוע צבירה של מטענים מטען אלקטרוסטטי נצר גם עקב השראה של שדה חשמלי, כגון בחלוף עץ טעון מעל גופים מוליכים בלתי מוארקים.

ניתן לייחס לבקרה על מטענים אלקטרוסטטיים שני כיווני פעולה עיקריים:

■ **למנוע צבירה של מטענים אלקטרוסטטיים** על גופים המצויים בקירבת חומרים מסוכנים או בקירבת רכיבים רגישים.

■ **למנוע פריקה אלקטרוסטטית** של גופים טעונים במסלול, שעלול לגרום נזק רב.

מניעת צבירה (טעינה) של מטענים אלקטרוסטטיים

צבירת מטענים אלקטרוסטטיים הוא מצב שבו מטענים אלה נוצרים בתהליך טריבואלקטרי בגופים מבודדים ומועברים לתוך גופים מוליכים בלתי מוארקים. לדוגמה: מטען אלקטרוסטטי נוצר בביגוד סינתטי ומועבר לגוף האדם הלוכש בגדים אלו. גוף האדם עשוי מחומר מוליך חשמל ומזהה קבל חשמלי משמעותי, שערכו 400-150 פיקו פארד ($1\text{pF} = 10^{-12}\text{F}$). נעלים בעלות סוליות מבודדות חשמלית, כגון סוליות גומי, מונעות הארקה אדם לאדמה. אדם טעון במטען אלקטרוסטטי יימצא בפוטנציאל אלקטרוסטטי אופייני של 15,000 וולט. בתנאי יובש גבוהים, ניה כ-20% לחות אוויר יחסית, עשוי האדם לחיטאן עד 25,000-30,000 וולט.

מניעת טעינה אלקטרוסטטית נעשית בעיקר על ידי הארקה של גופים מוליכים למסה הכללית של האדמה. שיטות נוספות מיושמות למניעת טעינה אלקטרוסטטית של גופים מבודדים, כגון פיזור מטענים אלקטרוסטטיים באמצעות הגברת לחות האוויר, יצירת סביבה מליכה – מפזרת מטענים, ניטרול מטענים אלקטרוסטטיים על ידי מיינני אוויר (יוניטוררים).



כשל רכיב, אשר נגרם כתוצאה מפריקה אלקטרוסטטית, אינו מסגיר, בדרך כלל, את הסיבה אשר גרמה לו. לעיתים קרובות מאשמים גורמים שונים ומשונים כמו שהביאו את הרכיב אל קיצו: תופעות מעבר (Transient) על מתח החוזה, פגמים בייצור, פגמים אקראיים, תופעות תרמיות, וכו'.

הרשימה להלן ממחישה את עליות עלות הכשל בתלות ברמה של ייצור/תחזוקת המערכת.

- מערכת בשימוש בשדה
- רמת המערכת כמכלול
- רמת הכרטיס המודפס
- רמת ההתקן/הרכיב
- התקן/רכיב עם קבלתו

בקרה על פריקה אלקטרוסטטית צריכה להיות מיושמת בכל רמות הטיפול בייצור ואחזקת מערכות אלקטרוניות, כולל: בחירת ספקי הרכיבים, בחינות קבלה לרכיבים, איחסון, שינוע, הרכבה, בחינה, הכללה, איזוה ותחזוקה.

העלות של יצירת מערך בקרת חשמל סטטי בכל רמות הטיפול ברכיבים רגישים לפריקה אלקטרוסטטית משתלמת ומשלמת את עצמה בסיכומו של חשבון.

מרכיבים עיקריים של תוכנית בקרת חשמל סטטי

בשני החיבטים של הסכנה מפני פריקה אלקטרוסטטית – בטיחות ואמינות – אבני היסוד של תוכנית בקרה על פריקה אלקטרוסטטית דומים ואפילו זהים. תוכנית בקרה על פריקה אלקטרוסטטית כוללת ארבעה מרכיבים עיקריים:

- הסמכת עובדים.
- יצירת עמדות תקניות לעבודה עם רכיבים רגישים לפריקה אלקטרוסטטית.
- מיסוד נוהלי עבודה בכל רמות הטיפול ברכיבים רגישים לפריקה אלקטרוסטטית.
- ביצוע ביקורות יומיות ותקופתיות.

האלקטרוסטטי מהנשא אל תוך הקולטן.

היבטי האמינות של פריקה אלקטרוסטטית ברכיבים אלקטרוניים

פריקה אלקטרוסטטית עשויה לגרום להרס רכיבים אלקטרוניים רגישים. כיוון ההתפתחות הטכנולוגית של מעגלים משולבים הוא מיועור עובי השכבות הדיאלקטריות, הגדלת הדחיסות של השבב (Chip) והורדת צריכת ההספק החשמלי שלו. מגמה זו מעלה באורח ברור את רמת הפגיעות של הרכיב לפריקה אלקטרוסטטית. רכיבים נוספים, פרט לשבבים אלקטרוניים, העלולים להיפגע מפריקה אלקטרוסטטית, הם: מעגלים היברידיים, נגדים חשמליים בטכנולוגיה של שכבות דקות ועבות; מוליכים מודפסים; לוחות של מעגלים מודפסים; תת מכלולים ומכלולים אלקטרוניים.

רכיבים רגישים לפריקה אלקטרוסטטית (רפ"א) מתחלקים לשלוש רמות רגישות.

- Class I – רכיבים העלולים להיפגע בפריקה אלקטרוסטטית ממתח נמוך מ-2,000 וולט.
- Class II – רכיבים העלולים להיפגע בפריקה אלקטרוסטטית ממתחים בתחום 2,000-4,000 וולט.
- Class III – רכיבים העלולים להיפגע בפריקה אלקטרוסטטית ממתחים בתחום 4,000-16,000 וולט.

כאמור, האדם מהווה נשא מובהק למטענים אלקטרוסטטיים. מתח הטעינה האלקטרוסטטי האופייני של אדם הנועל מעל גומי או עור הוא 15,000 וולט. לכן, ברור, שהתעלמות מנושא זה כאשר עובד בא במגע עם רכיבים רגישים לפריקה אלקטרוסטטית מכל שלושת רמות הרגישות, תגרום, בסבירות גבוהה, למגיעה בלתי הפיכה ברכיב. כמוכן, ככל שהרכיב רגיש יותר, כך תעלה ההסתברות שייפגע כתוצאה מפריקה אלקטרוסטטית בעמדת עבודה בלתי מוגנת.

או כדי שהנוק הנגרם למיתקנים בעת האידוע יצמצם עד כמה שאפשר.

כדי ליישם שני עקרונות אלו נדרש לפעול במספר מישורים, כמפורט להלן:

- מניעת צבירתם של מטעני חשמל סטטי על גבי גופים מוליכים על ידי הארקתם.
- מניעת פריקה אלקטרוסטטית על ידי נישור בין רכיבים מוליכים (כאשר העיקרון הראשון לעיל, לא מעשי, למשל, בכלי טיס). נישור מסוג זה יוצר מערך שווה פוטנציאל.
- הקטנת הרגישות והכמות של חומרים ורכיבים דליקים, או נפיצים, במקום העבודה.
- הקטנת מספר האנשים המורשים לשהות במקום עבודה עתיר סיכון.
- התקנת אמצעים לשחרור מהיר ומבוקר של גלי הלם (פיצוץ) ולרכיבי אוטומטי של דליקה.

שני האמצעים הראשונים מכוונים לענות על עקרון הבטיחות הראשון – צימצום האיום.

שלושת האמצעים האחרונים מיועדים לענות על עקרון הבטיחות השני – צימצום הנוק, במקרה שמתרחש אירוע.

מנגנון מניעת פריקה אלקטרוסטטית

מנגנון הכשל של פריקה אלקטרוסטטית בחיבת הבטיחותי מצריך קיום בו זמנית של שלושה מרכיבים כמפורט להלן:

- נשא (Carrier) של מטען אלקטרוסטטי.
- גוף מוליך בעל קיבול חשמלי עצמי משמעותי (10pF ויותר) או מבדד שאיט מוצק, כלומר נוזל, אבק, גרגרים, תרסיס, נוזל.
- קולטן (Receptor) של מטען אלקטרוסטטי.
- גוף מוליך מוארק או בעל קיבול עצמי משמעותי. כל גוף מתכתי מוארק עונה על הגדרה זו.
- רכיב רגיש או תווך דליק או נפיץ אשר דרכו מתפרק המטען.



הסמכת עובדים

עובדים בכל רמות הטיפול ברכיבים רגישים למריקה אלקטרוסטטית יתודרכו בנקיטת אמצעי הזהירות הנדרשים לטיפול ברכיבים הרגישים. התידורן יכלול את הכרת אמצעי הפיקוח על פריקה אלקטרוסטטית ברמה האישית (ביגוד והנעלה) וברמה המפעלית (עמדות עבודה מוגנות, הכרת החומרים ואזורי המע, הכרת הנהלים והביקורות התקופתיות הנדרשות).

רצוי, אם כי אין זה הכרחי, שתידורן העובדים יבוצע על ידי אנשי אבטחת

המוצר של המפעל, אשר יוכשרו לביצוע פעילות זו לאחר שיעברו בעצמם קורס הסמכה בנושא. נוסף להסמכה הראשונית של העובדים, נדרש לבצע תידורכי ריענון לעובדים אחת לחצי שנה או שנה, בהתאם לאופי הפעילות של העובד.

יצירת עמדות תקניות לעבודה עם רכיבים הרגישים למריקה אלקטרוסטטית

רכיבים רגישים למריקה אלקטרוסטטית מחוץ לאריותם המקורית יטופלו בעמדות עבודה מבוקרות למריקה אלקטרוסטטית

— עמדת עבודה תקנית — כמתואר באיור 1. הציוד המרכיב את עמדת העבודה התקנית כולל:

- ארבעה מרכיבי יסוד הכרחיים:
 - כיסוי מוליך/מפזר של מטענים אלקטרוסטטיים לשולחן העבודה.
 - מרבד מוליך/מפזר של מטענים אלקטרוסטטיים לריצפה, בכל שטח המסומן "כשטח מבוקר פריקה אלקטרוסטטית".
 - כבלי חיבור להארקה.
 - צמוד הארקה אישי.



מקרא:

| | | | | | |
|----|-----------------------|----|-------------------------|----|--|
| A1 | נעלים מוליכים | C3 | משרכת הארקה אלקטרוסטטית | F1 | כיסא עם כיסוי אנטי סטטי ורגלים מוארקות |
| A2 | סס הארקה | C4 | הארקה | G1 | ריצפה מוליכה/מפזרת מטענים |
| A3 | משטח מוארק | C5 | נקודת קישור להארקה | H1 | ביגוד כותנה או אנטי סטטי |
| B1 | בדוק צמיד יד | C6 | נקודת הארקה | H2 | מצנפת |
| B2 | בדוק נעלים/רצועות עקב | C7 | כפפת | H | מדפים מוארקים |
| B3 | משטח עמידה לבדוק B2 | C8 | רצועות עקב | I | מסד מוארק |
| C1 | צמיד יד ורצועה | D1 | מייץ אוויר | J1 | שלט לאיזור מוגן בפני פריקה אלקטרוסטטית |
| C2 | מוליך הארקה | E1 | משטח עבודה | | |

איור 1

עמדת עבודה תקנית לעבודה ברכיבים רגישים למריקה אלקטרוסטטית (מתוך התקן האירופאי CECC 0015)



תוצאות בדיקות אלו יירשמו ביומן בדיקה תקופתי.

תקנים ומפרטים

קיימים תקנים ומפרטים רבים בנושא בקרה על פריקה אלקטרוסטטית וחומרי מגן, רובם מתייחסים לבקרה על פריקה אלקטרוסטטית בתעשיית האלקטרוניקה. נזכיר כאן את התקנים העיקריים בנושא.

■ תקן ישראלי (תיי) 1069, משנת 1980, מטעני חשמל סטטי: אמצעי פיקוח ובקרה. תקן זה מתייחס בעיקר להיבטי הבטיחות של פריקה אלקטרוסטטית.

■ תקן אירופאי CECC 0015: Basic Specification Protection of Electrostatic Sensitive Devices (Electronics).

רשימה מלאה יותר ניתן להשיג בסקר ספרות, שנערך בחסות הייסוד לביטוח לאומי – ענף נפגעי עבודה.

סיכום

מאמר זה סוקר את שני ההיבטים הידועים של הסכנה מפני הפריקה האלקטרוסטטית – בטיחות חומרים מסוכנים מחד גיסא, ואמינות רכיבים, מעגלים ומערכות אלקטרוניים, מאידך גיסא. מטרת המאמר היא להציג את אבני היסוד של בקרה על פריקה אלקטרוסטטית מבלי להיכנס לפרטי הפרטים של האמצעים להשגת מטרה זו.

מפעל או מוסד המתמודד עם סכנה זו ונדרש להשיג את יעדי הפיקוח על פריקה אלקטרוסטטית, צריך לתפור לעצמו תוכנית בקרה על פריקה אלקטרוסטטית המתאמת לאופי הפעילות שלו, לסיווג רגישות הרכיבים ולדרישות הקבוצות.

"חליפת" בקרה על פריקה אלקטרוסטטית, תמורה היטב, לא תכביד על מערך הייצור והתחזוקה, תצמצם עלויות בהתקנת מערך הבקרה ועלויות הקשורות באובדן תוצרת ואובדן שווקים, ולבסוף תשיג אמינות גבוהה של מוצרי החברה, או תביא להגברת הבטיחות בפעילות הקשורה עם חומרים מסוכנים.

אובדן אימון העובד כנחיצותו. דבר זה יגרום, באורח אוטומטי כמעט, לאי כיבוד הנחיות חיוניות אחרות כגוהל העבודה ורשרר מסוכן של הבטיחות או האמינות בעבודה.

ביצוע ביקורות יומיות ותקופתיות

חלק בלתי נפרד ממערך בקרה על פריקה אלקטרוסטטית ויצירת מקום עבודה מוגן הוא ביצוע ביקורות יומיות על ידי השבד עצמו, וביצוע ביקורות תקופתיות לאישור תקינות אמצעי ההגנה, הנקטים במפעל על ידי צוות מיוחד, אשר מוסמך לבצע ביקורות אלו.

הביקורות תכלולנה לכל הפחות את הנשאים המפורטים להלן.

■ בדיקה יומית

בדיקות אלו נועדו לוודא את תקינות הארכת העובד ואת תקינות כל מרכיבי עמדת העבודה ושלמות חיבור מוליכי הארקה, הבדיקות כוללות:

- בדיקה עצמית של תקינות צמיד הארקה או של המנעלים האנטי סטטיים.
- בדיקה חזותית של מרכיבי עמדת העבודה התקנית.

תוצאות בדיקות אלו יירשמו ביומן.

■ בדיקות תקופתיות

נדרש לבצע שתי בדיקות תקופתיות: חצי שנתית ושנתית, כמפורט להלן:

● בדיקה חצי שנתית

תכלול מדידות של מרכיבי העמדה, כגון: מדידת התנגדות אוהמית של מיקשרי הארקה, מדידת שדות אלקטרוסטטיים בנקודות שונות בעמדת העבודה, מדידת יעילות מנטרל המטענים (וויזטור).

תוצאות בדיקות אלו יירשמו ביומן בדיקה תקופתית.

● בדיקה שנתית

תהיה זהה לבדיקה החצי שנתית ותכלול מרכיבי מדידה ובדיקה נוספים: מדידה של התנגדות השטח של כיסוי השולחן והמרבד האנטי סטטי. בדיקה של חומרי אריזה: תאריך פגות התוקף, סימון האריזה. בדיקה של תאריך ריענון אחרון בנושא בקרה על פריקה אלקטרוסטטית של כל אחד מהעובדים.

■ שני מרכיבים לעבודה עם רכיבים רגישים לפריקה אלקטרוסטטית בסיווג I ובסיווג II.

● מנטרל מטענים אלקטרוסטטי (מפזר יונים).

● כיסא עם ריפוד מוליך/מפזר מטענים.

מיסוד נוהלי עבודה בכל רמות הטיפול ברכיבים רגישים לפריקה אלקטרוסטטית

נוהלי העבודה צריכים להבטיח שעובדים בכל הרמות ובכל שלבי הייצור והתחזוקה של רכיבים ומשרכת אלקטרונית יפעלו תוך נקיטת כל האמצעים הדרושים למניעת פריקה אלקטרוסטטית לתוך רכיבים רגישים. נהלים אלו יבטיחו חשיפה מיזערית של רכיבים רגישים לפריקה אלקטרוסטטית לאיום הפריקה האלקטרוסטטית בכל סוגי הטיפול והאיחסון של הרכיבים במפעל: בחינת קבלה, איחסון, שינוע, הרכבה, בחינה, הכללה, אריזה, תחזוקה, וכו'.

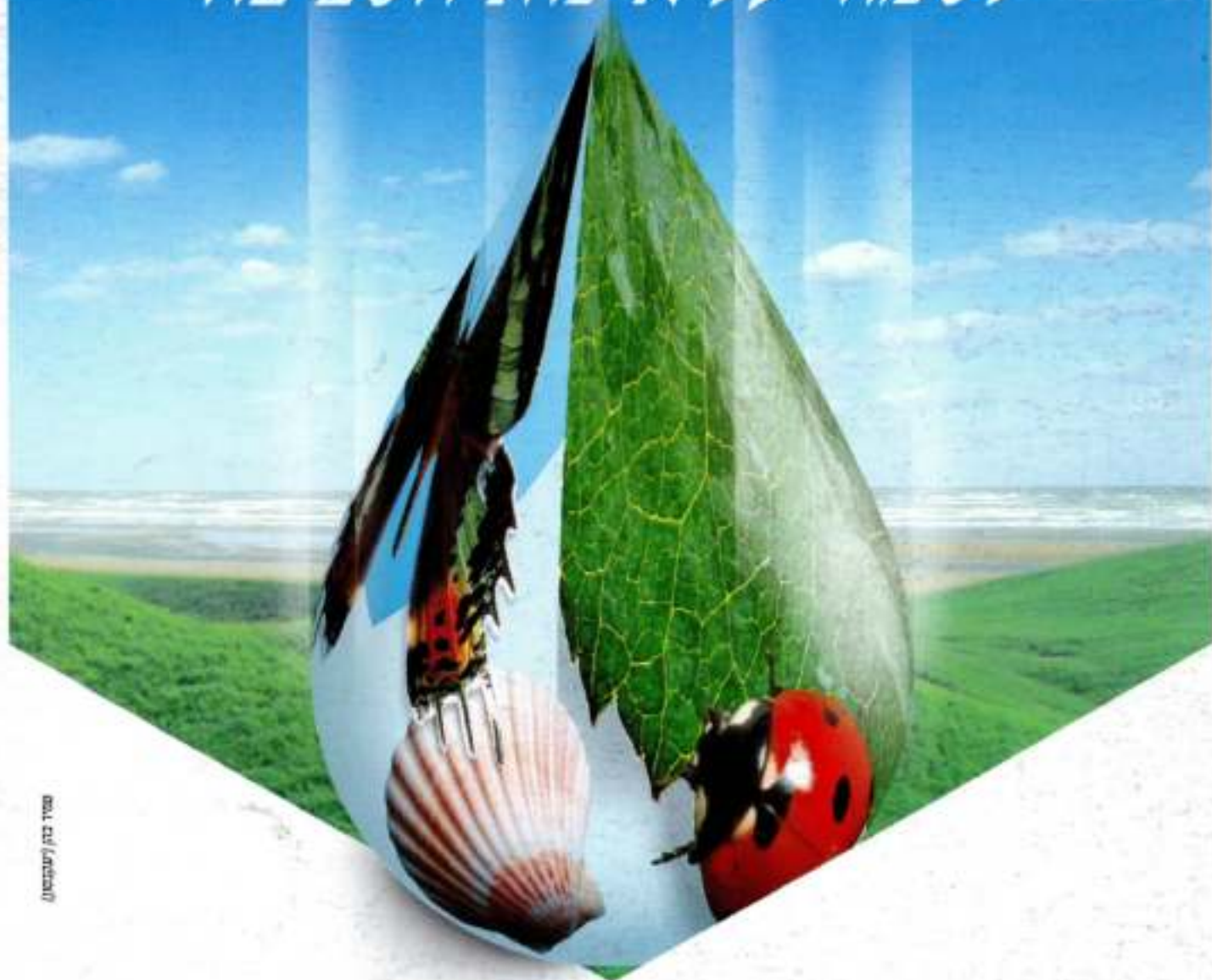
נהלים צריכים לכלול מספר רכיבי יסוד, כמפורט להלן:

- נוהלי לבוש והנעלה אישיים (כולל נוהל כניסת אורחים).
- נוהלי סימון ואריזה.
- שימוש בחומרים ואבזרי מגן.
- נוהלי בדיקה אישיים.
- נוהלי בדיקה של עמדת העבודה התקנית.
- נוהלי דיווח (של תוצאות בדיקה, איתור סיבת כשל, פעילות מתקנת וכו').

מטרת העובד לאיום הפריקה האלקטרוסטטית ונוקיה המוטנציאליים, תביא להגברת המשמעת העצמית של העובד והקפדה על ביצוע הנהלים, אך אין בכך די. תנאי הכרחי נוסף להצלחת משימה זו הוא התווית נהלים במינון הנדרש ושיש בהם תועלת ברורה ומוכחת. כאשר הנהל מכביד ומסרב את העבודה, וכאשר לא ברור לעובד מה תועלתו, אין סיכוי רב שהוא יכובד, בוודאי לא לאורך זמן.

הסכנה הגדולה ביותר בקיום הנחיות מכבידות ובלתי מוצדקות בנוהל היא

יש לנו הרבה אנרגיה לשמור על איכות הסביבה



מספר בנק (עמלמל)

לכן אנו מתכננים את תחנות הכוח כך שישתלבו בטף, מסמיונים יותר ויותר רשתות חשמל באדמה ומשתמשים בתהליכי ייצור מתקדמים במעבר לפחם ובנטיד-לנו.
זהו תהליך איך שבו מצטרפת בכל יום עוד טיפה למאסך של השמירה על איכות הסביבה.

מוגש במסגרת שנת איכות הסביבה תשנ"ד, 1993/4

החשמל הוא מקור אנרגיה נקי וידידותי ביותר לסביבה. זו הסיבה שהעולם עובר, יותר ויותר, לשימוש בחשמל כמקור האנרגיה העיקרי. עם זאת, תהליך ייצור החשמל עלול לפגוע בסביבה, אם לא נעשה זאת נכון.

חברת החשמל רואה את עצמה מחוייבת לשמור על איכות הסביבה, בתהליך הייצור ואספקת החשמל, כחלק מתפיסת העולם שלה. מידוש הדבר, מעולה מתמשכת הדורשת עוד מחשבה, עוד השקעה ועוד עבודה.



חברת החשמל



יש לך ידיד בסביבה