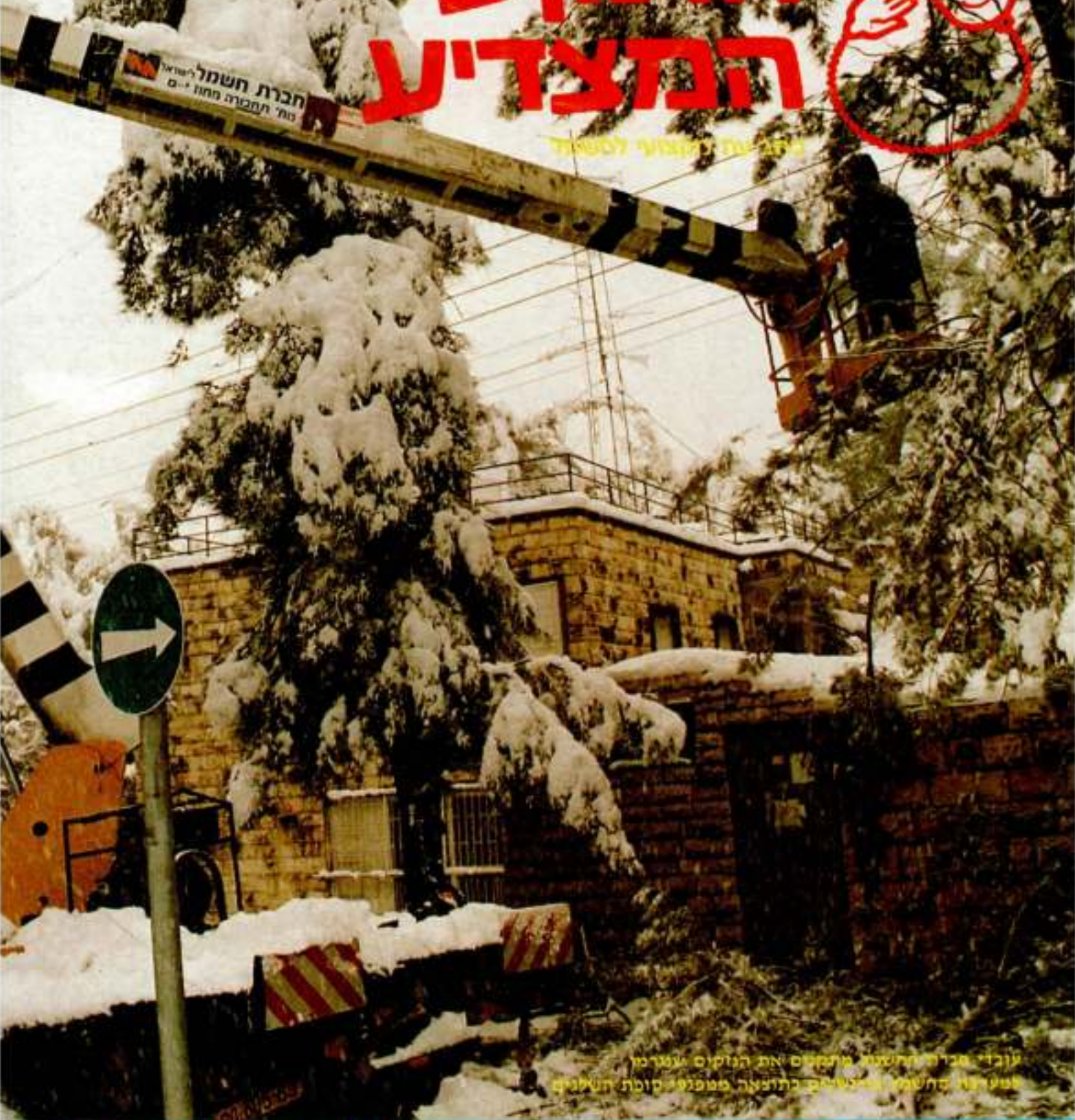


התקע המצדיע



עבודה בלתי מאושרת לציבור



עובדי חברת החשמל מתקנים את הנזקים שעברו
משלפת החשמל הצליחה בחריצה מפלגת סופת השלגים



תוכן העניינים

	דבר העורך	3	מדור שירות פירסומי לקוראים
	חברת החשמל נשרכת למבצע שיפורים מואץ של רשתות חלוקה בעקבות אירועי החורף האחרון	4	משולחן הוועדות פ' שטר
23	א' נאוטרה	4	א. ועדת ההוראות לביצוע עבודות חשמל ב. ועדת הפירושים
	מפסק מגן המועל בזרם דלף (מפסק מגן)	5	א' ברזלי
	לוחות חשמל במתח נמוך – חידושים והבהרות	10	ד' קר-דרור
27	נ' שניא	10	נ' שניא
	תקנת מאיז ראשי בדירות עם חיבור משותף אינה מועילה	12	תחנת כוח גרעינית – המצב בארץ ובעולם
31	ל' טמר	31	ל' טמר
	שימוש במחשב האישי בתכנון תאורת מים והדמיה ממוחשבת	13	ג' בלעדי
35	ג' בלעדי	13	ג' בלעדי
	חלוקת תעודות הוקרה באגדות מהנדסי חשמל ואלקטרוניקה	17	א' נבע
38	א' נבע	17	א' נבע
	בדיקת איכות אספקת החשמל בעזרת מכשיר חדשני	18	ש' כהנא
41	ש' כהנא	18	ש' כהנא
	עקרונות הפיקוד המתוכנת	21	א' לוינסון
	הכנס המקצועי השנתי ה-9 של ההנדסאים בתחום החשמל בישראל	22	א' לוינסון

עורך:

אורי לייטנר

עורך משנה בפועל:

בריס שורר

מערכת:

יוסף בלבל, בן-ציון גמליאלי, אברהם זיו, נתן זלבר, משה מרגלית, שמעון מרדוקס, אלו נאוטרה, גרשון מרבר, יודנה טרז, יוסף רוזנקרנץ

מינהלה והוצאה לאור:

משה ציטרין

עריכה לשונית, גרפיקה וסדר:

טריסק כתיבה והפקה בע"מ
המגזינים 35, חיפה

לוחות והדפסה:

דפוס תמיר בע"מ
יזרעאל 52, חיפה

כתובת המערכת:

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

בשער:

עובדי חברת החשמל לא חסכו כל מאמץ, במהלך החורף הסוער כדי להתגבר על תקלות ברשת החשמל ולחדש במהירות המרבית את אספקת החשמל לצרכנים שנותקו בגלל התקלות. בתמונה – עובדי החברה מסתייעים במנוף לביצוע תיקונים ברשת החשמל בירושלים המושלגת (ינואר 1992).



צילם, אבי הירשפלד

גיליון זה של "התקע מצדיע" יוצא לאור בראשית האביב, אולם ארועי החורף השנה עדיין לא נשכחו. החורף האחרון התאפיין בתנאי מזג אוויר קשים במיוחד: רוחות חזקות, כמויות גדולות של גשם, סופות שלגים וברד, סופות רעמים וטמפרטורות נמוכות מאוד.

■ תיקון התקלות הרבות ברשת החשמל במהלך החורף האחרון נעשה למשימה קשה ביותר בגלל תנאי מזג האוויר שהקשו על התיקונים.

■ הגשם העז והשלג שירדו בלא הפוגה, גרמו לא פעם להצפות שחסמו את דרכי הגישה לשנאים ולרשתות שנפגעו, ולעתים היה צורך במסוק כדי להגיע לאזור התקלה.

■ לאחר עבודה קשה ומאומצת הצליחו עובדי חברת החשמל לתקן את כל התקלות ולחדש את אספקת החשמל לצרכנים.

■ עוד בעיצומו של החורף התחיל בחברה תהליך של הפקת לקחים ומימוש מסקנות.

■ היום חברת החשמל עוסקת במימוש המסקנות מאירועי חורף זה כדי לשפר את אמינות האספקה בעתיד.

סיכום

תחושת השליחות סייעה לעובדי חברת החשמל בעת תיקון התקלות שבחלק מהמקרים בוצעו בתנאי מזג אוויר קשים.

לחלק מציבור הצרכנים שנאלץ להתמודד עם אספקה בלתי סדירה של חשמל במהלך החורף השנה טענות קשות כלפי חברת החשמל.

עובדי החברה שנאלצו להתמודד עם תיקון התקלות, היו חסרי אונים לטכנולוגיה הביקורת כנגד החברה ועובדיה.

אנו מקווים שאתם, החשמלאים, המשמשים גורם מקשר בין ציבור הצרכנים לבין חברת החשמל, מבינים את המורכבות ואת הקושי של תיקון תקלות בתנאי מזג אוויר קשים כפי שהיו בחורף זה ואת היקף ההיערכות הנדרשת לצורך שיפור התשתית, ולכן לכם החשמלאים קל יותר להבין את המצב שאליו נקלענו.

אנו תקווה שתסייעו בידנו בכל הזדמנות להעביר לציבור הצרכנים תמונה שלמה ואמיתית של המצב על כל היבטיו.

גידול בביקוש ובצריכה

הטמפרטורות הנמוכות גרמו לגידול ניכר בביקוש לחשמל והעלו אותו לרמת שיא של 4,810 מגואט, שנרשמה בחודש מברואר 1992, לעומת שיא ביקוש של 3,590 מגואט בפברואר אשתקד – עלייה של 34%.

עלייה ניכרת חלה גם בצריכה. שיא צריכה של 2,369 מיליון קוט"ש נרשם בחודש ינואר 1992, לעומת 1,767 מיליון קוט"ש בינואר אשתקד – עלייה של 34%.

תקלות במערכת החשמל

תנאי מזג האוויר הקשים גרמו לתקלות משני סוגים במערכת החשמל:

- תקלות מיכניות.
- תקלות חשמליות.

תקלות מיכניות

תקלות מיכניות התרחשו בעיקר במערכת ההעברה, ההשנאה והחלוקה. הרוחות החזקות והעצים שנפלו מכובד השלג שנעזים על ענפיהם, גרמו לקריעת קווים ולנפילת עמודים.

תקלות חשמליות

גם התקלות החשמליות התרחשו בעיקר במערכת ההעברה, ההשנאה והחלוקה. הגידול הניכר בביקוש ובצריכה גרם לתקלות הנגרמות מעומס יתר, כגון:

- שרפה מוגברת של נתיכים.
- התחממות מוליכי המופע בקווי מתח נמוך, שקיעתם והיווצרות קצר בינם לבין מוליכי האפס.
- שרפת שנאים.
- הפסקת קווי מתח גבוהה שנגרמה מפעולת ההגנות בגלל עומס יתר וכו'.

התמודדות עם פגעי החורף

■ מערכת ייצור החשמל הצליחה להתמודד היטב עם הגידול בביקוש ובצריכה. במהלך החורף האחרון לא היה מצב שבו הופסקו צרכנים עקב מחסור ביכולת הייצור.

■ עובדי חברת החשמל נרתמו במלוא המרץ למתן פתרונות קבועים או זמניים כדי לחדש במהירות המרבית את האספקה לצרכנים שנותקו בגלל התקלות במערכת ההעברה, ההשנאה והחלוקה.

אורי לייטנר

חברת החשמל נערכת למבצע שיפורים מואץ של רשתות חלוקה בעקבות אירועי החורף האחרון

אינג'ני א. נאוסרה M.Sc.

אירועי החורף האחרון בירושלים, בנוש דן ועוד באזורים בצפון הארץ ובדרומה מיקדו את תשומת הלב לנושא רשתות חלוקה במתח גבוה ובמתח נמוך ולנושא החיבורים לבתים.

בעקבות האירועים האחרונים הוחלט לבצע בדיקה מחודשת של נושא מצב רשתות החלוקה במתח נמוך ובמתח גבוה ולהיערך לקראת תוכנית שיפורים מואצת. בחברת החשמל הוחל בפרוייקט לשיפור אמינות האספקה עוד בשנת 1988. התוכנית החדשה שנובשה בחברת החשמל מקיפה מקודמתה וכוללת נושאים חדשים שנמצאו בעייתיים בתנאי החורף האחרון.

- טיפול ב-1,500 ק"מ בקירוב של רשת מתח נמוך.
- בניית כ-1,200 ק"מ של רשת מתח גבוה עילית.
- חימוש כ-2,000 ק"מ של רשת מתח גבוה עילית.
- בניית כ-3,000 תחנות השנאה הייצוגיות.
- בניית כ-1,300 תחנות השנאה מנימיות.
- תוספת כ-2,000 שנאים בתחנות השנאה קיימות.

כל העבודות במסגרת התוכנית אמורות להסתיים בתוך 6-10 שנים, להוציא עבודות להפרדת חיבורים משותפים האמורות להסתיים בתוך 2-2.5 שנים.

כרוך שביצוע תוכנית בסדר גודל כזה כרוך בהקצאת משאבים מתאימים והשקעות גדולות.

המשאבים העיקריים שיידרו הם בתחומים האלה:

- גיוס כוח אדם והכשרתו.
- רכישת כלי רכב וכלים מיכניים.
- רכישת חומרים.
- השקעות במשרדים, בשטחי איחסון ובתחיה.
- רכישת אמצעי קשר, כלי עבודה ומיחשוב.

מדי שנה בשנה תיערך בדיקה של העמידה כלוח הזמנים המתוכנן לביצוע העבודות במסגרת התוכנית. כמו כן ייערך מעקב אחרי שיפור אמינות האספקה לצרכנים, לפי מדדים שנקבעו מראש. המדד העיקרי שנקבע לצורך זה הוא מספר הדקות של אי-אספקה בשנה במוצע לצרכן. כאחד מיעדי התוכנית נקבע השנת מדד של 300 דקות של אי-אספקה לצרכן במשך שנה. מדד היעד הזה קרוב למדדים הקיימים בכמה ארצות באירופה, שבהן הרשת דומה לזו בישראל.

תוכנית השיפורים תשדכן כל שנה לאחר בדיקה והפקת לקחים מביצוע חלקי של התוכנית.

עומס יתר, יוחלמו בתיילים חדשים. בעת החלפת התיילים תינתן עדיפות לשימוש בתיל אווירי מבודד, שיטה שהוכיחה את יעילותה באירועי החורף האחרון בירושלים.

■ קטעים מסוימים ברשת עילית יוחלמו ברשת תת קרקעית לפי תנאי השטח ולפי שיקולי המשתכננים.

שיפורים בקווי רשת מתח גבוה

אלה השיפורים שיבוצעו בקווי רשת מתח גבוה:

- תיילים בחתך קטן מן החתך התקני הנהוג כיום, יוחלמו בתיילים מתאימים.
- בערים הגדולות שהוכרו "שטח עם רשת תת קרקעית", יוסברו בהדגנה קטעים ברשת העילית הקיימת לרשת כבלים תת קרקעית.
- יוררו הביצוע של פרויקט אוטומציה בקווי מתח גבוה הכולל התקנת מערכת מנתקים המופעלים על ידי מנוע עם פיקוד מתאים. המערכת תאפשר איתור מהיר של מקום התקלה בקו ובידודו של הקטע הפגום. משאר חלקי הקו כדי לקצר בצורה ניכרת את משך ההמסקה של אספקת החשמל לצרכנים, אשר אינם ניוונים מהקטע הפגום של הרשת.

תוספת השנאה

כדי להתמודד עם הגידול הניכר בשיאי הביקוש במערכת נוצר הצורך להוסיף שנאים רבים במקומות שונים ברשת. בסך הכל יותקנו כ-1,000 שנאים נוספים בכל שנה, וזאת מעבר לתוכניות הפיתוח הרגילות של החברה.

הערכות החברה לקראת ביצוע השיפורים

השיפורים שמוטו לעיל, הם בהיקפים חסרי תקדים בחברת החשמל. תוכנית מבצע השיפורים כוללת את השיפורים האלה:

- הפרדת חיבורים משותפים אצל 150,000 צרכנים.

תוכנית השיפורים

הנושאים העיקריים בתוכנית השיפורים הם:

- שיפורים בחיבורים לבתים.
- שיפורים בקווי רשת מתח נמוך.
- שיפורים בקווי רשת מתח גבוה.
- תוספת השנאה.

שיפורים בחיבורים לבתים

מבצע שיפורים בחיבורים לבתים יכלול:

■ המרת חיבורים:

כ-150,000 צרכנים מחוברים כיום לרשת אספקת החשמל באמצעות חיבור משותף בגודל של 25 אמפר. בחברה הוחלט לבצע הפרדה של החיבור המשותף כך, שכל צרכן יקבל חיבור נפרד בגודל של 25 אמפר.

בעבר תוכנן, שמבצע הפרדת החיבורים יסתיים בתוך כשמונה שנים, אך בעקבות לקחי החורף האחרון הוחלט להגביר את קצב הביצוע של עבודות ההפרדה ולסיים את המבצע בתוך שנתיים עד שנתיים וחצי.

■ החלפת חיבורים פגומים לבתים:

בכל מקרה שבו יתגלו פגמים בחיבור החיצוני לבית בעת הפרדת החיבורים המשותפים לדירות, יוחלף החיבור החיצוני הפגום לחיבור תקני הנהוג כיום.

שיפורים בקווי רשת מתח נמוך

אלה השיפורים שיבוצעו בקווי רשת מתח נמוך:

- בקטעי רשת עם תיילים בחתך קטן מן החתך התקני הנהוג כיום, יוחלמו התיילים החדשים.
- תיילים בקטעי רשת שנפגעו מעצים בחורף, וכן קטעים במוקדים שנתגלה בהם

א' נאוסרה – מנהל הרשת הארצית, אגף הנדסת, חברת החשמל

מפסק מגן הפועל בזרם דלף (מפסק מגן)

אליהו ברזלי

מאמרים רבים הדנים בהיבטים שונים של מפסקי מגן הפועלים בזרם דלף התפרסמו בעבר ב"התקע מצדיע". מאמר זה מסכם את נושא מפסקי המגן הפועלים בזרם דלף ומוסיף מידע הלקוח מתוך תקנות החשמל החדשות שפורסמו בעת האחרונה ואלו הן:

- הארקות ואמצעי הנגה נגד חישובול במתח עד 1000 וולט, קי"ת 5735, פורסמו ב-1.8.91 ונכנסו לתוקף מ-1.2.92.
- מיתקני חשמל בחצרים חקלאיים במתח עד 1000 וולט, קי"ת 5735, פורסמו ב-1.8.91 וייכנסו לתוקף ב-1.8.92.
- אף שהתקנות ייכנסו לתוקף כאמור לעיל, מותר לבצע מיתקנים בהתאם לאמור בהן מיום פרסומן ואילך.

המאמר דן בנושאים האלה:

- מפסק המגן – מבנה ועקרונות פעולה.
- שימוש במפסק מגן כהגנה נוספת או כהגנה בלעדית.
- התייחסות תקנות החשמל למפסק המגן כהגנה בלעדית.
- התקנת מפסק מגן בעבור ציוד חשמלי בחדר אמבטיה.
- תקנות משרד העבודה (תקנות בטיחות בעבודה).
- תקנים בנושא מפסק המגן.
- בדיקת תקינות הפעולה של מפסק המגן
- מגבלות השימוש במפסק המגן

מערך הזרם הנקוב, וכך הוא מגדיל את כושר הניתוק של מפסק המגן.

כאן המקום להזכיר, שיש תופעה שבה מפסק המגן (שאינו משולב) עלול לגרום להפסקה בגלל זרמי קצר גבוהים בין מופע לאפס, או בין מופע למופע, בניגוד לתפקידו וייעודו של המפסק, וזאת כאשר אין זרם דלף לאדמה.

התופעה לעיל נגרמת כתוצאה מחוסר איזון בהרכבת הסלילים WP ו-WO על גרעין הברזל של מפסק המגן (איור 1). כאשר זרמי הקצר גבוהים גורם חוסר הדיוק בהרכבה להיווצרות של זרם בסליל WK, אשר ביכולתו להפעיל את מנגנון ההפסקה. בתקן הישראלי ת"י 832 בסעיף 20 יש דרישה מיוחדת בנוון והיא: על המפסק להישאר מחובר כאשר ערכו של זרם הקצר שווה ל"61. לדוגמה: מפסק מגן שהזרם הנקוב שלו הוא 25 אמפר לא יפעל בזרם קצר של 150 אמפר בין המוליכים.

מערכת לזיהוי זרם דלף (זרם זליגה לאדמה)

עקרון הפעולה של המערכת לזיהוי זרם דלף (זרם זליגה לאדמה) מודגם באיור 1. כל זמן שאין תקלה במיתקן החשמל, הזרם I – זרם העבודה של המיתקן בזמן נתון – עובר מהמופע של מקור האספקה דרך מגע המופע של המפסק, סליל WP, מיתקן הצרכן, ומשם חזרה דרך סליל WO, מגע האפס של המפסק אל מקור האספקה.

■ בחזית המפסק יש ידית הפעלה המאפשרת להעביר את המפסק למצב "מחובר"/"מופסק".

זה הצד השווה שבין שני סוגי המפסקים. הצד השונה מתבטא במרטיים האלה:

■ הזרם הנקוב במפסק האוטומטי מצוין את כושר ההולכה ואת שיעור הזרם המפעיל את המפסק האוטומטי וכמוי לעקומת הפעולה של המפסק האוטומטי, ואילו במפסק המגן הזרם הנקוב מצביע רק על כושר ההולכה של מפסק המגן.

■ במפסק המגן יש זרם נקוב $I_{\Delta A}$ – זרם נקוב המפעיל את המפסק בזמן תקלה ובזמן זרימת זרם דלף לאדמה.

יש לזכור, שאין מפסק המגן מגיב לזרמי יתר בין מופע לאפס או בין מופע למופע, אלא לזרם דלף לאדמה בלבד. מובן שהתגובה של המפסק היא לזרם ההפעלה הנקוב שלו שערכו, בדרך כלל, הם מ-0.03 אמפר עד 10 אמפר, לפי סוג המפסק הנבחר. **לפיכך מפסק המגן אינו יכול בשום אופן לשמש מבטח להגנה מפני זרם יתר.**

למרות האמור לעיל רצוי להעיר, שיש בשוק **מפסק מגן משולב** – מפסק הפועל בזרם דלף וגם מפסק אוטומטי עם הגנה מפני זרם יתר. במקרה זה מדובר בשני מנגנוני זיהוי נפרדים. האחד מזהה זרם יתר, והשני מזהה זרם דלף. במפסק זה יש מנגנון אחד לניתוק הזרם, כאשר שני מנגנוני הזיהוי האלה יכולים להפעיל אותו. למכשיר מסוג זה יש יתרון. הוא מונע מעבר זרם שערכו גבוה

מפסק המגן – מבנה ועקרונות פעולה

אלה הם החלקים העיקריים של מפסק המגן.

- מנגנון של מפסק זרם רגיל דו קטבי או בעל ארבעה קטבים.
- מערכת לזיהוי זרם דלף (זרם זליגה לאדמה).
- מספר מנגיטי (אלקטרו־מגנט) להפעלת מנגנון ההפסקה.
- התקן ביקורת המדמה מצב תקלה.

מנגנון מפסק המגן

כאשר משווים בין מנגנון מפסק המגן ובין מנגנון מפסק זרם אוטומטי רגיל מוצאים, שהדמיון בין שני המפסקים מתבטא במרטיים האלה:

- יש מנגנון מפסק אשר פעולת החיבור שלו מותרת קפיו הנעל במצב מחובר, והמיועד להשתחרר ולהפעיל את מנגנון המפסק בזמן תקלה.
- ערך הזרם הנקוב של המפסק המצוין בחזית המכשיר, הוא הזרם (וועמס) שמגיע המפסק מסוגלים להעביר בפרק זמן ממושך בלי שייגרם להם נזק, וכן הזרם שבו המפסק מסוגל לבצע מספר רב של פעולות ניתוק וחיבור בלי שייגרם לו נזק.

אי ברזלי – מחלקת צרכנים טכנית, אגף הרכבות, חברת החשמל

במצב זה השדה המגנטי הנוצר בגרעין הברזל על ידי סליל המופע WP, שווה בערכו לערך השדה המגנטי הנוצר מסליל האפס WO, אך השדות הם בכיוונים המכונים. התוצאה היא, שבגרעין הברזל נוצר שדה מגנטי שקול שערכו שווה ל-0, והומר זרם השראה בסליל WR.

ממסר מגנטי (אלקטרו־מגנט) להפעלת מנגנון המפסק

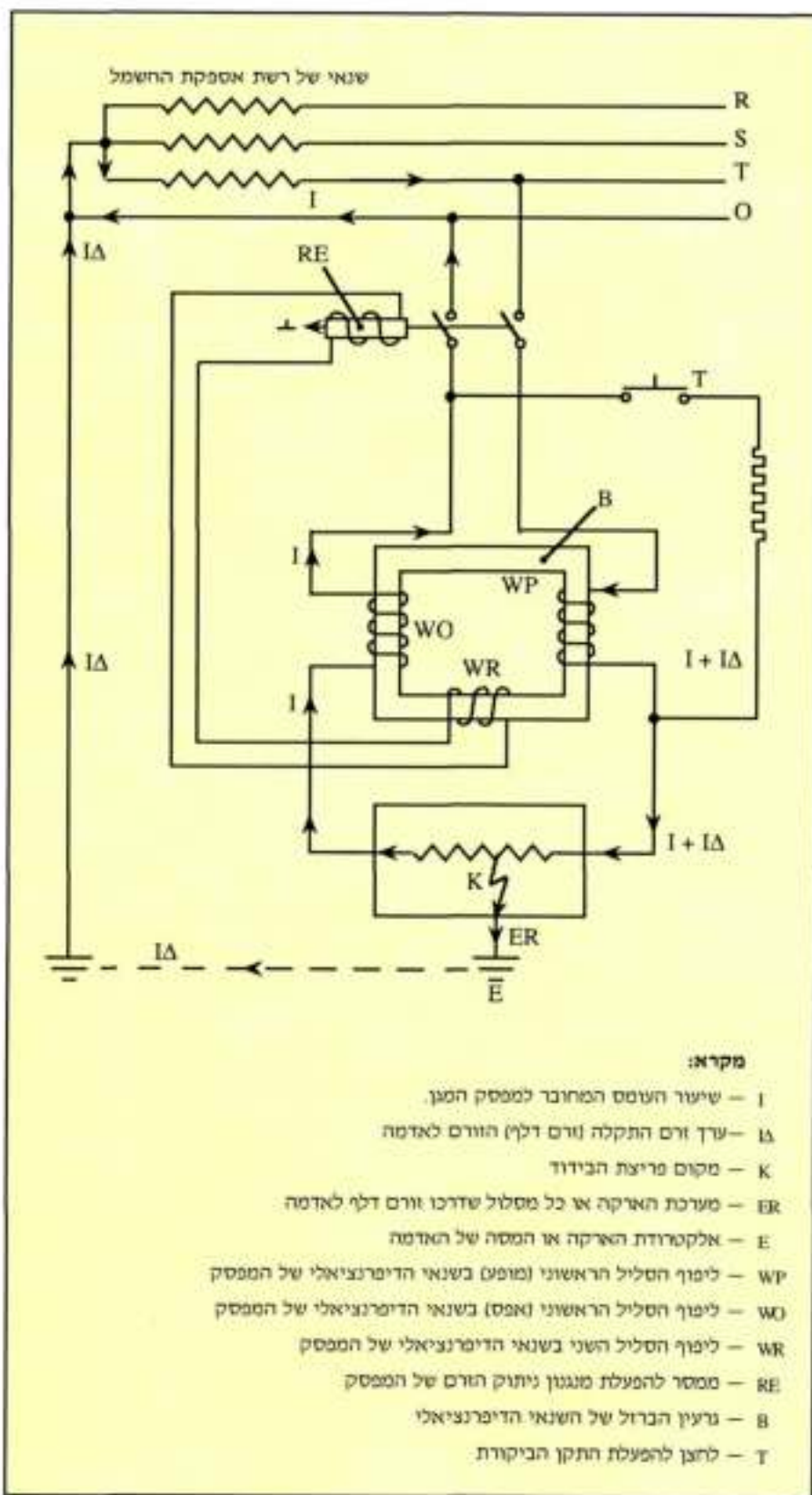
הפעלת מנגנון המפסק מתבצעת באופן הבא: כאשר יש דליפה של הזרם לאדמה (וישימול) בנקודה K, ערך הזרם בסליל WP גדול יותר מערך הזרם בסליל WO. חלק מהשדה המגנטי המיוצר על ידי סליל WP אינו מבוטל על ידי השדה המגנטי הנוצר בסליל WO, וכך מתקבל מצב שבו עוצמת השדה המגנטי שנשאר היא יחסית להפרש הזרמים. התוצאה תהיה שיושרה מתח בסליל WR. מתח זה המסופק לממסר המגנטי RE, גורם להפעלת מנגנון ההפסקה של המפסק.

יש לזכור, שבמפסק מגן בעל זרם הפעלה נמוך, כגון 0.03 אמפר, מנגנון השחרור המפעיל את המפסק בנוי על פי עקרון פעולה שונה מהרגיל. כפי שהוזכר, מנגנון ההפסקה מבוסס על קפיץ הנמתח בשעת חיבור המפסק ואשר שחרורו מפעיל את מערכת הפסקת הזרם. בדרך כלל פעולת השחרור מושגת באמצעות אלקטרו־מגנט רגיל, אשר בזמן מעבר הזרם מושך עוג המשוחרר את מנגנון השחרור. כאשר המדובר במפסקים בעלי זרם הפעלה נמוך, יש סכנה שההשראה שתיווצר מזרם זה תהיה נמוכה, וכתוצאה מכך המתח המושרה שיווצר לא יהיה בעוצמה מספיקה כדי להפעיל את האלקטרו־מגנט.

כדי להתגבר על הבעיה האמורה הוסיפו היצרנים תחכום מיוחד במפסקים אלו. האלקטרו־מגנט הוא בעל גרעין ברזל מגנטי, ובמקרה זה קבוע, המושך אליו את העוג בכל עת. פעולת השחרור מושגת לא באמצעות משיכת העוגן, כרגיל, אלא להיפך – באמצעות שחרור העוגן. כלומר, בדגם שכיוון הזרם הוא כזה הגורם להחלשת עוצמת השדה הקבוע של המגנט, הקפיץ של העוגן מתגבר על המשיכה של המגנט ומנגנון ההפסקה של המפסק מופעל. תחכום זה מאפשר למפסק להגיב על מעבר זרמי דליף קטנים, אך עם זאת הוא גורם גם למגבלות שבהם נדון בהמשך.

מנגנון הבדיקה

מנגנון הבדיקה מורכב מגוד ומלחצן בדיקה. עקרון הבדיקה פשוט. בעת הלחיצה על הלחצן מעבר זרם דרך הגוד R והסליל WP פעולה זו גורמת לשדה מגנטי ולהשראה



איור 1
עקרון הפעולה של מפסק מגן הפועל בזרם דליף

מקרא:

- I – שיעור העומס המחובר למפסק המגן.
- I_Δ – ערך זרם התקלה (זרם דליף) הזורם לאדמה.
- K – מקום פריצת הבידוד.
- ER – מערכת הארקה או כל מסלול שדרכו זרם דליף לאדמה.
- E – אלקטרודת הארקה או המסה של האדמה.
- WP – ליפוף הסליל הראשוני (מופע) בשנאי הדיפרנציאלי של המפסק.
- WO – ליפוף הסליל הראשוני (אפס) בשנאי הדיפרנציאלי של המפסק.
- WR – ליפוף הסליל השני בשנאי הדיפרנציאלי של המפסק.
- RE – ממסר להפעלת מנגנון ניתוק הזרם של המפסק.
- B – גרעין הברזל של השנאי הדיפרנציאלי.
- T – לחצן להפעלת התקן הביקורת.

כסליל WR, ומתרו מפעיל את האלקטרו-מגנט RE המפעיל את מנגון ההפסקה.

שמירה על כושר ההולכה של המפסק ועל כושר הניתוק

בישמוש במפסק מגן יש להקפיד שהזרם הנקוב של המפסק יתאים לזרם המרבי (עומס) שיכול לעבור דרכו. ערך הזרם המרבי יכול להגיע לסכום הארייטמטרי של סך כל ערכי הזרם הנקוב של כל המבטחים המחוברים לאותו מופע של המפסק או, לחילופין, לגודל הנקוב של המבטחים הראשיים המותקנים אחרי המפסק או לפניו, הכול לפי המקרה, דהיינו בכל מקרה שיותר ממבטח אחד מחובר למופע מסוים של המפסק, וסך כל העומס הצפוי באותו מופע עלול להיות גדול מהזרם הנקוב של המפסק, יש לדאוג למבטח שיען על מפסק המגן מפני מוגבר זרם שיערו גבוה משרך הזרם הנקוב.

דבר שני שיש לתת עליו את הדעת הוא בעיית יכוסר הניתוקי של מפסק המגן. כמו כל מבטח שצריך להיות בעל כושר ניתוק המוגבל בזמן קצר (כושר ניתוק) כך גם מפסק המגן צריך להיות מסוגל לנתק את המעגל בזמן קצר בין מופע להארכה, וזאת בלי שייגרם למפסק נזק כלשהו. כאשר המיתקן מוגן בשיטת האיפוס, ייסגר זרם הקצר דרך האפס של החיבור, ואז ערך הקצר יהיה שווה לערך הקצר שבין המופע לאפס. בדרך כלל, כושר הניתוק של מפסקי המגן הנמצאים בשימוש ביתי הוא נמוך יחסית (1,500 אמפר בלבד). לפיכך, יש לשים לב להוראות היצרן המתייחסות לגיבוי שצריך להתקין.

בדרך כלל, הגיבוי הנדרש הוא מבטח המחובר בטור למפסק המגן ולפניו, והוא מוגדר "הגנה עורפית" של מפסק המגן. במקרה זה, לפי הצעת היצרנים, התקנתו של מבטח עורפי הגדול בדירה אחת עד שתי דירות מהזרם הנקוב של מפסק המגן, תאפשר גיבוי מספיק לבעיית כושר הניתוק של מפסק המגן. את הערך המדויק הנקבע לפי סוג המבטח ולפי מהירות פעולתו, יש לברר במסומי היצרן.

אולם, למעשה, אפשר להגן על מפסק המגן גם באמצעות מבטח ראשי המותקן אחרי מפסק המגן, וזאת אם נתעלם מהאפשרות של קצר לאדמה במפסק עצמו או קצר בחיבור שבין המפסק למבטח.

שימוש במפסק מגן כהגנה נוספת או כהגנה בלעדית

יש להבדיל בין שימוש במפסק מגן כהגנה נוספת ובין שימוש במפסק מגן כהגנה בלעדית.

במקרה הראשון – שימוש במפסק המגן כהגנה נוספת – הצרכן מתקין את מפסק המגן כאשר יש במיתקן ההארקה טובה לפי התקנות, או כאשר המיתקן מוגן בשיטת האיפוס, ובתקנות אין דרישה להתקנת מפסק מגן. אך הצרכן מעוניין כהגנה נוספת משורת למטרות כגון:

- הגנה מפני חישמול ממגע ישיר במופע
- צמצום סכנת שרפה מקצר בין מופע לאדמה

ההגנה מפני חישמול מושגת באמצעות התקנת מפסק מגן בורם הפעלה של 0.03 אמפר.

מקרה שונה הוא התקנת מפסק מגן כהגנה בלעדית לפי דרישת התקנות. במקרה זה לולאת התקלה היא בעלת התנגדות גבוהה שאינה מאפשרת התפתחות של זרם קצר שיערכו גבוה מספיק כדי להפעיל את המבטח של אותו מיתקן.

במקרה זה יש לזכור, שהתקנת מפסק המגן נדרשת רק לצורך הגנה על המעטפת המתכתית של הציוד החשמלי המוארק, ואין הוא מיועד למטרות אחרות. כאשר מותקן מפסק מגן כהגנה בלעדית, הוא חייב לעמוד בדרישות מסוימות של התקנות, והשימוש בו כהגנה בלעדית מותר, רק אם מתקיימים תנאי יסוד מסוימים המפורטים בהמשך המאמר.

התייחסות תקנות החשמל לנפסק המגן כהגנה בלעדית

ההחלטה על שימוש במפסק מגן כהגנה בלעדית, אינה נתונה בידי החשמלאי, ואינה אפשרות שהחשמלאי יכול לבחור בה באופן חופשי כאשר התנגדות לולאת הארקה גבוהה מדי.

המחוקק קובע ברורות (בתקנה 68), שהשימוש במפסק מגן כהגנה בלעדית מותר לצורך הגנה על מקומות כגון אתר בנייה, קרון מגורים, מבנה ארעי וכיו"א או כהגנה על פנסי תאורה המותקנים על עמודים מרומר מוליך. במקרים האחרים אסור להשתמש במפסק מגן כהגנה בלעדית אלא אם כן תנאי היסוד הזה מתקיים. מיתקן החשמל במבנה מוגן בשיטת הארקה הגנה (T.T), התנגדות לולאת התקלה אינה מאפשרת התפתחות של זרם מספיק גבוה שיפעיל בזמן את המבטח של המיתקן בהתאם לתקנות, ובמקום אי אפשר לבצע איפוס.

האמור לעיל מתייחס להארקת יסוד או לאלקטרודה מסוג אחר. מדרשה זו אנו למדים, שהמחוקק נתן עדיפות לשיטת האיפוס והוא מאפשר הגנה על ידי מפסק מגן רק בתור אפשרות אחרונה.

כאשר תנאי יסוד זה מתקיים, והחשמלאי מחליט להשתמש במפסק מגן כהגנה בלעדית, עליו לקיים בנסיף על כך גם את התנאים האלה:

מאחר שמפסק המגן בא למלא את מקום המבטח כהגנה מפני חישמול על גופים מוארקים (ציוד מסוג I), ומאחר שתפקידו למנוע הופעת מתח תקלה מסוכן על גופים אלו (הגנה מפני מגע לא ישיר), התקנות דורשות (תקנה 70) שבמקרה של תקלה, מתח התקלה שיופיע על פני הציוד החשמלי המוארק המוגן במפסק מגן כהגנה בלעדית, לא יעלה על 50 וולט במקרים רגילים ו-24 וולט במקום של סכנה מוגברת.

הפירוט המעשי הוא שהתקנות מאפשרות התקנת מנגון רחב של מפסקי מגן החל מזרם הפעלה $I_{\Delta n}$ שיערכו 0.03 אמפר ואף גבוה מזה, ובתנאי שמתקיים התנאי שמפל המתח שיווצר על האלקטרודה של הארקה ההגנה בזמן תקלה לא יעלה על המתחים הנקובים המוגדרים באמצעות הטעחה הבאה:

$$U \geq R \cdot I_{\Delta n} \geq 50 \text{ וולט}$$

$$U \geq R \cdot I_{\Delta n} \geq 24 \text{ וולט}$$

כאשר:

$I_{\Delta n}$ – זרם ההפעלה הנקוב של מפסק הדלק
 R – התנגדות בין האלקטרודה ובין המסה הכללית של האדמה

בשטח עירוני יש בעיה קשה של מדידה מדויקת, או האפשרות למדידה, של התנגדות האלקטרודה כלפי המסה של האדמה. הקושי נגרם ממערכת צפופה של צינורות המים באדמה המשבשים את תוצאות המדידה. המחוקק נתן את דעתו על כך, ובתקנות החדשות הוא שינה את התקנה האמורה. בתקנה 70 החדשה מפורטות שתי אפשרויות האחת – שיטת החישוב שהוזכרה לפי התנגדות אלקטרודה הארקה הגנה, והשנייה – לפי התנגדות לולאת תקלה. המדידה נעשית באמצעות מכשיר L.T. (Loop Tester) אשר אינו מצריך שימוש באלקטרודות לצורכי מדידה.

הדרישה בתקנות כאשר לאפשרות זו היא, שעכבת לולאת התקלה חייבת להיות בערך כזה שבזמן קצר בין מופע להארקה, יתפתח זרם גבוה פי עשרה מזרם ההפעלה הנקוב $I_{\Delta n}$ של מפסק המגן שהותקן במקום.

ראוי להזכיר, שיש לקיים רק אחת משתי הדרישות, והבחירה נתונה בידי החשמלאי, ומותנית באפשרות לערוך את המדידה הדרושה.

זרם ההפעלה של מפסק המגן

שינוי חשוב בתקנות החדשות הוא תקנה 69. בתקנה זו בוטל האיסור שהיה בתקנות הישנות על שימוש במפסק מגן שערך זרם ההפעלה $I_{\Delta n}$ שלו שווה ל-0.03 אמפר, כאשר הייתה דרישה התקנת מפסק מגן כהגנה בלעדית. שינוי זה פוטר את החשמלאי מהצורך שהיה בעבר להתקין מפסק מגן בורם הפעלה שיערכו שווה ל-0.3 אמפר במקום שהיה דרוש, ולהתקין בטור מפסק מגן נוסף

בזרם הפעלה שערכו שווה ל-0.03 לפי דרישת הצרכן הרצוה הגנה משופרת.

שימוש במפסק מגן תלת קוטבי

שינוי נוסף (תקנה 71) הוא ההיתר לשימוש במפסק מגן תלת קוטבי לקווי הזנה (לא במעגל סופי). היתר זה בא להקל ולבטל את הצורך להתקין מפסק מגן נוסף בעל ארבעה קטבים, או להחליף מפסק אוטומטי תלת קוטבי קיים, במקום שקיים מפסק אוטומטי תלת קוטבי ראשי ונוצר צורך להגן על המיתקן באמצעות מפסק מגן שהיה חייב להיות בעל ארבעה קטבים לפי התקנות הישנות.

הפתרון במקרה זה הוא התקנת שני דיפרנציאלי על חוטי היציאה של המונה עם מנגנון מתאים, ומערכת זו היא שתפעיל את סליל ההפעלה של המפסק האוטומטי התלת קוטבי שהיה קיים במקום.

מפסק מגן במקום של סכנה מוגברת

עד היום היה אכזר בתקנות ביחס לשימוש במפסק לזרם דלף במקום של סכנה מוגברת (תקנה 70), אך למעשה לא הייתה בשום תקנה הגדרה של "מקום של סכנה מוגברת".

עם פרסום קי"ת 5375, מיתקני חשמל בחצרים חקלאיים, מופיעה בפעם הראשונה בתקנות (בתקנה 2), הגדרת אתר או מיתקן מסוים כ"מקום של סכנה מוגברת". כך חצרים חקלאיים מוגדרים "מקום של סכנה מוגברת". לפי תקנה 3, מיתקן חשמל באתר חקלאי אשר יש בו מערכת הארקה הגנה T.T או שהוא מוגן כשיטת האיפוס TN-C-S יש להגן עליו גם בהגנה נוספת של מפסק מגן שיותקן בלוח הראשי ושזרם ההפעלה שלו I_{Δ} לא יהיה גבוה מ-0.5 אמפר.

יש לשים לב, שהמדובר בתוספת הגנה להארקה הגנה או להגנה על ידי איפוס הקיימים במקום ולא במקומם. דרישה זו היא, כאמור, חובה בכל מקרה, ויש לדאוג שימואלו הדרישות של תקנה 70 באשר לשימוש במפסק מגן לזרם דלף במקום של סכנה מוגברת, כלומר מפל המתח על האלקטרודה בזמן תקלה לא יעלה על 24 וולט, או לחילופין יש לדאוג שעכבת לולאת התקלה תאפשר פיתוח זרם קצר שערכו גבוה פי עשרה מזרם ההפעלה הנקוב I_{Δ} של מפסק המגן שהותקן במקום.

איסור השימוש במיתקן כאשר מפסק המגן אינו תקין

יש בעיה שחשמלאים אינם מתייחסים אליה בכובד ראש והיא המצב שבו ממשיכים להשתמש במיתקן שבו מפסק המגן מנוטרל על ידי גישור בין מגני המפסק הנגרים מתקלה במפסק עצמו או מסיבות אחרות. לפי

התקנות, תקנה 72ב), כאשר מפסק מגן מותקן כהגנה בלעדית או כהגנה במקום של סכנה מוגברת אסור להמשיך ולהשתמש במיתקן כאשר מפסק המגן אינו תקין. הדרישה נובעת מאחר שלמעשה המיתקן נמצא בלא הגנה. לפיכך, לפי דרישות התקנות אסור גם להמשיך להשתמש במיתקן כאשר מנשרים או מפרקים את מפסק המגן המותקן בו.

כדי למנוע היווצרות מצב של שימוש אסור במיתקן, מומלץ – אף שאין דרישה כזו בתקנות – להתקין במקרה כזה שלט אוהרה. המיתקן מוגן נגד הישגול באמצעות מפסק מגן כהגנה בלעדית, או "המיתקן מוגן נגד הישגול באמצעות מפסק מגן במקום של סכנה מוגברת".

כלל יש להימנע מגישור מפסק מגן או מעקיפתו כאשר יש תקלה במיתקן. בעבר קרו כמה תאונות קטלניות במיתקנים שבהם טיפלו אנשים לא אדריאים. אלה – במקום לתקן את התקלה שרמה לתגובת מפסק המגן – עקמו אותו.

כמו כן יש לשים לב, שכאשר מחליפים את מפסק המגן המשמש כהגנה בלעדית, או כהגנה במקום של סכנה מוגברת, יהיה המפסק החדש שיותקן מאותו סוג של המפסק המוחלף, כלומר מפסק שזרם ההפעלה I_{Δ} יהיה זהה לזרם ההפעלה של המפסק שמורק. ניתן להתקין מפסק מגן בעל זרם הפעלה שונה, רק אם נבדקה מערכת ההארקה, ותוצאות הבדיקה מאפשרות את התקנתו של מפסק מסוג אחר.

התקנת מפסק מגן בעבור ציוד חשמלי בחדר אמבטיה

התקנות החדשות העומדות להתפרסם בקרוב בנושא מעגלים סופיים, יתירו את השימוש בציוד חשמלי ואת התקנת בתי תקע רגילים (שאינם ניזונים דרך שני מברל כשיטת ההפרד). עוד פרטים בנושא – בגיליון זה במדור "משולחן הוועדות".

כללית, השיטה מבוססת על כך, שחדר האמבטיה יחולק לאזורי סכנה בדרגות שונות. לפי דרישת אלו יותר השימוש בציוד החשמלי, וזאת בתנאי שכל המיתקן באזורים אלו יהיה מוגן באמצעות מפסק מגן בזרם הפעלה I_{Δ} שערכו שווה ל-0.03 אמפר. אם בדירה יש מפסק מגן כללי בזרם הפעלה זה, הוא ייחשב ממלא את הדרישה הזאת.

תקנות משרד העבודה (תקנות בטיחות בעבודה)

בנוסף לתקנות החשמל, יש להזכיר גם את תקנות משרד העבודה, קובץ תקנות 4940,

המתייחסות לשימוש במפסק מגן. לפי תקנות אלו בכל מקום עבודה שתקנות הבטיחות בעבודה חלות עליו ואשר נעשה בו שימוש במכשירים מיטלטלים המוחזקים ביד שאינם מסוג בידוד כמול, יש להגן על מכשירים אלו מפני הישגול בשיטת הפרד (שנאי מברל) או באמצעות מפסק מגן שזרם ההפעלה שלו הוא 0.03 אמפר.

תקנים בנושא מפסק מגן

עד היום מורסמו כמה תקנים בנדון:

- תקן 832 מ-7.72 – מפסק מגן לשימוש ביתי.
- גיליון תיקון מ-9.75 – מפסק מגן לשימוש ביתי.
- גיליון תיקון מ-11.83 – מפסק מגן לשימוש ביתי.

- תקן 1036 מ-1.81 – מפסק מגן משולב.

שני התקנים הללו רק על מפסקי מגן בזרם נקוב עד 63 אמפר בלבד.

חלק מדרישות התקן של מפסק מגן הן:

- המפסק לא יפסיק בזרם דלף שערכו $I_{\Delta} < 0.5$.
- המפסק יפסיק בתוך 0.2 שניות בזרם דלף שערכו לא יעלה על $I_{\Delta} < 1$.
- המפסק יפסיק בתוך 0.1 שניות בזרם דלף שערכו לא יעלה על $I_{\Delta} < 2$.
- מפסק מגן שערך זרם ההפעלה הנקוב שלו I_{Δ} הוא 0.05 אמפר או נמוך יותר חייב לקיים דרישה נוספת. המפסק יפסיק בתוך 30 מילישניות בזרם שערכו שווה ל- $10 \cdot I_{\Delta}$.

- ערכו של זרם ההפעלה שיוזרם בזמן הפעלת התקן הביקורת לא יעלה על $I_{\Delta} < 2.5$.
- ערכו של זרם זה נקבע כדי לאפשר את הפעלתו של התקן הביקורת במתח של 400-220 וולט.

בכל מקרה, באשר למכשיר המיועד למתח נקוב אחד, למשל מכשיר חד מופעי, התקן מומלץ שערך זרם ההפעלה לא יעלה על $I_{\Delta} < 1.4$.

- מערכת הבקרה חייבת להפעיל את המפסק בתחום של 8.0 עד 1.1 של מתח האספקה.

בדיקת תקינות הפעולה של מפסק המגן

מפסק מגן לזרם דלף המיועד להגן על חיי אדם, הוא בעל מנגנון רגיש, ולכן יש לתחוקו כראוי. התקנות דורשות, שמכשיר מסוג זה ייבדק תקופתית על ידי המשתמש (תקנה 72). פעולת הבדיקה נעשית על ידי לחיצה על הלחיצה של מערכת הביקורת הנמצא על פני המכשיר ליד ידית ההפעלה. פעולה זו מנתרשתבוצע גם על ידי מי שאינו חשמלאי.

בדיקה יסודית יותר של מעולת המפסק יכולה להיעשות על ידי חשמלאים באמצעות ציוד מיוחד כגון:

■ מכשיר המורכב ממערכת נגדים המאפשרת בחירה של ערך זרם הבדיקה.

■ מכשיר דומה אך מכיל כתוספת קוצב זמן קבוע המונע נזק של חום במערכת הנגדים של המכשיר, ובעיקר מגביל את זמן הופעת מתח התקלה כאשר המפסק הנבדק לא תקין ולא מפסיק את המעגל.

■ מכשיר דומה בתוספת צג סימפתי המצוג את זמן התגובה של המפסק. המשתמש קובע את זרם הבדיקה והמכשיר מראה את זמן התגובה (במילישניות) לזרם הנבחר. רק במכשיר משוכלל זה אפשר לבצע בדיקה שלמה ונכונה של מפסק המגן. במכשיר בדיקה מסוג זה יש גם מגנן לבדיקה נפרדת בחלק החיובי של העקומה ובחלק השלילי שלה. לבדיקה זו יש חשיבות מיוחדת במפסקים בעלי רגישות גבוהה שבהם פעולת השחרור של המגנן מבוססת על החלשת השדה המגנטי של האלקטרור-מגנט ושחרור העונן המפעיל את מגנן הניתוק. המכשיר מאפשר בחירה של התחלת פעולת המדידה בנקודת האפס של הסינוס לפני החלק החיובי או השלילי.

שימוש במכשירים מסוג זה יש לזכור, שמקצתם מבוססים על ההנחה שהמתח הוא בדרך כלל, 220 וולט. ברור שאם בוסן המדידה מתח הרשת במקום שונה ממתח זה, תתקבל טעות יחסית בערך המדידה. לפיכך, יש להביא מגבלה זו בחשבון ולשים לב להוראות יצרן המכשיר.

יש לדאוג, שהמדידה תיעשה רק על ידי העברת זרם בין מופע לאפס, בין מופע כניסה ואפס יציאה או להיפך. את המדידה יש לבצע כאשר המיתקן מנותק ממפסק המגן, נלא – אין המדידה נכונה ועלולה להיות מסולפת, כתוצאה מזרמי דלף העלולים להיות במיתקן.

זכור, בדיקת מפסק מגן היא בדיקה של המפסק ולא בדיקה של מערכת ההארקה. יש חשמלאים הנוהגים לבדוק את פעולת המכשיר על ידי חיבור קצר בין אפס להארקה. לבדיקה זו אין ערך מאחר שלא ידוע ערך הזרם וזמן התגובה.

מגבלות השימוש במפסק המגן

מפסק מגן הוא אחד המכשירים המשוכללים להגנה מפני חישמול, והוא המכשיר היחיד המסוגל למנוע חישמול קטלני במגע ישיר עם המופע (מפסק מגן בזרם הפעלה של 0.03 אמפר). יש לזכור, כמוכח, שגם במקרה זה ערך הזרם שיעבור בגוף האדם לא יהיה מוגבל ל-0.03 אמפר, אלא ערכו יהיה מוקציה

של היחס שבין מתח המגע לבין התנגדות מסלול הזרם בגוף האדם.

ההנחה של המפסק מושגת על ידי זמן התגובה המהיר של מפסק המגן. אך קיים זמן תגובה מינימלי של המגנן המיכני. כמו כן קשור זמן התגובה בחלק של עקומת זרם החילופין שבו התחיל זרם התקלה לזרום. כך, למעשה, יכול להיווצר מצב שיעבור זמן של חצי מחזור (10 מילישניות לפחות) לפני שהמפסק יתן את פקודת ההפסקה. האמור נוגע למפסקים בעלי רגישות גבוהה שמגנן השחרור שלהם מבוסס על החלשת השדה המגנטי לצורך הפעלת מגנן השחרור.

מפסקי מגן רגישים ליוזמי רשת, כאשר הסינסיטואידה לא טהורה ולפגיעות ברכים. תופעות אלו עלולות לגרום להפסקות זרם לא רצויות וללא תקלה במיתקן. יצרנים אחרים מצהירים, שבמפסקי המגן שלהם מותקן מסך המונע את התופעות האלה.

במקומות שיש בהם מקררים גדולים הפסקה זו יכולה לגרום לנזקים גדולים לתכולת המקררים. לפיכך, יש לשקול היטב את בחירת רכיבי זרם ההפעלה של מפסק המגן כאשר הוא מותקן באיטליז, בחדר קירור וכיו. במקומות אלו רצוי להימנע משימוש במפסק מגן בזרם הפעלה של 0.03 אמפר. ההנחה על מכשירים מיטלטלים המחזיקים ביד או ציוד אחר שרוצים להגן עליו, רצוי שתעשה באמצעות מפסק מגן בזרם הפעלה נמוך המגן רק על בתי התקע המוונים מכשירים אלו בלבד.

יש מקרים שבהם התוצאה יכולה להיות המוכה, ומפסקי מגן בעלי זרם הפעלה נמוך המותקנים במיתקן אשר יש בו שימוש רחב במוליכים למחצה לצורכי ויסות או לצרכים אחרים, עלולים לא להגיב בכלל לזרם שבו הם אמורים להגן. וזאת שוב מכיוון שהזרם הוא לא זרם סינסיטואידלי טהור.

יש לזכור, שלפי התקנות מפסק מגן המשמש כהגנה בלעדית, חייב לספק הגנה רק על מכשירים מוארקים. לפיכך, אין לצורך להתקין מפסק בזרם הפעלה נמוך דווקא.

לדוגמה, במיתקן אשר התנגדות האלקטרודה שלו למסת האדמה שווה 10 אוהם, ערכו של זרם ההפעלה המרבי של מפסק המגן יתן על ידי הנוסחה הבאה:

$$I_{\text{אמפר}} = \frac{50 \text{ וולט}}{10 \text{ אוהם}} = 5 \text{ אמפר}$$

על מיתקן זה אפשר להגן, לפי התקנות, באמצעות מפסק מגן בזרם הפעלה שערכו מ-0.03 אמפר ועד 5 אמפר. מכאן, שאם נבחר מפסק מגן בזרם הפעלה של 4 אמפר, למשל, נקיים את דרישת התקנות, נמנע מהפסקות

בלתי רצויות ונגביר את אמינות האספקה של המיתקן.

מפסק מגן, כמו מבטח, מונע חישמול שסיבתו ליקוי במיתקן הנמצא אחרי המבטח או אחרי המפסק, דהיינו אפילו אם מיתקן מונע באמצעות מפסק מגן בעל רגישות גבוהה ביותר, אין המיתקן מונע כלל מפני חישמול הנגרם מגורם זר המחובר על אותה מערכת ההארקה (איתה אלקטרודה).

בעבר קרו מספר רב של מקרי חישמול כאשר שרכבים ניתקו את צינור המים הראשי, שימש מוליך הארקה לאלקטרודה (צינור המים באדמה). התוצאה הייתה שחישמול בדירה מסוימת עבר דרך צינור המים המנותק למערכת ההארקה של דירה אחרת, אך מפסק המגן בדירה האחרת לא יכול היה למנוע חישמול מסוג זה.

כמו כן, מפסק המגן לא סיפק הגנה מפני חישמולים אשר נגרמו כתוצאה ממצב שבו התנגדות האלקטרודה במבנה גבוהה מן הנדרש, וההגנה מפני חישמול נעשית באמצעותו.

זרמי דלף קטנים, יחסית, שנוצרו בכמה מיתקנים, היו קטנים מכדי להפעיל את מפסקי המגן של אותם מיתקנים, אך הזרם המצטבר במערכת ההארקה גרם למפל מתח מעל 50 וולט על האלקטרודה שהורגש ושיכן את כלל הדיירים.

הפתרון במקרה זה הוא לבחור מפסקי מגן בעלי זרמי הפעלה נמוכים, ככל האפשר, ולא לבחור במפסק בעל זרם הפעלה מרבי, כפי שהתקנות מתירות. כך תהיה עוצמת הזרם המצטבר נמוכה ובהתאמה – גם מפל המתח.

עוד פתרון הוא ניסיון לשפר את התנגדות האלקטרודה כלפי מסת האדמה.

סיכום

מפסק מגן הוא מכשיר יעיל להגנה מפני חישמול ובתנאי שמקפידים על תחזוקתו הנאותה.

ההגנת שמפסק המגן מספק הן אלה:

- הגנה נגד מגע ישיר במופע (במפסק בעל זרם הפעלה של 0.03 אמפר).
- הגנה על ציוד מוארק גם כאשר התנגדות לולאת ההארקה גבוהה.
- הגנה מפני החלפת חיבורי אפס והארקה.
- הגנה מפני קצר בין אפס והארקה.
- הגנה מפני שרפות מקצר בין מופע להארקה או לאדמה.
- הגנה מפני קצר חלקי להארקה אשר אינו מפעיל מבטח של המעגל (הגנה מפני שרפה).

לוחות חשמל במתח נמוך – חידושים והבהרות

אינג' דרור קן-דרור M.Sc.

מעשית, תחילתו של כל מיתקן חשמלי בלוח החשמל, ולכן בכל מיתקן חשמלי מצוי לוח חשמל אחד לפחות, שניתן לראות בו את "לב" המערכת החשמלית המחוברת אליו.

במאמר זה נעמוד על החידושים המתחייבים מהתקנות החדשות בנושא "התקנת לוחות במתח עד 1,000 וולט", שהתפרסמו בקובץ התקנות 5375 ב-1.8.91. כמו כן, נבהיר במסגרת המאמר כמה דרישות חשובות שהופיעו גם בתקנות הישנות ומפאת חשיבותן כדאי להזכירן שוב.

יש לזכור כי התקנות מבטאות את דרישות הרובה. במאמר נעמוד גם על החידושים הנוספים שמעבר לדרישות התקנות, ולמרות שאין חובה לקיימם, כדאי ואף רצוי לעשות זאת.



איור 2
מסד עץ

אסור לשימוש על פי התקנות החדשות

מבנה לוח החשמל ואופן התקנתו

מכנה לוח החשמל והציוד שבו צריכים להתאים למקום ההתקנה ולדרישות התקנים העדכניים בנושא. כמו כן רק חשמלאי המוסמך על פי החוק לביצוע העבודה, רשאי לבצע אותה.

העבודה צריכה להיעשות לפי התקנות העדכניות בנושא. כלומר, לוח החשמל והתקנתו ייעשו לפי הנאמר בתקנות החדשות בפרק "דרישות כלליות" בנושא "בנייה והתקנה של לוח".

"אין לוח יתואם בידי חשמלאי בכדי, הסח ייבנה, יתקן ויתוחזק בידי חשמלאי או במיקומו."

"ב) לוח וציודו יתאימו לדרישות התקנים החלים עליהם."

תכנון הלוח, מיקומו והתקנתו צריכים להיעשות לפי הכתוב בתקנות בפרק "דרישות כלליות".

"תכנון ומיקום הלוח"

אין לוח יתואם, ייבנה וימקם כן, שיתאפשר ייעוץ נחה לכל חלק מאלה למטרות הפעול

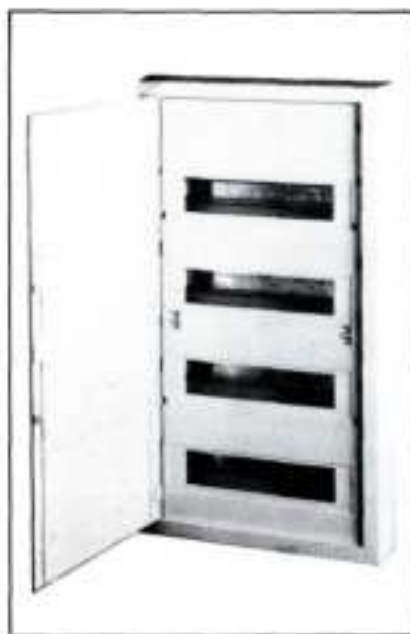
(2) חומר המסד יהיה בלתי דליק או כבה מאליו,

(3) מסד שחלקו חי חשוף בא מנוף איתו יהיה מחוסי מבודד."

הדגש הוא, שחומר המסד יהיה בלתי דליק או כבה מאליו. למעשה, בתקנות החדשות היסרה ההתייחסות למסד עץ או חומר דומה שהיו מאושרים בתנאים מסוימים בתקנות הישנות. אפשר להכין סכך כי מסד עץ לא מקובל כיום להתקנה במיתקנים.

באיור 1 מוצגת דוגמה למסד מודרני העשוי מחומר בלתי דליק או כבה מאליו ובעל חוזק מכני שיעמוד גם בתנאי קצר, המתאים לדרישות התקנות.

איור 2 מציג מסד עץ האסור בשימוש על פי התקנות החדשות.



איור 1

מסד העשוי מחומר בלתי דליק העומד בדרישות התקנות החדשות

תקנות בנושא לוחות חשמל – חידושים והבהרות

במסגרת סקירת ההבהרות והחידושים בתקנות לוחות חשמל נתייחס לנשאים הבאים:

■ לוח החשמל ותכולותיו.

■ מבנה לוח החשמל ואופן התקנתו.

■ מיקומו של לוח החשמל במיתקן הביתי.

לוח החשמל ותכולותיו

בתקנות החשמל "התקנת לוחות במתח עד 1,000 וולט" בפרק "הגדרות" אנו מוצאים, בין היתר, את ההגדרות המדויקות של המושגים:

■ "לוח".

■ "מסד".

■ "ציוד".

להלן ציטוט ההגדרות מתוך התקנות:

"לוח" – מסד והציוד החשמלי המורכב עליו להבטחה של מיתקן חשמל, לפיקוד ולפיקוח. בית תקע ומספק שבמחלק של מעגל סופי אינו נחשב כלוח.

"מסד" – מבנה שעליו מורכב הציוד של הלוח.

"ציוד" – אגורים ומכשירים המחוברים למיתקן."

הדרישות מה"מסד" מנוסחות בתקנות בפרק ב', תקנה 4 כן:

"מסד הלוח יהיה בעל תכונות כמפורט להלן:

(1) החוזק המינימלי יבטיח את פריאת הציוד החשמלי באופן יציב בכל תנאי העבודה במקום התקנתו. לרבות עמידה בטווחי הטמפרטורות המצויים בחדר הקפא המזון."

ד"ר קן-דרור – ראש מדור ברכנות טכנית, הרשת הארצית, חברת החשמל

גודל חיבור הסטנדרטי לבתי מגורים

עם ההתפתחות הטכנולוגית גדל הביקוש לחשמל אצל צרכנים, דבר שהביא את חברת החשמל לשנות את גודל חיבור הסטנדרטי המוערי באישור משרד האנרגיה הוותיקה. מ-1.12.88 ואילך גודל חיבור החשמל המוערי לצרכן הוא 40 אמפר במקום גודל חיבור של 25 אמפר שהיה נהוג.

גודל החיבור החדש מחייב התאמה של הציוד המתקן בלוח (מאיי ראשי, מפסק מגן הפועל בזרם דלף לאדמה וכו') ל-40 אמפר.

מפסק מגן הפועל בזרם דלף המתאים לזרם נקוב של 25 אמפר המתקן בטור עם מאיי של 40 אמפר, לא יעמוד בורמים הנקובים וישרף במשך הזמן.

חיבור בתי מגורים לרשת החשמל

הרשת הארצית שבחברת החשמל פרסמה יכללים לביצוע חיבור לבית חד-משפחתי, לבית דו-משפחתי ולבית טורי עד לגודל חיבור דירתי של 63X3 אמפר.

הכללים נכנסו לתוקף ב-1.8.90 ונקבע בהם:

מבטחי חברת החשמל והמונים יותקנו בתוך ארון פוליאסטר למנייה (פילר) מסוג "0" או "00", כאשר ארון מסוג "00" מיועד להתקנת מונה יחיד וארון מסוג "0" מיועד להתקנת שני מונים. (ראה גם את מאמרו של איגני נולדו גרינברג "חיבור חשמל לבתים פרטיים באמצעות ארונות מונים" שפורסם ב"התקן המצדיע" מס' 49 – דצמבר 1991).

התקנת מבטחי חברת החשמל ומוני החשמל בתוך ארונות המונים תבצע כמפורט להלן.

הדרישה בתקנות החדשות היא, שבדירת מגורים, ימוקם לוח החשמל של המיתקן הדירתי בתוך הדירה, ואילו מונה החשמל יותקן מחוץ לדירה. דרישה זו מחייבת משנתיים ואילך לאחר פרסומה הרשמי בקובץ התקנות, כלומר מ-1.8.93. אולם כבר היום מותר (בתיאום עם חברת החשמל) להתקין את לוח החשמל של המיתקן הדירתי בתוך הדירה.

כאשר מחליפים לוח קיים הנמצא מחוץ לדירה, מותר להתקין את הלוח החדש במקומו של הלוח הישן. אין חובה להעביר את לוח המיתקן הדירתי אל תוך הדירה, אולם, בכל מקרה, המונה צריך להיות מותקן מחוץ לדירה.

אזור 4 מציג את מיקום לוח החשמל במיתקן חשמל שבמבנה ביתי טיפוסי בעל כמה קומות.

מומלץ, שכן המונה לבין לוח החשמל הדירתי יותקן מוביל בקוטר של 29 מ"מ לפחות, כדי לאפשר לצרכן להגדיל בעתיד את חיבור החשמל שלו. בהיעדר מוביל כזה יידרש הצרכן, בעת הגדלת חיבור, לבצע חציבה בקירות או לבצע חפירת תעלה בין ארון המונים לבין לוח הצרכן, ובכך תגדל עלות הגדלת החיבור באיזור ניכר.

החידושים בנושא לוחות החשמל בחברת החשמל

החידושים בנושא לוחות החשמל בחברת החשמל נוגעים לשני הנשאים האלה:

- גודל החיבור הסטנדרטי לבתי מגורים.
- חיבור בתי מגורים לרשת החשמל.

החוקקה, מקום התקנתו יהיה מאר ומאזור בצורה נאותה.

(2) לוח ייתכן וימוקם כך, שהסטנדרטורה המרבית של כל חלק מחלקיו, לרבות המסד, לא תעלה על המותר לבית.

התקנת לוח

(א) לוח ייקבע על שטחה או על מבנה יציב בלבד.

(ב) מביעת לוח תהיה יבוצה ומידתו יתאפשר באמצעות כלים בלבד.

(ג) לוח יותקן כך, שלא יסכן את סביבתו ולא יושפע סביבה על-ידי מיתקנים אחרים, כגון צנת סיים, צנרת גז וכדומה כאלה.

בנקודה זו חשוב לציין את הכתוב במרק "דרישות נוספות ללוחות במיתקנים ביתיים" בנושא "הציוד בלוח".

יבלות של דירת מגורים יותקנו אבזרים המסמכים ציד של דירה זו בלבד.

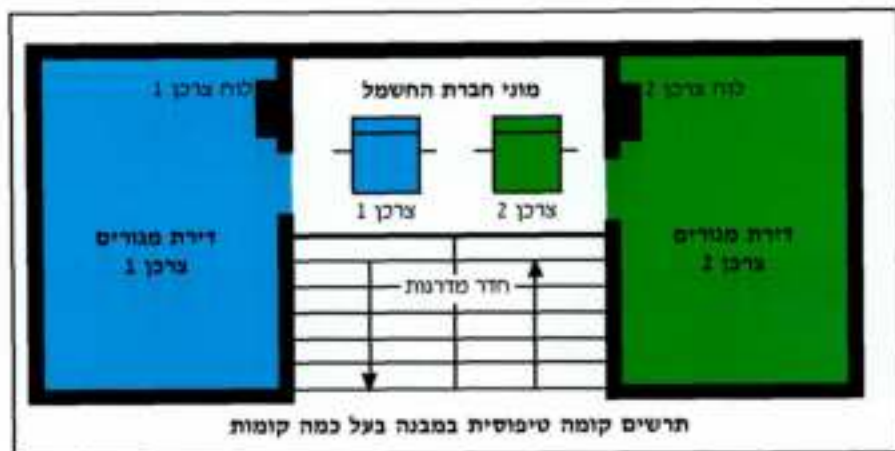
מיקומו של לוח החשמל במיתקן הביתי

על פי התקנות הישנות בנושא הלוחות, הותקן לוח הצרכן בשטח הציבורי שבמבנה, כלומר בחדר המדרגות, ולידו, בתוך אותו ארון הותקן גם לוח המונים (איור 3).



איור 3

דוגמאות ללוחות חשמל שהתאימו לדרישות התקנות הישנות



איור 4

מיקום לוח החשמל במיתקן חשמל שבמבנה ביתי טיפוסי בעל כמה קומות

■ בית חד משפחתי בודד

התקנה בארון י"ס או בארון י"ס.

■ שני בתים חד-משפחתיים במגרשים סמוכים עם גבול משותף או בית דו-משפחתי בלא מנייה נפרדת לחדר מדרגות

התקנה בארון י"ס.

■ בית טורי בלא מנייה נפרדת לחזרי מדרגות

בארון י"ס לכל שתי דירות.

למעשה, חברת החשמל מתאימה את עצמה לתקנות החדשות בנושא הלוחות. לוח הצרכן נמצא בתוך הדירה, הסוגה מותקן בתוך ארון סוגים (פילר) חיצוני. החיבור מלווה הצרכן לצרון המונים הוא תת-קרקעי.

התקנת מוליכי האפס ומוליכי ההארקה בלוח

בלוחות שבמיתקני החשמל הישנים הוכרו כל מוליכי האפס להדק משותף וכל מוליכי ההארקה להדק הארקה משותף. צורת חיבור זו אינה טובה כיוון שקיימת סכנה גדולה שבמשך הזמן יתרוקף החיבור ואלו, למעשה, כל חיבורי האפס או ההארקה פתורופמים ועלולים להתנתק.

בתקנות החדשות, כמו בתקנות הישנות, נדרש, שכל אחד ממוליכי האפס יחובר לפס האפס באמצעות בודד נפרד, וכל אחד ממוליכי ההארקה יחובר לפס ההארקה באמצעות בודד נפרד. כך, ניתוק של מוליך אחד (אפס או הארקה) לא יפגע בתקינות החיבור של מוליך אחר לאותו פס.

ראוי להדגיש דרישה זו כדי להסב את תשומת לבם של החשמלאים פעם נוספת לנושא חשוב זה. הדרישה לעיל היא ביטוי ליישום לקחי העבר שבו נגרמו התקלות ותאונות בגלל התרופפות החיבור בכתונות הישנה.

המשמעות החשמלית של נתק במוליך האפס או במוליך ההארקה מירושנה.

■ ניתוק מוליך האפס במעגל שבו לא נותק מוליך המופע, יכול לגרום, במקרה הקל – שמכשיר הצריכה לא יפעל, ובמקרה

המסוכן – להחזרת מתח המופע דרך מכשיר הצריכה למוליך האפס המנותק. ניתוק מוליך ההארקה כשלעצמו אינו מורש, בדרך כלל, על ידי הצרכן, אולם אם בנוסף לכך ייווצר מגע בין מוליך המופע לבין הגוף המתכתי של מכשיר הצריכה, עלול הדבר לגרום לחיפוש של מי שנוגע בגוף המכשיר מסוג J. הבעיה היא שנתק במוליך ההארקה ניתן לגילוי רק אם מתבצעת בדיקה של תקינות ההארקה, ואם לא כן – נתק כזה מתגלה רק לאחר שהתקיים התנאי הנוסף והתרחש חיפוש נוף מכשיר מסוג J.

לוחות חשמל המותקנים במקלטיים

על פי תקנות הנייא למקלטיים יתקנות ההתגוננות האזרחית (מפרטים לבניית מקלטיים) הידועין 1990 שפורסמו ב-24.8.90 בקובץ תקנות, נדרש להתקין בכל מקלט מיתקן חשמל העומד בדרישות החוק ובתקנותיו.

תקנות הנייא לבניית מיתקן החשמל למקלטיים אינן כלולות בחוק החשמל ותקנותיו, אך הן חוק מדינה, ולכן כל חשמלאי המתכנן מיתקן חשמל במבנה שבו כלול מקלט, חייב לתכנן את מיתקן החשמל למקלט גם לפי תקנות הנייא וגם לפי תקנות החשמל יחד עם זאת, טוב יעשה המתכנן, ביחוד כאשר למערכות חשמל למקלטיים גדולים וציבוריים, אם ייצור קשר עם מפקדת הנייא האזורית לצורך אישור התוכניות.

כפי שהוזכר, הציוד צריך להתאים למקום ההתקנה. על פי תקנות הנייא נדרש להתקין במקלט לוח העשוי מארגו פלסטי ממוליטקרבונט בעל תכונות בידוד כפול ובעל כיסוי שקוף העשוי מחומר בלתי שבייר. כמו כן עליו להיות סוגן מפני רטיבות וחדירת מים.

בתקנות הנייא הדרישה היא שהחומר שממנו הלוח עשוי יהיה ייבבה מאלו"ל לפחות. הציוד המותקן בלוח החשמל במקלט צריך לעמוד בדרישות התקן הישראלי 981 "מיון דרגות ההגנה של מעטפות לציוד חשמלי". דרגת ההגנה הנדרשת בעבור ציוד זה היא IP447 שפירושה:

■ **דרגת ההגנה מפני חדירת מוצקים** היא 4 – הגנה מפני מוצקים שנודלם עולה על 1 מ"מ.

דרגת ההגנה הנבונה ביותר היא 6.

■ **דרגת ההגנה מפני חדירת נוזלים** היא 4 – הגנה מפני התזה.

דרגת ההגנה הנבונה ביותר היא 8.

■ **דרגת ההגנה מפני מגיעות מיכניות** היא 7 – הגנה מפני אנרגיות הולם של 1.5 ק"ג מגובה 40 ס"מ.

דרגת ההגנה הנבונה ביותר היא 9.

הדרישות המיוחדות הנדרשות מלוח חשמל במקלט הן:

■ מיתקן מתח נמוך מאוד (24 וולט) יומד באמצעות מחיצה ממיתקן המתח הנמוך (400/230 וולט).

■ אם מותקנים בלוח מפסקים מחליפים, הם יהיו מסוג קומפטי בעלי ידיות עם מצמדים.

■ בלוח יותקנו מאיזויים בעלי הגנה תרמית ומגנטית עם כושר ניתוק של 3000 אמפר לפחות.

■ יש לסמן בבירור את מעגלי הלוח.

■ בדרך כלל לא יותקן בלוח המוקלט מפסק מגן הפועל בזרם דלף, מפני שבמקלט קיימת רטיבות מוגברת ולחות גבוהה, יחסית, דבר העלול לגרום להפעלה מיותרת של מפסק המגן בדיוק ברגעים הקריטיים בהם נאלצים לשבת במקלט ויוקיים לאספקת חשמל סדירה במקלט.

■ על פי תקנות הנייא, רק במקרים יחידים המפורטים בתקנות אלה יותקן מפסק מגן הפועל בזרם דלף, במקרים הללו יותקן **שני מפסקי מגן**. במקלט יהיו שני מעגלים, ובכל אחד מהם יותקן מפסק מגן הפועל בזרם דלף. כך, במקרה שבו אחד ממפסקי המגן פועל ואינו מאפשר אספקת חשמל לאותו מעגל, עדיין יישאר מעגל נוסף שדרכו נקבל את אספקת החשמל בעבור המקלט. רגישותו של כל אחד ממפסקי המגן הללו תהיה לפחות 0.5 אמפר.

התנאים המיוחדים להתקנת מפסקי מגן במקלט מפורטים בתקנות הנייא.

התקנת מא"ז ראשי בדירות עם חיבור משותף אינה מועילה

בעת האחזקה נודע לנו, שכמה צרכנים אשר הומינו חשמלאי שהתקין בדירתם מא"ז ראשי, מתלוננים על כך, שהמא"ז שהותקן איננו מונע את שריפת התליך הראשי המדובר בערכנים שיש להם חיבור משותף וגם צרכן אחד נוסף, או יותר.

אנו מבקשים מכם, החשמלאים כי בעת שתיומנו לצרכן כדי להתקין מא"ז ראשי, תבררו עמו טרם ההתקנה, האם קיים אצלו חיבור משותף (הצרכנים בדרך-כלל יודעים זאת). אם הצרכן יודע לכם, שיש לו חיבור משותף, אנא הבחירו לו, שהתקנת המא"ז הראשי כעבור דירתו תועיל רק לאחר שהחברת החשמל תבצע הפרדת חיבור לכל אחד מהצרכנים שהיו שותפים בחיבור המשותף.

שימוש במחשב האישי בתכנון תאורת פנים והדמיה ממוחשבת

אדריכל גד גלעדי

מהפכת המחשב האישי לא פסחה על מקצוע תכנון התאורה. בתשע השנים שחלפו מאז הופיע המחשב האישי של IBM בשוק, נעשו המחשבים למראה שכיח במשרדיהם של מרבית מתכנני התאורה בעולם, אולם השימוש בהם הוא בעיקר לעיבוד תמלילים ולהנהלת חשבוניות. במשרדי תכנון רבים עדיין לא עברו לשימוש במחשב האישי בתור כלי לביצוע אנליזת תאורה.

כמה סיבות לכך, שמתכנני תאורה רבים נרתעים מלאמץ את המחשב האישי בתור כלי תכנוני, ואלה הבולטות בהן:

- חוסר מודעות ליכולתן של התוכנות הקיימות ולעובדה שההשקעה הנמוכה, יחסית, יכולה להניב חזרו כספי ניכר.
 - אי הכרת המחשב.
 - דעה קדומה בנוגע למגבלות אמיתיות או מדומות של התוכנות לחישובי תאורה.
 - חוסר "ידידות" מסורתית של התוכנות, אשר מלכתחילה יועדו לשימוש במחשבים גדולים "MAIN FRAME".
- מאמר זה מציג את האפשרויות של שימוש במחשב האישי בתכנון תאורת פנים ובהדמיה ממוחשבת.

■ אינטראקציה עם תוכנות תיבוי לתכנון בעזרת מחשב.

■ הכנת מספר פרויקטים לחישוב והרצתם במחשב בזמן המתאים ביותר – למשל בשעות הלילה – כדי שכל הפרוייקטים יחושבו ברצף עבודה אחד (Batch Processing).

התוכנות הבסיסיות מאפשרות למשתמש להכניס נתונים בעזרת לוח המקשים בלבד. ככל שהתוכנה משוכללת יותר, היא מאפשרת שימוש עוד באמצעי תקשורת בין המשתמש למחשב, כגון עכבר, עמרון הצבעה (Digitizer). התוכנות המשוכללות מאפשרות בדיקה שניאות בהכנסת נתונים, מציגות חלוטות עם חסברים כמהלך הכנסת הנתונים וכן מאפשרות בדיקה חזותית וגרפית, דו ממדית או תלת ממדית, של כל הנתונים.

באשר לפלט, רוב התוכנות מציגות את התוצאות על הצג ומאפשרות גם את הדפסתן באמצעות מדפסת – מטריצה או ליזר – או תווין. התוצאות יכולות להיות מוצגות ביחידות מידה אמריקאיות בלבד (cd/Ft², Fc) או (lumen/ft², Lux) או ביחידות מידה מטריט בלבד (lm, Lux). על פי בחירת המשתמש, בכל אחת מהמטרות של יחידות המידה.

התוכנות הבסיסיות מחשבות את נתוני עוצמת ההארה ומציגות את התוצאות במספר מוגבל של נקודות על גבי רשת קבועה בקנה המידה שקובעת התוכנה. לעומת זאת, התוכנות המשוכללות מציגות את התוצאות במספר רב יותר של נקודות, על גבי רשת בקנה המידה שקובע המשתמש.

מאגר הנתונים הפוטומטריים בתוכנות הבסיסיות הוא מאגר פנימי הסגור בפני

ככל שהתוכנה משוכללת יותר, סוגי החישובים והאנליזות שהיא מאפשרת לבצע מורכבים יותר, לדוגמה:

- חישוב עוצמות הארה אנכיות נקודתיות.
- חישוב עוצמות הארה אופקיות ואנכיות עם החזרות מהמסטחים המוגדרים של החלל מתוך התחשבות במקדמי החזרה.
- חישוב החזרות ובהיקיות.
- חישוב צריכה ליחידת שטח.
- סינתזה גרפית.

עוד חישובים המעניינים בעיקר את מי שתכנון התאורה הוא עיסוקם העיקרי.

איור 2 מציג תרשים ורימה של תוכנה בסיסית מאפשרת את ביצוע החישובים המוזכרים לעיל.

רוב התוכנות מוגבלות עדיין לחללים בעלי הגדרה אורטוגונומלית (צירים X, Y ו-Z), מקצתן מוגבלות לחלל תיבוי בלבד, ואילו המשוכללות יותר מאפשרות הכנסת מחיצות אנכיות ואופקיות, כך שאפשר לשנות את פני החלל, וזאת בתנאי שהמחיצות מוגדרות באמצעות רשת קואורדינטות אורטוגונומלית. מעט תוכנות כבר מסוגלות לטפל בחללים שאינם אורטוגונומליים ובמשתחים שאינם צמודים לרשת הקואורדינטות האורטוגונומלית.

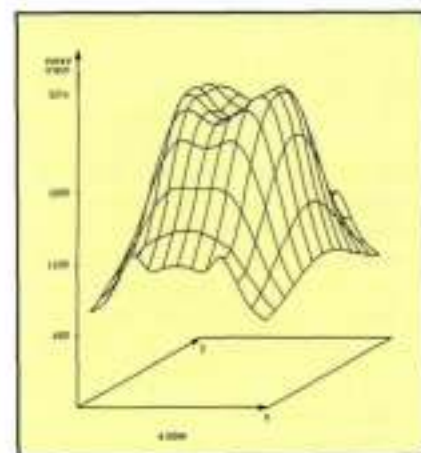
עוד שכללים בתוכנות מורכבות יותר מאפשרים את הפעולות האלה:

- בדיקה של נופים שונים בו זמנית.
- בדיקה של מספר רב יותר של נופים.
- בדיקה של כיוון הנופים בשלושה מימדים.
- שילוב של חישובי תאורת יום.

תכנות התוכנות לחישובי תאורת פנים

תוכנות בסיסיות לחישובי תאורת פנים מתרכזות, בדרך כלל, בחישובי עוצמות הארה אופקיות בשיטה המקורבת (Zonal Cavity) או בחישובים נקודתיים (Point by Point). בגלל יכולת החישוב החזרו המהירה ביותר של המחשבים הן חוסכות למשתמש בהן זמן ניכר וגם מאפשרות להשיג תוצאות מדויקות ביותר.

איור 1 מציג את חלוקת עוצמות ההארה של גוף תלת ממדי על המישור האופקי המתקבלת משימוש בתוכנה בסיסית.



איור 1
עקומה תלת ממדית של חלוקת עוצמות ההארה המתקבלת בתוכנה בסיסית

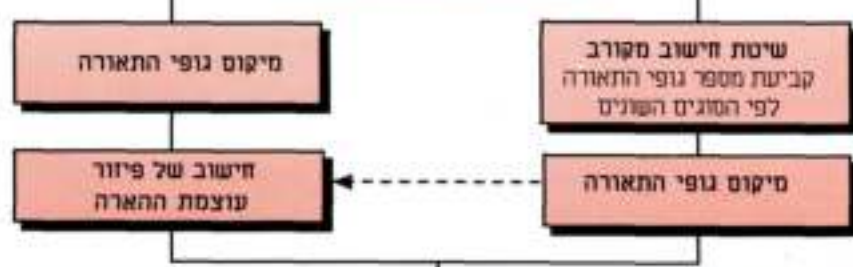
ני גלעדי – יישראלית בעיסי, יועצי תאורה

תפריט ראשי

קלט (INPUT)

- א. מידות החלל
 - ב. מקדמי החזרה
 - ג. נקודות חישוב
 - ד. נתונים פוטומטריים
 - ה. נתונים של גופי התאורה
- רוחב, אורך, גובה, גובה המשטח הנבדק
קירות, רצפה, תקרה
רשת (Grid) אופקית של נקודות לחישוב על המשטח הנבדק
רמת הארה אופקית ממוצעת רצויה, צבע האור, מסירת הצבע, מקדם תחזוקה
מספר הסוגים השונים של גופי התאורה
מספר הקובץ הפוטומטרי של הגוף הנבדק או הגופים הנבדקים, סוג מקור האור, שטף האור, צבע האור, סוג ההתקנה (בצמוד לפני השטח, שקועה, תלויה), הספק גוף התאורה כולל הפסדי צידוד הנעדר

האם נחוץ שהתוכנה תחשב את מספר גופי התאורה הנדרשים?



פלט (OUTPUT) לצג או למדפסת

- תיאור הפרוייקט
- תיאור כל גופי התאורה
- תוכנית החלל עם מיקום גופי התאורה
- חתך החלל לאורך ציר x מתוך ציון של מיקום גופי התאורה בחלל
- חתך החלל לאורך ציר y מתוך ציון של מיקום גופי התאורה בחלל
- מיקום גופי התאורה לפי קואורדינטות
- עקומת איזולוקס על המישור הנבדק
- עקומת ההשתנות של רמות ההארה לאורך ציר x
- עקומת ההשתנות של רמות ההארה לאורך ציר y
- סבלת רמות ההארה על המישור הנבדק
- סבלאות של רמות ההארה ועקומות איזולוקס על פני הקירות
- עקומה תלת ממדית של פיזור עוצמת ההארה בחלל

איור 2

תרשים זרימה של עבודה בתוכנה בסיסית

המשתמש, ואילו בתוכנות המשוכללות מאגרי הנתונים מתוחים לפני המשתמש, והוא אף יכול להוסיף עליהם גופים, להחסיר או לשנות נתונים של גופים קיימים.

רוב התוכנות הפשוטות נכתבו על ידי יצרנים של גופי תאורה או בעבורם, ועותקים מתן מחולקים, בדרך כלל, בלא תמורה. על פי רוב אפשר לעשות בהן שימוש במערכות מחשב בסיסיות.

התוכנות המשוכללות הן, פרי פיתוח של חברות תוכנה עצמאיות המתמחות בעיקר בתחום תכנון התאורה. הן נמכרות במחיר גבוה, השימוש בהן מחייב חומרה משוכללת – מהירה ובעלת נפח זיכרון גדול.

תיב"ס (תכנון באמצעות מחשב) של גופי תאורה

ההתפתחות הטכנולוגית בתחום המחשבים האישיים – שיפור ביכולת החישוב ומהירות חישוב גבוהה, ובמקביל, גם שיפור ביכולת התצוגה הגרפית – גרמה לכך שתוכנות תיב"ס מתאימות היום גם לשימוש במחשב האישי. בשוק יש היום תוכנות תיב"ס המאפשרות עיצוב גופי תאורה בלי להתייחס לצד האצטמי שלהם.

תוכנות תיב"ס משוכללות כמיוחד מאפשרות תכנון פוטומטריות של גופים על בסיס של תכנון אופטיקות תלת-ממדיות. פיתוח ומימוש של מודלים ממחשבים טומן בחובו הכטחות רבות לתעשיית גופי התאורה.

הדמיה של מראה החלל המואר

תוכנות בודדות לחישובי תאורת פנים משלבות את תכנון התאורה עם מודל חזותי מלא של המערכת המושלמת. הן יוצרות תמונת פרספקטיבה (בשלב זה – כשחור/לבן ב-64 גוונים של אמור) של מראה החדר המואר לאחר שכל חישובי התאורה בוצעו על סמך הנתונים הגיאומטריים של החלל, מקדמי החזרה של כל המשטחים והפוטומטריות של הגופים המתוכננים לשילוב בחדר זה. הוכח שתמונה המוצגת על הצג קרובה מאוד למציאות, וכמוכן אפשר להדפיסה באמצעות מדפסת או תווין.

איור 3 מציג את מראה החדר המרוהט עם גופי התאורה המתוכננים להתקנה, כפי שהתקבל במחשב האישי מתוך שימוש בתוכנה מורכבת. התצוגה היא קווית.

איור 4 מציג תמונה של החדר המואר המוצג באיור 3, והשימוש בגווי השחור נותן תחושה של רמות ההארה במקומות שונים בחדר.

רשימת תוכנות לתכנון תאורת פנים

בטבלה 1 מוצגת רשימה חלקית של תוכנות לתכנון ולחישוב של תאורת פנים המיועדות לשימוש במחשב אישי מסוג IBM או במחשב תואם לו.

הרשימה נבנתה על סמך נתונים מסקרים שנערכו בשנתיים האחרונות על ידי Lighting, Architectural Lighting Magazine, IESNA ו־Dimensions Magazine.

תכנון תאורת פנים בעתיד

עתיד יישומי המחשב לתכנון תאורה תלוי בהתקדמות פיתוח החומרה. בעולם עסקי המחשבים מקובל לומר, שתוכנה מוכרת חומרה, אולם בתחום תכנון התאורה פיתוחי החומרה הם אלה שמזרזים ומולידים התפתחויות בתוכנה.

למחשב טיפוסי בעשור הקרוב יהיה כושר חישוב מהיר בהרבה מזה של המחשב הטיפוסי בימינו, נפח האחסון יגדל פי 10 עד 100, וכך תוצג תמונה גרפית מודרכת ביותר במרק זמן קצר ביותר. התקשורת בין המשתמש למחשב גם היא עוברת שינויים מרחיקי לכת המביאים לידי קשר ויזואלי יותר בין המשתמש למחשב. תקשורת העתיד תתבסס על זיהוי קול ועל זיהוי כתב יד – המחשב יזהה את האותיות, יתרגמן לפקודות, למלל או לרשימה.

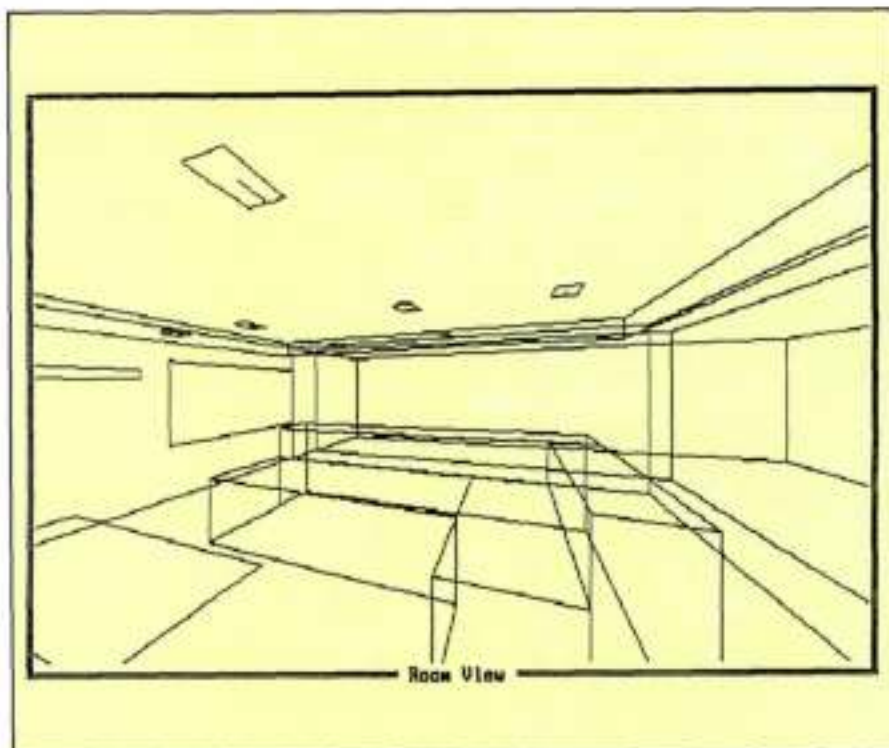
מאגר נתונים ממוחשב

מחשבי העתיד יאפשרו את המרת המידע המסופק היום על ידי יצרני גופי תאורה באמצעות קטלוגים למידע ממוחשב. היצרנים יפוצו את הנתונים על גבי דיסקים CD-ROM הדומים לדיסקים שבתעשיית המוסיקה. המתכננים יוכלו לשלף את המידע מהדיסק, להעבירו למחשב ובאמצעות תוכנה מתאימה – להשתמש במידע לצורכי תכנון התאורה.

היכולת להמיר את הקטלוגים של גופי תאורה, שרשומים מדייקים, עקומות פוליטיות וצילומים של גופי תאורה בדיסק, היא בהחלט בהישג ידה של הטכנולוגיה העכשווית, אך עדיין יש בעיה של אינטגרציה וסטנדרטיזציה.

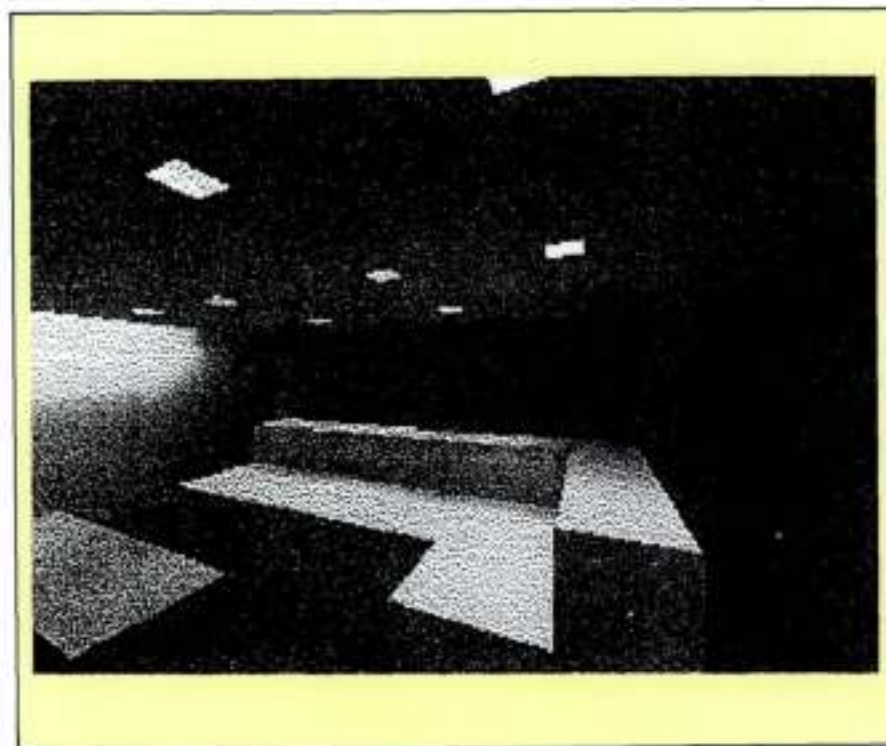
בינה מלאכותית

עד היום השימוש בבינה מלאכותית הסתכם באופטימיזציה של חישובים, בעיקר בתחום



איור 3

פלט מחשב של תצוגה קווית של מראה החדר המרוהט עם גופי התאורה המתוכננים



איור 4

פלט מחשב של הדמיית רמות ההארה במקומות שונים בחדר המרוהט

טבלה 1
רשימה של תוכנות לחישוב ולתכנון של תאורת פנים המותאמות למחשב אישי

LUMEN-MICRO (6)	EYE-LITE (5)	INSIGHT (4)	LIGHT (3)	SILICHT (2)	PEN (1)	התוכנה
640 דרוש דרוש דרוש VGA	640 סטנדרט דרוש סטנדרט כל סוג	640 דרוש דרוש סטנדרט כל סוג	256 סטנדרט סטנדרט סטנדרט CGA	256 — דרוש סטנדרט כל סוג	256 סטנדרט סטנדרט סטנדרט כל סוג	דרישות ומאפיינים דרישות חומרה זיכרון נדרש כ-16 מעבד מתמטי כונן קשיח כרטיס גרפי סוג הצג
סטנדרט סטנדרט סטנדרט סטנדרט סטנדרט סטנדרט — סטנדרט —	סטנדרט סטנדרט סטנדרט סטנדרט סטנדרט — סטנדרט — —	סטנדרט סטנדרט סטנדרט סטנדרט סטנדרט — — — —	— — — — סטנדרט סטנדרט — סטנדרט סטנדרט	סטנדרט — סטנדרט — — סטנדרט — — — —	סטנדרט — סטנדרט — — סטנדרט — — — —	סוגי החישובים עוצמת הארה נקודתית אפקית עוצמת הארה נקודתית אנכית חישוב הארה מאור ממוזר חישוב הארה מאור ישיר בהיקות המשטחים הפנימיים עוצמת הארה ממוצעת אפקית תאורת יום החמסק ליחידות שטח תקציב אורגיה סינתזה גרפית ניתוח כלכלי
סטנדרט סטנדרט סטנדרט 8	— — סטנדרט 5	— אופציה סטנדרט 15	סטנדרט — — 5	סטנדרט — סטנדרט —	סטנדרט — — 5	תכונות מיוחדות קביעת מיקום גופי התאורה שילוב עם תיבויים חישוב Batch מספר מירבי של סוגי הגופים הנבדקים
סטנדרט סטנדרט סטנדרט סטנדרט	סטנדרט — סטנדרט סטנדרט	סטנדרט אופציה סטנדרט סטנדרט	סטנדרט סטנדרט סטנדרט סטנדרט	סטנדרט — — —	סטנדרט — — —	ממשק (Interface) משתמש-מחשב מסלול עכבר בדיקת שגיאות קלט מסכי עזרה
סטנדרט סטנדרט סטנדרט סטנדרט	סטנדרט סטנדרט סטנדרט סטנדרט	סטנדרט סטנדרט סטנדרט סטנדרט	סטנדרט — סטנדרט —	סטנדרט סטנדרט — סטנדרט	סטנדרט סטנדרט — —	סוגי פלט תצוגה על נכי צג תצוגה נקודתית תצוגה לפי קנה מידה תצוגה מוצללת
סטנדרט סטנדרט —	— סטנדרט —	סטנדרט סטנדרט —	סטנדרט סטנדרט —	סטנדרט — סטנדרט	סטנדרט — סטנדרט	בסיס נתונים פוסטמטרי אינטגרלי לתוכנה משתמש במורמט IES משתמש במורמט מיוחד

רשימה של מפתחי התוכנות:

- (1) Bega Gartenbrink Leuchten CHG, D-5750 Menden, Germany
- (2) Siemens AG, Postfach 1600, D-8225, Traunreut, Germany
- (3) Elise Software, OP Drawer 1184, Bryan, TX 77806
- (4) Lighting Analysts Inc., 10472 Park Mountain Rd., Littleton, CO 80127
- (5) Lighting Sciences Inc., 7830 East Evans Rd., Scottsdale, AZ 85260
- (6) Lighting Technologies Inc., 254Q Frontier Ave., Ste 107, Boulder, CO 80301

התוכנות המיועדות לתכנון תאורת מים ולהדמיה ממוחשבת חיוניות למתכנן זמן יקר ולעתים מכצעות פעולות חישוב כמעט בלתי אפשריות לביצוע ידני. פיתוחי החומרה והתוכנה עושות את מערכות המחשב ואת התוכנות לכלי זמין, יחסית, כעבור משרדי התכנון וגם לקטנים שבהם.

סקצת מחתוכות נותנת בידי המתכנן גם כלי שיווקי ואמצעי שכנוע יוצאים מן הכלל.

בעקבות ההתפתחות הטכנולוגית בעתיד הלא רחוק יהיונה התוכנות שנוצרו במאמץ זה כלי תכנוני, זמין יותר וידידותי יותר למשתמש, ולא רק אמצעי לבדיקת תכנון ידני.

יצירת סביבה מדומה

פיתוחים ביכולת הגרפית, במהירות החישוב ובנפח האחסון מאפשרים בניית תוכנות לאינטראקציה של המשתמש עם סביבות מדומות (Simulated Environments) בזמן אמת. המשתמש יוכל לנוע על גבי הצג בתוך חלל מדומה ולראות, מתוך תנועה, את האפקטים של התאורה בחלל ולהתרשם מהשפעת התאורה על החפצים שבחלל כך למשל, יהיה אפשר לתקן תוצאות של סנוור מצג ולשמר את רמות ההארה לפי הצורך.

אחת האפשרויות המלהיבות יותר של דגמים תלת ממדיים אלה היא בחיזוי תחושת הנפח הגורמת לתגובות הסובייקטיביות של הצופים ומשפיעה על קביעת התאורה בחלל הנבדק בחלופות שונות.

תאורת החוץ נתוני השטח, הנתונים הפוטומטריים של גופי התאורה ורמות ההארה הנדרשות – כל אלו מזוים למחשב. התוכנה קובעת את המיקום האופטימלי של גופי התאורה ומחשבת את גובה התקנתם. האפשרויות הנלוות בשימוש בתוכנות לתכנון תאורת חוץ ותאורת מים הן כמעט בלתי מוגבלות.

השימוש בבינה מלאכותית יביא לכתיבת תוכנות שתהליך התכנון באמצעותן יהיה הפוך מזה הקיים בתוכנות העכשוויות. היום מוצגת התמונה של החדר המואר לאחר שחושב מספר גופי התאורה ונקבע מיקומם בחדר. התוכנה העתידית תאפשר להתחיל מבניית תמונת החדר המואר ברמת ההארה הרצויה, ולפי התוצאה הרצויה, המחשב יתח את התמונה ויקבע את המתונות.

חלוקת תעודות הוקרה באגודת מהנדסי חשמל ואלקטרוניקה

ביום 27 בנובמבר 1991 התקיים בירושלים טקס מכובד של חלוקת תעודות הוקרה מטעם אגודת מהנדסי חשמל ואלקטרוניקה. בין מקבלי תעודות ההוקרה היה גם פרופ' **ליאון מדג'ר**. מרגש במיוחד היה הרגע שבו העניק פרופ' **אריה בראונשטיין**, יו"ר אגודת מהנדסי חשמל ואלקטרוניקה, את תעודת ההוקרה למורה שלו, פרופ' מדג'ר, בן ה-88.



פרופ' ליאון מדג'ר

פעילה בכנסים ובימי העיון ובכתיבת מאמרים ב"התקע המצדיע".

עד היום פרופ' מדג'ר הוא חבר פעיל בוועדת ההוראות שליד משרד האנרגיה והתשתיות וחבר בכמה ועדות תקינה ובוועדה המרכזית לחשמל במכון התקנים.

ועדת הפרס החליטה להעניק לפרופ' מדג'ר תעודת הוקרה.

■ על פעילותו הנרחבת ורבת השנים בשטח החינוך המקצועי-האקדמי במקצוע החשמל.

■ על תרומתו לקידום רמת התכנון של מיתקני חשמל ומערכותיו.

■ על תרומתו לפיתוח תעשיות הכבלים בישראל.

■ על מאמציו הבלתי נלאים לקידום הבטיחות בחשמל בכל התחומים.

■ על תרומתו לפתרון טכנולוגיות המאזן.

■ על תרומתו לפתרון בעיות האנרגיה.

■ על העמדת דורות רבים של מהנדסי חשמל אשר שימש להם מורה, מחנך ודוגמה אישית.

נולד בבולגריה בשנת 1904. בשנת 1926 סיים את לימודיו באוניברסיטת דרמשטט בגרמניה. הישגיו בלימודים פתרו לפניו את שערי בית החרושת "סימנס". ב-1942 מונה ליועץ לענייני חשמל לממשלת בולגריה ולפרופסור באוניברסיטת סופיה, ובה היה חבר עד 1954.

עם עלייתו ארצה בשנת 1955 הצטרף לסגל האקדמי בטכניון, ובשנת 1971 הועלה לדרגת פרופסור בפקולטה להנדסת החשמל.

פרופ' מדג'ר פרסם מאמרים רבים וחשובים בתחום הנדסת החשמל, נטרורים, כבלים, מאור, הגנת תחנות כוח בפני התקפות אוויר ויבש.

בשנת 1973 הוענק לפרופ' מדג'ר "פרס קפלן" על תרומתו למשק החשמל ולתעשיית הכבלים, על ידי שכנוע היצרנים והצרכנים להשתמש באלומיניום במקום בנחושת בתור מוליך חשמל.

פרופ' מדג'ר המשיך בתפקידו בטכניון בתור חבר הסגל עד 1974, ועד היום הוא פעיל בתור פרופסור אמריטוס.

רבים מחברי קהילת "התקע המצדיע" הם מולטימדיו וממוקדיו והוא בעבורם מוסד וסמל. פרופ' מדג'ר מלווה שנים רבות את פעילויות "התקע המצדיע" הן בהשתתפות

בדיקת איכות אספקת החשמל בעזרת מכשור חדשני

אינג' שלמה כהנא

בעקבות החדירה של הציוד האלקטרוני ושל מערכות המחשבים לכל תחומי החיים נעשתה מדידת איכות החשמל לכורח המציאות מאחר שתפקודו התקין של ציוד זה מושפע מרציפות אספקת החשמל ומאיכותו. מאמר זה דן בהרחבה בנושא אפשרויות מדידת איכות החשמל ומציג את המכשור החדשני המשמש לכך.

הזרמים הרמוניים בתדר גבוה יחסית (350Hz, 250Hz, 150Hz...) יגרמו להתחממות נוספת של השנאי בעקבות הגדלת הפסדו בזרם זרמי מערבולת. כמו כן הם יעמיסו את ההגנה התרמית של המפסק, וכך עלולות להיגרם הפסקות בלתי רצויה באספקת החשמל.

הזרמים הרמוניים מתנקזים אל מוליך האפס. כתוצאה מכך ערך הזרם במוליך זה עלול להגיע לערך הגבוה מהזרם הנקוב!!! כמו כן הזרמים הרמוניים יכולים לגרום לפעולה שגויה של מערכות הקבלים לשימור מקום החשמל.

מכשור חדשני לבדיקת איכות אספקת החשמל

כדי לתכנן מטרות שיאפשרו את תפקודן התקין של המערכות האלקטרוניות והמחשבים, יש צורך למדוד את ההפרעות במיתקנים. חשיבות מיוחדת יש לביצוע בדיקות במיתקנים שבהם ההפרעות גורמות לתקלות של ממש בתפקוד הציוד האלקטרוני הרגיש.

מכלל המכשירים לבדיקת איכות אספקת החשמל המצויים בשוק, יתוארו המכשירים האלה:

- בוחן מתח חד מופעי.
- בוחן רשת חדשני.
- אוגר נתונים.
- בוחן הרמוניות למדידת מתח ועכבה של הרשת.
- מד תנודות מתח.

בוחן מתח חד מופעי

המכשיר מותח במיוחד לביצוע מדידה ומעקב על מתח ההזנה בנקודת מדידה שהצרכן קובע. הבדיקה נעשית על ידי הכנסת המכשיר לבית תקע חד מופעי. במצב רגיל המכשיר מציג על גבי צג סימפתי את הערך האפקטיבי האמיתי (TRUE RMS) של המתח.

הממוצע של סטיות המתח, מעל או מתחת לערך הנקוב, כפי שמחושב ממדידות המכשיר,

טבלה 1
ערכים מרביים מותרים של הזרמים הרמוניים, הנמדדים בכניסה לציוד החשמלי המחולל את הרמוניות

סדרת הרמוניות	ערכים מרביים של הזרם הרמוני (אמפר)
3	2.30
5	1.14
7	0.77
9	0.40
11	0.33
13	0.21

טבלה 2
ערכים מרביים מותרים של המתח הרמוני ברשת אספקת חשמל במתח נמוך

סדרת הרמוניות	ערכים מרביים של המתח הרמוני באחוזים מהמתח הנקוב
3	0.9
5	0.4
7	0.3
9	0.2
11-13	0.1

סוגי הפרעות ברשת החשמל

כשדגים באיכות החשמל מתכוונים בעיקר לאופן השמירה על הערכים הנקובים של המתח, הזרם והתדר.

אל הן סוגי הפרעות המופיעות ברשת החשמל:

- סטייה מהמתח הנקוב
מתח יתר (OVER VOLTAGE) או מתח ירוד (UNDER VOLTAGE).
- זעירות מתח (VOLTAGE SAG) וירידות מתח חולמות בפרקי זמן קצרים.
- תנודות מתח (VOLTAGE FLUCTUATIONS).
- סטיות מתח חולמות
קפיצות מתח (SPIKE) – דפקים (Pulses) מהירים או דרבני מתח (SURGE) – עלייה וירידה איסימטרית של המתח.
- מתחים איסימטריים
הפרשי מתח בין המופעים.
- זיהום הרשת בהרמוניות
עיוות צורתו הסינוסואידלית של הנל הנפסיסי של המתח או הזרם.

זיהום הרשת בהרמוניות

מקור היווצרותם של הזרמים והמתחים הרמוניים הוא בצרכנים בעלי אופי לא ליניארי, כגון: תנורי קשת, רתכות, תאורה פלואורסנטית, מערכות חשמל עם מיישורים, לדוגמה מערכת אל-פסק, מגועים עם ויסות מהירות בעזרת טיריסטורים וכו'.

טבלאות 1 ו-2 מציגות את תדריות התקן הבינלאומי IEC-555 העוסק בעיוותי הרמוניות.

המשמעות המיידית של הזרמים הרמוניים עלולה להיות העמסת יתר של השנאי במיתקן, בייחוד כאשר השנאי מועמס בעומס הנקוב.

פי כהנא – חברת אי.א.סי. – מנייה פיקוד ובקרה במים

אוגר נתונים

אוגר הנתונים בעל 16 כניסות אנלוגיות, דוגם את הערכים הנמדדים בקצב של 0.5 msec האוגר מציג את הערך האפקטיבי האמיתי (TRUE-RMS) הנמדד.

המכשיר מיועד, בין היתר, לניתוח הפרעות רשת בזמן תגובה של 10 msec ומעלה. בעזרת הפעלה זו של רישום אירועים לזמן ארוך (Event Recorder) קיימת האפשרות לרישום מדויק של ההפרעות השונות ברשת, המסקות קצרות, עליות מתח וירידות מתח, דורבני מתח (Surge, Sag) וכו'. אגירת הנתונים מתבצעת במדול הויכרון.

דרך תקשורת טורית RS 232 אפשר להעביר את הנתונים האגורים במכשיר למחשב אישי ולבצע עיבוד נתונים ממוחשב כולל הדפסת.

איור 3 מציג את המכשיר בצורה סכמטית, כולל תקשורת למחשב.

בוחר רשת חדשני

בנוי בצורת מוודה המיועדת, בין השאר, למדוד ולאגור נתונים על צורת הגל של פתחים וורמים. המדידות נעשות באמצעות דינמיות מהירות במשך 200µsec. בעזרת תוכנת עיבוד מיוחדת אפשר לתת, כמעט מיד, את צורת הגל של המתח והזרם מתוך פירוקו להרמוניות עד להרמוניה ה-20.

בנוסף לאמור לעיל, המכשיר מזהה גם הפסקות חשמל הנמשכות יותר מ-60 msec ומפיק דיוח הכולל את התאריך ושעת האירוע.

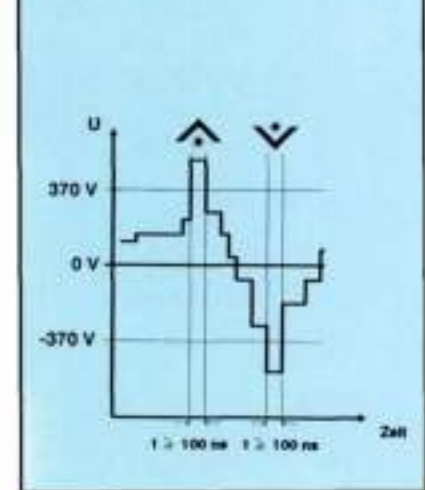
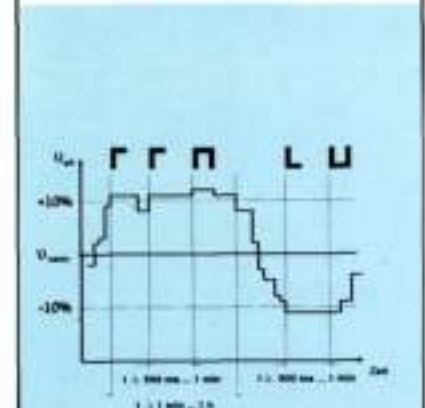
המכשיר משמש גם לאגירת הנתונים המאיינים של אספקת החשמל: מתח, זרם, הספק, אנרגיה, מקדם ההספק, תדר וכו'. המדידות נעשות באמצעות דינמה הנמשכת שניה אחת או יותר.

איור 2 מציג דוגמה של ניתוח הזרם במיתקן מסוים לפי ההרמוניות.

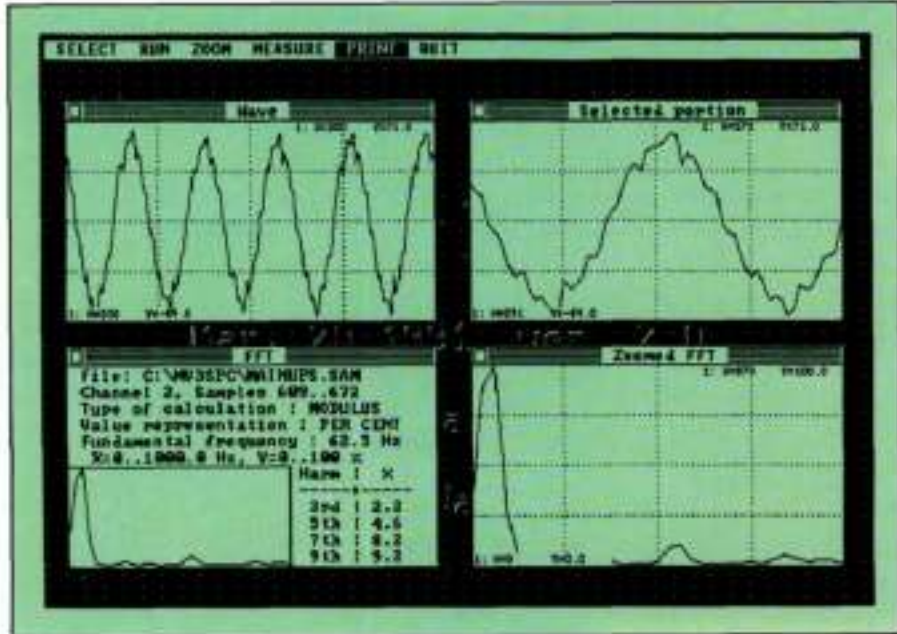
בגבולות של $\pm 10\%$ במשך שניה אחת או יותר יירשם בויכרון המכשיר.

כמו כן נרשם, כאומן מצטבר, מספר האירועים הרגעיים של דורבני מתח – חיוביים ושיליים – המתרחשים ביחידת זמן מערית של 100msec.

איור 1 מציג את המכשיר וכן תיאור טרמי של תוצאות המדידות שנעשו באמצעותו.

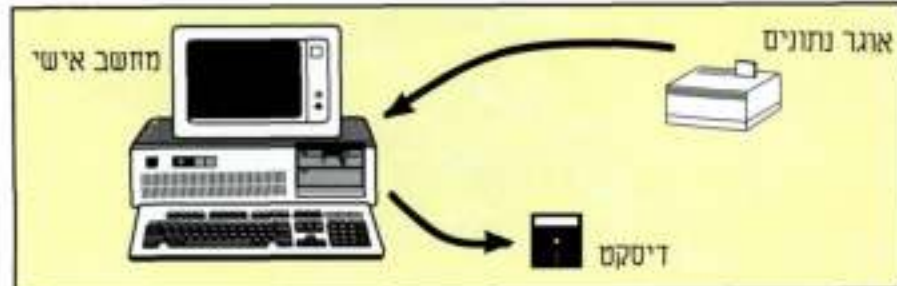


איור 1
בוחר מתח חד מופעי



איור 2

דוגמה לניתוח הזרם במיתקן לפי ההרמוניות כפי שהוא נעשה באמצעות בוחר רשת חדשני



איור 3

תיאור סכמטי של אוגר נתונים כולל תקשורת למחשב

סיכום

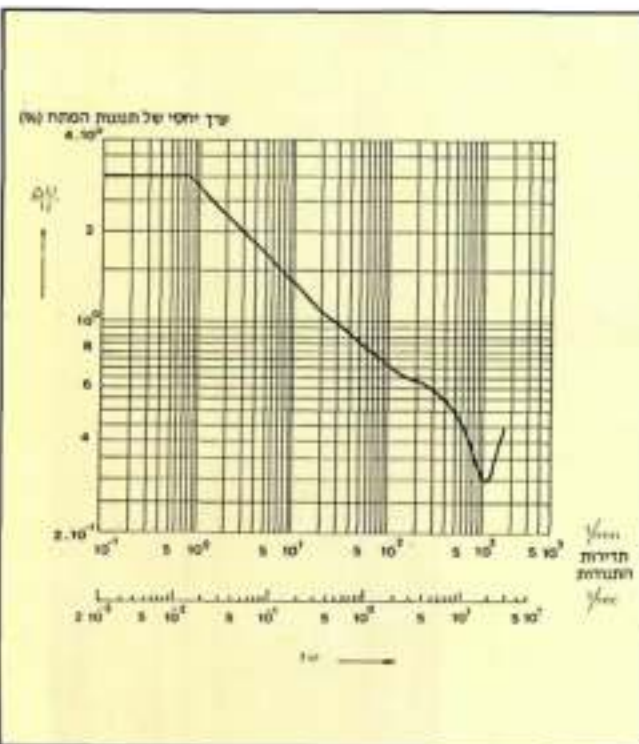
סידית ההפרעות ברשת היא השלב הראשון והחברתי לשם איתור גורם ההפרעה והארכת מדלה.

הציוד שהוצג יכול לסייע, ברוב המקרים, באפיון הבעיה ולכוון לפתרון שיהיה יעיל וגם כלכלי.

המכשירים שהוצגו הם רק מדגם קטן מתוך מבחר המכשירים המצויים בשוק והמשמשים למדידות המיוחדות שפורטו.



איור 5
מד תנודות מתח



איור 6
תנודות המתח המותר (באחוזים) כפונקציה של תדירות התנודות

מד תנודות מתח

תנודות מתח מוגדרות כשינויים מחזוריים המורכבים על הגל הבסיסי של המתח. אמפליטודת התנודות יכולה להשתנות בצורה אקראית או מחזורית. מידע על ערך התנודות (Flicker Rate) חשוב מאוד לחברת החשמל וגם לצרכן.

מד תנודות מתח מוצג באיור 5. המכשיר בנוי ממד מתח, ממסננים מיוחדים וממסרכת לביצוע חישובים סטטיסטיים. המכשיר יכול למדוד שלושה ערכים של מתחים שונים ברוזמית, לדגום 200 דגימות במחזור ולאגור את התגובות הנמדדים בהתקן זיכרון מיוחד. באמצעות מערכת תקשורת RS 232 התגובות מועברים למחשב תוכנת המחשב מאפשרת את תיכונת המכשיר, את קריאת התגובות מהתקן הזיכרון שבמכשיר ואת עיבוד התגובות למתן דו"ח מדידה מסכם.

התקן הבינלאומי IEC-555 עוסק גם בתנודות מתח. באיור 6 מוצג עקום שנלקח מתוך תקן זה. העקום מגדיר את הערך היחסי של תנודת המתח המותר ($\Delta U/U$) באחוזים כפונקציה של תדירות התנודות.

צרכנים שברשותם נמצא ציוד חשמלי העלול לגרום לתנודות מתח מעל לערך המותר של התנודות, חייבים לנקוט אמצעים למניעתן (מיוצבי מתח, נטרורים, מערכות אל-פסק).

בוחרן הרמוניות למדידת מתח ועכבה של הרשת

מועד בעיקר למדידת שני הערכים האלה:

- הערך האפקטיבי האמיתי של מתח או של זרם הרשת עם פירוקו להרמוניות במדידה מדגמית (512 דגימות לאורך של 4 מחזורים), חיבור המכשיר למחשב אישי מאפשר הפקת דו"ח על פירוק הרמוניות עד להרמוניה ה-49.
- עכבת הרשת בכל אחת מהתדרויות הרמוניות (250Hz, 150Hz, 250Hz עד 2500Hz).

המדידה האמורה של העכבה באמצעות המכשיר חשובה למטרות האלה:

- לצורך בדיקה, האם הרמוניות הצפויות בעת חיבור עומס לא ליניארי לרשת לא יעלו על הערך המותר.
- לצורך מציאת מתרון להרמוניות גבוהות ברשתות קיימו, בתור בסיס לחישוב המסננים לאותן הרמוניות.
- לצורך התאמת מערכות קבלים לרשת כך שימנעו מצבי תהודה.
- לצורך פתרון של בעיות ברשתות תקשורת.

איור 4 מציג את המכשיר.



איור 4
בוחרן הרמוניות למדידת מתח ועכבה של הרשת

עקרונות הפיקוד המתוכנת *

במכשירים ובמיתקנים רבים קיימות מערכות פיקוד הפועלות לפי תזמון מסוים. כאשר תיול מערכת הפיקוד קבוע, ניתן לבצע שינויים בתוכנית רק בעזרת תיול מחדש – משימה שאינה קלה כלל ועיקר. לעומת זאת, מערכת פיקוד מתוכנת אינה זקוקה לשינויי חיווט, אלא יש לשנות את התהליך המאוחד בו יכרוך המערכת.

מישור היציאה

קולט את אותות הפיקוד המועברים אליו ומבקר בעזרתם את רכיבי הפיקוד (התקני הנגה, מימסרים, מטעים). גם כאן, בהתאם לסוג הצרכן, יש להתאים, להגביר או לפענח את האותות.

ההבדל בין מערכת פיקוד קבוע למערכת פיקוד מתוכנת

כאשר משווים את מערכת הפיקוד המתוכנת למערכת הפיקוד הקבוע, ניתן למצוא הקבלה בין לוח של מערכת פיקוד קבוע (איור 2) לבין מיכשור האוטומציה של מערכת הפיקוד המתוכנת (איור 3), בין דיאגרמות החיבור של המערכת הקבועה ובין רשימת ההוראות ותוכניות הפונקציות והמיתוג של המערכת המתוכנתת, וכן בין התיול של המערכת הקבועה ובין תוכנית מערכת הפיקוד המתוכנת.

בלוח הפיקוד מתקנים את רכיבי המיתוג

מוסלף לפני התחלת התיכנות, ללמוד היטב את הוראות השימוש של המערכת.

פיקוד הנגה

להכרת עקרון פעולת המערכת נדון תחילה בפיקוד הנגה. סכימת החיבורים היא הבסיס היסודי לכל תיכנות.

הפיקוד מורכב משלושה מישורים:

- מישור הכניסה.
- מישור העיבוד.
- מישור היציאה.

מישור הכניסה

כולל את כל הרכיבים (לחיצים, מתגים, חיישנים וכדומה), המעבירים את פקודות הבקרה לכניסות הפיקוד. האותות צריכים להתאים למישור העיבוד.

מישור העיבוד

מעבד את אותות הכניסה בהתאם לתוכנית ומעביר אותם (מוגברים, אם יש צורך) למישור היציאה.

מערכות פיקוד מתוכנת כחלופה למערכות בעלות תיול קבוע

מערכות פיקוד מתוכנת נמצאות בשוק מאז סוף שנות השבעים, והן כבשו לעצמן תחום פעולה נרחב. הודות להתפתחות המהירה של המיקרו-אלקטרוניקה גדלה קיבולת הויתרון של מערכות אלו, ובמקביל קטנו ממדיהן ומחירן ירד.

כפיתרון לבעיות פיקוד חשמלי, משמשות מערכות הפיקוד המתוכנת חלופה כלכלית למערכות בעלות תיול קבוע.

הפיקוד המתוכנת נעשה כלכלי החל ממספר עיבודים מסוים. איור 1 מציג את התלות שבין העלות ובין מספר פעולות החיבור וההמסקה.



איור 1

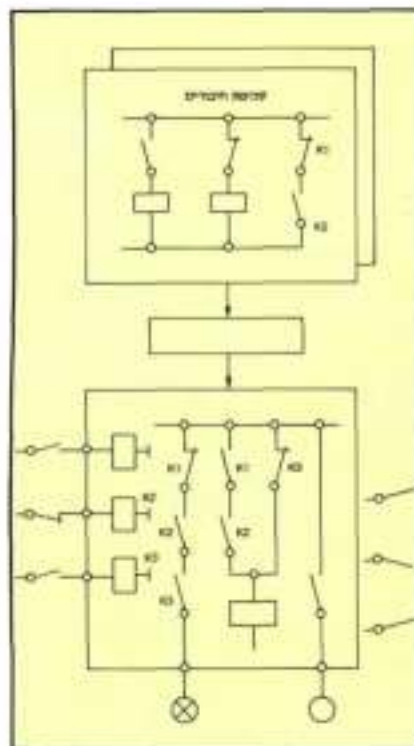
עלות כפונקציה של פעולות החיבור וההמסקה

היתרונות של מערכות הפיקוד המתוכנת

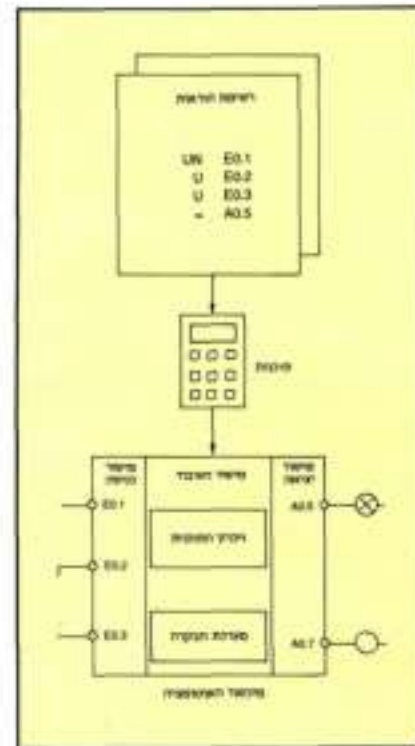
- הן:
 - נמישות תיפושלית.
 - צורך בתחזוקה מוערית.
 - תיכנות מהיר ופשוט.
 - ממדים קטנים.
 - אפשרות לתיעד תוכניות וסכימות חיבורים באופן אוטומטי.
- ליתרונות אלו יש השלכה חיובית גם על עלות המערכת.

מבחינת המבנה והתיכנות נבדלות המערכות ביניהן בהתאם ליצורן. לפיכך,

* מבוסס על תרגום מאמר שפורסם בגיליון 11/89 של *de-der elektroniker + deutsches elektronenwerk* כתבי-עת מקצועי לנוף החשמל בגרמניה המערבית.



איור 3
מערכת פיקוד מתוכנת



איור 2
מערכת פיקוד קבוע

השונים, כגון: התקני הנגה ומימסרים, ומחברים ביניהם בהתאם לתרשים החיבורים. המבנה המכני והתיוול של הפיקוד הם פונקציה של תפקיד המיתוג המוטל על המערכת. משנים אתם רק אם חל שינוי בדרישות הפיקוד. הלוגיקה של תפקידי הפיקוד ממומשת בעזרת תיוול הרכיבים. שינויים במערכת, הנובעים מדרישות חדשות, מחייבים אימוץ, רכיבים חדשים והכנסת שינויים בתיוול (כולל עבודות הרכבה והלחמה).

במערכות פיקוד מתוכנת המבנה המכני ומיכשור האוטומציה אינם תלויים, למעשה, בתפקודם. יצירת התוכניות בעזרת אמצעי התיכנות היא קלה ונעשית בצורת פקודות לפי רשימת הוראות. התיוול מצטמצם לחיבור הבקרים בכניסה ומכשירי המיתוג ביציאה. ביצוע שינויי תיפקוד, גם בעת ההפעלה הראשונה וגם לאחר מכן, הוא קל ופשוט. מאחר שתיפקוד הפיקוד שמור בזיכרון מכשיר

האוטומציה, ניתן לבצע בו שינויים בכל עת מבלי לשנות את התיוול.

לב מערכת הפיקוד

לב מערכת האוטומציה כולל בזיכרון ובמערכת הבקרה (מישור העיבוד), יסוד מערכת הבקרה הוא בדרך כלל, מיקרו-מעבד, המבצע את כל פעולות הבקרה. מערכת הבקרה סורקת את אותות הכניסה ודואגת לכך שהיציאה תקבל את פקודות המיתוג המתאימות – לפי התוכנית המאוחסנת בזיכרון.

בקרת היציאות נקבעת לפי התוכנית התוכנית היא סדרה של פקודות בקרה, המבוצעות צעד אחר צעד בעזרת מערכת הבקרה.

סיכום

לסיכום המאמר נציין את הנושאים העיקריים שהוא דן בהם:

א. תפקיד הזיכרון במיכשור אוטומציה הוא לשמש מאגר התוכניות של פעולות המערכת, בהתאם לשלבים שכתבים.

ב. הפעולות שחייבים לבצע בעת שינוי בתיכנות של מערכת פיקוד קבוע, כוללות תיוול מחדש (כולל הרכבות והלחמות).

ג. לב מערכת הפיקוד הוא היחידה המרכזית, הכוללת מערכת בקרה בצירוף זיכרון, המיקרו-מעבד, הכלול במערכת הבקרה, מבצע את הנדרש על ידי קליטת המידע הנכנס ובהתאם לכך מפיק את הפיקוד הנדרש ומעבירו למישור היציאה.

ד. ההבדל העקרוני בין שתי המערכות הוא שבמערכת פיקוד קבוע, סדר הפעולות נקבע על ידי התיוול, בעוד שבמערכת פיקוד מתוכנת מאוחסנת תוכנית הפעלה בזיכרון (בצורה אלקטרונית) וניתנת, לכך, לשינוי קל וטוח.

הכנס המקצועי השנתי ה-9 של העוסקים בתחום החשמל בישראל

הכנס השנתי ה-9 יתקיים ביום שלישי 12.5.92 במרכז הקונגרסים בתל-אביב

מושב א' – המיפגש המרכזי

המיפגש המרכזי יתקיים בהשתתפות כל באי הכנס ויכלול:

- **דברי פתיחה:** אינג' משה זיסמן, מנהל אגף הצרכנות, חברת החשמל
- **ברכות**
 - ★ מר סילבן שלום, יו"ר מועצת המנהלים, חברת החשמל
 - ★ אינג' משה כץ, המנהל הכללי, חברת החשמל
- **הרצאה:** תוכניות הפיתוח של חברת החשמל
אינג' יגאל פורת, מנהל אגף מחקר ופיתוח, חברת החשמל

מושב ב' – הרצאות מקצועיות בקבוצות

כמושב זה יתפצלו המשתתפים ל-7 קבוצות. כל משתתף יוכל למצות בצורה מירבית את מינון ההרצאות ולהשתתף בקבוצות שבהן נכללות הרצאות בנושאים שבהם יש לו עניין.

■ דיון (רב שיח)

בסיומה של כל הרצאה מקצועית יתקיים דיון (רב שיח) בהקשר לנושא ההרצאות בהשתתפות צוותי מומחים בתחומים השונים.

הזמנות לכנס

הזמנות לכנס נשלחו לכל אנשי מקצוע החשמל הנכללים בקהיליית "התקע המצדיע", וכן למשרדי ממשלה, למוסדות ציבור, לחברות ולמפעלים המעסיקים חשמלאים.

בגלל מספר המקומות המוגבל, וכדי לאפשר קליטה מסודרת של משתתפי הכנס, המעוניינים להשתתף בכנס מתבקשים לבצע את פעולת הרישום בהקדם האפשרי.

מדור שרות פרסומי לקוראים

"התקע המצדיע" מס' 50



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 בחובת המערכת: מערכת "התקע המצדיע" ת.ד. 8810 חיפה 31086.

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

תלוש שירות פרסומי למידע נוסף

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

שם:

חברה/מוסד/מפעל:

המען לתשובות:

יחוב/שכונה / מסל:

שוכן:

מיקוד:

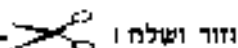
הואיל נא לסמן עיגול סביב מספרי המודעות, בהן יש לך ענין במידע נוסף

50/13	50/12	50/11	50/10	50/9	50/8	50/7	50/6	50/5	50/4	50/3	60/2	50/1
50/26	50/25	50/24	50/23	50/22	50/21	50/20	50/19	50/18	50/17	50/16	50/15	50/14
							50/32	60/31	50/30	50/29	50/28	50/27

הודעה למערכת:

.....

התלשט למידע נוסף יענה עד יום 31.05.92 לאחר תאריך זה יש להגות את בקשות המידע ישירות לחברות המפרסמות.



נזור ושלח |

המח
המקומי
המרכז



1987-90



1987-90

נוסד 1970

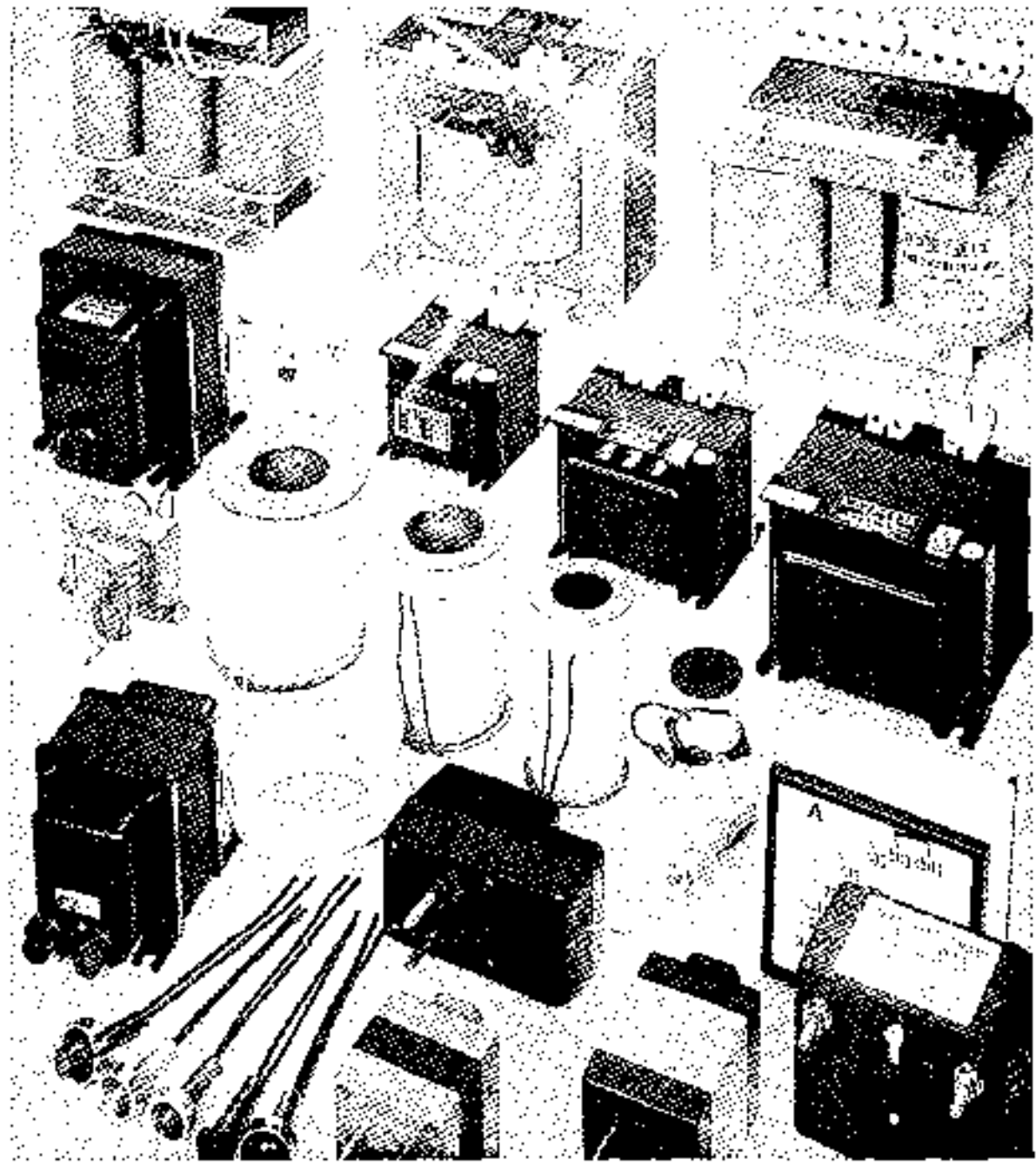
כח

ברק

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

- ★ שנאים (טרנספורמטורים) וולט 115/230
- ★ להרכבה בלוחות חשמל ומתקני חשמל
- ★ שנאי אוטוטרפו להתנעת מועטת חשמלית עו
- ★ 2000VA כח 2000
- ★ קטורה זרם לאמפירמטר להרכבה בלוחות חשמל

שנאים להפעלת מכשירי חשמל אמריקאיים 115/230V.
שנאים לייקוד ולקרה למערכות חשמל.
שנאים להפעלת מנוע חלל 12V-230V.
מיצור לני חישת מרמי, ת"י - 888.
ספק משנה והכתי"ן מס' 9083084547



רח' רובינא 6 פינת הר ציון 91 תל אביב 68538 טל. 03-377692, פקסימיליה 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, אחזקה 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 וחיידוש 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 חשמליות נוספות לפי דרישה.

נא לפנות לחברת:



אנרלק בע"מ

בדיקות התאמה לתקנים • בדיקות קבלה • כישל הגנות • איתור תקלות

ד.ו. תל יצחק, מיקוד 45805, טל. 053-650980/1, פקס: 053-650979

המודלורים של GEWISS

GEWISS

סידרת 9000 תחת הטיח



סידרה חדשנית למפסקים, לחצנים שקעים, עמעמים, נוריות סימון, פעמונים, זמזמים וכל שאר האביזרים החשמליים
הכל ביחידות מודלוריות הניתנות להרכבה עצמית בכל שילוב אפשרי
במסגרות במגוון צבעים מרהיב, התקנה נוחה, בטיחות מירבית, בעיצוב יפיפה
וגימור מושלם

פאר תוצרת GEWISS

סידרת 9000 מאושרת ע"י מכון התקנים הישראלי

לקבלת קטלוג מפורט והדגמה פנה ל-

זאב שמעון חמיש בע"מ

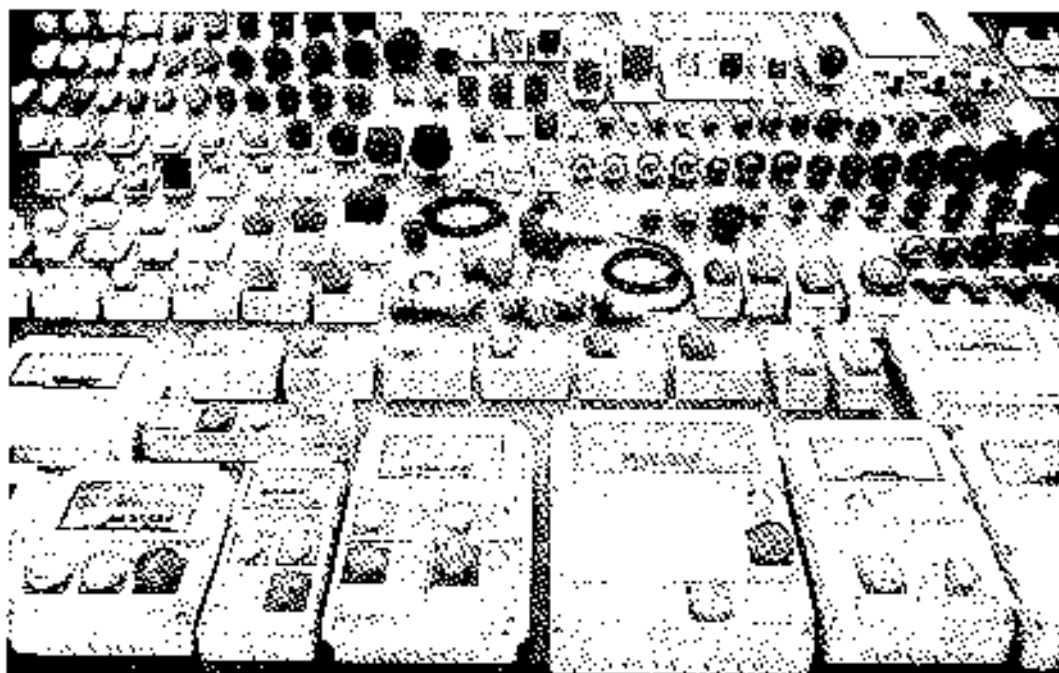


משרד ראשי: רחוב המפלסים 10, קרית אריה, פתח תקוה 49130
טלפון: 03-9231227, פקס: 03-9233223

המודלורים של GEWISS

GEWISS

סידרת לוחות מודלורים לתעשייה



סידרה חדשנית של לוחות חשמל לתעשייה, תקעים ושקעים.
הכל ביחידות מודלוריות הניתנות להרכבה עצמית
בכל שלב אפשרי.

התקנה נוחה, בטיחות מירבית, עיצוב יפיפה וגימור מושלם.

אתה זה שקובע את מהנה הלוח

פאר תוצרת GEWISS

סידרת לוחות לתעשייה מאושרת ע"י מכון התקנים

לקבלת קטלוג מפורט והדגמה פנה ל-

זאב שמעון חמיש בע"מ

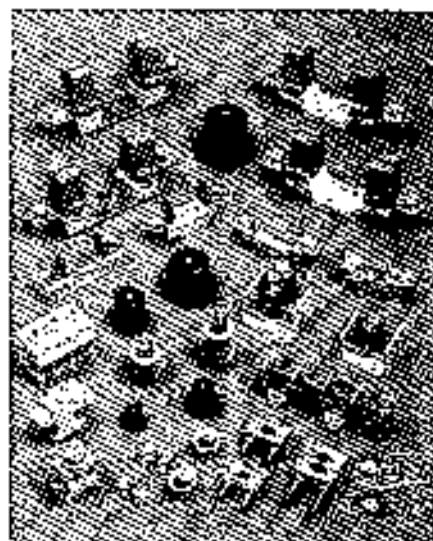


משרד ראשי: רחוב המפלסים 10, קרית אריה, פתח תקוה 49130

טלפון: 03-9231227, פקס: 03-9233223

ארקו בקרה אלקטרונית בע"מ

100% חיזור מקומי



בסיסי נתיכים, מהדקים ומבודדים במגוון גדלים



מעטפות לצירי חשמלי-בידוד כפול, מפוליקרבונט ופוליאסטר משודרין, במגוון גדלים וצבעים

בטיחות ואיכות
בכחול לבן
בפתרון בעיות
מיתוג חשמלי

ראשון לציון, אזור התעשייה החדש, רח' שפירא 7 ת.ד. 4565 (75144)

AC



היצרן היחידי בישראל לציווד
מיתוג שקיבל הסמכה
לסמן את מוצריו בתו תקן
ממכון התקנים הגרמני



מקבוצת אריאל

בולט "מסגור" תופה



מונטיג'ים ומנתקי נתיכים, לניתוק בעומס,
חד פוי ותלת פוי, בגדלים:
160A-"00" 250A-"1"
400A-"2" 630A-"3"



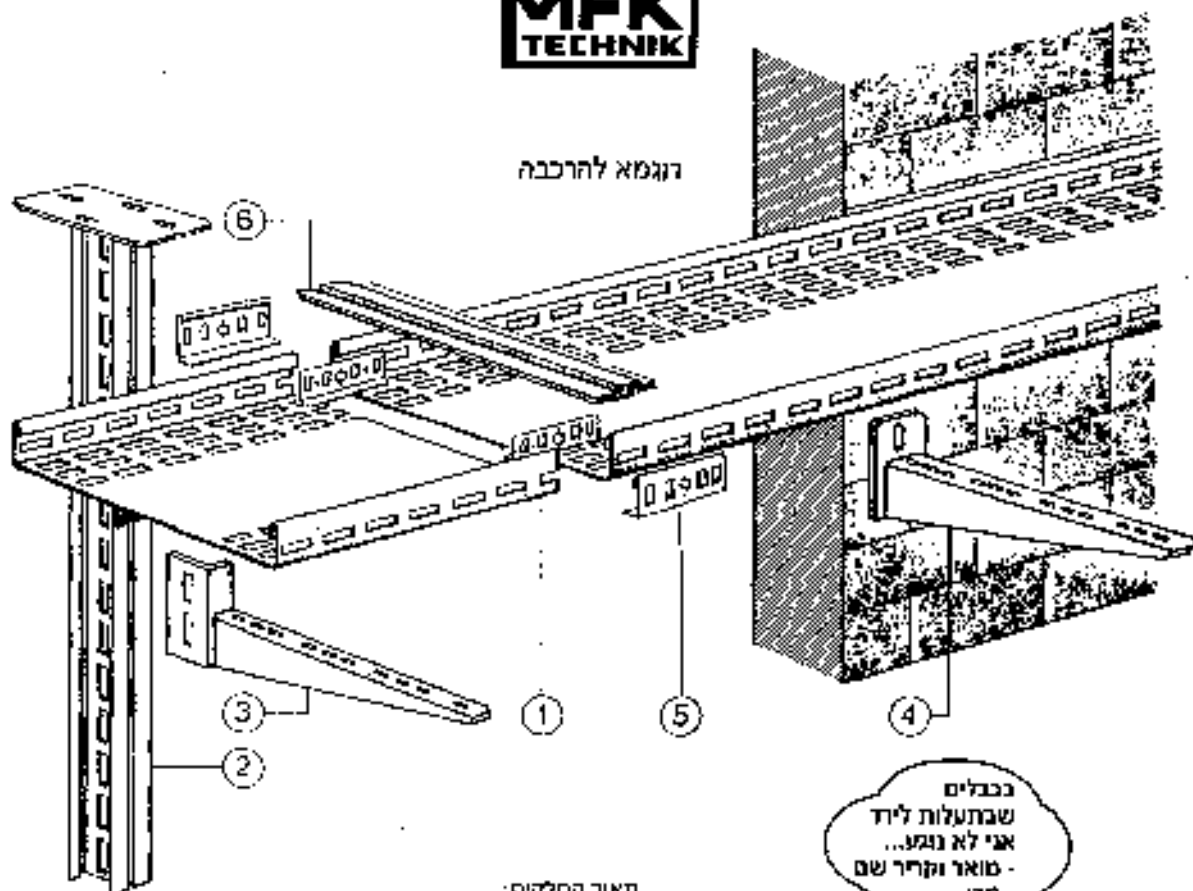
סדנלי נתיכים בגדלים:
160A-"00" 250A-"1"
400A-"2" 630A-"3"

טל. 03-9630844 פקס. 03-9614675

תעלות וסולמות כבלים



הגמא להרכבה



- תאור החלקים:
1. תעלה כבלים
 2. תומך תלוי
 3. משען לתומך תלוי
 4. משען קיר
 5. חיבור ימנית לכיסוף
 6. פלטה לחיבור עליון

כבלים
שבתעלות לירד
אני לא נמנע...
- סואר וקיר שם
... מדי



**המוצרים של לירד נושאים תו תקן גרמני
ומצטיינים בחוזק, נוחות ודיוק בהרכבה.
החברה מספקת שירות וביצוע של עבודות השמל
ואינסטלציה למוצריה.**

לקבלת פרטים נוספים וקטלוג מפורט פנה אל:

לירד שיווק בע"מ

ת.ד. 609, נצרת עילית
70 : 06-574434, פקס: 06-553357



הנדסת הספק (1980) בע"מ

מקבוצת כלל תעשיות

משפחת מתנעים-רכים

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



משפחת בקרי-מהירות

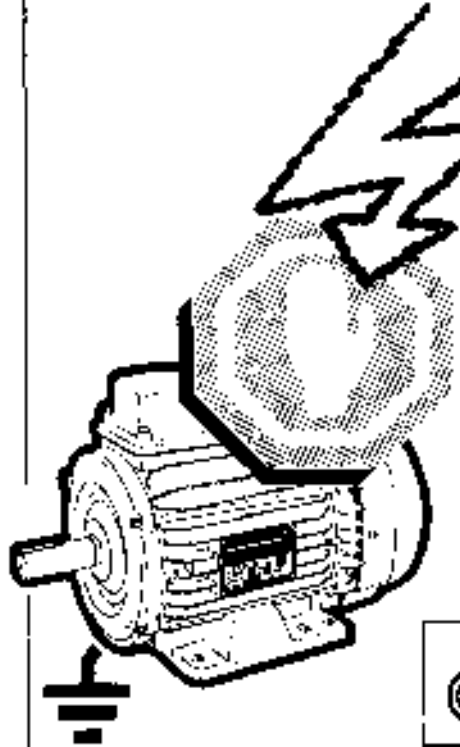
PDB אנלוגי
PAD דיגיטלי
PDC דיגיטלי שקט



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

למידע נוסף סמן 7:50

הקדם תרופה לשורייצת המנוע



תיקון מנוע שרוף עולה לך ביוקר! (זמן חשבתי, עבודה ושימוץ)

- * מאפי' אתו קוב לכאשר רוח איתו תקין, כבר מאוחז מני
- * מוציב נשמים לרוח בעל ליקוי בידוד היסודית הנוצרת להשאוב עימו!
- * בתחורה שקדמה על ה- IREH יטיב לטנע את הנק :
- * בעזרת ה- IREH נבדק טיב הבידוד של הניץ כשהטנע איתו מועל :
- * ה- IREH מאפשר ליקוט באמצעים הידועים עד כונן החלוחות הליקוי :
- * יעד במידות למנועים (אלטרנטורים) המשמשים כמעילת הצלה ובזמן מעמקים כינוי אשן, ובעבודת חיים וכן כמטעים *מחלקים בלוחי לחם לוחה או כמסמית ה זיכ מעי'.



אלקוסיון ושוק בנימי דהי צדיק וא, קידאון
 994 קידאון 55149 טל. 03-343506, 03-340776

למידע נוסף סמן 7:50

המודלורים של GEWISS

GEWISS

לוחות לממ"אטים לכל דרישה
ארגזי פוליאסטר המשוכללים ביותר



גופי תאורה של GEWISS



לקבלת קטלוג מפורט והדגמה פנה ל-

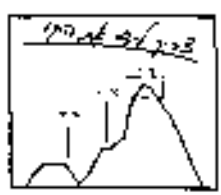
זאב שמעון חמיש בע"מ



משרד ראשי: רחוב המפלסים 10, קרית אריה, פתח תקוה 49130
טלפון: 03-9231227, פקס: 03-9233223



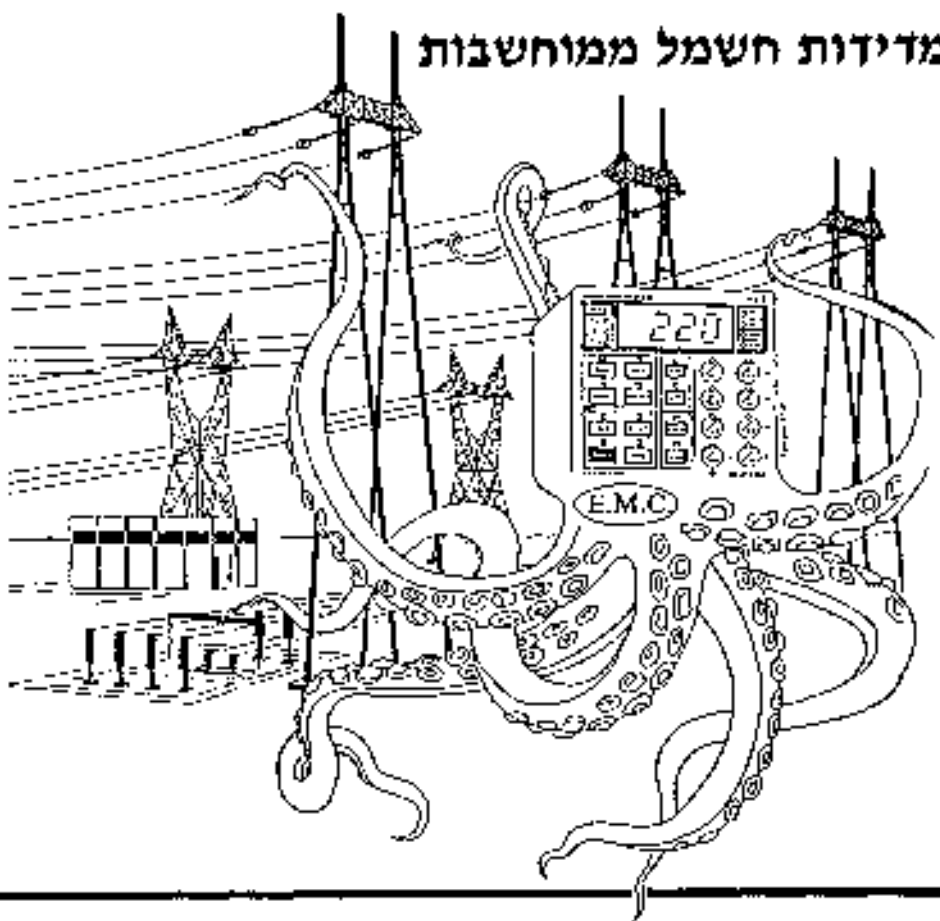
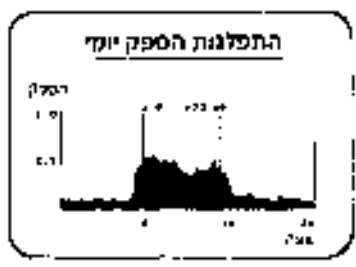
(03) 752 28 68



מניה פיקוד ובקרה בע"מ

ד'בוטניסקי 54 • רמת גן 52482
פקס: 752 26 40

מדידות חשמל ממוחשבות



- ☆ שרות
- ☆ מכירה
- ☆ השכרת ציוד

שרות מקצועי ואמין.

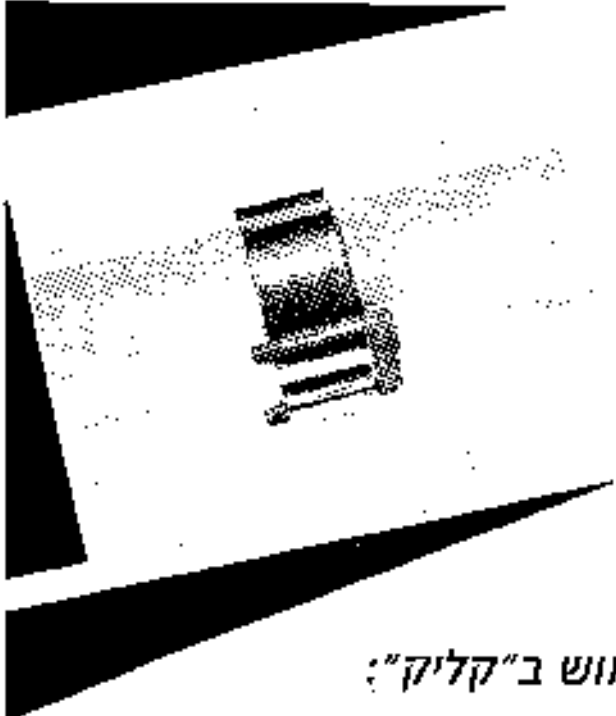
- רישום הפסקות חשמל.
- מדידת הרמוניות ומצבי מעבר.
- בדיקת חשבון חשמל ע"י מדידה.
- מדידת בידוד וטיב הארקה.

דרושים מפיצים!

ציוד ומכשור ממוחשב בתחום:

- פיענוח והצגת פרופיל צריכה.
- שיווק מערכות חשמל ובקרה.
- ניהול עומס חשמלי.
- שרותי מדידה ופיענוח ליועצי חשמל.

קליק בקלי קלות



קליק - מחזיק מרחק ("שלה")
קליק - לחיבור מהיר

מתאים לצנרת חשמל ומים,
 לצינורות מריון ומריכף ולכלי
 חשמל ותקשורת.



ואלה רק חלק מהיתרונות בשימוש ב"קליק":

- * חיבור מהיר
- * חסכון בכח אדם
- * נוח לתפעול
- * מהירות ההרכבה
- * אסטטי במראה

להשיג בגדלים: $2"$, $1\frac{1}{2}"$, $1\frac{1}{4}"$, $1"$, $\frac{3}{4}"$

פועל "אילן" חומים

ניתן להשיג חיטה והצמחי המשובר חביתיו 04-354211, לב אופיר 04-322277, עזרי חשמל 04-663498,
 חן ריקסור 04-662971, חיסו ספיץ חיפה 04-416796, 04-415359, אלקטרו-צנרץ 04-724422, זבין 04-768440,
 נתניה: דד"ר אורן 053-617295, רעננה: לב אופיר 052-453888, תל-אביב והסביבה: ארנה 03-377256-03 אלחוזי 03-5701664,
 חשמל חומבל 03-3271859, המשרד המרכזי 03-389333, חשמל זהבי 03-9345021, קלאודה 03-872389, הע"ח 03-992769,
 הרצה בע"מ 03-836012, אור-סי בע"מ 03-252779, א. כהן אלבז 03-5602524, הטליל מדיעין 03-730071,
 קסטן 03-810958, ראשון לציון: הניד 03-992789, קושלית: גרינט אונטומט 02-372684-02, הסנדה 02-240184,
 ליפתיץ 02-523081, לב אופיר 02-731066, המשרד המרכזי 02-792020, ליל יזה 02-372684, א.ב. כהן בע"מ 02-526342,
 דרום: אור אילת 059-313504

המטה: ארזין בע"מ רח' נר יחזאי 6 תל-אביב, טל. 03-816904
 חץ כבלי מיקוד בע"מ רח' חטמי אהונג 5, ת"א טל. 03-377202

חדש הקדם מכה ליתוש



קטלן יתושים **UL** 2 X 20
 * מתח רשת AC 4,000-4,500 V
 * קוטל יתושים, זבובים וחרקים
 * מתאים לשימוש למפעלים, מסעדות
 * חדר אוכל ואולמות.

דוחה יתושים אולטרה - סוני **NO ZETA**
 * מגרש יתושים בעזרת גלי קול
 * מומלץ לשים בכל חדר
 * מתאים במיוחד לחדרי תינוקות וילדים
 * חסכוני בצריכת החשמל 220V 0.1 וואט
 * ללא טבליות, ריחות ורעלים.



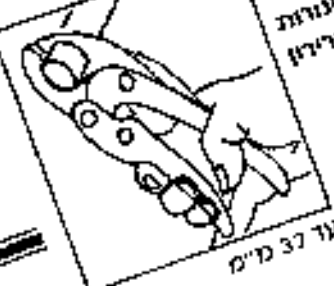
K&D
 החברה המובילה ביותר גלאים ומכשירי עזר להשמלת
אמינות מעבר לקו
 חברת אלדין גאה להציג את הגלאי המשולב **KD 4002**
 גולו ללא מוג, אבחון תקן בכבל סטטר מוג 2
 חוטים DC, AC בדיקת קוסטיות,
 מבחין בין 220V ל- 380V זמזם+נרית בקרה



KD 4002
 סטטר מוג 2
 בדיקת קוסטיות,
 זמזם+נרית בקרה



KD 1102
 בדיקת רציפות בדיקת הארקה
 זמזם+נרית בקרה



KD 37
 חותך צעורות
 מרירן

מרוסום "סגן" חיפה

עד 37 מ"מ

ניתן להשיג חיפה והצפון: המעבד המרכזי 04-354271, לב והתי 04-322277, צהר הטייל 04-663496.
 רח וילסור 04-662971, אש ונקסד תוקי, 04-411850, יוהר 04-664014, לודק 04-412225.
 נתניה: ארד אידן 053-619293, דלעס: לב אופר 052-453588, תל-אביב והמנצח: איכה 03-377256, 03-5701664, קלאידח 03-812389, הצ'ח 09-992789, רובין וצ'עית 03-5662253, צ'ונבלד 03-9311259.
 ירושלים: אורנים אינטוסט 02-783007, הטיבנה 02-240184, ליפסיץ 02-523081, לב איסור 02-731060, נ. ג. סק 02-536342.
 המעבד המרכזי 02-792026, חרום: אור אילת 059-313501.
 היבואן: אלדין בע"מ רות' בר-יוהא 6, תל-אביב 03-816904

קבוצת קצנשטיין אדלר | איכות | אחריות | אמינות | ז

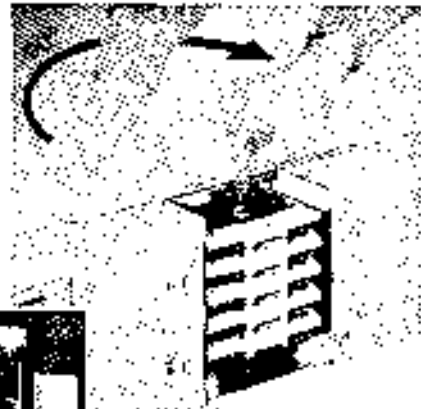
הידעת כי מערכות פסי הצבירה LD, BD, CD

מתוצרת *Klockner-Moeller*

הן שיטת העברת האנרגיה הנפוצה ביותר
במבנים תעשייתיים ומשרדיים באירופה



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



- קל לתיכנון, תרבות והתקנה
- מגוון של חלקים לכל מרחק זווית
- מגוון של קופסאות יציאה לכל מטרה
- יציאות בשיטת שקע תקע המוגנות במני מגע מקדי
- זרימת חגגה P 54

קצנשטיין אדלר תעשיית (י)
קצנשטיין אדלר תעשיית ב
הנדסה אלקטרומכנית חיפה
ק.ט.ק. הנדסת חשמל בע"מ

קבוצת קצנשטיין אדלר
אנו תמיד קרובים אליך

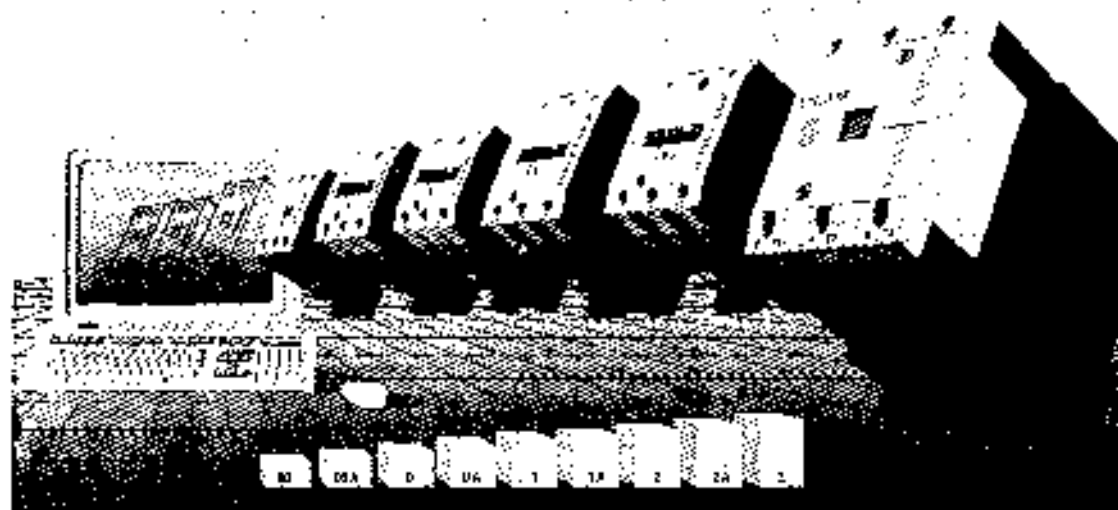


בזון | ייצור | שרות | בקרת איכות | מלאי חלפים

חדש, חדיש ומחודש

בסדרת המגענים DIL M וממסרי המגען DIL R

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



אנא - אמינות, איכות, אחריות



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

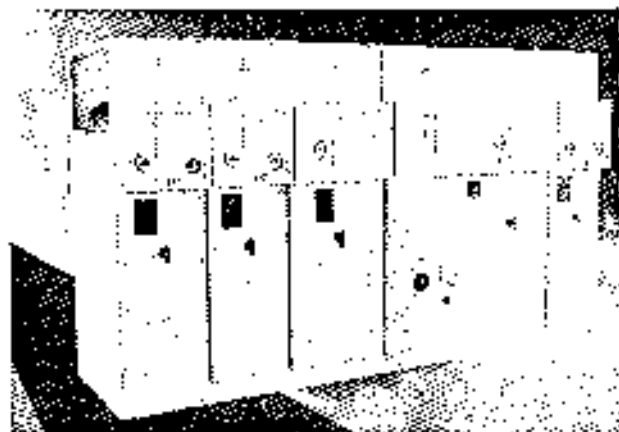
קננשטיין אדלר ושות' בע"מ
קננשטיין, אדלר, תשתי (סניף חיפה)
קננשטיין, אדלר, תשתי (סניף באר-שבע)
אסטרגל בע"מ

בע"מ רמת השרון טל' 03-5492998
רעננה טל' 052-904570
חיפה טל' 04-410330
ירושלים טל' 02-536332

מוצרי חשמל
ואלקטרוניקה בע"מ

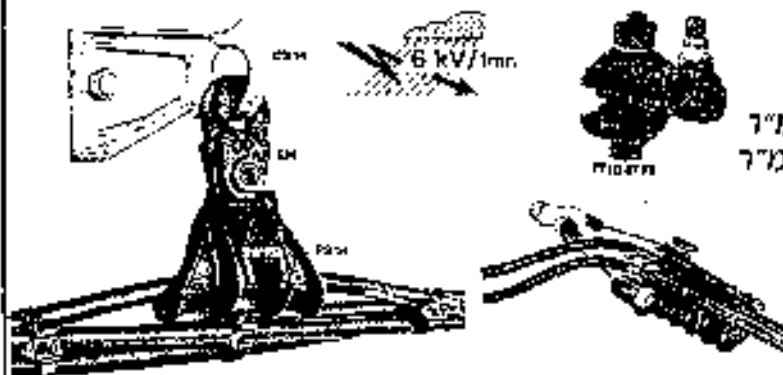
אלקוטרנייד

ת.ד. 2016 הרצליה ב' 46733, טל. 052-558825, פקס: 052-646149



בואו לראות את
מוצרינו בתערוכת
"FAX" מאי 1992

תאים קומופקטיים
מודולריים ב-SF 6
למתחים KV 24-38
ALSTHOM מתוצרת:
ענק החשמל מצרפת



תיל אווירי מבודד

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

אביזרים SICAMEX

כל הדגמים והאביזרים
מתקנים ברמה של 8 KV



CONTINENTALE
D'EQUIPEMENTS
ELECTRIQUES

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



• כולאי ברק

METAL OXIDE
היחידים במבנה
SILICONE

Mc GRAW EDISON
ארז"ב

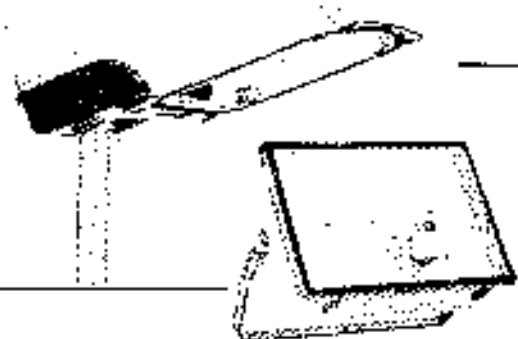
מפסק זרם
על עמוד
מיתוג בואקום
עד 36KV



זרמים - תעשיות חשמל בע"מ

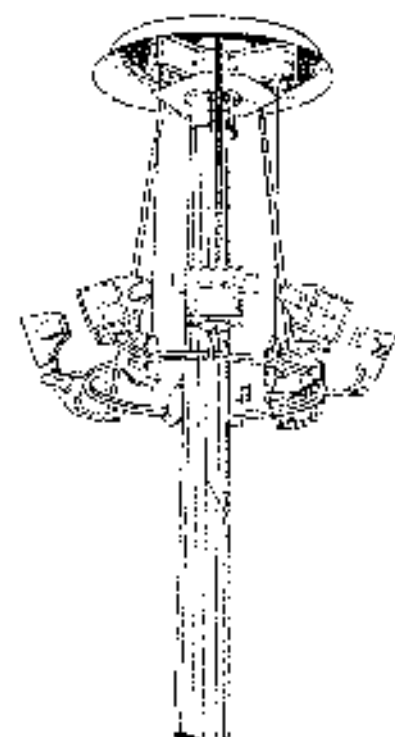
מושב בני ציון, מיקוד 60910. טל. 903362, 052-916197, 052-916177. למכתבים: ת.ד. 1331 הוד השחן

סוכנים בלעדיים ויבואנים של החברות הבאות:



"יורופאן" - צרפת

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



"פטיזאן" - צרפת

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



"אס אי אס" - צרפת

מערכות ממוחשבות לבקרת תנועה



"סילק" - צרפת

רמזורים, תאורה מיוחדת לתחבורה פיקוד לרכבות



"יורוטק" - אנגליה

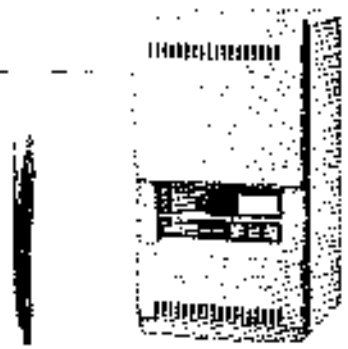
סיכים אופטיים לתמרור שילוט ודקורציה



eurotec

"מאודסלי'ס" - אנגליה

- תנועי חשמל ACI DC
- ממירי תדר סיבוביים



"קונטרול טכניק" - אנגליה

- נוסחי מהירות אלקטרוניים
- למנועי חשמל זרם חילופין
- למנועי חשמל זרם ישר
- למנועי חשמל סרבו מכל סוג



אולטרה שילד

מגן אולטרה סאונד נגד מזיקים

השיטה האלקטרונית נגד מזיקים

מחקרים באוניברסיטאות רבות, במהלך שלושים השנים האחרונות קבעו כאופן חדיש-שמעו שניתן להשתלט על מכרסמים ומזיקים אחרים תוך שימוש נכון במחוללים אולטרה סונים הסורקים בתחום תדירויות ובקצב נכונים.

כיצד משפיע אולטרה שילד על מזיקים?

- * **מכרסמים** - נשמע להם באספקות צורמות, דרך המערכת את תיפקוד גופם ומשבש שינוי משקלם.
- * **מזיקים** - תנודות האוויר נורמות לריטט במחוללים ואין הם מסוגלים לסגור מאן או את בני המין השני התוצאה שבר מעגל הרבייה ורעב.
- * **פרעושים** - מטולטלים ע"י התנודות באוויר ואינם מסוגלים לקפץ על קורבנם המיועד.
- * **חרקים טפילים** - יתושים, זבובים ומזיקים נטנעים מכניסה לתחום האוויר הרווי תנודות.
- * **חיות טרף** - נלים בתדירויות נמוכות מרחיקים חיות טרף המתקרבות למרות בטחון, לזכוכי ומדולי חיות אחרים.

ייחודם של מבשרי אולטרה שילד:

- * הרכיבים נעגום בעני רכיבות בהיחם יעוקים בתוך שרפים.
- * הרגמים רשומים ובפיקוח הרשות לשינוי הסיכנה (E.P.A) באצ"ר.
- * המכשירים משנים את התדר 3 פעמים בשניה, לסנתזה הסתגלות המזיקים לציפוף החזק שמופעל נגדם.
- * הטווח האפקטיבי של המכשירים נבנה יחסית כ-5-20 מ.
- * המכשירים עצמאיים ללא תלות במערכת מרכזית

- יבוא, שוקק ושירות לכל הארץ -

בית הבורג (1989) בע"מ

רח' יוליס סיימן 25 סניף חיפה טל: 410110-04 בקס: 04-410015
ת.ד. 5198 ת. ביאליה 27151

אולטרה שילד - הנזק למזיק

הזמנת מודעות

ל"תקע המצדיע" מס' 51

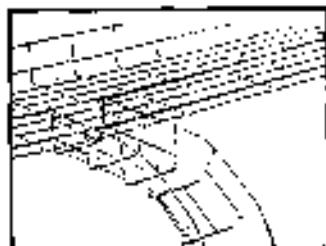
ספנסו

פרסומים והפקות

חיפה, רחוב הרצל 16 ת.ד. 45600
טל. 669071, 674274-04
079-664246

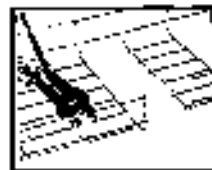
ניתן למסור הנחיות בלבד, ואנו נעצב ונבצע את מודעותיכם לשיביעות רצונכם המלאה.

תעלות רשת לכבלים



יתרונות מיצרת תעלות רשת

- * הגמישות בתחנות המלאים:
- * קלות יצר ופיקוח המלאים.
- * נוחות לרכיב המלאים כמו אדם.
- * מלאי רשתות ומחברים.
- * משידה עם גובה רגלי לרשת.
- * משידה מלאה בע"מ קטן.



תעלות רשת
מאפשרות
הקמת
מאגרי
קבלים
במרחב
מלא



מסלול
מרכזי
למלאים



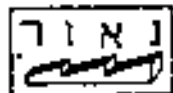
התקנת
קבוצות
מלאים
ע"י 25 מ'
מלאים
מלאים



התקנת
קבוצות
מלאים
ע"י 25 מ'
מלאים
מלאים

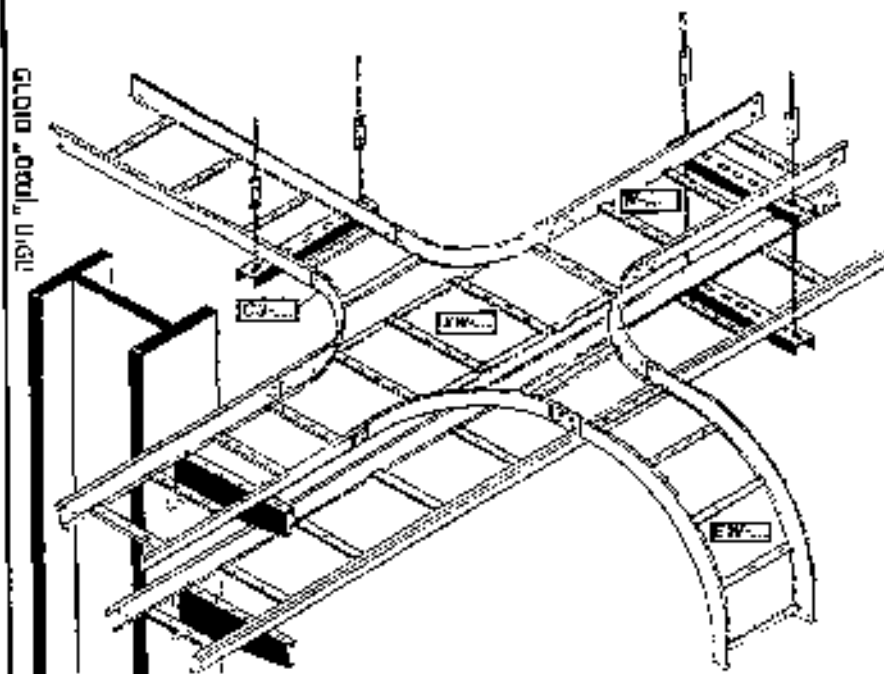
ספנסו פרסומים והפקות
חיפה, רחוב הרצל 16 ת.ד. 45600
טל. 669071, 674274-04
079-664246

נאור בע"מ ייצור ואספקת סולמות כבלים.



סולמות נאור מציעים:

1. מגוון רחב של סידות ואביזרים כ-150 פריטים שאיש בקסלוג.
2. חונק מכבי נבונה-מוחאם לעומסים שונים.
3. הגנה בפני קורוזיה-גלון אנץ חם בסבלה, וצבע אפוקסי
4. מגוון אביזרי תמיכות.
5. אספקה מהירה-השרות מעל לכל!



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

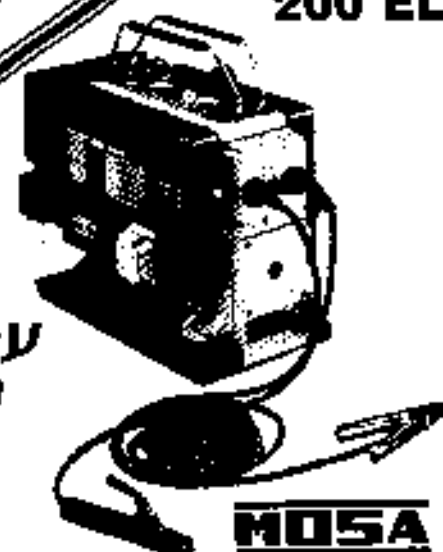
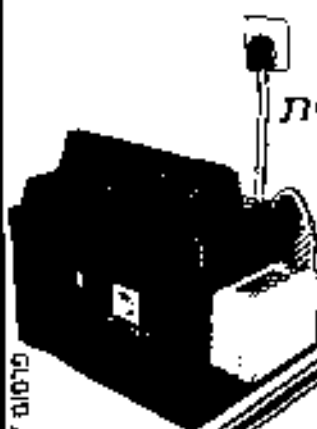
למידע נוסף סמן 5018

נ.ב.ו (1988) בע"מ מערכות חשמל חילופי

מערכת מהפכנית

לחיבור גנרטור חרום דרך השקעים שבמתקן בהתנעה אוטומטית או חצי אוטומטית

**MSG
200 EL**



עמדת כח

רתכת-גנרטור
משקל 28 ק"ג
כושר ריתוך עד 200A
גנרטור 2KW

MUSA

י"ז החרושת 7 ק. ביאליק 27000, ת.ד. 9082 ק. 1 אליק 27103 טל. 760279-04 נל. פקס. 760352-04

למידע נוסף סמן 5018



02-812324

מדידה, בקרה, וחיסכון בחשמל עכשיו תחת קורת גג אחת

SATEC 290

יחידת הקצה היחידה בשולט-כוללת:

- מדידות True RMS של מתחים וזרמים
- תקשורת אנאלוגית (Current loop) RS-232/422-1
- מדידת צריכת דשנל, שיאית, הגעית ומצטברת
- בקרת נצב להנמית חיצוניים
- יציאות סמרים לנל"מ"ה
- תצוגה של 22 פרמטרים על גבי תצוגה בעלת 11 שדות
- התקנה על פנל DIN Rati



פרטים "סגור" תיפוד

P-Log

תכנה לבקרה, שליטה וניתוח מערכת

- תצוגה On-Line של מדידת קצה
- רץ בל IBM-PC
- דישובי עלות תכנותת חשמל
- שליטה ובקרה דרך יחידות הקצה או יחידת הרחבה

נשמח לספק מידע נוסף

סוכנות בלעדית בישראל

שלמה כהנא סוכנויות בע"מ

סוכנויות יפוא ושוק לציד חשמלי ואלקטרוני

יחוב נילזת בנידן 72-70 תל-אביב ח"ד 7070 תל"א סלקט: 3-1:29 פקסמליה: 03-685504 הלפון: 6 660747 קום



שלמה כהנא סוכנויות בע"מ

סוכנויות יפוא ושנוק לציד חשמלי ואלקטרוני



רדוב וחלוצ בנימין 72-70 תל-אביב ח'ד 0751 ת"א טלסקס 341-29 פקסמוליה: 03-655504 גז 1972; 560747 6 קריב



VM 280 15 KA



הגנת
תיקשורת



VGA 280/4X100 KA



VA 280 5KA

מגע נזקים כבדים!
התקן הגנות בפני ברקים ומתח יתר
החברה המובילה בעולם בהגנות מתחי יתר
תיעץ לך, לפרטים פנה אלינו.



הגנת תיקשורת ומחשבים

פרסום "סגנון" חיפה



מדרגונית



SM-91



אוטומט מודולרי לחדר-מדרגות

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

S.M.-3



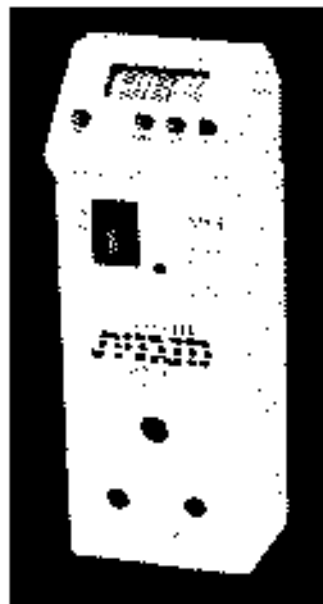
ON/OFF
עם השתייה זכרון
מופעל אוטומטית
לאחר ההשתייה

מדרגונית

יחידת הגנה למזגנים עד 3 כ"ס

- מודולרי - מתאים להתקנה
על"ס או תה"ס בתוספת
קופסה מתאימה.
- התקנה פשוטה ומהירה
(ללא פתיחת חמכשיר).
- 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 + הרבה,
4 תוכניות הפעלה וכבוי.

פרטים
"מגן" חיפה

יצרן - ש.מ. יוניברס אלקטרוניקה בע"מ 052-902975

Z.L. SYSTEMS LTD. צ.ל. מערכות בע"מ

IMPEX - ST-D 70 E - GERMANY

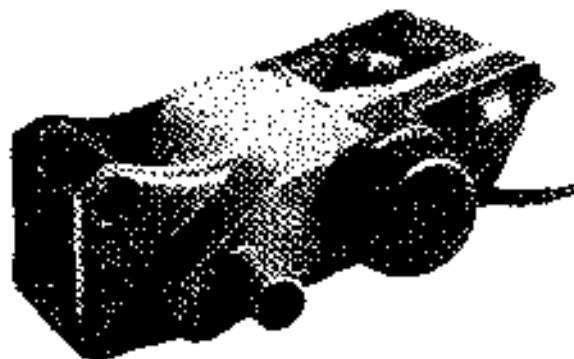
מכונת חריצים בעלת חריצים חמושים קשים
בגודל יחידים

IMPEX - ST-H 68 E - GERMANY

מכונת חריצים והשקעים בעלת חריצים



מכונת חריצים ST-D70E היא מוצר חדש מבית
IMPEX, הבא לענף של בעיית החריצה והחיתוך
בחומרים קשים כגון: בטון, סדן, גרזים, אספלט, רעפים
ועוד. מסעיר זה מבוסס על חידוש הוסין הרב והרמה
הטובה הנבונה שנצבת במפעל IMPEX.



מכונת החריצים והשקעים ST-H 68 E בעלת
תוק רב ואמינות מחזקת באחרי הכוזה מזה שנים.

המסנני ניתן לעימות על קרחת סבלוק לחץ ועל
בזרח על חומרים רכים כגון: איטום, ובס, סיליקס וכד.

רח' בודוין 5, מרכז המלאכה ובעתיים, ת.ד. 873 מיקור 53408
טל': 03-5713005, טלפקס: 03-5711073, מלפקס: 03-5711073

למידע נוסף טלן 23 50

בואו לבקרנו בחנוכות RAX-92 בכיתן 30.



אל תסמוך על המזל!

הגנה בפני התחשמלות
במיתקן ארעי ובתנאי הארקה קשים

BENDER

רק בזינה צפה* עם איזומטר

לגנרטורים ומערכות ניידות שבהם התנגדות מוט ההארקה גבוהה מהמותר
* ע"י תקן החשמל: זינה מנגנרטור ארעי. (ק"ת 5600 סעיף 15)

הקדם תרופה ל"מכת" החשמל

אליפס

אליפס יטיב ושוקק בע"מ רח' צה"ל 98, קיראון
ת.ד. 994 קיראון 55109, פקס: 03-343506, פקס: 03-340776

למידע נוסף טלן 24 50

מדרשת רופן



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

קורסי חשמל ואלקטרוניקה

הקורסים נערכים במיקוח ובשיתוף משרד העבודה.

הכשרת אלקטרונאי

במשך 5 חודשים 4 ימים בשבוע

חשמל מעשי

במשך 5 חודשים 3 ימים בשבוע

מיכשור במערכות בקה

במשך 2 חודשים 2 ימים בשבוע

חשמל מוסמך

במשך 8 חודשים 4 ימים בשבוע

בקרים מתוכנתים

במשך 3 חודשים 2 ימים בשבוע

חשמל ראשי

במשך 5 חודשים 3 ימים בשבוע

קירור ומיזוג אויר

במשך 6 חודשים 2 ימים בשבוע

חשמל מתח גבוה

במשך 3 חודשים 2 ימים בשבוע

חשמל מוסמך להנדסאים וטכנאים

מסלול קצר
במשך 7 חודשים בימי חמישי ושישי
יום חמישי משעה 14.00 ועד 20.30
ביום שישי עד 11.30

אלקטרוניקה תעשיתית

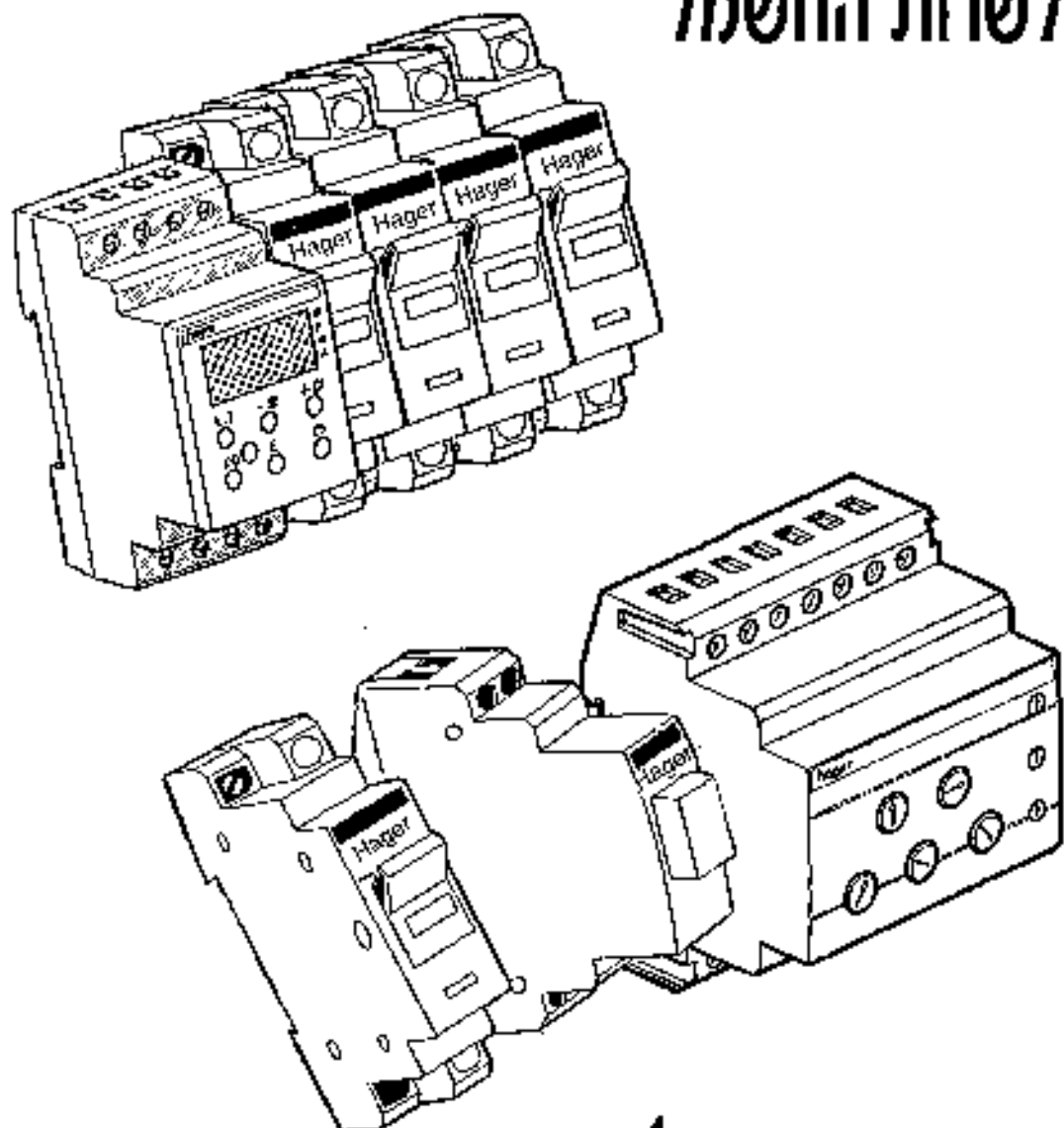
במשך 3 חודשים 2 ימים בשבוע

* נותרו עדיין מספר מקומות.

פרטים והרשמה: המרכז להכשרה מקצועית
☎ 053-685131 שלוחות 33/34

hager
the
modular
solution for
electrical
distribution

המבחר הגדול
ביותר של
ציוד מודולרי
לשרות החשמל



א.ג. מולכו ציוד חשמל ותעשייה בע"מ

רחוב מבטחים 1, קרית אריה, פתח-תקוה, טל: 03-9247037/8
פקס: 03-9233452 מכתבים: ת.ד. 18121, תל-אביב 61191



מידב הדרכה

קורסים
ימי עיון
סדנאות

לימודי העבודה בנושא:

ניהול אחזקה

40 פגישות בימים ב' ו-ה'
החל מ-24.5.92, בת"א,
בשעות 17.00-20.15.

ניהול מקצועי: הסכנון - סכנ'
מבולוגי לישראל.
הימדה ללימודי המשך ולימודי
חוג - המדכן בתיא

רקע:

אחזקה בחשייה ושרותים בצורה
יעילה וסקצועית הפך לזמנים אלו
להכרח. כאשר המבולוגיה מתרחשת
מרי יום ביטול למקצוע אשר דורש ידע
וערכון סחמיר הן בחישובים והן
בשיטות הנידול והבקרה על האחזקה,
ביצוע אידול זכון על האחזקה חורים
בצורה טעמנותית לחישוב ולעול
ולצור העבודה השוטפת במפעל
והאירגון.

למי מיועדים הלימודים:

למני מכני ומנהלי בעול חק וניסון
העוסק בניהול אחזקה בפועל או
המטווין לדעוהלב ודבבול עשמו
לחפקר מהל אחזקה במסחר
ובמפעלי תעשייה.

בתכנית:

- מבוא זהנדדח
- ספרטי אחזקה.
- אידנן וניהול אחזקה.
- מססואות זכנות.
- הגוים האנושי כעבודה.
- תקוערות סינליות.
- שיטת הדרכה.
- יסודות הכלכלה וצדאסיות.
- תקצוב עבודה אחזקה.
- עכר עירוד כאתקה.
- חוקי עבודה.
- בטיחות ועלות.
- ביטוח.
- יסודות ויול פתייקט קטן.

סמיר

מנועי חשמל

ימים ר'ה' 17-18.6.92,
בשעות 8.30-16.30
ב"גן אורנים ת"א,
יועץ מקצועי: פרופ' א.
אלכסנדרוביץ - המכנין.
ניהול מקצועי: אריה קיבר
איל"ם.

רקע ומטרה:

הסמיר ועוד לאפעור לזנוסקים
במסלוליות וזל חוק להחערבן בכל
הקעור במנועי חשמל מכל הסוגים
באספקטים של חזקה, שיפור יעול
החפעול, בסמיר לעבר טירע חדשו
שיאפעור למעורתיים ויעל הפומציאל
הנלוס בחיזשים זכן אפבוריות ועל
התצפה ובחילח פאויים ודישוות שטה
זכנות.

למי מיועד:

למשחשמי סועני חוסל ססוליס שזוים
ולמטרות שונות.

נושאים מרכזיים בתכנית:

- סקירה כללית על סוגי מנועים
- מהרבטים הצטיים והכלכליים
- השוים.
- שיטת שונות לרזונעות והמשמטיות
- הטכניות.
- פליטת מועים שונים.
- בקורח מהריות, הספק ומסומ.
- הנות זפיקור על סועיה.
- פזירח סועים והחאמה לררעיות
- שונות.
- ידועים, התפתחות וכיווני מחעבה
- תרשים.

כוס

חידושים והתפתחויות בתאורה

ימים ב'ג' 25-26.5.92,
בשעות 8.30-13.30
מלון דניאל הרצליה,
ועלה מיישצת לכנס:
פרופסור א. נאמן - המכנין,
פרופסור ג. גורדן -
אניברסיטת בן גוריון,
ניהול - אריה קיבר איל"ם.

רקע:

המידע החדש והיעפים הודת כטוואי
חאורה. יחד עם הפעילות העוברת
כפחה, הביאו את המארגנים ליום כוס
שבוטרכו יעסוד זעמאי התאורה.

מטרת הכנס:

להכיא ידע חיוני לכל הזנוסקים
במסכנותיוח התאורה על סוג לאפער
ליאול הפוטנציאל הנלוש בתרועים.
כערסות חדרענת, באפעאריות עיפור
הסוצרים ובפיתוח כעני מחעבה סקוליים
וחדשים.

בתכנית:

יום ב' 25.5.92

- רפרקטורים חדשים לחאורה אחירה
ועילה עם בקרת זית הקרויה -
פרופ' גורדון.
- שיקוליים ולעיות בהקצות חאורה
עידונים - דר דורן בלענה פכיל
- וחיכי כרמל חב וחובי אילך.
- שילוב חאורה טבעית והשמליון -
פרופ' א.נאמן המכנין.
- מונסכ 1 תאורות סיוחדות - יז'
פרופ' א.נאמן המכנין.
- מונסכ 2 חסכון באנרגיה בתאורה -
יד פרופ' גורדון.

יום ר' 26.5.92

- תאורת יחובות ותנאי זאות כדיליס
- דר אינדולקי בן צין.
- תאורת פנים בקנינים ובמקומות
ציבוליים גרוכים - אנו רפי כהן.
- מונסכ 3 תאורת פנים - יזר איל רפי
כהן.
- מונסכ 4 תאורת רחובות - יזר דר
אינדולקי בן צין.

לפרטים נשפיהו ותי עמדה: **מידב הדרכה** (1990) בע"מ

תעויה 6: תל אביב 03-5621254, טל 03-5619788, פקס 03-5621255

פתרונות מתקדמים

חדש

אינטגל 18 - מגען - מנתק משולב.

- להתנעת מנועים מ- 0.75 עד 18A
- הגנה מירבית נגד עומס יתר וקצר
- הדרכת הקטביט בלחי אפשרית
- הפעלה מתחדשת מהירה אפילו לאחר ניתוק זרם-קצר קיצוני מאוד (50kA)
- גודל פיזי קומפקטי ו מיניוד
- התקנה פשוטה ומהירה-חסכון בחישוב.
- אורך חיים חשמלי 2 מיליון פעולות, מכני 20 מיליון פעולות.
- יתדות כניסה המשולפות עם מגנטיים סדרה 0.
- ביקוד וחינוי מרחוק.
- תקשורת עם בקרים בעזרת ממשקים ומגעי עזר.



חדש

מיקרו בקר 0-17 TSX קומפקטי במחיר אטרקטיבי.

- 10/20: 12 כניסות, 8 יציאות.
- כניסות PAVDC
- יציאות מסדר או טרנזיסטור.
- כל פונקציות החימוניו (קוצבי זמן, מומים, תופי תכנות, רזיסטרי הזנה ועוד)
- שפת תכנות בוליאנית PL7-1.
- אמצעי תכנות תכנת כיס או ערכת מחשב לתואם PC המולצת כגל רזיסטור.
- לא ניתן להרחבה



וסתי מהירות למנועים עד 2.2kW-15.1 ATV.

- הזנה ב- 230V 1φ או 400V 3φ
- מינוס יצר של 160% מהמומנט הנומינלי.
- גמר בלימה ועצירה ע"י הזרקת DC.
- ערכים רציניים אנלוגיים 0-10V, 0-20mA או 4-20mA
- מגע תקלה.
- הגנות בפני קצר בין מוח ובין מוח לאדמה.
- צג דיגיטלי לקריאת מחיריות וחינוי תקלות.
- דו-שיח אופטינלי ע"י קופסאות הפעלה, לוח LED עם 2 שורות בנות 16 אופייניים
- מחירים אטרקטיביים



ובנוסף כל מגוון מוצרינו האמיין לאספקה מהמלאי

- ★ פסי צבירה
- ★ מתנעים ישר לקו וכוכב משולש;
- ★ מתנעים טרמו-מגנטיים;
- ★ ממסרי הגנה אלקטרוניים;
- ★ אביזרי פיקוד;
- ★ מתנעים רכינים;
- ★ מפסקי גבול, גששי קירבה ועיניים פוטו-אלקטרויות;
- ★ פניאומטיקה;

פרטים ו"אס"ן חיצונית

ציוד חשמל בע"מ רחוב מבטחים 1 קרית מטלון פ"ת 49130

טל: 03-9246505 פקס: 03-9249049

חדש!!!

מנוף 18 מטר

נדיבי
עדן-אור



רשום: 59487

התקנה ואחזקה של תאורת רחוב, מארשים, סככות

השכרת מנופים
לביצוע עבודות שונות עד
לגובה 18 מטר

מאושרים ע"י משרד העבודה
טל': 750927, 051-750850, אשקלון

למידע נוסף סמך 50:30



מערכות מיגון אש
(שריט 1988) בע"מ

מערכות פסיביות למניעת
התפשטות אש ועשן

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

FLAMMASTIK®
KBS System



רח' העמל 10, ת.ד. 208 אזור התעשייה אור ינודה 60251
טל. 5339284, 03-347214
פקסיפיליה 03-5339285

למידע נוסף סמך 50:29

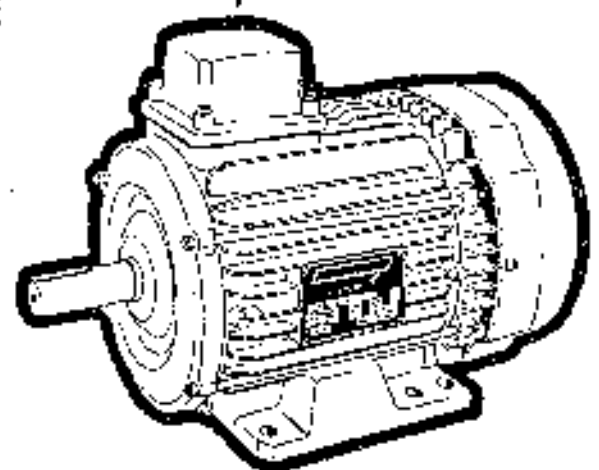
בדיקת כבלים
קביעת מקומם בשטח
אתור מקום התקלה



דטא - רח' עוזאל 48 רמת גן
טל': 5714896, 03-778775
טל' בית: 03-740513

למידע נוסף סמך 50:31


ליפוף ותיקון מנועי חשמל
ושירותי איזון דינמי



- ליפוף מנועי חשמל
- תיקון מנועי חשמל
- איזון דינמי
- תיקון מנועי חשמל
- תיקון מנועי חשמל
- תיקון מנועי חשמל

אלקטרומכניק

(1984) ח.ש. בע"מ
רח' גואל 7 (מינת חלץ 2)
[בשר פז] חילת ת.ד. 2636 נוספת.
טל. 644238*04, פקס. 678702



למידע נוסף סמך 50:32

אינג'י פאול שפר

א. ועדת ההוראות לביצוע עבודות חשמל

כפי שהבטחנו ב"התקע המצדיע" מסי' 49 – דצמבר 1991, נביא עתה את תוכן התיקון לתקנות של מעגלים סופיים לאחר שכבר עבר עריכה משפטית ועומד להתפרסם בשבועות אלה.

כמו כן נסקור את ההחלטה העקרונית של ועדת ההוראות בנושא צבעי ההיכר של מוליכים.

מחברת החשמל אל הצרכן ולא במפל המתח מהלוח הראשי ועד למכשיר, אלא מ"הלוח הון". זה יכול להיות הלוח הראשי, אם יש רק אחד, או הלוח המשני האחרון בתחילת המעגל הסופי הנבדק.

כמובן, במרבית המקרים – בעיקר במיתקנים ביתיים, במיתקני מלאכה ועירה וכמיתקני מסחר ועיר – יהיה המיתקן בעל לוח אחד בלבד.

כדי להסיר כל ספק יודגש, שמפל המתח המותר של 3% למטעים ולגופי היסום חל על מכשירים **בהתקנה קבועה** בלבד.

מעגלים של בתי תקע, היכולים לשמש את המכשירים כאלה, אבל יכולים לשמש גם מכשירים אחרים, כגון גופי תאורה למשל, חייבים להתאים לדרישה של 1.5% בלבד.

■ תקנה 19 של התקנות המקוריות מבוטלת, ובמקומה באה תקנה 19 חדשה, המנשחת בצורה חיובית ומגדירה את **הסותר** בחדר אמבטיה ותא מקלחת. ושוב יודגש, שההיתר ייכנס לתוקף רק עם פרסום התקנות ברשומות (קובץ תקנות).

אלה פרטי התקנה החדשה המופיעה תחת הכותרת "ציוד חשמלי בחדר אמבטיה או מקלחת".

[א] יבאויור 8 לא ייתקן כל ציוד חשמלי.

דרישה זו מובנת כי איור 8 הוא האיור של הימנאות המים.

[ב] "ציוד חשמלי בחדר אמבטיה או מקלחת יהיה בעל דרגת הגנה מעורית של:

באיור 1 – IPX5X

באיור 1 – IPX4X

באיור 1 – IPX1X.

כזכור, דרגות אלה של הגנה, הנלקחות מהתקן הישראלי ת"י 981 קובעות בסדר השני של שלוש הספרות במקומות XXX כ,

דרגה 5 דורשת הגנה מפני סילון מים,

דרגה 4 דורשת הגנה מפני התזה.

דרגה 1 דורשת הגנה מפני טפטוף אטני.

איור "0"

"החלל בפנים האמבטיה או אגן המקלחת עד לגובה של סף גלישת המים מהאמבטיה או מהאגן החוצה".

איור "1"

"החלל מעל איזור 8 עד לגובה של 2.25 מטרים, או עימל ברדיוס של 60 סנטימטרים שמרכזו בראש המקלחת או אמצע האגן עד לגובה של 2.25 מטרים".

איור "2"

"החלל שנתחם בין האזורים 8 או 1 לבין שטח שבמרחק אפקי של 60 סנטימטרים או עד קיר או מחיצה קבועה אחרת, לפי הקרוב יותר, עד לגובה של 2.25 מטרים".

איור "3"

"החלל שנתחם בין איזור 3 לבין שטח שבמרחק אפקי של 2.40 מטרים, או עד לקיר או מחיצה קבועה אחרת, לפי הקרוב יותר, עד לגובה של 2.25 מטרים".

כמו כן מוגדרים הביטויים:

IPXXX

"דרגת הגנה כמשמעותה בתקן ישראלי ת"י 981. ניתנה טבלה להסבר המספרים לשלושת המורים של XXX".

II

"סוג ציוד המיועד ליינה במתח נמוך. שחלקיו החיים מבודדים בכידוד כפול או בכידוד מוגבר".

■ בתקנה 2 של התקנות המקוריות, טסף סעיף (ה) האומר:

"מפל המתח המרבי במעגל סופי, בין לוח החשמל הון לבין מקום השימוש, לא יעלה בעומס מלא על:

(1) 1.5% במעגלי תאורה ובתי תקע.

(2) 3.0% במעגלים המזינים מטעים או גופי היסום".

יש לשים לב, שלא דובר על שינויי המתח ב"הדקי הצרכן" (נקודת מסירת האספקה

תקנות החשמל מעגלים סופיים הניזונים במתח נמוך (תיקון) ה'תשנ"ב – 1992

עיקר השינויים בתקנות של מעגלים סופיים בא להסדיר שתי בעיות:

■ לתת אפשרות להתקין בחדר אמבטיה או בתא מקלחת מיתקני חשמל מסוימים ומוגדרים, בתחומים שנקבעו, וזאת בהתאמה לתקן הגרמני (VDE) ולתקן הבין לאומי (I.E.C.).

■ לקבוע מפלי מתח מותרים במיתקני הצרכן.

כאמור, התקנות עדיין לא פורסמו, ולכן ברור, שעד לפרסום הרשמי ברשומות אין לתיקון תוקף משפטי, אך כדי לתת שהות להיערך להפעלת התיקון, ובעיקר כדי לתת אפשרות **לתכנן** על פי הנאמר בתקנות, פרטי התיקון מובאים להלן.

■ תיקון השם – התקנות תיקראנה להבא תקנות חשמל (מעגלים סופיים) **במתח עד 1,000 וולט**, וזאת בהתאמה לכל התקנות האחרונות שבהן השתמשנו בביטוי "במתח עד 1,000 וולט" כדי לבטא בכך, שגם מתח נמוך מאוד (עד 50 וולט) כולל בתקנות אלו.

■ להגדרות נוספו כמה סעיפים, ובעיקר ההסבר של המונח "איזור".

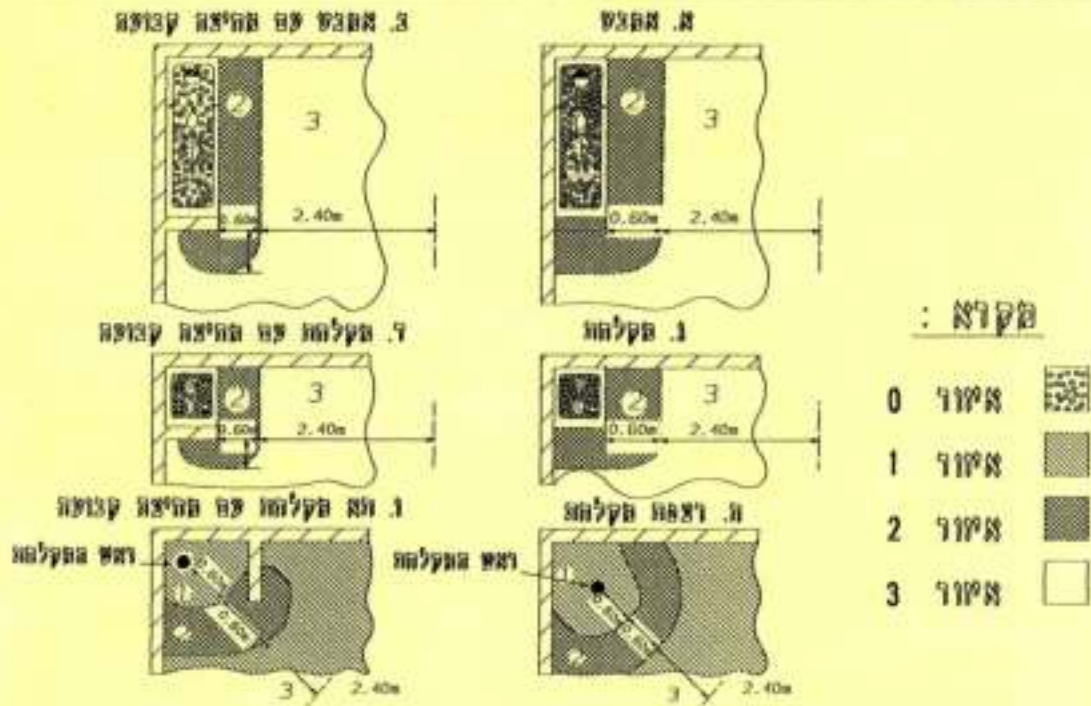
איזור מוגדר כ"חלל בתוך או בקרבת אמבטיה או תא מקלחת במיתקן ביתי, כמתואר באיור שבתוספת לתקנות".

איור 1 מציג את צילום האיור שיופיע בתוספת לתקנות.

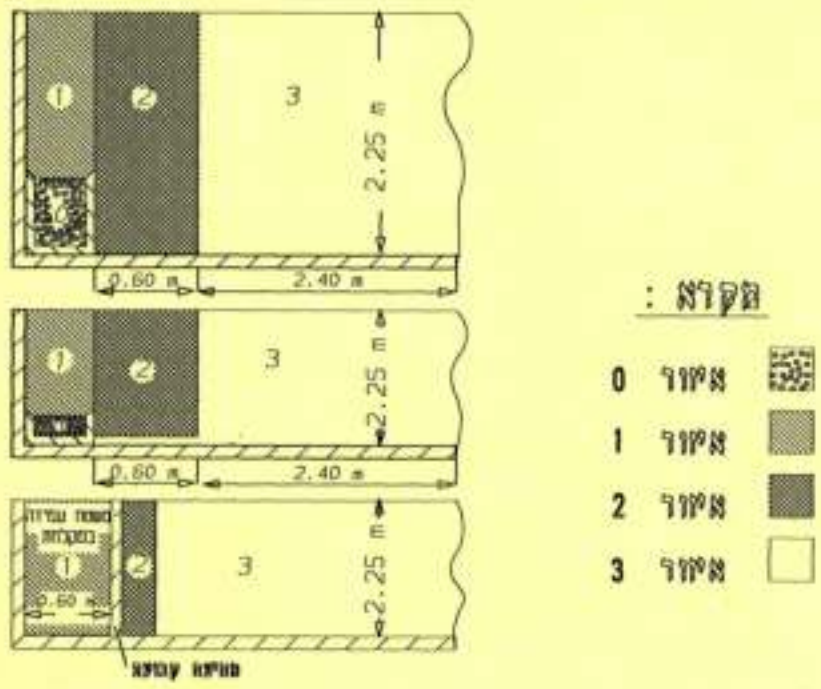
מוגדרים ארבעה אזורים שונים לפי ריחוקם ממקור המים.

פ' שפר – יזיר ועדת ההוראות ויזמת הפרוייקט שליד משרד האנרגיה והחשמלית

דוגמאות לקביעת מיקומי צהדי המצבים והקלטה - בצפן הכלכלי



דוגמאות לקביעת מיקומי צהדי המצבים והקלטה - בצפן החיצון



איור 1
 חרישים האזורים בחדר אמבטיה ובמקלחת (מתוך תקטת החשום)

(ג) "באזורים 1 ו-2 יהיה תיול, המתקן על קיר או בעומק של עד 5 סנטימטרים, בכבלים או כמוליכים מבודדים המושחלים בצורת הגשייה מחומר מבודד, וישמש אזורים אלה כלבד. לא יותקנו באזורים כאמור תיבות טעף או חיבור."

מטרת תקנת משנה זו היא להבטיח כי תיול באזורים אלה יהיה בעל בידוד כפול, לא יביא לידי בלבול בין מעגלים המשרתים את האזורים האלה לבין מעגלים של חדר סמוך בקיר המשותף, ולבסוף – להבטיח שבחדר אמבטיה או בתא מקלחת יותקן רק מעגל שלם ורציף לכל ארכו עד לסיימת במכשיר ובבית תקע.

(ד) "באזורים 1, 2, ו-3 לא יותקנו מפיסקים, למעט מפיסקים המופעלים באמצעות מתייל משיכה העשוי חומר מבודד."

תקנה ברורה זו הייתה גם במהדורה הקודמת.

(ה) "באזורים 1 ו-2 לא יותקנו כל בתי תקע, ואילו באזור 3 מותר להתקין בתי תקע אלה בלבד."

(1) בית תקע דו־קוטבי הכולל, כתיבה אחת עם, שגאי מנדל לבי תקן ישראלי ת"י 899.

(2) בית תקע כאמור בתקנת משנה 11 (ד), שיהיה מוגן באמצעות מפיסק מן בעל זרם הפעלה שלא יעלה על 0.03 אמפר.

(3) בית תקע אחד או יותר שיהיה מוגן באמצעות מפיסק מן בעל זרם הפעלה שלא יעלה על 0.03 אמפר. בבית תקע לפי תקנת משנה ה (2) ויה (3) יכול שמפיסק המגן יהיה משותף ליותר ממעגל אחד."

תקנת משנה 19 (ה) היא זו המאפשרת התקנת מכונית הכביסה בחדר אמבטיה מלבד בית התקע למכונית גילוח (עם שגאי מנדל), שהיא מותרת גם קודם, ומלבד בית תקע או בתי תקע נוספים למכשירים הסתוארים בתקנת משנה (ו) להלן.

תנאי להיתר הוא הגנת המעגלים שבחדר האמבטיה על ידי מפיסקי מגן רגישים, בנפרד ממעגלים אחרים או כמשותף עמם כולל מעגלים שאינם בחדר האמבטיה או במקלחת.

(ו) "מותר להתקין באיזור ציוד חשמלי כמפורט להלן בלבד:

(1) באיזור 1 – מכשיר לזימום מים.

(2) באיזור 2 – כאמור במסקה (1) וכן מנורות מסוג II.

(3) באזור 3 – כאמור במסקה (2) וכן סמורי איזורי, סחממי אוויר, מייבשי מנבות,

מיתקן גיאוקוי וכיצוא באלה, וכן מותר להפעיל מכונית כביסה ומכונית לייבוש כביסה."

(ז) "התקנת באזורים 1, 2 ו-3 יהיו התקנת קבועות."

(ח) "ציוד המתקן באזורים 1, 2 ו-3, למעט ציוד קבוע מסוג II יהיה מוגן באמצעות מפיסק מן בעל זרם הפעלה שלא יעלה על 0.03 אמפר, ואולם יכול שמפיסק המגן יהיה משותף ליותר ממעגל אחד."

(ט) "לא ישתמשו באזורים 0, 1, 2 ו-3 בציבור באמצעות תקע ובית תקע מטלטל או במכשיר אשר כפתול ההזנה שלו מורכב מפיסק"

הוועדה מקווה, שעם פרסום התיקון הנ"ל המבוסס על החיות מקובלות בארצות נאורות, תבוא על פתרונה בעיה כאובה והיא, שבדירות רבות אין מקום למכונית כביסה או למכונית ייבוש, אלא בחדר האמבטיה.

צבעי ההיכר של מוליכים

ועדת ההוראות החליטה, עקרונית, לאמץ את ההסדר המקובל היום ברוב ארצות מערב אירופה. מאחר שגם בקרב מדינות השוק המשותף יש עדיין ארצות העומדות לפני אותה הבעיה הסבוכה של שינוי צבעי ההיכר, ומאחר שיהצעת התקן של השוק המשותף (Harmonization Document - HD) צריכה עוד לקבל את האישור הסופי כדי להיעשות ל"EN - European Norm", אשר תחייב את כל ארצות השוק המשותף, החלטת הוועדה נשארת עדיין עקרונית, ותיהפך להחלטה סופית רק לאחר אשרור ה"EN", הצפוי בימים אלה, וכן לאחר ההתאמה הבו־ומנית של התקנים הישראלים המתאימים למוליכים ולכלבים.

להלן עיקרי ההצעה העקרונית, אשר מובאת כבר היום כדי לתת שהות להתרגל לרעיון ולהתארגן לקראת השינוי המהפכני העומד להתחיל בקרוב.

צבעי ההיכר יהיו:

(1) לורם ישר.

מותר שצבעי הבידוד של המוליכים יהיו כל צבע שהוא, למעט ירוק, צהוב ושילוב של ירוק/צהוב.

(2) לפיקוד ולבקרה

מותר שצבעי הבידוד יהיו כל צבע שהוא, למעט ירוק, צהוב ושילוב של ירוק/צהוב.

(3) לורם חילופין

מוליך הארקה (PE) – שילוב של הצבעים צהוב וירוק.

מוליך אפס (N) – כחול.

מוליך PEN – כחול עם סימון (כגון שרולף) ירוק/צהוב בכל קצה, או לחילופין – צהוב/ירוק עם סימון (כגון שרולף) כחול בכל קצה.

מוליכי המופעים – צבע כלשהוא למעט צהוב, ירוק, שילוב צהוב/ירוק, כחול, תכלת, שחור, לבן ואפור.

ברור לוועדה כי עם הופעת הצבעים החדשים, לאחר שיינתן האישור הסופי להפעלת השינוי, יעמוד כל חשמלאי המטפל בתחזוקה או בביצוע שינויים במיתקן קיים לפני השאלה "האם זה חדש או ישן? האם המוליך הכחול הוא עוד מופע של אשתקד או אפס של היום?"

גם עמיתנו בכמה מארצות אירופה יעמד לפני אותה הבעיה, אך אם נרצה להתאים את עצמנו לשוק האירופי הגדול, לאפשר לתעשייה שלנו ליצא לשם, ולפתוח את שוקנו לייבוא, אין לנו ברירה אלא לקבל גם אצלנו את הצעת התקן בדבר צבעי ההיכר העומדת להתקבל באירופה.

כדי להקטין את הסיכונים האפשריים של טעות בזיהוי מהות המוליך הכחול, יידוש, עם כניסת השינוי לזוקף, לנהוג כדלקמן:

1) במיתקני חשמל קיימים, בהם מותקנים מוליכים בעלי בידוד בצבע שחור לאפס (N) או כחול למופע ואשר יבוצעו בהם שינויים, תיקונים או הוספות עם מוליכים בעלי בידוד בצבעים החדשים, יותקנו הן בלוח הראשי והן בכל לוח משנה אשר ממנו ניוון מעגל שבו נעשו השינויים, התיקונים וההוספות כאמור, שלטים בנטיח.

2) יזהירות – הצבע הכחול יכול לסמן מוליך אפס או מוליך מופע.

3) יוחלפו המוליכים במעגל הישן במוליכים בעלי הצבע החדש, או יותקנו בקצות מוליכי המעגל הישנים שרולפי זיהוי בצבעים החדשים."

למרות כל אמצעי הזהירות לעיל, נשאר החשש מן ייגרמו תקלות בגלל זיהוי מוטעה של צבעי המוליכים. הבעיה עלולה להתעורר ביתר שאת עם חלוף השנים. בעת כניסתו לזוקף של השינוי המוצע, יהיה כל חשמלאי עד לסכנה ויפעל בזהירות מספקת. אך מה יהיה עשר שנים אחר כך כשיתעורר צורך לטפל באיזה מעגל ישן?

בגלל חרדות אלה תשמח הוועדה לקבל הצעות מעשיות מהמופעלים כשטח, איך להבטיח את מירב הבטיחות. כל הצעה אשר תופנה לוועדה באמצעות הכתובת של "התקע המצדיע" תישקל בכבוד ראש.

ב. ועדת הפירושים

של אחד מהם, יישארו הנותרים מחוברים, ובכל זאת יאפשר הגשר ניתוק ידני בו זמני של כל המופעים. מפסקים אוטומטיים ועירים כאלה נמצאים בשוק.

לחלופין, מותר להתקין מפסק תלת מופעי רגיל להפסקה ידנית ומאחריו שלושה מפסקים ועירים אוטומטיים חד מופעיים בלתי מגשרים להגנה. סידור זה יקר יותר ודורש מקום נוסף בלוח.

חיוק נאות של אבזרים בתוך תיבות התקנה

הבעיה

כידוע לכולנו, יש אין-סוף אבזרים שונים, כגון בתי תקע, מפסקים, לחצנים וכו', אשר נשלמו החוצה מתיבת ההתקנה שלהם עד כדי כך, שלפעמים הם תלויים על המוליכים. היעברייני הגדול והשכיח ביותר הוא בית התקע. איך אפשר לחזק אותם כיאות?

תשובת הוועדה

כדי למנוע תופעה זו קבע מכון התקנים, בעת עדכון התקנים הישראליים ת"י 32 ות"י 33, כי בתיבות גליליות יהיה חיוק האבזר אל התיבה באמצעות שני ברגים המהדקים את מסגרת האבזר ישירות אל התיבה.

בתקן הישראלי, ת"י 145 הדן בתיבות, ניתנה צורת התיבה הכוללת את האזורים בתוך התיבה להברגת המסגרת של האבזר אליה.

סידור זה חל על התיבה הגלילית, אשר ממנה נשמטות תמיד רגליות החיוק הצדדיות של האבזרים. ב"תיבה הקוגנית", מעצם בנייתה הוצאת הרגליות ממנה נמנעת ולכן בה אין צורך בחזוק על ידי ברגים.

לנוכח האסור לעיל, החליטה ועדת הפירושים להמליץ לפני ועדת ההוראות, וועדת ההוראות אישרה להוציא תיקון לתקנות מעגלים סופיים, תקנה (5), ובו יאמר כי בהתקנת חדשות יש להשתמש בתיבות תקניות לפי תקן ישראלי ת"י 145. חיוק בתי תקע, מפסקים וכו' במיתקנים ביתיים שעליהם חלים התקנים הישראליים ת"י 32 ות"י 33, אל תיבות גליליות יהיה באמצעות ברגים בלבד.

תיקון זה יורדס בקרוב

ניתנת כלל לביצוע – ראה תקנה 68 של תקנות החשמל והארקות ואמצעי הגנה מפני חישמול במתח עד 1,000 וולט) היתשניא 1991.

חובת הרכבת מפסק מגן חלה במקרים יחידים בלבד, כגון במעגלים של בתי תקע בחדרי אמבטיה ומקלחת על פי התיקון הנזכר לתקנות חשמל (מעגלים סופיים הניזונים במתח נמוך).

בשום מקרה לא מכתב האופי של מפסק המגן מבחינת מספר הקטבים באותו המפסק, אם כי ברור מרוח התקנת שיש לדאוג להגנה על כל מופע.

לכן, התשובה לשאלה הראשונה היא חיובית. במיתקן תלת מופעי מותר להתקין שלושה מפסקי מגן חד מופעיים ולמנוע בכך ניתוק המופעים הבריאים במקרה של תקלה במופע אחד בלבד.

התשובה לחלק השני של השאלה נמצאת בתקנת משנה 22 של תקנות החשמל (התקנת לוחות חשמל במתח עד 1,000 וולט) היתשניא – 1991.

בתקנה זו נאמר:

(א) כל לוח ראשי יצויד במפסק ראשי ובמבטת ראשי לכל סוג אספקה.

(ב) בכל מקום שבו דרושים מפסק ראשי ומבטת ראשי מותר להשתמש במפסק אוטומטי זעיר או במפסק ונתיכים. המפסק יהיה:

- (1) תלת קטבי בינה תלת מופעית,
- (2) חד קטבי בינה חד מופעית."

הוועדה מפרשת את ההוראה שלעיל כדלהלן:

ההוראה בתקנת משנה (א) דורשת מפסק ראשי ומבטת (לרבות נתיך) ראשי.

תפקיד המפסק הוא לאפשר ניתוק בו זמני של מופעי המיתקן במקרה הצורך, כגון תחזוקה.

תפקיד המבטת (שהוא – במקרה של נתיך – תמיד חד מופעי) הוא לנתק אוטומטית מעגל שבו שובר אדם יתר.

לכן, גם כשמשתמשים באחד התחליפים המוזכרים בתקנת משנה (ב), מותר שתאפשר פעולה המותרת לפי (א).

דהיינו, מותר להתקין מפסק זרם אוטומטי נפרד בכל מופע, ובלבד שיהיו מגושרים ביניהם כך, שבזמן שימוש (Trip)

השימוש בחומר תקני

אל ועדת הפירושים מגיעות פניות רבות, ממפעלים וממהנדסים ממתכננים, בנוגע לשימוש בחומרים חדשים, כגון מוליכים, מחברים, תיבות סעיף או חיבור וכו', אשר אינם מכוסים בתקן הישראלי.

כידוע, כל חומר התקנה הבא לידי שימוש חייב להתאים ל"תקן". "תקן" מוגדר בתקנות החשמל כתקן ישראלי ובהיעדרו – תקן זר כמו שאושר על ידי המנהל לענייני חשמל לגבי מקרה מיוחד או סוג של מקרים.

אין בכוונת ועדת הפירושים לעכב התקדמות טכנולוגית או הכנסת חומרים חדשים לשימוש בארץ, אך אין בסמכותה לאשר זאת.

כל פנייה לאישורו של חומר חדש שאינו מתאים לתקן ישראלי וקיבל את אישורו של מכון התקנים, חייבת להיות מופנית אל מנהל ענייני חשמל במשרד האנרגיה והתשתיות, ת"ד 13106, ירושלים 91130.

בפנייה יש לציין לפי איזה תקן זר המוצר מיוצר, כמו כן יש להוסיף לבקשת האישור תיאור טכני מלא (מיפרט, שרטוטים, דוגמה, הכל לפי העניין), וזאת כדי לאפשר שיקול דעת נכון ומבוסס של המנהל.

במקרים רבים מוצא המנהל לנכון להיוועץ בוועדת הפירושים, וזו משתדלת תמיד למסוק לקולא, לפי י"בית היללי.

הגברת אמינות האספקה

במיתקנים תלת מופעיים

הבעיה

האם במיתקן תלת מופעי מותר להשתמש בשלושה מפסקי מגן חד מופעיים, וכן בשלושה מפסקים אוטומטיים ועירים נפרדים כדי למנוע הפסקת שני מופעים נוספים בו זמנית כשקרתה תקלה במופע האחד בלבד, יש בכך שיפור ניכר בהגברת אמינות האספקה?

תשובת הוועדה

הרכבת מפסק מגן איננה חובה, אלא במקרים שבהם הגנה אחרת איננה מספקת או לא

בחינת האפשרויות לשימוש בתנורי הסקה חשמליים אוגרי חום המותאמים לדפוסי חימום בישראל ולתעו"ז הבייתי המתוכנן

אינג' נוראני שגיב M.Sc.

ייעול השימוש בחשמל הוא אחד מקווי המדיניות של חברות החשמל בעולם וביניהן של חברת החשמל לישראל. אחד מייעדי העיקריים של מדיניות זו הוא הסטת הצריכה משעות הפיסגה שבהן הביקוש לחשמל מרבי, לשעות הנבע והשפל. מטרה זו ניתנת להשגה במגזר הצרכנות הביתית על ידי שימוש בשיטות ובאמצעים טכניים חדישים בתחום מכשירי החשמל הביתיים, ובהם – שימוש בתנורי הסקה חשמליים אוגרי חום.

לטובח כוונת חברת החשמל להרחיב את תחולת השיטה של תעריף החשמל לפי עומס המערכת וזמן צריכה – תעו"ז, ולהחילה גם על הצרכנות הביתית, בדקה המחלקת לייעול הצריכה של חברת החשמל את האפשרויות ליישום מחדש של תנורי הסקה חשמליים אוגרי חום בארץ.

מאמר זה מתאר בקצרה את ההתפתחויות שחלו בשנים האחרונות בתנורי הסקה חשמליים אוגרי חום בעולם ואת אפשרויות יישומם בארץ. נקדים ונציין כי מבחינת הצרכן הביתי, החשמל הוא מקור האנרגיה הנוח ביותר להסקת דירות לעומת מקורות אנרגיה חלופיים, כגון נפט, סולר וכו'. הוא אינו מזהם, נוח להפעלה, ניתן לוויסות, זמין בכל רגע ויעיל כ-100 אחוז.

מבוא

לפי הערכות חברת החשמל, צריכת החשמל לחימום חדרי מגורים בארץ כיום אופייני בחורף (1989-1990) מסתכמת ב-4,700 מגואט-שעה, מתוכם כ-1,150 מגואט-שעה נצרך על ידי פזונים, והיתר – על ידי תנורי חימום חשמליים רגילים (קונווקטורים, רדיואטורים וכו').

הביקוש לחשמל לחימום חדדים מהווה את עיקר העומס הביתי ומגיע לכדי 60 אחוז מכלל הביקוש הביתי בשעת השיא בחורף.

לטובח הערכות חברת החשמל להחלת התעו"ז הביתי מניחים, שאם חימום דירות בחשמל יעשה באמצעות אנרגיה שנאגרה בשעות שבהן מחיר החשמל זול יחסית, שיטה זו יכולה להיות השיטה החסכונית ביותר לצרכן מבחינת התשלום בעד הצריכה לחימום.

מן ההיבט של חברת החשמל מימוש השיטה יכול להביא לניצול אופטימלי יותר של מערכת החשמל הארצית.

המדובר הוא בהסקה כאמצעות תנורים חשמליים – אוגרי חום שנהוג להשתמש בהם בארצות רבות בעולם, ושהיו בשימוש בארץ בשנות ה-60 וה-70, אבל עכשיו המדובר בגייסה מודרנית ומאוכללת יותר.

תנורי הסקה חשמליים – אוגרי חום

תנור ההסקה החשמלי אוגר החום מתוכנן לאגירת חום הנוצר מאנרגיה חשמלית במטרה למרקו לאחר זמן (איור 1).

נ' שגיב – המחלקה לייעול הצריכה, אגף הצרכנות, חברת החשמל



א. תנור בעל מריקת חום סטטית

ב. תנור בעל מריקת חום דינמית

איור 1

מבנה סכמטי של תנור הסקה חשמלי אוגר חום

כרטיל, טוענים את התנור בשעות השפל, שבתן מחיר החשמל אול יחסית, כדי לנצל את החום הנאגר בו בשעות הפיסגה, שבתן מחיר החשמל יקר.

רקע היסטורי

תחילת ייצורם של תנורי חסקה חשמליים – אוניו חום היה בגרמניה בשנת 1927. אז ייצרו שני דגמים של תנורים בעלי מבנה גלילי, מנושמים מאוד, בהספקים של 3 ו-5 קו"ט. תוון האגירה בתנורים אלה היה חול יבש שלא סופק על ידי היצרן. לאחר מלחמת העולם השנייה, ובייחוד בשני העשורים האחרונים, חלה התפתחות גדולה בטכנולוגיות של תנורים אלה באירופה. ההתפתחות התחוללה, בעיקר, בגלל תמיכה מסיבית של חברות החשמל בשימוש בתנורים אוניוים, בתור אמצעי נוח ומשוט לניהול עומס.

המידות הפיזיות של התנורים (גובה ועומק) קטנו במידה ניכרת (במקצתם נעשה הדבר על חשבון גידול כרוחב התנור), נפח התנורים קטן כ-30 אחוז בקירוב והמשקל קטן כדי מתצית. המסה של תוון האגירה קטנה במעט, אך קיבול החום של התנור גדל פי ארבעה. חומרי הבידוד ומערכת הבקרה שוכללו עד לכלי הכר.

מבנה תנורים אוניוים חדישים

תנורים אוניוים חדישים, בניגוד לישנים, הם בעלי צורה נאה ודקורטיבית ומשווקים במבחר גדול של צבעים וציפויים, כך שהם משתלבים היטב בריהוט החדר או המשרד.

תוון אגירת החום בתנור מורכב מלבנים בעלות מקדם אגירה (מכפלת החום הסגולי

במשקל הסגולי) גבוה מאוד, שביניהן מותקנים נופי חימום חשמליים. בין הלבנים יש פתחים שדרכם זורם האוויר הקר של החדר הנכנס דרך פתחו התחתון של התנור (ראה איור 1). אוויר זה נבואו במגע עם תוון האגירה החם של התנור מתחמם ונפלט החוצה לחלל החדר. כדי למנוע קרינה לא רצויה של חום מתוון האגירה וכדי לשמור על החום הנאגר בתנור לפרק זמן ארוך, מבודדים את תוון האגירה שמעטפת התנור באמצעות בידוד תרמי משותב.

קיימים שני סוגי תנורים.

- תנור בעל פריקת חום סטטית (תנור סטטי)
- תנור בעל פריקת חום דינמית (תנור דינמי)

תנור בעל פריקת חום סטטית (תנור סטטי)

בתנור זה פליטת החום מתבצעת באופן הבא: בהולכה (קונדוקציה) – 60 אחוז ובקרינה – 40 אחוז (איור 2א). היות שעד 90 אחוז מהחום הנפלט מתנור זה בומן הטעינה אינו ניתן לבקרה, החדר עלול להתחמם יותר מן הנדרש.

תנור בעל פריקת חום דינמית (תנור דינמי)

כדי להשיג בקרה טובה יותר על החום הנפלט מהתנור הסטטי, חוסמים את דרך הולכתו הטבעית ומכוונים אותו באופן שאילץ כלפי מטה, דרך חללי תוון האגירה, באמצעות מפרח המבוקר על ידי תרמוסטט החדר. שיטה זו מגדילה ומייקרת את התנור הדינמי לשמרת התנור הסטטי, אך היא כדאית.

כמו כן יש דגמים מיוחדים של תנורים המשולבים עם נופי חימום ישיר (בלא אגירה)

המופעל בשעות הפיסגה של ימים קרים במיוחד, כאשר החום הנאגר בתנור אינו מספיק לחימום החדר.

עקומי טעינה ופריקה אופייניים לשני סוגי התנורים המתוכננים ל-8 שעות טעינה (שפל) ו-16 שעות פריקה (פיסגה) מתוארים באיור 2.

מרכיבי התנור האוניו

תנור אוניו כולל את המרכיבים הבאים:

- תוון האגירה.
- נופי חימום.
- בידוד תרמי.
- מערכת הבקרה.

להלן תיאור תמציתי של כל ממרכיבי התנור.

תוון האגירה

תוון האגירה בתנור אוניו עשוי מיחידות מודולריות בצורת לבנים המורכבות מבחינה כימית מתחמוצות מתכתיות באיכות טובה. כמות החום Q_a הניתנת לאגירה בתוון היא:

$$Q_a = m \cdot C \cdot \Delta T$$

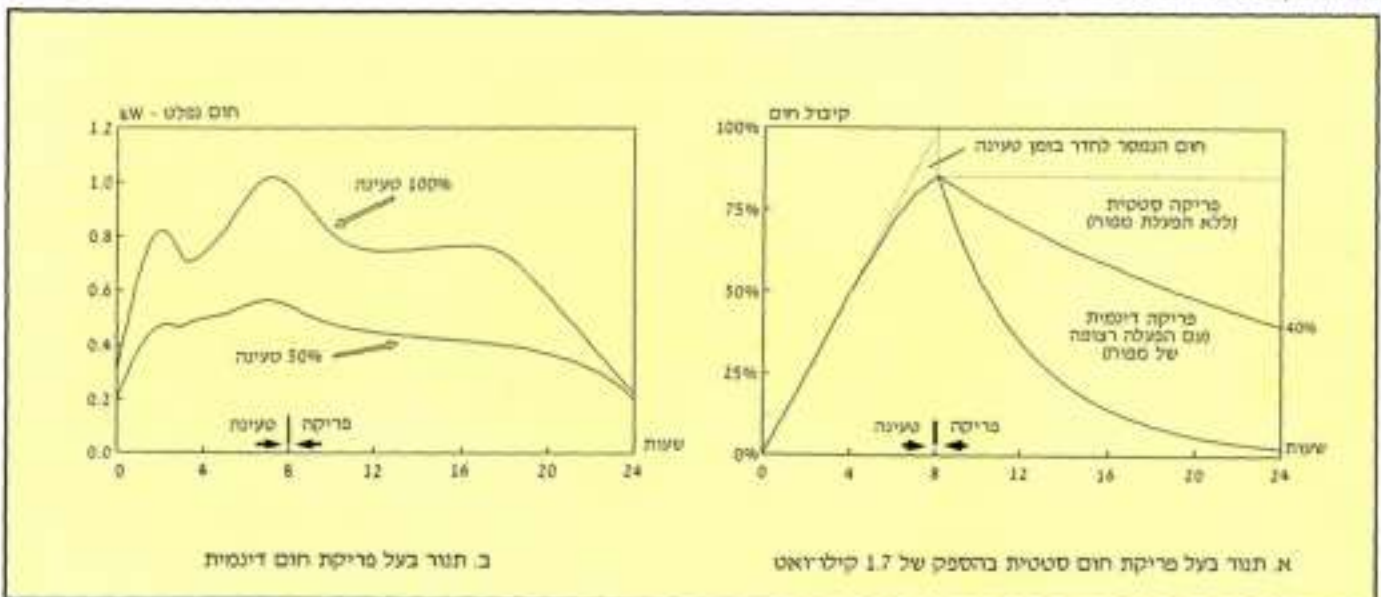
כאשר:

Q_a – כמות החום האגורה ב-kcal,
(1 kWh = 860.42 kcal)

m – מסת תוון האגירה ב-kg

C – חום סגולי של התוון ב- $\text{kcal}/(\text{kg} \cdot ^\circ\text{C})$

ΔT – תחום טמפרטורת האגירה ב- $^\circ\text{C}$



איור 2

אופייני טעינה ופריקה של תנור אוניו

טבלה 1
תכונות פיזיקליות אופייניות של סוגים מקובלים של תווך האגירה

מגנטיט Magnetite	פורסטיט Ferroite	מגנטיט Magnetic	חומר האגירה	התכונה
2.9	2.7	3.9	Kg/dm^3	משקל סגולי
0.31	0.29	0.26	W/KgK	חום סגולי
4.1	1.74	2.44	W/m^2K	מוליכות תרמית
0.88	0.77	0.99	W/dm^2K	קיבול חום סגולי
0.509	0.445	0.578	kW/dm^2	קיבול חום יעיל

העומס (בימים א'יה משעה 21:30 עד 06:30, ובימי שישי משעה 21:30 עד יום ראשון בשעה 06:30).

סך כל העומס המחובר של תנורים אוגרים ב-1965/66 היה 3,997 ק"וט. שומס זה עלה ל-64,632 ק"וט כעבור 10 שנים.

השימוש בתנורים אלה נפסק בהדרגה מהסיבות האלה:

- תעריף לא אטרקטיבי.
- הפער בין התעריף המולל לחימום ובין התעריף הביתי הרגיל הצטמצם בהדרגה לערכים מזעריים.
- השקעה גבוהה ברכישת התנור ובהתקנה. מחד התנור הוצאות נלוות אחרות – שהיו כרוכות בצורך להגדיל את החיבור ולהתקין מעגל חשמל נפרד לתנור – היו גבוהות.
- היעדר גמישות בשעות הפעלת התנור: שעות הפעלת התנור הוגבלו על ידי שעות מיתוג (מגביל זמן) של חברת החשמל.
- משקל ומידות פיזיות גדולות ומגושמות.

תקן ישראלי ת"י 919 חל על תנורי הסקה חשמליים אוגרי חום לשימוש ביתי ולשימושים דומים.

תכנון/התאמה של תנורים אוגרים לאיפיוני הסביבה

תנורים אוגרים חדשים המיוצרים כיום בחו"ל, תוכננו או הותאמו למכלול התכונות האופייניות המיוחדות לכל מדינה. האיפיונים העיקריים הם אלה:

- תנאי האקלים.
- דפוסי החימום של האוכלוסייה.
- מבנה תעריף החשמל הביתי.

כבריטניה נמצא, שתנור בעל פריקת חום סטטית, הוא המתאים ביותר לאיפיוני מדינה זו, ובנייתו לתנאי מזג האוויר היציבים יחסית השוררים במשך היום.

חומר מיקרו-נקובי, או בשמו המסחרי "מיקרו-תרם" (Microtherm), הוא מבודד יעיל במיוחד שפותח בפעם הראשונה כעבור התעשייה הגרעינית ותוכניות סוכנות החלל האמריקאית – NASA, לשם הנחתת לווייני אפולו. מיקרו-תרם בעובי של 9.5 מ"מ מסוגל להביא לנבילת טמפרטורה של עד 400 מעלות צלסיוס. כלומר 600 מעלות צלסיוס במשטח החם, 200 מעלות צלסיוס במשטח הקר ללוח בעובי של 9.5 מ"מ בלבד. לשם השוואה שימוש בסילקט הסיידן או בסיב קרמי בתנאים אלה מחייב לוח בעובי של כ-25 מ"מ.

מערכת הבקרה

כללית פעולת התנור מבוקרת על ידי שתי מערכות בקרה, האחת – לבקרת הטעינה והשנייה – לבקרת הפריקה של התנור. מערכות אלה יכולות להיות חלק אינטגרלי של התנור או בנפרד ממנו.

מצאי תנורים אוגרים

תנורי הסקה חשמליים אוגרי חום נמצאים בשימוש במיליוני בתים באירופה, והספקם המחובר הכולל מתקרב ל-50,000 מגואט. בדרמניה משתמשים בתנורים אוגרים ביותר מ-7 אחוזים מבתי המגורים, ובבריטניה – ב-14 אחוז מתוך 17 מיליון בתי מגורים.

העומס המחובר של תנורים אוגרים בדרמניה ב-1960 היה 100 מגואט. הספק זה עלה ל-1,000 מגואט כעבור 4 שנים, ב-1977 הגיע ל-26,400 מגואט, וב-1990 היה כ-38,600 מגואט.

אין לנו מידע מדויק על מצאי תנורים אוגרים ביתר הארצות בעולם, אך ידוע לנו, שבארצות רבות משתמשים בהם או מוצאים עניין רב בשימוש בהם.

בארץ התחילו להשתמש בתנורים אוגרים בשנת 1965, בעידודה של המחלקה ליעול הצריכה בחברת החשמל, שהפעילה למטרה זו, בין היתר, תעריף חשמל מוזל בשעות שפל.

לרוע המזל, החל כרמה מסוימת של טמפרטורה בתווך האגירה הוצאות לבידוד התרמי של התנור עולות באופן שאינו יחסי לטמפרטורה. אופטימוזציה בעלויות מביאה לרמת חום מרבית של 850 מעלות צלסיוס בתווך האגירה וכשטח פני גופי החימום הטובולריים בטעינה מלאה.

כדי לקבל תווך אגירה בעל נפח קטן ככל האפשר לקיבול חום רצוי, חיוני להשתמש בחומרים בעלי משקל סגולי גבוה.

עוד גורם בעל חשיבות רבה לקבלת תווך אגירה טוב הוא היחום הסגולי של התווך. רצוי מאוד, שהחום הסגולי של התווך יהיה גבוה ככל האפשר.

המכפלה של משקל סגולי בחום סגולי מכונה בשם "מקדם האגירה של התווך".

המוליכות התרמית של תווך האגירה צריכה לקיים את התנאים הנאים:

במשך הטעינה – ספיגת החום מגופי החימום תיעשה בלא קושי.

במשך הפריקה – מעבר החום לתוך הלחי התווך יהיה יעיל.

טבלה 1 מתארת את התכונות הפיזיקליות האופייניות של סוגים מקובלים של תווך האגירה.

גופי החימום

בעבר היה תווך האגירה של התנורים עשוי מחומרים מבודדים מבחינה חשמלית, ולכן היו גופי החימום פתוחים (לא מבודדים) ועשויים מסנסונת ניקל-כרום או מסנסונת ברזל-אלומיניום. תהליך הייצור של הגופים האלה היה משוט, ומחירים היה זול יחסית.

טכנולוגיה חדשה של ייצור גופי חימום מבוססת על סיליני חימום בהרכב של 20/80 ניקל/כרום. הסליליים עטופים בשופרת מתכתית עשויה מסנסונת ניקל/כרום/ברזל, והם מבודדים ממנה באמצעות אבקת תחמוצת מגנזיום טהורה. עקרונית, גופי חימום אלה דומים לגופי חימום של תנורי בישול חשמליים, אך היות שהם חייבים לעמוד לאורך זמן בטמפרטורות של עד 850 מעלות צלסיוס, נבחרו ערכיהם הנקובים בהקפדה יתרה.

בידוד תרמי

כדי להקטין את עובי התנור משתמשים בדופן הקדמי ובדופן האחורי שלו בחומר בידוד מיקרו-נקובי בעל מוליכות תרמית נמוכה במיוחד הסכנה מיקרו-תרם.

בצדדים ובחלק העליון משתמשים בצמר מינרלי או בסיבים קרמיים. בבסיס התנור אפשר להשתמש גם בצמר מינרלי, אך רוב היצרנים מעדיפים להשתמש בסילקט הסיידן או בחומרים קרמיים.

לעומת זאת, בגרמניה, שבה חלים שינויים גדולים בתנאי מזג האוויר במשך היום, משתמשים בתנור בעל פריקת חום דינמית.

לישראל איפיונים מיוחדים משלה, השונים לחלוטין מן האיפיונים של רוב המדינות באירופה ובארה"ב. לכן, תנורים המתכננים לאיפיונים המיוחדים של מדינת אלה אינם מתאימים לתנאי הארץ.

כדי לתת את האפשרויות להתאמתם של תנורים אוגרים לתנאים בארץ, אנו חייבים בראש ובראשונה לדעת את מכלול התכונות האופייניות שהתנור חייב לעמוד בהם, ועל פיהם לקבוע את הדגם ואת המבנה של התנור המתאים.

להלן האיפיונים העיקריים של התנאים הנדרשים בארץ באופן מתומצת.

תנאי האקלים בארץ

האקלים בארץ מגוון ונתון לשינויים מהירים על פני מרחק קצר. אין ארצות רבות בעולם שבהן המעבר מאקלים אחד למשנהו הוא כה מהיר וחריף כפי שקורה באזורים מסוימים בארץ.

מקובל לחלק את הארץ לארבעה אזורים אקלים עיקריים לפי המספר הממוצע של ימי הסקה (יום אופייני באמצע החורף) בשנה כדלקמן:

איזור א' – אזור שפלת החוף (תל אביב, חיפה): 120 ימי הסקה.

איזור ב' – אזור הנגב הצפוני ועמק יזרעאל (באר שבע): 120 ימי הסקה.

איזור ג' – אזור הרי הנגב, הנגיל, הנגב, יהודה ושומרון (ירושלים): 166 ימי הסקה.

איזור ד' – אזור בקעת החולה והכנרת, עמק בית שאן והערבה (אילת): 60 ימי הסקה.

כמוכן, יש לשים לב לכך, שאף כי מספר ימי ההסקה הוא דומה באזורים א' ו'ב' הרי הטמפרטורה היומית באזור ב' נמוכה יותר, ולכן כמות האנרגיה היומית הדרושה לחימום גדולה יותר.

דפוסי החימום של האוכלוסייה בארץ

מרבית האוכלוסייה בארץ מסתפקת בשיטת חימום "נמישה" או בחימום הדירה בדמה בינונית (כ־18 מעלות צלזיוס) במשך כ־5 שעות ביממה, חלק מהדירה מחומם באופן "מלא" וחלקה האחר – באופן חלקי, או שאינו מחומם כלל. החימום נעשה ברמת הסקה שונת, לפי הפעילויות השונות בשעות היממה ולפי גילאו הדיירים.

בלילה און מחממים, בדרך כלל, את חדרי המגורים ואת חדרי השינה של המבוגרים, לעומת זאת, חדרי השינה של התינוקות מחוממים לטמפרטורה של כ־20 מעלות צלזיוס במשך כל שעות היממה.

יש משפחות הנרות בדירות, או בבתי פרטיים, המחממות את כל הדירה ברמת נוחות תרמית קבועה של 18 עד 22 מעלות צלזיוס במרבית שעות היממה.

מבנה תערוף החשמל הביתי

זהו הגורם המכריע ביותר בשיקולי הצרכן אם להעדיף תנור אוגר על תנור חשמלי רגיל (תנור קורן, מפזר חום, קונוקסור, רדיאטור). מבנה תערוף החשמל משפיע הן על ההשקעה הראשונית (מחיר התנור) והן על התוצאות לחשמל של התנור.

תנורים אוגרים המיוצרים בחו"ל מותאמים ל־7 או 8 שעות טעינה נקובות ול־17 או 16 שעות פריקת. מחקרים מראים, שבהנדלת משך הטעינה הנקוב (שעות שפל) על חשבון זמן הפריקה, כאשר קצב הפריקה נשאר קבוע, תרד ההשקעה הראשונית באופן משמעותי – כמות החום הנאגר בתנור (קוטייש) תקטן וכתוצאה מכך יהיה התנור קומפקטי יותר (איור 3). יתירה מכך, ככל שמשך שעות הפריקה (שעות הפיסנה) יקטן, יוקל ביודו התנור מבחינה תרמית.

ההוצאות לחשמל יקטנו ככל שיגדל המעך בין מחירי החשמל בשעות השפל לבין מחירי החשמל בשעות הפיסנה.

בחירת האפשרויות ליישום תנורים אוגרים בארץ

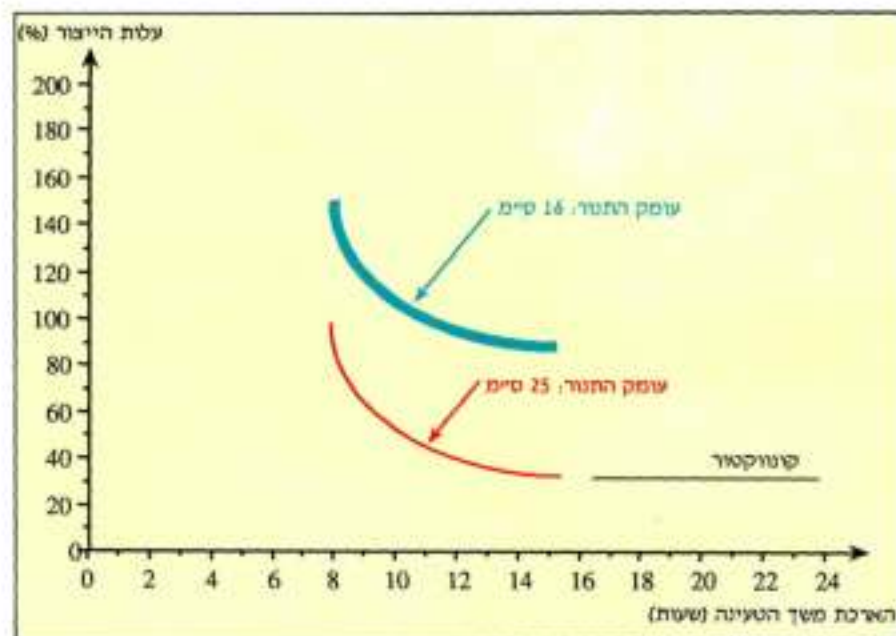
בחינה ראשונית של האפשרויות ליישום תנורים אוגרים בארץ, נעשתה על ידי המחלקה ליישול העריכה של חברת החשמל, שנעזרה במעבדה הלאומית לפיסיקה, אשר צברה ניסיון רב בבדיקת הביצועים האנרגטיים של תנורי חימום.

מעבדה זו בדקה את האפשרויות להתאמת תנורים אוגרים בעלי פריקת חום סטטית ודינמית לדפוסי החימום בארץ. התנורים שנבדקו נבחרו מתוך מגוון רחב של תנורים המיוצרים על ידי שתי חברות אירופאיות בעלות מוניטין וניסיון רב בתחום זה.

מתוצאות בדיקת המעבדה ומלימוד מעמיק של הנושא, הוסקו מסקנות המאשרות, ששבחינה טכנית יש אפשרות לבנות תנורים אוגרים בעלי פריקת חום דינמית המתאימים לתנאי האקלים ולדפוסי החימום של האוכלוסייה בארץ.

התנורים שנבדקו במעבדה וכמה תנורי אב־טיפוס אשר תוכננו לפי האיפיונים המיוחדים לארץ, הועברו בחורף השנה לבדיקה מעשית בבתי מגורים בארץ.

אם הממצאים יהיו חיוביים חברת החשמל מתכוונת לעניין את יצרני התנורים והיבואנים בבנייה ובכיבוא של תנורים אוגרים המתאימים לתנאי הארץ. תקוותנו היא, שעם החלת התעויוז הביתי יעמוד לרשות הצרכן הישראלי, בנוסף לאמצעי החימום המקובלים כיום בשוק, גם תנור אוגר קומפקטי במחיר סביר המתאים לדפוסי החימום הקיימים בארץ.



איור 3 ירידה יחסית בעלות הייצור של תנור אוגר דינמי כתוצאה מהארכת משך הטעינה מעבר ל־8 שעות

תחנות כוח גרעיניות – המצב בארץ ובעולם

ד"ר לואיס ספר

מאמר זה כולל סקירה על אודות המצב העכשווי של תחנות כוח גרעיניות בארץ ובעולם ועל ההתפתחויות שחלו בנושא בעת האחרונה. הסקירה מתייחסת למצב בארה"ב, באירופה המערבית, ביפן ובמזרח הרחוק, בבריה"מ** ובגוש המזרחי ובישראל.



טבלה 1

נתונים על החשמל הגרעיני המופק במדינות מתועשות

הארץ	אחוז החשמל הגרעיני (מתוך שה"כ החשמל המופק)	מספר הכורים	הספק כולל (מגואט)
צרפת	75	56	55,800
בלגיה	60	7	5,500
קוריאה	49	9	7,200
שבדיה	46	12	9,800
סאודון	38	6	4,900
גרמניה	33	21	22,400
יפן	27	41	30,900
בריטניה	20	37	11,500
ארה"ב	20	111	99,600
קנדה	14	20	14,000
בריה"מ	12	45	34,700

מבוא

כדי לסקר את מצב התחנות הגרעיניות (תגיר) בעולם ובישראל רצוי להתחיל במידע כמותי. טבלה 1 כוללת נתונים על אודות:

- אחוז החשמל הגרעיני (מתוך שה"כ החשמל המופק) במדינות מתועשות אחרות.
- מספר הכורים המפעלים.
- הספקם הכולל.

בשה"כ מופעלים בעולם 417 כורי חשמל. הספקם המותקן הכולל הוא 322,786 מגואט. כגוֹסף נמצאים 73 כורים בשלבי הקמת.

* ראה מאמר בנושא כייחזקע המצדעי'י מסי' 38 – ספטמבר 1986
 ** מאמר זה נכתב בחודש ספטמבר 1991, לפני התפרקותה של בריתה"מ והמאורעות האחרים במזרח אירופה

לי ספר – מנהל המחלקה הגרעינית, אגף מחקר ופיתוח בחברת החשמל, ומשיא האגודה הישראלית למדעי הגרעין

כל זה גרם, במרוייקטים רבים, להגדלת העלות, הרבה מעל ומעבר לתקציב, ולבעיית ניהול קשות במיוחד. היה צריך לתמוך בלוח הזמנים כדי לשלב את השינויים, ולעמוד מול הרישוי בלי לקבל כל דרישה ללא בדיקת חיוניותה. בנסיבות אלה הניהול בחברות מסוימות לא עמד במבחן ועלות הפרוייקטים גדלה מספר סוגים מהמתוכנן. לעומת זאת פרוייקטים רבים אחרים היו מצלחים מאוד מן הבחינה הכלכלית. דוגמה למופת היא חברת Florida Power & Light, שהקימה את תחנת St. Lucie (תמונה 1) בשש שנים בלבד, במסגרת התקציב ולוח הזמנים המתוכנן.

עלות החשמל הנרעיני הממוצעת בין כל החברות עדיין משתווה בערך עם זו של החשמל מתחנות פחמיות. אבל בארה"ב רוב חברות החשמל הן פחמיות, לכן הרווחים של האחת אינם מקווים את הפסדיה של השנייה. הסיכון הוא גדול, חברות השמל הששו להתחיל פרוייקטים ואף ביטלו פרוייקטים אחדים שהיו בשלבי תכנון או הקמה. תרמו לכך גם הנורמים האלה:

- קצב עליית צריכת החשמל היה קטן מהמצופה.
- מחיר הנפט ירד מגבהי השחקים שהשיג לאחר משבר האנרגיה בשנות ה-70.
- התנועה האנטי-נרעינית הגבירה את כוחה, בייחוד לאחר התאונה שאירעה ב-1979 בתג'ור "אי שלושת המילים", וזאת אף שאיש לא נפגע בתאונה. כתוצאה מכך הצליחו למנוע אפילו הפעלת תחנות גמורות, כגון תג'ור Shoreham, N.Y. ב-Long Island, והדבר היה כרוך בנקב כספי עצום.
- ממשל קארטר (1977-1980) תרם להחלשת התעשייה הנרעינית האמריקאית מתוך קשירת זיקה בין כורי כוח לבין עקרונות אי-הפצתו של נשק נרעיני.

כאמור, לא היו התחלות בנייה בעשור האחרון. התג'ור האחרונה הושלמה ב-1989. גם תחנות פחם לא נבנו. כתוצאה מכך מורגש בשנים האחרונות מחסור גובר והולך בחשמל. תופעות של עלטה כבר אינן נדירות וכצעדי ביניים מוקדמות טורבינות גז, כיום נרתעים לבנות תחנות פוסיליות הן בגלל הדרישות המחמירות להקטנת הויהום והן בגלל הדאגה מ"אפקט החממה" הגלובלי, שבארה"ב נותנים עליו את הדעת במידה רבה מאוד. לאפקט החממה אין פתרון טכנולוגי. זו דו תחמוצת הפחמן שלה לסטרוספירה, אינו מתמרק, מצטבר שם בכמויות אדירות ויש חשש לשינויים דרסטיים באקלים כדור הארץ, אם המצב הזה יישמש.

כיום שוקלים בתעשיית החשמל בארה"ב לשלב ולהקים תג'ורים, כדרך מעשית יחידה

35 שנות ניסיון עם הכורים המיוחדים שלה, בריטניה יכוננת" היום ומקימה כור מים קלים מהסוג מים בלחץ (P.W.R.), שהוא הכור הנפוץ ביותר בעולם, ונירסתו המסחרית מתחה בחברת Westinghouse.

עקרון הבטיחות היה מאז ומתמיד בראש סולם העדיפויות של התעשייה הנרעינית בארה"ב יתר מדינת המערב אימצו את העקרון ושומרות עליו בקפדנות.

כדי לפקח על הבטיחות הקימה ממשלת ארה"ב רשות לרישוי נרעיני (Nuclear Regulatory Commission - NRC), נפרדת לחלוטין מהתעשייה ומגופים ממלכתיים אחרים המספלים בנושא. גם בשאר ארצות המערב הוקמו גופי רישוי עם נהלים דומים.

חוקת ארה"ב מאפשרת התערבות של אזרחים מן השורה בתהליך הרישוי, וזה כולל קבוצות אזרחים, אגודות ובעלי עניין למיניהם. כאן החלה הבעיה: קבוצות מתנגדים עקרוניים לאנרגיה נרעינית – ולעתים לאנרגיה בכלל – ניצלו לרעה את האופן הדמוקרטי של תהליך הרישוי האמריקאי כדי לעכב את ההליכים הוגשו קובלנות ומשאלות לאין ספור רק כדי לשתום את צינורות הרישוי ולשתק את הפעילות בשטח. כל קובלנה דורשת תשובה מנומקת מחברת החשמל המקימה את התג'ור, מספק הכור ומחברות ההנדסה המשתתפות. בנוסף לכך, הרישוי בארה"ב דורש אישורים בשלביה השונים של הקמת התג'ור, ולעתים נדרשו שינויים טכנוניים לא חיוניים, שנעשו תחת לחץ הקובלנות. כך הוואך בוצעה משך הקמתה של תג'ור והשקעות הון ענקיות נשארו מוקפאות.

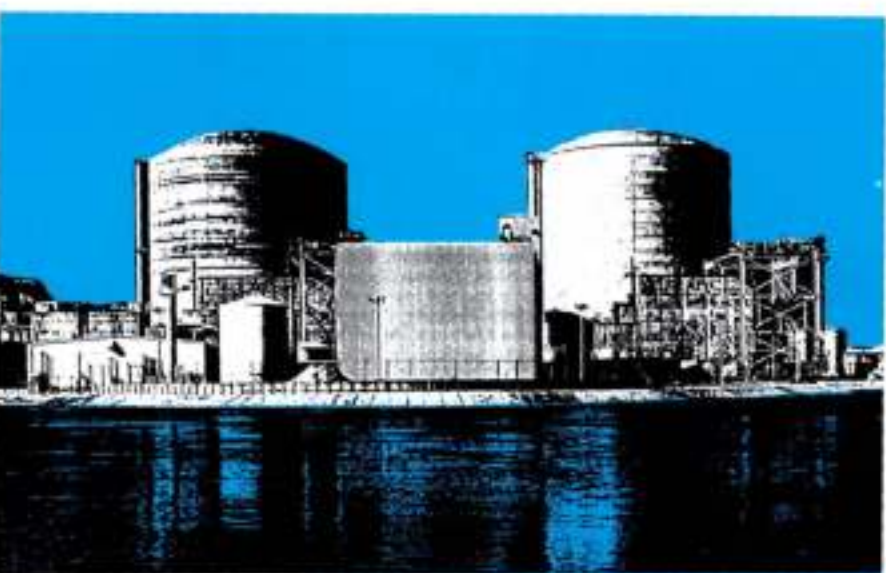
המסמרים המוצגים בטבלה 1 ניתן ללמוד, שאין המדובר באיזו טכנולוגיה ניסיונית או אפילו חדשנית, אלא בתעשיית ענק, מבוססת, בעלת ניסיון עשיר של כ-35 שנה המייצרת חשמל בכמויות אדירות. רק בארצות המערב הופקו עד כה כ-20 טריליון קו"ש (20 מיליוני מיליון).

במקצת המדינות המאוזכרות בטבלה 1, כגון: יפן, קוריאה וצרפת, ממשיכה תנופת הבנייה ללא הרף, לעומת זאת, בארה"ב ובנמה מדינות אירופאיות, חלה האטה בקצב הקמתן של תחנות חדשות מאז סוף שנות ה-70. בהמשך נזון בסיבות לכך. בעת האחרונה שוקלים בחברות החשמל בארה"ב לחזור לאופציה הנרעינית, וכנראה יופעלו תחנות חדשות בעשור הבא.

בישראל החלו תוכניות להקמת תג'ורים לפני כמעט 30 שנה, אך החמצו ההזדמנויות בשנות ה-60. בשנת 1973 החליטה ממשלת ישראל להקים תג'ור, וב-1983 חזרה הממשלה על החלטה זו. עד כה לא מומשו ההחלטות, בעיקר בגלל התנגדות הממשל האמריקאי למכירת כורים ודלק נרעיני למדינות שלא חתמו על האמנה לני הפצת נשק נרעיני.

המצב בארה"ב

ארה"ב הייתה החלוצה בשימוש באנרגיה נרעינית לייצור חשמל הכורים המסחריים שלה הם מסוג מים קלים וכלומר מים רגילים, וזה גם הסוג של 70 אחוז מהכורים במערב. רק קנדה ובריטניה מייצרות כורים מסוג אחר. קנדה בונה כורי מים כבדים ובריטניה כורי גז-רפטי. מעניין לציון, שלאחר



תמונה 1
תג'ור St. Lucie במדינת פלורידה, ארה"ב – סיפור הצלחה

לעיד הטראה לעין. כדי למנוע חורה לבעיות העבר התעשייה מועלת להשגת שלוש מטרות:

- ייעול יסודי של תהליך הרישוי בלא ויתור על הבטיחות.
- תכנון ידור חדש של כורים שיהיו בטוחים עוד יותר מכורי הדור הקיים.
- הסברה מתאימה כדי להשיג חסכמה ציבורית.

יש לציין, שכל הכורים הפועלים כיום במערב בטוחים ברמה כזו שאין שווה לה כשום מגור אחר של התעשייה. בתאונה החמורה ביותר בתולדות המערב, בתגיד יאי שלושת המילים, לא היו נפגעי קרינה. למעשה, בשום תגיד מסחרית במערב לא אירעה תאונה שכתוצאה ממנה היו מקרי מוות מקרינה, וזאת בתקופה שבה הופק השמל בעלות כוללת של טריליון דולר בקירוב (מיליון מיליוני דולר). אין שום תעשייה אחרת היכולה להראות הישג כזה. ובכל זאת, מאחר שהלק ניכר מהציבור חרד מכורים גרעיניים, מתכננים כיום כורים שבהם ההסתברות לתאונה חמורה וניחה עוד יותר מאשר בכורים הקיימים. יש לדאוג, כמובן, שהציבור גם ייווכח בכך.

תכנון הכורים מיהדור החדש מבוסס על אהתה טכנולוגיה של כורו מים קלים שכבר הוכיחה את עצמה כעורה כל כך טובה. הופקו לקחים, התכנון החדש יהיה פשוט יותר וכתוצאה מכך, לדברי המתכננים, גם בטוח יותר. החספק של כורים אלה יהיה 600 מגואט בקירוב, וכך הם יתאימו לייצוא לארצות בעלי רשת קטנה (כיום למרבית הכורים במערב הספק של 1,000 מגואט לפחות). יש לציין שמלבד הידור החדש, מתכננים בארה"ב כורים המבוססים על הכורים הקיימים, שבהם רק הוכנסו שיפורים. לדברי המציעים, אלה הם הכורים הבטוחים ביותר. התכנון המפורט של כור הידור החדש אמור להסתיים באמצע העשור, ואז גם צפויות הומוגט החדשות בארה"ב הן לכורי הידור החדש והן לכורים הימשופרים.

המצב באירופה המערבית

הכורים המסחריים בכל אירופה, טכד בבריטניה, הם מסוג מים קלים. צרפת צועדת קדימה מכמה בחינות.

- היקף הפקת השמל גרעיני – 75 אחוז משהיח השמל.
- סטנדרטיזציה – מייצרים סדרות של כורים זהים.
- עלות הקוטיש הנמוכה ביותר הודות לייצור הסטנדרטי.
- מדיניות עקבית של יידורשן החשמל ובנייה לפי הצריכה. עד לתקופה האחרונה הוקמו 4-3 כורים בשנה (השיא

היה 8 כורים בשנה). היום, בגלל האטה בקצב הצריכה ורוויה בהספק המותקן, כורים רק כור אחד בשנה. צרפת גם מייצאת השמל לכמה מדינות שכנות.

בבריטניה החלה בשנת 1988 הקמתה של תגיר מן הסוג של מים קלים בלחץ באתר Sizewell. ברוב המדינות האחרות באירופה אין התחלות בנייה בשנים האחרונות, רק משלימים את הפרוייקטים שבדרך. בשווייץ ובאיטליה הוחלט על ימורטוריום (דחיות החלטה), בשווייץ – למשך עשר שנים ובאיטליה – למשך חמש שנים. באיטליה אף הופסקה באמצע הקמתן של ארבע יחידות. החלטות אלה ואחרות באירופה לא הוחלטו משיקולים מסחריים אלא מסיבות פוליטיות. התנועה האנטי-גרעינית הצליחה להחריד רגשות חרדה מכורים גרעיניים לחלקים נרחבים של הציבור, בייחוד לאחר התאונה בצרטיובל ב-1986. זאת אף שההבדל בין רמת הבטיחות במערב לזו שמזרח אירופה היה תהומי, על כל מנים עד לתקופה שבה התרחשה התאונה. מפלגות היירוקים בגרמניה ובארצות אחרות התחוקו בשנות השמונים, וגרמו למפלגות אחרות לאמץ חלק ממצען משיקולים אלקטורליים. הדגל האנטי-גרעיני היה הקל ביותר לאימוץ. בינתיים נסוגו היירוקים, אך הרעיון האנטי-גרעיני נשאר, לפת עתה.

כמו בארה"ב, כך גם באירופה החלו להופיע בעת האחרונה הסימנים הראשונים של חורה למציאות. הדוגמה של שבדיה מעניינת במיוחד. בתחילת ה-80 הועבר חוק המרחיב הוצאה מפעולה של כל התגירים עד שנת 2010, וכצעד ראשון הוצאת שתי יחידות בשנת 1992. בהתקרב תאריך היעד הגיעו השלטונות לידי הכרה שבעצם הכניסו את עצמם לסכך. מאן יילקח החשמל החסר? הרי גם תחנות פחמיות אסורות לבנייה על פי החוק. לתחנות הידרו-אלקטריות כבר אין אתרים מתאימים, אלא מתוך פגיעה קשה בנופים. אמנם תחנות רוח ותחנות לניצול כוח הגלים מוקמות, אך אלה תורמות רק אנרגיה זולת. כפתרון ביניים תכננו להשלים את החסר על ידי העלאת הספק התגירים הוותרים, אך ברע האחרון הביט את המעורך שבצעד כזה והחליטו להמשיך בהפעלת שתי היהודות. בהזדמנות זו הוחלף גם השר הממונה. יש להניח, שכבוא העת יבטלו את חוק המפסקה הכללית שתוכנן להיכנס לתוקף ב-2010 וימשיכו לבנות כורים גרעיניים. כמו כן יש להניח, שיתר מדינות מערב אירופה יחדשו בהקדם את הקמתם של כורים חדשים.

המצב ביפן ובמזרח אירופה

ליפן אין מקורות אנרגיה כלשהם – לא פחם ולא נפט. אין פלא, שבעת משבר האנרגיה הראשון נחרדה יפן יותר מכל

מדינה מערבית אחרת. לכן, החליטה או לבנות תגירים בקצב מזורז כדי להשתרר מהתלות בנפט (אגב, גם צרפת החליטה כך באותה עת). כיום, 27 אחוז מהחשמל ביפן הוא גרעיני, וקצב הבנייה הוא הגבוה בעולם – שלוש יחידות לשנה בממוצע.

בקוריאה ובטאיוון המצב דומה. התנועה האנטי-גרעינית במזרח הרחוק לא הייתה חזקה דיה מאחר שהצורך החיוני באנרגיה בלם את צמיחתן של תנועות האזרחים המתנגדים לסוג זה או אחר של אנרגיה, או לאנרגיה בכלל. בכל אופן, תחנות נבנו וממשיכות להיבנות. דווקא בעת האחרונה, עם שגשוג הכלכלי המזהיר של המדינות באזור, נוברת ההתנגדות, אך אין להגיה שזו תגבר עד כדי גרימה להאטת התעשייה הגרעינית.

הכורים ביפן הם מן הסוג של מים קלים. בתחילה נרכשו הכורים מ-General Electric ומ-Westinghouse. אחר כך הם נבנו ביפן מתוך הסכם וכיות עם חברות אלה. כיום מפתחים ביפן כורים משופרים שהספקם מעל ל-1,000 מגואט.

המצב בברייה"ט ובמזרח אירופה

כורי החשמל בברייה"ט הם משני סוגים.

- RBMK (1,000 או 1,500 מגואט). זה סוג הכור שנהרס בצרטיובל.
- VVER (400 או 1,000 מגואט). כור מים קלים בלחץ, דומה לכור PWR המערבי הנפוץ.

ה-RBMK הוא כור גרעיני-מים, צירוף שלא קיים בשום מקום אחר בעולם. אין הוא בטוח לפי סטנדרטים מערביים ולא היה מקבל רישוי בשום מדינה מערבית. הפעלתו דורשת זהירות רבה בגלל אי יציבותו האינטרנטית בתחום הספק נמוך.

התאונה בצרטיובל קרתה בגלל צירוף של שני גורמים גוליליים: חוסר יציבות הכור ורשלנות בניסוי שאסור היה לבצעו מלכתחילה בתחנת כוח בפעולה. ה-RBMK מסוגל ליצר ביעילות פלוטוניום למטרות צבאיות, וזה היה **תפקידו המקורי**. הצורך לחימשול מואץ בברייה"ט בעיצומה של המלחמה הקרה דחף אותה להתאים כור זה לייצור השמל מתוך תוספות ושינויים. ה-RBMK הופעל רק בתוך ברייה"ט ולא יוצא לאף מדינה אחרת משתי הסיבות שלעיל. יכולתו לייצר פלוטוניום ביעילות ואי יציבותו.

במקביל לבניית סדרת כורי ה-RBMK פיתחו הרוסים את ה-VVER, אותו גם סיפקו לכמה מדינות בגוש המזרחי ולפינלנד. אמנם אין ל-VVER את כל האיפיונים הבטיחותיים של ה-PWR המערבי, ואף על פי כן הוא שונה

בתכלית מה-RBMK הצירובילי ועולה עליו לאין ערוך מבחינת הבטיחות.

במקצת ממדינות מרח אירופה ובהן בולגריה ורומניה המזרחית, הוזנחה אחזקתם של כורי ה-VVER. ברומניה לאחר האיחוד החליטו לסגור אותם, ואילו בבולגריה מאמץ בינלאומי אדיר מתגבש כעת כדי לתקנם ולנסות להצילם. לעומת זאת, בהונגריה למשל, שבה הקמידו על מקצוענות גבוהה במלאכה, באחזקה ובחפעלה, כורי ה-VVER פועלים ללא דופי. בתגיר הפינית Lovissa שותקת שתי יחידות, ובהן הציד הבסיסי שייך ל-VVER, ואילו הציד ההיקפי של בקרה ואמצעי הבטיחות, המאטם והתכנון הכולל בא מהמערב. Lovissa נמנית עם התחנות המוצלחות ביותר בעולם, שיטות הניהול ושיטות האחזקה המעולות של הפינים בודאי תורמות להצלחה זו.

לפני האסון בצירוביל הייתה הפילוסופיה הבטיחותית בכריהיים שונה ביסודה מהמערבית. עדיפות ראשונה ניתנה לייצור חשמל. במערב, לעומת זאת, התודעה הבטיחותית היא הראשונה במעלה וחדורת למכלול תחומי תגיר – לתיכנון, להקמה ולתפעול. טהלי הפעלה קפדניים מרחונו הערוג במערב פשוט לא היו קיימים על פי החוק בתגיר סובייטית. לאחר צירוביל בוצעו שינויים יסודיים בכל המגנטון גרעיני הסובייטי להעלאת רמת הבטיחות מתוך שיתוף גובר והולך עם נופים מערביים. הוכנסו שינויים הכרחיים בכורי ה-RBMK הקיימים, ובטיחותם היום גבוהה כהרבה ממה שהייתה. כמו כן הפסיקו את בנייתם של כורי RBMK חדשים.

באשר לעתיד, מתכוונים בכריהיים להמשיך לבנות כורי VVER, משופרים ובטוחים יותר. למרות צורכיהם בחשמל, ולטובת ההתנגדות העזה של רוב הציבור הם נאלצו לקצץ את תוכניותיהם השאפתניות. צירוביל השאירה צלקת עמוקה בעם, לא רק בגלל הנזק שגרמה, אלא גם בגלל חוסר האסון שעוררה כלפי הקהילה הגרעינית. סוגן שחוסר האסון הופנה בעיקר כלפי השלטונות. יש אפילו סברה, שצירוביל הציתה שרשרת אירועים שהובילו במישרין לתהפוכות הפוליטיות בכריהיים. על כל מים, הפרח מחשמל גרעיני גורם להאטה בקצב הקמת תגירים, וכתוצאה מכך – למעוקת אנרגיה חמורה ביותר, לזיהום עצום מהתחנות הפוסיליות המיושנות ולסתימת כל רשת הרכבות בגלל ההובלה המסיבית של פחם.

... והמצב בישראל

תוכניות להקמת תגיר החלו בשנות ה-60 הראשונות. אז היה מדובר בתגיר דו תכליתי – לחשמל ולהתפלה – בהספק של 200

מגואט. התוכנית עוכרה במשותף על ידי הוועדה לאנרגיה אטומית (ואיא) וחברת החשמל, בעזרת חברת Kaiser Caelalitic מארהיב. התוכנית לא יצאה אל הפועל בגלל שיקולי כדאיות חסרי חוץ, כגון הבדלי ריבית בין 2 אחוזים ו-3 אחוזים וציפיות למחירי נפט נמוכים לנצח. רק בסוף 1973 החליטה הממשלה להקים תגיר, עם כור ימטכנולוגיה מוכחת ומספק אסון ובעל מוניטין.

ניהול הפרוייקט הופקד בידי חברת החשמל, בשיתוף הואיא. הוקם טף רישוי עם סמכות חוקית בתור אנף נפרד של הואיא. כמו כן הוקמה ועדה ציבורית עליונה לבטיחות גרעינית (בטגיר) כמספר לראש הואיא, שהיא ראש הממשלה.

ב-1974 הוכנו מספרים לכור, לדלק גרעיני ולטורבו גנרטור. המספרים הוצאו לשלוש חברות אמריקאיות: Westinghouse, General Electric, Babcock & Wilcox, ואלה הגישו את הצעותיהן ב-1975. לאחר הערכה והשוואה של ההצעות החל ב-1976 המוים עם כל הספקים.

בתחילת פברואר 1977 נחתם מזכר הבנה עם חברת Westinghouse, שהיה אמור להפוך להסכם לאחר אישור הממשל האמריקאי. אז החלה כהונתו של הנשיא קרטר, והוא – למרות הבטחתיו של הממשל הקודם – לא אישר את ההסכם. ב-1978 הצליח קרטר להעביר בקונגרס את חוק ה-NRPA האוסר ייצוא כורים גרעיניים, דלק גרעיני וטכנולוגיה גרעינית למדינות שלא חתמו על האמנה לא הפצת נשק גרעיני. החוק שריר וקיים עד עצם היום הזה והסיכויים לשיטתו בעתיד הקרוב אינם טובים.

ב-1981 הקימה הממשלה ועדה, בראשות נשיא הטכניון דאז, עמוס חורב, לבחינה מחדש של מכלול בעיות פרויקט התגיר הישראלי, כולל אפשרות של בניית כור מפיתוח עצמי ועדת חורב הצביעה על חיוניותה של הקמת תגיר, אך לא המליצה על פיתוח עצמי, וזאת מטעמי תקציב ולוח זמנים. ב-1983 החליטה הממשלה בפעם השנייה על הקמת תגיר.

במשך כל השנים האלה ועד היום נבדקו אפשרויות לרכישת כור ממדינות אחרות חוץ מארהיב. עד כה התוצאות אינן חיוביות. כך, למשל, הייתה התקשרות עם החברה הצרפתית Framatome בשנים 1984-1985 בעידוד הנשיא מיטראן. הקשר הסתיים בפתאומיות מסיבות פוליטיות, כמוכך. הנופים המעורבים בנושא – ובעיקר חברת החשמל והואיא – מחזיקים צוותי מומחים להקמה ולאחזקה של תשתית הנדסית, למעקב אחרי ההתפתחויות בתעשייה הגרעינית בעולם וללימוד הטכנולוגיות השונות. אתר שבטה נבג נחקר באופן יסודי זה למעלה

מעשר שנים, כדי להוכיח את התאמתו להקמת תגיר לכשימומש הפרוייקט.

בהמשך לבדיקות האלה משרד האנרגיה בוחן היום אפשרות של הקמת כור לפי המודל הפיני, דהיינו רכישת ציוד בסיסי מבריהיים ורכישת ציוד היקפי ממדינות המערב, כולל רכיבים מישראל. יש לציין, שבכל מוים שהיה עד כה, כולל העסקה עם האמריקאים שלא יצאה אל הפועל ב-1977, דרשה ישראל ייצור מקומי של רכיבים מסוימים.

סיכום

במקדם או במאחר תוקם תגיר בישראל, ואחריה שורה של תחנות, עד שהחשמל הגרעיני יהיה חלק נכבד בסל האנרגיה הלאומי. ממשלות ישראל עקביות בנושא זה, מאז ההחלטה הראשונה ב-1973. המכשול העיקרי הוא המחלוקת בנושא האמנה לא הפצת נשק גרעיני. מחלוקת זו חייבת להיפתר בצורה כלשהי. זו בעיה מדינית שתיפתר בצורה מדינית.

באשר לעולם הרחב, הקמת תגירים תימשך במדינות שבהן לא נעצרה ותתחדש ביתר הארצות, כי אין פתרון אחר לעתיד הנראה לעין, מכל מקום – עד שנים רבות במאה ה-21. גם אנרגיות "אלטרנטיביות" – אנרגיה סולרית, אנרגיית הרוח, אנרגיית הגלים וכו' – ייטלו חלק הולך וגובר בסל האנרגיה העולמי במקומות ובתנאים המיוחדים שבהם הן יעילות. אך לעת עתה, כתחליף רציני למקורות האנרגיה המסיביים מהסוג של פחם ונפט, אנרגיה גרעינית היא הפתרון המעשי היחיד.

עד כה לא דיברנו על "העולם השלישי", אבל כיום 80 אחוז מאוכלוסיית העולם צורכת כמויות אנרגיה קטנות פי שישה (לאדם, בממוצע) מצריכת האדם המערבי. צריכה נמוכה פירושה עוני. כדי להעלות את רמת החיים יש להעלות קודם כל את אספקת האנרגיה. אילו היה העולם השלישי מגיע לרמת החיים של המערב, היה צורך בכמות אנרגיה גדולה פי 30 מהכמות הנוכחית. ניתן לשער מה היה או אפקט החממה ללא אנרגיה גרעינית...

למעשה, העולם השלישי נמצא ליד גבולותינו. במצרים, למשל, צריכת כלל האנרגיה לאדם היא כחמישית מהצריכה בישראל, צריכת החשמל – כשמינית מזו של ישראל וכעשירית מהממוצע המערבי. מצרים מנסה זה זמן רב להקים תחנות גרעיניות כדי להקל על מצוקת האנרגיה, אך קשה לה ליישם את ההון הדרוש. לא מן הנמנע, שבעיית ההון של מצרים והבעיה המדינית של ישראל תמצאנה את פתרונן באותה עת, ותוקמנה תחנות גרעיניות כשתי המדינות.

מנועי השראה עם רוטור כלוב המופעלים על ידי ממירי תדר

אינג' אשר גבע M.Sc.

בתקופת משבר האנרגיה יש לנושא האופטימוזציה של מנועי חשמל בכלל, ושל מנועי השראה עם כלוב רוטור בפרט, חשיבות ממעלה ראשונה. בכל הנוגע לאינטרס הלאומי שלנו יש לנושא משמעות מעל ומעבר לחיסכון האפשרי בהוצאות הישירות. אם נשכיל לתכנן את המיתקנים כך שיעבדו בנצילות אופטימלית, נחסוך ממון רב, וכך נתרום למשק הלאומי שלנו.

תהליך המרת האנרגיה המתחיל בשרפת חומר הבעירה (פחם, דלק נוזלי וכו') בתחנת הכוח ועד לניצול האנרגיה החשמלית אצל הצרכן, כרוך בהפסדי אנרגיה לכל אורך הדרך. מתוך 100 קילוואט של אנרגיה המופקת משרפת דלק בתחנת הכוח נשארים כאנרגיה זמינה אצל הצרכן הסופי רק כ-16 קילוואט בממוצע. במלים אחרות, כל קילוואט של הפסדים שנחסך אצל הצרכן גורם לחיסכון של כ-6 קילוואט (שווה ערך תרמי של אנרגיית הדלק) בתחנת הכוח.

בשנים האחרונות הולך ומתפתח מאוד השימוש במנועי השראה המונעים ממקורות חשמל לא קונובנציונליים, הכוונה לשימוש בממירי תדר. בעזרת התקנים אלה אפשר לווסת בצורה רציפה את מהירות מנועי השראה, צורת עבודה שבעבר הייתה נחלתם של מנועי זרם ישר בלבד.

רשת חשמל רגילה מזינה ממיר המחובר ישירות למנוע, וכך רוכש המנוע המופעל בזרם חילופין, יתרונות נוספים רבי משמעות, בעיקר באפשרות לעבור למנועים פשוטים יותר מבחינת המבנה והאחזקה. ואולי חשוב לא פחות – באמצעות השימוש בממירים נצילות המנוע ניתנת לשיפור ניכר, בעיקר כאשר המדובר במנוע שבו דרוש תחום רחב של ויסות סיבובים. מצד שני, רמה גבוהה של אלקטרוניקה עדיין אינה ערובה למערכת הינע מעולה, אם לא "משדכים" אותה עם המנוע המתאים.

כדי להגיע לפתרון אופטימלי של מערכת הינע חשמלי כלשהי (מנוע וממיר) יש למצוא תיאום בין המתכננים של מנועי החשמל לבין המתכננים של מערכות ההינע. בהיבטים השונים של סוגייה חשובה זו עוסק המאמר שלפנינו.

כדי לתכנן ולבנות מנוע אופטימלי יש לבצע – בצד העבודה התיאורטית הגדולה – גם מספר רב של ניסויי מעבדה.

להלן שתי דוגמאות לניסויים שנעשו במנועים שונים, ובהם נמדדה תמונת הזרם.

המנועים שנבדקו הם:

- מנוע אסינכרוני סטנדרטי בעל 24 חריצים בסטטור ו-18 חריצים ברוטור (איור 1).
- מנוע אסינכרוני סטנדרטי בעל 36 חריצים בסטטור ו-44 חריצים ברוטור (איור 2).



איור 1

מנוע אסינכרוני סטנדרטי בעל 24 חריצים בסטטור, 18 חריצים ברוטור

השטף הזה אחראי, כידוע, ליצירת המומנט (M) על ציר המנוע. הקשר הליניארי נתון בנוסחה הבאה:

$$M = K_2 \cdot I_2 \cdot \Phi$$

כאשר:

M – המומנט על ציר המנוע

K_2 – קבוע

I_2 – הזרם המושרר ברוטור

Φ – השטף המסתובב בתוך חלל המנוע

מכאן, שכדי להפיק מהמנוע מומנט קבוע בתחום גדול של סיבובים עלינו לדאוג לשטף קבוע, או במלים אחרות, צריך להתקיים היחס הבא:

$$\frac{U}{f} = \text{const}$$

בצורה זו נוספו תכונות חדשות, שהיו בעבר במנוע זרם ישר, למנוע השראה הסטנדרטי.

צורת הזרם במנוע השראה עם רוטור כלוב

במנוע אסינכרוני עם רוטור כלוב המחובר לרשת שבה גל המתח הוא סינוס טהור, צורת הזרם במנוע, ברוב המקרים, אינה זהה כלל לצורת המתח. כאן נכנסים לתמונה ממירי התדר כגורם נוסף בין הרשת למנוע. תמונת הזרם המנוע מושגת, אם כי לא בצורה ניכרת.

עקרון הפעולה של ויסות מהירות במנועי השראה

עקרון הפעולה של ויסות סיבובים במנועי השראה קשור ביכולת ליצר רשת תלת מופעית סינתטית, לא סינכרונידלית, בעלת תדר הניתן לשינוי בתחום רחב.

במנועי השראה בעלי ליפוף נתון כל שהוא, מספר הסיבובים הסינכרוניים לדקה נקבע על ידי הקשר הבא:

$$n_s = \frac{60}{P} \cdot f$$

כאשר:

n_s – מספר הסיבובים הסינכרוניים, בסל"ד

f – תדר המקור, בהרץ

P – מספר זוגות הקטבים בליפוף

מתח המקור יוצר את השטף המסתובב (Φ) בתוך חלל המנוע לפי הנוסחה:

$$U = K_1 \cdot f \cdot \Phi$$

כאשר:

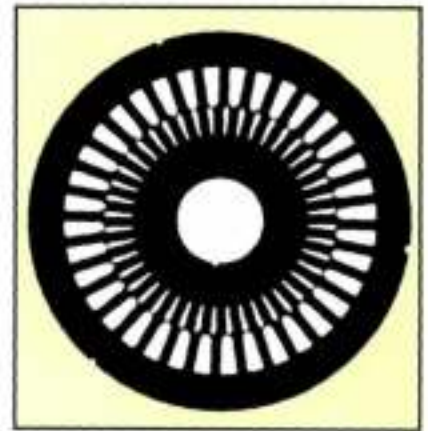
U – מתח המקור

K_1 – קבוע

f – תדירות מקור המתח

Φ – השטף המסתובב בתוך חלל המנוע.

אי גבע – יזמה ארטימיו, מנועי חשמל בעימי



איור 2

מנוע אסינכרוני סטנדרטי בעל 36 חריצים בסטטור, 44 חריצים ברוטור

ניסוי א': מנוע אסינכרוני סטנדרטי

24 חריצים בסטטור, 18 חריצים ברוטור

איור 1 (בעמוד הקודם) מציג חתך של מנוע אסינכרוני סטנדרטי בעל 24 חריצים בסטטור ו-18 חריצים ברוטור. הניאומטריה מצביעה על מנוע של שני קטבים, כלומר מהירות סינכרונית של 3,000 סל"ד ב-50 הרץ.

איור 3 מציג את תמונת הזרם כפי שנמדדה בעבור מנוע זה שהספקו קטן יחסית (4 קילו וואט). בחלק העליון של האורך מצגת תמונת הסיבובים.

ניסוי ב': מנוע אסינכרוני סטנדרטי

36 חריצים בסטטור, 44 חריצים ברוטור

לשם השוואה נבדק מנוע אסינכרוני סטנדרטי נוסף שבו הסטטור הוא בעל 36 חריצים

והרוטור בעל 44 חריצים (איור 2). גם כאן המדובר במנוע בעל שני קטבים, כלומר מהירות של 3,000 סל"ד ב-50 הרץ.

איור 4 מציג את תמונת הזרם כפי שנמדדה בעבור מנוע זה. אין צורך להרחיב בהסברים על התמונה השונה של הזרם לעומת מנוע בעל 24 חריצים בסטטור. העקום מדבר בעד עצמו.

צורת הזרם באיור 3 מצביעה על תופעות מאוד לא רצויות. יש לצפות למשקור עבודה לא טוב של המנוע מבחינת הרעידות, וכמן כן יש לצפות לעלייה משמעותית ברעש המנטי. הביצוע העדיף של סטטור בעל 36 חריצים, במקרה פרטי זה, מאפשר גם מערכת הינע בעלת תדר זפקים גבוה יותר.

דאוי לציון, שהניסויים שפורטו לעיל נעשו בתנאים העבודה התחתון של ממירי תדר, דהיינו במתח נמוך מהמתח הנקוב, ובתדר של 1 אחוז מהתדר הנקוב.

זרם נקי מהרמוניות

כידוע, זרם נקי מהרמוניות מביא בעקבותיו לשדה מסתובב סימטרי. לשם השגת מטרה סופית זו יש התירה פתמות למילי הדרישות האלה:

- סימטריה של זרמי כל המפנים.
- שמירה על סימטריה בין החצי החיובי לחצי השלילי של כל הזרם.
- שמירה על סימטריה בין מחצית הגל העולה למחצית הגל הורד.
- שמירה על הסימטריה בין מתח הרשת למתח הנרטורי שנבנה במנוע עצמו. למצב זה יש השלכה ישירה על צמצום הרעש וכמובן גם על החיסכון באנרגיה.

■ הקפדה על מצב של מגנט אופטימלי. כל נטייה למגנט יתר תביא לידי עיוות בגל הזרם.

שילוב מנוע השראה עם מערכת הינע

עדיין אין שום תקנים או דרישות באשר לתכונות הוויסות של מערכת כוללת – מערכת הינע ומנוע.

שאלה שיכולה להתעורר, מנווית אחרת, היא השאלה, איך מנוע כלשהו י"מסתדר" עם מערכת הינע מסוימת? הדבר קשור ישירות עם זרם ההתנעה, למשל זרם ההתנעה מעסיק את הרשת, קובע את גודל המוליכים למחצה, מייצר חימום בלתי רצוי, קובע את גודל המצמט וכמו כן אחראי לימת הרעש.

זרם ההנעה של מנוע

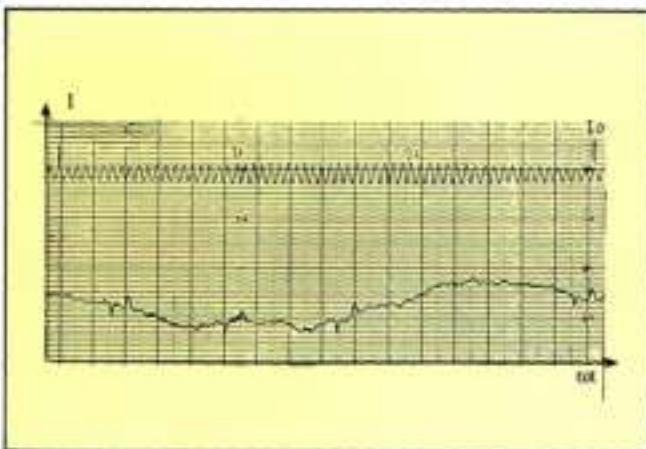
ערך זרם ההנעה נקבע על ידי ההתנגדות האוהמית של הלימפנים וגובה ההעמסה. ערך זה אינו משתנה כאשר עוברים מתחום סיבובים אחד לתחום אחר.

התנגדות גבוהה במעגל הסטטור אינה רצויה אף פעם. לעומת זאת, התנגדות גבוהה במעגל הרוטור היא, לרוב, תופעה חיובית.

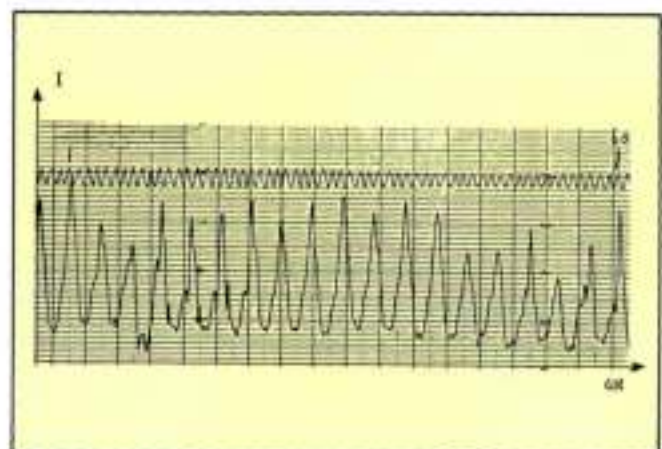
שילוב של התנגדות נמוכה במעגל הסטטור והתנגדות גבוהה במעגל הרוטור גורם לתכונות חיוביות ושליליות.

התכונות החיוביות הטבעות משילוב של התנגדויות הן:

- הורדת זרם ההתנעה.
- הורדת הפסדי חימום (I^2R) בסטטור.



איור 4
תמונת הזרם בעבור מנוע אסינכרוני סטנדרטי בעל 36 חריצים בסטטור, 44 חריצים ברוטור



איור 3
תמונת הזרם בעבור מנוע אסינכרוני סטנדרטי בעל 24 חריצים בסטטור, 18 חריצים ברוטור

- העלאת מומנט ההתנעה.
- תנועה סיבובית אחידה יותר של הרוטור.
- העלאת מומנט העגינה.
- העלאת מספר ההתנגשות החוזרות.
- שימור בהאצת המנוע.
- הרדת רמת הרעש.

התכונה השלילית הנובעת משילוב של התנגדות היא

- העלאת הפסדי חימום (I²R) ברוטור.

אם כי בעבר נפתרו בעיות רבות כהינע, בצורה זו או אחרת, בלי לרדת לעומק של הנושא ולמצוא עד תום, הרי היום ברור, שאת הפתרון הטוב של ההינע יש לחפש, קודם כל, במנוע האופטימלי.

מבט חטוף אחורה מצביע על העובדה, שמנועי זרם ישר לפני עשרים שנה עברו בנייה מחדשת לפני שנמצאו מתאימים לעבודה עם וסתים אלקטרוניים. לעבודה זו יש, כמובן, השפעה ישירה על מנועים שכל סוג שהוא, ובודאי על מנועי השראה בעלי רוטור כלוב.

כשמתייחסים למנוע סטנדרטי (Norm-Motor), שהוא מנוע המוגדר באמצעות כמה מידות גיאומטריות (חורי רגליים, קוטר הציר, גובה הציר מתחתית המנוע וכו'), לעומת זאת, אין אחדות באשר לגורמים האלה. נצילות, גורם ההספק, מומנט התנעה ומומנט מרבי בין המנועים השונים, וייתכנו הבדלים ניכרים בין יצרן ליצרן. המחשבה שבצירוף בין מנוע סטנדרטי למערכת הינע כלשהי נקבל מערכת משולבת אופטימלית, אינה שומדת במבחן.

שילוב מנוע השראה בעל רוטור כלוב עם מערכת הינע

מנוע השראה עם רוטור כלוב הומצא לפני 100 שנה על ידי המהנדס הרוסי הדגול, דוליבו דוברובולסקי (Dolivo Dobrowolski), שעבד בגרמניה בחברת AEG. בתקופה שבין שתי מלחמות העולם עבר מנוע זרם שימורים רבים, החוקרים והמהנדסים ארנולד, ריכטר, דריפוס, מילר, ליפשיץ, סקונס ונירנברג היווהו על כך בהרחבה בספריהם.

שינויים רבים חלו במהלך השנים בפיתוח מנועי השראה, ובעיקר – לאחר מלחמת העולם השנייה. סובן, שרוכס היו שינויים לטובה, ובכל זאת היו גם נסיגות מספר.

תהליך הדרגתי, שנבע, בעיקר, מעליית טיב החומרים שמהם בני המנוע ושימוש בחומרים חדשים בעלי תכונות משופרות, איפשרו, מצד אחד, את הקטנת גודלם ומשקלם של מנועים בעלי הספק נתון ועלייה בטמפרטורת הליפופים, אולם מצד שני, גרמו לירידה בנצילות ובגורם ההספק ולהגברת רעש המנוע.

כמצב עיניים נתון זה חדרו בשנות השישים ההתקנים האלקטרוניים הראשונים מתוך שימוש במוליכים למחצה (טרייסטורים, טרייסטורים, טריאקס וכו').

במבט ראשון, אך שטחי, נראה שמנוע אסינכרוני עם רוטור כלוב הוא האמצעי המתאים ביותר להתקשרות לממירים, אך לא עבר זמן רב וגילו, שאליה וקוף בה, מנוע אסינכרוני עם רוטור כלוב "ייצר" הרמוניקות זרם גדולות וכן גלים עליונים של מומנט. הוא אמור לעבוד עם רכיב אלקטרוני שגם הוא "יצרן" מוכבד של גלים עליונים. התוצאה היתה די צפויה – מחסור במומנט התנעה, רעש מנטני חזק, הפסדים גבוהים ונצילות נמוכה.

מהנדסי פיתוח מעטים בלבד באותם ימים הבינו לעומק את סודות המנוע "הפשוטי" הזה. כך עברו שוב כמעט 20 שנה של ניסויים, ולא מעט כישלונות, עד שתדברים נכנסו למתכונת המוכרת היום.

מתכונת זאת – וזאת לדעת, שהיא האופטימום הרצוי לשנות התשעים – מתארת את המנוע האופטימלי המתאים ביותר לאפשרות ויסות מהירות בשיטת המרת תדר.

המאפיינים של מנוע השראה המתאים ביותר לוויסות מהירות

כדי שמנוע השראה יתאים בצורה אופטימלית לעבודה עם וסת מהירות בשיטת המרת תדר, חייבים להתקיים התנאים האלה.

- יחס החריצים בין הסטטור לרוטור מותאם במיוחד לעבודה בתחום רחב של תדירויות.
- לימף סטטור בעל שעל מקוצר בהתאם.
- חריצי רוטור מיוחדים עם הטיה מודגשת.
- רוטור בעל התנגדות יחסית גדולה.
- מעגל מגנט מתוכנן להשגת אופטימום.
- רמת כידוד גבוהה עם רזרבה תרמית מספקת.
- איספרנצית לימף בריק (vacuum) גבוה.
- אופציה של אוורוד עזר בעיקר בתחום עבודה בתדר נמוך.
- אופציה של טכונטרור לקבלת סיבובים מדויקים בתחום רצוי של טולרנסים.
- יצירת המוצר בטכנולוגיות עיבוד חדישות.

אם נבנה מנוע לפי המרשם לעיל, יש סבירות גבוהה שנקבל מוצר טוב ואמין.

בניית מנוע העונה לדרישות אלה, מאפשרת תחום ויסות גדול וכמו כן תנועה סיבובית שקטה. אם הוויסות נעזר במד מהירות (טכונטרור), תחום הוויסות הוא רחב מאוד (1-8000). לעומת תכנון מקרי

כלשהו, הרי שתכנון לפי המפרט לעיל יוכל להביא לירידה דרסטית ברעש (בי"ח 10 לערך), למומנט התחלתי גבוה יותר באופן בולט ולהספק על ציר המנוע, שהוא אותו הספק כאילו חובר לרשת חשמלית בעלת נל סינוס טהור. בדרך כלל, ההספק של המנוע המחובר לממיר תדר קטן ב-10 אחוז מה של אותו מנוע אילו היה מחובר לרשת תקנית.

לאופטימיזציה של מנוע אסינכרוני יש, בצד ההשלכה על הביצועים המיכניים המשוליים, גם השפעה על התכונות הגיטריות שלו, כלומר על תכונות הבלימה הדינמית של המנוע, כך שמתאפשרת החזרת האנרגיה שנצורה בעיקבות הבלימה, חזרה לרשת.

סיכום

לשם בדיקה ובקרה של מנועים ביישומים שתוארו במאמר זה, יש צורך בשימור ושכלול אמצעי האבחנה והמידה.

אם בעבר התאפשרה הבדיקה של מנועים בעזרת מדי מתח, זרם והספק, הרי כאן המדובר במנועי השראה אופטימליים בהונה על ידי ממירי תדר. לשם כך יש למתח אמצעי מדידה שתוחכמים יותר ומדויקים יותר.

את בחינת צורת הזרם וזרם ובדיקת ההרמוניות מבצעים בעזרת אוסצילוגרמות ותוכנות ייעודיות במחשב. גם לשם מדידת משתנים תקינים, כמו מתח, זרם והספק, אין להשתמש בצידוד הרגיל המוכר, אלא במכשירים מסוג True RMS.

האופטימיזציה של הינע חשמלי מתפתחת כל הוסף ותופשת תאוצה בהתמדה. ניקח למשל, את ענף התחבורה החשמלית ברכבות, בתקופה זו הענף זה עובר מהפכה המתבטאת במעבר מהיר למנועי השראה עם רוטור כלוב, במקום מנועי זרם ישר שהיו מקובלים עד כה, וכל זאת לצורך קבלת ביצועים טובים יותר.

כידוע, מנוע השראה הוא מנוע פשוט ואמין לאין שעור לעומת מנוע לזרם ישר. מלבד זאת, בצירוף עם ממיר תדר אפשר לקבל את כל התכונות של מערכת הינע של זרם ישר ובתוספת יתרונות רבים, שכימים אלו של חיסכון באנרגיה יש להם משקל רב.

אפשר לקבוע, שאין עדיין מיצוי מלא לבעיית האופטימיזציה של מנועי השראה עם רוטור כלוב כאשר הוא מוון מממיר תדר, אם כי צורת עבודה זו של מנועים חשמליים חדרה בשנים האחרונות לכל ענפי התעשייה והחקלאות וכו'.

עדיין לא נאסרה המילה האחרונה בתחום זה, ולאנשי מחקר ופיתוח בענף האלקטרוטכניקה ובענף האלקטרוניקה יש עוד הרבה מה לעשות בנושא.

בקרת אנרגיה מפעלית – חידושים ויתרונות

אינג' מנדל קריצ'בסקי M.Sc., אינג' יפתח לורן

המטרה העיקרית של מערכת בקרת האנרגיה המפעלית היא לחסוך בתוספת עלות החשמל בשיא צריכה ("יישור העקומה") וכן בעלויות הנגרמות בגלל חריגה של מקדם ההספק המפעלי מהמינימום הרצוי (0.92).

מערכת חדשה שפותחה בישראל, נותנת תשובה לא רק לבעיות אלו, אלא גם למגוון רחב של צרכים מפעליים, כגון אספקת מידע הנוגע לעלויות ייצור בתלות בזמן, תשומות חשמל, תחזוקה מונעת ועוד.

ייחודה של המערכת החדשה שפותחה היא ביחידות הקצה הייחממות שלה. יחידות אלה הן המודדות, מחשבות פרמטרים ומבצעות בקרה מקומית. כתוצאה מכך המחשב המרכזי פנוי לניהול המערכת הכללית בלא צורך בחישובי זמן אמת רציפים. המערכת יכולה לטפל ביותר מ-100 יחידות קצה מקוונות (ON-LINE) עם מחשב אישי רגיל.

■ בהנחה שמודדים מהביקוש לחשמל בשעות הפיסטה כ-3 מגואט, יהיה החיסכון על פי תעריפי תעריף כדלקמן:

בקף - כ-90,000 ש"ח

בחורף - כ-110,000 ש"ח

באביב ובסתיו - כ-100,000 ש"ח

סה"כ חיסכון שנתי - כ-300,000 ש"ח

החיסכון במעל יושג, בראש ובראשונה, מהפחתת עוצמת הורם במיתקן האלקטרוליה שהביקוש השוטף שלו הוא כ-12 מגואט. הפחתת עוצמת הורם למרץ זמן של כ-15 דקות אינה קריטית לניהול. עוד חיסכון יושג מהשהיית התנעת המדחסים (מספר רב של יחידות) התורסת כ-0.2 מגואט לביקוש.

■ החשקעה במערכת הבקרה הכוללת את יחידות הקצה, המחשב המרכזי והתוכנה, הסתכמה ב-60,000 דולר בקירוב, שהם כ-140,000 ש"ח. זאת אומרת, שהחיסכון הישיר בעלויות החשמל יחזיר את עלות המערכת בתוך כשישה חודשים, וזאת בלי להביא בחשבון את החיסכון הנוסף כפי שתואר בהיבטים הכלכליים/תפעוליים לעיל.

החזר ההשקעה מובטח גם אם המפעל לא יוכל ליישם לגמרי את עקום העומס.

מרכיבי המערכת לבקרת אנרגיה

המערכת לבקרת אנרגיה מפעלית כוללת את המרכיבים הבאים:

■ יחידת קצה

■ מחשב מרכזי

■ תוכנה

יחידת קצה

יחידת קצה משמשת מד הספק, יחידה ייחממה זו היא אבן הבנייה העיקרית של המערכת. היא מודדת את מתחי המופעים השלובים, את הורמים המופיעים ואת תדר המערכת. בטבלה 1 מוצגים הפרמטרים

מעקב אחרי תהליכי התיישנות או אחרי התפתחות של בעיה מיכנית

עלייה ייחממה "יוחלמת" בצריכת החשמל מעידה על תהליכי התיישנות או על התפתחות בעיה מיכנית במיתקן. על סמך ניתוח נתונים המצטברים במערכת, מהנדס המפעל יכול לזווג תחזוקה מונעת מתוכננת, ובכך לחסוך השבחה בלתי מתוכננת של המיתקן הגוררת תשלומים גבוהים בעבור חלפים ושירותי ופגיעה באמינות עקב אי עמידה בלוח זמנים.

ניתוח מדויק של תשומות חשמל בתהליכי ייצור

ניתוח זה חשוב במיוחד בתהליכים עתירי חשמל כגון תהליכים בתעשייה הכימית, תהליכי קירור בבתו קירור, תהליכי ציפוי אלקטרוליטי וכו'.

זוגמה ליישום מערכת לבקרת אנרגיה מפעלית

כחרגו להציג במאמר זה כמה נתונים הנוגעים ליישום מערכת לבקרת אנרגיה מפעלית המותקנת במפעל מתחום הכימיה, מפעל זה משלם בשנה כ-3 מיליון דולר בעבור צריכת חשמל

ניתוח כלל חשבונות החשמל של המפעל מציג את הממצאים הבאים:

■ בחודש שבו נרשם הביקוש המרבי הגבוה ביותר על פני השנה כולה, היה הביקוש הזה גבוה כ-30 אחוז בקירוב מהביקוש הנמוך ביותר בחודש זה. הקטנת שיא הביקוש לרמה המוערית תחסוך כ-37,000 ש"ח בחודש שבו הצריכה היא הגבוהה ביותר. עוד חיסכון, נמוך יותר, ייווצר גם בחודשים האחרים.

יש לציין, ששיא הביקוש המזערי הוא הערך המדוד לפני שנעשה ייסיון כלשהו להורידו.

■ הקטנת שיא הביקוש, כלומר עבודה ברמת צריכה נקובה בלבד, תתרום לחיסכון נוסף.

התועלות מהפעלת מערכת לבקרת אנרגיה מפעלית

יצירת חיסכון בעלויות חשמל מפעליות כרוכה בהשקעה כספית שאותה יש להחזיר בתוך זמן קצר ככל האפשר.

ניתוח ההיבטים הכלכליים של מערכת מותקנת לבקרת אנרגיה מפעלית מהסוג המתואר במאמר זה מראה, שהחיסכון הכספי נובע לא רק מהפחתת העלויות המצוינות לעיל, אלא גם מסדרה שלמה של יתרונות מפעלים הכוללים:

■ שינוי במשטרי הפעלה של מערכות שונות במפעל להפחתת הוצאות החשמל.

■ בדיקת נצילות חשמלית של מיתקן.

■ מעקב אחרי תהליכי התיישנות או אחרי התפתחות של בעיה מיכנית.

■ ניתוח מדויק של תשומות החשמל בתהליכי הייצור.

שינוי במשטרי הפעלה של מערכות שונות במפעל להפחתת הוצאות החשמל

הכרת העלויות האמיתיות של התהליכים במפעל תאפשר לבחון אפשרויות להולדת עלויות, למשל הפעלת מיתקנים בלילה והגבלת תפוקת מיתקן מסוים בשעות השיא.

בדיקת נצילות חשמלית של מיתקן

הבדיקה תאפשר בדיקות קבלה ואישור של מיתקן חדש. במיתקנים קיימים תבוצע בדיקה שוטפת לקביעת איכות המיתקן מבחינה חשמלית (צריכה שוטפת, התנעות, זרמי יתר וכו').

מ' קריצ'בסקי - מייסד ישראל

י' לורן - מהנדס ייעוץ

טבלה 1
הפרמטרים המדודים (דיוק המדידות ±0.5%)

תחום המדידה	יחידות המדידה	הפרמטר
מתח שלוב או מתח מופעי	V	660 וולט ישיר, גבוה יותר עם שנאי
זרם מופעי	A	שנאי זרם עם זרם משני 5A/1A
תדר	Hz	65-45 הרץ
זרמי זלינה	mA	מספר אמפרים
זרם חוזר (Neutral)	A	כמו זרם מופעי

הנמדדים על ידי יחידת הקצה, יש להדגיש, שמדידות המתח והזרם הן True RMS.

מספר רב של דגימות מתח וזרם בכל מחזור רשת משמש את התוכנה לחישוב ערכי True RMS של הפרמטרים הנמדדים. כתוצאה מכך משיגים דיוק רב יותר במערכת המדידה, בייחוד במיתקנים המייצרים גם הרמוניות מסדר גבוה (מיישירים, מטענים, סוגים מסוימים של מטענים וכו').

יחידת הקצה משתמשת במידע שצברה לצורך חישוב והצגה של נתונים נוספים (טבלה 2), לקבלת החלטות ולהפעלת ממסרי בקרה (טבלה 3). את המידע, כולו או חלקו, יחידת הקצה משדרת למחשב מרכזי (כדוגמת IBM PC).

טבלה 2
הפרמטרים המחושבים

דיוק (אחוז)	יחידות המדידה	הפרמטר
1	kW	הספק פעיל רגעי
1	kWHE	צריכה פעילה (ריאקטיבית)
1.5	kVA	הספק מדומה
1	kVAR	הספק עיוור (ריאקטיבי)
1	kVAH	צריכה עיוורת (ריאקטיבית)
1	kW	שיא ביקוש התקופתי
2		מקדם החספק (Cos φ)

עלויות החשמל הנצרך במיתקן. את תוצאות החישוב אפשר להציג גרפית או בטבלאות.

קבלת החלטות:

על סמך הנתונים וניתוחם יוכל המחשב לקבל החלטות ברמת מערכת, לדוגמה: השלת (ניתוק) עומסים מיותרים, שהיית הפעלה של עומסים אחרים, איתור צריכה חריגה וכו'.

בנוסף לכך, המשתמש בתוכנה שפותחה יוכל לנצל את הנתונים למגוון רחב של צרכים מפעליים, לדוגמה:

תחזוקה מונעת:

עלייה "יוחלת" בצריכת החשמל של מיתקן מסוים מורה בדרך כלל על בעיה שמתפתחת (שחיקה מיכנית, אלקטרודות פגומות ועוד).

זיהוי מצב מסוג זה ישפר את רמת התחזוקה המונעת.

ניתוח עלויות על בסיס עונתי

כדי לחשב עלות מוצר כאשר תהליכי היוצור הם עתירי חשמל, יש להכיר את צריכת החשמל במועל.

בסיס הנתונים יאפשר ניתוח עלות המוצר על בסיס המחזוריים הבאים:

- מחזור יומי: עלות צריכת החשמל ביום/בלילה.
- מחזור שבועי: עלות צריכה חשמל בימי עבודה לעומת סופי שבוע וחגים.

הסיבה לעודף, לכאורה, בנתונים נעוצה בשוני בין מדידות וצרכנים, לדוגמה בדרום אפריקה משלמים הצרכנים קנסות על שיא ביקוש בקילוואט, על חריגה ממקדם החספק המותר, ובנוסף קנסות על חריגה ב"kVAH. מדידה זו נותנת תמונה אמיתית יותר של העמסת הרשת על ידי הלקוח, יש לציין, שלא כל מכשיר מודד את כל הפרמטרים האלה.

יחידות קצה מסוג זה מציגות לפני אנשי השטח את מצב המערכת, מבצעות בקרה מקומית, מהוות "מסוף תקשורת" למחשב מרכזי וכן משמשות יחידת הגנה או אתרעה מקומית.

מחשב מרכזי

למחשב המרכזי מתחברות יחידות הקצה. בו מתבצע איסוף הנתונים שהצטברו מיחידות הקצה, הצגתם וניתוחם.

תוכנה

למערכת בקרת אגוניה מפעילת פותחה תוכנה מיוחדת כדי לענות בזמן אמת על הצרכים לעיל, בעיקר כאשר מספר רב של יחידות קצה מתחברות למחשב המרכזי.

הפעולות שהתוכנה מעמידה לרשות המשתמש הן:

- **הצגה גרפית** של שינוי הפרמטרים השונים בזמן, לדוגמה:
 - שינוי צריכה (kWh) במשך יממה.
 - שינוי מקדם החספק.
 - תנודות מתח/זרם רשת.

חישוב עלויות החשמל

על בסיס נתוני מחירי החשמל (למשל לפי תעריף) שיוזנו למחשב, יבוצע חישוב

טבלה 3
התצוות וערכי סף*

הפרמטר	ערך עליון	ערך תחתון
זרם	X	
מתח	X	X
מקדם החספק	X	X
שיא ביקוש תקופתי	X	
צריכה מדומה	X	
צריכה תגבית	X	

* כל אחת מההתצוות יכולה להפעיל אחד מארבעת ממסרי היציאה (על פי כיוון מראש).

- מחזור חודשי
עלות צריכת החשמל במשך חודש
מאחר שתשלום החשבונות נעשה על
בסיס חודשי.

- מחזור עשתי.
עלות צריכת החשמל במשך עונה:
חורף, אביב, קיץ וסתיו.

■ בטיחות ואמינות של מיתקנים:

ניטור (Monitoring) נקודות קריטיות ברשת החשמל מאפשר גילוי של בעיות בטיחות במיתקנים, לדוגמה: קצרים ולמשל כאלה שנגרמו על ידי אש, תקלות הנורמות לעלייה בצריכת החשמל (למשל, עומס מנוע הגבוה מעומס העבודה הרגיל). גילוי התקלה יאפשר את ביצוע פעולות ההגנה הדרושות.

■ העמסה נכונה של רשת החשמל:

תיכנות המחשב המרכזי מאפשר, לדוגמה, את השיהיית ההתנעה של מכונות בעלות הספק גבוה עד נמר ההתנעה של מכונות אחרות. כתוצאה מהשליטה בהתנעת מכונות אלה לא ייגרמו עומסי יתר ותופעות מעבר הנורמים לנפילות מתח ברשת החשמל.

בקרה

בקרת המערכת יכולה להתבצע דרך מתאמי בקרה או ישירות דרך ממסרי היציאה של יחידות הקצה. שימוש בערוצי תקשורת RS232/422 או בתקשורת אנלוגית, מאפשר ביצוע בקרה באמצעות בקרים מתוכנתים או דומיהם.

דוגמה ליישום המערכת הממוחשבת הכוללת יחידות קצה, בקר מתוכנת ומחשב מרכזי מוצגת באיור 1.

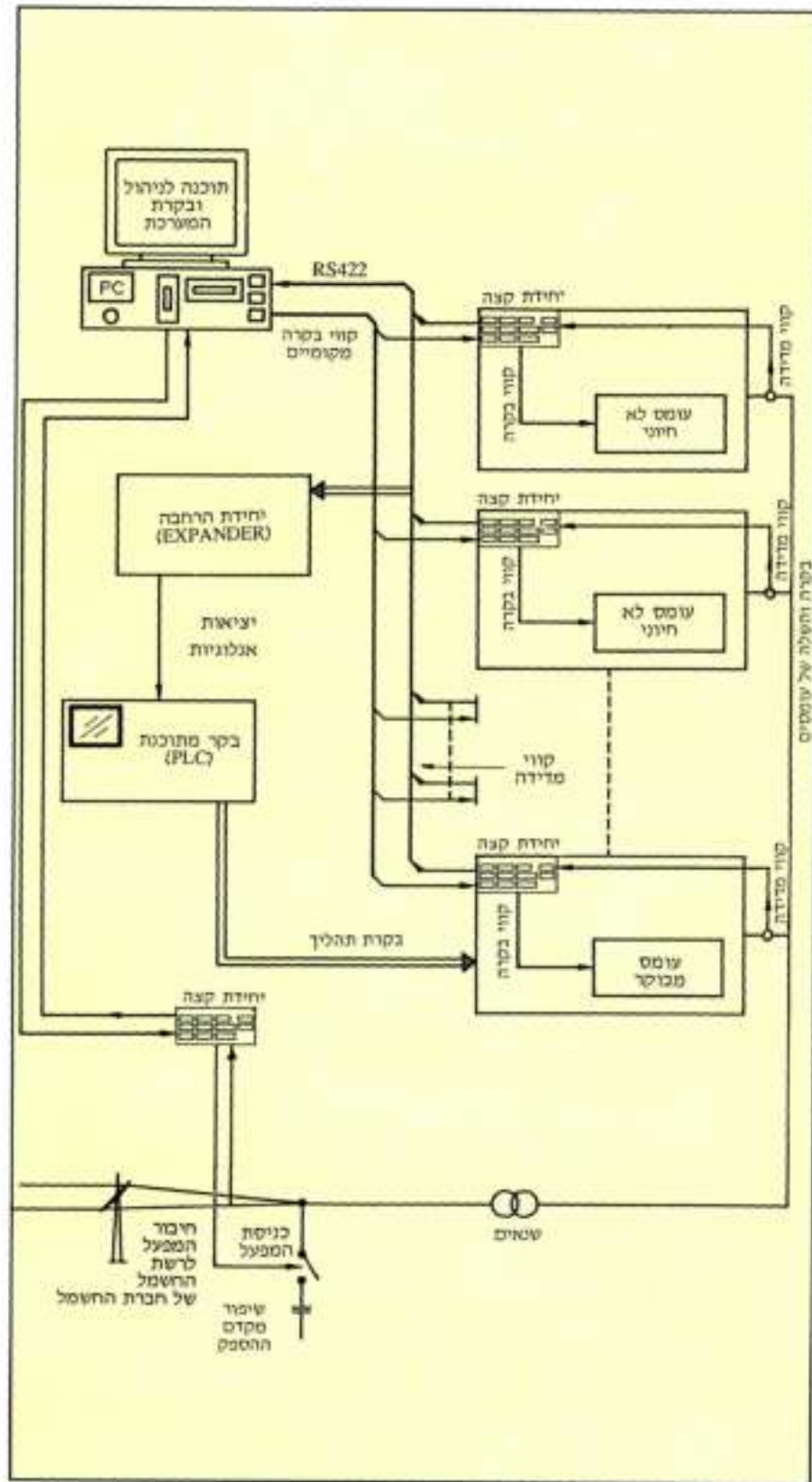
השלת (ניתוק) עומסים נעשית באמצעות יחידות קצה או באמצעות בקרים מתוכנתים המותקנים במפעל.

סיכום

הצורך בבקרת אנרגיה להקטנת ההוצאות לחשמל מצדיק את ההשקעה במערכת מדידה ושליטה מפעלית. מערכת זו הוכיחה את תועלתה לא רק מן הבחינה הכלכלית אלא גם מבחינת שיפור התפעול והתחזוקה של המפעל.

מערכת חדשנית זו שפותחה בארץ, מאפשרת שליטה מרכזית בכל נושא אספקת החשמל המפעלית.

המערכת הוכיחה את פעולתה, ובהיותה מדולרית היא חוסכת מהמהנדס ביצוע של עבודות אינטגרציה, כיוול וכתובת תוכנה.

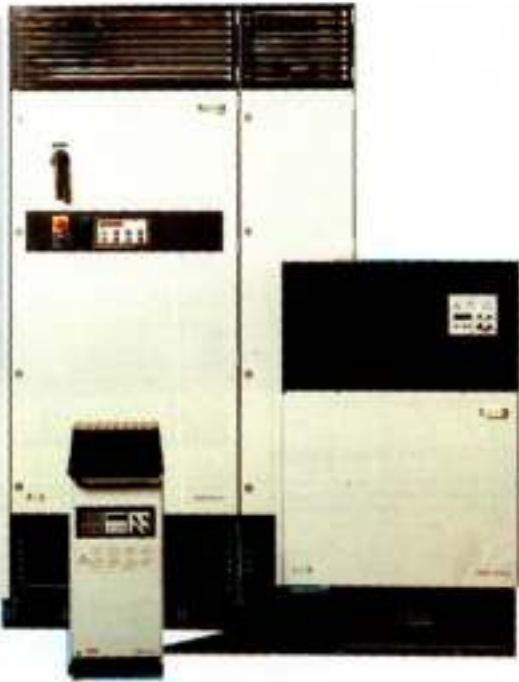


איור 1

דוגמה ליישום מערכת ממוחשבת הכוללת יחידות קצה, בקר מתוכנת ומחשב מרכזי

וסתי מהירות סטטיים

אינג' אריה לוינסון



מערכות הבקרה בתעשייה מתפתחות בקצב מואץ ותהליכים רבים מוסבים לבקרה רציפה המאפשרת שליטה עדכנית ומדויקת על התוצרים, ולכן נוצר צורך במערכות ויסות מהירות, רציפות ומדויקות, בעיקר בתעשייה הכימית, במכוני שאיבה, בתחנות כוח ובמערכות מיוזג אוויר.

השיטות החדשות לוויסות מהירות מגוונים מבוססות על ויסות אלקטרוני של תדר ההזנה. טכנולוגיה זאת פותחה בשנות השבעים, ומשגת השמונים המוקדמות ואילך היקף יישומה נמצא בעלייה. הווסתים האלקטרוניים מחליפים את הממסרות לסוגיהן, שסתומי ויסות, טורבינות קיטוריות ובקרות מהירות מורכבות כמו שיטת קרמר. (שיטת ויסות במנוע החלקה על ידי הוספת נגדים ברוטור).

הווסתים האלקטרוניים הוכיחו את עצמם כאמינים, יעילים ואפשר להתקין אותם בהשקעה נמוכה יותר בהשוואה לשיטות האחרות.

מאמר זה סוקר את השיטות החדשות לוויסות מהירות המנועים המבוססות על ויסות אלקטרוני של תדר ההזנה.

מבנה עקרוני של וסת מהירות סטטי

במנועים המזוונים ממתח חילופין יש קשר חד ערכי בין התדר למהירות הסיבוב. הקשר הוא מובא בנוסחה:

$$n = \frac{60 \cdot f}{p}$$

כאשר

n – המהירות בסל"ד

f – התדר בהרץ

p – מספר זוגות הקטבים

תפקידו של וסת המהירות הסטטי ליישר את מתח החילופין שבכניסה, לשלוט על גודל הזרם המיושר ולהפיק ממנו מתח חילופין חדש בעל תדר רצוי בהתייחס למהירות המבוקשת.

איור 1 מציג את המבנה העקרוני המשותף לכל סוגי וסתי המהירות (בקרי מהירות), כל וסת מהירות כולל

- יחידת יישור.
- יחידת סינון.
- יחידת המרה.
- יחידת בקרה.

אי לוינסון – מחלקת פיתוח מקורות אנרגיה ומערכות כוח וחום, אגף מחקר ופיתוח, חברת החשמל

השוני בין הווסתים תלוי בשני גורמים:

■ בסוג המבנה (סינכרונית או אסינכרונית).

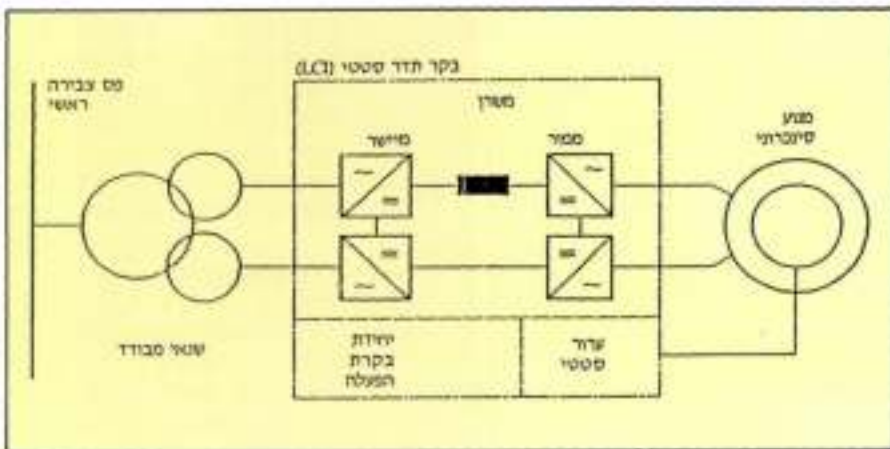
■ בלוגיקה אשר ממתנת את הכריסטורים.

נשר גרף תלת מופעי כנוי משישה מיישרים, ולכן קוראים לשיטה ידופק 6/6 (6/6 Pulses). כלומר כל אחד משני נשרי גרף (המיישר והממיר) מכיל שישה מיישרים.

בשיטת ידופק 12/12 (12/12 Pulses), השנאי הוא בעל שני ליפופי משנה (איור 1). בין ליפופי המשנה יש הזזת מופע של 30 מעלות.

מתח הכניסה מיושר על ידי נשר גרף (נשר דוודות ליישור דו דרכי). מבוקר המורכב מטריסטורים (מיישרים מבוקרים), ומאפשר שליטה על עוצמת הזרם המיושר. הזרם מסונן באמצעות משרן ונקצב למתח חילופין חדש בעל תדר רצוי באמצעות נשר גרף מבוקר נוסף.

מערכת בקרה אלקטרונית שולטת על התזמוין בין הטריסטורים השונים, וכך נקבע הענף הסולני, כולל זווית ההצתה שהיא הנקודה במחזור הזרם שממנה מתאפשר מעבר הזרם דרך הטריסטור.



איור 1

דוגמה למבנה עקרוני של וסת מהירות בשיטת מתמר בקומוטציה מבוקרת עומס (L.C.F.).

- שיטת L.C.I. - מתמר בקומוטציה מבוקרת עומס (Load Commutated Inverter)
 - שיטת S.S.I. - מתמר בקומוטציה עצמית (Self Commutated Inverter)
 - שיטת I.S.K. - שיטת קרמר סטטית משופרת (Improved Static Kramer)
- שיטות חדשניות נוספות.

שיטת L.C.I. - מתמר בקומוטציה מבוקרת עומס (Load Commutated Inverter)

שיטה זו משמשת לבקרת מנועים סינכרוניים. בין המיישר לממיר יש משך להנבלת הזרם ולהחלקתו. העיבוד לסטטור מתקבל מנוסת סטטי (איור 1) או ממעורר חסר מברשות.

שיטת S.S.I. - מתמר בקומוטציה עצמית (Self Commutated Inverter)

שיטה זו משמשת לוויות מנועי השראה תקינים (איור 3). בשיטה זו מותקן Diverter בין המיישר לממיר (בנוסף למשך). ה-Diverter מקצר את הכניסה לממיר באופן קצוב, בתדירויות נמוכות ויוצא מפעולה פעל $i_{\alpha} 0.6f_c$ - (התדר הנקוב), ואז השליטה בממיר עוברת למנוע באמצעות הכוח האלקטרוני מנטי החוזר מהמנוע.

בנוסף כל כך, מורכב מסך מוצא להחלקת גל המוצא. ניתן לחבר גם סוללת קבלים בכניסה לווית. הדבר מובצע אם תוצאות בדיקת הרשת בטווח מחייבות זאת.

שיטת I.S.K. - שיטת קרמר סטטית משופרת (Improved Static Kramer)

שיטה לבקרת מנועי טבעות. שיטה זו אינה בשימוש נרחב כיום בשל צמצום השימוש במנועי טבעות.

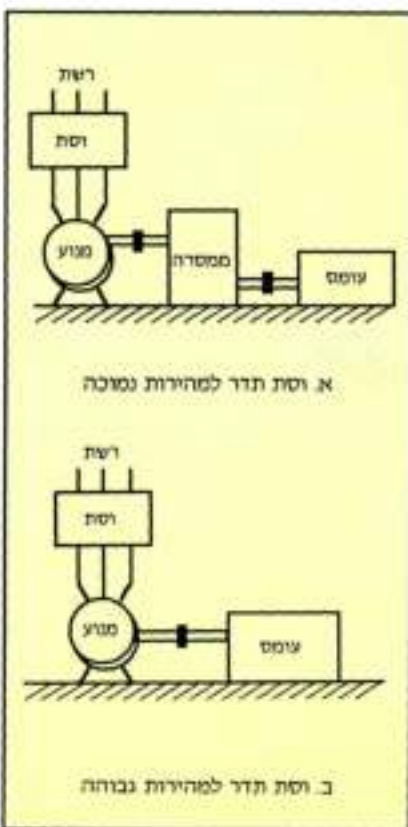
שיטות חדשניות

יש עוד שיטות חדשניות, שהשוני ביניהן הוא בלוגיקה של בקרת המיישרים, אך עדיין לא נצבר ניסיון בעבודה עמן.

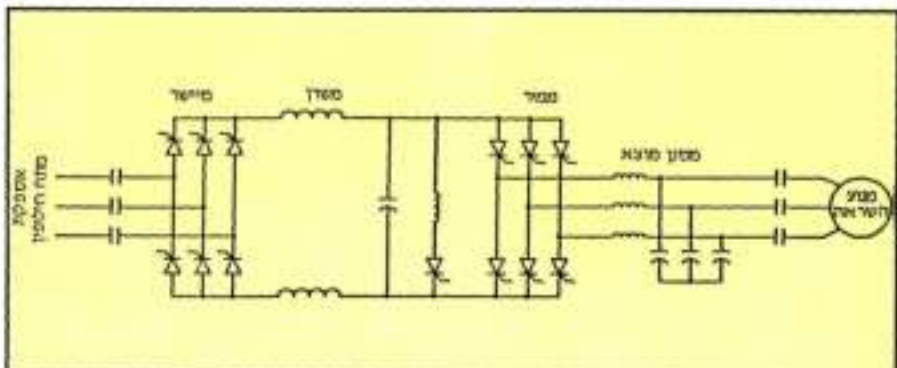
מיוצר לפי יחידת הוויות שנבחרה. ההעדרה נובעת מכך, שמערכת הוויות תהיה פחות מורכבת, ולכן היא אמינה יותר וזולה.

עלות האחזקה של מנוע סינכרוני גבוהה ונכון לעכשיו הנצילות ומקדם ההספק במנוע הסינכרוני גבוהים. גם במנועי השראה יש שיפור ככל שמתרחבת הדרישה לוויות.

השיטות לוויות מהירות לפי סוג המנוע הן:



איור 2
מבנה סכמטי של מיתקן שמונתקן בו וסת מהירות



איור 3
וסת מהירות בשיטת מתמר בקומוטציה עצמית (S.S.I.)

בזרם הקווי, דבר היוצר שישה מופעים. כל ליפוף משני מזין מיישר מבוקר תלת מופעי, ולכן המיישר וגם הממיר, כל אחד מהם, מורכב משניים עשר טריסטורים.

בעת תקלה באחד הממירים ניתן לגשר את הזנת המנוע הישר ולהזין את המכונה בדשת תלת מופעית (שישה דופקים). בשיטת דופק 12/12, ההרמוניות 5, 7, 17 ו-19 מונחתות באופן משמעותי.

השימוש בטרסטורים מסוג G.T.O. (Gate Turn On) מעלה את נצילות הווית לערכים גבוהים (99%). בגלל יכולתו כיבוי של 10 מיקרו-שנייה מצטמצמים ההפסדים והרעשים המנגטיים במנוע. אולם מחירם עדיין גבוה ביחס לטרסטור רגיל. ככל ענף מספר המיישרים הוא $n+1$, וזה גם שמה של השיטה. המשמעות של מספר המיישרים בכל ענף היא, שיש מיישר עודף בכל ענף, וכך באחד המיישרים אינו גורם להפסקת המערכת.

השיטות השונות בוויות אלקטרוני של המהירות

החלוקה הראשונית היא לשתי קבוצות (איור 2):

- וסת תדר למהירות נמוכה (עד 1,500 סל"ד).
- וסת תדר למהירות גבוהה (מעל 1,500 סל"ד).

כאשר משתמשים בווית תדר למהירות נמוכה, יש להתקין גם ממסרה להנברת מהירות. יש יצרנים המייצרים רק וסת תדר למהירות נמוכה.

וסת תדר למהירות גבוהה יקר יותר בגלל הפסדי ליפוף גבוהים במנוע, אולם בווית תדר למהירות נמוכה יש הפסדים בממסרה ומאמצי פיתול בזמן התנעה ותקלה, כמו כן הממסרה דורשת אחזקה שוטפת.

הוספת רכיב מוסיפה על מורכבות המערכת ומורידה את אמינותה. לכן יש העדפה למנוע במהירות גבוהה בצימוד ישיר. עוד תת חלוקה היא התאמת וסת המהירות לפי סוג המנוע. ההתלבטות היא בין מנוע השראה תקיני (מנוע אסינכרוני) לבין מנוע סינכרוני מורכב.

לכן, כאשר במיתקן מסוים יש כבר מנוע השראה תקיני, מעדיפים להשקיע בווית מהירות מורכב וכך לחסוך את עלות החלפת המנוע. יצרנים אחדים מספקים וסת תדר למנועי השראה שהספקם עד שלושה מנואט.

כאשר הספק המיתקן גבוה, ואין אילוץ של מנוע קיים, מעדיפים את היחידה הסינכרונית, בעלת מנוע סינכרוני מורכב אף שעולתו כפולה, והוא פחות זמין. מנוע זה

יתרונות השימוש בווסתי מהירות סטטיים

■ הוצאות האחזקה נמוכות

האחזקה קלה ומבוצעת אחת לכמה שנים. זאת לעומת ממשרות, טורבינות או מנעוי זרם ישר שבהן האחזקה שוטפת. הרכיבים נשלפים, בדרך כלל, ביד בלא צורך בכלים מיוחדים, וזמן החלפתם הוא דקות ספורות.

■ המערכת קלה לתפעול

קלות התפעול היא ביחס למערכת סובבת או למערכת ורד-ליאוונד (ויסות בורם ישר), וזאת בגלל בקר אמין ומהיר הכולל תוכנה המאפיינת את התקלה ואת דרך תיקונה.

■ הנעה רציפה

במערכת הוויסות יש מתנע רך המגביל את מפלי המתח הפתאומיים ברשת. כך מתקבלת הנעה רציפה בלא מומנטים ומאמצים חריפים על ציר המכונה, דבר המאריך את אורך חייה. ההתנעה ארכת שניות ספורות לעומת התנעה דו שלבית או התנעה הדרגתית היטום מוקדם בבטורבינה.

■ נצילות הממיר גבוהה במיוחד

ממיר הוויסות האלקטרוני מצטיין בנצילות גבוהה במיוחד ויציבה בכל תחומי המהירויות. לעומת שיטה זו, נצילות השיטות האחרות נמוכה, והיא קטנה כאשר המערכת מתפקדת בעומסים חלקיים.

■ נוחות בעבודה

מקום העבודה נקי משמנים וכו'. כמו כן, שטח העבודה מצטמצם לכדי שליש.

■ מקדם ההספק גבוה ויציב

מקדם ההספק נשאר גבוה ויציב גם בעבודה בעומסים חלקיים. הדבר אינו קיים בשיטות החשמליות הקודמות.

■ שמירה על מומנט סיבוב קבוע

יש אפשרות לשמירה על מומנט קבוע בכל תחום המהירויות בצירוד שבו מומנט הסיבוב תלוי בסל"ד.

בעיות הנובעות משימוש בווסתי מהירות סטטיים

הבעיות העיקריות הנובעות משימוש בווסתי מהירות סטטיים הן:

■ היווצרות הרמוניות

■ רעידות במגע

■ היווצרות הרמוניות

נובעת מעבודה בצירוד ממגנ. ההרמוניות גורמות לחימום מקומי לא אחיד ברוטור ובתוספת לכוחות הצנטריפוגליים. יש אפשרות למניעה בקטבים, כמו כן, ההרמוניות גורמות לחימום השנאים ולהפרעות לצידוד אלקטרוני

אחר (רצוי להשתמש בסיבים אופטיים לבקרה).

היצרנים מתחייבים, שהצירוד לא יגרום לתכולת הרמוניות (THD) גבוהה מחמישה אחוזים מעומס מלא.

■ רעידות במגע

רעידות חלשות במגע שבהן אי אפשר להבחין באמצעות מד רעידות סטנדרטי, הנובעות מהרמוניות. יש למעול לצמצמן.

ניסיון תפעולי של וסתי מהירות שונים

בשנת 1982 בוצעו במפעל כימי בן 40 שנה בארה"ב עבודות הרחבה וחידוש של מערכות שונות. המערכת כללה טורבינות קיטור. במסגרת זו נשקלו אפשרויות שונות להנעת משאבת מי הזנה, מערכת השיקולים הניאה בחשבון את נושא האמינות ועלויות התפעול.

הוחלט לרכוש מנעוי חשמל למהירויות גבוהות (7,000 סל"ד) בעלי ויסות מהירות בשיטת מתמר בקומוטציה מבוקרת עומס L.C.I.

טבלה 1 מציגה את פילוג התקלות שאירעו במערכת שהכילה שישה וסתי מהירות מרבית התקלות נבעו מחוויט לקי, מחיבורים משוחררים, מלחות יתר, משיתוך (קורוזיה) ומתנדדות.

טבלה 1

פילוג תקלות במערכת ויסות תדר מהירות

מאות התקלה	מספר הפסקות	% מסה"כ התקלות
נתק כבלני הונח	23	33
נסילות מתח	19	27
סטיית מפעיל	10	14
כשל בצירוד אלקטרוני	5	7
אדוות	13	19

נפילות מתח של עשרה אחוזים למשך 0.05 שנייה גרמו, בדרך כלל, לנפילת המערכת. הגורם לכך היה כשל במערכת המזהה את חציית נקודות האפס בסיטוס להשגת הצנת הממיר. התקלה תוקנה מתוך שינוי הלוגיקה. יש לדרוש, שהצירוד יעבור בדיקת מעבדה בגופלת מתח לזמן קצר (BPS) כפי שהתחייב היצרן במסומיו.

מקרה נוסף אירע כאשר ארון הבקרה נשאר פתוח. שימוש במכשיר קשר גרם לכשל המערכת. מסיבה זו יש להעדיף, שהתקשורת לבקר תהיה באמצעות סיבים אופטיים, ואז תימנע הפרעה מסוג זה.

סוג נוסף של תקלות גרם מאטימה לא טובה שגרמה לחדירת סימן נוסף (H₂S) לרוטור. התקלה תוקנה. כדי למנוע אותה יש לבדוק שהיחידות אכן אוטומת.

הכשל בצירוד האלקטרוני גרם מקצרים בקבלים שבכרטיס. קבלים אלה סופקו על ידי יצרן שמוצרו לא עמדו בתקן. יש להקפיד ולרכוש צירוד העומד בדרישות התקן.

למעשה, על אף החשש מפני הלא נדע הוכחה המערכת לוויסות המהירות כמערכת אמינה וכדאית מבחינה כלכלית. כמהנדסי המיתקן המלצות חד משמעיות כאשר לכדאיות השימוש במערכות ויסות מסוג זה.

המלצות לבחירת סוג הוויסות

בבואנו לבחור וסתי מהירות שומדים במנינו כמה גורמים אותם יש לשקול.

אם יש מנוע השראה מתואם למכונה קיימת, יש להעדיף את התאמת הוויסות למנוע.

כאשר יש צירוד אלקטרוני רגיש בקרבת המיתקן, יש להעדיף מנוע סינכרוני. במקרה כזה יש לדרוש ויסות בשיטת "דופק 12/12".

אם אין משתמשים בצירוד קיים (ביחידות גדולות) יש להקפיד לרכוש את הצירוד מספק אחד, כולל בדיקתו בבית החרושת כיחידה אחת, וכן לקבל דו"ח ניסוי הכולל התחייבות לפיצוי כספי גבוה במקרה של אי עמידה בדרישות ובתקנים.

למנוע סינכרוני יש יתרון מכיוון שהוא אינו תלוי ברשת המקומית וההסתברות לקשיי הסתגלות היא נמוכה.

במנוע השראה יש צורך בבדיקת שטר שבה נקבעות היחידות וגודל סוללות הקבלים. יוצא מכך, שהיחידה מתאמת למקום מסוים וכל העבדה או שינוי ברשת דורשים בדיקה מחדשת.

יש גם שיקול כלכלי, כמה יצרנים נובים מחיר גבוה יותר למנוע השראה. יצרנים אחרים מציעים את מנוע ההשראה במחיר נמוך או משתווה לזה של המנוע הסינכרוני.

לכן, אין מטוס מלקבל הצעת מספר רב של יצרנים. ההצעה צריכה לכלול התחייבות לבחינת הצירוד, לשימוש בסיבים אופטיים לבקרה, לעמידה בדרישות תקן (לעתים יש התחייבות לעמידה בדרישות תקן צבאי), לביצוע בדיקות בשטח, כולל מחיר יחידת הקבלים הצפויה, לרמת אבחון גבוהה ולאחזקה קלה ונוחה.

בחירה נכונה של המנוע לפי המומלץ לעיל יכולה להביא לחיסכון בהשקעה ובתפעול ולקבלת צירוד אמין, יעיל ונוח לתמשל.



עובדי חברת החשמל מנסים להקדים ברישוי החשמל קצתה העיניים

צילום: טל מיינר



בירושלים המושלגת עצים נשברו בגלל כובד השלג שנערס על ענפיהם. התוצאה – קווי חשמל נקרעו ועמודי חשמל קרסו.

צילום: יאיר הורשטיין