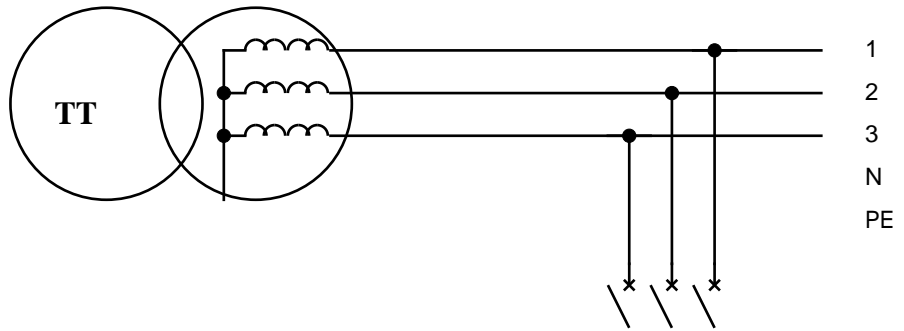


C11-1 Schémas de liaisons à la terre

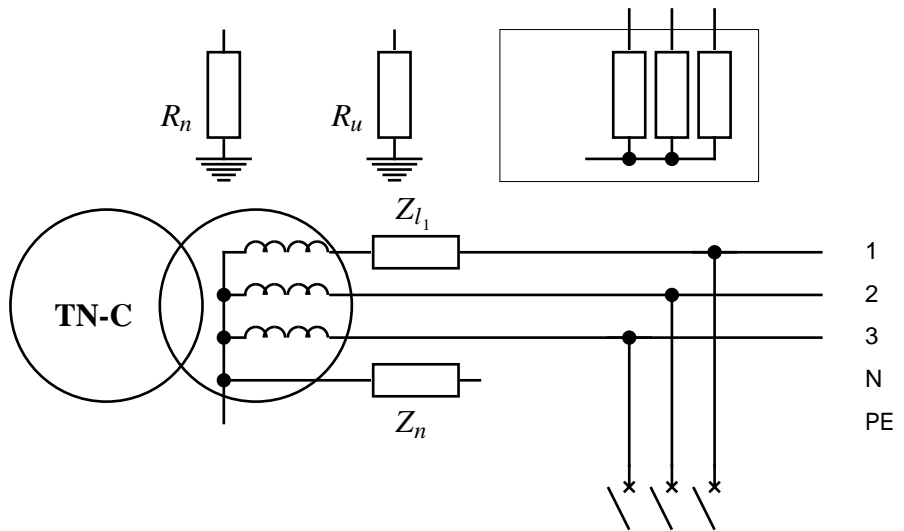
1.1- Compléter les schémas TT, TN-C, IT ci-contre. On note R_u et R_n les résistances des prises de terre.



1.2- On considère le cas d'un court-circuit de résistance proche de zéro entre la carcasse métallique du four et la phase 1.

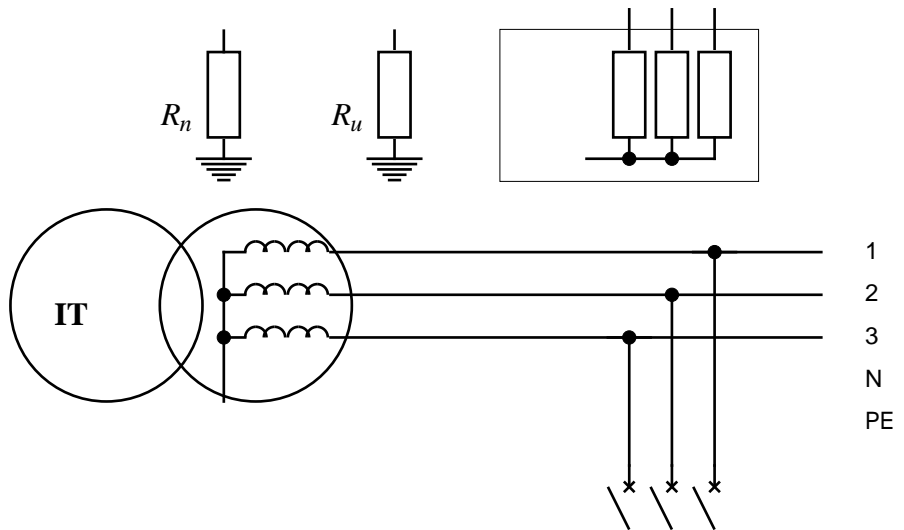
1.2.1- Schéma TT

Surligner le trajet du courant de court-circuit. En déduire l'expression littérale du courant de court-circuit et de la ddp U_c entre l'équipement et la terre.



1.2.2- Schéma TN-C

Mêmes questions. On note Z_n l'impédance de la ligne de neutre et Z_{l_1} celle du fil de phase 1.



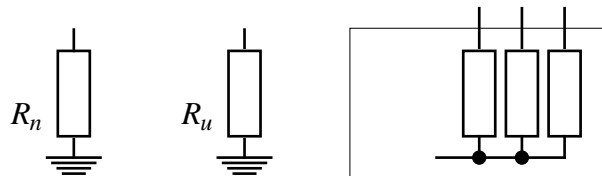
1.2.3- Schéma IT

Mêmes questions. On note Z_d l'impédance, très grande, du système détecteur-limiteur de surtension.

1.2.4- Schéma IT

On suppose un deuxième court-circuit entre la phase 3 et l'équipement. On note Z_{l_1} et Z_{l_3} les impédances des fils de phase 1 et 3.

Mêmes questions.



C11-2- Étude d'un réseau de distribution d'énergie électrique

On considère une installation triphasée constituée des éléments suivants :

- HTA 20 kV entre phases, schéma IT,
- Transformateur Yyn, BTA 400 V entre phases, 25 kVA, schéma TN-C.
- Sectionneur porte-fusible en tête de la distribution.
- Calibres normalisés des fusibles (en A) : 2, 4, 6, 8, 10, 12, 16, 20, 25, 32, 40, 50, 63, 80, 100, etc....

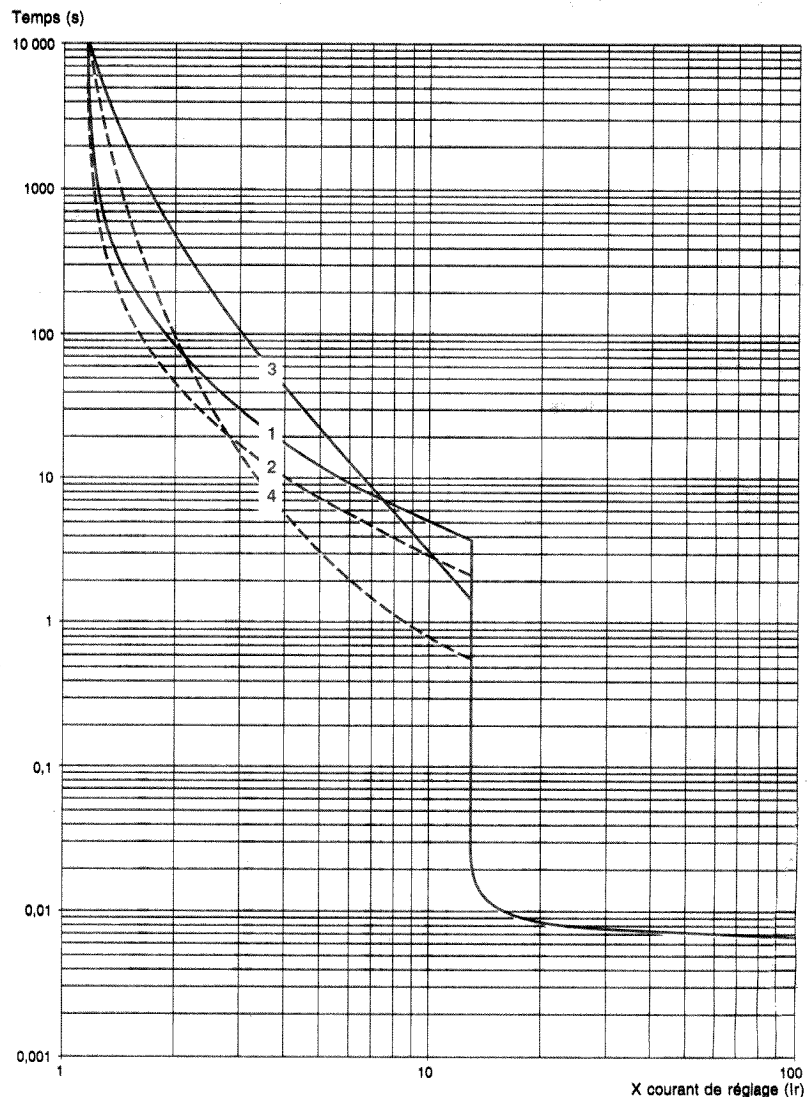
moteur :

puissance utile : $P_u = 11 \text{ kW}$	vitesse : 2910 tr/mn
Y : 690 V / 13 A	Δ : 400 V / 22 A
cos phi : 0,9	
fréquence 50 Hz	

Puissance Moteur (kW)	0,75	1,5	2,2	4	7,5	11	18,5	30	40
Calibre Disjoncteur In (A)	2,5	4	6	10	16	25	40	63	80

Courbes de déclenchement magnéto-thermiques

Temps moyen de fonctionnement à 20 °C en fonction des multiples du courant de réglage.



- 1 3 pôles à froid, calibre 1,6...16 A
- 2 3 pôles à chaud, calibre 1,6...16 A
- 3 3 pôles à froid, calibre 25...80 A
- 4 3 pôles à chaud, calibre 25...80 A

Cette installation alimente :

- Un four : branchement étoile, neutre sorti ; puissance 6 kW. Commutation par interrupteur-sectionneur à fusibles.
- Un moteur AC (plaque signalétique ci-dessus)
- Protection moteur par disjoncteur magnéto-thermique tripolaire 400 V, boîtier IP657 (doc SCHNEIDER Electrique)
- Commutation 1 sens de marche par contacteur tripolaire. Relais de commande alimenté en 230 V.
- Ce moteur est relié à la distribution principale par une ligne type 4G10mm² de longueur l

1- Schéma

Faire le schéma complet de l'installation.

2- Calculs de Puissance

2.1- Calculer la valeur des résistances qui composent le four.

2.2- Calculer la puissance active, la puissance réactive, le rendement du moteur.

2.3- Calculer la puissance active, la puissance réactive, la puissance apparente totales de l'installation.

3- Appareillage de protection

3.1- Compte tenu de la puissance apparente installée, quel doit être le calibre des fusibles de protection générale ?

3.2- Quel doit être le calibre des fusibles de protection du four ?

3.3a- Quel est le calibre du disjoncteur de protection du moteur ?

3.3b- Sensibilité du déclencheur thermique : quel doit être son courant de réglage I_r ?

3.3c- Sensibilité du déclencheur magnétique : courant de court-circuit $I_f = 20 I_r$

3.3d- Pour une surcharge égale à 3 fois le courant nominal du moteur, au bout de combien de temps le disjoncteur thermique se déclenche-t-il ?

3.3d- En cas de court-circuit total, au bout de combien de temps le disjoncteur magnétique se déclenche-t-il ?

4- Calcul de ligne

4.1- Dans le cas où l'équipement est en défaut, le guide UTE C15-105 estime que la tension de défaut U_c entre phase et neutre (aux bornes de l'impédance de la ligne) n'excède pas 0,8 fois V (V : tension entre phase et neutre). Montrer que la longueur maximale de la ligne est :

$$l_{\max} = \frac{0,8V}{\rho \left(\frac{1}{S_{ph}} + \frac{1}{S_{PE}} \right) I_f}$$

ρ	résistivité des conducteurs de phase
S_{ph}	section des conducteurs de phase
S_{PE}	section du conducteur de neutre
I_f	courant de fonctionnement du dispositif de protection

4.2- A.N. : on ne considère que le moteur, dont on a calculé le courant I_f en 3.3c. On donne : résistivité du cuivre à 20°C : $1,72 \cdot 10^{-8} \Omega\text{m}$. Calculer la longueur maximale de la ligne l_{\max} qui alimente le moteur.

4.3- La longueur de cette ligne est portée à 150 m. La sécurité des personnes est-elle encore assurée ? Dans la négative, quelle solution peut-on envisager ?

5- Habilitation électrique

5.1- On demande à un opérateur de mesurer l'intensité du courant circulant dans la ligne de distribution à l'aide d'une pince ampèremétrique. Quel doit être son niveau d'habilitation ?

5.2- Le chargé de consignation effectue préalablement la mise hors tension de cette installation, selon une procédure dont les étapes sont indiquées ci-dessous par ordre alphabétique. Classer ces étapes dans leur ordre chronologique normal :

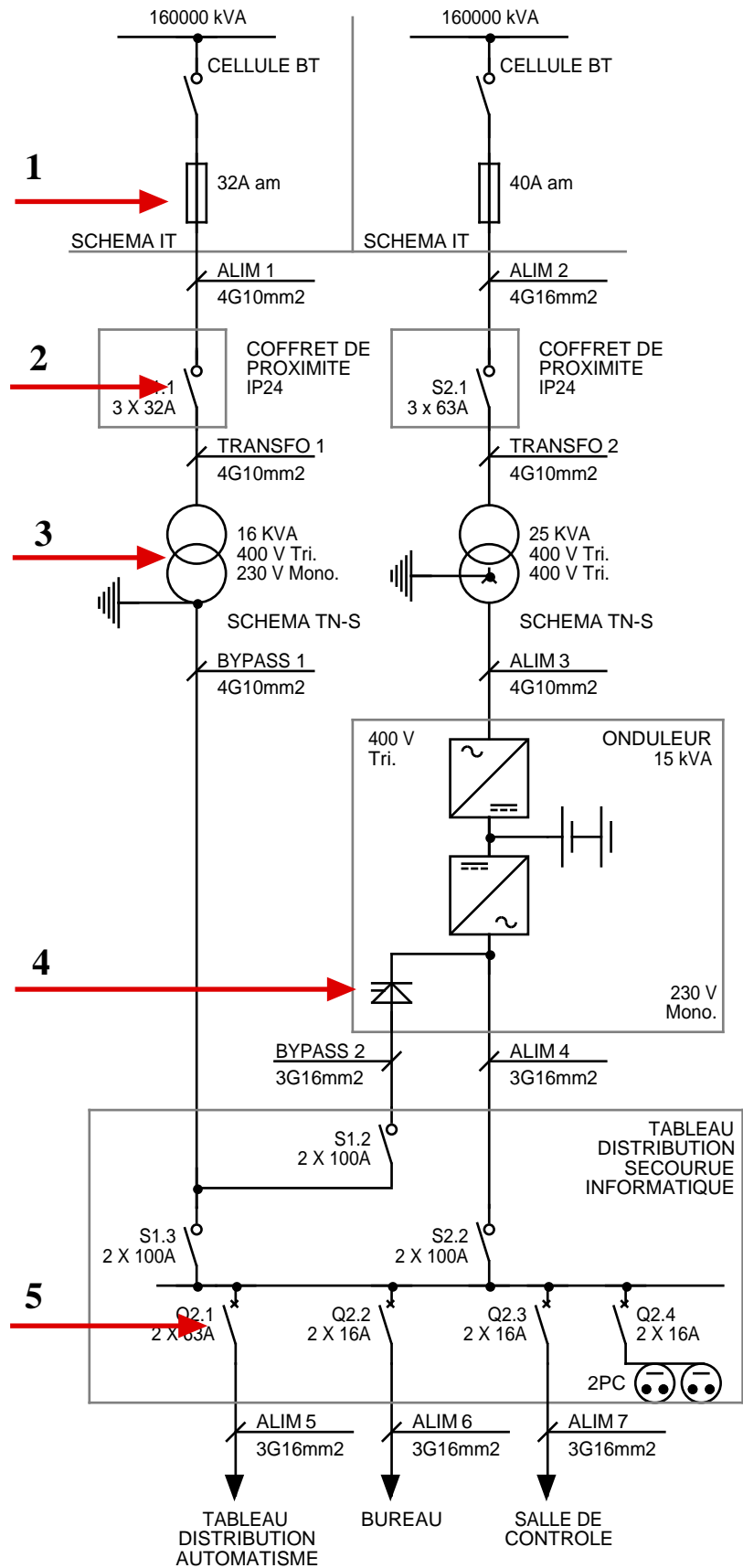
Attestation de consignation pour travaux / CCT / Condamnation / Délimitation de la zone de travail / Identification / MALT / Séparation / VAT

5.3- Préciser le schéma électrique résultant de cette consignation.

C11-3- Lecture de schéma

On donne d'une installation industrielle le schéma filaire ci-contre.

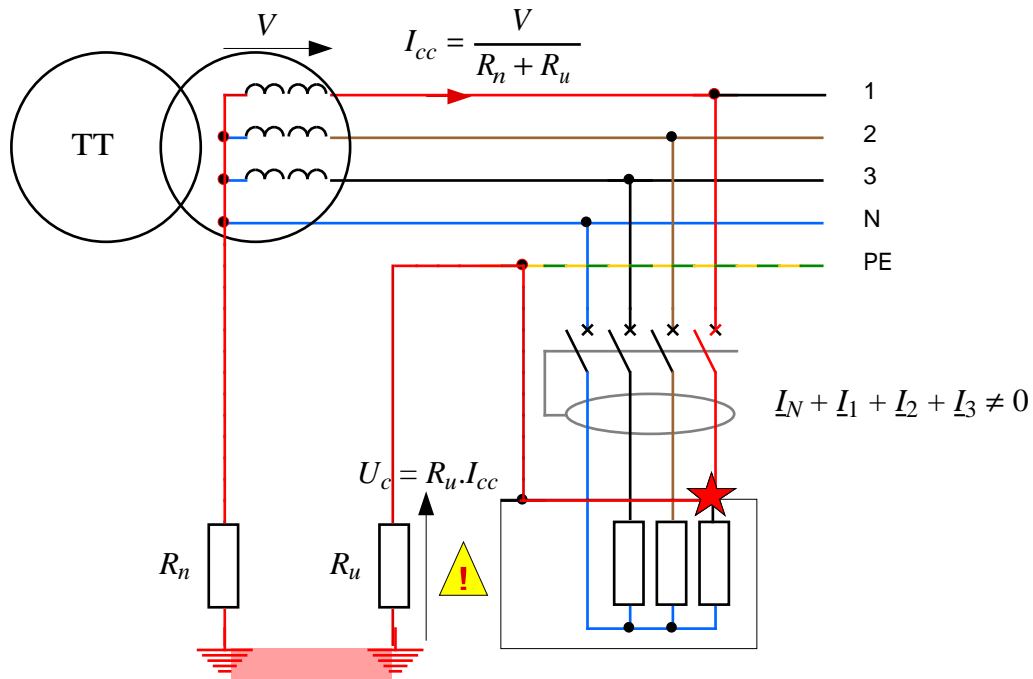
- a) Préciser le nom des composants désignés par une flèche.
- b) Rappeler le schéma TN-S
- c) Que signifie le sigle "IP24" sur les coffrets de proximité ?
- d) Que signifie le sigle "4G10mm2" ?
- e) Quelle est la valeur maximale du courant de sortie délivré par l'onduleur ?
- f) Quelle doit être la capacité en Ah des batteries associées pour assurer une sauvegarde de 30 mn? On donne : $U_{bat} = 128 V$



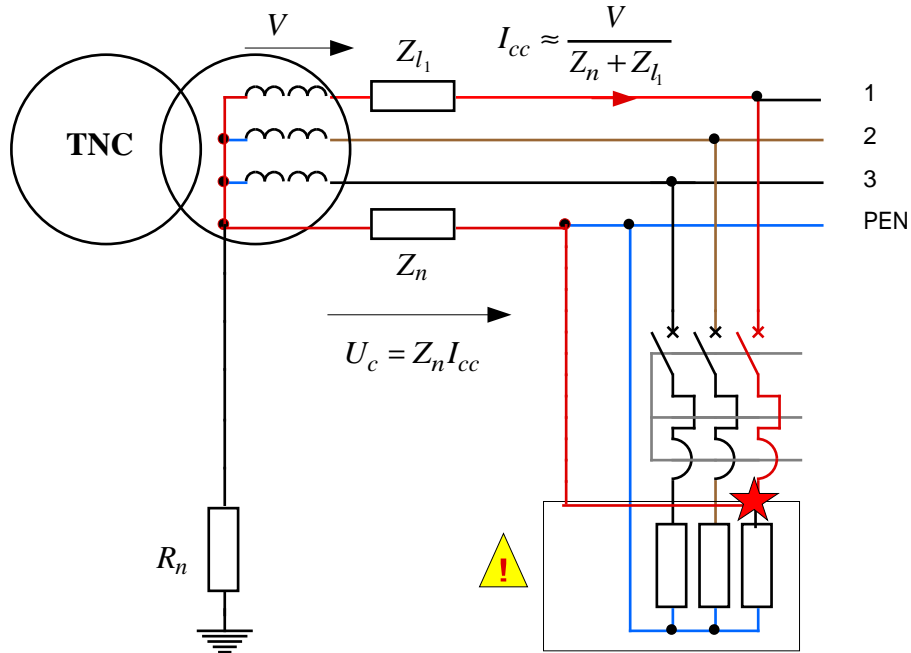
REPONSES

C11-1- Schémas de liaisons à la terre (régimes de neutre), dans le cas général

1.2.1- Schéma TT (court-circuit en rouge)

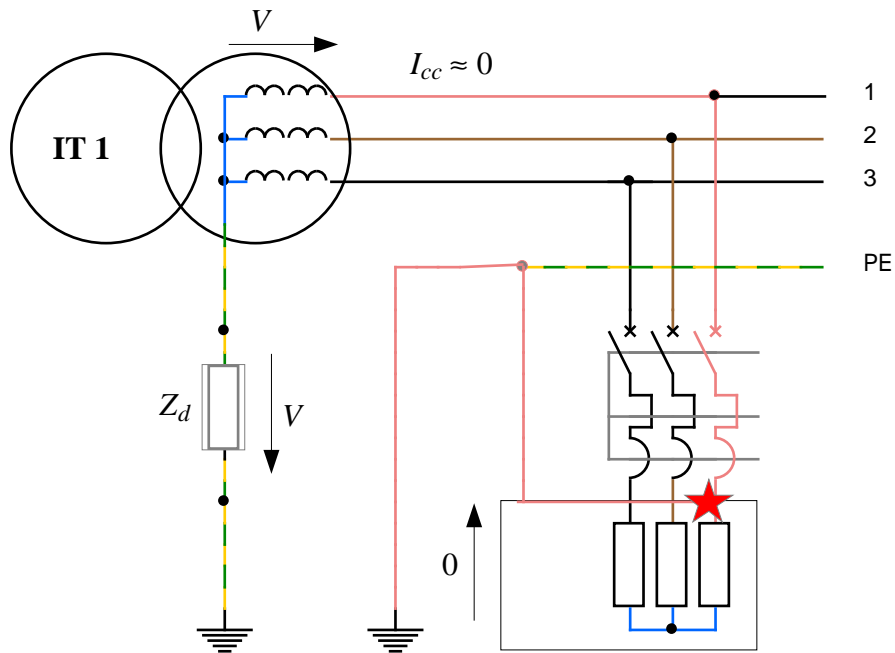


1.2.2- Schéma TN-C

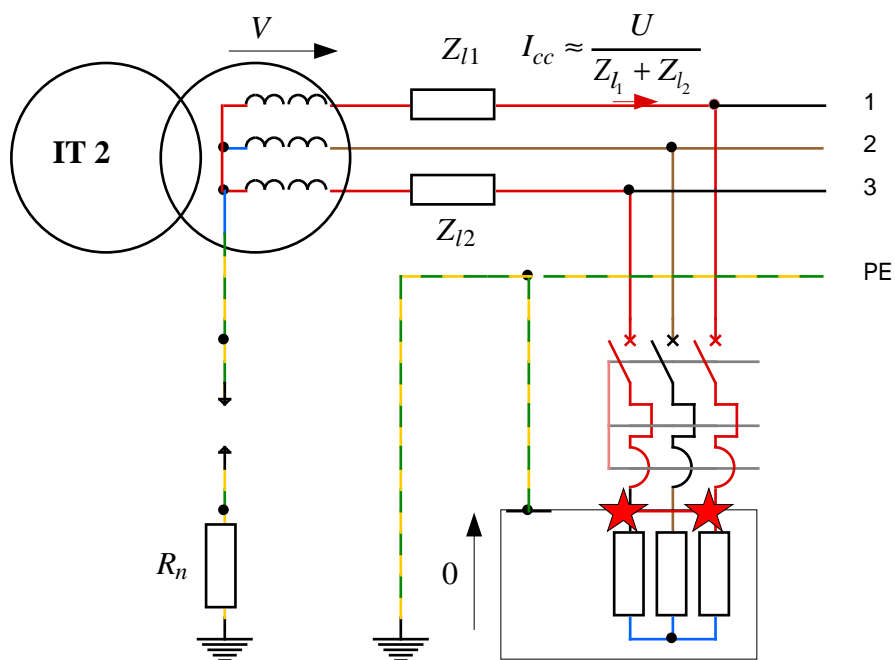


1.2.3- Schéma IT, 1er défaut

Il n'y a pas de courant de court-circuit notable, car l'impédance Z_d est très grande.

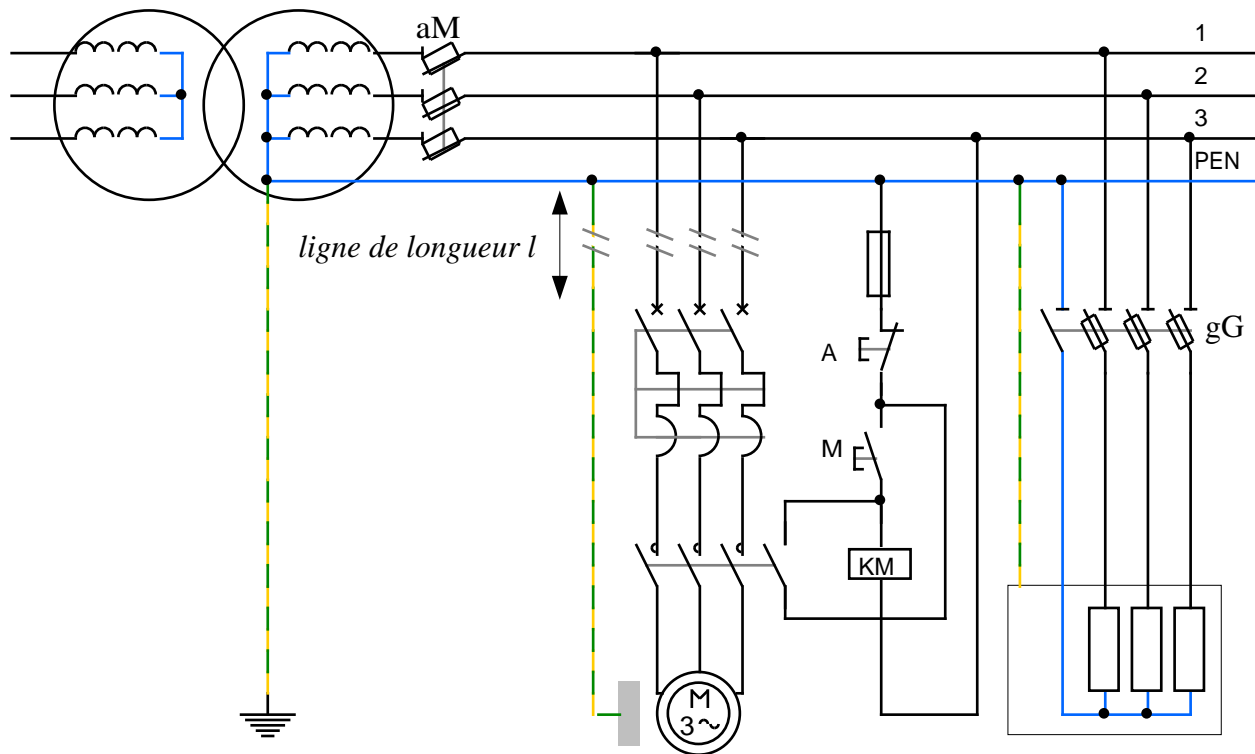


1.2.4- Schéma IT, deuxième défaut



C11-2- Étude d'un réseau de distribution d'énergie électrique

1- Schéma



2- Calcul de la puissance installée (par application du théorème de Boucherot) :

Four : puissances active et réactive, courant de ligne :

$$P_F = 6000 \text{ W}$$

$$I_F = \frac{P_F}{3.230} = \frac{6000}{3.230} \approx 8,7 \text{ A} \quad (\Rightarrow \text{résistance par phase : } R \approx 230/8,7 = 26,4 \Omega)$$

$$Q_F = 0$$

Moteur : puissances active et réactive :

$$P_M = \sqrt{3}UI_M \cos \varphi = \sqrt{3}.400.22.0,9 \approx 13,7 \text{ kW}$$

$$Q_M = \sqrt{3}UI_M \sin \varphi = \sqrt{3}.400.22.0,436 \approx 6,6 \text{ kVAR}$$

$$\Rightarrow \text{rendement } \eta \approx 11/13,7 = 80\%$$

Total : puissances active, réactive, apparente, et courant de ligne :

$$P = P_F + P_M = 6 + 13,7 = 19,7 \text{ kW}$$

$$Q = Q_M = 6,6 \text{ kVAR}$$

$$S = \sqrt{P^2 + Q^2} = \sqrt{19,7^2 + 6,6^2} \approx 20,8 \text{ kVA}$$

$$I = \frac{S}{\sqrt{3}U} = \frac{20800}{\sqrt{3}.400} \approx 30 \text{ A}$$

3- Appareillage de protection

3.1- $I_{\text{ligne}} = 30 \text{ A} \Rightarrow$ calibre des fusibles de protection générale : 32A, type aM (démarrage moteur)

3.2- Calibre des fusibles de protection du four

$I_F = 8,7 \text{ A} \Rightarrow$ fusible calibre 10 A, type gG.

3.3- Disjoncteur de protection du moteur :

Calibre : $I_n = 25 \text{ A}$

Courant de réglage : $I_r = 22 \text{ A}$

Courant de court-circuit $I_f = 20 I_r = 440 \text{ A}$

Surcharge : $I_d = 3I_r = 66 \text{ A} \Rightarrow t_{\text{déclenchement}} \approx 100 \text{ s}$ à froid (courbe 3) ; $\approx 15 \text{ s}$ à chaud (courbe 4)

Court-circuit total : $I_f = 20 I_r \Rightarrow t_{\text{déclenchement}} \approx 8 \text{ à } 9 \text{ ms}$

4- Calcul de ligne

4.1- La résistance totale de la ligne est donnée par la formule :

$$R_{\text{ligne}} = \rho \frac{l}{S_{ph}} + \rho \frac{l}{S_{PE}} = \rho l \left(\frac{1}{S_{ph}} + \frac{1}{S_{PE}} \right)$$

Sachant que $0,8V = R_{\text{ligne}} \cdot I$ avec $I \leq I_f$, on trouve : $l \leq \frac{0,8V}{\rho \left(\frac{1}{S_{ph}} + \frac{1}{S_{PE}} \right) I_f}$

$$4.2- l \leq \frac{0,8 \cdot 230}{1,72 \cdot 10^{-8} \frac{2}{10 \cdot 10^{-6}} 440} \approx 121 \text{ m}$$

4.3- La sécurité des personnes n'est plus assurée : il faut augmenter la section des câbles.

5- Habilitation électrique

5.1- tension de service 400V \Rightarrow BTA \Rightarrow habilitation B1V ou BR

5.2- Séparation

Condamnation

Identification

VAT (Vérification d'Absence de Tension)

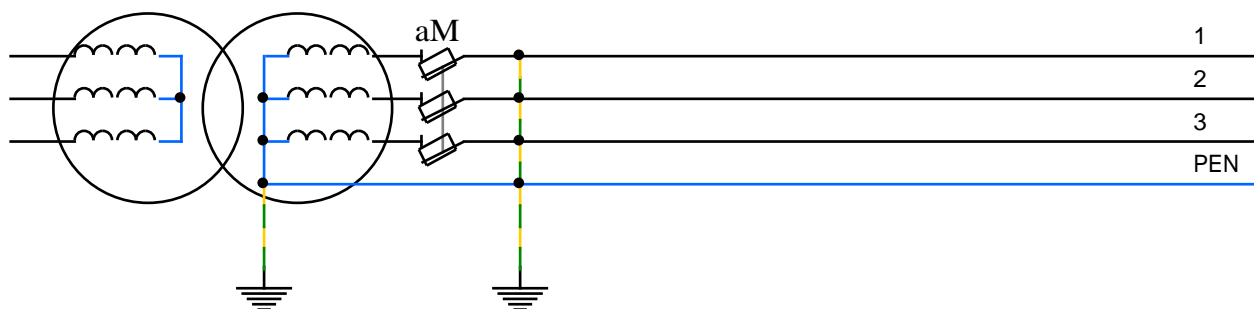
MALT (Mise A La Terre)

CCT (Mise en Court-Circuit)

Délimitation de la zone de travail

Attestation de consignation pour travaux

5.3-



C11-3- Lecture de schéma

- a) 1- fusible
 2- interrupteur
 3- transformateur
 4- thyristor
 5- disjoncteur

b) *Voir cours*

c) Indice de protection (IP) :

2 : protégé contre les corps solides de diamètre supérieur à 12 mm (doigt d'épreuve longueur 80 mm)

4 : protégé contre les projections d'eau de toutes directions

d) Câble 4 fils de section 10 mm^2 chacun ($I_{\max} = 70 \text{ A}$ en monophasé)

e) $I_{\max} = \frac{P}{V} = \frac{15000}{230} \approx 65 \text{ A}$

f) Énergie emmagasinée : $W = U_{bat} \overbrace{I t}^P = P t = U_{bat} \underbrace{Q}_Q \Rightarrow Q = \frac{P t}{U_{bat}} = \frac{15000 \cdot 0,5}{128} \approx 60 \text{ Ah}$