

**דימה בודנסקי**

# **מתקני חשמל**

# **ומערכות הספק**

**תיאוריה**

+

**פתרונות מבחני מה"ט למגמת חשמל**

**(הנדסאים וטכנאים)**

**2015-2020**



**הוצאת שורש (אלי מיטב) - 052-2671210**

**email: [elmtv@017.net.il](mailto:elmtv@017.net.il)**

**web: <http://www.shoresh1.co.il>**



כל הזכויות שמורות למחבר ולמוציא לאור

אין לצלם או לסרוק מאוסף זה ללא אישור מהמוציא לאור  
צילום או סריקה מאוסף זה ללא אישור הינו עבירה על החוק

(וזה גם לא הוגן)

חשמל הינו משאב אנרגיה שאין לו ערך ואין תחליף. מגוון טכנולוגיות היצור, אפשרויות העברה וטרנספורמציה, שיטות המרת האנרגיה לכל סוג אחר – אלה הם המאפיינים העקריים, שעל-פיהם ובגללם תפס החשמל מקום כה חשוב בסקלת הערכים שלנו.

רבים עוסקים בענף החשמל, אך צורך בחשמלאים מקצועיים אף פעם לא נגמר ולא יגמר. תחומי התכנון, הפיתוח, היצור, הביצוע והפיקוח דורשים מומחים חדשים, ולכן – נכון עושה זה שבוחר ללמוד חשמל כמקצוע.

"מתקני חשמל ומערכות הספק" הינו המקצוע המרכזי והעיקרי בלימודי הנדסאי חשמל.

עיקרי הנושאים הנלמדים בקורס זה הם:

- חוק ותקנות החשמל.
- מבנה רשת החשמל.
- שיטות ודרישות לאספקת החשמל.
- חישובים הנדרשים בתכנון מתקני החשמל.
- הצידים השימושיים בחשמל.
- בטיחות במתקני החשמל.
- תאורה חשמלית.

ברצוני להביע תודה למר גבריאל תמים על העזרה בבדיקת פתרונות המבחנים.

אני מאחל לכל המשתמש בספר זה הצלחה בלימודים וביישום הידע הנרכש בהמשך הדרך, בבניית הקריירה במקצוע החשמל!

בכבוד רב,

דימה בודנסקי

ירושלים – 2020



# תוכן

## 1. רשת תלת-מופעית

- 1 1.1 זרמים והספקים במעגלי זרם חילופין - תמצית
- 3 1.2 חיבור בכוכב
- 12 1.3 חיבור במשולש
- 15 1.4 שיטת הרכיבים הסימטריים

## 2. חישובי רשתות

- 17 2.1 בחירת שטח חתך המוליכים לפי שיקול חוזק מכני
- 18 2.2 חישוב שטח חתך המוליכים לפי מפל מתח מותר
- 35 2.3 חישוב שטח חתך המוליכים לפי הפסדי הספק
- 42 2.4 בחירת שטח חתך המוליכים לפי מינימום חומר
- 50 2.5 בחירת שטח חתך המוליכים לפי צפיפות זרם כלכלית
- 59 2.6 בחירת שטח חתך המוליכים הכדאי ביותר (חוק קלוין)
- 67 2.7 חישוב שטח חתך המוליכים ברשת טבעתית
- 81 2.8 חישוב מרכז הכובד החשמלי

## 3. זרמי קצר

- 83 3.1 חישוב הערך התמידי של זרם קצר תלת-מופע
- 94 3.2 חישוב הערכים הרגעיים של רכיבי זרם קצר

## 4. העמסה והגנה של מוליכים

- 112 4.1 תכנון מעגלים מהיבט הגנה בפני העמסת יתר
- 113 4.2 תכנון מעגלים מהיבט הגנה בפני זרם קצר
- 122 4.3 בדיקת מבטח לעמידה בזרם התנעה
- 130 4.4 בדיקת סלקטיביות
- 134 4.5 חישוב זמן ההשהיה המרבי לניתוק זרם קצר
- 138

## 5. שיפור מקדם ההספק

- 144 5.1 סיבות טכנו-כלכליות לדרישת שיפור מקדם ההספק
- 145 5.2 שיטות התקנת קבלים לשיפור מקדם ההספק
- 146 5.3 חישוב הספק וקיבול סוללת קבלים לשיפור מקדם ההספק
- 150 5.4 חישוב נגדי הפריקה
- 153 5.5 חישוב זמן החזרת ההשקעה להתקנת סוללת הקבלים

## 6. ציוד לוח חשמל

- 166 6.1 חישובי פסי הצבירה
- 176 6.2 מדידות הזרם והמתח

## 7. הארקות ואמצעי הגנה בפני חשמול

- 183 7.1 הגדרות
- 185 7.2 השפעת זרם חשמלי על גוף האדם
- 186 7.3 מטרות מערכת הארקה
- 187 7.4 אמצעי הגנה בפני חשמול

## 8. מערכות הספק למתח גבוה ומתח עליון

- 205 8.1 מבנה מערכת ההספק
- 209 8.2 מעגלי תמורה של מרכיבי מערכת ההספק
- 216 8.3 המשטר התפעולי של נקודת האפס ברשתות חלוקה במתח גבוה
- 225 8.4 סוגי השנאים והעמסת השנאים
- 235 8.5 השפעת הספק אקטיבי והספק הריאקטיבי על תדירות ומתח
- 241 8.6 עמידות תרמית ודינמית
- 244 8.7 עמידות הצידוד ושיטות ההגנה בפני במתחי-יתר
- 248 8.8 צידוד להפעלה והגנה
- 251 8.9 הגנות ואוטומציה במתח גבוה ומתח עליון

## 9. תאורה חשמלית

- 255 9.1 מקורות אור חשמליים
- 263 9.2 עקרונות תכנון התאורה
- 277 9.3 עקרונות תכנון תאורת פנים
- 282 9.4 תאורת חירום

## 10. פתרונות מבחני מה"ט

## 11. נספחים

- 443 מקורות
- 461

# פרק 1. רשת תלת-מופעית

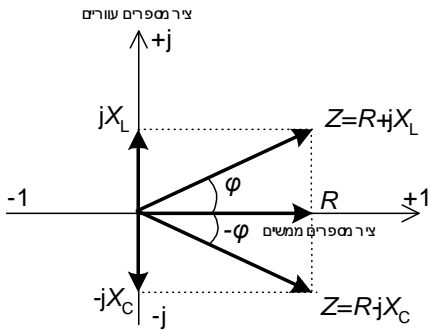
## 1.1 זרמים והספקים במעגלי זרם חילופין – תמצית

ניתן לאפיין צרכן זרם חילופין על ידי העכבה  $Z$  (impedance):  $Z = R + jX$ . הרכיב האקטיבי  $R$  הוא התנגדות אומית הנובעת מהתנגדותם האומית של מוליכי הצרכן. הרכיב הריאקטיבי  $X$  הנו היגב שמבטא את תהליכי החלפת האנרגיה הריאקטיבית בין הצרכן לרשת.

ההיגב  $X$  יכול להיות אחד משני הסוגים הבאים:

- היגב השראי  $X_L$  לצרכנים הכוללים סלילים אשר אוגרים אנרגיה באמצעות שדה מגנטי,
- היגב קיבולי  $X_C$  לצרכנים הכוללים קבלים אשר אוגרים אנרגיה באמצעות שדה חשמלי.

חיבור בין שני רכיבים, האקטיבי והריאקטיבי, הנו מספר מרוכב (complex number) וניתן להציג זאת על ידי הדיאגרמה:

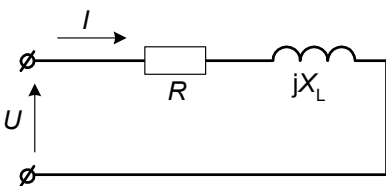


מקובל לסמן את ההיגב ההשראי בסימן "+" ואת ההיגב הקיבולי בסימן "-".

זווית העכבה  $\varphi$  מתקבלת לפי:

$$\varphi = \arctg\left(\frac{X}{R}\right) \quad \text{או:} \quad R \pm jX = Z^{\angle \pm \varphi}$$

צריך לציין, שאנו מתייחסים לחיבור שני הרכיבים,  $R$  ו- $X$ , כאל חיבור טורי, ולא מקבילי. ניתן לראות זאת במעגל התמורה של צרכן אומי-השראי:

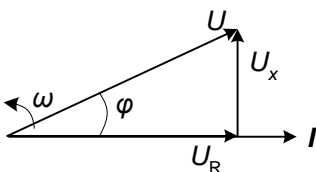


נחשב את הזרם  $I$  דרך העכבה  $Z = R + jX_L$  המחוברת למקור מתח חילופין  $U$ , בהתאם לחוק אום:

$$\bar{I} = \frac{\bar{U}}{\bar{Z}}$$

המתח במעגל טורי מתחלק בין רכיבי המעגל ביחס ישר להתנגדותם. ניתן לחשב את מפלי המתח לפי חוק אום:  $U_R = I R$ ,  $U_X = I j X_L = j I X_L$ . כיוון וקטור המתח  $U_R$  זהה לכיוון וקטור הזרם  $I$  וקטור המתח  $U_X$  מקדים את וקטור הזרם בזווית של  $90^\circ$ .

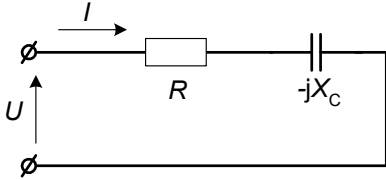
ניתן לסרטט דיאגרמה פאזורית של המעגל, כאשר וקטור הייחוס הנו וקטור הזרם:



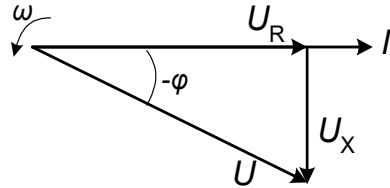
בהתאם לדגם המתמטי המתאר זרם סינוסוידלי, מערכת הוקטורים מסתובבת נגד כוון השעון במהירות זוויתית  $\omega$ :

$$\omega = 2\pi f \text{ (rad/s)}$$

מהדיאגרמה אפשר לראות שבמקרה של עכבה אומית-השראית וקטור הזרם מפגר אחרי וקטור המתח באותה זווית  $\varphi$  המכונה "זווית המופע". כדי להדגיש את עובדת פיגור הזרם, צרכן מסוג זה מכונה "עומס מפגר".



לעומת זאת, כאשר אופי הצרכן הוא אומי-קיבולי, העכבה נרשמת לפי:  $Z = R - jX_C$ . ומפלי המתח על רכיבי המעגל מחושבים לפי:  $U_R = I R$ ,  $U_X = I(-jX_C) = -jI X_C$



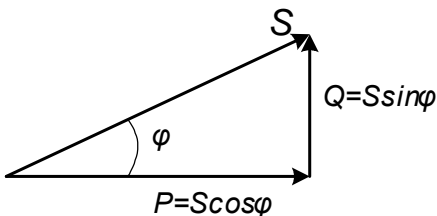
בדיאגרמה הפאזורית וקטור הזרם מקדים את וקטור המתח וצרכן מסוג זה מכונה "עומס מקדים".

- בדרך כלל בחישובים ומדידות משתמשים בערכים האפקטיביים (r.m.s.) של הזרמים והמתחים.

המשוואה  $P = U I \cos \varphi$  מבטאת **הספק אקטיבי** (ממשי) על הצרכן, הוא תמיד חיובי ומתאר את תהליך המרת האנרגיה החשמלית לסוגי אנרגיה אחרים (חום, אור, תנועה). הספק אקטיבי נמדד ביחידות (W).

המשוואה  $Q = U I \sin \varphi$  מבטאת **הספק ריאקטיבי** (היגבי) והוא מתאר את תהליכי החלפת האנרגיה בין מקור המתח לצרכן באמצעות שדות מגנטיים וחשמליים. הספק ריאקטיבי נמדד ביחידות (VAr). הספק זה חיובי כשהצרכן בעל אופי השראי ( $+jQ_L$ ) ושילי כשאופיו קיבולי ( $-jQ_C$ ).

המשוואה  $S = U I$  מבטאת **הספק מלא** (נדמה) של הצרכן והוא שווה לסכום הקומפלקסי של שני סוגי ההספקים:  $S = P + jQ = U I \cos \varphi + jU I \sin \varphi = \bar{U} \bar{I}^*$ , כאשר המתח נקבע כוקטור הייחוס:  $\bar{U} = U \angle 0^\circ$  ווקטור הזרם נלקח עם הזווית הצמודה:  $\bar{I}^* = I \angle -\varphi^\circ$ . נציג זאת בעזרת משולש ההספקים:



הספק נדמה נמדד ביחידות (VA).

כפי שניתן לראות, זווית ההספק המלא שווה בגודלה לזווית המופע של הזרם  $\varphi$  ומתקבלת לפי:

$$\operatorname{tg} \varphi = \frac{Q}{P}$$

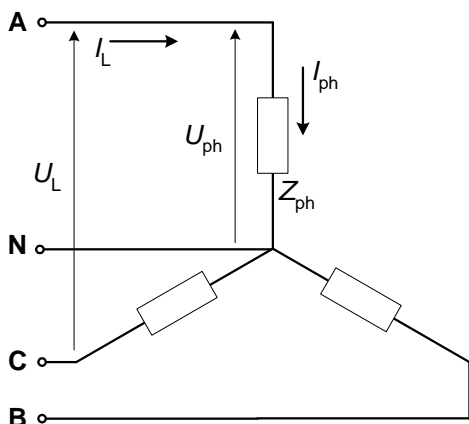


## 1.2 חיבור בכוכב

## א. חיבור בכוכב לרשת עם ארבעה מוליכים

במערכת תלת מופעית אפשר להתייחס אל המתח בשני אופנים:

- מתח מופעי  $U_{ph}$  הנו המתח בין קצוות של כל עכבת הצרכן:  $U_A, U_B, U_C$ . במילים אחרות, זה המתח ש"רואה" העכבה בכל מופע.
- מתח קווי (שלוב)  $U_L$  הנו המתח בין כל שני מוליכים מופעים של הרשת:  $U_{AB}, U_{BC}, U_{CA}$ . במילים אחרות, זה המתח ש"רואה" הרשת.



בחיבור בכוכב, התחלתה של כל עכבת הצרכן מחוברת למוליך המופעי של הרשת. הקצוות של שלושת עכבות הצרכן מחוברים יחד בנקודת הכוכב. נקודה זו מחוברת למוליך "אפס" N של הרשת.

זווית המופע בין וקטורי המתחים המופעים שווה ל-  $120^\circ$ . נהוג לקבוע את וקטור מתח מופע A כבסיס, ביחס אליו וקטור מתח מופע B מפגר ב-  $120^\circ$ , וקטור מתח מופע C מקדים ב-  $120^\circ$ :

$$U_A \angle 0^\circ, \quad U_B \angle -120^\circ, \quad U_C \angle 120^\circ$$

לפי חוק מפלי המתח לקירכהוף, ניתן לרשום את היחסים בין הוקטורים המתחים המופעים לוקטורים המתחים הקווים:

$$\bar{U}_{AB} = \bar{U}_A - \bar{U}_B; \quad \bar{U}_{BC} = \bar{U}_B - \bar{U}_C; \quad \bar{U}_{CA} = \bar{U}_C - \bar{U}_A$$

מהדיאגרמה אפשר לחשב יחס בין ערכי המתח הקווי והמתח המופעי:

$$U_L = 2 U_{ph} \cos 30^\circ$$

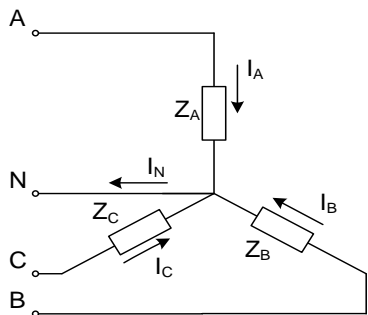
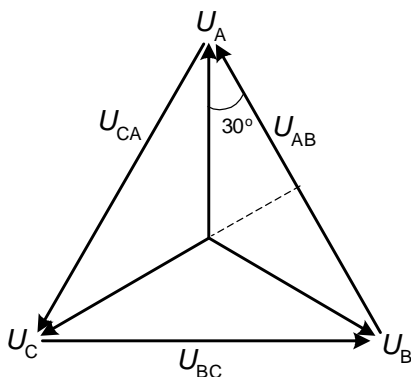
$$U_L = \sqrt{3} U_{ph} \quad \text{או, אחרת:}$$

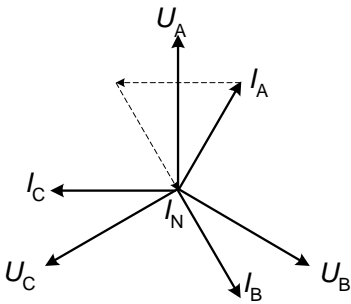
הערכים של המתחים הנקובים בארץ הם:  
 $U_{ph} = 230V$  ו-  $U_L = 400V$ .

חיבור תלת-מופעית בכוכב- עומס סימטרי

כאשר עכבות הצרכן בכל שלושה המופעים שוות, גם בגודל וגם בזווית, העומס הוא סימטרי:

$$\bar{Z}_A = \bar{Z}_B = \bar{Z}_C$$





מכאן, הזרמים המופעים בצרכן סימטרי שווים גם הם:

$$\bar{I}_A = \bar{I}_B = \bar{I}_C$$

מאחר והזרם במוליך N שווה לסכום הקומפלקסי של

$$\bar{I}_N = \bar{I}_A + \bar{I}_B + \bar{I}_C,$$

קל לראות שבמקרה של עומס סימטרי סכום זה שווה

$$\bar{I}_A + \bar{I}_B + \bar{I}_C = 0$$

לאפס:

מסיבה זו אין צורך בחיבור מוליך N לצרכן תלת-פאזי סימטרי.

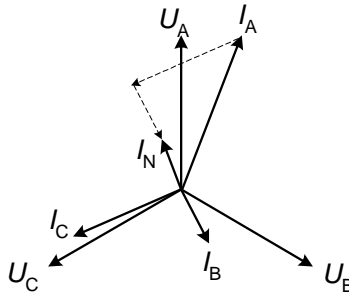
### חישוב הספק:

$$S = 3 I_{ph} U_{ph} = 3 I_L \frac{U_L}{\sqrt{3}} = \sqrt{3} I_L U_L$$

### חיבור צרכן תלת-מופעני בכוכב: עומס אי-סימטרי

כאשר העכבות המופעיות אינן שוות, גם הזרמים המופעים לא שווים וקיים זרם במוליך N. ניתן לחשב זרם זה בצורה גראפית על ידי חיבור וקטורי של שלושת הזרמים המופעים בדיאגרמה פאזורית המובאת בתרשים הבא.

יתרונה של רשת תלת מופעית בעלת ארבעה מוליכים הוא בכך ששינוי עכבה באחד המופעים אינו משפיע על הזרמים המופעים אחרים ובכל מצב נשמרת הסימטריות של המתחים המופעים.



### שאלה 1

במערכת תלת-פאזית בעלת 4 מוליכים ומתח 400V, שלושה צרכנים אומיים מחוברים בכוכב:  $R_A = 10 \Omega$ ,  $R_B = 15 \Omega$ ,  $R_C = 20 \Omega$ .

חשב את הזרמים הקווים בכל אחד מארבעת מוליכי הרשת.

### פתרון

נחשב זרמים פאזיים לפי חוק אום:

$$I_A = \frac{230}{10} = 23 \text{ A}, I_B = \frac{230}{15} = 15.3 \text{ A}, I_C = \frac{230}{20} = 11.5 \text{ A}$$

הפרש המופע בצרכנים אומיים שווה לאפס,  $\cos \varphi = 1$ .

כאמור, הזרם במוליך N הנו סכום וקטורי של הזרמים הפאזיים:

$$I_N = 23 \angle 0^\circ + 15.3 \angle -120^\circ + 11.5 \angle 120^\circ = 10.1 \angle -19^\circ (\text{A})$$

שאלה 2

הספקים פאזיים ברשת תלת פאזית 400V הם כדלקמן:

$P_A = 2000\text{W}, \cos\varphi_A = 0.8; P_B = 2600\text{W}, \cos\varphi_B = 1; P_C = 2000\text{W}, \cos\varphi_C = 0.6$   
חשב זרמים קווים בכל אחד מארבעת מוליכי הרשת. (הצרכנים מחוברים בכוכב)

פתרון

$$I_{ph} = \frac{P_{ph}}{U_{ph} \cos\varphi}$$
 נחשב זרמים פאזיים לפי:

$$I_A = \frac{2000}{230 \times 0.8} = 10.9 \text{ A}; I_B = \frac{2600}{230 \times 1} = 11.3 \text{ A}; I_C = \frac{2000}{230 \times 0.6} = 14.5 \text{ A}$$

נחשב את הזווית של זרם בכל מופע ביחס לוקטור מתח המופע  $U_A$ :

$$\varphi = \varphi_{I_{ph}} + \varphi_{U_{ph}}$$

$$\varphi_A = -36.9^\circ + 0^\circ = -36.9^\circ; \varphi_B = 0^\circ + (-120^\circ) = -120^\circ; \varphi_C = 53.1^\circ + 120^\circ = 173^\circ$$

חישוב זרם במוליך N:  $I_N = 10.9 \angle -36.9^\circ + 11.3 \angle -120^\circ + 14.5 \angle 173^\circ = 18.5 \angle -128^\circ \text{ (A)}$

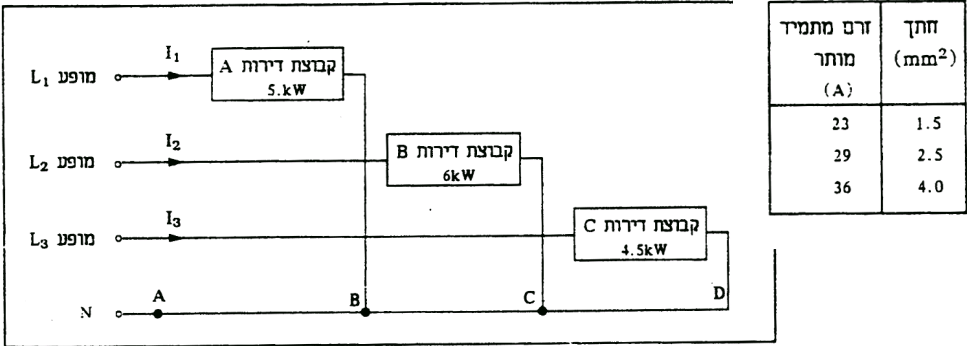
שאלה 3

בניין מגורים מרחן מרשת חלוקה תלת מופעית 400V. כל אחד ממופעי הרשת מזין קבוצת דירות. ההספקים החשמליים המירביים של קבוצות הדירות מצוינים באיור למטה.

א. חשב את הזרמים בכל אחד מהמופעים  $L_3, L_2, L_1$ .

ב. חשב את הזרמים בקטעים: AB, BC, CD של מוליך האפס.

ג. על בסיס הנתונים אשר בטבלה בחזר את שטח החתך של מוליך האפס בקטע AB.



פתרון סעיף א

נחשב זרמים פאזיים לפי:  $I_{ph} = \frac{P_{ph}}{U_{ph} \cos \varphi}$  (מקדם ההספק המקובל לעומס דירתי:  $\cos \varphi = 1$ )

$$I_C = \frac{4500}{230 \times 1} = 19.6 \text{ A}, I_B = \frac{6000}{230 \times 1} = 26.1 \text{ A}, I_A = \frac{5000}{230 \times 1} = 21.7 \text{ A}$$

פתרון סעיף ב

הזרם במוליך האפס שווה לסכום הוקטורי של הזרמים הפאזיים.

ניח וקטור המתח בפאזה A כווקטור בסיס, אז:  $U_A = 230 \angle 0^\circ \text{ (V)}$

בהתאם נרשום את הזרם:  $I_A = 21.7 \angle 0^\circ \text{ (A)}$

מתחי הפאזות B ו-C:  $U_B = 230 \angle -120^\circ \text{ (V)}$ ,  $U_C = 230 \angle 120^\circ \text{ (V)}$

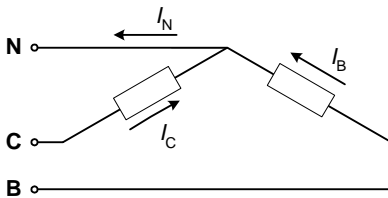
בהתאם הזרמים בפאזות B ו-C:  $I_B = 26.1 \angle -120^\circ \text{ (A)}$ ,  $I_C = 19.6 \angle 120^\circ \text{ (A)}$

נחשב את הזרמים בקטעי מוליך האפס:

$$I_{CD} = I_C = 19.6 \text{ A}; I_{BC} = \bar{I}_B + \bar{I}_C = 23.5 \text{ A}; I_{AB} = \bar{I}_A + \bar{I}_B + \bar{I}_C = 5.7 \text{ A}$$

פתרון סעיף ג

במצב הקיים הזרם בקטע AB:  $I_{AB} = 5.7 \text{ A}$  וניתן לבחור את שטח החתך של הקטע:  $1.5 \text{ mm}^2$ . אבל זרם זה יכול להשתנות, למשל, כאשר דירות A ו-C אינן צורכות הספק. במצב כזה הזרם בקטע AB יעלה:  $I_{AB} = I_B = 26.1 \text{ A}$ . לכן יש לבחור בשטח החתך  $2.5 \text{ mm}^2$ .

חיבור צרכן בכוכב- ניתוק מוליך קווי

במקרה של ניתוק מוליך אחד המופעים, המתחים של שני המופעים הנותרים נשארים ללא שינוי, עקב קיומו של מוליך האפס. השינוי היחידי במערכת הוא שינוי הזרם במוליך זה.

במקרה נתק במוליך של מופע A, הזרם במוליך N יחושב כסכום קומפלוקסי של שני הזרמים המופעים:

$$I_N = \bar{I}_B + \bar{I}_C$$

חיבור בכוכב לרשת ארבעה מוליכים- ניתוק מוליך האפס

(בהסבר נעשה שימוש ב"שיטת הרכיבים הסימטריים", ראה תת-פרק 1.4)  
במקרה ניתוק (או עכבה) במוליך N משתנה הפוטנציאל של נקודת הכוכב.

$$\bar{U}_N = \frac{\bar{I}_N}{\bar{Y}_A + \bar{Y}_B + \bar{Y}_C + \bar{Y}_N} : \text{מתח } U_N \text{ מהווה "מתח תווזת האפס":}$$

כאשר:  $\bar{I}_N$  הנו הזרם במוליך האפס לפני התקלה:  $\bar{I}_N = \bar{I}_A + \bar{I}_B + \bar{I}_C$ ;  
(סכום הרכיבים הסימטריים של הסדרה החיובית של זרמי המופעים);

$$Y - \text{המספר ההפוך לעכבה המופעית (admittance)} : \bar{Y}_{ph} = \frac{1}{\bar{Z}_{ph}} = \frac{\bar{I}_{ph}}{\bar{U}_{ph}} ;$$

$$Y_N = 0 - \text{המספר ההפוך לעכבת מוליך האפס: } \bar{Y}_N = \frac{1}{\bar{Z}_N}, \text{ במקרה ניתוק האפס: } Y_N = 0$$

$$\bar{U}'_{ph} = \bar{U}_{ph} - \bar{U}_N : \text{המתחים המופעים משתנים גם כן ואותם ניתן לחשב לפי:}$$

$$I'_{ph} = \frac{U'_{ph}}{Z_{ph}} : \text{ולפי כך, ניתן לחשב את הזרמים הפאזיים לפי:}$$

שאלה 4

ברשת תלת פאזית 400V שלושה צרכנים אומיים ( $\cos\phi = 1$ ) מחוברים בכוכב.

$$P_A = 230W, P_B = 2300W, P_C = 920W$$

א. חשב את הזרמים הקווים בכל אחד מארבעת מוליכי הרשת.

ב. חשב את המתחים והזרמים המופעים לאחר ניתוק מוליך האפס.

פתרון סעיף א

נחשב את הזרמים המופעים לפי:

$$I_A = \frac{230}{230 \times 1} = 1A ; I_B = \frac{2300}{230 \times 1} = 10A ; I_C = \frac{920}{230 \times 1} = 4A$$

$$I_N = 1^{\angle 0^\circ} + 10^{\angle -120^\circ} + 4^{\angle 120^\circ} = 7.9^{\angle -139^\circ} (A) : \text{נחשב את הזרם במוליך האפס:}$$

פתרון סעיף ב

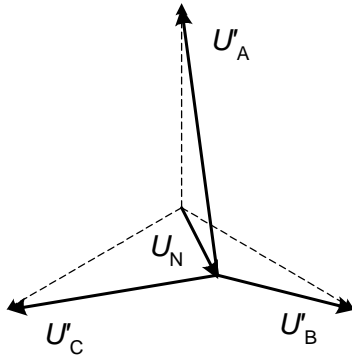
חישוב המוליכות הקומפלקסית של כל מופע:

$$Y_A = \frac{1^{\angle 0^\circ}}{230^{\angle 0^\circ}} = 0.00435^{\angle 0^\circ} (\Omega^{-1}); \quad Y_B = \frac{10^{\angle -120^\circ}}{230^{\angle -120^\circ}} = 0.0435^{\angle 0^\circ} (\Omega^{-1});$$

$$Y_C = \frac{4^{\angle 120^\circ}}{230^{\angle 120^\circ}} = 0.0174^{\angle 0^\circ} (\Omega^{-1})$$

$$U_N = \frac{7.9^{\angle -139^\circ}}{(0.00435 + 0.0435 + 0.0174)^{\angle 0^\circ}} = 121^{\angle -139^\circ} V \quad \text{חישוב מתח תווזת האפס:}$$

חישוב המתחים המופעים:



$$U'_A = 230 \angle 0^\circ - 121 \angle -139^\circ = 331 \text{ V};$$

$$U'_B = 230 \angle -120^\circ - 121 \angle -139^\circ = 122 \text{ V};$$

$$U'_C = 230 \angle 120^\circ - 121 \angle -139^\circ = 280 \text{ V}$$

חישוב הזרמים:

$$I'_{ph} = \frac{U'_{ph}}{Z_{ph}} = U'_{ph} Y_{ph};$$

$$I_A = 331 \times 0.00435 = 1.44 \text{ A}; I_B = 122 \times 0.0435 = 5.3 \text{ A}; I_C = 280 \times 0.0174 = 4.86 \text{ A}$$

על פי תוצאות החישובים אפשר לראות, שלאחר ניתוק מוליך האפס המתחים המופעים משתנים בצורה משמעותית. עליית מתח ניכרת חלה על העכבות הגדולות (הספקים קטנים), ולכן מצב כזה נחשב מסוכן ביותר מבחינת תקינות המכשירים.

## שאלה 5

ברשת תלת פאזית 400V בעלת 4 מוליכים מחוברים צרכנים בחיבור כוכב:

$$Z_A = 10 + j0; Z_B = 8 + j6; Z_C = 4 - j3$$

א. חשב את הזרמים בכל אחד ממוליכי הרשת.

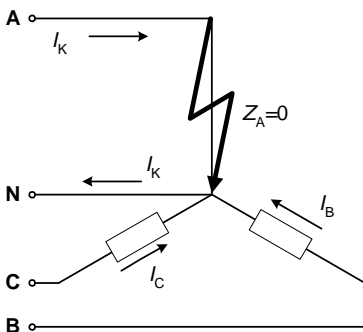
ב. חשב את המתחים והזרמים הפאזיים לאחר ניתוקו של מוליך האפס.

$$I_A = 23\text{A}; I_B = 23\text{A}; I_C = 46\text{A}; I_N = 41.5\text{A} \quad \text{א.}$$

$$U_N = 120 \angle 158^\circ \text{ (V)} \quad \text{ב.}$$

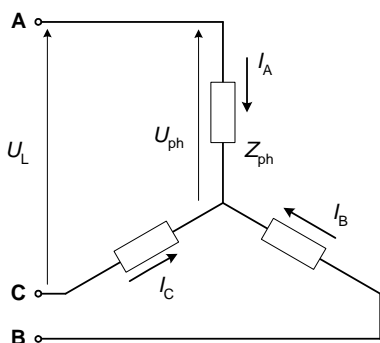
$$U_A = 344\text{V}; U_B = 244\text{V}; U_C = 154\text{V}; I_A = 34.4\text{A}; I_B = 24.4\text{A}; I_C = 30.8\text{A}$$

חיבור בכוכב לרשת ארבעה מוליכים - קצר באחת המופעים של הצרכן



מצב מסוג זה נקרא "קצר חד מופעי" והוא מאופיין על ידי עכבה מופעית השווה לאפס ( $Z_{ph}=0$ ) וזרם קצר  $I_K$  גבוה מאוד. המתח על המופע המקוצר שווה לאפס, מתחי שני המופעים האחרים עולים עד לערך המתח הקווי  $U_L$  ולכן זרמי המופעים עולים גם כן באותו היחס. הגנת הקו חייבת לפעול לניתוק הקצר. הנושא נידון בפרק "זרמי קצר".

## ב. חיבור בכוכב לרשת עם שלושה מוליכים



לרשת בעלת 3 מוליכים ניתן לחבר אך ורק צרכנים תלת מופעים סימטריים, כמו מנועים ותנורי היתוך. הזרמים המופעים בעומס סימטרי זהים:

$$\bar{I}_A = \bar{I}_B = \bar{I}_C$$

עקב כך, פוטנציאל נקודת הכוכב שווה לאפס.

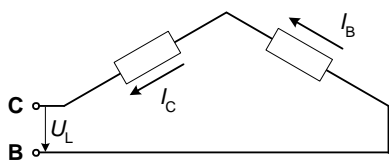
אם במקרה כלשהו העכבה באחד המופעים תשתנה, יתקבל מצב דומה לעומס אי-סימטרי עם מוליך האפס מנותק.

### חיבור בכוכב לרשת שלושה מוליכים - ניתוק מוליך קווי

כאשר מתנתק אחד מהמוליכים הקווים (לדוגמא, במקרה שרפת נתיך), המתח הקווי  $U_L$

$$U_{ph}' = \frac{U_L}{2}$$

מתחלק בין שתי העכבות השוות באופן שווה: הספק המערכת, שהוא תלוי במתח הפאזי ביחס ריבועי, יורד בשיעור ניכר.



- אם הצרכן הנו מנוע עמוס, צריכת הזרם שלו במצב כזה תעלה בערך פי-2, על מנת להשלים את המחסור בהספק החשמלי והוא עלול להינזק, אם אמצעי ההגנה לא יפעלו.

## שאלה 6

עומס תלת פאזי סימטרי  $Z = 4 + j3 (\Omega)$  מחובר בכוכב לרשת 400V. חשב את הזרמים ואת הספק המערכת:

א. במצב תקין.

ב. במצב של ניתוק מוליך פאזה A.

### פתרון סעיף א

$$I_{ph} = \frac{\bar{U}_{ph}}{\bar{Z}_{ph}} = \frac{230 \angle 0^\circ}{4 + j3} = 46 \angle -36.9^\circ \text{ A}$$

נחשב את הזרמים הפאזיים:

נחשב את ההספק:

$$S = 3 S_{ph} = 3 \bar{I}_{ph}^* \bar{U}_{ph} = 3 \times 46 \angle 36.9^\circ \times 230 \angle 0^\circ = 31.7 \angle 36.9^\circ \text{ kVA} = 25.4 + j19 \text{ (kVA)}$$

### פתרון סעיף ב

$$U_{ph}' = \frac{U_L}{2} = \frac{400}{2} = 200 \text{ V}$$

נחשב את מתח הפאזות B ו-C:

## פתרון סעיף ב

$$I_{nM} = \frac{P_n}{\sqrt{3} U_n \eta \cos \varphi} = \frac{100 \times 736}{\sqrt{3} \times 400 \times 0.88 \times 0.87} = 139 \text{ A}$$

$$I_{stM} = 6 I_{nM} = 6 \times 139 = 833 \text{ A}$$

חישוב זרם קצר תלת-מופעי בהתחשב בתרומת המנוע:

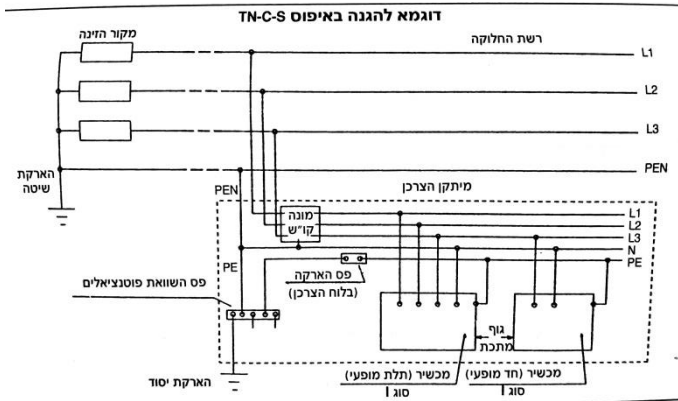
$$I_{KE} = I_{KD} + I_{stM} = 11480 \angle -82^\circ + 833 \angle -90^\circ = 12.3 \text{ kA}$$

הערה:

בגלל פרק זמן קצר מאוד שבו התופעה קיימת, נהוג להתחשב בתרומת המנועים רק בחישובי זרם-הלם, ולא להתחשב בחישובי זרם קצר מתמיד מרבי. אבל אחרי התוצאה המוזרה שהתקבלה בסעיף ב', לא נתווכח גם במקרה זה.

## • שאלה 4 (הגנה בפני חשמול, זרם קצר)

### פתרון סעיף א



שיטת ההגנה מפני חשמול היא איפוס TN-C-S (קיום הארקות יסוד, ערך התנגדות בין אלקטרודת הארקה למסה כללית של האדמה קטן מ-  $20\Omega$ , שנאי נמצא מחוץ למבנה).

### פתרון סעיף ב

מאחר ושיטת ותנאי התקנת הקו אינם נתונים בשאלה, אין אפשרות לבחור בגודל הנתין

$$I_b \leq I_n \leq I'_z$$

ולכן מה שנשאר זה לבחור גודל נתין אשר עומד בקריטריון  $I_b \leq I_n$  (זוהי בחירה לא נכונה, אלא רק לצורך מתן תשובה לשאלה):

$$I_n = \frac{S_n}{\sqrt{3} U_n} = \frac{400 \times 10^3}{\sqrt{3} \times 400} = 577 \text{ A}$$

חישוב הזרם הנקוב של השנאי:

$$I_n = 630 \text{ A}$$

לפי כך, מהטבלה שבנספח ב' לשאלה, נבחר בנתין  $I_n = 630 \text{ A}$

חישוב עקבת הקצר חד-מופעי (מסלול מוליך המופע - מוליך ה-PEN):  $Z_k = Z_L + Z_N$

$$Z_L = R_L = \rho \frac{l}{A} = 0.018 \times \frac{200}{3 \times 150} = 0.008 \Omega$$

חישוב עכבת מוליכי המופע:

$$Z_N = R_N = \rho \frac{l}{A} = 0.018 \times \frac{200}{3 \times 70} = 0.017 \Omega$$

חישוב עכבת מוליכי האפס:



סה"כ עכבת הקצר:  $Z_k = Z_L + Z_N = 0.008 + 0.017 = 0.025 \Omega$

$$I_{k1ph} = \frac{U_{ph}}{Z_k} = \frac{400/\sqrt{3}}{0.025} = 9238 \text{ A}$$

לפי אופיין נתיך  $I_n = 630 \text{ A}$  שבנספח ג' לשאלה, נמצא זמן תגובה מתאים לזרם זה:

$$t_{br} \approx 0.00015 \text{ s}$$

### • שאלה 5 (העמסת והגנת המוליכים, חישובי רשתות)

#### פתרון סעיף א

בתרשים שבנספח ד' ניתן לראות, כי ללוח מבטח הראשי  $2000 \text{ A}$  המכויל לזרם  $1800 \text{ A}$ . עוד רואים, כי הלוח מוזן ישירות משנאי ואין אמצעי הגנה נוסף במוצא השנאי. לפי כך, על מבטח זה להגן על קו המזין.

לפי הכתובת בתרשים N2XY נסיק, כי הקו עשוי נחושת, והבידוד הוא  $90^\circ \text{C}$ . כמו כן, בגוף השאלה מצוין, כי המוליכים הם  $240 \text{ mm}^2$

#### שלבי התכנון:

- לפי שיטת התקנה: ל', טבלה 90.6, הזרם המתמיד המרבי:  $I_z = 326 \text{ A}$
- כמות הכבלים הנדרשת:  $n = 6 \Rightarrow n = 5.5 = \frac{1800}{326}$ , ולפי כך, מקדם תיקון לפי טבלה 7 בתופסת הראשונה בתקנות החשמל "העמסה והגנה על מוליכים..."
- עבור 6 צינורות במרחק 50 ס"מ אחד מהשני:  $k = 0.8$
- לפי כך, הזרם המתמיד המרבי המתוקן:  $I'_z = 0.8 \times 6 \times 326 = 1565 \text{ A}$
- כאמור הזרם הנקוב הוא:  $I_n = 1800 \text{ A}$  (מאמ"ת)
- בדיקת תנאי  $I_n \leq I'_z$ :  $1800 > 1565$  - התנאי לא מתקיים ועלינו להוסיף עוד כבל:  $I'_z = 0.8 \times 7 \times 326 = 1825 \text{ A}$  (כי אין מקדם מעבר ל-6 צינורות יחד)
- בדיקת תנאי  $I_n \leq I'_z$ :  $1800 < 1825$
- לסיכום: מוליכי המעגל:  $7 \times (3 \times 240 + 120) \text{ N2XY}$

#### פתרון סעיף ב

##### הערה:

מתוך קובץ תקנות החשמל "מעגלים סופיים הניזונים במתח עד 1000 וולט", תקנה 2 (ה): "מפל המתח המרבי בין הדקי הצרכן לבין נקודת צריכה כלשהי במתקן הצרכן לא יעלה על 3% מהמתח הנומינלי של הרשת".

מפל מתח בין הדקי הצרכן לבין נקודת צריכה כלשהי במתקן – הכוונה למפל המתח בין מיקום התקנת מונה חברת החשמל (קרי – לוח ראשי) ועד קצה המעגל בתוך מתקן החשמל.

ניתן להבין, שקו המזין את הלוח הראשי מהשנאי, נמצא מחוץ לטווח המוגדר בתקנה, ולפי כך, מפל המתח בקו זה לא חייב לעמוד בדרישת התקנה. ערכי מפל המתח המותרים בקווי אספקה לצרכן מוגדרים בנוהלי חברת החשמל ועומדים בתחום של כ-10%.

חישוב מפל המתח בקו אספקה, בהזנחת ההיגב ההשראי של הכבל ובהנחת  $\cos \varphi_2 = 1$ :

$$\Delta U = \sqrt{3} I R_L \cos \varphi_2 = \sqrt{3} I \rho \frac{l}{A} = \sqrt{3} \times 1800 \times 0.018 \times \frac{800}{7 \times 240} = 26.7 \text{ V}$$

$$\Delta U \% = \frac{26.7}{400} \times 100\% = 6.68\%$$

ובאחוזים:

- אם התוצאה גבוהה מדי, ניתן להגדיל את מתח מוצא של השנאי, ע"י משנה דרגות.

## שאלה 6 (חישובי רשתות)

### פתרון סעיף א

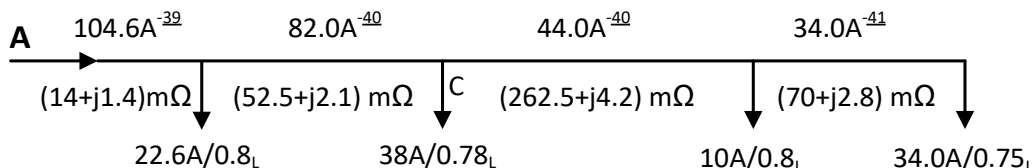
חישובי זרמי הצרכנים, מאחורה קדימה:

$$I = \frac{P}{\sqrt{3} U_n \eta \cos \varphi} = \frac{15000}{\sqrt{3} \times 400 \times 0.85 \times 0.75} = 34 \text{ A}$$

$$I_C = \left( \frac{10000}{\sqrt{3} \times 400 \times 0.8} \right)^{\angle -37^\circ} + 20^{\angle -41^\circ} = 38^{\angle -39^\circ} \text{ A}$$

$$I = \frac{10000}{\sqrt{3} \times 400 \times 0.8 \times 0.8} = 22.6 \text{ A}$$

חישוב זרמי הקטעים לפי סכומם והצגתם ע"ג התרשים:



מפל המתח המרבי המותר הנדרש בתקנות החשמל אינו מתייחס לרשתות חלוקה – ראה הערה בפתרון השאלה הקודמת. אבל נקבל את הערך 3% כנתון בשאלה.

חישוב מפל המתח הריאקטיבי:

$$\Delta U_r \% = \frac{\sqrt{3} X_0}{10 U_n} \sum I_{r_i} l_i = \frac{\sqrt{3} \times 0.08}{10 \times 400} \times (104.6 \sin 39 \times 100 + 82 \sin 40 \times 60 + 44 \sin 40 \times 80 + 34 \sin 41 \times 70) = 0.47\%$$

$$\Delta U_a \% = 3 - 0.47 = 2.53\%$$

חישוב מפל המתח האקטיבי המותר:

$$j = \frac{\Delta U_a \% U_n}{\sqrt{3} \times 100 \rho \sum l_i \cos \varphi_i} = \frac{2.53 \times 400}{\sqrt{3} \times 100 \times 1/57 \times (\cos 39 \times 100 + \cos 40 \times 60 + \cos 40 \times 80 + \cos 41 \times 70)} = 1.4 \text{ A/mm}^2$$

חישובי שטחי החתך לפי  $A = \frac{I}{j}$ :

$$A_1 = \frac{104.6}{1.4} = 75 \text{ mm}^2; A_2 = \frac{82}{1.4} = 59 \text{ mm}^2; A_3 = \frac{44}{1.4} = 31 \text{ mm}^2; A_4 = \frac{34}{1.4} = 24 \text{ mm}^2$$

פתרון סעיף ב

בחירת שטח חתך מסחרי לפי הערך הקרוב ביותר לערכים שהתקבלו (ולא בהכרח הגבוה מכם):  $A_1 = 70\text{mm}^2$ ;  $A_2 = 50\text{mm}^2$ ;  $A_3 = 35\text{mm}^2$ ;  $A_4 = 25\text{mm}^2$   
 חישוב את מפל המתח ריאקטיבי בנק' C:

$$\Delta U_r = \frac{\sqrt{3} \times 0.08}{10 \times 400} \times (104.6 \sin 39 \times 100 + 82 \sin 40 \times 60) = 0.34\%$$

חישוב את מפל המתח אקטיבי בנק' C:

$$\Delta U_a = \frac{\sqrt{3} \times 100 \rho}{U_n} \times \sum \frac{I_a l}{A} = \frac{\sqrt{3} \times 100 \times 1/57}{400} \times \left( \frac{104.6 \times \cos 39 \times 100}{70} \right) + \left( \frac{82 \times \cos 40 \times 60}{50} \right) = 1.45\%$$

$$\Delta U = \Delta U_a + \Delta U_r = 0.34 + 1.45 = 1.89\% \quad \text{סה"כ מפל המתח:}$$

-----

• **שאלה 7 (מרכז הכובד החשמלי)**

פתרון סעיף א

$$I = \frac{P}{\sqrt{3} U_n \eta \cos \varphi} \quad \text{חישובי זרמי הצרכנים לפי:}$$

$$I_2 = \frac{5000}{\sqrt{3} \times 400 \times 0.87 \times 0.87} = 9.5 \text{ A} \quad I_1 = \frac{10000}{\sqrt{3} \times 400 \times 0.9 \times 0.87} = 18.4 \text{ A}$$

$$I_4 = \frac{7000}{\sqrt{3} \times 400 \times 0.87 \times 0.87} = 13.3 \text{ A} \quad I_3 = \frac{4000}{\sqrt{3} \times 400 \times 0.87 \times 0.87} = 7.6 \text{ A}$$

נרכז בטבלה את חישובים בסדר משמאל לימין ומלמעלה למטה, ראה טבלה למטה.

חישוב קואורדינטות של מרכז הכובד החשמלי:

$$x_c = \frac{\sum I_i x_i}{\sum I_i} = \frac{821.2}{185.8} = 4.42 \text{ m}; \quad y_c = \frac{\sum I_i y_i}{\sum I_i} = \frac{1351.5}{185.8} = 7.27 \text{ m}$$

לפי האיור בשאלה, נקודה זאת נמצאת בין 2 יחידות 70/30/60 ו- 30/60/100, מתחת לתעלת הכבלים 4 מ' בציר X, בין התעלות 5.5 מ' ו- 8.5 מ' בציר Y.

פתרון סעיף ב

חישוב הזרם הנצרך, בהנחה שהנתון "מקדם ביקוש של מתקן כולו" מהווה מקדם התלכדות (חד-זמניות):

$$I_T = 0.85 \times (7 \times 0.8 \times 18.4 + 0.7 \times 9.5 + 0.7 \times 7.6 + 3 \times 0.7 \times 13.3) = 121.5 \text{ A}$$

לפי הטבלה שבנספחים לספר זה, גודל החיבור הנדרש:  $3 \times 125 \text{ A}$ .

מס'	$I$ (A)	$x$ (m)	$y$ (m)	$x \times I$	$y \times I$	$X_c$ (m)	$Y_c$ (m)
1	18.4	1.5	10	27.6	184.0		
2	18.4	4	10	73.6	184.0		
3	18.4	6	10	110.4	184.0		
4	18.4	1.5	8.5	27.6	156.4		
5	18.4	4	8.5	73.6	156.4		
6	18.4	6	8.5	110.4	156.4		
7	18.4	8	8.5	147.2	156.4		
8	9.5	1.5	5.5	14.3	52.3		
9	7.6	4	5.5	30.4	41.8		
10	13.3	1.5	2	20.0	26.6		
11	13.3	6	2	79.8	26.6		
12	13.3	8	2	106.4	26.6		
סהכ	185.8			821.2	1351.5	4.42	7.27

### • שאלה 8 (מערכות הספק למתח גבוה)

#### פתרון סעיף א

- מערכת עם נקודת האפס מוארקת דרך נגד, שתפקידו להגדיל את עכבת לולאת התקלה ולהגביל את זרמי הקצר לאדמה. לשיטה זו שימוש רחב ברשתות תת-קרקעיות למתח גבוה. היתרונות: ניתוק מהיר של הקצר, איתור מידי של מקום הקצר. החסרונות: הפסקות גם בזמן קצרים חולפים לאדמה. נזקים עקב זרם-קצר גבוה ועלית המתח בפאזות התקינות בזמן הקצר.
- מערכת עם נקודת האפס מוארקת דרך סליל כיבוי ("סליל פטרסון") בשיטה זו משתמשים ברשתות עליות למתח גבוה, המאופיינות בקיבוליות נמוכה יחסית,  $5-10 \text{ nF/km}$ .

היתרונות: ערך קטן של זרם הקצר לאדמה והאפשרות לשנות אותו על ידי כיוול הסליל. מתח מגע ומתח צעד נמוכים. תנאים טובים לכיבוי עצמי של הקשת בעת קצר חולף. החסרונות: עלית מתח בפאזות התקינות בזמן קצר. קושי בכיוול הסליל עקב קיבוליות משתנה של הרשת. נדרשות שיטות מיוחדות לאיתור וניתוק התקלה.

#### פתרון סעיף ב

חישוב קיבוליות הרשת:  $C = C_0 l = 4.8 \times 10^{-9} \times 40 = 1.92 \times 10^{-7} \text{ F}$   
חישוב הזרם הפאזי הקיבולי במצב תקין:

$$I_{\text{Cph}} = \frac{U_{\text{ph}}}{X_c} = \frac{U_L / \sqrt{3}}{1 / \omega C} = \frac{22000 / \sqrt{3}}{1 / 2\pi \times 50 \times 1.92 \times 10^{-7}} = 0.76 \text{ A}$$

חישוב הזרם הקיבולי בזמן קצר חד-מופעי לאדמה:  $I_k = 3 \times I_{\text{Cph}} = 3 \times 0.76 = 2.3 \text{ A}$

פתרון סעיף ג

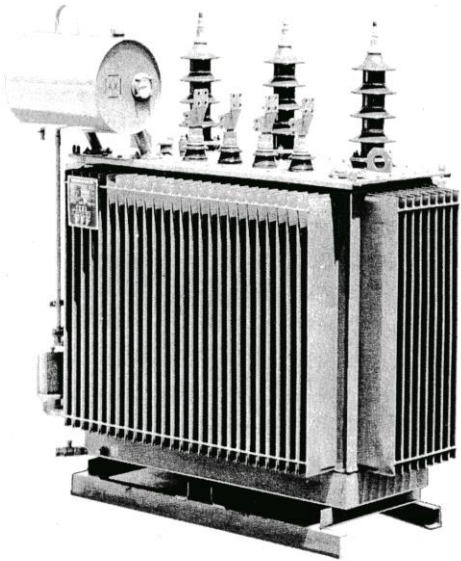
במצב תקין המתח  $U_0=0$  ובמצב קצר לאדמה:  $U_0=U_{ph}=\frac{22}{\sqrt{3}}(\text{kV})$

- שאלות 9 ו-10 הן אותן השאלות 2 ו-3 מהמבחן אביב-2019 מועד א'

Technical data

General data

Rated primary voltage :	22 kV
Tapping range :	±5% (up to 630 kVA) ±2X2.5% (800 - 1600 kVA)
Rated secondary voltage :	0.4/0.231 kV
Rated Frequency :	50 Hz
Connection group :	Dyn 11
Insulating voltage level	
Power frequency :	50 kV
Lightning impulse (BIL) :	125 kV
Cooling :	Oil natural - Air Natural (ONAN)
Oil temperature rise :	60°C
Winding temperature rise :	65°C
Tolerances and testing acc. to I.E.C.	76



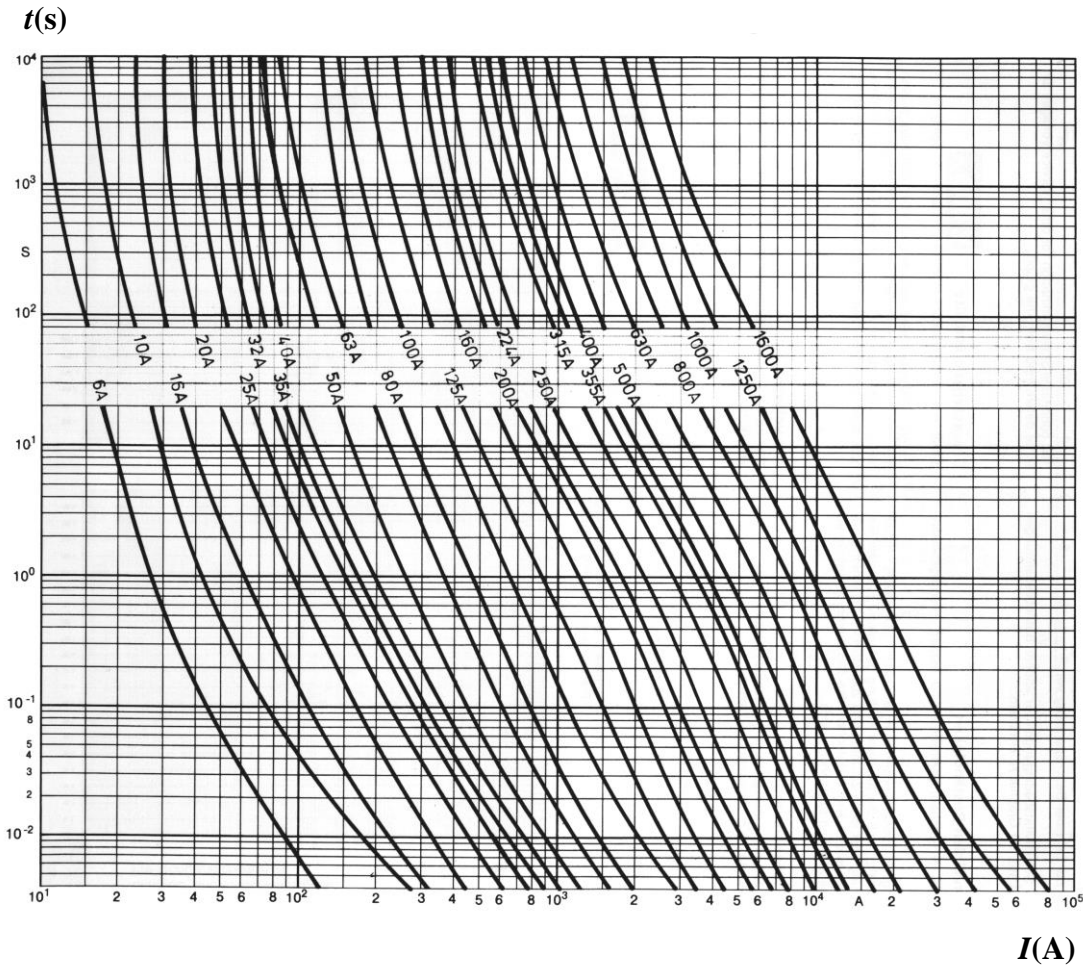
$S_n$	$\Delta P_{fe}$	$\frac{\Delta P_{cu}}{n}$	$U_k\%$	$U_r\%$	$U_x\%$	$\eta_{\beta=1}$	$\Delta U\%_{\beta=1}$	$I_0\%$
-------	-----------------	---------------------------	---------	---------	---------	------------------	------------------------	---------

Electrical data

Rating kVA	LOSSES - kW		Sh.C. impedance %	Er %	Ex %	Efficiency at full load		Regulation at full load		I <sub>0</sub> %
	No-Load	Load at 75°C				at cosØ=1 %	at cosØ=0.8 %	at cosØ=1 %	at cosØ=0.8 %	
50	0.165	0.98	4.7	1.96	4.272	97.76	97.22	2.051	4.156	2.1
100	0.23	1.76	4.4	1.76	4.033	98.05	97.57	1.841	3.851	1.7
160	0.30	2.33	4.4	1.456	4.152	98.38	97.99	1.542	3.686	1.5
250	0.45	3.33	4.4	1.332	4.194	98.51	98.15	1.420	3.614	1.3
400	0.645	4.67	4.4	1.168	4.242	98.69	98.37	1.257	3.516	1.2
630	0.90	5.46	4.4	0.867	4.314	99.00	98.75	0.960	3.325	1.0
800	1.20	8.50	5	1.063	4.886	98.80	98.51	1.182	3.835	0.9
1000	1.35	10.30	5	1.03	4.893	98.85	98.57	1.15	3.814	0.8
1250	1.50	11.30	5	0.904	4.918	98.99	98.74	1.025	3.731	0.7
1250	1.50	11.30	6	0.904	5.932	98.99	98.74	1.08	4.37	0.7
1600	1.70	14.70	6	0.919	5.929	98.99	98.74	1.095	4.38	0.6

נתיכי HRC

אופיין gL/gG כושר הפסקה: 120 kA



מפסק אוטומטי זעיר MCB (מא"ז) מתוצרת EATON  
אופייני C, B כושר הפסקה: 6-10-15 kA



מא"זים מהשורה הראשונה - FAZ

האופיינים השונים במא"זים של Eaton

אופיין	תחום זרמים A	ישומים	תחום הגנה (In) תרמית	תחום הגנה (In) מגנטית
B	1-63	עומסים אוהמיים, קווים ארוכים	1.13-1.45	3-5
C	0.16-63	מעגלי מאור, חיבורי קיר, עומסים השראתיים, עומסים קיבוליים	1.13-1.45	5-10
D	0.5-63	שנאים גדולים, מעגלים בעלי זרם התנעה גבוה	1.13-1.45	10-20
K	0.5-63	מנועים, שנאים, מעגלים אלקטרוניים	1.05-1.30	8-12
S	1-40 חד ודו קוטבי בלבד	שנאי פקוד, מגענים, מנועים	1.05-1.30	13-17
Z	0.5-63	גנרטורים, מוליכים למחצה, קווים ארוכים מאד	1.05-1.30	2-3

תחום הגנה תרמית

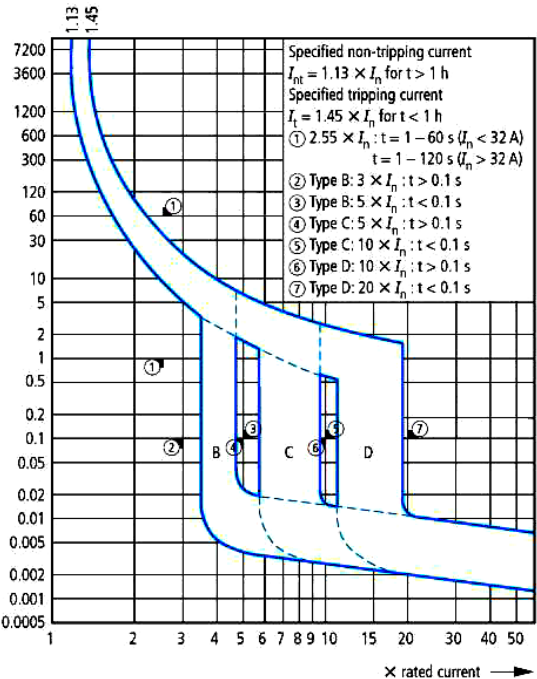
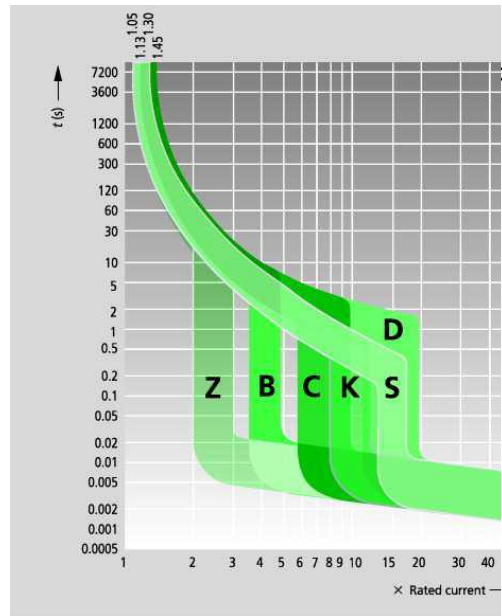
1.13-1.45 הינו לפי תקן IEC 60898  
1.05-1.30 הינו לפי תקן IEC 60947-2  
הערך הנמוך פירושו שעד ערך זה, זמן התגובה של המא"ז הינו  $t \geq 1h$   
הערך הגבוה פירושו שמעל ערך זה, זמן התגובה של המא"ז הינו  $t < 1h$

תחום הגנה מגנטית

הערך הנמוך פירושו שעד ערך זה, זמן התגובה של המא"ז הינו  $t \geq 0.1s$   
הערך הגבוה פירושו שמעל ערך זה, זמן התגובה של המא"ז הינו  $t < 0.1s$

אופייני המבטחים מתוצרת EATON

אופייין לפי התקן IEC 60898





## מא"דים FAZ6 אופיין B

IEC 60898 לפי תקן 6kA

IEC 60947-2 לפי תקן 10kA

דגם FAZ6 אופיין B כושר ניתוק 6/10kA

מק"ט	דגם	זרם נקוב In (A)	מס' קטבים	הגנה מגנטית (A)
<b>חד קוטבי 6/10kA</b>				
155000	FAZ6-B6/1	6	1P	(3-5)In
155002	FAZ6-B10/1	10	1P	(3-5)In
155004	FAZ6-B16/1	16	1P	(3-5)In
155006	FAZ6-B20/1	20	1P	(3-5)In
155008	FAZ6-B25/1	25	1P	(3-5)In
155010	FAZ6-B32/1	32	1P	(3-5)In
155012	FAZ6-B40/1	40	1P	(3-5)In
155014	FAZ6-B50/1	50	1P	(3-5)In
155016	FAZ6-B63/1	63	1P	(3-5)In

## מא"דים FAZ אופיין C

IEC 60898 לפי תקן 10kA

IEC 60947-2 לפי תקן 15kA

דגם FAZ אופיין C כושר ניתוק 10/15kA

מק"ט	דגם	זרם נקוב In (A)	מס' קטבים	הגנה מגנטית (A)
<b>חד קוטבי 10/15kA</b>				
166137	* FAZ-C0.5/1	0.5	1P	(5-10)In
166138	* FAZ-C1/1	1	1P	(5-10)In
166139	* FAZ-C2/1	2	1P	(5-10)In
166140	* FAZ-C3/1	3	1P	(5-10)In
166141	* FAZ-C4/1	4	1P	(5-10)In
166142	FAZ-C6/1	6	1P	(5-10)In
166143	FAZ-C10/1	10	1P	(5-10)In
166100	FAZ-C13/1	13	1P	(5-10)In
166144	FAZ-C16/1	16	1P	(5-10)In
166145	FAZ-C20/1	20	1P	(5-10)In
166146	FAZ-C25/1	25	1P	(5-10)In
166147	FAZ-C32/1	32	1P	(5-10)In
166148	FAZ-C40/1	40	1P	(5-10)In
166149	FAZ-C50/1	50	1P	(5-10)In
166150	FAZ-C63/1	63	1P	(5-10)In

מפסק אוטומטי מגנטי תרמי MCCB (מאמ"ת) להגנה על מנועים עד 100 A מתוצרת EATON, הגנה תרמית מתכווננת

מאמ"תים NZM1

מגביל זרם קצר

מאמ"ת 3P דגם NZM1-M עד 100A להגנת מנועים

מק"ט	דגם	זרם נקוב In (A)	הגנה תרמית Ir (A)	הגנה מגנטית Ii (A)
<b>כושר ניתוק 25kA</b>				
<b>Ics=Icu</b>				
077810	NZMB1-M40	40	32-40	(8-14)In
077811	NZMB1-M50	50	40-50	(8-14)In
077812	NZMB1-M63	63	50-63	(8-14)In
077813	NZMB1-M80	80	63-80	(8-14)In
077814	NZMB1-M100	100	80-100	(8-12.5)In
<b>כושר ניתוק 36kA</b>				
<b>Ics=Icu</b>				
078300	NZMC1-M40	40	32-40	(8-14)In
078301	NZMC1-M50	50	40-50	(8-14)In
078302	NZMC1-M63	63	50-63	(8-14)In
078303	NZMC1-M80	80	63-80	(8-14)In
078304	NZMC1-M100	100	80-100	(8-12.5)In
<b>כושר ניתוק 50kA</b>				
<b>Ics=Icu</b>				
077820	NZMN1-M40	40	32-40	(8-14)In
077821	NZMN1-M50	50	40-50	(8-14)In
077822	NZMN1-M63	63	50-63	(8-14)In
077823	NZMN1-M80	80	63-80	(8-14)In
077824	NZMN1-M100	100	80-100	(8-12.5)In
<b>כושר ניתוק 100kA</b>				
<b>Ics=0.5Icu</b>				
078305	NZMH1-M40	40	32-40	(8-14)In
078306	NZMH1-M50	50	40-50	(8-14)In
078307	NZMH1-M63	63	50-63	(8-14)In
078308	NZMH1-M80	80	63-80	(8-14)In
078309	NZMH1-M100	100	80-100	(8-12.5)In

דגם הגנה M מיועד להגנה על מנועים בעלי התנעה קשה: זרם התנעה גבוה או זמן התנעה ארוך או שניהם יחד  
לדגם הגנה M שתי תכונות אופייניות להגנת מנועים:  
1. תחום הגנה מגנטית גבוה עד 14In  
2. הגנה דיפרנציאלית המגיבה מהר יותר בחוסר פאזה

מפסק אוטומטי מגנטי תרמי MCCB (מאמ"ת) עד 160 A מתוצרת EATON

## מאמ"תים NZM1

מאמ"ת 3P דגם NZM1-A עד 160A				
מק"ט	דגם	זרם נקוב In (A)	הגנה תרמית Ir (A)	הגנה מגנטית Ii (A)
מגביל זרם קצר				
25kA כושר ניתוק Ics=Icu				
077512	NZMB1-A20	20	15-20	350
077513	NZMB1-A25	25	20-25	350
077514	NZMB1-A32	32	25-32	350
077500	NZMB1-A40	40	32-40	(8-10)In
077501	NZMB1-A50	50	40-50	(6-10)In
077502	NZMB1-A63	63	50-63	(6-10)In
077503	NZMB1-A80	80	63-80	(6-10)In
077504	NZMB1-A100	100	80-100	(6-10)In
077505	NZMB1-A125	125	100-125	(6-10)In
077517	NZMB1-A160	160	125-160	1280
36kA כושר ניתוק Ics=Icu				
078000	NZMC1-A20	20	15-20	350
078001	NZMC1-A25	25	20-25	350
078002	NZMC1-A32	32	25-32	350
078003	NZMC1-A40	40	32-40	(8-10)In
078004	NZMC1-A50	50	40-50	(6-10)In
078005	NZMC1-A63	63	50-63	(6-10)In
078006	NZMC1-A80	80	63-80	(6-10)In
078007	NZMC1-A100	100	80-100	(6-10)In
078008	NZMC1-A125	125	100-125	(6-10)In
078009	NZMC1-A160	160	125-160	1280
50kA כושר ניתוק Ics=Icu				
077518	NZMN1-A20	20	15-20	350
077522	NZMN1-A25	25	20-25	350
077528	NZMN1-A32	32	25-32	350
077506	NZMN1-A40	40	32-40	(8-10)In
077507	NZMN1-A50	50	40-50	(6-10)In
077508	NZMN1-A63	63	50-63	(6-10)In
077509	NZMN1-A80	80	63-80	(6-10)In
077510	NZMN1-A100	100	80-100	(6-10)In
077511	NZMN1-A125	125	100-125	(6-10)In
077529	NZMN1-A160	160	125-160	1280
100kA כושר ניתוק Ics=0.5Icu				
077603	NZMH1-A20	20	15-20	350
077604	NZMH1-A25	25	20-25	350
077613	NZMH1-A32	32	25-32	350
077615	NZMH1-A40	40	32-40	(8-10)In
077617	NZMH1-A50	50	40-50	(6-10)In
077631	NZMH1-A63	63	50-63	(6-10)In
077633	NZMH1-A80	80	63-80	(6-10)In
077635	NZMH1-A100	100	80-100	(6-10)In
077637	NZMH1-A125	125	100-125	(6-10)In
077639	NZMH1-A160	160	125-160	1280

מפסק אוטומטי מגנטי תרמי MCCB (מאמ"ת) עד 500 A מתוצרת EATON

## מאמ"תים NZM2

מגביל זרם קצר

מאמ"ת 3P דגם NZM2-A עד 300A

מק"ט	דגם	זרם נקוב In (A)	הגנה תרמית Ir (A)	הגנה מגנטית Ii (A)
<b>כושר ניתוק 25kA</b>				
	<b>Ics=Icu</b>			
078046	NZMB2-A160-BT	160	125-160	(6-10)In
078047	NZMB2-A200-BT	200	160-200	(6-10)In
078048	NZMB2-A250-BT	250	200-250	(6-10)In
078049	NZMB2-A300-BT	300	240-300	(6-10)In
<b>כושר ניתוק 36kA</b>				
	<b>Ics=Icu</b>			
078040	NZMC2-A160-BT	160	125-160	(6-10)In
078041	NZMC2-A200-BT	200	160-200	(6-10)In
078042	NZMC2-A250-BT	250	200-250	(6-10)In
078043	NZMC2-A300-BT	300	240-300	(6-10)In
<b>כושר ניתוק 50kA</b>				
	<b>Ics=Icu</b>			
077600	NZMN2-A160-BT	160	125-160	(6-10)In
077601	NZMN2-A200-BT	200	160-200	(6-10)In
077602	NZMN2-A250-BT	250	200-250	(6-10)In
078020	NZMN2-A300-BT	300	240-300	(6-10)In
<b>כושר ניתוק 150kA</b>				
	<b>Ics=Icu</b>			
078029	NZMH2-A25-BT	25	20-25	350
078069	NZMH2-A32-BT	32	25-32	350
077700	NZMH2-A40-BT	40	32-40	(8-10)In
077701	NZMH2-A50-BT	50	40-50	(6-10)In
077702	NZMH2-A63-BT	63	50-63	(6-10)In
077703	NZMH2-A80-BT	80	63-80	(6-10)In
077704	NZMH2-A100-BT	100	80-100	(6-10)In
077705	NZMH2-A125-BT	125	100-125	(6-10)In
077706	NZMH2-A160-BT	160	125-160	(6-10)In
077707	NZMH2-A200-BT	200	160-200	(6-10)In
077708	NZMH2-A250-BT	250	200-250	(6-10)In
078021	NZMH2-A300-BT	300	240-300	(6-10)In

## מאמ"תים LZM3

מגביל זרם קצר

מאמ"ת 3P דגם LZM3-A עד 500A

מק"ט	דגם	זרם נקוב In (A)	הגנה תרמית Ir (A)	הגנה מגנטית Ii (A)
<b>כושר ניתוק 36kA</b>				
	<b>Ics=Icu</b>			
073136	LZMC3-A320-I	320	250-320	(6-10)In
073137	LZMC3-A400-I	400	320-400	(6-10)In
073138	LZMC3-A500-I	500	400-500	(6-10)In
<b>כושר ניתוק 50kA</b>				
	<b>Ics=Icu</b>			
073148	LZMN3-A320-I	320	250-320	(6-10)In
073149	LZMN3-A400-I	400	320-400	(6-10)In
073150	LZMN3-A500-I	500	400-500	(6-10)In

מפסק אוטומטי מגנטי תרמי MCCB (מאמ"ת) עד 1600 A, מתוצרת EATON

### מאמ"ת 3P דגם LZM3-AE עד 630A עם הגנה אלקטרונית

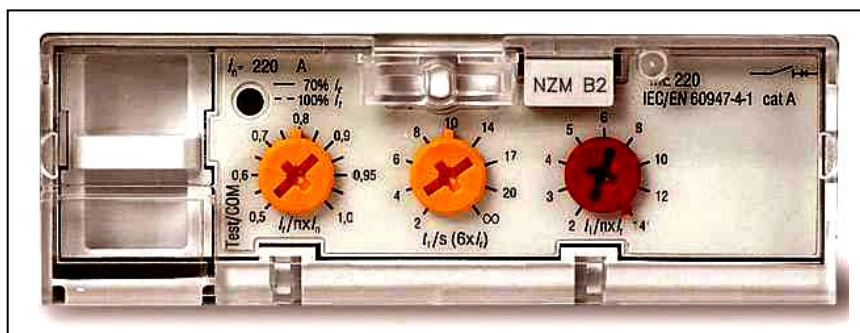
מק"ט	דגם	זרם נקוב $I_n$ (A)	הגנה תרמית $I_r$ (A)	הגנה מגנטית $I_i$ (A)
<b>כושר ניתוק 36kA</b>				
073139	LZMC3-AE630-I	630	315-630	(2-8) $I_n$
<b>כושר ניתוק 50kA</b>				
073151	LZMN3-AE630-I	630	315-630	(2-8) $I_n$

## מאמ"תים LZM4

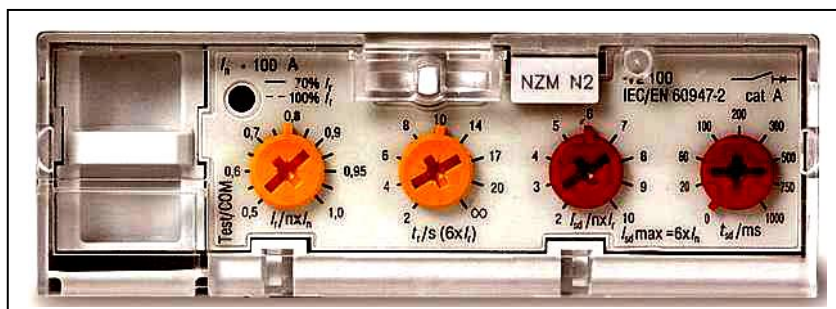
### מאמ"ת 3P דגם LZM4-AE עד 1600A עם הגנה אלקטרונית

מק"ט	דגם	זרם נקוב $I_n$ (A)	הגנה תרמית $I_r$ (A)	הגנה מגנטית $I_i$ (A)
<b>כושר ניתוק 50kA</b>				
073160	LZMN4-AE800-I	800	400-800	(2-12) $I_n$
073161	LZMN4-AE1000-I	1000	500-1000	(2-12) $I_n$
073162	LZMN4-AE1250-I	1250	630-1250	(2-12) $I_n$
073163	LZMN4-AE1600-I	1600	800-1600	(2-12) $I_n$

### פנל כיוולים להגנה אלקטרונית למונעים ME



### פנל כיוולים להגנה אלקטרונית מושהית VE



מפסק PKZM עם הגנה תרמית מתכווננת להגנת מנועים, מתוצרת EATON

## הגנות מנוע PKZM

מק"ט	דגם	תחום כוון תרמי (A)	הגנה מגנטית (A)	הספק kW	כוח ניתוק kA
<b>סדרת PKZM0</b>					
170000	PKZM0-0.16	0.1-0.16	2.2	-	150
170001	PKZM0-0.25	0.16-0.25	3.5	0.06	150
170002	PKZM0-0.4	0.25-0.4	5.6	0.09	150
170003	PKZM0-0.63	0.4-0.63	8.8	0.12	150
170004	PKZM0-1	0.63-1	14	0.25	150
170005	PKZM0-1.6	1-1.6	22	0.37	150
170006	PKZM0-2.5	1.6-2.5	35	0.75	150
170007	PKZM0-4	2.5-4	56	1.5	150
170008	PKZM0-6.3	4-6.3	88	2.2	150
170009	PKZM0-10	6.3-10	140	4	150
170019	PKZM0-12	8-12	168	5.5	50
170079	PKZM0-16	10-16	224	7.5	50
170080	PKZM0-20	16-20	280	9	50
170081	PKZM0-25	20-25	350	12.5	50
170027	PKZM0-32	25-32	448	15	50
<b>סדרת PKZM0-T הגנות לשנאים (מגנטי גבוה)</b>					
170149	PKZM0-1-T	0.63-1	20	1	150
170150	PKZM0-1,6-T	1-1.6	32	1,6	150
170151	PKZM0-2,5-T	1.6-2.5	50	2,5	150
170152	PKZM0-4-T	2.5-4	84	4	150
170153	PKZM0-6,3-T	4-6.3	141	6,3	150
170154	PKZM0-10-T	6.3-10	224	10	150
170156	PKZM0-16-T	10-16	280	16	50
170157	PKZM0-20-T	16-20	350	20	50
170158	PKZM0-25-T	20-25	437	25	50
<b>סדרת PKM0 הגנה מגנטית בלבד*</b>					
170160	PKM0-1.6	-	22	0.37	150
170161	PKM0-2.5	-	35	0.75	150
170162	PKM0-4	-	56	1.5	150
170163	PKM0-6.3	-	88	2.2	150
170164	PKM0-10	-	140	4	150
170165	PKM0-16	-	224	7.5	50
170166	PKM0-20	-	280	9	50
170167	PKM0-25	-	350	12.5	50
170168	PKM0-32	-	448	15	50

\*מיועד במיוחד להזנת מערכות חירום כגון: תאורת חירום, גילוי אש, משאבות לחץ, מפוחי עשן ועוד

בבלי נחושת N2XY עם בידוד XLPE (באדיבות חב' יאיר דוחובני)

Low Voltage Cables, Copper Conductors  
XLPE Insulation and PVC Jacket  
Per SI 1516-1

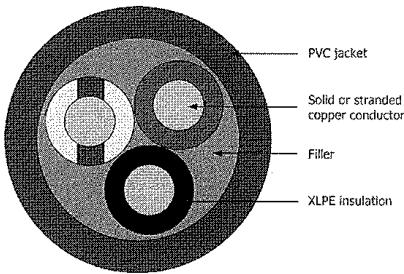


Document 1004, Rev 310111-A

Page 1 of 4

Applications

This specification describes cables to be used at lighting and energy networks as fixed installation cables internally, externally or underground if there are not mechanical stresses. These cables can be used for single or three phase system, not exceeding 600 V between phase and ground. The cables are designed for maximum conductor rated temperature of 90°C during continuous normal operation and 250°C for short circuit maximum conductor temperature.



Standards

- SII 1516-1
- IEC 60502-1
- SI 60228 / IEC 60228
- IEC 60332-1

Marking Designation and Certification

- N2XY FR1
- All cables are approved by the Standards Institute of Israel – see certifications

Construction

Conductor:	Copper , class 1 (solid) or class 2 (stranded) per IEC 60228/SI 60228
Insulation:	XLPE . Wall thickness and core color identification is per SI 1516-1 – see table below
Cabling:	Stranding
Inner covering and filler:	PVC, compatible with XLPE insulation.
Jacket:	PVC compound type ST2, green

Additional Parameters

- Cable code:
  - Cable type: N2XY
  - Number of cores x cores cross section
  - Nominal voltage 0.6/1 kV
  - Flame retardant behavior FR1 per IEC 60332-1
- Maximum conductor temperature: 90°C
- Maximum conductor temperature at short circuit: 250°C
- Minimum bending radius: 12 x Outer sheath diameter
- Minimum installation temperature: -5°C
- Service temperature: -20 to+90°C

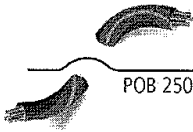
Color Code

No. of cores	Cable with ground conductor	Cable without grounding conductor
3	Brown – Blue - Yellow/green	Brown - Brown with black strip - Brown with orange strip
4	Brown - Brown with black strip-Brown with orange strip - Yellow/green	Brown - Brown with black strip - Brown with orange strip – Blue
5	Brown - Brown with black strip - Brown with orange strip – Blue - Yellow/green	-

Other color code or wall thickness in accordance with IEC 60502

Electrical and Mechanical Properties

Catalog Number	No. X nominal area of the conductors	Min. no. of wires in phase conductor	Nominal insulation thickness	Nominal outer sheath thickness	Overall approx. diameter	Cable weight approx.	DC resistance @ 20°C	Ampacity @ 30°C	
								Air	Earth
	No.* sqmm		mm	mm	mm	kg/km	Ω/km	A	A
2 conductors									
1180204	2x1.5	1	0.7	1.8	10	125	12.1	24	31
1220204	2x2.5	1	0.7	1.8	11	160	7.41	32	40
1260204	2x4	1	0.7	1.8	12	210	4.61	42	52
1260204	2x4	7	0.7	1.8	12	230	4.61	42	52
1280204	2x6	1	0.7	1.8	13	270	3.08	53	64
1280204	2x6	7	0.7	1.8	14	300	3.08	53	64
1300204	2x10	6	0.7	1.8	15	410	1.83	74	86
1320204	2x16	6	0.7	1.8	17	575	1.15	98	112
1340204	2x25	6	0.9	1.8	20	840	0.727	133	145
1380204	2x35	6	0.9	1.8	22	1100	0.524	162	174
1400204	2x50	6	1.0	1.8	25	1450	0.387	197	206
3 conductors									
1180304	3x1.5	1	0.7	1.8	10	150	12.1	24	31
1220304	3x2.5	1	0.7	1.8	11	185	7.41	32	40
1260304	3x4	1	0.7	1.8	12	250	4.61	42	52
1280304	3x6	1	0.7	1.8	13	330	3.08	53	64
1300304	3x10	6	0.7	1.8	16	500	1.83	74	86
1320304	3x16	6	0.7	1.8	18	710	1.15	98	112
1340304	3x25	6	0.9	1.8	21	1050	0.727	133	145
1380304	3x35	6	0.9	1.8	24	1400	0.524	162	174
1400304	3x50	6	1.0	1.8	27	1850	0.387	197	206



Yair Duchovni Cables Ltd.

Copper Cables  
Golden Service

POB 25008, 17 Hamashbir St. Haifa 31250 Israel | Tel. + 972 4 881 8400, Fax + 972 4 881 8410  
Website: [www.yadu.co.il](http://www.yadu.co.il) | E-Mail: [info@yadu.co.il](mailto:info@yadu.co.il)





Catalog Number	No. X nominal area of the conductors	Min. no. of wires in phase conductor	Nominal insulation thickness	Nominal outer sheath thickness	Overall approx. diameter	Cable weight approx.	DC resistance @ 20°C	Ampacity @ 30°C	
								Air	Earth
	No.* sqmm		mm	mm	mm	kg/km	Ω/km	A	A
3+1 conductors									
1320403	3x16/10	6	0.7/0.7	1.8	20	830	1.15	98	112
1340403	3x25/16	6	0.9/0.7	1.8	23	1230	0.727	133	145
1380403	3x35/16	6	0.9/0.7	1.8	25	1550	0.524	162	174
1400403	3x50/25	6	1.0/0.9	1.9	28	2100	0.387	197	206
1440403	3x70/35	12	1.1/0.9	2.0	33	2930	0.268	250	254
1460403	3x95/50	15	1.1/1.0	2.1	37	3920	0.193	308	305
1480403	3x120/70	18	1.2/1.1	2.3	42	5020	0.153	359	348
1500403	3x150/70	18	1.4/1.1	2.4	45	6020	0.124	412	392
1520403	3x185/95	30	1.6/1.1	2.6	50	7550	0.0991	475	444
1560403	3x240/120	34	1.7/1.2	2.8	57	9750	0.0754	564	517
1580403	3x300/150	34	1.8/1.4	3.0	63	12300	0.0601	649	585
4 conductors									
1180404	4x1.5	1	0.7	1.8	11	175	12.1	24	31
1220404	4x2.5	1	0.7	1.8	12	225	7.41	32	40
1260404	4x4	1	0.7	1.8	13	300	4.61	42	52
1260404	4x4	7	0.7	1.8	14	320	4.61	42	52
1280404	4x6	1	0.7	1.8	14	400	3.08	53	64
1280404	4x6	7	0.7	1.8	15	430	3.08	53	64
1300404	4x10	6	0.7	1.8	18	620	1.83	74	86
1320404	4x16	6	0.7	1.8	20	905	1.15	98	112
1340404	4x25	6	0.9	1.8	23	1325	0.727	133	145
1380404	4x35	6	0.9	1.8	26	1760	0.524	162	174
1400404	4x50	6	1.0	1.9	30	2350	0.387	197	206
1440404	4x70	12	1.1	2.0	35	3320	0.268	250	254
1460404	4x95	15	1.1	2.2	39	4450	0.193	308	305
1480404	4x120	18	1.2	2.3	43	5580	0.153	359	348
1500404	4x150	18	1.4	2.5	48	6920	0.124	412	392
1500404	4x185	30	1.6	2.7	53	8600	0.0991	475	444
1500404	4x240	34	1.7	2.9	60	11150	0.0754	564	517
1580404	4x300	34	1.8	3.0	67	14100	0.0601	649	585
5 conductors									
1180504	5x1.5	1	0.7	1.8	12	205	12.1	24	31
1220504	5x2.5	1	0.7	1.8	13	275	7.41	32	40
1260504	5x4	1	0.7	1.8	14	360	4.61	42	52
1260504	5x4	7	0.7	1.8	15	390	4.61	42	52
1280504	5x6	1	0.7	1.8	16	480	3.08	53	64
1280504	5x6	7	0.7	1.8	17	515	3.08	53	64
1300504	5x10	6	0.7	1.8	19	760	1.83	74	86
1320504	5x16	6	0.7	1.8	22	1100	1.15	98	112
1340504	5x25	6	0.9	1.8	25	1630	0.727	133	145

סוללות קבלים לשיפור מקדם-הספק (באדיבות חב' קצנשטיין אדלר ושות')

קבלים תלת פאזיים גיליים

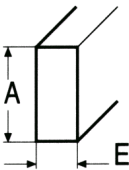


מק"ט	דגם	הספק ב- 400V 50Hz KVAR	הספק ב- 440V 50Hz KVAR	נגדי פריקה KΩ	מידות (מ"מ) גובהXקוטר
26-1057	MKPg-5	5	6.25	300	75X176
26-1073	MKPg-7.5	7.5	9.1	300	75X176
26-1099	MKPg-10	10	12.5	300	75X230
26-1108	MKPg-12.5	12.5	15	300	85X230
26-1115	MKPg-15	15	18.3	180	95X230
26-1339	MKPg-20	20	25	180	100X230
26-1347	MKPg-25	25	30	120	116x230
26-1350	MKPg-30	30	-	120	116x280









קבלים תלת פאזיים בקופסא

מק"ט	דגם	הספק ב- 400V 50Hz KVAR	הספק ב- 440V 50Hz KVAR	נגדי פריקה KΩ	מידות (מ"מ) עאגור
26-1214	MKPg - BOX -5 KVAR	5	6.25	300	180X430X160
26-1222	MKPg- BOX -7.5 KVAR	7.5	9.1	300	180X430X160
26-1230	MKPg - BOX -10 KVAR	10	12.5	300	180X430X160
26-1248	MKPg - BOX -12.5 KVAR	12.5	15	300	180X430X160
26-1255	MKPg- BOX -15 KVAR	15	18.3	180	180X430X160
26-1263	MKPg - BOX -20 KVAR	20	25	180	180X430X160
26-1271	MKPg - BOX -25 KVAR	25	30	120	180X430X160
26-1289	MKPg - BOX -30 KVAR	30	-	120	280X480X160
26-1297	MKPg - BOX -40 KVAR	(2X20) 40	50	2X180	280X430X160
26-1313	MKPg - BOX -50 KVAR	(2X25) 50	60	2X120	280X430X160
26-1321	MKPg - BOX -60 KVAR	(2X30) 60	-	2X120	280X480X160

פסי צבירה ללוחות חשמל (באדיבות חב' יקיר תעשיות)



הזרם המתמיד המרבי  $I_z(A)$

זרם עבודה								מפתח פריט	AxEx מ"מ
טמפרטורת עבודה 65°C				טמפרטורת עבודה 85°C					
									
			160				212		12x4
			183				241		12x5
			274				363	70090-2	20x5
		586	327			776	433		25x5
1003	896	672	379	1329	1187	890	502	70090-3	30x5
1220	1090	836	482	1617	1444	1108	639	70090-4	40x5
1411	1260	994	583	1870	1670	1317	772	70090-5	50x5
1613	1440	1150	688	2137	1908	1524	912	70090-6	60x5
1673	1494	1197	718	2217	1980	1586	951		63x5
1960	1750	1450	885	2597	2319	1921	1173	70090-7	80x5
2296	2050	1730	1080	3042	2716	2292	1431		100x5
2666	2381	2022	1300	3532	3155	2679	1723		125x5
1547	1289	986	573	2041	1701	1300	756	70095-1	30x10
1931	1609	1230	715	2549	2124	1624	944	70095-2	40x10
	2040	1510	852		2703	2001	1129	70095-3	50x10
	2300	1720	985		3048	2279	1305	70095-4	60x10
	2790	2110	1240		3697	2796	1643	70095-5	80x10
	3260	2480	1490		4320	3286	1974	70095-6	100x10
	3740	2860	1740		4956	3790	2306	70095-7	120x10
	4680	3590	2220		6201	4757	2942		160x10
	5610	4310	2690		7433	5711	3564		200x10










מנועים אסינכרוניים תלת-פאזיים רוטור-כלוב (באדיבות חב' יונה אושפיז מנועים)  
מהירות סינכרונית: 750 rpm ,1000 rpm ,1500 rpm ,3000 rpm

RATINGS AND PERFORMANCES										400V-50Hz		
Speed SYN.	Output		Frame Type	Weight Kg. ~	Rated Speed RPM	Rated Current Amp.	η %	Power Factor	GD <sup>2</sup> Kgm <sup>2</sup>	Ist In	Mst Mn	Mmax Mn
	kW	HP										
1500	0.37	0.5	K71	11	1350	1.04	71.0	0.72	0.004	3.7	2.1	2.5
	0.55	0.75	K71 <sup>(2)</sup>	12	1390	1.46	74.0	0.74	0.005	4.2	2.2	2.7
	0.55	0.75	K80	15	1410	1.4	76.5	0.75	0.007	4.7	2.2	2.7
	0.75	1	K80	16	1410	1.8	77.0	0.78	0.010	4.8	2.2	2.7
	1.1	1.5	K80 <sup>(2)</sup>	17	1410	2.6	78.0	0.79	0.012	5.3	2.1	2.7
	1.1	1.5	K90S	20.5	1420	2.5	79.5	0.80	0.015	5.2	2.1	2.7
	1.5	2	K90L	22	1420	3.3	81.5	0.80	0.017	5.7	2.1	2.8
	2.2	3	K90L <sup>(1)</sup>	25	1420	4.8	82.8	0.80	0.023	6.2	2.2	2.7
	2.2	3	K100L <sup>(1)</sup>	30	1425	4.7	83.7	0.81	0.030	6.3	2.2	2.7
	3	4	K100L	33	1430	6.2	84.0	0.82	0.040	6.4	2.2	2.8
	4	5.5	K112M	40	1430	8.2	85.8	0.83	0.058	6.5	2.3	2.7
	5.5	7.5	K112M <sup>(2)</sup>	43	1430	11	86.5	0.83	0.065	6.8	2.4	2.7
	5.5	7.5	K132S	66	1430	11	87.4	0.84	0.096	7.0	2.2	2.8
	7.5	10	K132M	73	1440	14	88.0	0.85	0.123	6.5	2.2	3.0
	9.2	12.5	K132M	77	1450	18	88.6	0.84	0.14	7.0	2.3	3.0
	11	15	K160M	125	1450	21	89.8	0.84	0.34	6.5	2.2	2.4
	15	20	K160L	140	1455	27	91.2	0.85	0.45	6.5	2.0	2.5
	18.5	25	K180M	195	1460	34	91.2	0.86	0.57	6.5	2.0	2.5
	22	30	K180L	210	1460	41	91.7	0.85	0.64	6.5	1.9	2.5
	30	40	K200L	247	1470	54	92.8	0.85	0.85	7.0	2.0	2.6
	37	50	K225S	370	1470	67	93.7	0.85	2.09	7.0	2.0	2.5
	44	60	K225M	375	1470	79	94.2	0.87	2.56	7.0	2.0	2.5
	55	75	K250M	500	1475	98	94.4	0.87	2.88	7.0	2.0	2.5
	75	100	KN280M	670	1475	131	94.8	0.87	5.3	7.0	2.0	2.5
	90	125	KN280M	700	1480	165	95.0	0.88	6.8	7.0	2.0	2.5
	110	150	KN315S	950	1480	193	95.4	0.87	9.8	7.0	2.0	2.5
	132	180	KN315M	1050	1480	234	95.8	0.87	12.6	7.0	2.0	2.6
	160	220	KN315M	1150	1480	284	95.9	0.87	16	7.0	1.7	2.6
	200	270	KN315L	1400	1490	338	95.8	0.89	18	6.5	1.3	2.6
	250	340	KN355M	1800	1485	422	96.2	0.90	37	7.2	1.6	2.5
	315	430	KN355L1 <sup>(3)</sup>	2050	1490	522	96.5	0.91	45	6.5	1.1	2.4
<div>η - Efficiency</div> <div>Ist - Starting current</div> <div>In - Rated current</div> <div>Mst - Starting torque</div> <div>Mn - Rated torque</div> <div>Mmax - Maximum torque</div> <div>Terminals: up to 3HP - 6 terminals - 230V△ / 400 VY above 3 HP - 6 terminals - 400V△ / 690V Y</div>												

נורות פלורסנט (באדיבות געש תאורה)

תיאור	הספק P(W)	בית נורה	שטף אור φ(lm)	מקדם מסירת צבע Ra	טמפ' צבע °k	קוטר D(mm)	אורך L(mm)	אורך חיים t(h)
פלואורסנט לבן חם	18	TL-T8	1,150	50	2,900	26	590	12,000
	36	TL-T8	2,850	50	2,900	26	1,200	12,000
	58	TL-T8	4,600	50	2,900	26	1,500	12,000
פלואורסנט לבן קר	6	TL-T5	240	85	4,000	16	288	12,000
	8	TL-T5	450	85	4,000	16	517	12,000
	14	TL-T5	1,350	85	4,000	16	549	15,000
	21	TL-T5	2,100	85	4,000	16	849	15,000
	28	TL-T5	2,900	85	4,000	16	1,149	15,000
	35	TL-T5	3,650	85	4,000	16	1,449	15,000
	24	TL-T5	2,000	85	4,000	16	549	15,000
	39	TL-T5	3,500	85	4,000	16	849	15,000
	54	TL-T5	5,000	85	4,000	16	1,419	15,000
	80	TL-T5	7,000	85	4,000	16	1,449	15,000
	18	TL-T8	1,150	65	4,100	26	590	12,000
	36	TL-T8	2,850	65	4,100	26	1,200	12,000
	58	TL-T8	4,600	65	4,100	26	1,500	12,000
	20	TL-T12	1,150	60	4,100	38	590	12,000
	40	TL-T12	2,800	60	4,100	38	1,200	12,000
	65	TL-T12	4,400	60	4,100	38	1,500	12,000
	105	TL-T12	8,600	60	4,100	38	2,400	12,000
פלואורסנט אור יום	6	TL-T5	220	60	6,000	16	212	12,000
	8	TL-T5	300	60	6,000	16	320	12,000
	14	TL-T5	1,300	85	6,000	16	549	15,000
	21	TL-T5	2,000	85	6,000	16	849	15,000
	28	TL-T5	2,750	85	6,000	16	1,149	15,000
	35	TL-T5	3,500	85	6,000	16	1,449	15,000
	24	TL-T5	1,900	85	6,000	16	549	15,000
	39	TL-T5	3,400	85	6,000	16	849	15,000
	54	TL-T5	4,900	85	6,000	16	1,419	15,000
	80	TL-T5	6,650	85	6,000	16	1,449	15,000
	18	TL-T8	1,050	70	6,200	26	590	12,000
	36	TL-T8	2,500	70	6,200	26	1,200	12,000
	58	TL-T8	4,000	70	6,200	26	1,500	12,000
	20	TL-T12	1,050	70	6,200	38	590	12,000
	40	TL-T12	2,500	70	6,200	38	1,200	12,000
	65	TL-T12	4,000	70	6,200	38	1,500	12,000
	105	TL-T12	8,600	70	6,200	38	2,400	12,000
פלואורסנט לבן חם	18	TL-T8	1,350	85	3,000	26	590	15,000
	36	TL-T8	3,350	85	3,000	26	1,200	15,000
	58	TL-T8	5,200	85	3,000	26	1,500	15,000
פלואורסנט לבן קר	18	TL-T8	1,350	85	4,000	26	590	15,000
	36	TL-T8	3,350	85	4,000	26	1,200	15,000
	58	TL-T8	5,200	85	4,000	26	1,500	15,000

נורות HID

תיאור	הספק P(W)	בית נורה	שטף אור $\phi$ (lm)	מקדם מסירת צבע Ra	טמפ' צבע °K	קוטר D(mm)	אורך L(mm)	אורך חיים t(h)
כספית לחץ גבוה	80	E27	3,700	45	4,000	70	136	8,000
	125	E27	6,200	45	4,000	75	170	8,000
	250	E40	12,700	45	4,000	90	226	8,000
	400	E40	22,000	45	4,000	120	290	8,000
מטל הלייד אוטו רגולטור	175	Mogul	14,000	65	4,100	130	220	15,000
	250	Mogul	21,000	65	4,250	130	220	15,000
	400	Mogul	36,000	65	4,000	180	300	15,000
	1,000	Mogul	110,000	65	3,800	240	400	12,000
	1,500	Mogul	150,000	65	4,000	240	400	12,000
מטל הלייד אליפטי	100	E27	8,500	70	3,200	54	138	10,000
	150	E27	13,000	70	3,200	54	138	10,000
	250	E40	17,000	70	4,000	90	226	10,000
	400	E40	31,000	70	3,900	120	290	10,000
מטל הלייד לינארי	70	RX7s	5,500	80	4,200	20	114	5,000
	70	RX7s	5,000	75	3,000	20	114	5,000
	150	RX7s	11,250	85	4,200	23	132	5,000
	150	RX7s	13,000	75	3,000	23	132	5,000
	250	Fc2	20,000	85	4,200	25	163	5,000
	250	Fc2	20,000	80	3,000	25	163	5,000
	400	Fc2	35,000	90	5,400	31	206	5,000
מטל הלייד PREFOCUS	35	G12	3,400	80	3,000	20	90	6,000
MASTER COLOR	70	G12	6,600	80	3,000	20	90	6,000
	150	G12	14,000	80	3,000	20	100	6,000
מטל הלייד PREFOCUS	35	G12	3,400	80	3,000	25	84	5,000
	70	G12	5,500	85	4,200	25	84	5,000
	70	G12	5,200	85	3,000	25	84	5,000
	150	G12	12,500	85	4,200	25	84	5,000
	150	G12	12,000	80	3,000	25	84	8,000
מטל הלייד PREFOCUS	70	PG12-2	5,300	85	4,200	32	149	5,000
	150	PGX12-2	12,000	85	4,200	37	149	5,000
	250	E40	19,000	90	5,400	47	257	8,000
	400	E40	33,000	90	5,400	47	285	8,000
ג.ל.ג. טובולרי	70	E27	5,500	25	2,000	50	154	10,000
	100	E40	8,500	25	2,000	50	210	10,000
	150	E40	15,000	25	2,000	50	210	20,000
	250	E40	28,000	25	2,000	60	257	20,000
	400	E40	48,000	25	2,000	60	280	20,000
	1,000	E40	130,000	25	2,000	60	380	7,000
ג.ל.ג. אליפטי	50	E27	3,500	25	2,000	70	156	10,000
	70	E27	5,600	25	2,000	70	156	10,000
	100	E40	9,500	25	2,000	75	186	10,000
	150	E40	14,500	25	2,000	90	226	20,000
	250	E40	27,000	25	2,000	90	226	20,000
	400	E40	48,000	25	2,000	120	280	20,000

## גודל חיבור החשמל לצרכנים מסחריים ותעשייתיים

גודל חיבור החשמל התקני במתח נמוך של צרכן מסחרי ותעשייתי נקבע לפי כלל הצרכנות 02-02-02, והוא בהתאם למפורט בטבלה שלהלן.  
ניתן להזמין רק גודל חיבור חשמל בהתאם לפירוט שלהלן.

גודל החיבור המוזמן על ידי הצרכן (אמפר)	נתיך חברת החשמל – זרם נקוב (אמפר)
40 x 1	63 x 1
25 x 3	35 x 3
40 x 3	63 x 3
63 x 3	80 x 3
80 x 3	100 x 3
100 x 3	125 x 3
125 x 3	160 x 3
160 x 3	200 x 3
200 x 3	250 x 3
250 x 3	315 x 3
315 x 3	400 x 3
400 x 3	500 x 3
500 x 3	630 x 3
630 x 3	800 x 3
800 x 3	910 x 3
910 x 3	1000 x 3

## מקורות

1. חוק ותקנות בנושא חשמל: המוסד לבטיחות ולגיהות
2. י' דפני. רשתות ומתקני חשמל. אורט ישראל – 1996
3. פאזה אחרת – רבעון מקצועי לחשמל. חברת החשמל לישראל.
4. Идельчик В.И. Электрические системы и сети. Энергоатомиздат, Москва: 1989
5. schneider-electric.com :Schneider Electric – Low voltage expert guides
6. Electrical Installations Handbook, Volume1,2. Siemens, London: 1979
7. א. בר-דב. מתקני חשמל מתח גבוה. אורט ישראל – 1989
8. ה. מילאדה. סכמות תפעוליות, פעולות מיתוג ושיטות להגנת ציוד מתח גבוה, מתח עליון ומתח על. חברת החשמל לישראל – 1999
9. א. שגב, י. קץ, ד. אדלשטיין. הארקות במתקני חשמל. חברת החשמל לישראל.
10. ז. ויסמן, ג. יבור. תאורה חשמלית. האוניברסיטה הפתוחה – 1993