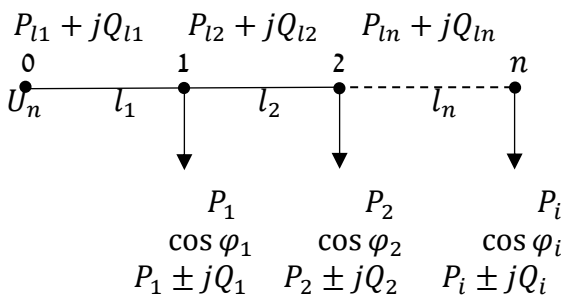
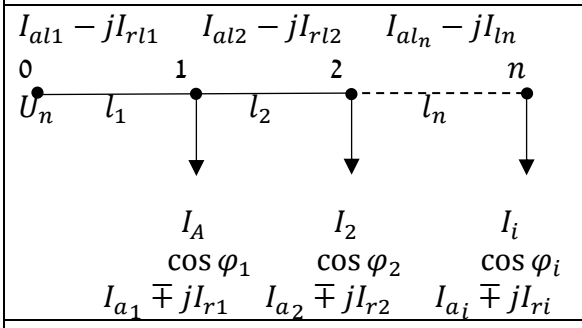
# נוסחאון מורחב במתקני חשמל ורשת

| יחידות | גדלים | תיאור | נוסחה |
|---|---|---|---|
| **חישוב רשת זרם חילופים** | | | |
| $[W]$ | $P_i$ | הספק ממשי של צרכן $i$ |  |
| $[VAR]$ | $Q_i$ | הספק הגבי של צרכן $i$ | |
| $[W]$ | $P_{li}$ | הספק ממשי בקטע $l_n$ | |
| $[VAR]$ | $Ql_i$ | הספק הגבי בקטע $l_n$ | |
| | $\cos\varphi_i$ | מקדם ההספק של צרכן $i$ | |
| $[m]$ | $l_n$ | אורך של קטע n. | |
| $[V]$ | $U_n$ | מתח המקור בקו ההזנה. | **"+" לפני הספק הגבי מציין עומס השראי.** |
| $[A]$ | $I_i$ | הזרם הזורם בצרכן $i$. | **"-" לפני הספק הגבי מציין עומס קיבולי.** |
| $[A]$ | $I_{ai}$ | מרכיב אקטיבי של הזרם בצרכן $i$ |  |
| $[A]$ | $I_{ri}$ | מרכיב ריאקטיבי של הזרם בצרכן $i$. | |
| $[A]$ | $I_{ln}$ | הזרם הזורם בקטע $l_n$. | |
| $[A]$ | $I_{aln}$ | מרכיב אקטיבי של זרם בקטע $l_n$ | "-" לפני רכיב הריאקטיבי של הזרם מציין עומס השראתי |
| $[A]$ | $I_{rln}$ | מרכיב ריאקטיבי של זרם בקטע $l_n$ | "+" לפני רכיב הריאקטיבי של הזרם מציין עומס קיבולי |
| | $\eta_i$ | נצילות של הצרכן ה $i$ | $P_{l_i} = P_i + P_{i+1} + \dots\dots P_n$ |
| | | | $Q_{l_i} = Q_i + Q_{i+1} + \dots\dots Q_n$ |
| | | אם נתון הספק מכני של צרכן, יש לחשב תחילה את הספק החשמלי $p_i$ חשמלי $= \frac{p_i \text{ מכני}}{\eta_i}$ | $I_{al_i} = I_{a_i} + I_{a_i+1} + \dots\dots I_{an}$ |
| | | | $I_{rl_i} = I_{r_i} + I_{r_i+1} + \dots\dots I_{rn}$ |

# חישוב שטח חתך אחיד ברשת לפי הפסד הספק

## רשת תלת מופעית

**צרכנים נתונים על ידי הספקים ברשת תלת מופעית**

| | | | |
|---|---|---|---|
| $P = \sqrt{3} \cdot U_n \cdot I_{al_1}$ | ההספק הכולל המסופק על ידי המקור. | $P$ | $[W]$ |
| $A = \frac{\rho}{\Delta P \cdot {U_n}^2} \cdot \sum_{i=1}^{n} ({P^2}_{l_i} + {Q^2}_{li}) \cdot l_i$<br>$A = \frac{100 \cdot \rho}{\Delta P\% \cdot P \cdot {U_n}^2} \cdot \sum_{i=1}^{n} ({P^2}_{li} + {Q^2}_{li}) \cdot l_i$ | שטח החתך של הקו. | $A$ | $[mm^2]$ |
| | התנגדות סגולית של החומר ממנו עשוי הקו. | $\rho$ | $\left[\frac{\Omega mm^2}{m}\right]$ |
| | הפסדי הספק בקו ההזנה. | $\Delta P$ | $[W]$ |
| | הפסדי ההספק בקו ההזנה באחוזים ביחס להספק המושקע. | $\Delta P\%$ | $[\%]$ |
| | מתח שלוב [קווי]. | $U_n = U_L$ | $[V]$ |

**צרכנים נתונים על ידי זרמים ברשת תלת מופעית.**

| | | | |
|---|---|---|---|
| $A = \frac{3\rho}{\Delta P} \cdot \sum_{i=1}^{n} ({I_{ali}}^2 + {I_{rli}}^2) \cdot l_i$ | שטח החתך של הקו. | $A$ | $[mm^2]$ |
| $A = \frac{3 \cdot 100 \cdot \rho}{\Delta P\% \cdot P} \cdot \sum_{i=1}^{n} ({I_{ali}}^2 + {I_{rli}}^2) \cdot l_i$ | $P = P_{p1}$ | | $[W]$ |
| | הספק הממשי בקטע הראשון. | $P_{p1}$ | $[W]$ |

## רשת חד מופעית

**צרכנים נתונים על ידי הספקים ברשת חד מופעית.**

$P = U_n \cdot I_{al_1}$

| | |
|---|---|
| $A = \frac{200 \cdot \rho}{\Delta P\% \cdot P \cdot {U_n}^2} \cdot \sum_{i=1}^{n} ({P_{li}}^2 + {Q_{li}}^2) \cdot l_i$ | $A = \frac{2 \cdot \rho}{\Delta P \cdot {U_n}^2} \cdot \sum_{i=1}^{n} ({P_{li}}^2 + {Q_{li}}^2) \cdot l_i$ |

**צרכנים נתונים על ידי זרמים ברשת חד מופעית.**

| | |
|---|---|
| $A = \frac{200 \cdot \rho}{\Delta P\% \cdot P} \cdot \sum_{i=1}^{n} ({I_{ali}}^2 + {I_{rli}}^2) \cdot l_i$ | $A = \frac{2 \cdot \rho}{\Delta P} \cdot \sum_{i=1}^{n} ({I_{ali}}^2 + {I_{rli}}^2) \cdot l_i$ |

# חישוב שטח חתך אחיד ברשת לפי מפל מתח

## רשת תלת מופעית

### צרכנים נתונים על ידי הספקים ברשת תלת מופעית

$$A = \frac{100 \cdot \rho}{\Delta U_a \cdot \%U_n{}^2} \cdot \sum_{i=1}^{n} P_{li} \cdot l_i$$

$$A = \frac{\rho}{\Delta U_a \cdot U_n} \cdot \sum_{i=1}^{n} P_{li} \cdot l_i$$

| | | |
|---|---|---|
| $\Delta U_a$ | $[V]$ | מפל מתח אקטיבי בקו ההזנה. |
| $\Delta U_a\%$ | $[\%]$ | מפל מתח אקטיבי באחוזים בקו ההזנה ביחס למתח המקור. |

### צרכנים נתונים על ידי זרמים ברשת תלת מופעית

$$A = \frac{\sqrt{3} \cdot 100\rho}{\Delta U_a\% \cdot U_n} \cdot \sum_{i-1}^{n} I_{ali} \cdot l_i$$

$$A = \frac{\sqrt{3} \cdot \rho}{\Delta U_a} \cdot \sum_{i=1}^{n} I_{ali} \cdot l_i$$

# חישוב שטח חתך אחיד ברשת לפי מפל מתח

## רשת חד מופעית

### צרכנים נתונים על ידי הספקים ברשת חד מופעית

$$A = \frac{200 \cdot \rho}{\Delta U_a\% \cdot U_n{}^2} \cdot \sum_{i=1}^{n} P_{li} \cdot l_i$$

$$A = \frac{2 \cdot \rho}{\Delta U_a \cdot U_n} \cdot \sum_{i=1}^{n} P_{li} \cdot l_i$$

### צרכנים נתונים על ידי זרמים ברשת חד מופעית

הנוסחאות מבוססות על מפל מתח אקטיבי $\Delta U_a$

ניתן לחשב לפי הנוסחה:

$$\Delta U_a = \Delta U - \Delta U_r$$

$$A = \frac{200 \cdot \rho}{\Delta U_a\% \cdot U_n} \cdot \sum_{i=1}^{n} I_{ali} \cdot l_i$$

$$A = \frac{2 \cdot \rho}{\Delta U_a} \cdot \sum_{i=1}^{n} I_{al_i} \cdot l_i$$

| | | |
|---|---|---|
| $\Delta U$ | $[V]$ | מפל המתח בקו ההזנה. |
| $\Delta U\%$ | $[\%]$ | מפל המתח בקו ההזנה באחוזים ביחס למתח המקור. |

בחישוב מקורב ניתן להזניח את $\Delta U_r$ ולהניח:

$$\Delta U_a = \Delta U$$

כאשר מבצעים חישוב מדויק מחשבים קודם את מפל המתח הריאקטיבי $\Delta U_r$ לפי הנוסחאות הבאות:

## רשת תלת מופעית

**צרכנים נתונים על ידי הספקים ברשת תלת מופעית**

| | | | |
|---|---|---|---|
| $\Delta U_r = \frac{X_0}{1000 \cdot U_n} \cdot \sum_{i=1}^{n} Q_{li} \cdot l_i$ | מפל מתח שלוב ריאקטיבי בקו ההזנה. | $\Delta U_r$ | $[V]$ |
| $\Delta U_r\% = \frac{X_0}{10 \cdot {U_n}^2} \cdot \sum_{i=1}^{n} Q_{li} \cdot l_i$ | מפל מתח שלוב ריאקטיבי באחוזים בקו ההזנה ביחס למתח המקור. | $\Delta U_r\%$ | $[\%]$ |
| היגב של יחידת אורך של קו ההזנה. | | $X_0$ | $[\Omega/Km]$ |

**צרכים נתונים על ידי זרמים ברשת תלת מופעית**

| | |
|---|---|
| $\Delta U_r = \frac{\sqrt{3} \cdot X_0}{1000} \cdot \sum_{i=1}^{n} I_{rli} \cdot l_i$ | $\Delta U_r\% = \frac{\sqrt{3} \cdot X_0}{10 \cdot U_n} \cdot \sum_{i=1}^{n} I_{rli} \cdot l_i$ |

## רשת חד מופעית

**צרכנים נתונים על ידי הספקים ברשת חד מופעית**

| | |
|---|---|
| $\Delta U_r = \frac{X_0}{1000 \cdot U_n} \cdot \sum_{i=1}^{n} Q_{li} \cdot l_i$ | $\Delta U_r\% = \frac{X_0}{10 \cdot {U_n}^2} \cdot \sum_{i=1}^{n} Q_{li} \cdot l_i$ |

**צרכנים נתונים על ידי זרמים ברשת חד מופעית**

| | |
|---|---|
| $\Delta U_r = \frac{X_0}{1000} \cdot \sum_{i=1}^{n} I_{rli} \cdot l_i$ | $\Delta U_r\% = \frac{X_0}{10 \cdot U_n} \cdot \sum_{i=1}^{n} I_{rli} \cdot l_i$ |

## <u>חישוב זרמים בצרכן</u>

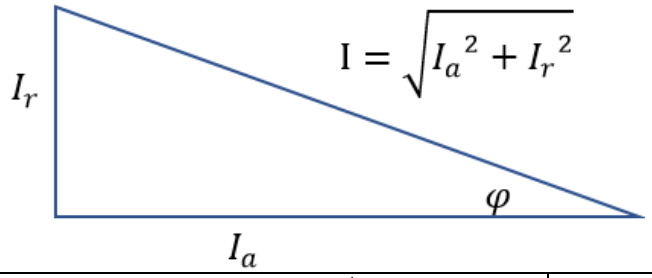
| | | |
|---|---|---|
| בחישובי רשת: | $I_r \begin{cases} + & \text{קיבולי} \\ - & \text{השראתי} \end{cases}$ | $Q_r \begin{cases} + & \text{השראתי} \\ - & \text{קיבולי} \end{cases}$ |

$I_a = I \cdot \cos\varphi$

$I_r = I \cdot \sin\varphi$

$\cos\varphi = \frac{I_a}{I}$

$\mathrm{I} = \sqrt{{I_a}^2 + {I_r}^2}$




| | | |
|---|---|---|
| זרם אקטיבי של הצרכן. | $I_a$ | $[A]$ |

| | | |
|---|---|---|
| $[A]$ | $I_r$ | זרם ריאקטיבי של הצרכן. |
| $[A]$ | $I$ | זרם של הצרכן. |
| | $\cos\varphi$ | מקדם ההספק של הצרכן. |

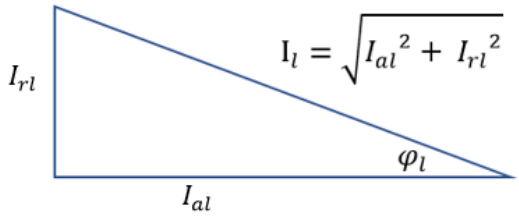
## חישוב זרמים בקו/קטע

$I_{al} = I_l \cdot \cos\varphi_l$

$I_{rl} = I_l \cdot \sin\varphi_l$

$\cos\varphi_l = \frac{I_{al}}{I_l}$

$I_l = \sqrt{{I_{al}}^2 + {I_{rl}}^2}$




| | | |
|---|---|---|
| $[A]$ | $I_{al}$ | הזרם אקטיבי של הקו. |
| $[A]$ | $I_{rl}$ | הזרם ריאקטיבי של הקו. |
| $[A]$ | $I_l$ | הזרם של הקו. |
| | $\cos\varphi_l$ | מקדם ההספק של הקו. |

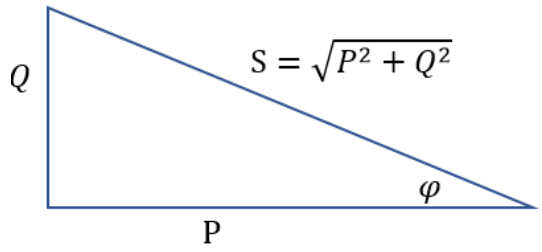
## חישוב הספקים בצרכן חד פאזי

$P = S \cdot \cos\varphi = U \cdot I \cdot \cos\varphi$

$Q = S \cdot \sin\varphi = U \cdot I \cdot \sin\varphi$

$Q = P \cdot tg\,\varphi$

$S = \sqrt{P^2 + Q^2} = U \cdot I$

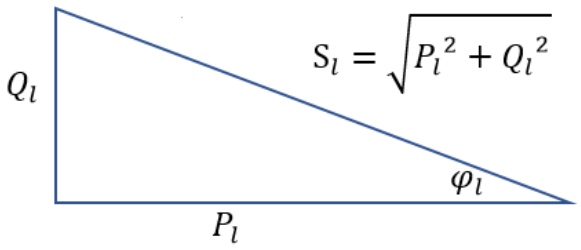



| | | |
|---|---|---|
| $[W]$ | $P$ | הספק חשמלי של הצרכן. |
| $[VAR]$ | $Q$ | הספק ריאקטיבי של הצרכן. |
| $[VA]$ | $S$ | הספק מדומה של הצרכן. |
| | $\cos\varphi$ | מקדם ההספק של הצרכן. |

## חישוב הספקים בצרכן תלת פאזי

| | | | |
|---|---|---|---|
| $P = \sqrt{3} \cdot U_L \cdot I_L \cdot \cos\varphi$ | ההספק הממשי של הצרכן. | $P$ | $[W]$ |
| $Q = \sqrt{3} \cdot U_L \cdot I_L \cdot \sin\varphi$ | ההספק הריאקטיבי של הצרכן. | $Q$ | $[VAR]$ |
| $S = \sqrt{3} \cdot U_L \cdot I_L$ | ההספק המדומה של הצרכן. | $S$ | $[VA]$ |
| | זוית המופע של הצרכן. | $\varphi_L$ | $[\,^\circ]$ |
| | מקדם ההספק של הצרכן. | $\cos\varphi$ | |
| | מתח שלוב בצרכן. | $U_L$ | $[V]$ |
| | מתח שלוב של הצרכן. | $I_L$ | $[A]$ |

## חישוב הספקים בקו/קטע ברשת חד מופעית

| | |
|---|---|
| $P_l = S_l \cdot \cos\varphi_L = U_l \cdot I_l \cdot \cos\varphi_l$ |  |
| $Q_l = S_l \cdot \sin\varphi_l$ | |
| $Q_l = P_l \cdot tg\ \varphi_l = U_l \cdot I_l \cdot \sin\varphi_l$ | |
| $S_l = \sqrt{{P_l}^2 + {Q_l}^2} = U_l \cdot I_l$ | |

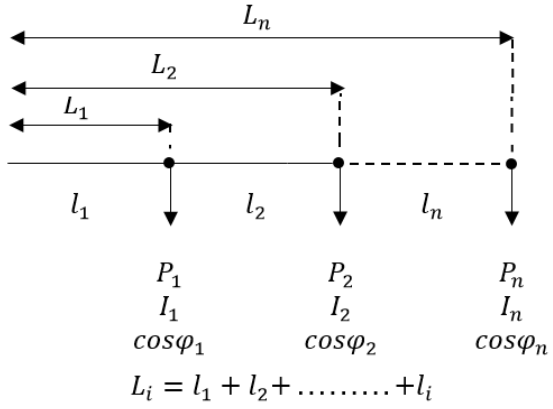


| | | |
|---|---|---|
| | ההספק הממשי של הקו. | $P_l$ $[W]$ |
| | ההספק הריאקטיבי של הקו. | $Q_l$ $[VAR]$ |
| | הספק מדומה של הקו. | $S_l$ $[VA]$ |
| | מתח פאזי של הקו. | $U_l$ $[V]$ |
| | הזרם של הקו. | $I_l$ $[A]$ |
| | זווית המופע של הקו. | $\varphi_l$ $[\,^\circ]$ |
| | מקדם ההספק של הקו. | $\cos\varphi_l$ |

## חישוב הספקים בקו/קטע ברשת תלת מופעית

| | | | |
|---|---|---|---|
| $P_l = \sqrt{3} \cdot U_l \cdot I_l \cdot \cos\varphi_l$ | הספק ממשי בקו. | $P_l$ | $[W]$ |
| $Q_l = \sqrt{3} \cdot U_l \cdot I_l \cdot \sin\varphi_l$ | ההספק הריאקטיבי בקו. | $Q_l$ | $[VAR]$ |
| $S_l = \sqrt{3} \cdot U_l \cdot I_l$ | הספק מדומה של קו. | $S_l$ | $[VA]$ |
| | מתח שלוב של הקו. | $U_l$ | $[V]$ |
| | זרם שלוב של הקו. | $I_l$ | $[A]$ |
| | זווית המופע של הקו. | $\varphi_l$ | $[°]$ |
| | מקדם ההספק של הקו. | $\cos\varphi_l$ | |

## חישוב מפל מתח כאשר נתונה מוליכות $\gamma$




| | | | |
|---|---|---|---|
| | מוליכות סגולית. | $\gamma$ | $\left[\frac{m}{\Omega mm^2}\right]$ |
| | מרחק הצרכן ה $-\ i$ מהמקור | $L_i$ | $[m]$ |
| $\gamma = \frac{1}{\rho}$ | | | |

### בקו חד מופעי

| | | | |
|---|---|---|---|
| $\Delta U = \frac{2}{\gamma \cdot A} \cdot \sum_{i=1}^{n} I_i \cdot L_i \cdot \cos\varphi_i$ | מקדם הספק בקטע $l_i$ | $\cos\varphi_{l_i}$ | |
| $\Delta U = \frac{2}{\gamma \cdot A} \cdot \sum_{i=1}^{n} I_{li} \cdot l_i \cdot \cos\varphi_{li}$ | $\Delta U = \frac{2}{\gamma \cdot A \cdot U} \cdot \sum_{i=1}^{n} P_i \cdot L_i$ | | |
| $\Delta U = \frac{2}{\gamma \cdot A \cdot U} \cdot \sum_{i=1}^{n} P_{li} \cdot l_i$ | | | |

### בקו תלת מופעי

| | |
|---|---|
| $\Delta U = \frac{\sqrt{3}}{\gamma \cdot A} \cdot \sum_{i=1}^{n} I_i \cdot L_i \cdot \cos\varphi_i$ | $\Delta U = \frac{\sqrt{3}}{\gamma \cdot A} \cdot \sum_{i=1}^{n} I_{li} \cdot l_i \cdot \cos\varphi_{li}$ |
| $\Delta U = \frac{1}{\gamma \cdot A \cdot U} \cdot \sum_{i=1}^{n} P_i \cdot L_i$ | $\Delta U = \frac{1}{\gamma \cdot A \cdot U} \cdot \sum_{i=1}^{n} P_{li} \cdot l_i$ |
| **הפסד הספק בהתחשב במוליכות סגולית γ** | |
| **בקו חד מופעי** | |
| $\Delta P = \frac{2}{\gamma \cdot A} \cdot \sum_{i=1}^{n} {I_{li}}^2 \cdot l_i$ | $\Delta P = \frac{2}{\gamma \cdot A \cdot U^2 \cdot cos^2\varphi} \cdot \sum_{i=1}^{n} {P_{li}}^2 \cdot l_i$ |
| **בקו תלת מופעי** | |
| $\Delta P = \frac{3}{\gamma \cdot A} \cdot \sum_{i=1}^{n} {I_{li}}^2 \cdot l_i$ | הערות:<br>1. הנוסחאות להפסדי הספק נכונות כשמקדם ההספק של כל הצרכנים זהה.<br>2. הנוסחאות לעיל יעילות לכל גורם הספק ולכל מספר צרכנים ברשת. |
| $\Delta P = \frac{1}{\gamma \cdot A \cdot U^2 \cdot cos^2\varphi} \cdot \sum_{i=1}^{n} {P_{li}}^2 \cdot l_i$ | |

| | | | |
|---|---|---|---|
| **שיפור מקדם הספק על ידי הוספת הספק היגבי** | | | |
| $Q_c = P \cdot (tg\varphi_1 - tg\varphi_2)$ | ההספק ההגבי של הקבל הדרוש לשיפור מקדם ההספק. | $Q_c$ | $[VA]$ |
| | הספק פעיל של המערכת. | $P$ | $[KW]$ |
| | זוית המופע לפני השיפור. | $\varphi_1$ | |
| | זוית המופע לאחר השיפור. | $\varphi_2$ | |
| $Q = P \cdot tg\varphi$ | $\omega = 2 \cdot \pi \cdot f$ | | |
| **ערך הקבל שיש להוסיף** | | | |
| **ברשת חד מופעית** | | | |
| $C = \frac{Q_c \cdot 10^6}{\omega \cdot {U_n}^2}$ | קיבוליות הקבל במיקרופרד. | $C$ | $[\mu F]$ |
| | המתח אליו מחובר הקבל. | $U$ | $[V]$ |
| | תדירות. | $f$ | $[Hz]$ |

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| $\left[\frac{rad}{sec}\right]$ | ω | תדירות זוויתית. | | |
| **ברשת תלת מופעית בחיבור משולש** | | | | |
| $[\mu F]$ | $C\Delta$ | קיבול הקבל לפאזה במשולש במיקרופרד. | | $C\Delta = \frac{Q_c \cdot 10^6}{3 \cdot \omega \cdot {U_L}^2}$ |
| $[V]$ | $U_n$ | מתח נומינלי. | | |
| $[V]$ | $U_L$ | מתח שלוב. | $I_L = \sqrt{3} I_{Ph}$ | $U_{Ph} = U_L = U_n$ |
| $[V]$ | $U_{Ph}$ | מתח מופעי. | | |
| **ברשת תלת מופעית בחיבור כוכב** | | | | |
| $[\mu F]$<br>$[\mu F]$ | $C_Y$ | קיבול הקבל לפאזה בכוכב במיקרופרד. | | $C_Y = \frac{Q_c \cdot 10^6}{\omega \cdot {U_L}^2}$ |
| | | $U_L = \sqrt{3} U_{Ph}$<br>$I_L = I_{Ph}$ | $C_Y = 3 \cdot C_\Delta$ | $U_{Ph} = \frac{U_L}{\sqrt{3}} = \frac{U_n}{\sqrt{3}}$ |
| $[V]$ | $U_{Ph}$ | מתח פאזי. | | $I_C = \frac{Q_C}{\sqrt{3} \cdot U_L}$ |
| **חישוב זרמי קצר** | | | | |
| $[VA]$ | $S_n$ | הספק השנאי. | | |
| $[V]$ | $U_L$ | המתח השלוב ברשת | | |
| $[\%]$ | $U_{Ka}\%$ | מתח הקצר האקטיבי באחוזים. | | |
| $[\%]$ | $U_{Kx}\%$ | מתח הקצר ההיגבי באחוזים. | | |
| $\left[\frac{\Omega}{P_h}\right]$ | $X_T$ | היגב השנאי | | |
| $\left[\frac{\Omega}{Km}\right]$ | $R_0$ | התנגדות הקו לקילומטר. | | |




$S_n$ $X_0$
$U_{Ka}\%$ $R_0$
$U_{Kx}\%$
$R_T$
$X_T$

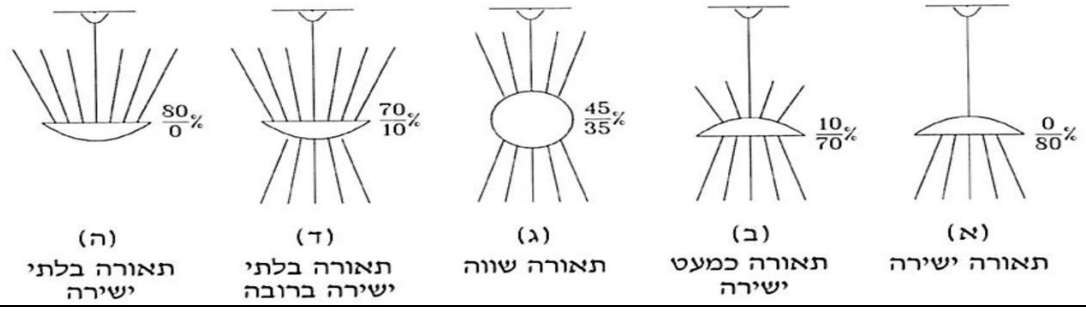
| | | | |
|---|---|---|---|
| $\left[\frac{\Omega}{P_h}\right]$ | $R_T$ | התנגדות השנאי. | $R_T = \frac{U_{Ka}\% \cdot {U_L}^2}{100 \cdot S_n}$ |
| $\left[\frac{\Omega}{Km}\right]$ | $X_0$ | היגב הקו לקילומטר. | $X_T = \frac{U_{Kx}\% \cdot {U_L}^2}{100 \cdot S_n}$ |
| $[Km]$ | $l$ | אורך הקו. | |
| $\left[\frac{\Omega}{P_h}\right]$ | $R_l$ | התנגדות הקו. | $R_l = R_0 \cdot l$ |
| $\left[\frac{\Omega}{P_h}\right]$ | $X_l$ | היגב הקו. | $X_l = X_0 \cdot l$ |
| $[A]$ | $I_K$ | זרם הקצר. | $I_K = \frac{1.1U_L}{\sqrt{3} \cdot \lvert Z_{eq} \rvert}$ |
| $\left[\frac{\Omega}{ph}\right]$ | $Z_{eq}$ | העכבה למופע בין נקודת הקצר עד המקור (כולל). $Z_{eq} = (R_T + R_l) + j(X_T + X_l) = \lvert Z_{eq} \rvert \measuredangle \varphi_{eq}$ $\lvert Z_{eq} \rvert = \sqrt{(R_T + R_l)^2 + (X_T + X_l)^2}$ | |
| $[A]$ | $I_P$ | ערך הפסגה של זרם הקצר. | $I_P = K \cdot \sqrt{2} \cdot I_K$ |
| | $K$ | קבוע התלוי בהתנגדות ובהיגב של עכבת הקצר לפי הטבלה. | |

| $\frac{R}{X}$ | 0 | 0.1 | 0.2 | 0.3 | 0.4 | 0.5 | 0.6 | 0.7 | 0.8 | 0.9 | 1.0 | 1.1 | 1.2 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| $K$ | 2 | 1.72 | 1.54 | 1.4 | 1.31 | 1.22 | 1.19 | 1.13 | 1.11 | 1.09 | 1.07 | 1.05 | 1.03 |

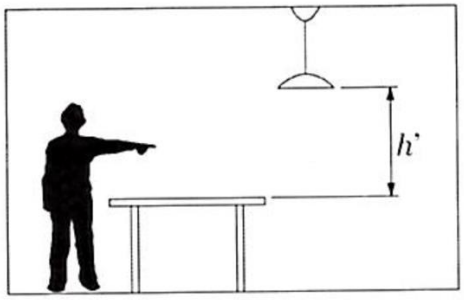
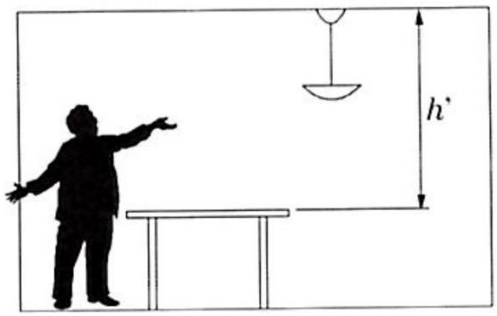
**הערה:**

כאשר יש יותר משנאי אחד בטור ורוצים לחבר את ההתנגדויות והיגבי הקו מנקודת הקצר ועד כולל המקור, יש לחשב את עכבתו של כל שנאי לא כלפי המתח המשני שלו אלא כלפי המתח בנקודה בה קורה הקצר. באופן דומה לגבי עכבות של קוים יש להכפיל ביחס המתחים בריבוע.

## תאורה – חישוב תאורה כללית




## תאורת פנים

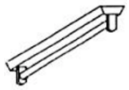
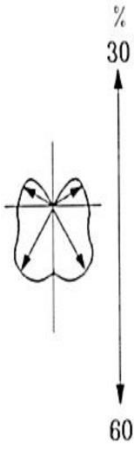
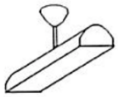
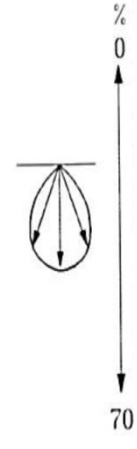
| | | | |
|---|---|---|---|
| | $R_c$ | מקדם האולם | **תאורה ישירה**   $R_c = \frac{2W + L}{6h'}$ |
| $[m]$ | $W$ | רוחב האולם | |
| $[m]$ | $L$ | אורך האולם | |
| $[m]$ | $h'$ | גובה ממשטח העבודה (ראה איורים) | |
| $[m^2]$ | $A$ | שטח רצפת האולם. | |
| | $K$ | מקדם הפחתה. | |
| $[Lux]$ | $E$ | רמת ההארה הנדרשת | **תאורה בלתי ישירה**   $R_c = \frac{2W+L}{4h'}$ |
| $[\%]$ | $CU$ | נצילות מתקן התאורה באחוזים | |
| $\left[\frac{\text{lm}}{W}\right]$ | $\eta_E$ | נצילות אורית | |
| | | $A = W \cdot L$ | |
| $(W)$ | $P$ | הספק מקור האור | |
| $[lm]$ | $\phi$ | שטף אור נדרש. | כללי $\phi = \frac{E \cdot A \cdot 100}{K \cdot CU\%}$ |
| $[lm]$ | $\phi_E$ | שטף האור של מקור האור | נורה $\phi_E = P \cdot \eta_E$ |
| $n$ | | מספר הנורות באולם | $n = \frac{E \cdot A \cdot 100}{K \cdot CU\% \cdot \phi}$ |

## מקדמי הפחתה $K$

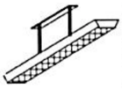
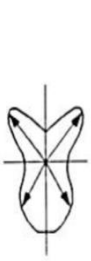
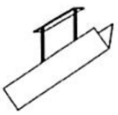
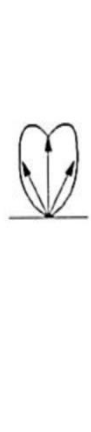
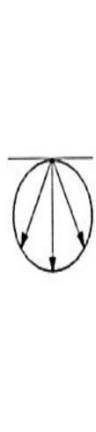
| סוג התאורה | | תאורת ליבון | | תאורת כספית | | תאורה פלואורסצנטית | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| מצב האבק | | מועט | מרובה | מועט | מרובה | מועט | מרובה |
| סוג גופי תאורה | גופים לתאורה ישירה | 0.85 | 0.6 | 0.8 | 0.6 | 0.75 | 0.55 |
| | גופים לתאורה שווה | 0.75 | 0.4 | 0.7 | 0.4 | 0.7 | 0.37 |
| | גופים לתאורה בלתי ישירה | 0.7 | 0.35 | 0.65 | 0.35 | 0.6 | 0.3 |

**מקדמי נצילות עבור מתקני תאורה עם נורות פלואורוסצנטיות.**

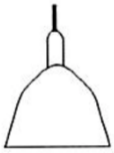
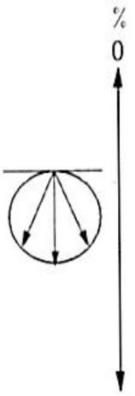
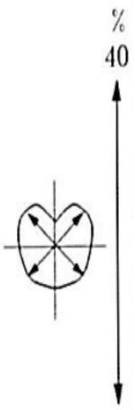
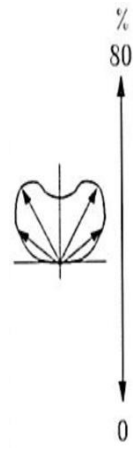
| מס | סוג גוף תאורה (עוצמת האור של נורה 100%) | חלוקת עוצמת האור | המרחק המקסימלי s בין יחידות התאורה המרחק | $\rho$תק | 75 | | | 50 | | | 30 | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | $\rho$קיר | 50 | 30 | 10 | 50 | 30 | 10 | 30 | 10 |
| | | | | $R_C$ | מקדם הנצילות CU% | | | | | | | |

| | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 |  |  | s=1.3h'<br>גורם ההפחתה<br>0.7 | 0.6 | 29 | 24 | 20 | 28 | 22 | 19 | 21 | 19 |
| | | | | 0.8 | 37 | 31 | 27 | 35 | 29 | 25 | 28 | 25 |
| | | | | 1.0 | 41 | 35 | 31 | 39 | 34 | 30 | 32 | 29 |
| | | | | 1.25 | 46 | 40 | 36 | 42 | 37 | 34 | 36 | 32 |
| | | | | 1.5 | 50 | 44 | 39 | 46 | 41 | 37 | 39 | 35 |
| | | | | 2.0 | 55 | 50 | 44 | 51 | 46 | 42 | 43 | 40 |
| | | | | 2.5 | 60 | 54 | 49 | 55 | 50 | 46 | 48 | 45 |
| | | | | 3.0 | 63 | 57 | 52 | 58 | 53 | 49 | 50 | 47 |
| | | | | 4.0 | 68 | 62 | 57 | 62 | 57 | 54 | 54 | 52 |
| | | | | 5.0 | 70 | 65 | 60 | 65 | 60 | 56 | 56 | 54 |
| 2 |  |  | s=1.3h'<br>גורם ההפחתה<br>0.7 | 0.6 | 37 | 32 | 28 | 37 | 32 | 28 | 31 | 28 |
| | | | | 0.8 | 46 | 41 | 38 | 45 | 40 | 37 | 40 | 37 |
| | | | | 1.0 | 50 | 46 | 43 | 49 | 46 | 43 | 45 | 43 |
| | | | | 1.25 | 54 | 50 | 47 | 53 | 50 | 47 | 48 | 47 |
| | | | | 1.5 | 58 | 54 | 50 | 56 | 52 | 50 | 52 | 50 |
| | | | | 2.0 | 62 | 59 | 56 | 61 | 58 | 56 | 57 | 56 |
| | | | | 2.5 | 67 | 64 | 60 | 65 | 63 | 60 | 62 | 60 |
| | | | | 3.0 | 69 | 66 | 63 | 67 | 64 | 63 | 64 | 62 |
| | | | | 4.0 | 72 | 69 | 67 | 70 | 68 | 66 | 67 | 65 |
| | | | | 5.0 | 74 | 71 | 69 | 72 | 69 | 68 | 68 | 67 |

**מקדמי נצילות עבור מתקני תאורה עם נורות פלואורוסצנטיות**

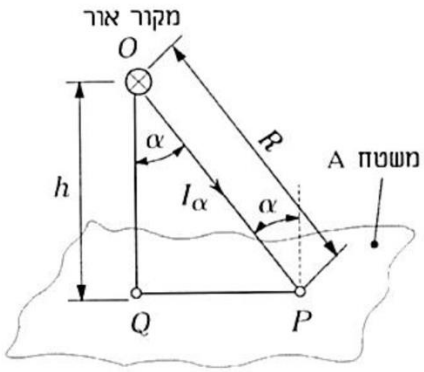
| מס | סוג גוף תאורה (עוצמת האור של נורה 100%) | חלוקת עוצמת האור | המרחק המקסימלי s בין יחידות התאורה המרחק | $\rho$תק | 75 | | | 50 | | | 30 | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | $\rho$קיר | 50 | 30 | 10 | 50 | 30 | 10 | 30 | 10 |
| | | | | $R_C$ | מקדם הנצילות CU% | | | | | | | |
| 3 |  |   | s=1.2h'<br>גורם ההפחתה<br>0.7 | 0.6 | 29 | 25 | 22 | 26 | 23 | 20 | 20 | 19 |
| | | | | 0.8 | 36 | 32 | 29 | 32 | 29 | 26 | 26 | 24 |
| | | | | 1.0 | 40 | 36 | 33 | 35 | 32 | 30 | 30 | 28 |
| | | | | 1.25 | 44 | 40 | 37 | 39 | 36 | 34 | 32 | 31 |
| | | | | 1.5 | 47 | 43 | 39 | 41 | 38 | 36 | 34 | 32 |
| | | | | 2.0 | 51 | 48 | 44 | 45 | 42 | 40 | 37 | 36 |
| | | | | 2.5 | 55 | 51 | 48 | 48 | 45 | 43 | 40 | 39 |
| | | | | 3.0 | 58 | 54 | 51 | 50 | 47 | 45 | 42 | 40 |
| | | | | 4.0 | 61 | 58 | 55 | 52 | 50 | 49 | 44 | 43 |
| | | | | 5.0 | 63 | 60 | 57 | 55 | 52 | 50 | 46 | 44 |
| 4 |  |   | s=1.2h'<br>גורם ההפחתה<br>0.6 | 0.6 | 16 | 12 | 11 | 10 | 9 | 7 | 5 | 4 |
| | | | | 0.8 | 20 | 16 | 14 | 13 | 11 | 10 | 6 | 6 |
| | | | | 1.0 | 23 | 20 | 17 | 15 | 13 | 11 | 8 | 6 |
| | | | | 1.25 | 27 | 23 | 20 | 18 | 15 | 14 | 9 | 8 |
| | | | | 1.5 | 29 | 25 | 22 | 20 | 17 | 15 | 10 | 9 |
| | | | | 2.0 | 33 | 29 | 26 | 22 | 19 | 18 | 11 | 10 |
| | | | | 2.5 | 36 | 32 | 30 | 24 | 22 | 20 | 13 | 12 |
| | | | | 3.0 | 39 | 35 | 32 | 26 | 23 | 22 | 14 | 13 |
| | | | | 4.0 | 43 | 40 | 37 | 28 | 26 | 25 | 15 | 14 |
| | | | | 5.0 | 45 | 42 | 39 | 30 | 28 | 26 | 17 | 15 |
| 5 |  |   | s=1.2h'<br>גורם ההפחתה<br>0.55-0.80 | 0.6 | 37 | 31 | 127 | 36 | 31 | 27 | 31 | 27 |
| | | | | 0.8 | 45 | 41 | 38 | 45 | 40 | 37 | 40 | 37 |
| | | | | 1.0 | 49 | 45 | 42 | 49 | 45 | 42 | 45 | 42 |
| | | | | 1.25 | 53 | 49 | 46 | 53 | 49 | 46 | 48 | 46 |
| | | | | 1.5 | 56 | 53 | 49 | 55 | 52 | 49 | 51 | 49 |
| | | | | 2.0 | 61 | 58 | 55 | 60 | 57 | 55 | 56 | 55 |
| | | | | 2.5 | 66 | 63 | 60 | 64 | 62 | 60 | 62 | 60 |
| | | | | 3.0 | 67 | 65 | 62 | 66 | 64 | 62 | 63 | 61 |
| | | | | 4.0 | 71 | 68 | 66 | 69 | 67 | 65 | 66 | 64 |
| | | | | 5.0 | 72 | 70 | 67 | 71 | 68 | 67 | 67 | 66 |

**מקדמי נצילות עבור מתקני תאורה עם נורות פלואורוסצנטיות**

| מס | סוג גוף תאורה (עוצמת האור של נורה 100%) | חלוקת עוצמת האור | המרחק המקסימלי s בין יחידות התאורה המרחק | $\rho_{תק}$ | 75 | | | 50 | | | 30 | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | $\rho_{קיר}$ | 50 | 30 | 10 | 50 | 30 | 10 | 30 | 10 |
| | | | | $R_C$ | מקדם הנצילות CU% | | | | | | | |
| 6 |  |  | s=1.2h'<br>גורם ההפחתה<br>0.55-0.70 | 0.6 | 35 | 31 | 28 | 34 | 31 | 28 | 30 | 28 |
| | | | | 0.8 | 43 | 39 | 37 | 42 | 39 | 37 | 39 | 37 |
| | | | | 1.0 | 46 | 44 | 42 | 46 | 44 | 42 | 43 | 42 |
| | | | | 1.25 | 50 | 47 | 45 | 49 | 47 | 45 | 46 | 45 |
| | | | | 1.5 | 53 | 50 | 47 | 51 | 49 | 47 | 49 | 47 |
| | | | | 2.0 | 56 | 54 | 51 | 56 | 54 | 51 | 53 | 51 |
| | | | | 2.5 | 61 | 58 | 56 | 59 | 57 | 56 | 56 | 54 |
| | | | | 3.0 | 62 | 60 | 57 | 61 | 58 | 57 | 58 | 56 |
| | | | | 4.0 | 64 | 62 | 61 | 63 | 61 | 60 | 60 | 59 |
| | | | | 5.0 | 65 | 63 | 61 | 64 | 62 | 61 | 61 | 60 |
| 7 |  |  | s=1.2h'<br>גורם ההפחתה<br>0.65-0.85 | 0.5 | 24 | 19 | 16 | 22 | 18 | 15 | 16 | 14 |
| | | | | 0.8 | 29 | 25 | 22 | 27 | 23 | 20 | 20 | 19 |
| | | | | 1.0 | 33 | 28 | 26 | 30 | 26 | 24 | 24 | 21 |
| | | | | 1.25 | 37 | 32 | 29 | 33 | 29 | 26 | 26 | 24 |
| | | | | 1.5 | 40 | 36 | 31 | 36 | 32 | 29 | 29 | 26 |
| | | | | 2.0 | 45 | 40 | 36 | 40 | 36 | 33 | 32 | 29 |
| | | | | 2.5 | 48 | 43 | 39 | 43 | 39 | 36 | 34 | 33 |
| | | | | 3.0 | 51 | 46 | 42 | 45 | 41 | 38 | 37 | 34 |
| | | | | 4.0 | 55 | 50 | 47 | 49 | 45 | 42 | 40 | 38 |
| | | | | 5.0 | 57 | 53 | 49 | 51 | 47 | 44 | 41 | 40 |
| 8 |  |  | s=1.2h'<br>גורם ההפחתה<br>0.50-0.80 | 0.6 | 16 | 13 | 11 | 12 | 10 | 9 | 7 | 6 |
| | | | | 0.8 | 20 | 16 | 15 | 15 | 13 | 11 | 8 | 7 |
| | | | | 1.0 | 23 | 20 | 17 | 17 | 14 | 13 | 10 | 8 |
| | | | | 1.25 | 26 | 23 | 20 | 20 | 17 | 15 | 11 | 10 |
| | | | | 1.5 | 29 | 26 | 22 | 22 | 19 | 17 | 12 | 11 |
| | | | | 2.0 | 32 | 29 | 26 | 24 | 21 | 19 | 13 | 12 |
| | | | | 2.5 | 36 | 32 | 30 | 26 | 24 | 22 | 15 | 14 |
| | | | | 3.0 | 38 | 35 | 32 | 28 | 25 | 24 | 16 | 15 |
| | | | | 4.0 | 42 | 39 | 36 | 30 | 29 | 27 | 18 | 17 |
| | | | | 5.0 | 44 | 41 | 39 | 33 | 30 | 29 | 19 | 18 |

## תאורת חוץ

| | | | |
|---|---|---|---|
| $[Lux]$ | $E_p$ | רמת ההארה בנקודה $P$ על משטח $A$ | **מקור אור נקודתי יחיד** |
| $[cd]$ | $I_\alpha$ | עוצמת האור בכיוון $\alpha$ | |
| $[m]$ | $h$ | הגובה בין מקור האור למשטח | |
| $[°]$ | $\alpha$ | הזוית בין $PO$ לקו האנכי העולה בנקודה $P$ על משטח $A$ | |
| $S = QP[m]$ | | מציין מרחק אופקי ממקור האור | |

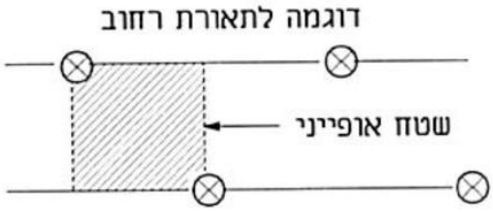



$$E_P = \frac{I_\alpha \cdot \cos^3 \alpha}{h^2}$$

| | | | |
|---|---|---|---|
| | $n$ | מספר מקורות האור | **מספר מקורות האור** |
| $[Lux]$ | $E_{pi}$ | רמת ההארה בנקודה $P$ על משטח $A$ הנובע ממקור $i$ | $E_P = \sum_{i=1}^{n} E_{Pi}$ |

## תאורת רחובות

1. בוחרים שטח שמאפיין את כל השטח
2. מחלקים את השטח האופייני לריבועים הקטנים מ - $10m^2$
3. מחשבים את עוצמת ההארה המרכז הריבועים כאשר מתחשבים בכל מקורות התאורה הסמוכים הרלוונטים (רחוקים ניתן להזניח)
4. בודקים אם הממוצע האריתמטי של עוצמת ההארה במרכז הריבועים עונה על דרישת ההארה




**בחירת אמצעי הגנה לצרכנים, קווי הזנה ולוחות הזנה**

| | | | |
|---|---|---|---|
| **חישוב זרם נומינלי** | | | |
| **מנועים** | | | |
| **חד מופעי**<br>$I_n = \frac{P_n \cdot 736}{\eta \cdot U_n \cdot \cos\varphi_n}$ | זרם נומינלי של הצרכן | $I_n$ | $[A]$ |
| | הספק נומינלי מכני של המנוע בכוחות סוס | $P_n$ | $[HP]$ |
| **תלת מופעי**<br>$I_n = \frac{P_n \cdot 736}{\sqrt{3} \cdot \eta \cdot U_n \cdot \cos\varphi_n}$ | מתח נומינלי | $U_n$ | $[V]$ |
| | נצילות נומינלית | $\eta$ | |
| | מקדם הספק נומינלי | $\cos\varphi_n$ | |
| **צרכנים אחרים** | | | |
| חד מופעי<br>$I_n = \frac{P_n}{U_n \cdot \cos\varphi_n}$ | | | |
| | הספק נומינלי חשמלי | $P_n$ | $[W]$ |
| תלת מופעי<br>$I_n = \frac{P_n}{\sqrt{3} \cdot U_n \cdot \cos\varphi_n}$ | זרם במופע של צרכן המחובר במשולש | $I_{Ph_\Delta}$ | $[A]$ |
| | זרם במופע של צרכן המחובר בכוכב | $I_{Ph_Y}$ | $[A]$ |
| **חישוב זרם לבחירה וכיול הגנה תרמית במנועים** | | | |
| $I_{Ph_\Delta} = \frac{I_n}{\sqrt{3}} = 0.58 \cdot I_n$ | | | |
| $I_{Ph_Y} = I_n$ | זרם כיול הגנה תרמית | $I_{nt}$ | $[A]$ |
| כאשר מיקום ההגנה התרמית במופע של המנוע | | | |
| $I_{nt} = (1 \div 1.02) \cdot I_{Ph}$ | | | |
| כאשר מיקום ההגנה התרמית בקו של המנוע | | | |
| $I_{nt} = (1 \div 1.02) \cdot I_n$ | | | |
| **חישוב זרם התנעה והגנה בפני זרם קצר (הגנה מגנטית)** | | | |
| במנוע שהספקו פחות מ - $4Hp$ | | | |

| | | | |
|---|---|---|---|
| $I_{st} = I_n \cdot K_{st}$ | זרם התנעה | $I_{st}$ | $[A]$ |
| במנוע שהספקו יותר מ - $4Hp$ | מקדם התנעה בהתנעה ישירה | $K_{st}$ | |
| $I_{st} = I_n \cdot K_{st}^*$ | מקדם התנעה התלוי באמצעי התנעה (פרמטר של נתוני יצרן) עבור התנעה ישירה מקובל 4-8 | $K_{st}^*$ | |
| $K_{st}^* = \frac{K_{st}}{n}$ | מקדם הקטנת זרם התנעה התלוי באמצעי התנעה (במתנע "כוכב- משולש" $n = 3$) | $n$ | |
| במנורות פלואורוסנטיות | | | |
| $I_{st} = 1.3 \cdot I_n$ | | | |
| $I_{nmg} = 1.25 \cdot I_{st}$ | זרם נומינלי של מבטח להגנה נגד זרם קצר | $I_{nmg}$ | $[A]$ |

## בחירת אמצעי הגנה לקו הזנה בפני זרם העמסת יתר בלבד

| | | | |
|---|---|---|---|
| נתיך, מא"ז מפסק אוטומטי ניתן לכוונון | זרם העבודה הממושך המרבי. | $I_b$ | $[A]$ |
| בחירת אמצעי הגנה לצרכנים, קווי הזנה ולוחות הזנה בפני זרם יתר בלבד. | הזרם הנקוב של המבטח או הזרם אליו הוא כוונן. | $I_n$ | $[A]$ |
| עבור נתיך, מא"ז, מפסק אוטומטי הניתן לכוונון בהתאם לתקנה 6(א). | זרם הבדיקה הגבוה. | $I_2$ | $[A]$ |
| **מבטח המגן על מוליך מפני זרם העמסת יתר בלבד יתאם לכל הדרישות:** | זרם מתמיד מירבי של המוליך. | $I_Z$ | $[A]$ |
| **1.** $I_b \leq I_n \leq I'_Z$ | זרם מתמיד מירבי של המוליך מתוקן. | $I'_Z$ | $[A]$ |
| **2.** $I_2 \leq 1{,}45 \cdot I'_Z$ | מקדם תיקון משוכלל. | $C$ | |
| **3.** $I'_Z = C \cdot I_Z$ | | | |

| סוג המבטח | | זרם הבדיקה הגבוה $I_2$ | כושר העמסה הנדרש של מוליך ע"פ מתקונת החדשה. | כושר העמסה הנדרש של מוליך ע"פ התקנות הישנות. |
|---|---|---|---|---|
| נתיך | $10A \leq I_n \leq 25A$ | $1.75\ I_n$ | $I'_Z \geq 1.21 I_n$ | $I'_Z \geq 1.21 I_n$ |

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| | $I_n \geq 25A$ | 1.6 $I_n$ | $I'_Z \geq 1.1I_n$ | $I'_Z \geq 1.1I_n$ |
| מפסק אוטומטי זעיר כל הערכים $I_n$ | | 1.45 $I_n$ | $I'_Z \geq 1.0I_n$ | $I'_Z \geq 1.12I_n$ |
| מפסק אוטומטי הניתן לכוונון כל הערכים $I_n$ | | 1.3 $I_n$ | $I'_Z \geq 0.89I_n$ | $I'_Z \geq 1.18I_n$ |

## בחירת אמצעי הגנה ללוח הזנה (משני או ראשי)

| | | | |
|---|---|---|---|
| | $K_1$ | מקדם בו-זמנית התלוי במספר הצרכנים הניזונים מהלוח בו זמנית ביחס לסה"כ הצרכנים המחוברים ללוח | $I_{nt} = (1 \div 1.02) \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 \cdot \sum_{i=1}^{n} I_{Ni}$ |
| | $K_2$ | מקדם העמסה. | |
| | $K_3$ | מקדם פיתוח (לטווח 5-7 שנים: $K_3 = 1.2$) | כאשר הצרכנים כוללים מנועים יש לבחור את המפסק לפי תנאי התנעה הקשים ביותר. כלומר, המנוע הגדול ביותר מותנע לאחר שכל הצרכנים האחרים מחוברים. |
| $[A]$ | $I_{Ni}$ | זרם הנומינלי של צרכן $i$ | |
| $[A]$ | $I_{stn}$ | זרם התנעה של המנוע הגדול ביותר (כאשר הוא מותנע אחרון) | $I_{nt} = K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 \cdot \sum_{i=1}^{n-1} I_{Ni} + \frac{I_{stn}}{2.5 \div 2.75}$ |

## בחירת כבל הגנה ללוח הזנה (משני או ראשי)

בחירת שטח חתך וסוג הבידוד של כבל הזנה יהיה בהתאם לתנאי ההתקנה.

| | | |
|---|---|---|
| $K_t = K_{17}$ | מקדם שינוי בטמפרטורה אופפת. | המפורטים בחוק החשמל, בנושא העמסת מוליכים והגנה |
| $K_n = K_{15,16}$ | מקדם שינוי מספר כבלים במוביל. | |
| $K_\rho = K_{20}$ | מקדם שינוי התנגדות תרמית סגולית של האדמה | $I_b \geq \frac{K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 \cdot \sum_{i=1}^{n} I_{N_i}}{N \cdot K_n \cdot K_\rho}$ |
| $N$ | מספר כבלים במוביל. | |

המקדמים מופעים בחוק החשמל , בנושא העמסת מוליכים והגנה.

## בחירת הגנה ושטח חתך של קו הזנה לקבל

| | | | |
|---|---|---|---|
| $[A]$ | $I_c$ | הזרם שזורם דרך הקבל $c$ | $I_{nt} = 1.43 \cdot I_c$ |

$I_n \geq I_{nt}$

| | | | |
|---|---|---|---|
| $I_c = \frac{Q_c}{U_L \cdot \sqrt{3}}$ | | | |
| שטח החתך של קו הזנה לקבל צריך לבחור לפי הזרם הממושך בקו ההזנה לקבל | | | |
| $I_{b\text{קבל}} \geq \frac{1.43 \cdot I_c}{N \cdot K_t \cdot K_n \cdot K_\rho}$ | הזרם הממושך בקו ההזנה לקבל | $I_{b\text{קבל}}$ | $[A]$ |

## נספח – תאורה חשמלית

### עקרונות תכנון תאורת פנים בשיטת מקדמי ניצול מתקן התאורה

שיטה זו מיועדת לתכנון תאורת פנים, תוך התחשבות בהחזרות האור מהקירות, התקרה והרצפה.

מטרת התכנון – לחשב את מספר הנורות הנדרש לקבלת רמת הארה רצויה ולקבוע מרחקים בין הנורות.

כאמור, אין תקנים רשמיים לגבי רמת ההארה הנדרשת ולכן בתכנון ניתן להשתמש בתקנים של ארגונים לאומיים ובין-לאומיים שונים, כמו CIE – הנציבות הבין-לאומית לתאורה.

בטבלה מובאות המלצות מ- LESNA LIGHTING HANDBOOK לגבי רמת ההארה הממוצעות של תאורת פנים עבור מתקני תאורה שונים.

| יעוד | רמת הארה $I_x$ | יעוד | רמת הארה $I_x$ |
|---|---|---|---|
| תעשיה | | מחסנים | |
| הרכבות ברמה נמוכה | 500 | ללא פעילות | 100 |
| הרכבות ברמה בינונית | 1000 | פעילים, מוצרים גדולים | 200 |
| הרכבות ברמה גבוהה | 2000 | פעילים, מוצרים קטנים | 500 |
| מסחר | | חניונים | |
| פעילות נמוכה | 300 | כללי | 50 |
| פעילות בינונית | 800 | רמפות, פניות | 100 |
| פעילות גבוהה | 1000 | כניסות | 500 |
| לימודים | | תעשיית בגדים | |
| כיתות לימוד, ספריה | 500 | גזירה, תפירה | 5000 |
| בתי דפוס | 1000 | מוסכי רכב | 1000 |
| נגריות | 500 | תעשיית טקסטיל | 500 |
| כנסים, תערוכות | 250 | | |

**דרישות התקן החדש של CIE (2001) לתאורת משרדים**

| סוג החדר | דרישות רמת ההארה $E_{ave}$ (Ix) | דרישות גורם התאמת הצבע CRI (%) |
|---|---|---|
| סרטוט טכני | 750 | 80 |
| סרטוט ממוחשב | 500 | 80 |
| חדרי ועידה | 500 | 80 |
| מיון, צילום מסמכים | 300 | 80 |
| דלפק קבלה | 300 | 80 |
| ארכיונים | 200 | 80 |