حساب مقاطع النواقل

حساب مقاطع النواقل " S mm² " : (1)

إن " **مقاطع النواقل** " التي يتوجب حسابها في الشبكات الكهربائية للتوتر المنخفض هي التالية :

- مقطع نواقل الأطوار " S_{Ph} " .
- مقطع الناقل الحيادي " S_N " .

بعدها :

- يتم حساب نسبة " **هبوط التوتر - ΔU** " للتأكد من مطابقة النتائج مع القيمة المطلوبة .
- يتم حساب الإجهادات الحرارية للنواقل " $I^2.t$ " للتأكد من تحملها لتيارات الدارة القصيرة .

حساب مقاطع النواقل " S mm^2 " : (2)

لكي تؤدي النواقل المهام المطلوبة وهي " **تمرير** " كامل التيار وبشكل دائم في ظروف تركيب تلك النواقل ، فإنه يجب معرفة المعلومات التالية :

- نوعية النواقل ، وأطوالها .
- قيم عوامل التصحيح تبعاً لطريقة التركيب :
  - النواقل غير المطمورة " **Unburied Cabls** " .
  - النواقل المطمورة " **Buried Cabls** " .
- قيمة التيار الفعلي المار .

حساب مقطع نواقل الأطوار " S_{Ph} mm² " : (1)

نوعية النواقل و أطوالها :

- تحديد نوعية النواقل :
  - نوعية المعدن " نحاس - Cu " أو " ألمنيوم - Alu " .
  - " أحادية ، ثنائية " أو " ثلاثية ، رباعية " .
  - نوعية العازل " PVC " أو " XLPE " .
- طول الناقل " L (m) " .

حساب مقطع نواقل الأطوار " S_{Ph} mm² " : (2)

عوامل التصحيح " k " : (1)

- للنواقل غير المطمورة " Unburied Cables " :
  - " k1 " : عامل يتعلق بنوعية النواقل وطريقة التركيب .
  - " k2 " : عامل يتعلق بعدد الدارات المتجاورة .
  - " k′2 " : عامل يتعلق بعدد الطبقات ويساوي :
    - " 0.80 " : عدد الطبقات " 2 " .
    - " 0.73 " : عدد الطبقات " 3 " .
    - " 0.70 " : عدد الطبقات " 4 " أو " 5 " .
  - " k3 " : عامل يتعلق بدرجة الحرارة المحيطية ($\theta = +30°C$) .

حساب مقطع نواقل الأطوار " S_{Ph} mm² " : (3)

عوامل التصحيح " k " : (2)

- للنواقل المطمورة " Buried Cables " :
  - " k4 " : عامل يتعلق بنوعية الناقل وطريقة التركيب .
  - " k5 " : عامل يتعلق بعدد الدارات المتجاورة .
    - " k'5 " : عامل يتعلق بعدد الطبقات .
      - " 0.80 " : عدد الطبقات " 2 " .
      - " 0.73 " : عدد الطبقات " 3 " .
      - " 0.70 " : عدد الطبقات " 4 " أو " 5 " .
  - " k6 " : عامل يتعلق بنوعية التربة (الناقلية الحرارية للتربة) .
  - " k7 " : عامل يتعلق بدرجة الحرارة المحيطية ($\theta = +20°C$) .

حساب مقطع نواقل الأطوار " S_{Ph} mm^2 " : (4)

عوامل التصحيح " k " : (3)

- بعد تحديد قيم عوامل التصحيح المختلفة تبعاً لطريقة التركيب ، يتم حساب قيمة عامل التصحيح الكلي كما يلي :
  - للنواقل غير المطمورة :

$$k = k1 \times k2 \times k'2 \times k3$$

  - للنواقل المطمورة :

$$k = k4 \times k5 \times k'5 \times k6 \times k7$$

حساب مقطع نواقل الأطوار " S_{Ph} mm² " : (5)

التيار الاسمي للآلات " I_b " :

يتم تحديد قيمة " التيار الإسمي – I_b " للآلات بإستخدام العلاقات التالية :

الأحمال الثلاثية :

$$I_b = \frac{P}{\sqrt{3} \cdot U \cdot \cos \varphi}$$

الأحمال الأحادية :

$$I_b = \frac{P}{V \cdot \cos \varphi}$$

يجب أن نأخذ بعين الإعتبار " قيمة المردود – η " للمحركات الكهربائية .

حساب مقطع نواقل الأطوار " S_{Ph} mm^2 " : (6)

التيار الاسمي للوحات " I_b " :

- يتم تحديد قيمة " **التيار الإسمي – I_b " للوحات** بالطريقة التالية :
  - مجموع قيم تيارات المخارج بعد الأخذ بعين الاعتبار قيم العوامل التالية :
    - " **ku** " : قيمة عامل الاستخدام لكل مخرج .
    - " **ks** " : قيمة عامل التواقت لكافة المخارج .

$$I_b = k_s \{ (I_{b1} \times k_{u1}) + (I_{b2} \times k_{u2}) + \ldots + (I_{bn} \times k_{un}) \}$$

- يمكن أن تضاف " **نسبة احيتاطية** " للتوسع تحدد تبعاً لنوعية اللوحة والمنشأة .

حساب مقطع نواقل الأطوار " SPh mm² " : (7)

التيار الاسمي " Ib " :

- عند تحديد قيمة " التيار الإسمي – Ib " سواءً للآلات أو اللوحات ، فإنه يجب التأكد من وجود أو عدم وجود " التوافقيات " .
- في حال وجودها ، فإنه يجب معرفة تلك التوافقيات (المداريج) ونسبها من قيمة التيار الاسمي ، ومن ثم حساب القيمة الفعلية للتيار المار بعد أخذ تلك التوافقيات بعين الإعتبار وذلك بتطبيق العلاقة التالية :

$$Irms = \sqrt{Ih1^2 + Ih3^2 + Ih5^2 + \ldots + Ihn^2}$$

- ومن ثم يتم اعتماد هذه القيمة لحساب مقاطع النواقل .

حساب مقطع نواقل الأطوار " S_{Ph} mm^2 " : (8)

تيار الناقل " I_z " :

- يتم تحديد قيمة " **التيار المسموح مروره في الناقل – I_z** " في ظروف التركيب بالعلاقة التالية :

$$I_z = I_b / k$$

- بعد حساب تلك القيمة ، وبالعودة للجداول التي تحدد قيم التيارات المسموح مرورها في النواقل في الشروط النظامية تبعاً لنوعها وطريقة تركيبها " مطمورة أو غير مطمورة " ، يمكننا الحصول على " **مقطع الناقل – S_{mm^2}** " المناسب لتلك القيمة .

حساب مقطع نواقل الأطوار " S_{Ph} mm² " : (9)

هبوط التوتر " ΔU " : (1)

- بعد تحديد مقطع الناقل ، يجب حساب قيمة " **هبوط التوتر - ΔU** " للتحقق من موافقة المقطع الذي تم اختياره لنسبة هبوط التوتر المسموحة .
- يتم حساب قيمة هبوط التوتر بالعلاقة التالية :

~~$\Delta U = \sqrt{3} \times I \times Z$~~

$$\Delta U = \sqrt{3} \times I \times (R.\text{Cos}\,\varphi + X.\text{Sin}\,\varphi)$$

- يتم حساب قيم " **R** و **X** " بعد الأخذ بعين الإعتبار لطول الناقل .
- يتم اعتماد قيم " **Cos φ** و **Sin φ** " تبعاً لحالة العمل الطبيعي أو حالة الإقلاع .

حساب مقطع نواقل الأطوار " S_{Ph} mm² " : (10)

هبوط التوتر " ΔU " : (2)

- يجب حساب قيمة " **هبوط التوتر - ΔU** " في كلا الحالتين :
  - قيمة هبوط التوتر في حالة " **العمل الطبيعي** " .
  - قيمة هبوط التوتر في حالة " **الإقلاع** " (إن وجدت) .
- بعدها تتم مقارنة قيمة " **هبوط التوتر - ΔU** " في كلتا الحاتين للتأكد من مطابقتها للقيم المحددة ، علماً بأن الأنظمة العالمية تحدد نسبة هبوط التوتر الأعظمية في " **حالة الإقلاع** " بالنسبة " **ΔU ≤ 10 %** " .
- في حال عدم مطابقة تلك القيم لما هو مطلوب ، فإنه يجب استبدال الناقل بآخر ذو مقطع أكبر .

حساب مقطع الناقل الحيادي " S_N mm^2 " : (1)

إن أهمية الناقل الحيادي في الشبكات الكهربائية للتوتر المنخفض لا تقل عن أهمية نواقل الأطوار لأسباب عديدة منها :

- تحديد نوع نظام التأريض .
- في الشبكات الأحادية " Ph + N " : إن التيار المار في الناقل الحيادي **مساوٍ تماماً** للتيار المار في ناقل الطور .
- في الشبكات الثلاثية " 3Ph + N " : يمكن أن يمر في الناقل الحيادي :
  - التيار الناتج عن **عدم توازن الأطوار** الثلاثة .
  - تيار **محصلة الطورين** في حال إنقطاع أحد الأطوار .
  - المجموع الجبري لتيارات **التوافقيات ثلاثية التضاعف** .

32

33

حساب مقطع الناقل الحيادي " S_N mm^2 " : (2)

مما سبق يمكن أن نستنتج بأن مقطع الناقل الحيادي " S_N " يمكن أن يكون :

- أصغر من مقطع ناقل الطور " $S_N < S_{Ph}$ " .
- مساوٍ لمقطع ناقل الطور " $S_N = S_{Ph}$ " .
- أكبر من مقطع ناقل الطور " $S_N > S_{Ph}$ " .

حساب مقطع الناقل الحيادي " S_N mm^2 " : (3)

أصغر من مقطع ناقل الطور " $S_N > S_{Ph}$ " :

- يمكن أن يكون مقطع ناقل الحيادي **أصغر** من مقطع ناقل الطور إذا تحققت كافة الشروط التالية :
  - مقطع نواقل الطور **أكبر** من " **16** mm^2 " للنحاس و " **25** mm^2 " للألمنيوم .
  - أن لا يقل مقطع الناقل الحيادي عن " **16** mm^2 " للنحاس و " **25** mm^2 " للألمنيوم .
  - أن تكون تيارات الأطوار الثلاثة **متوازنة** تقريباً .
  - أن تكون **نسبة** مركبة التوافقية الثالثة أقل من " **15 %** " .

- يشترط في هذه الحالة أن يكون الناقل الحيادي **محمي ضد زيادة التيار** .

حساب مقطع الناقل الحيادي " S_N mm^2 " : (4)

مساوي لمقطع ناقل الطور " $S_N = S_{Ph}$ " :

- يمكن أن يكون مقطع ناقل الحيادي **مساوٍ** لمقطع ناقل الطور إذا تحققت كافة الشروط التالية :
  - مقطع نواقل الطور **أصغر** من " **16** mm^2 " للنحاس و " **25** mm^2 " للألمنيوم .
  - أن يكون فارق التوازن بين تيارات الأطوار الثلاثة **محدود نسبياً** .
  - أن تكون **نسبة** مركبة التوافقية الثالثة " **33 %** > I_{h3} > **15 %** " .
- يمكن في هذه الحالة أن يكون الناقل الحيادي **غير محمي** .

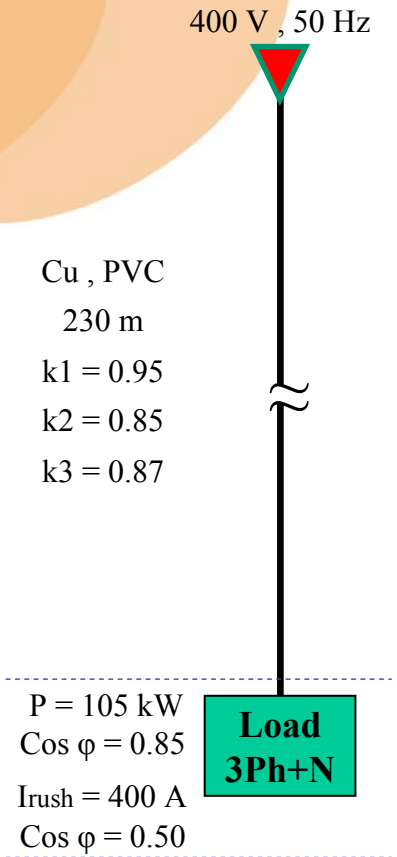
حساب مقطع الناقل الحيادي " S_N mm^2 " : (5)

أكبر من مقطع ناقل الطور " $S_N > S_{Ph}$ " :

- يمكن أن يكون مقطع ناقل الحيادي **أكبر** من مقطع ناقل الطور إذا تحققت كافة الشروط التالية :
  - أن يكون فارق التوازن بين تيارات الأطوار الثلاثة **كبير** .
  - أن تكون **نسبة** مركبة التوافقية الثالثة " **33 %** < " .

- في هذه الحالة فإن مقطع الناقل الحيادي **يتعلق مباشرة بقيمة التيار المار** في هذا الناقل .

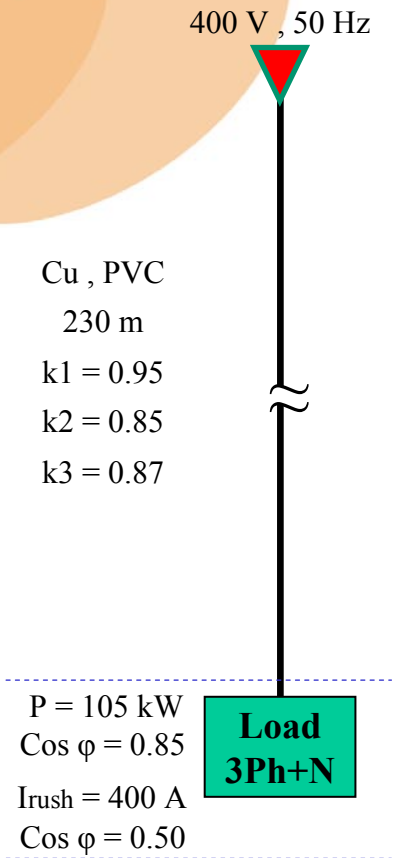
مـثـــال : (1)



- الحمل :
  - ثلاثي الطور + حيادي ، لا يوجد توافقيات .
  - الاستطاعة " 105 kW " ، " Cos φ = 0.85 " .
  - تيار الإقلاع " 400 A " ، " Cos φ = 0.50 "
- النواقل :
  - نواقل نحاسية أحادية " PVC " غير مطمورة " L= 230 m ".
  - طريقة التركيب " B " ، متلاصقة (بدون تباعد) .
  - درجة الحرارة المحيطية " θ = 40°C " .
  - عدد الدارات المتجاورة " 2 " ، طبقة واحدة .
  - " ΔU = 5 % " ، عوامل التصحيح :

    " k1 = 0.95 " ، " k2 = 0.85 " ، " k3 = 0.87 "

مـثـــال : (1)



حساب المقطع لنواقل الأطوار :

بعد حساب قيمة التيار الاسمي للحمل ، نحصل على :

$$In = 180\ A$$

وأيضاً :

$$k = 0.95 \times 0.85 \times 0.87 = 0.702$$

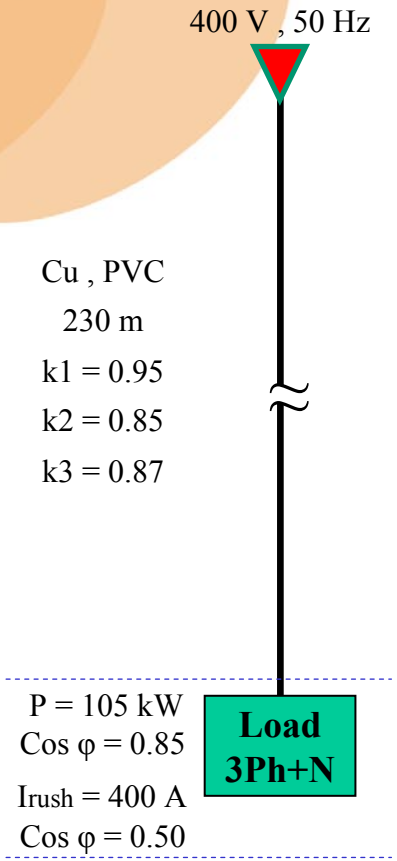
وبالتالي :

$$Iz = 180 \div 0.702 = 256\ A$$

من جداول النواقل غير المطمورة نجد أن :

$SPh = 2 \times 50\ mm^2$	$Iz = 2 \times 144 = 288\ A$

مـثـــال : (1)



حساب المقطع للناقل الحيادي :

حيث أن أن تيارات الأطوار الثلاثة متوازنة ، ولا يوجد توافقيات ، فإننا مقطع الناقل الحيادي :

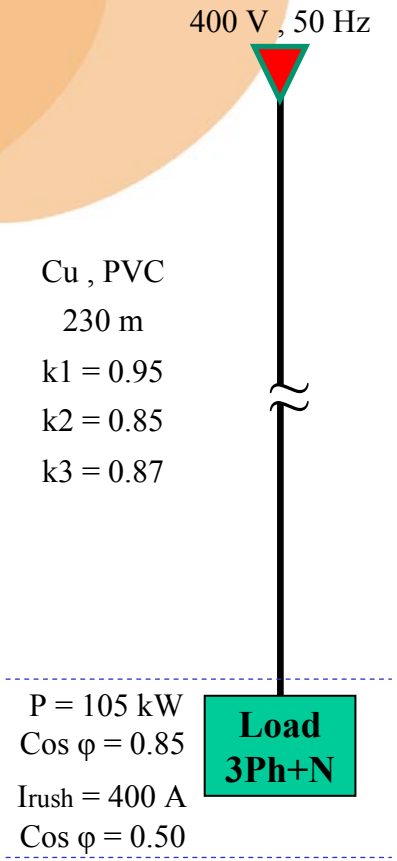
$$S_{Ph} > S_N$$

وبالتالي :

$$I_z = 1 \times 144 = 144\ A$$

$$S_N = 1 \times 50\ mm^2$$

مـثـــال : (1)



حساب هبوط التوتر : (1)

بتطبيق علاقة هبوط التوتر ، نحصل على :

في حالة **العمل الطبيعي** :

$$\Delta U = \sqrt{3} \times 180 \, (0.053 \times 0.85 + 0.035 \times 0.52)$$

$$\Delta U = 19.69 \text{ V}$$

$$\Delta U = 4.92 \, \%$$

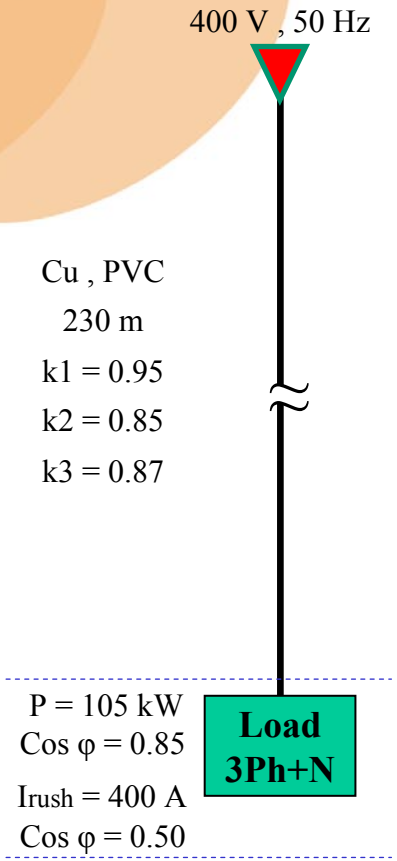
في حالة **الإقلاع** :

$$\Delta U = \sqrt{3} \times 400 \, (0.053 \times 0.50 + 0.035 \times 0.86)$$

$$\Delta U = 39.16 \text{ V}$$

$$\Delta U = 9.79 \, \%$$

مـثـــال : (1)



حساب هبوط التوتر : (2)

بتطبيق علاقة هبوط التوتر دون الأخذ بعين الإعتبار تغير قيمة عامل الاستطاعة عند الإقلاع :

في حالة **الإقلاع** :

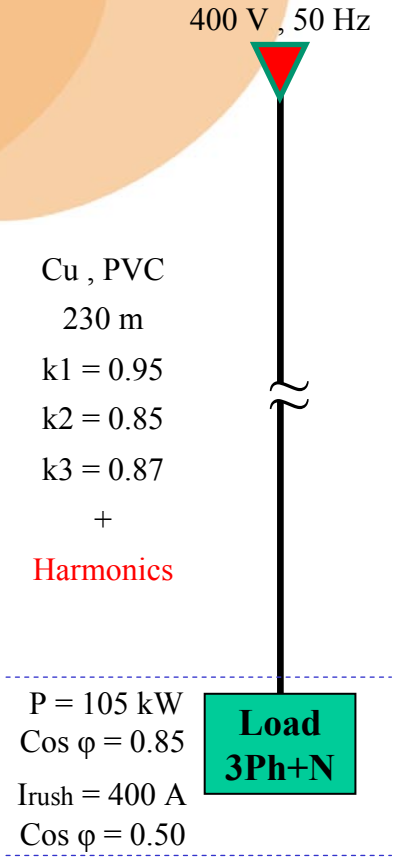
$$\Delta U = \sqrt{3} \times 400 \, (\, 0.053 \times 0.85 \; + \; 0.035 \times 0.52 \,)$$

$$\Delta U = 43.77 \text{ V}$$

~~$\Delta U = 10.95 \%$~~

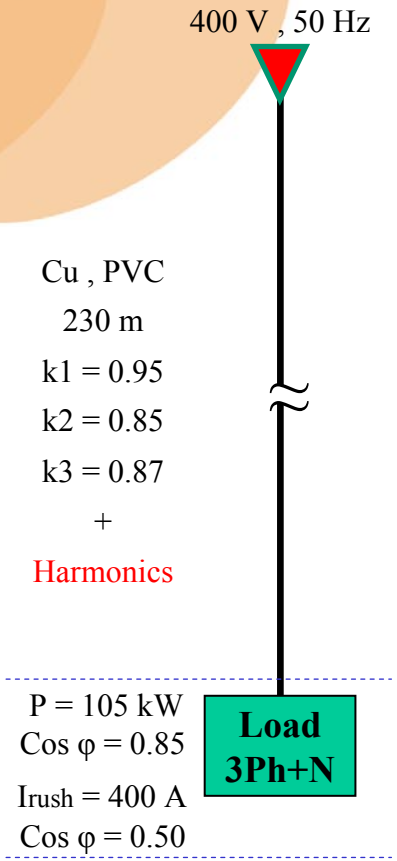
وهي نسبة أكبر من النسبة الفعلية عند الإقلاع .

مـثـــال : (2)



- الحمل : ذات المواصفات السابقة ، مع وجود التوافقيات التالية :
  - " Ih3 = 65 % " ، " Ih5 = 38 % "
  - " Ih7 = 25 % " ، " Ih9 = 5 % "
- النواقل : ذات المواصفات السابقة .

مـثـــال : (2)



حساب المقطع لنواقل الأطوار : (1)

إن قيمة التيار الاسمي للحمل كما في المثال السابق هي :

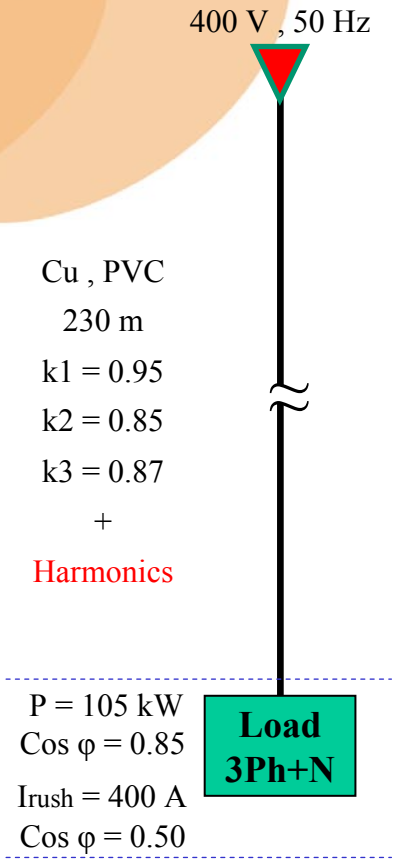
$$\mathbf{In = 180\ A}$$

وبسبب وجود التوافقيات ، فإن التيار الفعلي المار يساوي :

$$\mathbf{Irms} = 180\ \sqrt{1^2 + 0.65^2 + 0.38^2 + 0.25^2 + 0.05^2}$$

$$\mathbf{Irms} = 180 \times 1.277 = \mathbf{230\ A}$$

مـثـــال : (2)



حسـاب المقطـع لنواقل الأطوار : (2)

وحيث أن عامل التصـحيح الكلي يسـاوي :

$$\mathbf{k} = 0.95 \times 0.85 \times 0.87 = \mathbf{0.702}$$

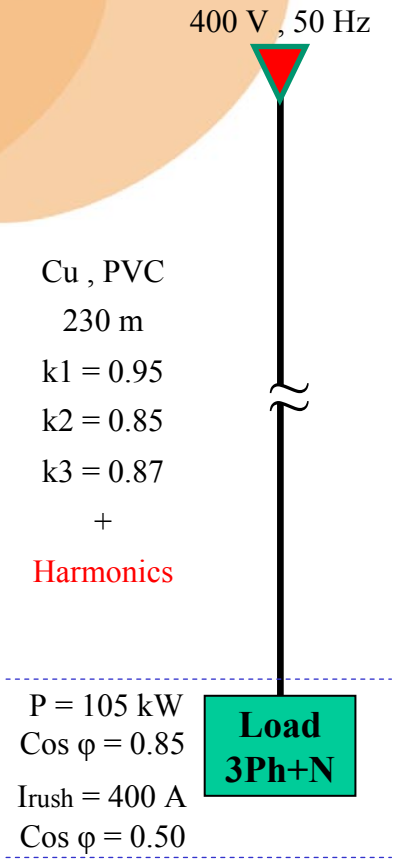
وبالتالي :

$$\mathbf{Iz} = 230 \div 0.702 = \mathbf{328\ A}$$

من جداول النواقل غير المطمورة نجد أن :

$\mathbf{SPh = 2 \times 70\ mm^2}$	$\mathbf{Iz = 2 \times 184 = 368\ A}$

مـثـــال : (2)



حساب المقطع للناقل الحيادي : (1)

حيث أن تيارات الأطوار الثلاثة متوازنة ، ولكن نظراً لوجود التوافقية الثالثة ، فإن التيار المار في الناقل الحيادي :

$$I_{N\ rms} = 3 \times (I_{h3} + I_{h9})$$

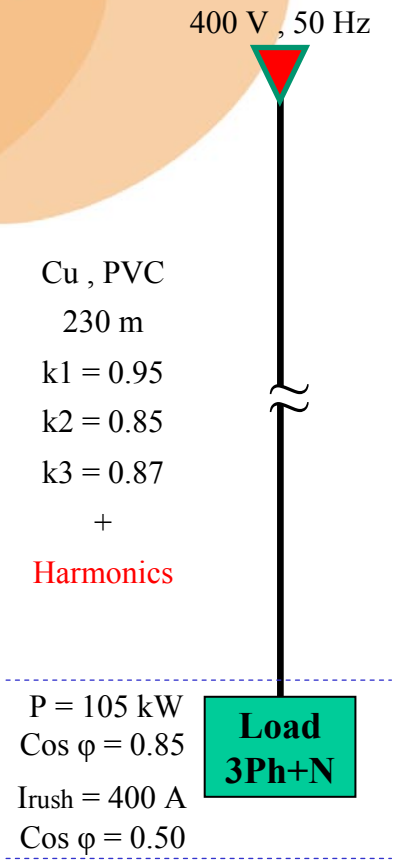
أي :

$$I_{N\ rms} = 3 \times (0.65 \times 180 + 0.05 \times 180)$$

$$I_{N\ rms} = \mathbf{378\ A}$$

وبالتالي فإن مقطع الناقل الحيادي يجب أن يكون أكبر من مقطع ناقل الطور .

مـثـــال : (2)



حسـاب المقطـع للنـاقل الحيادي : (2)

حيث أن عامل التصـحيح الكلي يسـاوي :

$$\mathbf{k} = 0.95 \times 0.85 \times 0.87 = \mathbf{0.702}$$

وبالتالي :

$$\mathbf{Iz} = 378 \div 0.702 = \mathbf{538\ A}$$

من جداول النواقل غير المطمورة نجد أن :

$\mathbf{S_N = 3 \times 70\ mm^2}$	$\mathbf{Iz = 3 \times 184 = 552\ A}$

تحمل الناقل للإجهادات الحرارية " Thermal Stress " : (1)

- عند مرور تيار كبير في ناقل " تيار الدارة القصيرة " خلال فترة زمنية ، فإن ذلك سيؤدي لإرتفاع درجة حرارة الناقل وبالتالي المادة العازلة مما قد يسبب تلفها ، ولذلك فإن معرفة مدى **تحمل النواقل للإجهادات الحرارية** ضروري جداً وخاصة للمقاطع الصغيرة التي تتصل مع اللوحات الرئيسية ، أو بالقرب منها حيث تكون قيم تيارات القصر كبيرة .

تحمل الناقل للإجهادات الحرارية " Thermal Stress " : (2)

يتم حساب قدرة التحمل الحرارية لناقل بالعلاقة التالية :

$$I^2.t = k^2.S^2$$

حيث :

- " I " : قيمة التيار المار " A " .
- " t " : زمن مرور التيار " sec " .
- " S " : مقطع الناقل " mm^2 " .
- " k " : ثابت يتعلق بنوعية الناقل والمادة العازلة ، ويساوي :
  - " PVC " : " 115 " للنحاس و " 76 " للألمنيوم .
  - " XLPE " : " 143 " للنحاس و " 94 " للألمنيوم .

تحمل الناقل للإجهادات الحرارية " Thermal Stress " : (3)

- بعد معرفة كافة العوامل المذكورة ، يتم التأكد من تحمل الناقل لتلك الإجهادات بإحدى الطرق التالية :
  - حساب الزمن " t " كما يلي :

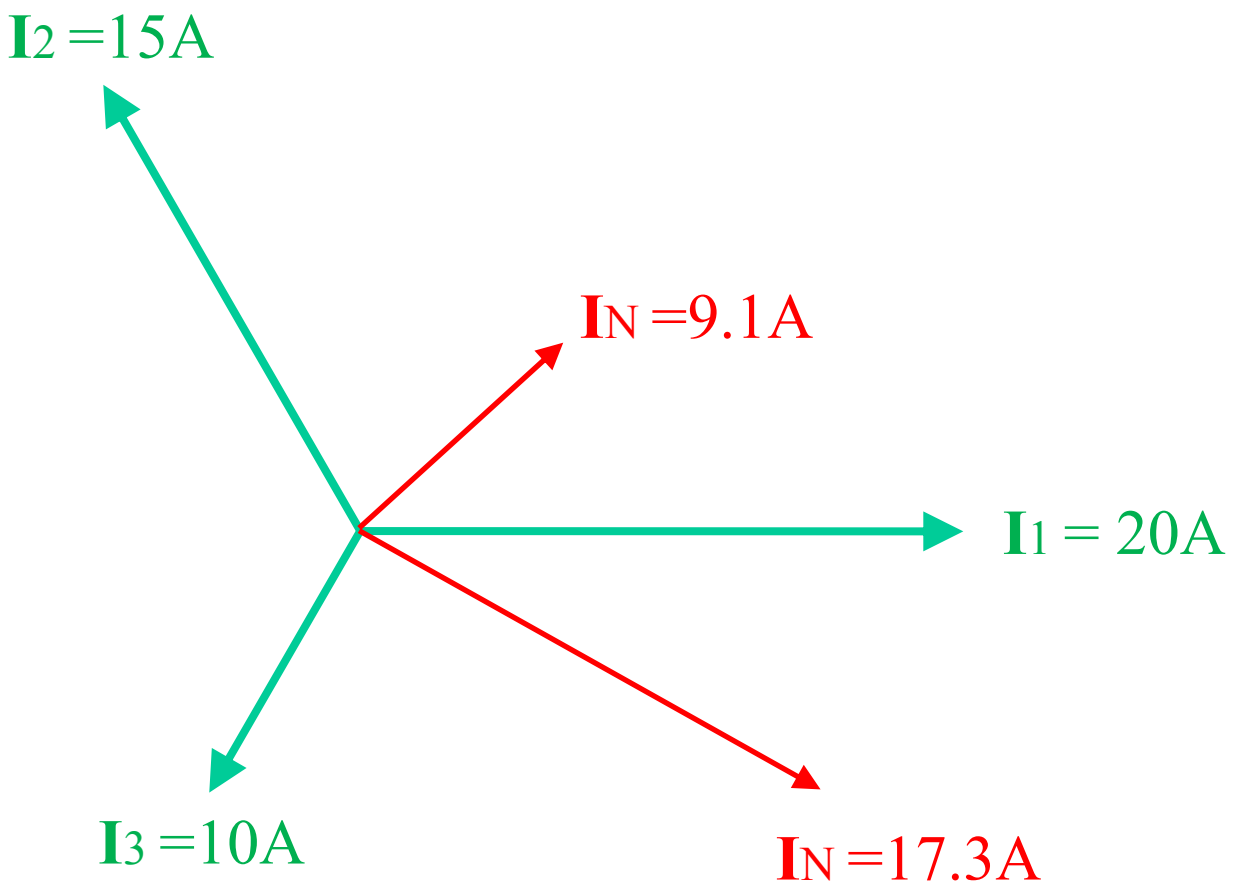
$$t = k^2.S^2 / I^2$$

على أن يكون هذا الزمن بحدود " 5 sec ≥ t " .

  - حساب قدرة التحمل الحرارية " $k^2.S^2$ " للناقل ومقارنتها مع القدرة التي يسمح القاطع بتمريرها والتي تحدد عادة من قبل الشركات الصانعة ، حيث يجب أن تتحقق العلاقة :

Thermal Stress Withstand ($k^2.S^2$) > Energy Let Through

تيار الناقل الحيادي للأحمال الثلاثية :



قيم تيارات التوافقية الثلاثية " Ih3... " :

إن المجموع الشعاعي لتيارات الأطوار الثلاثة للتوافقيات ثلاثية التضاعف " الثالثة مثلاً " يساوي المجموع الجبري لها ، وذلك لأن :

$$I_{R3} = I_3 . \sin (2\pi \times 150 \times t) = I_3 . \sin (2\pi \times 50 \times 3 \times t) = I_3 . \sin 3\omega t$$

$$I_{S3} = I_3 . \sin 3(\omega t - 2\pi/3) = I_3 . \sin (3\omega t - 2\pi) = I_3 . \sin 3\omega t = I_{R3}$$

$$I_{T3} = I_3 . \sin 3(\omega t - 4\pi/3) = I_3 . \sin (3\omega t - 4\pi) = I_3 . \sin 3\omega t = I_{R3}$$

وبالتالي :

$$\vec{I}_{R3} + \vec{I}_{S3} + \vec{I}_{T3} = 3 \times I_{R3}$$