

התקע המצדיע



כתב עת מקצועי לחשמל



תחנת משגשג ניידת לשיפור אמינות ההסנאה



תוכן העניינים

23	השינויים המתחייבים במיתקן החשמל הביתי עם הגדלת החיבור ד' קן-דרור	3	תוכניות הפיתוח של חברת החשמל י' מרת
26	תקלה חשמלית בבניין מגורים י' גלמן, ח' כהן	10	הכשרה והשתלמויות לחשמלאים שאלות ותשובות בנושאי הכשרה מקצועית והשתלמויות ד' תרזה
27	אבטחת איכות במיתקני חשמל מנקודת ראות של המתכנן א' רומנו	11	היבטים בתיכנון מיתקני חשמל במתח נמוך – העמסה והגנה של מוליכים מבודדים במתח עד 1,000 וולט הגנת מוליכים בפני זרמי קצר י' רוזנקרנץ
31	תשלום עבור בדיקת מיתקן החשמל כמבנה מגורים לפני החיבור	17	כל מה שרצית לדעת על חיבור צנרת וכבלי טלפון בבנייני מגורים
32	תאורה עירונית מנקודת מבט של מהנדס תחבורה ד' בלשה	18	חברת הישמול התעשייה – היבטים טכניים וכלכליים נ' שגיב
35	עכבת לילאת התקלה במיתקני חשמל א' גבאי		
40	בית-הספר לרשת, חליב ודתי'ק בחברת החשמל ש' שמואל		
43	הכנס המקצועי השנתי ה-9 של העוסקים בתחום החשמל בישראל		
43	חיידוש המגני ל"התקע המצדיע" – סדרה 50-55		מדור שירות פירסומי לקוראים

עורך:

אורי לייטנר

עורך משנה בפועל:

בוריס שוורץ

מערכת:

יוסף בלבל, בן ציון גמליאל, אברהם זיו, נתן ולצר, משה מרגלית, שמעון מרדיקס, אלי טאטור, גושן מרזר, יהודה מרץ, יוסף רוזנקרנץ

מינהלה והוצאה לאור:

משה ציסרון

עריכה לשונית, גרפיקה וסדר:

טרופיק כתיבה והפקה בע"מ

לוחות והדפסה:

דמוס תמיר בע"מ

כתובת המערכת:

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

בשער:

כדי לענות במהירות על מצוקת השנאה זמנית הוכנסו בעת האחרונה לשימוש בחברת החשמל תחנות משנה ניידות חדשות. תחנות המשנה מיועדות להצבה במקומות רגישים מבחינת אמינות ההשנאה. התחנות המורידות מתח מ-161 ק"ו ל-36 ק"ו מצוידות בשנאי של 20 מגו"א. הן מותקנות על גבי שני גוררים (סמי-טריילרים) – גרור למתח עליון וגרור למתח חלוקה. מחירה של תחנת משנה ניידת לשיפור אמינות ההשנאה הוא כ-2.2 מיליון דולר.



צילום: אריק חרמוני



תוכניות הפיתוח של חברת החשמל*

איגוד יגאל פורת

אחד היעדים העיקריים של חברת החשמל הוא לבנות מערכת חשמל, המבטיחה אספקה תקינה של חשמל בכמות הנדרשת, באיכות ובאמינות גבוהים, תוך מיזער העלויות, ניצול מקורות אנרגיה מתחדשים ומקומיים ודאגה לאיכות הסביבה.

מאמר זה מציג בצורה עקרונית את תוכניות הפיתוח של חברת החשמל, ומתאר בקצרה את הפרוייקטים לניצול מקורות אנרגיה מתחדשים ומקומיים ולשילוב סוגים חדשים (בארץ) של אמצעי הייצור.

המבנה הנוכחי של מערכת החשמל

קיימים כיום חמישה אתרים של תחנות כוח ומול כל אתר כזה נמצאת תחנת מיתוג (איור 1). האנרגיה המיוצרת בכל תחנת הכוח מועברת לתחנת המיתוג

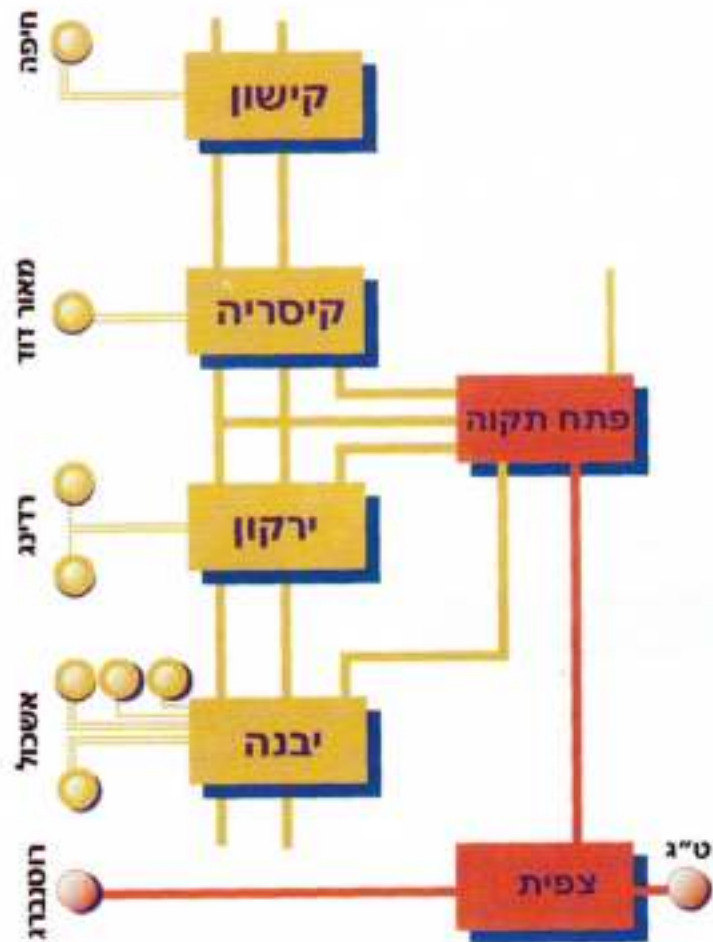
תהיה אמינה. לפיכך, קיימת דרישה שחברת החשמל תגיע לשיא אמינות האספקה, כדי להגיע לאמינות אספקה גבוהה הוחמרו לאחרונה הקריטריונים התיכנוניים לגבי תחנות כוח, מערכות מסירה ותחנות משנה. הצרכנים דורשים זאת וחברת החשמל חייבת להבטיח להם אספקת חשמל באמינות גבוהה.

מאפייני מערכת החשמל בישראל

כידוע, הביקוש לחשמל משתנה בכל רגע במהלך שעות היממה, ימות השבוע ועונות השנה. חברת החשמל מחוייבת לספק את הביקוש המשתנה הזה בכל רגע ורגע במלואו, תוך הקפדה על מתח ותדר תקינים. שמירה על אספקה תקינה של החשמל היא משימה קשה, במיוחד בישראל, שבה מערכת החשמל אינה מקושרת למערכות שכנות. עם זאת, חברת החשמל משתדלת לעמוד בדרישות הביקוש ואף לשפר את אמינות האספקה לצרכנים. לפיכך, למרות השקעות ההון הנדולות שבוצעו במערכת החשמל הקיימת, מתכננת חברת החשמל להשקיע בפיתוח המערכת בתשע השנים הקרובות מעל 8 מיליארד דולר.

מאפיין נוסף של מערכת החשמל בישראל הוא חלקו של משק החשמל בכלל משק האנרגיה של המדינה. בנושא זה התחוללה בעשר השנים האחרונות מהפכה של ממש. לפני עשר שנים הגיע חלקם של מקורות האנרגיה שהופנו לייצור חשמל לכ-37% מכלל מקורות האנרגיה, ואילו כיום כ-45% מכלל מקורות האנרגיה הראשוניים (מזוט, סולר ומחס) מופנים לייצור חשמל.

משמעות הדבר היא, שכל מינורי המשק תלויים כיום יותר ויותר באספקת חשמל בהיקף הנדרש, ובאמינות גבוהה. הצרכן הישראלי משתמש כיום במינון רחב של מכשירים חשמליים ותלותו בהם גוברת. הוא רוצה שאספקת החשמל



איור 1
תחנות הכוח ותחנות המיתוג שמולן

* המאמר מבוסס על הרצאה שניתנה בכנס ה-9 של העוסקים בתחום החשמל בישראל, שהתקיים ב-12.5.92. הכנס נערך על ידי חברת החשמל ומערכת 'התקע המצדיע'.

יגאל פורת - מנהל אגף מחקר ופיתוח חברת החשמל



שמולה, וממנה, באמצעות קווי מתח עליון 161 ק"ו, מועבר החשמל למרחקים. החשמל מגיע לתחנות משנה המורידות מתח זה ל-22 ק"ו.

מבין חמשת אתרי תחנת הכוח, שניים מופעלים בפחם – תחנת הכוח "מאור דוד" בחדרה ותחנת הכוח "ירוטנברג" באשקלון. בתחנות אלו יש כרגע הספק מותקן של כ-2,500 מגואט, שאינו אלא חלק מההספק המותקן הכולל בשיעור של כ-5,800 מגואט בשנה זו. שיא הביקוש לחשמל הגיע בינואר ל-4,810 מגואט והיה גבוה ב-1,200 מגואט משיא הביקוש בפברואר 1991.

ראוי לציין, שמיד אחרי פרוץ משבר האנרגיה הראשון בשנת 1973, חברת החשמל השכילה לשנות את התיכנון של תחנת הכוח "מאור דוד", שכבר היה אז בעיצומו, ולהפוך אותה לתחנה המוסקת בפחם. כך, כבר בתחילת 1982, הופעלה יחידת הכוח הראשונה בפחם, ועד 1984 הופעלו גם שלוש יחידות הכוח האחרות בפחם. הפעלת יחידות הכוח הללו בפחם תרמה רבות להקטנת התלות של המשק הישראלי בדלק נוזלי.

בהקשר זה ראוי גם לציין את בנייתו והפעלתו של המסוף הימי לפריקת פחם. בשעתו דרוש היה אומץ רב כדי לבצע פרויקט הנדסי ייחודי כל-כך, המתפקד כיום בהצלחה רבה.

כמו כן החברה השכילה להכניס לעבודה בזמן את מערכת מתח על 400 ק"ו. החל משנת 1986 ועד לשנת 1990 היה גידול משמעותי מאוד בביקוש לחשמל. בתקופה זו גדל הביקוש בערך ב-1,000 מגואט. בתקופות מסוימות הסתמן גידול בשיעור של 10% לשנה, תופעה שהפתיעה במידה מסוימת את מהנדסי חברת החשמל. עיקר הגידול בביקוש לחשמל היה במינור הביתי. כדי לעמוד בדרישות הביקוש הנובר נאלצה חברת החשמל להוסיף בקצב מזורז אמצעי ייצור. אמצעי הייצור היחידים שאפשר היה לחברם לרשת החשמל בקצב מזורז כדי לענות על הביקוש היו טורבינות גז תעשייתיות, שהספק כל אחת מהן הגיע לכ-100 מגואט.

הובאו לארץ מספר טורבינות כאלו, וכיום החספס הכולל שלהן מגיע ליותר מ-600 מגואט, ועדיין חברת החשמל עוסקת בבנייה ובהתקנה של טורבינות גז נוספות. חיבורן של כל הטורבינות הללו

למערכת 161 ק"ו גרמה לקשיים ביכולת ההעברה שלה. רמת זרמי הקצר במערכת הזאת עלתה מאוד. מהנדסי חברת החשמל הגיעו למסקנה שיש לפתח במהירות רבה מערכת מתח על 400 ק"ו כדי שניתן יהיה לחבר למערכת הזאת את אמצעי הייצור העתידיים ואף לפתוח חלק מקווי ה-161 ק"ו ולהפוך אותם לקווים רדיאליים. בדרך זו, סבורה חברת החשמל, ניתן יהיה להתמודד כהלכה עם בעיית זרמי הקצר ועם בעיות ההעברה. יישום המסקנות מוצא את ביטוי מתאים בתוכנית הפיתוח לחומש הבא (ראה פירוט בהמשך המאמר).

המבנה הנוכחי של המערכת כולל שתי תחנות מיתוג במתח של 400/161 ק"ו. האנרגיה המיוצרת בתחנת הכוח "ירוטנברג" מועברת במתח של 400 ק"ו לתחנת המיתוג צפית 400/161 ק"ו, וממנה היא מפורזת בקווים במתח של 161 ק"ו. החלק העיקרי של האנרגיה מועבר ב-400 ק"ו לתחנת המיתוג במתח-תקוה 400/161 ק"ו וממנה היא שוב מפורזת בקווים במתח של 161 ק"ו.

כדי שניתן יהיה לפזר את האנרגיה המיוצרת במתח של 400 ק"ו ומועברת דרך קווי 161 ק"ו לתחנות משנה, המורידות את המתח ל-22 ק"ו, דרוש, כמובן, כושר מיתוג של 400/161 ק"ו.

בשנת 1992, כלומר השנה, מופעלות 95 תחנות משנה. 75 מהן שייכות לחברת החשמל והיתר הן תחנות משנה השייכות לצרכנים פרטיים או תחנות המשותפות לחברת החשמל ולצרכנים פרטיים. ההספק המותקן של תחנות המשנה מגיע כיום ליותר מ-6,800 מג"א.

לקחי החורף האחרון

תוכניות הפיתוח של חברת החשמל צריכות, כמובן, לקחת בחשבון את לקחי החורף האחרון – חורף 1992. אחד הלקחים שהפיקו ממה שהתרחש בחורף זה הוא שיש להתכונן לשיאי ביקוש גבוהים יותר מאלה שהיו בעבר.

התחזית לשיאי ביקוש גבוהים יותר מתבססת על העובדות הבאות:

- צריכת החשמל של 400 אלף העולים שהגיעו נמוכה מזו של האוכלוסייה הוותיקה. כאשר העולים יתבססו בעבודה, רמת החיים שלהם תעלה

וכתוצאה יתוסף עומס ניכר על מערכת החשמל.

- העלייה ברמת החיים במינור הערבי גרמה לגידול ניכר בביקוש לחשמל בהשוואה לצריכה שהיתה בעבר.

- הפעלת המיכשור החשמלי הרב, ובמיוחד תנורי החימום החשמליים, שרכש הציבור תבוא לידי ביטוי בהגדלת הצריכה.

לקח נוסף הוא הצורך בהפרדת חיבורים משותפים אצל צרכנים. כ-150,000 צרכנים מחוברים כיום לרשת אספקת החשמל באמצעות חיבור משותף בגודל 25 אמפר. צרכנים אלה לא יכולים לצרוך חשמל לפי רצונם. ברגע שכל צרכן יקבל חיבור נפרד בגודל 25 אמפר, והדבר ייעשה, לפי התיכנון, תוך שנתיים, יוטל עומס נוסף על מערכת החשמל.

לכן, חברת החשמל חייבת להתכונן היום לגידול העתידי בצריכת החשמל, ולהבטיח אספקת חשמל ברמת אמינות גבוהה יותר מזו שהיתה בעבר. לצורך זה נבנו תחזיות חדשות של הביקוש לחשמל, שלקחו הפעם בחשבון מקדמי עומס נמוכים יותר, כלומר – נלקחו בחשבון שיאי ביקוש גבוהים יותר יחסית לאנרגיה השנתית המיוצרת.

תחנות המשנה תוכננו למערך תיקני המכיל ארבעה שנאים. כלומר, הן נבנו בתחילה עם שני שנאים, אך הותקנו בהן יסודות וסידורים להוספת שני שנאים. ואכן, חברת החשמל מנצלת את האפשרות הזאת כמעט עד תום ומתקינה בכל תחנת משנה שנאי או שניים. התקנת השנאים האלה, בתחנות המשנה הקיימות, מגדילה את יכולת ההשנאה בכ-2235 מגו"א, לעומת 420 מגו"א שהיתוספו בחמש השנים הקודמות.

גם בהתקנת קווי מתח עליון של 161 ק"ו ו-400 ק"ו אנו צופים הכפלה. גידול עתידי זה באורכם של קווי המתח העליון יבוא עקב בנייתן של תחנות משנה חדשות, ובניית אמצעי הייצור החדשים למערכת.

גם בבניית תחנות מיתוג של 400/161 ק"ו, מסתמן גידול ניכר. בחומש הקודם נבנו רק שתי תחנות מיתוג, ואילו בחומש הנוכחי יש לבנות ארבע תחנות מיתוג חדשות.



עלות האמינות

הבטחת אמינות האספקה עולה כסף, וככל ששואפים לאמינות אספקה גבוהה יותר, כן נאלצים להשקיע יותר ביצירת עתודות גדולות יותר של כושר ייצור בכל המערכות של חברת החשמל. כלומר, הבטחת אמינות אספקה גבוהה יותר מחייבת לבצע השקעות כספיות גדולות יותר באמצעי הייצור של מערכת החשמל ובכל יתר מרכיבי המערכת.

מסגרת התיכנון הנוכחי קובעת כיום במידה רבה את גודלן של העתודות בעתיד או את אחוז העתודה מההספק המותקן של תחנות הכוח, לפי הנתון של עלות או אספקת חשמל למשק. ככל שעלות או האספקה של חשמל למשק תהיה גדולה יותר, באותה מידה יהיה צורך להחמיר את קריטריון האמינות של אספקת החשמל, משמעות הדבר – להגדיל את עתודות ייצור החשמל שתעמודנה בעתיד לרשות המשק.

ואכן, כדי להקטין את מספר הדקות של אי אספקת חשמל במוצק לצרכן לשנה, הוחמר קריטריון אמינות האספקה החל על מערכת ייצור החשמל. בעבר גרמה מערכת ייצור החשמל לכ-200 דקות אי אספקה במוצק לצרכן לשנה, ובעתיד השאיפה להגיע לכך, שמספר הדקות של אי האספקה יפחת ל-100 דקות.

ניצד תיראה מערכת החשמל בטנת 1996!

בשנת 1996 יגיע לשיאו הפיתוח המואץ של שלב בי במערכת של קווי ה-400 ק"ו ושל תחנות המיתוג במתחים 400/161 ק"ו. מובן מאליו, שזו איננה המשימה היחידה שחברת החשמל צריכה לבצע בקצב מזויר עד שנת 1996. תוכנית העבודה שיש לבצע בחומש הקרוב, כלומר, משנת 1992 ועד שנת 1996, היא גדולה מאוד בהיקפה לא רק בגלל התחיות לגידול בביקוש בחומש הקרוב, אלא גם בגלל משימות קודמות שלא בוצעו עד שנת 1992.

לצורך המחשה נשווה את התוכנית הנוכחית לעומת מה שבוצע בחומש הקודם, כלומר – בשנים 1986-1990. ואלה הם הנתונים:

הגידול בביקוש לחשמל בשנים 1986-1990 הסתכם בכ-1240 מגוואט. בתקופה 1992-1996 חברת החשמל צומה

שהגידול בביקוש יהיה גדול יותר, והדבר יתבטא בתוספת רבה יותר של אמצעי ייצור.

בשנים 1986-1990 חברה למערכת החשמל יחידה אחת של 550 מגוואט בתחנת הכוח "ירוטנברג" וטורבינות זו תעשייתיות שהספקן מגיע לכ-470 מגוואט. בחומש הנוכחי תצטרף חברת החשמל להתקין יחידה בהספק של 550 מגוואט בתחנת "מאור דוד ב", וטורבינות זו תעשייתיות וסילוניות בהספק כולל של כ-1000 מגוואט.

ובאשר לתחנות המשנה, בחומש הקודם הותקנו 14 תחנות משנה קבועות ועוד שתיים ארעיות, ואילו בחומש הזה, חברת החשמל מתעתדת להתקין 34 תחנות משנה קבועות ו-10 תחנות משנה ארעיות.

האילוץ להתקין תחנות משנה ארעיות נובע מהחובות הגדולים הרובצים על חברת החשמל ומתחיות צריכת החשמל שעמה צריכה חברת החשמל להתמודד בחמש השנים הקרובות. יתרון של תחנות משנה ארעיות, שמטבען הן אמינות פחות ובטוחות פחות, טמון בכך שניתן לבנות אותן במהירות רבה ולפרק אותן לאחר מספר שנים של שימוש, כלומר, אחרי שמשלימים את בניית תחנות המשנה הקבועות.

תיכנון מערכת ייצור החשמל לטווח ארוך

מטרת חברת החשמל היא לבנות מערכת חשמל שתכיל תמהיל אופטימלי של תחנות כוח מסוגים שונים, כיום מערכת החשמל כוללת תחנות כוח מוסקות במוט, תחנות כוח מוסקות במוט, טורבינות זו תעשייתיות וטורבינות זו סילוניות. תוכניות הפיתוח של מערכת הייצור הן לטווח ארוך – עד שנת 2015. התיכנון כולל הוספת אמצעי ייצור מסוגים נוספים. אחד מהם הוא אגירה שאובה, שמשמעותה אגירת אנרגיה חשמלית באמצעות שאיבת מים. נשקלת גם האפשרות להוסיף למערכת ייצור החשמל אגירת אנרגיה חשמלית באמצעות אוויר דחוס, וכן התקנת יחידות משולבות, דהיינו, טורבינות זו המוסקות בסולר, אשר חום הגנים הנפלטים מן הארובות שלהן ינוצל לצורך ייצור קיטור להפעלת טורבינה קיטורית. כמו כן נבדקת גם

האפשרות לשלב במערכת אמצעי ייצור המוסקיים בפצלי שמן, ואולי – בעתיד – גם לבנות תחנת כוח גרעינית.

משמעות הדבר היא, שבפיתוח המערכת לטווח ארוך לוקחים בחשבון מינון רחב של אמצעי ייצור. אמצעים אלה נבדלים ביניהם באופיים. יש כאלה המיועדים לספק עומס בסיסי, כלומר, לעבוד במרבית שעות השנה. יש כאלה שתכליתם לעבוד פחות שעות בשנה – 2,000-3,000 שעות בשנה, ויש כאלה שמטרתם היא לספק רק שיאי ביקוש במשך מספר מאות שעות בשנה. לכל אמצעי ייצור כזה יש מאפיינים משלו: עלות הקמה, עלות דלק, הוצאות אחזקה, מהירות כניסה לפעולה, וכו'.

היעד של חברת החשמל, בתיכנון לטווח הארוך, הוא למצוא את התמהיל האופטימלי של אמצעי הייצור הללו, תמהיל שיקבע את הכמות הדרושה מכל אמצעי ומתי כדאי להפעיל אותו, כדי שעלות ייצור החשמל והתעריפים לצרכן יהיו מזעריים, וימלאו את דרישות אמינות האספקה לצרכן.

כיצד ניתן להגיע לתמהיל אופטימלי

של אמצעי הייצור במערכת החשמל!

נקודת המוצא בתיכנון היא המצב הקיים בשנת 1992. במצב הנוכחי עומדות לרשות חברת החשמל כל יחידות הייצור המותקנות כיום במערכת. מאחר שיועדים שהביקוש לחשמל יגדל, שואפים להבטיח שבשנה הבאה יעמדו לרשות חברת החשמל אמצעי ייצור בכמות שתוכל לענות על הביקוש הגדול ובאמינות הנדרשת.

נניח שבשוק מוצעים שלושה אמצעי ייצור שונים, שבאים בחשבון לצורך פיתוח מערכת החשמל. לכן מתוחות לפני המתכנן שלוש אפשרויות בתחום זה. נניח שגם בשנה הבאה מוצעים אותם שלושה אמצעי ייצור. יוצא אפוא שבשנת 1994 תהיינה פתוחות לפני המתכנן, כבר תשע אפשרויות, וכך, מדי שנה יגדל מספר האפשרויות, ועד כמה שהדבר מפתיע, כעבור 15 שנה, כשנגיע לשנת 2007, מספר האפשרויות שתהיינה פתוחות לפני המתכנן יגיע לכ-14.5 מיליון לערך. על המתכנן מוטל יהיה לבחור מביין 14.5 מיליון האפשרויות הללו את מסלול הפיתוח האופטימלי ולהמליץ עליו לפני ההנהלה והדירקטוריון של החברה. מובן



להיות החסינה ביותר במני פגעי הטבע בעתיד. התוכנית גם חייבת להיות כזאת שסטיית שנות מן ההנחות והתחזיות תגדומנה לקנסות מינימליים למשק החשמל.

תוכנית הפיתוח הבסיסיות

תוכנית בסיסית, שהתקבלה כתוצאה מהניתוחים המתוארים לעיל, מוצגת באיור 2. התוכנית מציגה את הפיתוח הצפוי בכל סוגי תחנות הכוח עד שנת 2010. כיום, משולבות במערכת שתי תחנות כוח פחמיות. תחנה אחת היא "מאור דוד" שתפוקתה 1,400 מגואט, והשניה היא "דוטנברג", שתפוקתה 1,100 מגואט. כיום מקימים בתחנת הכוח "מאור דוד" שתי יחידות ייצור נוספות, שכל אחת מהן תפיק 550 מגואט, ולאחר מכן תוקמנה עוד שתי יחידות ייצור בתחנת הכוח "דוטנברג", שתיים בחיפה ועוד כמה יחידות ייצור מסוקות בפחם. נידול זה יתבטא בחלק הגדול והולך של אנרגיה המופקת ביחידות ייצור מסוקות בפחם.

במסגרת התוכנית, הוחלט שלא להוסיף למערכת יחידות ייצור המוסקות במוט, אבל תינקט פעולה להארכת חייהן של כמה יחידות ישנות. מכל מקום,

ואף זאת: כדי לבדוק את כדאיות הפרוייקט יש לערוך את החישוב הזה ל-10 שנים קדימה, כלומר משנת 2004 ועוד עשר שנים מעבר לה, וכך מגיעים בקלות לשנת 2015.

יתרה מכך, אמצעי ייצור כמו אנרגיה שאובה, או אפילו תחנת כוח המוסקת בפחם, ובוודאי תחנת כוח גרעינית, מרע שהוחלט על הקמתה ועד למועד הפעלתה חולמת עשר שנים, ולעיתים למעלה מזה.

כדי לבצע תכנון לטווח ארוך חייבים להניח הנחות שונות לגבי תחזית התפתחות הביקוש לחשמל לטווח ארוך, לגבי תחזית מחירי הדלקים לטווח ארוך, לגבי תחזית שערי הנכיון, לגבי תחזית מחירי הציוד, וכן הלאה. בכל תחזית כזאת טמונה מידה רבה של אי וודאות. אם מניחים שלוש תחזיות של התפתחות הביקוש לחשמל, שלוש תחזיות של מחירי דלקים, ושתי תחזיות של שערי נכיון, צריך לבדוק מספר גדול מאוד של תסריטים – מכפלה של מספר התחזיות הללו (שמונה עשרה בדוגמה זו), ואז עבור כל תסריט יש להכין את תוכנית הפיתוח האופטימלית.

בסופו של דבר, המתכנן צריך לשקול מהי התוכנית שיש להמליץ עליה לפני מקבלי ההחלטות. תוכנית כזאת חייבת

שתהליך הבחירה של מסלול כזה אינו פשוט כלל וכלל.

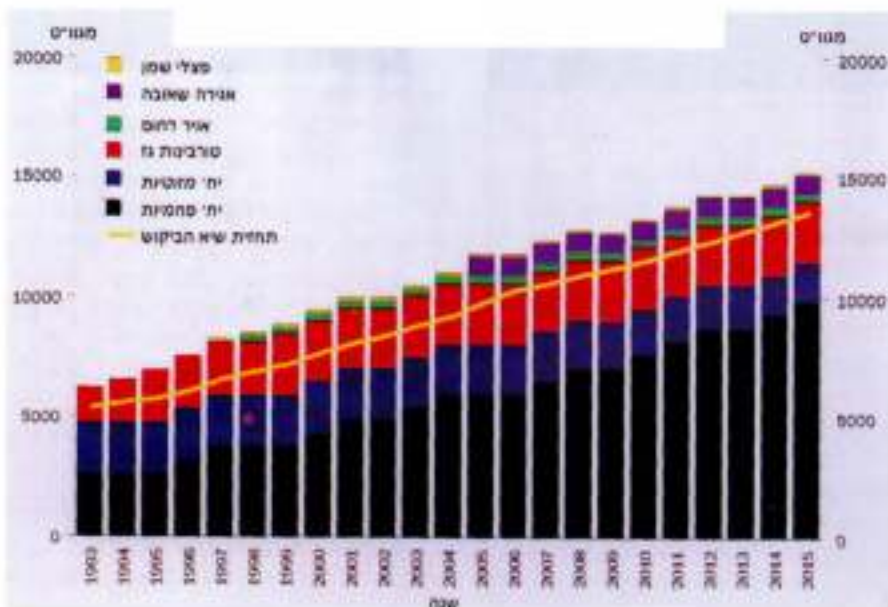
כדי להפחית את המורכבות של הבעיה, נעשה תרגיל ונבטל אמצעי אחד מבין שלושת האמצעים הללו. נניח שאין לנו שלושה אמצעי ייצור אלא רק שניים. ובכן, אם מתבססים על שני אמצעי ייצור ועושים את אותו תרגיל חישוב, מתברר שבשנת 2007 תהיינה פתוחות לפני המתכנן קצת פחות מ-33,000 אפשרויות.

מספר כזה של אפשרויות הוא קצת יותר קל לטיפול, אבל, בכל זאת, הוא מהווה בעיה. אין דרך ידנית, שבעזרתה ניתן לבצע את החישובים של מסלול הפיתוח, אך ניתן לבצעם בעזרת תוכנות נדולות מאוד ומורכבות מאוד. עבור כל קטע, בכל אחד מהמסלולים הללו, יש לחשב את התפלגות צריכת הדלקים בכל יחידות הייצור הקיימות, וכן את התפלגות צריכת הדלקים ביחידות הייצור שתיתוספנה מדי שנה בשנה. צריך גם לחשב את תוספת העלות של יחידות הייצור שתיתוספנה, את תוספת עלות האחזקה, ואת כמות האנרגיה הבלתי מסופקת.

לצורך החישובים המורכבים הללו, מיישמים תוכנות שונות, בדרך כלל בשיטות של תכנון דינמי, שתכליתן לבחור את מסלול הפיתוח האופטימלי – הזול ביותר בתנאי אמינות נדרשים, ואכן, התוכנות הללו מאפשרות לקבל מסלול אופטימלי וכן כמה מסלולים תת-אופטימליים.

החישובים האלה ניתנים לביצוע, אך יש להתייחס לתקופות יותר ארוכות מתקופה הנמשכת עד שנת 2007, ובחברת החשמל נוהגים להתייחס לתקופה הנמשכת עד שנת 2015. מדוע? – אם שוקלים שילוב אמצעי ייצור כמו אנרגיה שאובה בתחילת שנות ה-2000, אזי נשאלות השאלות: כיצד אפשר לדעת אם כדאי להשקיע בבניית אמצעי כזה או לא? אולי יוצעו בעתיד בשוק אמצעי ייצור טובים יותר?

כדי להשיב תשובה ברורה לשאלות כאלו, אין למתכנן ברירה אלא לבצע הדמיה של מערכת חשמל המכילה בתוכה אנרגיה שאובה, או תחנה גרעינית, וכן הלאה. נניח שבשנת 2004 תתקבל החלטה להפעיל את האנרגיה שאובה. לכן כדאי לדעת כבר כיום כיצד תתנהג מערכת החשמל עם האמצעי הזה ובלעדיו.



איור 2: פיתוח מערכת ייצור החשמל – תסריט בסיסי

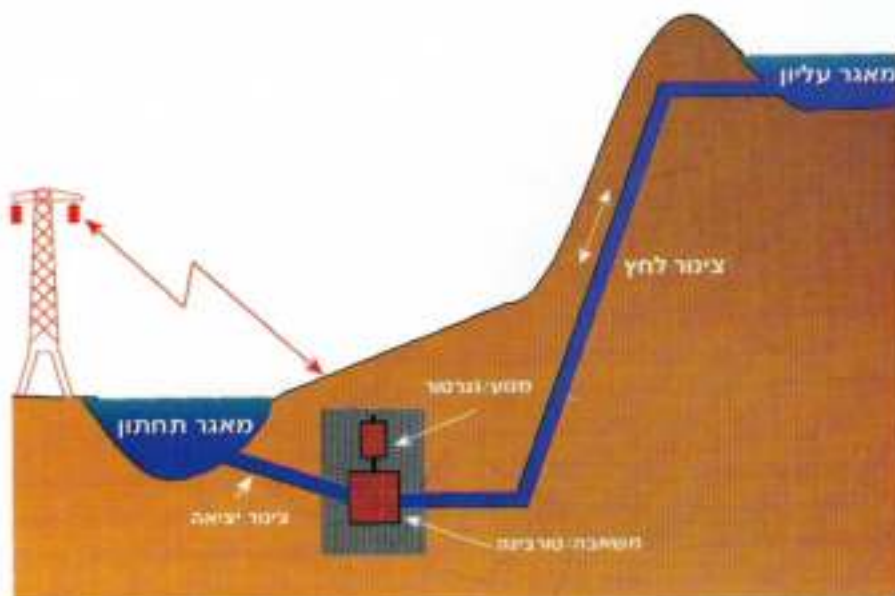


איור 3
שילוב מיתקני גזיפיקציה עם טורבינות גז

אנרגיה שאובה

אנרגיה שאובה היא אמצעי ייצור שבו באמצעות מערכת החשמל, בשעות השפל בצריכה, כאשר עומד לרשותה עודף כושר

יעבור דרך מיתקן לסילוק גופרית. לאחר מכן יסיק הגז הנקי את טורבינת הגז במקום הסולר היקר שמשמשים בו כיום.



איור 4
אנרגיה שאובה

לקראת שנת 2010 תיפסק כליל פעילותן של חלק מיחידות הייצור הישנות המוסקות במוזט. כתוצאה מכך ההספק הכולל של יחידות הייצור המוסקות במוזט במערכת החשמל ירד במקצת.

שילוב סוגים חדשים של אמצעי ייצור

בחברת החשמל בוחנים אפשרות לשלב סוגים חדשים של אמצעי ייצור, שטרם הופעלו בארץ. אמצעי הייצור הנבדקים הם:

- טורבינות גז במחזור משולב.
- אנרגיה שאובה.
- אוויר דחוס.
- תחנות כוח גרעיניות.
- תחנות כוח המוסקת באמצעות צמינים.

טורבינות גז במחזור משולב

בעתיד יותקנו עוד טורבינות גז תעשייתיות, וגם טורבינות גז סילוניות. טורבינות גז תעשייתיות הן אמצעי ייצור שניתן להתקינן במהירות רבה. לכן הן מעניקות למערכת גמישות. נטף לכך, ניתן לחבר לכל זוג של טורבינות גז תעשייתיות, כל אחת בהספק של 100 מגואט, טורבינה קיטורית שהספקה כ-100 מגואט המנצלת את גזי הפליטה החמים, שהטמפרטורה שלהם היא 450-500 מעלות צלסיוס, היוצאים מטורבינת הגז התעשייתית על ידי העברתם למחליף חום היוצר קיטור.

השאלה המתעוררת היא: מדוע לא נוקטים צעד זה של חיבור טורבינות מיד התשובה היא – עלות הציוד וההתקנה. ואכן, החלק הקיטורי מחליף החום, הטורבינה והנרטור הם יקרים מאוד. כל המערכת הזאת כדאית אך ורק אם יתברר, מבחינתה של המערכת הכוללת, שמערכת הטורבינות תופעל למחות במשך 2,000 שעות בשנה.

שילוב מיתקני גזיפיקציה עם טורבינות גז (איור 3)

מכיוון שהסולר יקר ובעולם פותחו בינתיים מיתקני גזיפיקציה החופכים פחם לגז. ניתן יהיה בעתיד לחבר למחזור משולב מיתקן גזיפיקציה החופך פחם זול לגז. הגז שייוצר במיתקן הגזיפיקציה



טכנולוגיה זו, כמו גם חלק מהטכנולוגיות שיתוארו בהמשך, אינן מעשיות כיום להפקה מסחרית של חשמל, אך חברת החשמל משתדלת להיות מעודכנת בהתפתחויות החדשות ביותר בתחום כדי שניתן יהיה לנצלן כאשר יתברר שהן הופכות להיות מעשיות.

גרעינית, איסוף תוכנות קשות להשגה, ותיאודן של התוכנות הללו.

חברת החשמל מתכננת לכל התפתחות מעשית בנושא זה, כך שבמקרה שתחול התקדמות כלשהי בנושא, יעמוד לרשותה גרעין של אנשים שעמם תוכל לצאת לדרך.

ייצור, שואבים מים ממאגר תחתון אל מאגר עליון, ובשעות השיא, שבהן הביקוש לחשמל נמצא בפיסגתו, מזרימים את המים הללו בחזרה למקורם ומייצרים באמצעותם חשמל (איור 4). במערכת זו יש מכונה אחת: פעם היא מתפקדת כמשאבה, ופעם – כטורבינה. המכונה החשמלית שתיפקדה כמנוע ששאב את המים הופכת לאחר מכן לגרטור המייצר חשמל.

ניצול מקורות אנרגיה מקומיים ומתחדשים

במסגרת המדיניות לניצול מקורות אנרגיה מתחדשים ומקומיים ממשיכה חברת החשמל לבחון את אפשרויות ניצול מקורות אנרגיה מקומיים ומתחדשים במסגרת הפרויקטים הבאים:

- ניצול פצלי שמן.
- ניצול אנרגיית הרוח.
- ניצול אנרגיית השמש להפקת חשמל באמצעות תאים פוטו-וולטאיים.
- הפקת חשמל באמצעות המיתקן הסולרי במכון וייצמן.

תחנות כוח המוסקת באמצעות צמיגים

תחנות כאלה הן דרך חיובית לסילוק צמיגים, תוך כדי הפקת אנרגיה משריפתם. ערכם הקלורי של הצמיגים גבוה מזה של הפחם, וניתן לספק את תצרוכת החשמל של דירת מגורים במשך יממה מצמיגי בודד, מגבלתן של תחנות כוח מסוג זה היא העלות הגבוהה של המיתקנים הכימיים לניטרול הגזים הרעילים והפסולת. תחנות כוח המוסקות באמצעות צמיגים אינן כלכליות, ויש צורך במימון המפצה על סילוק המפגע האקולוגי.

אוויר דחוס

פרייקט נוסף הוא מיתקן לאגירת אנרגיה חשמלית באמצעות אוויר דחוס, הצפוי להיות משולב במערכת כבר בשנת 1998. במיתקן זה מנצלים את עודף כושר הייצור הנוצר כלילה לשם דחיסת אוויר כמאגר תתי-קרקעי כלשהו. בשעות של שיא הביקוש מנצלים את האוויר הדחוס, מוסיפים דלק לתא השריפה, ומניעים טורבינה. הטורבינה מניעה גרטור המחזיר לרשת.

מאחר שכי-66 אחוז מההספק של טורבינת הגז משמשים לדחיסת אוויר, הרעיון הוא לקחת את ההספק הזה ולהשתמש בו לייצור חשמל זול, דרך זו מאפשרת, למעשה, להשתמש ב-33 אחוז מכמות הסולר. מובן, שבהגשמת הרעיון הזה כרוכות השקעות ניכרות, וכדאיותו תלויה גם במספר השעות שיעבוד במשך השנה וגם בעלותו. בבדיקה שנערכה בחברת החשמל נמצא שהפרייקט הזה כדאי, ובשנת 1998 ישולב מיתקן כזה בהספק של 300 מגוואט במערכת החשמל.

תחנות כוח גרעיניות

בעבר, חברת החשמל היתה כמה פעמים קרובה מאוד להקמת תחנת כוח גרעינית, בשלב זה אין סבורים בחברת החשמל שקיימת אפשרות להקים תחנה כזו. אך על פי כן, מעסיקה חברת החשמל קבוצה קטנה של אנשים העוסקים ברישוי לאתר המתאים להקמת תחנה גרעינית. אם האפשרות הזאת של רישוי לאתר גרעיני תהיה מעשית, יעמוד לרשות חברת החשמל אתר שבו ניתן יהיה להקים תחנת כוח גרעינית. העיסוק בנושא זה נמשך כבר שנים רבות וכעת מקווים שהסיום המוצלח של העבודה קרב.

קבוצה קטנה אחרת עסקה בשימור הידע הגרעיני. היא טיפלה בנושאים הבאים: מאגר דלק גרעיני, בטיחות



איור 5

תיאור כללי של תחנת כוח מסחרית מוסקת בפצלי שמן



ניצול פצלי שמן

בשנת 1997 תשולב במערכת הייצור יחידה בהספק 75 מגואט המוסקת בפצלי שמן (איור 5). פצלי שמן הם אוצר הטבע היחיד המצוי בארץ בשפע יחסי. פצלי שמן הם למעשה "פחם לעניים" – חומר דלק בעל ערך קלורי נמוך יחסית, כעשירית מזה של פחם. יתרונו – הוא עומד לרשותו בכמויות גדולות.

השאיפה היא להקים את יחידת הייצור הראשונה המוסקת בפצלי שמן מוקדם ככל האפשר, כדי שניתן יהיה לבדוק אם הפרוייקט הזה הוא אכן כדאי מבחינה כלכלית. אם מימצאי הבדיקה יהיו חיוביים, מתעתדת חברת החשמל לבנות סידרה של יחידות ייצור המוסקות בפצלי שמן, כך שניתן יהיה להחליף באמצעותן יחידות ייצור המוסקות בפחם. האיזור שבתחומו מתוכננת הקמת היחידה המוסקת בפצלי שמן נמצא דרומית לערד ומזרחית לדימונה. ניתן לכתוב בו כ-1.4 מיליארד טונות של פצלים שהם שווי ערך ל-140 מיליון טונות פחם.

אם טונה פחם עולה כ-60 דולר, משמעות הדבר היא, שערכו של המירבץ הזה בלבד הוא כ-8 מיליארד דולר. לכן, חברת החשמל סבורה, שלפרוייקט פצלי שמן יש חשיבות רבה כמשק החשמל בארץ, והיא משתדלת לסיימו בהצלחה מוקדם ככל שניתן.

ניצול אנרגיית הרוח

ניתן לנצל את אנרגיית הרוח לייצור חשמל. לפני כשש שנים הקימה חברת החשמל בהרי יודפת טורבינה ראשונה המופעלת באנרגיית הרוח. הפעילות של חברת החשמל בנושא זה החלה בשנת 1980. בתחילה, היתה הפעילות בנושא זה מעטה. נמדדו עוצמות וכיוונים של הרוח באתרים מעטים. מדידות אלו איפשרו להקים את פרוייקט החלוץ. הוקמה טורבינת רוח המסוגלת להפיק כ-220 קוויט. גובה מגדל הטורבינה הוא בערך 22 מטר, וזהו גם קוטר הלהבים. טורבינת רוח זו יכולה להפיק כ-300,000 קוויט בשנה באתר שהיא ממוקמת בו. תפוקתה תלויה כמובן בעוצמת הרוחות הנושבות באתר. עוצמה זו מגיעה לכ-7 מטר בשניה בממוצע במשך כל השנה.

בשנת 1989 הוחל בביצוע אינטנסיבי של מדידת עוצמת הרוח בכל הארץ. במדידות אלו נחשף אתר רוח חזק

בדמת הגולן. שמו – עמק הכנא. באתר זה ניתן להקים כ-270 טורבינות רוח לייצור חשמל המסוגלות להפיק 300 קוויט כל אחת. באתר זה ניתן איפוא להפיק כמויות גדולות מאוד של חשמל, כי עוצמת הרוחות בו גדולה יותר מאשר באתר שבו הוקם מיתקן החלוץ. התוכנית היא שהתעשייה האווירית תייצר את הטורבינות. חשמל שיופק באמצעות טורבינות אלו יהיה, כמובן, ללא פליטת מזהמים. כרגע נמצאים בשלבים האחרונים של מתן רישוי לאתר הזה.

ניצול אנרגיית השמש להפקת חשמל באמצעות תאים פוטו-וולטאיים

ביוזמת חברת החשמל תוכנן באתר הניסויים הסולריים בשדה בוקר מיתקן לייצור חשמל המושתת על תאים פוטו-וולטאיים. זהו מיתקן של תאים פוטו-וולטאיים חד-גבישיים המצטיינים בנצילות גבוהה יחסית לתאים אחרים. ההספק שלהם הוא כ-4 קוויט בורם של 16 אמפר ובמתח של 240 וולט.

החשמל המופק מתאים אלה מועבר דרך מסיר לרשת החשמל. כן ניתן להפעיל באמצעות בקר מהירות משתנה, המוזן ממתח התאים, משאבת מים שתוכנתה הבקרה שלה נכתבה על ידי עובדי חברת החשמל והוצגה בכנס בינלאומי של איגוד מהנדסי החשמל.

הפקת חשמל באמצעות המיתקן

הסולרי במכון וייצמן

פרוייקט נוסף שחברת החשמל מעורבת בו הוא המיתקן הסולרי שבמכון וייצמן. במיתקן זה מותקנים 64 קולטים המרכזים את קרינת השמש אל מוקד הנמצא בפיסגתו של מגדל. בתוך המוקד מגיעה הטמפרטורה לכ-1300 מעלות צלסיוס. מכון וייצמן מבצע במגדל זה ניסויים שונים בתחום הסולרי. חברת החשמל בשיתוף עם חברת אורמת ומכון וייצמן מנהלים ביחד מחקר ניסויי שנושא הפעלת טורבינת נו סולרית.

רעיון שמאחורי פרוייקט זה הוא, שלאחר דחיסת האוויר מעבירים אותו דרך המוקד שבראש המגדל כדי לחמם אותו עד לטמפרטורה של 800-900 מעלות צלסיוס. אז מוכנס אוויר לטורבינה כדי להפעילה ללא סולר. לפני זמן קצר נערך בהצלחה ניסוי. היינו הראשונים בעולם שיישמו רעיון זה בהצלחה, ואפשר בהחלט לומר שזה היה הישג בינלאומי.

מוליכות על

בשנים האחרונות חלה התפתחות רבה בעולם בנושא מוליכות על. פותחו מוליכי על הפועלים בטמפרטורות גבוהות יחסית, כלומר בטמפרטורות גבוהות בהרבה ממינוס 273 מעלות צלסיוס. נעד כה היו ידועים חומרים מוליכי על בטמפרטורות נמוכות בלבד, כ-4 מעלות קלווין שהן מינוס 265 מעלות צלסיוס). חיסרון נוסף של החומרים החדשים הוא שהם קשים ושבריים ואין אפשרות לייצר מהם חוטים. בשנה האחרונה היו התפתחויות חדשות בתחום זה, והיום ניתן לייצר חוטים מוליכי על.

אחד השימושים המבטיחים של מוליכות העל הוא בתחום אנרגיה, כלומר, היכולת לאגור אנרגיה בשעות השפל ולהשתמש בה בשעות השיא. המיתקן לאנרגיה מורכב מסליל מוליך על, המושקע בנוזל בטמפרטורה נמוכה, למשל הליום נוזלי. המיתקן יאפשר לאגור אנרגיה ולשמור אותה במשך שנים, ללא הפסדים, פעולתו מהירה מאוד וזמני הטעינה והפריקה קצרים ביותר, בסדר גודל של אלפיות שניות.

סיכום

יעדה של חברת החשמל הוא לבנות מערכת חשמל שמבטיחה אספקה תקינה של חשמל בכמות הנדרשת, באיכות ובאמינות גבוהה תוך מיזעור העלויות, ניצול מקורות מתחדשים ומקומיים ודאגה לאיכות הסביבה.

במשך החומש הקרוב עומדת חברת החשמל בפני תנופת התפתחות גדולה מאוד הן בפיתוח תחנות כוח והן בפיתוח תחנות משנה, תחנות מיתוג וקווי חשמל. התנופה נגזרת מהגידול הצפוי בביקוש לחשמל, בד בבד עם הדרישה לאמינות אספקה גבוהה יותר של החשמל, עקב תלותו הגדלה והולכת של המשק בחשמל.

לצורך תכנון מערכת החשמל בישראל לטווח ארוך, עומד לרשות חברת החשמל כוח אדם מיומן ומקצועי ותוכנות מחשב משוכללות. כדי שניתן יהיה לענות בצורה מיטבית על הצרכים הנדלים של המדינה בתחום זה תוך המלצה על תוכניות פיתוח העומדות בצורה הטובה ביותר באי הוודאות לגבי אירועי העתיד.

שאלות ותשובות בנושאי הכשרה מקצועית והשתלמויות

מערכת "התקע המצדיע" החליטה לפתוח מדור שאלות ותשובות בנושאי הכשרה מקצועית והשתלמויות. בחוברת זו תוכלו למצוא כמה שאלות ותשובות המיועדות לשואל וגם לאנשים אחרים, שיש להם שאלות דומות. המדור פתוח לציבור החשמלאים ולציבור בכלל.

הלימוד הבאות מקימות קורסים ייעודיים (ספציפיים) בנושא:

■ אורט קרידה (המרכז)

רחוב בת ציון 10, יד אליהו, תל-אביב.

■ עמל מבוגרים (המרכז)

רחוב קהילת קיוב, רמת אביב, תל-אביב.

■ האוניברסיטה הפתוחה

רחוב קלאוזנר 16, רמת אביב, תל-אביב.

אני מקווה, שתמצא עניין וסיפוק בהשתתפותך באחד הקורסים המוצעים.

מקצועית בחשמל. אם תעמוד בקריטריונים של השכלה ובחינות כניסה, תישלח למרכז הכשרה טכנולוגית שבו תלמד בקורס אינטנסיבי בחשמל. הקורס מתקיים יום יום משך 1,260 שעות ותוכניתו כוללת מקצועות חשמל שונים.

בסיום הקורס תיבחן ותקבל תעודת סיום. תעודה זו ניתנת להמיר לרשיון "חשמלאי עוזר", ובשלב מאוחר יותר לרשיון מסוג "חשמלאי מוסמך". בעת הקורס תקבל דמי אבטלה כחוק.

סיימתי קורס "חשמלאים מוסמכים" בהצלחה. כאשר פניתי ליחידה לחשמל הסתבר לי, כי אני זכאי לרשיון מסוג "חשמלאי עוזר" בלבד.

ברצוני לדעת מתי אוכל לקבל רשיון חשמלאי מוסמך וזאת משום שיש בדעתי להפוך לחשמלאי עצמאי.

רשיונות החשמל מוענקים לזכאים בהתאם לחוק החשמל 1954 ולתקנות החשמל מספר 4778 משנת 1985. בהתאם לתקנות אלו ניתנים הרשיונות על פי קריטריונים של השכלה וותק. השכלתך היא של "חשמלאי מוסמך". אם אמנם אתה מחויק בתעודה כאמור, כעבור שנת ותק מוכחת תוכל להגיש בקשה לקבלת רשיון "חשמלאי מוסמך". כל הבקשות צריכות להיות מוגשות באישורים הולמים המעידים על ותק.

אני לומד בקורס חשמלאים מוסמכים, בקורס לומדים פרק בפיקוד ובבקרים מתוכנתים. איך אוכל להשלים את השכלתי בנושא ולהרחיבה?

לצערי, לא ציינת במכתבך את מקום מגוריך, לכן איכל להשיב לך, כי מערכות

אני עולה חדש. יש לי תעודות המעידות שכארץ סוצאי עסקתי בחשמל לאחר שלמדתי תחום זה בגיל צעיר יותר.

איך אוכל לקבל רשיון חשמלאי ההולם את כישורי?

עליך לפנות אל היחידה לחשמל ואלקטרוניקה בירושלים, או בימי הקבלה אל משרד העבודה הסמוך למקום מגוריך. בעת פנייתך יהיה עליך למלא שאלון בקשה לרשיון ולצרף אליו תרומם תעודותיך המעידות על השכלתך ועל הוותק במקצוע.

לאחר שתעיין הוועדה בבקשתך תקבל רשיון חשמלאי. הנמוך מזה שהחזקת בארץ המוצא שלך. רשיון זה יהיה זמני וייהפך לרשיון קבוע, בדרגה ההולמת את כישוריך, לאחר שתסיים בהצלחה קורס לעדכון טכנולוגי על פי תוכנית לימודים של משרדנו. אשמח לעמוד לרשותך ולרשות יתר העולים בכל עת.

בעת שירותי בצה"ל שיסתיי בחשמלאי, המקצוע מאוד מצא חן בעיני וכאשר השתחררתי פניתי לשירות התעסוקה כדי להמשיך ולעסוק במקצוע. שם, בשירות התעסוקה, סירבו לרשום אותי כמבקש עבודה בחשמל כל עוד לא אמציא רשיון חשמלאי. עלי לציין כי אני בעל השכלה תיכונית ומחויק בתעודת בגרות חלקית. מה עלי לעשות?

עליך לפנות לשירות התעסוקה בעיר מגוריך. שם עליך להירשם לקורס הכשרה

ד' תרזה – מפקח ארצי לחשמל ואלקטרוניקה האגף להכשרה ולפיתוח כוח אדם משרד העבודה והרווחה

את שאלותיכם תוכלו להפנות בכתב אל:

דוד תרזה

מפקח ארצי לחשמל ואלקטרוניקה

האגף להכשרה ולפיתוח כוח אדם

משרד העבודה רחוב יפו 30, ירושלים.



היבטים בתיכנון מיתקני חשמל במתח נמוך* העמסה והגנה של מוליכים מבודדים במתח עד 1,000 וולט הגנת מוליכים בפני זרמי קצר

אינג' יוסף רוזנקרנץ

במאמר שפורסם ב"התקע המצדיע" מס' 47 – אפריל 1991 הועלו כמה בעיות תיכנון של מיתקני חשמל הקשורות להעמסת מוליכים והוסברו המונחים **זרם צפוי** ו**זרם מתמיד מירבי**.

המאמר שפורסם ב"התקע המצדיע" מס' 49 – דצמבר 1991, המשיך בהצגת הנושא. המאמר עסק בהגנת המוליכים בפני **זרם יתר** וכלל הדגמה של כמה שיטות לחישוב המוליכים ולבחירת המבטחים המגינים עליהם מבחינת **עומס יתר**.

מאמר זה ממשיך בהצגת הנושא ועוסק בהגנת המוליכים בפני **זרמי יתר** ומתייחס באופן ספציפי להגנת המוליכים בפני **זרמי קצר**.

זמן, שאורכו נע מחלקי שנייה ועד למקסימום של חמש שניות.

אם המבטח, מסיבה כלשהי, אינו מתפקד **כמגביל זמן** של זרם הקצר אוי ייגרם, בוודאות, נזק חמור למיתקני החשמל.

איור 1 מציג את תופעת המעבר של זרם קצר. באיור זה המקדם $\sqrt{2}$ של הורמים I_k ו I_k מבטא את המשרעת (Amplitude) של אותם זרמים הנמדדים בערכים אפקטיביים (RMS).

באמצעות פעולת המבטחים המותקנים במיתקן החשמל.

לכן, כשאנו מתייחסים לזרם הקצר במעגל מסוים, אנו חייבים לקחת בחשבון, לפחות, את שני הערכים הבאים: את זרם הקצר המירבי ואת זרם הקצר המזערי העשויים להתפתח במקום כלשהו במעגל.

זרם קצר מטבעו הוא זרם חולף, ותפקיד המבטחים הוא להגביל את משך קיומו לפרק

תופעת הקצר

תופעת הקצר בין מוליכים חיים, או בינם לבין האדמה, מהווה אחת מהתקלות החמורות במיתקני חשמל. היא מלווה, במקרה הטוב, בניזוק המיתקן בגלל פעולת המבטחים, ובמקרה הגרוע – בנוק לצידו חשמלי, בדליקות ולפעמים במניעות בבני אדם.

עוצמת תופעת הקצר והשלכותיה החמורות נובעות מפרוטנציאל האנרגיה החשמלית של מערכת ייצור החשמל (הגנרטורים בתחנת הכוח). אנרגיה חשמלית המנוצלת בצורה נכונה מומרת לאנרגיה יעילה (מכנית, תרמית, כימית, אור), אך בעת תופעת הקצר היא מנותבת בצורה בלתי נכונה ולכן היא מתפרקת בחספק מכני ותרמי רב ממדים.

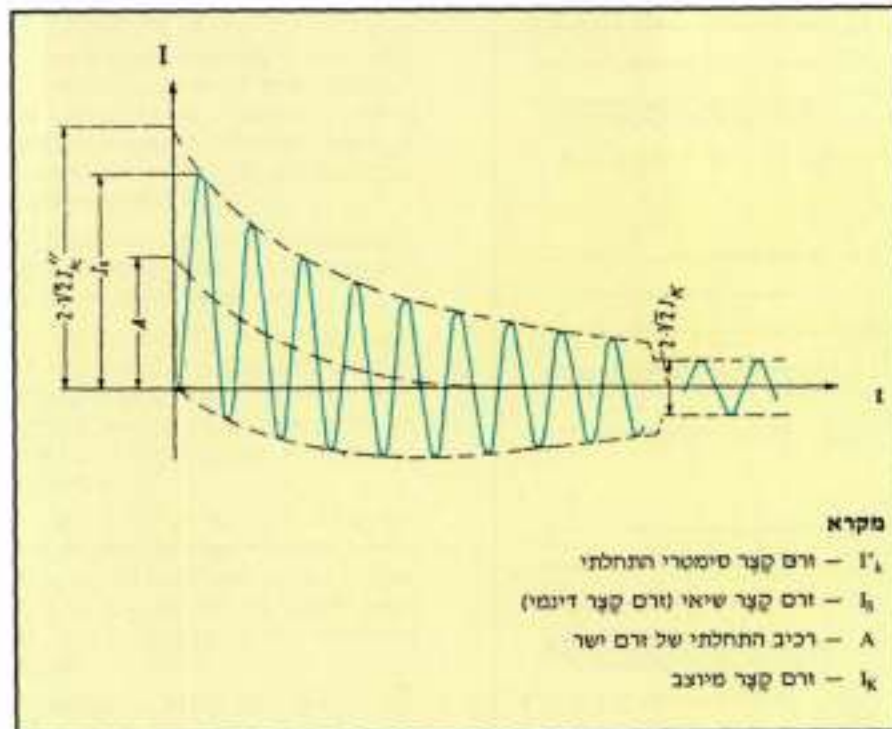
הגורם השולט על ניתוב נכון של האנרגיה החשמלית הוא הבידוד של המוליכים החיים. הבידוד עשוי להיות בצורת מוצק, נוזל או גז.

כרגע שהבידוד נפרץ, מסלול הזרם מקוצר והוא עולה בכמות רבות ביחס לזרם הרגיל, שעבר לפני כן במסלול הרגיל ממקור ייצור החשמל (גנרטור) עד לצידו החשמלי הניזון ממנו.

לעלייה התלולה בזרם הקצר שני פנים. הפן האחד – זרם הקצר גורם לנוק במיתקן החשמלי, ואילו הפן השני – עוצמתו, שמבדילה אותו מעוצמת הזרם הרגיל, מאפשרת לנצלו לשם ניתוק המיתקן

* מאמר שלישי בסדרה

י' רוזנקרנץ – מתנדב סומחה, הרשת הארצית, אגף השיווק והצרכנות, חברת החשמל



איור 1
עקומת זרם/זמן בעת תופעת זרם קצר



הסיבה לכך היא, שבדרך כלל במיתקן נתון זרם הקצר התלת מופעי הוא **הזרם המירבי**, בעוד שזרם הקצר החד מופעי הוא **הזרם המזערי**. ערכי זרמי הקצר הזו מופיעים נמצאים בתחום שבין שני הערכים האלה.

חישוב שני הזרמים האלה מיועד למטרות שונות:

- זרם קצר מירבי משמש לחישוב **כושר הניתוק** הדרוש של המבטח המגן על המוליכים.
 - זרם קצר מזערי משמש לקביעת זמן הניתוק של המבטח מבחינת **ההעמסה התרמית** של המוליכים בעת הקצר.
- עוצמת זרם הקצר תלויה גם **במרחק** שבין הנקודה שבה מופע הקצר ובין מקור הזינה. ככל שמרחק גדל, גדלה גם העכבה (Impedance) של המעגל וקטן זרם הקצר.

אם מתייחסים למעגל נתון, אשר התחלתו במבטח, אזי זרם הקצר התלת מופעי המירבי I_{k3}'' יחושב על **הדקי היציאה של המבטח** בעוד זרם הקצר המזערי I_{k3}'' יחושב בנקודה **המרוחקת ביותר של המעגל**.

חישוב זרם קצר תלת מופעי – I_{k3}''

זרם קצר תלת מופעי מחושב לפי הנוסחה הבאה:

$$I_{k3}'' = \frac{1.1 \cdot U_N}{\sqrt{3} \cdot |Z_1|}$$

כאשר:

U_N – מתח נקוב של הרשת
 $U_N = 400V$

$|Z_1|$ – ערך מוחלט של הרכיב החיובי של עכבת המעגל המחושב בערכים מורכבים (קומפלקסים):
 $Z_1 = R_1 + jX_1$

חישוב זרם קצר חד מופעי – I_{k1}''

זרם קצר חד מופעי לאדמה במעגל תלת מופעי מחושב לפי הנוסחה הבאה:

$$I_{k1}'' = \frac{\sqrt{3} \cdot 1.1 \cdot U_N}{|Z_1 + Z_2 + Z_0|} = \frac{\sqrt{3} \cdot 1.1 \cdot U_N}{|2 \cdot Z_1 + Z_0|}$$

כאשר:

Z_1, U_N – מתח ועכבת, כנאמר לעיל
 Z_2 – רכיב שלילי של עכבת המעגל
 Z_0 – רכיב האפס של עכבת המעגל

הערה:

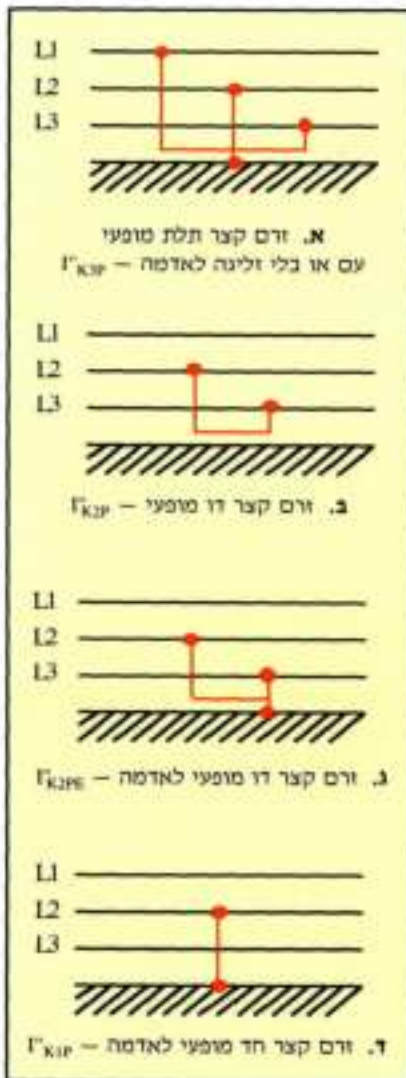
ברשתות הניזונות במתח נמוך מתייחסים לרכיב החיובי והשלילי של העכבה כאל רכיבים בעלי ערך זהה, כלומר: $Z_2 = Z_1$

כלל מתייחסים במיתקני חשמל מתח נמוך גם לזרם הניתוק שערכו שווה לערך זרם הקצר התחלתי I_k .

סוגי הקצר

ברשת חשמל תלת מופעית עשויים להופיע ארבעה סוגים של קצרים (איור 2).

- זרם קצר תלת מופעי עם או בלי זלינה לאדמה – I_{k3}''
 - זרם קצר דו מופעי – I_{k2}''
 - זרם קצר חד מופעי לאדמה – I_{k1}''
- מתוך מכלול הזרמים האלה במיתקנים במתח נמוך, חשובים רק שניים: I_{k3}'' ו I_{k1}'' .



איור 2 סוגי הקצר וזרמי הקצר

מהעקומה הייאוסילוגרפית המוצגת באיור 1 ניתן להבחין שברגע הראשון של הופעת הקצר, משנה הזרם את צורתו היסטורית המאפיינת את זרם החילופין והוא מקבל צורה אסימטרית המורכבת משני רכיבים: סימטרי – I_k' , ואסימטרי, הימלטשי על הראשון והוא הרכיב של הזרם הישר – A.

ערך השיא של הזרם בזמן ההתחלתי של הקצר, מחושב לפי הנוסחה הבאה:

$$I_k = K \cdot \sqrt{2} \cdot I_k'$$

כאשר:

K – מקדם התלוי בעכבת רשת החשמל
 $1.1 \leq K \leq 2$
 ערכו:

זרם קצר שיאי – I_k , נזרם **למאמצים מכניים** בין המוליכים, לדוגמה, כיפוף פסי צבירה בלוחות חשמל, ולכן הוא נקרא גם **זרם קצר דינמי**.

חישוב פסי צבירה בלוחות מתח נמוך מבחינת זרמי הקצר, הוסבר במאמר שמורס ביהתק המצדעי מס' 41 – יוני 1988, ומשום כך לא תעכב בהמשך הדברים על זרם קצר דינמי.

במיתקנים הממוקמים קרוב לגנרטור המזין את הרשת קיים הבדל בין זרם קצר התחלתי I_k' ובין זרם קצר מיוצב I_k . הדבר חל גם על מיתקנים במתח עליון הממוקמים קרוב לתחנת הכוח של חברת החשמל.

אולם, כשמוצר במיתקנים במתח נמוך, המזונים באמצעות שנאים מרשת מתח גבוה של חברת החשמל, שאינם מושפעים מגנרטורים מקומיים המחוברים במקביל, או ממנועים גדולים, אזי ערכי שני זרמי הקצר כמעט זהים, כלומר: $I_k = I_k'$.

אם במיתקן מופעלים גנרטורים מקומיים או מנועי חשמל גדולים, אזי הזרם I_k' עשוי להיות גדול בהרבה לעומת הזרם I_k .

במסגרת מאמר זה לא נרחיב את ההסבר על אופן חישוב זרם קצר במקרה זה. די לקבוע כי כרוב המיתקנים במתח נמוך, המזונים משנאים בלבד, מחשבים רק את זרם קצר התחלתי I_k' . את שיטת החישוב נפרט בהמשך.

מונה אחר, חשוב מבחינת זרמי קצר הוא **זרם הניתוק של הקצר** – הזרם שעדיין קיים במיתקן לאחר פרק זמן של 0.05 עד 0.25 שניות, שהוא משך זמן הפעולה הרגיל של המבטחים המגינים על המוליכים במיתקן.

במיתקנים במתח נמוך עוצמת זרם הניתוק תלויה אף היא בגנרטורים המקומיים המחוברים במקביל לרשת של חברת החשמל. אולם, בדומה לזרם קצר מיוצב I_k , בדרך



ערכי רכיבי אפס של כבלים תת קרקעיים מוצגים בקטלוגים של היצרנים או בתקנים, שלמיהם יוצרו הכבלים התת קרקעיים.

בחירת המבטחים מבחינת זרמי הקצר

תקנות החשמל בדבר העמסה והגנה על מוליכים במתח נמוך דורשות, שכל מוליך חי, למעט מוליכי האפס והארקה, יוגן באמצעות מבטחים בפני עומס יתר וזרם קצר כאחד. באופן מעשי, ההגנה מתבצעת באמצעות התקנת מבטח בהתחלת כל מעגל על כל מוליך חי (מופע). ההגנה יכולה להתבצע באמצעות שני מבטחים נפרדים. האחד – עבור עומס יתר והאחר – עבור זרם קצר, או באמצעות מבטח משולב לשני היעדים האלה.

הערה:

העובדה שהתקנות אינן מחייבות התקנת מבטח בהתחלת המעגל, על מוליך האפס או על מוליכי הארקה **אין משמעה**, שהמוליכים האלה אינם מוגנים בפני זרמי קצר. ההגנה על מוליכים אלה מוטלת אף היא על המבטח. תפקיד המבטח להגן על המוליכים החיים, מאחר שזרם הקצר במוליך אפס או הארקה עובר גם במוליך המופע והוא אשר אמור להפעיל את המבטח המסוים.

היות שבמאמרים הקודמים עסקנו בבחינת המבטח מבחינת עומס יתר שתייחס בהמשך מאמר זה לתפקיד שממלאים המבטחים בהגנת המוליכים בפני **זרם קצר בלבד**.

חשוב לציין שבהתייחסות לזרמי קצר ואופן חישובם מניחים, שבנקודה בה מופיע הקצר **ההתנגדות האוהמית של הקצר שואפת לאפס**.

באופן מעשי **אין כל אפשרות** לצפות מראש את ערך ההתנגדות בנקודת הקצר. היא יכולה להיות אפסית בהתחלת התופעה, אך היא יכולה להיות גם בעלת ערך כלשהו בעת פריצת הקצר ולהשתנות בהמשך או עד לערך אפסי, או להיפך – עד לערך אינסופי, כלומר, עד לנתק. הפירוש המעשי של הדבר הוא, שניתן לחשב את **הערך המירבי** של זרם הקצר **אך לא ניתן לצפות את ערכו המעשי** בעת תופעת הקצר.

זרם קצר **מעשי**, שערכו קטן מערך זרם הקצר המחושב, **עלול לעכב** את מעולת המבטח, שנבחר על בסיס ערך מחושב של זרם הקצר, ולגרום נזק במיתקן. מכאן נובעת שתי דרישות עיקריות לבני המבטח בתפקידו להגנת מוליכים בפני זרם קצר, והן:

- כושר ניתוק.
- זרם הפעלה.

$$R_{IT} = R_{IT} = R_T = 0.003\Omega$$

$$X_{IT} = X_{IT} = X_T = 0.009\Omega$$

הערה:

האינדקס "1" מצביע על רכיב חיובי האינדקס "2" מצביע על רכיב שלילי

ה. חישוב רכיבי האפס – R_{IT} ו- X_{IT}
רכיבי האפס של שנאים תלויים בקבוצת החיבורים שלהם.

לבני החיבור השכיח של כוכב/משולש (המסומן בדרך כלל כ-Y/D) חישוב רכיבי האפס נעשה בכפולות של הרכיב החיבורי.

$$R_{IT} = R_T$$

$$X_{IT} = 0.95 \cdot X_T$$

מכאן, עבור השנאי בדוגמה שלפנינו מתקבלים הערכים הבאים.

$$R_{IT} = 0.003\Omega$$

$$X_{IT} = 0.0085\Omega$$

הערה:

האינדקס "0" מצביע שמדובר ברכיב האפס.

מוליכים

ערכי העכבות של כבלים או של קווים עיליים מוצגים בקטלוגים של היצרנים, אולם, בקטלוגים ניתנים, בדרך כלל, רק הערכים הכלליים ביחס לאורך של 1,000 מטר כבל/קו של הייגב X_L וההתנגדות R_L .

הרכיבים החיוביים והשליליים של העכבות של כבלים וקווים עיליים שווים לערכיהם הכלליים, כלומר:

$$R_{OL} = R_{OL} = R_L$$

$$X_{OL} = X_{OL} = X_L$$

בקווים עיליים תלוי ערך העכבה בסידור התיילים ובמרחק ביניהם.

רכיבי אפס R_{OL} ו- X_{OL} בקו עילי בעל ארבעה מוליכים, כשהמוליך הרביעי משמש מוליך אפס, מחושבים בהתאם לנוסחאות הבאות.

$$R_{OL} = R_L + 3 \cdot R_{NE}$$

$$X_{OL} = (3.5 + 4) \cdot X_L$$

כאשר:

R_L – התנגדות הקו

X_L – הייגב הקו

R_{NE} – התנגדות מוליך האפס

חישוב העכבה

לא נרחיב כאן את ההסבר על משמעות הרכיבים של העכבה: החיובי – Z_1 השלילי – Z_2 והאפס Z_0 של העכבה, אולם נציין שניתן לחשב אותם לפי הנתונים הטכניים של רכיבי המעגל, החל מהשנאי דרך כל המוליכים של המעגל עד לנקודת הקצר, כמפורט להלן. כמו כן, ראוי לציין, שבחישוב העכבות ברשת מתח נמוך (נהוג להתחיל מהשנאי המזין את הרשת, שכבת הרשת בצד מתח גבוה במעלה השנאי היא, בדרך כלל, בעלת ערך זניח ואינה נלקחת בחשבון בחישוב סכום העכבות).

שנאים

העכבה של שנאי, בצד מתח נמוך מרושבת על פי המאפיינים הנקובים שלו הבאים:

$$U_N \text{ – מתח נקוב [kV]}$$

$$S_N \text{ – הספק מדומה [kVA]}$$

$$u_{KN} \text{ – מתח קצר נקוב [%]}$$

$$u_{RN} \text{ – מתח קצר ההתנגדתי [%]}$$

את מתח הקצר ההתנגדתי ניתן לחשב גם לפי האיבודים התרמיים של השנאי.

דוגמה לחישוב עכבה של שנאי כוח המזין רשת חלוקה במתח נמוך

נתון שנאי שמאפייניו הנקובים הם:

$$U_N = 0.4 \text{ kV}$$

$$S_N = 630 \text{ kVA}$$

$$u_{KN} = 4\%$$

$$u_{RN} = 1.2\%$$

א. חישוב עכבה כוללת – Z_T

$$Z_T = \frac{u_{KN}}{100} \cdot \frac{U_N^2}{S_N}$$

$$Z_T = \frac{4}{100} \cdot \frac{0.4^2}{0.63} = 0.01\Omega$$

ב. חישוב התנגדות – R_T

$$R_T = \frac{u_{RN}}{100} \cdot \frac{U_N^2}{S_N}$$

$$R_T = \frac{1.2}{100} \cdot \frac{0.4^2}{0.63} = 0.003\Omega$$

ג. חישוב הייגב השראי – X_T

$$X_T = \sqrt{Z_T^2 - R_T^2} = 0.009\Omega$$

ד. חישוב רכיבים חיוביים R_{IT} ו- X_{IT} ורכיבים שליליים X_{IT} ו- R_{IT}

ערכי הרכיבים החיוביים והשליליים זהים לערכי R_T ו- X_T שחושבו לעיל, דהיינו:



כושר ניתוק

המבטח חייב להיות מסוגל לנתק את הקצר המורבי, שיכול להופיע על הדקי היציאה שלו מבלי להיזק ומבלי שזרם הקצר יפגע באופן משמעותי באורך החיים שלו. כלומר, כושר הניתוק של המבטח חייב להיות גדול או שווה לזרם הקצר המורבי I_{k1P} (במקרה של מבטח תלת מופעי), או ל- I_{k1P} (במקרה של מבטח חד מופעי) העשוי להתפתח על הדקי.

התקנות מתירות גם כושר ניתוק קטן יותר, אם מותקן במעלה המעגל מבטח אחר בעל כושר ניתוק כנדרש והמבטח האמור, בעל כושר הניתוק הנמוך יותר, מסוגל להעביר את זרם הקצר הצפוי.

לחיבת האחרון קשורים שיקולים רבים, אך במאמר זה לא נרחיב את ההסבר עליהם.

זרם הפעלה

המבטח חייב לנתק את זרם הקצר המזערי כך שהמעגל המוגן יותק במרק זמן שאורכו אינו עולה על חמש שניות, כתוצאה מכך תימנע התחממות יתר של המוליכים בעת הקצר. זרם ההפעלה, במובן זה, הוא זרם הכיוונון האלקטרומגנטי של מפסקים אוטומטיים, או זרם הניתוק הגבוה של נתיכים.

בהתייחס לכושר הניתוק, הבעיה מפותה, כיוון שמדובר בזרם קצר מירבי המחושב בנקודת ההתקנה של המבטח, בזרם קצר התחלתי - I_{k1P} במעגל תלת מופעי, ו- I_{k1P} במעגל חד מופעי.

הבעיה מורכבת יותר לגבי זרם ההפעלה של המבטח, או מסוגלים לחשב את זרמי הקצר I_{k1P} ו- I_{k1P} בנקודה המרוחקת ביותר (ברוב המקרים ניוכח ש- $I_{k1P} < I_{k1P}$), אך אין לנו ביטחון, שזה אמנם ערכו של זרם הקצר המזערי המעשי, מאחר שאין לנו כל שליטה על ההתנגדות האוהמית של הקצר עצמו, כפי שנאמר לעיל.

כאן משתלב השיקול לגבי זרם תיפועל רגעי, שדובר עליו במאמר השני בסדרה, שפורסם ב"התקע המצדיע" מס' 49 - דצמבר 1991. זרם תיפועל רגעי של מעגל I_{ST} , המוכר גם כזרם התנעה (Inrush Current), הוא זרם המתהווה ברגעים הראשונים כשצויד השמלי נתון תחת מתח. אורכו של פרק זמן זה יכול להיות מכמה עשרות מילישניות ועד כמה שניות.

התכונה הנדרשת מהמבטח שלא לפעול ולנתק את המעגל בעת התהוות זרם תיפועל משמשת גם מענה לדרשה לנתק את המעגל בעת הופעת זרם קצר מזערי מעשי.

כלומר, אם המבטח נבחר בצורה נכונה אוי כל זרם חולף, שערכו גבוה מערך זרם תיפועל רגעי (בתוספת מקדם ביטחון), יזרום לניתוק המעגל.

כאן יש להבחין בין מבטח בלתי מכוונן, דהיינו מאיזו או נתיך, ובין מבטח מתכוונן, דהיינו מפסק זרם אוטומטי.

לגבי מאיזו או נתיך יש להתייחס לעקומת הניתוק האופיינית שלהם. יש לבדוק, לפי עקומת זו, אם זרם התיפועל הרגעי לא יזרום במעגל המוגן לניתוק המאיזו או הנתיך בצורה בלתי רצויה.

במפסקים אוטומטיים, המנגנון האלקטרומגנטי ניתן לכיוונון, בדרך כלל לערכים של $5I_N$ עד $12I_N$ - I_M - הזרם הנקוב של המפסק. יש לבחור במפסק אוטומטי שהזרם הנקוב שלו מתאים לתנאי העמסה של המעגל המוגן, ולכוונון את המנגנון האלקטרומגנטי של המפסק האוטומטי כך, שהוא יפעל בזרם קצר מזערי (בדרך כלל זרם הקצר החד מופעי I_{k1P} בנקודה המרוחקת ביותר), אך לא יפעל בזרם התיפועל הרגעי I_{ST} של אותו מעגל.

במאמר שפורסם ב"התקע המצדיע" מס' 49 - דצמבר 1991 תוארו החיבטים הקשורים לזרם תיפועל רגעי והוצגה נוסחה לחישוב הזרם תיפועל רגעי במיתקן חשמלי (תעשייתי) הכולל מנועים חשמליים. נוסחת החישוב של הזרם I_{ST} במעגל המזין לוח חשמלי היא:

$$I_{ST} = I_L + (K_{ST} - 1) \cdot I_{BKMOT}$$

כאשר:

I_L - זרם צפוי מתמיד במעגל
 I_{BKMOT} - זרם נקוב של המנוע הגדול ביותר המוגן מהלוח

K_{ST} - מקדם ההתנעה של המנוע הזה (בדרך כלל בין 5 ל-7)

פרק הזמן (I_{ST}) של זרם ההתנעה (I_{ST}) משתנה ממיתקן למיתקן ונקבע לפי העומס האופייני של המיתקן, כאשר:

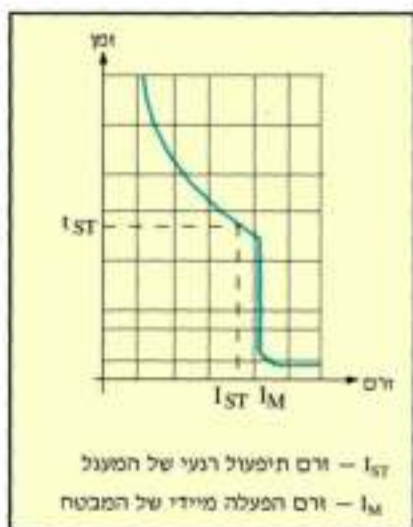
■ במיתקן, שבו העומס האופייני נקבע על ידי מנועים, אורכו של פרק הזמן I_{ST} של זרם ההתנעה I_{ST} נקבע לפי שיטת ההתנעה של המנוע, ונע בין 2-3 שניות עד 5-7 שניות.

■ במעגל המזין שנאי כוח, ערכו של זרם ההתנעה I_{ST} עשוי להיות גדול פי 10-12 מהזרם הנקוב של השנאי, אך הוא נמשך כמה מילישניות בלבד.

■ במעגל המזין סוללת קבלים ערכו של זרם ההתנעה עשוי להגיע עד פי 12 מערך הזרם הנקוב, אך הוא נמשך 2-3 מילישניות בלבד.

כאשר יודעים את גודל זרם ההתנעה I_{ST} ואת משך הזמן I_{ST} , ניתן לבחור את המבטח המתאים - נתיך, מאיזו או מפסק אוטומטי, כך שהוא יימצא בצד השמאלי של העקומה האופיינית זרם/זמן של אותו מבטח לאיור

43



I_{ST} - זרם תיפועל רגעי של המעגל
 I_M - זרם הפעלה מיידית של המבטח

איור 3
אופיין זרם כפונקציה של זמן של מפסק אוטומטי

איור 3 מדגים את אופן הבחירה של מפסק אוטומטי, המרווח בין I_M ל- I_{ST} הוא מרווח הביטחון, שאמור להבטיח שהמבטח לא יפעל בצורה בלתי רצויה. בדרך כלל, נהוג לחשב את זרם ההפעלה לפי הנוסחה הבאה:

$$I_M \geq 1.3 \cdot I_{ST}$$

התאמת המבטח לחתך מוליכי המעגל

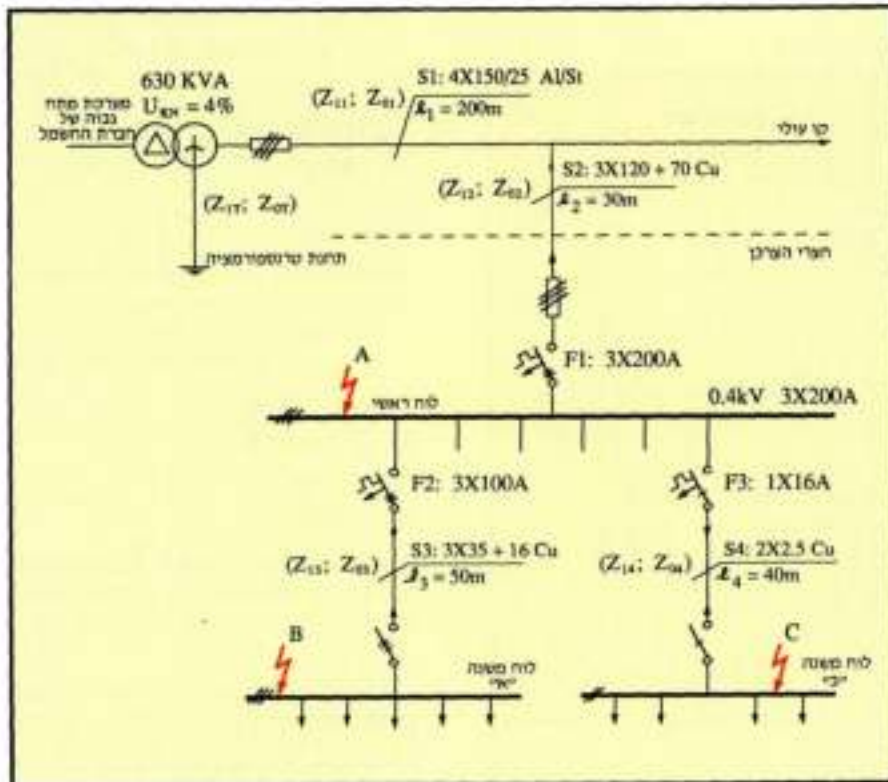
לאחר שבחר המבטח ומוכרת עקומת הניתוק שלו, יש לבדוק את התאמתו למעגל המוגן מבחינת עמידות מוליכי המעגל בהעמסה התרמית הנובעת מזרם קצר. הזרם הנקוב הוא זרם הקצר המזערי.

חתך המוליך שומד בדרישות התקנות אם טיח החתך שלו מתאים למבטח לפי הנוסחה הבאה:

$$I_{TH} = \frac{K \cdot S}{I_{KMIN}} < I_{BR} \leq 5$$

כאשר:

I_{TH} - זמן עמידות תרמית של המוליך בזרם קצר מזערי
 K - מקדם העמסה תרמי בזמן קצר עבור מוליכים מנוושת $K=115$ עבור מוליכים מאלומיניום $K=74$
 S - חתך מוליך
 I_{KMIN} - זרם קצר מזערי בנקודה המרוחקת ביותר של המעגל
 I_{BR} - זמן פעולה של המבטח בזרם קצר I_{KMIN} , לפי עקומת הניתוק של המבטח



איור 4
תרשים חשמלי של מיתקן חשמל במתח נמוך

טבלה 1

נתוני המעגלים במיתקן חשמל במתח נמוך וחישוב רכיבי העכבות של המעגלים

שם המעגל	סוג הקו	סוג מוליך וחתך (סמ"ר)	אורך L [km]	התנגדות סגולית [Ω/km]		היגב סגולי X _L [Ω/km]	רכיב חיובי של העכבה Z ₁ = R ₁ + jX ₁ = Δ(r _L + jX _L) [Ω]		רכיב האם של העכבה Z ₀ = R ₀ + jX ₀ = Δ(r _L + 3r _N) + j3X _L [Ω]	
				r _L מופע	r _N אפס		R ₁	X ₁	R ₀	X ₀
S1	כבל תת-קרקעי	כבל 4x150+25	0.20	0.194	0.194	0.36	R ₁₁ = 0.194 + 0.2 = 0.039 X ₁₁ = 0.36 + 0.2 = 0.072	R ₀₁ = R ₁₁ + 3R _{N1} = 0.156 X ₀₁ = 3X _{L1} = 0.21		
S2	כבל תת-קרקעי	כבל 3x120+70	0.03	0.250	0.146	0.09	R ₁₂ = 0.146 + 0.03 = 0.004 X ₁₂ = 0.09 + 0.03 = 0.003	R ₀₂ = R ₁₂ + 3R _{N2} = 0.004 + 3(0.25 + 0.03) = 0.026 X ₀₂ = 3X _{L2} = 0.009		
S3	כבל תת-קרקעי	כבל 3x35+16	0.05	1.110	0.510	0.12	R ₁₃ = 0.51 + 0.05 = 0.025 X ₁₃ = 0.12 + 0.05 = 0.006	R ₀₃ = R ₁₃ + 3R _{N3} = 0.025 + 3(1.11 + 0.05) = 0.19 X ₀₃ = 3X _{L3} = 0.018		
S4	מוליך בצינור	מוליך 2x2.5	0.04	7.160	7.160	-	R ₁₄ = 2 * 7.16 + 0.04 = 0.57			

הערה: הנתונים עבור שכי התנגדויות r_L והיגבים X_L לקימ נלקחו מקטלוגים של יצרני תילים עבור קווים עיליים ומקטלוגים של יצרני כבלים עבור קווים תת-קרקעיים

הנטיחה לעיל תקפה רק אם מתקיים התנאי הבא:

$$0.1^\circ \leq I_{TH} \leq 5^\circ$$

אם לפי החישוב מתקבל שפרק הזמן I_{TH} גדול מ-5 שניות אך הניתוק מתבצע בפועל תוך 5 שניות, כלומר זמן הניתוק המתקבל מאופיין זרם/זמן של המבטח הוא $I_{TH} < 5^\circ$, אזי המוליך נחשב למוגן בפני זרם קצר.

אם פרק הזמן I_{TH} קטן מ-0.1 שניות, אזי יש לבדוק אופיון נוסף של מפסקים אוטומטיים ונתיכים והוא אנרגיית המעבר (Let Through Energy) או הלם החום. ערך זה מוצג בקטלוגים של יצרני מבטחים ומופיע תחת הסימול A² או A²Δ, ונמדד בערכים של A²sec.

במקרה זה צריך לבדוק שמתקיים אחד מן התנאים הבא:

$$K^2 S^2 \geq A^2 \Delta \quad (A^2 \text{sec})$$

$$K^2 S^2 \geq [A \Delta] \quad (A^2 \text{sec})$$

הפירוט המעשי של דרישה זו הוא, שאם לפי החישוב משך הזמן המותר להעמסת המוליך בזרם קצר קטן עד מאוד (פחות מ-0.1), אזי המבטח חייב לפעול במהירות, שתבטיח שאכן הקצר ינותק בפרק זמן שאורכו קטן מ-0.1 שניות.

דוגמה לחישוב זרמי קצר במיתקן חשמל במתח נמוך

כדי להמחיש את הנאמר עד כה, נתייחס לדוגמה של מיתקן חשמל במתח נמוך, הכולל שנאי, קו עילי, מעגלים תלת-מופעיים וחד-מופעיים (איור 4). מטרת התייחסות לתאים את המבטחים לחתכי המוליכים מבחינת זרמי קצר, ולבדוק את עמידות המוליכים בתנאים אלה.

בדוגמה זו אנו מניחים את ההנחות האלה:

- חתכי המוליכים והמבטחים המתאימים, מהיבט ההגנה בפני עומס יתר, נקבעו בשלב המוקדם של התייחסות.
- כל הנתונים על היגומים השונים כולל זרמי ההנעה I_{sc} ידועים.

חישוב רכיבי העכבות במעגלי המיתקן החשמלי

בטבלה 1 מוצגים נתוני המעגלים המתוארים בתרשים החשמלי שבאיור 4, ותוצאות חישוב רכיבי העכבה בכל אחד מן המעגלים.

כעת, נחשב את ערכי העכבות החל ממקור הזרם, כלומר השנאי, עד לנקודות הקצר A, B ו-C.



טבלה 2 סכום העכבות וחישוב זרמי קצר

נקודת הקצר	סכום העכבות בקצר תלת מופעי $Z_{K3\phi}$	סכום העכבות בקצר לאדמה $Z_{K1\phi}$	תלת מופעי $I_{K3\phi}$	זרם קצר לאדמה $I_{K1\phi}$
A	$Z_{K3\phi A} = Z_{T1} + Z_{T2} + Z_{L1} = (0.003 + 0.039 + 0.004) = 0.046 + j0.084$ $ Z_{K3\phi A} = \sqrt{0.046^2 + 0.084^2} = 0.095\Omega$	$Z_{K1\phi A} = 2 \cdot Z_{K3\phi A} + Z_{T3} = (2 \cdot 0.046 + 0.003 + 0.156 + 0.026) + j(2 \cdot 0.034 + 0.0085 + 0.21 + 0.009) = 0.28 + j0.39$ $ Z_{K1\phi A} = \sqrt{0.28^2 + 0.39^2} = 0.48\Omega$	$I_{K3\phi A} = \frac{1.1 \cdot U_N}{ Z_{K3\phi A} } = \frac{1.1 \cdot 400}{0.095} = 4631.585A$	$I_{K1\phi A} = \frac{1.1 \cdot U_N}{ Z_{K1\phi A} } = \frac{1.1 \cdot 400}{0.48} = 916.677A$
B	$Z_{K3\phi B} = Z_{K3\phi A} + Z_{T1} = (0.046 + 0.025) + j(0.084 + 0.008) = 0.071 + j0.098$ $ Z_{K3\phi B} = \sqrt{0.071^2 + 0.098^2} = 0.114\Omega$	$Z_{K1\phi B} = 2 \cdot Z_{K3\phi B} + Z_{T3} + Z_{T1} + Z_{T2} = (2 \cdot 0.071 + 0.003 + 0.156 + 0.026 + 0.18) + j(2 \cdot 0.09 + 0.0085 + 0.25 + 0.009 + 0.019) = 0.5 + j0.46$ $ Z_{K1\phi B} = \sqrt{0.5^2 + 0.46^2} = 0.68\Omega$	$I_{K3\phi B} = \frac{1.1 \cdot U_N}{ Z_{K3\phi B} } = \frac{1.1 \cdot 400}{0.114} = 3859.648A$	$I_{K1\phi B} = \frac{1.1 \cdot U_N}{ Z_{K1\phi B} } = \frac{1.1 \cdot 400}{0.68} = 647.059A$
C	-	$Z_{K1\phi C} = Z_{K1\phi B} + Z_{T1} = (0.5 + 0.37) + j0.46 = 0.87 + j0.46$ $ Z_{K1\phi C} = \sqrt{0.87^2 + 0.46^2} = 1.0\Omega$	$I_{K1\phi C} = \frac{U_N}{ Z_{K1\phi C} } = \frac{400}{1.0} = 400A$	-

טבלה 3

תוצאות בדיקת כיוונון המפסקים האוטומטיים F1, F2 ו-F3 מבחינת התאמתם לזרמי קצר

מפסק אוטומטי	זרם נקוב של המפסק האוטומטי	זרם הקצר המירבי	זרם הקצר המזערי	נוטר הניתוק המזערי הדרוש	זרם התיפוע הרגעי המירבי בפעול	כיוונון ההגנה האלקטרו-מגנטית	הערות
F1	$I_N = 3 \times 200$ [A]	$I_{K3\phi} = 2,677$ [A]	$I_{K1\phi} = 1,585$ [A]	1,000 [kA]	1,000 [A]	1,000 [A]	1*
F2	3×100	$I_{K3\phi B} = 2,677$	$I_{K1\phi B} = 1,119$	600	600	600	2*
F3	3×16 סמ"ד	$I_{K3\phi C} = 2,677$	$I_{K1\phi C} = 198$	80 לא מתכוונ	80 לא מתכוונ	80 לא מתכוונ	3*

שרבו של זרם ההפעלה המגנטי המזערי של המפסק האוטומטי גדול בהרבה מערכו של זרם התיפוע הרגעי I_{ST} במקרה זה מתקיים:

$$I_M = 1.000A = 3.3 \cdot I_{ST}$$

כיוונון ההגנה האלקטרו-מגנטית ל-1,000 אמפר מבטיח, שבמקרה של קצר חד מופעי ששרכו 1,585 אמפר בלוח הראשי, המפסק יפעל מיד, אך הוא לא יפעל בעת הופעת זרם תיפוע רגעי ששרכו 300 אמפר.

לשם כך יש לחשב תחילה את עכבת השנאי, שמאפייניו הנקובים, לפי קטלוג היצרן, הם:

$$U_N = 0.4 \text{ kV}$$

$$S_N = 630 \text{ kVA}$$

$$u_{KN} = 4\%$$

$$u_{RN} = 1.2\%$$

לפי החישובים שבוצעו לעיל, בסעיף יחישוב העכבה – דוגמה לחישוב העכבה של שנאי כוח המיון רשת חלוקה במתח נמוך, התקבלו הערכים הבאים:

$$R_{T1} = R_{T2} = 0.003\Omega$$

$$X_{T1} = X_{T2} = 0.009\Omega$$

$$R_{T3} = 0.003\Omega$$

$$X_{T3} = 0.0085\Omega$$

חישוב העכבות בנקודות הקצר השונות תלוי בסוג הקצר – קצר תלת מופעי או קצר חד מופעי לאדמה – ומתבצע לפי הנוסחאות הבאות:

חישוב העכבה בקצר תלת מופעי:

$$Z_{K3\phi} = \sum Z_i = \sum (R_i + jX_i)$$

חישוב העכבה בקצר חד מופעי לאדמה:

$$Z_{K1\phi} = \sum (2 \cdot Z_i + Z_{T3}) = \sum (2 \cdot (R_i + R_{T3}) + j(2 \cdot X_i + X_{T3}))$$

בטבלה 2 השמות הנוסחאות לעיל בצורה מפורטת לגבי כל אחת מנקודות הקצר A, B ו-C. לכל שרף של R, Z ו-X מוצגים הסמלים המזהים, כפי שנישמו בטבלה 1 ובאיור 4.

בדיקת כיוונון המפסקים האוטומטיים מבחינת התאמתם לזרמי הקצר

כמו שנאמר לעיל, אנו מניחים שהמפסקים האוטומטיים F1, F2 ו-F3 נבחרו בשלב מוקדם, מהיבט ההגנה על הקווים במני עומס יתר. כמו כן המפסקים שנבחרו הם כאלה שהזרם הנקוב I_N שלהם מתאים לתאי מיתקן החשמל מבחינת הזרמים I_{ST} הידועים מראש.

טבלה 3 מציגה את תוצאות בדיקת כיוונון המפסקים האוטומטיים F1, F2 ו-F3, מבחינת התאמתם לזרמי הקצר, שעלולים להתפתח במיתקן החשמל.

הערות לטבלה 3

1* – מפסק אוטומטי F1

כושר הניתוק של מפסקים אוטומטיים, שזרמם הנקוב בתחום ערכים של 100 עד 200 אמפר הוא, בדרך כלל, גדול בהרבה מהערך הנדרש, 3 ק"א, המתקבל מהחישובים.



טבלה 4

תוצאות בדיקת התאמת המפסקים האוטומטיים מבחינת העמידות התרמית של הכבלים בורם קצר

סם הכבל	חך הכבל	זרם הקצר המצטבר	זמן העמידות התרמית של הכבל בורם קצר מצטבר	זמן הפעולה של המפסק האוטומטי בורם קצר	המספק האוטומטי
	[ממ"ר]	I_{KMIN} [A]	t_{TH} [s]	t_{BB} [s]	
S3	35	$I_{KIPB}=1.119$	20	0.1	F2
S4	2.5	$I_{KIPC}=1.119$	2.1	0.1	F3

מכאן מסתבר שיש הבדל רב בין חישוב מופשט לחישוב מדויק. התייחסות לחישוב מופשט יכולה לגרום להוצאות כספיות מיותרות, מאחר שבורחים במפסק אוטומטי בעל כושר ניתוק גדול מהנדרש, או בכוח שאינו מספיק את כל התחום של זרמי הקצר האפשריים.

במצאות, מייצרים כיום מפסקים אוטומטיים בעל כושר מוערך של כ-18 ק"א, וההפרש במחיר בין המפסקים השונים אינו משמעותי או שהוא לא קיים כלל. עם זאת, חשמלאי, שהפרוטה יקרה לו, יערוך את החישוב המתואר לעיל, כדי לוודא שאין הוא מוציא כסף לשווא.

ביצוע כל החישובים, על סף התונים הטכניים של מיתקן החשמל, מתאפשר היום באמצעות תוכנת מחשב. נעיר שאין להפעיל תוכנות אלה בצורה עיוורת, אלא צריך לוודא שהן מתאימות לדרישות תקנת החשמל.

כשלושת המאמרים האחרונים סקרו את הגנת המוליכים בפני עומס יתר וזרם קצר. כדי למצוא את הנושא של בחירת המוליכים והגנתם יש לשקול עוד שני היבטים חשובים: הגנה בפני חימום ומפלי המתח המותרים. הדבר ייעשה במאמר הבא.

זמן העמידות התרמית t_{TH} של הכבל S3 גדול מ-5 שניות. לפיכך הערך הרשום בטבלה 4 אינו מדויק. עם זאת מתקיים התנאי, שזמני הפעולה t_{BB} של המפסקים האוטומטיים F2 ו-F3 בורם קצר קטנים מזמני העמידות התרמית t_{TH} של הכבלים S3 ו-S4 בורם קצר, ולכן הכיוון של המפסקים נכון גם מבחינה זו.

סיכום

חשמלאים העוסקים בתיכנון מיתקני חשמל, שעקבו אחר כל החישובים שנעשו עד כה, עשויים לשאול את השאלה האם כדאי לערוך חישובים מסובכים כאלה, והאם כך נהגים כל המתכננים?

התשובה היא, שבמקרים מסוימים המתכננים עורכים מייחוס זמן חישובים מופשטים למדי המבוססים על השוואת זרם קצר על פסי הצבירה של הלוח הראשי עם זרם קצר על הדקי השנאי המזין את הלוח הזה.

בהתייחס לדוגמה שהוצגה לעיל, זרם הקצר המירבי על הדקי השנאי הוא 22,000 אמפר, בעוד שלפי החישוב זרם קצר על פסי הצבירה של הלוח הוא 2,667 אמפר בלבד.

מכאן נובע, שכל זרם קצר שערכו המעשי נמצא בתחום שבין 300 אמפר עד 1,000 אמפר לא ינותק מיד, אלא לאחר פרק זמן ארוך.

2 - מפסק אוטומטי F2

לגבי כושר הניתוק השיקול זהה לזה המתאר לעיל בהערה 1.

כיוון שהגנה האלקטרומגנטית ל-600 אמפר יגרום להפעלה מידית של המפסק האוטומטי F2 במקרה של קצר חד מופעי $I_{KIPB} = 1.119A$ בלוח המסנה שהוא מין המפסק האוטומטי לא יפעל בורם $I_{ST}=1.50A$ במקרה זה מתקיים:

$$I_M = 4 \cdot I_{ST}$$

בהתייחס לאמפר בהערות 1 ו-2 לעיל, יש לציין, שבשעיף "בחירת המבטחים מבחינת זרמי קצר" לעיל נאמר, שבגלל חוסר השליטה בורם הקצר המוערי המעשי, כדאי לכווץ את ההגנה האלקטרומגנטית של המפסק האוטומטי, כך שהוא תפעל בורם שערכו גדול במקצת מערך זרם התיפועל I_{ST} .

אולם בדוגמה הזאת רואים שלגבי המפסקים האוטומטיים F1 ו-F2, ההבדל בין הערכים של שני הורמים האלה גדול מאוד. הדבר נובע מכך, שיצרני המפסקים האוטומטיים אינם מציינים אותם באפשרות לכיווץ לזרמים הנמוכים מ- I_{KN} במקרה כזה, המתבקן חייב להפעיל שיקול דעת איך לוודא שתנאי $I_M < I_{KIP}$ מתקיים, כלומר שהמפסק האוטומטי ינתק כל זרם קצר אפשרי במגעל המוען באמצעותו.

3 - מפסק אוטומטי F3

כאן חשוב לציין, שאם המא"ז הוא בעל כושר ניתוק של 3 ק"א, ואי מתוך לחבר אותו לפסי הצבירה של הלוח הראשי. **ללא חישוב מדויק של זרם הקצר המירבי** I_{KIPB} אמור לבצע את החיבור הזה, אלא אם כן המא"ז הוא בעל כושר ניתוק גבוה.

בדיקת התאמת המפסקים האוטומטיים מבחינת העמידות התרמית של הכבלים בורמי קצר

השלב האחרון בחישוב הוא בדיקת התאמת המפסקים האוטומטיים מבחינת העמידות התרמית של הכבלים בורמי הקצר. הבדיקה תתבצע עבור זרם הקצר המצטבר I_{KMIN} , כפי שחושב בטבלה 3. המפסקים האוטומטיים מתאימים למטרתם אם מתקיים התנאי הבא:

$$t_{TH} = \left[\frac{K \cdot S}{I_{KMIN}} \right]^2 < t_{BB} \leq 5'$$

המוליכים עשויים מנחושת ולכן נציב $K=115$

תוצאות הבדיקה מוצגות בטבלה 4.

קבוצת בניין אחראי למערכות המים והחשמל, כשם שהוא אחראי להתקנת צנרת טלפונים בבניין לצורך חיבורו לרשת הטלפונית הציבורית על ידי חברת בוק. חברת בוק פירסה באפריל 1992 חוברת הדרכה לקבלנים, ארכיטקטים וחשמלאים המיועדת שבוחרת מבוסס על תקנת צנרת טלפון בבניינים, כפי שקבעו בחוק התכנון והבנייה תשכ"ח - 1965.

החוברת מרכזת את המידע הדרוש לצורך הקמת צנרת טלפונים והנחת תוויל טלפוני בבנייני מגורים. החוברת מודרנה בכל המעילות הנדרשות, החל משלב התכנון ועד לאישור הסופי כיום ביצוע הנספודות.

החוברת מתייחסת לנושאים הבאים:

- אינדקס הגדרות ומונחים, שימוש בחומרי התקנה תיקונים, תיאום תוכניות רשת הטלפון, צנרת הטלפון בבניינים ובבתים פרטיים, דוגמאות תכנון צנרת טלפון ועוד.
- את החוברת ניתן לקבל על-ידי מניית ליחידת תצפית (תכנון, צנרת, פיקוח וייעוץ תקשורת) בכל אחת מהיחידות שירות המנויים (הישימים) של חברת בוק בדרכי הארץ.

כל מה שרצית לדעת על
צנרת בוק בבניין מגורים

1992

בוק

17 | התקע המצדיע"י מס' 51 - ספטמבר 1992



הגברת הישמוּל התעשייה היבטים טכניים וכלכליים

אינני נוראני שגיב M.Sc.

האנרגיה החשמלית שונה בתכלית מהאנרגיה של דלקי מאובנים (מזוט, פחם, סולר, גז וכיו''). מאפייניה הייחודיים מאפשרים לשפר את התהליכים התעשייתיים ולהינות מהתועלת הטכנית והכלכלית הכרוכה בשימוש בה. פיתוח טכנולוגיות מתקדמות המבוססות על אנרגיה חשמלית (אלקטרו-טכנולוגיות), יחד עם עלייה בצילוח האנרגיה של מיתקני חשמל והגברת המודעות ליתרונות האנרגיה החשמלית בהשוואה לסוגים אחרים של אנרגיה, הביאו להאצת תהליך הישמוּל של התעשייה בעולם בשנים האחרונות. מאמרו זה מתאר בקצרה את התופעות החשמליות הבסיסיות, ודן באופן כללי בתועלת הטכנית והכלכלית של אנרגיה זו לתעשייה, בצירוף דוגמאות על הנעשה במפעלי תעשייה.

■ אלקטרוליזה (ELECTROLYSIS)

תהליך כימי אשר מתרחש בחומר מותך או מימס על-ידי העברת זרם חשמלי.

היבטים טכניים של הישמוּל התעשייה

ניצול התופעות החשמליות הבסיסיות בתעשייה יכול להביא לתועלת משמעותית מאוד.

- מההיבט הטכני, התועלת נובעת בין היתר מהתכונות הבאות:
 - צפיפות אנרגיה בלתי מוגבלת.
 - יציאת חום נפח המוצר.
 - בקרה מדויקת (Controllability).
 - שילוב התופעות לפישוט תהליך הייצור בחלק מהמקרים.
- להקטין את עלות הייצור על התועלת של התכונות האלה לתעשייה.

תיאור התופעות החשמליות הבסיסיות

באופן עקרוני, תהליכים תעשייתיים הם פעולת גומלין בין חומר לאנרגיה, אשר נורמת להעברת מוצרים מצורה אחת לצורה אחרת. בהעברה זו מעורבת אנרגיה חשמלית בשלוש תופעות ייחודיות.

■ הנעה חשמלית (ELECTROMOTIVE)

תופעה המתבססת על כוח הפועל על מוליך, נושא זרם חשמלי, אשר נמצא בשדה מגנטי. מנועי חשמל הם הדוגמה המוכרת ביותר ליישום תופעה זו. המנועים החשמליים צורכים בממוצע למעלה מ-70% מכלל צריכת החשמל בתעשייה.

■ חימום חשמלי (ELECTROTHERM)

תופעה המתבצעת בטכניקות שונות המכונות: חימום אהמי ישיר, חימום אהמי בלתי ישיר, חימום השראי וחימום דיאלקטרי.

החברה הצרפתית "Porcelaine Carpenet" מייצרת כלי חרסינה דקורטיביים. 60% מתוצרתה מיועדת לייצוא. בעת האחרונה החלה החברה להשתמש בתנור חשמלי לשורייפת חרסינה, התנור פשוט להפעלה ומקצר באופן משמעותי את משך השורייפה. הוא מאפשר יצירת סמפרסודה גבוהה (1,280°C) לביצוע ציפוי שאינו מתבלה, וסמפרסודה מדויקת מאוד (1,380°C) להברקה הצבנה. על-פי נתוני החברה, הוצאות האנרגיה פחתו בכ-30% וכמות המוצרים בעלי איכות ראשונה במעלה עלתה ב-20%.



ני שגיב - מהנדס משמחה, המחלקה לייצור הצריכה, אגף השיוק והצריכה, חברת החשמל



כאשר החימום נעשה באמצעות חשמל, אין כל מיגבלה טבעית לטמפרטורה. טמפרטורות אופייניות של 5,000°C ניתנות להשגה באופן שיגנתי. מבחינה טכנית, אין כל מגיעה להשיג טמפרטורות הרבה יותר גבוהות באמצעות אנרגיה חשמלית.

חימום בעוצמה גבוהה, בעזרת קשת חשמלית, מוצא את יישומו החשוב בתעשיית הפלדה, שבה יש חשיבות עצומה להיתוך מהיר. בתנורי קשת חדישים ניתן להשיג קצב היתוך הגבוה פי שלושה עד פי חמישה מאלה של התקני בעירה רגילים. מסיבה זו, תנורי קשת משמשים כיום כמעט באורח בלעדי בייצור פלדה המבוסס על נרוטאות.

יצירת חום בנפח המוצר

התופעות התרמיות. חימום אורמי ישיר, חימום השראי וחימום דיאלקטרי יוצרות חום רק בנפח המוצר המיועד לחימום.

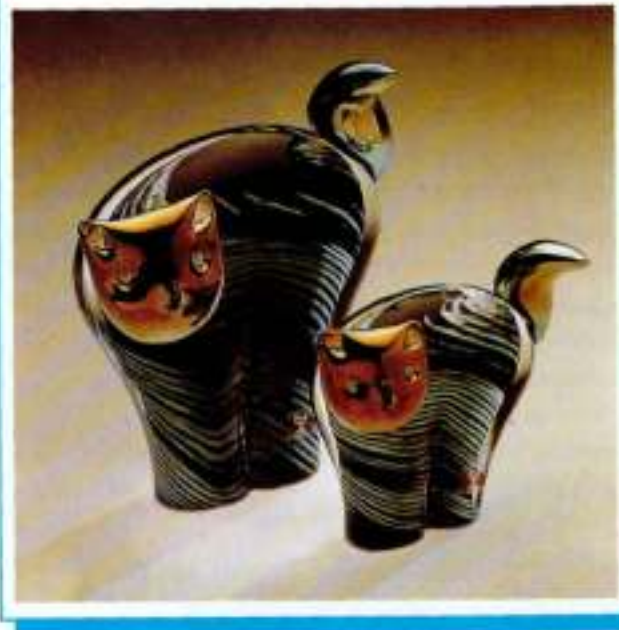
בחימום השראי, האנרגיה החשמלית גורמת ליצירת חום בתוך המוצר עצמו. לכן, משך התהליך מתקצר לדקות ספורות או פחות. כתוצאה מכך, התפוקה עולה והפסדי החומר והאנרגיה יורדים באופן משמעותי, אפילו אם לוקחים בחשבון את נצילות הייצור של החשמל בתחנת הכוח.

לדוגמה: בייצור מוצרי מתכת על ידי חישול, מחממים את מטיל המתכת עד אשר הוא מתרכך, ועלידי הקשה עליו או דחיסתו, מביאים לצורתו הסופית המוצקה. בתנורי חישול דלקיים קוונוציונליים, חימום פני המטיל מתבצע, מטבע הדברים, באופן איטי, על ידי קרינה אלקטרומגנטית ועל ידי הסעה (מעבר חום דרך נוזלים וגזים).

דוגמה נוספת ליצירת חום בנפח המוצר היא בייבוש חומרים רטובים על ידי גלי מיקרו או קרינה בתדר רדיו. במייבשים קוונוציונליים, החום נספג לתוך המוצר דרך שטח פניו, ובו בזמן חל איזוי המים מהחומר הרוצה. תהליך זה איטי, כי רוב החומרים המיועדים לייבוש הם בעלי מוליכות תרמית נמוכה. זירוז הייבוש, עלידי הגברת החימום, עלול להביא לייבוש יתר של פני החומר, וכתוצאה מכך ייווצרו סדקים ואחידות מבנה המוצר תיפגם. בחימום דיאלקטרי, בעיה זו ברובה נפתרה מעצמה, כך שניתן להגביר את קצב הייבוש ולשפר את התפוקה, הפריון ואיכות המוצר.

החברה הפינית "Stadiglass Oy" מחממה בייצור ידני של זכוכית אומנותית. החברה החליפה ב-1985 את תנורי הגז להיתוך ולקידוד זכוכית בתנורים חשמליים. כתוצאה מכך נצילות ההיתוך של התהליך עלתה מ-20% ל-80%, התפוקה הוכפלה והתאפשרה עבודה רצופה מסביב לשעון.

לאור הירידה בטמפרטורה ודמת הרעש, שופרו מאוד גם תנאי העבודה והוצאות האנרגיה פחתו ב-70%. תקופת החזר ההשקעה בפועל היתה 25 חודשים.



צפיפות אנרגיה בלתי מוגבלת

בתהליך הבעירה של דלקים בתעשייה, הטמפרטורה המירבית, הניתנת להשגה על ידי בעירת דלקים באוויר, מוגבלת מבחינה תרמודינמית, ואינה עולה באופן מעשי על כ-1,700°C. לעומת זאת,



החברה הפורטוגלית "Companhia Portuguesa de Trefilavia SA" לייצור כבלי פלדה שיוחה לאחזרונה את תהליך החימום באחד מקווי הייצור, מחימום בגז פרופן (C₃H₈) לחימום השראי. שינוי זה הביא לשיפור בתפוקה, באיכות המוצר, בבטיחות ובתנאי הסביבה. נוסף לכך, התהליך החדש גרם לפינוי מרחב נוסף למפעל ולידידה בהוצאות האנרגיה בשיעור של 53%. כמו כן ירדו הוצאות העבודה והפסולת של המוצר המוגמר.

תקופת החזר ההשקעה היתה פחות משנתיים וחצי.



חברת הסכספיל הספרדית "Manufacturas Antonio Gassol SA" משתמשת כעת בגלי רדיו בתהליך הייבוש של הבגדים התחתונים והגרביים. תהליך זה משמש תהליף למערכת ייבוש קיסודית, שבה הקיסוד מיוצר בדוד על-ידי שריפת גז.

המערכת החדשה הביאה לידידה בהוצאות הייבוש בשיעור כולל של 64.6%; 63.8% בהוצאות אנרגיה ו-10.7% בהוצאות עבודה.

יתרונות נוספים של המערכת הם:

פסולת ייצור קטנה יותר, איכות צבע טובה יותר, אשר לא מושפעת מתהליך הייבוש, רמת ייבוש מדויקת (2% תכולת לחות), גמישות בייבוש התוצרת בגלל מחזור ייבוש פתוח וקיצור משך הייבוש.

תקופת החזר ההשקעה של המתקן מוערכת ב-29 חודשים.



חברת הפלדה הספרדית "Forjas de Castilla SA" החליפה ב-1988 שלושה תנורי זיטול שפעלו על מזוט, במערכת זימוס השווייט. מערכת זו הביאה להגברת התפוקה ב-125% ולהורדת כלל הוצאות הייצור ב-56%. נוסף לכך הושג שיפור משמעותי באיכות המוצר ובתנאי העבודה וידידה בזיהום הסביבה.

תקופת החזר ההשקעה של המערכת היא כ-3.5 שנים.



בקרה מדויקת (Controllability)

בניגוד לאנרגיה תרמית, שהיא אקראית מטבעה – אינה ניתנת לשליטה מדויקת, החשמל נחשב לעתים לאנרגיה "ממושמעת". כלומר, תהליכים המבוססים על ניצול אנרגיה חשמלית ניתנים לבקרה מדויקת הרבה יותר מתהליכים המבוססים על ניצול אנרגיה תרמית. מאחר שלחשמל אין התמדה (אינרציה), אפשר לווסת אותו באופן רגעי בהתאם לתנאי התהליך – טמפרטורה, לחות או הרכב כימי – ולשמור באופן מדויק על המצב הרצוי של התהליך. לדוגמה,

ניתן למקד קרן לייזר או אלומת אלקטרונים כדי ליצור אנרגיה מרוכזת על משטח העבודה, בעוצמה העולה פי מיליונים בהשוואה לזו של לפיד חמצן ואצטילן.

שליטה מהירה ומדויקת על מוקדי אנרגיות עצומות אלה בדיוק במקומות הנחוצים (בעזרת מראות, שדות מגנטיים ואמצעים אחרים) על-ידי בקרה ממוחשבת, מביאה לתועלת רבת חשיבות. לדוגמה, טיפול תרמי של חלקים בנקודות שבוץ השחיקה מירבית, מונע את הצורך בחימום וקירור של החלק כולו.



שילוב התופעות החשמליות

בתהליכים מסוימים פעולה בו זמנית של תופעות ההנעה, החימום והאלקטרוזוליה של החשמל, גורמת לתועלת נוספת לתהליך.

לדוגמה: בתנור היתוך השראי ללא ליבה, השראה אלקטרומגנטית מחממת ומתיכה את הטען, ובו זמנית משרה גם הנעה חשמלית חזקה, אשר פועלת לבחישת המטען. הפעולה גורמת להגברת מעבר החום לחלקים המוצקים ומשפרת במידה ניכרת את אחידות המטען.

היבטים כלכליים

ההיבטים הכלכליים של חימום התעשייה, מנקודת מבטו של הוצרן, אינם נופלים בחשיבותם מההיבטים הטכניים, ולעיתים אף עולים עליהם בחשיבותם. הסיבה לכך נעוצה בעובדה כי קבלת החלטות במיגור התעשייתי מושפעת בדרך כלל על בסיס כלכלי.

התועלת הכלכלית העיקרית של החימום כוללת:

- הפחתה בהשקעת הון.
 - הפחתה בהוצאות קבועות.
 - הפחתה בצריכת אנרגיה.
 - גמישות בבחירת חומרי גלם.
 - שיפור בתפוקה ובאיכות המוצר.
 - אי תלות בסוג הדלק.
- להלן הסבר מתומצת של נושאים אלה.

הפחתה בהשקעת הון

השקעת הון פירושה רכישת מבנים, מכונות, ציוד וכיוצא בזה המשמשים לייצור מוצרים כדי להפיק מהם תועלת בעתיד.

בתהליך המבוסס על חשמל, מאחר שהמערכת לאספקת דלק והבקרה ממוקמת בתחנת הכוח ולא במפעל הנודל הפיסי של המיתקן קטן יותר מזה הנדרש בתהליך המבוסס על בעירה, ולעיתים גם עלותו נמוכה יותר. היתרונות לנודל המצויים בעיקר בענפים שבהם נדרשת השקעת הון גדולה, משמעותיים פחות לגבי דוב מערכות הייצור המבוססות על חשמל. למעשה, טכנולוגיות ייצור חשמליות יכולות לתת תקומה ליתרונות של ידידה בנודל, כי כאמור הם מיתקנים קטנים יחסית, התופסים פחות מקום, ולכן ניתן למקם אותם בקירבת מקורות חומרי גלם ושוקי הייצור.

הפחתה בהוצאות קבועות

הוצאות קבועות הן הוצאות שאינן תלויות בהיקף הייצור, כגון: מיסוך, שכר מנהלים, אחזקת מבנים, ביטוח, פחת וכיוצא בזה.

צפיפות אנרגיה גבוהה ובקרה מדויקת מביאות להגברת קצב הייצור, שברוב המקרים מתבטא בירידה בהוצאות קבועות ליחידת ייצור.

הוצאות לעבודה, לריבית על הון ולתקורה, מתחלקות על כלל נפח הייצור. לכן, אפילו במקרים שהוצאות החשמל גורמות לעלייה

שיטת ייבוש חודשה שאומצה על ידי החברה האיסלקית לעיבוד דגנים "RIZZANO", מאפשרת את הבישול הראשוני של דגנים וייבושם באמצעות תנור חימום חשמלי ומיחזור רציף של אוויר. לבישול סופי משמשים גופי חימום בעלי קרינה אינפרה אדומה. מערכת זו מהווה תחליף למערכת קוונוציונולית המורכבת משני סוגי תנורי גז.

ההשקעה במערכת החדשה היתה מחצית מזו של המערכת הקוונוציונולית. צריכה אנרגיה ראשונית ליחידת ייצור ירדה בלמעלה מ-45%, התפוקה עלתה ב-30% ואיכות המוצר שופרה. בנוסף לכך, בתהליך החדש נמנעת פליטת עשן רעיל, כך שניתן לשחרר את האוויר ישירות לאטמוספירה מבלי להידקק למיתקן לסיחור גז.





בהוצאות אנרגיה ליחידת ייצור, כלל הוצאות הייצור יכולות למעשה לקטון.

הפחתה בצריכת אנרגיה

במבט ראשון נראה, שצריכת האנרגיה הראשונית לתהליכים המבוססים על חשמל חייבת להיות גבוהה יותר מצריכת האנרגיה בתהליכים המבוססים על דלקי מאובנים. הנימוק לכך הוא, שבהמת אנרגיה של דלקים לחשמל, כ-67 אחוז מהאנרגיה הולכת לאיבוד בתחנת הכוח. אולם, ברוב המקרים, ההיפך הוא הנכון. היכולת לבקר במדויק את תהליך האנרגיה החשמלית ולכוון אותה בדיוק למקום הרצוי, חוסכת אנרגיה רבה. יתרה מזו, משך חימום קצר, האופייני לרוב תהליכי החימום החשמליים, יכול להביא להפחתה ניכרת בהפסדי החום היטפיליים, שהם באופן טבעי מנת חלקם של התקני בעירה איטיים יחסית.

גמישות בבחירת חומרי גלם

העוצמה הרבה והבקרה המדויקת של האנרגיה החשמלית מאפשרות חופש רב יותר בבחירת חומרי הגלם. בתנרי קשת, לדוגמה, ניתן להשתמש בגרוטאות או בברזל או במיחזור עפרות כחומר גלם בסיסי, ללא כל צורך בשיפור התהליך, או בעזרת שיפורים מזעריים בלבד. אפשר לייצר בכורי פלסמה מתכות יקרות, כגון ברזל-כרום, וברזל-ניקל גם מעפרה בדרגת איכות נמוכה, וזאת בניגוד לשיטות קוטנוציונליות שבהן נחוצה עפרה בדרגת איכות גבוהה.

שיפור בתפוקה ובאיכות המוצר

בתעשיות הייצור, איכות המוצר ותפוקתו (הכוונה כאן ליחס בין כמות המוצר הסופי ובין כמות חומר הגלם הראשוני) מהווים שני גורמים בעלי השלכה כלכלית כבירה. תהליכים המבוססים על אנרגיה חשמלית מביאים לשיפור בשני הגורמים האלה יחד. הדוגמאות הרלוונטיות ביותר לכך הן חיטול מטילים על ידי חימום השראי וייבוש מוצרים באמצעות גלי מיקרו.

אי תלות בסוג הדלק

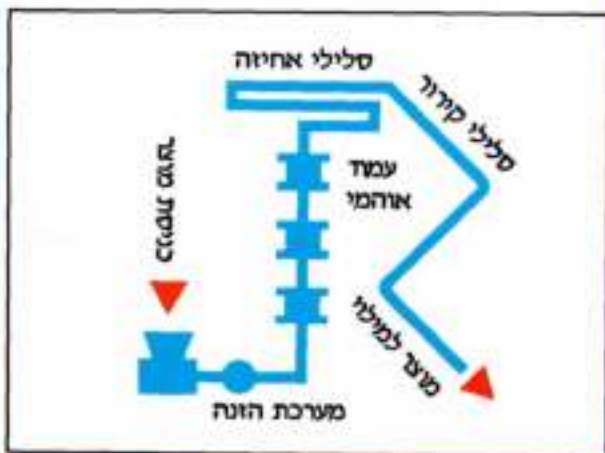
כדי להשיג המרה אופטימלית של אנרגיה בתהליכים המבוססים על בעירת דלקים, יש להתאים מראש את מערכת הבעירה לתכונות הדלק המיועד לשימוש. מעבר מסוג אחד של דלק לסוג אחר, כגון ממזוט קל למזוט כבד, כתוצאה משינוי במחירי הדלקים או מסיבה אחרת, מחייב שינוי המערכת בהתאם. לעומת זאת, בתהליך המבוסס על אנרגיה חשמלית, הדאגה לבחירת סוג הדלק, לאור השינויים החלים בשוקי הדלקים ולאופטימיזציה של הבעירה עוברת מידי המפעל לידי חברת החשמל. כתוצאה מכך, תהליכי הייצור של המפעל, לטווח הארוך, נשארים באופן בסיסי ללא שינוי.

סיכום

היתרונות הטכניים והכלכליים של טכנולוגיות מתקדמות, המבוססות על שימוש באנרגיה חשמלית, בהשוואה לטכנולוגיות המבוססות על שימוש באנרגיה של דלקי מאובנים, הביאו בשנים האחרונות להאצת תהליך החישוב בתעשיית המדינות המפותחות. דבר זה עולה בקנה אחד עם הדאגה ההולכת וגוברת לאיכות הסביבה, אשר מטרידה את העולם המערבי, שכן שימוש באנרגיה חשמלית כתחליף לאנרגיה של דלקי מאובנים בתעשייה משפיעה, בדרך כלל, לטובה על איכות הסביבה.

החברה האנגלית "Sous Chef Ltd" פיתחה בעת האחרונה טכנולוגיה מהפכנית לחיסוד (סטרליזציה) מזון לפני האריזה באמצעות חימום אולטרא-סוני. זרם חשמלי מזרם ישירות לתוך המזון וגורם לחימומו, בגלל התנגדותו האוהמית. התהליך חסכוני מאוד באנרגיה, מאחר ש-90% מאנרגיית המבוא (Input Energy) מנוצלת לחימום המזון, לעומת 50% בשיטות קוטנוציונליות.

משך חימום ארוך של המזון הלא מקורר המושג בתהליך זה מביא לא רק לחיסכון למפיצים ולצרכנים סופיים של המזון, אלא גם לשמירת המרקם והטעם של המזון הסודי ולהשגה קלה של התנאים הנחוצים להיגיינה של המזון.



המרכבות והגיוון הרחב של תהליכים תעשייתיים אינם מאפשרים לדון בהכללה בתועלת הטכנית והכלכלית של טכנולוגיות חשמליות לתעשייה. תחילה יש ללמוד כל תהליך בנפרד ולגופו של עניין, ורק לאחר מכן לבחור בטכנולוגיה מתאימה ולבדוק את השלכותיה הטכניות והכלכליות על התהליך.

מדור שרות פרסומי לקוראים

"התקע המצדיע" מס' 51



למעוניינים במידע נוסף!

כדי לקבל מידע נוסף:

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

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

תלוש שירות פרסומי למידע נוסף

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

התלוש למידע נוסף יענה עד יום 22.11.92 לאחר תאריך זה יישלחו את בקשות המידע ישירות לחברות המפרסמות

שם: מקצוע:

חברה/מוסד/מעלה: תפקיד:

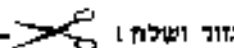
המען לתשובות: רחוב/שכונה / מספר: 70

ישוב: מיקור:

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

51/13 51/12 51/11 51/10 51/9 51/8 51/7 51/6 51/5 51/4 51/3 51/2 51/1
51/28 51/25 51/24 51/23 51/22 51/21 51/20 51/19 51/18 51/17 51/16 51/15 51/14
51/30 51/29 51/28 51/27

הודעה למערכת:



מדור ושליח

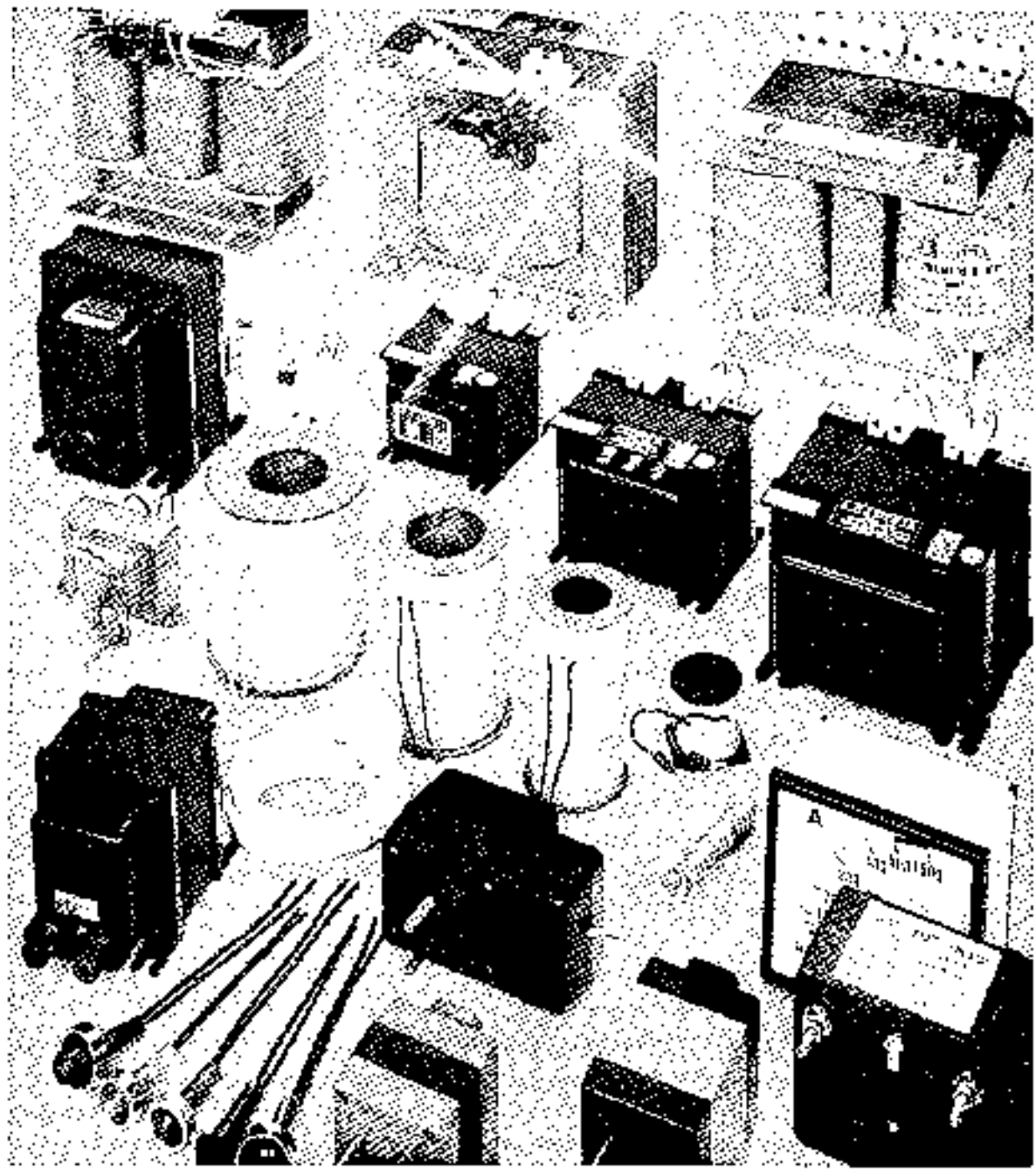


נוסד 1970

ברק כח

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

- ★ שנאים לטרנספורט ריזיו חד פאז, תלת פאזי
- ★ להרכבה בלוחות חשמל ומולידי ייטמל.
- ★ שנאי אוטוטרפו להתנעת מסעיט חשמליים עד 2500 כוו סוס.
- ★ (משנה זוט) לאמפרמטר להרכבה בלוחות חשמל.
- ★ שנאים להפעלת מסשירי הנטייל אנוי / אריי 220/110.
- ★ שנאים לפיקוד ובקרה במערכות חושמל.
- ★ שנאים להפעלת מרות הלוגן 230 v-12v.
- ★ מיוצר לפי דרישת מית"ל, ת"י - 899.
- ★ ספק משוד הבטחון מס' 038309454/



רח' חויגו 8 פינת הר ציון 91 תל אביב 66538 טל. 03-377692, סוקסימוליה 03-370475
להשיג בכל בתי המסחר לחומרי חשמל בארץ



אנרלק בע"מ. ENERLEC LTD.

שרותי הנדסה ובדיקות למתקני מתח גבוה, עליון וזרם חזק

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

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

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

אנו מעמידים לרשות לקוחותינו מגוון רחב של שרותים הנדסיים כגון:

- ★ יעוץ הנדסי מונע.
- ★ שירותי אחזקה שוטפת או תקופתית.
- ★ שירותי קריאה לאיתור תקלות.
- ★ בדיקות שמנים ממוחשבות – טיפול וחינוש שמנים.
- ★ שיפוץ ותיקון ציוד מתח גבוה.
- ★ סריקה טל-אופטית במערכות חשמליות.
- ★ סריקה טרמית לגילוי מקורות חום במערכות חשמליות.
- ★ בדיקות הגנות עד 100,000 אמפר, ועד 100,000 וולט.
- ★ מגוון בדיקות חשמליות נוספות לפי דרישה.

נא לפנות לחברת:



אנרלק בע"מ

בדיקות התאמה לתקנים • בדיקות קבלה • כויל הגנות • איתור תקלות
ד.ב. תל יצחק, מיקוד 45805, טל. 053-650980/1, פקס: 053-650979

המודלורים של GEWISS

GEWISS

סידרת 9000 מעל ומתחת 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

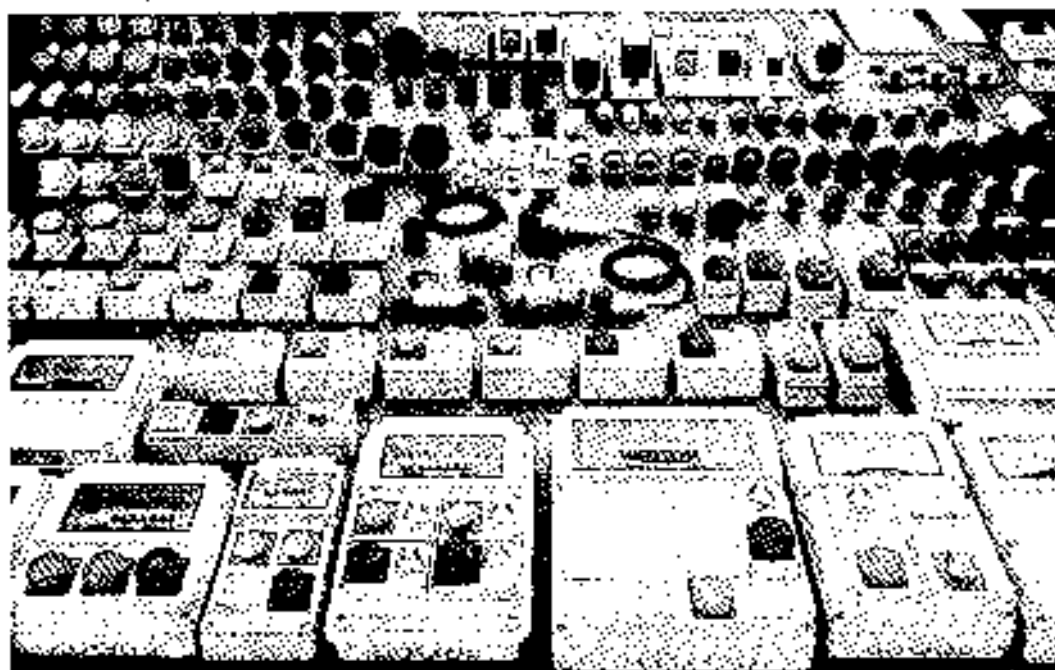


משרד ראשי: רחוב המפלסים 10, קרית אריה, פתח תקוה 49130
טלפון: 03-9231227, פקס: 03-9233223

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 חכמה הלוח

פאר תוצרת GEWISS

סידרת לוחות לתעשייה מאושרת ע"י מכון התקנים

לקבלת קטלוג מפורט וחדגמה פנה ל-

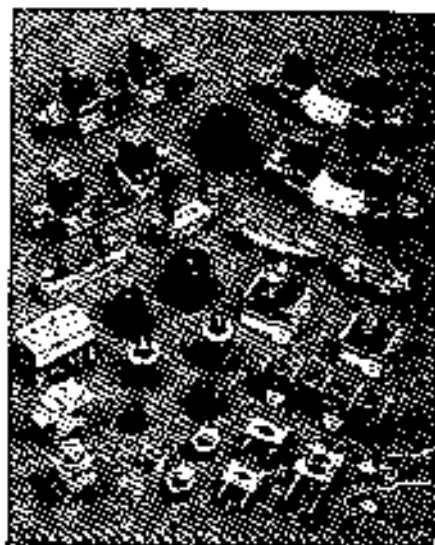
זאב שמעון חמיש בע"מ



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

ארקו בקרה אלקטרונית בע"מ

100% ייצור מקומי



בסיסי ותיכים, מהדקים
ומבודדים במגוון גדלים



מעטפות לציווד חשמלי-בידוד
כפול, מפוליקרבונט ופוליאסטר
משורייני, כמגוון גדלים וצבעים

בטיחות ואיכות
בכחול לבן
בפתרון בעיות
מיתוג חשמלי

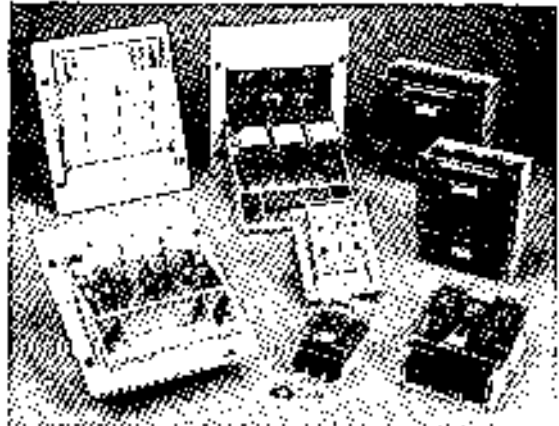
ראשון לציון, אזור התעשייה החדש, רח' שפירא 7 ת.ד. 4565 (75144)



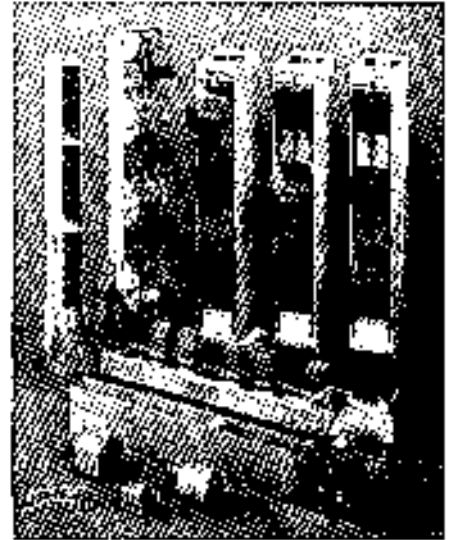
היצרן היחידי בישראל לציווד
מיתוג שקיבל הסמכה
לסמן את מוצריו בתו תקן
ממכון התקנים הגרמני



מקבוצת אריאל



מנתקים ומנתקי נתיכים, לניתוק בעומס,
חד פזי וחלת פזי, בגדלים:
160A-"00" 250A-"1"
400A-"2" 630A-"3"



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

טל. 03-9630844 פקס. 03-9614675

פרטים "מבוא" תופה

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

אמינות מעבר לקו

K&D

החברה המובילה בייצור גלאים ומכשירי עזר לחשמלאים



KD 4002 חב' אלדן גאה להציג את הגלאי המשולב גילוי 240 V - 220 V ללא מגע, אבחון נתק בכבל, בדיקת רציפות, בדיקת הארקה, טסטור מגע (2 חוטים) AC, DC, בדיקת קוטביות, מבחין בין 220 V ל-380 V, זמזום + נורית בקרה



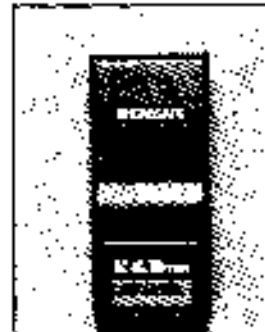
KD 1202
טסטור מגע 2 חוטים
מודל ימנחיי ניי
220 V - 240 V
ל-420 V - 380 V
סוגי בטיחות למניעת
שגג בחשמל
2 משרכות עצמאיות
המעלות בניסוד
על שגג להבטחה
גילוי מקור שגגה



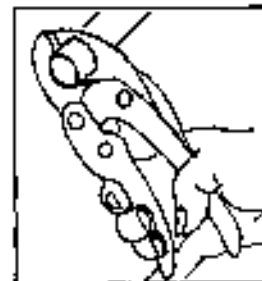
KD 1102
מד לצף
נדיקת רציפות
נדיקת הארקה
זמזום
- נורית נכיה



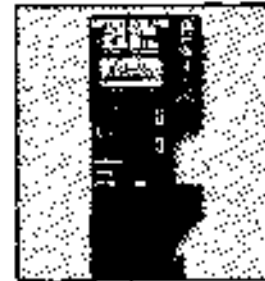
KD 1002
גלאי כבלים וצינורות מתכת
סנקה ומודי סוגי
כבלים וצינורות
מתכת מתוך הקיר
בקרר ון הכלות
הסולה כי זמזום
סוג ומתכת, יכולת
הבחנה בין כבל חשמל
לבין צינור מתכת
כפתור סונן רישות
וזמזום + נורית בקרה



KD 8002
בוחק קרינה למיקרוגל



KD 37
חותך צינורות פלסטיק עד 37 מ"מ



KD 1402
ננ"ס בוחק נורות מתיכים וסוללות
בוחק את כל סוגי
סוללות 1.5 V רצף
ורמיות, אלקליות
והניכרות, נורות
חשמל ביציות
להחלפה תכנס) ומתיכים.
זמזום + מבחן נכיה

פרסום "סגנון חיפה"

ניתן להשיג חיפה והצמון: לב אופיר 322277-04, עזר חשמל 663498-04, רון ויקטור 662971-04, רעננה: לב אופיר 453888-052, תל אביב ומרכז: ארבה 377256-03, השמל רוזנפלד 9311859-03, הנושביד המרכזי 389333-03, קלאודיה 812389-03, הצ"ח 992789-03, ירושלים: אורנים אוטומט 783007-02, השבעה 244555-02, ליפשיץ 523081-02, לב אופיר 731060-02, דרום: אור אילת 313801-059

אמבל

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

תפסאות וצינורות

מתדלי חומרים

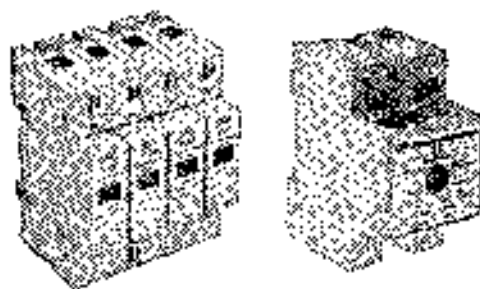
כניסות כבל

אביזרי חומרה שונים

ציוד סגור לברקים

ציוד הארקה

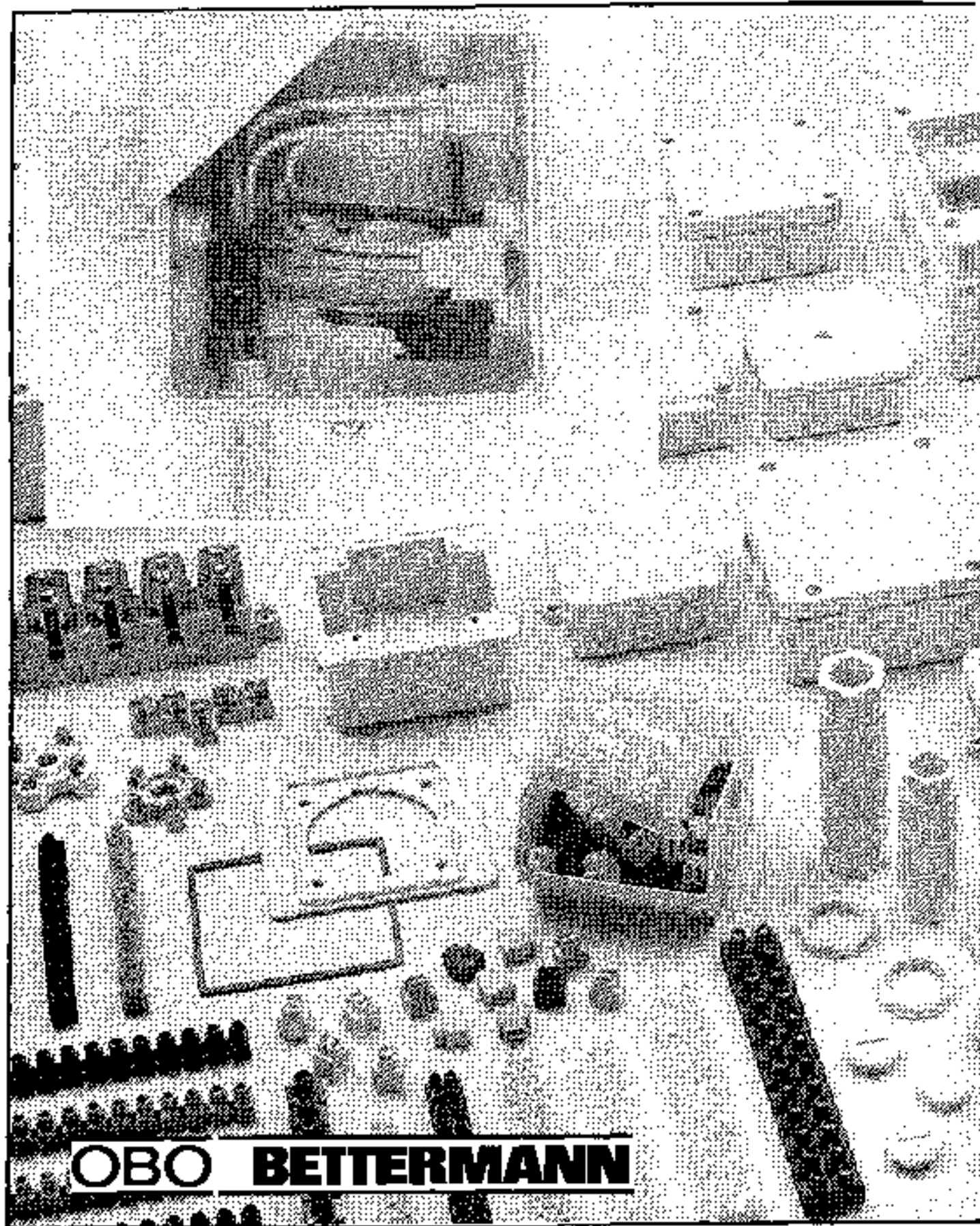
חברת אמבל עומדת לשרותכם במתן כל מידע שידרש
בנושא טכני, כספי ותשמח לראותכם בין לקוחותיה.



אמבל

רח' ברוריה 19 תל-אביב 67454
טל. 03-6950462, פקס. 03-265841

אמבל

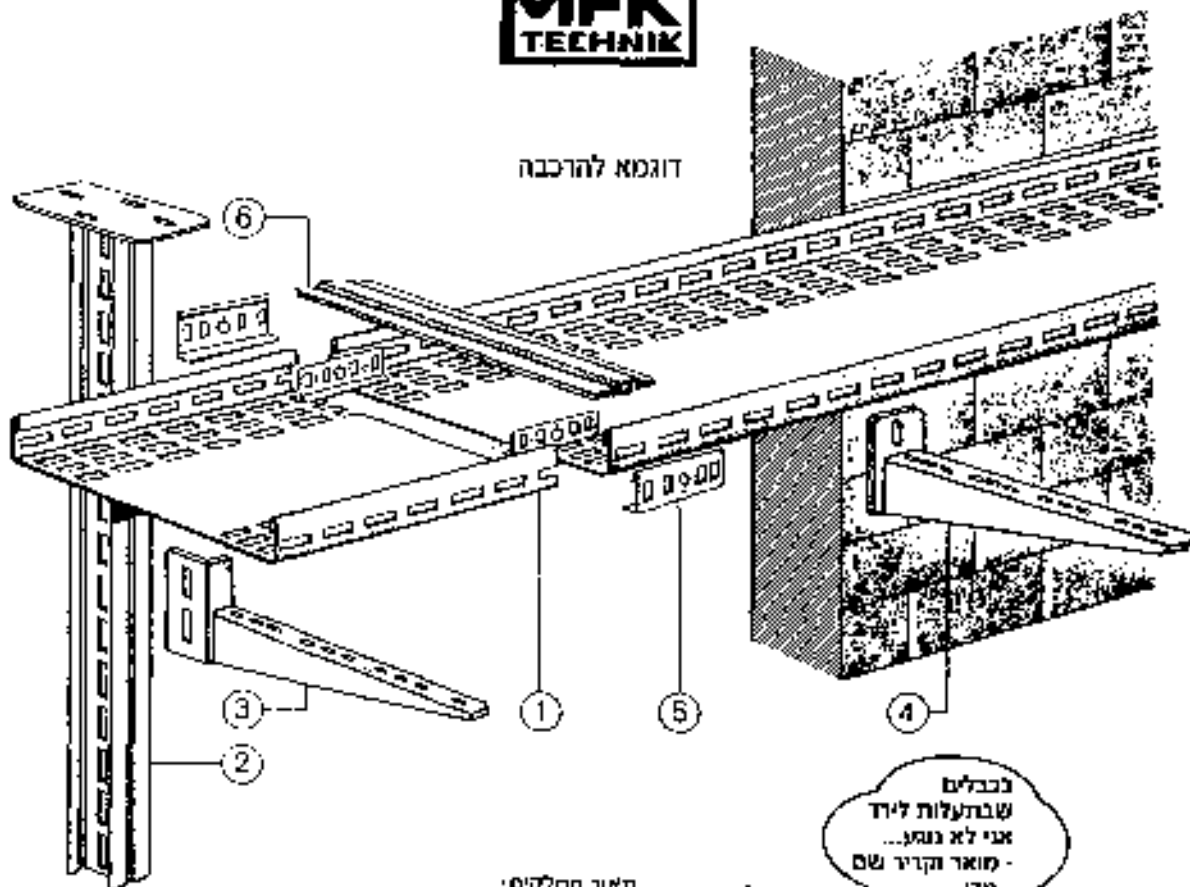


OBO BETTERMANN

תעלות וסולמות כבלים

MFK
TECHNIK

דוגמא להרכבה



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



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

לקבלת פרטים נוספים וקטלוג מפורט פנה אל:

לירד שיווק בע"מ

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



הנדסת הספק (1980) בע"מ

מקבוצת כלל תעשיות

משפחת
מתעמים-רכים

SOFT-R אנלוגי
STC-7 אנלוגי הגנות
STC-8 דיגיטלי



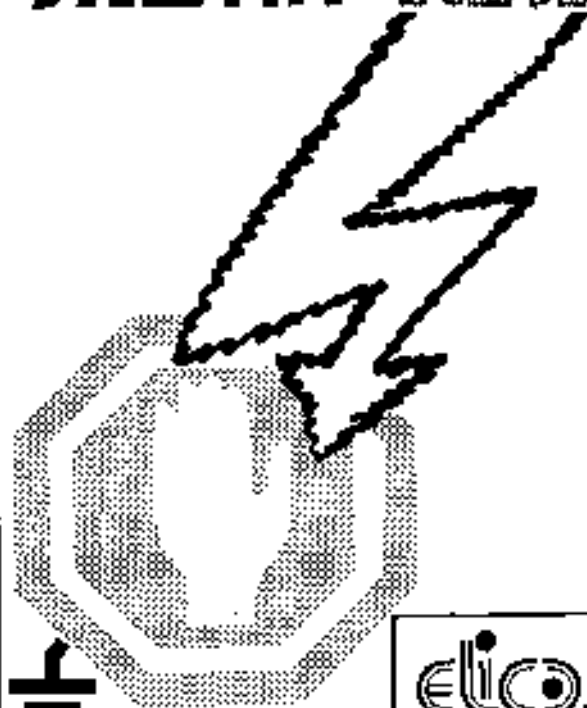
משפחת
בלקרי-מהירות

PDB אנלוגי
PAD דיגיטלי
PDC דיגיטלי שקט

רח' החורשת 24 אזור תעשייה חדש ת.ד. 255. אור יהודה 60200 טל. 03-344484 פקס' 03-347383

למידע נוסף סמן 51/10

הקדם תרופה ל"מכת" החשמל



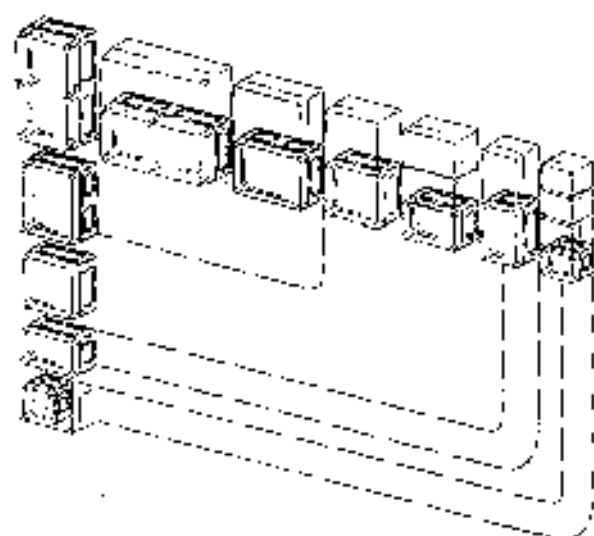
- ✓ מניעת השבתה בשעת קצר (בניגוד למסור פחז' מקובלי)
- ✓ הכנה בפני התחשמלות
- ✓ "מתבקש" לגורמים ולמערכות נידות כתנאי ארקה לשיח
- ✓ הכנה על מסעים בעתידת חרום
- ✓ אמינות גבוהה במערכות פיקוד וקיום מתיכנתים

אליסקו

אליסקו ושוקן בנימין רח' צהיל 98, קראון
ת.ד. 994 קראון 55109, דל. 03-343506, דל. 03-340776

למידע נוסף סמן 51/11

קבוצת קצושטיין אדלר | איכות | אחריות | אמיתות



חדש

קופסאות *CIN* מבודדות

עומק	גובה	רוחב
125	175	250
175	175	250
125	250	350
175	250	350
125	350	500
175	350	500

דגם אטימה P-65

סוג: UV

שוב אנחנו בצעד אחד קדימה

פיתוח וייצור מתוצרת הארץ

קצושטיין אדלר ושו"ת בע"מ

קא

תכנון | ייצור | שדות | בקרת איכות | מלאי חלפים

philips lighting

מחלקת תאורה

נ ו ר ד ת

גופי תאורה

ס ו ל ל ת

תאורה זה אנחנו



PHILIPS

משרד ראשי: רמת השרון טל. 5492998-03 סניף חיפה: טל. 410330-04 סניף באר-שבע:
טל. 35916-057 סניף ירושלים: טל. 536332-02 מחסן מרכזי: רעננה טל. 904570-052



מדרגונית™



SM-91



אוטומט מודולרי לחודר-מדרגות

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

S.M.-3



פרסום "סגנון" חיפה

ON/OFF
עם השהייה זכרון
קופעל אוטומטית
לאחר ההשהייה

מדרגונית™

יחידת הגנה למזגנים עד 3 כ"ס

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

S.M.-4



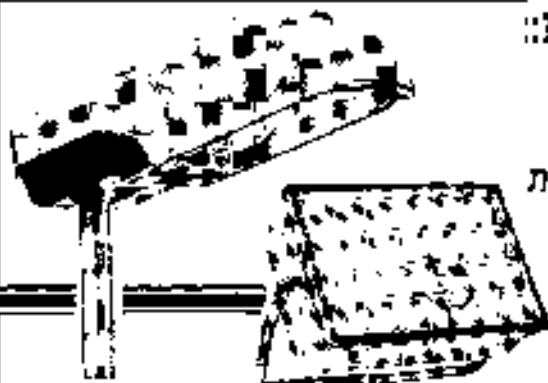
"שקע-תקע" עם השהייה,
זכרון והפעלה אוטומטית.
כולל שעון דיגיטלי + רזרבה.
4 תוכניות הפעלה וכבי.

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

זרמים - תעשיות חשמל בע"מ

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

סוכנים בלעדיים ויבואנים של החברות הבאות:



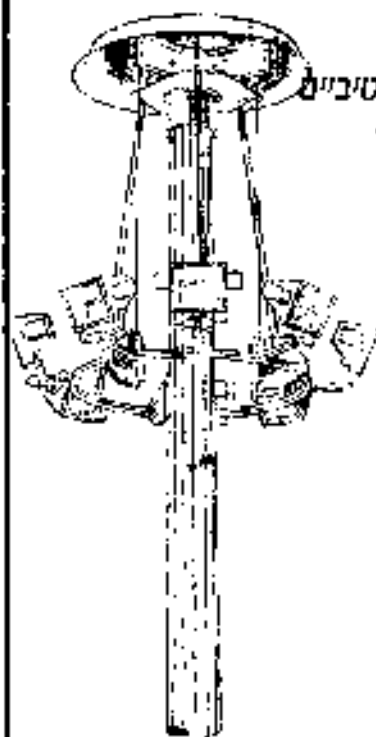
תאורת רחובות
תאורת שטח
תאורת סביבה ודקורטיבית
תאורת ספורט



אנגליה גרמניה
צרפת, "יוזופאן"
שבדיה - יונסקרן

"פטיזאן" - צרפת

היצרן הגדול בעולם לעמודים



* תאורה עד 120 מ'
* רשת עד 400 ק"ו
* אלומיניום ודקורטיביים
* סרטי גירוסטה

צנורות תאורה
עיגולים, אובליים, רבועים
משולשים, משולבים



מהדקי עמודים BC2-3
קופסאות בדוד כפול לעמודים



פוטום "סגון" חיפה

MICRODRIVE 3 תעשיתיים עד 37 KW
MICROFLO 3 למפוחים ומשאבות עד 37 KW
ASDI 2000 תעשיתיים עד 500 KW

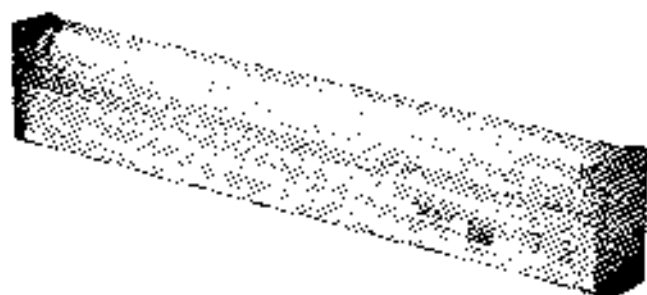


ווסתי מהירות הטובים בעולם NEW ZEALAND

אור נוי

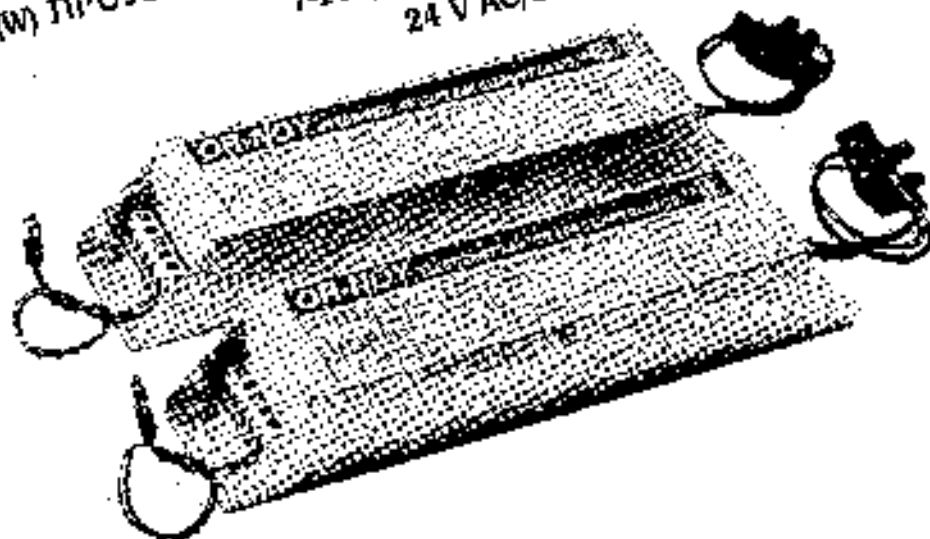


תעשיות אלקטרוניקה לתאורה בע"מ



תאורת חירום קבועה 20 W
תאורת חירום קבועה 8 W

ממיר דו-תכליתי לתאורת חרום עבור נורות PL (W) 18-26
ממיר דו-תכליתי לתאורת חרום עבור נורות PL (W) 7-13
ממיר דו-תכליתי לתאורת חרום עבור נורות פלורוצסנטיות (W) 18-65
ממיר דו-תכליתי לתאורת חרום עבור נורות פלורוצסנטיות (W) 105
ממיר לתאורה רציפה עבור נורות PL (W) 7-11
ממתח גמון 24 V AC/DC או 12 V AC/DC

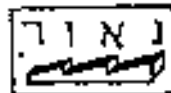


אלפי-מנשה, רח' הכרמל 74 ת.ד. 346 מיקוד 44851

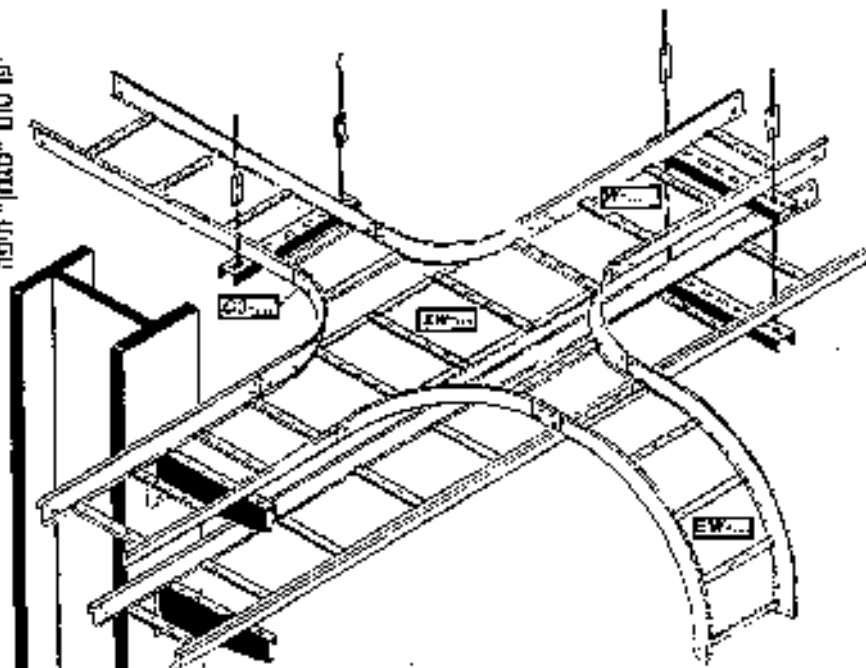
טל. 052-925198

טל. 052-925583

נאור בע"מ ייצור ואספקת סולמות כבלים.



פרטים "טלון" חיפה



סולמות נאור מציעים:

1. מגוון רחב של מידות ואביזרים
2. כ-160 מ"ר סיב נשאם בקמלוג.
3. חוקה מכני גבוה-נותאם לעומסים שונים.
4. הגנה בפני קורוזיה-הלון אבץ חם בספלה, וצבע אפוקסי
5. A לנגוון ציבורי תמיכות.
6. אספקה מהירה-השרות בעל לכלי

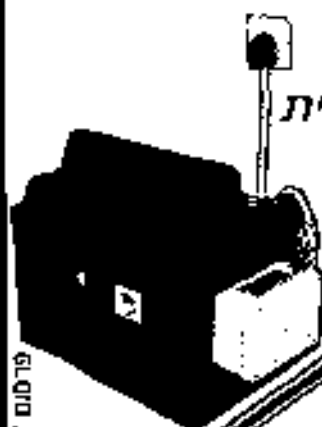
רח' חלוצי התעשייה 79 ת.ד. 10256 מפרץ חיפה. מיקוד 26110 טל. 414834, 411142-04 פקס. 414528-04

למידע נוסף סמן 61/18

נ.ב.ו (1988) בע"מ מערכות חשמל חילופי

מערכת מהפכנית

לחיבור גנרטור חרום דרך השקעים
שבמתקן בהתנעה
אוטומטית או חצי
אוטומטית



פרטים "טלון" חיפה



**MSG
200 EL**

עמדת כח

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

MDSA

רח' ההרשית 7 ק. ביאליק 27000, ת.ד. 9082, 7 ביאליק 27103 טל. 760278-04 פקס. 760352-04

למידע נוסף סמן 61/17

שלמה כהנא - סוכנויות בע"מ



ת.ד. 1070, תל אביב, טל. 03-660747, פקס. 03-655504

העוצמה בידיך עם



 **TERASAKI**

LUGANO לוג'נו

סוכנויות ושיווק גופי תאורה

THORN



RAAK

תל אביב - טל: 03-5107275



אי.אל.אס.

יצור לוחות חשמל
בשיטת

Logstrup

נתניה - טל: 053-624212

LUGANO 88 / לוגנו 88

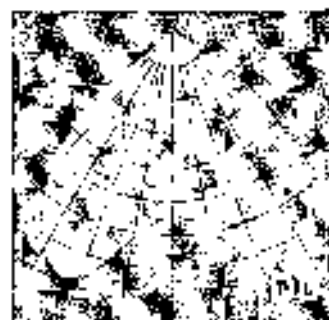
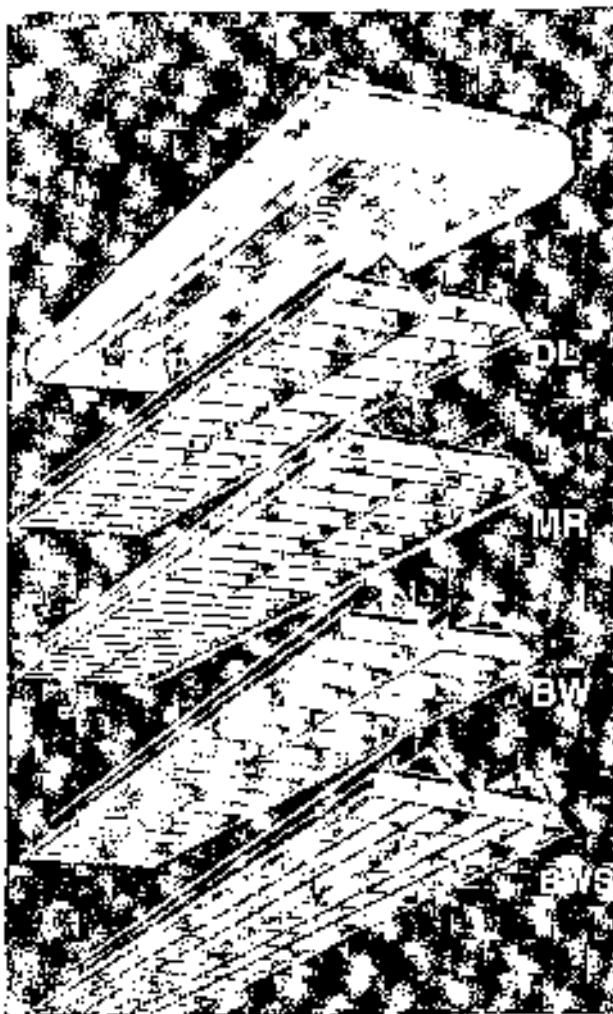
סוכנויות ושיווק גופי תאורה



GLAMOX DeLight

התמורה האיכותית ביותר עבור נספך

הסידרה החדשה DeLight של גופים לתאורה פלורסנטית עם נתונים פוטומטריים הנותנים תאורה מדוייקת ומתאימה לכל מטרה ביעילות המירבית. ניתן לקבל 85 אפשרויות וצרופים שונים של גופים ולזברים גם בזווית שונות ואסימטריות

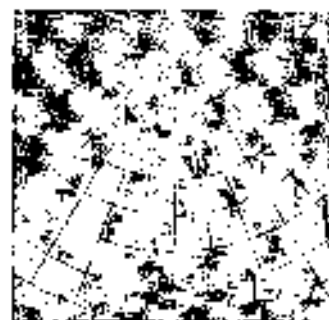


DL דגם

תאורת מחשב

DL DARKLIGHT

תאורה עם שדה ראייה רחב, חיסכון במספר גופים, יעילות גבוהה, יוצרת תאורה כללית רגועה ואווירה נעימה. אפשרות האחוזה והנקיטת קלטה מאו



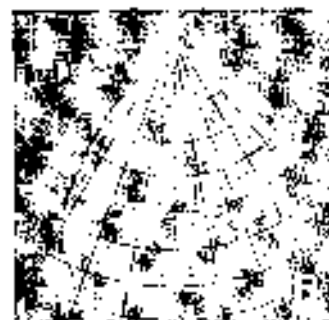
BW דגם

כאשר נדרשים

ביצועים גבוהים ויעילות

מכסימלית

וחסכונית של תאורה.



MR דגם

מיוחד עבור חדרי

מחשב עם בעיות

גדולות של החזרת

אור במסכי מחשב

מדגמים שונים.

רחוב נחלת בנימין 72-70 תל-אביב 68102 TEL-AVIV 70-72 NACHLAT BINJAMIN ST. טל 03-660747, 03-5107275 פקס 03-5171585, 0770:03 341128 TELEX

מדרשת רופן



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

קורסי חשמל ואלקטרוניקה

הקורסים נערכים בפיקוח 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 19.00 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



א.א.א.ס

יבוא ושיווק ציוד חשמל לתעשייה

AEG SOCOMEK DUCATI GANZ

וטכנויות
נוספות



- ★ מפסקים חצי אוטומטיות עד 5000.
- ★ מנפים
- ★ מפסקים בעומס
- ★ קבלים יבשים לשיפור גודם בהספק
- ★ מכשירי מדידה
- ★ סוגי חשמל
- ★ שנאים מתח גבוה ומתח נמוך
- ★ ומבחר ציוד נוסף

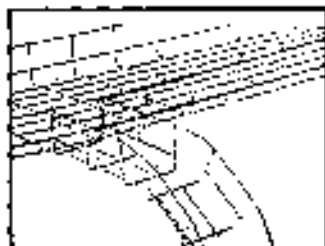
פרימיום "אורן" חופה



מפעל ומשרד ראשי: אזור התעשייה תל-חנן ת.ד. 159
 טל. 04-323113, פקס. 04-325892
 סניף מרכז: אזור התעשייה הרצליה ת.ד. 12180
 חל. 052-585660 / 5

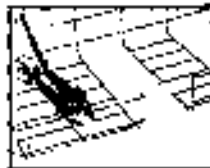
למידע נוסף סמן 61:21

תעלות רשת לכבלים

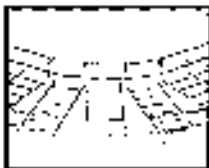


"נילי" מייצרת מעלות רשת
 הסעפיות ביעילות הבאים:

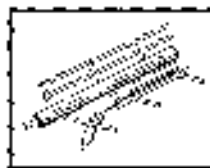
- עלות יציב ומועלה עבודה
- קלות להקרה והתקנה ופעולה
- אמינות קצרות יחסית
- למחיר על מניין גובה לבלים
- מחזוריות קצרה וזמן קצר



קטגוריה
 סלולרית
 שדה חשמל
 אסלוקר זרם



אסלוקר
 סלולרית
 יעילות



קטגוריה
 סלולרית
 שדה חשמל
 אסלוקר זרם



קטגוריה
 סלולרית
 שדה חשמל
 אסלוקר זרם

נילי

נילי תעלות רשת לכבלים
 תל אביב, ישראל

PROWATT: 220 וולט משקע המצית ברכב
 (או מכל מצבר)

הדגם הישראלי !!
 מתולדת קנינית



מיועד להפעלת מוצרי חשמל ואלקטרוניקה ביתיים,
 מהשב, טלוויזיה, וידאו, כלי עבודה וגבי להפסקת חשמל
 במתח של 220 V ישירות ממצבר הרכב או מצבר אחר
 פרו-ואט מצטיין באמינות, יציבות מתח,
 הגנות למכשיר ולמצבר

איטלי לעבודה ולנופש
 דגמים (W): 1500, 800, 200, 125

יבואן: אינטרדן בע"מ, שר' הנשיא 46 א', חיפה 34643
 טל. 04-337997 פקס. 04-333950

למידע נוסף סמן 61/23

למידע נוסף סמן 61/22



מכשירי מדידה

ד"ר מודים

ד"ר מודי אורלוגי TES-310

- Analog protection
- 2500Hz
- Zero Center
- Zero Center
- 100% measurement
- AC/DC 10A
- 10.00V - 100V - 200V
- All measurement



ד"ר מודי פונקס TES-1010

- Auto range DMM
- True RMS
- Continuity Buzzer
- Ohm & Sign display
- Auto measurement



מד טמפרטורת דטום TES-1350

- 0.1°C Resolution
- Range from 0.1 to 1300.0
- Maximum 1000°C
- A.C. & D.C. Temperature
- Ohm & Sign display
- Auto measurement
- ALL OUTPUT JACKS



אמפרמטר צבת אורלוגי TES-500

- AC/DC 50A, 15A, 50A, 150A, 300A, 600A
- F.F.F.F. 50/50mHz
- Max Capacity 40mm
- 15.00V - 50V - 200V



אמפרמטר צבת דגימלי - זעיר TES-3030

- Auto-Range
- Continuity Buzzer
- Data-Hold function
- AC/DC Measurement
- AC Inductance
- AC Current 100A
- Jan Size 25mm



מד טמפרטורת אור דגימלי TES 1330

- Measuring Range 0.1 to 1300.0°C
- Accurate and instant response
- Data Hold function
- Ohm and Sign Display
- Auto measurement by special program

Conversion factors are not necessarily provided by manufacturer/agent.



אמפרמטר צבת דגימלי TES-3010 AC TES-3020 AC/DC

- AC/DC 30A, 10A, 50A
- Peak Hold
- Data Hold
- 10.0 Count
- Auto-Range
- Jan Capacity 40mm
- Ohm & Sign display
- DC Voltage - 200V
- AC Voltage 200V
- Resistance 200Ω
- Continuity - 200V - 200V



מד טמפרטורת דגימלי TES 1310

- Type K Thermocouple type
- Stainless Steel Probe 11.5" x 1/8"
- Auto-Range
- Data Hold function
- Room Temperature Compensation
- Fan-on/Off
- Measuring range
- -50.0°C - 1300.0°C
- -50.0°F - 1900.0°F
- Resolution
- -50.0°C - + 100.0°C 0.1°C
- -50.0°F - + 100.0°F 0.1°F
- 1000.0°C - 1300.0°C 1.0°C/1°F
- Accuracy
- -50.0°C - + 190.0°C ±(0.2% rdg + 1°C)
- 1000.0°C - + 1300.0°C ±(0.5% rdg + 1°C)



TP-K02-50-1000°C	גוש טיפליה
TP-K01	גוש
TP-K02-50-1000°C	פרוב טיפליה
TP-K01A-50-200°C	פרוב דגימלי

היבואן הבלעדי - אסטרוטל בע"מ
רח' החשיל 4 תל-אביב
טל - 4 - 623422 - 03

מנורה חכמה

דלקת אוטומטית בכניסתך, וכבית אוטומטית בצאתך



תאורת החוץ

חניה פרטית • כניסה לחצר • מרפסת • גג וסך...



תאורת הפנים

משרדים • חדרי ילדים • חדרי כניסה • חדרי מדרגות • מטבח • מרדף ועוד

החשמל 4 ח"א פל" 4-623421-03 בקסי 03-5604331

מעצבת נוצרת אסתטית

היבואן אסטרגל בע"מ

פעמון נישא אלחוטי

פרטים טכניים ונוספים:

- המטרה ממוקם ליד דלת הכניסה (בדיוק הייתה בדומה ישנה ללחצי הפעמה ללא צורך) - דריסת הרעמון ניתנת לזליחה על הקיר או לשימור על מרחק של 20 סנטימטר לחדר. ניתן לחדש בקו 2 טוני נצטרך.
- הפעמון מוצג על גבי דרייב - 60 ערוצי איתור לנדרוה ימינו לאפשר שימוש במקביל עם מספר משתמשים.
- ניתן להוסיף מספר דלתו מובנה של משתמשים למעמד אחר המעמון ניתן להחליפה לפעמון יחיד או כניסה וכתעבור לפעמון חדש.

חידוש עולמי

למה אנוני צדיקים פעמון אלוטו?

- ישלם שומרים את הפעמון הרגיל מסתופת עולה הכות לקומה ושניה שרקיט.
- למדענים לצאת לחצר ועדיין בידת משבצלעלים הרבה.
- המדענים ללית לשמרים את לעלות לנו ולא לפתח אורחית

למה שד?

- המערכת של המעמד המעמון יתור לשמש גם כמעמד מצוקת, מחיר היכונים לחדר החדים, לאנשיה מונבלית וחילים.

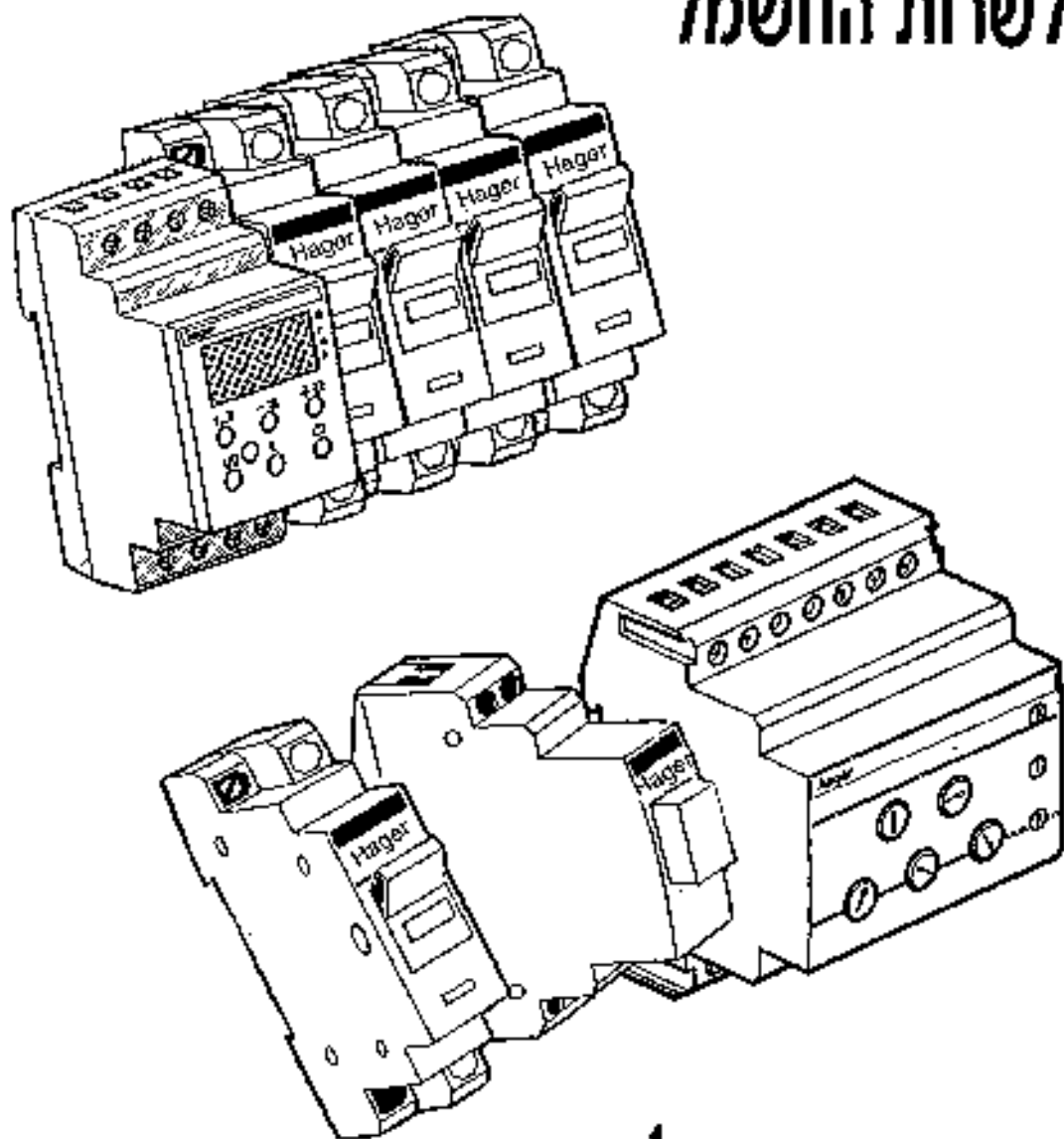


היבואן הישראלי אסטרגל בע"מ
רח' החשמל 4 חול אביב
טל- 4 - 623421 - 03

הרבה - אוביקה בייצור פעמונים בתאים במחירי חרות
FRIEDLAND - אנליה, פינוזה פעמון מהבני חדיש - פעמון
אלרומה הפעמון מוצג באותו של עד 50 חודר וחודר קירות
מפיקים המעמד

hager
the
modular
solution for
electrical
distribution

המבחר הגדול
ביותר של
ציוד מודולרי
לשרות החשמל



מרטון אלקטרוניקה

א.ג. מולכו ציוד חשמל ותעשייה בע"מ

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



כנס חידושים והתפתחויות במערכות חשמל לתעשייה ואחזקה

ימים ב' ו' 23.11.92 ו-24.11.92 בשעות 08:30-16:30 מרכז הקונגרסים קריית המועצה
ועבודה המיניעמל: נפרדים מאחת המכניזציות היפה
העולם של ימינו: מכניזציה חשמלית של המועצה המועצה לאנרגיה
ד"ר יבט עיון: נפרדים מהמכניזציה היפה

יום ב' 24.11.92

08:30-09:00	התכנסות
09:00-10:00	מושב שני: בדיקות וחזוקה של מחקי חשמל בדיקות כרם נבון למתקי חשמל: סר יעלעל סנדר, ארזיק.
10:00-11:00	סדרות אביזר רשת להדמיות על פנח וירוס: סר אביזר רש, ארזיק.
11:00-11:30	הפסקת קפה.
11:30-13:00	ציד למידות טעו/נסו ונכח נמדדת תוצאה מסומכות אצל ע. כהנא, מויה פיקוד ובקרה בע"מ.
13:00-14:00	בפניות במערכות חשמל - אמינות האספקה והתפוגה: סר אורי כהן, ארזיק.
14:00-15:00	ארוחת צהריים.
15:00-15:45	החקת ותחזוקה של כבלים במתח זרם נכסח נכה: סר אנדרי שטר, חב' החשמל.
15:45-16:30	סריקה בשיטת אינפד-ארזיק לחחות חשמל וזאז נוסס: סר מויה עיד, קצמטיץ ארזיק.

יום ב' 23.11.92

08:30-09:00	התכנסות ודרושנת הרצאות עליונה.
09:00-09:45	חישוב אורך וויט של כבל הפסק: פרופ' נאון.
09:45-10:30	הפסקת קפה.
10:30-11:00	מושב רשמי: תכנון מערכות חשמל עקרונות חשמליים לחבנות מתקנים חשמליים כמחוז נכה, אינזיסוי כלכל, סנהל חחלקת ארכיטקט חכמים. חב' החשמל.
11:00-12:00	סביקות דינמיות במחקי חשמל אינזיסוי סילביה מנדלבאוב, א.מ. הורסח.
12:00-12:30	חבנות תחנות חשמל חשמליים עם הזנה בפולה אינזיסוי רפי כהן.
12:30-13:15	ארוחת צהריים.
13:15-14:15	הערכת אביזר ורישום ברישום: דד תוסס לסלו.
14:15-15:00	תכנון מתקי חשמל בעורונ חשמל אינזיסוי: סר מויה עיד, קצמטיץ ארזיק.
15:00-16:15	מטי עיד, קצמטיץ ארזיק.

יום ה' 26.11.92

08:30-09:00	התכנסות
09:00-10:00	מושב רשמי: פיקוד ובקרה - אלקטרוניקה וספק - ארזיק חליפח
09:00-10:00	בחירה אלסנוטי סדרה וישוסס במערכות בקרה קונטיננטל: סר אלון קורב, חבונ סיכוסור ובקרה בע"מ.
10:00-11:00	שילוב יסתי פהידח ועורכח בקרה מסומכות: סר קובי רטר, קונסאל.
11:00-11:30	הפסקת קפה.
11:30-12:45	חידוש ואפדיקצית בשטח ויסות הסהידית: סר אבי רדובר, מליסקו.
12:45-13:30	נכחיה ושלטיה חשמליות על סכיס ורוכיס: אינזיסוי רפי כהן.
13:30-14:30	ארוחת צהריים.
14:30-15:30	יצני אנליזה חשמל פרסיים אינזיסוי רש, חב' החשמל.
15:30-16:30	יצור ארזיק חשמלית בענדה חאים עופולטאני: סר ירון ארזיק, אלקו.

יום ר' 25.11.92

08:30-09:00	התכנסות
09:00-10:00	מושב רשמי: בקרים מתוכננים כקידת סכיס באמצעות בקרים CSI: סר יעלעל סנדר, פויכמנדר.
10:00-10:45	ארכיטקטורה מבונדת של PLC על פי פסיח ALLEN BRADLEY: סר עשענז ורעון, קונסאל.
10:45-11:15	הפסקת קפה.
11:15-12:15	התפתחות ודידעשים בבקרים מעכבותים: סר איציק פידר, אפקו.
12:15-13:15	בקרים קונים חכמים של TELEMECANIQUE: סר אלי אל פאסח, מליסקו.
13:15-14:15	ארוחת צהריים.
14:15-15:15	הרצאות טול סר יוכי רב, סכסל.
15:15-16:15	FUZZY LOGIC OMRON: סר אביזר רש, ארזיק.

מוזיר ל-4 מדי הכנס 740 ש"ח + מע"מ
ל-3 ימים - 600 ש"ח + מע"מ
ל-2 ימים - 420 ש"ח + מע"מ
ל-יום אחד - 220 ש"ח + מע"מ
כולל ארוחת צהריים וכיסוד

מירב הדרכה

לפרטים נוספים והרשמה: 03-5612114, 03-5619700, פקס: 03-5621233

מירב הדרכה - מרכז חשמל ומכניזציה

מירב הדרכה (1990) בע"מ - קריית המועצה המועצה לאנרגיה ויעילות - מרכז חשמל ומכניזציה - מליסקו - מליסקו



מערכות מיגון אש
(שריט 1988) בע"מ

מערכות פסיביות למניעת התפשטות אש ועשן

- ★ חסימת אש במעברי כבלים וזנרת.
- ★ ציפוי כבלי חשמל ותקשורות.
- ★ הגנה על קונסטרוקציות מתכת.

פירסום "סגור"

FLAMMASTIK®
KBS System



רח' העמל 10, ת.ד. 208 אזור התעשייה אור יהודה 60251
טל: 5339284, 03-347214
פקסימיליה 5339285-03

למידע נוסף סמן 51/28

בדיקת כבל



בדיקת כבלים
קביעת מקומם בשטח
אתור מקום התקלה

רט - רח' עוזיאל 48 תות גן
טל: 5714696, 03-778775
טל' בית: 03-740513

למידע נוסף סמן 51/30

אולטרה שילד

מגן אולטרה סאונד נגד מזיקים

השיטה האלקטרונית נגד מזיקים

מחקרים באוניברסיטאות רבות, במהלך שלושים חשנים האחרונות קבע באופן חד-משמעי שניתן להשתלט על מכרסמים ומזיקים אחרים תוך שימוש בטווח במחוללים אולטרה סוניים הסורקים בתחום תדירויות ובקצב גבוהים.

כיצד משפיע אולטרה שילד על מזיקים?

- ★ **מכרסמים** - נשמע להם כאצקוק צורמזת, דבר הסעיר את תפקודי גופם ומשבשש שחיי מטקלם.
- ★ **מזיקים** - תדירות האוויר גורמת לרסטט במחוללים ואין הם מסוגלים לספוא מאן וא את בני המין השני התוצאה שבר מעגל הרביצה ורעב.
- ★ **פרעושים** - מטולטלים על התנודות באייר ואינם מסוגלים לקפץ על קורבנם המיועד.
- ★ **חרקים מעופפים** - יתושים, זבובים ומזיקים נמועים מכניסה לתחום האוויר חרזי תנודות.
- ★ **חיות טרף** - גלים בתדירויות נשכות מרחיקים חיות טרף המתקרבות לגדרות בטחון, לולים וגידולי חוות אחרים.

ייחודים של מכשירי אולטרה שילד:

- ★ הרכיבים מוגנים כמני רטיבות בחיזותם יצוקים בתוך שרפים.
- ★ הדגמים רשומים ובפיקוח הרשות לשימור הסביבה (I.E.P.A) בארה"ב.
- ★ הסלשירים משנים את התנאי 3 פעמים בשניה, למניעת השתגלות חמאיקים לציפוף החזק שמופעל נדם.
- ★ הטוח האפקטיבי של המכשירים נטה יחסית כ-5-20 מ. המכשירים עלמאיים ללא תלות במערכת מרכזית.

יבוא, שיווק ושירות לכל הארץ -

770000 סוכנות

בית הבורג (1989) בע"מ

רח' יחזקאל סימן 25 ספאריה טל: 04-4104110, 04-410411
ת.ד. 5198 ק. ביאליק 27151

אולטרה שילד - הנזק למזיק

למידע נוסף סמן 51/28



השינויים המתחייבים במיתקן החשמל הביתי עם הגדלת חיבור

איג' דרור קן-דרור M.Sc.

ההצטיידות המוגברת של הצרכן הביתי במכשירי חשמל עתירי הספק כמו מכונות כביסה, מדיחי כלים, מייבשי כביסה, תנורי חימום, מזגנים, מחממי מים מהירים וכו', גורמת מטבע הדברים להגדלת חיבור החשמל למיתקן החשמל הביתי. חברת החשמל מכירה בצורך של הגדלת חיבור החשמל למיתקן הביתי. לפיכך קבעה, בעת האחרונה, שהגודל המזערי של חיבור החשמל הסטנדרטי לכל צרכן במיתקן הביתי יהיה 40 אמפר חד מופעי, ולא 25 אמפר חד מופעי כפי שהיה נהוג עד עתה.

מאמר זה מציין את הנורמים החשובים ביותר שהחשמלאי צריך לתת עליהם את הדעת, כאשר צרכן מבקש להגדיל את חיבור החשמל שלו בגלל הגדלת העומסים המחוברים במיתקנו, והתאמת המיתקן לחיבור החשמל החדש, רק מבחינת שיטת ההגנה בפני חשמול.

החשמל, לדרישות תקנות החשמל החדשות בדבר הארקות ואמצעי הגנה בפני חשמול במתח עד 1,000 וולט.

עכבת לולאת התקלה ובדיקה להתאמת המבטח

אם שיטת ההגנה הקיימת בפני חשמול במיתקן שבו רוצים להגדיל את החיבור היא הארקה הגנה (TT) או אימוס (TN-C-S), יש לבדוק שהתנגדות לולאת התקלה של המיתקן עדיין תאפשר, לאור הגדלת חיבור החשמל, לפתח זרם תקלה כזה, שיגרום להפסקת המיתקן החשמלי של הצרכן תוך פחות מ-5 שניות, כנדרש בתקנות.

כדי לעמוד בדרישה זו יש לקיים את הנאמר בתקנה 42, בתקנות החשמל הארקות ואמצעי הגנה בפני חשמול במתח עד 1,000 וולט, התשנ"א-1991. בהתאם לתקנה זו יש לקיים את אחת משתי הדרישות האלה:

■ כאשר המבטח של מיתקן חשמל הוא מפסק זרם אוטומטי הניתן לכיוונון, עכבת לולאת התקלה המירבית המותרת היא כזו, שתגרום להתפתחות זרם קצר שיבטיח את הפסקת הזינה למיתקן תוך פחות מ-5 שניות.

■ כאשר המבטח של מיתקן חשמל הוא תניך בעל אופיין gL או מא"ז בעל אופיין L והמתח הנקוב הוא 230 וולט ביחס לאדמה, הנתונים בטבלה שבסעיף 42 מאפשרים להתאים לכל זרם נקוב של המבטח (I_n) את ערך עכבת לולאת התקלה המירבית (Z_s) ואת ערכו של זרם הקצר המזערי (I_k) הנורם להפעלת המבטח תוך 5 שניות.

25 אמפר. צרכן ביתי מבקש, בדרך כלל, הגדלת חיבור על-פי כללי האספקה לחיבור בגודל 40 אמפר חד מופעי, או לחיבור בגודל 25x3 אמפר תלת מופעי.

התאמת שיטת ההגנה בפני חשמול לגודל חיבור החשמל החדש

במקרה של הגדלת חיבור החשמל, מן ההיבט הבטיחותי, חשוב מאוד שחשמלאי יבדוק את מיתקן החשמל הביתי ויבחור שיטת הגנה בפני חשמול שתתאים לגודל חיבור החשמל החדש, בתנאי שהשיטה הקיימת אינה מתאימה לחיבור החשמל החדש.

התייחסות תקנות החשמל

בתקנות החשמל (הארקות ואמצעי הגנה בפני חשמול במתח עד 1,000 וולט) התשנ"א-1991, שפורסמו בקובץ התקנות 5375 ב'1.8.91 במרק ח' בנושא "הוראות שונות" בתקנה 82 הנוגעת ל"תחולה" נכתב:

82. תקנות אלה יחולו על –

(1) כל מיתקן חשמלי שהותקן לאחר תחילתן;

(2) כל שינוי יסודי שיועשה לאחר תחילתן במיתקן שהיה קיים לפני תחילתן;

לענין פסקה זו "שינוי יסודי" – שינוי במתקן הנעשה לשם הגדלת מבטח המתקן או שינוי בשיטת ההגנה של המיתקן.

פירוש הדבר, שעקב הגדלת חיבור יש לבדוק ולהתאים (אם נדרש) את מיתקן

מבוא

שימוש בריזומי במספר רב של מכשירים ביתיים בדירת מגורים גורם לצורך של הגדלת החיבור. בדירת מגורים שבה גודל חיבור חיבור החשמל הוא 25 אמפר חד מופעי, העומס המותר הוא 5,750 ואט.

$$P_{(25A)} = 230[V] \cdot 25[A] = 5,750[W]$$

בחיבור חשמל של 40 אמפר חד מופעי (הגודל המזערי של חיבור החשמל היום), העומס המותר הוא 9,200 ואט.

$$P_{(40A)} = 230[V] \cdot 25[A] = 9,200[W]$$

במיתקנים שבהם מותקן מבטח ראשי של הצרכן, חיבור עומס גדול יותר מזה המתוכנן יגרום להפעלת המבטח הראשי. אם לא מותקן מבטח ראשי בלוח הצרכן, הרי שבמקרה כזה יישרף נתיך חברת החשמל, דבר שיגרום להפסקת חשמל כללית בכל הדירה, עד שיוחלף הנתיך. שריפת נתיך כזה לעיתים תכופות, תאלץ את הצרכן להגדיל את החיבור של מיתקנו. כאן המקום לציין, שמא"ז ראשי, כמו כל מא"ז אחר, מאפשר חיבור עומס הגדול מהעומס הנקוב שלו, אולם רק למרקי זמן קצרים שאורכם תלוי באופיין זרם/זמן של המא"ז המסוים.

נראה כי בהתחשב בעומסים הקבועים המחוברים בדירת מגורים, הגדלת החיבור ל-40 אמפר חד מופעי תאפשר הפעלה בריזומית של כ-3 מכשירי חשמל עתירי הספק, לעומת כ-2 מכשירים בחיבור של

ד"ר קן-דרור – ראש מדור צרכנות טכנית, הרשת הארצית, אגף השיווק והצרכנות, חברת החשמל



האדמה אינה גדולה מ-20 אוחס, ולקיים השוואת פוטנציאלים במבנה.

איור 1 מציג תרשים סכמטי המדגים את יישום דרישות תקנה 39.

הארקת יסוד

39. (א) לא ישתמש אדם באיפוס במבנה אשר אין בו הארקת יסוד בהתאם לתקנות הארקות יסוד,

(ב) על אף האמור בתקנת משנה (א), מותר להשתמש באיפוס במבנה אשר אין בו הארקת יסוד, אם יש לו אלקטרודת הארקה מקומית וקיימת במבנה השוואת פוטנציאלים כנדרש בתקנות הארקות יסוד, למעט חצבת חיבור ליוזן במבנה. קיימים

בשיטת הארקת הגנה ומחברים אליו כמה צרכנים, ואחד הצרכנים מבקש להגדיל את חיבור החשמל שלו, וכתוצאה מכך הוא נאלץ להסב את שיטת ההגנה בפני חישמול, במיתקן שלו, לשיטת האיפוס, אזי עליו לבצע הסבה דומה. במיתקני החשמל של כל הצרכנים במבנה.

שימוש בשיטת האיפוס כאשר אין הארקת יסוד

למטרת שימוש בשיטת האיפוס במבנה ישן, שאין בו הארקת יסוד, אפשר להשתמש באלקטרודת הארקה מקומית, שהתנגדותה כלפי המסה הכללית של

להלן מספר דוגמאות מהטבלה המופיעה בסעיף 42.

טבלה 1 עכבת לולאת התקלה המירבית

זרם קצר מזערי (I_k) [אמפר]	עכבת לולאת התקלה (Z_s) [אוחס]	זרם של המבטח (I_a) [אמפר]
120	1.91	25
183	1.25	35
205	1.12	40

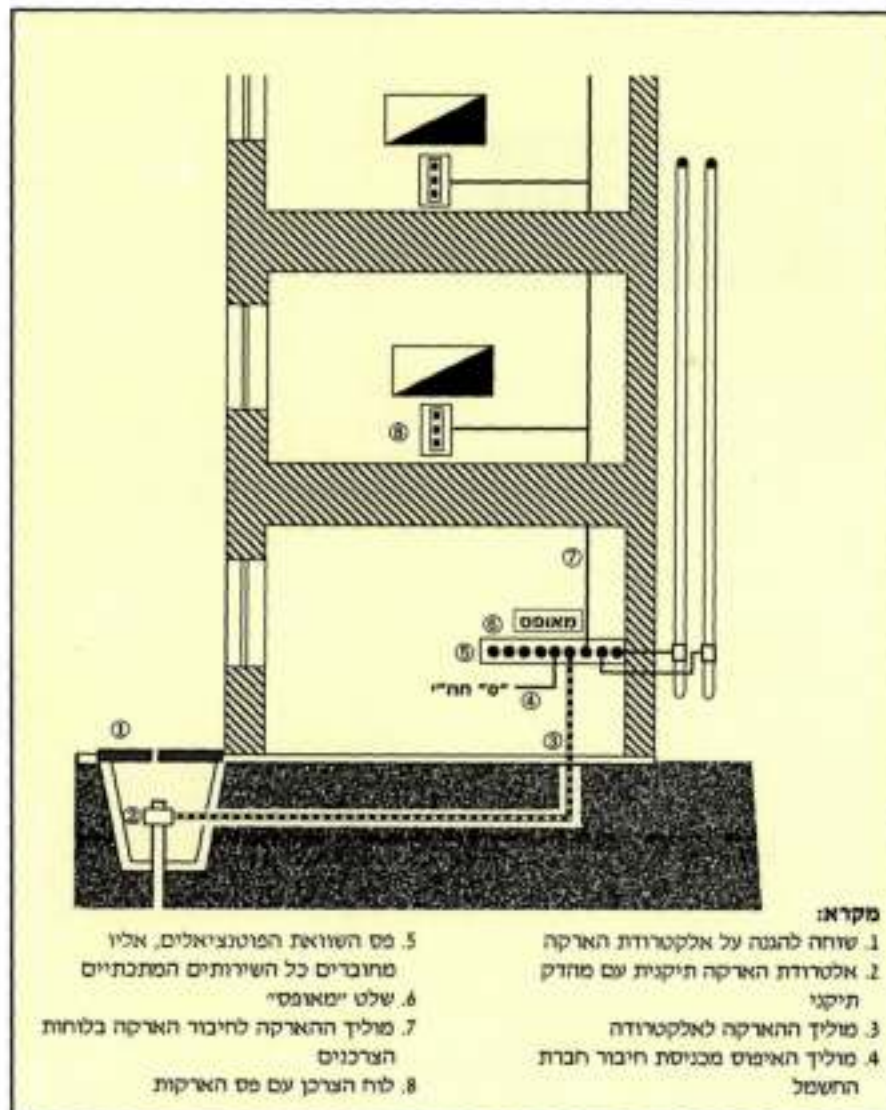
כאן המקום להדגיש, שבלוחות השמל מתכתיים, בדיקת התאמת המבטח מתייחסת לנתיך הראשי של חברת החשמל.

מוכן שדרישת תקנה זו לנבי מיתקן ביתי של דירת מגורים מחמירה לנבי אפשרות השימוש בשיטת הארקת הגנה במיתקן שגודל חיבורו 40 אמפר ויותר, שכן במיתקן המוגן בהארקת הגנה, קשה מאוד לקבל עכבת לולאת תקלה הקטנה מ-1.12 אוחס. בעקבות הדרישה של תקנה זו החשמלאים מחפשים שיטת הגנה בפני חישמול, שתתאים לדרישת התקנות במיתקן המוגדל.

שיטת הגנה נוספת, קלה יותר ליישום מבחינה טכנית, היא שיטת האיפוס. שיטה זו היא השיטה המועדפת כיום במיתקנים חדשים. שימוש בשיטה זו מחייב בירור מוקדם במחוז הרלבנטי של חברת החשמל, כי הרשת עומדת בדרישות תקנות 43, 44 ו-45 שבתקנות החשמל (הארקות ואמצעי הגנה בפני חישמול) במתח עד 1,000 וולט (התשנ"א – 1991), המגדירות את חתך מוליך האפס ברשת היונה (PEN) הנדרש לצורך יישום שיטת האיפוס.

איסור הגנה על ידי איפוס והארקת הגנה באותו מבנה

בעת יישום שיטות האיפוס יש לשים לב, שחל איסור הגנה על ידי איפוס והארקת הגנה באותו מבנה. כלומר, אם קיים מיתקן חשמל במבנה המוגן בפני חישמול



מקרא:

1. שוחה להגנה על אלקטרודת הארקה
2. אלקטרודת הארקה תיקנית עם מחזק תיקני
3. מוליך ההארקה לאלקטרודה
4. מוליך האיפוס מבניסת חיבור חברת החשמל
5. פס השוואת הפוטנציאלים, אליו מחוברים כל השירותים המתכתיים
6. שלט "מאומס"
7. מוליך ההארקה לחיבור הארקה בלוחות הצרכנים
8. לוח הצרכן עם פס הארקות

איור 1

שימוש בשיטת האיפוס במבנה ישן, שאין בו הארקת יסוד



(2) חד קטבי או דו קטבי בינה חד מופעית.

לפיכך, במיתקן חשמל ביתי תלת מופעי יש להתקין מפסק אוטומטי תלת קטבי או ארבע קטבי. דרישה זו עלולה לפגוע באמינות האספקה של מיתקן החשמל, כיוון שעומס יתר או קצר באחד המופעים יגרום ל"הקפצת" המפסק האוטומטי ובכך להפסקת האספקה למיתקן כולו.

נושא זה הועלה לפני ועדת הפירושים שהציעה שתי חלופות למתרון הבעיה:

■ התקנת מפסק זרם אוטומטי נפרד בכל מופע, ובלבד שמפסקי הזרם של שלושת המופעים יהיו מגושרים ביניהם כך שבזמן שימוש (Trip) של אחד מהם יישארו הנותרים מחוברים, ובכך זאת יאפשר הנשר ניתוק ידני בו זמני של כל המופעים.

בשוק קיימים מאיזים מסוג זה.

■ התקנת מפסק תלת מופעי ראשי רגיל להפסקה ידנית ואחריו שלושה מאיזים חד מופעים בלתי מגושרים.

מתרון זה יקר יותר מהקודם ומחייב הקצאת מקום נוסף בלוח. ביצועו אפשרי על פי החלטת ועדת הפירושים.

שתי החלופות שהוצעו תורמות לשיפור אמינות האספקה של מיתקן החשמל, והם מתאימות במיוחד למיתקני חשמל ביתיים, כיוון שהם שייכים, בדרך כלל, לצרכנים חד מופעיים.

סיכום

במאמר זה הודגשו הדרישות העיקריות והחשובות ביותר שאליהן יש לשים לב עם הגדלת החיבור של המתקן. הוא לא נועד להביא את כל הדרישות האחרות המופיעות בחוק החשמל ובתקנותיו, המחייבות בכל מקרה את החשמלאי המבצע או המתכנן את עבודת הגדלת החיבור.

עם זאת החשמלאי חייב להעניק תשומת לב מיוחדת לנושא התאמת מיתקן החשמל כנדרש בתקנות החשמל (הארקות ואמצעי הגנה בפני חישמול במתח עד 1,000 וולט), התשנ"א - 1991.

בלוח תלת מופעי חייב להיות מותקן מפסק אוטומטי זעיר (מאי"ז) ראשי תלת מופעי. החיבור מהמאי"ז למעגלים הסופיים או ללוחות המשנה יכול להיות חיבור למעגל תלת מופעי או למעגל חד מופעי. במקרה של דירת מגורים, רוב המעגלים הם חד מופעיים ועל החשמלאי לחלק את המעגלים הסופיים מבחינת ההעמסה באופן שווה בין שלושת המופעים, כך שההעמסה תהיה עד כמה שאפשר "סימטרית".

בביצוע חלוקת המעגלים הסופיים במיתקן תלת מופעי, יש לזכור את התקנה הרלבנטית בתקנות מעגלים סופיים - תקנה 14.

מספר מכשירים במעגל תלת מופעי

14. (א) מעגל סופי תלת מופעי לא יזין יותר ממכשיר תלת מופעי אחד. אלא אם כן לכל מכשיר מותקן מבטח הסיוע לו בלבד, להגנה בפני שומס יתר.

(ב) מעגל סופי תלת מופעי יזין מספר כלשהו של בתי תקע תלת מופעיים המיועדים למכשיר יחיד מוטלטל, ובלבד שהזרם הנקוב של כל בית תקע לא יהיה קטן מהזרם הנקוב של המבטח המגן על המעגל הסופי בפני זרם יתר.

נוכיר, כי במיתקן ביתי אסור, למעשה, להזין בזרמנות מכשירים חד מופעיים ומגורות ממעגל סופי תלת מופעי. במקרים כאלה יש להתקין מעגל חד מופעי למכשיר חד מופעי, ומעגל חד מופעי להזנת המגורות, כאשר לכל מעגל חד מופעי כזה מותקן מאי"ז בלוח הראשי או בלוח המשנה, ובתנאי שבאותו לוח קיים מפסק תלת מופעי.

מבטח ראשי במיתקן חשמל תלת מופעי

בתקנות החשמל (תקנות לוחות חשמל במתח עד 1,000 וולט) התשנ"א - 1991 בסעיף 22 נאמר:

מפסק ראשי ומבטח ראשי

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

(ב) בכל מקום שבו דרושים מפסק ראשי ומבטח ראשי מותר להשתמש במפסק אוטומטי, במפסק אוטומטי זעיר או במפסק ותיכים.

המפסק יהיה -

(1) תלת קטבי או ארבע קטבי בינה תלת מופעית;

במבנה צרכנים נוספים המוגנים בשיטת הארקה הגנה (TT), תוסב ההגנה אצלם להגנה בשיטת האיזוס.

(ג) לא ישתמש אדם באיזוס במבנה שבו ההתנגדות בין הארקה היסוד או האלקטרודה המקומית, לבין המסה הכללית של האדמה שילה על 20 אהם.

יש לציין, שאין חובה להשתמש באלקטרודה מיוחדת לצורך הארקה, אם צנרת המים הקיימת שאליה מחובר הצרן עומדת בדרישות התקנות.

שטח החתך של מוליך הארקה הראשי

נקודה בטיחותית נוספת, שעל החשמלאי לבדוק במקרה של הגדלת החיבור, היא אם שטח החתך של מוליך הארקה הראשי של המיתקן עדיין מתאים להעביר את זרמי הקצר החדשים הצפויים להתפתח. יש לוודא שבעת השימוש במוליך במיתקן המוגדל החדש הוא לא ניזק ושלא ייגרם נזק לסביבתו, על כל המשתמע מכך. שריפה, פגיעה נזמנית וכו'.

התאמת המיתקן הביתי במקרה של הגדלת חיבור חשמל לחיבור תלת מופעי

צרכן ביתי, המכניס לשימוש בדירת מגוריו מכשיר חשמלי בעל הספק גדול מ-4 קו"ט, חייב על פי הכללים לאספקת חשמל לצרכנים להזין את מיתקנו מחיבור תלת מופעי. דוגמה למכשיר שכזה הוא (הצורך מעל 4 קו"ט) הוא הכיריים הקרמיות - כיריים חשמליות לחימום ובישול.

גם צרכן, שחיבור חד מופעי של 40 אמפר איננו מספק את דרישות מכשירי החשמל שבדשותו והוא רוצה להגדיל את חיבור החשמל, ייאלץ, לפי הכללים לאספקת חשמל, להתחבר למיתקן תלת מופעי.

בהגדלת חיבור חשמל לחיבור תלת מופעי, כמו גם במקרה של הגדלת חיבור חד מופעי, על החשמלאי להקפיד לבצע את המיתקן על פי חוק החשמל ותקנותיו בכלל, והתקנות בדבר הארקות ואמצעי הגנה בפני חישמול בפרט, כפי שכבר הוזכרו באן.



תקלה חשמלית בבניין מגורים

יעקב גלמן, חיים כהן

המעגלים הסופיים בשלוש הדירות, שהיו מחוברים למופץ R קיבלו הזנה מסופע S דרך הקצר הדו-מופעי, שהיה בלוח החשמל של דירה 1 ודרך המאייז Q₁ ו-Q₂.

מסלול ההזנה בעת התקלה של מעגלים סופיים המחברים למופץ R מתואר באיור 1.

הגידול בביקוש לחשמל במעגלים הסופיים המחברים למופץ R, היה גורם לגידול בורם הקצר הדו-מופעי דרך המאייזים Q₁ ו-Q₂, ובכך לניתוק מאיז Q₁ עקב עומס יתר. ניתוק מאיז זה היה מפסיק, למעשה, את ההזנה למעגלים סופיים המחברים למופץ R, כלומר, היה גורם להפסקת חשמל מלאה בדירה 3, ולהפסקת חשמל במעגלים סופיים המחברים למופץ R בדירות 1 ו-2.

חשוב לציין, שבעת התקלה, אם כי דירה 3 וחלק מדירה 2 הונו דרך המונה של דירה 1, הקריאה שנמדדה במונה דירה 1 לא כללה את הצריכה בדירות 2 ו-3, אלא רק את הצריכה של דירה 1, כיוון שהמונה בדירה 1 הוא מונה תלת מופעי המונה את ההפרש בין האנרגיה הנכנסת אליו וכין זו היוצאת ממנו.

מחברים. בדיקה זו הראתה, שלכאורה, הכל תקין, בכל הנתיכים הדירתיים של חברת החשמל ובשלושת מוליכי ההזנה לבניין נמדדו מתחים תקינים.

בדיקה שנייה נעשתה כאשר כל המאייזים בלוחות של שלוש הדירות מחוברים, פרט למאייז Q₁, שהיה מנותק. בבדיקה זו התברר, שרק בשניים ממוליכי ההזנה לבניין (במופעים S ו-T) נמדד מתח תקין, ואילו המתח שנמדד במוליך ההזנה לבניין במופע R היה אפס.

בחורף האחרון התרחשה שוב ושוב תקלה בבניין מגורים הכולל שלוש דירות.

נתיכי חברת החשמל בקווי ההזנה לבניין הם של 63x3 אמפר.

הדירות בבניין מוזנות באופן הבא:

- דירות 1 ו-2: הזנה תלת מופעית, גודל החיבור 25x3 אמפר. הנתיכים הדירתיים של חברת החשמל הם 35x3 אמפר.
- דירה 3: הזנה חד מופעית, גודל החיבור 25 אמפר, נתיך חברת החשמל הוא 35 אמפר.

איור 1 מציג את תוכנית לוחות החשמל הדירתיים בבניין מגורים זה.

ניתוח התקלה

בניתוח התקלה התברר, שהתופעות נבעו משילוב של שתי תקלות שהתרחשו ברזומנית:

- הנתיך הראשי של חברת החשמל במופע R ברשת ההזנה לבניין המגורים היה שרוף.
- בין שני מעגלים סופיים בדירה 1 היה קצר דו-מופעי.

באופן מעשי, בניין מגורים זה קיבל הזנה רק דרך שני מוליכי הזנה במופעים S ו-T, כיוון שהנתיך הראשי של מוליך ההזנה במופע R היה שרוף.

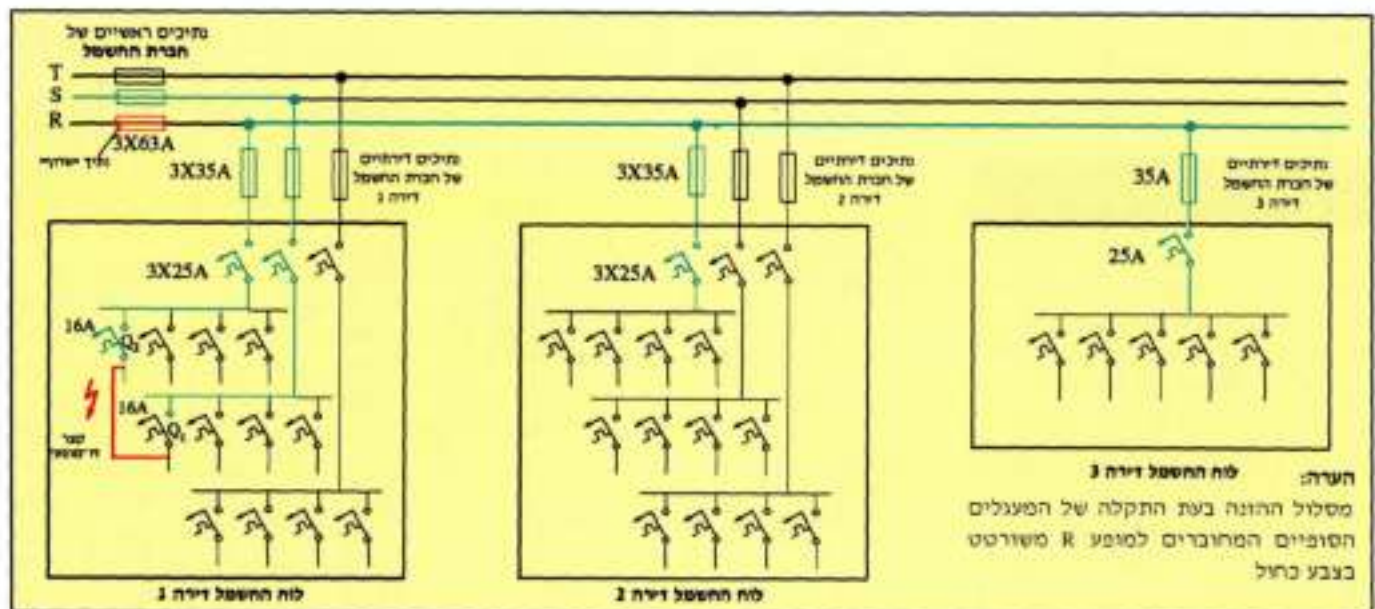
תיאור התקלה

בשעות הערב, שעות שבהן הביקוש לחשמל גבוה, מאיז Q₁ בלוח החשמל של דירה 1 היה מתנתק וגורם לתופעות הבאות:

- בדירות 1 ו-2 הפסקת חשמל חלקית.
- בדירה 3 – הפסקת חשמל מלאה.

בדיקה ראשונה נעשתה כאשר כל המאייזים בלוחות של שלוש הדירות היו

י. גלמן, ח' כהן – מדור אנרגיה, מחלקת צרכנים טכנית, מרכז הטיפול, חברת החשמל





אבטחת איכות במיתקני חשמל מנקודת ראות של המתכנן*

איג'י אשר רומנו

אבטחת האיכות של מוצרים – ולפרוייקט ניתן להתייחס כמוצר – היא נושא ישן נושן.

הבסיס העיקרי לאבטחת האיכות של המוצר – 'בעבר ובהווה' – הוא תקנים ותקנות לאומיים ובין-לאומיים. התקן הישראלי הקדום ביותר הנמצא במכון התקנים הישראלי, העוסק בנושא חשמל הוא משנת 1949, ואילו התקנים הזרים הישנים ביותר בנושא זה הם בני כ-100 שנה.

השינויים העיקריים שחלו בנושא זה בשנים האחרונות הם:

א. מודעות רבה יותר לבקרת איכות, הנובעת מהתחרות לכיבוש שווקים.

ב. דרישות מחמירות של יזמים ומזמינים גדולים, שאינם מסתפקים יותר בבדיקות שיגרתיות של המוצר המוגמר, אלא דורשים הוכחה על עמידה בדרישות של תקנים המגדירים את התהליך הכולל של בקרת איכות המוצר בכל אחד משלבי הפרוייקט – תיכנון, ייצור, התקנה והפעלה.

לשם קביעת נהלים לאבטחת איכות שיאפשרו מצד אחד לספקים וליצרנים, ומצד אחר לצרכנים לקשור קשרים חוזיים, נדרשים תקנים בנושא אבטחת איכות. למטרה זו יצר הארגון הבין-לאומי לתקינה בשנים 1986-1987 את סדרת התקנים ISO 9000. תקנים אלה אומצו בשנים 1990-1991 על-ידי מכון התקנים הישראלי – התקנים מסדרת תי" 2000.

הגישה המודרנית לנושא אבטחת איכות מתבססת על עקרונות המיוחסים למומחה האמריקאי ד"ר אדוארד דמינג, אשר הניח יסוד לשיטה חדשה לניהול האיכות בארצות הברית עוד בשנות ה-50, ואחר כך עבר למפעול ביפן.

השיטה נקראת Total Quality Management - TQM, ובעברית – **ניהול איכות כוללת**. השיטה דוגלת בטיפול **כוללני** בכל הגורמים הקשורים בייצור ובשירותים, ובעיקר בגורם האנושי בכל הרמות – הנהלה, תיכנון וייצור, על כל שלביו, ושיחוק.

מתבצעות עבודת התיכנון לפרטים להתקנת המיתקנים, הכוללת עיבוד הפרטים הדרושים, הכנת מיפרטים וכתב כמרויות לביצוע עבודות ההרכבה והכנת הוראות לבדיקה ולהפעלה של המיתקן.

שלב התיכנון המפורט כולל גם את עבודת תיאום המערכות בין הדיסציפלינות השונות. תיאום טוב משפיע במידה רבה על איכות הביצוע, העלויות ולוח הזמנים.

שלב הפיקוח על הביצוע

בשלב זה המתכנן מעורב בפיקוח על ביצוע הפרוייקט. מעורבות משתנה בהתאם לארמון הביצוע האפשרויות הן:

- ניתוק מוחלט
 - תפקיד המתכנן מסתיים בהעברת תיק ביצועי משלם.
 - מעורבות מוגבלת
 - המתכנן מלווה את הפרוייקט רק לצורך מתן הבהרות.
 - פיקוח עליון יתקופתי
- המתכנן מעניק עזרה לפיקוח הצמוד, היום-יומי, בביקורת על תהליכי הביצוע ומשתתף בבדיקות קבלה של הציוד הנרכש.

שלב הגדרת היקף התיכנון

בשלב זה מכינים את התוכניות ומגדירים את היקף התיכנון, בהתייחסות למטרה הסופית הרצויה ודרך הביצוע. לדוגמה, בתיכנון של פרוייקט תעשייתי, אם הביצוע מיועד להיות ביצוע עצמי, או ייעשה באמצעות רכישת ציוד במכרזים והקמה על ידי קבלנים.

שלב התיכנון המוקדם

בשלב זה מעובדות התוכניות הכלליות המציגות את העקרונות שעליהם יתבסס התיכנון המפורט. התוכניות כוללות גם הצגת חלופות בליווי הערכות ואומדנים, לצורך בחירת החלופה האופטימלית המתאימה לדרישות הלקוח. בשלב זה רצוי לבצע בדיקה (Review) של התקנים המקובלים אצל הלקוח ואצל המתכנן, ולהתאימם לדרישות המיוחדות של הפרוייקט. כמו כן, יש לסווג את הפרוייקט מבחינת בטיחות, כגון: סכנת התפוצצות, התלקחות אש וכו'.

שלב התיכנון המפורט

בשלב זה מכינים את התוכניות והמיפרטים לרכישת ציוד, כגון: שנאים, גנרטורים, לוחות חשמל וכו'. בשלב זה

סקירה על שלבי התיכנון

מתיכנון מבחינים בארבעה שלבים:

- הגדרת היקף התיכנון (Scope of Design)
- תיכנון מוקדם (Conceptual Design)
- תיכנון מפורט (Detail Design)
- פיקוח על הביצוע (Site Visits-Inspection)

הכרת כל אחד משלבי התיכנון מאפשרת התייחסות עניינית לנושא שמירת האיכות בכל שלב ושלב.

* המאמר מבוסס על הרצאה בנושא שהוגשה במסגרת הכנס התשיעי של הנשקים בתחום החשמל שהתקיים ב-12 במאי 1992.



המרכיבים של אבטחת איכות בתיכנון

אבטחת איכות בתיכנון מתחלקת למרכיבים האלה:

- אבטחת איכות התיכנון כמוצר בפני עצמו.
- אבטחת איכות התיכנון מבחינת המשתמש.
- אבטחת איכות בעת רכש ציוד וחלקי ציוד.

אבטחת איכות התיכנון כמוצר בפני עצמו

- אבטחת איכות התיכנון כמוצר בפני עצמו מחייבת התייחסות לשני גורמים עיקריים:
- שפת השרטוט.
- התאמת תוכניות למטרתן.

שפת השרטוט

השפה שבה משתמשים בתיכנון היא שפת השרטוט. כדי ששפה זו תהיה בהירה וחד-משמעית חייבים להשתמש בסימולי שרטוט מוסכמים ותקינים. בנושא זה קיים בארץ בלבול רב. בפועל נעשה שימוש בסימולים לפי תקנים שונים. התקן הישראלי, ת"י 758, עוסק בנושא זה, אך הוא דורש עידכון וחיידוש וכן מעלה להפצתו – בעיקר על ידי דרישה מצד המומינים.

התאמת תוכניות למטרתן

התאמת התוכניות למטרתן הוא נושא שיש לתת עליו את הדעת בעת התיכנון. את התוכניות ניתן לסווג לפי הקריטריונים הבאים:

■ תוכניות ביצוע

כוללות לדוגמה תרשים חיבורים, מיספור המוליכים והגדרת שטח החתך שלהם.

■ תוכניות הפעלה

כוללות לדוגמה תרשים עקרוני של המיתקן והגדרת כיוול ההנעת.

■ תוכניות אחזקה

כוללות נתונים שונים על הציוד וחלקיו.

קיימת אי התאמה מסוימת בדרישות לגבי תוכניות לביצוע המיתקן, תוכניות המיועדות להפעלת המיתקן ותוכניות המיועדות לאחזקת המיתקן. לא תמיד ניתן לשלב את כל הדרישות השונות

בתוכנית אחת. במקרה כזה צריך להכין תוכניות נפרדות, לשם בהירות יתר ואבטחת איכות של כל מטרה בנפרד.

אבטחת איכות התיכנון מבחינת

המשתמש

אבטחת איכות התיכנון מבחינת המשתמש חשובה ביותר. מטרתה להבטיח למשתמש הפעלה תקינה של המיתקן וכן את האפשרות של תחזוקה נחה.

כדי להשיג אותה צריך, בשלב התיכנון, לקחת בחשבון את הגורמים האלה:

- הגדרת דרישות התיכנון בהתחשב בניסיון קודם אצל הלקוח והמתכנן (היוזן חוזר).
- התאמה לתנאי הסביבה, דרישות בטיחות וכו'.
- תשומת לב לאמינות ותחזוקתיות.
- בדיקת התיכנון בסקרי תיכון.
- הגדרת הדרישות לאבטחת איכות הציוד ומרכיביו השונים.

אבטחת איכות בעת רכש ציוד

וחלקיו

אבטחת איכות של ציוד וחלקיו בעת רכש מתבססת על דרישות מפרטי רכש. אלה מתבססים על התקנים המתאימים לציוד או לחלקי ציוד נדרשים.

בנושא זה יש לתת את הדעת על שתי נקודות בעייתיות:

- בחירת התקן המתאים.
- בדיקות שיש לבצע בציוד הנרכש.

בחירת התקן המתאים

מכיוון שלא כל התחומים מכוסים על ידי התקנים הישראליים, על המתכנן לבחור בין התקנים הזרים הרלוונטיים – VDE, IEC או NEMA.

רשימה מלאה של התקנים הזרים הכוללת השוואה ביניהם היתה עזרת מאוד למתכננים בארץ לבחור את התקן המתאים.

בדיקות שיש לבצע בציוד הנרכש

בדרך כלל, הבדיקות מפורטות בתקנים. יחד עם זאת, רצוי מאוד לציין במיפרט הטכני לצורך הרכש, נוסף לתקנים

שהציוד צריך לעמוד בהם, גם מהן הבדיקות – מתוך אילו המפורטות בתקן, או בדיקות נוספות – שיש לבצע בעת קבלת הציוד. יש להגדיר גם את הבדיקות הנוספות שיש לבצע לאחר הרכבת הציוד והפעלתו. דבר זה מסייע ליצרן להשריך את העבודה, למתכנן ולנציגי הלקוח לבצע את הבדיקות הנדרשות באופן מסודר.

אבטחת איכות בשלבים השונים של התיכנון

לאחר שהכרנו את שלבי התיכנון השונים, נתייחס לנושא אבטחת איכות בכל אחד משלבי התיכנון.

אבטחת איכות בשלב הגדרת היקף התיכנון

הגדרת הפרוייקט מתבצעת על ידי הכנת מסמך מתאים. גם אם המתכנן לא היה שותף בהכנתו, עליו להתייחס אליו ולהגדיר בפירוט את היקף התיכנון בהתחשב בגורמים האלה:

- שיטות הביצוע.
- דרישות מיוחדות או ידע קודם, שיש לו השלכות על הגדרת היקף התיכנון.
- בפרוייקטים גדולים ומורכבים, רצוי לקיים גם סקר תיכון ראשוני, שבו יעלו לדיון נושאים אלה לפני תחילת התיכנון.

אבטחת איכות בשלב התיכנון המוקדם

בשלב זה, כאמור לעיל, יש להכין תיכנון מוקדם רעיוני. ברוב המקרים רצוי גם לבחון מספר חלופות מבחינה טכנית וכלכלית.

בשלב התיכנון המוקדם יש לבחון ולעדכן את התקנים הקיימים, או את אלה הנדרשים על ידי הלקוח, לגבי ציוד, וכן פרטים תקינים, הקשורים לביצוע, הקיימים אצל המתכנן, ואת מידת התאמתם לפרוייקט.

כבר בשלב זה יש להתייחס לדרישות לגבי אמינות, בטיחות ותחזוקתיות. בסיום שלב זה יש לערוך סקר תיכון מוקדם שבו ישתתפו כל הגורמים הנוגעים לנשא.



אבטחת איכות בשלב התיכנון המפורט

בשלב זה מעבדים את התוכניות לביצוע ואת המיפרטים לרכישת הציוד. בהכנת התוכנית יש, כאמור, להגדיר את סוג התוכניות הדרושות לביצוע נוח, ברור ואמין של המיתקן. אם נדרש, יש להכין תוכניות מיוחדות לצורך תפעול ותחזוקה של המיתקן.

בהתאם לעקרונות שהוגדרו, תפקיד מינהלת התיכנון להגדיר לכל משתתפי התיכנון – החל ממנהל הפרוייקט, דרך המתכננים ונמור בטכנאים ובשרטטים – את הנקודות החשובות לאיכות התיכנון, שיש לשים אליהן לב, בכל שלב ושלב, ולא לסמוך רק על הביקורת האחרונה בתהליך התיכנון.

אחת הבעיות הנפוצות בתיכנון היא בעיית העברת המידע בין הדיסציפלינות השונות, וכן תיאום מערכות בין המקצועות השונים. כדי להתגבר על בעיה זו רצוי לקבוע בשלבים המוקדמים של התיכנון – לאחר קדם התיכנון – מהו המידע שיש להעביר בין המתכננים, כולל המועד המשוער להעברתו וכן את שיטת המעקב אחר הביצוע.

בנושא תיאום מערכות יש לקבוע גורם אחד, שיהיה אחראי לתיאום.

במקרים מורכבים ומסובכים, התיאום חייב להתבטא בתוכניות של תיאום מערכות, או "סופרפויזיציה" – כפי שמקובל לקרוא לתוכניות אלה. התוכניות האלה חייבות להתבצע על ידי הגורם המתאם, מתוך התוכניות המתאימות של הדיסציפלינות השונות.

לעיתים יש להכין, נוסף לתוכניות התיאום, גם מודלים מתאימים. המודלים יוכנו על ידי מומחה בתחום זה.

את התיאום הנדרש ניתן לבצע גם באמצעות שימוש בתוכנות מחשב מתאימות. שימוש במחשב יהיה אפשרי רק אם כל התוכניות בכל התחומים השונים שודטו בתוכנית מתאימה.

הכנת תוכניות תיאום מאפשרות גילוי מוקדם של חלק גדול מההתנגשויות בין המערכות. כתוצאה מכך, אפשר למנוע כבר בשלבים מוקדמים של הפרוייקט, פתרונות מאולתרים הפוגעים באיכות המיתקן.

אבטחת איכות בשלב הפיקוח על הביצוע

מעורבות המתכנן בעת הביצוע מוגבלת. בדרך כלל, המתכנן משתתף, במסגרת הרכש, בבדיקות קבלה אצל יצרני הציוד. כאמור לעיל, יש לפרט במיפרט הטכני את הבדיקות הנדרשות. רשימה מפורטת של הבדיקות הנדרשות מסייעת בעת ביצוע בדיקות הקבלה. יש לתעד באופן מסודר – באמצעות טופס מתאים הכולל את רשימת הבדיקות לפי סעיפים. בעת ביצוע בדיקות הקבלה גם רצוי לבדוק שקיימת התאמה לתנאים הקיימים בפועל באתר, כלומר התאמה בין המתוכנן למבוצע בפועל באתר. התאמת מידות, פרטי הובלה והכנסה לאתר, וכי.

ניהול איכות כוללת TQM - Total Quality Management

כפי שאוזכר במבוא, הגישה המודרנית לנושא ניהול איכות כוללת מתבססת על עקרונות המיוחסים למומחה האמריקאי ד"ר אדוארד דמינג. ארבעה עשר העקרונות שלו מוצגים בתרשים 1.

להלן הסבר מתומצת על המשמעויות השוטות של חלק מעקרונות ניהול איכות כוללת של ד"ר אדוארד דמינג שפורטו לעיל.

יש ליצור תהליך קבוע ומתמיד של שיפור מוצרים ושירותים

עיקרון זה מדבר על הכנסת נוהל קבוע של קבלת נתונים על האיכות המושגת בכל שלבי התהליך, כולל ניתוח התוצאות והסקת המסקנות לגבי האמצעים שיש לנקוט לשיפור ויישום המסקנות הלכה למעשה.

תהליך זה חייב להיות מתמיד. אין להסתפק בהשגת יעדים קצרי טווח, אלא יש לשאוף לשיפור מתמיד. רק בדרך זו ניתן לשרוד לאורך זמן בשוק המבוסס על תחרות חופשית.

יש להפסיק את השימוש בשיטות של:

- בקרת המוצר בשלבים הסופיים בלבד
- ייצור לפי נורמות המבוססות, בעיקר, על כמות

בניגוד לשיטות המיושנות, שבהן, כדי להבטיח ללקוח אחוז נבוה של מוצרים העומדים בדרישות, נבדקו ונפסלו מוצרים

עקרונות הניהול של ד"ר דמינג

1. יש ליצור תהליך קבוע ומתמיד של שיפור מוצרים ושירותים.
2. יש לאמץ התנהגות חדשה הדוחה את הנורמה הקיימת של דחיות, סעויות, חומרים פגומים וייצור פגום.
3. חייב להיפסק הצורך המסיבי בבדיקות.
4. יש להשתמש בספקי סחורות המאמתים איכות על ידי נתונים סטטיסטיים.
5. כל הזמן, ובהתמדה, יש לשפר את מערכת הייצור והשירות.
6. יש להזדק עובדים במקום עבודתם.
7. ניהול העבודה צריך להתמקד בסיוע לעובדים בביצוע המוסל עליהם.
8. הרחק פחד מהארגון.
9. הסר מחיצות בין מחלקות.
10. הימנע מסיסמאות ומיעדים שאין מאחוריהם תוכניות אופרטיביות.
11. הימנע מנורמות המתחשבות רק בכמות.
12. הסר מחסומים המונעים מהעובד את הזכות להתגאות בעבודתו.
13. יש למסד תוכניות הדרכה לכל העובדים כדי לשמר את עדכונם המקצועי ולעזור בפיתוח עצמי.
14. יש ליצור בהנהלה מחוייבות אשר תדחוף להפעלת צווי העקרונות.

תרשים 1

עקרונות ניהול איכות כוללת של ד"ר אדוארד דמינג



■ קיומם של נהלים מסודרים ומתועדים לביצוע התיכונן.

הנהלים כוללים בין השאר:

● תוכנית מסודרת ומפורטת המגדירה את הפעילויות שיש לבצע בשלבי התיכונן השונים ואת התוכניות שיש להכין בכל שלב.

● מערכות של תוכניות ומיפרטים תקינים של מרכיבים חוזרים בתיכונן.

● ספרות מקצועית הכוללת תקנים רלוונטיים – תקנים ישראליים (ת"י) ובין-לאומיים (IEC), ספרי עזר וקטלוגים.

■ מיחשוב – חומרה ותוכנה – ברמה טאטה.

■ הכנסה מתמדת של שיפורים בתהליך התיכונן.

יש לקיים נוהל מסודר של קבלת היוזן חוזר – הערכות, תגובות והערות לתיכונן מכל המקורות הנוגעים בדבר.

ההיוזן החוזר מתקבל, כפי שכבר הוזכר לעיל, מקיום סקר תיכונן בכל שלב של התיכונן. נוסף לתיקונים המוכנסים לתיכונן כתוצאה מהערכות אלה, חשוב לתעד חומר זה בצורה מסודרת, לפי סוג הפרוייקטים, לשם הכנסת השיפורים המתחייבים בתקנים ובתהליך התיכונן.

לצורך ביצוע הערכות אלה גם חשוב לקבל מידע על תקלות, שגיאות או קשיים, המתגלים בעת הביצוע, השימוש והפעלה של המיתקן.

בהעדר מידע עדכני על נושאים אלה יש לערוך סקרים לפני תחילת התיכונן במיתקנים דומים, שבוצעו בעבר, ולהסיק את הלקחים הטובים מכך לצורך הכנסת השינויים בתהליכי התיכונן ובתקנים.

■ ביקורת פנימית בכל שלב משלבי התיכונן.

ניתנת להשגה על ידי הדרכת העובדים לבדיקה וביקורת עצמית של העבודה המתבצעת על ידיהם. כמו כן יש להרחיב את תחומי הידע של העובדים בכל הקשור לתיכונן על ידי השתלמויות מתאימות.

■ הסרת המחיצות בין הגורמים המעורבים בתהליך התיכונן.

ניתן ליישם עיקרון זה בפרוייקטים המתבצעים על ידי מספר גורמים: מתכננים-יועצים, מתאמים-מפקחים, מבצעים-קבלנים. במציאות הקיימת

הישראלית. ב-1990 פורסמה סידרת התקנים הישראלים ת"י 2000 המקבילה לתקנים הבין-לאומיים.

להלן רשימת התקנים האלה:

ת"י 1432 (ISO 8402)

איכות – הגדרות ומונחים.

ת"י 2000 (ISO 9000)

מדריך לתקני ניהול איכות ואבטחת איכות – הנחיות לבחירה ולשימוש.

ת"י 2001 (ISO 9001)

מערכות איכות – מודל לאבטחת איכות בתיכונן, בפיתוח, בייצור, בהתקנה, במתן שירות ובתחזוקה.

ת"י 2002 (ISO 9002)

מערכות איכות – מודל לאבטחת איכות בייצור ובהתקנה.

ת"י 2003 (ISO 9003)

מערכות איכות – מודל לאבטחת איכות בבחינה ובבדיקה הסופית.

ת"י 2004 (ISO 9004)

מערכות איכות – אלמנטים במערכות איכות ובניהול איכות.

לא נוכל, כמובן, לפרט כאן את הכלול בתקנים אלה, אך נציין רק שבנושא תיכונן יש להשתמש בתקנים ת"י 2001 ות"י 2004. תקן ת"י 2001 משמש מודל שבעזרתו ניתן לקיים קשרים חוזיים בין מומין לספק, במיוחד בשטח הייצור ותיכונן הקשור לייצור.

תקן ישראלי ת"י 2004 משמש הנחיה למערכות איכות וניהול איכות, והוא כולל פרק מיוחד בנושא התיכונן (פרק 8), וכן פרקים אחרים הקשורים בתיכונן, כגון: שיווק (פרק 7) ורכש (פרק 9).

תקנים אלה משמשים כבר היום בסיס להסמכה של יצרנים בענפים שונים, ביניהם יצרנים בתחום ייצור מוצרי חשמל, כגון לוחות חשמל למתח נמוך.

ההסמכה נעשית על ידי מכון התקנים הישראלי והיא משמשת הוכחה, שהיצרן מקיים בייצורו מערכות לניהול איכות ברמה הנדרשת על ידי התקנים.

יישום עקרונות ניהול איכות כוללת (ווג'ו) בתהליך התיכונן

יישום העקרונות של ניהול איכות כוללת בתהליך התיכונן כולל חמישה מרכיבים עיקריים:

גורמים בשלבי הייצור האחרונים, השיטה החדשה מבוססת על ביקורת פנימית המתבצעת בכל שלב ושלב של התהליך, תוך כדי הכנסת שיפורים מתמידים. בשיטה זו קיימת שאיפה מתמדת להקטנת הסטיות במקביל להקטנת מקדמי הביטחון וגבולות הסטייה המותרים.

התחרות חייבת להיות על האיכות ולא על הכמות, כאשר שומרים, כמובן, על הכמויות המשתכננות ועל לוח הזמנים.

יש לדאוג לשיפור היחסים בתוך הארגון על ידי:

- הדרכת עובדים
- הסרת פחדים מהעובדים
- הסרת מחיצות בין המחלקות

עקרונות אלה מטרתם ליצור ניהול חדשה בתוך הארגון על ידי הגדלת ההבנה של העובדים בנעשה בארגון, שבו הם עובדים והגברת השותפות שלהם במטרותיו.

מטרה זו ניתנת, כאמור, להשגה באמצעות הדרכה מתאימה והגברת המעורבות ונטילת אחריות על ידי כל פרט. היא מתבססת על הביטחון שמקנים לו במקום עבודתו.

את שיפור היחסים בתוך הארגון משיגים גם באמצעות הקמת צוותים משותפים ממחלקות שונות. צוותים אלה יקיימו דיונים בעניות ובדרכי ביצוע משימות. כתוצאה מכך יוסרו המחיצות בין המחלקות – מחיצות שיש להן השפעה שלילית על השגת המטרות המשותפות של הארגון.

בחירת ספקים על בסיס היכולת לעמוד בדרישות של אבטחת איכות

"ספקים" במקרה זה יכולים להיות כל הגורמים החיצוניים המספקים ציוד או שירותים בתהליך התיכונן, וזה כולל כמובן גם מתכננים ויועצים חיצוניים.

בחירת הספקים צריכה להיעשות על בסיס קריטריונים של קיום נהלים קבועים לאבטחת איכות בתוך המערכת שלהם. כדי לעמוד בקריטריונים של אבטחת איכות יש להכניס לתהליך העבודה – במקרה שלנו, לתהליך התיכונן – נהלים וסדרי עבודה קבועים.

בהכנסת נהלים אלה ניתן להיעזר במודלים לאבטחת איכות, שהוכט על ידי המכון הבין-לאומי לתקינה ISO בסידרת תקנים הנקראת ISO 9000. תקנים אלה תורגמו ואומצו על ידי מכון התקנים



חשיבות השלב הראשון – שלב התיכנון – היא מכרעת. הניסיון מראה שליקויים בשלב התיכנון לא ניתנים, לעיתים, לתיקון עד סוף חיי המיתקן, ואילו תיקונם של ליקויים אחרים כרוכה בהוצאות כספיות כבדות.

חשוב ביותר להקפיד על אבטחת איכות בכל אחד משלבי התיכנון של מיתקני החשמל – שלב הגדרת היקף התיכנון המוקדם, שלב התיכנון המוקדם, שלב התיכנון המפורט ושלב הפיקוח על הביצוע. הדרך הטובה לאבטחת איכות התיכנון היא יישום העקרונות של ניהול איכות כוללת – TQM – בתהליך התיכנון.

הצעות המבוססות על ניקוד מתאים עבור רמת הנהלים, הכלים לאבטחת האיכות והניסיון שנרכש בעבר.

ניתן להיעזר בבחירה זו גם כשיטות של הסמכה על ידי מוסד, כגון מכון התקנים, או ועדת הערכות מקצועיות אחרת.

סיכום

כדי להבטיח רמה נאותה של מיתקני חשמל יש לשים דגש על אבטחת איכות מיתקני החשמל בכל אחד משלבי החיים של המיתקנים – תיכנון, ייצור, התקנה והפעלה.

היחסים בין כל הגורמים האלה מושפעים בדרך כלל, מניגוד אינטרסים הקיימים **כביכול**. ניתן לשפר יחסים אלה על ידי יצירת אווירה של אימון והדגשת המטרות המשותפות. יש לאפשר ולעודד מגע חופשי בין כל הגורמים, כולל קבלנים, ללא חשש מניגוד אינטרסים. קשר כזה יאפשר זרימה חופשית של מידע והסקת מסקנות לשיפורים כנדרש.

■ בחירה נכונה של ספקים ונותני שירותים.

הסחיר צריך להיות רק אחד מהגורמים הקובעים את הבחירה בספק מסוים. קיימות שיטות מתקדמות של השוואת

תשלום עבור בדיקת מיתקן החשמל במבנה מגורים לפני החיבור

טבלה 1

תשלומים מירביים עבור בדיקת מיתקני חשמל כתחולה מ-1.7.92

תשלום עבור בדיקה חוזרת	תשלום עבור בדיקה ראשונה כולל עלות התקנת המונה	גודל החיבור לצרכן/מתח אספקה	
		סוג המונה וגודלו	גודל החיבור
152	210	1. בחצרים למגורים (חיבור מכל גודל)	
		2. בחצרים אחרים כאשר האספקה היא במתח נמוך.	
152	210	א. חד מופעי מכל גודל, ותלת מופעי עד 15X3 אמפר ועד בכלל	א. חיבור חד מופעי מכל גודל, וחיבור תלת מופעי עד 63X3 אמפר
		ב. תלת מופעי מעל 15X3 אמפר ועד 50X3 אמפר ועד בכלל	ב. חיבור תלת מופעי 80X3 אמפר
460	545	ג. תלת מופעי מעל 50X3 אמפר	ג. חיבור מ-100X3 אמפר ומעלה
872	957	3. כאשר האספקה לחצרים היא במתח גבוה	
לפי הוצאות חברת החשמל למעשה, אך לא פחות מ-872		לפי הוצאות חברת החשמל למעשה, אך לא פחות מ-957	
לפי הוצאות חברת החשמל למעשה		לפי הוצאות חברת החשמל למעשה	
4. כאשר האספקה לחצרים היא במתח עליון			

במרץ 1992 אישר משרד האנרגיה והתשתית עידכון של התשלומים עבור בדיקת מיתקני חשמל. תשלומים אלה לא עודכנו מאז אוקטובר 1989, וגם אז הם לא היו תשלומים ריאליים. חלק מעלות בדיקת מיתקני החשמל "סובסדה" על ידי תעריף החשמל. עידכון התשלומים נועד לצורך התאמתם לעלות הבדיקה בפועל.

יש לציין, שעידכון התשלומים תואם את המלצות הוועדה לבדיקת תעריפי החשמל – ועדת פוגל, שמונתה באוקטובר 1990 וסיימה את עבודתה בנובמבר 1991. אחת מהמלצות הוועדה היתה, שאין לבצע "סיבסוד צולב" בין סוגי החיובים והתעריפים השונים. יש לבסס כל חיוב על העלות האמיתית שלו.

כדי לא להכביד על מבקשי הבדיקות, הוחלט לעדכן את התשלומים בשלבים. תהליך עידכון התשלומים שאושר כלל שלושה שלבים:

■ עידכון ראשון בתחולה מ-1.4.92.

■ עידכון שני בתחולה מ-1.7.92.

■ עידכון שלישי בתחולה מ-1.12.92.

היום אנו בשלב האמצעי של תהליך העידכון שאושר. התשלומים המירביים עבור בדיקת מיתקני החשמל בתחולה מ-1.7.92 מפורטים בטבלה 1.



תאורה עירונית מנקודת מבט של מהנדס תחבורה

ד"ר דודן בלשה

המטרה של התקנת תאורה בדרכים עירוניות היא להגביר את רמת הבטיחות והביטחון של המשתמשים בדרך בשעות החשכה. הגברת רמת הבטיחות והביטחון פירושה הקטנת שיעור תאונות הדרכים ושיעור הפגיעה והאלימות בשעות הערב והלילה. כתוצאה מכך, המשתמש בדרך חש תחושה בטוחה, נוחה ונעימה.

המשתמשים בדרך הם: נהגים בכלי הרכב שונים, נוסעים בכלי רכב, רוכבי האופניים והחשוב מכל – הולכי רגל, המועדים בחשכה למעורבות יתר בתאונות דרכים ולסכנת אלימות. לכן, הולכי הרגל אינם חשים בנוח בשעות החשכה – הם אינם רואים, הם אינם נראים, הם מפחדים, הליכתם אינה נעימה. באופן כללי, הולכי הרגל ימעטו ללכת בדרכים חשוכות.

מאחר שתאורת דרכים היא צורך בטיחותי וביטחוני יש להתייחס אליה כחלק בלתי נפרד מהתיכנון הכולל של העיר, כסביבה פעילה, דינמית ונעימה, וכאמצעי חיוני בעיצוב חזות הרחוב העירוני.

מטרת מאמר זה להציג בעיות המתעוררות חדשות לבקרים אצל מהנדס התחבורה בעת תיכנון דרכים עירוניות והתאורה בהן, כאשר עיקר הפיתרונות חייבים להינתן על ידי מהנדסי המאור.

מערכת התאורה העירונית

מערכת התאורה העירונית היא מיתקן הנדסי מורכב, שיש עמו קשיים בהקמה הטבעיים ממיקומו בדרך.

המערכת כוללת: עמודים על יסודות, צנרת תת-קרקעית ומערכת בקרה. כל מרכיבי מערכת התאורה חייבים להיות מתואמים ומשולבים עם הדרך עצמה, אביזרים והמערכות התת-קרקעיות והעל-קרקעיות המשולבות בה. מכאן, הקמת מערכת תאורה, ובעיקר החפירות הנדרשות לצורך זה, היא מבצע הנדסי מורכב.

תחזוקת מערכת התאורה בערים מוטלת על העירייה, וכרוכה בה עבודה שוטפת של ביקוח ובקרה.

עמודי התאורה ממוקמים מחוץ לנתיבי התנועה, אך יחד עם זאת לא רחוק מהם. מכאן, בהיותם עצמים קשיחים ובלטים בשטח, הם מהווים סיכון לכלי רכב הסוטים מנתיב נסיעתם וגורם בתאונות הדרכים.

עמודי התאורה עשויים להיות מכשול במדרכה שבה הם ממוקמים. יש לזכור שהמדרכה עמוסה במכשולים נוספים – רמזורים, תמרורים, עצים, עמודי חשמל, תחנות אוטובוס, ספסלים ועוד. כל אלה, אם לא ימוקמו בצורה הולמת, יגרמו לכך שהדרך הפנויה להולך הרגל תהיה צרה, צפופה ורועה במכשולים.

ד"ר בלשה – מנהל נתיבי כרסל, חברת נתיבי איילון בנייה

לפיכך, התיכנון האופטימלי של מערכת התאורה העירונית, מנקודת מבט של מהנדס התחבורה, מטרתו להשיג רמת בטיחות וביטחון גבוהה לכל המשתמשים בדרך תוך הקטנת ההוצאות הנדרשות לשם הקמת מערכת התאורה ותחזוקתה.

היבטים בתיכנון מערכת תאורה עירונית

בתיכנון מערכת תאורה עירונית יש לקחת בחשבון את ההיבטים האלה:

- רמת ההארה.
- סיטור.
- מיקום עמודי התאורה.
- סוגי עמודי התאורה.
- יחסי גומלין בין מערכת התאורה העירונית ובין המערכות האחרות.

רמת ההארה

הקריטריונים הראשוניים לפיהם יש לתכנן מאור דרכים הם:

- רמת ההארה הנדרשת.
 - אחידות ההארה.
- כדי להשיג את רמת ההארה הנדרשת וכן את אחידות פיזור רמת ההארה יש להתייחס לגורמים הבאים:

■ בעשרים השנים האחרונות השתנו במידה משמעותית הטכנולוגיה של פנסי התאורה, שיטות החישוב ועוד, ואילו ההנחיות עדיין לא עודכנו. [ההנחיות

הקיימות לתיכנון התקנת מאור בדרכים הן משנת 1971 והן מיושנות] כלומר, קיים פער בין הדרישות של ההנחיות ובין ההתפתחות הטכנולוגיות.

■ חוסר התייחסות בדיישות ההנחיות לתיכנון מאור בדרכים, ובדרך כלל גם על ידי המתכננים, לרמת ההארה הנדרשת לפעילות הולכי הרגל. יש לזכור שהולכי הרגל הם אחד הגורמים העיקריים שבעבורם מתקיימים את מערכת התאורה העירונית.

■ הפער הקיים בין רמת ההארה המתוכננת ובין רמת ההארה בפועל.

■ השימוש שהמתכננים עושים בתוכנות מסחריות של יצרני פנסי התאורה, הגורם לקושי ביכולת להשוות ביניהן. לחלק מהתוכנות יש גם מגבלות ולא ניתן לראות את התוצאה הכוללת לאורך כל הדרך.

■ מיקום עמודי התאורה תלוי בסוג הפנסים. לפנסים של יצרנים שונים יש מאפיינים שונים. אם במכרו נבחרו פנסים אחרים מאלה שהמתכנן התכוון אליהם, הרי התיכנון חייב להשתנות. בפועל, אין מקפידים על כך בצורה מספקת, והתוצאה – רמות ההארה המתקבלות אינן הרמות המתוכננות.

■ רמות ההארה יורדות במשך הזמן עקב תכונות הפנס והלכלוך המצטבר עליו.

■ מצב האחזקה של הפנסים. ברוב הרשויות אחוז גבוה מהם אינו דולק.

■ עצמים שונים, בעיקר עצים, מסתירים את הפנסים ויוצרים צללים על הדרך. חוסר התייחסות לתופעה קיים גם בעת



לתאונות, ואם יש עליה עמוד תאורה הרכב העולה עליה מתנגש בו.

שיקולים נוספים שצריך לקחת בחשבון בעת קביעת מיקום עמודי התאורה – במיפרדה או במדרכה – הם: הצורך בהבלטת הולכי רגל, בהבלטת עצמים, בהדגשת נתיבים וכו', אך לא נרחיב עליהם את ההסבר במאמר זה.

היבטים נוספים שיש להתייחס אליהם לצורך קביעת מיקום עמודי התאורה הם:

■ קיימת משמעות בטיחותית, כלכלית ואסתטית לשילוב עמודי התאורה בעמודי הרמזורים. מאחר שבקביעת מיקום עמודי הרמזור יש נמישות מעטה ביותר, יש צורך להתאים את מיקום עמודי התאורה לעמודי הרמזור.

■ מהנדס התאורה חייב לקבל ממהנדס התנועה את מיקום עמודי הרמזור, אף בצמתים שבהם לא מתוכנן רמזור באופן מיידי. אם מתוכננים עמודי תאורה מאלומיניום יש מגבלות מסויימות לגבי אורך הזרועות של פנסי הרמזור.

■ איור 1 מציג התקנה משולבת של עמודי תאורה, רמזורים ותמרורים מוארים.



איור 1

התקנה משולבת של עמודי תאורה, רמזורים ותמרורים מוארים

אלה הם, בדרך כלל, גורם מפריע לנהג – יוצרים תאורת רקע, מושכים תשומת לב (תאורה דינמית) ואף מסנוורים לעיתים קרובות (שלטי פרסומת ותאורה של איצטדיונים). בדרך כלל, אין גורם מוסמך המודע לדברים הללו ומטפל במניעת הסינוור הנגרם מהם.

מיקום עמודי תאורה

למיקום עמודי התאורה יש השפעה ישירה על רמת ההארה. בדרך כלל, המתכנן קובע את מיקום עמודי התאורה בהתחשב ברמת ההארה הנדרשת. יחד עם זאת, בקביעת מיקום עמודי התאורה יש להתחשב גם בשתי חלופות בסיסיות:

■ מיקום עמודי תאורה בעלי פנסים כפולים במיפרדה (אי התנועה המרכזי).

■ מיקום עמודי תאורה בעלי פנס בודד בשתי שורות על שתי מדרכות.

יש מכלול סיבות ונימוקים לבחירה בכל אחת מהחלופות האלה. נציין את היתרונות שבכל אחת מהן.

יתרונות התקנת עמודי התאורה במיפרדה

■ כאמור, המדרכה עמוסה במכושולים (תמרורים, רמזורים, עמודי חשמל וטלפון, עצים, שלטי פרסומת, ספסלים, תחנות אוטובוס ועוד), ושוכחים שהיא נועדה ראשית להולכי הרגל הצריכים ללכת בה בנוחיות ובבטיחות.

■ המדרכות עמוסות לרוב גם במערכות תת־קרקעיות (טלפון, מים, ביוב, ניקוז, כבלי חשמל וטלוויזיה) וקשה להוסיף קווי תאורה ובסיסים לעמודי התאורה.

■ עצים הם גורם המסתיר את התאורה, ולפיכך מיקום עמודי התאורה צריך להיות במקום שאין עצים (אסור לסמוך על גיזום מעט לעת). לרוב העצים נטועים על המדרכה, אך לעיתים הם במיפרדה ולכן יש השלכה ישירה על התאורה.

■ תאורה במיפרדה נותנת, בדרך כלל, תחושה טובה יותר של צורת הדרך, ומדגישה טוב יותר את העקומות האופקיות.

■ תאורת במיפרדה היא לרוב זולה יותר מתאורה בשתי המדרכות.

יתרונות התקנת עמודי התאורה במדרכה

■ מיפרדה צרה היא מקום מועד

התיכונון, וגם במשך שנות הפעלת המיתקן, כאשר העצים גדלים והעצמים השונים מתרבים.

■ בדרכים רחבות, יש להתחשב בצורה שונה בחלקים שונים של החתך הרוחבי. גם בהנחיות התיכונון הדבר לא מצויין במפורש. כך, לעיתים הנתיבים המהירים מוארים פחות מהנתיבים בהם נוסעים לאט, וכך המדרכה לעתים חשוכה ולעתים מוארת בצורה מוגזמת.

■ מדרכות המופרדות מהכביש באמצעות פסי ירק או בצורה אחרת, אינן מוארות לרוב באופן מספק. התוצאה היא, שהולכי הרגל נרתעים לעבור במקומות חשוכים אלו ואף יורדים לכביש והולכים לאורכו, ובכך הם מסכנים את חייהם.

■ מעברים תת־קרקעיים להולכי רגל הם חשוכים, ובדרך כלל הציבור מפחד לעבור בהם. עוצמות ההארה שם חייבות להיות חזקות במיוחד.

סינוור

את העיקרון הפשוט, שהפנס המותקן ברחוב חייב לא לסנוור את הנהג, כבר למדו כולם בשנים האחרונות, וכבר כמעט לא רואים בערים פנסים מסנוורים.

יחד עם זאת, בעיית הסינוור עדיין לא נפתרה לחלוטין. נתייחס לבעיות אחדות:

■ ככבישים משופעים ומפותלים נוצרת לעיתים בעיית סינוור מפנסים מרוחקים יותר, מאחר שבעת התיכונון, מאפייני הדרך האלה לא נלקחו בחשבון.

■ במדרכות רחבות, או בכיכרות בסמוך לכביש, בדרך כלל, מתוכננת תאורה נוספת עבור הולכי הרגל. התאורה הייעודית עבור הולכי הרגל מותקנת על עמודים נמוכים, ופעמים רבות נורמת לסינוור של הנהגים. יש מעט מאוד דגמים של פנסים, שהתקנתם בגובה נמוך אינה יוצרת בעיית סינוור לנהג.

■ בגלל אחזקה לקויה, כיוון הפנסים עלול להשתנות, ואז הם הופכים לפנסים מסנוורים.

■ לעיתים קרובות הפנסים מסנוורים את דיירי הבתים הסמוכים. לא פעם מתקבלות תלונות מתושבים הטוענים שאור הפנס מסנוור אותם בחדר השינה.

■ בעיר יש מקורות אור שונים ומגוונים, שאינם קשורים לתאורת הדרך. מקורות



■ למרות המגמה הקיימת להפריד בין עמודי התאורה לעמודי חברת החשמל, יש להדגיש שני יתרונות בשילוב זה: חיסכון כספי וחיסכון במספר העמודים כמכשול קשיח לרכב ולהולכי הרגל.

סוגי עמודי התאורה

בעת התיכנון לקביעת סוג עמודי התאורה שיוקמו יש להתייחס לחומר ממנו עשוי העמוד (פלדה, אלומיניום, או פלסטיק) וכן לסוג החיבור של עמוד התאורה ליסוד (קשיח, שביר).

מבחינת מהנדס התנועה, חשוב שעמוד התאורה לא יהווה מכשול הגורם סיכון. כלומר, גם אם כלי רכב פוגע בעמוד התאורה, יש חשיבות לכך שהפגיעה בנוסעים הנמצאים בכלי הרכב תהיה מיוערת. כלומר, יש לשאוף שאנרגיית ההתנגשות תיבלע על ידי עמוד התאורה ולא על ידי הרכב – שעמוד התאורה ייפגע אך לא הרכב.

כדי לעמוד בדרישה זו מותחו עמודים קלים, גמישים, שבירים, מתנתקים וכיוצא בזה. המנסים לשמור על עיקרון זה. כאשר עוסקים בתיכנון מאור בדרך עירונית, הדברים מורכבים יותר.

ראשית, הולכי הרגל מהווים חלק נכבד מאוכלוסיית המשתמשים בדרך. עמודי תאורה שבירים או מתנתקים מהווים סיכון להולכי הרגל.

שנית, עמודי תאורה המתקנים ברחוב העירוני – במיפרדה או במדרכה – מופרדים מנתיב הנסיעה באמצעות אבן שפה. אבן השפה עוזרת בבלימת המכונית הסוטה, כך שעוצמת ההתנגשות עם עמוד התאורה קטנה יותר. גם מהירות הנסיעה בעיר נמוכה בהשוואה למהירות הנסיעה בדרך בין עירונית, לכן אנרגיית ההתנגשות בתאונות הקורות בעיר קטנה יותר בהשוואה לאנרגיית ההתנגשות בתאונות המתרחשות בדרכים בין עירוניות. אולם, בעיר, רוב עמודי התאורה אינם מוגנים באמצעות מעקות בטיחות, המיפרדות צרות יותר ולעיתים צרות מאוד, העיקולים חדים יותר, ויש ריבוי צמתים. לפיכך, ההסתברות לפגוע בעמוד תאורה בעיר גבוהה יותר.

לאור כל זאת קיימת התלבטות מתמדת לגבי הבחירה בסוג עמוד התאורה המתאים לרחוב עירוני, שבו קיימת פעילות של הולכי רגל. הנטייה היא להשתמש בעמודים שאינם שבירים,

בעמודים קלים (עשויים מאלומיניום) ולמקם אותם במיפרדה צרה מאוד. אולם כל הנשא הוא חייב עדיין להילמד באופן יסודי יותר.

איור 2 מציג עמודי תאורה עשויים מאלומיניום ומותקנים במיפרדה צרה, כמו כן ניתן לראות ניצול לרעה של עמודי תאורה אלה לצורך פרסומת.

יחסי גומלין בין מערכת התאורה העירונית ובין מערכות אחרות

■ מתכנן התאורה חייב לקבל ממהנדס התנועה את פרטי התיכנון הכולל של התנועה ברחוב, כדי לשלב גם מרכיבים נוספים בעת תיכנון התאורה.

■ התיכנון התנועתי כולל אפשרות לדימוז, שרצוי לקחת אותו בחשבון גם אם הוא מתוכנן לשלב מאוחר יותר, או אף אם הוא אינו ודאי. בהתייחס לאפשרות של התקנת רמזורים בעתיד, יש לקבוע את מקום הרמזור וכן להתקין מובילים להעברת כבלי הוינה בעתיד.

מרכיבים נוספים שיש לתכנן את חיבורם לרשת החשמל כוללים: תחנות אוטובוסים, תמרורים מאירים, פנסי



איור 2
עמודי תאורה מאלומיניום מותקנים על מיפרדה צרה וניצול לרעה של עמודי התאורה לפרסומת

אזהרה מהבהבים, שילוט מתחלף וכיוצא בזה. מראש והכנת מובילים מייקרת כמעט את העבודה בהווה, אך חוסכת הרבה כסף, עבודה ומטרדים בעתיד.

■ בצמתים מרומוזים מרכזיים בעיר, מומלץ לתכנן גרנטור חירום למקרה של הפסקת חשמל. גרנטור זה יכול להיות גם קשור למספר עמודי תאורה בצמות, אך אז הספקו צריך להיות גדול יותר. בכל מקרה, מתכנן החשמל חייב לקחת אפשרות זו בחשבון, ולהתאים את תיכנונו להחלטת מהנדס התנועה.

■ למרכיבי האחזקה יש משמעות כלכלית רבה. לכן, בעת בחירת הציוד יש להתייחס למרכיב זה בכובד ראש.

הנוף המתחזק (בדרך כלל, העירייה – בעיר ומעיין – בדרכים הלא-עירוניים) מעדיף שהציוד יהיה אחיד. עם זאת, בעת הוצאת מכרז, אין אפשרות חוקית, וגם לא רצוי מבחינת העלויות, להכתיב סוג ציוד מסוים. רצוי לקיים את התחרות בין החברות השונות, הן מבחינת טיב המוצר והן מבחינת עלותו. כך נוצרת סתירה מסוימת בין השאיפה לאחידות הציוד ובין הכוונה ליצור תחרות חופשית. אין לכך תשובה חד-משמעית, אך נראה שנוף גדול, כגון מעייץ או העיריות הגדולות, יכולות לתחזק ציוד של מספר חברות, בעוד שבעיריות קטנות, אחידות הציוד חשובה יותר.

■ כאשר התקנת התאורה היא חלק בלתי נפרד מביצוע כביש חדש או הרחבת דרך קיימת, הפיקוח עליה נופל לעיתים בין הכסאות.

היות שהפיקוח על כל הפרוייקט הוא באחריותו של מהנדס אורחי, הוא משמש גם המפקח על מערכת התאורה, אם כי אין זו מוטחיותו. לכן, מתכנן התאורה, שהוא גם המפקח העליון, חייב להיות מעורב יותר בפרוייקט בעת ביצועו, לראות עצמו אחראי לביצוע ולסייע למפקח האחר.

סיכום

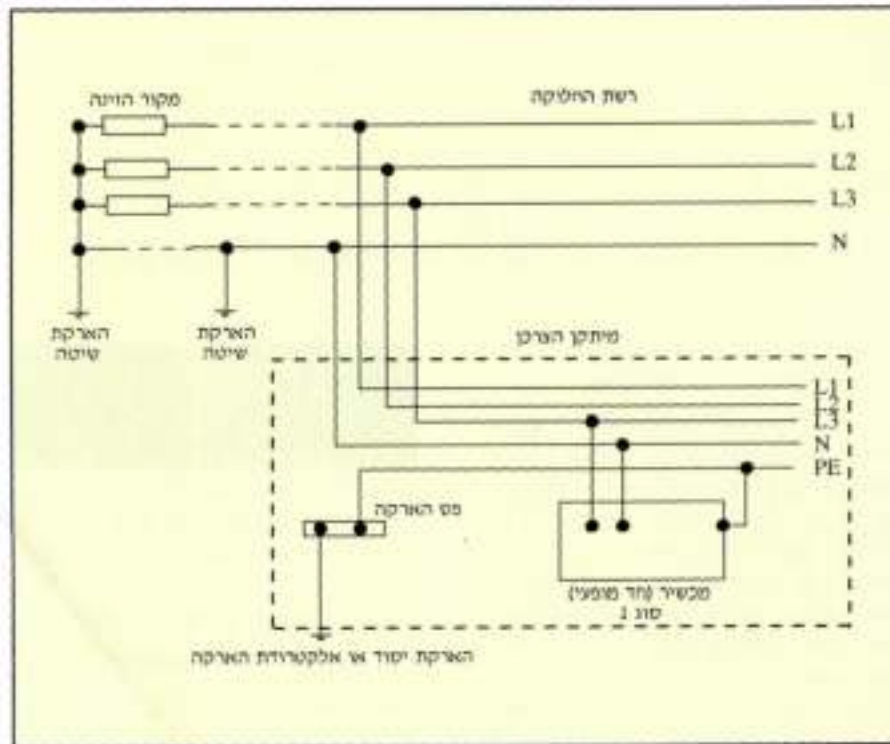
מהנדס התאורה בפרוייקטים תחבורתיים עירוניים חייב לעבוד יחד עם מהנדס התנועה בעת התיכנון ועם המפקח בעת הביצוע, כדי שתתקבל מערכת תאורה טובה, יעילה ובטוחה.



עכבת לולאת התקלה במיתקני חשמל

אינני אייל גבאי

- עכבת לולאת התקלה במיתקן חשמל היא בעלת חשיבות רבה בהיותה אחד המדדים המצביעים על איכותו של מעגל ההארקה בכללותו, מבחינת ההגנה בפני חישובול.
- בחירה במבטח המתאים להגנה בפני חישובול, במיתקנים המוגנים בשיטת הארקה הגנה (TT), ובמיתקנים המוגנים בשיטת האיפוס (TN-C-S) מבוססת על הערך הנמדד של עכבת לולאת התקלה במיתקן החשמל.
- מאמר זה סוקר את נושא לולאת התקלה תוך התייחסות לנקודות הבאות:
 - מסלול הזרם הזורם בלולאת התקלה, במיתקנים המוגנים בפני חישובול בשיטות השונות.
 - עקרון מדידת עכבת לולאת התקלה ואופן ביצוע המדידה.
 - שימוש בתוצאות מדידה של עכבת לולאת התקלה לצורך בחירת המבטח המתאים.



איור מס' 1
לולאת התקלה במיתקן המוגן בפני חישובול בשיטת הארקה הגנה (TT)

פוטנציאלים (פה"פ), מוליך האיפוס וחזרה למקור הוינה. חלק מזרם התקלה זורם מפה"פ דרך הארקה היסוד, האדמה, הארקה השיטה וחזרה אל מקור הוינה. זרם זה הוא זרם קטן מאוד, כיוון שההתנגדות החשמלית של מסלול זה גבוהה בהרבה מההתנגדות החשמלית של המסלול המכיל את מוליך האיפוס, לכן זרם זה ניתן בדרך כלל להזנחה.

לולאת התקלה במיתקן המוגן בפני חישובול בשיטת האיפוס (TN-C-S)

איור 2 מתאר את המסלול שבו זורם זרם התקלה, במיתקן המוגן בפני חישובול בשיטת האיפוס. במקרה זה, רוב זרם התקלה זורם במסלול מתכתי לכל אורך המסלול החל ממקור הוינה דרך המכשיר הפגום, פס ההארקה, פס השוואת

לולאת התקלה

בתקנות החשמל (הארקות והגנה בפני חישובול) במתח עד 1,000 וולט, התשנ"א-1991, ק"ת 5375, לולאת התקלה מוגדרת באופן הבא:

"לולאת התקלה" – מסלול זרם התקלה ממקור הוינה, דרך מוליכי הוינה, מוליכי הארקה ומוליכי PEN, אלקטרוידת הארקה המסת הכללית של האדמה, הארקה השיטה של מקור הוינה, כולם או מקצתם, מחוברים בסדר או במקביל, שדרו עובר זרם התקלה או זרם הדליף.

קיים שוני בין לולאת התקלה במיתקן המוגן בפני חישובול בשיטת הארקה הגנה (TT), ובין מיתקן המוגן בפני חישובול בשיטת האיפוס (TN-C-S).

לולאת התקלה במיתקן המוגן בפני חישובול בשיטת הארקה הגנה (TT)

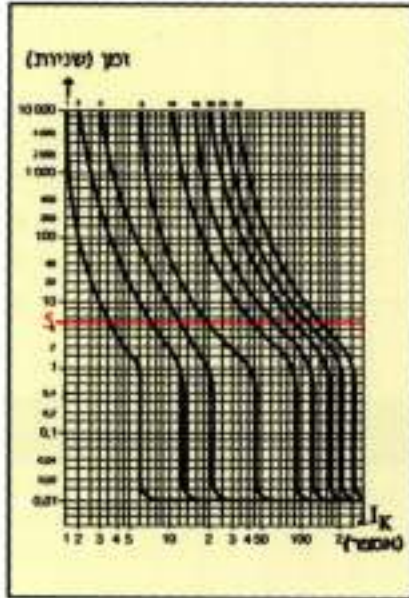
איור 1 מתאר את המסלול שבו זורם זרם התקלה, החל ממקור הוינה (שנאי), דרך המעגל ודרך המכשיר הפגום חזרה למקור הוינה, במיתקן המוגן בפני חישובול בשיטת הארקה הגנה. יש לשים לב שבקטע מסוים במסלול, הזרם זורם דרך האדמה. זהו הקטע בעל ההתנגדות הגבוהה בלולאת התקלה במקרה זה.

אי גבאי – המחלקה ליעוץ הארחה, אגף השיקוף והבטיחות, חברת החשמל



לדוגמה:

נתבונן באופייניים של מא"זים מדגם מסוים בעלי אופיין G (איור 3).



איור 3

אופייניים של מא"זים בעלי אופיין G

בהתאם לזרם הנקוב (I_n) של המא"ז או בוחרים את העקומה המתאימה, מהעקומה מקבלים את זרם הקצר המזערי (I_k) המתקבל עבור $t = 5$ שניות.

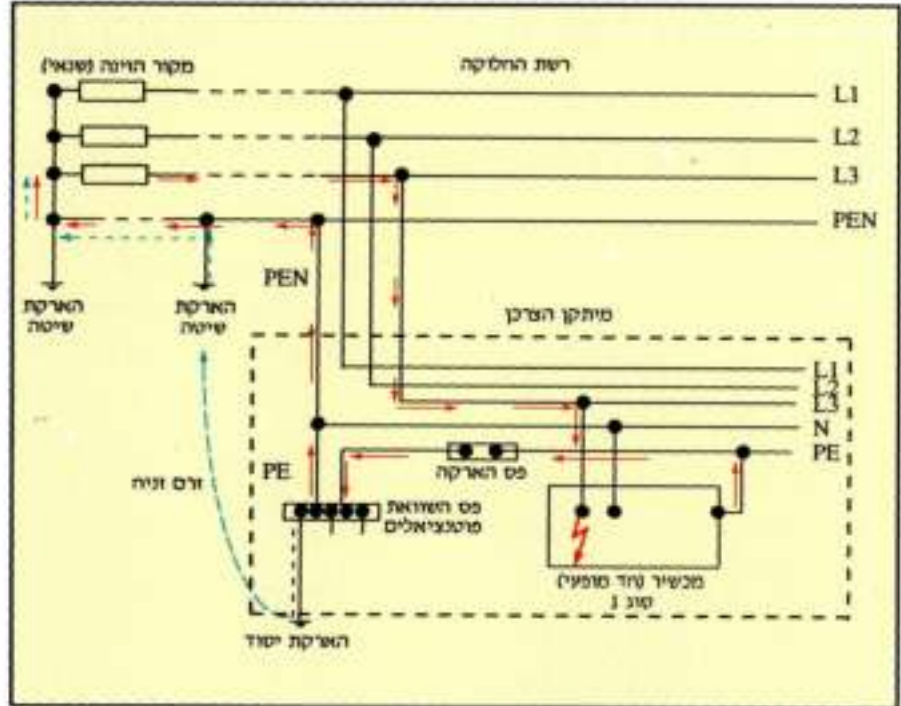
עכבת לולאת התקלה תחושב על פי הנוסחה:

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

טבלה 1 מציגה את תוצאות החישוב עבור שני ערכים של זרם נקוב (I_n).

טבלה 1
תוצאות החישוב של עכבת לולאת התקלה

זרם הנקוב של המא"ז (I_n) [אמפר]	זרם קצר מזערי (I_k) [אמפר]	עכבת לולאת התקלה (Z_s) [אוהם]
16	60	3.8
25	100	2.3



איור מס' 2

לולאת התקלה במיתקן המוגן בפני חישוב בשיטת האיפוס (TN-C-S)

Z_s – עכבת לולאת התקלה המידרית המאפשרת היווצרות זרם I_k במתח 230 וולט

כאשר ההגנה על מיתקנים חשמליים מבוצעת על ידי נתיכים בעלי אופיין gL או על ידי מא"זים בעלי אופיין L העומדים בתי 745, יש אפשרות להשתמש בטבלה המופיעה בתקנות החשמל (הארקות ואמצעי הגנה בפני חישוב במתח עד 1,000 וולט), התשנ"א-1991, סעיף 42 ולקבל ממנה, עבור כל זרם נקוב של המבטח (I_n), את ערך העכבה (Z_s) המתאים ואת ערכו של זרם הקצר המזערי (I_k), כך שבמקרה של קצר לאדם, זמן ניתוק הזרם במעגל החשמלי לא יעלה על 5 שניות.

כאשר בוחרים מבטחים אחרים, כלומר נתיכים בעלי אופיין השונה מ-gL או מא"זים בעלי אופיין השונה מ-L, אין אפשרות להשתמש בערכים בטבלה שהוצגה.

במקרים אלה יש צורך להשתמש באופייניים הספציפיים של המבטחים, כדי לוודא שהזרם המזערי הגורם להפעלת המבטח אכן יגרום לניתוק הזינה תוך פחות מ-5 שניות.

העכבה המירבית המותרת של לולאת התקלה

העכבה המירבית המותרת של לולאת התקלה תלויה בסוג אמצעי ההגנה בפני חישוב המגן על מיתקן החשמל.

מיתקן המוגן בשיטת הארקה הגנה או בשיטת האיפוס

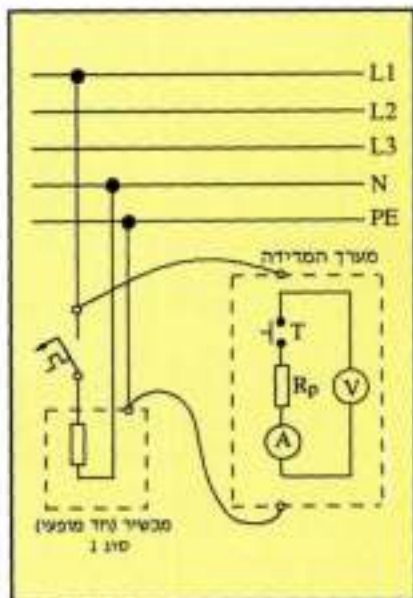
העכבה המירבית המותרת של לולאת התקלה במיתקן המוגן בשיטת הארקה הגנה או בשיטת האיפוס חייבת להיות כזו, שבעת קצר בין מופע להארקה, יזרום במעגל זרם קצר בעוצמה כזו שיגרום לניתוק המבטח תוך 5 שניות לכל היותר.

הקשר שבין עכבת הלולאה המותרת לזרם הקצר נתון בנוסחה הבאה:

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

כאשר:

I_k – זרם קצר מזערי הגורם להפעלת המבטח תוך 5 שניות



איור 4
חיבור מערך המדידה לצורך מדידת עכבת לולאת התקלה



איור 5
מעגל תמורה של חיבור מערך המדידה לצורך מדידת עכבת לולאת התקלה

כאשר משתמשים במפסק מגן כהגנה בלעדית, התנגדות ההארקה גבוהה מאוד, וקשה למדוד אותה במדויק. במקרים אלה, פשוט יותר לבצע את המדידות הנדרשות לצורך בדיקת העמידה בתנאי עכבת לולאת התקלה.

מדידת עכבת לולאת התקלה

עכבת לולאת התקלה נמדדת על ידי מכשיר הנקרא מד עכבת לולאת התקלה (Loop Tester).

עקרון המדידה

איור 4 מציג תרשים סכמטי של חיבור מערך המדידה לצורך מדידת עכבת לולאת התקלה. איור 5 מציג את מעגל התמורה של חיבור מערך המדידה המוצג באיור 4.

מערך המדידה כולל: לחצן בדיקה (T), נגד בעל התנגדות ידועה (R_p) ומד זרם (A), המחוברים בטור ובמקביל אליהם מחוברים מד מתח (V).

לצורך מדידת עכבת לולאת התקלה, יש לחבר את מערך המדידה בין מוליך המופע ובין מוליך ההארקה. מיתקן הצריכה צריך להיות מנותק מהרשת.

ביצוע המדידה

■ לחצן הבדיקה (T) מתח המתח הנמדד כמד המתח (V) הוא מתח המקור המופיע בין מוליך המופע ובין מוליך ההארקה (U_E). ערכו של מתח זה הוא בקירוב 230 וולט. במקרה זה ערכו של הזרם הנמדד (I) הוא אפס.

■ לחצן הבדיקה (T) סגור המתח הנמדד כמד המתח (V) הוא המתח המופיע על פני נגד המדידה (U_p). במקרה זה הזרם הנמדד (I) על-ידי מד הזרם (A) הוא הזרם הזורם דרך עכבת לולאת התקלה (Z_s) ודרך נגד מדידה בעל התנגדות ידועה (R_p).

עכבת לולאת התקלה (Z_s) כוללת התנגדות (R_s) והינב השראי (X_s). הקשר הווקטורי ביניהם נתון על ידי הביטוי:

$$\overline{Z_s} = \overline{R_s} + j\overline{X_s}$$

איור 6 מציג תרשים וקטורי של הזרם והמתחים במעגל מדידת עכבת לולאת התקלה, כאשר:

\overline{U} – המתח המתקבל כאשר מבצעים הפרש וקטורי בין $\overline{U_E}$ ל- $\overline{U_p}$

$$\overline{U} = \overline{U_E} - \overline{U_p}$$

מיתקן המוגן באמצעות מפסק מגן הפועל בזרם דלף

מיתקן חשמלי, שבו ההגנה הבלעדית בפני חישמול היא באמצעות מפסק מגן הפועל בזרם דלף לאדמה, צריך לקיים את אחת משתי הדרישות האלה:

דרישה 1

עכבת לולאת התקלה מספיק נמוכה, כך שבעת חיבור בין מופע להארקה יתפתח זרם קצר הגדול פי עשרה לפחות מזרם הדלף הנקוב, המפעיל את מפסק המגן.

דוגמה:

עבור מפסק מגן בעל זרם דלף נקוב של 30 מיליאמפר ($I_D = 30 \text{ mA} = 0.03 \text{ A}$), הערך המינימום המותר של עכבת לולאת התקלה המותר יהיה:

$$Z_s = \frac{U_N}{10 \cdot I_D} = \frac{230}{0.3} = 766.6 \Omega$$

דרישה 2

התנגדות בין האלקטרודה של המיתקן ובין המסה הכללית של האדמה (R_E) תקיים את אי השיוויון:

$$R_E < \frac{U}{I_D}$$

כאשר:

U – מתח בין מופע לאדמה
 I_D – זרם הדלף הנקוב המפעיל את מפסק המגן (אמפר)

המתח בין מופע לאדמה (U) הוא מתח המגע המינימום המותר שאיט מסוכן, וערכו הם:

- 50 וולט – במיתקני חשמל רגילים.
- 24 וולט – במיתקני חשמל שבהם קיימת סכנה מוגברת, כגון: מיתקני חשמל בחצרים רפואיים ומיתקני חשמל בחצרים חקלאיים.

דוגמה:

עבור מפסק המגן, שנבחר בדוגמה הקודמת, ההתנגדות R_E המירבית המותרת היא:

■ במיתקני חשמל רגילים ($U = 50$ וולט):

$$R_E = \frac{50}{0.03} = 1,666 \Omega$$

■ במיתקני חשמל בחצרים שבהם קיימת סכנה מוגברת ($U = 24$ וולט):

$$R_E = \frac{24}{0.03} = 800 \Omega$$



בדרך כלל קיימים שני תחומי מדידה:

- תחום המתאים, בעיקר, למיתקנים המוגנים בשיטת הארקת הגנה (TT). במיתקנים מסוג זה מצפים שערך עכבת לולאת תקלה יהיה גבוה: מאותמים ספורים עד כמה עשרות אהמים.

- תחום המתאים, בעיקר, למיתקנים המוגנים בשיטת האיפוס (TN-C-S). במיתקנים כאלה מצפים שערך עכבת לולאת תקלה יהיה נמוך: מחלקי אהם עד אהמים ספורים.

בעת ביצוע המדידות באמצעות מד עכבת לולאת תקלה, יש לשים לב לפרטים הבאים:

- המדידה אורכת שניות ספורות, אשר בסיומן מופיעה קריאת עכבת לולאה התקלה על התצוגה. אין להתייחס לקריאות האקראיות המופיעות על התצוגה במהלך המדידה.

- ביצוע מספר רב של מדידות רצופות גורם לחימום המכשיר. למכשיר יש מנגנון הגנה פנימי המנטק אותו ממעל המדידה במקרה של חימום יתר.



איור 7

דגמים של מד עכבת לולאת התקלה

מדויקות ויקרות יותר לצורך מדידה מדויקת של עכבת לולאת התקלה.

במערכות הזנה באמצעות כבלים עם מוליכי אלומיניום ושטח חתך עד 120 ממ"ר, במערכות הזנה עיליות עם מוליכי נחושת בשטח חתך עד 35 ממ"ר, או עם מוליכי אלומיניום בשטח חתך עד 50 ממ"ר, ההפרש בין ערכה של עכבת לולאת התקלה Z_s ובין הערך המקורב של עכבת לולאת התקלה Z_e קטן מ-10%.

מכיוון שהערך המקורב של עכבת לולאת התקלה Z_e המתקבל באמצעות מכשיר המדידה, קטן במעט מהערך המדויק Z_s (מקבלים שזרם הקצר I_k המחושב על פי הנסחה

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

קטן מזרם הקצר I_k המחושב על פי הנסחה

$$I_k = \frac{230}{Z_e}$$

אי דיוק זה יש לקחת בחשבון כאשר בוחרים באמצעי הגנה על בסיס זרם הקצר המחושב, במיוחד במקרה שהצרכן נמצא קרוב לשנאי.

מד עכבת לולאת התקלה (Loop Tester)

חברות שונות מייצרות מכשירים למדידת עכבת לולאת התקלה. באיור 7 מוצגים דגמים אחדים של מד עכבת לולאת התקלה.

במכשירים השונים יש נורות המספקות חייווי לגבי נכונות החיבורים של המכשיר הנבדק לשת החשמל.

בעת חיבור מכשיר המדידה למכשיר הנבדק, יש לוודא את תקינות החיווט של המכשיר הנבדק, כלומר, יש לוודא ששתי הנורות המהוות חייווי לחיווט נכונ דולקות. אפשר להתחיל בביצוע המדידה רק לאחר שהתקבל חייווי לחיווט תקין.

הפעלת מכשיר המדידה גורמת להזנה של טריסטור או אמצעי מיתוג אחר, המאפשר חיבור של נגד המדידה (R_p) בין המופע להארקה למשך פרק זמן שאורכו 30-50 מילישניות.

נגד המדידה הוא בעל ערך ידוע (10Ω, 100Ω או 1000Ω) תלוי בתחום המדידה הנבחר. בחירת תחום המדידה קובעת איפוא את ערכו של נגד המדידה.

ΔU – המתח המתקבל כאשר מבצעים הפרש סקלרי בין U_E ל- U_p

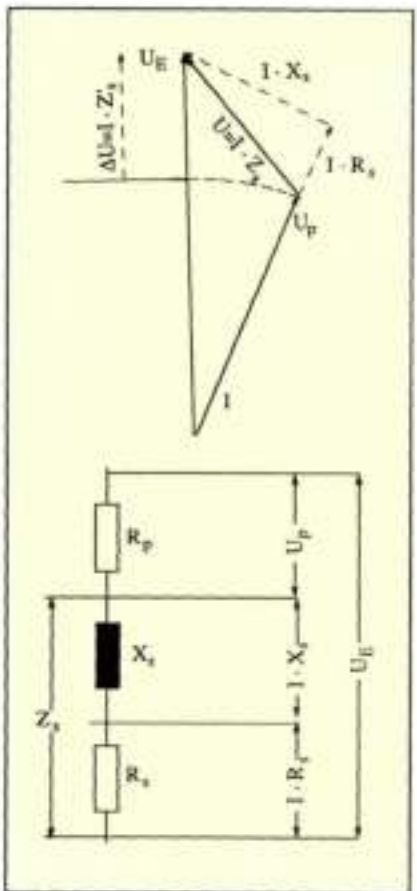
$$\Delta U = U_E - U_p$$

Z_s – ערך מדויק של עכבת לולאת התקלה. ערך זה מתקבל כאשר מבצעים חלוקה בין הגודל של ΔU ובין הזרם I .

Z_e – ערך מקורב של עכבת לולאת התקלה. ערך זה מתקבל כאשר מבצעים חלוקה בין ΔU ובין הזרם I .

המכשירים המקובלים המודדים את עכבת לולאת התקלה מודדים למעשה את ההפרש הסקלרי בין U_E ל- U_p . לכן הערך המתקבל הוא Z_e .

בדרך כלל, ההפרש בין Z_s ל- Z_e קטן מאוד. לכן ניתן להתייחס לערך הנמדד באמצעות מד עכבת לולאת התקלה כאל הערך של עכבת לולאת התקלה. במקרים מסוימים, כאשר ערך ההיגב ההשראי X_s גדול, תופעה המתרחשת בקרבת שנאי או גרנטור, ניתן להשתמש בשיטות מדידה



איור 6

תרשים סכמטי של מעגל המדידה



סיכום

שימוש במד עכבת לולאת תקלה ייעשה רק בידי אדם מיומן, היודע לתפעל את המכשיר. יש להקפיד על הפעלת המכשיר בהתאם להוראות היצרן כדי למנוע נזקים למיתקן החשמל ולמכשיר המדידה, וכדי להבטיח את בטיחותו של מפעיל המכשיר.

קיימת חשיבות רבה לעכבת לולאת התקלה, כי שרץ זה נותן לנו חייווי לגבי איכות מעגל ההארקה כולו, ומאפשר לנו להעריך את זרם הקצר הצפוי במעגל ובכך לקבוע את המבטח המתאים לשימוש במעגל.

לאחר שמד עכבת לולאת התקלה הגיע למצב של חימום יתר ניתן להמשיך בביצוע הבדיקות רק לאחר שיתקרר.

יש להשתמש בכבלי החיבור המסופקים על-ידי יצרן המכשיר, כיוון שהמכשיר מכויל על-פי כבלים אלה. שימוש בכבלים אחרים עלול לפגום בדיוק המדידה.

שימו לב:

במיתקן חשמל, שמותקן בו מפסק מגן הפועל בזרם דלף לאדמה – לעיתים, כדי למדוד את עכבת לולאת התקלה, יש צורך לגשר את מפסק המגן, מכיוון שמד עכבת לולאת התקלה עלול לגרום לזרם דלף שערכו קרוב לערך זרם ההפעלה של מפסק המגן.

במקרה זה, אם מפסק המגן לא יהיה מגושר, הוא "יקפוץ" ויגרום לניתוק אספקת החשמל למיתקן, וכך לא יתאפשר ביצוע המדידה.

מדידת עכבת לולאת התקלה בבית תקע

מדידת עכבת לולאת התקלה המבוצעת בבתי תקע היא חלק מבדיקת עכבת לולאת התקלה במיתקן החשמל.

איור 8 מתאר את האופן שבו מחובר מד עכבת לולאת תקלה לבית תקע נבדק.

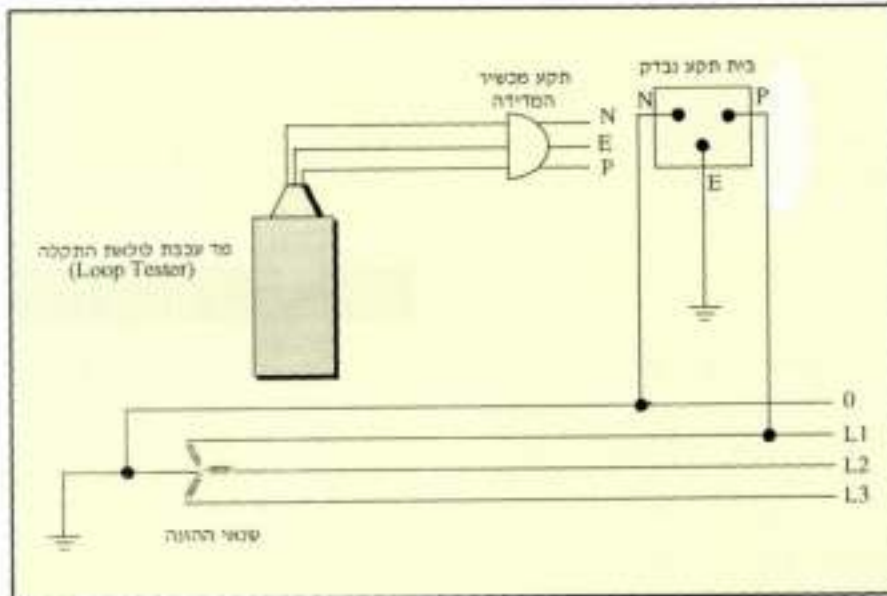
כאשר יש צורך לבדוק מספר רב של בתי תקע, יש לבחור את התחום המתאים במכשיר המדידה, ולאחר מכן לעבור עם מד עכבת לולאת התקלה מבית תקע אחד לבית תקע אחר.

מדידת עכבת לולאת התקלה במכשיר תלת מופעי

בעת ביצוע מדידה של עכבת לולאת התקלה במכשיר תלת מופעי, על המכשיר להיות מופסק. לכן, אם כי המפסק הראשי של המכשיר מחובר, המגענים צריכים להיות פתוחים.

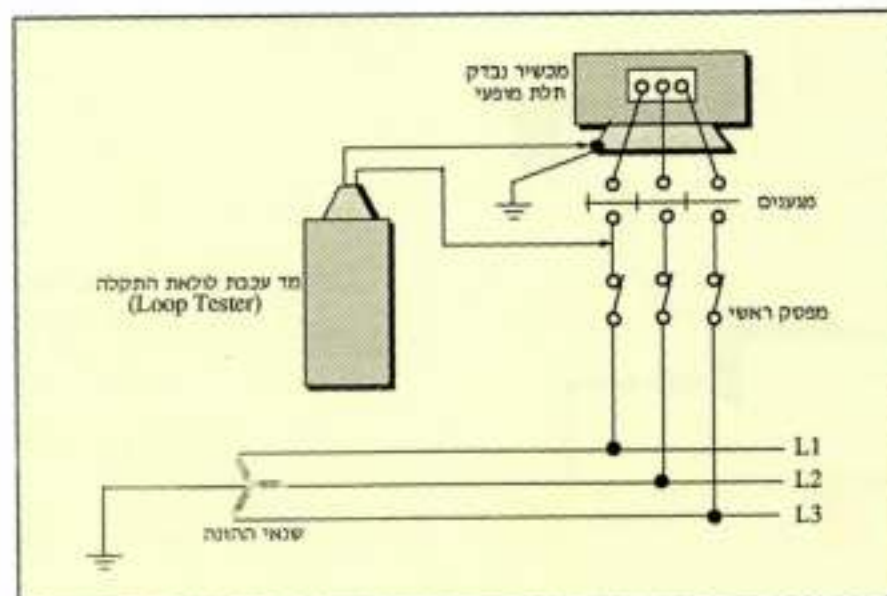
בעת ביצוע המדידה יש לבצע שלוש בדיקות נפרדות – אחת עבור כל מופע.

איור 9 מתאר את האופן שבו יש לחבר את מד עכבת לולאת התקלה למכשיר תלת מופעי לצורך מדידת עכבת לולאת התקלה.



איור 8

תרשים מערך המדידה של עכבת לולאת התקלה בבית תקע



איור 9

תרשים מערך המדידה של עכבת לולאת התקלה במכשיר תלת מופעי



בית-הספר לרשת, חל"ב ורת"ק בחברת החשמל

אינני שואל שמואל

מערכת ההדרכה של חברת החשמל נכנסה לעידן חדש בשנת 1986, עם תחילת פעילותו של בית-הספר לרשת, חל"ב (חיבורים לבתים – חל"ב) ורת"ק (רשת תת-קרקעית – רת"ק), אשר גרם לשינויים מרחיקי לכת בתחומים נרחבים.

בית-הספר מכשיר עובדים טכניים מכל קצות הארץ במיגוון רחב של מקצועות טכניים הקשורים לייעודו של בית-הספר. הוא מלווה אותם מרגע כניסתם לעבודה בחברת החשמל (קורס לעובדים חדשים) ועד הגיעם לתפקידי פיקוד בכירים (קורס מנהלי עבודה). בית-ספר זה הוא אחד מארבעת בתי-הספר במחלקת ההדרכה של חברת החשמל.

בית-הספר ממוקם בכפר המכביה שברמת גן, והוא כולל כיתות לימוד, מעבדות משוכללות, מיתקני הדרכה וחדרי מגורים (הלימודים במרבית הקורסים מתקיימים בתאי פנימיה).

בבית-הספר נערכים לאורחים סיורים מקצועיים המודרכים על-ידי צוות ההדרכה של בית-הספר. באמצעות סיורים אלו, בית-הספר תורם להרחבת הידע המקצועי של תלמידי בתי-הספר המקצועיים במגמות חשמל ועובדי מפעלים העוסקים בעבודות חשמל. משך הביקור כשלוש שעות. את הביקורים יש לתאם מראש בטלפון 03-715715.

סוגי הקורסים

הקורסים בבית הספר מיועדים להכשיר את העובד החל מקבלתו לעבודה. לפיכך גם רמת הקורסים השונים משתנה. הרמה הבסיסית ביותר היא של קורסים שמטרתם להכשיר עובד חדש, והגבוהה ביותר היא זו של קורסים שמטרתם להכשיר מנהלי עבודה. קבלת העובדים לקורס מתקדם יותר מותנית בכך, שהעובד עבר קורס קודם בהצלחה. איור מס' 1 מציג באופן סכמטי את מסלול הכשרת עובדי המחוזות.

בטיחות בעבודה, הארקות והגנות ועבודות הרמה.

מקצועות בתחום מינהל ואירגון העבודה

הרצאות מקצועיות הניתנות על-ידי עובדי חברת החשמל המתמחים בנושאים יעודיים בתחומי מינהל ואירגון העבודה. ההרצאות מועברות במסגרת קורסים המנוהלים על-ידי צוות רכזים. כמו כן מתקיימים סיורי הדרכה מקצועיים במיתקני החברה השונים: תחנות כוח, תחנות משנה ויחידות הפיקוח.

ייעוד בית-הספר

היעדים המרכזיים שעמדו בפניו מקימי בית-הספר והובילו את הנהלת חברת החשמל להשקעה ולפיתוח בקצב מהיר הם:

- הקניית ידע במקצועות החשמל בתחום התיאורטי והמעשי בהתאם להתפתחות הטכנולוגית בשיטות העבודה.
- הכשרת עובד חדש המתקבל לעבודה בחברת החשמל בתחומי רשת, חל"ב ורת"ק.
- איחוד, תיאום ועידכון שיטות העבודה בכל המחוזות.

נושאי הלימוד בקורסים

נושאי הקורסים מקיפים קשת רחבה של נושאים מקצועיים, נושאים הנלמדים בקורסים מקיפים:

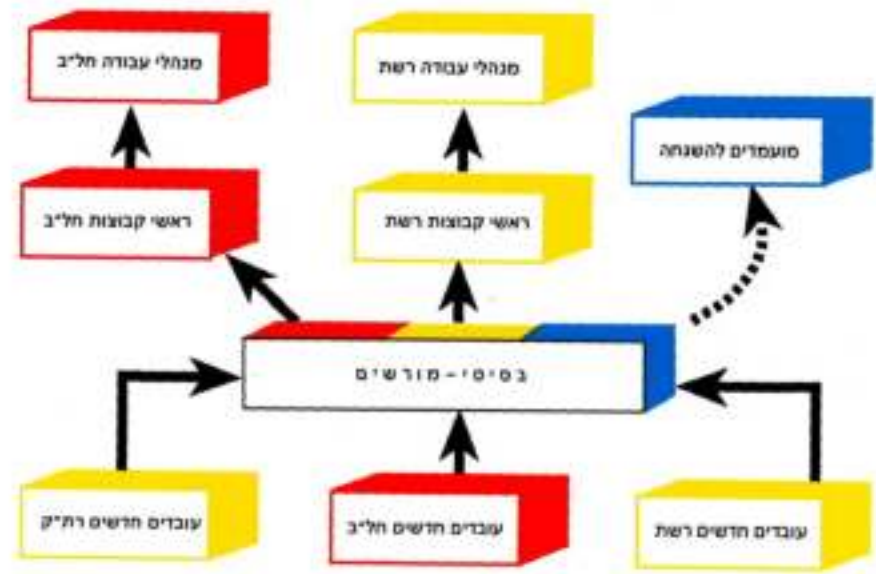
- מקצועות כלליים.
- מקצועות עיקריים.
- מקצועות בתחום מינהל ואירגון העבודה.

מקצועות כלליים

מטרתם להקנות ידע כללי בנושאים: מתמטיקה, פיזיקה, מכניקה, תורת החשמל, תורת החומרים וכו'.

מקצועות עיקריים

מטרתם להקנות ידע בנושאים הבאים: מבנה ותכנון רשתות, עבודות רשת ותחזוקה, תפעול הרשת, ביסוס עמודים, חיבורים לבתים,



איור 2
תיאור סכמטי של מסלול הכשרת עובדי המחוזות

ש' שמואל – בית-הספר לרשת, חל"ב ורת"ק, אגף כוח אדם, חברת החשמל



- המשמעות של מערכת לחיבור חוזר ויתרונית.
- חיבורי שאים במקביל לתחת המשנה.
- מה קורה כשנאי מועמס מעל המותר.



איור 2
מיתקן הדרכה לעבודה מעשית ברשת

עזרי לימוד

לשם המחשת רוב נושאי הלימוד התיאורטיים המעברים על-ידי צוות ההדרכה של בית-הספר הותקנו בבית הספר ארבעה דמויים ייחודים מבוקרי מחשב.

- דמיין העברת אנרגיה.
- דמיין רשת מתח נמוך.
- דמיין חליב.
- תא לניסויים במתח גבוה.

דמיין העברת אנרגיה

מרכיבי דמיין העברת אנרגיה (איור 3) הם:

- תחנות כוח.
- תחנת משנה ומיתוב.
- קווי מתח עליון וגבוה.
- הדמיין מאפשר להמחיש:
- כיצד הפיקוח על העומס של חברת החשמל דואג להתאמת כושר הייצור ביחס לשיטויים בצריכה בכל עת.
- כיצד מעלת מערכת השלז עומס.

קורס לעובדים חדשים

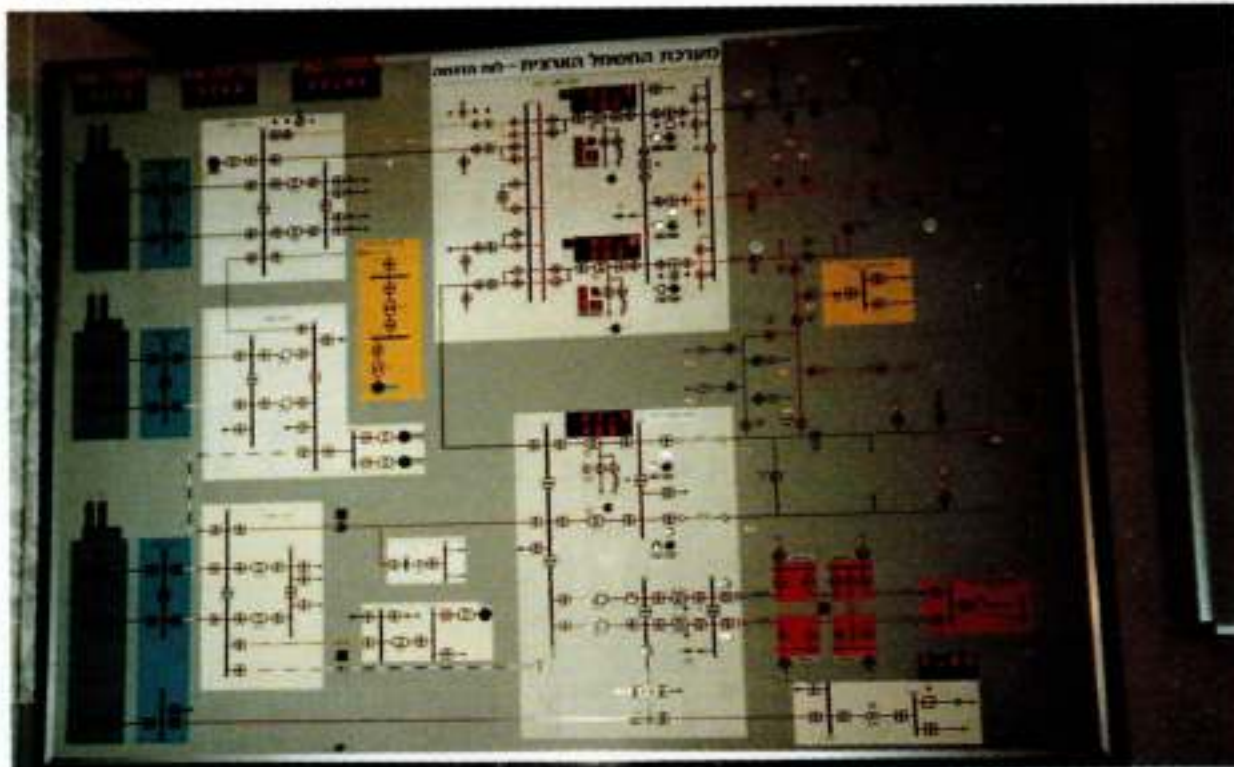
השינוי באופן קבלת העובדים לחברה בא לידי ביטוי בקורס המיועד להכשיר עובדים חדשים. העובדים מגיעים לבת-הספר לאחר שנבחנו בבחינות פסיכומטריות. הקורס נמשך חמישה שבועות, כאשר חלקו הניכר (כ-70 אחוז) מוקדש לעבודה מעשית במיתקן ההדרכה (איור 2) וחלקו האחר מוקדש להרצאות תיאורטיות בכיתה.

קורסים והשתלמויות לשיפור אמינות האספקה

לשם הגברת אמינות האספקה ומגיעות סבל מהצרכנים הוכשרו עובדי החליב בקורסים לעמ"ח (עבודה במתח חי). כיום עבודות החיבורים לבתים מתבצעות ללא הפסקת מתח.

כמו כן נערכים בבית הספר השתלמויות בתחומים שונים המיועדות להקניים ידע עדכני בנושאים כגון:

- החלפת נתיכים.
- חיבור מונים.
- הפעלת ענודנים.



איור 3
דמיין העברת אנרגיה



דמיין רשת מתח נמוך

מדמה רשת מתח נמוך החל מתחנת השנאה ועד לבית הצרכן (איור 4).

הדמיין ממחיש ומתאר את המתחים והזרמים שברשת מתח נמוך ומציג אירועים אופייניים לה, כגון:

- קצרים מסוגים שונים.
- מפלי מתח ברשת בהתאם לעומס.
- תקלות אופייניות אחרות.

דמיין חל"ב

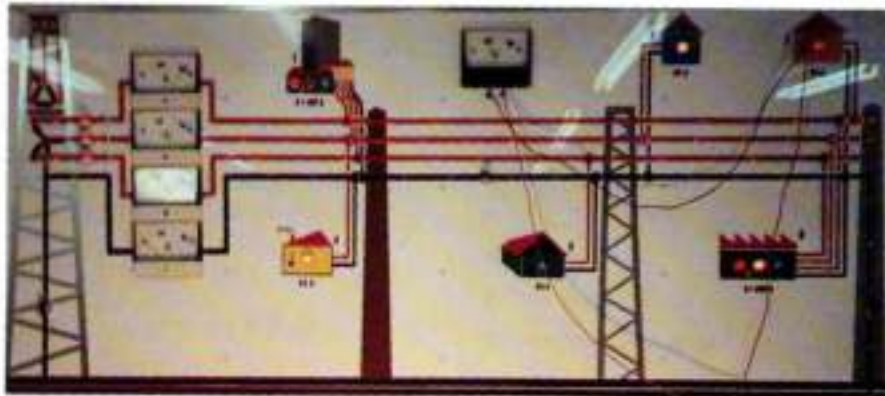
מדמה חיבורים לבתים החל מקווי מתח נמוך ועד למעגלים הביתיים (איור 5).

הדמיין מתאר בית דירות שבו שש דירות מגורים המחוברות בצורות שונות: חיבור חד-טופעי וחיבור תלת-טופעי.

הדמיין ממחיש תופעות הקשורות להארקות, להננות כפני זרמי יתר וזרמי קצר, להסדרת נתיבים, לסלקטיביות, לתקלות של חוסר אספ ולחישמולים.

תא לניסויים במתח גבוה

תא לניסויים במתח גבוה עד 5kV (איור 6), מאפשר להדגים את התופעות הבאות:



איור 4
דמיין רשת מתח נמוך

- התגוננות בפני פגיעת ברקים ברשת החשמל.
- חשיבות שמירת מכוני הרשת כך שיהיו נקיים מאבק.
- השפעת ההשראה החשמלית על הסביבה.
- השפעת שפך מזהם בבנוף השנאי.
- תקלות נוספות.

באמצעות ניסויים בתא באה לידי ביטוי החשיבות הרבה של אחזקת הציוד והמיתקנים בחברת החשמל במצב תקין.



איור 6
תא לניסויים במתח גבוה

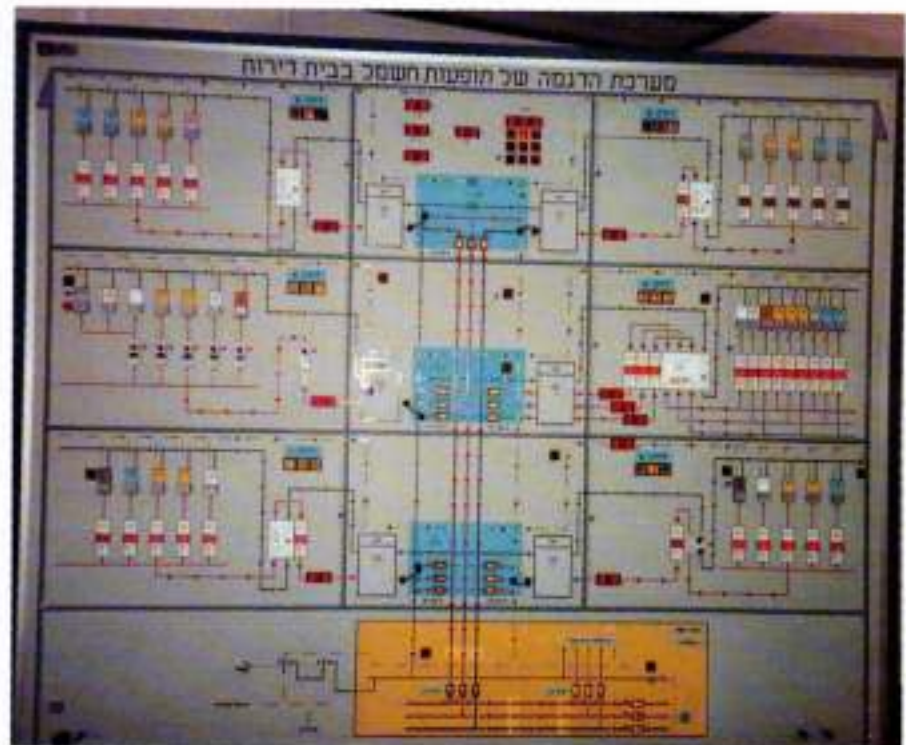
מיתקן הדרכה

מתקן הדרכה (איור 7), בנוי על שטח של כארבעה דונם, במיתקן זה מתרגלים התניכים בתנאי שדה, הלכה למעשה, בניית רשתות וחיבורים מכל הסוגים (מתח נמוך, מתח גבוה ומתח עליון).

במיתקן קיימים כל סוגי העמודים וצורת הרשתות, כל סוגי השנאים, הקיימים למעשה בחברת החשמל וכן מיתקנים לתירגול בעבודות רתיק, עמיה, ועבודות חלי"ב.

הרשתות בטיות כשני אופנים

- בנובה נמוך – לתירגול ראשוני
- בנובה אמיתי – לתרגול מעשי.



איור 5
דמיין חל"ב



הכנס המקצועי השנתי ה-9 של העוסקים בתחום החשמל בישראל

הכנס המקצועי השנתי ה-9 של העוסקים בתחום החשמל בישראל התקיים ביום שלישי, 12.5.92, במרכז הקונגרסים שבגני התערוכה בתל-אביב. כנס זה מהווה גולת הכותרת של פעילות ההסברה וההדרכה של חברת החשמל בקרב ציבור אנשי מקצוע החשמל בישראל. בכנס השתתמו כ-1,600 איש מכל חלקי הארץ ומכל מינון העיסוקים והרמות המקצועיות: אנשי אקדמיה מהאוניברסיטאות ומהטכניון, מהנדסים יועצי חשמל, וחשמלאים מהשורה מכל מינורי המשק.



הכנס, המתקיים זו השנה התשיעית ברציפות, הוא אירוע חשוב לאנשי מקצוע החשמל בארץ, והוא מאפשר מפגש בלתי אמצעי בין ציבור המשתתפים לבין עצמם, ובינם לבין נציגים מרכזיים בחברת החשמל, איתם נמצא חלק גדול מהמשתתפים בקשרי עבודה שוטפים.

הכנס כלל שני מושבים:

מושב א' – המפגש המרכזי

מושב זה התקיים בשעות 09.00-11.00 באולם המרכזי, בהשתתפות כל באי הכנס, כמושב זה נטלו חלק:

מר **סילבן שלום**, יושב ראש מועצת המנהלים של חברת החשמל, ואיגני **משה כץ**, המנהל הכללי. שניהם בירכו את באי הכנס.

איגני **משה זיסמן**, מנהל אגף הצרכנות בחברת החשמל, השמיע תחילה דברי ברכה ואחר כך סקר את השיפורים הצפויים בשירות לצרכנים מההיבט הטכני ומההיבט המסחרי, לאור לקחים מהחורף שחלף.

איגני **יגאל פורת**, מנהל אגף מחקר ופיתוח בחברת החשמל, סיים מושב זה בהרצאתו **תוכניות הפיתוח של חברת החשמל**.

מושב ב' – הרצאות מקצועיות בקבוצות

מושב זה נערך בשעות 11.30-14.00 והתפצל לשבע קבוצות, שבכל אחת ניתנו 2-3 הרצאות. לאחר ההרצאות התקיים רב-שיח. הדיון נערך בהשתתפות המנחה, המרצים וצוות מטמחים מקרב אנשי מקצוע מן השורה הראשונה העוסקים בתחומים שבהם דנו ההרצאות.

במסגרת מושב זה הונשו 15 הרצאות במיגון נושאים בתחומים הבאים:

- אבטחת איכות במיתקני חשמל של צרכנים.
- בטיחות בעבודה במיתקני חשמל וברשתות כמתח נמוך.

- חידושים בכללי התשלומים בעד חיבורים.
- סקירת טכנולוגיות חדשות והשפעתן על פרופיל הצריכה.
- השפעת איחוד אירופה על התקינה הישראלית.
- חידושים בתקנות החשמל.
- תיכנון מיתקני חשמל במתח נמוך ובמתח גבוה.
- תמונת מצב בתחום מקורות אנרגיה חלופיים.

עם סיום הכנס המקצועי השנתי ה-9, הוחל בתכנון ובהכנות לקראת הכנס המקצועי השנתי ה-10, שיתקיים ביוני 1993 במרכז הקונגרסים שבגני התערוכה.

פרטים נוספים על תוכנית הכנס המקצועי השנתי ה-10, קבוצות ההרצאות ונושאי ההרצאות, יפורסמו בחוברות הבאות של "התקע המצדיע".

חידוש המנוי ל"התקע המצדיע" – סדרה 50-55

מחיר המנוי נשאר עדיין בתוקפו: 36 ש"ח עבור 6 חוברות. חשמלאים שלא קיבלו את טופסי המנוי החדשים ומעוניינים לקבלם, מתבקשים לפנות בכתב אל חברת החשמל, מערכת "התקע המצדיע" ת"ד 8810 חיפה, 31087.

או לרשום את מבוקשם על גבי תלוש השירות הפרסומי (במדור המודעות שבחברת).

החל מחוברת מס' 52 ניתן יהיה להיות מנוי אך ורק לכתבי העת הבאים בסדרה (חוברות 52-55). דמי המנוי יהיו בחתאם.

חוברת זו (מס' 51) היא השנייה בסדרה החדשה (50-55). בהמשך להודעה שפורסמה בחוברת מס' 49 ולאגרות שנשלחו אל חברי קהיליית "התקע המצדיע", חידשו חשמלאים רבים את המנוי לסדרה החדשה. חשמלאים אלה מקבלים את החוברות באופן שוטף עם הופעתן.

מאחר שהחוברות הבאות יישלחו רק למנויים, אנו מונים אל החשמלאים שעדיין לא חידשו את המנוי, וממליצים לחדש את המנוי כבר עתה, כדי להבטיח את קבלת החוברות הבאות בסדרה.

שילוב מאגר מים קרים במערכת הקיימת של מיזוג האוויר באוניברסיטת בן גוריון בנגב



באוניברסיטת בן גוריון בנגב הושלם בקיץ האחרון מרויקט של שילוב מאגר מים קרים במערכת הקיימת של מיזוג האוויר באוניברסיטת בן גוריון היבולה מענק של כ-132 אלף דולר מהכרזת החשמל, במסגרת הסיוע הכספי, שהחברה העניקה בעבר למרויקטים לניהול שומס בתחום הערכות שילוב מאגר המים, שנמדדו 5,000 מ"מ, מאפשר להסיט 1,500 ק"ט משעות הפסטה לשעות השמל המאגר עשוי מבטון, צורתו גליל, גובהו 12 מטר וקוטרו 24 מטר המאגר מכילד היטב וכשרו המרכזי לאגור אנרגיה (קור) מסתכם ב-12,750 טון קירור שעה.



שילוב מאגר מים קרים במערכת הקיימת למיזוג אוויר מעשה במסגרת החלופה שנבחרה, כדי לענות על גידול ניכר בדרישות הקירור הטבעות מרוקפת בניינים חדשים. בשיטה הקוונטציונלית היו צריכים להתקין יחידת קירור עם תפוקה של 750 טון קירור כדי לשמר את אמינות האספקה של המים הקרים הוחלט להתקין, במסגרת החלופה שנבחרה, מדחס חדש שתפוקתו 300 טון קירור, אשר ישמש גיבוי למדחסים הקיימים.



המאגר חובר לצנרת הקיימת של מערכת מיזוג האוויר ברזים חשמליים מאפשרים לחבר או לנתק את המאגר מהמערכת, בשליטה מרחוק ממרכז הבקרה של האוניברסיטה.