Université Ferhat Abbas-Sétif 1

Faculté de Technologie

Département d'électrotechnique

05/11/2017

Electronique de puissance (LET52)

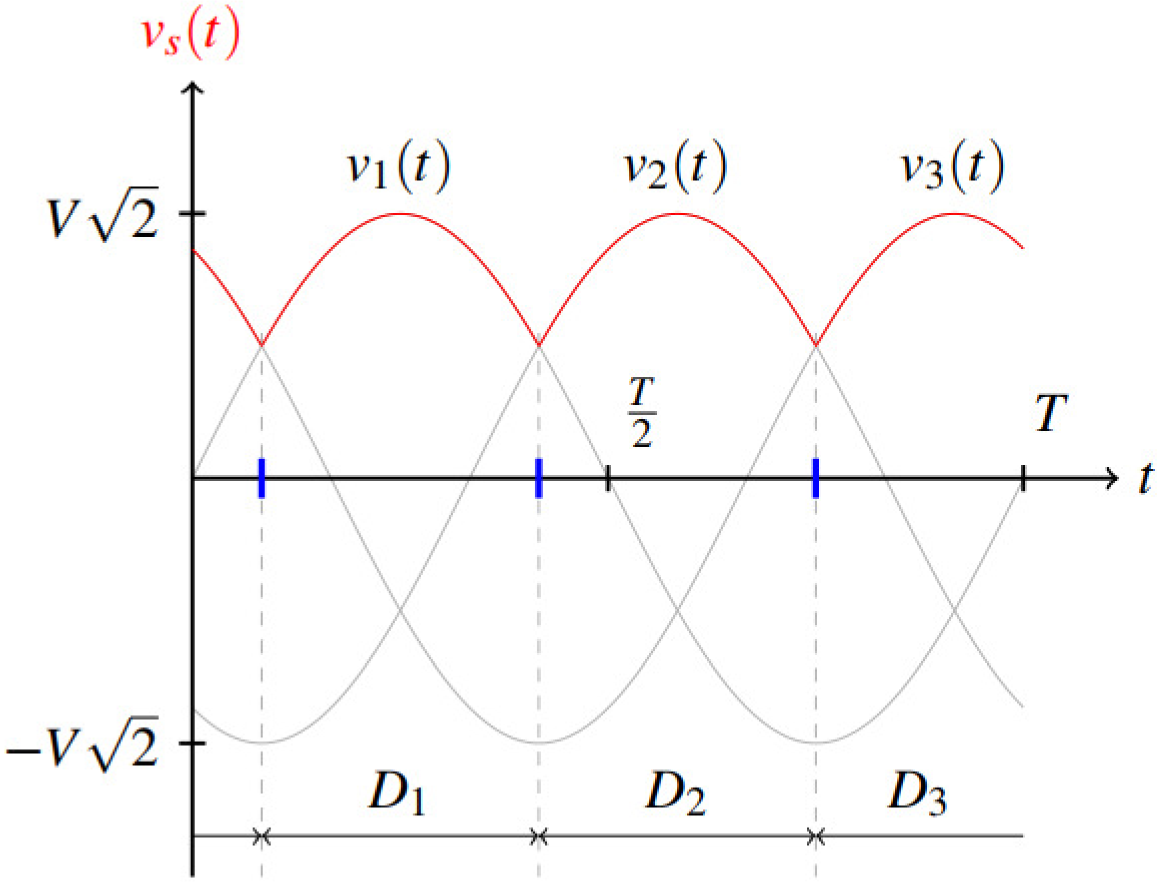
Solution du TD N°4: Redressement triphasé non commandé

Correction N°1

1. Les instants de commutation naturelle pour le redresseur à cathodes communes soumis au système de tensions triphasé décrit ci-dessus sont les croisements des tensions simples dans le domaine des tensions positives.

2. La diode conductrice entre 2 instants de commutation naturelle est celle qui voit son potentiel d'anode le plus élevé.

3. Lorsqu'une diode est passante, la tension de sortie vaut alors la tension d'anode de la diode considérée. L'allure de la tension de sortie ainsi que la séquence de conduction déduite des instants de commutation naturelle sont décrits sur la FIGURE suivante.

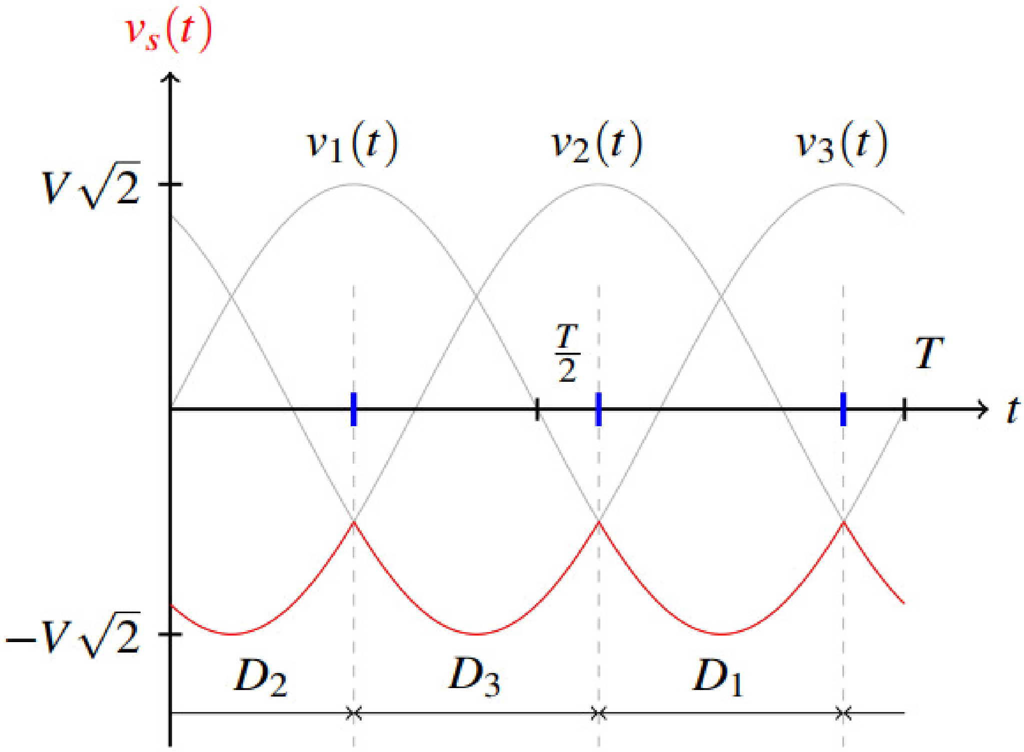


Pont P3 à cathodes communes

4.

$$\langle v_s \rangle = \frac{3}{2\cdot\pi}\int_{\frac{\pi}{6}}^{\frac{5\pi}{6}} v_1 \cdot d\theta = \frac{3}{2\cdot\pi}\int_{\frac{\pi}{6}}^{\frac{5\pi}{6}} V_M \cdot sin\theta \cdot d\theta = \frac{3\cdot V_M}{2\cdot\pi}[-cos\theta]_{\frac{\pi}{6}}^{\frac{5\pi}{6}} = \frac{3\cdot\sqrt{3}\cdot V_M}{2\cdot\pi}$$

5. Pour le même groupement de diodes anodes communes, les instants de commutation naturelle, la séquence de conduction et l'allure de la tension vs(t) sont présentés à la FIGURE suivante.



Pont P3 à anodes communes

La valeur moyenne de la tension de sortie peut facilement être calculée :

$$\langle v_s \rangle = -\frac{3 \cdot \sqrt{3} \cdot V_M}{2 \cdot \pi}$$

Correction N°2

1. Pour que les 3 tensions v_1, v_2 *et* v_3 puissent définir un système de tension triphasé, les 3 conditions suivantes doivent être réunies :

(a) Même fréquence (même pulsation $\omega = 2.\pi.f$)

(b) Même valeur efficace **(V)**

(c) Tensions déphasées de $\frac{2\pi}{3}$

2. Les expressions dans le domaine temporel et dans le domaine complexe sont donc les suivantes :

(a) Domaine temporel :

$$v_1 = V_M \cdot sin\theta$$

$$v_2 = V_M \cdot sin\left(\theta - \frac{2\pi}{3}\right)$$

$$v_3 = V_M \cdot sin\left(\theta + \frac{2\pi}{3}\right)$$

avec $\theta = \omega \cdot t; \ \omega = 2 \cdot \pi \cdot f;$

$$f = \frac{1}{T} = 50Hz \rightarrow T = 20ms, T = 2 \cdot \pi$$

$$V_M = V \cdot \sqrt{2}$$

(b) Domaine complexe :

$$\underline{V_1} = V \cdot e^{0}$$

$$\underline{V_1} = V \cdot e^{-j\frac{2\pi}{3}}$$

$$\underline{V_1} = V \cdot e^{j\frac{2\pi}{3}}$$

3. Le diagramme de Fresnel permet de représenter graphiquement sur un même plan des variables de même fréquence. Notons qu'il est impératif d'orienter le diagramme de Fresnel pour une bonne lisibilité des déphasages. La FIGURE suivante représente le diagramme de Fresnel d'un système de tension triphasé.

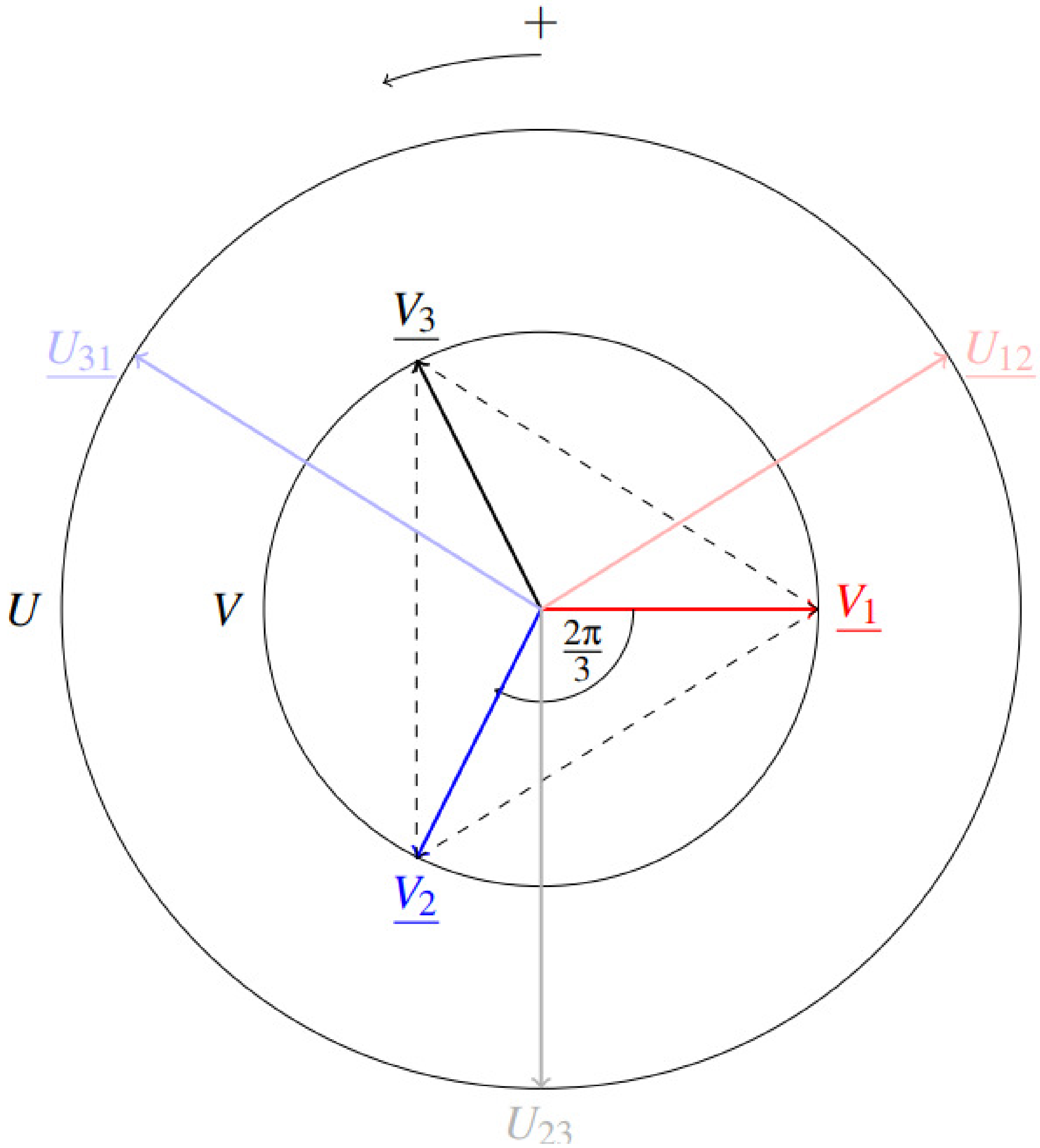
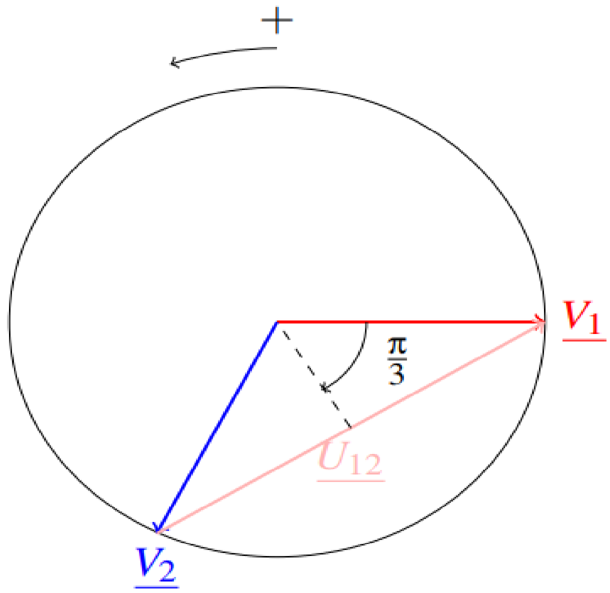


Diagramme de Fresnel d'un système de tension triphasé

4. La relation entre la valeur efficace des tensions simples (v) et la valeur efficace des tensions composées (u) peut être déterminée à l'aide du diagramme de Fresnel représenté à la FIGURE suivante. Le module du

complexe $\underline{V_1}$ valant V et le module du complexe $\underline{U_{12}}$ valant U. Il suit :



Détermination du rapport des tensions efficaces à l'aide du Fresnel

Il suit :

$$\frac{U}{2} = V.sin(\frac{\pi}{3})$$

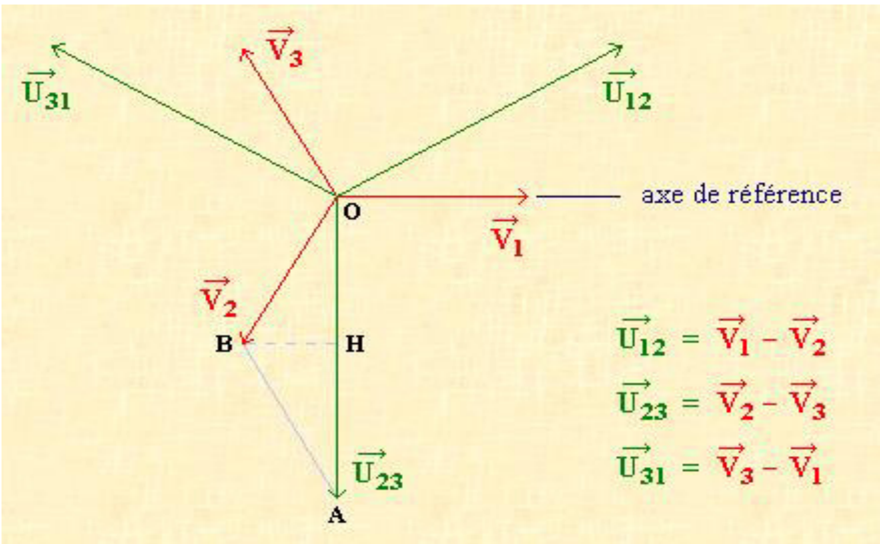
D'où :

$$U = \sqrt{3}.V$$

5. La valeur maximale atteinte par une tension composée au cours d'une période vaut donc :

$$U_M = \sqrt{2}.U = \sqrt{2}.\sqrt{3}.V = \sqrt{6}.V \cong 2,45V$$

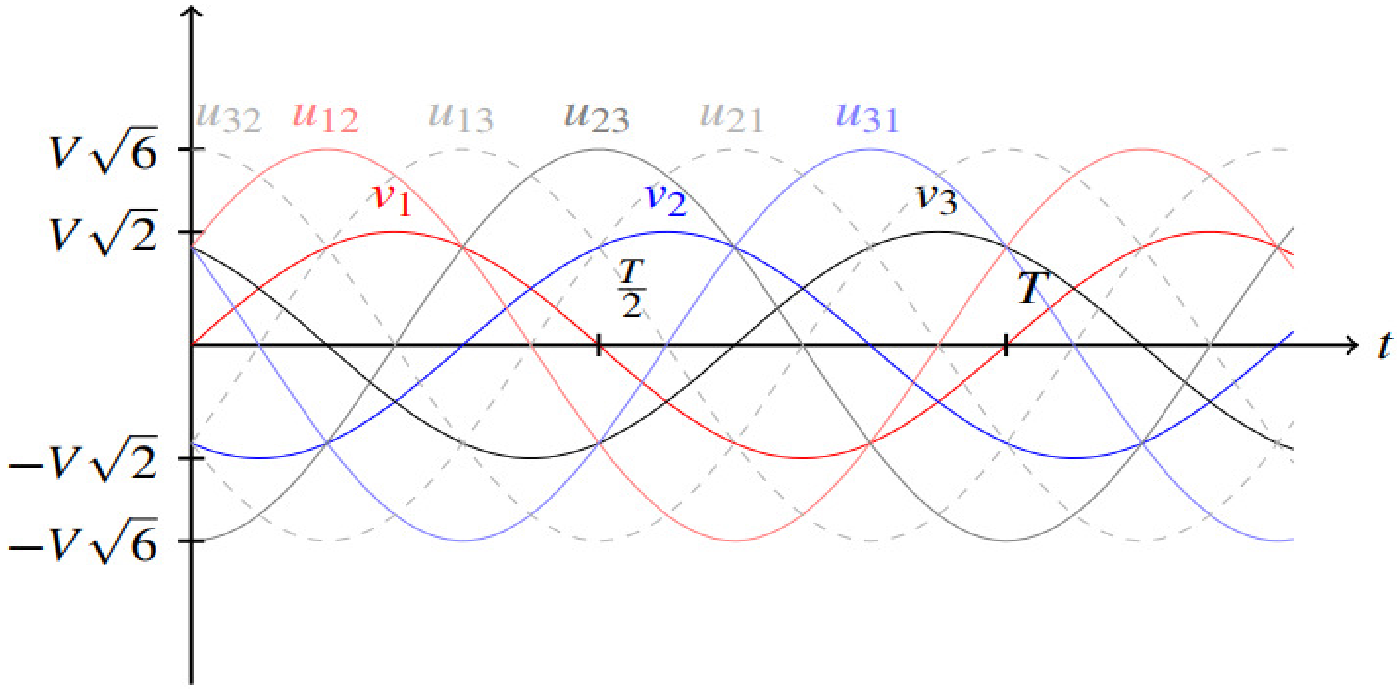
6. Les allures temporelles des tensions simples et composées sont représentées à la Figure suivante.



$$u_{12} = \sqrt{6}.V \cdot sin\left(\theta + \frac{\pi}{6}\right)$$

$$u_{23} = \sqrt{6}.V \cdot sin\left(\theta - \frac{\pi}{2}\right)$$

$$u_{31} = \sqrt{6}.V \cdot sin\left(\theta + \frac{5\pi}{6}\right)$$



Correction N°3

1. La séquence de conduction des diodes est définie par les instants de commutation naturelle. La charge appelant un courant constant, à chaque instant une des diodes à cathodes communes conduit avec une des diodes à anodes communes. Pour les diodes à cathodes communes, la diode qui conduit est celle qui voit son potentiel d'anode le plus élevé. De même, pour les diodes à anodes communes, la diode qui conduit est celle qui voit son potentiel de cathode le moins élevé. La séquence de conduction des diodes est représentée à la FIGURE 1.

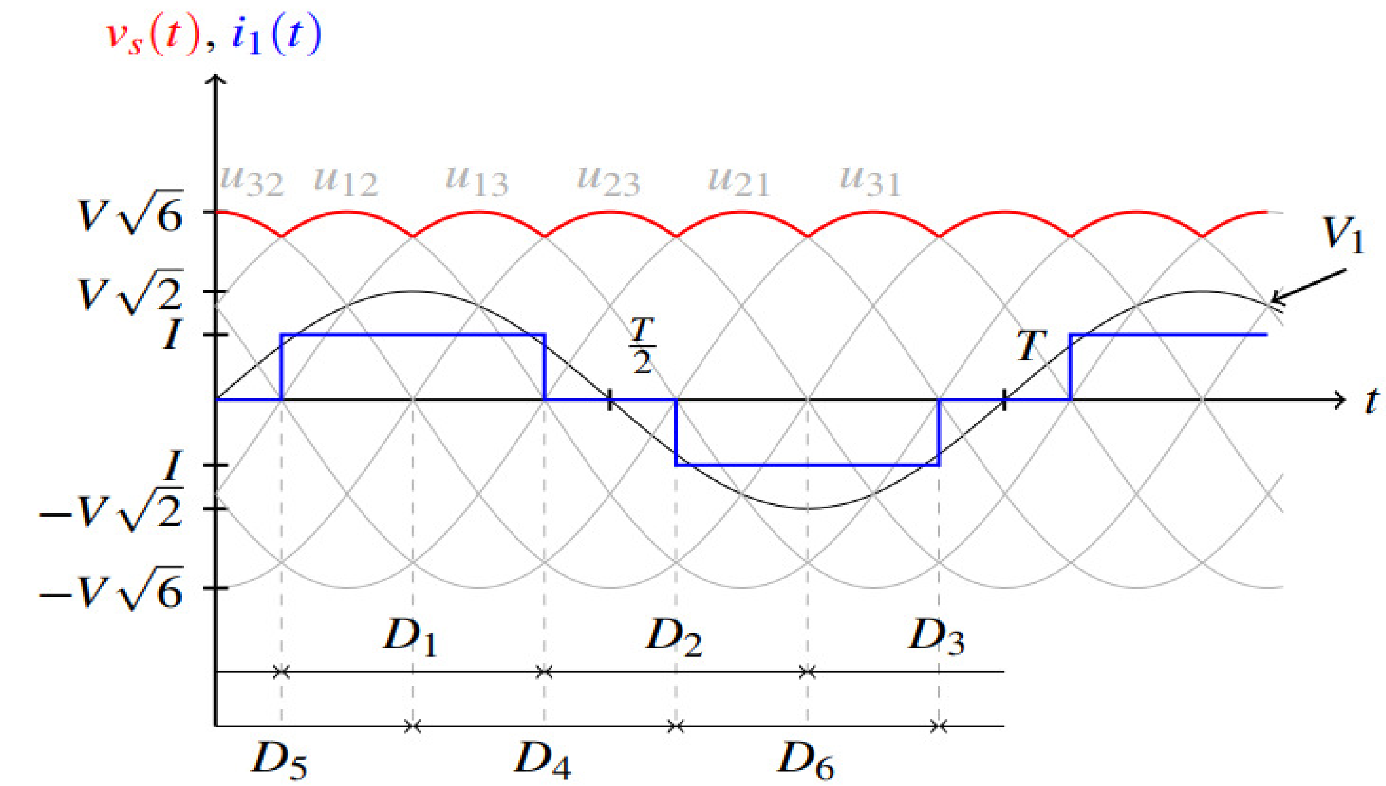


FIGURE 1 – Séquence de conduction des diodes et grandeurs électriques caractéristiques d'un PD3.

2. Une fois la séquence de conduction des diodes déterminées, il est aisé de déterminer la valeur de la tension de sortie. Par exemple, entre $\frac{\pi}{6}$ et $\frac{\pi}{2}$, les diodes D_1 et D_5 conduisent, la tension de sortie v_s**(t)** est alors égale à la tension composée $u_{12}(t)$. L'allure de la tension de sortie peut alors être représentée (FIGURE 2). Il est possible d'observer que la tension de sortie est bien moins ondulée que dans le cas d'un redresseur monophasé.

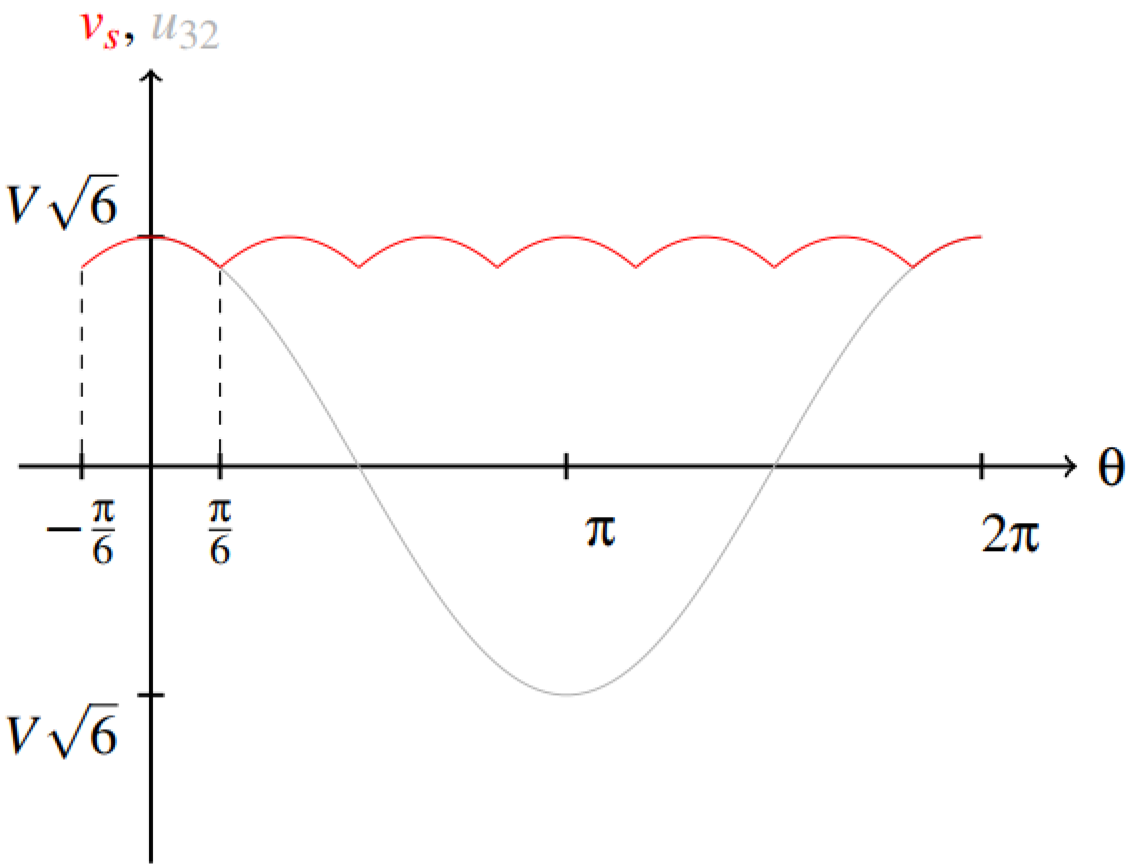


FIGURE 2 – Calcul de la valeur moyenne de la tension de sortie $\langle v_s \rangle$.

3. Pour déterminer la valeur moyenne de la tension de sortie, nous isolerons l'intervalle $[-\frac{\pi}{6}, \frac{\pi}{6}]$ comme représenté sur la FIGURE 3. Sur l'intervalle $[-\frac{\pi}{6}, \frac{\pi}{6}]$, la tension de sortie du PD3 est égale à la tension composée $u_{32}(t)$. La tension moyenne de sortie peut alors s'exprimer de la manière suivante :

$$\langle v_s \rangle = \frac{6}{2\pi}\int_{-\frac{\pi}{6}}^{\frac{\pi}{6}} u_{32} \cdot d\theta$$

$$= \frac{3}{\pi}\int_{-\frac{\pi}{6}}^{\frac{\pi}{2}} V \cdot \sqrt{6} \cdot sin\left(\theta + \frac{\pi}{2}\right) \cdot d\theta$$

$$= \frac{3 \cdot V \cdot \sqrt{6}}{\pi}\int_{-\frac{\pi}{6}}^{\frac{\pi}{6}} cos(\theta) \cdot d\theta$$

$$= \frac{3 \cdot V \cdot \sqrt{6}}{\pi}[sin(\theta)]_{-\frac{\pi}{6}}^{\frac{\pi}{6}}$$

$$= \frac{3 \cdot \sqrt{6} \cdot V}{\pi}$$

4. Pour déterminer la tension aux bornes de la diode D_1, il suffit de déterminer si elle est passante et, le cas échéant quelle est la diode à cathode commune qui l'est :

– Intervalle $[\frac{\pi}{6}, \frac{5\pi}{6}]$: D_1 passante

$$v_{D1}(t) = 0$$

– Intervalle $[\frac{5\pi}{6}, \frac{9\pi}{6}]$: D_2 passante

$$v_{D1}(t) = u_{12}(t)$$

– Intervalles $[0, \frac{\pi}{6}]$ et $[\frac{9\pi}{6}, 2\pi]$: D_3 passante

$$v_{D1}(t) = u_{13}(t)$$

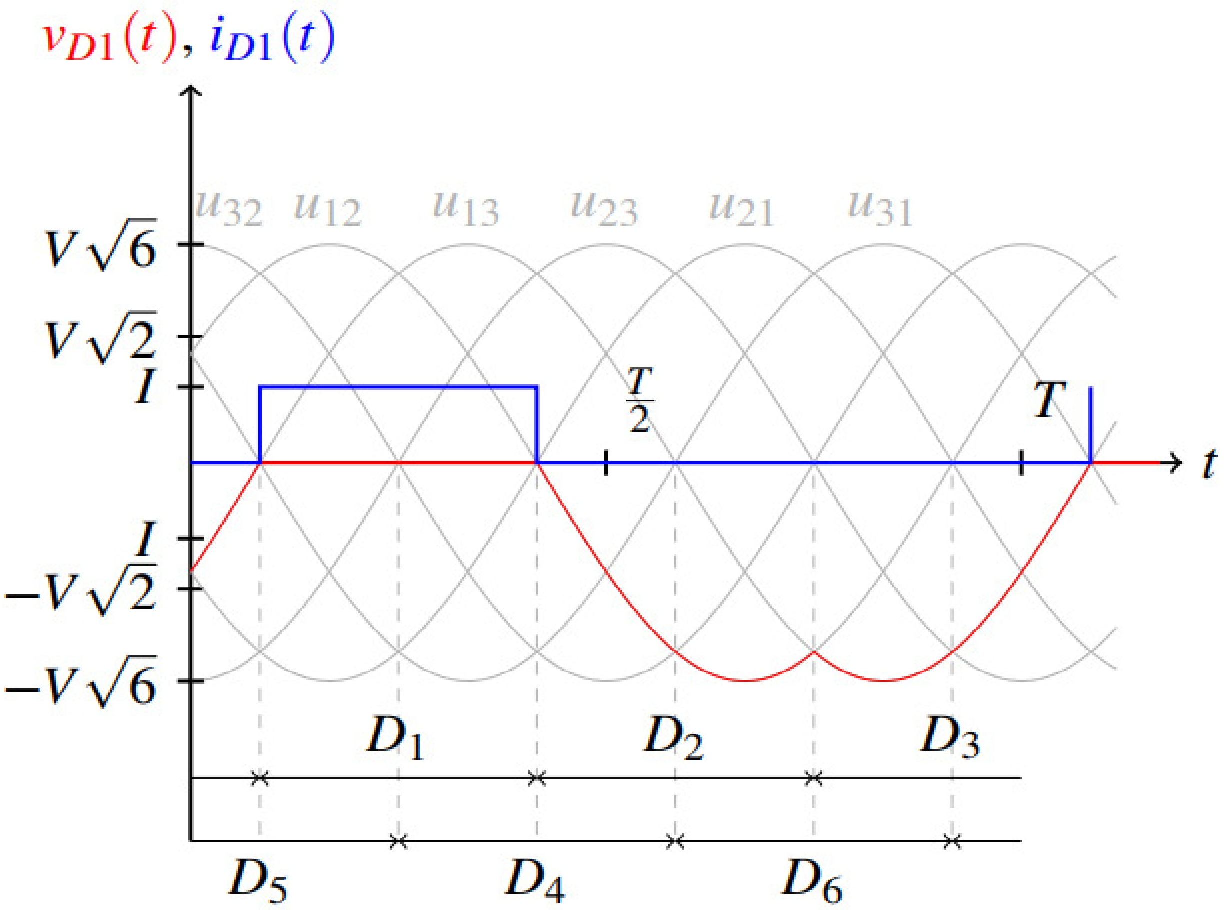


FIGURE 3 – Tension et courant de la diode D_1

L'allure de la tension aux bornes de la diode D_1 est représentée à la FIGURE 3. De façon à dimensionner au mieux une diode, il est impératif de connaître la tension maximale qu'elle est amenée à tenir en inverse (VRM), ce paramètre est défini grâce à la FIGURE 3 :

$$VRM = -V \cdot \sqrt{6}$$

5. La charge appelant un courant constant, le courant dans la diode D_1 vaut I lorsque celle-ci est passante et 0 lorsque la diode est bloquée. D'après la loi des noeuds, le courant de la première phase vaut :

$$i_1(t) = i_{D1}(t) - i_{D6}(t)$$

Il est alors possible de représenter le courant dans la phase 1 (en bleu sur la FIGURE 1).

6. La valeur efficace du courant de la phase 1 nous est donnée par l'expression suivante :

$$I_1 = \sqrt{\frac{1}{2\pi}\int_0^{2\pi} i_1^2(\theta)\cdot d\theta}$$

Par symétrie :

$$= \sqrt{\frac{4}{2\pi}\int_{\frac{\pi}{6}}^{\frac{\pi}{2}} i_1^2(\theta)\cdot d\theta}$$

$$= \sqrt{\frac{4}{2\pi}\int_{\frac{\pi}{6}}^{\frac{\pi}{2}} I^2\cdot d\theta}$$

$$= \sqrt{\frac{2\cdot I^2}{\pi}[\theta]_{\frac{\pi}{6}}^{\frac{\pi}{2}}}$$

$$= \sqrt{\frac{2\cdot I^2}{\pi}\left(\frac{\pi}{2}-\frac{\pi}{6}\right)}$$

$$= I\cdot\sqrt{\frac{2}{3}}$$

7. Pour déterminer le facteur de puissance, nous ferons l'hypothèse que le convertisseur est sans pertes (diodes idéales). Il est alors possible d'exprimer la puissance active comme apparente en amont ou en aval du pont.

La puissance active, exprimée en aval du pont redresseur donne :

$$P = \langle v_s\rangle . I = \frac{3\cdot\sqrt{6}\cdot V}{\pi} I$$

La puissance apparente exprimée elle côté réseau donne :

$$S = 3.V.I_1 = 3.V.I\cdot\sqrt{\frac{2}{3}} = \sqrt{6}.V.I$$

Le facteur de puissance peut alors être déduit :

$$FdP = \frac{P}{S} = \frac{\frac{3\cdot\sqrt{6}\cdot V}{\pi} I}{\sqrt{6}.V.I} = \frac{3}{\pi} \approx 0,95$$

Le facteur de puissance de cette installation est donc très proche de 1 ce qui indique une excellente qualité d'utilisation de l'énergie électrique, la quasi totalité de l'énergie électrique étant convertie en puissance dans la charge.