

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

תוכן הענינים

1	דבר המערכת
2	מכתבים למערכת
4	זרם קצר במיתקן מתח גבוה
9	תעריפי חשמל בתעשיות באיזה מהם לבחור ?
12	בקיצור
13	כבלים בעלי חוט שדרה
	✓ עיוות המתחים המשווים עקב ניתוק פזה בודד
14	הראשוני של שנאי החלוקה
18	כבלי חשמל במבנה גורתי (סקטורלי)
23	אחזקה מתוכננת של המיתקן החשמלי בתעשיות
	חידוש "בחישוב" הלול : אומנות חשמל אנדרות
24	חום
26	המיתקן החשמלי במעליות
	חישובי עומס ומקדם הספק בעזרת מוני החשמל
28	ושעון רגיל
30	תאונות 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 וב"צדע :

אורי אבנר — פרסום והסברה

הדפסה :

דפוס קראפי, אגודותי 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 פנויים 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 התקין 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.

אגף 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 הג"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 אספקת תקינה של חשמל ומים במקומות הנדרשים. הרשות מורכבת ממנהלי חברת החשמל, תכנון המים לישראל (תה"ל), מקורות ונציב המים.

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

שהפגזות האויב הכבדות גרמו נזקים חמורים לקוי המתח הגבוה, לרש"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 מההפגזות הסורים ובמספר ישובים בשרון שהופגזו 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 המזוהים כולם מתחנות כוח (דיול-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„מסלול הרגיל“ נמשיך בפרסום „התקע המצדיע“ אחת ל-3 חודשים על מנת לקדם את המטרה המשו"תפת לחברת החשמל ולציבור החשמלאים.

מכתבים למערכת

מוליך תיווך עשוי מנחושת.
הייתי רוצה לשאול: —

- האם הקורוזיה היתה עלולה לגרום נזק לרשת הנחושת (אילו חיברתי את ההסתעפות ללא תיווך).
- האם חומר כגריז או דוג יהיה מספיק טוב כדי למנוע את התחמצנות מקום החיבור?

משה נתנאל (קרית-גת)

באחד המשקים היה עלי התקין חיבור אוירי חדש למחלבה במוליכי אלומיניום חסופים בחתך 16 מ"מ. החיבור החדש הסתעף מרשת עשויה ממוליכי נחושת בחתך 25 מ"מ. את חיבור הקצוות בי-ציתי 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 :

הינקות נקודת החיבור בין אלומיניום ונחושת בגלל קורוזיה היא תופעה ידועה שנחקרה כבר רבות: האלומיניום נתקף על ידי התא הנלווה הנוצר במגע בינו לבין הנחושת. המגע בנקודת החיבור נעשה גרוע, דבר שגורם לחיסומו ובעקבות זאת גם לחיסום מוליכי הנחושת והנקודות. ברור שבמקומות יבשים ומקורים (אלומות סגורים, למשל) הסכנה לקורוזיה נמוכה מאוד ואז אפשר להסתפק אפילו בגלל כבל אלומיניום המתחברת לפסי צבירה מנחושת. אולם ברשתות חיצוניות יש להשתמש במחברים מיוחדים ואז לא מספיקה השיטה של מוליך תווך מנחושת כיון שברור שהוא עצמו ייוקף ויגרום לתקלות. המחברים המוטלעים כיום הם מהדקי לחיצה מאלומיניום מסיבי הממולאים תוך ייצורם במסחה אנטי קורוזיבית הסכילה גם גרמי אבק שתפקידם להבטיח את המגע הטוב. מהדק כזה מהווה, למעשה, אגודה 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 ופירושה כי חושבני שהדבר יהיה לעזר להרבה חשמלאים. ששון רחמים (ידאליה, ת"א)

תשובה :

הסימונים N.Y.Y. ; N.Y.M. וכדומה, לקוחים מהתקנים הנרמנים. כבל בעל מבנה N.Y.Y., למשל, מתואר בתקן הנ"ל מני V.D.E. 0271 וזהו כבל המיועד למתח 0,6/1 ק"ו. לעומת זאת כבל N.Y.M. המתואר בתקן הנרמני 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 הנומינלי מוסבר בעובדה שמעטה ההגנה החיצוני של מבנה N.Y.Y. הוא עבה יותר ומשמש גם כבידוד נוסף. בתקנים הישראליים 122 (כבלים ומוליכים חשמליים מבודדי גומי) ו-173 (מוליכים מבודדים כבלים ומוליכים בעלי בידוד או מעטה מפוליויניל כלורי) מובא הסימון הישראלי של סוגי הכבלים השונים כשאר תיות הצופן הן עבריות. טאמר מלא ורחב על הנושא שיכלול פירוש לאותיות הצופן ומפתח התאמה בין הסימון הנרמני והסימון הישראלי יופיע בעלון הבא של „התקע המצדיע“.

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

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

א. חזני (פתח 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 הנשי' 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 ולמבודדים לעמוד על כל שיגאה 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 מעונין להקים מיתקן דומה ולבצע בו הדרכה לעבודה במיתקן חי, תהיה החברה מוכנה 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 שר' נים כמו שרברים או מרכיבי דודי שמש, אשר מנתקים לפעמים את שלת ההארקה (חבקה-הארקה), „המפריעה“ להם עבדו דתם.

יצחק סעד (כרכור)

תשובה :

לא לחינם הוזכרה על ידינו מספר פעמים בעית שלמות ותקינותו של מיתקן ההארקה על כל חלקיו. אמנם חוק החשמל (תקנות הארקות והגנות אחרות) דורש במפורש את שמירת שלמות מערכת ההארקה ומסובן שאפשר לתבוע לאחריות אדם שגורם לנזק במערכת ביוזעין או שלא ביוזעין. 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 חשי' בות ההארקה והשכונות העלויות להגורם עקב אי תקינותה. אנו מעידנו נשתדל למצוא דרך אל בעלי המקצועות השונים כדי להבחיר להם את מידת אחריותם.

זרם קצור במיתקן מתח נמוך

M.Sc. אינג' נ. אליאש

בערך זרמי הקצר הצפויים מגידול הספק מערכת היצירה (הגנרטורים) והתרחבות קווי המתח העליון והגבוה.
לזרמי הקצר ישנן תופעות לוואי דינמיות ותרמיות, נדון להלן בכל אחת מהתופעות אלה בנפרד.

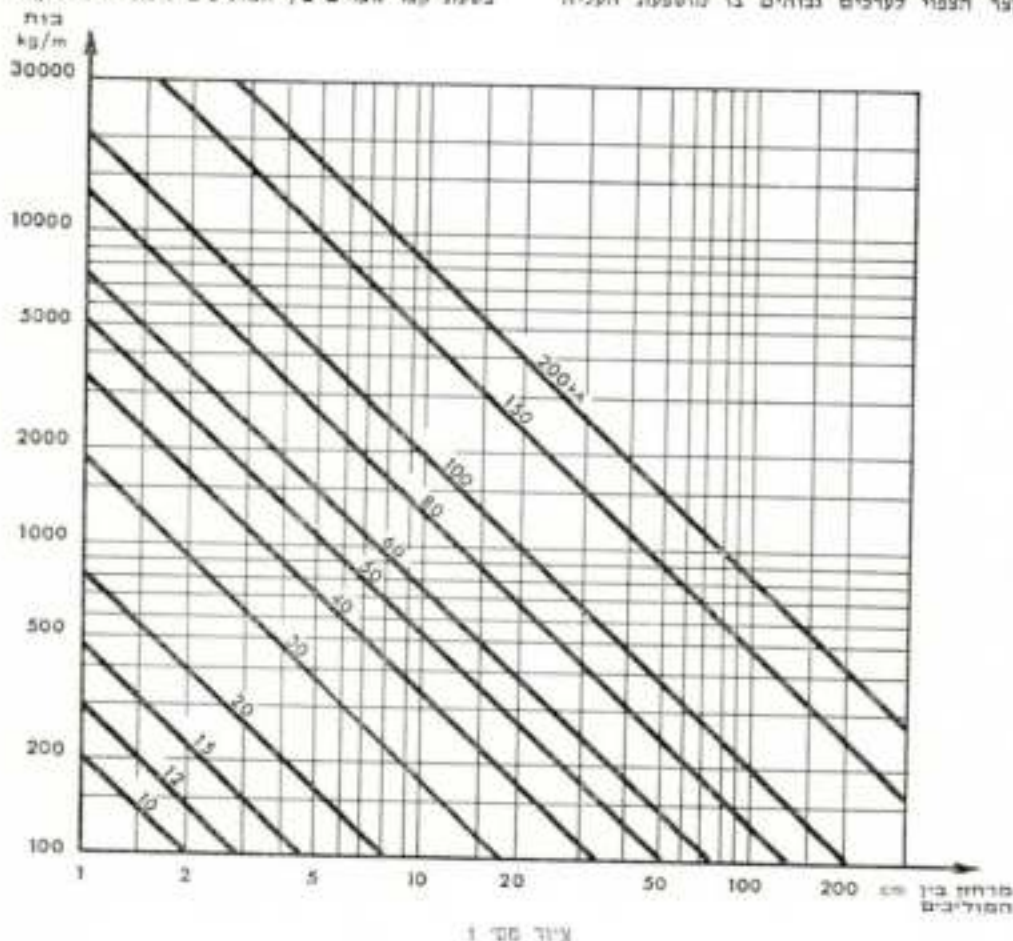
התופעות הדינמיות

הכוחות האלקטרומגנטיים 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 הצפוי במיתקן בשעת תקלת קצר ישנה השפעה מכרעת בערכות המיפרט לצורך החשמלי למיתקן.

יחד עם הדרישה למיה חייב הציוד 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 הצפוי לערכים גבוהים בו מושפעת העליה



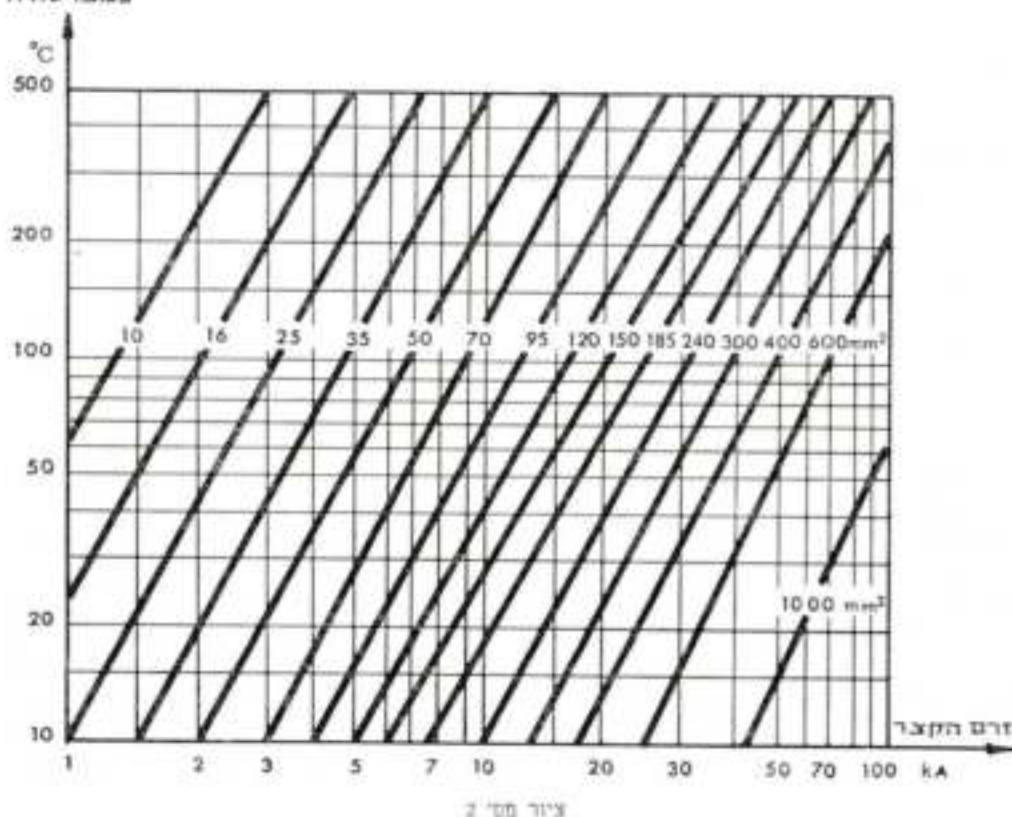
יתכן מאוד שחומרי הבידוד המסוגלים לעמוד בזרם נת החימום הנובעת מזרם עבודה רגיל ייזקו מהמאר מנים התרמיים כתוצאה מהחימום המוגבר עקב זרם הקצר. גם המוליכים עצמם עלולים להיזקק עקב התפשטותם, התרככותם או אפילו היתוךם במידה והקצר נמשך תקופה ארוכה. אפשר לקבל את עליית הטמפרטורה לפי הנוסחה

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

θ — עליית הטמפרטורה ($^{\circ}\text{C}$)
 A — שטח החתך של המוליך (מטר²)
 K — קבוע — (לוחשת — 0,0058 לאלומיניום — 0,0135)
 t — משך הקצר (שניות).

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

טמפרטורה



כוחות דחיה. אפשר לחשב את הכוחות באמצעות

$$F = 2.04 \times 10^{-5} \frac{l}{d} = [N] \quad \text{הנוסחה הבאה:}$$

F — הכוח הפועל על המוליכים (ק"ג)

l — אורך המוליכים (מטר)

d — המרחק בין המוליכים (מסר)

d — המרחק בין המוליכים (מטר).

לשם מציאת הכוחות המכסימליים יש להתחשב בזרם הרגעי המכסימלי הגדול, כידוע, פי 2 מהערך האפקטיבי.

כתוצאה מהכוחות הדינמיים האלה נוצרים טאנצים מכניים באגזורים 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 גורם לחימום מוגבר של הסר ליכום בהם הוא זורם. החימום נמצא ביחס ישר לריבוע זרם הקצר וכן ביחס ישר לזמן זרימתו.

הקשת במבטח

בנוסף לתופעות הזינמיות והתרמיות שהוזכרו לעיל יש להתחשב גם בכוח הניתוק של המבטחים (נתי התכת האלמנט הניתן ובמפסקי זרם עם היפרדות המנעים. בקשת זו זרם זרם השמלי בעל עוצמה נ" כרת דרך האוויר המיומן וחלקיקי הסתכת המאידות. האנרגיה האגורה בקשת עלולה לגרום להתפוצצות הנתוך, לשריפת המנעים 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

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

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

שבה יש לבטא את N ב"ק"א כמי 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 שבתנאי קצר נשיג את הזרם הנומינלי כבר בחלק קטן של המתח הנקוב. זהו למעשה מירושו של מתח הקצר ($U_k\%$) הרשום בשלט הטרנספורמטור ומבטא באחוזים של המתח הנומינלי.

בתנאים מצויאותיים 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 (ק"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

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

תוספה זו מתוארת בציור מס' 3. בתנאים הנורעים ביותר יהיה ערכו של הלם הזרם פי 1.8 מזרם הפסגה של רכיב זרם החילופין או

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

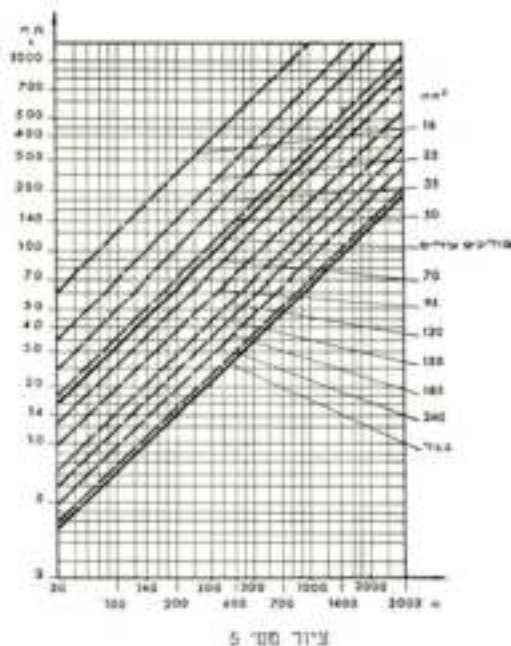
$$I_p \approx 2.5 I_k$$

הלם הזרם

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

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

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



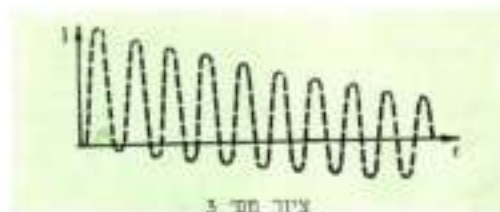
ציור מס' 3

נגדתי (R) וחלק אינדוקטיבי, „עיוור“ (X) הסחור ברים באופן ניאומטרי: $Z = \sqrt{R^2 + X^2}$
 לכן מקבל חוק אום לזרם חילופין תלת־פז את שלוב U
 הצורה הבאה: $I = \frac{U}{\sqrt{3} \times \sqrt{R^2 + X^2}}$

מציאת רכיבי העכבות

את הערכים המתאימים של רכיבי העכבות השוות ניתן למצוא בעזרת הציורים 4 ו־5. בקו מרוסק ניתן הרכיב הפעיל (R) ובקו מלא ניתן הרכיב העיוור (X) במיליאום. בציור מס' 4 ניתנים רכיבי העכבה של הטרנספורמטור בהתאם להספק הנקוב ולמתח הקצר. כפי שניתן לראות מהציור 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 וטור וגם במתח הקצר. בשרטוט ניתנים, לכן, 6 קווים המתאימים למתחי קצר שונים.

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



ציור מס' 4

הזרמים שחושבו עד עתה הם הזרמים הגדולים ביותר שעלולים להתפתח במקרה של קצר בהדקי הטרנספורמטור ובזמן שהמתח עובר דרך האפס. בתנאים מעשיים, כאשר הקצר מתחווה רחוק מהדקי הטרנספורמטור יהיו זרמי הקצר, על פי רוב, קטנים יותר.

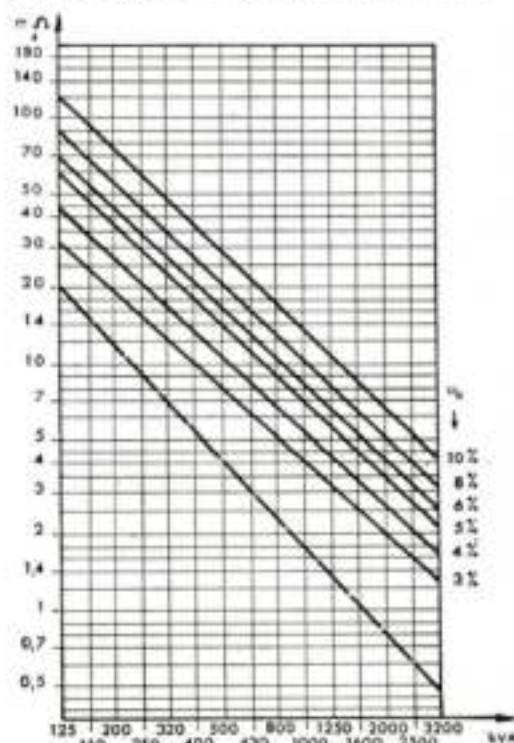
נעסוק במקרה הבא בחישוב מפורט יותר.

זרם הקצר בהתחשב בעכבות (אימפדנסות)

זרם חילופין תלת־פזי המתח הפזי (בין הפזה לאפס או לנקודת הכוכב של הטרנספורמטור) הוא

$$I_{ph} = \frac{U}{\sqrt{3}}$$

המתח השלוב מחולק בשורת שלושה. ההתנגדות לזרם חילופין, (העכבה) גדולה כידוע מההתנגדות לזרם ישר. העכבה מורכבת מחלק התי



ציור מס' 5

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 $I_k = 12500$ (אמפר).

ג. לפי החישוב המקורב (ראה טבלה 2):

$$I_n = 1.5 \times 630 = 945$$

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

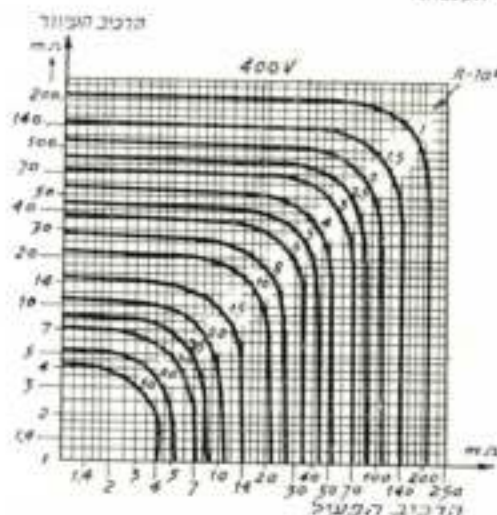
אנו רואים שהחישוב המקורב מתאים למציאות רק כאשר הקצת חל בהדקי הטרנספורמטור ואלו במקרה מעטי מגבלים הקווים והכבלים את זרם הקצר.

בדיקת עליות הטמפרטורה

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

קוים אלה מתאימים כאמור, הן לכבלים והן לקווים 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.

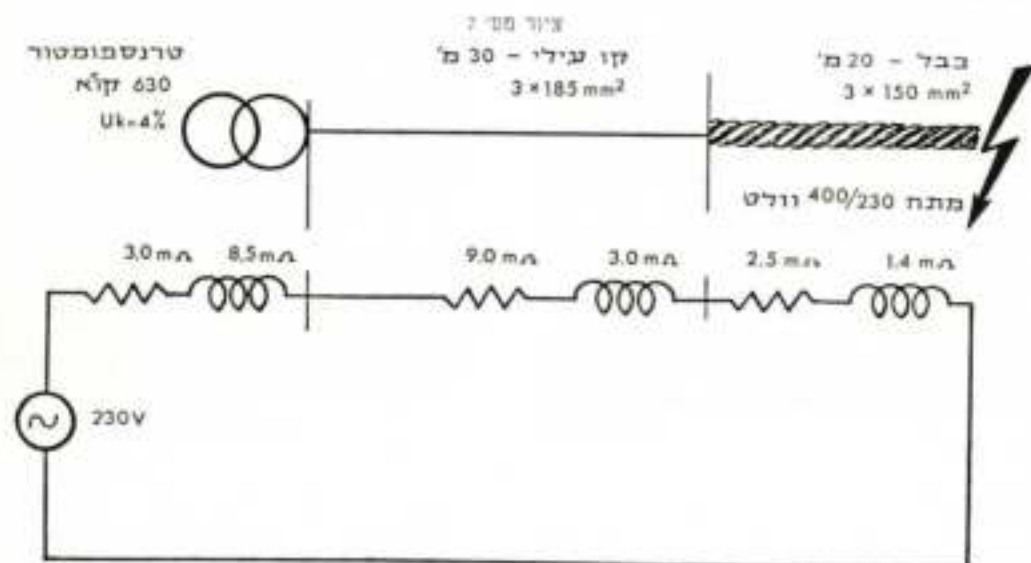


ציור מס' 6

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 המזין מפעל תעשייתי. מתחת לסכימה מתוארת סכימת התמורה החד מעגלית. החישוב מתיחס לקצר על פסי הצבירה הראשיים.



תעריפי חשמל בתעשיה

באיזה מהם לבחור ?

אינג' י. טראוב

לתכנן 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 שער 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 התש" לום השנתי בעד המאור לפי שני התעריפים ושם לב לכך, שעל פי תעריף ב' למאור יש לחשב הן את הקוט"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 ההחלטה 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 לעורך 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.

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

בחבורת מספר 2 של "התקע המצדיק" 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 החשקעה 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, בקוט"ש. אם יש לך בטחון, צריכת החשמל שווה פחות או יותר מדי חודש בחודשו — קבע את הצריכה החודשית הממוצעת, חשב את התשלום החודשי הממוצע בעד הקוט"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 וסכם.

2. — הערך את שיא הביקוש לכוח בקוט"ש ותרנס זאת לכסף. הבא בחשבון, כי הביקושהמכ" סימלי למטרת תעריף ב' לכוח הוא מספר קילוואטים השווה למספר קוט"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 הגדון. פירושו של הדבר : שיא חד-פעמי בשנה משך 15 דקות בלבד דייו לקבוע גורלו של התשלום בעד שיא הביקוש משך שנה תמימה. הן הבא בחשבון, כי מותר לעבוד בשעות מסוימות בלילה, כפי שתקבעה 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 לכח, בקו"ש

העומס המסווג	400 קו"ש	—
העומס בפועל: משך 5 חדשי חורף, 1.5 שעות ביממה	300 קו"ש	—
"	240 קו"ש	—
"	200 קו"ש	—
"	300 קו"ש	—
"	240 קו"ש	—
"	200 קו"ש	—
משך 6 חדשי קיץ, 1.0 שעות	300 קו"ש	—
"	240 קו"ש	—
"	200 קו"ש	—
"	300 קו"ש	—
"	240 קו"ש	—
"	200 קו"ש	—

עובדים 24 יממות בחודש: חודש אחד בשנה המסעל סגור.

הצריכה בחודש חורפי:

1.5 שעות ליום	300 קו"ש	=	450 קו"ש
"	240 קו"ש	×	"
"	200 קו"ש	×	"
"	300 קו"ש	×	"
"	240 קו"ש	×	"
"	200 קו"ש	×	"

סה"כ 5,430 קו"ש $\times$ 24 ימים = 130,320 קו"ש

התשלום בעד 130,320 קו"ש:

לפי תעריף א'	1,000 קו"ש	×	5.9 אג'	=	59.00 ל"י
"	1000 קו"ש	×	4.9 אג'	=	49.00 ל"י
"	8,000 קו"ש	×	4.2 אג'	=	336.00 ל"י
"	10,000 קו"ש	×	4.0 אג'	=	400.00 ל"י
"	110,320 קו"ש	×	3.6 אג'	=	3,971.52 ל"י
"	130,320 קו"ש	=			4,815.52 ל"י
לפי תעריף ב'	5,000 קו"ש	×	3.8 אג'	=	190.00 ל"י
"	5,000 קו"ש	×	2.8 אג'	=	140.00 ל"י
"	120,320 קו"ש	×	2.4 אג'	=	2,887.68 ל"י
"	130,320 קו"ש	=			3,217.68 ל"י

הצריכה בחודש קיצי:

1.0 שעות ליום	300 קו"ש	=	300 קו"ש
"	240 קו"ש	×	"
"	200 קו"ש	×	"
"	300 קו"ש	×	"
"	240 קו"ש	×	"
"	200 קו"ש	×	"

סה"כ 2,260 קו"ש $\times$ 24 ימים = 54,240 קו"ש

התשלום בעד 54,240 קו"ש:

לפי תעריף א'	20,000 קו"ש	=	844.00 ל"י		
"	34,240 קו"ש	×	3.6 אג'	=	1,232.64 ל"י
"	54,240 קו"ש	=	2,076.64 ל"י		
לפי תעריף ב'	10,000 קו"ש	=	330.00 ל"י		
"	44,240 קו"ש	×	2.4 אג'	=	1,061.76 ל"י
"	54,240 קו"ש	=	1,391.76 ל"י		

סה"כ בעד קו"ש:

לפי תעריף א'	5 ח' חורף	×	4,815.52 ל"י	=	24,077.60 ל"י
"	6 ח' קיץ	×	2,076.64 ל"י	=	12,459.84 ל"י
"	סה"כ בשנה	=			36,537.44 ל"י
לפי תעריף ב'	5 ח' חורף	×	3,217.68 ל"י	=	16,088.40 ל"י
"	6 ח' קיץ	×	1,391.76 ל"י	=	8,350.56 ל"י
"	סה"כ בשנה	=			24,438.96 ל"י

2. שיא הביקוש לכח, בקו"ש

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

התשלום לחודש:

100 קו"ש	×	2.75 ל"י	=	275.00 ל"י
200 קו"ש	×	2.35 ל"י	=	470.00 ל"י
300 קו"ש	×	1.2 חדשים	=	745.00 ל"י
"	=			8,940.00 ל"י

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 קוט"ש		— 8,940.—		= 33,378.96	
בעד ביקוש				= 3,158.48 ב"ב	
תעריף ב' לכח זול יותר מתעריף א'				או ב"ב 8.6%	

4. – עומס וצריכה למאור

העומס הממוצע		— 20 קו"ט	
העומס בפועל:			
משך 5 חודשי חורף, 10 שעות ביממה		— 20	
משך 6 חודשי קיץ, 5		— 10	
משך 5 חודשי קיץ, 5		— 20	
משך 5 חודשי קיץ, 5		— 10	

המאור עשוי לגרום לתוספת בשיא ביקוש בשעור 10 קו"ט.

הצריכה בחודש חורף:

10 שעות ליום × 20 קו"ט	=	200 קוט"ש
14 " " " × 10	=	140 " "

סה"כ 340 " × 24 ימים = 8,160 קוט"ש

התשלום בעד 8,160 קוט"ש:

לפי תעריף א'

100 קוט"ש × 19.0 אג'	=	19.— ל"י
400 " " " × 9.0	=	36.— " "
7,660 " " " × 8.0	=	612.80 " "

סה"כ 667.80

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

8,160 קוט"ש × 2.4 אג' = 195.84 ל"י

הצריכה בחודש קיץ:

5 שעות ליום × 20 קו"ט	=	100 קוט"ש
5 " " " × 10	=	50 " "

סה"כ 150 " × 24 ימים = 3,600 קוט"ש

התשלום בעד 3,600 קוט"ש:

לפי תעריף א'

500 קוט"ש	=	55.— ל"י
3,100 " " " × 8.0 אג'	=	248.— " "
3,600 " " " × 8.0	=	303.— " "

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

3,600 קוט"ש × 2.4 אג' = 86.40 ל"י

סה"כ התשלום בעד קוט"ש של המאור:

לפי תעריף א'

5 ח' חורף × 667.80 ל"י	=	3,339.— ל"י
6 ח' קיץ × 303.—	=	1,818.— " "

סה"כ בשנה 5,157.—

לפי תעריף ב'
5 ח' חורף × 195.84 ל"י

6 ח' קיץ × 86.40 " = 518.40 " "

סה"כ בשנה 1,497.60

5,157.— = 1,497.60 ל"י

סה"כ התשלום השנתי לפי תעריף א'

התשלום לפי תעריף ב': בעד קוט"ש

בעד עומס מחובר

20 קו"ט × 8.75 ל"י × 12 חודש

בעד שיא ביקוש

10 קו"ט × 2.35 ל"י × 12 חודש

282.— " = 3,879.60

3,879.60 + 1,497.60 = 5,377.20

5,377.20 ב"ב 25%

תעריף ב' למאור תעשיתי זול כגון מתעריף א'

11

אם נקח בחשבון שלגורד דוגמה זו ייחסד גם סכום של — 3,000 ל"י כתוצאה מכך שהמיתקנים לכה ולמאור יהיו בחלקים מסוימים משותפים, וכי סכום כזה נושא 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
בז	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	4,765.88 (11.5%)

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

קיצור

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 ייפתח 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 פריטים והרשמה נא לפנות: חיפה, הטכניון — הדר הכרמל, הבנין הראשי חדר 22א', ת"ד 4959, טל' 67818, 68101.

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

ארונות מדידה ואבטחה

בחודשים האחרונים מוכנסים לשימוש בחברת החש"מל ארונות מדידה ואבטחה סטנדרטיים שנועדו למתן אספקת חשמל לצרכים 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 לדרישות הטכניות והאסתטיות המקובלות בעולם בשטח זה.

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

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

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

כבלים בעלי

"חוט-שדרה"

אינ' ב. רביד

קיים קושי ביצירת מרווחי בטיחות כגון: כשטח מטעים ויערות.

ג. במקומות בהם קיים צורך בהגברת רשת המתח הנמוך על ידי כבל מתח גבוה תוך שימוש בעי מודים תקינים.

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 חזנה על גבי סמכים משותפים עם קווי טלקומוניקציה.

ו. במקומות בהם רשת אווירית נלווה מוגשמת בוף מבחינה אסתטית. הכבל הנושא עצמו מאפשר במקרה זה הצנעת הקו בין עצים ולאורך בנינים.

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

בארץ מסלול כבל זה את דריסת התקן הישראלי לכבלים אוויריים ת"י 473 בתוספת הכבל הנושא, לפיכך נראה לנו כי הכינוי המתאים של כבל זה יוכל להיות סנט"8, כאשר האותיות סנט מציינות את הסבנה הרגיל של כבל זה, כלומר, בידוד תרמו-פלסטי למוליכים ומעטה הגנה תרמופלסטי ואילו התוספת של הספרה 8 מציינת את הסבנה המיוחדת. בחברת החשמל הוחל בשימוש בכבל נושא עצמו כשטח 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 ויושג 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 תלית, למוף ספירלי של חוט או סרט פלדה סביב השניים, או באמצעות קשירה בחוטי קשירה.

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

הרעיון של כבל הנושא עצמו נולד בארה"ב בשנות השלושים. במבנים הראשונים שהופיעו נוקבע כבל הפלדה במרכז, כאשר הגידים שזורים סביב. לסיבנה זה היו חסרונות רבים בעת תלית הכבל ומתיחתו: בין השאר לא ניתן היה למנוע העברת כוחות מת"ח מהכבל הנושא אל המוליכים. הדבר גרם להפיצות רבות ורוב היצרנים עברו אל מבנה אחר, בו קשרו את הכבל המוליך אל הכבל הנושא שנמצא מעליו באמצעות ליפוף סרטי פלדה. אולם גם במבנה זה הועבר חלק מכוח המתיחה אל המוליכים.

בהמשך למאמצים אלה בפיתוח כבל אווירי זול יותר ונוח להתקנה הוחל בשנות החמישים בעבודה על כבל בעל חתך בצורת הספרה שמונה. במבנה זה נתונים הכבל הנושא מפלדה והכבל המוליך בתוך מעטה משותף, היוצר בין שני הכבלים צואר קטן. תחילה, נכנס כבל זה לשימוש בקווי 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 כשטחי השימוש הבאים:

א. באזורים עירוניים בנויים בצפיפות, ברחובות צרים ומתפתלים, בהם קווים גלויים מהווים סכנה.

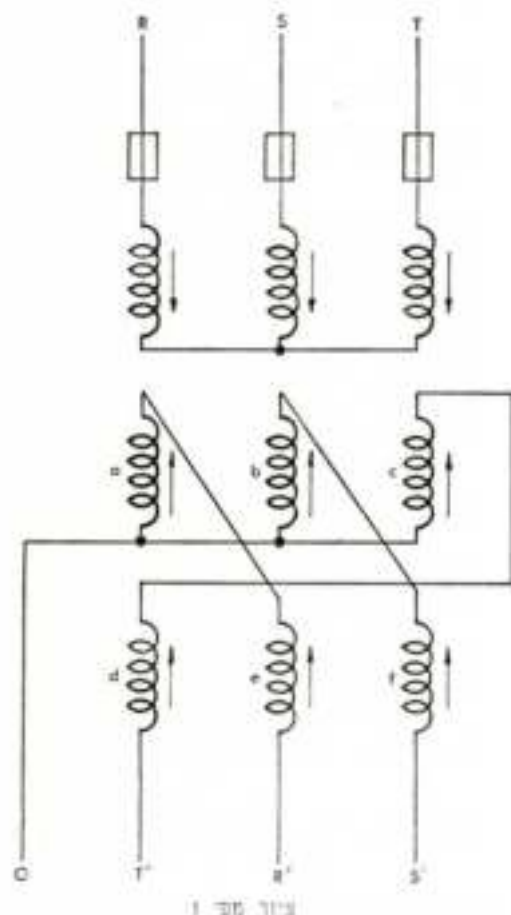
ב. בעת העברת קווי אספקת אנרגיה באזורים בהם

עיוות המתחים המשניים

עקב ניתוק פזה בצד הראשוני של שנאי החלוקה

אינ' נ. פלג

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



מבוא

לניתוק אחת הפזות 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 בנתך המתח הגבוה עלול להיגרם על ידי מספר רב ומגוון של גורמים: קצר דרך גופן של ציפורים שהתייבשו בין הפזות, פגיעת ברק, עפיפוני ילדים שהסתבכו בין המוליכים, נפילת ענפי עצים על המוליכים ועוד. ההתראת המיידית על התקלה מופיעה במיתקנים בצד המתח הנמוך בצורת מתחים 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 שחייבים לנקוט מתכנן המיתקן וחשמלאי האחזקה, 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).

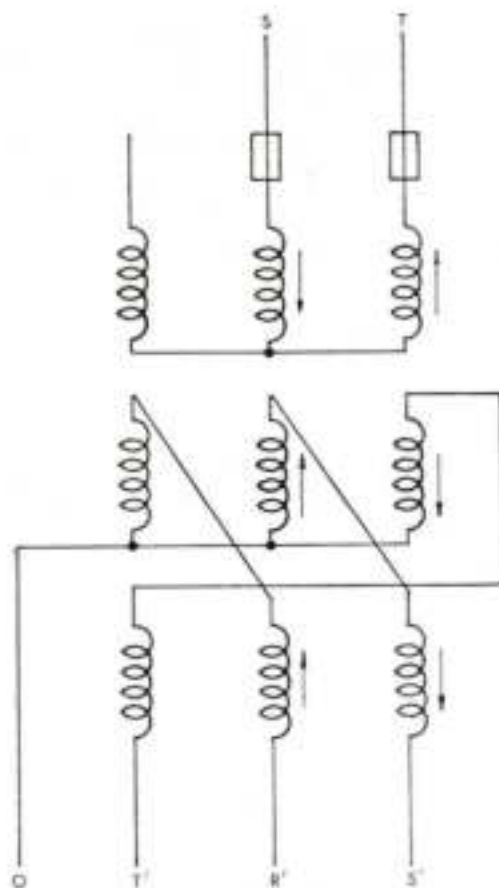
שנאים בחיבור כוכב / זיגזג 11

שכימת 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 המייחדת אותה מיתר צורות החיבור הידועות. המתח המשני בכל פזה מתקבל כסכום המתחים הפי שרים בשני סלילים הנמצאים על שתי שוקיים שריות של השנאי ומחוברים בכיוונים הפוכים.

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



צ"ר מס' 3

ואילו המתחים המישניים שלובים יהיו כדלקמן:

$$U_{R'S'} = 345 \text{ וולט}$$

$$U_{S'T'} = 345 \text{ וולט}$$

$$U_{T'R'} = 0$$

כלומר שני מתחים שלובים בשיעור של 86% מהנוי מינלי והמתח השלוב השלישי – אפס.

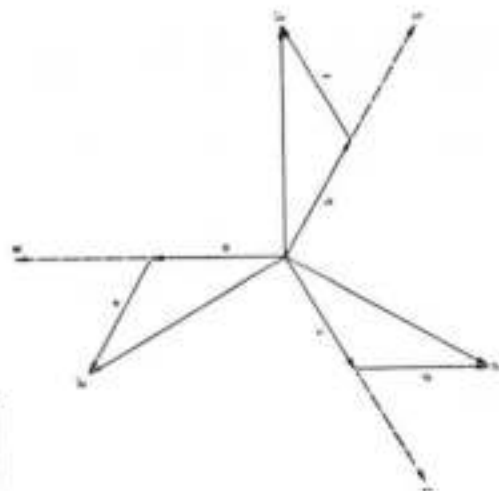
שנאים בחיבור משולש/כוכב 11

סכימת החיבורים במצב תקין של שנאי בחיבור

המתח הממשלי



צ"ר מס' 4



צ"ר מס' 2

המצב המעשי כאשר מרבית הערכים הם חרי (פזים) לא יורש הדבר בצורה בולטת ומוזיקה, בצד המתח הגבוה, במילים אחרות – העברת העומס לצד המתח הגבוה תהיה סימטרית למדי ולכן גם יפילה יותר אפילו בתנאים של העמסה לא סימטרית בצד המתח הנמוך.

כאשר מנותקת, עקב תקלה, אחת הפזות בצד המתח הגבוה מתקבלת התמונה המתוארת בציר מס' 3. בצד המתח הגבוה בדיאגרמה הוקטורית שבציר 4 החזנה היא כביכול חד-פזית כשהמתח הגבוה השלוב מתחלק שווה בשווה בין שני סלילי השנאי שנשארו מחוברים. פירושו של דבר שהמתח שמקבל כעת כל סליל ראשוני הוא מוקטן (במצב תקין המתח על כל סליל ראשוני הוא $\frac{U}{\sqrt{3}}$).

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

במילים אחרות, המתח על כל אחד מארבעת הסלילי

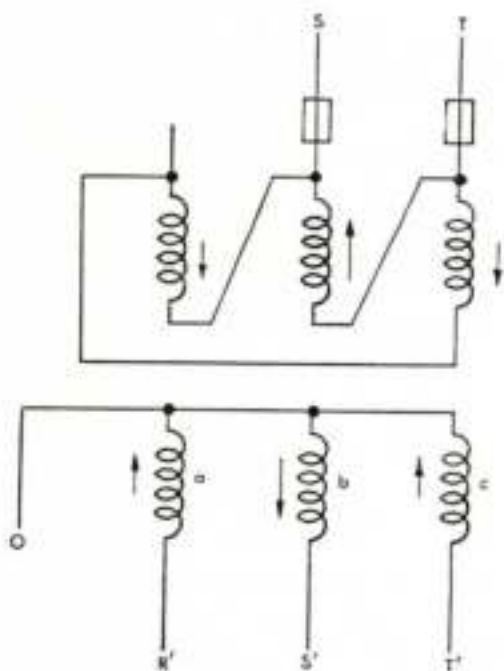
המושרים יהיה במקרה זה 50% $\left[\frac{1}{\sqrt{3}} \times \frac{\sqrt{3}}{2} \right]$

מערכו של המתח הפזי הרגיל, כשהמתח המישני התקין הוא 230 וולט בכל פזה יהיו המתחים בשעת התקלה, של חוסר פזה בצד המתח הגבוה, כדלקמן:

המתח הפזי בזה R' 115 וולט

" " " S' 230 וולט

" " " T' 115 וולט



ציור מס' 7

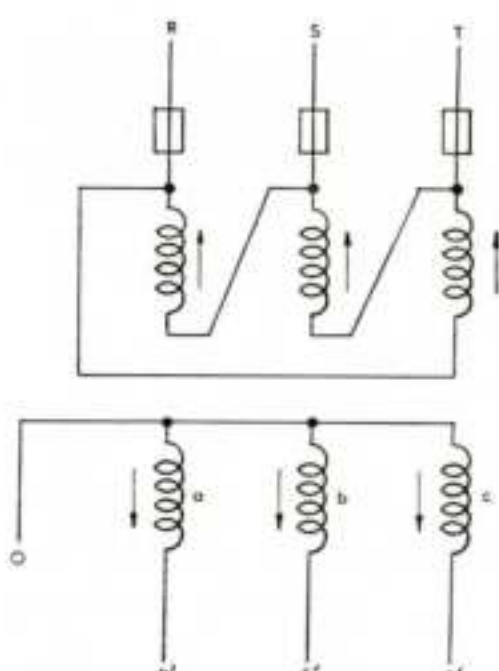
היא גם כאן בת 30° , וזאת על מנת לאפשר חיבור במקביל של מספר שטאים.

כאשר מנותקת אחת הפזות בעד המתח הנבונה מתקבלת התמונה המתוארת בציור מס' 7 ובדאי נרמזת חוקטורית שבציור מס' 8.

נראה שתתקבל במקרה זה חלוקת מתחים הוזה לוו שבמקרה החיבור Y/Z11 שתוארה לעיל.

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

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

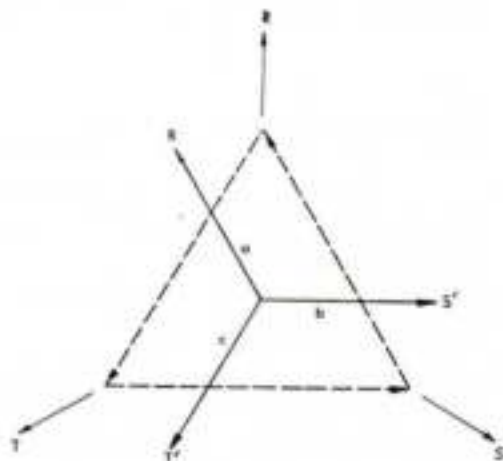


ציור מס' 8

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

הדיאגרמה חוקטורית במצב תקין מתוארת בציור מס' 6.

בחיבור זה מתקבל המתח בכל סליל מישני — כתר צאה מהשטף הממנטי של סליל ראשוני אחד. הזווית בין וקטורי המתחים הראשוני והמשני של כל מה

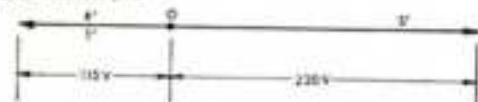


ציור מס' 6

כיוון המתח הראשוני



כיוון המתח המשני



ציור מס' 8

גרעין הפזה המנותקת מהצר הראשוני, פועלים אז כריאקטנסה בערך 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 שנאי חלוקה הסוזן מקו מתח גבוה אליו מחוברים מספר רב של שנאים נוספים) 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 שתפקודם תרד, שמי 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 הצידוד 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 השהיות 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 ההגנה 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 סוזן ממקור נפרד תקשור למעגל התאורה של הבנין 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 והפיסקה אוטומטית של התאורה ע"י פיקוד המעלית. במידה והתאורה פלואורסצנטית מסודרת מחוג תאורה בתא המעלית וכשמשמשים בנורות פלואורסצנטיות מסוג Rapid start אפשר לסדר תאורה אוטומטית. מעליות רבות מצוידות גם במאורר חשמלי לאוויר תא המעלית. המאורר פועל ממעגל התאורה ומפעל ע"י מתג בתא המעלית. הספק מעגל התאורה נע בין 150 וט ל-1000 וט.

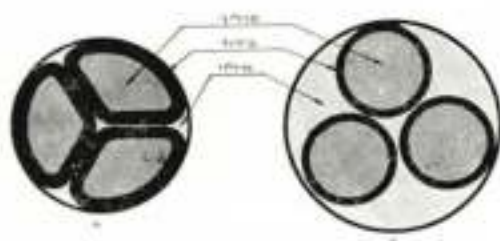
מעגלי הפיקוד ברוב המעליות הם מעגלי זרם ישר במתח נמוך ונמוך מאוד השימוש בסולנואידים, מומסרים וקונטקטורים לזרם ישר הוכח כיעיל הן מבחינת הרעש (אין זמזומים) והן מבחינת אורך החיים של הסלילים (אין סכנת התחממות). המתח הים הם 24 וולט עד 125 וולט. מעגלי האיטיות הם בזרם חילופין במתח נמוך מאוד מ"6 עד 24 וולט. להגנת הנורות מקובל להשתמש במתחים בשיעור של 75% מממתח 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 מולוכלים ומגדיל אורך החיים של לוח הפיקוד. שלוש מע" ליות ראשונות בארץ מסוג זה, תופעלנה בקרוב במלון פרק בתל-אביב.

כבלי חשמל

במבנה גזרתי (סקטורלי)

אינג' מ. ח. כהן



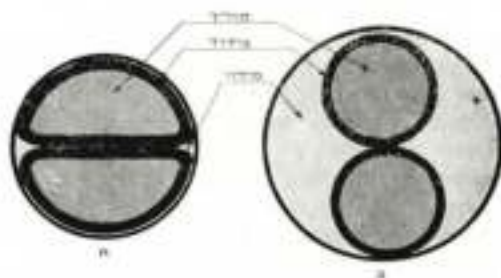
צ"ד מס' 2

שזירה משמש 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 טכנות השזירה. פעולת השזירה הרגילה נותנת גורם מילוי של כ-75%. גורם המילוי הוא היחס שבין חתך הנחושת ובין שטח החתך הכללי שתופס המוליך. בציור מס' 3 רואים מוליך המורכב מ-19 תיילים בודדים ורואים בין התיילים חללי אוויר, המורידים את גורם המילוי. הדרישה לצלל היטב את חתך הכבל הולידה את הצורך בצמצום החללים שבין התיילים. לאחר שנשזר המוליך, הוא עובר תחליף הספחה אותו בחומר סבדד ועתה הוא נקרא גיד. כדי לבנות כבל המכיל יותר מגיד אחד, יש צורך לשזור יחד את הגידים. פעולה זו הנקראת שזירת גידים מבטיחה גמישות ומאמצים המוחלקים שזה בין הגידים בעת כיפוף הכבל. צורכי השימוש בכבל והפעולות הנוספות שעליו לעבור לפני גמר ייצורו, מחייבים מילוי הנותן צורה עגולה לכבל (ראה ציור רים 1 ב' 2 ב' 3 ב'). 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 פנימי,

מבנה הכבל הגזרתי ושיטת הייצור

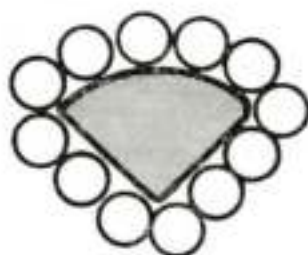
כבלי הספק במבנה של מוליכים עגולים הם הטייפוס שהיה נפוץ עד כה בישראל. (ציורים 1 ב' 2 ב') בעולם משתמשים כבר שנים רבות בכבלי הספק המכילים מוליכים בעלי מבנה גזרתי (ציורים 1 א' 2 א'). ולאחרונה הוחל בייצורם גם בארץ. התקן הישראלי מספר 547 לכבלים תת-קרקעיים למתח שאינו עולה על 1000 וולט, מציין אפשרות ייצור של כבלים בעלי מוליכים עגולים, 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 מתילל יחיד מקשי (סוליד). מוליכים בעלי חתך יותר גדול מיוצרים ממספר טינימלי של תיילים שזורים יחד, כדי להבטיח להם גמישות. כדי להבטיח מבנה הדוק למוליך וכדי לאזן את המאמצים הנוצרים בעת כיפוף המוליך, נשזרים התיילים הבודדים יחד בשכבות הדימרכיות. פעולה זו נקראת "שזירת המוליך". השזירה הפשוטה ביותר מורכבת מתילל מרכזי וסביבו ששה תיילים שווים לו בקוטר המלפס פים אותו במסיעה מסוימת. המבנה הפשוט הזה של



צ"ד מס' 1

יותר, עולה גמישות הכבל. הטבנה הנורתי מתייב את הגידים להיות פגוחים בהתאמה זה לזה ולכן עם כל פסיעת שוירה, סובב הגיד סביב צירו. סיבוב זה סביב הציר מנדיל את המאמצים הפנימיים במוליכים. לגידים נורתיים ניתנת פסיעה ארוכה מזו שניתנת למוליכים עגולים כדי להקטין את המאמצים האלה. מוליכים בחתכים של 70 מ"מ ומעלה עוברים בעת שוירתם תהליך הנקרא פיתול מוקדם המעצב את הצורה הנורתית במוליך ואף מפצל צורה זו סביב ציר האורך של המוליך.



צ"ד מס' 5

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

הפיתול מבטל את המאמצים הפנימיים בכבל. לאחר שוירת הגידים מתקבל כבל בלי מאמצים פנימיים ולשם הבטחת צורתו, הוא נכרך בסרט חזק המקיף



צ"ד מס' 6

את הגידים. לפי סוג הכבל הוא עובר פעולות ייצור משלימות אך אלה אינן מיוחדות למבנה הנורתי. בצירים 1 א' 2 א' רואים מבנה של כבל נורתי בעל 2 או 3 גידים. אם הכבל מכיל 4 גידים שווה חתך

סיבוב, שריון וכו'). ניצול יעיל יותר של חתך המר ליד ושל חתך הכבל, מושג על ידי הטבנה הנורתי, בציר מס' 4 רואים גורם מילוי של 100% עבור המוליך. מבנה כזה, בהתאם לת"י 547 יתכן לחתך של עד 150 מ"מ, אך רק למוליכי אלומיניום. הסיבה היא הקשיחות הנמוכה יותר של האלור מיניום. מבנה נורתי נוסף הוא זה הנראה בציר 5. המוליך עשוי מתיילים שזורים סביב גרעין שצר רתו נורתית. גורם המילוי מגיע כדי 92%—98%. הצורה המקובלת ביותר היום למבנה נורתי היא



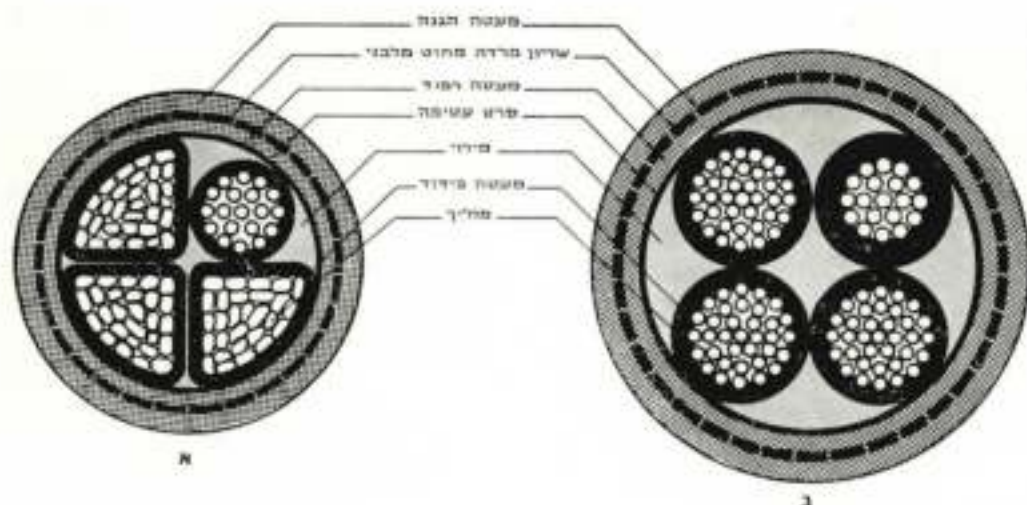
צ"ד מס' 3

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



צ"ד מס' 4

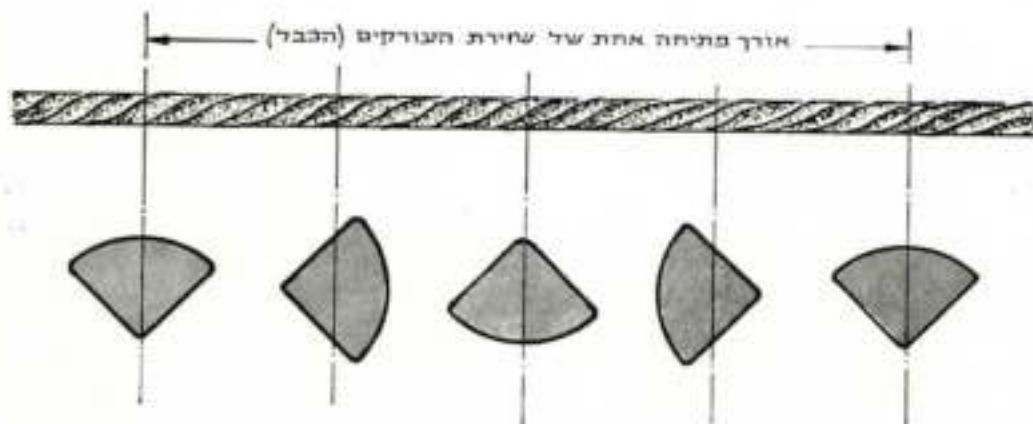
העברת המוליך דרך מכונת סירוד (אקסטרוזיה) המעבירה מעליו שכבה אחידה של פלסטיק חם. שכבה זו מתקררת על המוליך תוך כדי מעבר בשוקת מים. שלושה או ארבעה גידים כאלה נשזרים יחד בפסיעה מסוימת. ככל שהפסיעה קטנה



צ'ור מס' 7

במאמר זה הן למבנה כוח לעומת מבנה של 4 נידים ענולים. חיבורי כבלים נורתיים נעשים כמו חיבורי כבלים ענולים. ניתן להשיג בארץ ללא קושי נעלי כבל מתאימיסות לחתכים נורתיים.

יש לו מבנה של 4 נורות בנות 90 מעלות כל אחת. במקרה של כבל תלת ניד עם ניד רביעי (האפס) בחתך קטן יותר, המבנה המעשי הוא של 3 נידים נורתיים 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. במבנה הכבל הנורתי קל לראות שקירורו טוב מזה של כבל בעל גידים עגולים, בגלל שטח הפנים היותר גדול של המוליך המופנה כלפי חוץ. ההתנגדות לפליטת חום קטנה ב-25%—15 עבור כבלים נורתיים במבנים שונים, בהשוואה לכבלים עגולים. ניתן לומר שעבור שני כבלים, נורתי ורגיל, המורכבים בתנאים שווים, יוכל הכבל הסקטורלי להעביר זרם הגדול ב-10%—5 לערך מת הכבל הרגיל ללא חריגת טמפרטורה 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 גודל של 2%. התנגדות זו היא תוצאה של מעבר הזרם החשמלי לאורך החוטם 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 נורתי 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 נורתי לכדי 85%—80 מכבל בעל מוליכים עגולים בחתך שות. (ראה תר' שים א').

התוצאות הן נוחות בהכנת תעלות ובהנחת קיום. במקרה שהכבלים נתמכים במגשים או מיבנים מיד 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

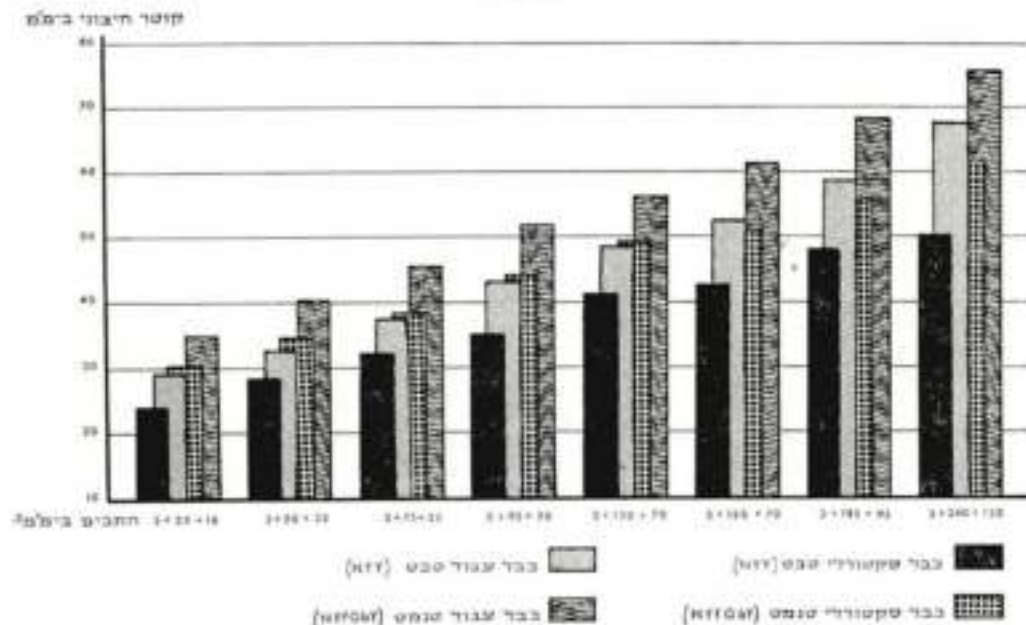
בגלל הקוטר והמשקל הקטן של כבלים נורתיים ניתן לייצרם ביחידות ארוכות יותר. (ראה תרשים ג'). בעת הנחת קיום ארוכים ישנו חסכון בהובלה והקטנת מספר החיבורים בין יחידות אורך אחת לשניה.

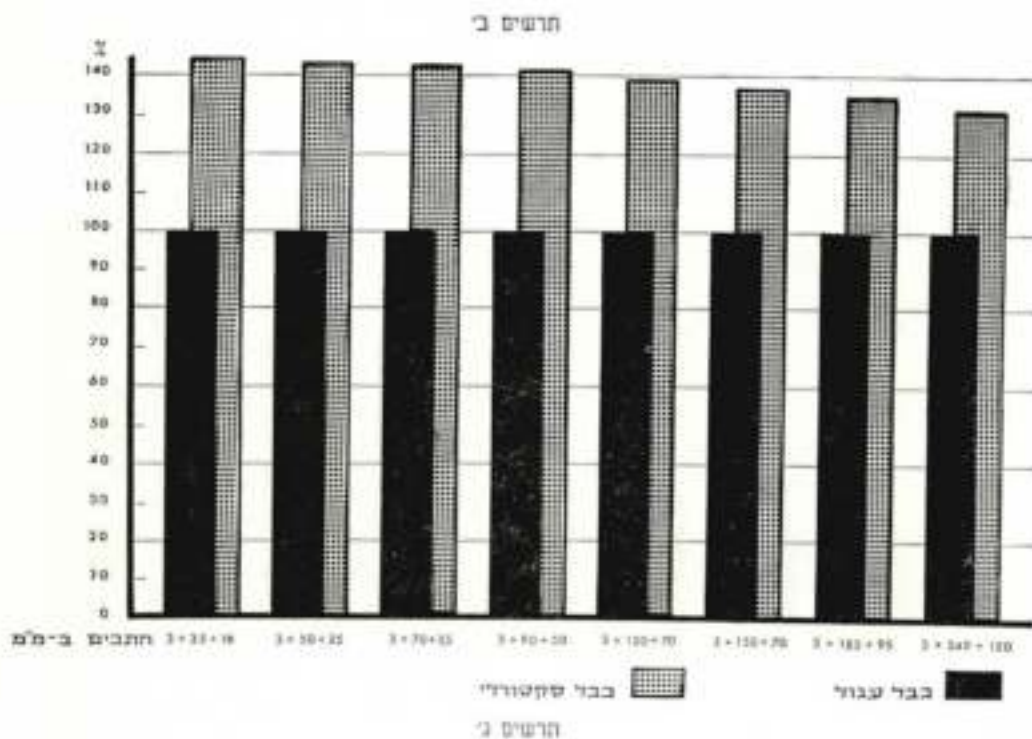
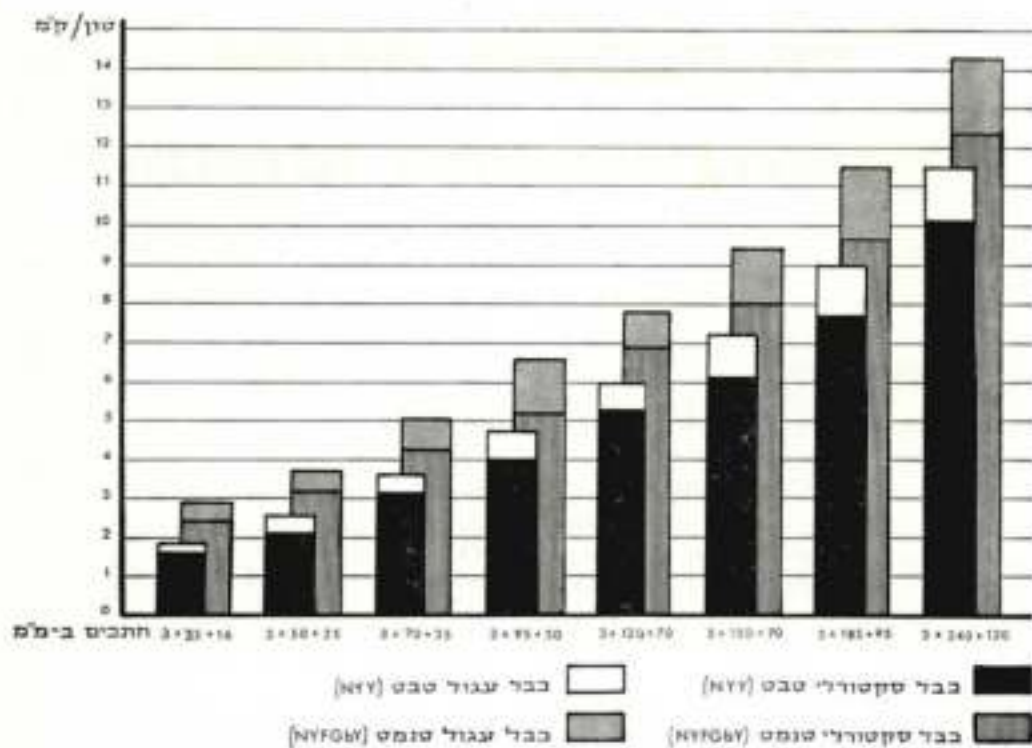
מחיר

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

הוכן בעזרתו האדיבה של אינג' . סולני.

תרשים א'





אחזקה מתוכננת של המיתקן החשמלי בתעשייה

איג' י. הרמלין

הביאו להרחבה ומודרניזציה של המפעל חדרה בקרב בעלי הטלאכה והתעשייה גם ההכרה 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 שיוטית או תקופתית עשויה לבטל או לפחות לצמצם במידה ניכרת את האפשרות של תאונות חשמל. תחושת הבטיחות אצל צוות העובדים במיתקן חשמלי מטופל בצורה שיטתית ומתוכננת על ידי חשמלאי מורשה משרה הרגשה טובה ולעומת זאת מיתקן חשמלי מונוח גורם לזלזול בסדרי הבטיחות ו„מזמין“ תאונות למיניהן.

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! מעצ חשמלי „שרוף“ במבטח או במפסק זרם, שהזנחה 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, למצב של חוסר מזה וכווצה 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 „תאומית“. אך תתבע אחזקה מתוכננת זו!

עובדה היא שבתעשייה העזירה והבינונית אין מיחסי חשיבות ראוייה לשמה לבדיקות תקופתיות וביהרה 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 שיוצע לתקן פקק שרוף ולמקרים רציניים יותר מזמינים חשמלאי המתקן את התקלה. אין לנו צורך ואף לא תקציב להחזיק חשמלאי קבוע“, כאשר הנך מצביע על המיתקן החשמלי המזונו, על כבלים ומתילים הנסתחים לאורך ולרוחב בית החרושת בצורה בלתי תקינה, התשובה היא: „כך אנו עובדים כבר הרבה שנים וברוך חשם לא קרה עד כה אסון ובנוסף לכך חסכנו גם בהוצאות!“.

יש להתפלל על הערכה קצרה 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 הטלאכה לא מפותחת התודעה של אחזקה מתוכננת ומסודרת. אומנם, הלה בשנים האחרונות התפתחות מסוימת והרבה בעלי תעשייה למדו כבר להעריך נכונה את החשיבות וההזיונות שבאחזקה מקצועית מעולה. התפתחות חיובית זו הנה תוצאה לזוי של „השתחררות“ תעשייתנו מהמדינה העזירה „המסורתית“ 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 והצמון 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 הסתוכנת מתחלקת לשתיים: 1) אחזקה תקופתית. 2) אחזקת 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 טובה: יש להחזיק במפעל חשמלאי אחזקה במשרה 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 מחושבת 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 האביזרים 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 למיניהם אחת לשנה, מנועים קבועים — אחת ל-3 עד 5 שנים ובדיקה כוללת של המיתקן אחת ל-3 עד 10 שנים.

2) אחזקת חרום

למרות ביצוע בדיקות תקופתיות אי אפשר להוציא מכלל אפשרות התמוטטות של חוליה במיתקן החשמלי. למשל, נשרף נתיך (פסק), נעמד מנוע, שותק אחד מקווי הסאנור או הכוח וכדומה. גם סוג זה של הפרעה לא יכול להתבצע על ידי כל מפעל 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 להתמצא 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 האנאות מיותרות ומסיימת לעבודה הסדירה והיעילה בהם.

חידוש ב„חישמול“ הלול: אומנות חשמל אוגרות חום

אינ' י. טראוב

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

גם בכפה וגם בסוללות משתמשים בגופי חום גלויים, לרב ללא ויסות תרמוסטטי, דבר הגורם לעתים לבזבזו בחום. החום הוא ישיר ועם תקלה בהספקת החשמל נפסקת גם הספקת החום, דבר הגורם, כאמור, אי-נוחיות ולעתים גם נזקים. החק

צור החשמלאים בישובים הקלאיים ובקבוצים ישמה בודאי לשמור על חידוש חשוב „בחישמול“ הלול: אוטנות 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 האפרוחים משך 3—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

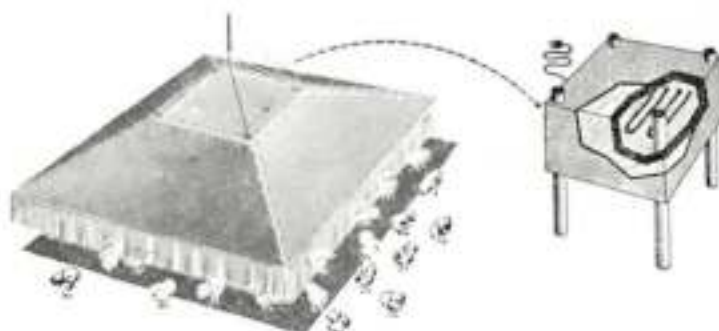
לאי חייב לעמוד תנויד על המשמר ולהשגיח על רציפות זרימת החשמל, ובהפסקת החשמל עליו להפעיל אמצעי חירום רורביים, לרב פתילות נפט, חברתנו חקרה לאחרונה בעיה זו במנסה להתגבר על הקשיים הנגרמים כתוצאה מהפסקות באספקת החשמל ולפני כשה, לאחר שורה שלמה של נסיונות מובלחים, הוכנסו למשק תלול הישראלי שני סוגים חדשים של אומנות, (האומנוגר והסוללוגר) הדומות בצורת פעולתן לכמות ולסוללות, אך מבטיחות זיכות מלא של החום וכן — ובעקר — את רציפות החייטום, גם אם חלה תקלה בהפסקת החשמל.

האומנוגר

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

העומד על 4 רגליים והמסמלא חול יבט. בניווד לכמות המקובלות מותקנים גופי החימום החשמליים לא מותחת לכפה אלא בתוך ארגודהחול, החול שבארגו מתחמם, אוגר בתוכו כמויות ניכרות של חום בטמפרטורות גבוהות ומפיץ את החום ברציפות משך 24 שעות ביממה. דרימות החשמל מכוונת על ידי תרי מוסטט המותקן באזור המחיה של האפרוחים, כדי להשיג פוגר מכסימלי של החום בתוך הארגו משתמשים יצרני האומנוגרים בשני סוגי גופיחימום: א. גוף חימום שטוח (בדומה לגופי החמום שבמגני הציס), הנתון במעטפת פח בגודל 30×30 עד 40×40 סמ.

ב. גוף חמום המורכב מחוליות קרמיקה הנתונות בצנור מתכת (בדומה לגוף החמום שבדודי חשמל), אורך הצנור כ-60 סמ וקוטרו הפנימי כ-1½ אינץ', לשם פיזור החום מרתכים לצנור כפרימתכת שטוחים.



אומנוגר

הספק גוף החימום בארגו התחתון שבסוללוגר הוא, בדרך כלל, 400 וט וביתר הקומות — 300 וט. משך השנה האחרונה — שהיא הראשונה לפעולתם של האומנוגרים והסוללוגרים בארץ — חוברו במיסקים 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 חשמל ממושכות. הסוללוגר צריך להיות מחושב להפסקות חשמל בימות החורף למשך 3—4 שעות והאומנוגרים — למשך 8 שעות, אולם היו מקרים שהפסקת חום מספיק מהאומנוגר נמשכה גם אחרי הפסקה של 18 שעות רצופות.

המשיקים שהכניסו מכשירים אלה הביעו שביעות רצון מלאה הן מפעולתם האוטומטית ללא תקלות, הן מהנחיות והתקיון שבהפעלתם והן — ובעקר — מהוצאות התפעול הנמוכות עד כדי הפתעה: רב

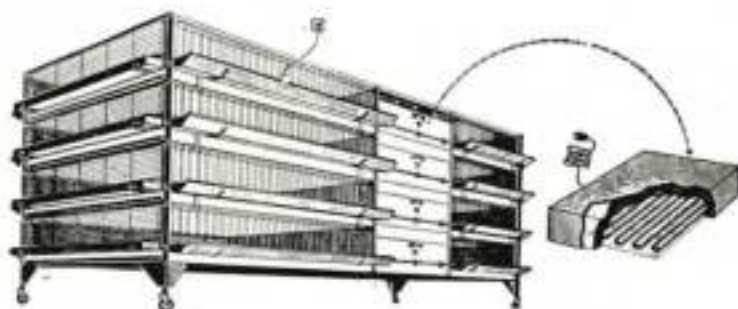
הספק כל גוף חמום הוא 400 וט ובדרך כלל דרוי שים שלושה גופי חמום כאלה באומנוגר, צפיפות החום ותקטנה מבטיחה אורך חיים ממושך לגוף החימום לכל גוף חימום מוגרם סימון עם נורה של 3—6 וולט הדולקת כל אימת שזרם חשמל בגוף החמום, החלפת גופי החמום השטוחים כרוכה בהוצאת החול מהארגו, דבר שאינו נוח ביותר. לעומת זאת ניתנים גופי החימום מקרמיקה לשליפה מהצנור ולהחלפה תוך דקות ספורות, מבלי שתיוגרם אינתיחיות כלשהי לאפרוחים.

הסוללוגר

זוהי למעשה סוללת אימון רגילה, אלא שבמרכז כל קומה שבסוללה מותקן ארגו אנורה פח, המבודד בידוד תרמי רק למעלה, גם כאן משמש כחומר אנורי החול וגם כאן קיימים גופי חימום, מוגרות שייטון ותרמוסטטים לזיכות החום כמו באומנוגר.

המתאים של החברה לשם בירור אפשרות 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 גידול של 1.5—2.0 אגורות ופחות לאמרוח בחתך שנתי. במשקים חקלאיים שאינם ישוב קבוצי ניתן לקבל לאומנות חשמל תעריף מיוחד והוא 5.5 אגורות הקוסי"ש. לצורך זה יש להתקין מיתקן נפרד ומונה נפרד (אם לא קיימים כבר כאלה). כיון שבמקומות אחדים עשויים להידרש שניים מסוימים ברשת או בקווי החיבור לצורך חיבור האור מנות, מיעצים לחסמלאים לפנות למשרד האזורי



77107

המיתקן החשמלי במעליות*

אינג' ע. קוריצקי

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

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

מערכת הכוח

מכיון שרוב המעליות בארץ הן מעליות קטנות ובבניינים נמוכים יחסית, הן מצוידות במנועים לזרם חילופין. בתחילה היו משתמשים במנועים עם רוטור מלוף 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 מלוף וטבעות החלקה,

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 לתמך באמצעים שונים, כגון: בחירת הספק מתאים, קביעת מומנט אינרציה מתאים, הוספת גלגלי תנופה, תוספת דריגות התנעה באמצעות נגדים טוריים עם ליפופי הסטור.

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

* מאמר זה נכתב על דעת מחברו ואינו משקף תמיד את דרישות התקן הישראלי מס' 24 הדרג במעליות, תקן 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 מתניע באיטיות הן בגלל העומס בהתנעה והן בגלל הדרישה לתאוצה נמוכה הרצויה על מנת להנעים את הנסיעה ולהפחית במאמצים מכניים, לכן התקופה בה זרם ההתנעה היא ארוכה יחסית ומניעה לסדר גודל של שניה אחת. כך אין לשכוח שמספר ההתנעות תכופ ויעיל להניע ל-240 הנעות בשעה במעלות המשרי תות בתי משרדים, בתי מלון או בתי חולים. למיכך יש לבחור במבטחים העומדים בתנאי עבודה מיוחדים אלה.

להלן, טבלה מוטלעת לבהירות הטבטח וחתך מוליך האספקה.

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

(המדובר במנועים חלת פזיים למחצית 400 וולט).

כאשר קבוצת מעלות מוזנת על ידי מעגל ראשי משותף יש לזכור שמעגל זה חייב לעמוד בזרם המהווה סכום של כל זרמי ההנעה, מאחר ויש סיכוי סביר שכל המעלות תותנענה 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

** תפקידו של המבטח הזה הוא הגנה בפני זרם קצר, ההגנה בפני יתרת עומס (זרם יתר) נעשית על ידי מסגס אוטומטי הקשור למערכת המעלות.

מתקבלת האטה דינמית עד למהירות נמוכה מאוד, (בדרך כלל $\frac{1}{4}$ עד $\frac{1}{2}$ מהמהירות הרגילה), במהירות זו נכנסת המעלות לתחנה ובלבטת ע"י הבלם המיני. כני מעלות מסוג זה נקראות מעלות 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 וורד-לאונרד. במערכת זו מנוע המעלות הוא מנוע לזרם יש. מנוע-גנרטור המכיל מנוע לזרם חילופין וגנרטור לזרם יש על ציר אחד מהווים, למעשה, את לב המערכת. בנוסף לכך קיימת מערכת הבקרה (השונה בהתאם ליצרנים) המורכבת מסגירים ומי תוכניות קבועות של האצה והאטה. זוהי מערכת בקרה בחוג סגור השומרת על מהירות המעלות בהתאם לתוכנית קבועה מראש ללא תלות בעומס, מתח, תדירות, טמפרטורה וכדומה. במעלות מסוג זה אין הגבלה למהירות, כיון שההאצה וההאטה ניתנות לוויסות אפשר להשיג נסיעה נעימה ביותר. בעזרת מערכת הבקרה אפשר להביא את המעלות לתחנה במהירות אפסית, וכך משיגים דיוק עצירה מצוין, עצירה רכה ובלאי אפסי של המעצור המכני. מאחר ובמעלות אלה ההאצה מודרגת, זרמי ההתנעה אינם גבוהים פרט לזרמי ההתנעה של המנוע-גנרטור עצמו. אולם לאור העובדה שהמערכות בנויות כך שהמנוע-גנרטור מופסק רק אם המעלות איננה בשימוש מספר דקות (6—8 דקות), הר שהתנעות שהן בדרך כלל ללא עומס אינן תכופות, ואפשר לבצען בעזרת מתח כוכבי-משולש, אוטוטרנס-פורמטור או נגדים להקטנת הזרם.

נצילות מעלות אלה טובה יותר וצריכת החשמל שלהן קטנה יותר.



במעלות מהירות מאוד מוותרים על המספרת החלזונית ואלה הן המעלות המכונות Gear Less, נצילותן גבוהה יותר וצריכת החשמל נמוכה יותר. יש לשים לב שבמנועים לזרם חילופין יש צורך במאונר מיוחד נסף כשיש יותר מ-150 התנעות בשעה.

בקשר לגרסאות החירום רצוי להתייעץ עם ספק המעליות ולקבל ממנו נתונים על הספקי המנועים, זרמים, מקדם הספק, מספר הנעות לשעה ובמקרה של קבוצת מעליות, על האפשרויות לסידור התנעה בדירוג במקרה של פעולת גרסאות החירום, בעלון הבא נביא במפורט את ההנחיות וההוראות הקשורות בהתקנת הגרסאות לשעת חירום שמיתקן חייב כידוע בבדיקת מיוחדת.

יש לבחור גרסאות שיכול לעמוד בזרמי ההתנעה ללא ירידת מתח ותדירות וללא התחממות יתר. דרישות אלה גורמות לכך שהספק גרסאות החירום חייב להיות גבוה בהרבה מהספק מנוע המעליות. יש לזכור כמו כן שבמקרה והגרסאות אינן גדול מאוד בהשוואה להספק מנוע המעליות, והמעליות הנה בעלת 2 מהירויות, כושר בליטת המחירות הקטנה (או במלים אחרות המומנט השלילי שמי מתח המנוע רב הקטנים כאשר הוא מסתובב בסיבובים על סינכרוניים) קטן יותר מאחר והאימי פדנס הפיזי של גרסאות כזו גבוה בהרבה מאימי פדנס מערכת האספקה הרגילה עלולים לכן להופיע שיבושים ניכרים בדיוק העצירה של המעליות כאשר היא תופעל על ידי גרסאות בגודל לא מתאים. הפתרון הוא בחירת גרסאות מספיק גדול או התקנת סידורים מיוחדים במעליות כדי להתאימה לעבודה בתנאים של אספקה מהגרסאות.

מערכת הפיקוד והאיתות

הפיקוד והאיתות במעליות 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 האידאולוגית בכל רגע בהתאם לדרישת הקהל בבנין, במסגרת טאמר זה נציין את המרכיבים העיקריים של מערכת הפיקוד והאיתות, אך לא

יבחנו לפירוט הפונקציונלי.

זכרון — המערכת חייבת לזכור איזה כפתורים נלחצו ע"י הקהל, והזכרון חייב להימחק כאשר הקריאה נענתה על ידי המעליות. במערכות המקור בלות כיום, במעליות יש לכל כפתור ממסר זכרון מקביל בלות הפיקוד.

בוחר קומות ובחירת כיוון — על מנת לבחור את כיוון הנסיעה של המעליות יש צורך במערכת אשר תתן אינפורמציה חיכן נמצאות המעליות בכל רגע ורגע, ישנן מערכות כאלה המופעלות מכנית על ידי המעליות, כאלה המופעלות על ידי אימפולסים חשמליים, כאלה המופעלות על ידי מנוע אימפולסים, וכאלה המופעלות על ידי אלקטרומגנטים.

מערכת הנעה ועצירה — מכילה את כל הקונטקטורים הדורשים להתנעה, החלפת כיוון, החלפת מהירויות האת הבקרה במקרה של מערכת וורדלאונרד. 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 מנגנים חשמליים שונים כגון: מנגני דלתות, מנגני מנועולים, לחצן עצירת החירום, מנגני מהירות יתר, מפסקים מגבילים ועוד, אשר ניתוק אחד מהם יגרום לעצירתה המיידית של המעליות.

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

(המשך בעמוד 17)

חשובי עומס ומקדם הספק בעזרת מוני החשמל ושעון רגיל

אינ' א. לייטנר

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

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

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

חישוב עומס

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

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

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

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

$$N = \frac{60 \times 3600}{40} \text{ התאים יהיה}$$

$$N = 5400$$

$$P = \frac{5400}{1500} \text{ ב. העומס היה לכן}$$

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

יש להדגיש שחישוב זה יהיה נכון רק במקרה שהעור מס במיתקן קבוצ. 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 שנספרו בפרק הזמן t.
C — קבוצ 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 חשואתי (מנועים חשמליים, מנועים פריקה, מכשירי ריתוך או קבלים), מוערך 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

סופרים במשך פרק זמן מסוים, הנמדד בצורה דומה לזו שתוארה בפרק הקודם, את מספר הסיבובים של דיסקית שני המונים: המונה האקטיבי — המונה את הקו"ש, והמונה הריאקטיבי — המונה את הקו"א"ש.

רצוי שהספירת 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 וקבוצי 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 בקילוואט-אמפר, קיימים כידוע הקשרים הבאים:

$$P = N \cos \varphi$$

$$Q = N \sin \varphi$$

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

כלומר, מקדם ההספק שווה 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.

קבוצ המונה האקטיבי שווה ל- $C_a = 1500$

קבוצ המונה הריאקטיבי

שווה 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 —

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

$$Q = 30.1200$$

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

לכן

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

$$\cos \varphi = 0.9$$

תאנית השמל וליקה

4.4.4

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. ניסיון הנשמה מלאכותית מפה לפה לא הועיל ובבית החולים לשם הועבר הנפגע, תוך כדי ההנשמה 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 לבריאותו.
 - (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 מתי רחשת!

ג. יתכן מאוד שאילו היה המיתקן החשמלי בדירה מוגן נגד זרמי פחת לאדמה באמצעות מפסקי מגן, המפעל באופן מידי (במפסקי המגן החדשים — 30 מילישניות) כאשר קיום הפרש בין הזרם במוליך הפזה וחזרם במוליך האפס (שזרם דרך מגני בית התקע החשופים לאדמה), היה המפסק פועל בו ברגע שמגני בית התקע באו במגע עם האדם. לעומת זאת הנתח הרגיל לא פעל כיון שעוצמת זרם הפחת לאדמה לא יכולה להיות בדרך כלל מספיק גבוהה כדי להחזיק את האלמנט הניתח שלו!

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

„של מכונת הכביסה מצאתי תקע תלת־פיני פגומי שהיה שרוף בן מצאתי במקום סכין, סכין גילוח, מספרים ומברג (שהיו כנראה את כלי העבודה) ושאריות של חולכיים. לפתיל החיבור היה מחובר בית תקע תלת־פיני חדש עשוי מברקים. אפשר להניח שהנפגע החזיק במסגרת עבודת הבדיק להחזיק את בית התקע החדש במקום בית התקע השרוף שגרם לתקלות בעבודת המכונה. פתיל החיבור לא היה מס' פיק ארוך של מנת לחבר את מכונת הכביסה לאספקה כיון שבית התקע הקרוב נמצא בחפכה, לכן היה צורך להשתמש בפתיל הארכה שכלל בקצהו האחד בית תקע נייד ובצידו השני תקע שנועד להתחבר לבית התקע הקבוע שבמסבתו. את בית התקע שבקצה פתיל ההארכה מצאתי מפורק. אולם המוליכים היו מחוברים אליו כשבג' החיבור חשופים. תקע פתיל ההארכה נמצא לאחר התאונה מחובר לבית התקע שבמסבתו ולכן נמצא בית התקע הגייד, המפורק, שבקצהו השני של פתיל ההארכה — חתך מתח. דהיינו — רצפת חדר האמבטיה עליה היה מונח בית התקע החי היתה מתחשלת!“

יש להניח, לאור שיחזור התאונה, שהנפגע המונח החליף את התקע הפגום שבפתיל החיבור של מכונת הכביסה ולאחר מכן משונכה לראות שהתקע החדש לא יוצר מגע חשמלי מוב עם בית התקע הגייד של פתיל ההארכה ביקש לברר את סיבת הדבר ולשם כך פירק את בית התקע הגייד ללא שליפת התקע מביית התקע שבמסבתו. תוך כדי כך חשף את חלקיו „החיים“ של בית התקע והתחשמל!

בבדיקות שנערכו אחרי התאונה נמצא הבידוד וההארקה של מכונת הכביסה ומערכת החיבור שלה במצב תקין.

שלושה הם לקחי התאונה העיקריים:

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

חידון בקיאות בתחנות החשמל

הערה: את הסימוכין לחלק מהתשובות (בנושאים שאין להם עדיין כיסוי בחוק החשמל ובתקנותיו), יש לחפש בתי"י 108.

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

הפתרון 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 (25×1.5). 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 שלעיתים 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 המופיעה 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.

$$D = 1.6 \sqrt{Ed^2}$$

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

$$D = 16, \text{ כלומר,}$$

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. שוירמן 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), שוירמן יוסף (רחובות), שפירא 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 פזי למבנה, על ידי 4 מוליכי כיום מבודדים, (שים לב לפגמים בברי דוד ולהסתבכות ענפי העצים בין המוליכים).



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