

התקע המצדיע



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



חדר
הבקרה
במרכז
הפיקוח
על מערכת
החשמל
הארצית

אוגוסט 1967

מס' 4

תוכן הענינים

- 1 דבר המערכת
- 2 מכתבים למערכת
- 4 זרם קצר במיתקן מתח נמוך
- 9 תעריפי חשמל בתעשייה באיזה מהם לבחור ?
- 12 בקיצור
- 13 כבלים בעלי חוט שדרה
- 14 עיוות המתחים המשווים עקב ניתוק פזה בחד
- 14 הראשוני של שנאי החלוקה
- 18 כבלי חשמל במבנה גרתי (סקטורלי)
- 23 אחזקה מתוכננת של המיתקן החשמלי בתעשייה
- חידוש „בחישובול“ הלול : אומנות חשמל אנדרות
- 24 חום
- 26 המיתקן החשמלי במעלות
- חישובי עומס ומקדם הספק בעזרת פוני החשמל
- 28 ושעון רגיל
- 30 תאונת חשמל ולקחה
- 31 חידון בקיאות בתקנות החשמל

העורכים האחראים :

מאיר שפר
יעקב טראוב

מזכיר המערכת :
אורי לייטנר

כתובת המערכת :
חברת החשמל לישראל בע"מ, המשרד הראשי,
ת.ד. 10, חיפה.

המדייר ובכיצום :
אורי אבנת — פרסום והסברה

הדפסה :
דפוס קוזאבי, אמות"ת בע"מ

דבר המערכת



הופעת „התקע המצדיע“ מספר 4 התאחרה בחודשיים בעקבות מלחמת ששת הימים: מחד גיסא השתבשה עבודת המערכת ומאידך היה ברור לנו שמרבית החשמלאים היו מגויסים וודאי שלא היו מנויים בבית לקריאת העלון.

רבות נכתב כבר ועוד ייכתב על ההישגים המזהירים והמבצעים, הן של הלוחמים בחזית והן של העובדים שנשארו על משמרתם בעורף ומנעו את שיתוק התעשייה והשירותים. ידוע שהחשמלאים, כבעלי מקצוע, ביצעו עבודה היונית במיתקני החשמל השונים בבסיסי צה"ל, בתעשייה הצבאית והאזרחית, בטיפול ברכב על סוגיו השונים והמגוונים וכן באחזקה ובתפעול של הציוד האלקטרוני המורכב והמסובך.

רבים מעובדי חברת החשמל גויסו לצה"ל, ביניהם כאלה העוסקים בימי שלום בהפעלת מערכת החשמל ואחזקתה. אולם למרות זאת הצליחו אותם עובדים שנשארו מרותקים למפעל ועבדו לעתים 24 שעות ביממה, לשמור על רציפות אספקת החשמל ולעסוק בתיקון הפגיעות. כן התנדבו רבים מהפנסיונרים בעלי המקצוע אשר תרמו מנסיונם והגישו את מלוא עזרתם.

עיקר דאגתה של החברה היתה נתונה לתחנות הכח, שעלולות להיפגע על ידי האויב. החברה נקטה בפעולות רבות, שמטרתן היתה להבטיח את שלומם של העובדים הקשורים עם תפעולן התיקון של התחנות ולהקטין את שערי הנזקים, העלולים לקרות. בשטחי התחנות נשארו העובדים הצמודים להן בלבד, ואילו כל יתר העובדים הורחקו מן השטח. עובדי המשרד הראשי פוזרו במקומות שונים על הר הכרמל ובתחנות הכוח נשארו רק העובדים העוסקים בתפעולן.

אנף האספקה והאחסנה הוציא את חלקי הציוד היקרים ביותר מן המחסנים הנמצאים בתחום תחנת הכוח בחיפה ופיזר אותם במקומות מרוחקים. כמו כן הוצאו מכוונות אי.בי.אם מבניני המשרד הראשי. בהתאם להוראות הנ"א נעשו סידורים מיוחדים לשעת חירום בכל מקומות העבודה של החברה.

המנהל הכללי של החברה, מר יעקב פלד, המשמש כיושב ראש הרשות לכוח ומים של ועדת מל"ח (משק לשעת חירום) פעל בכל ימי המערכה והקרבות לשם הבטחת אספקה תקינה של חשמל ומים במקומות הנדרש שים. הרשות מורכבת ממנהלי חברת החשמל, תכנון המים לישראל (תה"ל), מקורות ונציב המים.

למזלנו לא נפגעו תחנות הכוח, אולם היו פגיעות רציניות בקוים וברש"תות באיוורים שונים בארץ. מחוז ירושלים היה הסובל העיקרי לאחר

שהפגזות האויב הכבדות גרמו נזקים חמורים לקוי המתח הגבוה, לרש"ת תות המתח הנמוך ולחיבורים למבנים. חלק ניכר מהמוליכים נקרע ונפל, כן נפגעו עמודים, טרנספורמטורים ומבדדים. עובדי החברה בירושלים לא המתינו אפילו עד תום ההפגזות אלא יצאו מיד והתחילו בתיקונים. למטה פעולות התיקונים הגיעו תוך זמן קצר מאות הודעות על נפילת חוטים וכמובן שנקבע סדר עדיפות בביצוע התיקונים כשהמטרה להחזיר את האספקה בראש ובראשונה למפעלים ומוסדות חיוניים. עם תום ההפגזות הגיעה לירושלים תגבורת של עובדים מתל-אביב ובכוחות משו"תפים נסתיימה עבודת שיקום המערכת כולה תוך 3 ימים.

בישובי הצפון שסבלו ונפגעו מהפגזות הסורים ובמספר ישובים בשרון שחופגזו על ידי הירדנים נגרמו גם כן נזקים לקוים ולרשתות וגם שם היו עובדי חברת החשמל הראשונים שיצאו לביצוע מהיר של התיקונים. במספר מקרים „נאלצו“ עובדי החברה להיכנס למקלטים בפקודת מפקדי הצבא במקום שלא הרשו להם לטפס על העמודים ולחשוף את עצמם לאש האויב.

יש להוסיף עוד שבנוסף להוצאות הרבות שהזמן גרמן נפגעו במידה מסוימת הכנסותיה של החברה כתוצאה מירידת הצריכה בשימוש בחשמל בשעות הבוקר והערב.

עם תום הקרבות נתנו עובדי חברת החשמל את מלוא העזרה בהחזרת אספקת החשמל לאיזורים המשוחררים המזוונים כולם מתחנות כוח (דיויל-גנרטורים) מקומיות.

לחברת החשמל הגיעו מכתבי הערכה ותודה מישובים רבים, ממוסדות, מצה"ל וכן מאזרחים שונים המעידים על כך שעובדי החברה עמדו בהצלחה במבחן, לעתים אף מעבר לנדרש ולמצופה.

לסיום, אנו מקוים שעם חזרת החיים ל„מסלולם הרגיל“ נמשיך בפרסום „התקע המצדיע“ אחת ל-3 חודשים על מנת לקדם את המטרה המשוי"תפת לחברת החשמל ולציבור החשמלאים.

מכתבים למערכת

מוליך תיווך עשוי מנחושת.

הייתי רוצה לשאול: —

א. האם הקורוזיה היתה עלולה לגרום נזק לרשת הנחושת (אילו חיברתי את ההסתעפות ללא תיווך).

ב. האם חומר כגריז או דונג יהיה מספיק טוב כדי למנוע את התחמצנות מקום החיבור?

משה נתנאל (קריית גת)

באחד המשקים היה עלי התקין חיבור אוירי חדש למחלבה במוליכי אלומיניום חסופים בחתך 16 מ"מ. ר. החיבור החדש הסתעף מרשת עשויה ממוליכי נחושת בחתך 25 מ"מ. ר. את חיבור הקצוות בי"צעתי באמצעות מחברי הנחושת הרגילים שהיו בידי אולם כדי למנוע את אפשרות ההנזקות של רשת הנחושת על ידי הס"תעמות האלומיניום הוספתי קטע קצר של

תשובה :

טים על „הלימוד המיוחד“ לעבודה במית' קן חי במתח נמוך.

א. חזני (מתח תקוה)

תשובה :

בחברת החשמל בה הוכנסה לאחרונה העבודה במית' קן חי כשיטה הוקמו 2 מיתקני איסון להכשרת עובדים לקראת עבודה במיתקנים חיים. במיתקני האיסון קיימים עמודי רשת מסוגים שונים הנשרים אים רשתות במיבנים אופייניים כן נמצאים במית' קנים סידורים אופייניים של מיתקנים מניינים כמו לוחות מונים, לוחות מבטחים, מעגלי כבלים ומעגלי מובילים. יש במיתקנים אמצעי אבטחה והתראה המאפשרים למדריכים ולמדריכים לעמוד על כל שיאה שבוצעה בעבודה תוך כדי הלימוד, ללא כל סיכון. ההדרכה נעשית על ידי מדריכים שהוכשרו לכך במיוחד ובפיקוח מתמיד של חשמלאי-הנדס. אגב, בתכנון מיתקני האיסון ובביצוע ההדרכה נעזרה החברה ביועץ של מומחה מארה"ב ששהה בארץ כשבועיים למטרה זו.

ברור שמיתקני איסון אלה מיועדים אך ורק לעובדי חברת החשמל. במידה וגורם או אירען כלשהו מחוץ לחברה יהיה מעורבן להקים מיתקן דומה ולבצע בו הדרכה לעבודה במיתקן חי, תהיה החברה סוכנה לעזור ולתרום מניסיונה.

מאחר וקראתי בחוברות הקודמות של „התקע המצדיע“ על הסכנה שבחוסר הארקה תקינה במיבנים, ברצוני לשאול: האם אי אפשר לפקח על בעלי מקצוע שונים כמו שרברים או מרכיבי דודי שמש, אשר מנתקים לפעמים את שלת הארקה (חבקה-הארקה), „המפריעה“ להם בעבודתם.

יצחק סעד (כרכור)

תשובה :

לא לחינם הוזכרה על ידינו מספר פעמים בעית שלמותו ותקינותו של מיתקן הארקה על כל חלקיו, אמנם חוק החשמל (תקנות הארקות והגנות אחרות) דורש במפורש את שמירת שלמות מערכת הארקה ומסובן שאפשר לתבוע לאחריות אדם שגורם לנזק במערכת ביוזעו או שלא ביוזעו. הקושי הוא רק בתפיסת העבריים למיניהם. כאן חלה על החשמלאים החובה המוסרית לעמוד, במידת יכולתם, על המשמר ולהתירע על כל תקלה הנגלית לעיניהם. יחד עם זאת רצוי שהחשמלאים ישיבירו לבעלי המקצועות האחרים הנוגעים לדבר, את חשיבות הארקה והשקנות העלויות להגורם עקב אי תקינותה. אנו מצידנו נשתדל למצוא דרך אל בעלי המקצועות השונים כדי להבחיר להם את מידת אחריותם.

היגקות נקודת החיבור בין אלומיניום ונחושת בגלל קורוזיה היא תופעה ידועה שנקראה כבר רבות: האלומיניום נתקף על ידי התא הנלווה הנוצר במגע בינו לבין הנחושת. המגע בנקודת החיבור נעשה ברוע, דבר שגורם לחיסומו ובעקבות זאת גם לחיסום מוליכי הנחושת והנקודות. ברור שבמקומות יבשים ומקורים (אלומות שגורים, למשל) הסכנה לקורוזיה נמוכה מאוד ואז אפשר להסתפק אפילו בוועל כבל אלומיניום המתחברת לפסי צבירה מנחושת. אולם ברשתות חיצוניות יש להשתמש במחברים מיוחדים ואז לא מספיקה השיטה של מוליך תוונך מנחושת כיון שברור שהוא עצמו ינוק ויגרום לתקלות. המחברים המוטלעים כיום הם מתדקי לחיצה מאלומיניום מסיבי הממולאים תוך ייצורם במשחה אנטי קורוזיבית המכילה גם גרגרי אבק שתפקידם להבטיח את המגע הטוב. מהדק כזה מחוזה, למעשה, אנוזה מסיבית בתחליף הקורוזיה והוא מבטיח את קיום המגע היעיל לאורך ימים.

בשעת קריאת ספרות מקצועית מתעוררת אצלי הבעיה של פיענוח סימוני הכבלים כמו — N.Y.Y. ; N.Y.M. וכדומה.

הייתי מבקש להקדיש מאמר או טבלה עם שהפירוט הסימונים ומירושם כי חושבני שהדבר יהיה לעזר להרבה חשמלאים. ששון רחמים (ירדאליה, ת"א)

תשובה :

הסימונים N.Y.Y. ; N.Y.M. וכדומה, לקוחים מהתיקנים הגרמניים. ככל בעל מנה N.Y.Y., למשל, מתואר בתקן הנ"ל מני V.D.E. 0271, זהו כבל המיועד למתח 0,6/1 ק"ו. לעומת זאת כבל N.Y.M. המתואר בתקן הגרמני V.D.E. 0250 מיועד למתח עד 500 וולט בלבד. שני סוגי כבלים אלה מכילים מוליכי-נחושת מבודדי פי. וי. סי. ומעטה הגנה חיצוני אף הוא עשוי פי. וי. סי. ההבדל במתח הנומנלי מוסבר בעובדה שמעטה הגנה החיצוני של מנה N.Y.Y. הוא עבה יותר ומשמש גם כבידוד נוסף. בתקנים הישראלים 122 (כבלים ומוליכים חשמליים מבודדי גומי) ר-173 (מוליכים מבודדים כבלים ומוליכים בעלי בידוד או מעטה מפוליוניל כלורי) מובא הסימון הישראלי של סוגי הכבלים השונים כשאר תיות הצופן הן עבריות.

סאמר מלא ורחב על הנושא שיכלול פירוט לאותיות הצופן ומפתח התאמה בין הסימון הגרמני והסימון הישראלי יופיע בעלון הבא של „התקע המצדיע“.

אני בעל רשיון חשמלאי ומטפל באחזקת מיתקן החשמל במפעל. ברצוני לקבל פרי

זרם קצור במיתקן מתח נמוך

M.Sc. אינג' נ. אליאש

בערך זרמי הקצר העשויים מגידול הספק מערכת היצירה (הגנרטורים) והתרחבות קווי המתח העליון והגבוה.
 לזרמי הקצר ישנן תופעות לואי דינמיות ותרמויות, נדון להלן בכל אחת מתופעות אלה בנפרד.

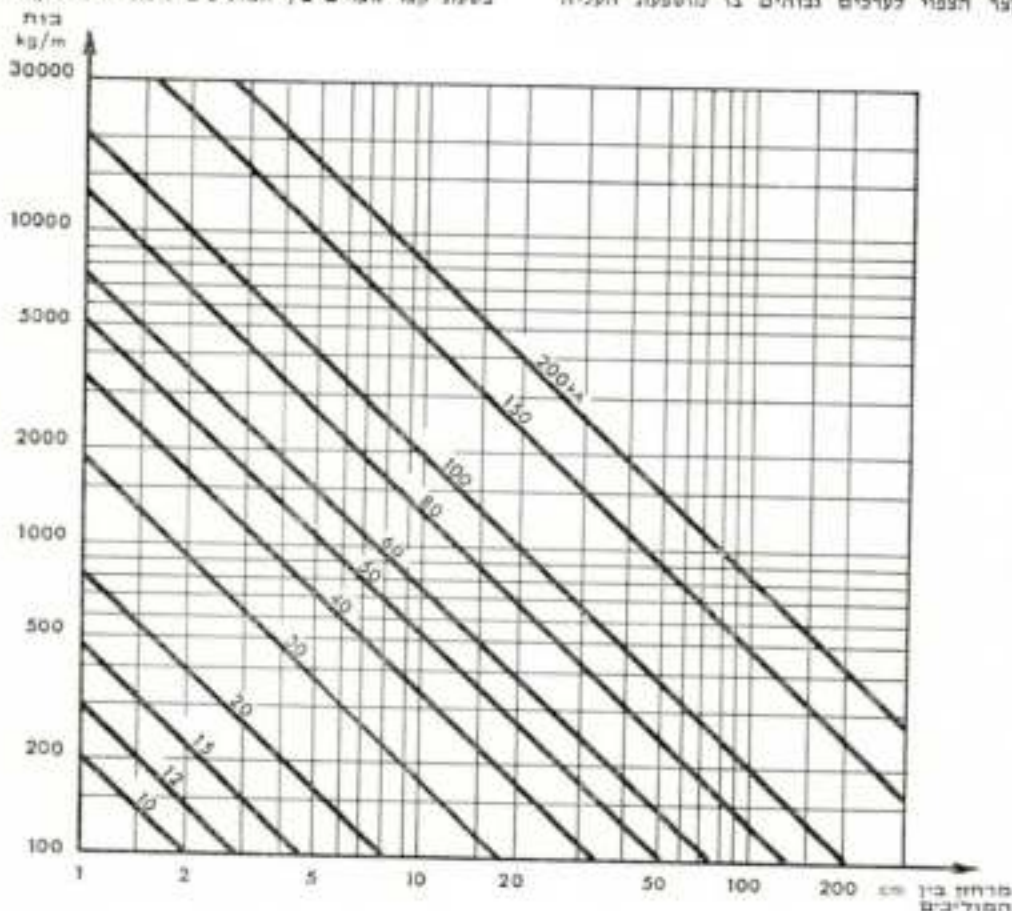
התופעות הדינמיות

הכוחות האלקטרוסטטיים הפועלים בין מוליכים נושאי זרם נמצאת ביחס ישר לריבוע עוצמת הזרם הזורם בהם וביחס הפוך למרחק בין המוליכים בשעת קצר נוצרים בין המוליכים נושאי זרם הקצר

מבוא

לזרם העמו במיתקן בשעת תקלת קצר ישנה השפעה מכרעת בעריכת המיפרט לצורך החשמלי למיתקן.

יחד עם הדרישה למיה חייב תצויד להתאים לערכים הנומינליים של זרם ומתח, חייב הוא לעמוד ללא הינוקות גם בתנאי הקצר, לעובדה זו יש חשיבות יתר ביחוד במיתקנים בעלי הספק גבוה הנמצאים בקרבת טרנספורמטור החלוקה ומוזנים על ידי קווי חיבור קצרים בעלי חתך גבוה, כיון שאז מגיע זרם הקצר העמו לערכים גבוהים בו מושפעת העליה



צילום מס' 1

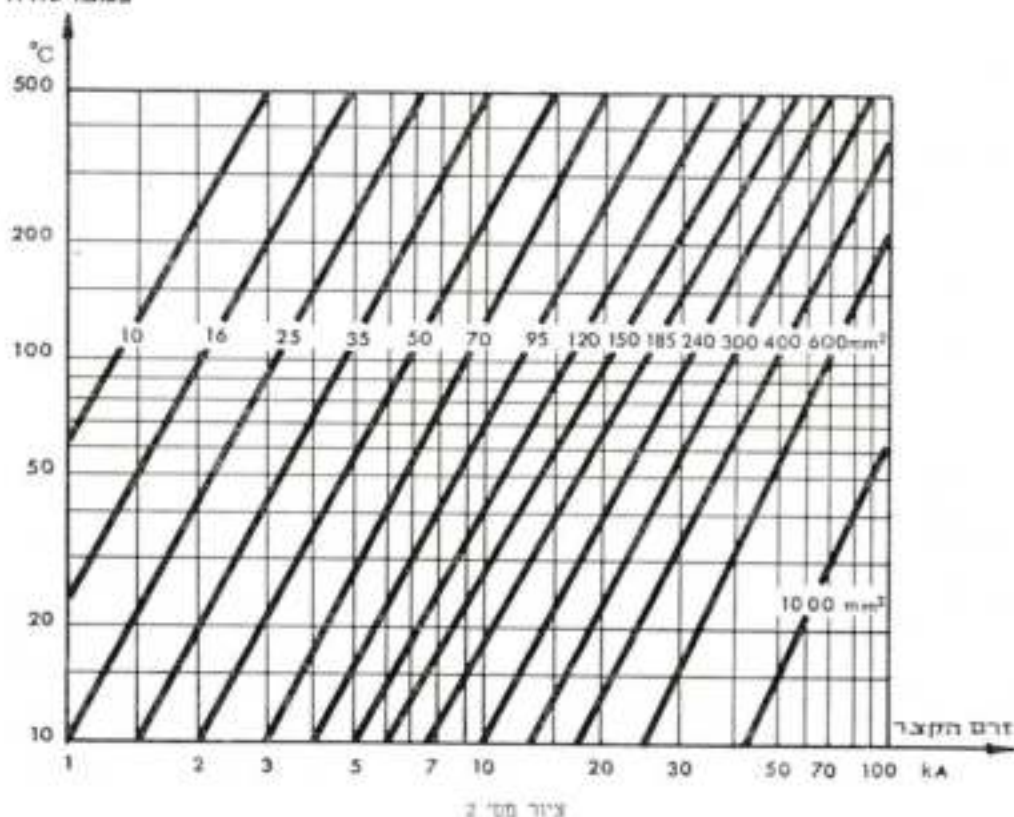
יתכן מאוד שחומרי הבידוד המסוגלים לעמוד בזרם נת החיסום הנובעת מזרם עבודה רגיל ייזקו מהמאר מגים התרמיים כתוצאה מהחיסום המוגבר עקב זרם הקצר. גם המוליכים עצמם עלולים להיזקק עקב התפשטותם, התרככותם או אפילו היתוךם במידה והקצר נמשך תקופה ארוכה. אפשר לקבל את עליות הטמפרטורה לפי הנוסחה

$$\text{הבאה: } t = I^2 \times \frac{K}{A}$$

- θ — עליות הטמפרטורה ($^{\circ}\text{C}$)
- A — שטח החתך של המוליך (ממ²)
- K — קבוע (לוחשת — 0,0058 לאלי-מיניום — 0,0135)
- t — משך הקצר (שניות).

בציור מס' 2 אפשר לקרוא את עליות הטמפרטורה של מוליכי נחושת במשך שניה אחת של זרם קצר. לזמנים אחרים יש לכפול את עליות הטמפרטורה בפרקי הזמן המתאימים. במקרה שאזן הקצר ארוך החישוב מורכב יותר כיון שיש להתחשב גם בקירור ובפיוור החום לסביבה.

טמפרטורה



כוחות דחיה. אפשר לחשב את הכוחות באמצעות

$$\text{הנוסחה הבאה: } F = 2.09 \times 10^{-3} \times \frac{l}{d} = I^2$$

- F — הכוח הפועל על המוליכים (ק"ג)
 - l — אורך המוליכים (מטר)
 - d — הרום המוליכים (ממטר)
 - I — הזרם המוליכים (ממטר).
- לשם מציאת הכוחות המכסימליים יש להתחשב בזרם הרגעי המכסימלי הגדול, כידוע, פי $\sqrt{2}$ מהערך האפקטיבי.

כתוצאה מהכוחות הדינמיים האלה נוצרים סאמנים מכניים באגוזים השונים כגון לוחות, מברדים, זיי זים וכדומה, העלולים להיזקק.

בציור מס' 1 נתונה התלות בין הכוחות הפועלים על כל מטר אורך של מוליך, לבין המרחק בין המוליכים וזרם הקצר הזורם בהם.

התופעות התרמיות

זרם הקצר הגבוה זורם לחיסום מוגבר של הסר ליכום בהם הוא זורם. החיסום נמצא ביחס ישר לזרם. זרם הקצר וכן ביחס ישר לזמן זרימתו.

הקשת במבטח

בנוסף לתופעות הדינמיות והתרמיות שהוזכרו לעיל יש להתחשב גם בכוחר הניתוק של המבטחים (נתי התכת האלמנט הניתן ובמפסקי זרם עם היפרדות המנועים. בקשת זו זרם זרם השמלי בעל עוצמה נ"כרת דרך האוויר המיואן וחלקיקי המתכת המאידת. האנרגיה האגורה בקשת עלולה לגרום להתפוצצות הניתוך, לשריפת המנועים ולנזק רב ללוח ולמיתקן המונן.

לכן ישנה חשיבות רבה לבחירת נתיכים ומפסקי זרם בעלי כושר ניתוק מתאים שיפסיקו את זרם התקלה בזמן קצר וכלי נזק.

חישוב מקורב של זרם הקצר

ניתן לחשב בצורה מקורבת את זרם הקצר המירבי (המכסימלי) שעלול להתפתח במקרה תקלה בדיעת נתוני טרנספורמטור החלוקה הנמצאים על שלטו: הספק מדומה נקוב, מתח נקוב ומתח הקצר. בעזרת המתח המסני וההספק הנקוב מחשבים את הזרם

$$I_k = \frac{N}{U\sqrt{3}}$$

בארץ, בה המתח המסני הנקוב הוא 400 וולט התקבל הנוסחה: $I_n = \frac{N \times 1000}{400 \times \sqrt{3}} = 1.5N$

שבה יש לבטא את N בקו"א כמו שהוא מצויין בשלט הטרנספורמטור, אזי יתקבל הזרם הנקוב באמפרים, עכשיו נעבור לזרמי הקצר: נערוך ניסוי קצר דמיוני בטרנספורמטור — נקצר את הצד המסני ונעלה בהדרגה את המתח בהדקי הראשוני עד שיד

זרם הזרם הנומינלי בלימפי הטרנספורמטור. מובן שתנאי קצר נשיג את הזרם הנומינלי כבר בחלק קטן של המתח הנקוב. זהו למעשה מירוש של מתח הקצר ($U_k\%$) הרשום בשלט הטרנספורמטור ומבטא באחוזים של המתח הנומינלי.

בתנאים מצידותיים כאשר יתהווה קצר בצד המסני בעוד שבצד הראשוני יהיו 100% של המתח הנומינלי

$$I_k = I_n \frac{100}{U_k\%}$$

יהיה זרם הקצר המכסימלי: כלומר יש להכפיל את הזרם הנומינלי ביחס $\frac{100}{U_k\%}$

על מנת לקבל את זרם הקצר המכסימלי. היחס

$$\frac{100}{U_k\%}$$

ניתן בטבלה מס' 1 עבור מספר ערכים מקובלים של מתח הקצר.

טבלה מס' 1

מתח הקצר	3%	4%	5%	6%	8%
זרם הקצר	33 I_n	25 I_n	20 I_n	17 I_n	12.5 I_n

נסכם בקיצור את האמור עד עתה:

1. מכפילים את ההספק הנקוב פי 1.5 ומקבלים את הזרם הנקוב.

2. מכפילים את הזרם הנקוב ביחס $\frac{100}{U_k\%}$ ומקבלים את זרם הקצר.

בטבלה מספר 2 ניתנים זרמי הקצר המכסימליים האפשריים עבור גדלים מקובלים של טרנספורמטור זרם ומתחי קצר שונים.

טבלה מס' 2

הספק הטרנספורמטור (קו"א)	זרם נקוב (אמפר)	זרם הקצר המכסימלי (אמפר)			
		$U_k\% = 3$	$U_k\% = 4$	$U_k\% = 5$	$U_k\% = 6$
100	150	5000	3800	3000	2500
160	240	8000	6000	4800	4000
250	375	12500	9375	7500	6250
400	600	20000	15000	12000	10000
630	945	—	23700	18900	15700
800	1200	—	30000	24000	20000

האגורה בשדה המגנטי לפני התהוות הקצר והיא תלויה לכן ברוג התהוות התקלה. בדרך כלל נחלש רכיב הזרם הישר תוך מספר חצי מחזור עד לערך מבוטל.

תופעה זו מתוארת בעיור מס' 3. בתנאים הנרועים ביותר יהיה ערכו של הלם הזרם פי 1.8 מזרם הפסגה של רכיב זרם החילופין או

$$I_p = \sqrt{2} \times 1.8 \times I_k$$

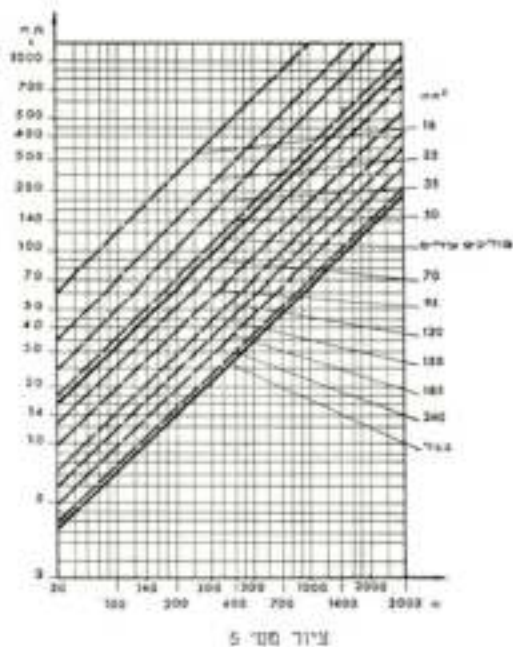
$$I_p \approx 2.5 I_k$$

הלם הזרם

עד עתה דנו בזרם החילופין היציב שיתפתח בתנאי קצר ממושך, ברוג הקצר עלול להתהוות הלם זרם רגעי גדול יותר.

הלם זרם זה נובע מהשינוי הפתאומי במצב המערכת ברוג התהוות הקצר.

ערכו הנזול ביותר של הלם הזרם מורכב מערך הפסגה של זרם החילופין כפי שחושב לעיל, ורכיב זרם ישר, מקור רכיב הזרם הישר הוא האנרגיה



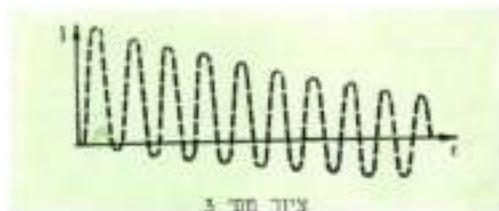
נגדו (R) וחלק אינדוקטיבי, „עיוור“ (X) הסחור ברים באופן ניאומטרי: $Z = \sqrt{R^2 + X^2}$
 לכן מקבל חוק אום לזרם חילופין תלתיזו את שלוב U

$$I = \frac{U}{\sqrt{3} \times \sqrt{R^2 + X^2}} \quad \text{הצורה הבאה:}$$

מציאת רכיבי העכבות

את הערכים המתאימים של רכיבי העכבות השונות ניתן למצוא בעזרת הצוירים 4 ו-5. בקו מרוסק ניתן הרכיב הפעיל (R) ובקו מלא ניתן הרכיב העיוור (X) במיליאום. בעיוור מס' 4 ניתנים רכיבי העכבה של הטרנספורמטור בהתאם להספק הנקוב ולמתח הקצר, כפי שניתן לראות מהצויר ערך הרכיב הפעיל תלוי רק בהספק הטרנספורמטור ולא במתח הקצר, לכן מופיע בשרטוט רק קו מרוסק אחד, לא כן בנוע לרכיב העיוור שתלוי גם בהספק הטרנספורמטור וגם במתח הקצר, בשרטוט ניתנים, לכן, 6 קוים המתאימים למתחי קצר שונים.

בעיוור מס' 5 ניתנים רכיבי העכבות של כבלים וקוים עיליים בשטחי חתך שונים. במקרה זה ערך הרכיב העיוור אינו תלוי בשטח החתך אלא במרחק שבין המוליכים, לכן מופיעים שני קוים מלאים בלבד — הקו המלא התחתון נותן את ערכי הרכיב העיוור של עכבת כבלים והקו המלא העליון נותן את ערכי הרכיב העיוור של עכבת קוים עיליים. הרכיב הפעיל תלוי בשטח החתך של המוליך ולא במרחק שבין המוליכים, לכן מופיעים קוים מרוסקים הנותנים את ערכי ההתנגדות של מוליכים בעלי שטחי חתך שונים.



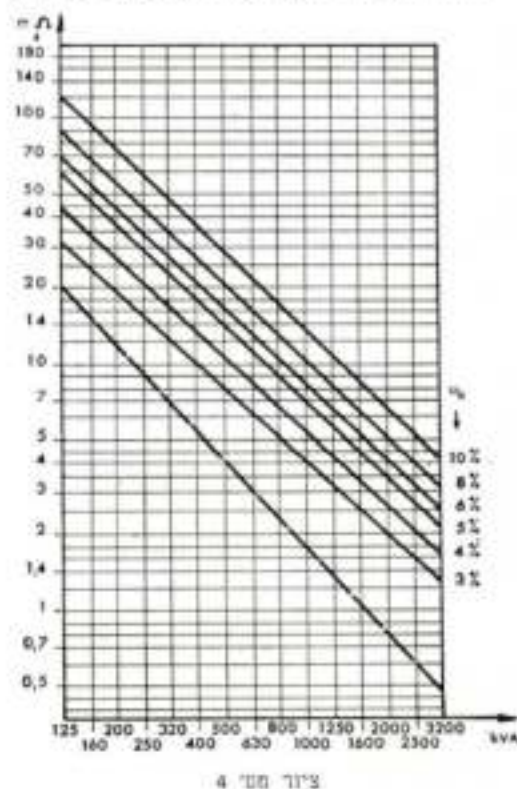
הזרמים שחישבו עד עתה הם הזרמים הגדולים ביותר שעלולים להתפתח במקרה של קצר בתדקי הטרנספורמטור ובזמן שהמתח עובר דרך האפס ו בתנאים מעשיים, כאשר הקצר מתחווה רחוק מהדקי הטרנספורמטור יהיו זרמי הקצר, על פי רוב, קטנים יותר, נעסוק במרק הבא בחישוב מפורט יותר.

זרם הקצר בהתחשב בעכבות (אימפדנסיות)

זרם חילופין תלתיזי המתח המזו (בין הפזה לאפס או לנקודת הכוכב של הטרנספורמטור) הוא המתח השלוב מחולק בשורת שלוש.

$$I_{ph} = \frac{U_{שלוב}}{\sqrt{3}}$$

ההתנגדות לזרם חילופין, (העכבה) גדולה כידוע מההתנגדות לזרם ישר, העכבה מורכבת מחלק התי



הנתונים מסוכמים בטבלה הבאה:

חלק הרשת	התנגדות פעילה (מיליאום)	התנגדות עיוורת (מיליאום)
טרנספורמטור	3.0	8.5
קו עילי	9.0	3.0
כבל	2.5	1.5
סה"כ	14.5	13.0

נחשב את זרמי הקצר בשלושה אופנים:
א. לפי הנוסחה:

$$I_k = \frac{400 \times 1000}{\sqrt{3} \times \sqrt{14.5^2 + 13.0^2}}$$

$$I_k = 11800 \text{ (אמפר)}$$

ב. לפי ציור מס' 6:

נקודת החיתוך של 13 מיליאום התנגדות פעילה ו-14.5 מיליאום התנגדות עיוורת מתקבלת בין העקומים 10 ו-15 קילואמפר, או בקירוב (אמפר) $I_k = 12500$.

ג. לפי החישוב המקורב (ראה טבלה 2):

$$I_{\Sigma} = 1.5 \times 630 = 945$$

$$I_k = 945 \times \frac{100}{4} = 23625 \text{ (אמפר)}$$

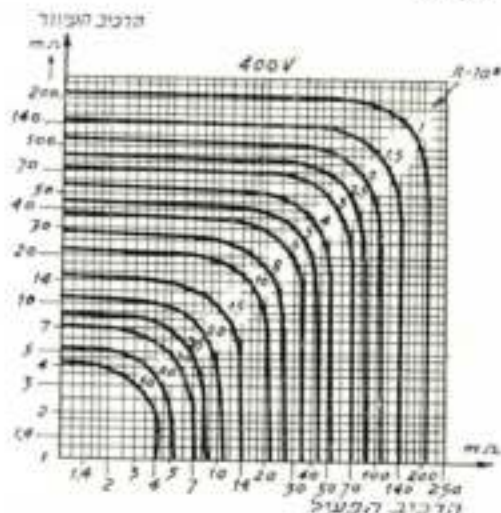
אנו רואים שהחישוב המקורב מתאים למציאות רק כאשר הקפל חל בחוקי הטרנספורמטור ואלו במקרה מעטי מגנטים הקיום והכבלים את זרם הקצר.

בדיקת עליות הטמפרטורה

מתוך ציור מס' 2 נמצא שעליות הטמפרטורה של מוליכי הנחושת בכבל במשך שניה תהיה 60 מעלות על פניו בקירוב. זאת עליות טמפרטורה העלולה לנריום נזק רב לכבל, אבל אם נשתמש בתוך מתאים שימשיק את זרם הקצר במשך 0.02 שניה (מחזור אחד) ונחות — תהיה עליות הטמפרטורה 1.2°C בלבד. $(1.2 = 160 \times 0.02)$.

קיום אלה מתאימים כאמור, הן לכבלים והן לקיום עיליים.

אחרי מציאת ערכי העכבה השונים ניתן לחשב את זרם הקצר בעזרת הנוסחה או להיעזר בציור מס' 6 הנותן באופן גרפי את זרם הקצר בתלות ברכיבי העכבה.

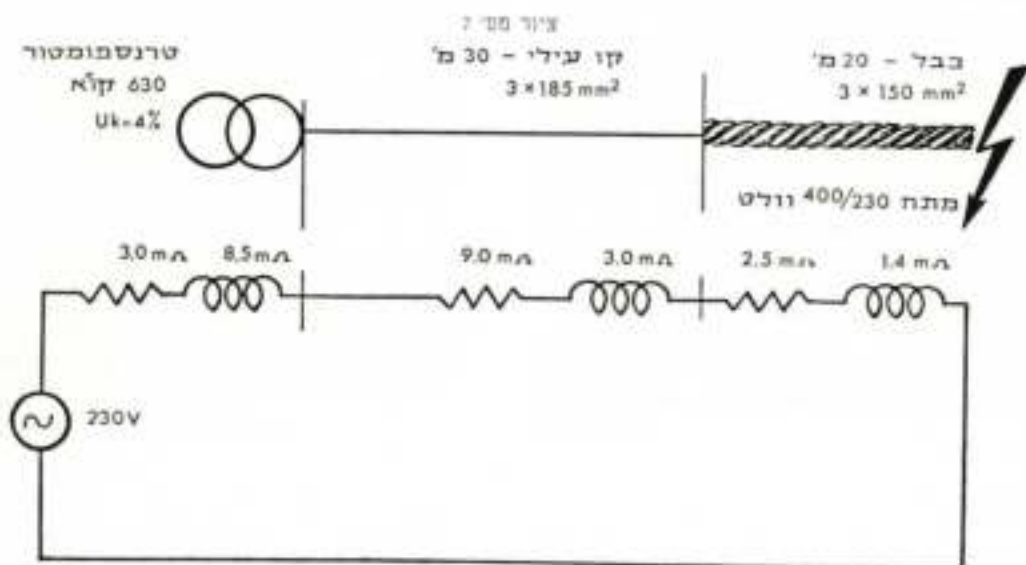


ציור מס' 6

חישוב לדוגמה

נבחר עשוי את השימוש בנוסחאות ובשרטוטים בעזרת דוגמה:

בציור מס' 7 אנו רואים תאור סכמטי של טרנספורמטור ממנו יוצא קו עילי שבהמשכו כבל קרקעי המיון מפעל תעשייתי. מתחת לסכימה מתוארת סכימת התמורה החד מעגלית. החישוב מתחיל לקצר על מסי הצבירה הראשיים.



תעריפי חשמל בתעשיה באיזה מהם לבחור ?

אינג' י. טראוב

לתמך בהם כך שלא יהיו "קפיצות" של עומס במשך היום — עשויים להקטין את שיא הביקוש השנתי ועמו את התשלום בעד שיא הביקוש במדה שתקבע את כדאיותו של תעריף זה או משהו.

3. — השווה את ההוצאה המשוערת לפי שני התעריפים לכוח ושקול אם יש עדיפות כלשהי לתעריף ב' ובאילו מידה מצדיק שיעור העדיפות לקבל החלטה בדבר בחירתו של התעריף הזה.

4. — הערך את העומס המחובר של המאור ואת הצריכה למאור ובדוק באילו מידה יגדיל המאור את שיא הביקוש של הכוח. חשב את התשי" לום השנתי בעד המאור לפי שני התעריפים ושים לב לכך, שעל פי תעריף ב' למאור יש לחשב חן את הקוטי"ש והן את התשלום בעד שיא הביקוש הנוסף הנגרם על ידי המאור לפי המחירים השוליים לכוח.

5. — ערוך השוואה משולבת של התעריפים לכוח ולמאור לפי אלטרנטיבות שונות (א' לכח + א' למאור ; ב' לכח + א' למאור ; א' לכח + ב' למאור ; ב' לכח + ב' למאור). כגורם נוסף שיש לו לפעמים השפעה מכרעת על החלטה לבחור בתעריף א' או ב' למאור תעשיתי מן הזין להביא בחשבון את החסכון — במקרים ובתנאים מסוימים — שניתן להשיג על ידי התקנת מיתקנים משותפים למאור ולכח. עם זאת על החשמלאי לא לשכוח את האפשרות הבלתי צפויה, שתנאי הייצור עלולים להשתנות במידה שכדאי יהיה לחזור לתעריף א' למאור ואם לא יהיה קיים לערוך זה מיתקן נפרד לחלוטין — אי אפשר יהיה לחזור למדידה נפרדת של המאור והצרכן יצטרך להמשיך ולשלם לפי תעריף ב' למאור אף על פי שדבר זה לא יהיה לו כדאי. החשמלאי יעשה בתבונה, אם יסלף בפני בעל המפעל — במקרים גבוליים או בתנאים העשויים, מבחינה זו, להשתנות — על מיתקן נפרד למאור גם אם נתקבלה החלטה לבחור בתעריף ב' למאור תעשיתי. יש להעיר, כי התעריפים ב' למאור ו/או לכח אינם ניתנים לתקופות קצרות מ־12 חודשים ולא ניתן לבטלם תוך כדי תקופת תחולתם.

לעם תירגול אנו מביאים כאן דוגמת חישוב, שמטרתה להמחיש את האמור בהערות דלעיל :

בחוברת מספר 2 של "התקע המצדיע" נתפרסמו תעריפי החשמל לכל סוגי הצריכה, וביניהם תעריפים א' וב' לכוח לתעשיה ולמלאכה ותעריפים א' וב' למאור לבתי תעשיה ולבתי מלאכה.

לעתים עומד החשמלאי בפני בעיה : באיזה מהם לבחור? כמובן, קנה המידה לבחירה — מה יותר זול. אין היתרון הזה פשוט כל כך, כי לפעמים נכנס בחשבון גורם ההשקעה במיתקנים נפרדים לכוח ולמאור, גורם השינויים הבלתי צפויים בעומס, בשעות הייצור והתאורה, בהיקף הייצור, בעונתיות וכו'. חשמלאי זהיר יתח את כדאיות התעריף לאור כל הגורמים האלה — כל אחד בנפרד וכולם יחד. להלן כמה הערות שמטרתן להנחות את החשמלאי בעת שעליו להחליט על איזה תעריף להמליץ, ובמקביל — אם לתכנן מיתקנים חשמליים נפרדים לכוח ולמאור או מיתקן משותף בעיקרו.

1. — הערך את צריכת הכח השנתית של המפעל, בקוטי"ש. אם יש לך בטוח, בצריכת החשמל שווה פחות או יותר מדי חודש בחודשו — קבע את הצריכה החודשית הממוצעת, חשב את התשלום החודשי הממוצע בעד הקוטי"ש והכפל במספר חודשי הצריכה בשנה. מוטב שתהיה זהיר ולא תגזים בהערכותיך. אם אינך בטוח שהצריכה תהיה שות מידה מדי חודש בחודשו — הערך את הצריכה בכל אחד מחודשי השנה בנפרד, חשב כל חודש בנפרד ושכח.

2. — הערך את שיא הביקוש לכוח בקוטי"ש ותרנם זאת לכסף. הבא בחשבון, כי הביקושהמכ" סימלי למטרת תעריף ב' לכוח הוא מספר קילוואטים השווה למספר קוטי"ש הגדול ביותר של צריכה במשך 15 דקות רצופות בכל חודש, מוכפל ב־4 והוא נקבע לפי רישום תמידי ; וכי שיא הביקוש בחודש כלשהו לא ייחשב פחות מהביקוש המקסימלי במשך 11 חודשים שקדמו לחודש הנדון. פירושו של הדבר : שיא חדשעמי בשנה משך 15 דקות בלבד דיו לקבוע גורלו של התשלום בעד שיא הביקוש משך שנה תמימה. כן הבא בחשבון, כי מותר לעבוד בשעות מסוימות בלילה, כפי שתקבענה מדי פעם בפעם על ידי החברה, בשיא ביקוש כפול מהשיא היומי מבלי לשלם בעד זה תשלום נוסף. תהליכי ייצור וסדרי הפעלה של מנועים וציוד תעשיתי אחר, אם יודעים

1. הצריכה השנתית לכת, בקוטי"ש

העומס המסוּבָר	—	400	קוטי"ש
העומס בפועל: משך 5 חדשי חורף, 1.5 שעות ביממה	—	300	"
"	—	240	"
"	—	200	"
"	—	300	"
"	—	240	"
"	—	200	"

עובדים 24 יממות בחודש; חודש אחד בשנה המסעל סגור.

הצריכה בחודש חורפי:

1.5 שעות ליום	×	300 קוטי"ש	=	450 קוטי"ש
"	×	"	"	2,880
"	×	"	"	2,100

סה"כ 5,430 × 24 ימים = 130,320 קוטי"ש

התשלום בעד 130,320 קוטי"ש:

לפי תעריף א'	1,000 קוטי"ש	×	אנ" 5.9	=	59.00	לי"י
"	1000 קוטי"ש	×	"	4.9	=	49.00
"	8,000 קוטי"ש	×	"	4.2	=	336.00
"	10,000 קוטי"ש	×	"	4.0	=	400.00
"	110,320 קוטי"ש	×	"	3.6	=	3,971.52
סה"כ					4,815.52	

הצריכה בחודש קיצי:

1.0 שעות ליום	×	300 קוטי"ש	=	300 קוטי"ש
"	×	"	"	960
"	×	"	"	1,000

סה"כ 2,260 × 24 ימים = 54,240 קוטי"ש

התשלום בעד 54,240 קוטי"ש:

לפי תעריף א'	20,000 קוטי"ש	×	אנ" 3.6	=	844.00	לי"י
"	34,240 קוטי"ש	×	"	2.4	=	1,232.64
סה"כ					2,076.64	

סה"כ בעד קוטי"ש:

לפי תעריף א'	5 ח' חורף	×	4,815.52	=	24,077.60	לי"י
"	6 ח' קיץ	×	2,076.64	=	12,459.84	"
סה"כ בשנה				36,537.44		

2. — שיא הביקוש לכת, בקוטי"ש

שיא הביקוש בחורף הוא 300 קוטי"ש ואפשר להפעילו בלילה, אולם בקיץ עובדים רק 10 שעות ביממה, בשעות היום, אך משך שעה תמימה טאלה אין להסתמך במחזות מ-300 קוטי"ש בפועל; לכן יהיה שיא הביקוש 300 קוטי"ש ולפי זה יחושב התשלום.

התשלום לחודש:

100 קוטי"ש	×	2.75	=	275.00	לי"י
"	×	"	"	470.00	"
סה"כ				745.00	

8,940.00 לי"י

12 חודשים × 745.00 =

3. — השוואת שני התעריפים לכח

סה"כ התשלום השנתי לפי תעריף א':	—	24,438.96 ל"י	=	36,537.44 ל"י
התשלום לפי תעריף ב': בעד קוטי"ש	—	8,940.—	=	33,378.96 ל"י
בעד ביקוש				3,158.48 ל"י
תעריף ב' לכח זול יותר מתעריף א'				או ב' 8.6%

4. — עומס וצריכה למאור

העומס המחובר	—	20	קוטי"ש
העומס בפועל:			
משך 5 חודשי חורף, 10 שעות ביממה	—	20	"
" " " " 14	—	10	"
משך 6 חודשי קיץ, 5	—	20	"
" " " " 5	—	10	"

המאור עשוי לגרום לתוספת בשיא ביקוש בשעור 10 קוטי"ש.

הצריכה בחודש חורף:

10 שעות ליום × 20 קוטי"ש	=	200 קוטי"ש
" " " " 14	=	140

סה"כ 340 × 24 ימים = 8,160 קוטי"ש

התשלום בעד 8,160 קוטי"ש:

לפי תעריף א'		
100 קוטי"ש × 19.0 אג'	=	19.00 ל"י
400 " " × 9.0	=	36.00
7,660 " " × 8.0	=	612.80
סה"כ		667.80

לפי תעריף ב'
במחיר השולי של הכח, שהוא 2.4 אג' הקוטי"ש

8,160 קוטי"ש × 2.4 אג' = 195.84 ל"י

הצריכה בחודש קיץ:

5 שעות ליום × 20 קוטי"ש	=	100 קוטי"ש
" " " " 10	=	50

סה"כ 150 × 24 ימים = 3,600 קוטי"ש

התשלום בעד 3,600 קוטי"ש:

לפי תעריף א'		
500 קוטי"ש	=	55.00 ל"י
3,100 " " × 8.0 אג'	=	248.00
" " " " 3,600	=	303.00

לפי תעריף ב'
במחיר השולי של הכח שהוא 2.4 אג' הקוטי"ש

3,600 קוטי"ש × 2.4 אג' = 86.40 ל"י

סה"כ התשלום בעד קוטי"ש של המאור:

לפי תעריף א'		
5 ח' חורף × 667.80 ל"י	=	3,339.00 ל"י
6 ח' קיץ × 303.00	=	1,818.00
סה"כ בשנה		5,157.00

לפי תעריף ב'
5 ח' חורף × 195.84 ל"י = 979.20 ל"י
6 ח' קיץ × 86.40 ל"י = 518.40 ל"י
סה"כ בשנה 1,497.60

5,157.00 =

1,497.60 ל"י

2,100.00

20 קוטי"ש × 8.75 ל"י × 12 חודש

בעד עומס מחובר

בעד שיא ביקוש

10 קוטי"ש × 2.35 ל"י × 12 חודש

3,879.60

1,277.40 ל"י
או ב' 25%

תעריף ב' למאור תעשייתי זול כגון מתעריף א'

אם נקח בחשבון שלגורך דוגמה זו ייחסך גם סכום של — 3,000 ל"י כתוצאה מכך שהמיתקנים לכה ולמאור יהיו בחלקים מסוימים משותפים, וכי סכום כזה נוסא רבית של 11% לשנה, דהיינו חסכון נוסף של — 330 ל"י לשנה, הרי שכל החסכון השנתי יתבטא — אם נבחר כאן בתעריף ב' לכה וכן בתעריף ב' למאור — כמפורט בריכוז דלקמן:

סעיף	תעריף א'	תעריף ב'	חסכון
בח	36,537.44 ל"י	33,378.96 ל"י	3,158.48 ל"י
מאור	5,157.—	3,879.60	1,277.40
מיתקנים			330.—
	41,694.44	37,258.56	4,435.88 (11.5%)

המחלקות המסחריות של החברה יתנו ברצון לכל המעוניין בכך הסברים נוספים בקשר לבחירת התעריף המתאים ויענו על שאלות שונות המתעוררות בקשר לכך. כן יספקו למעוניינים אשר ימנו למערכת, "התקע המצדיע" טבלאות עזר לחישוב כדאיות התעריפים הנדונים.

קפיצור

קורס להכשרת חשמלאים

המדור ללימודי חוץ — מוסד הטכניון למחקר ופיתוח מודיע על קורס מזורז להכשרת חשמלאים לשם קבלת רשיון מסוג חשמלאי מוסמך, בשיתוף עם המחלקה לענייני חשמל במשרד הפיתוח.

הקורס יפתח בחודש אוקטובר 1967 ויתקיים בחיפה ובתל-אביב במקביל.

משך הקורס: שנתיים, שני סמסטרים לשנה בני 15 שבועות כל אחד. הלימודים נערכים פעמיים בשבוע בשעות הערב.

דמי לימוד: — 250 ל"י לסמסטר. מקצועות הלימוד כוללים: מתמטיקה, פיסיקה, כימיה, תורת חשמל, מכונות חשמל, טכנולוגיה חשמלית, מתקנים, שרטוט מכני וחשמלי, ארגון וניהול, עבודת מעבדה.

מתקבלים לקורס חשמלאים לאחר ראיון בוועדת קבלה. בדבר פרטים והרשמה נא לפנות: חיפה, הטכניון — הדר הכרמל, הבנין הראשי חדר 22א', ת"ד 4959, טל' 68101, 67818.

תל-אביב, רח' לוינסקי 14, טל' 252707, 255941.

ארונות מדידה ואבטחה

בחודשים האחרונים מוכנסים לשימוש בחברת החש"מל ארונות מדידה ואבטחה סטנדרטיים שנועדו למתן אספקת חשמל לערכים בינוניים בתחום 100 עד 600 אמפר כגון בתי מלאכה, בתי חרושת, בתי מסחר ומשרדים גדולים וכדומה.

הארונות פותחו כדי להתאים את ציוד החברה המוצב אצל הערכן לדרושות הטכניות והאסתטיות המקובלות בעולם בשטח זה.

הארון החדש יחליף שורה של פריטים אשר מלאו בעבר תפקידים אלה כמו לוחות מדידה לתעשייה וארנוזי אבטחה שונים.

הארון כולל סדור לכניסת כבל תת-קרקעי או אווירי, מערכת אבטחה המורכבת מנתיכי שליפה בעלי כושר ניתוק גבוה, מערכת מדידת אנרגיה עבור סוגי תעריפים שונים לכוז ומערכת מדידה ואבטחה נפרדת למאור.

ניתן להציב את הארון לבדו וכן ניתן לשלב אותו במסגרת לוח החלוקה של הערכן.

כבלים בעלי

"חוט-שדרה"

אינג' ב. רביד

קיים קושי ביצירת מרווחי במיחות כגון : בשטח מטעים ויערות.
ג. במקומות בהם קיים צורך בהגברת רשת המתח הנמוך על ידי כבל מתח גבוה תוך שימוש בעי מודים הקיימים.
ד. במקומות בהם קיימים שיקולים כלכליים הדורשים משיכת קווי מתח גבוה אל קרבת הצרכן, מאפשר הכבל הנושא עצמו להתקרב קרבה רבה אל הצרכן.
ה. העברת קווי הזנה על גבי סמכים משותפים עם קווי טלקומוניקציה.
ו. במקומות בהם רשת אווירית נלווה מוגמת בנף מבחינה אסתטית. הכבל הנושא עצמו מאפשר במקרה זה הנעתת הקו בין עצים ולאורך בנינים.

הכבל הנושא עצמו, בחיותו קומפקטי מגביר במידה רבה את בטיחות הטערכת. הוא חזק מבחינה מכי נית למעשה הוא מאפשר אמילו השענת סולם על הכבל המתוח. הכבל בעל הבידוד התרמופלסטי הכסול עומד יפה בפני האקלים. יתרון בטיחותי נוסף לכבל זה הוא שתיל הפלדה הנושא מבודד לכל אורכו.

בארץ מסלוא כבל זה את דרישת התקן הישראלי לכבלים אוויריים ת"י 473 בתוספת הכבל הנושא. לפיכך נראה לנו כי הכינוי המתאים של כבל זה יוכל להיות טנטי"8, כאשר האותיות טנט מציינות את הסבנה הרגיל של כבל זה, כלומר, בידוד תרמו-פלסטי לטוליכים ומעטה הגנה תרמופלסטי ואילו התוספת של הספרה 8 מציינת את הסבנה המיוחדת. בחברת החשמל הוחל בשימוש בכבל נושא עצמו בשטח חיבורי הצרכנים. לאחר נסיון של שנתיים נראה כי הכבל התקבל יפה הן ע"י הצרכנים והן ע"י העובדים.
יש לקוות כי עם ריבוי השימוש בכבל נושא עצמו, תגבר הבטיחות, יוקטן מספר ההפרעות באספקה ויוטג חסכון בהוצאות ההתקנה וההחזקה. כן יביא הדבר תרומה בשיפור סביבת הסגורים בארץ.

התקנת כבל אווירי מחייבת בכל מקרה מתיחה של כבל פלדה נושא, הבאת הכבל המוליך אל קרבתו ותליתו על גבי הכבל הנושא. פעולה זו בוצעה בעבר באמצעות טבעות תליות, לטוף ספירלי של חוט או שרט פלדה סביב השניים, או באמצעות קשירה בחוטי קשירה.

לאחרונה, הוכנסו לשימוש בחברת החשמל כבלים אוויריים הכוללים בתוכם את האלמנט הנושא. במסך שנת 1966 הותקנו כשבעים ק"מ של כבל נושא עצמו. כמות זו מהווה שליש מכלל הכבלים האו"י ריים שחותקת באותה שנה.

הרעיון של כבל הנושא עצמו נולד בארה"ב בשנות השלושים. במבנים הראשונים שהופיעו נוקצע כבל הפלדה במרכז, כאשר הידיים שזורים סביב. לטיבנה זה היו חסרונות רבים בעת תליות הכבל ומתיחתו ; בין השאר לא ניתן היה למנוע העברת כוחות מתיחה מהכבל הנושא אל המוליכים. הדבר גרם להפי רעות רבות ורוב היצרנים עברו אל מבנה אחר, בו קשרו את הכבל המוליך אל הכבל הנושא שנמצא מעליו באמצעות ליטוף שרטי פלדה. אולם גם במבנה זה הועבר חלק מכוח המתיחה אל המוליכים.

בהמשך לטאמציים אלה במיתוח כבל אווירי זול יותר ונוח להתקנה הוחל בשנות החמישים בעבודה על כבל בעל התך בצורת הספרה שמונה. במבנה זה נתונים הכבל הנושא מפלדה והכבל המוליך בתוך מעטה משותף, היוצר בין שני הכבלים גואר קטן. תחילה, נכנס כבל זה לשימוש בקוי טלקומוניקציה ואחר כך חדר גם אל שטח הכבלים להעברת אנרגיה. כיום נמצאים כבלים אלה בשימוש נרחב בארה"ב ובאירופה במתח נמוך ובמתח גבוה.
הכבל הנושא עצמו חודר ומתפשט בעולם בשטחי השימוש הבאים :

- א. באזורים עירוניים בנייים בצפיפות, ברחובות צרים ומתפתלים, בהם קווים נלווים מהווים סכנה.
- ב. בעת העברת קווי אספקת אנרגיה באזורים בהם

עיוות המתחים המשניים

עקב ניתוק פזה בצד הראשוני של שנאי החלוקה

אינ' נ. פלג

מכוון אז אל הספרה 11, בדיקה טריונומטרית קצרה מראה שהמתח המושגה בכל סליל משני קטן מ $\frac{1}{\sqrt{3}}$ מהמתח המי המשני. יתרונה של שיטת חיבור "משונה" זו הוא שגם כאשר העומס בצד המתח הנמוך של השנאי איננו סימטרי (זהו

מבוא

לניתוק אחת המות בצד הראשוני (22 או 33 ק"ו) של שנאי (טרנספורמטור) חלוקה עלולות להיות מספר סיבות שעל רובן אין לחברת החשמל שליטה או יכולת איתור אוטומטית. הניתוק במוליך הפזה או בנתוך המתח הגבוה עלול להיגרם על ידי מספר רב ומגוון של גורמים: קצר דרך גומן של ציפורים שהתיישבו בין המות, פגיעת ברק, עיפוטי ילדים שהסתבכו בין המוליכים, נפילת ענפי עצים על המוליכים ועוד. ההתראה המיידית על התקלה מופיעה במיתקנים בצד המתח הנמוך בצורת מתח חים לא נורמליים שתוצאותיה עלולות להיות הרסניות, למשל לבני מנועים (חד מוים עם התנעה בעזרת סליל עזר ומפסק צנטריפוגלי ובעיקר – תלת-פזיים!).

במסגרת מאמר זה נדון בתיאור התקלה ובאמצעים שחיובים לנקוט מתכנן המיתקן והשטלאי האחוקה, על מנת למנוע נזק אפשרי בגללה. מרבית שנאי החלוקה של חברת החשמל הם ליחס מתחים 22/0,4 ק"ו (מתחים שלובים) ואופן חיבורם הוא בדרך כלל בשיטת כוכב/זיגזג 11 (Y/Z11) או בשיטת משלוש/כוכב 11 (D/Y 11).

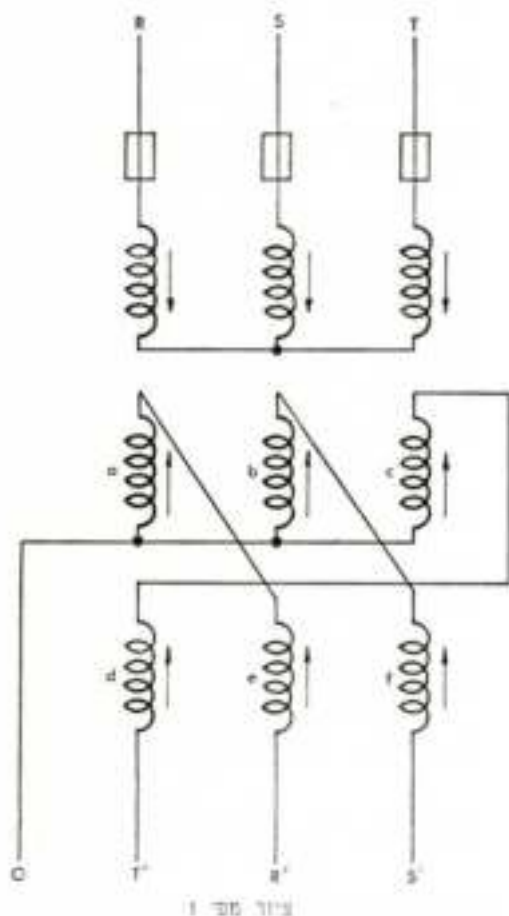
שנאים בחיבור כוכב / זיגזג 11

שיטת החיבורים במצב תקין של שנאי בחיבור 11 Y/Z מתוארת בעיור מס' 1. החיצים מסמנים את כיוון המתחים בסלילים.

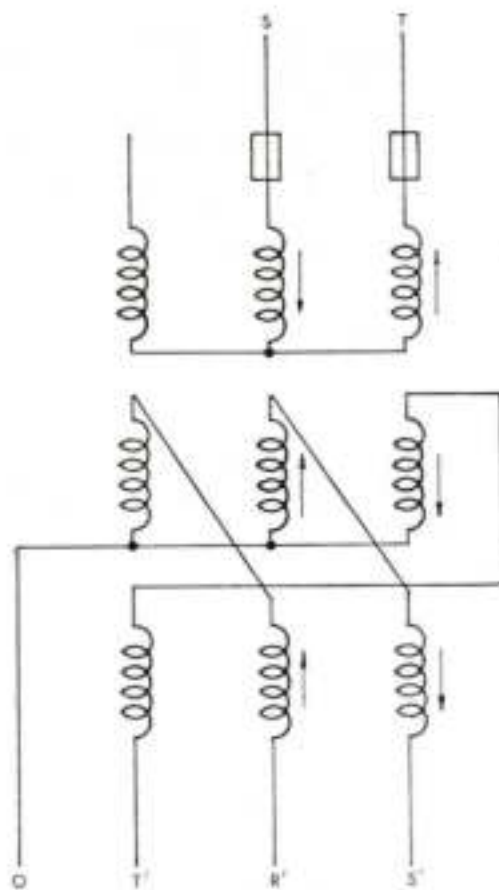
הדיאגרמה הוקטורית במצב תקין מתוארת בעיור מס' 2.

לצורת חיבור זאת ישנה תכונה אופיינית המיוחדת אותה מיתר צורות החיבור הידועות. המתח המשני בכל פזה מתקבל כסכום המתחים המ"ו שרים בשני סלילים הנמצאים על שתי שוקיים שריות של השנאי ומחברים בכיוונים הפוכים.

כתוצאה מכך נוצר הפרש זמני בין המתח הפזי הראשוני והמשני המתבטא בדיאגרמה הוקטורית בזווית בת 30°. המצב ההדדי בין וקטורי העצ הראי שוני והעצ המשני מזכיר את מצב מחוגי השעון בשעה 11 ומכאן כינוי החיבור, למשל, אם וקטור המתח במזה (בצד הראשוני) מכוון אל הספרה 12 בשעון, הרי וקטור המתח בפזה (בצד המשני)



ציור מס' 1



צ'ור מס' 3

ואילו המתחים המישניים השלובים יהיו כדלקמן:

$$U_{R'S'} = 345 \text{ וולט}$$

$$U_{S'R''} = 345 \text{ וולט}$$

$$U_{R''S'} = 0$$

כלומר שני מתחים שלובים בשיעור של 86% מהנטי מינלי והמתח השלוב השלישי — אפס.

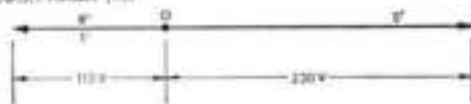
שנאים בחיבור משולש/כוכב 11

סקימת החיבורים במצב תקין של שנאי בחיבור

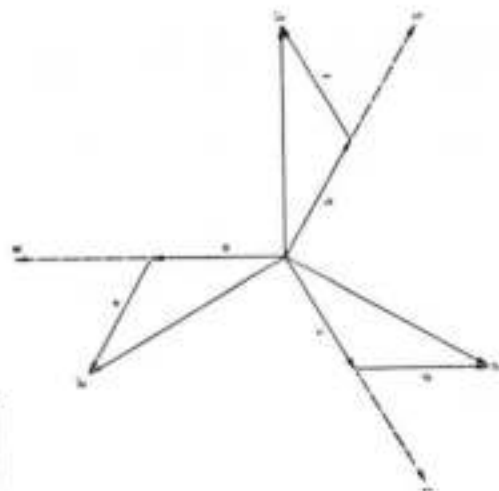
המתח המעשי



המתח המעשי



צ'ור מס' 4



צ'ור מס' 2

המצב המעשי כאשר מרבית הערכים הם חדי פזיים) לא יורש הדבר בצורה בולטת ומזיקה, בצד המתח הגבוה, במילים אחרות — העברת העומס לצד המתח הגבוה תהיה סימטרית למדי ולכן גם יעילה יותר אפילו בתנאים של העמסה לא סימטרית בצד המתח הנמוך.

כאשר מנותקת, עקב תקלה, אחת הזוגות בצד המתח הגבוה מתקבלת התמונה המתוארת בצ'ור מס' 3. בצד המתח הגבוה בדיאגרמה הוקטורית שבעמוד 4 החזנה היא כביכול חדיפזית כשהמתח הגבוה השלוב מתחלק שווה בשווה בין שני שלילי הננאי שנשארו מחוברים. פירושו של דבר שהמתח שמקבל כעת כל שליל ראשוני הוא מוקטן (במצב

תקין המתח על כל שליל ראשוני הוא $\frac{U}{\sqrt{3}}$ שלוב

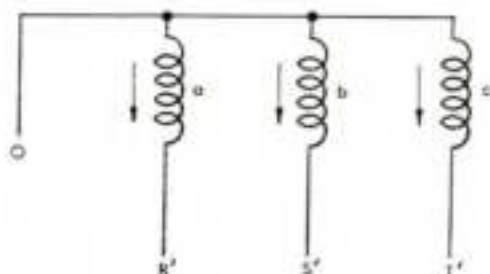
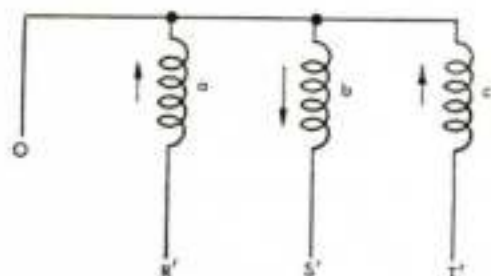
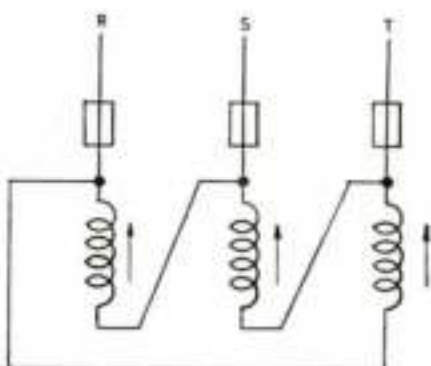
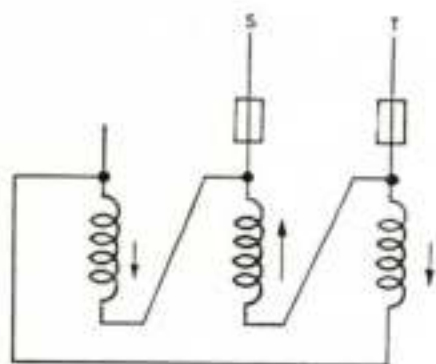
ואילו במצב של ניתוס מזה כאמור לעיל, יהיה המתח על כל שליל ראשוני U שלוב כתוצאה מכך יוקטן באותו יחס גם המתח המורשה בכל אחד מארבעת הסלילים המישניים הנמצאים על השני קיים בהן יש עדיין שטח מנגני. כלומר כ-86% מערכו בתנאי עבודה תקינים.

במילים אחרות, המתח על כל אחד מארבעת הסלילי-

המושרים יהיה במקרה זה 50% $\left[\frac{1}{\sqrt{3}} \times \frac{\sqrt{3}}{2} \right]$

מערכו של המתח המזי הרגיל, כשהמתח המישני התקין הוא 230 וולט בכל מזה יהיו המתחים בטעת התקלה, של חוסר מזה בצד המתח הגבוה, כדלקמן:

המתח המזי במזה R'	115 וולט
" " " S'	230 וולט
" " " T'	115 וולט



צ'ור מס' 7

צ'ור מס' 5

היא גם כאן בת 30° , וזאת על מנת לאפשר חיבור במקביל של מספר שאים.

כאשר מנותקת אחת הפזות בעד המתח הנבונה מתקבלת התמונה המתוארת בצ'ור מס' 7 ונדואי גרסה חוקטורית שבצ'ור מס' 8.

נראה שתתקבל במקרה זה חלוקת מתחים הוזה לזו שבמקרה החיבור Y/Δ שתוארה לעיל.

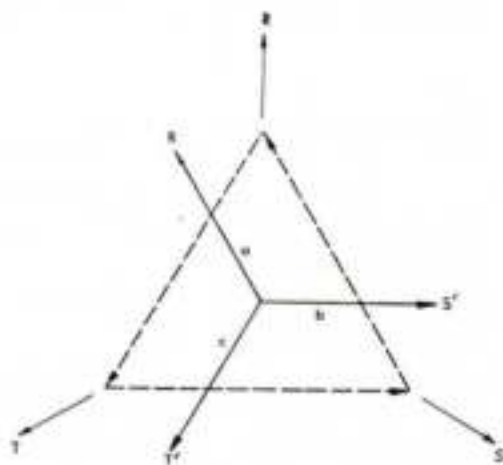
יש לציין ולהדגיש שניתוח התקלה כפי שנעשה במאמר זה מתייחס אך ורק למקרה בו הצד המטני אינו מועמס או מועמס בעומס אפסי.

החישוב למקרה של צד מטני מועמס הוא מסובך יותר כיוון שאו תחול תזווה טיפסת של המתחים ועלול להיות שינוי קיצוני במצב הן כתוצאה מאופי שונה של העומס (התנגדותי השראתי או קיבולי) והן בגלל העובדה שהסלילים המשניים הנמצאים על

D/Y 11 מתוארת בצ'ור מס' 5. החיצים מתארים את כיוון המתחים בסלילים.

הדיאגרמה חוקטורית במצב תקין מתוארת בצ'ור מס' 6.

בחיבור זה מתקבל המתח בכל סליל מיטני — כתר צאה מהשטף המסומי של סליל ראשוני אחד. הזוית בין וקטורי המתחים הראשוני והמטני של כל מה

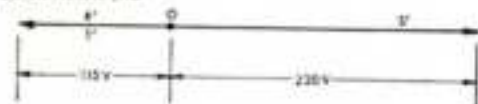


צ'ור מס' 6

כיוון המתח הראשוני



כיוון המתח המטני



צ'ור מס' 8

נרעין הפזה המנותקת מהצד הראשוני, פועלים אז כריאקטנסה בעלת ערך גבוה.

איתור הקלה

אמצעי הבקרה של חברת החשמל אינם מסוגלים בכל המקרים להתריע מיד על כל תקלה מסוג זה, כיון שלעיתים כאשר מנותקת פזה אחת בצד מתח גבוה של שטחי חלוקה הסוּוּן מקום מתח גבוה אליו מחוברים מספר רב של שנאים (נוסטים) לא נוצרת אייסימטריה בולטת בזרמי הקו.

מאידך קיימות מספר תופעות חיצוניות המופיעות בשעת התקלה. להלן נזכיר כמה מהן: מנועים שלא יכלו לפתח את מומנט הסיבוב הדרוש, נורות ליבון שאורן יעומעם, מכשירי חימום שתמוקם תרד, שפרי מרות פלואורסצנטיות שלא תדלקנה, ועוד. אולם מאחר ותופעות דומות של מתחים שונים ומשונים עלולות להופיע גם במקרה של חוסר פזה בצד מתח נמוך או נתק במוליך האפס, יש לוודא ראשית כל שסיבת התופעות היא ניתוק פזה בצד המתח הגבוה. הדרך המומלצת לקביעת סיבת התקלה היא כדלקמן:

א. לנתק את המיתקן ממקור האספקה על ידי פתיחת המפסק הראשי או שליפת הפקקים הראשיים.

ב. לבדוק בעזרת וולטמטר את המתח בין נקודת האפס ונקודת ההארקה. אם מתגלה מתח — ברור שרציפות האפס קיימת.

אם לא מתגלה מתח —

ג. לבדוק בעזרת אוהממטר אם אין נתק במוליך האפס, על ידי מדידת הרציפות בין נקודת האפס ונקודת ההארקה.

אם לא מתגלה נתק —

ד. לבדוק, כשהמיתקן ללא עומס, את המתחים בין הפזות לבין נקודת האפס. אם נמדדים מתחים בדומה לאלה שהוזכרו לעיל בתיאור התקלה של ניתוק פזה בצד המתח הגבוה, יש להודיע על כך מיד לחברת החשמל. כמובן שעד לתיקון התקלה על ידי חברת החשמל אין להפעיל את המיתקן.

ל ט י כ ו ם

מאחר ותקלות מהסוג בו עסקנו במאמר זה עלולות להתרחש ללא כל התראה מוקדמת, יש לדאוג להגנת הציוד הפגיע ובמיוחד יקר הערך או החיוני (למשל מנוע בחדר קירור!).

ברור שאמצעי ההגנה הרגילים, כמו נתיכים או מפסי קים אוטומטיים אינם מהווים הגנה לתקלות כאלה. אמצעי ההגנה הנספים הדרושים הם ממסרים המנתקים את המיתקן או חלק מסוג במקרה של נפילת המתח מתחת לערך מסוים. יש כמובן להכין ניש גם סידור של השחיית זמן לממסרים כדי שלא תיגרמנה הפסקות בעקבות כל תופעת מעבר ברשת! אפשר להכניס גם ממסרים תרמיים המנתקים את המיתקן מהאספקה במקרה של עליית טמפרטורה, מעל למכוון, בחלקים קריטיים של מנועים וכו'. במקרים חיוניים רצוי להוסיף גם מיתקן התראה (אופטית או אקוסטית) על מנת לקצר את הזמן הנדרש לאיתור התקלה.

על ציבור החשמלאים להיות ער לבעיה ולדאוג מבעוד מועד לקיום אמצעי הגנה מתאימים על חלקי המיתקן הדרושים זאת, וכן לנהוג בהתאם לנהל שהוצע לעיל בקשר לאיתור התקלה ודיווח עליה לחברת החשמל.

המיתקן החשמלי במעליות

סוף מעמוד 28

מערכת התאורה

מעגל התאורה סוּוּן ממקור נפרד הקשור למעגל התאורה של הבניין ותפקידו להאיר את פנים המעלית עבור הנוסעים ואת פיר המעלית מבפנים עבור אנשי האחזקה.

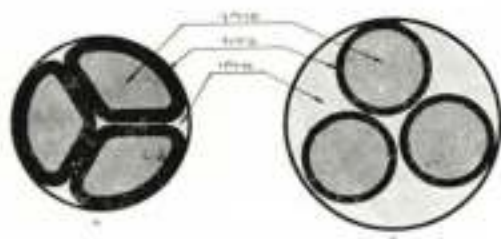
התאורה הפנימית של המעלית היא עם נורות ליבון או שפופרות או פלואורסצנטיות. במידה והתאורה היא עם נורות ליבון מסודרת הפעלה והפריקה אוטומטית של התאורה ע"י פיקוד המעלית. במידה והתאורה פלואורסצנטית מסודרת מחוג תאורה בתא המעלית וכשמשתמשים בנורות פלואורסצנטיות מסוג Rapid start אפשר לסדר תאורה אוטומטית. מעליות רבות מצוידות גם במאורר חשמלי לאוורור תא המעלית. המאורר פועל ממעגל התאורה ומפעל ע"י מתג בתא המעלית. הספק מעגל התאורה נע בין 150 וט ל-1000 וט.

מעגלי הפיקוד ברוב המעליות הם מעגלי זרם ישר במתח נמוך ונמוך מאוד השימוש בסולנואידים, מומסרים וקונטקטורים לזרם ישר הוכח כיעיל הן מבחינת הרעש (אין זמזומים) והן מבחינת אורך החיים של הסלילים (אין סכנת התחממות). המתח הים הם מ"י 24 וולט עד 125 וולט. מעגלי האימות הם בזרם חילופין במתח נמוך מאוד מ"י 6 עד 24 וולט. להגנת הנורות מקובל להשתמש במתחים בשיעור של 75% ממתחן הנומינלי על מנת להגדיל את אורך חייהן.

יש לציין שבשנים האחרונות פותחו לוחות פיקוד עם חצאי מוליכים במקום מופסרים, דבר שפותר את בעיית התקלות כתוצאה ממנועים מולוכלכים ומגדיל אורך החיים של לוח הפיקוד. שלוש מע"י ליות ראשונית בארץ מסוג זה, תופעלה בקרוב במלון פרק בתל-אביב.

כבלי חשמל במבנה גזרתי (סקטורלי)

אינג' מ. ח. כהן



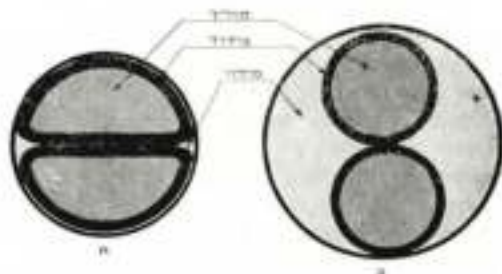
צ"ד 08' 2

שזירה מטמטש לחתכי מוליך עד 35 סמ"ר בנחושת או 50 סמ"ר באלומיניום במקרה של מוליך ענול. ככל שעולה חתך המוליך, עולה מספר התיילים המרכיבים אותו וכמובן מספר טכבות השזירה. מעולת השזירה הרגילה נותנת גורם מילוי של כ-75%, גורם המילוי הוא היחס שבין חתך הנחושת ובין שטח החתך הכללי שתופס המוליך. בציר מסי 3 רואים מוליך המורכב מ-19 תיילים בודדים ורואים בין התיילים חללי אויר, המורידים את גורם המילוי. הדרישה לצלל היטב את חתך הכבל הולידה את הצורך בצמצום החללים שבין התיילים. לאחר שנשור המוליך, הוא עובר תחליך הסצפה אותו בחוסר סבד ועתה הוא נקרא ניד. כדי לבנות כבל המכיל יותר מגיד אחד, יש צורך לשזור יחד את הגידים. מעולה זו הנקראת שזירת גידים טבטיחה נמישות ומאמצים המחולקים שזה בין הגידים בעת כיסוף הכבל. צורכי השימוש בכבל והפעולות הנוספות שעליו לעבור לפני גמר ייצורו, מחייבים מילוי הנותן צורה ענולה לכבל (ראה ציר רים 1 גבי 2 ב' 27'), מובן סאליו שככל שיש יותר מילוי מנוצל חתך הכבל פחות, משקלו עולה ויותר מאוחר נראה שההשפעה העלילית של המילוי גדלה ככל שהכבל מכיל יותר מרכיבים (מעטה מנימי,

מבנה הכבל הגזרתי ושיטת הייצור

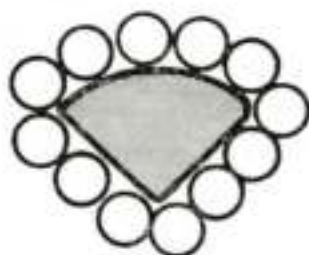
כבלי הספק במבנה של מוליכים ענולים הם הטייפוס שהיה נפוץ עד כה בישראל. (צוירים 1 גבי 2') בעולם משתמשים כבר שנים רבות בכבלי הספק המוליכים מוליכים בעלי מבנה גזרתי (צוירים 1 גבי 2'). ולאחרונה הוחל בייצורם גם בארץ. התקן הישראלי מספר 547 לכבלים תתיקרקעיים למתח שאינו עולה על 1000 וולט, מצוין אפשרות ייצור של כבלים בעלי מוליכים ענולים, או במבנה גזרתי וחומר המוליכים יכול להיות מנחושת או סאלומיניום.

לפי תקן זה יכולים להיות מוליכי הנחושת עד 16 סמ"ר ומוליכי אלומיניום עד 35 סמ"ר, עשויים מתיל יחיד מקשי (סוליד). מוליכים בעלי חתך יותר גדול מיוצרים ממספר טינימלי של תיילים שזורים יחד, כדי להבטיח להם נמישות. כדי להבטיח מבנה הדוק למוליך וכדי לאזן את המאמצים הנוצרים בעת כיסוף המוליך, נשורים התיילים הבודדים יחד בטכבות הדימרכיות. מעולה זו נקראת "שזירת המוליך", השזירה הפשוטה ביותר מורכבת מתיל מרכיב וסביבו ששה תיילים שווים לו בקוטר המלפס פים אותו במסיעה מסוימת. המבנה הפשוט הזה של



צ"ד 08' 1

יותר, עולה גמישות הכבל. הטבנה הנורתית מחייב את הנידים להיות פזורים בהתאמה זה לזה ולכן עם כל פגיעת שורה, סובב הנוד סביב צירו. סיבוב זה סביב הציר מנדיל את המאמצים הפנימיים במוליכים. לנידים נורתיים ניתנת פגיעה ארוכה מזו שניתנת למוליכים עגולים כדי להקטין את המאמצים האלה. מוליכים בחתכים של 70 מ"מ ומעלה עוברים בעת שירתם תהליך הנקרא פיתול מוקדם המעצב את העורה הנורתית במוליך ואף מסתל צורה זו סביב ציר האורך של המוליך.



ציור מס' 5

(ראה ציור 8). בקיצור, במעולה אחת חופך מוליך עגול המורכב מתיילים עגולים למוליך שחוטיו דחוסים, נורתו סקטורלית ומתפתלת לארכו. המי תול הראשוני נשמר גם אחרי הבידוד ומאפשר להניח את הנידים זה ליד זה בעת שירתם ללא הסיבוב לאורך הציר.

הפיתול מבטל את המאמצים הפנימיים בכלל, לאחר שירת הנידים מתקבל כבל בלי מאמצים פנימיים ולשם הבטחת צורתו, הוא נכרך בסרט חזק המקיף



ציור מס' 6

את הנידים. למי סוג הכבל הוא עובר פעולות ייעור משלימות אך אלה אינן מיוחדות למבנה הנורתית. בצירים 1 א' 2 א' רואים מבנה של כבל נורתית בעל 2 או 3 נידים. אם הכבל מכיל 4 נידים שווה התך

סיכך, שריון וכו'). ניצול יעיל יותר של התך המר ליד ושל התך הכבל, מושג על ידי הטבנה הנורתית, בציר מס' 4 רואים גורם מילוי של 100% עבור המוליך. מבנה כזה, בהתאם לת"י 547 יתכן להתך של עד 150 מ"מ, אך רק למוליכי אלומיניום. הסיבה היא הקשיחות הנמוכה יותר של האלר מיניום. מבנה נורתית נוסף הוא זה הנראה בציר 5. המוליך עשוי מתיילים שזורים סביב גרעין שצר רתו נורתית. גורם המילוי מוע כדו 92%—90. העורה המקובלת ביותר היום למבנה נורתית היא



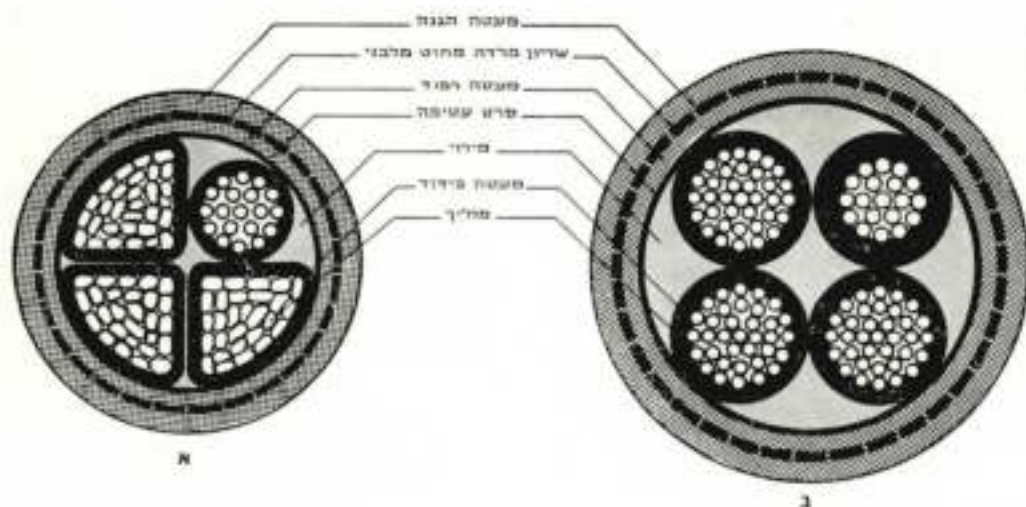
ציור מס' 3

זו הנראית בציר 6. התיילים העגולים (אלומיניום או נחושת) נשזרים ותוך כדי כך נרחבים על ידי גילוי עגול. הדחיסה מנדילה את גורם המילוי ל-94%, מלבד הדחיסה, המקנה ניצול יעיל של שטח המוליך, מביאה העורה המוקנית למוליך לביטול העורך במילוי הכבל כך שניצול שטח הכבל גדל. המוליכים עוברים בידוד ובישראל מקובל שהוא פולינול כלוריד (פ. ו. סי). פעולה זו נעשית ע"י



ציור מס' 4

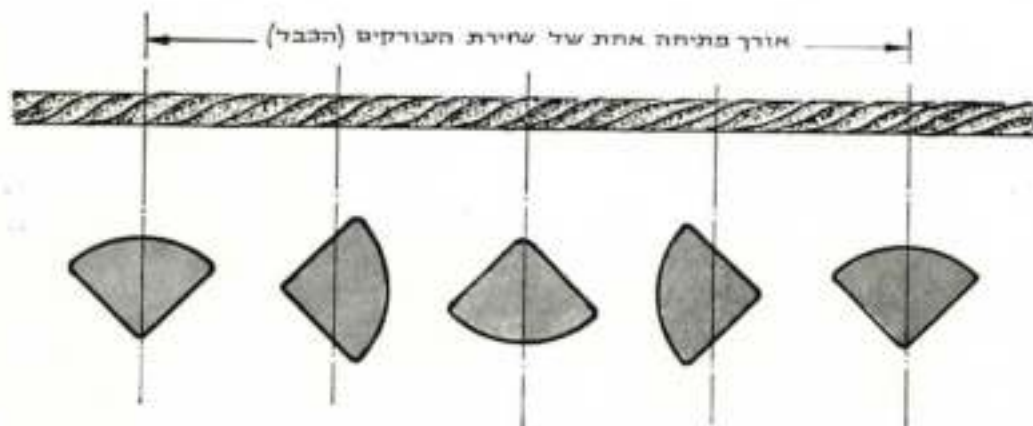
העברת המוליך דרך מסכת סירוד (אקסטרוזיה) המעבירה טעליו שכבה אחידה של פלסטיק חם. שכבה זו מתקררת על המוליך תוך כדי מעבר בשוקת מים. שלושה או ארבעה נידים כאלה נשזרים יחד בפגיעה מסוימת. ככל שהפגיעה קטנה



צ'ור מס' 7

במאמר זה הן למבנה כוח לעומת מבנה של 4 נידים עגולים.
 חיבורי כבלים גורתיים נעשים כמו חיבורי כבלים עגולים. ניתן להשיג בארץ ללא קושי נעלי כבל מתי אימות לחתכים גורתיים.

יש לו מבנה של 4 גורות בנות 90 מעלות כל אחת. במקרה של כבל תלת ניד עם ניד רביעי (האפס) בחתך קטן יותר, המבנה המעשי הוא של 3 נידים גורתיים בני 90 מעלות כל אחד והרביעי במבנה עגול. (ראה צ'ור 7). כל ההשוואות שניתנות



צ'ור מס' 8

יתרונות טכניים

קרור טוב וזרמי העמסה גבוהים יותר

הגורם העיקרי בהעמסת כבל כוח הוא הטמפרטורה המכסימלית של המוליך. טמפרטורה זו מושפעת מההפסדים עקב הזרם ואפשרות פליטת החום לסביבה, כלומר קירור הכבל. ממבנה הכבל הנזרתי קל לראות שקירורו טוב מזה של כבל בעל גידים עגולים, בגלל שטח המנים היותר גדול של המוליך המופנה כלפי חוץ. ההתנגדות לפליטת חום קטנה ב-25%—15 עבור כבלים נזרתיים במבנים שונים, בהשוואה לכבלים עגולים. ניתן לומר שעבור שני כבלים, נזרתי ורגיל, המורכבים בתנאים שווים, יוכל הכבל הסקטורלי להעביר זרם הגדול ב-10%—5 לערך. טת הכבל הרגיל ללא חריגת מטמפרטורה המכסימלית המותרת.

התנגדות חשמלית נמוכה יותר

בגלל שכבה מחוטנת על תילי המוליך, אין התנגדות הגיד יכולה להיות מחושבת רק לפי החתך, כיון שיטנה תוספת התנגדות, בסדר גדול של 2%. התנגדות זו היא תוצאה של מעבר הזרם החשמלי לאורך החוטים הבודדים השוריים בגיד ולא ישר לארכו. המבנה החדוש של הכבל הסקטורלי מגדיל את אפשרות המעבר לאורך ציר הגיד דבר שמקטין את ההתנגדות.

כושר עמידה בתנאי קצר

זרמי קצר עשויים בתנאים מסוימים לגרום לכר חות אלקטרו דינמיים גדולים שהורסים את הכבל. נמצא שהצורה הגיאומטרית והמבנה הקומפקטי של כבל נזרתי יכולים לשאת כוחות אלה יותר טוב מכבלים שוי ערך בעלי מבנה עגול.

יתרונות כלכליים

קוטר חיצוני

בגלל הגדלת גורם המילוי תוך דחיסת המוליך ובגלל הסיבנה המיוחד המגדל יותר טוב את שטח חתך הכבל, מגיע קוטר כבל נזרתי לכדי 85%—80 מכבל בעל מוליכים עגולים בחתך שות. (ראה תרי שים א').

התוצאות הן נוחיות בהכנת תעלות ובהנחת קוים. במקרה שהכבלים נתמכים במגשים או מיבנים מירי חדים, ישנו חסכון באותם מיבנים.

משקל נמוך

המשקל הנמוך (ראה תרשים ב') הוא גורם לחסכון נוסף בזמן ההעברות ובזמן ההנחה. ככל שהכבל מורכב ומטון יותר, כן גדל החסכון במשקל לעומת כבל עגול והפרש זה גבוה יותר כשמדובר בכבל בעל מוליכי אלומיניום.

ארכי יחידה גדולים יותר

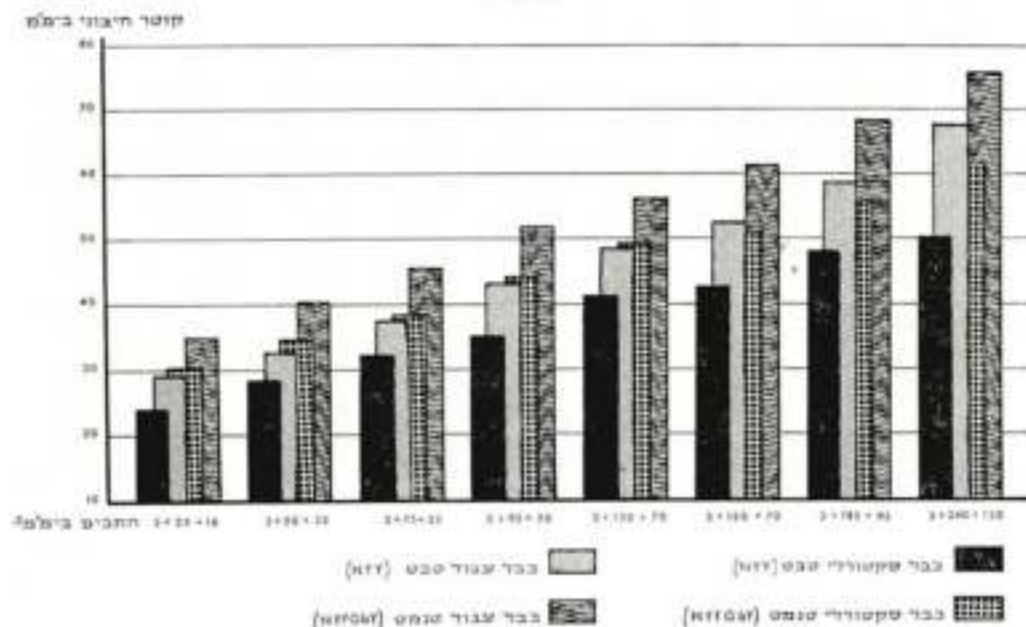
בגלל הקוטר והמשקל הקטן של כבלים נזרתיים ניתן לייצרם ביחידות ארוכות יותר. (ראה תרשים ג'). בעת הנחת קוים ארוכים ישנו חסכון בהובלה והקטנת מספר החיבורים בין יחידות אורך אחת לשניה.

מחיר

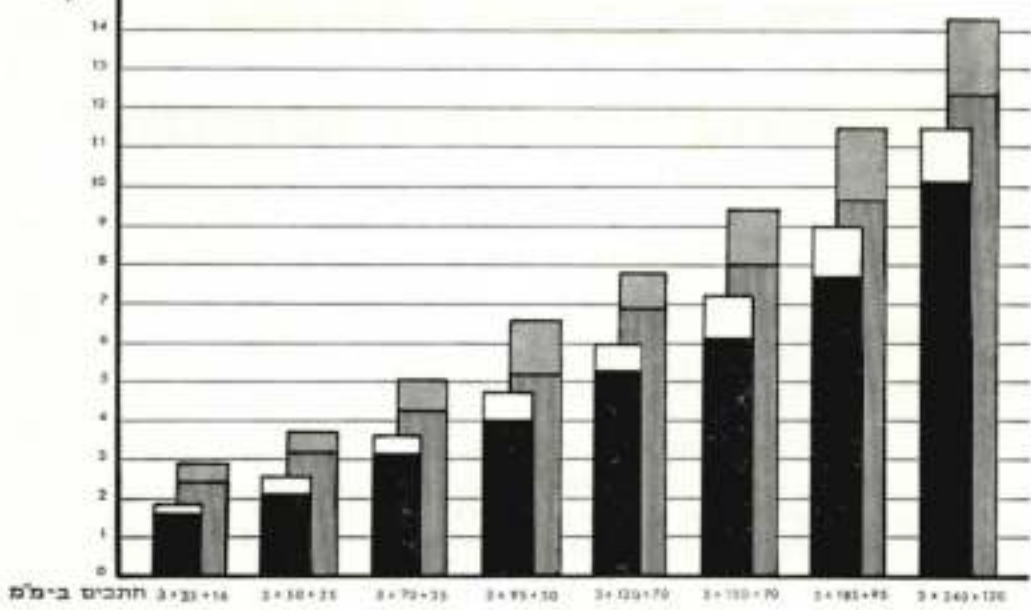
אמנם יש צורך בהשקעת כספים בציוד מיוחד ובידע הדרוש ליצור הכבל הנזרתי, אך מאידך ניסא מאפשר החסרון בחמרי גלם הצעת הכבלים הסקטורלים במחיר נמוך מזה של כבלים עגולים.

הוכן בעזרתו האדיבה של אינג'י. סולני.

תרשים א'

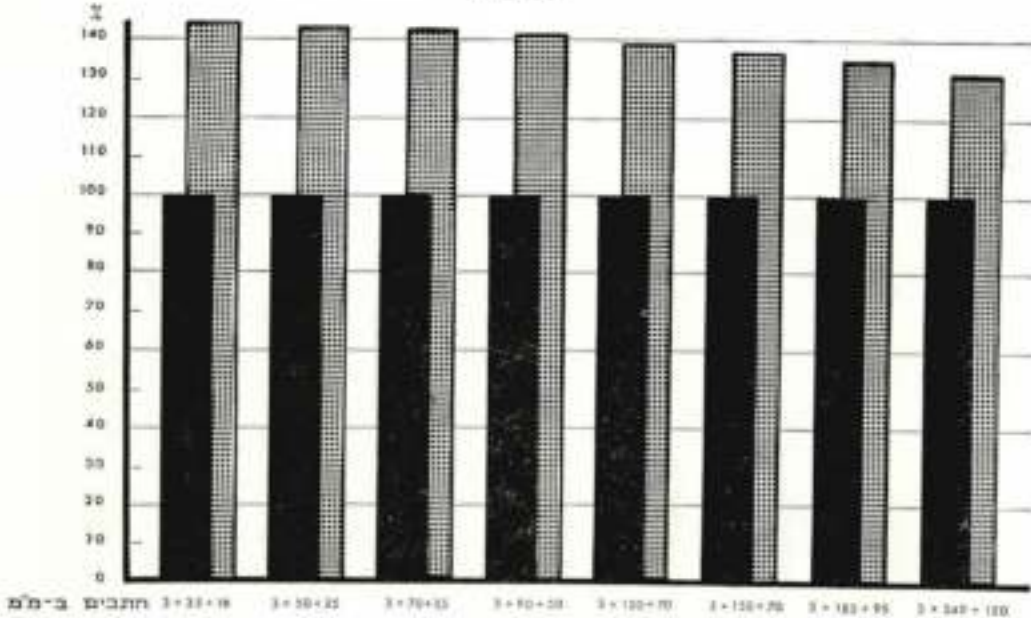


סוף/ק"מ



כבל סקטורלי טבט (NYZ) כבל עגול טבט (NYZ)
 כבל עגול שנמט (NYZ) כבל סקטורלי שנמט (NYZ)

תרשים ב'



כבל עגול כבל סקטורלי

תרשים ג'

אחזקה מתוכננת של המיתקן החשמלי בתעשייה

אינג' י. הרמלין

הביאו להרחבה ומודרניזציה של המפעל חדרה בקרב בעלי המלאכה והתעשייה גם התכרה שתוצאות האחזקה החשמליות אינן „בלתי פרודוקטיביות“, אלא מחויבות המציאות ומוצדקות גם מבחינה משקית:

לאחזקה מתוכננת מספר יתרונות:

א. בטיחות

מיתקן חשמלי שאחזקתו איננה תקינה הנו גורם קבוע לתאונות עבודה וכל תאונה — תהיה חמורה אשר תהיה — מלבד האספקטים הקשים האישיים אצל הנוגע בדבר כרוכה גם בנזקים ישירים ועקיפים למפעל. אחזקה שיגרתית או תקופתית עשויה לבטל או לפחות לצמצם במידה ניכרת את האפשרות של תאונת חשמל. תחושת הבטיחות אצל צוות העובדים במיתקן חשמלי מטופל בצורה שיטתית ומתוכננת על ידי חשמלאי מורשה משרה הרגשה טובה ולעומת זאת מיתקן חשמלי מוזנח גורם לולול בסדרי הבטיחות ו„מסמין“ תאונות למויניהן.

ב. שמירה על תקינות המיתקן

אחזקה נאותה של הציוד החשמלי מאריכה את אורך החיים של המיתקן על כל חוליותיו. אפשר להשוות את המיתקן החשמלי ליצור חי וכטוה לא מקבל את הטיפול המתאים עלולה להתפתח בו מחלה: מצע חשמלי „שרוף“ במבטח או במפסק זרם, שהוזנח ולא זכה לטיפול מתאים עלול לגרום לשריפת חוטי החיבור ויצירת קצר בין מוליך חי בעל בידוד לקוי לבין גוף מאורק או מוליך בעל פוטנציאל שונה. לשריפת לוח המבטחים, למצע של חומר סוג וכווצא באלה, „אחזקה מונעת“ תחסוך נזקים חמורים מהציוד החשמלי כולו, ובכך תמנע גם הפסקות חשמל ממושכות במיתקן.

ג. מניעת הצורך ב„אחזקת-משבר“

אף כי הפסקת חשמל על ידי „שריפת פקק“ נחשבת לטרידה קטנה ו„זולה“ יכולה היא להתפתח למידים רציניים. אחזקה תקופתית ומתוכננת יפה יכולה להקטין בהרבה את המקרים המצריכים טיפול מיידי בעקבות תקלה „מתאומית“. אך תתבע אחזקה מתוכננת זו:

עובדה היא שבתעשייה העזרה והבינונית אין מיח"סים חשיבות ראויה לשמה לבדיקות תקופתיות ובי הרבה מקרים אין במפעל חשמלאי אחזקה קבוע או אמילו במשרה חלקית וכאשר הנך תוהה על כך אתה זוכה לעתים לתשובה מסוג זה: „כאשר קורה משהו יש לנו מכונאי שיוודע לתקן פקק שרוף ולמקרים רציניים יותר מזמנים חשמלאי המתקן את התקלה. אין לנו צורך ואף לא תקציב להחזיק חשמלאי קבוע“. כאשר הנך מצביע על המיתקן החשמלי המזנח, על כבלים ומתילים הנסתחים לאורך ולרוחב בית החרושת בצורה בלתי תקינה, התשובה היא: „כך אנו עובדים כבר הרבה שנים וברוך השם לא קרה עד כה אסון ובנוסף לכך חסכנו גם בהוצאות!“.

יש להתפלא על הערכה קצרת ראות זו של חשיבות האחזקה המסודרת של המיתקן החשמלי במפעל התעשייתי ועל הזכרון החלש של בעלי מפעל השוכחים לעתים די מהר את הצרות שנגרמו להם עקב הפרעות רציניות במיתקן החשמלי. הם זוכים רק את התיקונים הקטנים שהתבטאו בהחלפת פקק שרוף או התקנת תקע חדש ואילו את הנזקים החמורים הם מייחסים, ולא תמיד בצדק, לזמן עליון שגדו אין עצה.

אפשר לומר שאצל מרבית התעשיינים ובעיקר אצל בעלי המלאכה לא מפותחת התודעה של אחזקה מתוכננת ומסודרת. אומנם, הלה בשנים האחרונות התפתחות מסיימת והרבה בעלי תעשייה למדו כבר להעריך נכונה את החשיבות וההיוניות שבאחזקה מקצועית מעולה. התפתחות חיובית זו הנה תוצאת „השתחררות“ תעשייתנו מהמיבנה העיר „המסורתי“ שלה, והמעבר למיבנה גדול ורחב יותר: מיבנים מודרניים, החלפת הציוד המיכני הישן והמיושן בציוד חדש ואוטומטי אשר מפעל באמצעות ציוד חשמלי אוטומטי יקר. עובדה זו העלתה את „המשקל הסגולי“ של המיתקן החשמלי בביתן התעשייתי הקטן והצמחן שהתפתח בצורה טאולתית קשה היה לתכנן מיתקן חשמלי ראוי לשמו ובעל התעשייה לא נטה להשקעות „בלתי פרודוקטיביות“ כמו שיפורים והחלפת הציוד במיתקן החשמלי לנוכח המצב הירוד בו היה נתון המפעל בכללו. כאשר כל התנאים האובייקטיביים

האחזקה המזכוננת מתחלקת לשתיים: 1) אחזקה תקופתית. 2) אחזקה חרום.

1) אחזקה תקופתית

הנבונים בין בעלי התעשייה יגיעו במוקדם או במאוחר למסקנה שאין לחכות עד שתקרה תקלה רצינית, אלא יש להקדים רפואה למכה. רפואה זו מה טובעה: יש להחזיק במפעל חשמלאי אחזקה במטרה שלמה או חלקית בהתאם לגודל המפעל. על חשמלאי האחזקה לערוך בתקופות קצובות בדיקות יסודיות במיתקן החשמלי על כל חוליותיו ולבצע תיקונים, שיפורים ושינויים על סמך אותן הבדיקות. הוא יצטרך לערוך לו תכנית פעולה מפורטת היטב עם לוח זמנים לכל חלקי המיתקן.

הבדיקות כוללות:

- א. בדיקות מערכת הבידוד.
 - ב. בדיקות מערכת ההארקה.
 - ג. ביקורת אופן העמסת המעולים וחלוקת העומס בין הפזות.
 - ד. ביקורת האינדיקציות השונים: מובילים, מפסקי זרם, מנועים וכדומה.
- יש לקבוע את תדירות הבדיקות בהתאם לאופי העבודה במפעל אותו משרת המיתקן החשמלי וכמובן שהתדירות תהיה גדולה יותר במקומות של סכנה מוגברת, כגון מפעלים כימיים, מפעלים בהם שורת רטיבות מתמדת וכדומה.
- כמו כן ברור שבמיתקן ישן ומיושן יש להרבות בבדיקות התקופתיות לעומת מיתקן חדש וחדש.

אפשר להמליץ על בדיקת מערכת ההארקה והבידוד במיתקן הקבוע אחת לשנה, ובמכשירים ניידים אחת לשנתיים. מכשירים, מפסקי זרם ומבטחים לטיניהם אחת לשנה, מנועים קבועים — אחת ל-3 עד 5 שנים ובדיקה כוללת של המיתקן אחת ל-3 עד 10 שנים.

2) אחזקה חרום

למרות ביצוע בדיקות תקופתיות אי אפשר להוציא מכלל אפשרות התמוטטות של חוליה במיתקן החשמלי. למשל, נשרף נתיך (מקק), נעמד מנוע, שותק אחד מקווי הסאנור או הכוח וכדומה. גם סוג זה של הפרעה לא יכול להתבצע על ידי כל מועל מאומן כפי שסבור אולי בעל המפעל, אלא רק על ידי חשמלאי בעל ניסיון וידע רב, שהוא גם בעל יזמה ויכולת להתחקות על גורמי ההפרעה ולא רק על הפעולה המיידית לסילוקה. הוא חייב להתמסר כהלכה במיתקנים אוטומטיים החודרים כיום יותר ויותר לתעשייה שלנו, ולדעת להשתמש במכשירי מדידה, כן חייב הוא להחליט אם יש צורך לטפל רק בעצם התקלה או שיש לחדש חוליות שלמות במיתקן. עליו לנהל גם רישום של כל התקלות, שיכיל לול פרטים על אופן הטיפול ופירוט הפעולות שנעשו.

לסיום אפשר לומר, שאחזקה מעולה ושיטתית של מיתקני חשמל במפעלי תעשייה חוסכת בסיכומו של דבר הוצאות מיותרות ומסייעת לעבודה הסדירה והיעילה בהם.

חידוש ב„חישמול“ הלול: אומנות חשמל אוגרות חום

אינ' י. טראוב

רצוף, ללא הפסקות ומוסת כך שהתנודות בו תהיינה מינימליות — חימום יתר או חימום בלתי מספיק עלולים לגרום למחלות ולתמותה ואילו הפסקת החום כליל עלולה להיות קטלנית ולגרום לנוקים חמורים במזג.

גם בכפה וגם בסוללות משתמשים בגופי חום גלויים, לרב ללא ויסות תרמוסטטי, דבר הגורם לעתים לבובזו בחום. החום הוא ישיר ועם תקלה בהספקת החשמל נפסקת גם הספקת החום, דבר הגורם, כאמור, אינדיבידואליות ולעתים גם נזקים חקיי

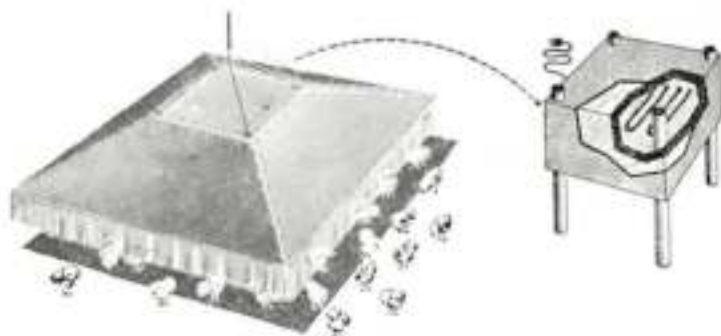
צבור חשמלאים בישובים הקלאיים ובקבוצים ישמה בודאי לשמוע על חידוש חשוב „חישמול“ הלול: אומנות חשמל אוגרות-חום.

כל חשמלאי העוסק בענף הלול מכיר היטב את שני סוגי אומנות החשמל הנפוצות כיום במשקים: הכפה והסוללה. שתיהן משמשות לאותה מטרה והיא חימום האמרוחים משך 5—6 השבועות הראשונים לאחר ההתבקעות, החום הנדרש נע בין 38 מעלות צלסיוס מיד לאחר ההתבקעות ובין החום הרגיל של הסביבה לאחר 6—5 שבועות. החום חייב להיות

העומד על 4 רגליים והמוטל חול יבט. בניוד לכמות המקובלת מותקנים גופי החימום ההשמליים לא מותחת לכפה אלא בתוך ארגד החול, החול שבארנו מתחמם, אוגר בתוכו כמויות ניכרות של חום בטמ' פרטורות גבוהות ומפיץ את החום ברציפות משך 24 שעות ביממה. דרימות ההשמל מכוונת על ידי תרמוסטט המותקן באזור המחיה של האפרוחים. כדי להשיג פזור מכסימלי של החום בתוך הארגו משתמרים שים יצרני האוטונומים בשני סוגי נפיי-חימום:

א. גוף חימום שטוח (בדומה לגופי החימום שבמני הצימ), הנתון במעטפת מה בגודל 30×30 עד 40×40 סמ'.

ב. גוף חום המורכב מחוליות קרמיקה הנתונות בצגור מתכת (בדומה לגופי החימום שבזידי השמל), אורך הבגור כ-60 סמ' וקוטרו הפנימי כ-11/2 אינץ', לשם פיזור החום מתכנים לצגור כפרי-מתכת שטוחים.



אוטונוגר

הספק גוף החימום בארגו התחתון שבסוללונגר הוא, בדרך כלל, 400 וט וביתר הקומות — 300 וט. משך השנה האחרונה — שהיא הראשונה לפעולתם של האוטונומים והסוללונגרים בארץ — חוברו במ"סקים קיבוציים, משקים פרטיים וכן אצל חקלאים בודדים כ-1200 מכשירים כאלה, הם עמדו במבחן בלילות החורף הקשים ביותר באיזורים חריגים מובהקים גם כאשר חלו הפסקות השמל ממשכות. הסוללונגר צריך להיות מחושב להפסקות השמל בימות החורף למשך 3-4 שעות והאוטונומים — למשך 8 שעות, אולם היו מקרים שהפסקת חום טמפיק מהאוטונוגר נמשכה גם אחרי הפסקה של 18 שעות רצופות.

המשקים שהכניסו מכשירים אלה הביעו שביעות רצון מלאה הן מפעולתם האוטונומית ללא תקלות, הן מהנחיות והנקיון שבהפעלתם והן — ובקשר — מהוצאות התפעול הנמוכות עד כדי הפתעה: רב

לאי חייב לעמוד תניוד על המסמר ולהשיג על רציפות זרימת החשמל, ובהפסקת החשמל עליו להפעיל אמצעי חימום רזרביים, לרב פתילות נפט, חברתנו חקרה לאחרונה בעיה זו במטרה להתגבר על הקשיים הנגרמים כתוצאה מהפסקות באספקת החשמל ולמני כשנה, לאחר שורה שלמה של נסיונות מוצלחים, הוכנסו למשק הליל הישראלי שני סוגים חדשים של אוטונום, (האוטונוגר והסוללונגר) הדומות בצורת פעולתן לכמות ולטלולות, אך מבחינות זיכות מלא של החום וכן — ובקשר — את רציפות החימום, גם אם חלה תקלה בהפסקת החשמל.

האוטונוגר

זוהי למעשה כפה פירמידלית, עשויה מה (לאחרונה הופיעו בעוק גם כמות מחומר סינטטי), מבודדת בידוד תרמי למניעת אבודי חום. הכפה יושבת על ארגו מה, מבודד אף הוא בידוד תרמי מתאים,

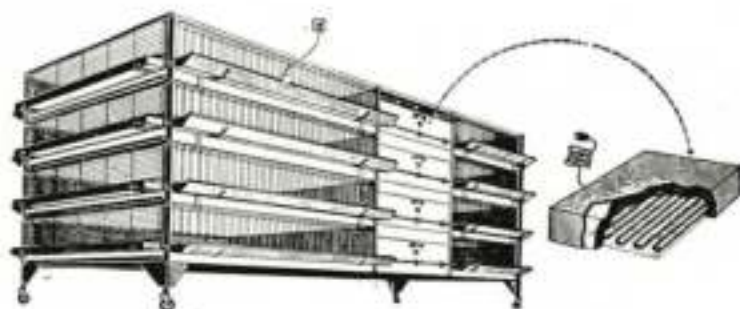
הספק כל גוף חום הוא 400 וט ובדרך כלל דרוי שים שלושה גופי חום כאלה באוטונוגר, צפיפות החום תקטנה מבטיחה אורך חיים ממושך לגוף החימום לכל גוף חימום מנרת סימון עם נורה של 3-6 וולט הדולקת כל אימת שזרם השמל בגוף החימום, החלפת גופי החימום השטוחים כרוכה בהוצאת החול מהארגו, דבר שאינו נוח ביותר. לעומת זאת ניתנים גופי החימום מקרמיקה לשליפה מהצגור ולהחלפה תוך דקות פשוטות, מבלי שתיגרם אינתיחיות כלשהי לאפרוחים.

הסוללונגר

זוהי למעשה פוללתי-אימון רגילה, אלא שבמרכז כל קומה שבסוללה מותקן ארגו אנורה מה, המבודד בידוד תרמי רק למעלה, גם כאן משמש כחומר אנורי החול וגם כאן קיימים גופי חימום, מנורות שיי מון ותרמוסטטים לזיכות החום כמו באוטונוגר.

המתאים של החברה לשם ביור אפטרות החיבור לפני שניגשים להתקנתן של האומנות במשק, את המיתקן החשמלי יש לבצע בהתאם לתקנות והתקנים המתאימים ובגמר ההתקנה יש להזמין את בדיקתו על ידי בודקי החברה כמו שנדרש לגבי כל מיתקן חשמלי אחר. המחלקה לפיתוח הצריכה של חברת החשמל תשמח למסור למעוניינים פרטים נוספים אם יפנו בכתב לפי כתובת מערכת „התקע המודיע“.

המשקים הגיעו להוצאות גדול של 1.5—2.0 אנרות ופחות לאמרוח בחתך שנתי. במשקים הקלאיים שאינם ישוב קבוצי ניתן לקבל לאומנות חשמל העריף מיוחד והוא 5.5 אנרות הקוסי"ט. לצורך זה יש להתקין מיתקן נפרד ומונה נפרד (אם לא קיימים כבר כאלה). כיון שבמקומות אחדים עשויים להידרש שניים מסוימים ברשת או בקוי החיבור לצורך חיבור האר מנות, מיעצים להסמלאים לפנות למשרד האזורי



77177

המיתקן החשמלי במעליות*

אינג' ע. קוריפקי

אפשר לחלק את המיתקן החשמלי במעליות ל-3 מערכות עיקריות:

1. מערכת הכוח (לרבות גנרטור לשעת חירום).
2. מערכת המיקוד והאיתות.
3. מערכת התאורה.

התכונות הושגו ע"י בניית רוטורים עם כלוב כפול או כלובים בעלי חריצים עמוקים. מנועים אלה שהושקעה בהם גם עבודת מחקר רבה על מנת שיהיו שקטים בהתנעה ובעבודה, הם המקובלים ביותר כיום.

כדי לקבל התנעה חלקה אפשר לתמרן באמצעים שונים, כגון: בחירת הספק מתאים, קביעת מומנט אינרציה מתאים, הוספת גלגלי תנופה, תוספת דר" גות התנעה באמצעות נגדים טוריים עם ליפופי הסטור.

הספקי המנועים במעליות אלה מתחיל ב"5 כ"ס למעליות מסתכים ומגיעים עד 30 כ"ס ויותר. לגבי הסתח המקובל אצלנו (400 וולט בין הפנות

מערכת הכוח

מכיון שרוב המעליות בארץ הן מעליות קטנות ובבנינים נמוכים יחסית, הן מצוידות במנועים לזרם חילופין. בתחילה היו משתמשים במנועים עם רוטור מלופף ונגדי התנעה על מנת להשיג את מומנט ההתנעה הנבזה הדרוש (המעליות מנועה בעומס מלא) ועל מנת להקטין את זרם ההתנעה. במשך הזמן פותחו מנועי כלוב עם תכונות דומות ללא צורך בנגדי התנעה, רוטור מלופף וטבעות החלקה,

* מאמר זה נכתב על דעת מחברו ואינו משקף תמיד את דרישות התקן הישראלי מס' 24 הרן במעליות, חקן זה (משנת 1951) נמצא כעת בדבידה.

אפשר לתת נוסחה מקורבת למציאות הזרם הנומינלי של מנועים והיא $I_n = k \cdot P$ כאשר P מבטא את הספק המנוע בכ"ס ו-k שווה ל-1.7.

זרמי ההתנעה במנועים אלה הם בגבולות של 250%—350% של הזרם הנומינלי (המדובר בהתנעה ישירה מאחר והם בנויים להתנעה ישירה).

יש לזכור שמנוע המעלות מתנוע באיטיות הן בגלל העומס בהתנעה והן בגלל הדרושה לתאוצה נמוכה הרצויה על מנת להנעים את הנוסיעה ולהפחית במאמצים מכניים, לכן התקופה בה זורם זרם ההתנעה היא ארוכה יחסית ומגיעה לסדר גודל של שניה אחת. כך אין לשכוח שמספר ההתנעות תכופ ועלול להגיע ל-240 הנעות בשעה במעלות המשרי תות בתי משרדים, בתי מלון או בתי חולים. לסיכך יש לבחור במבטחים העומדים בתנאי עבודה מיוחדים אלה.

להלן, טבלה מוטלעת לכהירת המבטח וחתך מוליך האספקה.

התך	גודל המבטח** (אמפר)	הספק המנוע (כ"ס)
1.5	10	1.7
2.5	15	2.7
4	20	3.5
6	25	4.5
10	35	8
16	60	11
25	80	18
35	100	28
50	125	36
70	160	54
95	200	74

(המדובר במנועים חלת פזיים למחצית 400 וולט).

כאשר קבוצת מעלות מוזנת על ידי מעגל ראשי משרי תף יש לזכור שמעגל זה חייב לעמוד בזרם המהווה סכום של כל זרמי ההנעה, מאחר ויש סיכוי סביר שכל המעלות תותנעה בבת אחת. כמובן שאין טעם לסדר הנעה בדירוג בקבוצת מעלות מאחר והדבר ישבש את פעולתן ויבלבל את הנוסעים.

על מנת להשיג מהירויות יותר גבוהות, עומסים יותר גדולים ודיוק עצירה יותר טוב, פותחו מנועים המכילים 2 ולפעמים 3 מנועים בגוף אחד.

במערכות כאלה מנותק אוטומטית, במרחק מסוים מנקודות העצירה, המנוע הרגיל המסיע את המעי לית במהירות הגבוהה ומתחבר מנוע בעל מספר סיבובים נמוך (16 עד 24 קטבים), ובצורה כזו

** הפקידו של המבטח הזה הוא הגנה בפני זרם עצר, ההגנה בפני יתרת עומס (זרם יתר) נעשית על ידי מסגס אומומטי הפשור למערכת המעלית.

מתקבלת האטה דינמית עד למהירות נמוכה מאוד, (בדרך כלל $\frac{1}{4}$ עד $\frac{1}{8}$ מהמהירות הרגילה), במהירות זו נכנסת המעלית לתחנה ובלמת ע"י הבלם המי-כני. מעליות מסוג זה נקראות מעליות זרם חילופין בעלות 2 מהירויות.

על מנת להשיג מהירויות גבוהות ביותר, הרגשה נעימה בהאצה ובהאטה ודיוק עצירה בסדר גודל של מספר מילימטרים משתמשים במערכת הנקראת וורדילאונרד. במערכת זו מנוע המעלית הוא מנוע לזרם ישר. מנוע-גנרטור המכיל מנוע לזרם חילופין וגנרטור לזרם ישר על ציר אחד מהווים, למעשה, את לב המערכת. בנוסף לכך קיימת מערכת הבקרה (השונה בהתאם ליצרנים) המורכבת ממגברים ומי תוכניות קבועות של האצה והאטה. זוהי מערכת בקרה בחוג סגור השומרת על מהירות המעלית בהתאם לתוכנית קבועה מראש ללא תלות בעומס, מתח, ודירות, טמפרטורה וכדומה. במעליות מסוג זה אין הגבלה למהירות, כיון שההאצה וההאטה ניתנות לוויסות אפשר להשיג נסיעה נעימה ביותר. בעזרת מערכת הבקרה אפשר להביא את המעלית לתחנה במהירות אפסית, וכך משיגים דיוק עצירה מצוי, עצירה רכה ובלאי אפסי של המעצור המיכני. מאחר ובמעליות אלה ההאצה מודרנת, זרמי ההתנעה אינם גבוהים פרט לזרמי ההתנעה של המנוע-גנרטור עצמו. אולם לאור העובדה שהמערכות בניות כך שהמנוע-גנרטור מופסק רק אם המעליות איננה בשימוש מספר דקות (6—8 דקות), הר שהתנעות שהן בדרך כלל ללא עומס אינן תפופות, ואפשר לבצען בעזרת מתנע כוכבי-משולש, אוטוטרנס-פורמטור או נגדים להקטנת הזרם).

נצילות מעליות אלה טובה יותר וצריכת החשמל שלהן קטנה יותר.



במעליות מהירות מאוד מנותרים על המספרות החלזנית אלה הן המעליות המכונות Gear Less, נצילותן גבוהה יותר וצריכת החשמל נמוכה יותר. יש לשים לב שבמנועים לזרם חילופין יש צורך במאורר מיוחד טיפף כשיש יותר מ-150 התנעות בשעה.

בקשר לגרטור החירום רצוי להתייעץ עם ספק המעלות ולקבל ממנו נתונים על הספקי המנועים, זרמים, מקדם הספק, מספר הנעות לשעה ובמקרה של קבוצת מעלות, על האפשרויות לסידור התנעה בדירוג במקרה של פעולת גרטור החירום.

בעלון הבא נביא במפורט את ההנחיות וההוראות הקשורות בהתקנת הגרטור לשעת חירום שמיתקטת חייב כידוע בבדיקת מיוחדת.

יש לבחור גרטור שיכול לעמוד בורסי ההתנעה ללא ירידת מתח ותדירות וללא התחממות יתר. דרישות אלה נרמזות לכך שחשק גרטור החירום חייב להיות גבוה בהרבה מהספק מנוע המעלות. יש לזכור כמו כן שבמקרה והגרטור אינו גדול מאוד בהשוואה להספק מנוע המעלות, והמעלות הנה בעלת 2 מהירויות, כושר בליטת המחירות הקטנה (או במלים אחרות המומנט השלילי שמי מתח המנוע רב הקטבים כאשר הוא מסתובב בסיבובים על סינכרוניים) קטן יותר מאחר והאימי פונס המימי של גרטור כזה גבוה בהרבה מאימי פונס מערכת האספקה הרגילה עלולים לכך להופיע שיבושים ניכרים בדיוק העצירה של המעלות כאשר היא תופעל על ידי גרטור בגודל לא מתאים. הפתרון הוא בחירת גרטור מספיק גדול או התקנת סידורים מיוחדים במעלות כדי להתאימה לעבודה בתנאים של אספקה מהגרטור.

מערכת הפיקוד והאיתות

הפיקוד והאיתות במעלות אינם צורכים הספק רב. ההספקים המקובלים הם מ-250 וט עד 1500 וט. ישנם סוגי פיקוד רבים החל מהפיקוד הפשוט המוכר לכולם וכלה בפיקודים קבוצתיים מסובכים בעלי זיכרון הנעזרים במחשבים הקובעים מהי תוכנית הפעולה האידיאלית בכל רגע בהתאם לדרישת הקהל בבנין, במסגרת טאמר זה נציין את המרכיביים העיקריים של מערכת הפיקוד והאיתות, אך לא

יכנס למירוטס הפונקציונלי.

זכרון — המערכת חייבת לזכור איזה כפתורים נלחצו ע"י הקהל, והזכרון חייב להימחק כאשר הקריאה נענתה על ידי המעלות. במערכות הספור בלות כיום, במעלות יש לכל כפתור מספר זכרון מקביל בלות הפיקוד.

בוחר קוסות ובחירת כיוון — על מנת לבחור את כיוון הנסיעה של המעלות יש צורך במערכת אשר תתן אינפורמציה היכן נמצאת המעלות בכל רגע ורגע. ישנן מערכות כאלה המופעלות מכנית על ידי המעי לית, כאלה המופעלות על ידי אימפולסים חשמליים, כיום, כאלה המופעלות על ידי מנוע אימפולסים, וכאלה המופעלות על ידי אלקטרומגנטיים.

מערכת הנעה ועצירה — מכילה את כל הקונטקטורים הדרושים להתנעה, החלפת כיוון, החלפת מהירויות האת הבקרה במקרה של מערכת וורדילאוורד. כמו כן מפעילה מערכת זו את הסולנואיד המפעיל את הבלם המכני.

פענל הדלתות — סולנואיד לנעילת מנועלי הדלתות, מנוע להנעת דלתות אוטומטיות, ועינים חשמליות לדלתות.

מערכת הבטחונות — אלה הם מנעים חשמליים שונים כגון: מנעי דלתות, מנעי מנועולים, לחצן עצירת החירום, מנעי מהירות יתר, מפסקים מגבילים ועוד, אשר ניתוק אחד מהם יגרום לעצירתה המיידית של המעלות.

פענל האיתות — האיתות מותאם תמיד לסוג הפיקוד ותפקידו להראות לאנשים את מצב המעלות, האם היא תפוסה, האם היא מגועה, מה כוונתה ועוד. משתמשים בדרך כלל בסימני אור בתוך הכפתורים, או בשלטים מוארים כמו חיצים, מראה קוסות, כתרי בות מוארות. במקרים רבים משתמשים גם בצליל אקוסטי הפועל כאשר המעלות מתקרבת לתחנה ועומדת לעצור בה.

(המשך בעמוד 17)

חישובי עומס ומקדם הספק בעזרת מוני החשמל ושעון רגיל

אינ' א. לייטנר

הכתוב בשלט המונה המתקן על גופו וכן על העובדה שעל יד כל אדם נמצא בדרך כלל שעון רגיל עם מחוג שניות.

נתאר לחלן 2 חישובים פשוטים: חישוב עומס וחי' שוב מקדם הספק.

כידוע קיים בכל מיתקן חשמלי מונה (או לעתים, מספר מונים) המודד באופן מתמיד את צריכת האי נרגיה החשמלית. מונה זה שייך לחברת החשמל ומוחאם על ידה כך שלבעל המיתקן או לצרכן אין רשות לשפול בו. יחד עם זאת, ניתן לנצל את המונה לחישובי עומס שונים במיתקן תוך התבססות על

חישוב עומס

ספרים במשך פרק זמן מסוים הנמדד בעזרת מחוג השניות של השעון הרגיל (או שעון עגל) את מספר הסיבובים שעשתה דיסקית המונה ובשיטת הערך המשולש מחשבים את מספר הסיבובים שהיתה הדיסקית עושה בשעה. על השלט רואים מהו המספר המציין את קבוע המונה (מספר הסיבובים של הדיסקית בשעה כאשר העומס הוא 1 קילוואט) ומצביעים את החישוב האחרון: חילוק מספר הסיבובים לשעה של הדיסקית, מחושב על סמך הניסיון, במספר הקבוע של המונה.

התוצאה המתקבלת נותנת את עומס המיתקן, המונן דרך המונה, שהיה מחובר ברגע המדידה.

לדוגמא: במשך 40 שניות עשתה דיסקית המונה 60 סיבובים. קבוע המונה המצוין על שלטו הוא $C = 1500$

א. מספר הסיבובים שהיה עושה המונה במשך 1 שעה (3600 שניות) באותם

$$N = \frac{60 \times 3600}{40}$$

$$N = 5400$$

ב. העומס היה לכן

$$P = \frac{5400}{1500}$$

$$P = 3.6 \text{ KW}$$

יש להדגיש שחישוב זה יהיה נכון רק במקרה שהעוד מס במיתקן קבוע. במקרה שהעומס במיתקן משתנה מוזן לזמן נותן החישוב את העומס ברגע המדידה. אפשר לסכם את כל החישוב בנוסחה אחת כדלקמן:

$$(1) \quad P = \frac{n \cdot 3600}{t \cdot C}$$

t — פרק הזמן בו נספרו סיבובי הדיסקית (שניות)
 n — מספר סיבובי הדיסקית שנשפרו בפרק הזמן t.
 C — קבוע המונה, (מספר הסיבובים של הדיסקית בשעה, המתאים לעומס של 1 קילוואט).
 P — העומס במיתקן (קילוואט).

העומס בקילוואט מצוין כידוע את ההספק הפעיל (האקטיבי), אולם כאשר מקדם ההספק במיתקן קטן מ-1, וזהו המצב בכל המיתקנים בהם קיים עומס השראתי (מנועים חשמליים, מנורות פרוקט, מכשירי ריתוך או קבלים), מועין למדוד גם את העומס הגורם להספק עיוור (ריאקטיבי). מדידה זו אפשרית ונעשית בצורה דומה לזו שתוארה לעיל, בתנאי שקיים במיתקן מונה ריאקטיבי.

חישוב מקדם ההספק

ספרים במשך פרק זמן מסוים, הנמדד בצורה דומה לזו שתוארה בפרק הקודם, את מספר הסיבובים של דיסקית שני המונים: המונה האקטיבי — המונה את הקוטר, והמונה הריאקטיבי — המונה את הקוטר.

רצוי שהספירה תיעשה על ידי 2 אנשים באותו פרק זמן. רק במיתקנים בהם העומס לא משתנה יכול לבצע את הספירות בזו אחר זו, אדם אחד. על סמך נתוני הספירות וקבועי המונים מחשבים את ההספק הפעיל (P) ואת ההספק העיוור (Q). ערכים אלה הם רגועים, אולם כאשר העומס לא משתנה אפשר להתייחס אליהם כאל ערכים קבועים. בין ההספק הפעיל הנמדד בקילוואט, ההספק העיוור הנמדד בקילוואר וההספק המדומה (N) הנמדד בקילוולט-אמפר, קיימים כידוע הקשרים הבאים:

$$P = N \cos \varphi$$

$$Q = N \sin \varphi$$

$$N^2 = P^2 + Q^2$$

כלומר, מקדם ההספק שיה ל-

$$\cos \varphi = \frac{P}{N}$$

או ביתר פירוט

$$(2) \quad \cos \varphi = \frac{P}{\sqrt{P^2 + Q^2}}$$

לדוגמא: במשך 30 שניות עשתה הדיסקית של המונה האקטיבי 45 סיבובים, ובאותו זמן עשתה הדיסקית של המונה הריאקטיבי 17 סיבובים.

קבוע המונה האקטיבי שיה ל- $C_a = 1500$

קבוע המונה הריאקטיבי שיה ל- $C_r = 1200$

על ידי הצבה לנוסחה (1) נקבל —

$$P = \frac{45 \times 3600}{30 \times 1500}$$

$$P = 3.6 \text{ KW}$$

את ההספק ריאקטיבי נחשב בצורה דומה ונקבל —

$$Q = \frac{17 \times 3600}{30 \times 1200}$$

$$Q = 1.7 \text{ Kvar}$$

לכן

$$\cos \varphi = \frac{3.6}{\sqrt{3.6^2 + 1.7^2}}$$

$$\cos \varphi = 0.9$$

תאגית השמל וליקהה

4022

תאונת החשמל הקטלנית עליה נספר הפעם קרתה למהנדס (לא חשמלאי) שחרג מתחום המקצוע שלו וניסה לבצע עבודות בדיק ותיקונים במיתקן החשמלי שבדירתו. לאחר שהחליף מספר מפסקי זרם מקולקלים, תקעים ובתי תקע פגומים פנה לטפל במכונת הכביסה שלא פעלה כשורה בזמן האחרון. תוך הטיפול בפתיל החיבור קיבל המהנדס חבטת חשמל קטלנית. גם בני ביתו אשר ניסו לחלצו קיבלו חבטת חשמל קלה. רק לאחר שאחד מהם שלף את הנתיכים מהמבטחים אפשר היה לחלץ את הנפגע שהיה כבר במצב של חוסר הכרה. נסיון הנשמה מלאכותית מפה לפה לא הועיל ובבית החולים לשם הועבר הנפגע, תוך כדי הנשמה המלאכותית, נקבע מותו.

ותיקונים גם במיתקן חשמל ביתי, אולם עבודה זו חייבת להיות מבוצעת אך ורק על ידי חשמלאי בעל רישיון! דבר זה נקבע במפורש בחוק החשמל: „לא יעסוק אדם בביצוע עבודת חשמל אלא אם יש בידו רישיון סאת מנהל עניני החשמל המתיר לו ביצוע עבודה מסוג זה“ (עבודת חשמל, כוללת בהתאם לחוק: התקנה, בדיקה, שינוי תיקון או פירוק של מיתקן חשמלי לרבות השגחה על ביצוע עבודה ועריכת תוכניות טכניות לביצוע).

ב. לא היתה כל סיבה סבירה לבצע את עבודת התיקון כשהמיתקן לא מופסק. התקנות בדבר עבודה במיתקנים חשמליים חיים במתח נמוך מגדירות במפורש מתי מותר לבצע עבודה במיתקן חי: „כאשר הפסקת הזינה למיתקן עלולה לגרום לאחת מאלה:

- (1) סכנה לחיי אדם או לבריאות.
 - (2) הפרעה בתהליכי ייצור החיובים אספקת חשמל רצופה.
 - (3) הפרעה בקיום שירותים חיוניים לציבור.
 - (4) הפרעה באספקת חשמל כללית לציבור, המסומקת ממערכת אספקת החשמל למתח נמוך של חברות החשמל לאספקה ציבורית.“
- ברור שאילו הוצאו הנתיכים מהמבטחים בזמן (ולא אחרי התאונה) לא היתה התאונה מתירחשת!

ג. יתכן מאוד שאילו היה המיתקן החשמלי בדירה סוגן נגד זרמי פחת לאדמה באמצעות מפסקי מגן, המועל באופן מיידי (במפסקי המגן החדישים — 30 מילישניות) כאשר קיים הפרש בין הזרם במוליך הפזה וחזרם במוליך האפס (שזרם דרך מגעי בית התקע החשופים לאדמה), היה המפסק פועל בו ברגע שמגעי בית התקע באו במגע עם האדמה. לעומת זאת הנתוך הרגיל לא פעל כיון שעוצמת זרם הפחת לאדמה לא יכולה להיות בדרך כלל מספיק גבוהה כדי להתוך את האלמנט הניתך שלו!

מהנדס חברת החשמל שהקי את פרטי התאונה כתב בין השאר בדו"ח שלו:

„של מכונת הכביסה מצאתי תקע תלת'פני פגום שהיה שרוף בן מצאתי במקום סכין, סכין גילוח, מספריים ומברג (שהיו כנראה את כלי העבודה) ושאריות של מוליכים. לפתיל החיבור היה מחובר בית תקע תלת'פני חדש שפוי מבקלים. אפשר להניח שהנפגע החזיק במסגרת עבודות הברק להתקין את בית התקע החדש במקום בית התקע השרוף שגרום לתקלות בעבודת המכונה. פתיל החיבור לא היה מס' פ"ק ארוך של מנת לחבר את מכונת הכביסה לאספקה כיון שבית התקע הקרוב נמצא בחשמל, לכן היה צורך להשתמש בפתיל הארכה שכלל בקצהו האחד בית תקע נייד ובצידו השני תקע שנועד להתחבר לבית התקע הקבוע שבמסבת. את בית התקע שבקצה פתיל הארכה מצאתי שפוק, אולם המוליכים היו מחוברים אליו כשבוני החיבור חשופים. תקע פתיל הארכה נמצא לאחד התאונה מחובר לבית התקע שבמסבת (לכן נמצא בית התקע הנייד, המפורק, שבקצהו השני של פתיל והארכה — תחת מפתח, דהיינו — רצפת חדר האמבטיה עליה היה מונח בית התקע החי היתה פתושמלת!)

יש להניח, לאור שיחזור התאונה, שהנפגע המונח החליף את התקע הפגום שבפתיל החיבור של מכונת הכביסה ולאחר מכן משונכה לראות שהתקע החדש לא יוצר מנע חשמלי טוב עם בית התקע הנייד של פתיל והארכה ביקש לברר את סיבת הדבר ולשם כך פירק את בית התקע הנייד ללא שליפת התקע חבית התקע שבמסבת. תוך כדי כך חשף את חלקי „החיים“ של בית התקע והחשמל!

בבדיקות שנערכו אחרי התאונה נמצאו הבירוד והתאריך קה של מכונת הכביסה ומערכת החיבור שלה במצב תקין.

שלושה הם לקחי התאונה העיקריים:

- א. המהנדס שהחשמל לא היה חשמלאי ולכן לא היה רשאי בכלל לטפל במיתקן החשמל שבביתו.
- אמנם רצוי לבצע בעת הצורך עבודות החזקה

חידון בקיאות בתחנות החשמל

הערה: את הסימוכין לחלק מהתשובות (בנושאים שאין להם עדיין כוסיז בחוק החשמל ובתקנותיו), יש לחפש בתיי 108.

- במיתקן ביתי חדש המוגן באמצעות נתיכים:
 - כל בתי התקע קבועים חייבים לכלול מיגעת הארקה המחוברת לאלקטרודת ההארקה (הטבעית או המלאכותית) באמצעות מוליך הארקה.
 - מותר להתקין גם בתי תקע קבועים ללא מיגעת הארקה בתנאי שיחוברו אליהם רק מכשירים בעלי בידוד כפול.
 - רק במטבח קיימת החובה להתקין בתי תקע עם מיגעת הארקה ואילו בשאר החדרים מותר להתקין גם בתי תקע קבועים ללא מיגעת הארקה.
- חובת ההתקנה של נורת סימון ליד מפסק הדוד לחימום מים בדירת מגורים קיימת:
 - בכל מקרה.
 - רק כשהדוד מותקן בחדר האמבטיה.
 - רק כשקיבול הדוד גדול מ-60 ליטר.
- במעגל תלת פזי המזין מיישר זרם יש להתקין מבטחים:
 - ב-3 מוליכי הפזות בלבד.
 - ב-3 מוליכי הפזות וגם במוליך האפס.
 - ב-3 מוליכי הפזות, במוליך האפס ובמוליך ההארקה.
- התואי של כבל תת־קרקעי מצטלב עם מסילת ברזל.
 - חיבה להטמין את הכבל בעומק של 100 ס"מ מתחת לפני המסילה.
 - ההצטלבות בין כבל תת־קרקעי ומסילת ברזל אסורה בהחלט. לכן יש לחצות את המסילה באמצעות רשת עילית שתתחבר אל הכבל במרחק של 5 מטר מכל צד של המסילה.
 - ההצטלבות בין הכבל ומסילת הברזל מותרת, בתנאי שהכבל יושחל בצינור או מוביל אחר המותאם לתנאי המקום שהמרחק בינו לבין תחתית תעלת הניקוז של המסילה יהיה לפחות 100 ס"מ.
- יש לתת אספקת חשמל לצריפון שבו יותקנו בסך הכל 2 נקודות:
 - מנורה פלואורסצנטית אחת בת 40 וט ובית תקע אחד (לחיבור מקדחת יד קטנה) בצריפון ובסביבתו אין רשת מים.
 - אפשר לותר על ההארקה לנוכח העובדה שהמיתקן החשמלי קטן מאוד.
 - חובה לספק הארקה למיתקן אך ורק באמצעות אלקטרודות מלאכותיות אפילו אם מחיר התקנתן גבוה (בגלל הקרקע הסלעית – סדר גודל של מאות לירות).
 - אפשר לותר על הארקה המיתקן בתנאי שיוגן על ידי מפסק מגן מתאים לזרם פחת.
- בצינור פלסטי קשיח כבד הטמון באדמה מושחל כבל תרמופלסטי תלת פזי 4 גידי. השחלת מוליך הארקה בלתי מבודד לאותו צינור:
 - אסורה בהחלט.
 - מותרת.
 - מותרת בתנאי שהכבל הוא מסוג כבל משורין או כבל בעל עטיפה מתכתית.

שאלה 1 :	שאלה 2 :	שאלה 3 :	שאלה 4 :	שאלה 5 :	שאלה 6 :
א	א	א	א	א	א
ב	ב	ב	ב	ב	ב
ג	ג	ג	ג	ג	ג

סמן בעיגול את התשובה הנכונה, כתוב מעבר לךף את שםך וכתובתך.
נזר ושלה לפי כתובת המערכת.

תשובות תתקבלנה עד יום 30.9.67.

השם _____

הכתובת _____

(אם ברצונך לשמור על שלמות החידון, כתוב את התשובות על דף נפרד)

* בין הפותרים נכונה את החידון מס. 4 יוגרלו 10 פרסי ספרים העוסקים בנושא החשמל.

סיכום החידון מס' 2

המטרון הנכון הוא :

- שאלה 1 : (א) או (ב) (ראה תקנות „כבלים" 7, 113)
שאלה 2 : (א) (ראה תקנות „הארקות" 29)
שאלה 3 : (א) (ראה תקנות „לוחות" 34)
שאלה 4 : (ג) (ראה תקנות „מובילים" 30, 70)
שאלה 5 : (א) (ראה תקנות „מיתקנים חיים" 5)
שאלה 6 : (ב) (ראה תקנות „כבלים" 61)

* לגבי שאלה 1 גם תשובה (א) וגם תשובה (ב) נחשבות כנכונות. אמנם בתקנה 7 נאמר במפורש שצבע הבידוד של מוליך הארקה חייב להיות צהוב-ירוק, אולם לאור המציאות והמסורת כיום, כשמרבית הכבלים צבע בידוד מוליך ההארקה הוא לבן, התחשב בכך המחוקק ובתקנה 113 ניתנה ארכה בת שנתיים מיום פרסום התקנות לפיה מותר עדיין בתקופה זו להשתמש בצבע לבן לסימון מוליך ההארקה. הארכה היא עד יום 20.9.1968 !

* קביעת התשובה הנכונה לשאלה 2 דורשת חישוב קצר שהוסבר, אגב, עקרונית במאמר „בדיקות מערכת ההארקה" שהתפרסם בעלון מס' 3.

זרם התקלה המכסימלי שעלול להתפתח במעגל ההארקה המתואר

$$\text{בשאלה הוא } 51.1 \text{ אמפר } \left(I = \frac{230}{4.5} \text{ תקלה } \right)$$

בהתאם ל„הארקות" 29 חייב זרם התקלה, כאשר הבטחת המעגל היא על ידי נתיך של 25 אמפר, להיות לפחות 62.5 אמפר (25×2.5) ואילו כאשר הבטחת המעגל היא על ידי מז"ז של 25 אמפר חייב זרם התקלה להיות לפחות 37.5 אמפר (1.5×25). לכן מותר להשתמש במז"ז של 25 אמפר ואסור להשתמש בנתיך של 25 אמפר להבטחת המעגל הנידון.

* שאלה 4 באה להדגיש את השוני בין מיתקן חדש ומיתקן קיים במה שנוגע להשחלת מוליכים במובילים. בעוד שמספר המוליכים בעלי חתך מסוים שיותר להשחיל במוביל חדש נקבע במפורש בטבלאות המופיעות בתקנות „מובילים“ הרי שלעתים מותר במיתקן קיים, בו אינה קיימת אפשרות סבירה להחלפת הצינור (המותקן), למשל, בתוך הקיר, להחליף או להוסיף מוליכים מעל למותר לפי הטבלה, בתנאי שקוטר הצינור לא יהיה קטן מהמיתקבל מהחישוב לפי נוסחה הטופיעה בתקנה 30. מקדם המילוי הנובע מהנוסחה גדול יותר ממקדם המילוי הנובע מהטבלה. גישה זו של התקנות נועדה לאפשר מיתוח או שיפור יכולת השירות של המיתקן הקיים מבלי לבצע בו שינויים הכרוכים בהוצאות מרובות כמו, למשל, החלפת צינורות המותקנים בתוך הקיר.

מותך עיון בטבלה שבתקנה 67 נראה שבמיתקן חדש הקוטר המינימלי של צינור בו יש להשחיל 5 מוליכים בחתך 4 מ"ר כל אחד, הוא 23 מ"מ אולם על סמך חישוב לפי הנוסחה שבתקנה 30 נראה שאפשר להשחיל את המוליך החמישי הנוסף לתוך הצינור הקיים שקוטרו 16 מ"מ:

d — קוטר פנימי של הצינור במילימטרים
D — קוטר חיצוני של כל מוליך מבודד במילימטרים.

$$D = 1.6 \sqrt{5di^2}$$

$$D = 1.6 \sqrt{5 \times 4.5^2}$$

D=16, כלומר,

למעשה נותן החישוב מדויק ערך הנדול מעט מ-16, אולם הגישה לבעיה חייבת להיות מיקצועית-טכנית ולא מתימטית גרידא, לכן ברור שבמקרה זה רשאי היה החשמלאי, שניתקל באופן מעשי בבעיה, להשחיל את המוליך הנוסף לצינור הפלסטי הקיים!

אגב, 2 פותרים (י. שוורמן וא. אברהמי) לא התעצלו ושלחו למערכת חישובים מפורטים ומנומקים לגבי שאלה זו וכן לגבי שאר השאלות. אל המערכת הגיעו 205 פתרונות.

כל הפתרונות נבדקו ובי' 8 מהם (בלבד 11) היו התשובות לכל חמש השאלות נכונות.

להלן רשימת הפותרים נכונה את החידון מס' 3:

אברהמי אפרים (בית קמה), מנדלסון אברהם (חיפה), ספיץ שמעון (משואות יצחק), עמלי ארנון (גונן), קידר ירמיהו (בית גוברין), קצין שמואל (חיפה), שוורמן יוסף (רחובות), שמירא אברהם (תל-אביב). כל אחד מהשמונה זכה בפרס: ההוצאה החדשה והמורחבת של „המדריך לתכנון מיתקני חשמל“ מאת אינג' ז. דוניבסקי, שיצאה לאור בחודש שעבר.



זה מול זה :

חיבור תלת פוי למבנה, על ידו 4 מולי
 כים מבודדים, (שים לב לפגמים בבר
 דוד ולחשתבכות ענפי העצים בין
 המוליכים).



חיבור תלת פוי למבנה על ידי כבל
 נושא, (המילה האחרונה בשטח חיבור
 רים אווריים למבנים).