

התקע המצדיע



ע ל ו ן ל ח ש מ ל א י ם
ב ה ו צ א ת ח ב ר ת ה ח ש מ ל ל י ש ר א ל ב ע י ם



מבט על
תחנות הכוח
„אשכול“ ג, ד,
(בהקמה)

מאי 1975

מס' 12

תוכן הענינים

3		דבר המערכת
4		מכתבים למערכת
6		הודעות המערכת
7	צ. זהבי	חסכון וייעול בצריכת החשמל לתעשייה — כיצד?
10	א. דומן	מתקן החשמל באתר הבניה
12	א. נאוטרה	בדיקת תקינות בידוד של מכונות חשמל באמצעות זרם ישר
14	א. פלד	ביצוע בדיקות בהספקי קצר גבוהים
15		תקצירי תקנים חדשים לחשמל שפורסמו לאחרונה ע"י מת"י
16	ז. דוניבסקי	„הארקת יסוד” כתחליף להארקה באמצעות צנרת המים
20		המלצות להתקנת מערכת הארקת יסוד במבנים
26	מ. שביט	תחזוקת מתקני תאורה
29	א. לוטרמן	המפרט הטכני למתקן החשמלי
33		תאונת חשמל ולקחה
34		חידון בקיאות בתקנות החשמל

העורך :

א. לייטנר

המערכת :

מ. זיסמן, ל. יבלונובסקי, ז. ספורן

י. פ"שר, נ. פלג, ג. פרבר

מנהלה :

ש. וולפסון

כתובת המערכת :

חברת החשמל לישראל בע"מ

ת.ד. 25, תל-אביב — 61000

הדפסה :

דפוס ואופסט מ. הוניג בע"מ חיפה

תמונת השער : מבט על תחנות הכח „אשכול” ג, ד, (בהקמה)

2 הארובות הנמוכות מימין שגובהן כ-80 מ' היו שייכות בעבר לתחנת הכח „אשכול” ב'.

המבנה שגובהו כ-150 מ' משמש כיום כמעטפת לארובות „אשכול” ב' ריג' גם יחד.

דבר המערכת



החוברת מס' 11 שיצאה לאור בתחילת השנה זכתה לתגובות ולהדים חיוביים ביותר ועובדה זו עודדה אותנו לשקוד על הגברת פעילותנו למען החשמלאים:

✧ כחלק מתוכנית הפעולה שלנו להדרכת החשמלאים — בהם אנו רואים, כפי שכבר בטאנו זאת בעבר, שגרירים ו"סוכנים" נאמנים למכירת החשמל והשימוש בו על ידי הצרכנים בצורה נכונה מבחינה טכנית, בטיחותית וכלכלית החלטנו לקיים סדרת ימי עיון לחשמלאים, "התקע המצדיע בעל פה". בשלב הראשון נקיים 8 ימי עיון, אחת לחודש, לפי הסדר הבא:

בחודש יולי 1975	בתל-אביב	לחשמלאים מוסמכים וראשיים
בחודש אוגוסט 1975	בחיפה	"
בחודש ספטמבר 1975	בירושלים	"
בחודש אוקטובר 1975	בבאר-שבע	"
בחודש נובמבר 1975	בתל-אביב	למהנדסי חשמל
בחודש דצמבר 1975	בחיפה	"
בחודש ינואר 1976	בירושלים	"
בחודש פברואר 1976	בבאר-שבע	"

✧ החל מהחוברת מס' 13 אשר תצא לאור לקראת סוף השנה יכלל ב"תקע המצדיע" מדור מודעות — שרות פרסומי. המדור מיועד להוות "מכשיר עזר" לחשמלאים המעוניינים במידע שוטף ומעודכן בכל מה שנוגע לאבזרי התקנה, מוצרי חשמל, כלי עבודה, מכשירי מדידה וכו'. מודעות המדור יופיעו בדפים המרכזיים של "התקע המצדיע" בנוסף לעמודים הרגילים, ויודפסו על גבי דפים בצבע שונה.

כל מודעה תמוספר ע"י המערכת במספר סידורי, וכל המספרים יודפסו במרוכז על גבי דף שינתן לתלישה. כל קורא יוכל להפנות את הדף אל המערכת תוך ציון מספרי המודעות שלגביהן יש לו ענין בקבלת מידע נוסף, כגון: עלונים טכניים, קטלוגים וכדומה. המערכת תעביר את הבקשות במרוכז אל היצרנים/המשווקים אשר יעבירו את המידע המבוקש אל כל דורש שיפנה אליהם כאמור, באמצעות המערכת. המודעות תהיינה על אחריות המפרסמים, והמערכת לא תהיה אחראית לתוכן. יחד עם זאת תהא המערכת רשאית להמנע מפרסום מודעות אשר אינן מתאימות להכללה ב"תקע המצדיע".

אשר לתוכנה של החוברת הנוכחית — בתוך מגוון המאמרים נראה לנו שמן הראוי להקדיש תשומת לב מיוחדת לאלה המתייחסים לנושא האקטואלי — ייעול בצריכת החשמל בתעשייה לרבות תחזוקה נכונה של מתקני תאורה המביאה גם לחסכון בהוצאות, וכן לנושא "הנצחי" של בעיית צנרת אספקת המים והארקת מתקני החשמל. בהקשר לנושא זה מובא מאמר רקע על הארקת-יסוד, וכן המלצות להתקנת מערכת הארקות יסוד במבנים כפי שעובדו ע"י ועדת מומחים בראשותו של מנהל עניני החשמל במשרד המסחר והתעשייה.

מפתחים ומסרכת

למשל) יש לבחור היטב את מיקום התנור כך שיהיה מוגן ככל האפשר נגד התזה וגם לא יהווה מכשלה בטיחותית מבחינת כוויית.

אשר לאיסור התקנת בתי תקע בחדרי אמבטיה — איסור זה קיים ברוב הארצות המפותחות בעולם ונובע מהעובדה שבחדר בו קיימים תנאי לחות גבוהים וסיכויים להתזת מים, מסוכן להשיג תמש במכשירים חשמליים — מה גם שסכנת החישמול גדולה במיוחד לגבי אדם הנמצא במצב רטוב וכשהוא יחף.

בכדי לאפשר שימוש במכונות גילוח חשמליות בחדרי אמבטיה קיים התקן הכולל בתוכו שנאי מבדל בהספק זעיר (כ־20 וולט אמפר) ובית תקע אחד. סידור זה מאפשר שימוש במכונת גלוח חשמלית בחדר האמבטיה בבטחון מלא עקב ההפרדה הגלוינית מרשת החשמל הרגילה על ידי השנאי.

(ג. פלג)

נקודת חשמל בחדר אמבטיה

בחדשים האחרונים קרו לפחות שני אסונות שנסתיימו במיתה — בגלל התקנה, ירושת ימי המנדט, האוסרת על התקנת נקודת חימום חשמלי בחדר אמבטיה. שתי זקנות מתו, משום שהכניסו לחדר אמבטיה תנורי חשמל עומדים על הרצפה (שהיו, כמובן, מחוברים לשקע שמחוץ לחדר האמבטיה) וחלוקיהם (מסתמא מחומר סינתטי) התלקחו וגרמו למיתתן.

בארצות רבות בעולם אין כל תקנה האוסרת שקעים ותקעים וכן התקנת מפסק החשמל בחדר אמבטיה. מכל מקום ברור, שמוטב להתקין מעל לכיור והמראה שתי נקודות (גם אם ההפעלה הישאר מחוץ לחדר האמבטיה), האחת לגורה והאחרת לתנור חשמל התלוי בגובה שאיש אינו מגיע אליו ועל כן אין שום סכנה צפויה ממנו. ונהפוך הוא: התקנתו שם תמנע אסונות הנגרמים מים דווקא מחמת חוסר התקנה הגיונית של החימום בחדר אמבטיה (כמובן, אם אין בדירה הסקה מרכזית).

הגיעה השעה לבדוק את העניין ולהחיש תקנתו.

ר. צבי

(דבר" 25.75)

תקן ישראלי 108 – עדכון

לאור ההתקדמות הרבה שחלה בשנים האחרונות בשטח מתקני חשמל — מתח נמוך, דומני שהגיעה הזמן שועדת תקינה מתאימה, תתן דעתה לעדכון כללי של תקן 108 הדרן בביצוע מתקנים מהסוג הנ"ל. קצת מוזר הוא שאנו נמצאים היום באמצע שנות השבעים ועובדים לפי תקנים אשר נקבעו לפני כ־20 שנה.

מי שעוקב אחרי תקנים אירופיים מקבילים למשל ה-V.D.E. 100, איננו יכול שלא להתרשם מהרצינות שמייחסים שם לעדכון מחדש של נושא זה.

העדכונים נעשים בצורה כוללת אחת ל-7-8 שנים כאשר מביאים בחשבון לקחים מהעבר והתפתחות הטכנולוגיה בעתיד. למשל נושא בשטח ההגנות שזכה לכסוי מעמיק הוא, „השוואת פוטנציאלים" במתקנים בייתיים וציבוריים.

(אינג' א. דומן)

תשובת המערכת

במכתב קיימות מספר איבהנות באשר להתקנת תנורי חימום חשמליים בחדרי אמבטיה. בארץ מותר להרכיב תנורי חימום חשמליים בחדרי אמבטיה בתנאי שהם יהיו מורכבים, דרך קבע, בקיר וזינתם תהיה באמצעות חיבור חשמלי קבוע ולא מיטלטל (כגון תקע ובית תקע). ההפעלה וההפסקה של תנורי חימום כאלה יכולה להעשות או באמצעות מפסק מתאים אשר יותקן מחוץ לחדר האמבטיה או באמצעות מפסק המותקן בבסיס תנור החימום והמופעל על ידי משיכה בפתיל מחומר מבדל.

את תנור החימום החשמלי יש לקבוע בקיר רחוק ככל האפשר מהאמבטיה או המקלחת וגובה ככל האפשר על מנת למנוע סכנת כוויית במקרה של נגיעה מקרית. במקרים בהם התקרה של חדר האמבטיה נמוכה (עקב המצאות עליית הגג,

מערכת בתי תקע בהרכב אחד

רצוי לברר את האפשרות והתנאים הדרושים לשימוש של 2 או 3 בתי תקע או מפסקי זרם בהרכב אחד מאחורי מכסה משותף, כשהם ניזונים ממעגלים נפרדים.

מערכת כזאת יכולה לדעתי לאפשר רכוז של האבזרים באופן אסטטי אך בתנאי שהדבר לא יגרום לקשיים ולסכנות בלתי רצויות. השאלה בענין זה מתעוררת בבתי מגורים, משרדים בתי חולים, מרכזיות טלפון וכו'.

ז. הנדלר

טכנאי חשמל, בני ברק

תשובת המערכת

מסיבות בטיחות אין להזין הרכב של מספר בתי תקע ממעגלים שונים מאחר וניתוק מעגל אחד בלבד עלול לגרום למצב שבו מורידים את המכסה ובתי התקע האחרים הגלויים באותה שעה יהיו תחת מתח. ברור גם שאין לערבב באותו הרכב מתקן למתח נמוך מאד כמו טלפון עם מתקן לאספקת חשמל במתח הרשת — דבר העלול לגרום לאסונות ע"י ערבוב התחומים.

יש להעיר גם שבדרך כלל משמשים הרכבים של מספר בתי תקע בעלי מכסה משותף להזנת מספר מכשירים כגון מקלט רדיו, מגבר, טלוויזיה, מנורת שולחן, מכונת כתיבה וכו' אשר גם אם יופעלו כולם בעת ובעונה אחת העומס הכולל שלהם לא יעלה על המותר במעגל הביתי המקובל.

תקנות חרום

נודה לכם אם תודיעוני היכן וכיצד ניתן להשיג תקנות חרום הכוללות בין היתר הוראות להתקנת מערכות חשמל למקלטים וכדומה.

ד. פשוט

מרכז מגמת החשמל
אורט, חיפה

תשובת המערכת

הדרישות לגבי מתקני החשמל במקלטים כוללות בקובץ התקנות 2692, תקנות ההתנגונות האזרחיות (מפרטים בניית מקלטים) תשל"א — 1971. אנב, מאמר מקיף בנדון התפרסם ב"תקע המצדיע" מספר 9. במדריך לתכנון מקלטים בהתנגונות האזרחיות שבהוצאת מפקדת ראש הג"א קיים חלק ה' — חשמל וקשר, המסביר את השיקולים שהנחו את מחברי התקנות הנ"ל.

לגבי מערכות חשמל חרום בבנינים רבי קומות יש התייחסות בקובץ התקנות 2581 תקנות התכנון והבניה (בקשה להיתר, תנאי ואגרות) תשל"ל — 1970. למשל, בסעיפים 7.10.00 7.88.00 יש

התייחסות להתקנת גנרטור חרום למקרה של הפסקת חשמל.

לגבי מערכות חשמל לתאורת חרום באולמות ציבוריים כגון בתי קולנוע יש התייחסות בקובץ התקנות 3195, תקנות הבטיחות במקומות ציבוריים תשל"ד — 1974. סעיף 28, למשל, דן במערכת איתות חרום, סעיף 37 — תאורת אפילה, סעיף 38 — תאורת התמצאות.

את קובצי התקנות ניתן להשיג אצל המדפיס הממשלתי הקריה, ת"א, ובחנויות ספרים העוסקות במכירת ספרות למשפטים וכו'.

חישמול, "מיובא"

מכשיר טלוויזיה פגום גרם לחישמול מסוכן בדירה בבנין אחר

לפני כחודש נתקבלה במחלקת הצרכנים הטכנית של חברת החשמל, תלונה על "חישמול ברוזים" חריג שהופיע באחת הדירות של בנין גדול.

הבודקים שבקרו במקום מיד, נוכחו כי בין צינור המים בדירה לבין הרצפה קיים מתח של כ־200 וולט, וכי מתח זה אינו נעלם עם ניתוק הזנת החשמל לבנין כולו. יש להעיר כי המדובר בבנין בעל שלוש כניסות ושלוש קומות.

הוברר כי החישמול "מיובא" לבנין זה, באמצעות מערכת של אנטנת טלוויזיה מרכזית המותקנת בבנין שכן באותו רחוב.

נמצא כי באחת הדירות של הבנין השכן, אף הוא רחב מידות, מחובר, אך לא מופעל, מכשיר שיר טלוויזיה בעל בידוד לקוי. מכשיר זה העביר את מתח ההזנה שלו אל מוליך האנטינה המרכזית ומשם, דרך המגבר, למגעות של כל השקעים המיועדים להזין את מעגלי האנטנות של המקלטים.

מאחר והיה קיים פגם כבידוד של מוליך האנטינה העובר בירת המתלונן, הועבר המתח אל הקירות והרצפה של הדירה הנדונה.

יש לציין כי בין הבנינים היה מתוח כבל אנטנה קריאקסי, ולפי כך היה המרחק בין מקור התקלה לבין החישמול, רב יחסית.

הוברר עוד כי מערכת האנטנה המרכזית הותקנה מבלי שצוידה בהארקה כנדרש בתקן הישראלי הנוגע בדבר.

הבודקים הפסיקו את המתקנים הלקויים והצרכנים נדרשו לתקנם כראוי.

הודעות המערכת

1. **קובץ „התקע המצדיע“** — רכז מסווג של המאמרים והרשימות שהתפרסמו ב-10 החוברות הראשונות, נמצא בשלבי הכנה ויישלח אל המזמינים בקרוב. קיימת עדיין האפשרות להזמין את הקובץ ע"י פניה בכתב אל המערכת.
2. **האוגדן הפלסטי** לכריכת חוברות „התקע המצדיע“ יישלח בקרוב אל המזמינים.
3. חשמלאים אשר שינו את כתובתם, או מכל סיבה אחרת לא הגיעה אליהם החוברת מס' 11, המעוניינים להכלל ברשימת המיניוים המעודכנת מתבקשים לפנות בכתב או טלפונית אל המערכת.
4. **ימי עיון לחשמלאים — „התקע המצדיע בעליפה“.**
יום העיון הראשון יתקיים במלון קאוטרייקלוב בתל-אביב ב-8.7.75 התוכנית היא כדלקמן:
0900 — 0830 : התכנסות ורישום.
0915 — 0900 : דברי ברכה — אינג' ר. זאמן, מנהל מחוז הדרום, חברת החשמל
1000 — 0915 : תעריפי החשמל ותשלומי המזמינים — מר א. גולנסקי, סגן מנהל האגף המסחרי
1030 — 1000 : הפסקה וכבוד קל
1115 — 1030 : חידושים בתכנון וביצוע חיבורים — אינג' מ. זיסמן, מנהל ענף החיבורים, מחוז הדרום
1145 — 1115 : עקרונות לחיבורים במתח גבוה — אינג' ה. גינדס, סגן מנהל מחלקת הצרכנים הטכנית, מחוז הדרום
1230 — 1145 : שמוש נבון בחשמל מנקודת ראות החשמלאי — אינג' א. לייטנר, האגף המסחרי
1300 — 1230 : חידושים ושינויים בתקנות החשמל — אינג' נ. פלג, מחלקת הרשת הארצית
1400 — 1300 : הפסקת צהרים
1600 — 1400 : רב-שיח (שאלות ותשובות) — בהשתתפות נציגי הנהלת חברת החשמל, המרצים, חברי מערכת „התקע המצדיע“, כותבי המאמרים בעלונים 11, 12.

ימי העיון הנוספים יתקיימו לפי המפורט בדבר המערכת.

המעוניינים מתבקשים למלא בהתאם את התלוש :



אני מעוניין להשתתף ביום העיון הראשון לחשמלאים שיתקיים בתל-אביב ב-8.7.1975 (מספר המקומות מוגבל).

מצ"ב דמי השתתפות בסך 12 ל"י.

בכוונתי להזמין ארוחת צהרים על חשבוני כן/לא (מחק את המיותר)

שם _____ כתובת _____



אני מעוניין להשתתף ביום העיון לחשמלאים שיתקיים בחיפה/ירושלים/באר-שבע (מחק את המיותר) אבקשם לשלוח אלי הזמנה מפורטת

שם _____ כתובת _____



אני מעוניין להשתתף ביום העיון למהנדסי חשמל שיתקיים בעיר אבקשם לשלוח אלי הזמנה מפורטת

שם _____ כתובת _____

חסכון וייעול

בצריכת החשמל לתעשייה - כיצד ?

אינג' צ. זהבי

ההוצאות לאנרגיה חשמלית בתעשייה מהוות ברוב המקרים חלק שולי מכלל ההוצאות. בהתאם לכך ייתכן שבתעשיות רבות אין מחיר החשמל מהווה דרבון כלשהו לחסכון, גם כיום לאחר התיקרויות התעריפים אשר נבעו מהעליה הדרסטית במחיר המזוט שהוא חומר הגלם לייצור החשמל. מצד שני, מאותה סיבה עצמה, אפשר למצוא במפעלים רבים בזבוז ניכר באנרגיה. לפיכך, חובה עלינו לשכנע את עצמנו בצורך החיוני לחסכון באנרגיה, כך שהפחתת התשלומים החודשיים עבור צריכת החשמל תהווה רק פרס נוסף למאמצינו.

כמה אפשר לחסוך ?

שתושג לעומת ההשקעה הנדרשת בציוד הנוסף, בעבודה, בהפרעות לייצור השוטף, במימון וכדומה. רק חישוב מדויק יאפשר לקבוע מידת החסכון האופטימלי שניתן להשיג בכל מתקן. אין בידינו נתונים על היקף החסכון האפשרי בתעשייה בארץ, אולם בהשוואה לנתונים מחו"ל אפשר להניח שבמפעלי תעשייה רבים בישראל עשוי שעור החסכון להגיע ל-20%, ויהיו מפעלים שבהם ניתן יהיה להגיע גם להישגים גבוהים יותר.

לימוד אופי הצריכה

כדי ללמוד את אופי צריכת החשמל אפשר להיעזר בחשבונות מהשנה הקודמת או השנים הקודמות, ולהתחיל לקרוא את מוני החשמל בצורה סדירה בהתאם למחזוריות הייצור או לתקופות קצרות קבועות אחרות. לשם קבלת מידע מפורט יותר, רצוי לחבר מכשירים מודדים רושמים במעגלים העיקריים.

לימוד אופי הצריכה דורש השוואה מדויקת לייצור השוטף ולתופעות הלוואי שלו. בעל המקצוע הממונה על החסכון בחשמל במפעל חייב להיות מעודכן בכל העבודות שבשטח המפעל, בכמויות הייצור, בעבודות התחזוקה, בהפרעות שבתפעול וכיוצא באלה.

צריכת החשמל צריכה להיות מושווית לכמויות הייצור בעזרת טבלאות ועקומות כדי שאפשר יהיה לעקוב אחר כל שינוי ושיפור. דו"ח מפורט וענייני חייב להמסר לכל הנוגעים בדבר — הלקחים נלמדים בצורה שיטתית, המסקנות מתקבלות והתפעול משתפר תוך הגברת החסכון.

מקדם ההספק

מקדם ההספק יורד עם גידול העומס האינדוקטי טיבי. בתעשייה גורמים בדרך כלל המנועים למקדם ההספק הנמוך. הזרם גדל ככל שמקדם ההספק יורד, והאבודים במוליכים ובמתקנים גדלים בהתאם לרובע ערך הזרם.

אנרגית החשמל איננה נראית, היא מהירה ביותר ונעלמת מיד עם בצוע משימתה — מעטים נותנים את הדעת על הכמות העצומה המתבזבזת בדרך. החשמל מיוצר על ידי שריפת מזוט בתחנות הכח ומועבר דרך הגנרטורים, השנאים, קוי ההולכה, החלוקה והאספקה עד למונה וממשיך דרך מוליכי החשמל שבמפעל עד לציוד הצרכני — מנועים, מנורות, תנורים וכדומה. בכל אותה דרך ולרבות בציוד הצרכני עצמו קיימים איבודים אשר את חלקם אפשר לחסוך. כמות האנרגיה החשמלית העושה עבודה ממשית ומועילה בתעשייה, איננה עולה לפעמים על אחוז קטן מכלל האנרגיה שהיתה גלומה במזוט.

במפעלים רבים האנרגיה המנוצלת קטנה בהרבה מהאנרגיה החשמלית הכוללת שנצרכה הנרשמת במוני החשמל ואשר אליה מתייחס חשבון החשמל. למרות הבזבוז הגדול באנרגיה אין לנו בינתיים פתרון קל ואלגנטי לחסכון, באשר האיבודים משתרעים על פני כל המתקנים, הציוד וחלקי מערכת החשמל. הפעולות הנדרשות לחסכון אינן זהות עבור כל הציוד, והן שונות עבור כל מפעל. כנקודת מוצא נדגיש שאין כל כוונה לפגוע בייצור השוטף ובתפוקת המפעל. מאידך, בהרבה מקומות יביא החסכון בחשמל גם להפחתת הוצאות התחזוקה, לדוגמא: נורת חשמל תחזיק מעמד זמן רב יותר ככל שתדלק פחות.

חלק מהאיבודים במתקן החשמל גלויים ודורשים רק את המאמץ הקטן הכרוך בהפעלת המתג לניתוק החשמל. בחלקם הם דורשים מאמץ גדול קצת יותר, כגון תיקון צנור דולף. ישנם גם איבודים שכדי להקטיןם יש להוסיף אמצעי בקרה ופקוד מורכבים, פחות או יותר, אשר ימנעו את הבזבוז. במקרים מיוחדים יש צורך בעיון מעמיק ובחישובים מדויקים של מומחים לנושא. בכל פעולת חסכון יש לקחת בחשבון את התמורה

המתח

צריך לשאוף לשמירה על המתח הנומינלי בכל תחומי המפעל. מתח ירוד גורם לעלית הזרם של המנועים, לירידת מקדם ההספק ולהגדלת האיבודים.

בתכנון מערכת החשמל במפעל יש לשאוף להשגת אופטימליזציה של האיבודים הצפויים בהתאם להשקעה הנדרשת. בהתאם לכך, יש גם לבחור את מתח החלוקה הנאותים ביותר, ולעתים רצוי להגיע עם מתח גבוה עד למרכז העומס או לחלק המתקן בעל הצריכה הגבוהה ביותר ורק שם להתקין את הטרנספורמטור.

התקנת מתח ביניים כרוכה בטרנספורמציה כפולה שיכולה לגרום לאיבודים נוספים. התקנת מנועים במתח גבוה אינה משתלמת תמיד באשר מנועים אלה הם בעלי נצילות נמוכה יותר, מקדם הספק ירוד, וכמו כן הם פחות אמנים בהשוואה למנועי מתח נמוך.

השנאים (טרנספורמטורים)

לכל מפעל העובד במשטר מסוים ובעקומת עומס ידועה, ישנו גודל שנאי אופטימלי שיספק את האנרגיה הדרושה באיבודים מינימליים.

חלק מהאיבודים בשנאי לא תלוי בעוצמת הזרם והם קיימים גם בריקס, לפיכך יש להפסיק שנאים גדולים בשעה שהמפעל דומם בעיקרו ולקבל את העומס השולי הנדרש. באמצעות שנאי עזר קטן.

המוליכים

חתך המוליכים הכלכלי צריך להיקבע תוך התחשבנות באיבודים החלים במוליכים וכן בהתאם למקום תנוחתם של המוליכים ופיזור החום מהם. הנוהג הקיים לחישוב חתך מוליכים רק לפי מפל המתח לא נותן את הפתרון האופטימלי.

כאשר מותקנים שני קוים לשם הבטחת האספקה במקרה של תקלה, יש לנצל את שניהם לשם הפחתת האיבודים. הדבר נעשה ע"י חלוקת העומס בין שני הקוים.

החלוקה בין הפזות

חלוקה בלתי שווה של עומסים חד-פזיים בין שלושת הפזות שבמתקן, מעלה את האיבודים במעגל, לכן מן הראוי להקפיד על חלוקה שווה בכל המעגלים.

לפעמים גם בצרכנים תלת-פזיים, סימטריים כביכול, קיימת חלוקה בלתי שווה בין הפזות ורק בעל מקצוע מנוסה יכול להרגיש זאת. כך למשל, בחיבור ציוד תלת-פזי עם נקודת כוכב המחוברת אל מוליך האפס, עלול להיווצר זרם גבוה באחת הפזות, בייחוד אם השנאי המזין או הציוד הם בעלי גרעין ברזל במצב רוויה.

באותם מפעלים שבהם מקדם ההספק נמוך מ-0.85, חל תשלום, בהתאם לתעריפי החשמל, בעד מקדם ההספק הנמוך. למנעת התשלום מתקינים אמנם בחלק מהמפעלים קבלים בלוח הראשי ואלה מחוברים בדרך כלל כל הזמן לרשת. כאן המקום להדגיש שאין בכך כדי להפחית את כל האיבודים באותו רגע שבו הם נוצרים, ולבטח שאין הקבלים בלוח הראשי מונעים את האיבודים לאורך המוליכים בתוך המפעל עצמו. מניעת האיבודים מתקבלת רק כאשר הקבלים מותקנים ליד המנועים ומתחברים בזימנית אתם, כשם שהדבר חייב להיעשות במנורות פלואורסצנטיות. בנוסף לתפידים העיקרי, שומרים הקבלים על המנועים גם בפני עליות מתח, דבר החשוב במיוחד במנועים של מתח גבוה. לפעמים הדרושה לתיקון מקדם ההספק עד ל-0.85 איננה ממצה עדיין את כל אפשרויות החסכון, לכן מן הראוי לערוך חישובים מתאימים ולברר את הכדאיות לשיפור מקדם ההספק עד ל-0.93 ואף למעלה מזאת כדי להקטין את האיבודים.

שיא הביקוש

הקטנת שיא הביקוש של הצרכן הוא מענינה של חברת החשמל בהקשר למגמת היישור של עקומת העומס היומית הארצית, ודבר זה בא לידי ביטוי בתעריף התעשייה שבו יש חיוב על שיא הביקוש (הנמדד בקו"ט) בנוסף לחיוב על הצריכה (הנמדדת בקו"ט"ש). מזידת שיא הביקוש נעשית ע"י מונה מיוחד.

כשמדובר על חסכון בחשמל אצל הצרכן, ישנה חשיבות מיוחדת להורדת העומס בשעות שבהן קיים עומס גבוה במערכת הארצית כיון שבאותו זמן עלול מתח הרשת להיות ירוד ואז גדלים האיבודים ומתרבים הסיכויים להפרעות. הורדת שיא הביקוש במפעל ופיזור העומס על פני יותר שעות מורידה גם את האיבודים במתקן הפרטי. העברת חלק מהעומסים לשעות הלילה עשויה לאפשר לצרכן התעשייתי להיות גם מהתעריף לזרם לילה המזול.

הקטנת שיא הביקוש נעשית על ידי מניעת עבודתם הברזמית של מכשירים ומכונות כאשר אין הדבר מתחייב מתחילי הייצור.

רצוי להתקין מוני שיא ביקוש על הקווים בעלי העומסים העיקריים עם סידורים המתריעים בעוד מועד שהעומס הגיע לרמה מסוימת שנקבעה מראש, וזוהי השעה בה חייב איש התפעול במפעל להפסיק צרכנים בלתי חיוניים לפרק זמן מסוים. קיים גם ממסר המפסיק אוטומטית עומסים בלתי חיוניים בשעה שמתקרבים אל הביקוש שנקבע מראש כמכסימלי.

הגלים העליונים

מכונה אחת הנפגעת מסידור כזה כדאי לשקול את החלפתה.

מתקני החימום

בנושא החימום החשמלי בתעשייה כדאי לבחון את האפשרויות של יישום תנורים אוגרייחום המנצלים את "זרם הלילה" המזול. בשעות היום יש להקפיד על ניצול כל החום שנאגר ב**תנור** למטרות מועילות ולא לתת לו להתקרר "על ריק". יש לדאוג לבידוד טרמי נאות של התנורים כדי למנוע איבודי חום. את הבידוד יש להתקין על כל דפנותיו של התנור לרבות הדלתות.

מתקני התאורה

רצוי להשתמש במקורות אור חסכוניים בעלי נצילות גבוהה כמו נורות כספית ונתרן ביחוד מהסוג של לחץ גבוה שהם גם בעלי אורך חיים רב יותר ומביאים לחסכון בעבודות התחזוקה. חסכון בתאורה ניתן להשגה ע"י התקנת נקודות תאורה מיוחדת ליד מקום העבודה בעוד שהתאורה הכללית של כל האולם אפשרית אז בעוצמה נמוכה ביותר. שמירה על נקיון הנורות וגופי התאורה, וצביעת הקירות והתקרה בצבעים בהירים ומחזירי אור מגבירים את היעילות.

רצוי להתקין מפסקים ליד דלתות היציאה של כל חדר ותת-אולם, כדי לאפשר כבוי מקומי במקומות שבהם אין פעילות, בנוסף למפסקים הראשיים של התאורה.

סיכום

האפשרויות להשגת חסכון וייעול בצריכת החשמל לתעשייה מרובות ביותר ובמסגרת המצומצמת של מאמר זה, נתנו רק מספר הנחיות כלליות, במטרה לתת את הדחף הראשוני לפעולה על ידי איש החשמל במפעל.

מערכת החשמל במפעל מסועפת ומשתרעת על פני אגפים רבים ולפעמים נדמה שאין אפשרות להשתלט על מספר כה רב של פעולות הנדרשות בכל חלק של הציוד או המתקן.

אולם במציאות הדברים אינם מסובכים כל כך באם מטפלים בהם בדרך שיטתית תוך תקיפת הנקודות הקלות והמסובכות בהתמדה ובדבקות. אפשר להתחיל בפעולות הסברה, הוראות מנהל-תיות וביצוע שינויים טכניים פשוטים ואילו בהמשך, בעיקר במפעלים היותר גדולים יש מקום להקים צוות משותף לאנשי החשמל, הייצור והניהול במפעל לאיתור נקודות התורפה ומציאת הדרכים להגברת החסכון והשימוש היעיל. לעתים רצוי להעזר גם במהנדסים ויועצים מחוץ למפעל, המומחים ובקיאים בנושא.

הגלים העליונים (הרמוניקות) לא נותנים כל עבודה פוריה אבל גורמים לאיבודים בכל הרשת. לפעמים הם גם גורמים לחימום יתר של ציוד מסוים ולנזקים. לפיכך צריך לסלקם ליד הציוד המייצר אותם.

המיישרים הגדולים המייצרים בעקיר את ההרמוי המקור העיקרי לגלים עליונים בעלי משמעות הם המיישרים הגדולים המייצרים בעיקר את ההרמוי ניקות ה-5, 7, 11, 13... מניעתם נעשית ע"י הספקה רב-פיזית והתקנת מסננים.

המנועים

המנועים צריכים להיות מותאמים למכונות המורעות. כאשר גודל המנוע מופרז, האיבודים גדולים ויש לשקול את החלפתו במנוע קטן יותר.

המנועים המסתובבים בריקם צורכים אנרגיה בכמות בלתי מבוטלת. זרם המנוע בריקם יכול להגיע ליותר משליש הזרם הנומינלי והוא גורם לאיבודים נוספים במוליכי ההזנה בנוסף לאיבודי מנגנוט וחיכוך. מנועים המסתובבים בריקם ומחוברים למכונה אותה עת, עשויים לצרוך במקרים רבים כמעט את העומס המלא. לעתים קיים חשש אצל החשמלאי מהפסקה והתנעה מרובים של מנועים ביחוד כאשר הם קצת גדולים מהרגיל. החישוב מראה שבדרך כלל חשש זה מופרז והחסכון המתקבל הוא כדאי.

חסכון רב אפשר להשיג ע"י הורדת המהירות, המפחיתה את ההספק בהתאם לחזקה השלישית. הפחתת המהירות של המכונות מתבצעת בקלות ע"י שנוי המסורת לגלגלי השיניים או לגלגלי הרצף עות. במקומות שהמנוע מחובר ישירות לציר המכונה צריך להחליפו למנוע בעל מהירות קטנה יותר. במכונות צנטריפוגליות גדולות רצוי להשתמש במנועים בעלי ויסות מהירות להשגת אופטימום בתהליך העבודה.

במקרים רבים אפשר להפחית את האיבודים על ידי הפעלת המנוע בחיבור כוכב. ביצוע פעולה זו קל ביותר כשקיים מתנע כוכב-משולש. כאשר קיים לגלגל תנופה והמנוע אינו מגיע למהירות הדרושה בחיבור הכוכב, אפשר להתניע אותו בחיבור כוכב-משולש-כוכב ובמקומות שהרשת מאפשרת זאת, אפשר להתניעו בחיבור משולש-כוכב. במקומות שמכונות גדולות סובבות ברציפות בעומס ובמהירות קבועים כדאי להתקין מנועים סינכרוניים שהם בעלי נצילות גבוהה יותר ומאפשרים בזמן תיקון מקדם ההספק במפעל. במפעל אשר בו קיימת אספקת אנרגיה ממקור עצמי, אפשר להפחית את תדירות הגנרטור עד שמגיעים לנקודה האופטימלית שבה אין עדיין הפרעה לתפעול השוטף. בצורה זו אפשר להוריד את המהירויות של כל המנועים באחוז מסוים ע"י פעולה יחידה וקלה, ואם קיימת

מתקן החשמל באתר הבניה

אינג' א. דומן

שיטות הבניה המודרנית הביאו לכך, שיותר ויותר מכונות המונעות באנרגיה השמלית מהוות חלק בלתי נפרד מכלל המערך באתר הבניה. חיבורי חשמל עד 3×100 אמפר (ולעיתים אף גדולים יותר) מהווים בדרך כלל חלק בלתי נפרד בכל אתר בניה גדול ומאורגן. תנאי העבודה באתרי הבניה, דורשים מהחשמלאי המבצע את מתקן החשמל הזמני להקדיש תשומת לב מירבית לאופן ביצוע ההתקנה, וכן לבחירת סוגי הציוד. מאחר ובישראל אין עדיין תקנות או הוראות המתייחסות במישרין לסוג זה של מתקני חשמל, מבוסס המאמר בחלקו הגדול על ההוראות וההמלצות של אגוד מהנדסי החשמל הגרמניים (V.D.E.).

לוח החשמל

והלוח ניזון מלוח חשמל אחר מחוץ לאתר הבניה ובו נמצאת הבטחת הקו).

רצוי להתקין כאמצעי הגנה נגד חישמולים, בנוסף להארקה, מפסק מגן המופעל בזרם דלף בעל רגישות של 500 מיליאמפר לכל היותר.

ניתן להשתמש במפסק המגן המופעל בזרם דלף כמפסק זרם ראשי בתנאי שתכונותיו החשמליות והמכניות עונות לדרישות, אך מאחר והתגלו מקרים באתרי בניה בהם השתמשו להפסקת המתקן באופן קבוע בלחצן הבדיקה במקום בידית ההפעלה (דבר שהביא לתקלות בפעולת הממסר), מומלץ להתקין בנוסף לממסר גם מפסק זרם ראשי נפרד.

כהגנות למכשירים וקווים יש להשתמש במפסקים אוטומטיים זעירים (מאז"ם) בעלי אופן "G" עד לעצמת זרם של 32 אמפר, ובנתיכים מעל לעצמת זרם זו.

כמובן שאין זה פסול להשתמש במאז"ם בזרמים מעל 32 אמפר.

מרכז הכובד של המתקן החשמלי נמצא בלוח החשמל. כל המכונות והמכשירים באתר חייבים להיות מוזנים מלוח חשמל זה, המהווה חוליית קשר בין הרשת הכללית למתקן המקומי.

רצוי שלוח החשמל יהיה מטיפוס בידוד כפול (למשל, קופסאות פלסטיות בעלות מכסה שקוף מ"פוליקרבונט"). יש להגן עליו על ידי הרכבתו בארון מגן.

בתוך ארון המגן יכלל גם מתקן חברת החשמל (הבטחה ראשית, מונים וכו').

כדי להגיע לאחידות בגודל הלוחות מבחינה חשמלית לית מומלצים הגדלים הבאים:

3×25 , 3×63 , 3×100 , 3×250 אמפר.

תרשים עקרוני לוח חשמל באתר בניה

בכל לוח חייב להיות מותקן מפסק זרם ראשי ומבטחים ראשיים. (ניתן לוותר על המבטחים במידה

זרם נומינלי של בית התקן (א')	16	32	63	125
זרם נומינלי של אלמנט ההגנה (א')	מא"ז	מא"ז	50 נתיך	100 נתיך
חתך הכבל (ממ"ר)	2.5	10	16	50

טבלת הבטחות כבלים באוויר בטמפ. סביבה של עד 35 מעלות צלזיוס

מתקן הארקה

בכך מקרה חייבת התנגדות הארקה להיות מספיק נמוכה על מנת למלא את הדרישה המפורטת בתקנה 29 של תקנות הארקות שבמסגרת חוק החשמל הישראלי.

בגרמניה לפי V.D.E. מותר, כאשר משתמשים בהגנה

על ידי מפסק מגן המופעל בזרם דלף, להגיע למצב שבו מתח התקלה לא יעלה על 65 וולט ואז משתמשים בטבלה הבאה המגדירה את גודל ההתנגדות המכסימלית המותרת של הארקה כפונקציה של רגישות המפסק.

רגישות המפסק (אמפרים)	0.5	0.3	0.03
התנגדות ההארקה המכסימלית (אומים)	130	210	2100

65
רגישות המפסק > התנגדות ההארקה

מפסק זרם והגנות נוספות כמפורט בתקן הישראלי 108 פרק 503.

כל המכשירים כגון: מנועים, מנורות וכדומה, חייבים להיות אטומים נגד התזת מים ובעלי מבנה מכני המתאים לתנאי העבודה הקשים. יש להעדיף את השימוש במכשירים בעלי בידוד כפול המעניקים לעובד הגנה מירבית. במנורות מטלטלות מומלץ להשתמש במקור מתח נמוך מאד (24 וולט) ולדאוג שהנורה תהיה מוגנת מבחינה מכנית בפני פגיעות.

כלי עבודה ידניים כגון: מקדחות, מלטשות, פטישים חשמליים וכדומה רצוי להשתמש בבעלי בידוד כפול ובנוסף לכך, כדי להגביר את בטיחות המשתמש בהם, מומלץ להשתמש בקופסה מטל-טלת הכוללת בתוכה: מפסק המופעל בזרם דלף בעל רגישות גבוהה במיוחד (30 או 15 מיליאמפר) מפסקים אוטומטיים זעירים ובתי תקע להזנת כלי העבודה.

תחזוקת המתקן

העבודה שהמתקן החשמלי באתר הבניה הנו זמני, איננה פותרת את החשמלאי מלודא את תקינותו. נהפוך הוא, תנאי העבודה המיוחדים באתר והי-סכויים לתקלות, מחייבים את החשמלאי לבדוק את המתקן לעיתים קרובות (מומלץ פעם בחודש) — הן את מצב המערכות — חיבורי הכבלים וכו', והן את ההגנה בפני חשמול (הפעלת לחצן הבדיקה במפסק המגן).

המלצות אלו הן בחזקת מינימום ותואמות את המתקנים המקובלים. ברור הוא, ששיפורים אינם יכולים לפגוע במתקן כל עוד הם מבוצעים בהתאם לחוקים, התקנות וחוקי המקצוע הטובים.

מקום החיבור של מוליך ההארקה הראשי לאלק-טרודת ההארקה חייב להיות מוגן מבחינה מכנית ולשאת שלוט למניעת פרוק החיבור.

אבזרי גמר

כל התקעים ובתי התקע חייבים להיות מוגנים בפני התזת מים ובעלי חוזק מכני התואם את תנאי העבודה. קיימים בשוק תקעים ובתי תקע למכשירים עד לזרם נומינלי של 125 אמפר, העשויים מחומר פלסטי בלתי-ישיר ואטומים להתזת מים (תקן CEE). אבזרים אלו מומלצים במיוחד להתקנות באתרי בניה.

בתי התקע יכולים להיות מותקנים ישירות בלוח החשמל או סמוך למקום חיבור המכשיר החשמלי. כללית, מומלץ להעדיף את השימוש באבזרי גמר המוגנים באמצעות חומרים מבודדים כגון, "פוליק" רבונט" (המבטיחים פרט לבטיחות מירבית גם אטימות טובה) על אבזרים משוריינים מתכתיים.

כבלים

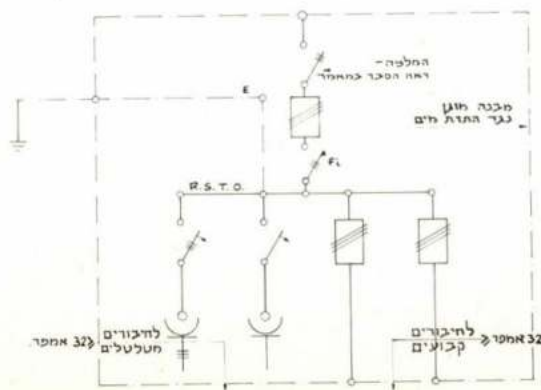
כבלי החשמל יכולים להיות מותקנים ב-2 צורות: התקנה עילית או התקנה תת-קרקעית. במקרה של התקנה עילית יהיה הגובה המינימלי של הכבלים 5 מ' מעל פני האדמה (על גבי עמודים, תמיכות וכו'). בהתקנת הכבל יש להקפיד על כך שהוא לא ימצא בתוואי נסיעת כלי רכב, עגורנים וכדומה.

במקרה של התקנה תת-קרקעית, במקומות המוע-דים לפגיעות מכניות רצוי להשחיל את הכבל בשרוויל פלדה להגנה נוספת.

בישראל חייבת התקנת הכבלים למלא אחר דרישות התקנות בדבר התקנת כבלים.

מכשירים

ליד כל מכשיר חשמלי קבוע או עליו יש להתקין

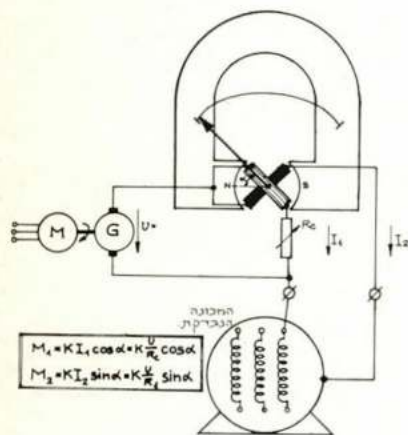


בדיקת תקינות בידוד של מכונות חשמל, באמצעות זרם ישר

אינג' א. נאוטרה M.Sc.

הבידוד החשמלי של מכונה ניתן לתאור בצורה חשמלית באמצעות קבל ונגד המחוברים במקביל; כאשר הקבל מתאר את קבול לפופי המכונה כלפי הגוף, והנגד את התנגדות הזליגה של בידוד הلفופים כלפי הגוף. כל כמה שהתנגדות זו גבוהה יותר הרי שבידוד המכונה הוא מעולה יותר.

גודל הקבול של הבידוד תלוי בגודל ובמתח המכונה. במנועים ושנאים בגודל קטן עד בינוני למתח נמוך, סדר הגודל של הקבול הוא עשרות או מאות פיקו־פרד, עבור שנאים או גנרטורים גדולים למתח גבוה הקבול מגיע לסדר גודל של 10,000 פיקו־פרד.



ציוור מס' 1

- א. זרם הטעינה — גדול בהתחלה ויורד מהר לערך אפסי.
 - ב. זרם הקטוב — ערכו הולך וקטן תוך זקות מספר.
 - ג. זרם הזליגה — הזרם הזורם באופן קבוע דרך התנגדות הזליגה של הבידוד. לזרם הזליגה יש 2 מרכיבים:
 - זרם זליגה חיצוני הזורם על פני המבדדים.
 - זרם זליגה פנימי הזורם דרך חומר הבדוד.
- אנו מעוניינים בעיקר בבדיקת זרם הזליגה הפנימי כי הוא נותן את המצב האמיתי של הבידוד. זרם הזליגה החיצוני תלוי בנקיון המבדדים ובהשפעות חיצוניות אחרות ולכן כדי למנוע שבוש במדידה אנו משתמשים במסך (guard) המונע כניסת זרמי זליגה חיצוניים למעגל המדידה.

התנגדות הבידוד תלויה מאוד בטמפרטורת המכונה אותה בודקים. בכל מדידה חשוב לכן למדוד ולרשום את טמפרטורת המכונה הנבדקת. בדרך כלל נהוג לתרגם את ערך התנגדות הבידוד הנמדד בטמפרטורה מסוימת לטמפרטורה סטנדרטית שהיא

תאור המכשיר לבדיקות הבידוד

כדי לבצע בדיקת בידוד בזרם חילופין דרוש מקור בעל הספק התלוי בגודל הקבול של המכונה הנבדקת:

$$N = U^2 \omega C$$

גם המכשיר לבדיקת בידוד בזרם חילופין (גשר שרינג לדוגמה) הוא מסובך, יקר וקשה לתפעול. בגלל הסיבות המצוינות לעיל מסתפקים לעתים בבדיקות בידוד בזרם ישר אף על פי שבדיקות בזרם חילופין הן מהימנות ומדויקות יותר. הצידוד והמכשיר לבדיקות בידוד בזרם ישר הם פשוטים וזולים יחסית, בעלי משקל קטן ולכן ניתנים להעברה לראש קושי. יתרונם הגדול הוא לכן בשמוש בזמן בדיקת המכונות במקום הרכבתן.

בדיקת התנגדות הבידוד בזרם ישר נעשית בעזרת מכשיר הנקרא בשפת החשמלאים „מגר“.

זהו מכשיר בעל 2 סלילים מצולבים, כמתואר בציוור מס' 1. דרך סליל אחד זורם זרם היחסי להתנגדות ידועה R_c ודרך הסליל השני זורם זרם היחסי להתנגדות הבידוד R_i של המכונה הנבדקת. המחוג יעצר בנקודה בה שני המומנטים של הסליל הראשון ושל הסליל השני הם שווים:

$$M_1 = M_2$$

$$K \frac{U}{R_c} \cos \alpha = K \frac{U}{R_i} \sin \alpha$$

$$R_i = R_c \tan \alpha$$

כלומר, התנגדות הבידוד יחסית לטנגנס איות סטיית המחוג (הסקלה של המכשיר תהיה על כן טנגנסילית). לבדיקות בידוד בשיטות שיתוארו בהמשך דרוש „מגר“, בעל מתח קבוע, כלומר „מגר“ עם מנוע, או „מגר“ אלקטרוני עם סוללות.

הערכים המשפיעים על המדידה

כאשר מחברים מקור זרם ישר לבידוד של מכונה מקבלים 3 רכיבי זרם:

(Polarization Index)

$$P. I. = \frac{R_i \text{ 10 min}}{R_i \text{ 1 min}}$$

מקדם הקיטוב של מכונה חדשה צריך להיות לפחות 2-3. הגבול התחתון עבור מכונה בניצול הוא 1.5. לטמפרטורה יש השפעה גדולה על המדידה ולכן אין לבצע את המדידה מיד לאחר הפסקת המכונה. אם מבצעים את המדידה בטמפרטורה קבועה אין צורך לעשות בשיטה זו תקון טמפרטורה. כי בודקים למעשה יחס של התנגדויות הבידוד.

בדיקת העקומה התנגדות-מתח

בודקים התנגדות בידוד במשך דקה אחת במתחים שונים, למשל מ-1 ק"ו עד 5 ק"ו בדרגות של 1000 וולט (בדיקה זו מותרת רק במכונות למתח גבוה). אחרי דקה, זרם הטעינה כבר איננו משפיע ולכן ההשפעה העיקרית היא של זרם הקרי טיב.

אם התנגדות הבידוד עולה או קבועה עם עליית המתח סימן שהבידוד טוב ויבש. ירידה בהתנגדות הבידוד עם עליית המתח מראה שהבידוד פגום או רטוב. לבדיקה זו היתרון שאפשר להפסיק את הבדיקה במתח כל שהוא כאשר רואים שמשוה לא בסדר בבידוד.

הערות לבצוע הבדיקות

במכונות גדולות וחשובות נוהגים לבצע בדיקות בשלושת השיטות גם יחד.

מתח בדיקה מקסימלי מותר הוא:

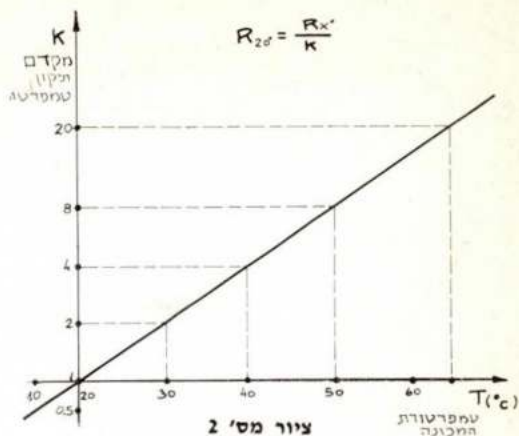
א. עבור מכונה חדשה או אחרי לפוף
 $(2E + 1000) \cdot 1.6$ וולט

כאשר E הוא מתח העבודה הנקוב (שלוש) של המכונה. המקדם 1.6 הוא מקדם אשר נתקבל לפי הנסיון ומשמש לתרגום מתח הבדיקה ממתח חילופין למתח ישר.

ב. בבדיקה חוזרת בודקים 85% ממתח הבדיקה הראשונה, ובכל בדיקה נוספת נוהגים להוריד 15% ממתח הבדיקה.

במכונות בהן ניתן להפריד בין 3 הפזות, נוהגים לבדוק את התנגדות הבידוד של כל פזה בנפרד ולהשוות ביניהן. במכונות בהן לא ניתן להפריד בין הפזות בודקים את בידוד כל הפזות במקביל.

כפי שהוסבר קודם ישנו במכונות גדולות קיבול די גדול לבידוד הלפוף כלפי הגוף. לכן יש לדאוג לפרוק כל המטען שבבידוד. אחרי כל בדיקה וגם אחרי כל הפסקת מתח בתוך מהלך הבדיקה.



20 מעלות צלזיוס. בציוור מס' 2 ניתנת דוגמה של מקדם תקון טמפרטורה עבור התנגדות בידוד במכונות עם בידוד ניר רווי שמן — למשל שנאי הספק עם בידוד שמן. מתוך עקום זה רואים שעבור עליית טמפרטורה של כ-10.5 מעלות יורדת התנגדות הבידוד פי 2, כך לדוגמה התנגדות בידוד שנמדדה ב-30.5 מעלות תהיה פי 2 יותר נמוכה מזו שנמדדה ב-20 מעלות. ב-41 מעלות פי 4 יותר נמוכה וכו'.

יש לציין שלכל סוג של חומר בידוד יש עקום טמפרטורה משלו.

שיטות בדיקה

על מנת לקבוע את תקינות הבידוד של המכונה בזרם ישר ישנן מספר שיטות:

- בדיקת התנגדות הבידוד אחרי דקה אחת.
- בדיקת העקומה התנגדות-זמן.
- בדיקת העקומה התנגדות-מתח.

א. בדיקת התנגדות הבידוד במשך דקה.

מחברים את המתח למשך דקה ורושמים את הערך המתקבל בסוף תקופת הבדיקה. בדיקה זו היא יחסית וצריכים לדעת מה היה ערך הבידוד כשהמכונה היתה חדשה. בבדיקה זו יכולים לגלות פגמים רציניים בחומר הבידוד, אבל קשה לגלות פגמים קטנים כגון: סדקים שהיו גורמים לתקלה במשך הזמן.

ב. בדיקת העקומה התנגדות-זמן.

מחברים את המתח למשך כ-10 דקות ורושמים את ההתנגדות הבידוד כל דקה. בדיקה זו נותנת תמונה טובה על מצב הבידוד. אם הבידוד הוא טוב ויבש, זרם הקטוב יהיה גדול ביחס לזרם הזליגה ואז ידרש זמן יותר גדול עד שתתקבל קריאה יציבה. יחס התנגדות הבידוד אחרי 10 דקות לעומת התנגדות הבידוד אחרי דקה אחת מוגדר כמקדם הקיטוב P.I.

ביצוע בדיקות בהספקי קצר גבוהים

אינג' א. פלד

כללי

ההתפתחות המתמדת במערכת החשמל הארצית מבחינת המתחים, הזרמים, ההספקים והגודל בעומס הצרכנים מביאים לכך שמתקני החשמל חייבים לעמוד ללא הנזקות בורמי קצר גבוהים יותר ויותר.

התכונות הנדרשות מהציוד החשמלי מחייבות בדיקות מרובות שהולכות ומחמירות. יש להדגיש שמתקני החשמל כוללים כיום ציוד יקר ומתוחכם ולכן גם השיקולים הכלכליים ובעיקר הבטיחותיים מצדיקים ללא ספק בדיקות מיוחדות כגון מתח יתר, כושר ניתוק ועמידות בורם קצר.

ישנם חלקי מתקן כגון מפסקי זרם אשר מתפקדים לבצע פעולות מיתוג בזמן הופעת קצר, אולם גם חלקי המתקן שאינם ממלאים תפקיד תפעולי חייבים לעמוד במאמצים הרציניים הנוצרים כאשר עובר דרכם זרם הקצר.

תנאיכ אלה מכתביים בהכרח דרישות חמורות לגבי ציוד מתקני החשמל אשר את קיומן יש לבדוק בצורה מעבדתית. בין היתר יש לבצע בדיקות כושר ניתוק ועמידות בורם קצר. לשם ביצוע בדיקות אלה הוקם מתקן מיוחד במעבדת החשמל למחקר ופיתוח שבשטח תחנת הכח בחיפה.

במתקן בוצעו עד כה בדיקות רבות בעיקר לציוד חברת החשמל, אולם לאור העובדה שאין בארץ מתקן דומה, משרת המתקן השייך כאמור לחברת החשמל גם את מכון התקנים הישראלי וכן גורמים אחרים בארץ.

נתוני המתקן

הספק הקצר: 16,000 קילוולט-אמפר.

זרם קצר מכסימלי צפוי: 35,000 אמפר.

מתח שיקום: 450 וולט.

כושר חבור סינכרוני: 100,000 אמפר.

כושר ניתוק: 100,000 אמפר.

דיוק חבור על גל המתח: 280 מיקרושניות.

בדיקות מיוחדות במתח עד: 24,000 וולט.

ניצול המתקן

המתקן מנוצל כיום לבדיקות כושר ניתוק ועמי-
זות בזרמים עד 35,000 אמפר במתח נמוך של
450 וולט. בעתיד מתוכננת הרחבת המתקן ל-
50,000 אמפר, 500 וולט.

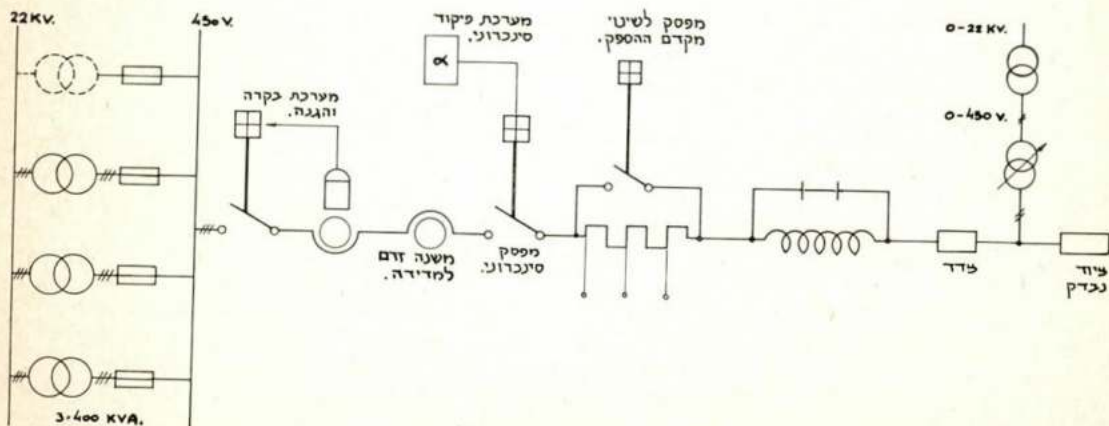
ערכים אלה מתייחסים לבדיקות דרפיזיות. בבדיקות

תלת פיזיות הערכים בפזות נמוכים פי 1.73. המתקן
מאפשר בדיקות המוכתבות על ידי תקנים שונים
או בדיקות לפי דרישות מיוחדות.

עד כה נבדק במתקן ציוד חשמלי מגוון כגון:
נתיכים, מפסקים עד 1000 אמפר, מפסקים אוטורי
מטיים זעירים, מפסקי מגן לזרם פחת, קונטקט-
טורים, מנתקי רשת ל-22 ק"ו, שנאי הספק, שנאי
זרם, מקצרים, מגשרים, מהדקים, מחברים ומוניכ
חשמליים.

תאור המתקן

המעגל החשמלי החדיקוי של המתקן נתון בצויר
מס' 1. אפשר לראות שההזנה מגיעה מקו עילי
במתח גבוה 22 ק"ו אשר מזין 3 שנאים 22/0.4
ק"ו בהספק נומינלי כולל של 3x400 קילוולט-
אמפר. מתח הקצר של שנאים אלה הוא 3.7%.



צויר מס' 1

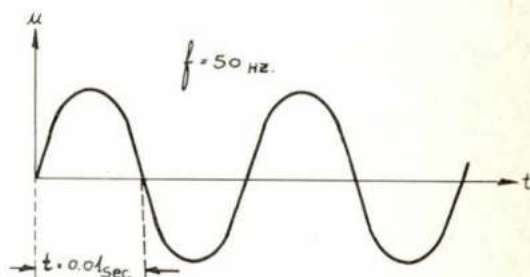
השנאים מחוברים בצד המתח הגבוה דרך מנתק משותף וכל שנאי מוזן דרך נתיבים 25 אמפר. מצד המתח הגבוה מחוברים השנאים במשולש ובצד המתח הנמוך בכוכב. צד המתח הנמוך של השנאים מחובר למערכת פסי הצבירה, עם אפשרות לחבור חלק מהשנאים או כולם במקביל, לפי הצורך.

המתקן מציוד במערכת פקוד אוטומטית המאפשרת:

א. חבור מעגל הבדיקה על פני גל המתח בדיוק של $\pm 5\%$ מעלות חשמליות בתדירות הרשת של 50 הרץ (280 מיקרושניות). תכונה זו מאפשרת בדיקת התנהגות הציוד בתנאי חבור שונים על גל המתח.

ב. נתוק המעגל לפי הנדרש או במקרה והציוד נהרס בזמן הבדיקה וגורם לקצר ממושך. זמני קיום המעגל ניתנים לקביעה מראש בדיוק של מילישניות בודדות. כך ניתן לקבוע גם את זמן קיום מתח השיקום, שהוא המתח המופיע לאחר שהמעגל נתוק ע"י הציוד הנבדק.

הקשר הקיים בין הזרם והמחזור החשמלי בתדירות של 50 הרץ מתואר בציור מס' 2. במעגל הבדיקה ניתנים עוצמת הזרם ומקדם המשך בעמוד 19



ציור מס' 2

תקצירי תקנים חדשים לחשמל שפורסמו לאחרונה ע"י מכון התקנים הישראלי

ת"י 919 (1975) תנורי הסקה חשמליים אוגרי חום, לשימוש ביתי ולשימושים דומים.

תקן זה חל על תנורי הסקה חשמליים אוגרי חום עם גופי חימום נוספים או בלעדיהם לחימום ישיר של האויר של החדרים בו נמצאים. התנורים מיועדים לטעינה מלאה בפרק זמן מסוים (בזרם לילה) מהספקה נעלת פאזה אחת או יותר של 230/400 וולט. התנורים עשויים להיות עם אמצעים לפיזור מאולץ של החום או בלעדיהם.

ת"י 786 חלק 3 (1975) ציוד חשמלי הנועד לשימוש באטמוספירות נפיצות
ת"י 786 חלק 4 (1975)

לאור פרסומן של מהדורות חדשות של התקנים הבין-לאומיים שמבוססים עליהם החלקים 3 ו-4 של התקן הישראלי מתפרסמים כעת גיליונות תיקון לשני החלקים האלה. התיקון לחלק 3 מתכוון לברר את הנוהל לחישוב הטמפרטורה המקסימלית של המשטח, כאשר הטמפרטורה השוררת בסביבה שהציוד מותקן בה שונה מ- 40°C . התיקון בחלק 4 בא כדי להשלימו ע"י תוספת של טמפרטורות ההצתה של חומרים שונים טיפוסיים.

ת"י 62 (1975) מהדקי תותב מבודדים למוליכי חשמל

התקן חל על מהדקי תותב מפולשים שהחיבור בין מוליכי החשמל נעשה בהם באמצעות ברגים. חלקו הכללי של התקן כולל הגדרות, מיון והוראות סימון: דרישות המבנה, המפורטות בפרק ב' מתייחסות להגנה מפני מגע מקרי, לנדן, לתותב, לברגי ההידוק ולמרחקי הזחילה: בתקן מפורטת דרישות בדיקה ושיטת ההדקה, וביניהן: עמידות בריביות בסביבה לחה, התנגדות הבידוד, חוזק הברגים ועמידות בחום.

„הארקת יסוד“ כתחליף להארקה באמצעות צנרת המים

אינג' ז. דוניבסקי

דורות של חשמלאים בארץ ובעולם התחנכו על הרעיון כי אין הארקה טובה יותר מאשר הארקה אל רשת צינורות המים. הארקה זו נתנה בדרך כלל תוצאות מצוינות, ביצועה קל ונוח ומחירה כמעט אפסי. לא לחינם דבק בצנרת המים הכינוי „אלקטרודה טבעית“, כאילו שמטבע הדברים אחד מהתפקידים של הצינורות לאספקת מים הוא לשמש כאלקטרודת הארקה.

בשנים האחרונות עם התרחבות השימוש בצינורות מים אל-מתכתיים, לרבות אבזרים מחומר פלסטי, נשמטה כאילו הקרקע מתחת לרגלי החשמלאים. צנרת המים המקודשת מדורי דורות כאלקטרודת הארקה מאכזבת והשימוש בה כאלקטרודה עלול לסכן בלא יודעין, את בטיחות מתקני החשמל.

הנדרשת בתקנות החשמל יותקנו בנוסף להארקה מקומית, מפסקי מגן באישור הרשות המוסמכת. מחקר „על הארקת מערכות חשמל ביתיות בתנאי צנרת שונים“ נערך ע"י פרופ' י. פרמינגר ממוסד הטכניון למחקר ומיתוח; במסקנותיו שפורסמו ב-1969 נאמר בין השאר:

„ההתפתחות הטכנולוגית החלה במקביל במערכת אספקת המים ובכבלים החשמליים התת-קרקעיים, תביא בעתיד היותר רחוק לחיסולן של אלקטרודות הארקה טבעיות הקיימות היום. בגלל זה יוצאו מכלל שימוש במרוצת הזמן כל שיטות ההגנה נגד חישובול המשתמשות בהן.“

מחקר נוסף של פרופ' פרמינגר בנושא „הארקת יסוד בתור אמצעי בפני מתח תקלה“ פורסם ב-1972.

„העימות“ בין צינור מתכתי וצינור אל-מתכתי

ההחלטה הגורלית לנטוש את ההתבססות על צינור מים כאלקטרודה טבעית היתה מלווה בהתלבטויות רבות. היו שטענו כי בגלל הקשיים המרובים וההוצאות הגבוהות הכרוכים ביישום שיטת הגנה אלטרנטיבית, עדיף לותר על היתרון התמחירי של צנרת אל-מתכתית לעומת צנרת מתכתית, ובלבד שתשמר האפשרות להשתמש בצנרת המים גם למטרת הארקה כפי שהיה מקובל בעבר.

העניינים הגיעו עד לכך שבשוויץ, לדוגמא, נחתם ב-1962 הסכם בין חברת המים וחברת החשמל לפיו תמשיך הראשונה להשתמש בצינורות המתכתיים גם במתקנים החדשים וחברת החשמל תכסה את ההפרש במחיר.

החיפוש אחר אלקטרודת הארקה אלטרנטיבית

בכל העולם החלו בירורים טכניים וחיפוש אחר השיטה והאמצעים אשר ישמרו, במצב החדש שנוצר, על אמינות הבטיחות של מתקני החשמל. הדרך הנראית כפשוטה ביותר היא השימוש באלקטרודות מתכת בצורת מוט, לוח או רשת טמונה באדמה. אם אלקטרודה אחת איננה מספקת ניתן להטמין באדמה אלקטרודות אחדות ולחברן ביחד.

מחיר אלקטרודות מלאכותיות כאלה הוא גבוה בעיקר בגלל הצורך לבצע חפירות וקידוחים באדמה. הבעיה קשה במיוחד בקרקע סלעית בעלת התנגדות סגולית גבוהה.

קיים גם תמיד החשש מקורוזיה שתגרום לאיכול האלקטרודה — דבר שמחייב בדיקות תקופתיות, בניגוד למצב הקיים כאשר מדובר בצנרת מים אשר „מתריעה“ בעוד מועד על היזקותה בכך שמתחילה דליפת מים.

כינוסים רבים של מומחים ומספר רב של מחקרים ומאמרים טכניים הוקדשו לחיפוש פתרון יעיל לבעיה.

המחקרים בארץ

ב-1971 פורסמו המלצותיה של ועדה שמונתה לבדיקת הנושא ע"י המועצה הטכנית של אגודת האינג'ינרים והארכיטקטים בישראל. בין השאר קבעה הוועדה:

„בשלב זה יש להעדיף הגנה באמצעות הארקה מקומית, בתנאי שהארקה זו תבטיח הפעלת הנייכים או המפסקים האוטומטיים. אם לא ניתן, בגלל תנאי קרקע מיוחדים, להגיע להתנגדות

הצעדים הראשונים של שיטת הארקות היסוד

חלוץ הארקות היסוד היה מפקח מטעם המעבדות המרכזיות לחשמל בארה"ב בשם ה.ג. אופר אשר הוטל עליו להתקין, בימי מלחמת העולם השנייה הארקה הגנה למחסני פצצות בשדה תעופה צבאי. המחסנים היו במדינת אריזונה הצחיחה שבה כמות הגשמים השנתית אינה מגיעה ל-300 מ"מ וסוג הקרקע הוא חול מעורבב באבנים קטנות.

המשימה שהוטלה על אופר היתה להגיע בכל מבנה בעל שטח של 35 מ"ר להתנגדות הארקה שלא תעלה על 5 אום. בגלל הצורך לחסוך בנחושת השתמש אופר בזויטני ברזל אשר הוטמנו ביסודות הבטון של המבנים וחוברו אל זיון הבטון. העבודה הושלמה ב-1942 והמדידות הראו כי בכל המבנים היתה התנגדות ההארקה נמוכה מ-5 אום. מענין לציין את דבקו של אופר ברעיון של הארקות היסוד: בשנת 1960 בהיותו כבר בנימלאות, הוא בדק לפי היתר מיוחד של שלטונות הצבא את ההארקות שבוצעו על ידו 18 שנה לפני כן, והתוצאות היו מצויינות: התנגדות הארקה של 2-5 אום בכל מבנה, וזאת מבלי שבוצעה פעולת תקון או תחזוקה כלשהי במשך כל השנים.

התפתחות רעיון הארקות היסוד בארצות שונות

בארצות הברית קבלה השיטה אישור רשמי ב-1968 בתקנות הממשלתיות. לפי השיטה המתוארת בתקנות אלה יש להטמין מוליך נחושת בעל חתך של 21 מ"מ לפחות, ובאורך שאינו קטן מ-6.1 מטר בחלקו התחתון של יסוד המבנה.

בצרפת פורסמו הוראות בנדון ב-1966, ולפיהן יוטמן מוליך נחושת בעל חתך של 28 מ"מ לפחות, באדמה רכה במקביל ליסוד הבטון לכל ארכו, בסמוך לחלקו התחתון. מוליך זה חייב להיות מחובר לזיון הבטון במקומות רבים.

בגרמניה פורסמו הוראות לביצוע הארקות היסוד בשנת 1965 על ידי „איגוד חברות החשמל של גרמניה" (V.D.E.W.), והוראות דומות פורסמו גם באוסטריה.

לפי השיטה הגרמנית משמש כאלקטרודה פס ברזל הטמון בבטון היסוד ומחובר לברזל הזיון במספר רב של נקודות. אל אלקטרודה זו מחוברים באמצעות פס נחושת, כל מוליכי ההארקה של מתקני החשמל שבמבנה וכמו כן הצנרת של המים, הגז והסקה המרכזית וכדומה.

כפי שניתן היה לצפות מראש, לא עמד ההסכם במבחן המציאות ולא האריך ימים. התברר כי אין אפשרות לעכב קידמה טכנולוגית ע"י צעדים מנהליים, ואמנם השימוש בצינורות אל-מתכתיים שהם זולים יותר ונוחים יותר למטרת אספקת המים, המשיך להתפשט בתנופה.

הפתרון: אלקטרודה טמונה ביסוד הבטון של המבנה

לאור המצב שנוצר ולנוכח המגרעות הטכניות של אלקטרודה מלאכותית הטמונה ישירות באדמה, התפתחה והתרחבה בתקופה האחרונה השיטה של הטמנת אלקטרודת הארקה ביסוד הבטון של המבנה. השיטה הצדיקה את עצמה בארצות רבות והנסייון הראה כי ניתן להגיע באמצעותה לתוצאות טובות.

יתרונות הארקה היסוד לעומת אלקטרודה הטמנה באדמה הן: אין צורך בחפירה מיוחדת, אין חשש לקורוזיה מאחר שהבטון מהווה הגנה טובה בפניה, ולפיכך אין צורך בפעולות תחזוקה.

ההתנגדות של אלקטרודת הארקה היסוד מושפעת על ידי גורמים רבים. אחד החשובים שבהם הוא ההתנגדות הסגולית של האדמה, התלויה בסוג הקרקע. כדאי אולי להזכיר כאן שההתנגדות הסגולית של האדמה נמדדת ב„אום-מטרים" וזוהי התנגדות גוש אדמה בצורת קוביה שאורך כל צלע שלה מטר אחד. ההתנגדות נמדדת בין שתי דפנות נגדיות של הקוביה.

מדידות ההתנגדות הסגולית של האדמה שנערכו במקומות שונים בארץ הראו כפי שאפשר היה לצפות, שאין אחידות בגודל ההתנגדות אפילו במקומות הקרובים מאד זה לזה. כמו כן יש להביא בחשבון שההתנגדות משתנית עם העומק ועם מבנה הקרקע.

גורם חשוב אחר המשפיע על גודל ההתנגדות הוא סוג הבטון וביחוד מידת הלחות שלו. לבטון יבש מאד יש התנגדות גבוהה עד כי איננו יכול לשמש כמוליך במערכת ההארקה. למזלנו, מופיעים בבטון המתקשה נקבוביות אשר דרכן הוא סופג לחות מהקרקע כך שאפילו כאשר נמצא הבטון באדמה יבשה קיימת בו לחות כלשהי. עובדה מעניינת היא כי בדרך כלל לח הבטון יותר מאשר האדמה אשר בה הוא נמצא. הודות ללחות זו המוליכות של הבטון היא למעשה המוליכות של האלקטרוליטים הנמצאים בנקבוביות שלו. עם התיישנות הבטון יורדת מוליכותו עד שהיא מתייצבת בערך מסויים. לתערובת בטון רגילה, אפשר להתחשב בתקופה של שנה אחת כתקופת ההתייצבות של מוליכתו החשמלית.

הדיונים של הארקות היסוד בישראל

ועדת ההוראות לביצוע מתקני חשמל הפועלת ליד משרד המסחר והתעשייה, אשר חברים בה מומחים ממוסדות ומגופים טכניים שונים באר, זנה בוועדת משנה מיוחדת בהיבטים השונים של הבעיה. לאחר שיקולים החליטה הועדה לאמץ שיטת ביצוע המבוססת על השיטה הנהוגה בגרמניה, תוך התאמתה לתנאי הארץ ולשיטות הבניה המקובלות כאן.

עם סיום עבודתה הכינה הועדה הצעת תקנות בדבר ביצוע הארקות יסוד. מטבע הדברים דרושים שלבים ממושכים טרם פרסום התקנות בצורה רשמית בקובץ התקנות הממשלתיות. לפיכך, ובהתחשב בצורך הדחוף למציאת פתרון לבעיית "היעלמות" האלקטרודות הטבעיות ולזרז היישום המעשי של שיטת הארקות היסוד, החליטה הועדה לפרסם ללא דיחוי "המלצות להתקנת מערכת הארקות יסוד במבנים". הועדה ראתה בכך צעד חשוב להגדלת בטיחותם של מתקני החשמל.

בינתיים אימץ משרד הפנים, הממונה באמצעות הרשויות המקומיות על הבניה בארץ, את ההמלצות וקבל על עצמו לדאוג שאמנם יקיימו אותן בכל מבנה בעל יסודות בטון שייבנה בעתיד. לאחר סיום כל שלבי הדיונים בתקנות ועם פרסומן מטעם משרד המסחר והתעשייה הממונה על חוק החשמל, בקובץ התקנות במסגרת חוק החשמל,

יהיו התקנות בעלות תוקף חוקי ויחייבו את כל החשמלאים בארץ.

תוכן "התקנות" דומה לתוכן "ההמלצות" אולם הניסוח הינו משפטי כנדרש במסמך רשמי בעל תוקף חוקי.

הנסייון המעשי בארץ

בארץ נבנו בשנים האחרונות מספר בתים שהותקנה בהם הארקות יסוד, אם כי ללא שיטה אחידה ומבוקרת. לכן נראה כי לא נוכל להסתמך על התוצאות שנתקבלו במבנים אלה. חלוץ השימוש השיטתי הנרחב בהארקות יסוד בארץ הינו, אם אינני טועה, משרד התקשורת.

שיטת הביצוע של הארקות יסוד שהונהגה על ידי משרד זה שונה במידת מה מהשיטה המתוארת ב"המלצות". הפס של הארקות היסוד טמון בתוך שכבת בטון רזה מתחת ליסוד המבנה. שיטה זו מחייבת שכבה מיוחדת של בטון רזה בעובי של כ-10 ס"מ מתחת ליסוד להטמנת האלקטרודה. ברור שזה מייקר במידת מה את העבודה; יש להתקנה כזו יתרונות, אם כי בגלל חוסר נסיון, קשה לי לקבוע עד כמה הדבר הכרחי. לפי "המלצות" לא נדרשת בארץ שכבת בטון מיוחדת. נתונים על התוצאות שקיבל משרד התקשורת במספר מתקני חשמל באזורי ארץ שונים אפשר לראות בטבלה הבאה:—

התנגדות התפשטות של הארקה (אום)	תאור האלקטרודה	התנגדות סגולית של האדמה (אום-מטר)	המקום
0.13 (קיץ)	טבעת 17×10 מ' + 12 כלונסאות 10 מ'	4 (חורף)	קרית מלאכי
0.24 (קיץ)	טבעת 17×24 מ' + ברזל הזיון	20—40 (חורף) 60 (קיץ)	ראשון לציון
0.3 (קיץ)	טבעת 16×35 מ' + כלונסאות	30—70 (חורף)	אילון
2.2 (קיץ)	טבעת 18×36 מ' + ברזל הזיון.	200 (תחילת קיץ)	אשקלון-אפרידר

אלקטרודות הארקות היסוד מותקנת בטבעת סגורה סביב הבניין ומחוברת במספר רב של נקודות אל ברזל הזיון נוסף על כך, מחוברים אליה כל מוליכי ההארקה וכל הצנרת המתכתית של הבניין. המתח העלול להופיע במקרה של תקלה בין חלקי המבנה השונים, כגון בין הרצפה ובין צנור המים, הינו רק חלק ממתח התקלה שהיה עלול להופיע אלמלא קיומה של הארקות היסוד. הקטנה זו של מתח התקלה מהווה גורם

הערות טכניות

להלן מספר הערות שכדאי להקדיש להן מחשבה בהקשר לנושא הארקות יסוד במבנים, שנדון במאמר זה.

א. השוואת הפוטנציאל

מן הראוי לציין כי הארקות יסוד, בנוסף על חפקידה העיקרי לשמש הארקות מגן למתקן החשמלי, תורמת רבות לבטיחות המתקן על ידי השוואת הפוטנציאל בחלקיו השונים.

רב ערך להקטנת סיכון החישמול גם במקרה שלא תפעל מערכת ההגנה של המתקן החשמלי הלקוי.

ב. הארכת יסוד אינה פתרון לכל מקרה

מי שמסתכל על הערכים הנמוכים של התנגדות הארקה בנתוני משרד התקשורת מתרשם בוודאי לטובה, אולם תהיה זו אשליה לחשוב כי הטמנת אלקטרודת הארקה ביסוד המבנה, כפי שמתואר ב„המלצות“, תבטיח בכל מקרה התנגדות הארקה כנדרש. התוצאות הטובות נתקבלו הודות לתכנון מפורט של מערכת הארקה לכל מבנה ומבנה. אין לסמוך על אילתור ושומה על מתכנן הארקה יסוד לדאוג לקביעת כל פרטי התכנון בתכנון עבודה, כמו כן עליו לעמוד על המשמר כדי להבטיח כי העבודה תבוצע ברמה מקצועית טובה ובמועד הנכון בהתאם להתקדמות עבודת הבניה. יש להשגיח במיוחד על העבודות המבוצעות על ידי פועלי בנין.

עם כל היתרונות של הארקה יסוד יש להתחשב בעובדה שקיימים תנאים שבהם היא לא משיגה את מטרת ההגנה על המתקן. במיוחד בגלל התנגדות סגולית גבוהה של האדמה, הדרכים לשיפור במצב כזה הן שונות.

בארצות אירופה המרכזית, כמו בשווייץ, נגרמיה או באוסטריה, מקובל בכל מקרה לחבר את אלקטרודת הארקה היסוד עם מוליך האפס של קו החשמל הזמין את הבית (שיטת ה„איפוס“). שיטה זו דורשת מבנה מיוחד של רשת החשמל ומסיבות טכניות וכלכליות. שלא כאן המקום להרחיב הדיבור עליהן, לא נראית האפשרות להשתמש בה בארץ.

אם נתגלה, לאחר התקנת הארקה יסוד, כי התנגדות ההארקה גבוהה מדי, נראה כי הדרך הפשוטה והקלה ביותר לשמירה על בטיחות מתקן החשמל הינה הרכבת מפסק מגן המופעל בזרם דלף. מפסק מגן כזה, בעל

רגישות גבוהה (כרגיל 30 מיליאמפר) מספק הגנה יעילה נגד חישמול ויש לקדם בברכה שימוש נרחב בו במתקני חשמל, בתוספת להתקנת הארקה היסוד.

ג. הבעיות הקשורות במפסק מגן המופעל בזרם דלף

השימוש במפסק מגן המופעל בזרם דלף לאדמה מעורר מספר בעיות, אשר החשובות ביניהן הן התחזוקה והסלקטיביות.

הסקרים שנעשו באירופה הראו כי כאשר בודקים מספר רב של מפסקי מגן לאחר כמה שנים של שימוש, יש אחוז קטן מהם שאינם פועלים כהלכה. המסקנה מכך היא שדרוש לבדוק את תקינות פעולתם באופן תקופתי. עם התרחבות השימוש במפסקי מגן בארץ מתעוררת הבעיה של בדיקתם התקופתית על ידי מוסד מוסמך. בענין זה קיימות מספר הצעות ותוכניות, אשר כולן החוקות עוד מאוד מלהגיע לתוצאות ממשיות. מן הראוי כי כל הגורמים הדואגים לבטיחות מתקני החשמל יירתמו למציאת פתרון, במיוחד עקב העובדה שלאחר השינויים בנישה אל הארקה לצנורות המים, יגדל ללא ספק מספר מפסקי המגן שיורכב במתקני החשמל.

בעיה אחרת היא בעית הסלקטיביות. מפסק מגן המותקן, כמקובל, כמפסק ראשי, ינתק את הזרם בכל המתקן עם הופעת תקלה באחד המעגלים. בדירת מגורים זה יגרום לאי נוחיות שאין לה בדרך כלל הוצאות חמורות; לעומת זאת, הפסקה כללית של זרם בגלל תקלה, שיתכן כי אירעה במעגל שאינו חיוני כלל, במקום כמו תיאטרון או מפעל תעשייתי, קשורה בנזק רב ולעתים אף בסיכון לאנשים ולציוד.

בעיות אלה חורגות מהנושא של הארקה יסוד. הענין כשלעצמו חשוב מאוד ואני מקווה כי יימצא מי שיכתוב על כל הצדדים של הנושא במאמר מיוחד.

ביצוע בדיקות בהספקי קצר גבוהים

המשך מעמוד 15

מדידת זרמים גבוהים מהווה בעיה בפני עצמה בגלל השדות האלקטרומגנטיים החזקים הנוצרים ע"י זרמים אלה. לשם מדידת הזרמים נבנה צדד מיוחד אשר תוכנן ובוצע בחברת החשמל. הצדד בנוי בצורת צינור, אינו משפיע על גודל הזרמים, אינו מושפע משדות חיצוניים ומאפשר מדידה מדויקת ללא עכוב בזמן.

בנוסף לצדד, מצוידת מערכת המדידה במשני זרם, אמפרמטר מהיר בעל מחוג נגרר ומכשירי מדידה רגילים. למדידת תופעות המעבר משתמשים באוס צילוחיפ ובמכשיר רושם אופטי (ויזיקורדר).

א. מלד

ההספק הצפויים לקביעה בעזרת נגדים וסלילי אוויר. כמו כן קיימת אפשרות לויסות המתח בעזרת דרגות השנאים, ויסות רצוף של מתחים בזרמים אשר אינם עולים על 300 אמפר, אפשר לבצע בעזרת וריאק אוטומטי נייד.

בדיקות ממושכות בזרמים גבוהים (עד 3000 אמפר) מבצעים במתחים נמוכים מאוד בעזרת שנאים נוספים אשר מורידים את המתח ומאפשרים עליית הזרם.

לכל המערכת צמודה יחידה לבדיקות במתחים עד 24 ק"ו.

המלצות להתקנת מערכת הארקת יסוד במבנים *

בכל מבנה שיש לו יסודות מבטון תותקן מערכת הארקת יסוד.

1. מטרת הארקת יסוד.
 - 1.1. לבוא במקום הארקה אל צנורות מים מתכתיים, לאור השמוש הולך ומתרחב בצנורות מים אלמתכתיים.
 - 1.2. להשוות פוטנציאל של חלקי המבנה והשרותים השונים ועל ידי כך להקטין סכנה של הופעת מתח מסוכן בין חלקי בנין.

2. תאור הארקת יסוד.

- 2.1. כאלקטרודת הארקת יסוד ישמשו פס או מוט מברזל טמונים בשכבת בטון ביסודות המבנה. הפס או המוט, יחוברו במקומות אחדים עם ברזל הזיון של היסודות.
- 2.2. במקום מתאים במבנה, בקומת מרתף, בקומת העמידים או בחדר המדרגות יותקן פס נחושת (פס השוואת פוטנציאל) אשר אליו תחובר הארקת של לוחות חשמל. לפס זה תחובר גם, על ידי מוליכים מיוחדים, הצנרת המתכתית של המבנה, כמו צנרת למים, להסקת מרכזית וכד'.
- 2.3. אלקטרודת הארקת יסוד הטמונה בבטון תחובר אל פס השוואת הפוטנציאל על ידי פס או מוט מברזל (פסי חבר) אשר יותקנו, ככל האפשר, בתוך קירות המבנה.

3. תכנון

- 3.1. מערכת הארקת יסוד על כל מרכיביה, תתוכנן על ידי מתכנן מתקן החשמל בתאום עם מתכנן הקונסטרוקציה של המבנה.
- 3.2. אלקטרודת הארקת יסוד, פסי חיבור ופסים להשוואת פוטנציאל יסומנו בתכנית הקונסטרוקציה ובנין של המבנה, המוגשות לאשור לרשויות מוסמכות.
- 3.3. מערכת הארקת יסוד בשלמותה, כולל אלקטרודת הארקת יסוד, תסומן בתכניות החשמל של המבנה.

4. בצוע

- 4.1. התקנת אלקטרודת יסוד ופסי החבור תבוצע על ידי חשמלאי או בהשגחתו הרצופה.
- 4.2. התקנת פס להשוואת פוטנציאל ומוליכי החיבור, כולל כל החיבורים בהם תבוצע על ידי חשמלאי בלבד.

5. מבנה אלקטרודת הארקת יסוד.

- 5.1. אלקטרודת הארקת יסוד העשויה מפס ברזל תהיה בעובי 3.5 מ"מ לפחות ובחתיך של לא פחות מ-100 מ"מ².
- 5.2. אלקטרודת הארקת יסוד העשויה ממוט ברזל תהיה בעלת קוטר 10 מ"מ לפחות.

6. סוג הבטון שבו תוטמן אלקטרודת הארקת יסוד.

- 6.1. הבטון יהיה מהסוג B 200 לפי תקן ישראלי 118.
- 6.2. תחולת המלט בבטון לא תהיה פחותה מ-300 ק"ג למטר מעוקב.

7. אופן ההתקנה של אלקטרודת הארקת יסוד.

- 7.1. יש להניח את הפס, או המוט, של האלקטרודה בטבעת סגורה, בחלקו התחתון של יסוד המבנה, מתחת לקירות חיצוניים.
- 7.2. האלקטרודה תותקן באופן שתשמר שכבת בטון בעובי של 5 ס"מ לפחות מתחתה. אם עשויה האלקטרודה פס ברזל, יש להתקינה בתוך הבטון במצב אנכי.
- 7.3. על מנת לשמור על יציבות האלקטרודה בעת יציקת הבטון יש להשתמש במחזיקים מיוחדים אשר יותקנו ברווחים של 2-3 מטרים ביניהם. המחזיקים יכולים להיות מסוגים שונים; ניתן להשתמש בתיל ברזל בקוטר 6 מ"מ המכופף בצורה מתאימה.
- 7.4. מעבר האלקטרודה דרך תפר התפשטות יהיה מעל פני הקרקע מחוץ לבטון. פסי ברזל, או המוטות, של האלקטרודה משני צדי התפר, יחוברו ביניהם באמצעות ברגים על ידי פס ברזל כפוף בקשת רחבה. המידות המינימליות של הפס המחבר יהיו במידות המינימליות של האלקטרודה. מחוץ למבנה יוגן הפס בפני איכול על ידי ציפוי ביטומני או בשיטה אחרת יעילה.

* הוכנו ע"י ועדת המשנה של ועדת ההוראות לביצוע מתקני חשמל, הפועלת ליד משרד המסחר והתעשייה.

7.5. בהתקנת אלקטרודת הארקת סוד יש לשמור על כך ששום נקודה של רצפת קומה תחתונה של המבנה לא תהיה מרוחקת יותר מ-10 מטר מהאלקטרודה. במקרה, שלשם שמירה על תנאי זה לא מספיקה האלקטרודה המותקנת מתחת לקירות חיצוניים של המבנה, יש להוסיף אלקטרודה אחת או יותר מתחת לקירות הפנימיים.

8. חיבורים של אלקטרודת הארקת יסוד.

8.1. חיבורים בין קטעים של האלקטרודה, ובין האלקטרודה אל ברזל הזיון של המבנה ייעשו באופן שיבטיחו רציפות חשמלית לאורך ימים.

8.2. לשם בצוע החבורים ניתן להשתמש בריתוך, במהדקים מיוחדים בעלי ברגים, או בכל שיטת הצמדה אחרת יעילה.

8.3. לאורך האלקטרודה יותקנו חיבורים בינה ובין ברזל הזיון. הרווח בין שני חיבורים סמוכים כאלה לא יעלה על 5 מטר. החיבורים ייעשו כמתואר בסעיף 8.2. לשם חיבור בין האלקטרודה וברזל הזיון ניתן להשתמש בתיל ברזל בקוטר 8 מ"מ לפחות.

9. פס חבור

9.1. עקב העובדה כי לאחר יציקת הבטון אין אפשרות להוסיף פסי חיבור, יש לדאוג להתקין פסים אלה בכמות מספקת ובמקום הנכון. רצוי לדאוג להתקנת פס חיבור אחד שמור, לפחות, מחוץ למבנה.

9.2. הקשר בין פסי חיבור והאלקטרודה ייעשה כמתואר בסעיף 8.2.

9.3. פס החיבור יותקן, ככל האפשר בתוך קיר מבנה, עד לקרבת המקום אשר נקבע עבור פס השוואת פוטנציאל.

9.4. על פס החיבור המותקן מחוץ לקירות המבנה יש להגן בפני איכול. ההגנה תהיה בהתאם לתנאים במקום ההתקנה.

9.5. במקרה של מבנה המורכב מגושים אחדים עם חדר מדרגות בכל גוש, יש להתקין פס חיבור נפרד בכל גוש.

9.6. המידות המינימליות של פס החיבור יהיו כמידות המינימליות של אלקטרודת הארקת יסוד.

10. פס השוואת פוטנציאל.

10.1. במקרה שחיבור חברת החשמל אל המבנה הינו בכבל תת-קרקעי, רצוי למקם את פס השוואת הפוטנציאל בקרבת הכניסה של הכבל לבנין.

10.2. פס השוואת הפוטנציאל יהיה מנחושת; המידות המינימליות של הפס יהיו: עובי 4 מ"מ, רוחב 40 מ"מ.

10.3. פס השוואת הפוטנציאל יחזק לקיר או ללוח, באופן יציב, שימנע התרופפותו עם הזמן, ובצורה שישמר רווח של 4 ס"מ לפחות ובין המשטח עליו הוא מותקן.

10.4. בפס השוואת הפוטנציאל יהיה בורג מיוחד להידוק פס החיבור של אלקטרודת יסוד, וברגים נפרדים לחיבור כל מוליך ומוליך שיש לחברם אליו בהתאם לתכנון. נוסף על כך, תהיה בפס הכנה לעוד שני ברגים, למקרה של צורך בחיבור מוליכים נוספים בעתיד. בכל מקרה מספר מקומות החיבור למוליכים בפס לא יהיה קטן מחמישה.

10.5. גובה ההתקנה של הפס להשוואת הפוטנציאל יהיה בין 1.80 מ' ל-2.40 מ' מהרצפה. בחדרים אשר הכניסה אליהם מותרת רק לאנשים מוסמכים, יכול גובה ההתקנה של הפס להיות כלשהו.

10.6. פס השוואת הפוטנציאל יצויד במכסה להגנה בפני אבק ולכלוך. במקרה שצפויה במקום התקנתו, סכנה מפגיעות מכניות, יהיה המכסה מתאים גם להגנה בפני פגיעות אלה.

10.7. אל פס השוואת פוטנציאל יחבורו גופים אלה:

א. אלקטרודת הארקת יסוד.

ב. מוליך הארקה ראשי של חברת החשמל.

ג. מוליכי הארקה של לוחות החשמל הראשיים.

ד. צנרת מים מתכתית.

ה. צנרת ביוב וניקוז מתכתית.

ו. מתקן להסקה מרכזית.

ז. צנרת גז פנימית.

ח. צנרת לאויר דחוס.

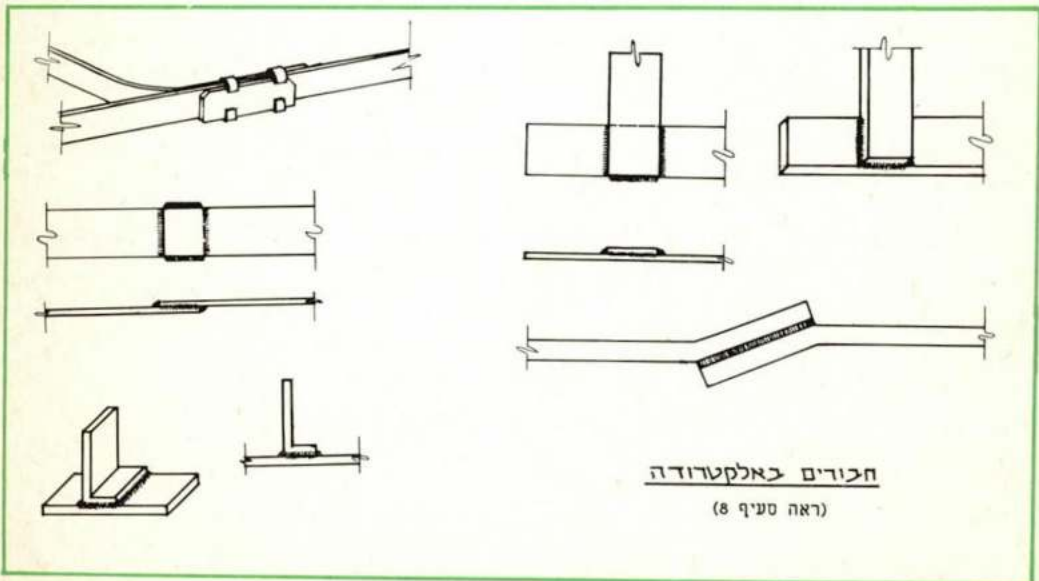
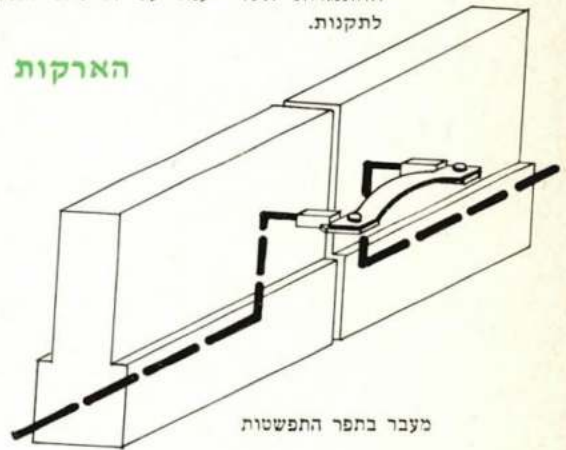
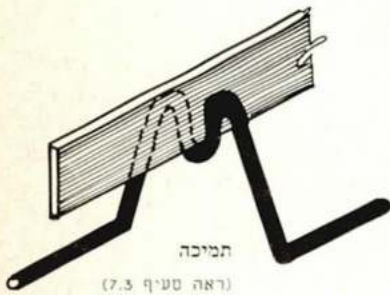
ט. הארקה אנטנה מרכזית לטלוויזיה.

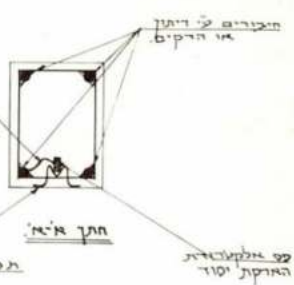
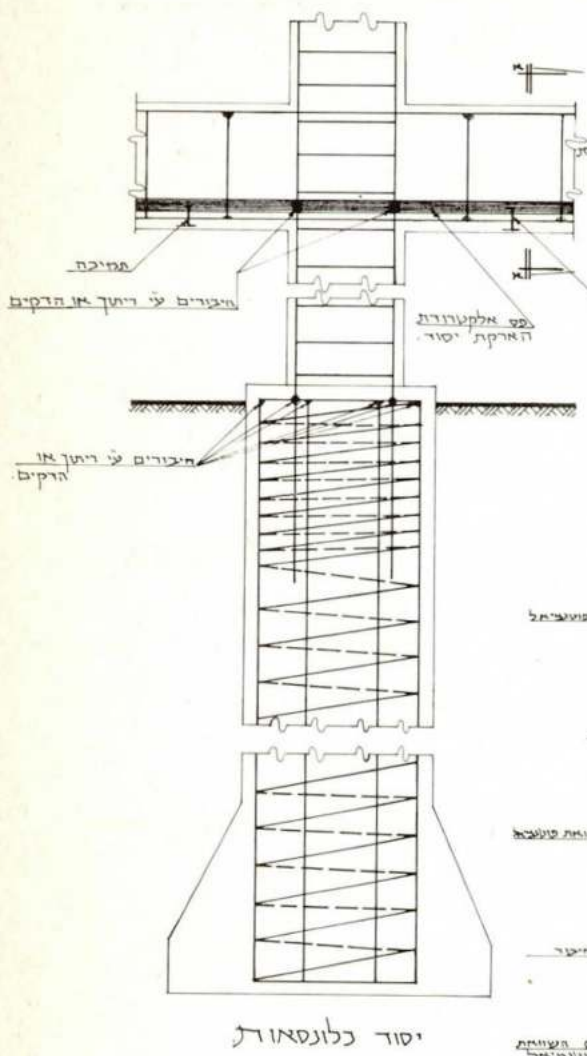
י. הארקה המתקן לטלקומוניקציה, כגון מרכזת טלפונים פרטית.

11. מוליכי החיבור (מוליכי הארקה ללוחות חשמל ומוליכים להשוואת פוטנציאל לשרותים השונים).
- 11.1. אופן ההתקנה של מוליכי החיבור והגנתם יהיה כפי שפורט לגבי מוליכי הארקה בתקנות חשמל (הארקות או הגנות אחרות) תשכ"ב 1962.
- 11.2. חתך מוליך הארקה אל לוח חשמל ראשי של מתקן חשמל יהיה כפי שניקבע עבור מוליך הארקה של מתקן כזה בתקנות הנ"ל, אולם לא פחות מ-10 מ"מ, כאשר המוליך מנחושת, או מ-16 מ"מ כאשר המוליך מאלומיניום.
- 11.3. מוליך החיבור אל שרות שאיננו מתקן חשמל, יהיה בחתך לא פחות מ-10 מ"מ כאשר המוליך מנחושת, או מ-16 מ"מ כאשר המוליך מאלומיניום.
- 11.4. חתך מוליך החיבור אל מתקנים מיוחדים, כמו אנטנה מרכזית לטלוויזיה, יהיה כפי שנקבע בתקן של מתקן כזה, ובהעדר תקן כפי שנקבע בתכנון של מתקנים אלה.

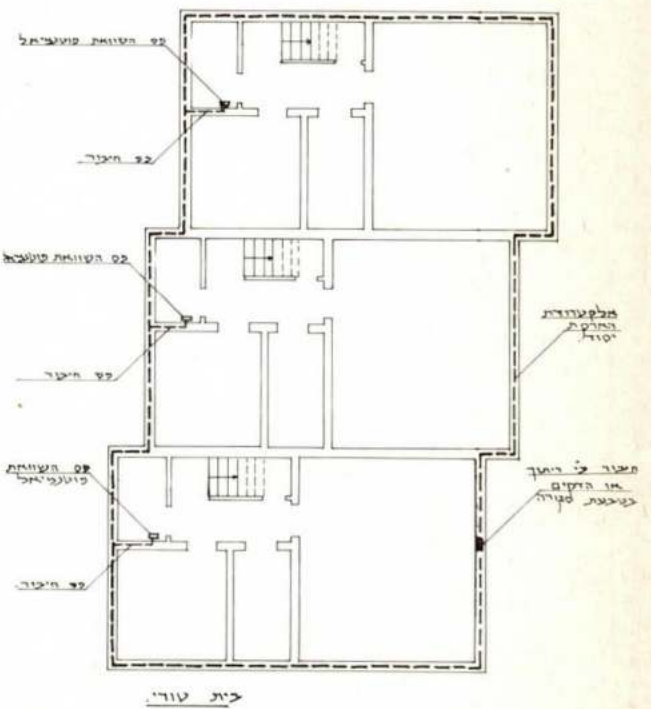
הערה: במידה והתנגדות הארקה יסוד לא תענה על דרישות של תקנות חשמל (הארקות או הגנות אחרות) תשכ"ב 1962. יש להוסיף אלקטרודה אחת או יותר עד לקבלת ערך ההתנגדות אשר יענה על דרישות התקנות, או להשתמש בשיטת ההגנה אחרת בהתאם לתקנות.

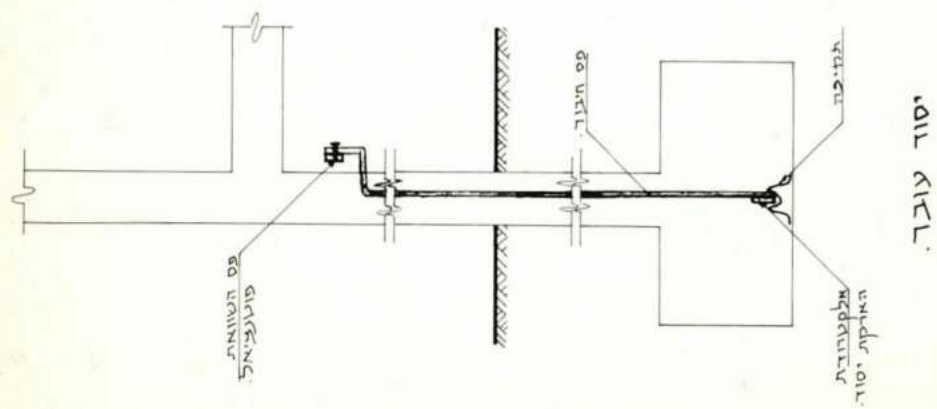
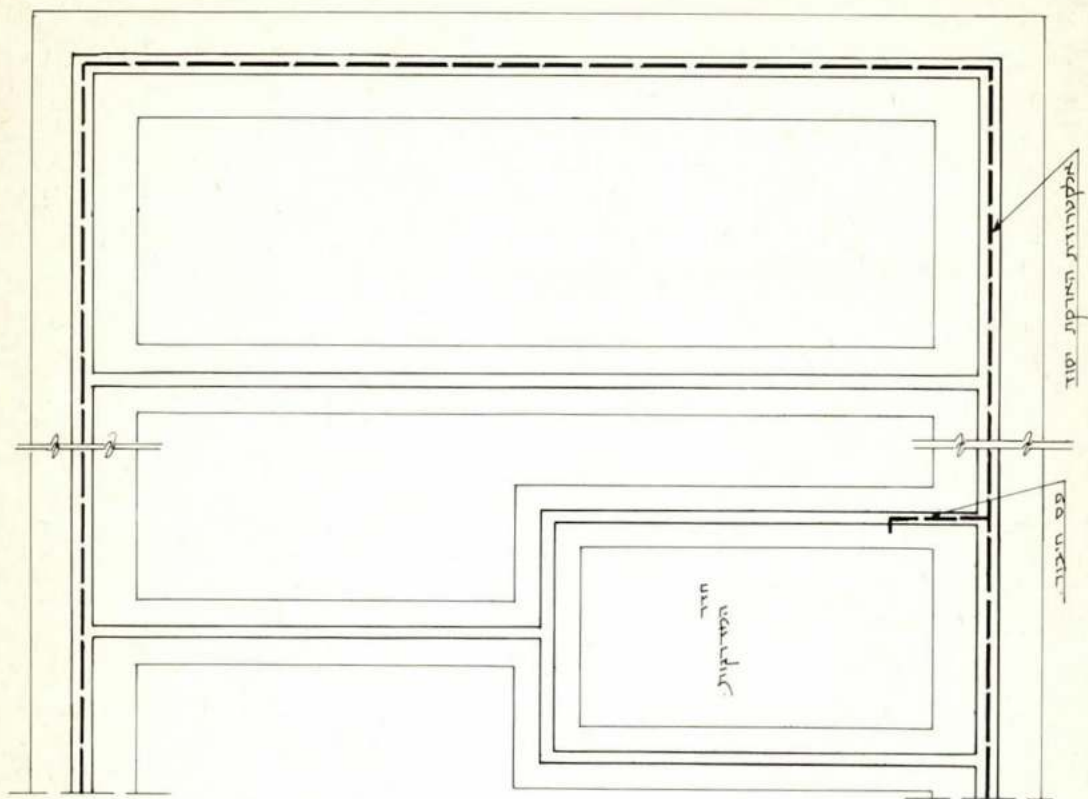
הארקות יסוד

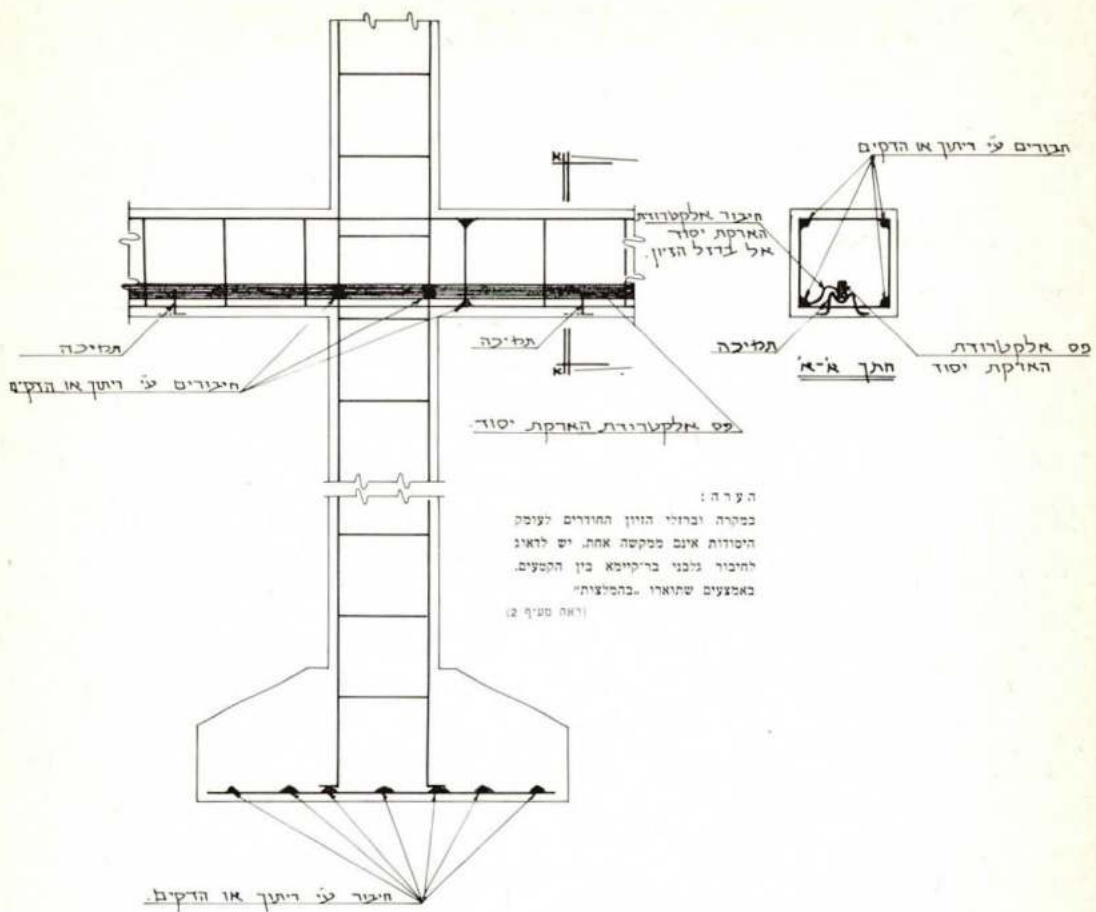




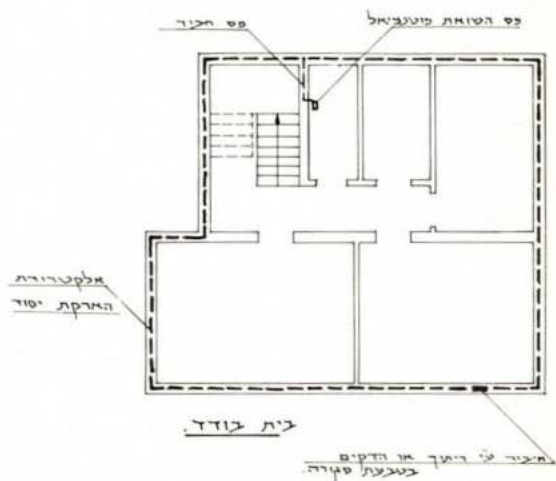
הערות:
 במקרה ובדיוני מיון המודרים לעומס
 המסודות אינם מספקות אתה יש לדאוג
 למינורים מובני בחיפויים בין המסעים
 באמצעים שתוארו בהסלשות
 (ראה טיפ 2)







יסוד בודד.



תחזוקת מתקני תאורה

אינג' מ. שביט

הנושא של תחזוקת מתקני תאורה הוא מטבעו פרוזאי ועיקרו ביצוע עבודת השירות המעשית של החלפת נורות וניקוי גופי תאורה במפעל, אולם לאחר עיון נוסף בנושא ניתן להיווכח שיש מקום למחשבה ותכנון גם בשטח זה, בעיקר במערכות תאורה גדולות כגון בבתי חרושת, בנייני משרד גדולים, סופרמרקטים, תאורת רחובות וכו'.

בתחום היחידות הקטנות אין לנושא משמעות והפעולות מסתברות מאליהן. ברי לנו שכאשר נשרפת נורת ליבון בדירת מגורים מחליפה אותה עקרת הבית באחרת, כו תקפיד על ניקוי הנברשות יותר מסיבות אסתטיות מאשר משיקולי הפסדי אור ואנרגיה. מצב דומה יהיה בחנויות, מבני משרד קטנים וכיוצא בזה.

טבעם של הגורמים המתוארים בצירי 1 ו-2 שהם מצטרפים ומסתכמים והמשתמש יקבל את סיכום התוצאה של 2 פעולות אלה. כך נוכל לצפות שב- מפעל מתכת מסוים המשתמש ב-4000 שעות תאורה בשנה במערכת התאורה, ואינו מקיים מערכת תחזוקה תקינה יהיו ההפסדים:

א) 15%—33% בתפוקת התאורה עקב לכלוך מצטבר לפי ציור 1.

ב) עקב הפסדי התיישנות של הנורה (בציור 2) נקבל תוספת של 7%. כך שנקבל הפסד מצטבר של 22%—40% בתפוקת התאורה של המערכת.

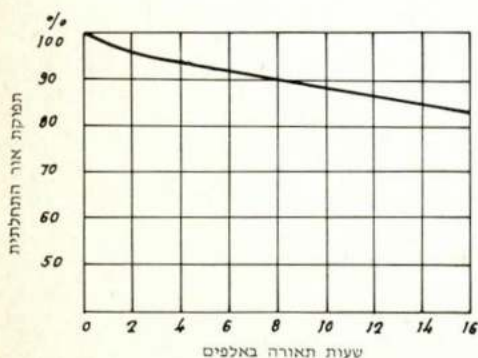
באם נמשיך במדיניות „חסכון“ זו 12 חודשים נוספים, אזי ההפסד המצטבר יהיה 28%—50% מתפוקת האור ההתחלתית. (מצירי מס' 1 נקבל הפסדים בתחום של 18%—40% ותוספת מצירי מס' 2 תתן הפסד של 10%).

הגורמים המשפיעים על יעילות המתקן

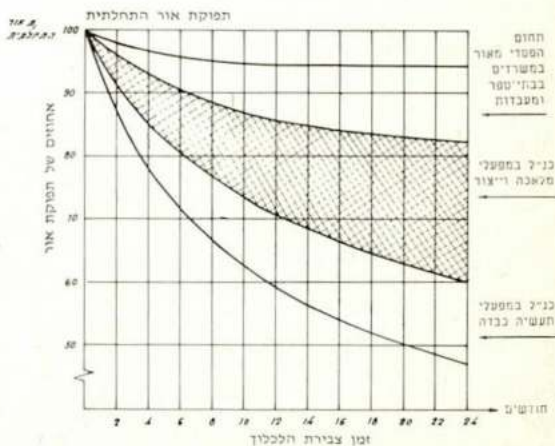
הגורמים העיקריים המשפיעים על יעילות מתקן התאורה הם: נקיון גופי התאורה, אורך חיי הנורות ומשך התפעול. **בציור מס' 1** מתואר הקשר בין תדירות פעולות הניקיון ותפוקת מערכת התאורה בסוגי מפעלים שונים. ניתן לראות ש„חסכון“ בפעולת ניקוי גופי התאורה עלול להביא להפסדי תפוקת אור של המערכת עד ל-50% מהכושר הראשוני בעת ההתקנה.

בציור מס' 1 ניתן לראות את הקשר בין הפסדי תפוקת האור לתדירות הניקיון בסוגי המפעלים השונים.

ציור מס' 2 מתאר ירידה טבעית של תפוקת התאורה של נורת הכספית בתלות בשעות השימוש (באלפים של שעות תאורה). תמונה דומה נקבל גם בנורות פלורסצנט, ליבון וכן בנורת הלוגן-טונגסטן אם כי התמונה משופרת יותר.



ציור מס' 2



ציור מס' 1

רה שהן 80% מאורך החיים צפוי גמר חיים של 12.2% של הנורות, או לאחר 400 שעות שימוש, צפויה הפסקה של 0.4% מהנורות. וכן מספר מסויים של נורות יפעל גם ב-1,400 ו-1,600 שעות תאורה.

שיקולים לגבי מועד החלפת הנורות

יש לזכור שבמפעל גדול מותקנות הנורות בגבהים ניכרים ושריפת נורה ופעולת החלפת הנורה כרוכה: (א) בהפרעה לתהליך הייצור. (ב) בהופעת חשמלאי ועוזר לצורך איתור התקלה ועבודת החלפת הנורה. עצם ההופעה בזמן של צוות החלפה, מהווה הפרעה לעבודה ולתהליך הייצור, עקב שימוש בסולמות, הפסקות חשמל ושאר טיפולים, ושעות עבודת החלפה עצמן מהווה גם היא הוצאה כספית. לאור הנ"ל פתחו 2 גישות במדיניות החלפת נורות.

שיטה (א) טיפול, במטרות — נקודה לפי המתואר לעיל, דהיינו החלפת כל נורה זמן קצר לאחר שריפתה.

שיטה (ב) החלפה „קבוצתית של נורות” בנוסף „מטרות-שטח”, והיא מבוססת על ההנחה שאין לצפות פעולה של הנורה עד לשעת התאוריה האחרונה שלה, אלא יש להקדים ולהחליף נורות באולם הייצור, 5 דקות לפני השעה ה-12, דהיינו, ב-75%—80% או 90% מאורך החיים המוצהר של הנורות, כשאנו מנסים להקדים את שעת ההפסקה הבלתי צפויה והבלתי נוחה, וכן לארגן את עבודת החלפה בצורה שיטתית וחסכונית. יש בזה אומנם הפסד כספי מסוים של אי ניצול משך ההארה של כל הנורות עד לסוף, אבל מאידך אנו שליטים בקביעת זמני העבודה של הצוות, ומתאימים אותם לשעות הרצויות למפעל, וחוסכים זמן ע"י פעולה שיטתית מאורגנת, ואין פגיעה בתהליך הייצור.

שיקולי הבחירה בין 2 השיטות מביאים בחשבון את העלות הכספית של כל שיטה: חסכון בעבודת החלפה של נורות, לעומת משך תאורה לא מנוצל של נורות. ומצד שני בשיקולים פונקציונליים וכלכליים של שמירת כושר הייצור של המערכת היסודית אותה משרתת מערכת התאורה.

בדיון לעיל נתנו השיקולים היסודיים. ברור שהם שונים ממפעל למפעל ויש לבדוק את הנושא בכל מפעל בהתאם לתנאים המיוחדים לו ודרוש לקבוע תכנית של מדיניות תחזוקה בהתאם למצב המפעל.

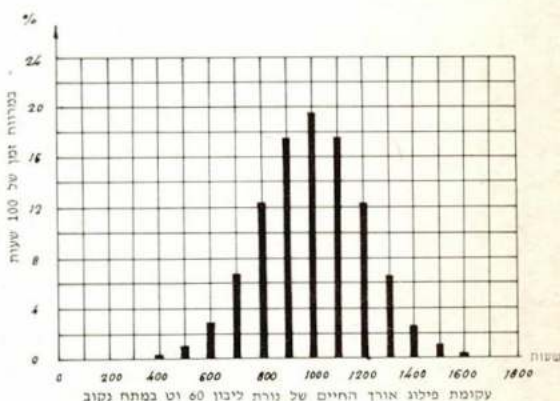
שיקולים בבחירת גופי התאורה

השיקולים שנידונו לעיל, עסקו במערכת התאורה נתונה וקבועה. למעשה יש לקחת בחשבון את השיקולים עוד בשלבים המוקדמים בעת תכנון מערך התאורה במפעל העומד להיות מוקם. הבחירה הנאותה של גוף התאורה קובעת את יעילות

יש להעיר שקיים גם גורם נוסף המשפיע על תפוקת האור של הנורות השונות והוא — טמפרטורת הסביבה, אבל בתנאי הארץ גורם זה הוא משני או שלישי במעלה ואין להכלילו במסגרת דיון זה.

אורך חיי הנורות

לאורך חיי הנורות ולצורת החלפתן יש משקל מיוחד ומן הראוי להקדיש לו תשומת לב. הדבר נובע מהעובדה שמתקן התאורה משרת מערכות פונקציונליות אחרות כגון מערכי ייצור בבתי חרושת, זרימת-רכב בערוקי תנועה ובצמתים, מערכות שיווק גדולות (סופרמרקטים) וכו'. ואי יעילות במערכת התאורה היא הרבה יותר מאשר הפסדי אנרגיה-תאורתית ואנרגיה-חשמלית. אלא פגיעות בתכלית אותה משרתת מערכת התאורה, והנזק במקרה זה גדול מאות אלפי מונים מאשר הפסדי אנרגיה זו, או ההפסדים הנובעים מהחלפת נורות. באופן תיאורטי קיים לכל נורה אורך חיים מוצהר של שעות תאורה, (מיוחס בדרך כלל למספר שעות פעולה להפעלה אחת) לדוגמא: אורך חיים של נורת ליבון טובה 1000 שעות תאורה. שפופרת פלורסצנט 8,000—9,000 שעות תאורה (נורות מיוחדות 15,000 ומעלה) וכן נורות כספית 9,000 שעות תאורה (נורות מסוימות עד 24,000 שעות תאורה), אין להניח, וכסיונו מאשר זאת, שהנורות „תשרפנה” בדיוק בתום אורך החיים המוצהר. חלק יקדים להשרף וחלק אף ימשיך להאיר מעבר לשעות המוצהרות. מבחינה זאת הן מתנהגות בהתאמה לחוקי ההסתברות ועקומת „הפעמון של גאוס” מייצגת אותן יפה. **בציור מס' 3** נראה דוגמא לעקומת הקיום של נורת ליבון 60 וט כאשר $X=1000$ (אורך החיים הממוצע) ו- $\sigma=200$ מעקומה זו אנו יכולים להסיק, שאחוז מסויים של נורות תפסקנה לפעול גם לפני הזמן המצופה. לדוגמא: ב-800 שעות תאור-



ציור מס' 3

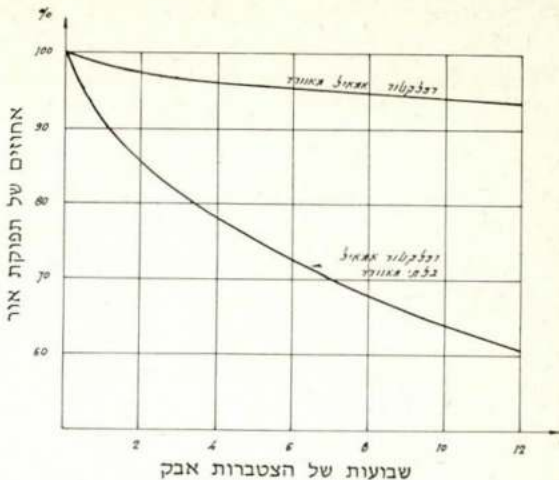
מצב זה אינו מיוחד אך ורק לגוף תאורה מטיפוס מחזיר אמאיל, בצורך מס' 5 ניתן להיווכח ביתר שאת הקשר בין אוורור הגוף ומידת יעילותו. בצורך מתוארים 3 מחזירים לגופי תאורה פלורסצנטיים: אחד ללא חריצי אור ואוורור. שני המעביר 10% מהאור כלפי מעלה (ובאופן מקביל מאוורר את הגוף). וגוף תאורה שלישי המעביר 25% מהאור כלפי מעלה.

מסתבר שהמחשבה הראשונה על „זבזב“ בהארת התקרה אינה תוספת. ניתן להיווכח בתרומת הארת התקרה הן להארת הסביבה, והן לאוורור הגוף. כמו כן הוכח על ידי הניסיון שתקריות אפלות במפעלים ובאולמות ציבוריים יוצרים הרגשה של חוסר תאורה אם כי עצמת האור הנמדדת ע"י לוקסמטר תראה על עצמת תאורה מספקת.

סכום

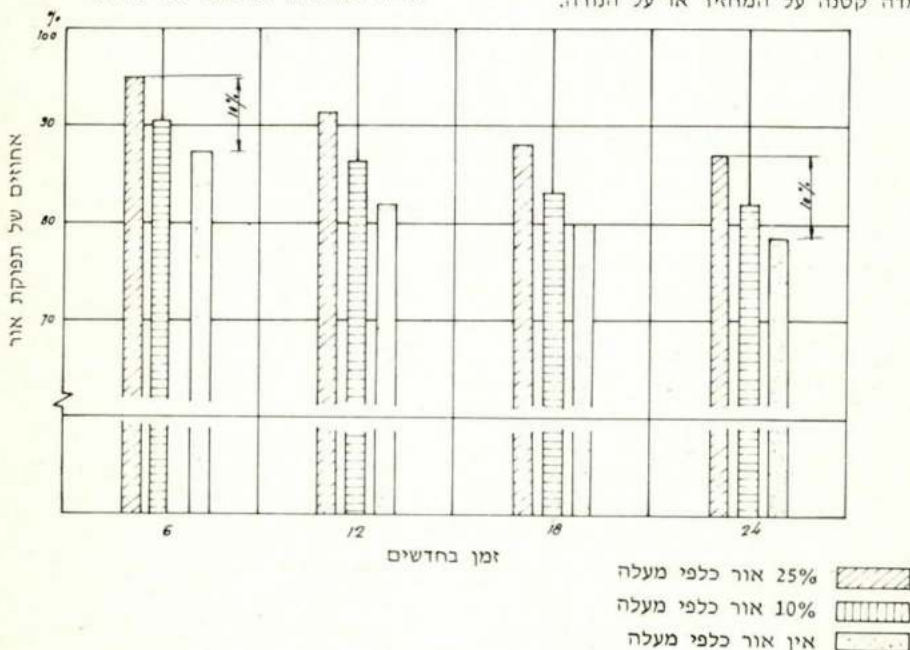
לסיכום אנו רואים שתכנון מערכת התחזוקה מתחיל בשלבים הראשונים עוד טרם הקמת המפעל או מתקן התאורה והוא נקבע ע"י בחירה נכונה של גוף התאורה, והנורה המתאימה וזה בשלבי תכנון המפעל.

שלב שני בתכנון מערכת התחזוקה קיים כשהמי תקן עומד וקיים, ויש צורך בקביעת מדיניות של התחזוקה ע"י קביעת תכנית של ניקוי גופי התאורה ומדיניות תחלופה של נורות.



ציור מס' 4

המערכת וניצולה — ציור מס' 4 מתאר את ההבדל בתפוקת האור של אותה נורת ליבון או כספית במחזיר (רפלקטור) אמאיל טיפוסי ב-2 מצבים. מחזיר אמאיל ללא חריצי אור ואוורור, ומחזיר אמאיל עם חריצי אור ואוורור כלפי מעלה. אנו רואים את החשיבות הרבה לאוורור גוף התאורה ולמתן אפשרות לאבק לעבור דרך הגוף ולהתרכז רק במנה קטנה על המחזיר או על הנורה.



ציור מס' 5

השפעת חריצי אור ואוורור על גוף תאורה פלורסצנטי עם מחזיר.

המפרט הטכני למתקן החשמלי*

אינג' א. לוטרמן

על מנת לקבוע שפה משותפת בין רוכש מוצר מסויים לבין זה המייצר או מספק אותו, נקבע המפרט הטכני. המפרט הטכני כולל תאור איכותו של המוצר מהבחינה הטכנית, תפעולו, הפעלתו, בטיחותו ותכונותיו הפיזיות. במקום התאור הטכני והפיזי יכולים להגדיר את המוצר גם על ידי השוואתו למוצר קיים בשוק לפי שמו המסחרי, מספרו הקטלוגי, שם היצרן וכדומה. המפרט הטכני יהווה חלק בלתי נפרד של החוזה, ומחייב בהתאם את הצדדים.

חלקי המפרט

את המפרט הטכני אפשר לחלק ל-3 קבוצות ראשיות כדלקמן:

מפרט כללי (תקנים, חוקים, תקנות).

מפרט מיוחד.

מפרט כולל.

המפרט הכללי

המפרט הכללי ערוך בדרך כלל על-ידי מוסדות ממשלתיים או ציבוריים. מסמך זה כולל תאורים כלליים לגבי הנדרש מהעבודה המבוצעת, טיב החומרים ו/או המוצרים. הדרישות הן לרוב דרישות מינימום הכרחי, המספק את כללי המקצוע והביטיחות. אשר מתחייב מהן בצוע נאות ובטוח של המתקן. לרוב כולל המפרט הכללי התייחסות לחוקים, תקנות ותקנים אשר הוצאו על-ידי מוסד ממשלתי או כל רשות מוסמכת אחרת.

להלן דוגמה למספר מפרטים כלליים:

- א. מפרט כללי למתקני חשמל בהוצאת ועדה בין משרדית מיוחדת בהשתתפות משרד הבטחון, משרד העבודה, מע"ץ, משרד השיכון.
- ב. מפרטי הספקה המתפרסמים על-ידי מכון התקנים בשיתוף עם ארגון מנהלי הספקה בישראל ומשרד המסחר והתעשייה.
- ג. מפרט כללי של משרד התקשורת בדבר הוראות טכניות להארקות.
- ד. מפרטים כלליים לציווד של חברת החשמל.
- ה. מפרט כללי (תוספת) של משרד השיכון.

המפרט המיוחד

בנוסף למפרט הכללי, יש להוציא מפרט מיוחד המצורף אליו. תפקידו של המפרט המיוחד לתת נתונים ודרישות מיוחדות המיועדות לשרת את המתקן הספציפי בו מדובר. המפרט המיוחד והמפרט הכללי יהוו חלק בלתי נפרד של החוזה.

המפרט הכולל

המפרט הכולל הוא הצרוף של המפרטים הכלליים והמפרט המיוחד. בדרך כלל מציין החלק הראשון של המפרט הכולל את המפרטים הכלליים המחייבים במסגרת המפרט הכולל מבלי להדפיסם כחלק ממנו, לאחר מכן יבוא המפרט המיוחד.

עריכת המפרט הכולל למתקני חשמל

במסגרת מאמר זה, ועד להופעת תקן, תקנות או מפרט טכני רשמי, אשר בהם יפורטו הדרישות לגבי המוצרים, המתקן החשמלי, הפעלתו ובדיקתו כיחידת מפרט אחת, ננסה להסביר כיצד יש להכין מפרט לביצוע המתקן החשמלי. כמובן שאת המפרט הכולל אפשר לערוך בהיקף ובמידת פרוט שונים, הכל לפי הענין והצורך מבחינת הכדאיות הכלכלית. להלן 2 אפשרויות:

א. עריכת „מפרט כולל“ נפרד לחשמל. בחירת המפרטים הכלליים והשלמתם במפרט המיוחד והם הקובעים את רמת „המפרט הכולל“. עריכת מפרט מסוג זה נעשית לרוב על-ידי משרד לתכנון וייעוץ חשמלי, אשר בו נמצא כח אדם המכיר את החוקים. התקנות והדרישות המקצועיות והטכניות למתקנים חשמליים.

ב. עריכת „מפרט כולל“ כחלק ממפרט טכני כללי להקמת מתקן, מבנה, תהליך, דירת מגורים וכו', בו משתלב המתקן החשמלי וחייב להיות מותאם ומתואם עם שאר השרותים והמבנה עצמו.

* מאמר זה וכן הדוגמה למפרט טכני למתקן החשמלי בדירת מגורים המופיע בהמשכו, נכתבו על ידי מהנדס יועץ ואינם לכן בבחינת "זה ראה וקדש", אלא נסיון של הכותב להעלות על הכתב דברים מתוך ניסיונו, לתועלת החשמלאים. בחוברות "התקע המצדיע" הבאות נביא דוגמאות למפרטים טכניים נוספים.

המוצרים, הכמויות הנדרשות (באומדנה), מחיר יחידה וסה"כ מחיר המתקן.

ב. אין פרוט בכתב הכמויות לכמויות הנדרשות, אלא בהסתמך על שאר המסמכים כמפרט, תכניות וכו', יש לבצע מתקן חשמלי מושלם.

בשני המקרים יבוא לאחר המפרט הכולל, כתב הכמויות לבצוע המתקן החשמלי. כתב הכמויות יהיה ערוך באחת מהצורות הבאות:—

א. כתב כמויות מפורט — כתב כמויות זה יכלול לפי סעיפים מתאימים את כל העבודות,

מפרט טכני למתקן החשמלי בדירת מגורים — דוגמא

2. תאור מתקן החשמל הביתי

מתקן החשמל הביתי יהיה בצנורות פלסטיים כפיפים אשר כינויים בתקן „פני“, ובמוליכים בהתאם למצויין בכתב הכמויות והתכניות. האבזרים הנוספים במתקן כגון מפסקים, בתי תקע, אבזרי תאורה וכו' יהיו כמצויין במפרט ו/או בכתב הכמויות ו/או בתכניות ובהתאם לתקנים.

3. לוחות חשמל

א. הלוח הביתי — הלוח יהיה לוח מודר כרי עם מפסקים חצי אוטומטיים זעירים להגנה בפני קצר ויתרת זרם (מאז"ם), למעגלים השונים. הלוח יכלול מפסק מגן הפועל בזרם דלף לאדמה ומא"ז דו-קוטיבי למעגל הדוד החשמלי עם הגנה לפזה בלבד. כמו כן יכלול הלוח מקום מתאים המיועד לסמון המעגלים השונים.

ב. לוח השרותים — הלוח יהיה לוח מר-דולרי ויכלול מפסק חצי אוטומטי זעיר ראשי וכן מאז"ם נוספים בגודל המתאים לכל אחד מהשרותים אשר יפורטו ויוזכרו בהמשך. בין השאר יזין לוח השרותים את המעגלים והשרותים הבאים:—

1. לוח המקלט.
2. תאורת חדר המדרגות.
3. תאורת מספר ותאורה קבועה.
4. תאורת גן וחניה.
5. תאורת המחסנים.
6. לוח הטלוויזיה.
7. לוח חדר הדוודים.

לוח השרותים יכלול גם את כל הממ"סרים, המעגונים, השעונים וכו' הנחוצים להפעלתם התקינה של כל השרותים. הלוח יכלול תיק מיוחד בו יוכנסו תוכניות מכניות וחשמליות של הלוח, ובהם יצוינו ויסומנו השמות והסימונים אשר יופיעו ליד ציוד הלוח.

אין הכוונה בחומר זה לשמש כמפרט הטכני עצמו לעבודות חשמל לדירת מגורים. מטרת הכתוב להלן הוא להוות דוגמא והתווית דרך לצרכנים, לחשמלאים ולקבלנים אשר יעמדו על כך שהמפרט, בנוסף לתוכנית המתקן החשמלי, יהווה חלק בלתי נפרד מהחווה הכללי בין מוכר הדירה לבין זה הרוכש אותה מחד, ובין קבלן הבנין וקבלן החשמל, מאידך.

המפרט הכללי

החוקים, התקנות, הדרישות והמסמכים הבאים יהיו חלק בלתי נפרד של המפרט הכללי ורואים את הקבלן כאילו קראם, הבינם ו/או נמצאים בידיו, הכל לפי הענין ואלה הם:

1. המפרט הכללי למתקני חשמל 08 בהוצאת ועדה בין משרדית מיוחדת בהשתתפות משרד הבטחון, משרד העבודה, מע"ץ, משרד השיכון, בהוצאתו האחרונה.
2. המפרטים הכלליים כנ"ל למקצועות השונים הנדרשים להשלמת עבודות החשמל.
3. חוק החשמל תשי"ג והתקנות השונות בהתאם לחוק החשמל.
4. התקנים הישראליים העדכניים לעבודות ומר-צרים בשמוש המערכת החשמלית.
5. הדרישות השונות של הגורמים המוסמכים כגון: משרדי הממשלה השונים, חברת החשמל, העיריה, מכבי האש וכו'.

המפרט המיוחד

1. תאור כללי

כל מסמכי המפרט, כתב הכמויות והתוכניות מהווים חלק בלתי נפרד מהחווה לרכי-שת דירה בת 4 חדרים, מטבח, שרותים ומרפסות, המוקמת (או נמצאת) ברחוב יה"שלום מס' 26 בחיפה, והמסומנת בתסריט במספר 10. בדירה יהיה מתקן חשמלי בהתאם לתאור הטכני, כתב הכמויות, התכניות והמש"תמע ממנו, בין אם הדבר הוזכר במפורש ובין אם לא. כמו כן חייב הקבלן בביצוע כל אותם הדברים שהם כלליים לכל הבית או לחצויים.

ג. ארונות ללוחות — כל לוחות החשמל יותקנו בתוך ארונות מעץ שקועים ביצי-קת הקירות במקומות המתאימים. דל-תות הארונות יהיו נתונים לסגירה בהת-אם. בארון ללוח החשמל הביתי יקח הקבלן בחשבון אפשרות התקנת 2 מער-כות מונים, הדבר אמור גם לגבי הארון ללוח השרותיים.

4. חבור הזינה ע"י חברת החשמל

הקבלן יהיה אחראי ויבצע את כל ההכנות הדרושות עבור חברת החשמל עד לקבלת אספקת החשמל לדירה, פרט לחתימה על הבקשה לאספקת החשמל עליה יחתום בעל הדירה.

5. בדיקת המתקן החשמלי

הקבלן יכין את המתקן החשמלי לבדיקה על-ידי חברת החשמל כשכלל נקודות התאורה יהיו פנדלים עם נורות. כמו כן ידאג לתקונים אשר ידרשו ע"י חברת החשמל. הקבלן ימסור את הדירה לבעליה כשמתקן החשמל מושלם, גמור, דולק ומוכן לפעולה בכל המובנים.

6. הארקה

א. הארקה יסוד

הקבלן יהיה חייב בהתאם להמלצות משרד הפנים לדאוג להארקה יסוד.

ב. הארקה נוספת

במדה והארקה יסוד לא תענה על הנדרש בתקנות הארקות או הגנות אחרות תשכ"ב—1962, חייב יהיה הקבלן להתקין מתקן הגנה נוסף בהתאם לתקנות ה"ל, מבלי להתחבר לרשת הצינורות של חברת אספקת המים.

7. מתקנים משותפים לכל דיירי הבית

א. המקלט

הקבלן ידאג למתקן חשמלי במקלט, בהתאם לתקנות, שיקבל את הספקתו דרך מונה חדר המדרגות (לוח שרותיים). המתקן יצויד בלוח מתאים בהתאם לתקנות.

ב. מחסן

הקבלן יתקין במחסן השייך בהתאם לתסריט הדירה, נקודת מאור שתכלול מפסק זרם, פנדל ונורה. המחסן יוזן מלוח השרותיים שם תהיה לו הגנה מתאימה נפרדת.

ג. תאורת חדר המדרגות.

הקבלן יספק ויתקין תאורת חדר מדרגות

שתהיה מורכבת מנקודת מאור בכל קומה ולחצן הפעלה הזוהר בחשכה. כמו כן יכלול המתקן נקודת תאורה ולחצנים נוספים ממקום הכניסה לחצרים ועד לפתח הכניסה לחדר המדרגות. תאורת חדר המדרגות תוזן מלוח השרותיים ותהיה לו בו הבטחה מתאימה, וכן ממסר זמן שיתן את האפשרות להגיע ע"י הפעלה יחידה מהכניסה לחצרים ועד לקומה העליונה ביותר. מתקן תאורת חדר המדרגות יכלול גם לחצן הפעלה בתוך דירת המגורים.

ד. תאורת מספר ותאורה קבועה.

הקבלן יתקין ויפק אבזר תאורה מתאים אשר עליו יסומן כמקובל שם הרחוב ומספר הבית, במקום אשר ייראה לאדם ההולך במדרכה. כמו כן יספק ויתקין נקודת תאורה קבועה נוספת כולל אבזר תאורה בכניסה לחדר המדרגות. שתי הנקודות הללו יוזנו מלוח שרותיים, שם יוגנו בהתאם, ויעברו דרך מפסק כפול שיותקן בכניסה לחדר המדרגות.

ה. תאורת גן ו/או חניה.

במידה ופני השטח ידרשו זאת יש להתקין תאורה מתאימה לחניה ו/או לגן. נקודות התאורה, אבזרי התאורה, צורתם, הפעלתם והזנתם מלוח שרותיים כולל הגנה מתאימה, יסומנו על גבי תכנית השטח הכללית ויהיו חלק בלתי נפרד מהסכם זה.

ו. הכנות לטלוויזיה.

הקבלן ידאג להתקשר עם קבלן משנה מתאים ולהתקין על הגג תורן לאנטנת טלוויזיה כללית לכל דיירי הבית, אשר תכלול פרט לתורן את כל המתקן הדרוש. כן יכלול המתקן ארון לציוד עם מגבר, מסננים וכו' — הכל מושלם כנדרש על מנת לקבל קליטה טובה במכשיר הטל-וויזיה הביתית. המתקן ייעשה בכבלים מתאימים עד לבית התקע לטלוויזיה במקום המסומן בתוכנית ויכלול גם תקע מתאים. כמו כן יכלול המתקן הארקה מתאימה והזנה מלוח שרותיים כולל הבטחה מתאימה. תורן האנטנה יבוטח ע"י הקבלן ועל חשבונו בטוח צד שלישי לטובת דיירי הבית לשנה הראשונה להקמתו. תעודת הביטוח והאחריות למתקן ה"ל תמסר לידי דיירי הבית.

מל. כן כוללת הנקודה מפסק זרם למאור תחת הטיח וכן פנדל עם נורה. בחדרי השרותים, במרפסות ובאינטרסול יתקין הקבלן במקום פנדל אבזר תאורה כמפורט. כל נקודות התאורה המחוברות לאותו מפסק יחושבו כנקודות מאור אחת בלבד.

ב. נקודת מאור חילוף

כאמור לעיל לגבי נקודת מאור, אלא שהפעלה וההפסקה תעשה משתי נקודות שונות על-ידי מפסק-מחלף.

ג. נקודת בית תקע

נקודת בית תקע תחת הטיח כוללת את כל הצנרת והמוליכים, המתאימים (פזה אפס והארקה) מבית התקע ועד הלוח. כל בית תקע נוסף על אותו המעגל יחשב בנפרד.

ד. נקודת בית תקע לטלפון

נקודת בית תקע לטלפון כוללת את כל הצנרת הדרושה, קופסאות המעבר והחייבורים, בית תקע לטלפון וחוטוי משיכה, הכל מוכן לפי דרישת משרד התקשורת. כל נקודת שלוחה נוספת תחשב כנקודה נוספת.

ה. נקודת בית תקע לטלוויזיה

נקודת בית תקע לטלוויזיה כוללת את כל הצנרת והמוליכים המתאימים מבית התקע המיוחד לטלוויזיה ועד ללוח הרכוז וההגיברה לכל הבית.

ו. נקודה לדוד

נקודה לדוד תכלול את כל הצנרת והמוליכים המתאימים (פזה אפס והארקה) מהדוד ועד ללוח החשמל. כמו כן תכלול הנקודה מפסק זרם דו-קוטבי מתחת לטיח לטיח עם נורת ביקורת.

ז. נקודת פעמון

נקודת פעמון כוללת את כל הצנרת והמוליכים הדרושים מהפעמון והלחצן עד ללוח החשמל, כולל לחצן, פעמון וטרנספורמטור.

ח. לוח החשמל

יימוד כיחידה מושלמת הכוללת את מבינה הלוח המודולרי וכן את כל האלמנטים השונים המוזכרים במפרט, כתב הכמויות והתכניות או משתמעים מהם. כן יכלול את כל החיווט, השילוט, את פסי הצבירה לפזה, אפס והארקה, ברגים, מהדקים וכו' הכל ביחידה מושלמת ומוכן לפעולה.

ז. הכנה לחיבור טלפונים.

הקבלן יבוא בדברים מבעוד מועד עם משרד התקשורת ויתאם אתם צורת קו הטלפון לבית. מיקום קופסת החיבורים והכנת הצנרת עד לבתי התקע בדירה. במסגרת הנקודות לטלפון יתקין הקבלן את כל הצנרת הדרושה בקירות כולל קופסאות, חוטי השחלה ורוזטה מתאימה לטלפון.

ח. הסקה מרכזית.

המתקן האוטומטי להפעלת הסקה מרכזית יופעל באמצעות שיעון חשמלי ויכלול רוזבה מכנית להפעלתו למשך 24 שעות. המתקן החשמלי שלו יכלול לוח חשמל מותאם למקום התקנתו. הלוח יקבל הזנתו מלוח השרותים אשר בו תהיה הגנה מתאימה. מתקן המאור בחדר הדוידים יהיה מטיפוס משורין או בצינורות פלסטיים ביציקה ויוזן בנפרד מלוח השירותים ולא מלוח דוד ההסקה. בכניסה לחדר הדוידים יהיה מפסק זרם להפסקת חרום של המתקן החשמלי.

8. בדיקות, תקונים, הפעלה ואחריות

לאחר בדיקת המתקן החשמלי ונתינת האספקה על-ידי חברת החשמל, ידאג הקבלן להדין את בעל הדירה לגבי המתקן החשמלי. הקבלן יתחייב לתקופה של 12 חודש מיום מסירת הדירה למגורים לבעליה לפחות, לתקן, להחליף כל מוצר פגום או עבודה שלא בוצעה כראוי.

9. התאמת מוצרים לתקן הישראלי

כל חומרי ההתקנה והמוצרים יתאימו לפחות לדרישות התקן הישראלי. הקבלן יעדיף מוצרים הנושאים תיתקן או כאלה הנמצאים בהשגחת מוכן התקנים הישראלי.

10. אופן מדידת הכמויות

הכמויות המצוינות בכתב הכמויות כוללות את המתקן החשמלי בשלמותו ובלבד שהוזכר או משתמע מהמפרט, כתב הכמויות והתכניות. תמורת המתקן החשמלי לא תשולם שום תוספת כספית פרט לנקוב בסה"כ עבודות חשמל, אלא אם כן נדרשו תוספות לגבי החוזה. מחיר תוספות אלה יהיה בהתאם למחירי היחידה הנקובים.

א. נקודת מאור

נקודת מאור כוללת את כל הצנרת והמוליכים המתאימים (פזה אפס והארקה) לאבזר התאורה, למפסק ועד ללוח החש-

תאנת השמל וליקהה

שני עובדי חברת החשמל נכחו מקשת חשמלית בגלל רשלנותו של חשמלאי במפעל תעשייתי.

החשמלאי חיבר בזמנו (הזמן אינו ידוע) בשדה המאור של לוח החיבורים של המפעל באופן ארעי את מפסק הזרם הראשי 250×3 א' של שדה המאור עם מפסק זרם משנה 100×3 א' של אותו שדה, באמצעות מוליכי נהישה מבודדים VIR שחתכם 70 ממ"ר.

גשר ארעי זה בא כתחליף לחיבור מותקן על הלוח, שהיתה בו תקלה. החשמלאי לא פירק את החיבור המקורי המחוזק היטב אל הלוח, אלא רק ניתק אותו מהדקי מפסקי הזרם, ואילו את הגשר הארעי לא חיזק לשום גוף איתן מלבד קביעת קצוותיו בהדקים. ע"י הגשר הארעי גם עקף את ההבטחה הראשית $250/160 \times 3$ א' של אותו השדה

הקצר נגרם מהזנת קצוות הגשר הארעי המשוחררים.

הודות לשריפת הנתכים בארנו הנתכים על עמוד חברת החשמל כתבה האש במהרה ונמנעה דליקה גדולה, אמנם בלוח החיבורים נגרם נזק רב.

בבירור שנערך הוכח, כי הוולטמטר המותקן על לוח החיבורים לא היה מכוויל כראוי והראה קריאות מזויפות. דבר שהניע את החשמלאי להזמין את עובדי חברת החשמל אל הלוח.

מה, אם כן, היו מחדליו של חשמלאי המפעל?

א. לא טרח במשך זמן רב כנראה, להחליף את הגשר הארעי בקבוע במקום הגשר המקורי הפגום.

ב. עקף הבטחה מותקנת והוציא אותה מכלל פעולה.

ג. לא דאג לבדיקה תקופתית של מכשירי המדידה המותקנים על לוח החיבורים של המפעל.

ד. לא הזהיר את עובדי חברת החשמל מפני המצב שהוא יצר והחורג מהמצב המקורי.

המוליכים הכבדים של הגשר הארעי הפעילו מאמץ מיכני על נעלי הכבל ועל הברגים. כתוצאה מכך נוצר בהדרגה מגע רופף במקומות החיבור של הגשר אל הזרם 100×3 א'. שהתחממו יתר על המידה עד כדי התכת בידל ההלחמה של נעלי הכבל שהשתחררו כתוצאה מכך.

באחד הימים הוזעקו עובדי חברת החשמל בגלל הפרעה בהספקת זרם החשמל. אחרי תיקון ההפ"רעה הודיע להם החשמלאי המקומי של המפעל, כי שיעור המתח במפעל גבוה מדי, כפי שמראה הוולטמטר המותקן על לוח החיבורים.

הואיל ועובדי חברת החשמל מדדו קודם לכן את המתח על עמוד הרשת ומצאו אותו תקין, עמדו לברר את העניין, ניגשו אל הצד האחורי של לוח החשמל הראשי מול שדה המאור. אחד מהם קירב את מגעות מוליכי הוולטמטר הנייד שלו לפסי הצבירה שבלוח, אולם עוד לפני שהספיק ליצור מגע, פרצה קשת עצומה והלהבה פנעה בשני העובדים ואף סינוורה את עיניהם; אחד מהם היה זקוק לטיפול רפואי במשך מספר ימים.

מכון התקנים פתח לשכה חדשה בחיפה

ביום 20 באפריל התחילה לפעול בחיפה, בבנין משרד המסחר והתעשייה ברח' העצמאות 82, לשכת קישור של מכון התקנים הישראלי.

קהל המעוניינים מאזורי חיפה והצפון יוכלו מעתה לפנות בכל העניינים הקשורים בפעולות מכון התקנים אל לשכתו בחיפה ולחסוך מעצמו את הצורך לפנות למשרד הראשי של המכון בתל-אביב.



זוהי, נברתי הנכבדה, תכונת הכביסה הזולה ביותר שלנו, חסכונית בשמוש ואינה צורכת חשמל בכלל.

חידון בקיאות בתחנות החשמל

חידון מס' 12

- לבנין מסויים יש כמה מערכות צינורות מתכתיים. באיזו מערכת מותר להשתמש כאלקטרוטובה טבעית:
 - צנרת אספקת המים
 - צנרת למי שופכין.
 - צנרת קיטור או מים חמים.
 - צנרת לאספקת גז.
- הרדיוס הפנימי המינימלי של כיפוף צינור פלדה שקוטרו החיצוני $3/4$ " הוא:
 - 165 מ"מ
 - 210 מ"מ
 - 270 מ"מ
 - 350 מ"מ
- איזה מהאבזרים הבאים מותר להתקין בחדר הזעה:
 - בתי נורה.
 - מזסקים.
 - בתי תקע.
 - נתיכים.
- בעל רשיון חשמלאי בכיר רשאי לתכנן מתקן חשמלי למתח נמוך:
 - ללא הגבלה.
 - עד 1000×3 אמפר.
 - עד 400×3 אמפר כשהוא מספר מעגלים.
 - עד 400×3 אמפר אם הוא בעל מעגל אחד המיועד למנוע יחיד או למכשיר חשמל יחיד.
- היכן תסדר את הארקה השיטה של שיטת אספקה בעלת שני מוליכים (זאת אומרת חד-פזית) המזינה מטרנספורמטור חד-פזי או נגרטור חד-פזי:
 - רק הדק של ליפוף הנגרטור או הטרנספורמטור.
 - רק נקודה של המוליך המחובר להדק הטרנספורמטור או הנגרטור קרוב ככל האפשר למקור הזינה וכן נקודות נוספות.

סמן בעיגול את התשובה הנכונה, ציין את שמך וכתובתך. גזור ושלח לפי כתובת המערכת.

שאלה 1 : שאלה 2 : שאלה 3 : שאלה 4 : שאלה 5 : שאלה 6 : שאלה 7 : שאלה 8 :

א	א	א	א	א	א	א	א
ב	ב	ב	ב	ב	ב	ב	ב
ג	ג	ג	ג	ג	ג	ג	ג
ד	ד	ד	ד	ד	ד	ד	ד

תשובות תתקבלנה עד יום 31.7.75.

השם

הכתובת

(אם ברצונך לשמור על שלמות החידון, כתוב את התשובות על דף נפרד) * בין הפותרים נכונה את החידון מס' 12 יוגרלו 10 פרסי ספרים העוסקים בנושא החשמל.

פתרון החידון מס' 11

שאלה 1 (א)	שאלה 3 (ד)	שאלה 5 (ד)	שאלה 7 (ב)
שאלה 2 (ג)	שאלה 4 (ד)	שאלה 6 (ב)	שאלה 8 (ב)

הערות והארות החידון

כל שאלות החידון התבססו על תקנות הארקות בלבד.

שאלה מס' 1 — התשובה הנכונה (א): בתקנה 29 (א) ישנה הדישה שאימפדנס מעגל הארקה במתקן למתח נמוך חייב לאפשר פיתוח זרם לאדמה (במקרה של תקלה) פי 2.5 לפחות מהזרם הנומינלי של נתיך המעגל. במקרה הנדון — נתיך 10 אמפר — אסור שהאימפדנס יעלה על 9 אום, אי לכך מצב שבו האימפדנס הוא 5 אום ממלא את הנדרש בתקנות ואין צורך לעשות כל דבר נוסף.

שאלה מס' 2 — התשובה הנכונה (ג): תקנה 10 קובעת ששיטה **בלתי מאורקת** במתח נמוך תצויד במקור הזינה, במכשירים **שיציינו** שבידוד המתקן הוא לקוי. תקנה 12 קובעת שבמקרה שבידוד וזמתקן לקוי יוחזר הבידוד למצב תקין. אי לכך אין דרישה בחוק להפסקה מידית של האספקה במקרה של התראה על לקוי הבידוד. ניתן להמשיך את תהליך העבודה עד לגמר הפעולות התכופות המתחייבות — תוך ידיעה שהמצב אינו שפיר — ואחר כך לאתר את התקלה ולתקנה.

שאלה מס' 3 — התשובה הנכונה (ד): לפי תקנה 2(ג), אחת משיטות ההגנה החליפות להארכה היא מתח נמוך מאוד. מתח נמוך מאוד מוגדר כמתח ששיעורו בפעולה אינו עולה על 50 וולט בין המוליכים. אי לכך אין צורך בכל הגנה נוספת באצעות הארקות שיטה או הארקות הגנה.

הערה: תקנה 93 מחייבת התקנת הארקות למתח נמוך מאוד רק כאשר הרשת היא עילית.

שאלה מס' 4 — התשובה הנכונה (ד): תקנה 54 קובעת מפורשות כי מוליך הארקה למכשיר הניזון ע"י כבל או פתיל מטלטל יהיה כלול בתוך הכבל, או הפתיל המטלטל. מאחר והמכשיר אינו בעל בידוד כפול הוא חייב בהארכה ומוליך הארקה חייב לכן להיות כלול בפתיל עצמו.

שאלה מס' 5 — התשובה הנכונה (ד): גם כאן אנו מסתמכים על תקנה 29. מאחר והתקלה במוליך הזינה או במתקן עלולה לקרות לפני הכניסה למפסק הזרם, חייבת ההגנה להבטיח שגם במקרה זה תפעל ההגנה המותקנת לפני המפסק דהיינו — הבטחה של הנתכים, 16 אמפר.

שאלה מס' 6 — התשובה הנכונה (ב): נכון שבתשובה לשאלה 3, שגם היא מטפלת במתח נמוך מאוד, לא היה צורך בסידור הארקות שיטה או הארקות הגנה הרי במקרה דנן, מדובר בקו עילי למתח נמוך מאוד המצטלב עם קו עילי למתח נמוך ובמקרה זה מחייבת תקנה 93 להתקין גם הארקות שיטה וגם הארקות הגנה וזאת מחשש הופעת מתח נמוך על רשת המתח הנמוך מאוד כתוצאה מתקלה באחת משתי הרשתות המצטלבות.

שאלה מס' 7 — התשובה הנכונה (ג): התשובה נתונה בטבלה המופיעה בתקנה 35 והקובעת שבמקרה של מוליכי מעגל מנחשת בחתך 35 מ"מ² החתך המינימלי של מוליך הארקה יהיה 16 מ"מ².

שאלה מס' 8 — התשובה הנכונה (ב): התשובה מסתמכת על תקנה 16(1)(ב) הקובעת שהארקות הגנה אינה דרושה לגופי מתכת של ציוד חשמלי המסוגרים בתוך עטיפה מחומר מבודד בהתאם לתקנות.

שמות הפותרים — חידון מס' 11

8. מור בני, קבוץ טירת צבי.
9. יוגב גיורא, קבוץ נצר סירני.
10. רכטמן מיכאל, קבוץ צרעה.

שאר בעלי הפתרונות הנכונים:

- אייגר יוסף, קבוץ שער הגולן.
אייזיק יצחק, חיפה.
אייזנברג מתי, צה"ל.
אידלמן יורם, קבוץ מגל.
גרצס אהרן, רמת אליהו,
גרצס שמעון, רמת אליהו,
דורון ברוך, תל-אביב.
קופרברג זאב, קרית ים.
רז יצחק, ירושלים.

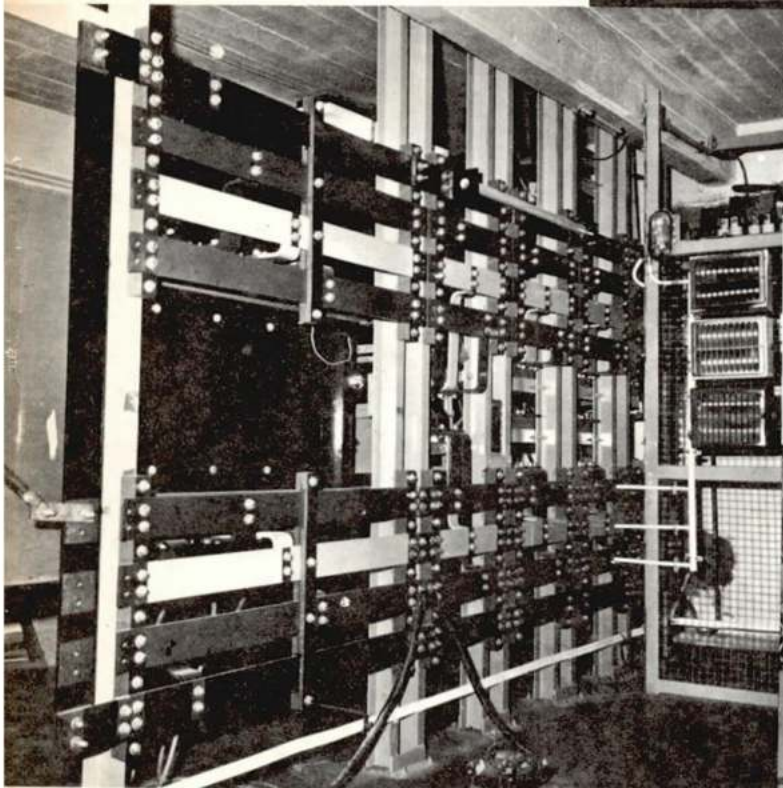
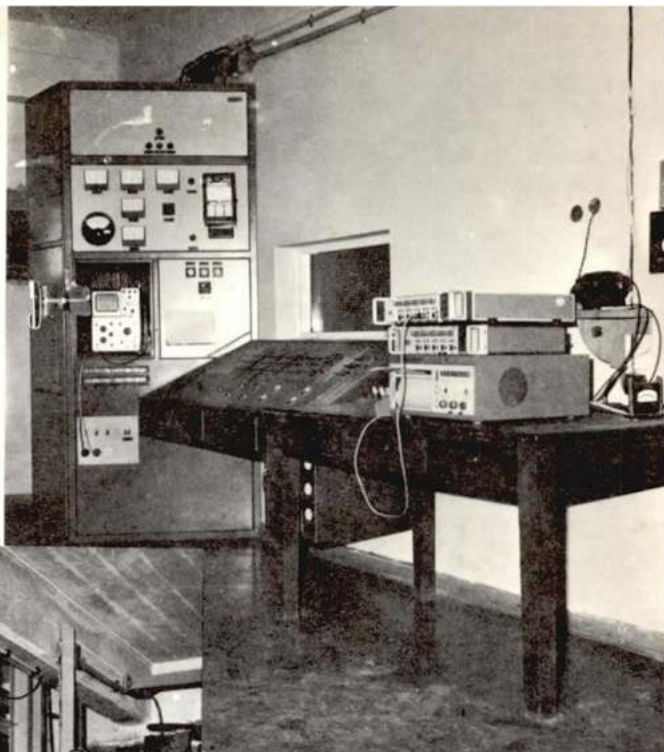
בסך הכל הגיעו 116 פתרונות, מהם 19 נכונים.
בין בעלי הפתרונות הנכונים: גורלו פרסי ספרים.

הזוכים בהגרלה הם:

1. גורן יוסף, רח' יורדי הסירה 4/14 אשדוד.
2. הופמן נתן, רח' הגפן 13 א" חיפה.
3. אייזנברג עקיבא, רח' קרן היסוד 2 גבעת שמואל ירושלים.
4. עברי זקני, מושב נורדיה.
5. קסלר יעקב, רח' בילינסון 6 נתניה.
6. אברהמי אפרים, קבוץ בית-קמה.
7. קידר ירמיהו, קבוץ גבעת ברנר.

המתקן לבדיקות בהספקי קצר גבוהים
מעבדת החשמל למחקר ופיתוח,
חברת החשמל לישראל בע"מ
(ראה מאמר בעמוד 14)

חדר הבקרה



פסי הצבירה

הקונטקטורים והמפסקים
לזרמים גבוהים

