

## Récapitulatif des relations Redressement monophasé et triphasé

M.Mouchrif

Commande électronique des moteurs

### Commande électronique des moteurs

#### Rappels et généralités

##### Valeur moyenne et valeur efficace des tensions et des courants

Définition de la valeur moyenne et la valeur efficace d'une tension périodique quelconque :

Valeur moyenne : 
$$\bar{U} = \frac{1}{T} \int_0^T u(t) dt$$

Valeur efficace : 
$$U_{\text{eff}} = \sqrt{\frac{1}{T} \int_0^T u^2(t) dt} \quad \text{ou :} \quad U_{\text{eff}}^2 = \frac{1}{T} \int_0^T u^2(t) dt$$

M.Mouchrif

Commande électronique des moteurs

## Redressement non commandé – Relations importantes

### Redressement simple alternance (charge résistive)

Valeur moyenne de la tension et du courant

$$\overline{U}_R = \frac{V_M}{\pi} \quad \overline{I}_R = \frac{V_M}{\pi R}$$

La valeur efficace de la tension et du courant

$$U_{Reff} = \frac{V_M}{2} \quad I_{Reff} = \frac{U_{Reff}}{R} = \frac{I_M}{2}$$

Tension inverse maximale que peut supporter la diode en sens inverse (TIC)

$$V_D = -V_M$$

## Redressement non commandé – Relations importantes

### Redressement double alternance (charge résistive)

Valeur moyenne de la tension et du courant

$$\overline{U}_R = \frac{2V_M}{\pi} \quad \overline{I}_R = \frac{2V_M}{\pi R}$$

La valeur efficace de la tension et du courant

$$U_{Reff} = \frac{V_M}{\sqrt{2}} \quad I_{Reff} = \frac{U_{Reff}}{R} = \frac{I_M}{\sqrt{2}}$$

Tension inverse maximale que peut supporter la diode en sens inverse (TIC)

$$V_D = -2V_M$$

(*transfo à point milieu*)

$$V_D = -V_M$$

(*pont de Graetz*)

## Redresseur simple alternance commandé – Charge résistive

### Valeur moyenne de la tension

$$\bar{U} = \frac{V\sqrt{2}}{2\pi} \int_{\alpha}^{\pi} \sin(\theta) d\theta$$

$$\bar{U} = \frac{V\sqrt{2}}{2\pi} (1 + \cos\alpha)$$

### Valeur moyenne du courant

$$\bar{I} = \frac{V\sqrt{2}}{2\pi R} [1 + \cos\alpha]$$

La valeur maximale est obtenue pour  $\alpha=0^\circ$

L'intérêt d'un tel dispositif, c'est d'obtenir une tension et un courant de charge et par conséquent une puissance réglable.

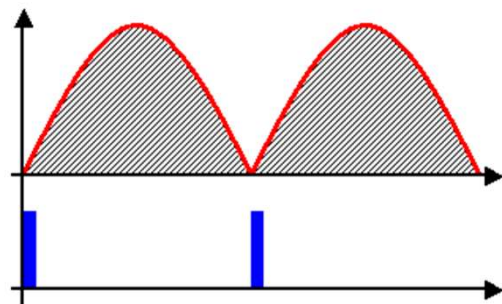
## Redresseur simple alternance commandé – Charge résistive

### Valeur efficace de la tension

$$U_{eff} = \frac{V_m}{2} \sqrt{1 - \frac{\alpha}{\pi} + \frac{\sin(2\alpha)}{2\pi}}$$

### Valeur efficace du courant

$$I_{eff} = \frac{V_m}{2R} \sqrt{1 - \frac{\alpha}{\pi} + \frac{\sin(2\alpha)}{2\pi}}$$



### Tension inverse maximale supportée par le Thyristor

$$V_{AKmax} = -V\sqrt{2}$$

## Redresseur double alternance commandé – Charge résistive

### Valeur moyenne de la tension

$$\begin{aligned}\bar{U} &= \frac{1}{\pi} \int_0^{\pi} V_s(\theta) d\theta \\ &= \frac{1}{\pi} \int_0^{\pi} V_s \sqrt{2} \sin \theta d\theta\end{aligned}$$

$$\bar{U} = \frac{V\sqrt{2}}{\pi} [1 + \cos \alpha]$$

### Valeur moyenne du courant

$$\bar{I} = \frac{V\sqrt{2}}{\pi R} [1 + \cos \alpha]$$

## Redresseur double alternance commandé – Charge résistive

### Valeur efficace de la tension

$$U_{eff} = \frac{V_m}{\sqrt{2}} \sqrt{1 - \frac{\alpha}{\pi} + \frac{\sin(2\alpha)}{2\pi}}$$

### Valeur efficace du courant

$$I_{eff} = \frac{V_m}{R\sqrt{2}} \sqrt{1 - \frac{\alpha}{\pi} + \frac{\sin(2\alpha)}{2\pi}}$$

### Tension inverse maximale supportée par le Thyristor et la diode

$$V_{AKmax} = V_{Dmax} = -V\sqrt{2}$$

## Redresseur double alternance commandé – Charge inductive

### Montage redresseur commandé PD<sub>2T</sub> (complètement commandé)

#### Valeur moyenne de la puissance

- $\alpha \in [0, \frac{\pi}{2}] : V_{smoy} \geq 0$  Le courant  $i_s$  est toujours positif car son sens est imposé par les thyristors
- $\alpha \in [\frac{\pi}{2}, \pi] : V_{smoy} \leq 0$  La puissance consommée par la charge est :

$$P_c = \frac{1}{T} \int_0^T V_s(t) \cdot i_s(t) dt \quad ; \text{on suppose que } i_s \approx cte \approx I_s$$

$$P_c = I_s \cdot \frac{1}{T} \int_0^T V_s(t) dt$$

$$P_c = I_s \cdot V_{smoy}.$$

M.Mouchrif

Commande électronique des moteurs

5

## Redresseur double alternance commandé – Charge inductive

### Montage redresseur commandé PD<sub>2T</sub> (complètement commandé)

#### Valeur moyenne de la puissance

$\alpha \in [0, \frac{\pi}{2}] : P_c = I_s \cdot V_{smoy} \geq 0$  : la charge consomme l'énergie (récepteur)

$\alpha \in [\frac{\pi}{2}, \pi] : P_c = I_s \cdot V_{smoy} \leq 0$  : la charge fournit de l'énergie (générateur)

- ✓ Pour que la charge puisse fonctionner en récepteur ou générateur, il faut qu'elle soit une charge active.  
Exemple : machine à courant continu.
- ✓ Lorsque la charge fonctionne en récepteur, le transfert de l'énergie se fait du réseau vers la charge.

M.Mouchrif

Commande électronique des moteurs

10

## Redresseur double alternance commandé – Charge inductive

- ❑ Cas du montage → redresseur semi commandé ou pont mixte (à diode de roue libre) :

**Valeur moyenne de la tension**

$$\langle u \rangle = \frac{\hat{V}}{\pi} (1 + \cos\alpha)$$

## Redresseur triphasé non commandé P3 – Charge résistive

**Période et fréquence du signal redressé :**

- ❑ Une diode conduit pendant  $120^\circ$  ( $\frac{1}{3}$  de la période du réseau triphasé)  
 ❑ Par conséquent, le redresseur produit 3 pulsations par période du réseau

La période du signal redressé  $T_{\text{redressé}}$  est donnée par :

$$T_{\text{redressé}} = \frac{T_s}{3} \quad \text{où } T_s \text{ est la période du réseau triphasé}$$

Pour un réseau de 50 Hz :

$$T_s = \frac{1}{50} = 0,02 \text{ s}$$

$$T_{\text{redressé}} = \frac{0,02}{3} \approx 0,00667 \text{ s} = 6,67 \text{ ms}$$

La fréquence du signal redressé  $f_{\text{redressé}}$  est :

$$f_{\text{redressé}} = 3 \cdot f_s$$

$$f_{\text{redressé}} = 3 \times 50 = 150 \text{ Hz}$$

## Redresseur triphasé non commandé P3 – Charge résistive

**Valeur moyenne de la tension :**

$$\langle U_d \rangle = \frac{3\sqrt{6}V_{eff}}{2\pi} \quad \text{ou} \quad \langle U_d \rangle \approx 1,17V_{eff}$$

**Valeur moyenne du courant  
(charge résistive) :**

$$\langle I_d \rangle = \frac{3\sqrt{6}V_{eff}}{2\pi R}$$

**Valeur moyenne du courant  
dans une diode :**

$$\langle I_{diode} \rangle = \frac{I_d}{3}$$

**Valeur efficace de la tension :**

$$U_{deff} = V_{eff} \sqrt{1 + \frac{(\sin \frac{2\pi}{3})^2}{\frac{2\pi}{3}}}$$

ou

$$U_{deff} = V_{max} \sqrt{\left[\frac{1}{2} + \frac{3\sqrt{3}}{8\pi}\right]}$$

**Tension maximale supportée  
par la diode :**

$$V_{dmax} = \sqrt{3}V_{eff}\sqrt{2} = \sqrt{3}V_{max}$$

M.Mouchrif

Commande électronique des moteurs

13

## Redresseur triphasé non commandé PD3 – Charge résistive

**Période et fréquence du signal redressé :**

- Une diode conduit pendant  $60^\circ$  ( $\frac{1}{6}$  de la période du réseau triphasé)
- Par conséquent, le redresseur produit 6 pulsations par période du réseau

La période du signal redressé  $T_{redressé}$   
est donnée par :

$$T_{redressé} = \frac{T_s}{6}$$

où  $T_s$  est la période du  
réseau triphasé

Pour un réseau de 50 Hz :

$$T_s = \frac{1}{50} = 0,02 \text{ s}$$

$$T_{redressé} = \frac{0,02}{6} \approx 0,00333 \text{ s} = 3,33 \text{ ms}$$

La fréquence du signal redressé  $f_{redressé}$  est :

$$f_{redressé} = 6 \cdot f_s$$

$$f_{redressé} = 6 \times 50 = 300 \text{ Hz}$$

M.Mouchrif

Commande électronique des moteurs

14

### Redresseur triphasé non commandé PD3 – Charge résistive

**Valeur moyenne de la tension :**

$$\langle U_d \rangle = \frac{3 \cdot V_{eff} \cdot \sqrt{2} \cdot \sqrt{3}}{\pi}$$

ou

$$\langle U_d \rangle = \frac{6 \cdot V_{eff} \cdot \sqrt{2}}{\pi} \left[ \cos\left(\frac{\pi}{6}\right) \right]$$

**Valeur efficace de la tension :**

$$u_{deff} = \frac{\sqrt{3}}{\sqrt{2}} V_{max} \sqrt{1 + \frac{\sin(2\pi/6)}{2\pi/6}} = 1.662 V_{max}$$

**Tension maximale supportée par la diode :**

$$V_{dmax} = \sqrt{3} V_{eff} \sqrt{2} = \sqrt{3} V_{max}$$

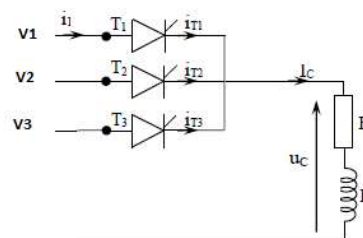
Par un raisonnement analogue à celui du montage parallèle simple. le courant moyen et efficace dans une diode:

$$i_{Dmoy} = \frac{1}{T} \int_{\frac{T}{12}}^{\frac{5T}{12}} I_d dt = \frac{I_d}{3}$$

$$i_{Deff} = \sqrt{\frac{1}{T} \int_{\frac{T}{12}}^{\frac{5T}{12}} (I_d)^2 dt} = \frac{I_d}{\sqrt{3}}$$

### Redressement triphasé commandé simple alternance P3 – Charge RL

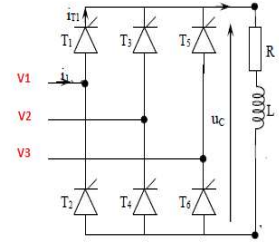
Grandeurs caractéristiques Tension et courant



Tension moyenne dans la charge	$\frac{3\sqrt{3}V_m}{2\pi} \cos(\alpha) = 0.827 V_m \cos(\alpha)$
Courant moyen dans la charge	$I_C = I_{Cmoy} = \frac{3\sqrt{3}V_m}{2\pi R} = \frac{0.827}{R} V_m \cos(\alpha)$
Courant moyen dans les thyristors	$\frac{I_{Cmoy}}{3}$
Fréquence du signal à la charge	$F_s = 3f$
TIC de la diode	$\sqrt{3} V_m$

## Redressement triphasé commandé simple alternance P3 – Charge RL

Grandeurs caractéristiques Tension et courant



Tension moyenne dans la charge	$\frac{3\sqrt{3}V_m \cos(\alpha)}{\pi} = 1.65V_m \cos(\alpha)$
Courant moyen dans la charge	$I_C = I_{Cmoy} = \frac{3\sqrt{3}V_m}{\pi R} = \frac{1.65}{R} V_m \cos(\alpha)$
Courant moyen dans les thyristors	$\frac{I_{Cmoy}}{3}$
Fréquence du signal à la charge	$F_s = 6f$
TIC du thyristor	$\sqrt{3}V_m$