

חישוב עומסים למערכות שונות

מכון שאיבת מים קיימים ארבעה מנועים לפי הפירוט הבא:

הספק מנוע מס' 1 : 150 HP

הספק מנוע מס' 2 : 50 HP

הספק מנוע מס' 5 : 150 HP

הספק מנוע מס' 6 : 100 HP

סה"כ הספקים הקיימים : $0.736 \times 450 \text{ HP} = 333 \text{ KW}$

במקום עומדים להתקנה ארבעה מנועים חדשים בעלי הספק משותף (360 HP)

בזרם 416A והם לפי פירוט הבא:

הספק מנוע מס' 3 : 100 HP

הספק מנוע מס' 4 : 125 HP

הספק מנוע מס' 7 : 75 HP

הספק מנוע מס' 8 : 60 HP

סה"כ הספקים של המשאבות החדשות 360 HP

עומס חדש.

המכון לשאיבת מים מחובר לרשת חברת חשמל 33 KV.
החיבור הקיים במכון שאיבת מים (3 X 600 A).
השיא הביקוש לפי דוח 266 KW

ולכן זרם מחושב הקיים:

$$I = \frac{P}{\sqrt{3} \times U \times \cos\phi} = \frac{266}{1.73 \times 0.4 \times 0.92} = 415 \text{ A}$$

מקדם הפיזור הקיים ולכן:

$$k = \frac{266}{333} = 0.8$$

חישוב הספקים של מנועים ב KW

$$\text{מנוע מס' 3 : } KW 74 = 0.74 \times 100 \text{ HP}$$

$$\text{מנוע מס' 4 : } KW 92.5 = 0.74 \times 125 \text{ HP}$$

$$\text{מנוע מס' 7 : } KW 55.5 = 0.74 \times 75 \text{ HP}$$

$$\text{מנוע מס' 8 : } KW 44.4 = 0.74 \times 60 \text{ HP}$$

סה"כ הספק של המנועים החדשים 266KW.

המקדם הספק משוער לכל מנועים שווה ל $\cos\phi = 0.82$, $tg\phi = 0.7$.

חישוב עומסים החדשים לפי הטבלה.

$\frac{Q}{KVAR}$	$tg\phi$	$COS\phi$	הספק מחשב	מקדם פיזור העומס	KW סה"כ	יח'	תאור העומס
114	0.43	0.92	266	0.8	333		הספק הקיים מנועים קיימים
4	0.43	0.92	9	0.9	10	-	תאורת פנים ותאורת חוץ משוער
130	0.7	0.82	186	0.7	266	4	הספקים חדשים מנועים חדשים
248	0.54	0.88	461	0.756	609		סה"כ

מהנתונים של הטבלה נמצא את הזרם – מהספק ומהחושב 461 KW.

$$I = \frac{P}{1.73 \times U \times \cos\phi} = \frac{461}{1.73 \times 0.4 \times 0.92} = 723A$$

הזמנת החיבור החשמל הקרוב ביותר הוא 3 x 800 A עם אפשרות להגדלה בעתיד.

החיבור המקסימלי למתח נמוך הוא 3 x 910 A לתנאים רגילים (במקרים מיוחדים) חח"י מאשרת חיבור במתח נמוך עד 3 x 1820 A.

חישוב מקדם הספק

שיפור מקדם הספק נועד ל:

- 1- מניעת איבודי הספק על ידי הקטנת הזרם.
- 2- מניעת מפלי מתח גבוה בקווים.

מהטבלה של ההספקים, הספק הנקוב המחושב 461 KW ומקדם הספק

$$\text{tg}\varphi = 0.54, \cos\varphi = 0.88$$

בכדי לקבל את גודל הקבלים המשפרים את מקדם הספק ל 0.92 אנו נשתמש בנוסחה הבאה.

$$Q_c = P(\text{tg}\varphi_1 - \text{tg}\varphi_2) \quad \text{כאשר: } Q_c = \text{גודל הקבל לשיפור מקדם הספק יח' KVAR}$$

$$P = \text{הספק היעיל של מנוע יח' KW}$$

$$\text{tg}\varphi_1 = \text{טנגנס הזווית שצריך לשפר}$$

$$\text{tg}\varphi_2 = \text{טנגנס הזווית המשופרת}$$

לפי דרישת חברת החשמל – (ייצרן החשמל) $\cos\varphi$ חייב להיות 0.92 $\text{tg}\varphi = 0.43$, ולכן הספק הראקטיבי הדרוש –

$$Q_c = 461 (0.54 - 0.43) = 51 \text{ KVAR}$$

זה הספק הראקטיבי הכללי הדרוש אבל, אנו לוקחים ומחשבים קבל לכל מנוע בנפרד, עם כניסת המנוע לפעולה (עבודה) יתחבר הקבל.

חישוב הספקים הראקטיביים ב KVAR לכל המנועים, ולכן:

$$Q_c = \text{tg}\varphi * P(\text{kw})$$

$$\text{מנוע מס' 3: } 52 \text{ KVAR} = 0.7 \times 74$$

$$\text{מנוע מס' 4: } 65 \text{ KVAR} = 0.7 \times 92.5$$

$$\text{מנוע מס' 7: } 39 \text{ KVAR} = 0.7 \times 55.5$$

$$\text{מנוע מס' 8: } 31 \text{ KVAR} = 0.7 \times 44.4$$

חישוב גודל הקבלים:

אחרי שחשבתנו את גודל הספקים ב KVAR בוחרים את גודל הקבלים הסטנדרטי למנועים כדלקמן:

$$\text{מנוע מס' 3: } 50 \text{ KVAR}$$

$$\text{מנוע מס' 4: } 60+5 \text{ KVAR}$$

$$\text{מנוע מס' 7: } 40 \text{ KVAR}$$

$$\text{מנוע מס' 8: } 30 \text{ KVAR}$$

חישוב זרם של קבלים:

$$I = \frac{Q}{1.73 * U / 50} \quad \text{ולכן אנו נשתמש בנוסחה הבאה:}$$
$$I = \frac{1.73 \times 0.4}{65} = 74 \text{ A} \quad \text{זרם מנוע מס' 3}$$
$$I = \frac{1.73 \times 0.4}{40} = 44 \text{ A} \quad \text{זרם מנוע מס' 4}$$
$$I = \frac{1.73 \times 0.4}{30} = 59 \text{ A} \quad \text{זרם מנוע מס' 7}$$
$$I = \frac{1.73 \times 0.4}{1.73 \times 0.4} = 94.2 \text{ A} \quad \text{זרם מנוע מס' 8}$$

חישוב זרם נקוב של קבלים:

מקדם בטחון 1.43 בא מ: הגנה בפני זרם קצר סעיף 46 מפרק ה': התקנות קבלים לשיפור מקדם ההספק, תקנות החשמל. מעגלים הסופיים.

סעיף זה אומר ש: מוליכים במעגל זינה לקבל יוגנו בפני זרם קצר על ידי מבטח בעל זרם נקוב השווה לזרם נקוב של הקבל כפול 1.43 לזרם הנקוב הגבוה יותר, הקרוב ביותר מתוך הסדרה התקנית של מבטחים.

ולכן: זרם הנקוב של מגען ומבטח של מנוע מס' 3

$$A 106 = 1.43 \times 74$$

זרם הנקוב של מגען ומבטח מנוע מס' 4

$$A 63 = 1.43 \times 44$$

זרם הנקוב של מגען ומבטח מנוע מס' 7

$$A 84 = 1.43 \times 59$$

זרם הנקוב של מגען ומבטח מנוע מס' 8

$$A 135 = 1.43 \times 94.2$$

חישוב מפל מתח

$$e = \frac{L \times P}{G \times s \times U}$$

נחשב מפל מתח מופעי לפי הנוסחה הבאה:

עבור e - מפל מתח תלת – מופעי.

L אורך הקו הזינה.

p העומס בווטים.

g מוליכות המוליכים.

s רוחב חתך בממ"ר.

U מתח הרשת בוולטים.

חישוב מפל מתח:

$$e = \frac{50 \times 92000}{57 \times 50 \times 400} = 4.04V$$

מפל המתח המותר הוא 3% לפי תקנות החשמל ולכן:

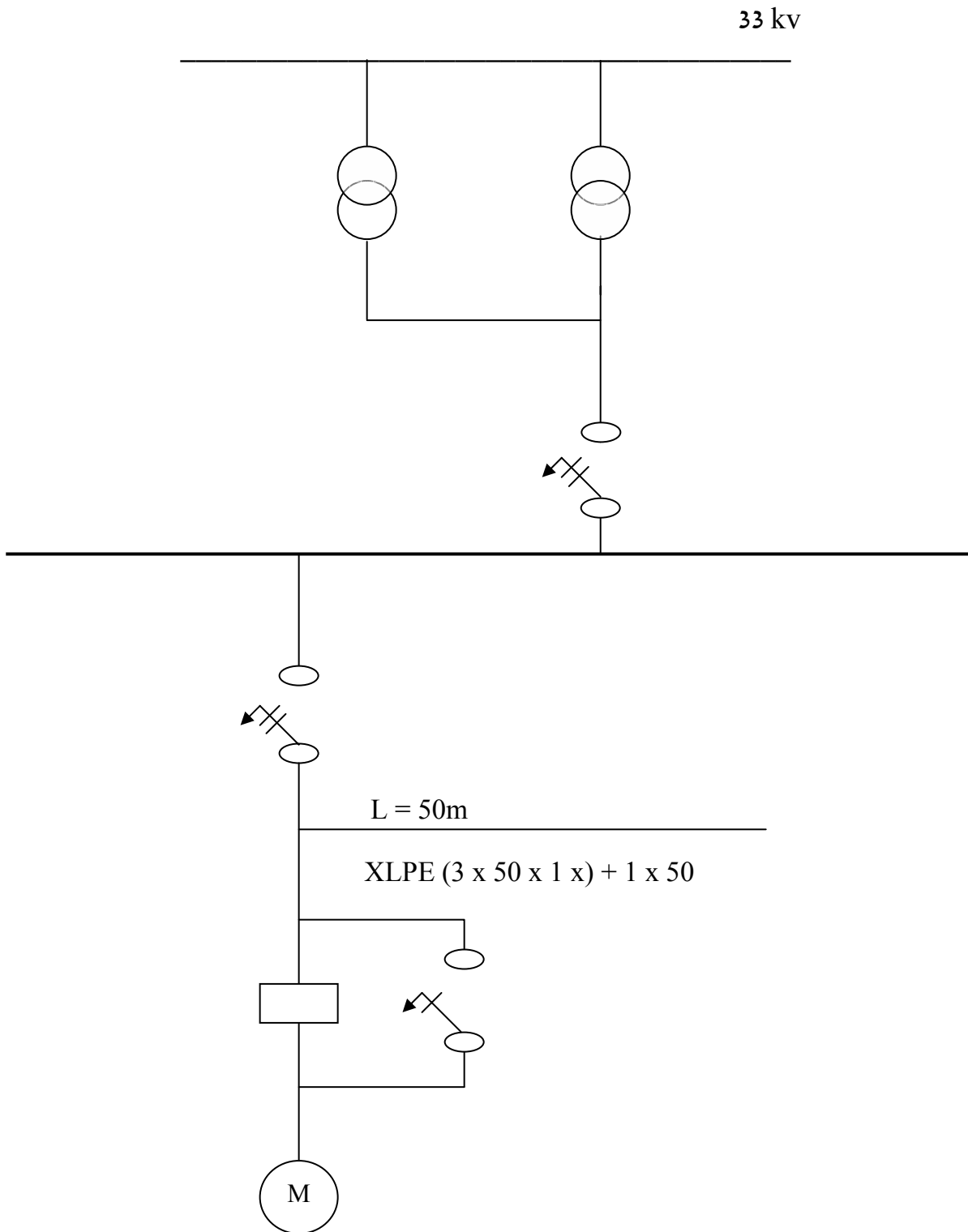
$$I = \frac{400 \rightarrow 100\%}{4.05 \rightarrow X} \rightarrow X = \frac{4.05 \times 100}{400} = 1.013\%$$

כתוצאה מהחישוב ש $1.013 < 3\%$

לפי תקנות החשמל מעגלים סופיים מצביעים שמפל המתח המרבי בין הדקי הצרכן לבין נקודת צריכה כלשהי במיתקן הצרכן לא יעלה על 3% מהמתח הנומינלי של הרשת.

חישוב זרם קצר מדויק

(לפי מדריך מרילין זרן)



חישוב את התנגדות של השנאי לפי הנוסחה הבאה :

$$R_1 = \frac{Wc \times U^2}{S^2} \times 10^{-3}$$

עבור Wc – איבודי נחשת.
לפי הקטלוג $6.8 \text{ Kw} = Wc$

$$R_1 = \frac{6800 \times 400 \times 400}{630 \times 630} \times 10^{-3} = 2.75 \text{ m}\Omega$$

נחשת העכבה של השנאי ולכן :

$$Z_1 = \frac{U_{sc}}{100} \times \frac{U^2}{S} = \frac{6}{100} \times \frac{400 \times 400}{630} = 15.2 \text{ m}\Omega$$

מהעכבה שמצאנו נחשת את X_1 ולכן :

$$X_1 = \sqrt{Z^2 - R^2} = \sqrt{15.2^2 - 2.75^2} = 15 \text{ m}\Omega$$

לשני שנאים במקביל :

$$X_1 = 15/2 = 7.5 \text{ m}\Omega \quad R_1 = 2.75/2 = 1.4 \text{ m}\Omega$$

כבל בין שני שנאים ומפסק ראשי זניח.
לפי קטלוג K.M מפסק שלנו 12 – NZM.

$$X_2 = 0.22 \text{ m}\Omega \quad R_2 = 0.075 \text{ m}\Omega$$

פסי צבירה אורך משוער 2 מטר.

$$X_3 = 2 \times 0.16 = 0.32 \text{ m}\Omega \quad R_3 = 2 \times 0.07 = 0.14 \text{ m}\Omega$$

$$X_4 = 0.16 \text{ m}\Omega \quad R_4 = 0.07 \text{ m}\Omega \quad \text{מפסק 6 – NZM}$$

חישוב התנגדות כבל הזנה XLPE (4 x 50) ולכן :

$$R_5 = \zeta \frac{L}{S} = 0.0175 \times \frac{50}{50} = 0.0175 \text{ m}\Omega$$

$$X_5 = 0.08 \times L = 0.08 \times 50 = 4 \text{ m}\Omega$$

התנגדות המתנע $R_6 = 0.68 \text{ m}\Omega$
חישוב זרם קצר בנקדה I_{k1} ולכן :

$$R_{\sum 1-2} = R_1 + R_2 = 1.4 + 0.075 = 1.47 \text{ m}\Omega$$

$$X_{\sum 1-2} = X_1 + X_2 = 7.5 + 0.22 = 7.72 \text{ m}\Omega$$

זרם קצר בנקודה שווה ל:

$$I_{k1} = \frac{U}{\sqrt{3} \times \sqrt{R_{1-2}^2 + X_{1-2}^2}} = \frac{400}{1.73 \times \sqrt{1.47^2 + 7.77^2}} = 29.2 \text{KA}$$

עם 2 שנאים במקביל בעתיד פס צבירה שלנו לפחות 30 KA.

חישוב זרם קצר בנקודה IK2 ולכן:

$$R_{\Sigma 1-6} = R_{\Sigma 1-2} + R_3 + R_4 + R_5 + R_6$$

$$1.47 + 0.074 + 0.5 + 17.5 + 0.68 = 20.22 \text{ m}\Omega$$

$$X_{\Sigma 1-6} = X_{\Sigma 1-2} + X_3 + X_4 + X_5 + X_6$$

$$= 7.77 + 0.32 + 0.16 + 40.16 = 12.41 \text{ m}\Omega$$

זרם קצר בנקודה I_{k2} ולכן:

$$I_{k2} = \frac{400}{1.73 \times \sqrt{20.22^2 + 12.41^2}} = 9.75 \approx 10 \text{kA}$$

זרם קצר בנקודה $10 \text{KA} \approx K$

בחירת כבל הזנה למשאבות

בחירת כבל למשאבה מס' 4: לפי תקנה צמודה בתעלה.

נתונים של משאבה הם: הספק נומינאלי 92.5 KW – 125 HP

אורך הקו הזנה 50 מטר.

$$I_b = \frac{P}{\sqrt{3} \times U \times \cos\phi} = \frac{92.5}{1.73 \times 0.4 \times 0.92} = 145A \quad \text{זרם עבודה}$$

ניבחר כבל XPLE 4 (50 x 1) ל 90° מותקן בתעלה חפורה עבור כבלים ל 4 משאבות החדשות עם מקדם להתקנה משותפת לפי חוק חשמל – מפרק מקדמי תיקון – סעיף 19. בחרנו כבלים חד גדיים, המשמשים שני מעגלים תלת מופעים או יותר יקבלו ערכים של זרם המתמיד המרבי I_z המותר שבתוספת הראשונה במקדם שלהלן: אופן התקנה המעגלים שלנו 4, ונכח מקדם של מעגלים שהמרחק המזערי בין המעגלים שלהם 7 ס"מ. ולכן אני לוקח מקדם $K = 0.67$, כבלים צמודים.

לפי סוג התקנת הטבלה שלנו 90.5.

I_z – זרם מתמיד, ל 500 ממ"ר – 179A.

עבור $K = 0.67$ זרם מתמיד:

$$I_z = 0.67 \times 179 = 120A$$

ולכן נעלה חתך רוחב הכבל ל 70 ממ"ר בזרם A 220 ולכן:

$$I_z = 0.67 \times 220 = 147A$$

לפי חוק חשמל העמסת מוליכים, עמוד (273) סעיף 5 אומר ש-

מבטח המגן על מוליך בפני זרם העמסה יתר בלבד יתאים לכלים הבאים ולכן:

$$I_b \leq I_n \leq I_z$$

עבור I_b – זרם העבודה הממושך במעגל.

I_n – הזרם הנומינלי של המבטח או זרם שאליו הוא כוונן.

I_z – הזרם המתמיד המרבי של המוליך.

$$I_b = 145A$$

$$I_n = 145 \times 1.1 = 160A \quad \text{עבור 1.1 – מקדם בטחון.}$$

$$I_z = 147A$$

כלל 1 לא מתקיים.

חישוב זרם קצר משוער

זרם קצר משוער, ז"א זרם מדויק. אבל נותן לנו אנדקציה על בחירת מפסקים וזרמי קצר בלוח הראשי עם דיוק מרבי.

ולכן נכון לשנאי אחד, שנתוניו הם:

$$\Delta U = 6\% \quad , S = 630 \text{ KVA} \quad , U = 33 / 0.4 / 0.23 \text{ KV}$$

S הספק מדומה, נמדדת בKVA

U מתח השנאי נמדדת בV

ΔU עכבת קצר

חישוב זרם נומינאלי:

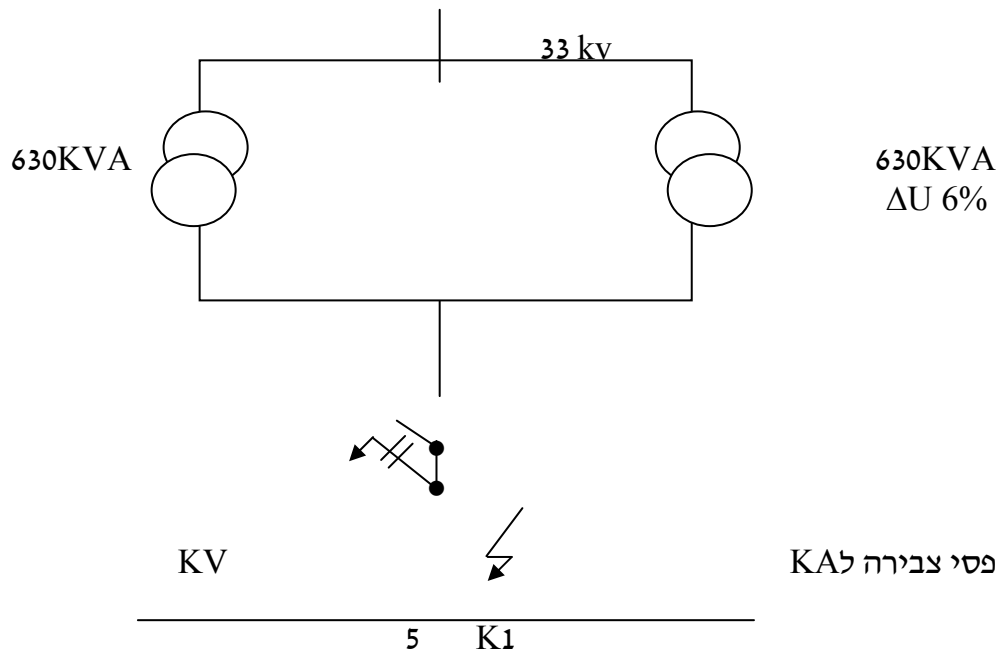
$$I_{\text{nom}} = \frac{S}{\sqrt{3} \times U} = \frac{630}{1.73 \times 0.4} = 910 \text{ A}$$

ולכן נחשב זרם קצר לפי הנוסחה הבאה:

$$I = \frac{100}{\Delta U} \times I_{\text{nom}} \times \frac{100}{6} = 15.2 \text{ kA}$$

בעתיד עם הגדלת החיבור נבקש הגדלת החיבור בזרם נמוך 400/230 וולט. אז ח"ח תחבר במקביל 2 שנאים של 630 KVA והתנגדות תהיה קטנה פי-2. ולכן זרם קצר יעלה פי 2 עד 30 KA.

על מנת למנוע שינויים גדולים עתידיים נזמין פסי צבירה ללוח ראשי כבר עכשיו ל 30 KA. סכימה חשמלית של שני שנאים במקביל של ח"ח:



לכן נעלה חתך ל 95 ממ"ר בזרם A 265.

$$I_z = 265 \times 0.67 = 178A$$

$$I_b \leq I_n \leq I_z$$

$$.145 \leq 160 \leq 178$$

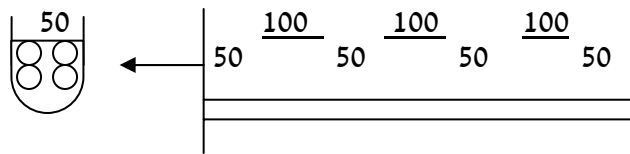
ולכן

כלל 1 מתקיים.

נעשה ניסיון לבטל מקדם 0.67 עם אותה חפירה עם כבלים יותר דקים עם מרחק בין שיטת הנחת הכבלים :

אנו חופרים חפירה חדשה למשאבות חדשות מקבלי לתעלה הקיימת ומניחים בה 4 כבלים של 4 (1 x 50) מ"מ וקוטר של הכבל 50 מ"מ, ומרווח בין הכבלים 100 מ"מ על מנת לבטל מקדם הפחתה. עבור חימום הדדי.

רוחב התעלה יהיה אם ניקח 4 כבלים 4 (1 x 50) ממ"ר עם רווח ביניהם 2 d – קוטר של הכבל 50 מ"מ.



רוחב החפירה 500 מ"מ

לפי תקנון החשמל, טבלה מס' 90.5 שיטת התקנות י"ד – וש"ו שבתוספת השנייה מוליכים מנחושת בידוד C 90° בטמפרטורה אופפת של אדמה 30°.

כבלים 2 d עבור – d קוטר הכבל.

עבור חתך רוחב 50 מ"מ בזרם A 179.

עבור K = 0

$$I_b = 145 A \quad \text{כיול}$$

$$I_n = 1.1 \times 145 = 160 A$$

$$I_z = 179 A$$

ולכן כלל 1 מתקיים.

כלל 2:

לגבי מפסקים אוטומטיים משתמשים בכלל הבא: $I_2 \leq I_z \times 1.1$ כאשר I_2 – זרם בדיקה גבוה של המבטח.

$$עבור \quad I_z = A197 = 179 \times 1.1$$

לפי הספרות מקצועית מבטח להגנה בפני זרם העמסת יתר בלבד.

$$I_2 = 1.15 I_n$$

$$1.15 \times 160 = 184A$$

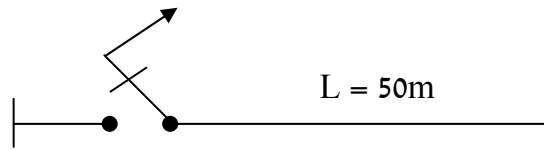
$$184 \leq 1.1 \times I_z$$

$$184 \leq 197$$

כלל 2 מתקיים.

כלל 3:

מציאת זרם קצר בקו של משאבה מס' 4:



$$Z_{ph} = Z_o = 50\text{mm}$$

Z_{ph} לפי הספרות – עכבה (אימפדנס) של מוליכים מנחושת

$$Z_{ph} = 0.436 \approx 0.44 \text{ ohm / km} \quad \text{טבלה 12:}$$

ולכן עכבה של הקו – (50)

$$Z_{p'h} = \frac{0.44 \times 50}{1000} = 0.022$$

$$Z_{ph} + Z_o = 0.022 = 0.044 \text{ ohm}$$

נחשב את I_k זרם קצר לפי הספרות ולפי הנוסחה הבאה:

$$I_{k \text{ min}} = \frac{0.84 \times U}{\sqrt{3} \times 1.5 \times (Z_o + Z_{ph})}$$

$$Z_o = R_n \quad Z_{ph} = R_{ph} \quad \text{עבור:}$$

$$U = \text{מתח נומינאלי של הרשת 400 וולט.}$$

0.8 – מקדם ירידת המתח בעת הקצר הנובע ממפל המתח בשנאי ובקו המזין את המתקן.

1.5 – מקדם עלית התנגדות המוליכים ב 50% בעת הקצר.

$$Z_{ph} = R_{ph} \quad \text{– התנגדות המופע.}$$

$$Z_o = R_n \quad \text{– התנגדות מוליך האפס.}$$

$$I_k = \frac{0.8 \times 230}{1.5 \times (0.044)} = 2.78 \approx 2.8A$$

חישוב זרם חד פאזי:

$$\frac{184}{0.066} = 2788 \approx 2.8KA$$

חישוב זמן זרם קצר

כלל 3 = MAX 5 שניות

חתך מוליכי המעגל ומבטחו צריכים להתאים בניהם כך שבזרם קצר יתנתק המעגל על ידי מבטחו תוך מספר שניות שינתן בנוסחה הבאה, אך לא יותר מאשר 5 שניות:

$$t = \left(\frac{ks}{I_n} \right)^2$$

כאשר t = משך קיום הקצר בשניות, שבו מגיע המוליך לטמפרטורה של $250^\circ C$ לבידוד $90^\circ C$ כאשר הטמפרטורה התחלתית היא $90^\circ C$.

S – חתך מוליך בממ"ר.

Ik – זרם קצר החד פאזי הצפוי בנקודה המורחקת ביותר של מעגל. $0.1 < t < 5$

K – מקדם הניתן מטבלה (מס' 2) 115.

ולכן:

$$t = \left(\frac{140 \times 50}{2788} \right)^2 = 6.3 \text{sec}$$

המפסק הנבחר להגנת הקו הוא NZM – 6 ל 200A עם עמידת בזרם קצר 25 KA.

כיול תרמי בגבולות (140 – 200) A. מכויל ל 160A.

כיול מגנטי נכייל במסגרת סלקטיביות בגבולות (1000 – 1900) A.

$$t = \left(\frac{K \times S}{I_k} \right)^2 \quad \text{בנוסחה} \quad \text{בתוקף } 0.1 \leq t \leq 0.5$$

וזמן שלנו 6.3 שניות. שלא עונה לדרישות הכלל 3.

אנו נבדוק לפי קטלוג עקומות $I - t$ זמן ניתוק של המפסק בזרם קצר 2788 A.

ניתוק המפסק מתבצע תוך 8 מלי שניות.

כלל 3 מתקיים.