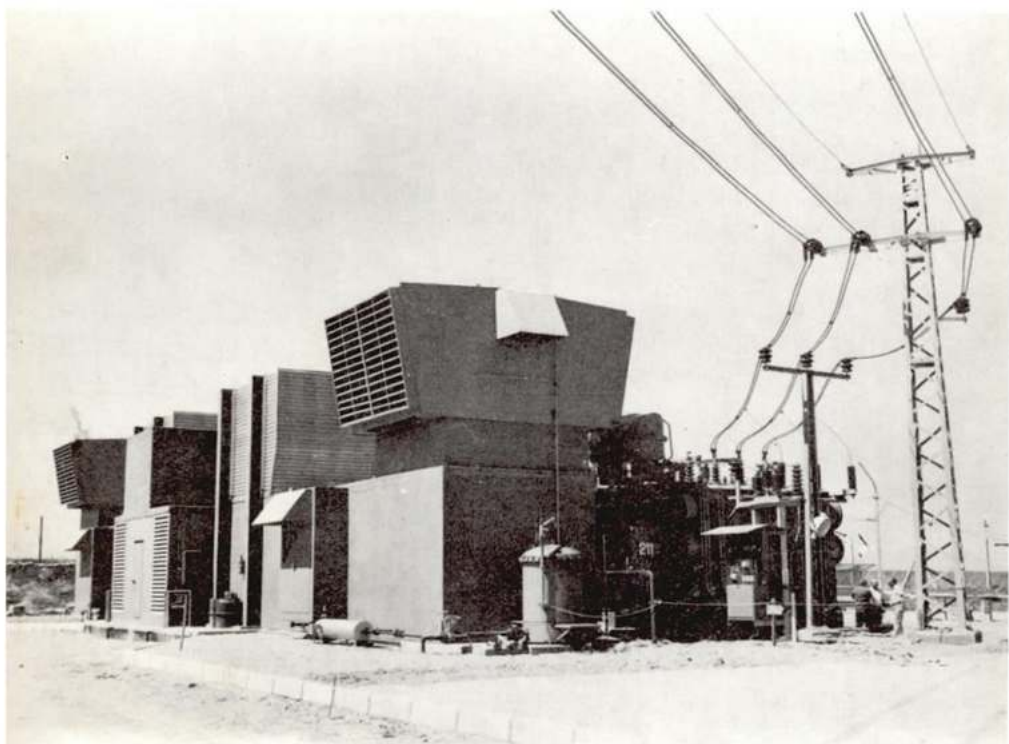


התקע המצדיע



ע ל ו ן ל ח ש מ ל א י ם
בהוצאת חברת החשמל לישראל בע"מ



טורבינת-גז
לייצור חשמל
(ראה מאמר
בעמוד 7)

ינואר 1975

מס' 11

תוכן העניינים

3	. . . . .	דבר המערכת
4	. . . . .	מכתבים למערכת
5	. . . . .	הסקת דירות בעידן משבר האנרגיה
7	. . . . .	שילוב טורבינת גז סילונית במערכת לייצור אנרגיה חשמלית
9	. . . . .	שיטות הפעלה והגנה חשמלית ברשתות חלוקה - מתח גבוה
11	. . . . .	הצורך בפיקוד אוטומטי על קבלים לשיפור מקדם ההספק
14	. . . . .	בעיות בחיבור דיזל-גנרטור
16	. . . . .	שנאי הספק יצוקים באפוקסי
18	. . . . .	תצרוכת החשמל השנתית בבית שכולו חשמל
20	. . . . .	זהירות מתח-גבוה
22	. . . . .	בדיקת נורות חשמל
23	. . . . .	מעגלי עזר חשמליים למנועים
29	. . . . .	תאונת חשמל ולקחה
30	. . . . .	חידון בקיאות בתקנות החשמל

העורך :
א. לייטנר

המערכת :
מ. זיסמן, ל. יבלונובסקי, ז. ספורן
י. פישר, 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



דבר המערכת

חלפו כ־4 שנים מאז יצאה לאור החוברת מס' 10. אכן, זמן ארוך למדי אשר בו לא הוצאנו חוברות נוספות מסיבות שונות שהזמן גרמן.

עיון במאות מכתבים שהגיעו אל המערכת ואל הנהלת חברת החשמל (מאת חשמלאים מן השורה, ממוסדות, מבתי ספר מקצועיים, ממפעלים ואף מהמשרדים הממשלתיים הנוגעים ישירות לנושא מתקני חשמל והכשרת חשמלאים) מלמד עד כמה רבה החיוניות והחשיבות שבחידוש הופעת העלון לחשמלאים שהוא היחיד מסוגו בארץ.

הנהלת חברת החשמל שקיימה דיון מעמיק בענין העלון הגיעה לכלל החלטה שיש לחדש את הוצאתו ולמרות ההוצאה הכספית הגבוהה נמשיך, בינתיים, לשלוח אותו לחשמלאים. המעוניינים ללא תשלום.

ישנם כיום בישראל כ־15 אלף חשמלאים מורשים וכן רבים אחרים הקשורים בענף החשמל ועוסקים בו, לרבות תלמידים בבתי הספר המקצועיים, אשר למרות שאינם רשומים כחשמלאים מורשים יש להם ענין רב בלמוד נושאי החשמל להרחבת הידע והעדכון העצמי.

חברת החשמל כחברה לשרות ציבורי המספקת את האנרגיה החשמלית — אחד ממוצרי היסוד בחיי המדינה, מעוניינת להדק את הקשר עם ציבור החשמלאים בכל הרמות כיון שהיא רואה בהם שגרירים ו„סוכנים" נאמנים למכירת החשמל והשימוש בו ע"י הצרכנים בצורה נכונה מבחינה טכנית, בטיחותית וכלכלית.

כאן מן הראוי להדגיש שלנוכח העמקת משבר האנרגיה העולמי ועליית מחירי הדלק הגיעה חברת החשמל לידי הכרה שמתפקידה לפעול בצורה נמרצת להגברת תודעת השימוש הנכון והחסכוני בחשמל, שהרי המזוט המופק מהנפט הגולמי הוא חומר הדלק לייצור החשמל ולכן חסכון בחשמל — פרושו חסכון בדלק ובמטבע חוץ.

אנו מקוים שרבים מהקוראים ישתתפו באופן פעיל בעלונים הבאים הן ע"י מכתבים למערכת והן במאמרים ורשימות בכל נושא שיש בו ענין לכלל ציבור החשמלאים.

מכתבים ואמרת

„לפני פירוק חלקים ממערכת צינורות כא- מור בתקנת משנה (א) יותקנו גישורים מתכתיים זמניים ומתאימים לשם הבטחת הרציפות החשמלית של מערכת הארקה“.

מבחינה חוקית חייב השרבב הגורם לפסק חשמלי ברציפות של צנרת המים לדאוג לגישור מתאים שיחזיר את הרציפות הדרושה. לצערנו, מתעלמים רוב השרברבים מחובה זו המוטלת עליהם, (לפעמים מחוסר ידיעה) ועלידי כך מסכנים את עצמם וגורמים למצב המסכן את הציבור.

הואיל ועל ביצוע חוק החשמל ממונה משרד ה- מסחר והתעשייה, נעביר את תוכן מכתבך אליהם לטיפול במישור המתאים. כן נעביר את התכתבו- תנו זו למוסד לביטוחות ולגיהות — הן לטיפול עם השרברבים, והן להעמדת כלל הציבור על ה- סכנות.

מעשה בהארקה שיצרה מתח

מנוע החשמל של אחד ממיתקני הקירור במחלבה גדולה יצא לעתים קרובות מכלל פעולה. למפעל נגרמו תקלות ניכרות, בפרט בעיצומו של הקיץ. מהנדסי המחלקה לחש- מל מלאקטרוניקה של מכון התקנים ה- ישראלי נקראו בדחיפות למצוא את הסיבה.

החשד היה שזרם חשמל שמקורו במנוע עובר מהמנוע לאדמה דרך ההארקה (החיבור לאדמה). מהנדסי המכון גילו דבר מוזר: כאשר המנוע נותק מההארקה — הוא פעל כשורה. באותו זמן נמדד במוליך ההארקה מתח חילופין של 6 וולט בערך — דבר שנראה במבט ראשון בלתי מתקבל על ה- דעת. כאשר גוף המנוע חובר מחדש למוליך ההארקה הופיע המתח של 6 וולט על גוף המנוע ונוצר זרם מהגוף דרך המיסבים אל ציר המנוע, ולא להיפך כפי שחשדו תחילה. נמצא שלמעשה גרמה במקרה זה ההארקה לדבר נוגד לזה שהיא נועדה להבטיח.

עם גילוי התופעה הבלתי רגילה ניסו ה- מהנדסים הבודקים למצוא את סיבתה. הס- תבר כי מוליך ההארקה ומוליכי החשמל למנוע, שהיו מונחים בחבילה אחת בצורה מסויימת, פעלו במקרה זה כשנאי (טרנס- פורמטור), כאשר מוליך ההארקה שמשם כליפוף מישני ונוצר בו מתח חשמלי.

ברגע שחובר מוליך הארקה חדש שהו- נח בנפרד, שוב לא נמצא מתח כל שהוא על גוף המנוע והתקלה חוסלה.

י. דפני

ההארקה — וצנרת המים

כידוע מחוברת ההארקה בבתי המגורים לצנרת המים, והיא המשמשת כהארקת הגנה למכשירי החשמל אשר בדירה.

צנרת המים חייבת להיות הן בעלת התנגדות נמו- כה והן בעלת רציפות חשמלית, כדי שתוכל למלא את תפקידה כהארקה כיאות.

נתקלתי במקרים בהם שרברבים משתמשים באבי- זרים אל-מתכתיים וכן בטפלון במקום פשתן ב- מקומות החיבור של הצנורות.

אבזרים אלה וכן הטפלון הם חומרים מבודדים וגורמים לאי-רציפות חשמלית של מערכת ההאר- קה. ע"י כך משבשים הם את האפקטיביות שלה ומסכנים את המשתמש במתקן החשמלי.

ברצוני לדעת כיצד מונגן הדייר מפני מקרים כאלה. מה ידוע לחברת החשמל על מכות חשמל שנגרמו עקב השימוש באבזרים ובחומרים שהזכרתי, ומה עושה חברת החשמל למניעתן?

על מי חלה האחריות המשפטית במקרה נזיקין?

ירוחם ציוני, תל-אביב

תשובת המערכת

המערכת מודה לכותב המכתב על עירונו ועל העמדת הבעיה והסכנות הכרוכות בה באורם ה- נכון. תקותנו שהעלאת הבעיה על הפרק תאלץ את הגופים הנוגעים בדבר לתת את דעתם לה ולפתי- רונות המתחייבים לשמירה על מניעת סכנות מ- הציבור.

נכון שהשרברבים התחילו, לאחרונה, להשתמש יותר ויותר הן באבזרים מחומרים פלסטיים והן בסרט פלסטי מטפלון (במקום בפשתן). כל זמן שדברים אלו נעשים אחרי המקום שבו מסתעפים להארקת ההגנה של מתקן הצרכן הרי אין כל סכנה, אך אם נעשה לפסק במוליכות החשמלית של הצנרת המתכתית לפני המקום שבו מסתעפים להארקה מתהווה מצב מסוכן. מאחר ולא תמיד ידוע לשרברב המיקום המדוייק של מקום חיבור מוליך ההארקה לצינור המים הרי בכל פעם שהוא גורם לפסק ברציפות המוליכות החשמלית של הצנרת הוא עלול לגרום למצב בו הוא מבטל את הארקת ההגנה של הצרכן ועלול להיפגע מהחש- מל בשעת עבודתו.

בתקנות החשמל (הארקות או הגנות אחרות) תשכ"ב — 1962; תקנה 21(ב) נאמר:

הסקת דירות בעידן משבר האנרגיה

אינג' א. לייטנר

לנוכח העמקת משבר האנרגיה העולמי ועליית מחירי הדלק, הגיעה חברת החשמל לידי הכרה שמתפקידה לפעול בצורה נמרצת להגברת תודעת השימוש הנכון והחסכוני בחשמל שהרי המזוט המופק מהנפט הגולמי הוא חומר הדלק לייצור החשמל, ולכן חסכון בחשמל — פרושו חסכון בדלק ובמטבע חוץ.

הסיסמה המסורתית, „יותר חשמל פחות עמל” אשר ליוותה את כל פרסומי החברה ב־10 השנים האחרונות נגנזה לאחרונה ואת מקומה תופסת כעת הסיסמה „השתמש בחשמל בתבונה”.

יתרונות ההסקה בחשמל

כיום מראים התחשיבים כי מבחינת הצרכן הביתי הפך החשמל, לאחר השינויים הדרסטיים במחירי כל סוגי הדלק, להיות מקור האנרגיה הזול ביותר בהשוואה למקורות האנרגיה האלטר־נטיביים (נפט, סולר, גז) למטרות הסקה וחימום. שיטת הסקת הדירות ע"י אנרגיה חשמלית באם תתוכנן ותיעשה בצורה נבונה ונכונה עשויה גם להיות השיטה החסכונית ביותר מנקודת ראות הדלק הנחסף ומנקודת ראות ניצולה הרציונלי של מערכת החשמל הארצית (ייצור, הובלה וחלוקה).

בנוסף ליתרונות ההסקה בחשמל לעומת ההסקה הישירה באמצעות סולר או נפט (אין הדברים מתייחסים להסקה בתנורי גז לאור הנתון הבסיסי שאין בארץ כמויות גז שתפקנה לפתרון כולל של ההסקה הביתית) מתוך האספקט האקולוגי וה־אספקט של אורך חיי המתקן והבלאי, יש להסקה בחשמל 2 יתרונות בסיסיים שהם בעלי חשיבות מיוחדת מהאספקט של חסכון בדלק:

א. ההסקה בחשמל מאפשרת פתרון אינדיבידואלי לכל דירה בהתאם לצרכי החימום של בני הבית ומאפשרת לכל צרכן ביתי לכוון לעצמו את משטר ההסקה (תאריך ההתחלה והסיום, שעות ההסקה השונות בכל יום ויום, דרגת ההסקה ורמת הנוחות הנדרשת), בהתאם לצרכיו ובהתאם לאפשרויות הכספיות.

ב. ההסקה בחשמל מאפשרת ויסות של עוצמת החימום בצורה הרציונלית, לרבות חיבור או ניתוק של המכשיר בכל עת. זאת, בנגוד לתנורי הסקה מרכזית המופעלים ברציפות מספר שעות בהתאם לצרכים של דיירי הבית הדורשים את המכסימום, או תנורי ארובה דירתיים שבדרך כלל אינם מופסקים כלל במשך כל עונת החורף, או תנורי „פירסייד”

אשר הדלקתם וכיבויים כרוכים בטרדה ולכן, בדרך כלל, מדליקים אותם בכל יום למספר שעות אפילו כאשר כלולות בתוכן שעות בהן אין צורך בחימום.

אמנם מכל ק"ג מזוט הנשרף בתחנת הכח מקבלים בבית למטרות חימום רק כ־3,500 קק"ל לעומת כ־10,000 קק"ל שהן תפוקת החום התיאורטית של הנפט או הסולר, אולם במציאות — הן בגלל איבודי החום בצנרת ובארובות והן בגלל השריפה הלא מושלמת של הדלק, בתנורים שאינם מתוחזקים בצורה האידיאלית — ניתן להניח שהתפוקה המעשית של מתקני הסקה מרכזית ותנורי ארובה דירתיים היא כ־50% עד 70% דהיינו, מק"ג דלק ההופך באופן ישיר לחום בבית מקבלים רק כ־5,000—7,000 קק"ל. לכך יש להוסיף את אלמנט החסכון הקיים בשיטת ההסקה החשמלית האינ־דיבידואלית לעומת שיטת „קופת החום המשותפת” לכל הדירות בבנין המגורים ואת אלמנט החסכון בגלל אפשרויות הויסות והניתוק כאמור לעיל.

חשיבות „זרם הלילה”

לאור כל אלה ובהנחה שלא נגיע לצורך להטלת קיצוב בחשמל (דבר שעשוי לקרות רק במקרה של מצב מחסור חמור ביותר), יש לצפות שצריכת החשמל הביתית תגדל על חשבון סוגי הדלק האחרים. לפיכך מתעוררת ביתר שאת החשיבות שבהעברת עיקר צריכת החשמל משעות השיא (בקיץ — בדרך כלל ביום, בחורף — בדרך כלל לפנות ערב) לשעות השפל שהן בעיקר שעות הלילה.

דבר זה מוסבר בעובדה שבשעות הלילה פועלות בעיקר יחידות הייצור היותר יעילות שצריכת הדלק שלהן לייצור חשמל נמוכה יחסית, כמו חיפה ג' ורדינג ד', ואילו בשעות היום — כשהביקוש הארצי מגיע לשיאו — חייבות לעבוד גם יחידות הייצור הפחות יעילות אשר צורכות יותר דלק ובנוסף לכך

בעיות המחיר והתעריף

נראה לנו שמחירים הנוכחי של התנורים האוגרים המשווקים בארץ הוא גבוה מדי כיוון ששווקם מבוסס על יבוא בהיקף מצומצם (בסה"כ מותקנים כיום בישראל כ-5000 תנורים אוגרים).

באם שיטת ההסקה באמצעות אוגרי חום תתרחב בצורה משמעותית יביא הדבר, ללא ספק, למפנה מכריע בהתפתחות נושא החימום האוגר (תנורים אוגרים ושיטות אחרות המנצלות בעיקר את „זרם הלילה“) כיוון שאז כדאי יהיה לייצר בארץ את המכשירים והמתקנים ובכך להוזיל את מחירים.

אנו ערים לעובדה שבתעריפי החשמל הנוכחיים אין משום עידוד מספיק לשימוש ב„זרם לילה“ להסקת דירות, אולם קרוב לוודאי שרביזיה בתעריפי החשמל תביא ליצירת הפרש משמעותי בין מחירי „זרם היום“ ומחירי „זרם הלילה“.

יש להוסיף עוד כי בהתאם לכללים החדשים בדבר תשלומי המזמינים עבור התחברות לרשת החשמל אשר יופעלו בקרוב, לא יהיה צורך בביורורים ממושכים ואינדיבידואליים לגבי כל בנין מגורים חדש. בו תתבקש חברת החשמל להגיש אומדן על תוספת המחיר לחיבור בנין ההכנות לחימום אוגר, כיון שהמחירים יהיו קבועים בהתאם לגודל החיבור המוזמן.

סוף דבר

גורמים שונים הקשורים בענף הבניה לשכון בודקים מחדש את האפשרות לקבוע את שיטת ההסקה בחשמל ע"י תנורי אוגרים הנטענים בזרם לילה, בשיטת ההסקה הדומיננטית במקום שיטת ההסקה המרכזית בסולר ושיטת תנורי הארובה המקובלת כיום בבניה החדשה.

הצורך בבדיקה זו התעורר לאחרונה עם עליית מחירי הדלק כיוון שהשיטה החשמלית מאפשרת כידוע חסכון אינדיבידואלי בכל דירה בהתאם לצרכים ולאפשרויות הכספיות, ואין „קופה משר תפת לחום“ שהיא בזבזנית ביסודה והביאה גם למריבות שכנים ולבעיות חברתיות.

במידה ותהיה החלטה כזאת, יביא הדבר, ללא ספק, למפנה מכריע בהתפתחות נושא החימום האוגר (תנורים אוגרים ושיטות הסקה אחרות המנצלות בעיקר את „זרם הלילה“), יוגבר ויעמק ייצור המכשירים והמתקנים בארץ ובכך יוזל מחירים שהוא כעת גבוה מאד. אז יוכלו יותר ויותר צרכנים לרכוש תנורי אגירה במקום הרדיאטורים החשמליים (הזולים מהם כיום בשעור ניכר) הצורכים „זרם יום“ שאיננו מיועד בעיקרו להסקת דירות אלא למטרות אחרות שאותן לא ניתן להשיג ע"י „זרם לילה“.

יש גם צורך לפעמים, בשעות שיא הביקוש, להפעיל את טורבינות הגז אשר צריכת הדלק שלהן (סולר) גבוהה ביותר ומפאת מחירו הגבוה של הסולר עולה הדלק לייצור החשמל באמצעותו פי כמה ממחיר המכירה של החשמל לצרכן.

מכאן ברור שהשימוש בחשמל בשעות הלילה במקום בשעות היום הוא שמוש נבון משום שצריכת הדלק לייצורו יעילה יותר, כלכלית יותר וחסכונית יותר בלילה מאשר ביום.

שיטות החימום האפשריות

אם נעבר המליצה חברת החשמל על חימום באמצעות אוגרי חום חשמליים הנטענים ע"י זרם לילה ומיועדים לספק לכל שטח הדירה נוחות מושלמת במשך כל שעות היממה (למשל: טמפ. קבועה של 20 מעלות צלזיוס), הרי כיום, בעידן משבר האנרגיה, ניתן להמליץ על תנור אוגר מרכזי לדירה בהספק של 4—6 קו"ט (כשהמדובר בדירה בעלת 3 חדרים בשטח של כ-60—70 מ"ר כמקובל לזוגות צעירים וכו') שיספק את החימום הבסיסי וחום הרקע (Background Temp.) אשר מעניק רק 50%—75% מהנוחות המלאה, כאשר את החימום המשלים— שאיננו נדרש בכל הדירות בצורה זהה, או כאשר נדרש חימום נוסף בשעות מסוימות, בעיקר לפנות ערב, בימים קרים במיוחד, וזה קורה משך מספר ימי חורף מוגי בלים למדי — ניתן להשיג במספר דרכים אלטרנטיביות:

אוגר חום נוסף בהספק של 2 קו"ט, למשל. גוף חימום עזר בהספק של 750—1,000 וט המותקן בתוך התנור האוגר ומופעל על ידי זרם יום בתעריף הניגל (מתחבר באופן טרמוסטטי כאשר מאגר החום שבתנור מתרוקן).

תנור חימום חשמלי הפועל בזרם יום (רדיאטור, קונבקטור, מפזר חום וכו') בחדר המרוחק ממרכז הדירה ואיננו מחומם בצורה מושלמת ע"י האוגר המרכזי.

מן הראוי להוסיף כאן כי בנוסף לתנורים האוגרים הרגילים (המותקנים כיום בלמעלה מ-4,000 דירות בארץ ופועלים לפי מיטב המידע שבידינו לשביעות רצון בעליהם), קיימים גם פתרונות אחרים לניצול „זרם הלילה“ כדי לספק את החימום הבסיסי:

תנור אוגר מרכזי הנבנה באינטרסול הדירה. תנור אוגר מרכזי המוצב בגומחה (נישה) הנמצאת במרכז הדירה ומעביר את החום ע"י תעלות אויר חם (Electricair).

מתקן הסקה דירתי ע"י רדיאטורי מים שמקור האנרגיה לחימומם הוא חשמל ב„זרם לילה“ (אנרגית החום המופקת מ„זרם הלילה“ נאגרת בדוד מים בטמפ. של 95 מעלות צלזיוס).

מיתקן חימום תת-רצפתי.

שילוב טורבינות גז סילוניות במערכת לייצור אנרגיה חשמלית

אינג. א. פאר M.Sc.

שיקולי הכדאיות הכלכליים.

במערכת לייצור חשמל, קיימות קבוצות שונות של יחידות ייצור, שההבדלים הכלכליים העקריים ביניהן נובעים מגובה ההשקעות לקילווט מותקן מחד, ומעלות הדלק מאידך. עלויות ייצור החשמל מתרכזות בשתי קבוצות — עלויות קבועות (הרצאות למיסים וביטוח, תפעול ואחזקה) ועלויות משתנות (הוצאות, דלק).

על מערכת הייצור לעמוד בדרישות של כסוי שיאי ביקוש הגדלים והולכים, בתחום גֵתוֹן של רמת אמינות, תוך התחשבות ברזרבה הדרושה לשפוצים ולתקלות (ככל שהרזרבה גדולה, משתפרת אמינות האספקה, אולם עלויות הייצור — גדלות).

בכדי לעמוד בדרישות אלה יש להרחיב את המערכת ע"י תוספת יחידות ייצור.

להרחבת מערכת הייצור קיימות שתי אפשרויות:

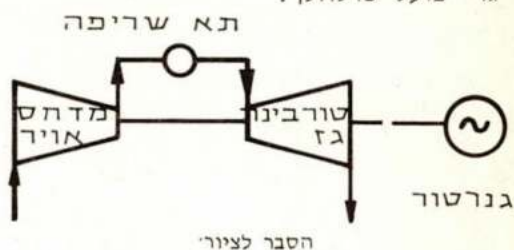
א. תוספת יחידה קונבנציונלית (או גרעינית) יעילה שמתפקידה לפעול במרבית הזמן ובכך לכסות במיוחד את העומס הבסיסי. תוספת יחידה כנ"ל, בעלת נצילות תרמית גבוהה יחסית, גוררת שנוי בסדר הפעלת היחידות הקיימות (הפחות נצילות) ובכך מוקטנת עלות הדלק בכל מערכת הייצור.

ב. תוספת טורבינות גז לכסוי שיאי ביקוש ותקלות, וקביעת הגבול העליון של שעות ה־עבודה בהן כדאי להפעילן. ההשקעה בטורבינות גז לקילווט מותקן הנה כמחצית מזו הדרושה להתקנת תחנת כח עם טורבינת קיטור, מאידך — הוצאות התפעול של טורבינת בינות גז גבוהות מאלה של טורבינת קיטור, היות וטורבינות הגז מצריכות שימוש בסולר שמחירו יקר בהרבה מהמזוט שבו משתמשים להפעלת טורבינות קיטור. בנוסף לכך, הנצילות של טורבינות הגז גרועה ולכן תצרוכת הדלק הסגולית גבוהה מזו של טורבינות קיטור.

האלטרנטיבה הכלכלית מבין שתי האפשרויות היא זו שבה סכום העלויות המשתנות של יחידות ה־ייצור הקיימות, והעלויות המשתנות והקבועות של היחידה החדשה — הינו הנמוך.

לבחירה הכלכלית יש לבצע חשובי עלויות שנתיות בסוגים שונים של יחידות הייצור, במטרה לקבוע את שיטת ההפעלה הזולה לכסוי שיאי הביקוש שמקומם בחלק העליון של עקומת משך. העומס (Load Duration Curve).

הטורבוגנרטור לייצור חשמל בעזרת גזי שריפה, הידוע בשמו המקוצר „טורבינת-גז“ פועל כדלהלן:



הסבר לציור

טורבינת גז תעשייתית (מחזור פשוט)

אוויר נדחס עד ללחץ רצוי ונשרף עם הדלק בתא שריפה, גזי השריפה מתפשטים בטורבינה ומוסרים את האנרגיה שלהם לגל המסובב את רוטור הגנרטור המייצר חשמל.

ההתפתחות ההיסטורית

במחצית השנייה של שנות השישים חל מפנה בגישה לגבי מיקומן של טורבינות הגז יחסית לכלל מערכת ייצור האנרגיה החשמלית, וקצב גדול ההספק המותקן בטורבינות גז גדל בהתמדה ועלה על קצב התקנת כל שאר סוגי הגנרציה.

אם בשנת 1964 היה ההספק המותקן בטורבינות גז בארצות הברית 700 מגו"ט שהם 0.3% מכלל ההספק שהיה מותקן בה, הרי שבסוף שנת 1973 הגיע ההספק המותקן בטורבינות גז ל-28,000 מגו"ט, כ־7% מכלל ההספק המותקן בארה"ב. חלק זה יגדל במטרה להגיע לכ־20% במחצית השנייה של שנות ה־80.

הדחפים להתפתחות הנ"ל:

- פתוח מנועי הסילון ע"י התעשיות האוויריות.
- מסקנות מהפסקת החשמל הגדולה בארה"ב בשנת 1965, שהביאו לשנוי רדיקלי בגישה ל־אמינות האספקה.
- דרישה למקור הספק בטוח להנעת תחנות כח בשעת דחק.
- דרישה לאמצעי הגדלה מהירה של היכולת ה־מותקנת כאשר העליה בצריכה בלתי צפויה.
- אופטימאליות של מערכת הייצור דורשת התקנת אמצעי ייצור לכסוי שיאי הביקוש.

ככל שמקדם העומס (היחס שבין ייצור אנרגיה במגוון"ש לשיא הבקוש במגוון"ט מוכפל במס' ה- שעות בתקופה) של המערכת נמוך, שיאי הבקוש נדרשים לתקופות זמן יותר קצרות וכדאיות הפעלת טורבינות הגז — גוברת; לכן, בחינת עקומת משך העומס השנתית — ובמיוחד הקצה העליון שלה, המראה את משך הזמן של שיאי הבקוש — מהווה אמצעי יעיל לקביעת נקודת איזון ההוצאות, כלור-מר — מס' שעות ההפעלה בהן מתאזנות ההוצאות בתחנות קיטוריות ובטורבינות גז, ובכך השנת חלור-קה אופטימאלית של כושר הייצור המותקן.

יתרונות טכניים-תפעוליים

להלן יתרונות נוספים של טורבינות הגז שלגביהם קשה קביעת החסכון הכספי, אך יש לקחתם בי-חשבון בעת בצוע שקולי האלטרנטיבות, בנוסף לשקול הכלכלי.

• טורבינות הגז ניתנות להקמה תוך תקופת זמן קצרה — פחות מחצי שנה — היות והן מסור-פקות כיחידות מוגמרות למחצה. לעומת זאת, זמן הקמתה של יחידה בתחנה קונבנציונלית נמשך כ-5 שנים (בתחנה גרעינית כ-10 שנים). כמו כן, מועדי האספקה של טורבינות הגז — קצרים.

תכונות אלה מאפשרות תוספת מהירה בכושר הייצור המותקן, ובכך נמנעים שיבושים באס-פקת חשמל תקינה, במקרה של אחורים בהק-מת תחנות כח עם טורבינות קיטור כתוצאה מסיבות שונות, כגון עכובים באשור אתרי בניה, איחורים באספקת ציוד, או עליה בלתי צפויה בביקוש.

לתכונת זמן ההקמה הקצר גם אספקט כלכלי, היות ואספקת טורבינות הגז כיחידות מוגמרות למחצה, הורידה את מחיר ההתקנה לכ-10% מסה"כ המחיר, בו בזמן שבהקמת תחנות הכח הקיטוריות, כ-40% מסה"כ המחיר מופנה ל-הקמת המבנה; בתנאי התשלום הנוכחיים, חלק זה גדל בצורה משמעותית במשך שנות ההקמה.

• טורבינות הגז מצריכות שטח בניה מצומצם ואינן זקוקות למי-קירור, לכן ניתן להקימן בכל מקום של ריכוז צריכה ולחסוך על ידי

כך בהוצאות להתקנת קווי מתח גבוה וטרנס-פורמטורים, להולכת האנרגיה למרחקים. לגור-רם זה גם יתרון בטחוני.

• במערכות שונות ממוקמות טורבינות הגז ליד תחנות הכח הרגילות ובכך חוסכים רכישת גנרטורים לשעת חרום בתחנות אלה.

• טורבינות הגז ניתנות להפעלה ללא צוות, ע"י פיקוד במקום או ממרכז הפיקוח על המערכת, ותוך 3-4 דקות הן מגיעות להעמסה מלאה.

לכן בנוסף לחסכון בכח אדם הן משמשות לשיפור אמינות אספקת החשמל במערכת, הור-דות לאפשרות הפעלתן המהירה בכל מקרה של תקלה ביחידות ייצור אחרות.

• ההתפתחות הטכנולוגית הגדולה, במיוחד במה שקשור לטורבינות הגז הסילונית עזרה גם לעליה באמינותן ובזמינותן, כלומר רציפות עבודתן ללא תקלות. בהתאם לדו"ח סטטיסטי של Edison Electric. Ins. (ארה"ב) לשנים 1960-1971, זמינות יחידות בהספק של 600 מגוון"ט הינה 73% בלבד (גורם שהוא לכשעצמו מצריך הגדלת הרזרבה המותקנת במערכת) בו בזמן שאמינות טורבינות הגז באותה תקופה הייתה 93%.

• טורבינות הגז אינן מהוות מיטרד צבורי, זאת היות ותכולת הגפרית שבסולר נמוכה ביותר ומגיעה ל-0.3% בלבד. נמצאה גם דרך למניעת השמעות רעש המכונות ולכן טורבינות הגז מוקמות בקרבת ישובים עירוניים ובמרחקים של פחות מ-100 מטר מדירות מגורים. אמנם בתקופה האחרונה משרים את אפשרויות ה-שמוש בדלקים שונים להפעלת טורבינות גז, דבר שיספר את הכדאיות הכלכלית (הקטנת עלות הדלק) אך יתכן ויקטין את יתרון אי-זהום האוויר.

• בעזרת טורבינות הגז ניתן לשפר את המתחים במערכת ע"י הפעלת הגנרטורים שלהם כקונדנ-טורים סינכרוניים.

• במערכות שונות משתמשים בטורבינות הגז כעל "שומרות תדירות המערכת"; בירידת ה-תדירות מתחת לערך מסויים מופעלות טורבי-נות הגז אוטומטית והתדירות משתפרת.

שיטות הפעלה והגנה חשמלית ברשתות חלוקה - מתח גבוה

M.Sc. אינג' א. נאוטרה

בשנים האחרונות גדל והולך מספר הצרכנים המקבלים אספקת החשמל במתח גבוה. לכן ישנה התעניינות בשיטות ההפעלה וההגנה של רשתות חלוקה - מתח גבוה. מאמר זה נועד לתת תיאור קצר ומרוכז של השיטות הללו.

תנאי האקלים

שיטת ההפעלה של קוי מתח גבוה עיליים 22 או 33 ק"ו מושפעת במידה רבה מתנאי האקלים המיוחדים השוררים בארץ. המיוחד בתנאים אלה היא תקופה ארוכה של העדר גשמים. בתקופה זו מצטבר אבק וזהו על מבדדי הקוים. בתקופת החורף ישנו נקוי טבעי של המבדדים באמצעות הגשם. בתקופת העדר הגשמים ישנן תופעות של לחות יחסית גבוהה באויר, כתוצאה ממנה נוצר טל בשעות הבוקר והערב, הטל מרטיב את הזהוים שעל פני המבדדים ונוצרת שם שכבה לחה ומוליכה, ומתקבלים תנאים המאפשרים פריצה חשמלית על פני המבדד. עקב הפריצה הזאת נוצר קצר חד-פזי לאדמה. במטרה למנוע נזקים והפסקות של צרכנים יש צורך:

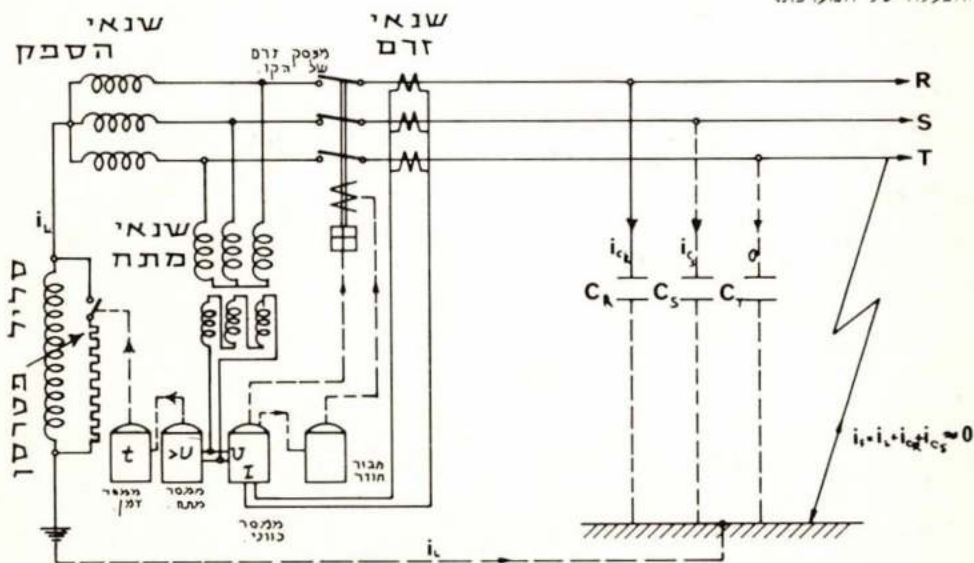
- א. להגביל את זרם הקצר, ולכבות את הקשת.
- ב. להפסיק את הקו במידה והקצר אינו חולף.
- ג. לנסות ולחבר את הקו בחזרה, במידה והקו נפסק.

מבוא

רב צרכני החשמל בארץ מקבלים את אספקת החשמל באמצעות כ-50 תחנות טרנספורמציה הי מפוזרות ברחבי הארץ. בתחנות אלה, המוקמות קרוב ככל האפשר למרכזי העומס, מותקנים שנאי הספק בגודל 20-30 מגה-וולט אמפר, המורידים את המתח ממתח עליון של המערכת הארצית למתח חלוקה שהוא בדרך כלל 22 או 33 ק"ו, פרט לערים הגדולות שם קיימות גם רשתות של מתחים נמוכים יותר כגון 13.2 ק"ו.

כל תחנת טרנספורמציה מזינה מספר קוים רדיאליים ב-22 או 33 ק"ו, בהתאם למתח התחנה. רוב תחנות הטרנספורמציה בארץ מופעלות ב-22 ק"ו. בדרום הארץ, שם אורך הקוים הוא גדול יותר, ישנן מספר תחנות אשר מתח החלוקה שלהן הוא 33 ק"ו.

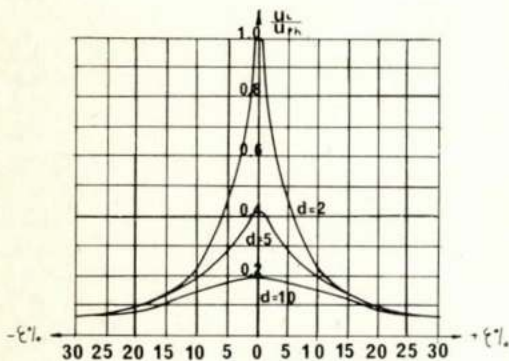
קווי 22 ו-33 ק"ו הם בדרך כלל קוים עיליים הבנויים על עמודי עץ, בטון או קונסטרוקציה. קוי 13.2 ק"ו בערים הגדולות הם בדרך כלל קוים תת-קרקעיים בכבלים. כפי שיוסבר בהמשך הדבר, יום, למבנה הקו יש השפעה גדולה על שיטת ההפעלה של המערכת.



ציור מס' 1 סכימה עקרונית למטרות הדגמה בלבד.

שווה ערך בגודלו לזרם הסליל I_L . לכן הזרם הכולל לאדמה $I_L + I_{CR} + I_{CS}$ שווה בערך ל-0 והקשת דועכת. מכאן שהתנאי לפעולה תקינה של סליל פטרסן הוא שהזרם שלו שווה לזרם הקבולי של הקו, דהיינו, שיהיה בתהודה עם קבול הקיים. בתנאי עבודה רגילים, כשאין קצר לאדמה, הזרמים הקבוליים של שלושת הפזות $I_{CR} + I_{CS} + I_{CT}$ מתאפסים, לא זרם זרם דרך הסליל ולא מופיע עליו מתח. במציאות, הקבולים של שלושת הפזות אינם לגמרי סימטריים, וזרם זרם אסימטרי קטן דרך הסליל. מסיבה זו אין מכוונים למעשה את הסליל בדיוק לנקודת ה-תהודה, כיון שבתהודה, זרם אסימטרי קטן יכול לגרום לעליה ניכרת של המתח בסליל, וע"י כך לגרום להזזה של נקודת האפס של הטרנספורמר-טור, תופעה שהיא בלתי רצויה בזמן עבודה רגילה.

התופעה ניתנת להסבר באמצעות עקומות הניתנות בציור מס' 3.



ציור מס' 3

בציור מס' 3 מתואר המתח על הסליל U_L ביחס למתח הפזה U_{ph} כפונקציה של הדיוזונס * וכפונקציה של גורם הריסון d .

$$d = \frac{1}{3R\omega C}$$

גורם הריסון ניתן ע"י המשוואה:

כאשר R היא ההתנגדות הכללית במעגל התנודות ו- C הקבול האסימטרי של שלוש הפזות. מכאן שיש שתי דרכים להקטין את המתח בסליל הנובע מאסימטריה של קבולים:

א. ע"י כוונן הסליל בדיוזונס קטן (5-10%).
ב. ע"י הגדלת גורם הריסון d .

סעיף ב' ניתן להשגה באופן מעשי ע"י חבר נגד במקביל לסליל פטרסן, דבר הגורם להקטנת ה- התנגדות הכוללת R במעגל הריסון וע"י כך הגדלת גורם הריסון d .

במציאות משתמשים בשתי השיטות גם יחד.

(המשך בעמוד 21)

מטרה א' מושגת באמצעות סליל פטרסן, מטרה ב' באמצעות הגנה מתאימה של הקו ומטרה ג' ב' אמצעות חבר חוזר אוטומטי של מפסק הקו, כפי שיוסבר בפרקים הבאים. בקוי 13.2 ק"ו ה- בנויים בכבלים, בעיות אלה אינן קיימות ולכן מופעלים קוים אלה עם הארקה ישירה.

מערכת סליל פטרסן

בתחנות טרנספורמציה המופעלות במתחים 22 או 33 ק"ו קיימת מערכת סליל פטרסן, אשר מטרתה, כאמור, לכבות את הקשת שעל פני המבדדים הנוצרת מסיבות המתוארות בסעיף הקודם. תאור סכמתי של מערכת זו ניתן בציור מס' 1.

פעולת המערכת המתוארת בציור מס' 1 היא כ- דלקמן:

שנאי הספק, אשר נקודת הכוכב שלו מאורקת דרך סליל פטרסן, מוזן קו דרך מפסק זרם שלו. ליד שנאי ההספק מחוברים מערכת שנאי מתח ושנאי זרם המזינים את הממסרים המתאימים.

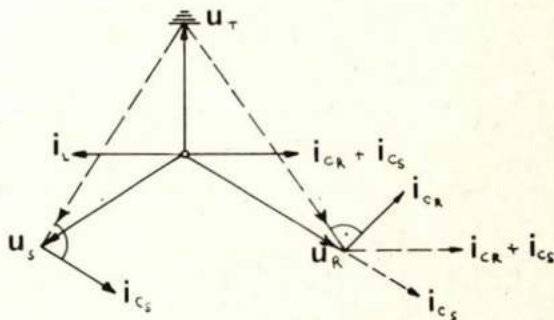
כאשר מתהווה קצר חד-פזי בקו, לדוגמה בפזה T כמתואר בציור, הקבול של פזה זו מקוצר וזרם זרם לאדמה I_F זרם זה מורכב מ-3 רכיבים:

זרם קבולי של פזה $I_{CR} - R$

זרם קבולי של פזה $I_{CS} - S$

זרם השראתי הנובע מחבור הסליל במעגל הזרם החוזר דרך האדמה I_L

בציור מס' 2 נתונה סכמה וקטורית של המתחים והזרמים במערכת בשעת קצר לאדמה בפזה T.



ציור מס' 2

המתח בפזה T כלפי אדמה מתאפס, המתח ב- פזות R, S כלפי אדמה מקבל ערך שלוב. הזרם הקבולי בפזות R, S מקדים את המתחים U_{TS} ו- U_{TR} בהתאמה ב- 90° .

הזרם הקבולי השקול $I_{CR} + I_{CS}$ מנוגד בכוונו

* דיוזונס - סטיה מהתהודה.

הצורך בפיקוד אוטומטי על קבלים לשיפור מקדם ההספק

אינג' סנדה וינטראוב

נים. במקרה זה אפשר להתקין קבל יותר קטן מהקבל הנדרש לעומת השיטות האחרות.

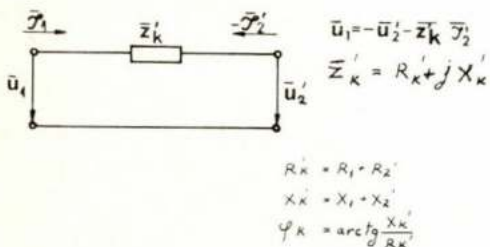
השימוש בכל אחת מהשיטות לחיבור הקבלים משפיע לא רק על גודל הקבלים המותקנים, אלא גם על הרשת החשמלית. חיבור הקבלים בשעה שהם לא ממלאים את תפקידם לשיפור מקדם ההספק, יכול לגרום לתוצאות העלויות להזיק לציוד המותקן אצל הצרכנים הקרובים. הסכנה קיימת במידה גדולה יותר כאשר משתמשים במערכת קבלים בלוח ראשי, לעומת זאת השימוש בקבל נפרד לכל מנוע לא גורם בעיות כאלה.

הסבר התופעות הלא רצויות הוא שבמקרים שבהם העומס האקטיבי קטן (למשל בלילה), העומס הכולל של המתקן כולו מהווה עומס קיבולי. אם הקבלים המותקנים הם גדולים יתר על המידה השפעתם תורגש גם בציוד חברת החשמל.

השפעת הקבלים על חלקי המערכת

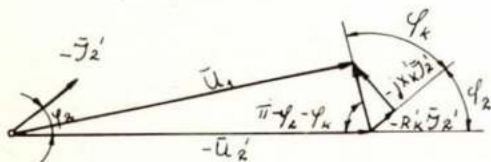
מהי השפעת נוכחות הקבלים על חלקים שונים של מערכת החשמל?

טרנספורמטורים. נשתמש בסכימת "קאפ" ובמשוואות הנובעות ממנה: (ציורים 2, 3).



ציור מס' 2

ניח שהעומס שמחובר לטרנספורמטור הוא קבולי, במקרה זה מקבלים את הדיאגרמה הוקטורית הבאה.



ציור מס' 3

כידוע דורשת חברת החשמל מהצרכנים לשפר את מקדם ההספק שלהם, ל-0.85 לפחות. דרישה זו נובעת מהצורך להקטנת האיבודים והגדלת נצילות מערכת החשמל.

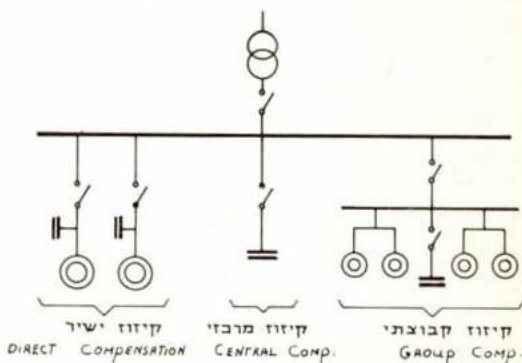
ניתן לשפר את מקדם ההספק ב-2 שיטות:

1. ע"י קומפנסטורים סינכרוניים
2. ע"י קבלים

כאשר מקדם ההספק אינו משתנה באופן ניכר, כדאי לשפר אותו על ידי התקנת קבלים.

תפקידם של הקבלים לספק חלק מההספק העוור הנצרך על ידי הצרכן ובדרך זו להקטין את הפרש הפזה בין מתח הרשת והזרם הנלקח ממנה (או במילים אחרות — שיפור מקדם ההספק נעשה לגבי הרשת ולא לגבי הצרכן).

קיימות שלוש אפשרויות של מיקום הקבלים ב-מתקן: (ציור מס' 1).



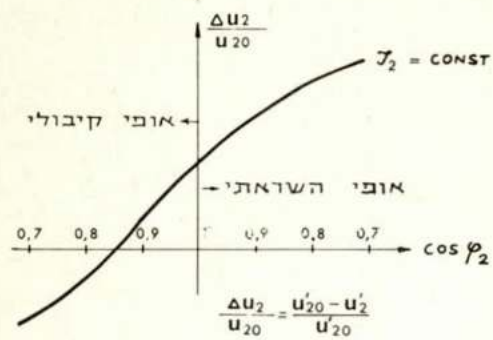
ציור מס' 1

1. קבל נפרד על יד כל מנוע (direct compensation) צורת חיבור זו שימושית עבור מנועים גדולים העובדים בהעמסה מקסימלית.

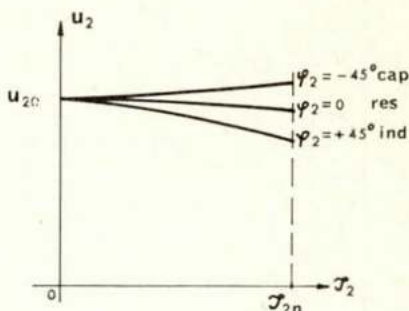
2. קבלים מרוכזים לקבוצת יחידות (Group compensation) השיטה מקובלת כאשר יש במתקן כמה קבוצות שהעומס מתחלק ביניהן. יש להעדיף שיטה זו במקרים של הזנה באמצעות כבלים ארוכים.

3. מערכת קבלים בלוח הראשי של המתקן (central compensation). שיטה זו שימושית כאשר הדרישה להקטנת ההפסדים אצל הצרכן לא כל כך מודגשת וגם כאשר ההעמסה המקסימלית של המנועים חלה בזמנים שר-

J_{2n} — הזרם הנומינלי המשני
 U_{20} — המתח המשני בריקס (ציור 4)



אם מסתכלים על דיאגרמה זו כאשר חלים שינויים בזרם המשני או בהפרש הפזה בין המתח והזרם המשניים מקבלים את האופייניים הבאים:



ציור מס' 4

כאשר הזרם J_c העובר דרך הקבל מספיק גדול, הוא יכול לגרום לקיזוז שתי נפילות המתח RJ_R ו- XJ_X . במקרה של עומס קטן (J_X, J_R) בעלי ערכים נמוכים) הקו יכול להיות מקוזה יתר על המידה (over compensated) מפני שערכו של J_c תלוי רק במתח E_R (ולא בעומס).

השפעתם של הקבלים היא בכך שהם מעלים את המתח בקצה הקו, גם עבור עומס מלא וגם עבור עומסים קטנים. במקרים של עומס קטן עלית המתח יכולה להיות גדולה יותר לגבי המצב הנורמלי, כך שתיגרום לתנאים שעלולים להיות בלתי נסבלים על ידי חלק מהציוד.

מפסקי זרם. ציוד המיתוג מושפע על ידי נוכחות הקבלים ברשת. הסיבה היא האפשרות שבין מגעי מפסק הזרם יופיע לאחר פתיחת המעגל מתח כפול מהמתח המכסימלי של הרשת. פתיחת המעגל חלה כאשר הזרם באחת הפזות עובר דרך האפס. מפני שהעומס הוא קיבולי, הקבל נטען במתח המקסימלי של הרשת. לאחר כ-0,01 שניות (חצי מחזור של מתח ההזנה) מתח השיקום מגיע לערך המקסימלי של מתח ההזנה (כאשר מזניחים את רכיב המעבר של מתח השיקום שהוא בעל תדירות הרבה יותר גבוהה ויש להניח שהת-רסן בינתיים).

מהסכימה והגרפים הבאים ניתן לראות שהמתח בין מגעי מפסק הזרם יכול להגיע ל- $2\sqrt{2}V$ (ציור 6) בכלל המתח המופיע בין מגעי מפסק הזרם יכול לקרות שהקשת החשמלית לא תכבה, או תתקיים הצתה מחודשת.

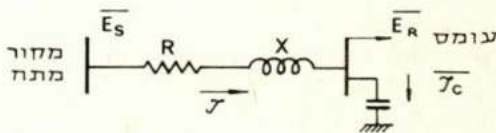
מהעקומות האלו אפשר לסכם שעבור עומס קיבולי גבוה יותר השינויים היחסיים של המתח המשני הם שליליים, או במילים אחרות יכול להתיקבל מקרה שהמתח המשני יהיה יותר גבוה מהמתח המופיע בריקס.

במציאות המתח המשני עולה בדרך כלל ב-3%—5%, אבל במקרים אחרים עלית המתח יכולה להיות בסדר גודל של 10%—12%. עליה זו יכולה להפריע לפעולת מכשירים אחרים (מדידה או אלקטרוניים) הנמצאים אצל אותו הצרכן, ואף יכולה לקצר את אורך החיים של נורות הצרכן.

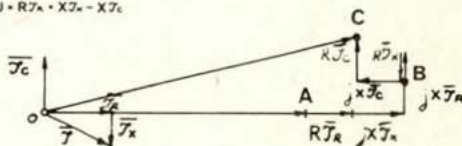
קווי תמסורת. ניתן לבטא את נפילת המתח בקווי תמסורת על ידי הנוסחה המקורבת:

$$\Delta U = RJ_R + XJ_X$$

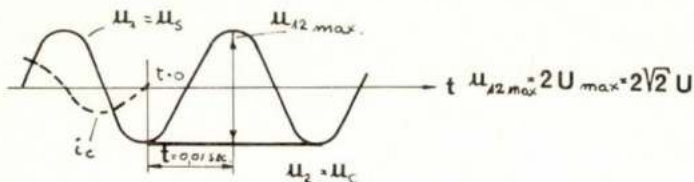
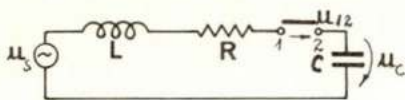
אם בסוף הקו מותקן קבל, נפילת המתח יורדת (או המתח עולה) כפי שנובע מהדיאגרמה הבאה: (ציור 5)



- OA = E_R
- OB = E_s (בלי קבל)
- OC = E_s (עם קבל)
- $\Delta U = R \cdot J_X + X \cdot J_C$



ציור מס' 5



ציור מס' 6

הפיקוד האוטומטי

לאור כל האמור לעיל אפשר להגיע למסקנה כי למרות שהקבלים דרושים למען שיפור מקדם ההספק, הם יכולים להזיק כאשר הם מהווים עומס קיבולי.

לפיכך, יש צורך למנוע השהות העומס ה-קיבולי, על ידי הוצאת הקבלים מהרשת כאשר הם לא משמשים לשיפור מקדם ההספק למטרה זו צריכים לחבר ולנתק את הקב"לים באופן ידני או אוטומטי. יתרונו של המיתוג האוטומטי הוא בכך שאינו דורש אדם שיעקוב אחרי השתנות העומס, ומבטיח גם שהמיתוג יחול בתנאים הנכונים.

הפיקוד האוטומטי של הקבלים יכול להתבסס על בקרת אחד הפרמטרים הבאים:

מתח, זרם כולל, מקדם הספק או הספק עור. יש לבחור באחת השיטות בהתאם לשינויים החלים על שאר הפרמטרים. לדוגמה כאשר המתח במערכת מווסת בעזרת אמצעים אחרים ותפקידם של הקבלים הוא רק לשפר את מקדם ההספק, משתמשים בבקרת ההספק העור או הזרם הכולל.

בקרת הספק העור — שימושית כאשר מקדם ההספק משתנה באופן משמעותי עם שינוי העומס.

בקרת הזרם הכולל — שימושית כאשר מקדם ההספק נשאר כמעט קבוע למרות שינוי ה-עומס.

זאת הסיבה שצריכים לדאוג שמפסקי הזרם יפתחו מעגלים המכילים קבלים עד גודל מסוים בלבד.

כאשר מתרחשת הצתה מחודשת כמה פעמים, המתח בין מגעי מפסק הזרם יכול לקבל ערכים גדולים עוד יותר, ויכול לפגוע בצידוד המיתוג.

הפסדים נוספים

תוצאה אחרת של נוכחות הקבלים ברשת, שלא מהווה אמנם גורם הרסני לצידוד, אבל לא פחות חשובה, היא הופעתם של הפסדים נוספים. כפי שאפשר לראות גם מדיאגרמת הוקטורים של המתחים בקווי תמסורת בעת הכנסת הקבלים, מופיע זרם J_C שגם הוא גורם להפסדים.

הדבר מעניין את חברת החשמל מבחינה כספית, מפני שהצרכן משלם רק עבור הפסדים של הקווים שמאחורי המונים (ברשת הפנימית שלו).

ההפסדים שנגרמים על ידי הזרם הקיבולי בקו התמסורת הם בעיקר הפסדים אהמיים $\Delta P = RJ_C^2$ (קיים גם $(XJ_R - RJ_X)J_C$), אבל הוא לא רכיב חשוב.

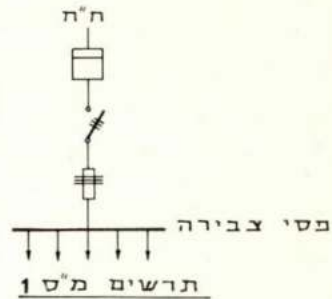
כפי שרואים, ההפסדים יחסיים לריבוע הזרם. הנזק הנגרם לחברת החשמל גדל איפוא ב-מידה די ניכרת עם עליית גודל הקבלים.

בעיות בחיבור דיזלגרטור

אינג' ו. זיס

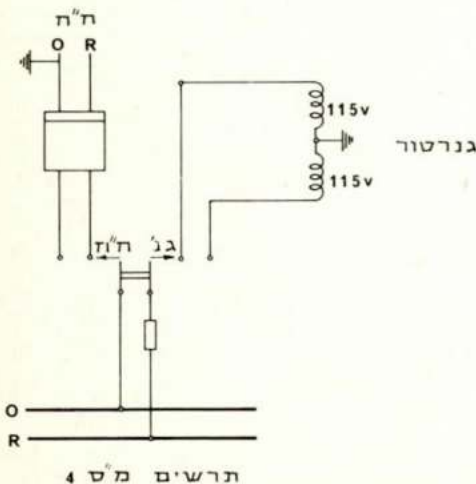
החבור הנכון הוא לפי תרשים מס' 3 כאשר מפסק זרם ראשי בלוח הראשי מוחלף במפסק זרם מחלף אשר לו 3 מצבים: „חברת החשמל“, „0“ ו- „דיזלגרטור““. בתרשים הנ"ל אפשרית הפסקת המתקן באופן בטוח בכל אחד משני מקרי הזנה (חברת חשמל או דיזלגרטור).

לעתים קרובות מוסיפים למתקן קיים המקבל הזנה מחברת חשמל בלבד (ראה תרשים מס' 1)



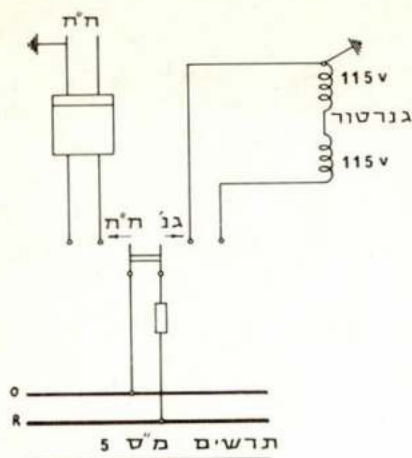
דיזלגרטור לשעת חרום. מחוסר מקום מת-קינים אותו במקום מרוחק ובלתי נראה לעין ממקום התקנת הלוח הראשי. כמו כן, מזמינים את לוח הפיקוד של הדיזלגרטור עם מפסק או מפסק-מחלף „דיזלגרטור“ — „חברת החשמל“.

מקרה מסוכן אחר הוא התקנת דיזלגרטור חד-פזי 115/230 וולט לצרכים כגון: תאורת חרום או רמזורים. גרטורים מסוג זה מאפשרים בדרך כלל 3 תרשימי חבורים:
א. 2 סלילים מחוברים במקביל — להפקת מתח 115 וולט.



כתוצאה מפעולה זאת מתקבל תרשים מס' 2 שבו מפסיקים את החבור הישיר בלוח הראשי בין מפסק זרם ראשי ובין מבטחים ראשיים ומחליף פים אותו בחבור בלתי ישיר העובר דרך מפסק-

מחלף אשר בלוח הפיקוד של הדיזלגרטור. מתקן כזה פועל בצורה תקינה כאשר ההזנה היא מחברת חשמל — קיימת אפשרות להפסיקו בשעת הצורך באמצעות מפסק זרם ראשי. אך לא כך הדבר כאשר ההזנה היא מדיזלגרטור. במקרה דנן אינה קיימת אפשרות להפסיק את המתקן באמצעות מפסק זרם ראשי.



ב) 2 סלילים מחוברים בטור ונקודת התווך מאו-רקת — (תרשים 4) להפקת 2 מתחים 115 וולט ו-230 וולט. גנרטורים אמריקאים מסוג זה מסופקים בדרך כלל מבית חרושת עם חבורים לפי תרשים זה.

ג) 2 סלילים מחוברים בטור וקוטב אחד מאורק להפקת מתח 230 וולט — תרשים 5.

בהתקנת גנרטורים מסוג זה יש תמיד לבצע את החבורים לפי תרשים 5, כי אם בטעות משאירים את החבור האוריינלי לפי תרשים 4, יתקבל מצב במתקן שבו במקרה של הספקה מהגנרטור מוליכי האפס ומוליכי הפזות יהיו תחת מתח 120 וולט כלפי האדמה במקום המצב הסטנדרטי ותקני של מתח 0 וולט במוליכי האפס לגבי האדמה ומתח 230 וולט לגבי האדמה במוליכי הפזות.

לזכרו של אינג' א. זלקינד ז"ל

אינג' זלקינד נולד במינסק (רוסיה) ב-1900, וסיים את לימודיו בטכניון במוסקבה. היה גם פעיל בחוגי הסטודנטים הציונים וגם נאסר ע"י השלטונות בגלל פעילותו זו. מרוסיה עבר לברלין ויסד ביח"ר למכשירי רדיו ורכיביו. אחרי עליית הנאצים, ב-1933, לשלטון, עלה ארצה עם משפחתו.

עז' 1949 עסק בארץ בעבודות קבלנות חשמל, ועם ייסודה של חברת „אלקו" השקיע בה את כל מרצו ויכולתו. הודות לתכונותיו האישיות וכשרונותיו בתור תעשיין ומהנדס, יצר מפעל חשוב למשק הארץ. סגולותיו האישיות אפשרו לו לעצב יחסי עבודה למופת, וזה תרם גם כן הרבה להתפתחות המהירה של מפעל חייו. ב-1969 פרש לגימלאות, אך פרישתו היתה רק באופן סמלי, מפני שהמשיך לפעול בחברה במלא מרצו בתור סגן יו"ר הדי-רקטוריון, עד לפטירתו באוקטובר 1972.

ג. פ.

בתחילת נובמבר מלאו שנתיים לפטירתו של אינג' אלכסנדר זלקינד, מי שהיה במשך 20 שנים מנהלה הכללי של חברת „אלקו". מפעל „אלקו" נוסד ב-1949 ע"י בנק דיסי קונט ומספר שותפים ובראשם א. זלקינד. המפעל תפס במהרה מקום ראשון בתעשייה האלקטרו-מכנית בארץ, וא. זלקינד היה הרוח החיה בה. מהתחלה צנועה של 50 עובדים, הגיע במשך 20 שנה לכ-900 עובדים.

בעזרתה הפעילה של חברת החשמל לישראל, פיתח המפעל שורה של מוצרים החשובים ביותר למשק החשמל הארצי בכלל, ולחברת החשמל בפרט. המוצרים עומדים ברמה של הסטנדרטים הבין-לאומיים. החשובים במוצרים הם מונים וטרנספורמטורים. תחת הנהגתו של א. זלקינד, הגיע „אלקו" לייצור טרנספורמטורים למתח עליון 161 ק"ו ולהספק 30 מו"א. מוצריה של החברה מגוונים ביותר ומתאימים לתקנים של חברות הבינלאומיות הגדולות בשטח המכ-שירים האלקטרו-מכניים.

שנאי הספק יצוקים באפוקסי

אינג' נ. פלג

כללי

וכו'. לכל זאת יש להוסיף עובדה יסודית אחת — השמן המינרלי הוא חומר דליק ביותר ולכן אין זו מן התבונה להתקין אותו במקומות שבהם סכנת השריפה היא קריטית כגון במרתפי בתים, מקומות צבוריים (בתי מסחר, תחנות אוטובוסים, מיקל-טיס, בתים רבי-קומות וכו').

עבור מקומות רגישים מבחינת שריפה החלו להשתמש, לפני כ-20—30 שנה, בכלופן כחומר מולי נוזלי. חומר זה אינו דליק ולכן אינו מהווה סכנה מבחינה זו, אך התברר, לאחרונה, כי בחומר טמונה סכנה אקולוגית מסויימת וזאת בעיקר בגלל יציבותו הכימית לאורך ימים. עקב זאת ניכרת, בעולם, נטיה להשתמש, במקרים מסוימים בשנאים שאינם מכילים כלופן. יש לציין כי שלטור נות הג"א, לאחר בדיקת הנושא הכריזו, בקובץ התקנות 3069 מיום 17.10.1973 — על חומר זה כחומר רעיל המחייב, בכמויות מעל 45 ק"ג, דיווח לשלטונות הג"א ונקיטת אמצעי מיגנה לפי הוראות שניתנו בכל מקרה ומקרה אך לא אסרו שימוש בו.

הפתרון לשאלות אלו — גם לאש וגם לרעילות — נמצא בשנאי היבש.

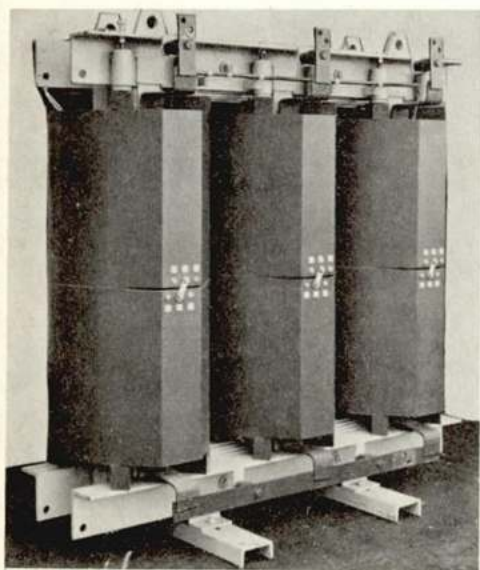
אחד הפרדוקסים במערכות חשמל הוא שנאי (טרנספורמטור) ההספק. מצד אחד, דומני, שאין איש מקצוע שלא ראה או טיפל, בצורה זו או אחרת, בשנאי הספק אך, מאידך — מרגע שהותקן וחובר הוא בחזקת גוף דומם (עם קצת רעש) שכוח-אל, עד אשר תקרה בו תקלה.

עד לפני זמן קצר היו מוכרים, בעיקר, שני סוגי שנאי הספק;

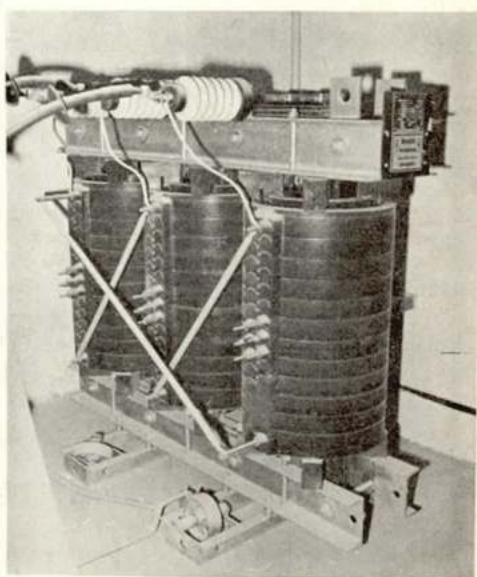
המקובל ביותר — השנאי בשמן מינרלי;

המקובל פחות — השנאי בעל מילוי כלופן (clophen). אגב, השם כלופן הוא אחד השמות המסחריים כגון אסקרל, פירנול, פירלן וכו' לחומר כימי אשר שמו הטכני הוא (chlorinated bi-phenyl).

השנאי בעל מילוי השמן הוא הנפוץ ביותר ומחירו, ביחס להספקו, הוא הנמוך ביותר. שנאים מסוג זה משרתים את רשתות החלוקה החשמליות כבר עשרות שנים והם מוכרים היטב. למרות זאת יש, והאחראים להם שוכחים כי חייבים לטפל בהם טיפול שוטף — בדיקת הסיליקה ג'ל בנושם והח" לפתו בעת הצורך, בדיקת כמות שמן והוספה ב מקרים של נזילות, משלוח דוגמאות שמן לבדיקה



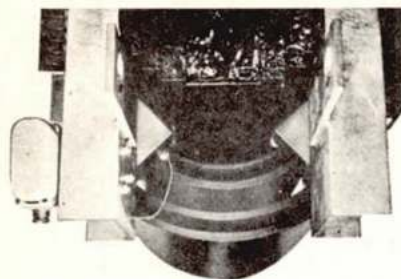
צלום מס' 2



צלום מס' 1

שנאי יבש, 22 ק"ו ראשוני, 630 קו"א, המותקן ופועל בארץ (ממגרות "דגון", חיפה).

אמנם ניתן לסדר אורור מאולץ גם לטרנס-פורמטורים בשמן, אך סידור זה מורכב יותר, בדרך כלל, מאשר לטרנספורמטורים יבשים.



צלוס מס' 3 שנאי יבש מבט מלמעלה

לשנאי היבש, בנוסף למחירו הגבוה יחסית, יש חסרון שהוא מיועד להתקנה פנימית (Indor) בלבד ואין להתקינו בהתקנה חיצונית. בנוסף לכך מרשים התקנים לשנאים יבשים רמת רעש גבוהה יותר בהשוואה לשנאי שמן בהספקים זהים, אך רוב היצרנים הצליחו להתגבר על בעיה זו על ידי שימוש בברזל מעולה וכו' ובסיכומו של דבר רעש השנאי היבש כמעט זהה לזה של שנאי בשמן.

מתחים ראשוניים

מאחר והמתחים הגבוהים המקובלים בארץ שר-נים מאלה הנהוגים באירופה יש להבטיח שהיצרן יהיה מודע לדרישות המיוחדות של חברת החשמל לגבי צד המתח הגבוה:

- שנאי למתח ראשוני 12,600 וולט — עמידה באימפולס מתח (B.I.L.) — 125 ק"ו.
- עמידה במתח יתר בתדירות הרשת במשך 1 דקה — 35 ק"ו.
- שנאי למתח ראשוני 22,000 וולט — עמידה באימפולס מתח (B.I.L.) — 125 ק"ו.
- עמידה במתח יתר בתדירות הרשת במשך 1 דקה — 50 ק"ו.
- הבדיקות מבוססות על התקן הבינלאומי לשנאי הספק.

סיכום

השנאי היבש היצוק באפוקסי מאפשר לנו, במחיר יקר יותר, את התקנתו קרוב יותר למרכז הכובד של הצריכה במתח הנמוך גם בתנאים קשים או מסוכנים מבחינת שריפה, זהו חיסרון, לחות גבוהה וכו' וזאת ללא סכנת זהום סביבתי (כלופן) או אש (שמן מינרלי).

(ראה צילומים מס' 1, 2)

הטכניקה המודרנית מעמידה לרשותנו את השנאי היבש היצוק באפוקסי והמחוזק בסיבי זכוכית. לשנאי זה תכונות מספר המייחדות אותו לשימוש במקומות שיש לראותם כבעלי סכנה מוגברת מבחינת אש ויחד עם זה אין בו חומרים דליקים או רעילים העלולים להוות סכנה.

קיימים שנאים יבשים יצוקים באפוקסי מתוצרות שונות ורבות ומתפקידו של המתכנן להכיר את השוה והשוה שביניהם לפני הגיעו להחלטה סופית מה להזמין.

נכון — השנאי היבש יקר יותר מאשר השנאי ה-קונבנציונלי הממולא בשמן או, אפילו, מהשנאי בעל בידוד כלופן אך יש להביא בחשבון גם את הנקודות הבאות:

- א. בשנאי יבש אין צורך להכין בור ניקוז לשמן או לכלופן מתחתיו כמו כן אין צורך בהתקנת קירות נגד אש וכו'. דברים אלו חוסכים בתכנון ובהוצאות המבנה.
- ב. ידועים מקרים ששנאים יבשים יצוקים באפוקסי לא ניזוקו כתוצאה משהייה בתוך מים — כמובן שבשעה שהיו בתוך המים לא היה בהם מתח.
- ג. שנאי יבש יצוק באפוקסי אינו דורש פעולות מיוחדות לפני הפעלתו — גם לאחר הפסקה ממושכת — כיוון שאין קיימת, לגביה, בעיה של בדיקת טיב השמן, בדיקת גובה השמן, בדיקת נושם האוויר וכו'.
- ד. שנאי יבש ניתן לפרק למרכיביו, להכניסם למקום בעל פתח קטן או בעל גישה לא נוחה כגון גרם מדרגות צר, ולהרכיבו מחדש בתוך החלל המיועד לשנאי שלם ופונקציונלי. ברור שפעולה כזאת דורשת עבודה מקצועית.
- ה. בשנאי יבש ניתן להחליף, במקום הרכבתו, סליל (או כל חלק אחר) ללא צורך בהובלתו לבית מלאכה, הוצאתו משמן, ייבושו וכו'.
- ו. השימוש בחומרי הבידוד החדשים של אפוקסי מחוזק בסיבי זכוכית ויצוק בתנאי ריק (וקום) מאפשר להשיג בידוד סוג F שפרושו טמפרטורת עבודה עד 155°C. תנאים כאלה של הפרש טמפרטורה כה גבוה בין הסליל לבין אויר הסיביבה מאפשרים קרור יעיל גם עם כמות אויר קטנה יותר בהשוואה לשנאי קונבנציונלי עקב אפקט הארובה הנוצר לאורך הסלילים. (ראה צילום מס' 3).
- ז. בדרך כלל ניתן, על ידי סידורים לאורור מאולץ, להעמיס את השנאי בהעמסת יתר מסויימת — דבר זה חשוב במיוחד כאשר מפעם לפעם יש צורך „לעבור" שיאי צריכה של שעה-שעתיים.

תצרוכת החשמל השנתית בבית ע

ברמות צר

ר מ ו	ר מ ה א'		סוג השמוש
	צריכה שנתית (קוט"ש)	תאור הצריכה	
תאור הצריכה			
			1. תאורה * השמוש בנורות לבון 25, 60, 100 וט נורות פלורסצנט 20, 40 וט
1/2 קוט"ש ליממה	91	1/4 קוט"ש ליממה	
מקרר חצי אוטומטי 13 קוב, צריכה יומית ממוצעת 1.5 קוט"ש	365	מקרר חצי אוטומטי 10 קוב, צריכה יומית ממוצעת 1 קוט"ש	2. קרור/הקפאת מזון
צפיה במשך 2 שעות ליום בממוצע	73	צפיה במשך 1 שעה ליום בממוצע	3. טלביזיה (שחור לבן) עומס 0.2 קוט"ש
100 פעולות בשנה	125	50 פעולות בשנה	4. כביסה *** עומס 2.5 קוט"ש, צריכה ממוצעת לפעולה 2.5 קוט"ש
840 שעות בישול בשנה אקוילנטיות לצריכה של 6 בלוני גז	420	420 שעות בישול בשנה, אקוילנטיות לצריכה של 3 בלוני גז	5. בישול *** שעת בישול על משפת 1200 וט צורכת בממוצע 1 קוט"ש (בלון גז של 12 ק"ג אקוילנטי ל-140 קוט"ש)
100 פעולות בשנה	75	50 פעולות בשנה	6. אפיה/צליה *** צריכה ממוצעת של פעולת אפיה / צליה 1.5 קוט"ש
צריכה אקוילנטית לצרי נפט שנתית של 400 ליטר	1300	צריכה אקוילנטית לצריכת נפט שנתית של 200 ליטר	7. הסקת חדרים ** 1 ליטר נפט אקוילנטי ל-6.5 קוט"ש
הפעלה ממוצעת של 3 שעות ליממה - 4.5 קוט"ש	1100	הפעלה ממוצעת של 2 שעות ליממה - 3 קוט"ש	8. חמום מים *** דוד 120 ליטר, גוף חמום 1.5 קוט"ש
הפעלה 160 שעות בעונה	120	הפעלה 80 שעות בעונה	9. מיזוג אויר ** יחידת חלון 10,000 בי.טי.יו. צורכת כ-1.5 קוט"ש לשעה
1/2 קוט"ש ליממה	91	1/4 קוט"ש ליממה	10. מכשירים שונים מגהץ, קומקום, מייבש שער, שואב אבק, מערכת סטריאו, פלטת שבת

- * הצריכה תלויה בשטח הדירה, במספר שעות הפעילות וסוג הפעילות בשעות החשיכה.
- ** הצריכה תלויה בשטח הדירה, במספר שעות הפעילות בדירה ובמיקומה הגיאוגרפי של הדירה.
- *** הצריכה תלויה במספר הנפשות שבדירה.
- **** הצריכה תלויה במספר הנפשות בדירה ובעיקר במספר החינוקות / ילדים קטנים.

ר מ ה ד'		ר מ ה ג'		ב'	
צריכה שנתית (קוט"ש)	תאור הצריכה	צריכה שנתית (קוט"ש)	תאור הצריכה	צריכה שנתית (קוט"ש)	
365	1 קוט"ש ליממה	273	3/4 קוט"ש ליממה	182	
2560	מקרר אוטומטי, "יבש" עם הקפאה עמוקה, צריכה יומית ממוצעת 7 קוט"ש	1825	מקרר אוטומטי עם הקפאה עמוקה 15 קוב, צריכה יומית ממוצעת 5 קוט"ש	550	
292	צפיה במשך 4 שעות ליום בממוצע	218	צפיה במשך 3 שעות ליום בממוצע	146	
375	150 פעולות בשנה	312	125 פעולות בשנה	250	
1680	1680 שעות בישול בשנה אקוילנטיות לצריכה של 12 בלוני גז	1260	1260 שעות בישול בשנה אקוילנטיות לצריכה של 9 בלוני גז	840	
225	150 פעולות בשנה	168	125 פעולות בשנה	150	
5200	צריכה אקוילנטית לצריכת נפט שנתית של 800 ליטר	3900	צריכה אקוילנטית לצריכת נפט שנתית של 600 ליטר	2600	
3300	הפעלה ממוצעת של 6 שעות ליממה - 9 קוט"ש	2200	הפעלה ממוצעת של 4 שעות ליממה - 6 קוט"ש	1650	
480	הפעלה 360 שעות בעונה	360	הפעלה 240 שעות בעונה	240	
547	1.5 קוט"ש ליממה	365	1 קוט"ש ליממה	182	

ערך : א. לייטנר

זהירות מתח גבוה!

אינג' א. ורנר

מספר המפעלים בהם קיימים מתקני מתח גבוה, גדל והולך. על צוות החשמלאים של מפעלים אלה רובצת אחריות רבה לגבי שלום העובדים, לגבי שלמות המתקנים ולגבי האספקה הסדירה של אנרגיה חשמלית למפעל.

הסיכונים המיוחדים

יש, ללא ספק, סיכונים מיוחדים במתקני המתח הגבוה, ואלה הם:

1. נגיעה בחלקים הנושאים מתח, וגם התקרבות אליהם.
2. קשת חשמלית ופריצת זרם חשמלי אל מסגרות מתכת עלולים להתהוות בתנאים מסוימים.
3. הרס ונזק רב עלולים להיגרם כתוצאה מתפעול בלתי נכון. ובהמשך הפרעה באספקת האנרגיה למפעל ואף לאזור נרחב.
4. מתח, "חוזר" מצד המתח הנמוך של שנאיים עלול להופיע בחלק המתקן, המנותק לכאורה מכל אספקה.

כדי לתפעל מתקן מתח גבוה ללא תקלות, יש להנהיג נוהלים קבועים לתפעול המערכת. נוהל זה צריך לחול על הגורמים הבאים: ההנהלה, צוות החשמלאים, כלל ציבור העובדים, עובדים זרים ומבקרים, אולם חובות מיוחדות מוטלות על צוות החשמלאים.

הנסיון מלמד, כי כל אדם עלול לטעות וכי גם האדם המוכשר ביותר יכול להיכשל מפאת עיפות, שכחה, היסח הדעת וכו'. משמעת והקפדה מדוקדקת על הנהלה בכל עת ללא ויתור וללא הזנחה, עשויות למנוע תאונות.

עקרונות הבטיחות

מתקני המתח הגבוה צריכים להיות מגודרים, סגורים ונעולים. הגישה למתקני מתח גבוה תהיה מותרת רק לאנשים המוסמכים הן ע"י משרד הפיתוח והן ע"י המפעל עצמו, וגם להם בתפקיד בלבד. על ההנהלה לפרט בנוהלים את מהות הסמכויות שהיא מעניקה לאנשי הצוות. תרשימים ותכנית מדויקים, מפורטים ומעודכנים של מערכת המתח הגבוה ושל המתח הנמוך צריכים להיות בהישג יד של אנשי הצוות.

אין לגעת או להתקרב אל מוליך חי (תחת מתח), ואם יש צורך לנגוע בהם או להתקרב אליהם

לצרכי טיפול ותחזוקה יש לנקוט תחילה את הצעדים הבאים:

1. להפסיק ולנתק את החלק הדרוש של המערכת מכל מקור מתח אפשרי, כולל הצד של המתח הנמוך.

2. להבטיח באמצעות שלטי אזהרה או מנעולים מיוחדים, כי אותו חלק המערכת יישאר מנוטר תק במשך הזמן הדרוש.

3. לבדוק היעדר מתח במוליכים שבקטע הדרוש, (באמצעות בוחן מתח מתאים).

4. לקצר ולהאריק את המוליכים בקטע הדרוש בכל הפזות, זאת כדי למנוע חדירת מתח לקטע שבטיפול. אם יוכנס מתח למתקן מסיבה כלשהי תופסק האספקה ע"י מערכת הגנה מתאימה כדי לאפשר מתח אפשרי העלול להיווצר כתוצאה מהשראה בקו.

5. למנוע מהאנשים, שעליהם לטפל בחלק, המשוחרר ממתח, או בקרבתו, לעבור אל מחוץ לתוהום המותר, אל קרבת מוליכים חיים; זאת באמצעות מחסומים, סימון, שלטי אזהרה, ואף השגחה, לפי המקרה.

לביצוע הצעדים דלעיל דרושים תנאים אלה:

א. כל עמוד וכל כבל, כל ידית של מפסק זרם או של מנתק צריכים לקבל שם, אות או מספר זיהוי, שיסומנו על גבי הגופים האמורים וכן בתרשימי החשמל בהתאמה.

ב. פעולות מיתוג (מיתוג = הפסקה או חיבור) תיעשנה אך ורק ע"י חשמלאים בעלי רשיון חוקי שהוסמכו לכך במיוחד.

ג. הכלל הוא, כי כל פעולות המיתוג והקיצור יעשו על סמך תכנית פעולת כתובה (המונה לעתים פקודת הפסקה או פקודת מיתוג וקיצור), שהוכנה מראש ועברה ביקורת. בפקודה מפורטים כל צעדי הפעולות לפי סדר ביצועם, הן לגבי שחרור המיתקן ממתח, הן לגבי החזרת המתח או אף לגבי שינוי קו אספקת האנרגיה בלבד. תכנית הפעולות צריכה

גבולות התחום, שבו מותר לעבוד או להימצא, ועליו לקבל הודעה מתאימה על סיום העבודה כתנאי להחזרת מתח.

יש לתת הסבר מדויק לאנשים שעליהם מוטל לערוך ביקורת, לנקות, לשפץ, לתקן, להרחיב או לשנות את המתקן, וכן לאלה, שעליהם לעבוד בקרבת המתקן, בתיקונים, בין אם הם חשמלאים בין אם לאו. ההסבר יכלול את תחום עבודתם ואת גבולות ההתקרבות לחלקים חיים. גבולות ההתקרבות לחלקים חיים במתח גבוה מוגדרות בתקנים זרים כמו VDE הגרמני ו-BSS הבריטי.

כל איש צוות צריך להיות בקיא בהגשת עזרה ראשונה לנפגעים מזרם חשמלי.

החשמלאים במפעל יכולים וחייבים לתרום רבות לטובת בטיחותם הם, לטובת חבריהם בעבודה ולטובת כלל העובדים במפעל בכך שהם מקיימים הלכה למעשה את הכללים הנ"ל.

להיות בידי המבצעים בשעת ביצוע. בתור כלל משתתפים שני חשמלאים מוסמכים בפעולות. האחד מהם אחראי. עליהם לקרוא בקול רם כל פרט ופרט של התכנית בעת שהם עומדים לבצע את הפרט; ואחד מבקר את רעהו בשעת הביצוע.

רק מיתונים, הנעשים לשם סילוק הפרעות, יוצאים מהכלל ואותם מבצעים ללא הכנה מוקדמת עם תכנית פעולות.

חשוב שידי החשמלאי יהיו מוגנות ע"י כפפות מגן מבודדות בשעת הפעלת מנתק, בשעת בדיקה להיעדר מתח ובשעת הרכבת מקצרים מאורקים.

אם האחראי לפעולות המיתונים והקיצורים אינו משמש גם כאחראי לביצוע העבודות, רצוי שימסור לאחראי לעבודה הודעה בכתב על שחרור המתקן ממתח ועל התקנת מקצרים ולסמן בה בדיוק את

המשך מעמוד 10

שיטות הפעלה והגנה חשמלית ברשתות חלוקה — מתח גבוה

ישנם ממסרים ליתרת זרם נוספים אשר לא תוארו כאן.

חבור חוזר

במטרה להקטין למינימום האפשרי את מספר ההפסקות באספקת החשמל מנסים לחבר בחזרה את הקו לאחר שפעולות סליל כבוי לא הועילה, והקו נפסק ע"י ממסר פחת כווני, וזאת כדי לבחון בפעם נוספת אם התקלה אינה בעלת אופי חולף. פעולה זו נעשית באמצעות ממסר ל-חבור חוזר, אשר נותן פקודה בפרקי זמן קצובים ומכוונים מראש, למפסק הזרם לחבר את הקו בחזרה באופן אוטומטי. חבור חוזר זה הוא תלת-פזי.

הפקודה לחבור חוזר ניתנת בסדר הבא:

חבור חוזר ראשון לאחר 0.2 שניה

חבור חוזר שני לאחר 15 שניות

חבור חוזר שלישי לאחר 75 שניות

אם שלושת החבורים החוזרים לא הועילו והתקלה לא סולקה מפסק הזרם ישאר פתוח עד שהמש"י גיחים יאתרו את סיבת התקלה בקו, ויבצעו את התיקון הדרוש.

מבחינת הצרכנים התעשייתיים מענין במיוחד הח"בור החוזר הראשון לאחר 0.2 שניה, משום שמנועים רבים מוננים על-ידי מגעונים ועלולים להפסק למרות שאספקת החשמל מתחדשת כעבור 0.2 שניה, והמנועים יכלו להמשיך בעבודה הרגילה אילו הפסקת המגעונים היתה מושהית לפרק זמן זה.

א. נאוטר

הגנת הקו

כאשר מתהווה קצר חד-פזי לאדמה באחד הקווים המחוברים לשנאי ההספק, המתח על סליל פטרסן עולה. המבדד שגרם לתקלה מתיבש מחום הקשת, הסליל מכבה את הקשת, והקו יכול להמשיך ב-עבודה הרגילה ללא צורך להפסקת הקו, אם הסליל לא מצליח לכבות את הקשת יש צורך לאתר את הקו עם המבדד הפגום ולהפסיקו.

בשעת קצר חד-פזי זורם זרם גם בקו הפגום וגם ביתר הקווים, משום שגם ביתר הקווים הקבול של הפזה הפגומה מקוצר, אולם כוון הזרם ביתר הקווים הוא הפוך לזה שבקו הפגום.

עובדה זו ניתנת לניצול לאתור הקו הפגום באמצעות ממסר פחת כווני המותקן בכל קו (ראה ציור מס' 1).

ממסר זה הינו ממסר ווטמטרי המודד את המכ"פלה בין המתח לאדמה ובין רכיב האקטיבי של הזרם לאדמה; ובצורה זו מסוגל לגלות את כוון הזרם.

לזרם התקלה יש תמיד רכיב אקטיבי קטן בגלל ההתנגדויות השונות הקיימות במעגל. כדי לאפשר פעולת הממסר הכווני יש צורך להגדיל באופן מלאכותי את הרכיב האקטיבי של הזרם בשעת תקלה. פעולה זו נעשית בעזרת נגד המתחבר ב-מקביל לסליל פטרסן לאחר שההית זמן מתאימה הדרושה כדי לתת אפשרות תחילה לסליל לכבות את הקשת. לאחר שההית זמן ממסר פחת כווני נותן פקודת הפסקה למפסיק הזרם של הקו.

בסעיף זה ניתן תאור רק של הגנות הקו נגד קצר חד-פזי לאדמה, נגד קצרים דרפזיים ותלת-פזיים

בדיקת נורות חשמל

אינג' י. דפני

נמצאות בפעולה תחת מתח נומינלי במשך 750 שעות, כאשר בכל 12 שעות ישנה הפסקה אוטומטית של כ-20 דקות.

לאחר 750 שעות של בעירה, מופסקת בדיקת משך החיים ו-18 הנורות (או כמה שנשארו מהן) נבדקות שנית בבדיקת שטף האור. המטרה היא, לקבוע אם נתכסה פנים גולת הזכוכית בצבע שחור המפריע למעבר אור הנורה.

לאחר בדיקת שטף האור הנוספת, ממשכים בבדיקת משך החיים 500 שעות נוספות בלבד.

יש לציין שתקופה של 1250 שעות אורכת מעל 50 יום, וכדי לקצר את זמן הבדיקה, מרשה התקן לבצע בדיקה זו במתח פעולה העולה על המתח הנומינלי ב-10%, כלומר ב-253 וולט. אלה הם תנאי בדיקה חמורים הרבה יותר מבדיקה במתח נומינלי של 230 וולט; לעומת זאת מתקצר משך זמן הבדיקה כך, ששעת בעירה במתח של 253 וולט אקויוואלנטית ל-3.8 שעות בקירוב של בעירה במתח נומינלי של 230 וולט; וכך משך הבדיקה הוא כ-330 שעות בלבד.

עם סיום הבדיקה, מחשבים את ממוצע אורך החיים של הכמות הנבדקת בהתחשב בכך, שכל הנורות, שנשארו דולקות בתום 330 שעות הללו (שהן אקויוואלנטיות ל-1250 שעות בעירה במתח של 230 וולט) כאילו גמרו את חייהן לאחר 1250 שעות.

הכמות הנבדקת מתאימה לתקן בבדיקת משך החיים אם:

— משך החיים של לא יותר מ-4 נורות קטן מ-700 שעות;

— משך החיים הממוצע אינו נמוך מהמינימום הידרוש בתקן, שהוא 960 שעות ל-18 הנורות שהוכנסו לבדיקה;

— שטף האור של לא יותר מ-4 נורות נחלש ביותר מ-15% לאחר 750 שעות פעולה.

בדיקת קביעת כיפת המתכת לגולת הזכוכית

בבואנו להחליף נורה מקולקלת, להבריגה החוצה, נשארת לעתים, גולת הזכוכית בידנו ואילו כיפת המתכת נשארת „תקועה“ בבית הנורה.

כל הנורות, כולל אלה שהועמדו לבדיקת משך החיים, נבדקות בבדיקת פיתול במכשיר „שפוט“, שהוכן במעבדה לחשמל ושבעזרתו מפעילים מומנט פיתול בעל ערך הקבוע בתקן (30 ק"ג ס"מ לנורת 100 ט), בין כיפת המתכת לבין גולת הזכוכית. בדיקה זו נערכת פעמיים, הן קודם לבדיקת משך החיים והן לאחריה. הקביעה של גולת הזכוכית לכיפת המתכת אסור לה להתרופף ביותר מ-4 נורות מתוך כל 50 הנורות הנבדקות.

בדיקות מיוחדות

במעבדה של מכון התקנים עורכים מדי פעם בדיקות מיוחדות בנורות ליבון שאינן מוזכרות בתקנים. למשל, מהי עצמת הרעש כשנורה „מתפוצצת“. מענין לציין, כי אחד האמצעים שנקטו לשם „עידוד“ הנורה ל„תפוצץ“ היה טפטוף טיפות מים קרים על צווארה של הנורה...

התקן הישראלי החל על נורות חשמל לשימוש כללי הוא התקן הישראלי ת"י 246. התקן מתייחס לנורות ליבון בהספקים 150—15 וט במתחים בתחומים 150—100 וולט, 250—200 וולט, בעלות גולה שקופה או מאט מבפנים.

להלן תיאור הבדיקות העיקריות כדוגמה לכמות כוללת של 50 נורות של 100 וט.

בדיקת השגרה

כל 50 הנורות מופעלות במתח נומינלי במשך שעה תמימה.

הספק צריכה

נמדד ההספק של 36 נורות מתוך 50 נורות במנה, במתח הנומינלי של הנורה. המתח הנומינלי של נורות לשימוש בארץ הוא 230 וולט. לפי דרישת התקן לא יהיה ההספק מעל 104.5 וט.

המידות נערכות במכשירי מדידה בעלי קבוצת דיוק של 0.2%.

כמות הנורות הנבדקת מתאימה לדרישת התקן אם לא יותר מאשר ל-6 נורות יש הספק העולה על 104.5 וט. יש לציין שרוב ההספק הזה הופך לחום בתחום האינפרה אדום של הספקטרום האלקטרומגנטי ורק חלק מועט הופך לאנרגיית אור.

שטף האור

שטף האור של נורה נמדד בלומנים. שטף האור של 36 הנורות שהספקן נמדד מקודם, נמדד בכדור אינטגרטור באמצעות תא פוטו חשמלי וגלוגומטר מיוחד שנרכש למטרה זו על ידי מכון התקנים. האופייני שבגלוגומטר רגיש זה הוא, שהינו בעל עכבת כניסה נמוכה מאוד אחד, עובדה המאפשרת בדיקות השוואה באורח ליניארי, היינו, מדויק יותר מאשר בגלוגומטרים רגילים, שעכבת הכניסה בהם היא בסדר גודל של כמה מאות אומים.

שטף האור בלומנים נקבע על ידי השוואה עם שטף האור המופק מנורה סטנדרדית בעלת הספק דומה. נורה סטנדרטית זו היא בעלת מבנה מיוחד וכוליה אינדיווידואלית במעבדות P.T.B. בגרמניה. לכל אחת מהנורות הסטנדרדיות ברשות הי מעבדה לחשמל במכון התקנים יש תעודת כיוול אינדיווידואלית של מעבדת P.T.B. המאשרת וקובעת את שטף האור שלה. מן הראוי לציין, שהנורה הסטנדרדית נראית כנורת ליבון רגילה אך מחירה עולה פי 400—600 בערך על מחיר נורת ליבון רגילה הנמכרת בחנות.

התקן הישראלי, המבוסס על דרישות המלצות הועדה הבין-לאומית לאלקטרוטכניקה (IEC). קובע דרישות לגבי שטף האור המינימלי הדרוש מכל נורה בעלת הספק מסוים. הכמות הנבדקת מתאימה לדרישה זו של התקן אם לא יותר מאשר ל-6 נורות יש שטף אור, הקטן מהמינימום הדרוש בתקן, שהוא 1153.2 לומן לנורת 100 וט בעלת מתח נומינלי של 230 וולט.

בדיקת משך החיים

18 נורות מבין אלה, שנבדקו בבדיקות ההספק ובבדיקות שטף האור התחלי, מוכנסות לבדיקת משך החיים. הנורות

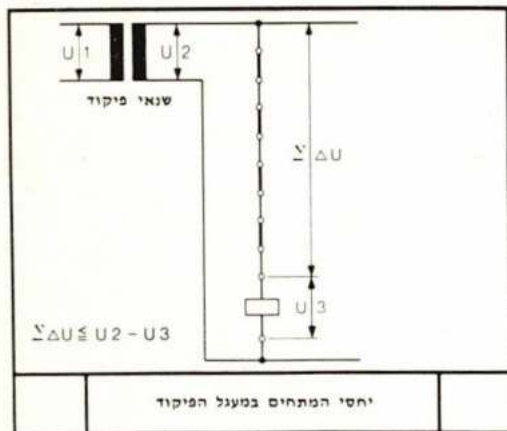
מעגלי עזר חשמליים למנועים

אינג' ש. אדלר

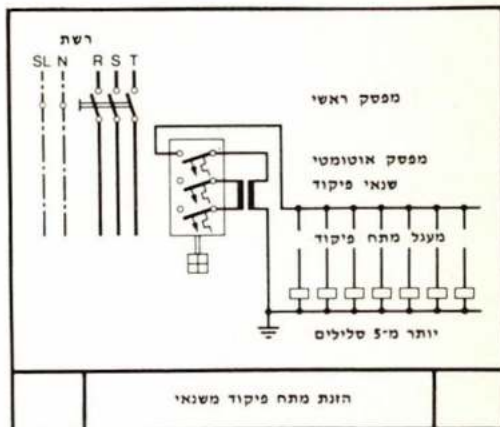
מעגלי מתח עזר הם מעגלים לתפקידי עזר כגון: —

- ★ סימון
- ★ פקוד
- ★ אתראה
- ★ מדידה
- ★ חיגור וכו'.

בין המעגלים למתח עזר תופסים מעגלי הפקוד מקום מיוחד, כיון שהם קובעים את בטיחות פעולת המכונות. תקן VDE 0113 מתחיל לכן את ההגדרה של מעגל מתח העזר, בהגדרת ההזנה של מתח הפקוד וקובע כי מעגל פקוד המכיל יותר מ-5 אלמנטים אלקטרומגנטיים — כגון ממסרים, סולנואידים וכו' יוזן דרך שנאי מתח פקוד, עם מוליכים נפרדים למעגל הפקוד.



תרשים 2



תרשים 1

- ★ החבור של מתח הפקוד ייעשה לאחר המפסק הראשי, אך עם אמצעי תוקע עצמאי משלו.
- ★ עצמאות מתח החבור, בעזרת מוליכים נפרדים, מאפשר לחבר את מעגל הפקוד גם ברשת ללא מולד־משותף — אפס — בעזרת השנאי.
- ★ שנאי הפקוד יהיה מצויד:
 - שני לפופים נפרדים, בראשוני ובמשני.
 - דרגת הבדוד, C

באם השנאי משמש כמפריד בלבד, ומתח המשני זהה למתח הראשוני, ניתן להשתמש במנתק אוטומטי תלת קטבי להגנה על הלפוף הראשוני והמשני בו בזמן. המנתק האוטומטי יגן על השנאי גם מפני זרמי יתר וגם מפני קצרים.

מובן שאין לספק מתח משנאי פקוד, בערך העולה על 220 וולט ב-50 הרץ. ערך זה הוא מקסימלי, ועם זאת הוא יתרון למעגל פקוד, ועליו להעלות את בטיחות המעגל מפני טעות במיתוג.

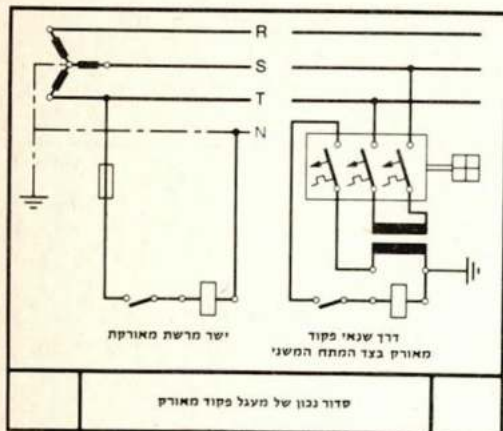
העלאת הבטיחות של מעגל פקוד פרושו, בדרך כלל, דיוק בפעולת הסלילים המחוברים למעגל — בנייתו ובחבור.

כיון שהתיאוריה המדעית של קביעת סבירות השגיאה במעגלי פקוד אינה פשוטה, נסתפק כאן בתאור איכותי — אבל מתומצת.

בחבור שנאי הפקוד אל הרשת מתקבל מתח הראשוני כ- U1. השנאי יספק את המתח המשני, הנמדד על הדקו, U2. סלילי הממסרים זקוקים למתח מינימלי U3. ההפרש בין U2 ובין U3 ניתן לתאור כסכום מפלי המתח במעגל: ΔU , הנובע מהמוליכים ומחוליות המתוג-לחצנים, מגעים וכו'.

במפל מתח גדול יותר, לא יקבל הסליל את המתח הדרוש לו, המגנט לא יסגור, וכך לא תבוצע פקודת החבור.

ככדי לקבוע את התחומים בהם הפעולה של מעגל הפקוד תהיה בטוחה, תוקנו תקנות המגדירות את המתחים וההתנגדות המותרת במעגלי פקוד.



תרשים 4

מתח	הערך הנמוך המותר לפי VDE			
U 1	$0,95 \cdot U_N$	0113		
U 2	$0,9 \cdot U_N$	0113 + 0550		
U 3	$0,85 \cdot U_N$	0660		
U = 220V	110V	42V	24V	12V
R = 60 Ω	15 Ω	2,1 Ω	0,7 Ω	0,2 Ω

ערכי המתח והתנגדויות מותרות במעגל הפקוד

תרשים 3

- ☆ המתח הראשוני U1 חייב שלא לרדת מ-95% מהערך הנומינלי שלו.
 - ☆ כאשר שנאי הפקוד מוזן במתח הנומינלי שלו ומועמס בעומס הנומינלי המלא, מותרת ירידת מתח של 5% ביציאה. באם נוסף זאת לירידת המתח הראשוני עקב הרשת, נקבל ירידה כוללת שתוצאתה 90% מהמתח במשני, עבור U2
 - ☆ מגענים חייבים לפעול ב-85% מהמתח הנקוב שלהם.
 - ☆ מכאן שנשאר לנו מתח של 5% ΔU בלבד, למפלי מתח במעגל הפקוד. באם נעשה חישוב בהסתמך על תצאה לא רצויה זו, אך מותרת לפי התקנות, נקבל כמה תוצאות מעניינות, לגבי התנגדות המוליכים והמגעים במעגל הפקוד.
 - ☆ במתח הפקוד של 220 וולט ההתנגדות המותרת היא גבוהה, כמתואר בטבלה ועם זאת הטעות בחבור בגלל המעגל עצמו יכולה להופיע מבחינה סטטיסטית פחות מ-1 למליון פעולות.
 - ☆ במתח פקוד של 110 וולט, ההתנגדות המותרת היא רבע, ועם זאת גדלה אפשרות הטעות במעגל ל-1 על כל מאה אלף פעולות (כפעולה נחשב חבור או נתוק).
 - ☆ במתח פקוד של 42 וולט, התנגדות המעגל המותרת היא נמוכה מאד, ועם זאת ניתן לצפות לטעות במעגל, גם ללא מגעים בענף הפקוד.
 - ☆ במתחי פקוד 24 וולט ו-12 וולט עלולה התנגדות החוטים עצמם להיות סיבה לאי הפעלה
- אחת הדרישות החשובות ממעגל מתח העזר קובעת מפורשות, שאסור שיקרה במעגל פקוד מקרה הנובע מקצר מוליך לאדמה, ושתוצאתו תהיה הפעלה בלי כוונה של אחת המכונות, או מניעת הפסקתה על ידי אמצעי הפסקה שלה במעגל.

ככדי למלא דרישה זו חייב מעגל מתח העזר:

- 1 — להיות מוארק מצידו.
- 2 — לתת אזהרה באם שנאי הבדוד הבלתי מוארק אינו מבודד יותר.

הדרך הראשונה נותנת שתי אפשרויות מעשיות לבצוע, האחת — מתח פקוד יהיה בין מוליך פזה ובין מוליך אפס מוארק. השניה — מתח פקוד יוזן על-ידי שנאי מתח, שאספקתו אמנם יכולה להיות גם משני מוליכי פזות, אך המתח המשני מקבל הארכת אחד מקטביו. בשני המקרים, חבר סלילי הממסרים יעשה בצד אחד שלו ישירות אל המוליך המוארק.

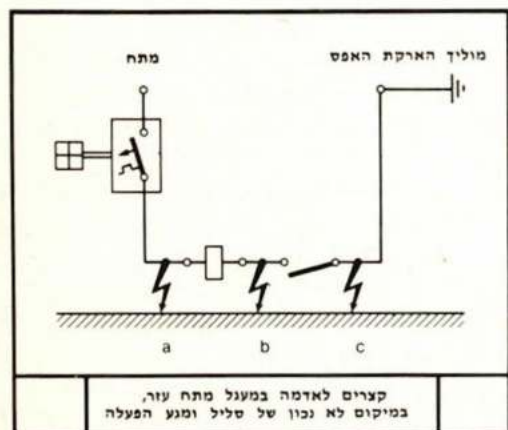
באם משתמשים בשיטה ללא הארקה, עם שנאי מבודד, חייבים שני המוליכים של מעגל מתח העוזר להיות מונונים על ידי הבטחות, כנגד קצרים במעגל העוזר. במקרה של הזנה ישירה מרשת עם אפס מוארק, די בהבטחה במוליך הפזה בלבד. במקרה של הזנה דרך שנאי עם הארכת הלפוף המשני, ניתן להשתמש בהבטחה במוליך הבלתי מוארק בלבד, וכן ניתן להשתמש בהגנה משותפת תלת קטבית, גם ללפוף הראשוני וגם למשני, כאשר הלפוף הראשוני, חייב על פי התקן, להיות מוגן בשני קטביו.

חבר לאדמה עלול להופיע במקומות שונים במעגל הפקוד, אך ניתן לאבחן שלשה מקרים אופייניים למיקומו:

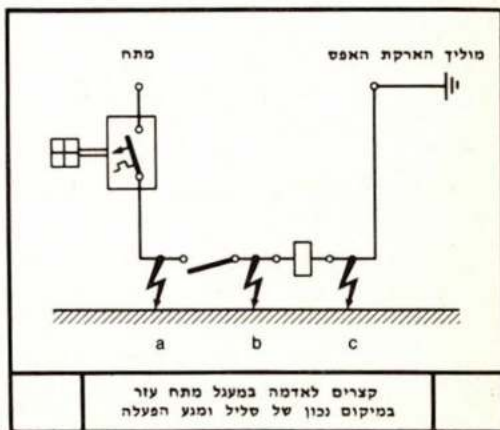
☆ מקום חבר לאדמה a : זהו קצר מלא, בין ההגנה ובין נותן הפקודה במעגל הפיקוד. קצר זה עובר רק דרך והגנה של המעגל, ישירות לאדמה ולאפס המוארק במקור. עקב הקצר מופעלת ההגנה של המעגל, והמבטיח האוטומטי מנתק את המעגל.

☆ מקום חיבור לאדמה b : הקצר לאדמה נמצא בין אלמנט פקודת המעגל ובין סליל הממסר. באם סגור המנוע של אלמנט הפקודה, ייוצר קצר מלא לאדמה, וההבטחה תנתק את המעגל. אסור שבמקרה זה ידבק המנוע שדרכו הקצר עבר.

☆ מקום חבר לאדמה c : חבר זה קרה בין הסליל ובין הארכת האפס של השיטה. מובן שבמקרה זה אין כל השפעה על המעגל, כיון שלא מתרחש קצר במעגל. באף אחד מהמקרים שמינינו לא קרה, שעקב החבר לאדמה הופעלה מכונה באופן לא רצוני, או שעקב החבר לאדמה נמנעה אפשרות נתוק של המכונה, וזאת כאשר הסליל ואלמנט ההפעלה מחוברים במעגל כראוי.



תרשים 6



תרשים 5

החשיבות הרבה של מיקום חבר הסלילים והמנועים, במעגל הפיקוד, מוכחת בדוגמה הבאה. שוב לפנינו שלושה מקומות חבר לאדמה, אלא שהפעם שונה מיקום חבר מנוע ההפעלה וכן שונה מיקום סליל המנוע. המנוע המפעיל מחובר במעגל בין חבר האפס המוארק ובין הסליל, ואילו הסליל מחובר ישירות למוליך נושא המתח — זאת אומרת לפזה.

✧ מקום חבור לאדמה a : זהו קצר מלא — למרות שהחבור נעשה על יד הסליל, אין התנגדות בין נקודת הקצר לאדמה ובין ההבטחה. המבטיח ינתק קצר זה העובר דרכו ישירות לאפס ולאדמה.

✧ מקום חבור לאדמה b : מקום חבור זה נמצא בין הסליל ובין מגע הפקוד המפעיל אותו. קצר לאדמה במקום זה לא יפעיל את ההבטחה של המבטיח האוטומטי עקב אימפדנס הסליל, המתחבר בדרך. התוצאה :

— כאשר המגע תפקידו להפעיל — זאת אומרת „כרגיל פתוח“ — יגרום קצר זה להפעלה בלתי רצונית של מכונה.

— כאשר המגע תפקידו לנתק — זאת אומרת „כרגיל סגור“ — יגרום קצר זה למניעת נתוק הסליל בעת פתיחת המגע.

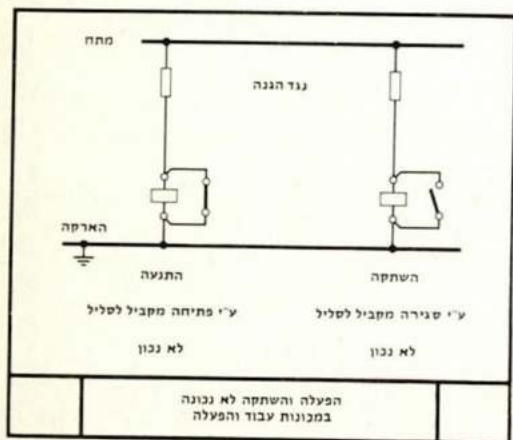
✧ מקום חבור לאדמה c : מקום זה נמצא בין מגע הפקוד ובין האדמה. חבור קצר זה הוא חסר השפעה בחבור בלתי נכון של סליל ומגע, לקו האפס המוארק של מעגל מתח פקוד, עלול לקרות מצב של אי-בצוע הפקודה, במעגל הפקוד.

בתקלה או ניתוק במעגל הפקוד הנובעים מהמוליכים, חייב המעגל לפעול בבטיחות מקסימלית, ולמנוע אפשרות מניעת הפסקת חרום או הפסקה נדרשת, של המעגל כולו, או של אחד החלקים בו. תקלה בהולכת מעגל הפקוד יכולה לנבוע משבירת חוט הפקוד, נתוק מגע בתוך מהדק מגע לא טוב בתוך נקודת חבור, או אף נתק במעגל. אי לכך קיימים כמה כללי יסוד לשיטות חבורים במעגלי פקוד, ונסה לראות מהם הקיים המנחים אותם.

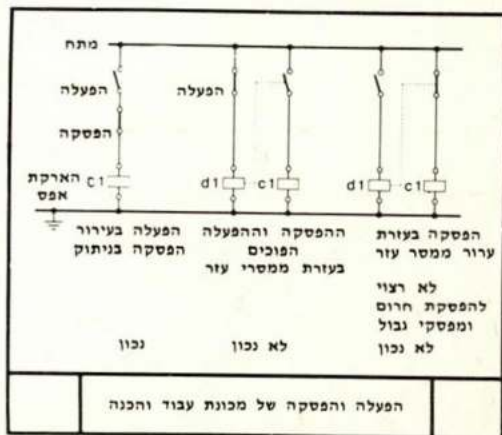
✧ ההפעלה צריכה להעשות תמיד על ידי מגע הנותן מתח, כך שבמקרה נתוק חוט הפקוד אליו, פשוט אי אפשר יהיה להפעיל, אך לא תקרה כל תופעה אחרת. ההפסקה צריכה להעשות תמיד על ידי מגע הפותח את המעגל ומפסיק את המתח, כך שבמקרה נתוק החוט תופסק המערכת, ואנו נדע מייד שקיימת תקלה.

✧ במעגל הפקוד יש להכניס אפשרות ניתוק חרום של המערכת כולה, וזאת באמצעות מגע של הפסקת חרום המתבצע בפתיחה של מתח הפקוד הכללי. כל דרך אחרת, שלא על ידי פתיחת מתח אלא על ידי מתן מתח, עלולה להמנע על די נתק בחוט, או אי מגע ועלולה להביא לתוצאות חמורות ביותר.

✧ בעיה נוספת, בנושא זה של בטיחות מעגל פקוד, קיימת במפסקי גבול, כיון שמדובר במפסקים מכניים שתפקידם להפסיק תנועה בנקודה מסויימת, יש חשיבות רבה לכך, שפקודת הפסקה שלהם תתבצע במדויק. זאת נתן לקבל כאשר המגע הגבולי משמש לפתיחת מעגל המתח. על ידי כך ניתן לוודא שניתוק מכני אמנם יפסיק את מעגל הפקוד, ובמקרה שאין הולכה במעגל, מידית הוא יופסק. התופעות האלה ודומות מתוארות בשרטוט למעלה.



תרשים 8



תרשים 7

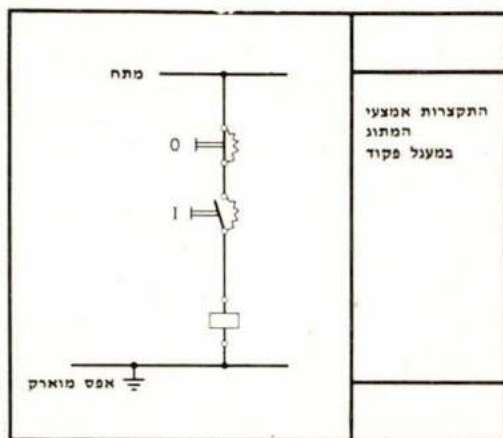
כל ההוראות והתקנים לא יספיקו בכדי לענות על שאלות ובעיות המופיעים במעגלי פיקוד, והנובעים מחשיבה של מתכננים, מפתרונות לוגיים שונים לאותה בעיה ומאילתורים שונים.

קיימים שני חבורים מפורסמים, המבטאים את צורת החשיבה החריגה, בתכנון פקוד, ננסה לראות את תרומתם להרחבת הפתרונות המקובלים.

☆ ההפעלה של סליל, במקום שתעשה על ידי מגע פתוח הסוגר לפי פקודה, תיעשה במקרה שלנו בעזרת מגע פותח, כרגיל סוגר, המחובר במקביל לסליל המקבל פקוד. מובן שזאת דרך נגד שימוע קצר.

☆ הנתוק של סליל יכול להתבצע, במקום על ידי מגע פותח בטור לסליל, בעזרת מגע סוגר (כרגיל פתוח) במקביל לסליל, וזאת כמובן עם נגד טורי.

בפתרונות אלה משתמשים בדרך כלל במעגלים אלקטרוניים, בפקוד מרחוק בעזרת "ריד רילה".
באם יקרה מצב של שבירת חוט, אי מגע טוב בחבור, ומהדק שבור, או נתק בבית תקע, נקבל הפעלה בלתי רצונית או אי נתוק רצוני של המכונה — וזה כמובן רע מאד וסותר את דרישות היסוד של מעגל פקוד. בתקן VDE 0113 נאסרה במפורש שיטה זו של פיקוד, במעגלים חשמליים למכונות.



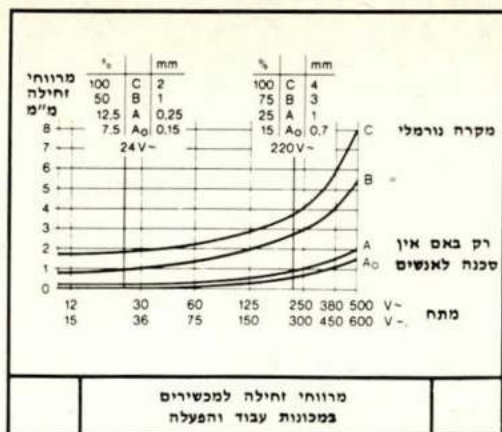
תרשים 9

גם אם נעקוב אחר כל החבורים במערכות פקוד, לא נוכל להקיף את כל התקלות האפשריות הטמונות בלקויים הקשורים במכשירים. גם אם יבנו המכשירים לפי התקנים המוכרים, אין התקן יכול אלא לִבוע מסגרת כללית שבתוכה יש משתנים שונים, התלויים ביצרן, אולם עם זאת ישנם דברים מספר, אשר גם יצרן המקפיד על טיב מוצריו, אינו יכול למנוע מהתרחשותם. בעיקר מדובר בירידה ברמת הבדוד של האלמנטים להפעלה וניתוק כגון לחצנים, מפסקי פקוד וכיו', יתכן מצב שבו ציוד שנחשב טוב יפגע כתוצאה של אחסון או הובלה או אף טפול לא נכון, דבר שיגרום להתקצרות מגעים, המובילה לזליגות ואף לחבור נומש. תכונות האלמנטים צריכות להוביל לטיב, העומד ומשתמר בפעולה רגילה במשך מיליוני הפעולות, אך עם זאת תכונות אלה אינן מונעות את התקלות הבאות: —

☆ על ידי התקצרות או גישור לחצני הפסקה, נמנעת פעולת ההפסקה של מכונה בעת הנדרשת.

☆ על ידי התקצרות או גישור של מפסק פקוד, עלולה לקרות הפעלה בלתי רצונית של הפקוד.

מובן שהתקנים של ציוד מגדירים וקובעים תכונות שיגרמו להקטנה רבה ככל האפשר של התהוות מצב תקלה. ההגדרות מתייחסות להתקצרויות במעגלי פקוד, כשהן מיועדות להבטחת מרחקים בין חלקים מוליכים והחומר המבודד.



מרווחי זחילה למכשירים
במכונות עבוד והפעלה

תרשים 10

תקן VDE 0110 דורש באופן כללי, ולכן גם לגבי מעגלי פקוד :

מרווחי אויר וזחילה במכשירי הפעלה חשמליים חייבים לעמוד בדרישת תקן לפי סוג בדוד C , המתואר במפורט בתקן.

אמצעי הפעלה שעקב סיבות טכניות שונות אינו יכול להכלל בסוג בדוד C , חייב לעמוד בתכונות הבדוד B , וכן לענות על דרישות נוספות הנדרשות. עבור אמצעי הפעלה ונתוק בעלי סוג בדוד נמוך מ-C , יש לוודא :

באותם מקרים בהם האלמנט אינו מהווה סכנה לאנשים או מכונות או עקב תנעולו, במעגל פקוד או מיכון, במטרת הפעלה הפסקה או אינפורמציה, יתאים. הבצוע של האלמנט לתפקידו, ולתקנים הקשורים בתפקידו.

אם נשווה תכונות קבוצת הבדוד המוכרות בתקן, לגבי ערכים ממוצעים, או נקודות מסוימות, נוכל לקבל תוצאות שתראינה לנו בבירור את משמעות סוג הבדוד בבטיחות המכונות.

עבור מתחי פקוד בתחום של 220 וולט, מתייחסים ביניהם המרחקים לבדוד, יחסית לסוג הבדוד לפי : A₀:A:B:C כמו 15:25:75:100%.

עבור מתח נמוך בפקוד, בתחום של 24 וולט, אז היחס לפי : A₀:A:B:C כמו 7.5:12.5:50:100%. באם נבחון מרחקים אלה, המגיעים לכדי 0.15 מ"מ בבדוד A₀ במתח עד 24 וולט, והמשמשים, למשל, במקלטי רדיו ניידים, נבין שאסור להשתמש בהם בכלל במקרים שיש אפשרות מגע לאנשים, בתוך מכשירים או מכונות שמתחם גבוה יותר.

מכשירי ההפעלה של חברת קלקר מלר בנויים עם סוג בדוד C המיועד לעבוד במתח של 500 וולט חלופין. על ידי כך מבטיחים דרגת בדוד טובה ומרחקי זחילה הנתיאמים כפול מהדרוש למעגל הפקוד, שהוא עד 250 וולט. דבר זה בא להבטיח שגם עם ההתישנות, והתקלות העולות להופיע, עדיין יהיה הציוד אמין.

כדי להשוות לאלמנטים המיועדים לפעולה במעגלי פקוד, הפועלים במתח 220 וולט, נראה לוחות חבור אופייניים, המיועדים לעבודה במעגלי פקוד אלקטרוניים, כדוגמת שיטת Sucas. בלוחות חבור אלה נקבעת רמת הבדוד לפי הייעוד של הלוחות, כגון לוחות הלחמות, לוחות מניה, וכו'.

רובם המוחלט של מערכות Sucas מתוכנן ובנוי לקבוצת בדוד C.

רק השימוש באלמנטים עם מעגלים אינטגרליים מתבצע בפלטות עם קבוצת בדוד B לפי תקן VDE 0110

סיכום

מעגלי מתח עזר, אף כי אינם נושאים זרמים גבוהים, עלולים להיות מוקד רציני לתקלות בהפעלת המערכות באם אין יודעים לתכננם היטב, להרכיבם מאלמנטים נכונים, ולתחזקם בצורה נאמנה וקבועה. שלא כמעגלי כח, שבהם הבטוי העיקרי לתקלה הוא תגובת ההבטחה או ההגנה, במעגלי פקוד ומתחי עזר הופעת תקלה גורמת שבושים רבים אף בלתי ישירים ועלולה לגרום להפעלות או אי הפסקות של מתקנים גם בלי ידיעת המפעיל.



במדורנו נספר הפעם על שתי תאונות קטלניות. נתאר את העובדות ואת המסקנות כפי שנקבעו ע"י אינג' ו. זיס סגן מנהל עניני החשמל במשרד המסחר והתעשיה.



הגברת א. נמצאה, ע"י שכנים, ללא רוח חיים בחדר האמבטיה כאשר היא נוגעת במכונת הכביסה הביתית אשר עמדה בחדר האמבטיה. לדברי אחד השכנים, אשר נכנס ראשון למקום, יצא מהדירה עשן שנגרם ע"י אוכל שהושאר על כירת-גז. גברת א. שכבה בחדר האמבטיה ללא סימן חיים כאשר גופה כמעט קר. השכן שמע עדיין את טרטור מנוע מכונת הכביסה, ומיד ניתק אותה מבית התקע אשר נמצא בסלון הדירה. השכן טען כי מצא את המנוחה יחפה ובמקום לח. בבדיקה רפואית נקבע שהגברת א. מתה כתוצאה ממכת חשמל.

חקירת המקרה העלתה את הפרטים הבאים: —

מכונת הכביסה חוברת לבית תקע תלת קטבי באמצעות כבל מאריך באורך 80 ס"מ. בתקע של הכבל המאריך, בידוד המוליכים היה שרוף כך שהיה מגע מתכתי תמידי בין מוליך הפזה ומוליך הארקה. בתקע חסר התקן תפיסה. בבית התקע התלת-קטבי, שאליו היתה מחוברת מכונת הכביסה, מוליך הארקה היה מסודר מ-3 תילים בחתך 0.5 מ"מ כל אחד שהיו מבוטנים בתוך הקיר במקום להיות מחוברים לאלקטרוזת הארקה, למשל צנור מים קרים. בית התקע עצמו היה מחובר באמצעות חוט "ליצה" לבית תקע דו קטבי אחר באותו סלון. מכונת הכביסה היתה בעלת בידוד ירוד במקצת של 400 KΩ, אך דבר זה לא יכול היה לגרום לחשמול קטלני. דירת המנוחה חוברת, בנווד לחוק, לבית סמוך ע"י כבל אוירי. התברר כי התאונה קרתה כתוצאה משמוש בכבל מאריך פגום ובבית תקע עם הארקה בלתי תקנית. הודות לקירות היבשים של הבנין, לא נגרם חישמול כללי של הקירות ואפשרות לקרבנות נוספים.



הגברת ב. נהרגה כאשר רצתה להעביר מנורת לילה ממקום למקום, בביתה. המנורה הנ"ל נעשתה מפמות פליז ע"י התקנת בית מנורה מבקליט, פתיל הזנה תלת גידי, תקע תלת קטבי ומפסק חד קטבי. אהיל המנורה היה עשוי מבד המורכב על קונסטרוקציה מתכתית, כאשר זו האחרונה מורכבת על זכוכית הנורה באמצעות קפיץ. הקונסטרוקציה המתכתית של האהיל לא היתה במגע עם הבסיס המאורך של הפמות. התברר כי הגברת ב. התחשמלה כתוצאה מנגיעה בקונסטרוקציה המחושמלת של האהיל, בזמן שעמדה על הרצפה.

חקירת המקרה העלתה את הפרטים הבאים: —

גייד הפזה חובר, בבית המנורה, למגע צדדי במקום למגע מרכזי. כתוצאה מכך, היתה הברגת הנורה במתח 230 וולט כלפי האדמה. למנורה הוברגה נורה בצורת נר. נורה זו לא הוברגה עד הסוף, וקפיץ האהיל החליק על פני הזכוכית ונגע בהברגתה. כתוצאה מכך, היתה כל קונסטרוקציה האהיל תחת מתח 230 וולט כלפי האדמה.

מפסק חד קטבי של המנורה הותקן בגיד האפס במקום בגיד הפזה. על המנורה לא נמצא שום שלט של היצרן.

התברר כי התאונה נגרמה כתוצאה מצרוף 2 סיבות:
חורים בלתי נכונים במנורה ושמוש באהיל שאיננו מתאים לנורה.

1. במדידות שנערכו במעגל למתח נמוך (230 וולט) המוגן על ידי נתיך של 10 אמפר התברר שהתנגדות אימפדנס מעגל ההארקה היא 5 אוהם.
 - א. המצב משביע רצון ואין צורך לנקוט בפעולה כל שהיא.
 - ב. יש לדאוג להעלות את אימפדנס מעגל ההארקה ל-9.2 אוהם **לפחות**.
 - ג. יש להחליף את הנתיך של 10 אמפר במפסק אוטומטי זעיר ל-15 אמפר.
 - ד. יש להחליף את מוליך ההארקה.

2. במפעל לחומרים פלסטיים הותקנה, עקב תהליך העבודה, מערכת חשמל תלת-פזית לפי שיטה **בלתי** מאורקת במתח 230/400 וולט. מכשיר המציין את מצב הבידוד (מוניטור) נותן אינדיקציה אקוסטית וחזותית על קיום מצב של בידוד לקוי, מה יש לעשות:
 - א. חייבים להפסיק את אספקת החשמל **מייד** ללא התחשבות במצב העבודה.
 - ב. חייבים להפסיק **מייד** את ההתראה האקוסטית כיוון שהיא מעצבנת את העובדים.
 - ג. יש לדאוג להשלמת תהליכי העבודה השוטפת בהקדם האפשרי ואחר כך לאתר ולתקן את הליקוי בבידוד.
 - ד. אסור בכלל להשתמש בשיטת אספקה בלתי מאורקת אם היא משמשת יותר משלושה מכשירים בעת ובעונה אחת.

3. הוטל עליך להתקין רשת תאורת חרום במתח 24 וולט המוזנת ממצברים. רשת זו נמצאת כולה בתוך מבנה אחד שקיימת בה גם צנרת מים מתכתית בעלת התנגדות של 2.5 אוהם למסה הכללית של האדמה.
 - א. יש לסדר הארקה **שיטה** למיתקן הזרם הישר על ידי חיבור הקוטב החיובי (+) של המצברים לצינור המים.
 - ב. יש לסדר הארקה **שיטה** למיתקן הזרם הישר על ידי חיבור הקוטב השלילי (-) של המצברים לצינור המים.
 - ג. חייבים להוציא **נקודת תיווך** ממערכת המצברים ולחברה, כהארקה **שיטה**, לצנרת המים המתכתית.
 - ד. אין בכלל צורך לסדר הארקה **שיטה** עבור מתח שאינו עולה על 65 וולט שאינה כוללת קיום עיליים.

4. הועבר לטיפולך מנהץ אדים אמריקאי למתח 220 וולט. הפתיל האורגינלי של המכשיר הוא בעל שני מוליכים (פזה ואפס) בלבד ועל המנהץ עצמו **אין** סימן של בידוד כפול (ריבוע בתוך ריבוע). כיצד תנהג לפני השימוש בו:
 - א. מאחר והמכשיר הוא מתוצרת ידועה תוכל להשתמש בו כמו שהוא כיוון שלא רצוי להכניס שינויים במכשיר הנמצא במצב אורגינלי.
 - ב. תחבר, במקביל לפתיל האורגינלי, מוליך נוסף להארקה.
 - ג. אם בבדיקה במגר 500 וולט יתברר שהתנגדות הבידוד היא פחות מאשר 1.5 מנהיאהם חייבים לייבש את המנהץ לפני השימוש.
 - ד. חייבים להחליף את הפתיל האורגינלי בפתיל בעל 3 מוליכים כך שהמנהץ יהיה מאורק.

5. מפסק ראשי אוטומטי המכוייל ל- 3×100 אמפר מותקן בתוך תיבה מתכתית וניזון מכבל המוגן על ידי נתיכים של 160 אמפר. מה הדרישה לגבי אימפדנס מעגל ההארקה המכסימלי המותר עבור הארקה התיבה המתכתית:

- הדבר תלוי באם הכבל המזין הוא משוריין או לא.
- שבמקרה של קצר בין פזה לגוף יעבור זרם של 250 אמפר ($= 100 \times 2.5$)
- שבמקרה של קצר בין פזה לגוף יעבור זרם של 240 אמפר ($= 160 \times 1.5$)
- שבמקרה של קצר בין פזה לגוף יעבור זרם של 400 אמפר ($= 160 \times 2.5$)

6. לשם הארת לולים עליך להעביר קו עילי של מתח נמוך מאוד (פחות מאשר 50 וולט בין המוליכים) בין הבית לבין הלול. קו עילי זה מצטלב עם קו למתח נמוך.

- עליך להתקין הארקה שיטה בלבד עבור המתח הנמוך מאוד.
- עליך להתקין, עבור המתח הנמוך מאוד, גם הארקה שיטה וגם הארקה הגנה במכשירים הניזונים ממנו והם ממתכת.
- עליך להתקין רק הארקה הגנה למכשירים המתכתיים הניזונים במתח הזה.
- אין בכלל צורך בהארקה הגנה או שיטה כי המתח נמוך מאשר 65 וולט.

7. החתך המינימלי של מוליך הארקה מנחושת כשהוא מותקן בצינור משותף עם מוליכי פזות בעלי חתך של 35 ממ"ר מנחושת במתקן למתח נמוך הוא:

- 10 ממ"ר
- 16 ממ"ר
- 25 ממ"ר
- 35 ממ"ר

8. על גבי לוח פח מתכתי המותקן בתוך קופסה מחומר מבדד שעליה סימון של בידוד כפול (ריבוע בתוך ריבוע) הותקנו 3 בסיסי מבטחים לזרם 100 אמפר כל אחד.

- כיוון שלוח הפח הוא מתכתי חייבים להאריקו בהארקה הגנה.
- אין מאריקים חלק מתכתי של ציוד של בידוד כפול.
- חייבים לסדר הארקה הגנה ללוח פח כיוון שעוצמת הזרם של הנתיכים עולה על 63 אמפר.
- מותר לוותר על סידור הארקה הגנה ללוח פח בתנאי שלקופסה יוצמד שלט „אזהרה — מתח“.

סמן בעיגול את התשובה הנכונה, ציין את שמך וכתובתך.
נזר ושלה 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 לתקבלנה עד יום 31.3.75

השם

הכתובת

(אם ברצונך לשמור על שלמות החידון, כתוב את התשובות על דף נפרד)
* בין הפותרים נכונה את החידון מס' 11 יוגרלו 10 פרסי ספרים העוסקים בנושא החשמל.

חברת החשמל לישראל בע"מ

הודעה לחשמלאים

החברה מתכבדת להודיע, כי באישור שר המסחר והתעשייה חלו שנויים בתשלום דמי בדיקת מתקנים. תחולת השנויים, כפי שיפורטו להלן, הנם לגבי הזמנות לבדיקת מתקן שהוגשו ביום 20.1.75 ואילך,

א. דמי בדיקה ראשונה לכל מתקן הצרכן

1. כאשר האספקה לחצרים היא במתח נמוך ונמדדת במונה: —
 - 1.1. חד פזי מכל גודל או תלת פזי עד 3×50 אמפר ועד בכלל 25.— ל"י
 - 1.2. תלת פזי מעל 3×50 אמפר 50.— ל"י
2. כאשר האספקה לחצרים הנה במתח גבוה 250.— ל"י
3. כאשר האספקה לחצרים הנה במתח עליון לפי הוצאות החברה למעשה

ב. דמי בדיקה נוספת — לכל מתקן הצרכן

1. כאשר האספקה לחצרים היא במתח נמוך ונמדדת במונה: —
 - 1.1. חד פזי מכל גודל או תלת פזי עד 3×50 אמפר ועד בכלל ומספר הנקודות במתקן אינו עולה על 20 עבור כל נקודה נוספת 50.— ל"י
 - 1.2. תלת פזי מעל 3×50 אמפר ומספר הנקודות במתקן אינו עולה על 40 עבור כל נקודה נוספת 2.50 ל"י
2. כאשר האספקה לחצרים הנה במתח גבוה } לפי הוצאות החברה למעשה
3. כאשר האספקה לחצרים הנה במתח עליון } לפי הוצאות החברה למעשה

הערה: בחצרים למגורים ייחשב כל בית תקע כנקודה. במקרה של מתקנים אחרים ייחשב כל מכשיר וכל בית תקע כנקודה.

פרטים נוספים במשרדי החברה.

השתלמויות לחשמלאים

ההסתדרות הכללית של העובדים בא"י מועצת פועלי חיפה המחלקה להכשרה ולהשתלמות מקצועית	משרד העבודה מחוז חיפה האגף להכשרה והשתלמות מקצועית
--	--

ברצוננו להביא לידיעת החשמלאים באיזור חיפה, כי במסגרת הקורסים המשותפים, לנו ולמשרד העבודה, אנו פותחים כיתות נוספות בשנת תשל"ה.

✧ **לחשמלאים עובדים במקצוע**, ואין בידם רשיון מתאים — לקראת רישוי חשמלאי מוסמך.

✧ **לחשמלאים מוסמכים** — לקראת רישוי לחשמלאי ראשי.

✧ **לחשמלאי תעשייה** — אלקטרוניקה תעשייתית (מכשור אלקטרוני בתעשייה).

✧ **לחשמלאי תעשייה** — אלקטרוניקה תעשייתית, שלב שני (בקרה דיגיטלית).

✧ **לחשמלאים מוסמכים וראשיים** — הנע חשמלאי, התנעה וויסות מנועים אסינכרוניים.

✧ **לחשמלאיים מוסמכים וראשיים** — מתקני חשמל.

הלימודים מתקיימים בחיפה, לרוב פעמיים בשבוע בשעות הערב — שלוש שעות בכל פעם. ניתנת האפשרות לקיים קורסים במקומות המגורים בתנאי שיירשמו 15 איש לקבוצת לימוד.

שכר הלימוד הוא מינימלי (מקסימום של 1.50 ל"י לשעה). חיילים משוחררים (לפי החוק) פטורים משכ"ל.

הלומדים לקראת **רישוי חשמלי מוסמך וראשי**, שיעמדו בהצלחה בבחינות הגמר, יזכו ברשיון מתאים. בתנאי שמלאו אחר כל דרישות חוק החשמל.

עם סיום לימודיהם זוכים כל הלומדים בהשתלמויות אלה בתעודה רשמית מטעם משרד העבודה.

פרטים נוספים והרשמה: במועצת פועלי חיפה, רח' החלוץ 45, חדר 515, טל. 641781.

הטכניון — מכון טכנולוגי לישראל המדור ללמודי חוץ מרכז חיפה

המדור ללמודי חוץ בטכניון בחיפה מודיע על פתיחת הקורסים הבאים:

1. קורס חשמלאים מוסמכים.

מטרת הקורס — להכשיר חשמלאים לקבלת רשיון חשמלאי מוסמך מטעם משרד המסחר והתעשייה. **משך הלימודים** — שנתיים.

תנאי קבלה — רשיון חשמלאי עוזר + עשר שנות לימוד, וועדת קבלה.

מקצועות הלימוד: מתמטיקה, פיזיקה, כימיה, שרטוט, תורת החשמל, מדידות ומיכשורים, תורת המכונות, מתקני חשמל, פיקוד ופיקוח מכונות חשמל, בטיחות מעבדה, תורת החשמל.

2. קורס חשמלאים ראשיים

מטרת הקורס: להכשיר חשמלאים לקבלת חשמלאי ראשי מטעם משרד המסחר והתעשייה. **משך הלימודים:** שנתיים וחצי.

תנאי קבלה — רשיון חשמלאי מוסמך + 10 שנות לימוד.

מקצועות הלימוד — תורת החשמל, מכונות חשמל, שרטוט חשמל, מתקני חשמל, פרויקט גמר.

הקורסים נערכים בחסות משרד המסחר והתעשייה.

מסיימי הקורסים יקבלו תעודה שתשחרר אותם מבחינות במשרד המסחר והתעשייה.

בצרוף התעודה והותק המתאים לפי תקנות החשמל יקבלו התלמידים רשיון ממשרד המסחר והתעשייה.

ההרשמה מתקיימת בחדר 22 א' בבנין הטכניון הראשי בהדר טל. 661151 בשעה 10—12 בבקר

ומי"6—18 אחה"צ יש להצטייד בתעודות על השכלה ורשיונות מתאימים

הודעות המערכת

1. על-מנת לוודא את נכונות החשמלאים לקבל את „התקעה-המצדיע“ והעלון נשלח למעוניינים ללא תשלום, שלחה המערכת גלויות לכל החשמלאים המורשים על-פי רשימות שהומצאו לנו ע"י משרד המסחר והתעשייה.

חשמלאים שהחזירו למערכת את הגלויות, יכללו להבא ברשימת מנויי העלון. חשמלאים, טכנאים, מהנדסי חשמל וכל הקשורים במקצוע החשמל אשר מש.ט. מה לא קבלו את הגלויה ומעוניינים בקבלת העלון יחתמו על התלוש הרצוף.

2. לאור פניתם של קוראים רבים שלא הצליחו להשיג את הגלויות הקודמים של „התקעה-המצדיע“ שוקלת המערכת להוציא תדפיס שיכלול את המאמרים שהופיעו ב-10 החוברות הקודמות.

מחיר התדפיס — 15 ל"י.

המעוניינים יחתמו על התלוש הרצוף.

3. לבקשת מינויים שבידם נמצאים הגלויות הקודמים הסכימה המערכת להזמין במרוכז אוגדן פלסטיק לכריכתם.

מחיר האוגדן — 5 ל"י

המעוניינים יחתמו על התלוש דלמטה.

נזר ושלח

לכבוד

חברת החשמל לישראל בע"מ

„התקעה-המצדיע“

ת.ד. 25

תל-אביב 61000

א"י.

1. אבקשכם לכלול אותי בין מינויי „התקעה-המצדיע“ לפי הכתבת הרשומה מטה.

2. אבקש להזמין תדפיס המאמרים שהופיעו ב-10 החוברות הקודמות.

3. אבקש להזמין אוגדן לכריכת 10 החוברות הקודמות.

מצ"ב שיק/המחאת דאר מס' ע"ס (*) — 5 ל"י / — 15 ל"י / — 20 ל"י לכסוי הזמנת תדפיס / אוגדן כריכות*.

* מחק את המיותר.

מר.....

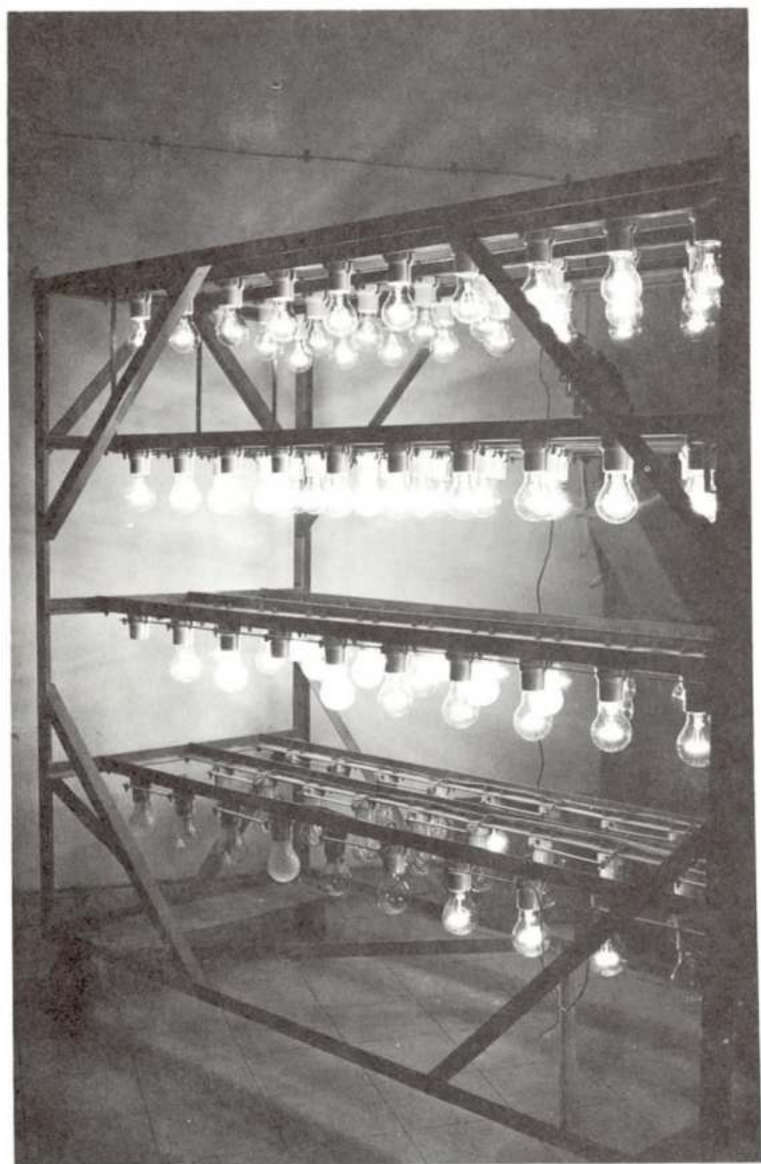
רחוב.....

הערה: באם מספר המעוניינים בתדפיס ו/או באוגדן יהיה נמוך מדי ולא נוכל לספקם במחיר הנקוב לעיל יוחזר הכסף לשולחים.

בכבוד רב,

חתימה

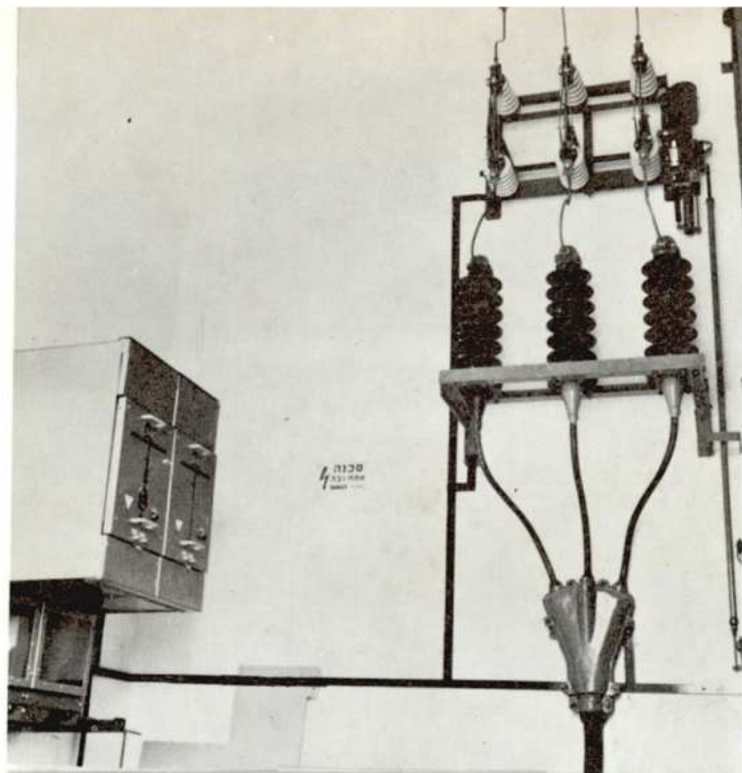
תאריך.....



מתקן לבדיקת אורך החיים של נורות ליבון
במכון התקנים הישראלי (ראה מאמר בעמ' 22)

זה מול זה...

מנתקי עומס 22 ק"ו
בתחנת טרנספורמציה
פנימית



מתקן
קומפקטי

מתקן
קונבנציונלי

