[Revision Gradateur]

Exercice 1.

1.1. de $\frac{\pi}{2}$ à π, le thyristor T est passant car sa tension est positive et des impulsions de gachette lui sont envoyées.

à $\omega t = \pi$, le courant s'annule car $i(\underbrace{\omega t}_{\pi}) = \frac{u(\omega t = \pi)}{R} = 0$

le thyristor se bloque et voit sa tension devenir négative.

Pour T', c'est le même raisonnement en ce qui concerne $u_{reseau}(\omega t) < 0$ car T' est monté en inverse.

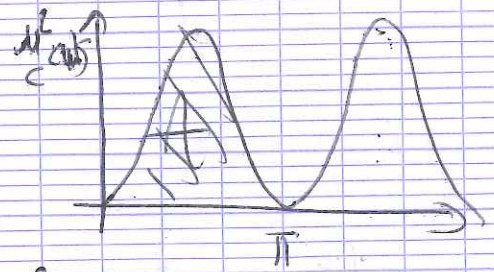
1.2. $$P = \frac{1}{T}\int p(t)\,dt$$

$$= \frac{1}{T}\int u_c(t)\,i(t)\,dt$$

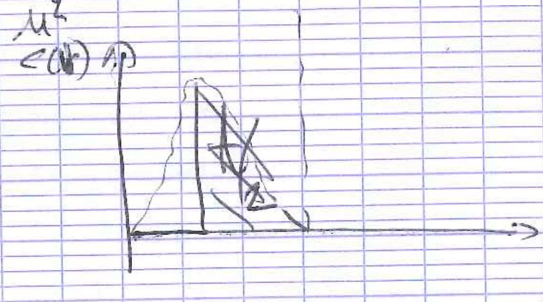
$$i(t) = \frac{u_c(t)}{R}$$

d'où $$P = \frac{1}{T}\int \frac{u_c(t) \times u_c(t)}{R}\,dt$$

Pour $\alpha_0 = 0°$



Pour $\alpha_0 = \frac{\pi}{2}$



la surface est divisé par deux donc

la puissance $P = \frac{P_{max}}{2}$

et $P_{max} = \frac{U_{eff}^2}{R} = \frac{220^2}{10} = 4840\,W$

$\boxed{P} = \frac{P_{max}}{2} = \boxed{2420\,W}$

1.3. $I_{eff} = \sqrt{\frac{P}{R}} = \sqrt{\frac{2420}{10}} = 15{,}55\,A$ $\boxed{U_{eff} = \sqrt{P \times R} = 155\,V}$

1.4. $P = U_{eff\,reseau} \times I_{fond\,eff} \times \cos\varphi_{fond}$

$P = 220 \times \frac{18{,}4}{\sqrt{2}} \times \cos(32{,}5)$

$\boxed{P = 2414\,W}$ On retrouve bien

la puissance précédente

1.5. $Q = U_{1\,eff\,reseau} \times I_{fond\,eff} \times \sin \varphi_{fond}$

$Q = P \tan \varphi_{fond} = 2414 \times \sin(32{,}5)$

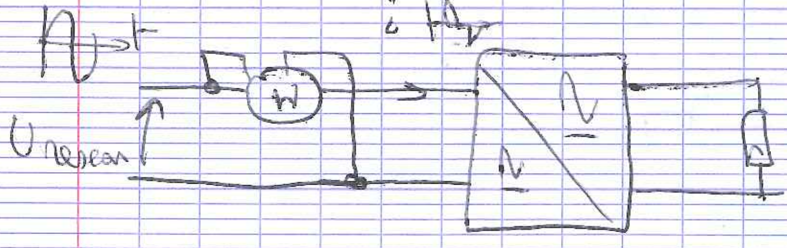
$\boxed{Q = 1297 \text{ VAR}}$

1.6. $S = U_{1\,eff} \times I_{eff}$ en ligne

$\boxed{S} = 220 \times 15{,}55 = \boxed{3421 \text{ VA}}$

1.7. $\boxed{f_p} = \frac{P}{S} = \frac{2414}{3421} = \boxed{0{,}705}$

1.8. Aujourd'hui, avec un appareil TRMS, on mesure directement P, Q, S en plaçant l'appareil en amont du gradateur

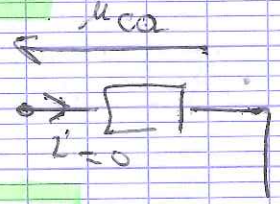


2/ Le gradateur triphasé :

2.1.

entre 0 - 30°

$T_a = 0$



d'où $u_{ca} = 0$

entre 30 et 60°

T_a, T_b', T_c en conduction

les charges en étoile sont connecté au réseau

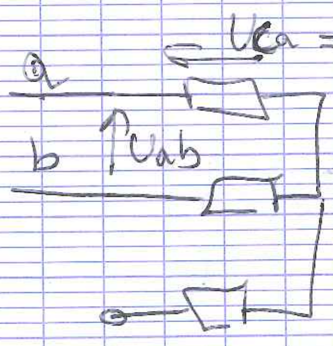
donc $u_{ca} = V_a$

charge

entre 60 et 90.

T_a et T_b' en conduction

$u_{ca} = \frac{U_{ab}}{2}$ car il y a deux résistances en série.



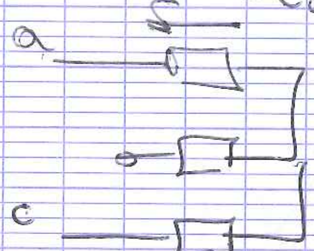
de 90 à 120°.

les 3 Thyristors sont en conduction

la tension $U_{Ca} = V_a$ (charge en étoile)

de 120° à 150°.

Ta et T'c. $U_{Ca} = \frac{V_a - V_c}{2}$



de 150° à 180°.

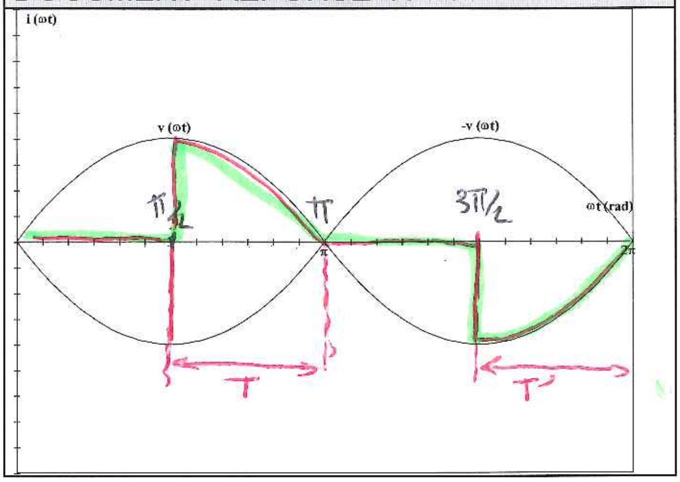
3 Thy en conduction, charge en étoile

$U_{ca} = V_a$

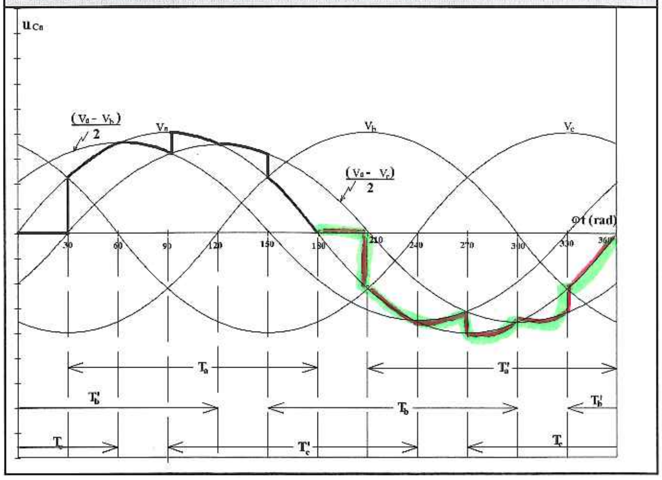
2-1) Sur chacun des 6 intervalles suivants : [0° , 30°], [30° , 60°], [60° , 90°], [90° , 120°], [120° , 150°], [150° , 180°], donner un schéma équivalent de l'installation tenant compte des interrupteurs passants et expliquer la forme de la tension u_{ca} donnée sur le document réponse n° **2** entre 0 et 180°.

2-2) Compléter le chronogramme de u_{ca} sur [180° , 360°].

DOCUMENT REPONSE N° 1



DOCUMENT REPONSE N° 2



Exercice 2: Gradateur triphasé alimentant des résistances d'un four électrique

Un gradateur triphasé à thyristors alimente trois résistances de valeur égale R = 10,6 Ω d'un four électrique.

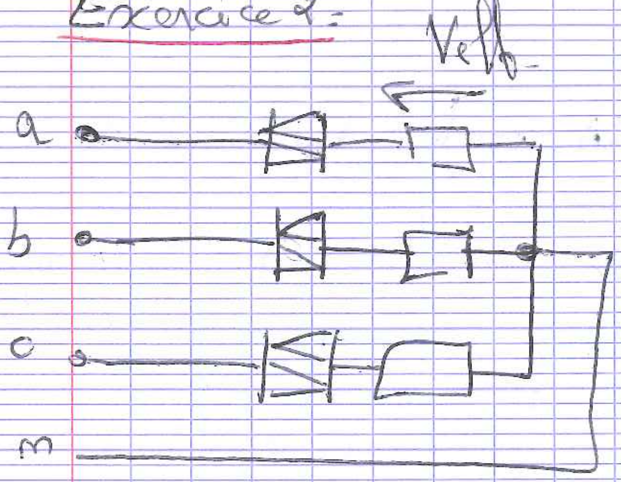
Un dipôle est constitué par un interrupteur bidirectionnel, formé de deux thyristors tête-bêche, placé en série avec la résistance R. On obtient ainsi trois dipôles qui sont montés :

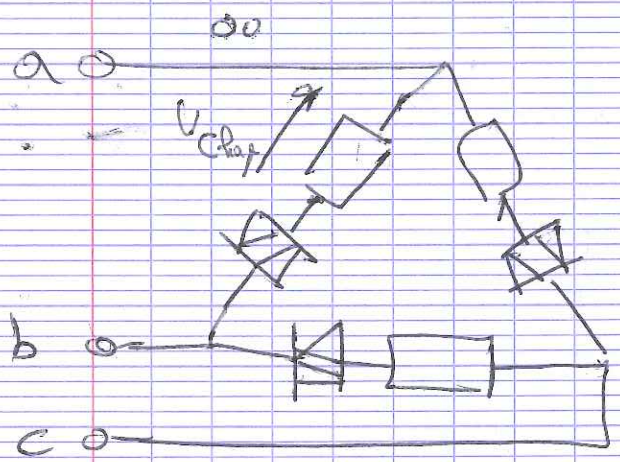
- soit en étoile avec fil neutre,
- soit en triangle.

Le réseau d'alimentation est triphasé de fréquence 50 Hz, et la valeur efficace de la tension phase-neutre vaut V = 230 Volts.

1. Expliquer pourquoi la commande des thyristors est possible en montage triangle.
2. On décide tout d'abord de commander le gradateur en agissant sur l'angle de retard à l'amorçage. On le notera δ_1 dans le cas d'un montage étoile et δ_2 dans le cas d'un montage triangle.
   2.1. Exprimer la puissance active $P_1(\delta_1)$ en fonction de V et de R dans le cas du montage étoile.
   2.2. Exprimer la puissance active $P_2(\delta_2)$ en fonction de V et de R dans le cas du montage triangle
   2.3. Donner la relation entre δ_1 et δ_2 pour que $P_1 = P_2$
3. On décide maintenant de commander le gradateur en agissant sur le rapport cyclique du train d'ondes. On le notera α_1 dans le cas d'un montage étoile et α_2 dans le cas d'un montage triangle.
   3.1. Exprimer la puissance active $P_1(\alpha_1)$ en fonction de V et de R dans le cas du montage étoile
   3.2. Exprimer la puissance active $P_2(\alpha_2)$ en fonction de V et de R dans le cas du montage triangle
   3.3. Donner la relation entre α_1 et α_2 pour que $P_1 = P_2$.
4. Comparer les deux modes de commande et conclure.

Exercice 2 :





1°- en montage triangle, chaque dipole est indépendant des autres, on retrouve alors un fonctionnement monophasé pour chacun d'entre eux, mais entre phases

2.

2.1

$$P_1(\delta_1) = 3\frac{V_{eff}^2}{R} = \frac{3}{R} \times V^2 \left(1 - \frac{\delta_1}{\pi} + \frac{\sin(2\delta_1)}{2\pi}\right)$$

2.2

$$P_2(\delta_2) = 3\frac{U_{eff}^2}{R}$$

$$= \frac{3}{R}\times U^2 \times \left(1-\frac{\delta_2}{\pi}+\frac{\sin(2\delta_2)}{2\pi}\right)$$

$$= \frac{3}{R}\times\left(\sqrt{3}\times V\right)^2\left(1-\frac{\delta_2}{\pi}+\frac{\sin(2\delta_2)}{2\pi}\right)$$

$$\boxed{P_2(\delta_2) = \frac{9}{R}V^2\left(1-\frac{\delta_2}{\pi}+\frac{\sin(2\delta_2)}{2\pi}\right)}$$

2.3

Pour que $P_1 = P_2$

$$\cancel{\frac{3}{R}}\times \cancel{V^2}\left(\cancel{1}-\frac{\delta_1}{\pi}+\frac{\sin(2\delta_1)}{2\pi}\right) = \frac{\cancel{9}\,3}{\cancel{R}}\cancel{V^2}\left(\cancel{1}-\frac{\delta_2}{\pi}+\frac{\sin(2\delta_2)}{2\pi}\right)$$

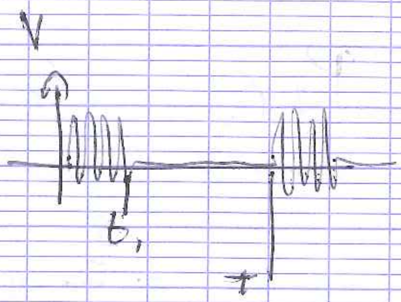
$(3-1)=2$

Il reste

$$\boxed{-\frac{\delta_1}{\pi}+\frac{\sin(2\delta_1)}{2\pi} = 3\left(-\frac{\delta_2}{\pi}+\frac{\sin(2\delta_2)}{2\pi}\right)+2}$$

3.

3.1



$$\alpha_1 = \frac{t_1}{T}$$

$$\boxed{P_\lambda = 3 \times \frac{V^2}{R} \times \alpha_1}$$

3.2

$$P_\Delta = \frac{3 \times (V \times \sqrt{3})^2}{R} \times \alpha_2$$

$$\boxed{P_\Delta = 9\,\frac{V^2}{R} \times \alpha_2}$$

3.3

$$P_1 = P_2$$

$$\frac{\cancel{3V^2}}{\cancel{R}}\alpha_1 = \frac{\overset{3}{\cancel{9}}\cancel{V^2}}{\cancel{R}}\alpha_2$$

$$\boxed{\alpha_1 = 3\,\alpha_2}$$