

Exercice 1

Régimes de Neutre : T T

Installations en régime T T, alimentées par un réseau triphasé 400 V :

- **Rn : résistance de la prise de terre du neutre**
- **Ra : résistance de la prise de terre des masses**

On donne $R_n = R_a = 22 \Omega$.

Calculer la tension de contact masses/terre, U_c , lors d'un défaut franc sur l'un des récepteurs.

Même question si le défaut a une résistance $R_d = 50 \Omega$; cette nouvelle valeur est-elle dangereuse ? Si oui, donner les temps de coupure maximum du dispositif de protection en fonction du type de local .

Exercice 1

Régimes de Neutre : T T

En cas de défaut franc :

$$U_c = \frac{Ra}{Ra + Rn} V = \frac{V}{2} = 115 \text{ V}$$

En cas de défaut de résistance Rd :

$$U_c = \frac{Ra}{Ra + Rn + Rd} V = 54 \text{ V}$$

Pas de danger en **milieu sec**

En **milieu humide**, les courbes de sécurité donnent un délai de coupure de **0,35 s**

En **milieu immergé**, les courbes de sécurité donnent un délai de coupure de **0,1 s**

Exercice 2

Régimes de Neutre : T T

Installations en régime T T, alimentées par un réseau triphasé 400 V :

- **R_n : résistance de la prise de terre du neutre**
- **R_a : résistance de la prise de terre des masses**

Calculer R_a pour qu'un DDR de sensibilité 300 mA soit une bonne protection (donner les 3 valeurs selon le type de local). Vu la tension d'alimentation et en cas de défaut franc, donner la valeur maximale de R_a garantissant le déclenchement si R_n = 10 Ω.

Exercice 2

Régimes de Neutre : T T

En milieu **sec** : $Ra \leq \frac{50}{0,3} = 167 \ \Omega$

En milieu **humide** : $Ra \leq \frac{25}{0,3} = 83 \ \Omega$

En milieu **immergé** : $Ra \leq \frac{12}{0,3} = 40 \ \Omega$

Pour garantir le déclenchement, le courant de défaut doit être :

$$I_d = \frac{231}{10 + Ra} \geq 0,3 \Rightarrow Ra \leq 760 \ \Omega$$

Exercice 3

Régimes de Neutre : T T

Installations en régime T T, alimentées par un réseau triphasé 400 V :

- **R_n : résistance de la prise de terre du neutre**
- **R_a : résistance de la prise de terre des masses**

Avec $R_n = 20 \Omega$, $R_a = 150 \Omega$ et un DDR de sensibilité 300 mA, un récepteur présente un défaut phase/masse de résistance 650 Ω .

S'il n'y a pas déclenchement, donner la valeur maximale de la résistance du corps d'une personne qui, touchant cette masse, fait déclencher à coup sûr le DDR.

Après remplacement du DDR, le déclenchement est systématique, pourquoi ?

Exercice 3

Régimes de Neutre : T T

Il peut ne pas y avoir déclenchement car le courant de défaut est :

$$I_d = \frac{231}{20 + 150 + 650} = 280 \text{ mA}$$

Si une personne vient à toucher cette masse, la résistance R_h de son corps vient se connecter en parallèle sur R_a . Pour garantir le déclenchement, le courant de défaut doit atteindre alors 300 mA, d'où une résistance totale de :

$$R_{tot} = \frac{231}{0,3} = 767 \text{ } \Omega \Rightarrow R_a // R_h \leq 97 \text{ } \Omega \Rightarrow R_h \leq 275 \text{ } \Omega$$

Une telle résistance étant impossible, le déclenchement n'est pas garanti. Par contre, un nouvel appareil dont le seuil de déclenchement est I_{Δ} tel que : $\frac{I_{\Delta n}}{2} \leq I_{\Delta} \leq I_{\Delta n}$ pourra très bien déclencher si son seuil est inférieur à 280 mA.

Exercice 4

Régimes de Neutre : T T

Installations en régime T T, alimentées par un réseau triphasé 400 V :

- R_n : résistance de la prise de terre du neutre
- R_a : résistance de la prise de terre des masses

Une usine comporte 3 bâtiments ayant des prises de terre des masses séparées et on a relevé $R_{a1} = 150 \Omega$; $R_{a2} = 500 \Omega$; $R_{a3} = 50 \Omega$. Les deux premiers sont considérés comme milieux humides alors que le 3ème est sec.

3 DDR sont donc nécessaires, déterminer la sensibilité de chacun.

Ces sensibilités seraient-elles modifiées si l'on interconnecte les trois prises de terre ?

Pourra-t-on bénéficier pleinement de cette modification dans le bâtiment 2 qui comporte un risque d'incendie ?

On trouve les sensibilités suivantes : **10, 30, 100, 300, 500, 650, 1000 et 3000 mA.**

Exercice 4

Régimes de Neutre : T T

Bâtiment 1, milieu humide : $I_{\Delta n} \leq \frac{25}{150} = 167 \text{ mA} \Rightarrow 100 \text{ mA}$

Bâtiment 2, milieu humide : $I_{\Delta n} \leq \frac{25}{500} = 50 \text{ mA} \Rightarrow 30 \text{ mA}$

Bâtiment 3, milieu sec : $I_{\Delta n} \leq \frac{50}{50} = 1 \text{ A} \Rightarrow 1 \text{ A}$

Si les 3 prises de terre sont connectées en parallèle, la résistance équivalente est :

$$\frac{1}{R_{\text{éq}}} = \frac{1}{150} + \frac{1}{500} + \frac{1}{50} \Rightarrow R_{\text{éq}} = 34,9 \Omega$$

$$I_{\Delta n} \leq \frac{25}{34,9} = 716 \text{ mA} \Rightarrow 650 \text{ mA}$$

Possible dans le bâtiment 1 mais le bâtiment 2 ne peut dépasser 300 mA du fait du risque d'incendie; pas de changement pour le bâtiment 3.

Exercice 5

Régimes de Neutre : T T

Installations en régime T T, alimentées par un réseau triphasé 400 V :

- **R_n : résistance de la prise de terre du neutre**
- **R_a : résistance de la prise de terre des masses**

On a $R_n = 10 \Omega$ et $R_a = 15 \Omega$. Un récepteur mobile monophasé résistif, d'une puissance de 900 W, est alimenté par un câble $3 \times 1,5 \text{ mm}^2$ ($\rho = 22 \text{ n}\Omega \cdot \text{m}$) long de 150 m.

En absence de DDR, le disjoncteur magnéto-thermique (C60N courbe C) protégera-t-il la personne en cas de défaut franc ? Si oui, au bout de combien de temps déclenchera-t-il ?

On pose un DDR de sensibilité 30 mA. Le câble est endommagé mais seul le PE est sectionné et l'isolement de la phase par rapport à la masse du récepteur est tombé à $8\,000 \Omega$. Le milieu est humide et on admet que la résistance du corps humain peut varier de 500 à $2\,000 \Omega$. Une personne sera-t-elle protégée si elle touche la masse du récepteur ? Y a-t-il un remède ?

Exercice 5

Régimes de Neutre : T T

Le courant absorbé est : $I = \frac{900}{231} = 3,9 \text{ A}$ Un disjoncteur de calibre **4 A** est donc possible.

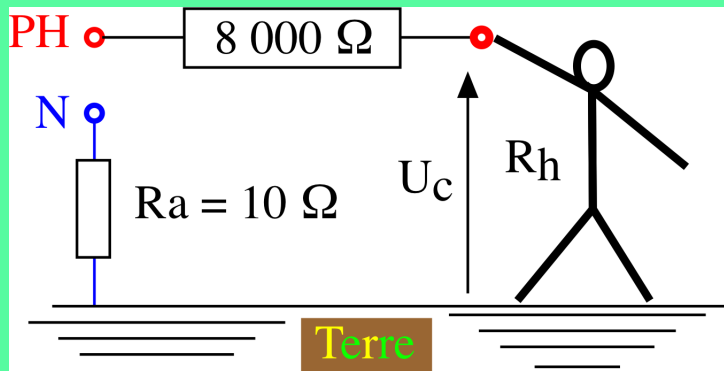
Les résistances des conducteurs sont : $R_{PH} = R_{PE} = 0,022 \times \frac{150}{1,5} = 2,2 \text{ } \Omega$

Le courant de défaut serait donc :

$$I_D = \frac{231}{10 + 15 + 2,2 + 2,2} = 7,86 \text{ A soit } \approx 2I_n \Rightarrow 15 \text{ s} \leq \Delta t \leq 150 \text{ s}$$

Alors que la tension de contact serait :

$$U_C = \frac{15 + 2,2}{10 + 15 + 2,2 + 2,2} \times 231 = 135 \text{ V} \Rightarrow \text{Délai Maxi} = 50 \text{ ms}$$



$$\frac{231}{10\ 000} = 23,1 \text{ mA} \leq I_D \leq \frac{231}{8\ 500} = 27,2 \text{ mA}$$
$$\frac{500}{8500} \times 231 = 13,6 \text{ V} \leq U_C \leq \frac{2000}{10\ 000} \times 231 = 46,2 \text{ V}$$

Possibilité de non déclenchement mais le danger est réduit. Passer éventuellement à **10 mA** mais avec des risques de déclenchements intempestifs.

Exercice 1

Régimes de Neutre : T N

Installations en régime T N, alimentées par un réseau triphasé 400 V

Dans une usine alimentée par un transformateur 20 kV / 400 V au secondaire duquel le régime de neutre "TNC" a été choisi, on doit installer un moteur asynchrone triphasé au bout d'un câble en cuivre d'une longueur de 300 m. et dont la section des conducteurs de phase et de protection est de 25 mm².

- Quel est le calibre du disjoncteur de type C nécessaire pour garantir la protection des personnes contre les contacts indirects ?
- Quelle est alors la puissance maximum possible du moteur si le démarrage, effectué en direct ($I_d = 6 I_n$, $\cos\varphi = 0,9$), a une durée de 10 s. ?
- Mêmes questions dans le cas d'une protection assurée par des fusibles aM .

Exercice 1

Régimes de Neutre : T N

Avec disjoncteur courbe C :

Tableau VI : 25 mm² / 319 m ==> **calibre 32 A**

Pour un courbe C, le courant max pour tenir 10 s est de 2I_n soit 64 A.

Ce qui conduit à un courant nominal moteur de 10 A et une puissance absorbée :

$$P_{ABS} = UI\sqrt{3} \cos \varphi = 400 \times 10 \times \sqrt{3} \times 0,9 = 6235 \text{ W} \quad \text{Soit un moteur standard plaqué } \mathbf{5,5 \text{ kW}}$$

Exercice 1

Régimes de Neutre : T N

Avec disjoncteur courbe C :

Tableau VI : 25 mm² / 319 m ==> **calibre 32 A**

Pour un courbe C, le courant max pour tenir 10 s est de 2I_n soit 64 A.

Ce qui conduit à un courant nominal moteur de 10 A et une puissance absorbée :

$$P_{ABS} = UI\sqrt{3} \cos \varphi = 400 \times 10 \times \sqrt{3} \times 0,9 = 6235 \text{ W} \quad \text{Soit un moteur standard plaqué } \mathbf{5,5 \text{ kW}}$$

Avec fusible aM :

Tableau II : 25 mm² / 300 m ==> **calibre 25 A**

La courbe de fusion donne un courant max, pour tenir 10 s, de 130 A.

Ce qui conduit à un courant nominal moteur de 20 A et une puissance absorbée :

$$P_{ABS} = UI\sqrt{3} \cos \varphi = 400 \times 20 \times \sqrt{3} \times 0,9 = 12\,470 \text{ W} \quad \text{Soit un moteur standard plaqué } \mathbf{11 \text{ kW}}$$

Rq : Le relais thermique devra être réglé assez haut : $4I_r = 120 \text{ A} \Rightarrow I_r = 30 \text{ A} > I_n \text{ moteur}$

Exercice 2

Régimes de Neutre : T N

Installations en régime T N, alimentées par un réseau triphasé 400 V

Dans la même usine que ci-dessus et avec le même type de câble, on doit à présent alimenter un moteur asynchrone triphasé d'une puissance plaquée de 37 kW (on prendra $\eta = \cos\varphi = 0,92$).

- **Protection par disjoncteur** : Quel type et quel calibre choisir pour assurer une liaison la plus longue possible tout en étant protégé contre les contacts indirects ; quelle longueur maximum obtient-on alors ? Donner la valeur de la tension de contact pour cette longueur .
- **Protection par fusibles** : Mêmes questions

Exercice 2

Régimes de Neutre : T N

Avec disjoncteur :

Le courant nominal moteur sera : $I_n = \frac{37\ 000}{0,92 \times 400 \sqrt{3} \times 0,92} = 63\ A$

Avec une durée de démarrage raisonnable, on peut choisir un calibre de disjoncteur de **63 A**

Les longueurs de câble en fonction des courbes seront :

- Type B : $25\ \text{mm}^2 \implies L = 325\ \text{m}$
- Type C : $25\ \text{mm}^2 \implies L = 162\ \text{m}$
- Type D : $25\ \text{mm}^2 \implies L = 81\ \text{m}$
- Type « Usage général » : $25\ \text{mm}^2 / I_d = 400\ A \implies L = 213\ \text{m}$

Pour un type B et avec $m = 1$, la tension de contact sera : $U_c = \frac{0,8}{2} \times 231 = 92\ V$

Avec fusible aM :

Pour un calibre **63 A**, le tableau II indique : $25\ \text{mm}^2 \implies L = 119\ \text{m}$

La tension de contact est la même.

Exercice 3

Régimes de Neutre : T N

Installations en régime T N, alimentées par un réseau triphasé 400 V

Dans cette même usine, un four électrique industriel d'une puissance en triphasé de 150 kW est alimenté par 3 câbles de phase en cuivre d'une section de 240 mm². La longueur de la liaison est de 200 m.

On souhaite économiser sur la section du conducteur de protection (PEN), peut-on le faire ?
Si oui, jusqu'à quelle section S_{PE} peut-on descendre et avec quelle protection ?

Exercice 3

Régimes de Neutre : T N

Une puissance de 150 kW implique un courant : $I = \frac{150\,000}{400\sqrt{3}} = 216,5 \text{ A}$

On a le droit de réduire la section du conducteur de protection jusqu'à $\frac{S_{PH}}{2} = 120 \text{ mm}^2$

$$m = 2 \Rightarrow U_c = \frac{0,8 \times 2}{3} \times 231 = 123 \text{ V} \Rightarrow \text{Délai max } i = 60 \text{ ms}$$

Pour $L = 200 \text{ m}$, le courant de défaut est alors :

$$I_D = \frac{0,8 V S_{PH}}{\rho L (1 + m)} = \frac{0,8 \times 231 \times 240 \times 10^{-6}}{22 \times 10^{-9} \times 200 \times 3} = 3350 \text{ A}$$

Avec un fusible gG 250 A, la protection est impossible car le délai de fusion serait trop long. Par contre, avec un disjoncteur de calibre 250 A, c'est possible quelle que soit la courbe car

cela fait un : $\frac{I_D}{I_n} = 13,4$

Exercice 4

Régimes de Neutre : T N

Installations en régime T N, alimentées par un réseau triphasé 400 V

On doit à présent dans cette usine, pour les besoins d'un chantier extérieur, ajouter un départ destiné à un outillage portatif d'une puissance monophasée de 2,2 kW.

Déterminer le type et la section du câble que vous proposeriez et la longueur maximum correspondante.

Préciser le schéma et l'appareillage de protection à mettre en œuvre.

Exercice 4

Régimes de Neutre : T N

Pour un outil portatif, le schéma **TNS** est obligatoire. Il s'agit d'un récepteur monophasé, on prendra donc un câble **3 fils Ph - N - PE** avec $S_{ph} = S_{PE}$.

Le courant nominal de l'appareil est de **10 A**. Selon le type de protection on obtiendra les longueurs maxi suivantes :

Type de protection	Section de 4 mm ²	Section de 6 mm ²	Section de 10 mm ²
Fusible gG 16 A	95 m	142 m	237 m
Disj. type B 13 A	252 m	377 m	629 m
Disj. type B 16 A	204 m	307 m	511 m
Disj. type C 13 A	126 m	189 m	315 m
Disj. type C 16A	102 m	153 m	256 m