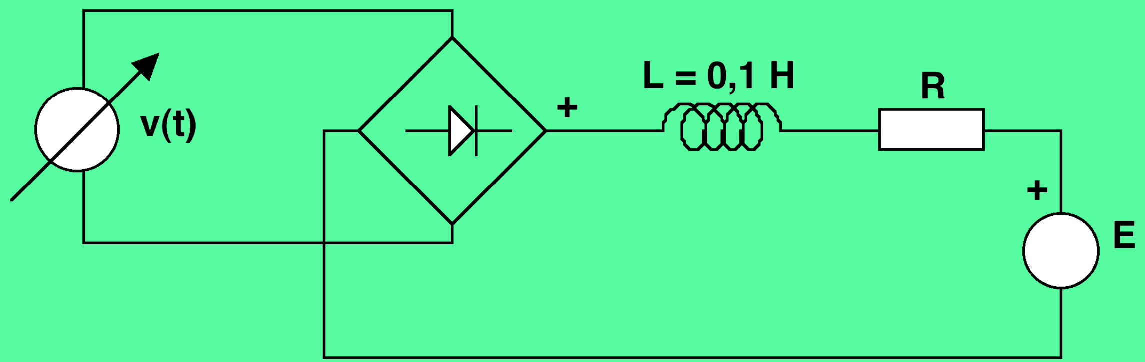
Exercice 11

Pont mono 4 diodes sur moteur CC

Soit un moteur à courant continu de fem E et de résistance d'induit R alimenté dans les conditions ci- dessous . $v(t) = \hat{V}\sin\omega t$, avec f = 50 Hz, est fournie par un autotransformateur.
Les diodes sont supposées parfaites.
Le moteur a les caractéristiques suivantes :

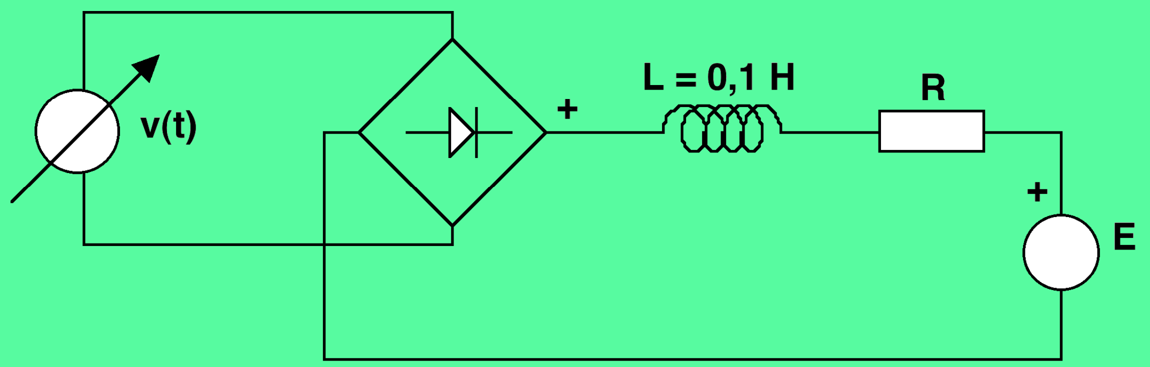
- U_n = 240 V ; In = 50 A ; R = 0,2 Ω; N_n = 1500 tr/mn ;

L représente l'inductance du moteur + une inductance additionnelle.



Exercice 11

Pont mono 4 diodes sur moteur CC



1° - Trouver $\hat{V}$ pour le fonctionnement nominal si on admet être en conduction continue.
2° - Donner la valeur limite de L pour assurer cette conduction continue toujours pour le fonctionnement nominal (on se limitera au 1er harmonique).
3° -Toujours pour le fonctionnement nominal et en se limitant au 1er harmonique, donner la valeur Maxi et mini de i.
4° - Mêmes questions pour un fonctionnement à N_n /10 et à I_n /2.
5° - Décrire qualitativement les phénomènes transitoires liés au passage du fonctionnement nominal au fonctionnement du 4°; on supposera que v(t) est instantanément réglée à la valeur du 4°.

Exercice 11

Pont mono 4 diodes sur moteur CC

1° La tension moyenne côté continu doit être égale à U_n, soit :

$$U_n = \bar{U}_C \Rightarrow \frac{2\hat{V}}{\pi} = 240 \Rightarrow \hat{V} = 377\ V$$

Exercice 11

Pont mono 4 diodes sur moteur CC

1° La tension moyenne côté continu doit être égale à U_n, soit :

$$U_n = \overline{U}_C \Rightarrow \frac{2\hat{V}}{\pi} = 240 \Rightarrow \hat{V} = 377\ V$$

2° La conduction sera continue tant que l'amplitude du 1[er] harmonique restera inférieure au courant moyen.

$$\hat{I}_1 = \frac{\hat{V}_1}{Z_1} = \frac{4\hat{V}}{3\pi Z_1}\ avec\ Z_1 = \sqrt{R^2 + \left(L2\omega\right)^2}$$

Finalement :

$$\hat{I}_1 < \overline{I}_C \Rightarrow Z_1 > \frac{4\hat{V}}{3\pi \overline{I}_C}\ soit\ Z_1 > 3{,}2\ \Omega \Rightarrow L > 5\ mH$$

Exercice 11

Pont mono 4 diodes sur moteur CC

3° Pour la valeur de L du schéma, L = 0,1 H, on a :

$$Z_1 = \sqrt{0{,}2^2 + \left(200\pi \times 0{,}1\right)^2} = 62{,}8\ \Omega \Rightarrow \hat{I}_1 = 2{,}55\ A$$

Le courant I_C varie donc entre **52,55 A** et **47,45 A**

$$\hat{I}_1 = \frac{\hat{V}_1}{Z_1} = \frac{4\hat{V}}{3\pi Z_1}\ avec\ Z_1 = \sqrt{R^2 + \left(L2\omega\right)^2}$$

Finalement : $$\hat{I}_1 < \overline{I}_C \Rightarrow Z_1 > \frac{4\hat{V}}{3\pi \overline{I}_C}\ soit\ Z_1 > 3{,}2\ \Omega \Rightarrow L > 5\ mH$$

Exercice 11

Pont mono 4 diodes sur moteur CC

4° Fonctionnement à $N_n/10$ et à $I_n/2$.

Pour $N_n/10$, la f.e.m. sera :

$$E_n = U_n - R\,I_n = 230\ V \Rightarrow E\left(\frac{N_n}{10}\right) = 23\ V$$

D'où la tension redressée :

$$\bar{U}_C = E + R\frac{I_n}{2} = 28\ V \Rightarrow \hat{V} = 44\ V$$

Il vient :

$$\hat{I}_1 = \frac{4\hat{V}}{3\pi Z_1} = 0{,}3\ A \Rightarrow \begin{cases} I_C Maxi = 25{,}3\ A \\ I_C mini = 24{,}7\ A \end{cases}$$

Exercice 11

Pont mono 4 diodes sur moteur CC

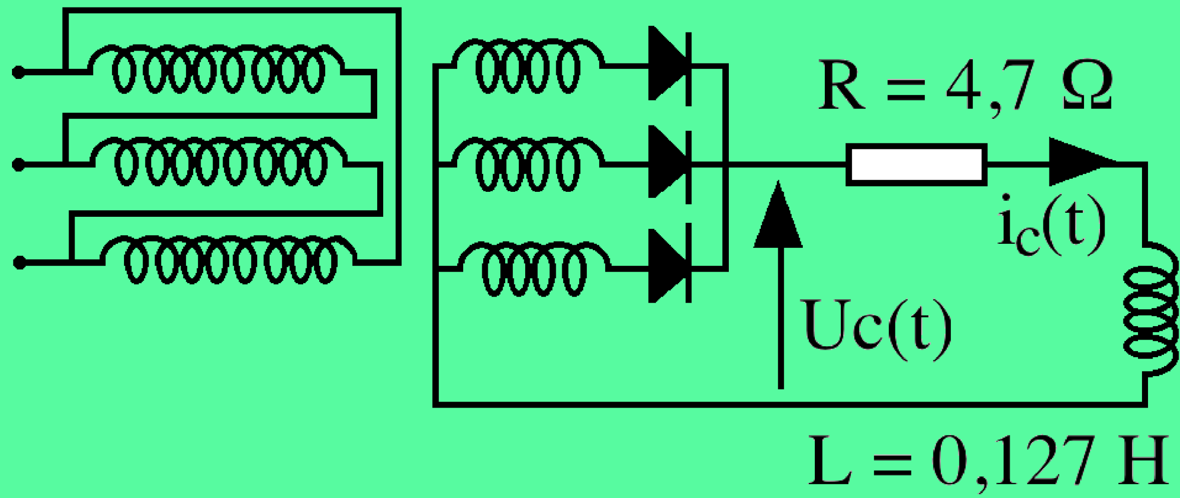
5° - Après la diminution de v(t), E > $\hat{V}$, il n'y a plus redressement ; la source alternative ne débite plus.

- Le courant I_c s'annule à travers une boucle de « roue libre » sur 2 des diodes du pont.
- L'ensemble mécanique en rotation va ensuite ralentir sur son inertie propre et la f.e.m. du moteur va donc progressivement diminuer.
- Dès que l'on a, à nouveau, E < $\hat{V}$, des impulsions de courant fournies par v(t) commencent à apparaître, mais sont encore insuffisantes pour arrêter le ralentissement; E diminue encore et donc I_c moyen augmente jusqu'à ce que : $\overline{I}_C = \frac{I_n}{2}$ courant qui assurera le couple nécessaire pour stabiliser la vitesse.

Exercice 16

Redressement P3 sur charge R-L

On considère le schéma suivant alimenté par un réseau triphasé 400 V - 50 Hz dans lequel le transformateur est supposé parfait avec N_P spires au primaire et N_S spires au secondaire. Soit V_P et U_P les tensions simples et composées au primaire et V_S la tension simple au secondaire.



Exercice 16

Redressement P3 sur charge R-L

1° - Donner la forme d'onde de $u_c(t)$ et exprimer la tension moyenne $\bar{U}_C$ en fonction de $\hat{V}_S$.

Si le courant moyen est $\bar{I}_C = 20\ A$, calculer le rapport de transformation, $m = \frac{N_S}{N_P}$.

2° - Dans la suite, on admet que le courant $i_c(t)$ est parfaitement lissé; justifier cette hypothèse en calculant l'amplitude du fondamental de $i_c(t)$, connaissant l'amplitude du fondamental de $u_c(t)$ qui s'écrit : $\hat{U}_{C1} = \frac{\bar{U}_c}{4}$. Rappeler alors la forme d'onde du courant dans les diodes et donner sa valeur moyenne et efficace.

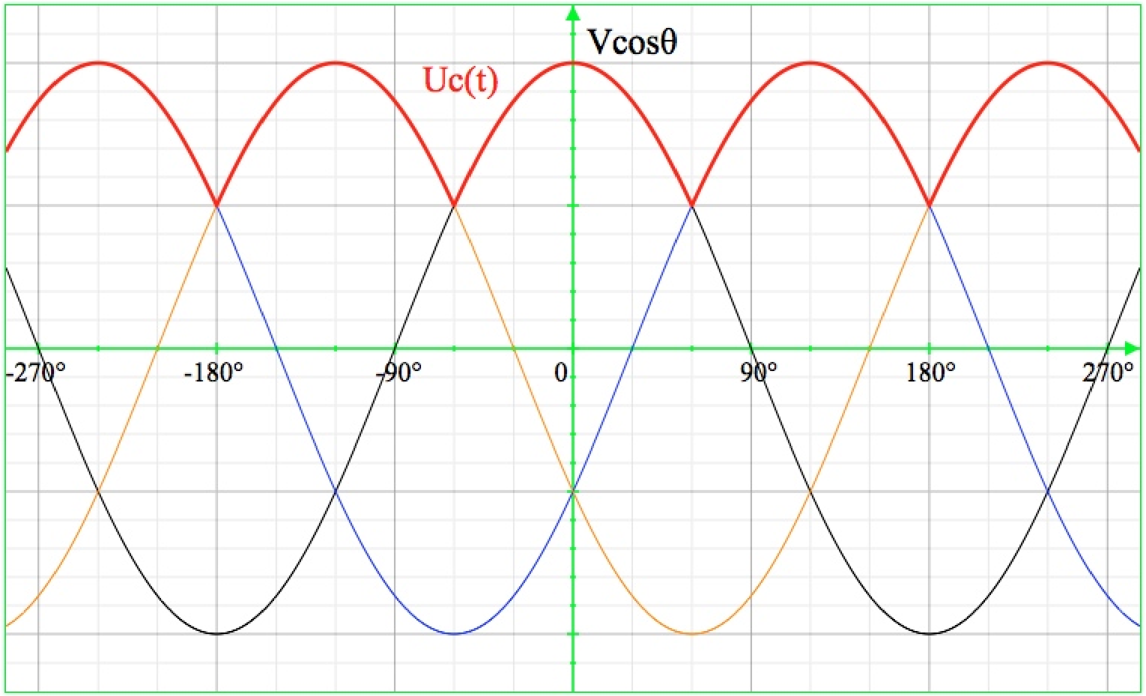
3°- Côté réseau, au primaire, tracer $i_p(t)$ un courant de ligne et établir que son fondamental a pour amplitude $\hat{I}_{P1} = \frac{3\hat{I}_P}{\pi}$. Exprimer et calculer les puissances active et apparente fournies par le réseau et en déduire le facteur de puissance (on rappelle que la puissance active est transportée par le fondamental précédent).

Exercice 16

Redressement P3 sur charge R-L

1°

Forme d'onde de $u_c(t)$:



Exercice 16

Redressement P3 sur charge R-L

Pour un calcul plus aisé, il convient de prendre un modèle en cosinus. Uc(t) ayant pour période angulaire **2π/3**, nous choisissons un intervalle d'intégration **de -π/3 à π/3**

$$\bar{U}_C = \frac{3}{2\pi}\int_{-\frac{\pi}{3}}^{\frac{\pi}{3}} \hat{V}_S \cos\theta d\theta = \frac{3\hat{V}_S\sqrt{3}}{2\pi} = 0,827\hat{V}_S$$

$$\bar{U}_C = R\bar{I}_C = 94\ V \Rightarrow \hat{V}_S = 113,66\ V$$

$$m = \frac{N_S}{N_P} = \frac{\hat{V}_S}{\hat{U}_P} = \frac{113,66}{400\sqrt{2}} = 0,201$$

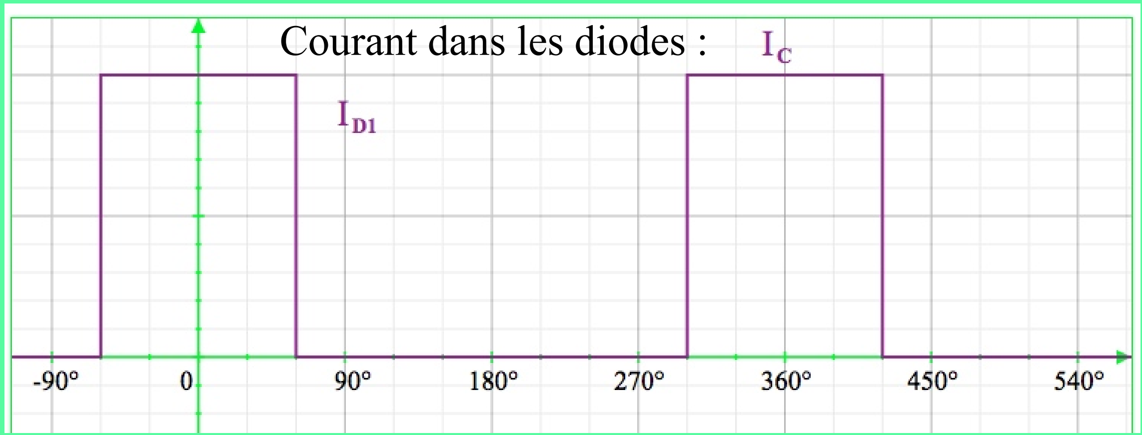
Exercice 16

Redressement P3 sur charge R-L

2° L'amplitude du 1er harmonique de courant s'écrit :

$$\hat{I}_{C1} = \frac{\hat{U}_{C1}}{Z_1} \quad avec \quad Z_1 = \sqrt{R^2 + \left(L3\omega\right)^2} = 119{,}8\ \Omega$$

Soit : $$\hat{I}_{C1} = \frac{94}{4Z_1} = 0{,}196\ A \quad soit \leq 1\%\ de\ \overline{I}_C$$



$$\overline{I}_D = \frac{\overline{I}_C}{3} = 6{,}67\ A$$

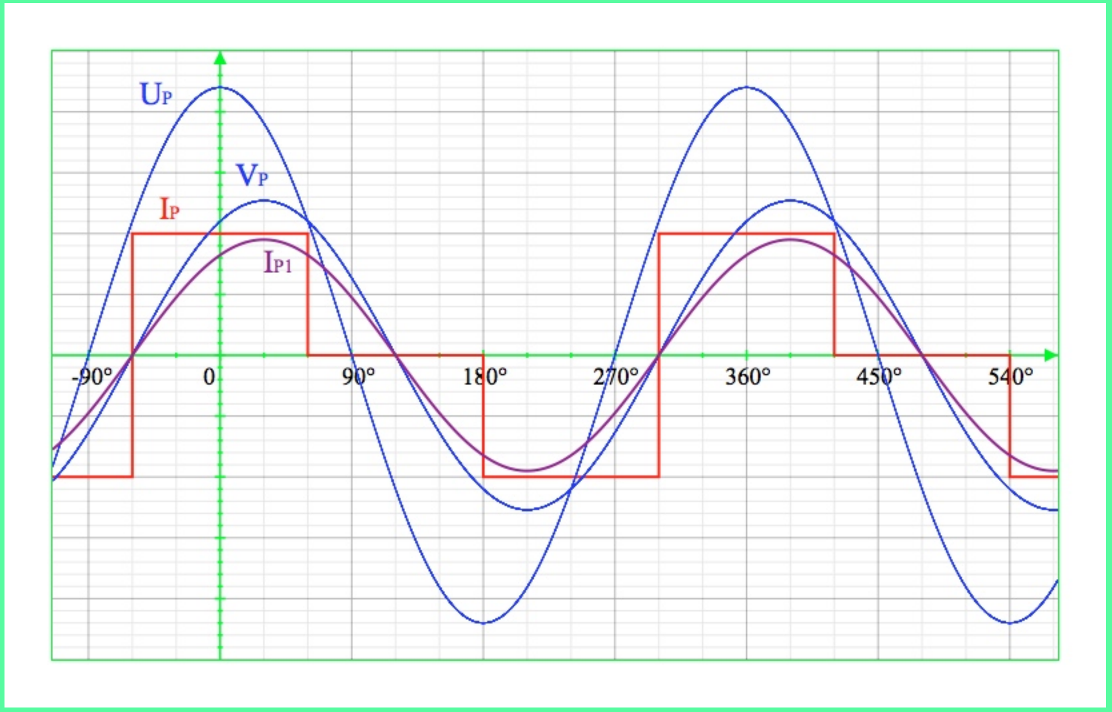
$$I_{D\,eff} = \frac{\overline{I}_C}{\sqrt{3}} = 11{,}55\ A$$

Exercice 16

Redressement P3 sur charge R-L

3° L'amplitude du courant de ligne primaire s'écrit :

$$i_P(t) = m(i_{D1} - i_{D3}) \ avec \ \hat{I}_P = m\overline{I}_C = 4{,}02 \ A$$



Exercice 16

Redressement P3 sur charge R-L

Son fondamental a pour cœfficients :

$$a_1 = \frac{1}{\pi}\int_0^{2\pi} i_P(\theta)\cos\theta d\theta = \frac{\hat{I}_P}{\pi}\left[\int_{-\frac{\pi}{3}}^{\frac{\pi}{3}} \cos\theta d\theta - \int_{\pi}^{\frac{5\pi}{3}} \cos\theta d\theta\right] = \frac{\hat{I}_P}{\pi}1,5\sqrt{3}$$

$$b_1 = \frac{\hat{I}_P}{\pi}\left[\int_{-\frac{\pi}{3}}^{\frac{\pi}{3}} \sin\theta d\theta - \int_{\pi}^{\frac{5\pi}{3}} \sin\theta d\theta\right] = \frac{\hat{I}_P}{\pi}1,5$$

Soit : $\hat{I}_{P1} = \sqrt{a_1^2 + b_1^2} = \frac{\hat{I}_P}{\pi}3$

La puissance active est portée par le fondamental du courant (V_P et I_{P1} sont en phase):

$$P = 3V_P I_{P1}\cos(0) = 3\times\frac{400}{\sqrt{3}}\times\frac{3\times 4,02}{\pi\sqrt{2}} = 1880\ W$$

ou bien côté continu :

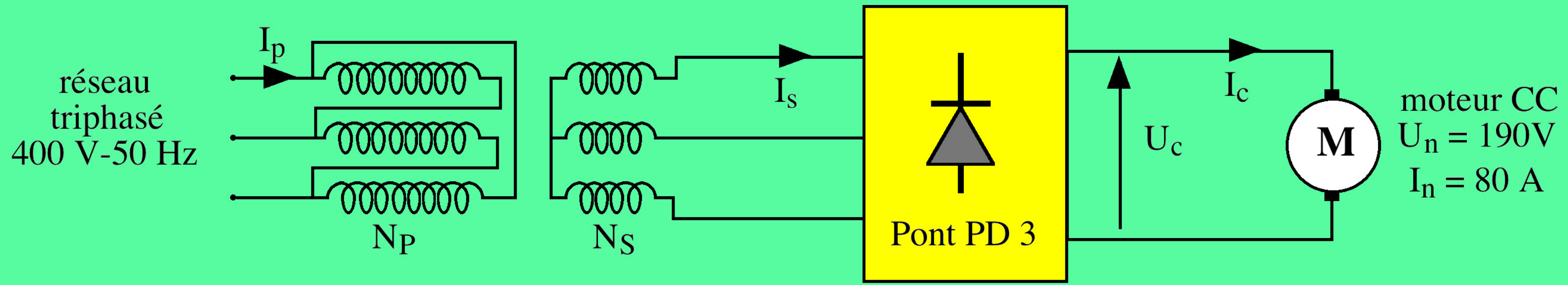
$$P = \bar{U}_C\,\bar{I}_C = 94\times 20 = 1880\ W$$

$$S = 3V_P I_{P\,eff} = 3\times\frac{400}{\sqrt{3}}\hat{I}_P\sqrt{\frac{2}{3}} = 2273\ VA \Rightarrow f_P = \frac{P}{S} = 0,827$$

Exercice 17

Transfo + redresseur triphasé PD3

Soit le montage ci-dessous dans lequel les diodes et le transformateur sont supposés parfaits.



1° - Déterminer le rapport du nombre de spires N_S/ N_P permettant le fonctionnement nominal du moteur.

2° - Le courant dans le moteur est supposé parfaitement lissé et égal à I_n. Rappeler la forme d'onde des courants secondaires I_S et des courants de ligne primaire I_P. Etablir l'expression de la valeur efficace de I_P; donner sa valeur et en déduire la puissance apparente consommée sur le réseau ainsi que le facteur de puissance du montage. En négligeant la consommation de réactif, calculer la puissance déformante.

3° - Etablir l'expression et calculer l'amplitude $\hat{I}_{PF}$ du fondamental de I_P (on décomposera I_P en une somme de deux signaux de décomposition connue). Préciser la valeur de son taux d'harmoniques par rapport à son fondamental .

Exercice 17

Transfo + redresseur triphasé PD3

1° Pour un pont PD3 à 6 diodes, la tension moyenne redressée s'écrit : $\boxed{\bar{U}_C = \dfrac{3\sqrt{3}\,\hat{V}_S}{\pi}}$

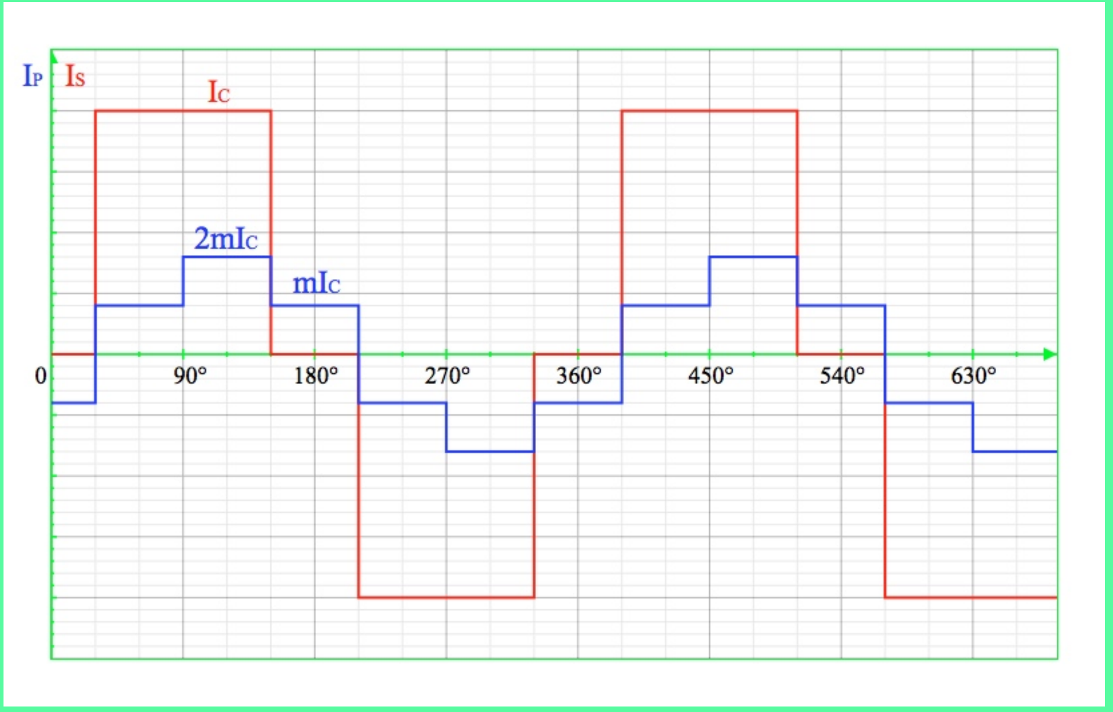
Par ailleurs vu le couplage Dy, on a la relation : $\boxed{\dfrac{N_S}{N_P} = \dfrac{\hat{V}_S}{\hat{U}_P}}$

Soit : $\boxed{\bar{U}_C = U_n \Rightarrow \dfrac{N_S}{N_P} = \dfrac{\pi U_n}{3\sqrt{3}\,\hat{U}_P} = 0{,}203}$

Exercice 17

Transfo + redresseur triphasé PD3

2° Si le courant est supposé parfaitement lissé, les formes d'onde sont modélisées par :



Exercice 17

Transfo + redresseur triphasé PD3

2° La valeur efficace du courant primaire est égale à :

$$I_P = \sqrt{\frac{1}{\pi}\left(\frac{2\pi}{3}(mI_C)^2 + \frac{\pi}{3}(2mI_C)^2\right)} = mI_C\sqrt{2} = 23\ A$$

D'où la puissance apparente : $S = U_P\, I_P \sqrt{3} = 15\ 917\ VA$

Les composants étant supposés parfaits, la puissance active correspond à celle absorbée côté continu :

$$P = U_n\, I_n = 15\ 200\ W \Rightarrow f_P = \frac{P}{S} = 0{,}955$$

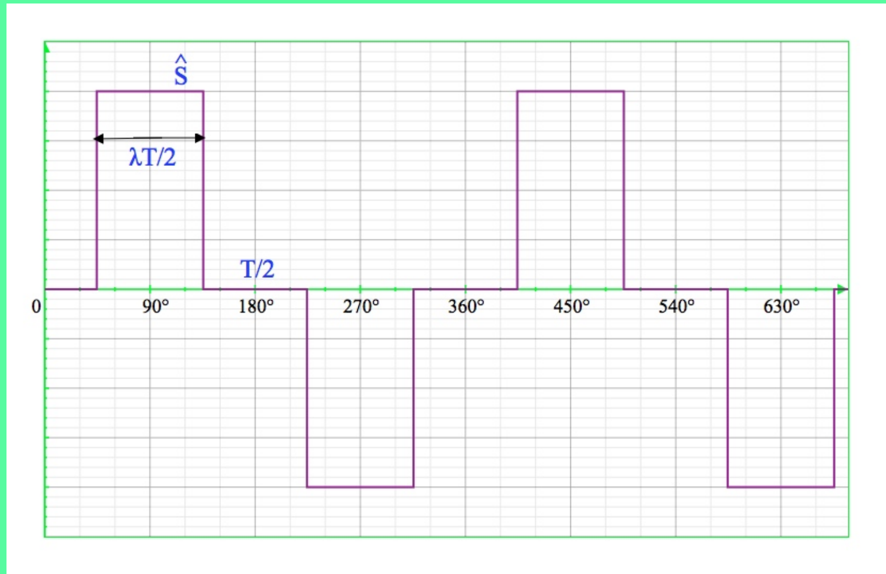
$$D = \sqrt{S^2 - P^2} = 4\ 725\ VAd$$

Exercice 17

Transfo + redresseur triphasé PD3

3° I_P apparaît comme la somme de 2 signaux du type ci-contre, pour lequel l'amplitude du fondamental est de la forme :

$$\hat{S}_1 = \frac{4\hat{S}}{\pi}\sin\left(\lambda\frac{\pi}{2}\right)$$



Le premier d'amplitude **mI_C** avec **$\lambda = 1$**
Le second d'amplitude **mI_C** avec **$\lambda = 1/3$**

D'où :

$$\hat{I}_{P1} = \frac{4mI_C}{\pi}\left(1+\sin\frac{\pi}{6}\right) = \frac{6mI_C}{\pi} = 31\ A$$

Le taux d'harmonique, rapporté au fondamental s'écrit :

$$THD-F = \frac{\sqrt{\sum_{k=2}^{\infty} S_k^2}}{S_1} = \frac{\sqrt{S^2 - S_1^2}}{S_1} = \sqrt{\left(\frac{S}{S_1}\right)^2 - 1} = \sqrt{\left(\frac{23\sqrt{2}}{31}\right)^2 - 1} = 31{,}8\ \%$$