

Travaux dirigés N°2 : Convertisseurs AC/DC

Corrigée de la série TD N°2

Exercice 1 :

- Réponse Q.1 : Séquences de conduction
 P3 à cathodes communes \equiv Plus positif.

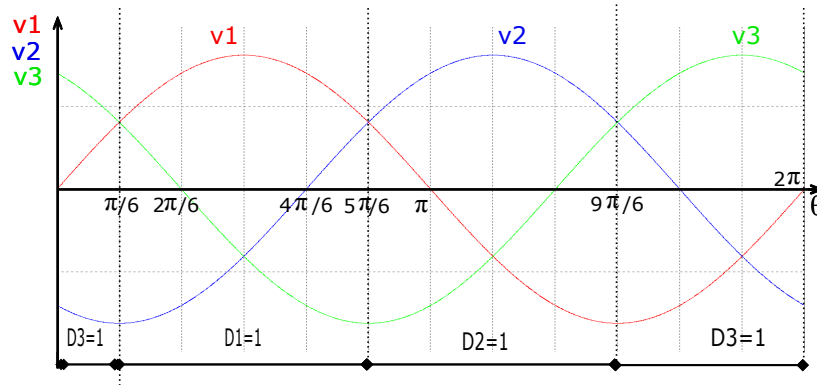


FIGURE 1 – P3 plus positif.

- A partir de cette figure (axe des abscisses est divisé en pas égale à $\pi/6$), on observe que :
- de $0 \leq \theta < \pi/6$: $\max(v_1, v_2, v_3) = v_3$, donc c'est la diode $D3$ qui conduit.
 - de $\pi/6 \leq \theta < 5\pi/6$: $\max(v_1, v_2, v_3) = v_1$, donc c'est la diode $D1$ qui conduit.
 - de $5\pi/6 \leq \theta < 9\pi/6$: $\max(v_1, v_2, v_3) = v_2$, donc c'est la diode $D2$ qui conduit.
 - de $9\pi/6 \leq \theta < 2\pi$: $\max(v_1, v_2, v_3) = v_3$, donc c'est la diode $D3$ qui conduit.

TABLE 1 – Séquence de conduction des diodes.

	Diodes en conduction		$D1$	$D2$	$D3$	
$0 \leq \theta < \pi/6$	$D3$	ou	$0 \leq \theta < \pi/6$	0	0	1
$\pi/6 \leq \theta < 5\pi/6$	$D1$		$\pi/6 \leq \theta < 5\pi/6$	1	0	0
$5\pi/6 \leq \theta < 9\pi/6$	$D2$		$5\pi/6 \leq \theta < 9\pi/6$	0	1	0
$9\pi/6 \leq \theta < 2\pi$	$D3$		$9\pi/6 \leq \theta < 2\pi$	0	0	1

- Réponse Q.2, Q.3 : Tension de sortie (v_R) et tension inverse (v_{D1})
- Tension (v_R)

Quelque soit la diode en conduction, on a selon la loi des mailles : $v_{1,2,3}(\theta) = v_{D1,D2,D3} + v_R(\theta)$.

- de $0 \leq \theta < \pi/6$: $\max(v_1, v_2, v_3) = v_3$, donc c'est la diode $D3$ qui conduit $\rightarrow v_{D3} = 0, v_R(\theta) = v_3(\theta)$

- de $\pi/6 \leq \theta < 5\pi/6$: $\max(v_1, v_2, v_3) = v_1$, donc c'est la diode $D1$ qui conduit $\rightarrow v_{D1} = 0, v_R(\theta) = v_1(\theta)$
- de $5\pi/6 \leq \theta < 9\pi/6$: $\max(v_1, v_2, v_3) = v_2$, donc c'est la diode $D2$ qui conduit $\rightarrow v_{D2} = 0, v_R(\theta) = v_2(\theta)$.
- de $9\pi/6 \leq \theta < 2\pi$: $\max(v_1, v_2, v_3) = v_3$, donc c'est la diode $D3$ qui conduit $\rightarrow v_{D3} = 0, v_R(\theta) = v_3(\theta)$.

- **Tension inverse (v_{D1}) :**

- de $0 \leq \theta < \pi/6$: $D1 = 0, D3 = 1 \rightarrow$ maille fermée : $v_{D1} - v_1(\theta) + v_3(\theta) - \underbrace{v_{D3}}_0 = 0 \Rightarrow$

$$v_{D1} = v_1(\theta) - v_3(\theta).$$

- de $\pi/6 \leq \theta < 5\pi/6$: $D1 = 1 \rightarrow v_{D1} = 0.$

- de $5\pi/6 \leq \theta < 9\pi/6$: $D1 = 0, D2 = 1 \rightarrow$ maille fermée : $v_{D1} - v_1(\theta) + v_2(\theta) - \underbrace{v_{D2}}_0 = 0 \Rightarrow$

$$v_{D1} = v_1(\theta) - v_2(\theta).$$

- de $9\pi/6 \leq \theta < 2\pi$: $D1 = 0, D3 = 1 \rightarrow$ maille fermée : $v_{D1} - v_1(\theta) + v_3(\theta) - \underbrace{v_{D3}}_0 = 0 \Rightarrow$

$$v_{D1} = v_1(\theta) - v_3(\theta)$$

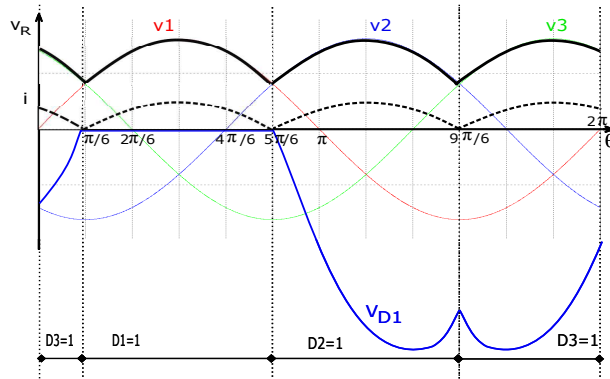


FIGURE 2 – Tension de sortie et tension aux bornes de D1.

— **Réponse Q. 4 : Valeur $\langle v_R \rangle$**

$$\langle v_R \rangle = \frac{1}{T_0} \int_0^{2\pi} v_R(\theta) d\theta = \frac{1}{2\pi} \int_{\pi/6}^{5\pi/6} v_{\max} \sin(\theta) d\theta = \frac{3}{2\pi} v_{\max} [-\cos(\theta)]_{\pi/6}^{5\pi/6} = \frac{3}{2\pi} v_{\max} [-\cos(5\pi/6) + \cos(\pi/6)]$$

$$\langle v_R \rangle = \frac{3}{2\pi} v_{\max} \left[+\frac{\sqrt{3}}{2} + \frac{\sqrt{3}}{2} \right] = \frac{3\sqrt{3}}{2\pi} v_{\max} = \frac{3\sqrt{3}}{2\pi} 100 \Rightarrow \underline{\langle v_R \rangle = 82.74V}$$

— Réponse Q. 5 :

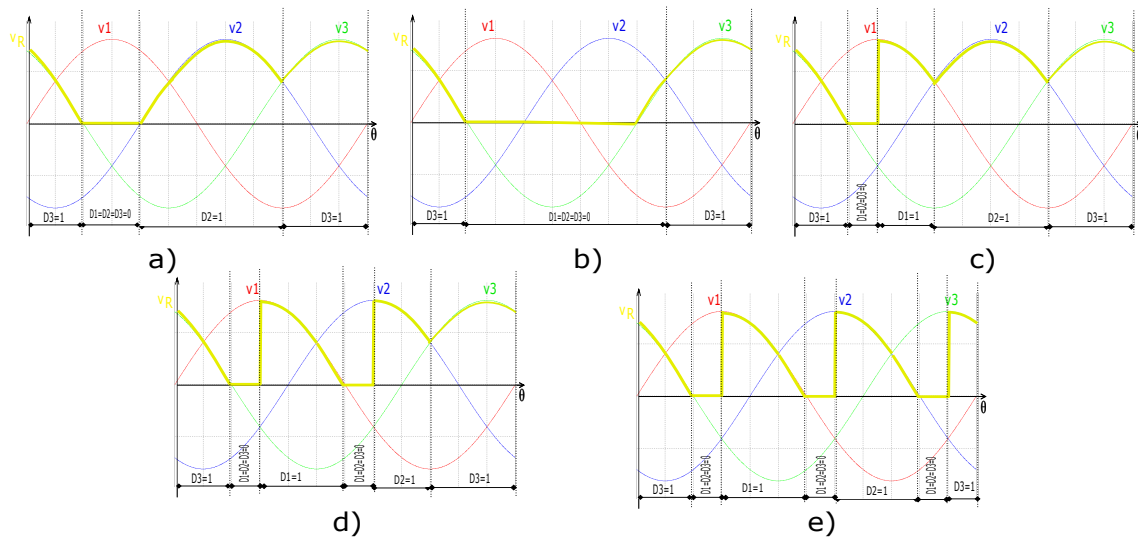


FIGURE 3 – Tension de sortie de chaque cas.

Exercice 2 :

— Réponse Q.1 : Séquences de conduction

P2 : cathodes communes \equiv Plus positif et anodes communes \equiv Plus négatif.

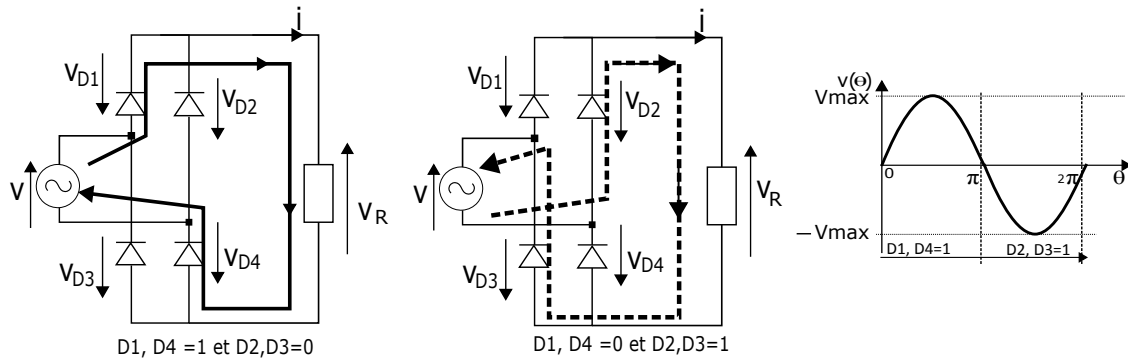


FIGURE 4 – PD2.

A partir de cette figure (axe des abscisses est divisé en pas égale à $\pi/2$), on observe que :

- de $0 \leq \theta < \pi$: $D1, D4 = 1$ et $D2, D3 = 0$.

- de $\pi \leq \theta < 2\pi$: $D1, D4 = 0$ et $D2, D3 = 1$.

— Réponse Q.2, Q3 : Tension de sortie (v_R), courant de sortie (i) et tension inverse (v_{D1})

- Tension (v_R) et courant (i) :

- de $0 \leq \theta < \pi$: $D1, D4 = 1$ (maille fermée sur ces diodes) $\rightarrow v(\theta) - v_{D1} - v_R(\theta) - v_{D4} = 0$.

et $v_{D1} = v_{D4} = 0 \Rightarrow \frac{v_R(\theta)}{R} = \frac{v(\theta)}{R}$. et $i = \frac{v_R(\theta)}{R}$.

- de $\pi \leq \theta < 2\pi$: $D2, D3 = 1$ (maille fermée sur ces diodes) $\rightarrow -v(\theta) - v_{D2} - v_R(\theta) - v_{D3} = 0$.

et $v_{D2} = v_{D3} = 0 \Rightarrow \frac{v_R(\theta)}{R} = \frac{-v(\theta)}{R}$. et $i = \frac{v_R(\theta)}{R}$.

- Tension inverse (v_{D1}) :

- de $0 \leq \theta < \pi$: $D1, D4 = 1$: $v_{D1} = 0$.

TABLE 2 – Séquence de conduction des diodes.

	Diodes en conduction		D1	D2	D3	D4
$0 \leq \theta < \pi$	D1, D4	ou	1	0	0	1
$\pi \leq \theta < 2\pi$	D2, D3		0	1	1	0

- de $\pi \leq \theta < 2\pi$: $D2, D3 = 1$ (maille fermée sur la diode D1) $\rightarrow -v(\theta) - v_{D2} + v_{D1} = 0$. et $v_{D2} = 0 \Rightarrow v_{D1} = v(\theta)$.

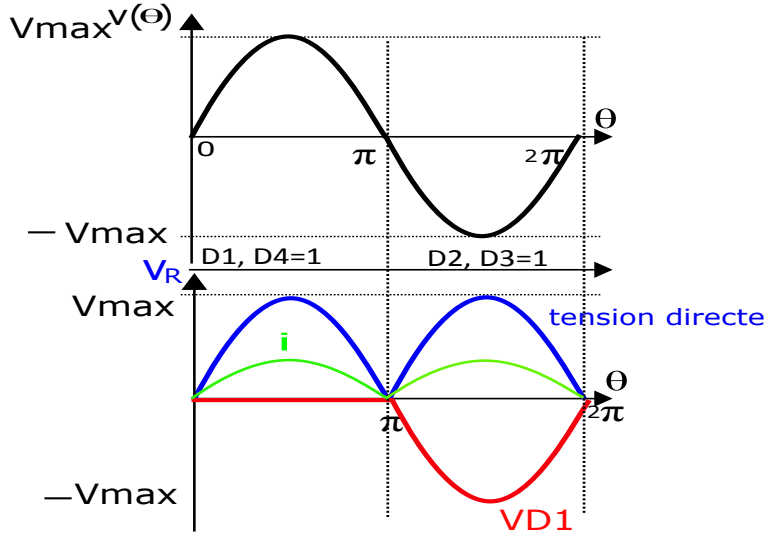


FIGURE 5 – Tension et courant de sortie et tension aux bornes de D1.

— Réponse Q. 4 : Valeur $\langle v_R \rangle$

$$\langle v_R \rangle = \frac{1}{T_0} \int_0^T v_R(\theta) d\theta = \frac{1}{\pi} \int_0^\pi v_{\max} \sin(\theta) d\theta = \frac{v_{\max}}{\pi} [-\cos(\theta)]_0^\pi = \frac{v_{\max}}{\pi} [-\cos(\pi) + \cos(0)]$$

$$\langle v_R \rangle = \frac{v_{\max}}{\pi} [1 + 1] = \frac{2v_{\max}}{\pi} = \frac{2}{\pi} 100 \Rightarrow \langle v_R \rangle = 63.69V$$

— Réponse Q. 5 : Ondulation relative de la tension de sortie τ

$$\tau = \frac{v_{\max} - v_{\min}}{\langle v_R \rangle} = \frac{v_{\max} - 0}{\frac{2}{\pi} v_{\max}} = \frac{\pi}{2} = 1.57 = 157\%$$

— Réponse Q. 6 : Facteur de puissance Fp

$$Fp = \frac{P}{S} = \frac{\langle v_R \rangle I}{V_{eff} I_{eff}} = \frac{\frac{2}{\pi} v_{\max} I}{\frac{2}{\pi} \sqrt{2} V_{eff} I} = \frac{\sqrt{2} V_{eff} I}{\sqrt{2} V_{eff} I} = \frac{2}{\pi} \sqrt{2}.$$

$$Fp = 0.9.$$

Exercice 3 :

— Réponse Q.1 : Valeur minimale de l'angle d'amorçage (β)

Quand le thyristor $Th1$ conduit, on a :

La tension au bornes du $Th1$ est positive $\Rightarrow v_{Th1} \geq 0 \Rightarrow v_1(\theta) - v_s \geq 0 \Rightarrow \sqrt{2} V_{eff} \sin(\theta) \geq Ri - E$

$$\sin(\theta) \geq \frac{Ri - E}{\sqrt{2} V_{eff}} \Rightarrow \theta \geq \arcsin\left(\frac{Ri - E}{\sqrt{2} V_{eff}}\right)$$

à l'angle minimale d'amorçage, et au début de la conduction du $Th1$: le courant $i = 0$

$$\Rightarrow \beta_{\min} = \arcsin\left(\frac{E}{\sqrt{2} V_{eff}}\right)$$

$$\beta_{\min} = \arcsin\left(\frac{110}{\sqrt{2} 110}\right) = \arcsin\left(\frac{1}{\sqrt{2}}\right) = \frac{\pi}{4} = 45^\circ.$$

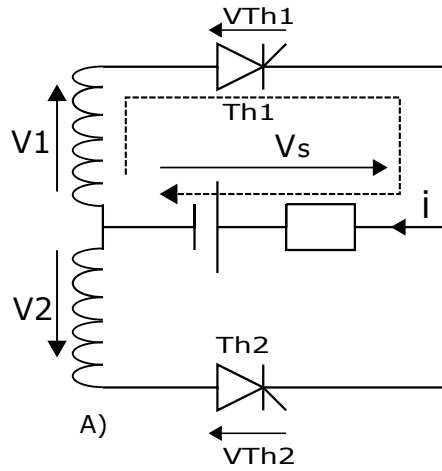


FIGURE 6 – Maille lorsque Th1 conduit.

— $\beta = 60^\circ = \pi/3$. (cette valeur est supérieure à la valeur minimale)

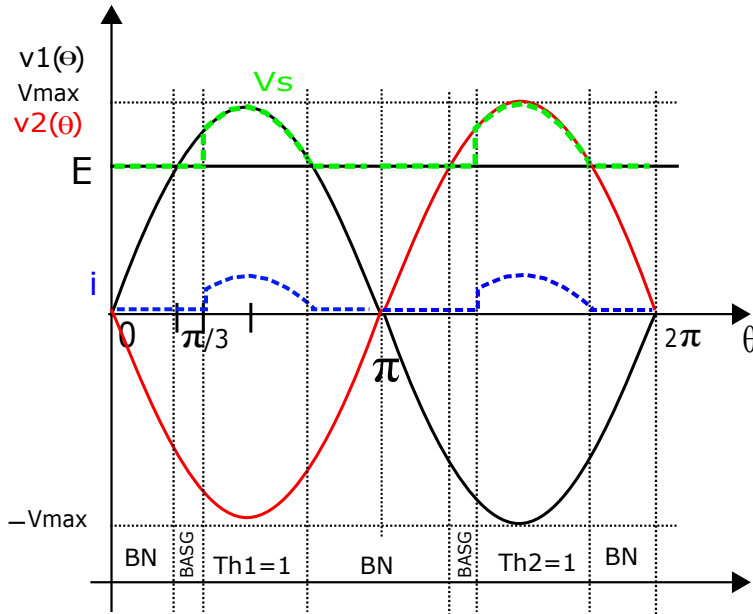


FIGURE 7 – Tension et courant de sortie pour $\beta = \pi/3$.

- **La période est : $T = \pi$.**

- de $0 \leq \theta < \pi/4$: $Th1, Th2 = 0$, blocage naturel (BN) puisque $v_{Th1} \leq 0 \Rightarrow \underline{i = 0} \Rightarrow \underline{vs = Ri + E} \Rightarrow \underline{vs = E}$.

- de $\pi/4 \leq \theta < \pi/3$: $Th1, Th2 = 0$, Blocage à cause de l'absence du signal de la gachette iG_{th1} (BASG) $\Rightarrow \underline{i = 0} \Rightarrow \underline{vs = Ri + E} \Rightarrow \underline{vs = E}$

- de $\pi/3 \leq \theta < (\pi - \pi/4)$: $Th1 = 1, Th2 = 0$, $Th1$ conduit : $v_1 - \underbrace{v_{Th1}}_0 - vs = 0 \Rightarrow \underline{v_{Th1} = 0}$ et

$\underline{vs = v_1(\theta)}$ donc $Ri + E = v_1(\theta) \Rightarrow \underline{i = \frac{v_1(\theta) - E}{R}}$.

- de $(\pi - \pi/4) \leq \theta < (\pi)$: $Th1, Th2 = 0$, blocage naturel (BN) puisque $v_{Th1} \leq 0 \Rightarrow i = 0 \Rightarrow \underline{vs = Ri + E} \Rightarrow \underline{vs = E}$.

- de $(\pi) \leq \theta < (\pi + \pi/4)$: $Th1, Th2 = 0$, blocage naturel (BN) puisque $v_{Th2} \leq 0 \Rightarrow i = 0 \Rightarrow v_s = Ri + E \Rightarrow v_s = E$.

- de $(\pi + \pi/4) \leq \theta < (\pi + \pi/3)$: $Th1, Th2 = 0$, Blocage à cause de l'absence du signal de la gachette $i_{G_{th2}}$ (BASG) $\Rightarrow i = 0 \Rightarrow v_s = Ri + E \Rightarrow v_s = E$

- de $(\pi + \pi/3) \leq \theta < (2\pi - \pi/4)$: $Th1 = 0, Th2 = 1$, $Th2$ conduit : $v_2 - \underbrace{v_{Th2}}_0 - v_s = 0 \Rightarrow$

$v_s = v_2(\theta)$ et $v_{Th2} = 0$ donc $Ri + E = v_2(\theta) \Rightarrow i = \frac{v_2(\theta) - E}{R}$.

- de $(2\pi - \pi/4) \leq \theta < 2\pi$: $Th1, Th2 = 0$, blocage naturel (BN) puisque $v_{Th1} \leq 0 \Rightarrow i = 0 \Rightarrow v_s = Ri + E \Rightarrow v_s = E$.

Réponse Q.3

L'inductance est très grande \Rightarrow continuité du courant $\Rightarrow L \frac{di}{dt} = 0$ et la forme du courant devient plate ($i = \text{constant}$).

K ouvert, E = 20V et $\beta = 60^\circ$.

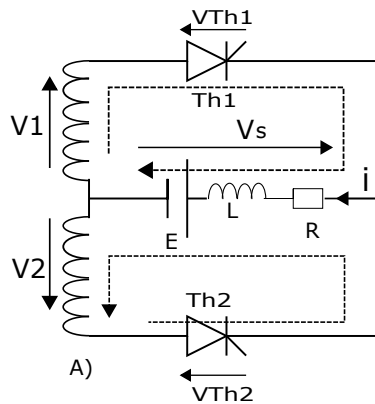


FIGURE 8 – K ouvert.

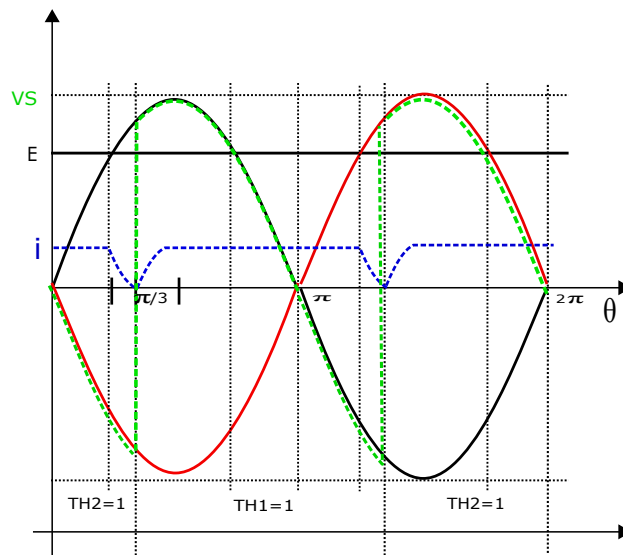


FIGURE 9 – K ouvert.

- Valeur de la tension $\langle v_s \rangle$ et du courant (i) : on a $T = \pi$.

$$\langle v_s \rangle = \frac{1}{T} \int_0^T v_s(\theta) d\theta = \frac{1}{\pi} \int_{\pi/3}^{\pi+\pi/3} v_{\max} \sin(\theta) d\theta = \frac{v_{\max}}{\pi} [-\cos(\theta)]_{\pi/3}^{\pi+\pi/3} = \frac{v_{\max}}{\pi} [-\cos(\pi + \pi/3) + \cos(\pi/3)]$$

$$\langle v_s \rangle = \frac{\sqrt{2}110}{\pi} [0.5 + 0.5] = 49.54V \Rightarrow \langle v_s \rangle = 49.54V$$

- **Valeur du courant (i)** : $\langle v_s \rangle = R \times i + L \underbrace{\frac{di}{dt}}_{\rightarrow 0} + E \Rightarrow i = \frac{\langle v_s \rangle - E}{R} = \frac{49.54 - 20}{2} = 14.77A$.

- Dans ce cas le convertisseur complet est réversible en tension ($v_s \geq 0, v_s \leq 0$) et non réversible en courant.

K fermé, $E = 20V$ et $\beta = 60^\circ$.

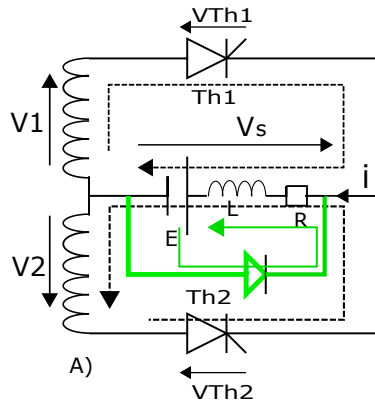


FIGURE 10 – K fermé.

La diode (DRL) entre en conduction dans l'intervalle $[0, \beta]$ et $[\pi, \pi + \beta]$, $T = \pi$: la tension v_s est négative, ici la diode DRL est polarisée en direct elle entre en conduction (Le récepteur est court-circuité par la diode DRL).

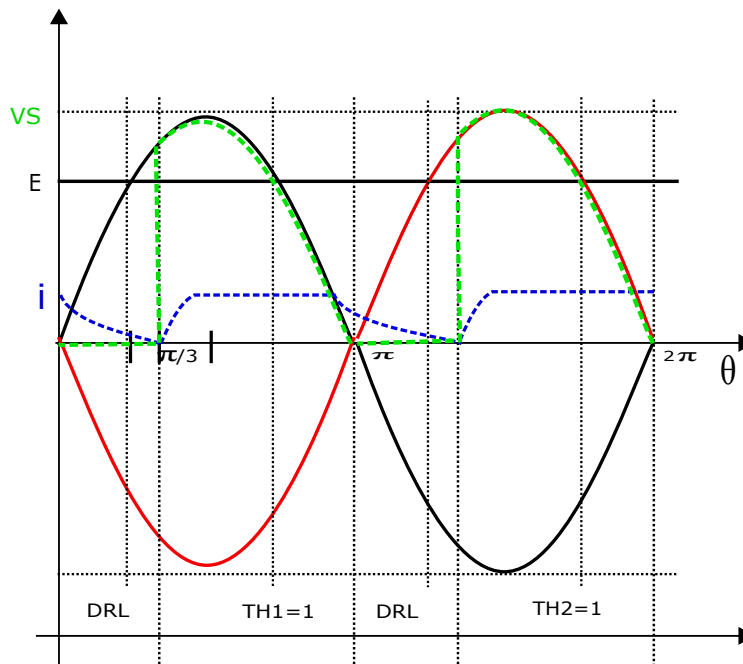


FIGURE 11 – K fermé.

- **Valeur de la tension $\langle v_s \rangle$ et du courant (i)** : on a $T = \pi$.

$$\langle v_s \rangle = \frac{1}{T_0} \int v_R(\theta) d\theta = \frac{1}{\pi} \int_{\pi/3}^{\pi} v_{\max} \sin(\theta) d\theta = \frac{v_{\max}}{\pi} [-\cos(\theta)]_{\pi/3}^{\pi} = \frac{v_{\max}}{\pi} [-\cos(\pi) + \cos(\pi/3)]$$

$$\langle v_s \rangle = \frac{\sqrt{2110}}{\pi} [-(-1) + 0.5] = 74.31V \Rightarrow \langle v_s \rangle = 74.31V$$

- **Valeur du courant (i) :** $\langle v_s \rangle = R \times i + \underbrace{L \frac{di}{dt}}_{\rightarrow 0} + E \Rightarrow i = \frac{\langle v_s \rangle - E}{R} = \frac{74.31 - 20}{2} = 27.13A.$

($Ri + L \frac{di}{dt} = 0 \Rightarrow i = i_0 e^{-\frac{R}{L}t}$ la forme du courant pendant la conduction de la diode DRL.)
 - Dans ce cas le convertisseur complet est non réversible en tension ($v_s \geq 0$) et non réversible en courant.

— **Remarques importantes :** Avec la diode (DRL)

- Les valeurs de la tension moyenne $\langle v_s \rangle$ et du courant (i) de sortie sont augmentés.
- La protection de la charge est assurée en éliminant la tension négative à ses bornes.

Exercice 4 :

— **Réponse Q.1 :** Angle de retard β

En observant le graphe du courant i_{Th1} , on remarque que : $\beta = \pi/4$. Le thyristor conduit à partir de cet angle où il y a un courant qui traverse ce thyristor ($i_{Th} > 0$).

— **Réponse Q.2 :**

TABLE 3 – Séquence de conduction des diodes.

	Thyristors en conduction
$0 \leq \theta < \pi/4$	<i>Th2, Th3</i>
$\pi/4 \leq \theta < \pi + \pi/4$	<i>Th1, Th4</i>
$\pi + \pi/4 \leq \theta < 2\pi$	<i>Th2, Th3</i>

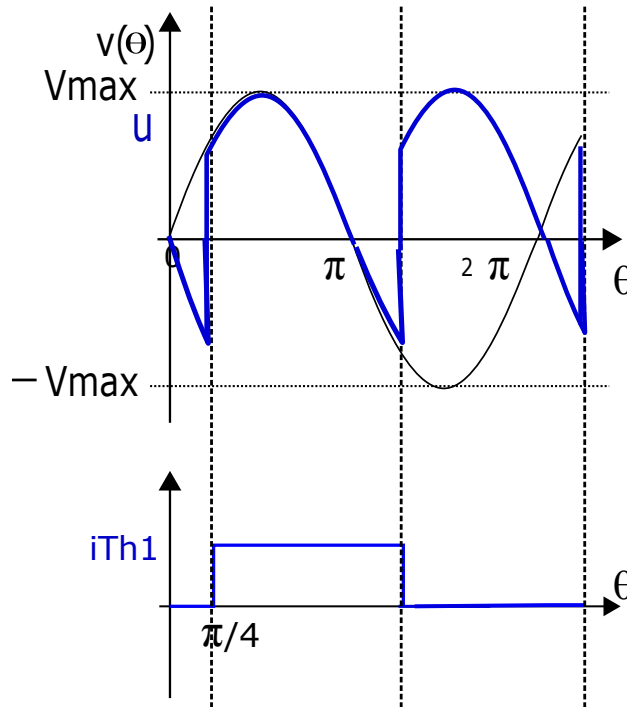


FIGURE 12 – Tension de sortie U.

- La période du signal de sortie est $T = \pi$.
- La valeur maximale de la tension de sortie est : $v_{\max} = 220\sqrt{2}V = 311.13V$.

— Réponse Q.3 : Courant i_L

- Puisque la charge absorbe un courant de $30A$, donc le courant qui circule dans le circuit est constant est égale aussi à $30A$.

Ce courant est constant à cause de la bobine de lissage (L , assez grande).

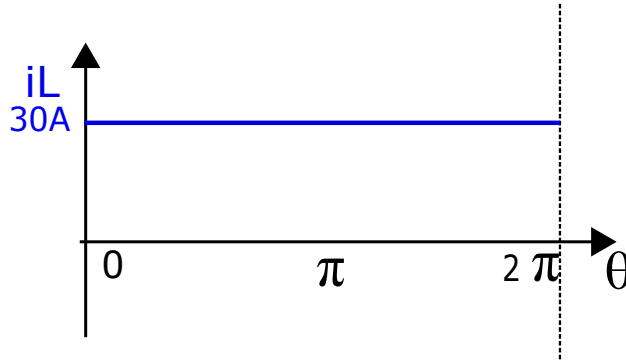


FIGURE 13 – Courant i_L .

— Réponse Q.4 :

- Valeur moyenne $\langle i_{Th1} \rangle$ et efficace $i_{Th1_{eff}}$

$$* \langle i_{Th1} \rangle = \frac{1}{2\pi} \int_0^{2\pi} i_{th1}(\theta) d\theta = \frac{1}{2\pi} \int_0^{2\pi} I_0 d\theta = \frac{I_0}{2\pi} [\theta]_0^{2\pi} = \frac{I_0}{2\pi} [2\pi] = I_0 = 30A$$

$$\langle i_{Th1} \rangle = \frac{I_0}{2} = \frac{30}{2} = 15A.$$

$$* i_{Th1_{eff}} = \sqrt{\frac{1}{2\pi} \int_0^{2\pi} i_{th1}^2(\theta) d\theta} = \sqrt{\frac{I_0^2}{2}} = \frac{30}{\sqrt{2}} = 21.21A.$$

- Valeur moyenne $\langle i_L \rangle$ et efficace $i_{L_{eff}}$

$$* \text{Le courant } i_L \text{ est constant, donc } \langle i_L \rangle = i_{L_{eff}} = I_0 = 30A.$$

- Valeur moyenne $\langle u \rangle$: la période est $T = \pi$

$$\langle U \rangle = \frac{1}{T} \int_0^T u(\theta) d\theta = \frac{1}{\pi} \int_{\pi/4}^{\pi+\pi/4} v_{\max} \sin(\theta) d\theta = \frac{1}{\pi} v_{\max} [-\cos(\theta)]_{\pi/4}^{\pi+\pi/4} = \frac{1}{\pi} v_{\max} [-\cos(5\pi/4) + \cos(\pi/4)]$$

$$\langle U \rangle = \frac{1}{\pi} \sqrt{2} 220 \left[+\frac{\sqrt{2}}{2} + \frac{\sqrt{2}}{2} \right] = \frac{4 \times 220}{2\pi} = \frac{2}{\pi} 220 \Rightarrow \langle U \rangle = 140.13V$$

— Réponse Q.5 :

Le modèle électrique de l'induit du moteur est donnée par : $E + Ri$

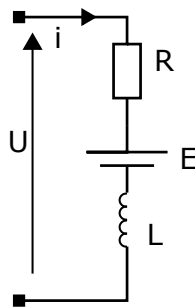


FIGURE 14 – Modèle électrique du moteur.

— Réponse Q.6 : L'angle de retard des thyristors est $\beta = \pi/4$.

* La force électromotrice de cette machine E .

$$\text{On a } U = Ri + E + \underbrace{L \frac{di}{dt}}_{=0 : L \text{ assez grande (i=cst)}} \Rightarrow E = \langle U \rangle - R \langle i \rangle = 140.13 - 0.1 \times 30 = 137.13V.$$

$$\underline{E = 137.13V.}$$

* On rappelle que : $E = K' \times n$ avec ($K'(V/tr/min)$ et $n(tr/min)$), n la fréquence de rotation.

$$n = \frac{E}{K'} = \frac{137}{0,097} = \underline{1412.37 \text{ tours/minute.}}$$

$$7. \beta = 2\pi/3 \text{ et } i = 30A.$$

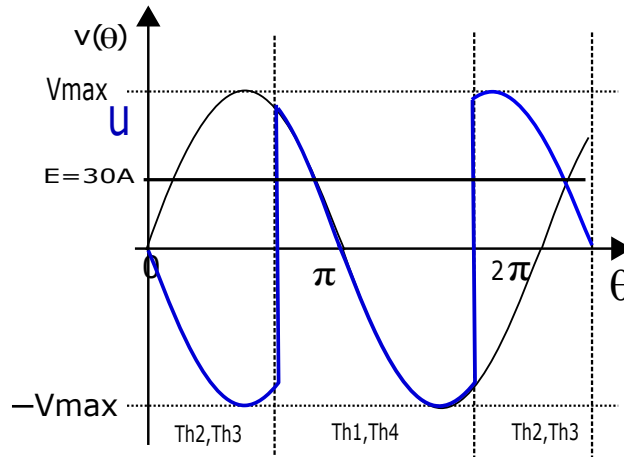


FIGURE 15 – Nouvelle tension de sortie .

7.1)

$$\langle U \rangle = \frac{1}{T_0} \int_0^T u(\theta) d\theta = \frac{1}{\pi\beta} \int_{2\pi/3}^{\pi+2\pi/3} v_{\max} \sin(\theta) d\theta = \frac{1}{\pi} v_{\max} [-\cos(\theta)]_{2\pi/3}^{\pi+2\pi/3} = \frac{1}{\pi} v_{\max} [-\cos(5\pi/3) + \cos(2\pi/3)]$$

$$\langle U \rangle = \frac{1}{\pi} \sqrt{2} 220 \left[-\frac{1}{2} - \frac{1}{2}\right] = -\frac{\sqrt{2} \times 220}{\pi} = -99.08 \Rightarrow \underline{\langle U \rangle = -99.08V}$$

7.2) Le courant (i) est positif et la tension de sortie est négative; la puissance de sortie est négative ($P = V \times i < 0$), donc le mode de fonctionnement de cette machine est le **mode en génératrice**.

7.3) La **puissance est négative** \Rightarrow L'énergie est transférée du **monte-charge vers le réseau**. Le montage fonctionne **en onduleur** (puisque on a un transfert d'énergie continu/alternatif).

Exercice 5 :

A. Étude des tensions

— Réponse Q.1 :

Les diodes $D1$, $D2$ et $D3$ constituent un commutateur à cathodes communes. À chaque instant, la diode passante est celle qui est reliée à la phase du réseau présentant la tension la plus positive. Les diodes $D'1$, $D'2$ et $D'3$ constituent un commutateur à anodes communes. À chaque instant, la diode passante est celle qui est reliée à la phase du réseau présentant la tension la plus négative. Pendant une période de l'alimentation, la tension redressée (u_d) est donc constituée de six cathottes de sinusoides qui correspondent aux tensions composées du réseau.

- La tension de sortie peut être écrite par : $u_d = U\sqrt{2} \cos \theta'$ et la valeur efficace des tensions composées est : $U = V\sqrt{3}$.

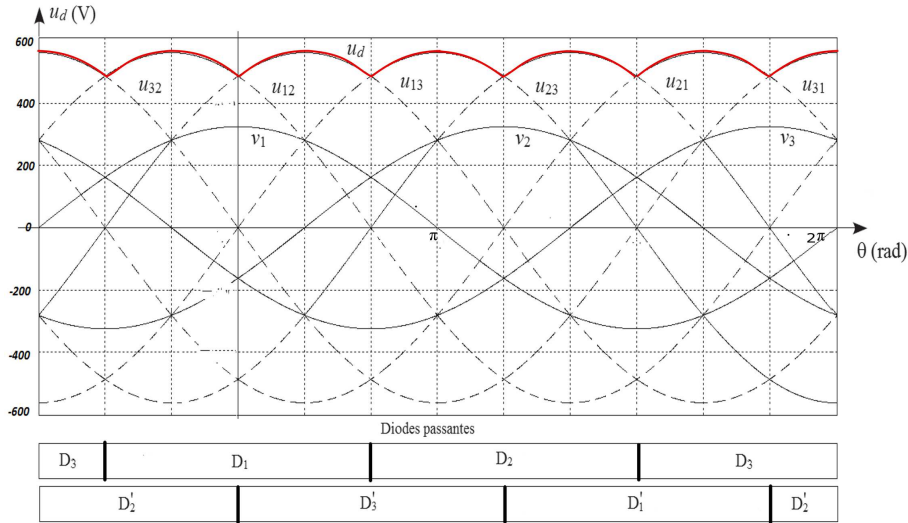


FIGURE 16 – Tension de sortie .

- Application numérique : $U = 230\sqrt{3} = 400V$.
- L'amplitude de ces tensions est alors : $U_M = U\sqrt{2}$.
- Application numérique : $U_M = 400\sqrt{2} = 566V$.

— Réponse Q.2 :

L'indice de pulsation (p) de la tension redressée est le nombre de calottes de sinusoïde composant cette tension pendant une période $23c0$: $p = 6$

— Réponse Q.3 :

La valeur moyenne (U_{d0}) de la tension redressée u_d est définie par ($T = \pi/3$) : $U_{d0} =$

$$\frac{1}{T} \int_0^T u_d d\theta = \frac{1}{\pi/3} \int_{\pi/6}^{3\pi/6} u_d d\theta$$

$$U_{d0} = \frac{1}{\pi/3} \int_{\pi/6}^{3\pi/6} ((v_1 - v_2) + (v_1 - v_3)) d\theta = \frac{3\sqrt{2}}{\pi} U \text{ avec } U = V\sqrt{3}$$

$$\text{Donc : } U_{d0} = \frac{3\sqrt{6}}{\pi} V.$$

$$\text{Par application numérique : } U_{d0} = \frac{3\sqrt{6}}{\pi} 230 = 538V.$$

B. Étude des courants

— Réponse Q.1 :

L'intensité du courant dans une diode est égale à (I_0) lorsque cette diode est passante et elle est nulle quand cette diode est bloquée.

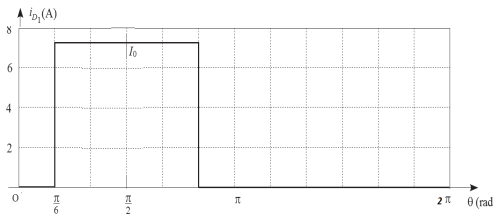


FIGURE 17 – Courbe du courant dans une diode (D1).

— Réponse Q.2 :

Chaque diode est traversée par un courant d'intensité (I_0) pendant un tiers de la période ($T/3$). L'intensité moyenne du courant dans une diode est donc :

$$I_{D1} = \frac{I_0}{3}$$

Application numérique : $I_{D1} = \frac{7.20}{3} = 2.40A$.

— **Réponse Q.3 :**

L'intensité efficace (I_D) du courant dans une diode est la racine carrée de la valeur moyenne de (i_{D1}^2)

$$I_D = \sqrt{\langle i_{D1}^2 \rangle}$$

Comme i_{D1}^2 prend la valeur (I_0^2) pendant un tiers de la période, nous obtenons : $I_D = \frac{I_0}{\sqrt{3}}$

Application numérique : $I_D = \frac{7.20}{\sqrt{3}} = 4.16A$.

— **Réponse Q.4 :**

L'intensité instantanée (i_1) du courant dans le fil de ligne 1 est la différence des intensités (i_{D1}) et ($i_{D1'}$) des courants dans les diodes ($D1$) et ($D1'$) : $i_1 = i_{D1} - i_{D1'}$.

Chaque diode est passante pendant un tiers de la période et les débloquages de ($D1$) et ($D1'$) sont décalés d'une demi-période.

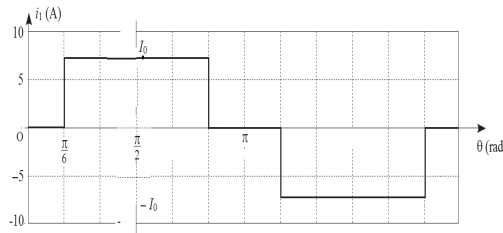


FIGURE 18 – Courbe du courant dans un fil de ligne.

— **Réponse Q.5 :**

L'intensité efficace (I) des courants en ligne est la racine carrée de la valeur moyenne de (i_1^2) : $I = \sqrt{\langle i_1^2 \rangle}$, Comme (i_1^2) prend la valeur (I_0^2) pendant deux tiers de la période, nous

obtenons : $I = \sqrt{\frac{2}{3}} I_0$.

Application numérique : $I = \sqrt{\frac{2}{3}} 7.2 = 5.88A$.

C. Étude des puissances

— **Réponse Q.1 :**

La puissance apparente est définie par : $S = 3VI$

Le résultat de la question précédente permet d'écrire : $S = 3V \sqrt{\frac{2}{3}} I_0$

soit : $S = \sqrt{6} V \times I_0$

Application numérique : $S = 6 \times 230 \times 7.20 = 4,06 \text{ kVA}$.

— **Réponse Q.2 :**

Comme les diodes sont idéales, le redresseur ne présente pas de pertes. La puissance active appelée à l'entrée est donc égale à la puissance moyenne fournie à la charge : $P = U_{d0} \times I_0$

Soit : $P = \frac{3\sqrt{6}}{\pi} V \times I_0$

Application numérique :

$$P = \frac{3\sqrt{6}}{\pi} \times 230 \times 7.20 = 3.87 \text{ kW}$$

— **Réponse Q.3 :**

Le facteur de puissance (f_P) est défini par : $f_P = \frac{P}{S}$

ce qui donne ici : $f_P = \frac{3\sqrt{6} V \times I_0}{\sqrt{6} V \times I_0}$

soit : $f_P = \frac{3}{\pi}$

Application numérique : $f_P = 0,955$

Un avantage du montage **PD3** est de présenter un facteur de puissance assez proche de 1.

— Réponse Q.4 :

La courbe du fondamental (i_{1f}) du courant (i_1) présente la même symétrie que la courbe du courant (i_1).

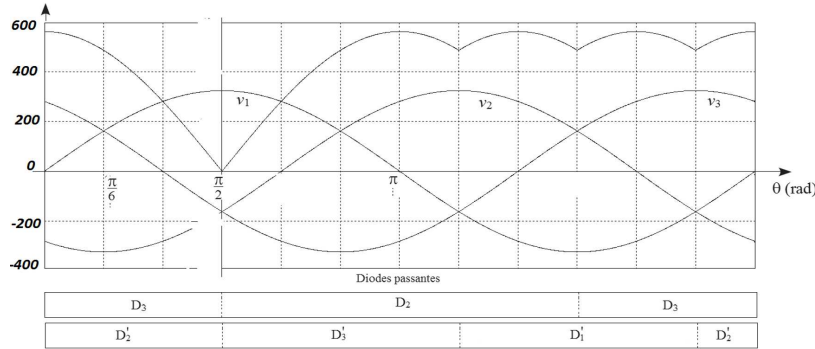


FIGURE 19 – Courbe du fondamental du courant dans un fil de ligne.

Le fondamental (i_{1f}) du courant (i_1) est donc en phase avec la tension simple (v_1) : $\varphi_f = 0$.

— Réponse Q.5 :

Comme les tensions sont sinusoïdales, la puissance réactive (Q) appelée par le redresseur est due uniquement aux composantes fondamentales des courants, ce qui donne, en notant (I_f) l'intensité efficace de ces dernières : $Q = 3V \times I_f \times \sin \varphi_f$

Comme ($3c6_f = 0$), la puissance réactive (Q) appelée par le redresseur est nulle.

— Réponse Q.6 :

La puissance apparente (S) s'écrit : $S = \sqrt{P^2 + Q^2 + D^2} = \sqrt{P^2 + D^2}$

Nous en déduisons l'expression de la puissance déformante (D) : $D = \sqrt{S^2 - P^2}$

Application numérique : $D = \sqrt{4060^2 - 3870^2} = 1.23 \text{ kVAD}$.

L'unité volt-ampère déformant (VAD).

D. Fonctionnement en cas de défaut

— Réponse Q.1 :

Les règles de commutation utilisées pour le fonctionnement normal sont toujours applicables, mais seules deux diodes sont présentes dans le commutateur à cathodes communes.

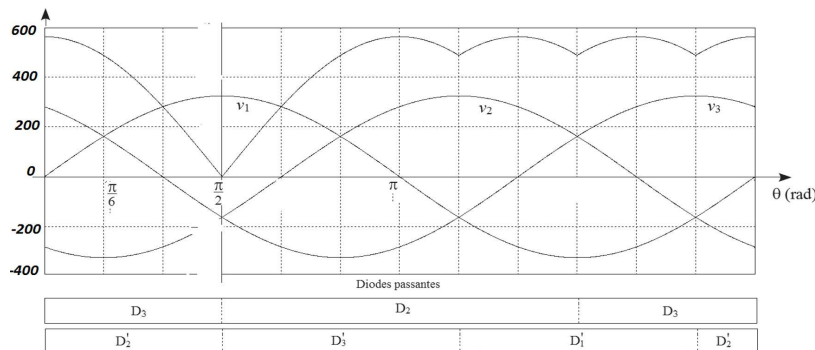


FIGURE 20 – Courbe de la tension redressée.

E. Fonctionnement mixte

— Réponse Q.1 :

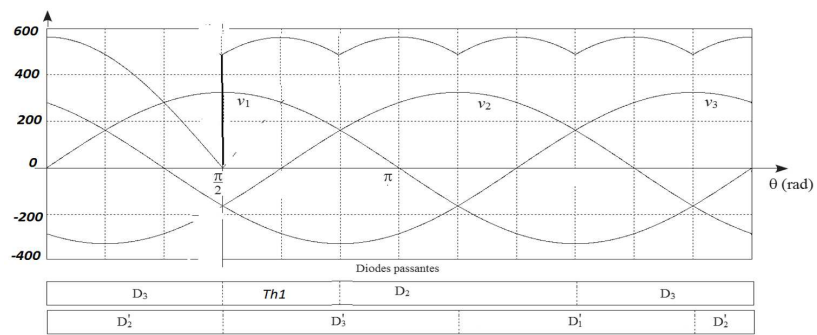


FIGURE 21 – Courbe de la tension redressée.