

Exercice 1

Protection du matériel

Lors d'un court-circuit de valeur efficace présumée 8 000 A et avec un $\cos\varphi$ très faible, la valeur maximum réellement atteinte en fin de préarc est égale à 20 % de la première crête présumée. Durant le préarc, entre 0 et la valeur crête atteinte en 3,2 ms, on admet un courant de forme sinusoïdale.

Calculer la contrainte thermique de préarc.

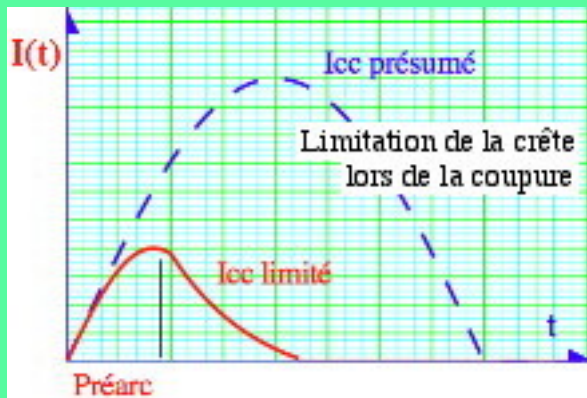
Exercice 1

Protection du matériel

La 1ère crête présumée est de $8000 \times 2,5 = 20\,000\text{ A}$, donc la crête réellement atteinte sera :

$$\hat{I} = 0,2 \times 20\,000 = 4000\text{ A}$$

$$CT = \int_0^{t_c} i^2(t) dt = \hat{I}^2 \int_0^{t_c} \sin^2 \omega t dt = \frac{\hat{I}^2}{\omega} \int_0^{\frac{\pi}{2}} \sin^2 \theta d\theta \text{ avec } \omega t_c = \frac{\pi}{2}$$



D'où :

$$CT = \hat{I}^2 \frac{t_c}{2} = 25\,600\text{ A}^2 \cdot \text{s}$$

Exercice 2

Protection du matériel

Soit un fusible standard de 16 A gG :

1° - Donner la fourchette de courants à l'intérieur de laquelle le fusible peut fondre ou ne pas fondre durant le temps conventionnel.

2° - Pour un courant de court-circuit présumé de 20 kA eff. , à quelle valeur de crête ce fusible limitera-t-il le courant ?

3° - Ce même fusible protège un circuit monophasé 230 V alimentant un groupe de récepteurs totalisant 3500 W (sous $\cos\varphi = 1$) mais un appareil supplémentaire de 3400 W ($\cos\varphi = 1$) est connecté par erreur. Au bout de combien de temps la coupure a-t-elle lieu ?
Même question pour un récepteur de 2800 W ($\cos\varphi = 0,7$).

Exercice 2

Protection du matériel

1° Pour ce fusible le temps conventionnel est de 1h et la fourchette va de :

$$I_{NF} = 1,4 I_n = 22,4 \text{ A} \quad \text{à} \quad I_F = 1,75 I_n = 28 \text{ A}$$

Exercice 2

Protection du matériel

1° Pour ce fusible le temps conventionnel est de 1h et la fourchette va de :

$$I_{NF} = 1,4 I_n = 22,4 \text{ A} \quad \text{à} \quad I_F = 1,75 I_n = 28 \text{ A}$$

2° Pour ce fusible, la consultation des courbes donnent une 1ère crête limitée à **3 kA**.

Exercice 2

Protection du matériel

1° Pour ce fusible le temps conventionnel est de 1h et la fourchette va de :

$$I_{NF} = 1,4 I_n = 22,4 \text{ A} \quad \text{à} \quad I_F = 1,75 I_n = 28 \text{ A}$$

2° Pour ce fusible, la consultation des courbes donnent une 1ère crête limitée à **3 kA**.

3° Pour une tension de **230 V** et une puissance de $3500 + 3400 = \mathbf{6900 \text{ W}}$ avec un $\cos\varphi = 1$, le courant est de **30 A**. Ce qui donne un délai de coupure de **70 s**.

Si le nouveau récepteur a une puissance de 2800 W mais avec un $\cos\varphi = 0,7$, le théorème de Boucherot donne :

$$P = 3500 + 2800 = 6300 \text{ W} \text{ et } Q = 0 + 2800 \tan(\cos^{-1} 0,7) = 2857 \text{ VAR}$$
$$\Rightarrow I = \frac{\sqrt{P^2 + Q^2}}{V} = 30 \text{ A} \Rightarrow \mathbf{M\^EME \ DELAI}$$

Exercice 3

Protection du matériel

Un câble monophasé en aluminium ($\rho = 36 \text{ n}\Omega\cdot\text{m}$ et $X = 0,08 \text{ m}\Omega/\text{m}$) de 150 m de longueur et de 10 mm^2 de section, alimente un récepteur consommant un courant régulier de 10 A. La source de 230 V présente une impédance interne ($R = 65 \text{ m}\Omega$ et $X = 42 \text{ m}\Omega$). Calculer le courant de court-circuit présumé au niveau du récepteur.

La protection générale (fusible gG 50 A) protège-t-elle correctement le départ ?

Calculer notamment l'énergie que le câble devra dissiper avant la coupure et la température atteinte ($T_a = 40^\circ\text{C}$, $\tau = 5 \text{ s}$ et $K = 10 \text{ W}/^\circ\text{C}\cdot\text{m}^2$).

Proposer une solution pour la protection spécifique du départ.

Exercice 3

Protection du matériel

La résistance du câble est : $R = 36 \times 10^{-9} \times \frac{2 \times 150}{10^{-5}} = 1,08 \ \Omega$

Et la réactance : $X = 0,08 \times 2 \times 150 = 24 \ m\Omega$

L'impédance totale, vis à vis d'un court-circuit au niveau du récepteur, sera donc :

$$Z = \sqrt{(0,065 + 1,08)^2 + (0,042 + 0,024)^2} = 1,147 \ \Omega$$

D'où le courant de court-circuit : $I_{cc} = \frac{V}{Z} = 200,5 \ A$

Pour un fusible **50 A gG**, la courbe donne un délai de coupure de **3 s**

Exercice 3

Protection du matériel

L'échauffement du câble est de la forme : $\theta(t) = \theta_L \left(1 - \exp\left(-\frac{t}{\tau}\right) \right)$ avec $\theta_L = \frac{RI^2}{KS}$

La résistance du câble est : $R = 36 \times 10^{-9} \times \frac{2 \times 150}{10^{-5}} = 1,08 \, \Omega$

La surface d'échange, S, est : $S = 300 \times 2\pi \sqrt{\frac{10^{-5}}{\pi}} = 3,363 \, m^2$

$$\Rightarrow \theta_L = \frac{1,08 \times 200,5^2}{10 \times 3,363} = 1291 \, ^\circ C$$

Pour une durée de **3 s** et avec $\tau = 5 \, s$, la température atteinte sera de :

$$T = 40 + 1291 \left(1 - \exp\left(-\frac{3}{5}\right) \right) = 622 \, ^\circ C$$

Soit une **température beaucoup trop élevée !...**

Il conviendra donc de mettre en place une protection spécifique pour ce départ. Le courant d'emploi étant de 10 A, on peut choisir un fusible **12 A gG** qui coupera le court-circuit en **10 ms**.

Exercice 4

Protection du matériel

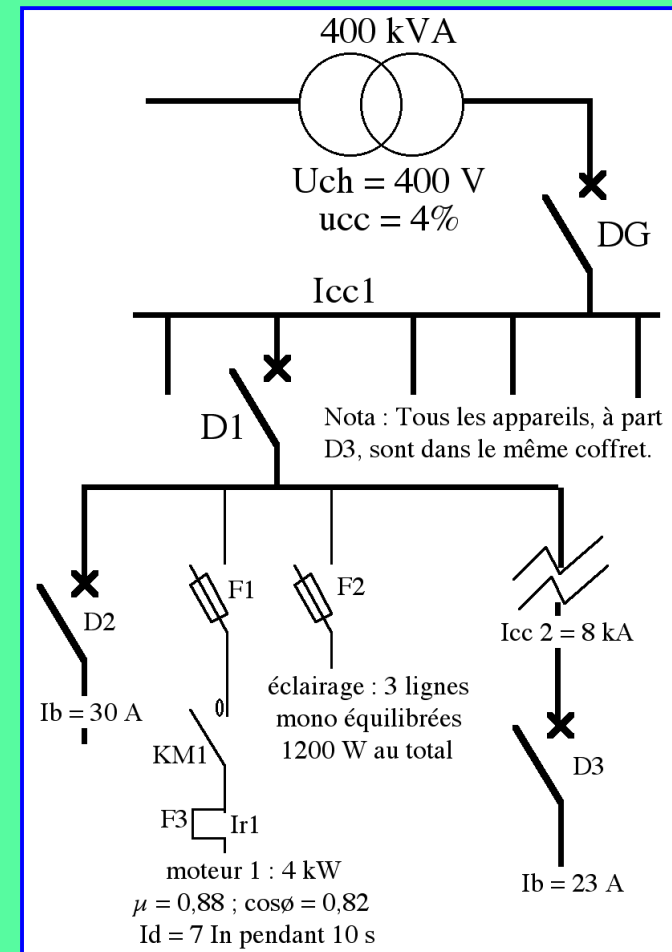
Soit le schéma de distribution ci-contre.

1° - Calculer I_{cc1} puis choisir D2 (calibre et courbe) sachant que l'on souhaite un déclenchement instantané pour $I = 120$ A. Quel est le délai de fonctionnement pour 50 % de surcharge ?

2° - Déterminer F1 et Ir1 mini pour pouvoir fonctionner à la puissance nominale P_n .
A quel pourcentage de P_n a-t-on droit si l'on souhaite un déclenchement au bout d'1 mn. maxi pour 50 % de surcharge (F3 est de classe 10 A) ?

3° - Déterminer F2 (calibre et type).

4° - Choisir D3 et D1 (calibres et courbes) pour avoir la meilleure sélectivité possible tout en gardant un déclenchement instantané.



Exercice 4

Protection du matériel

1° Le courant de court-circuit I_{cc1} est déterminé par le transformateur, soit :

$$I_{cc} = \frac{I_{Sn}}{u_{CC}} = \frac{S_n}{U_s \sqrt{3} u_{CC}} = \frac{400\,000}{400\sqrt{3} \times 0,04} = 14\,434 \text{ A}$$

Cette valeur nous amène à préférer un disjoncteur de la famille **C60L** avec un PdC de **20 kA**.
D2 sera donc un **C60L calibre 32 A**.

On souhaite pour D2 une coupure instantanée avant 120 A, donc le seuil du magnétique doit, à coup sûr, être inférieur à 120 A. Seule une **courbe Z** garantit une telle contrainte ($2,4I_n < I_m < 3,6I_n$ avec ici $32 \times 3,6 = 115 \text{ A}$).

50 % de surcharge signifie un courant de 45 A soit environ $1,5 I_n$. Les courbes donne un délai de l'ordre de 50 s à 5 mn !...

Exercice 4

Protection du matériel

2° Le courant nominal du moteur est :

$$I_n = \frac{P}{\mu U \sqrt{3} \cos \varphi} = \frac{4000}{0,88 \times 400 \sqrt{3} \times 0,82} = 8 \text{ A}$$

Donc **$I_r = 8 \text{ A}$** mais **F1** devra passer la pointe de démarrage de $7 \times 8 = 56 \text{ A}$ pendant 10 s, ce qui nous conduit à choisir un fusible **10 A aM**.

Sur la courbe la plus défavorable du relais thermique, nous constatons qu'un délai de 1 mn correspond à un courant de 3 I_r . Ce courant doit représenter une surcharge de 50 %, soit 12 A. On aura donc **$I_r = 4 \text{ A}$** , ce qui correspond à seulement la **moitié de la puissance nominale**.

Exercice 4

Protection du matériel

3° Le courant consommé est :

$$I_n = \frac{P}{U\sqrt{3} \cos \varphi} = \frac{1200}{400\sqrt{3} \times 1} = 1,73 \text{ A}$$

F2 sera donc un fusible de **2 A gG**

Exercice 4

Protection du matériel

3° Le courant consommé est :

$$I_n = \frac{P}{U\sqrt{3} \cos \varphi} = \frac{1200}{400\sqrt{3} \times 1} = 1,73 \text{ A}$$

F2 sera donc un fusible de **2 A gG**

4° Le courant de court-circuit plus faible autorise pour **D3** un **C60N de calibre 25 A**. Une bonne sélectivité sera obtenue en choisissant une **courbe B** alors que D1 aura une courbe C. Pour D1, la somme des courants d'emploi donne a priori un C60L de calibre 63 A.

Il convient toutefois de vérifier que le démarrage du moteur sera supporté :

La pointe atteint, pour D1, une valeur de :

$$30 + 56 + 1,73 + 23 = \mathbf{110,73 \text{ A et ce pendant 10 s.}}$$

La courbe indique pour 2 In, soit 126 A, un délai mini supérieur à 10 s.

Le choix pour **D1** d'un **C60L de calibre 63 A en courbe C** est donc validé.