

I.1. Introduction

Les redresseurs sont des convertisseurs de l'électronique de puissance qui assurent la conversion alternative continu (AC/DC).

Ce chapitre a pour objectif l'étude et la modélisation des redresseurs triphasés.

Plusieurs études sont faites sur les redresseurs à deux niveaux, aussi bien du point de vue modélisation que stratégie de commande. Dans notre cas, nous nous intéressons à l'étude et la modulation des redresseurs triphasés en vue de la commande par la technique MLI.

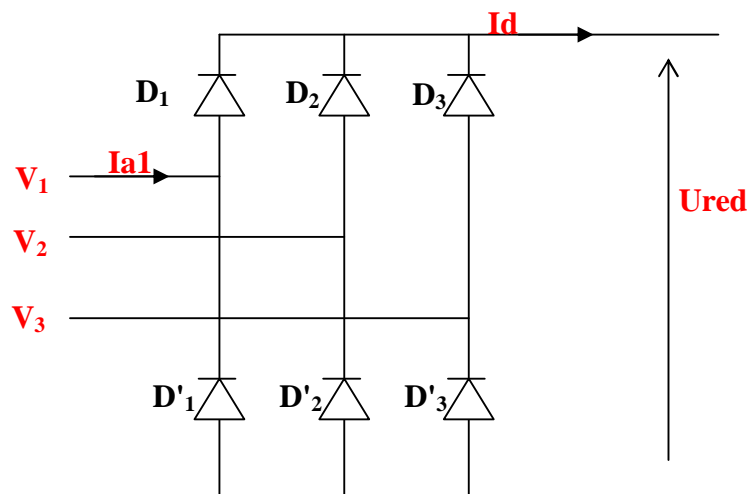
I.2. Redresseur triphasé tout diode

Nous utilisons le pont triphasé tout diodes alimenté par un système de tension sinusoïdales triphasées, schématisé par la figure (I.1).[5]

Les tensions simples du réseau triphasé équilibré sont :

$$\begin{cases} V_1 = V_m \sin(\omega t - \varphi) \\ V_2 = V_m \sin(\omega t - \varphi - \frac{2\pi}{3}) \\ V_3 = V_m \sin(\omega t - \varphi - \frac{4\pi}{3}) \end{cases} \quad (\text{I-1})$$

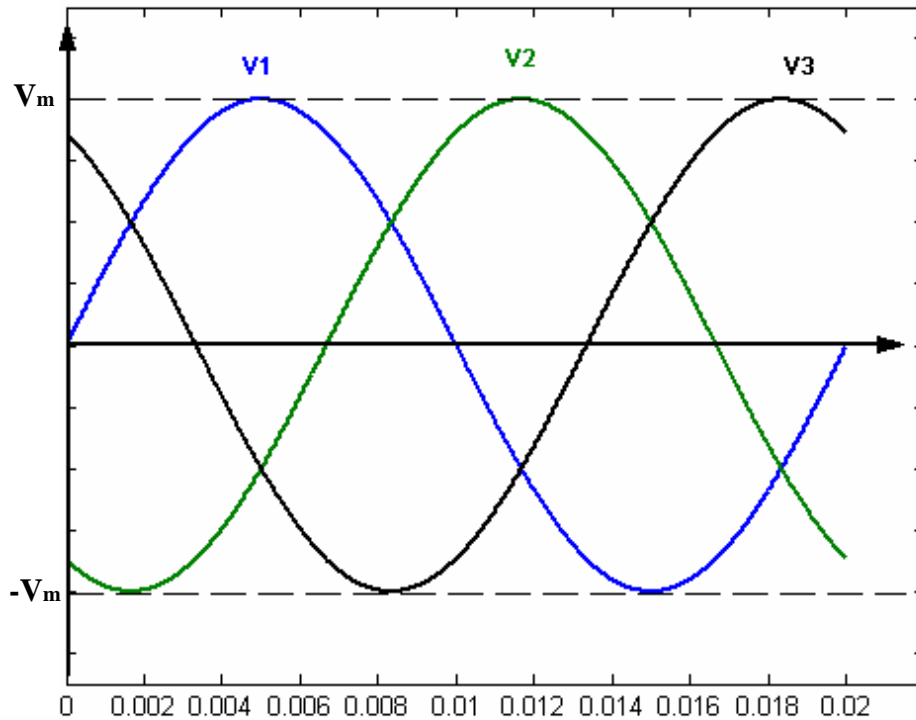
I.2.1. Schéma de principe



Fig(I-1) : Redresseur triphasé tout diodes

I.2.2. Principe de fonctionnement

Le pont est alimenté par une source de tension triphasé sinusoïdale de la forme suivante : [5]



Fig(I-2): Forme de la tension d'alimentation

Deux diodes d'un même bras ne peuvent conduire simultanément. Lorsque D_1 conduit, l'une des deux diodes D'_2 et D'_3 conduit également. Il en vient que D_1 conduit lorsque V_1 est supérieur à V_2 et V_3 , ou encore :

$$V_1 = \text{Max}(V_j); j = 1, 2, 3. \quad (\text{I.2})$$

Le même raisonnement conduit aux conditions suivantes :

$$D_i \text{ Conduit si } V_i = \text{Max}(V_j); i = 1, 2, 3; j = 1, 2, 3.$$

$$D'_i \text{ Conduit si } V'_i = \text{Min}(V_j); i = 1, 2, 3; j = 1, 2, 3.$$

Pendant chaque séquence de conduction, la tension U_{red} à la sortie du redresseur est :

$$U_{\text{red}} = \text{Max}(V_j) - \text{Min}(V_j); j = 1, 2, 3, 4, \dots \quad (\text{I.3})$$

- Pour $0 < \theta < \pi/6$ on a $V_3 > V_1 > V_2$

$$V_3 \text{ Plus positive} \Rightarrow V_{D_3} > 0 \Rightarrow D_3 \text{ passant}$$

$$\Rightarrow U_{\text{red}}^+ = V_3$$

V_2 Plus négative $\Rightarrow VD'_2 > 0 \Rightarrow D'_2$ passant

$$\Rightarrow U_{red}^- = V_2$$

Donc $U_{red} = \text{Max}(Vi) - \text{Min}(Vi)$

$$U_{red} = U_{red}^+ - U_{red}^- = V_3 - V_2 = U_{32}$$

- Pour $\pi/6 < \theta < \pi/2$ on a $V_1 > V_3 > V_2$

V_1 Plus positive $\Rightarrow D_1$ conduit $\Rightarrow U_{red}^+ = V_1$

V_2 Plus négative $\Rightarrow D'_2$ conduit $U_{red}^- = V_2$

$$U_{red} = \text{Max}(Vi) - \text{Min}(Vi)$$

Donc $U_{red} = U_{red}^+ - U_{red}^- = V_1 - V_2 = U_{12}$

Pour $\pi/2 < \theta < 5\pi/6$ $V_1 > V_2 > V_3$

$$U_{red}^+ = V_1$$

$$U_{red}^- = V_3$$

Donc $U_{red} = U_{red}^+ - U_{red}^- = V_1 - V_3$
 $U_{red} = \text{Max}(Vi) - \text{Min}(Vi) = U_{13}$

- Pour $5\pi/6 < \theta < 7\pi/6$ $V_2 > V_1 > V_3$

$$U_{red}^+ = V_2$$

$$U_{red}^- = V_3$$

Donc $U_{red} = \text{Max}(Vi) - \text{Min}(Vi)$
 $U_{red} = U_{red}^+ - U_{red}^- = V_2 - V_3 = U_{23}$

- Pour $7\pi/6 < \theta < 9\pi/6$ $V_2 > V_3 > V_1$

V_2 plus positive $\Rightarrow D_2$ Conduit $\Rightarrow U_{red}^+ = V_2$

V_1 plus négative $\Rightarrow D'_1$ Conduit $\Rightarrow U_{red}^- = V_1$

$$U_{red} = U_{red}^+ - U_{red}^- = V_2 - V_1 = U_{21}$$

- Pour $9\pi/6 < \theta < 11\pi/6$ $V_3 > V_2 > V_1$

$$U_{red}^+ = V_3$$

$$U_{red}^- = V_1$$

Donc $U_{red} = U_{red}^+ - U_{red}^- = V_3 - V_1 = U_{31}$

- Pour $11\pi/6 < \theta < 13\pi/6$ $V_3 > V_1 > V_2$

$$V_3 \text{ plus positive} \Rightarrow D_3 \text{ conduit} \Rightarrow U_{red}^+ = V_3$$

$$V_2 \text{ plus négative} \Rightarrow D'_2 \text{ conduit} \Rightarrow U_{red}^- = V_2$$

Donc

$$U_{red} = \text{Max}(V_i) - \text{Min}(V_i)$$

$$U_{red} = U_{red}^+ - U_{red}^- = V_3 - V_2 = U_{32}$$

I.2.2.1. Tension redressée

$$U_{red} = \begin{cases} U_{12} \text{ pour } \theta \left[\frac{\pi}{6}, \frac{\pi}{2} \right] \\ U_{13} \text{ pour } \theta \left[\frac{\pi}{2}, \frac{5\pi}{6} \right] \\ U_{23} \text{ pour } \theta \left[\frac{5\pi}{6}, \frac{7\pi}{6} \right] \\ U_{21} \text{ pour } \theta \left[\frac{7\pi}{6}, \frac{9\pi}{6} \right] \\ U_{31} \text{ pour } \theta \left[\frac{9\pi}{6}, \frac{11\pi}{6} \right] \\ U_{32} \text{ pour } \theta \left[\frac{11\pi}{6}, \frac{13\pi}{6} \right] \end{cases} \quad (\text{I.4})$$

I.2.2.2. Valeur moyenne de la tension redressée

$$\overline{U_{red}} = \frac{1}{\pi/3} \int_{\pi/6}^{\pi/2} U_{12}(\theta) d\theta = \frac{3}{\pi} \int_{\pi/6}^{\pi/2} (V_1 - V_2) d\theta = \frac{3\sqrt{3}}{\pi} V_m \quad (\text{I.5})$$

La séquence de conduction des diodes est :

Di conduit si **Vi = max(Vj)**

D'i conduit si **Vi = min (Vi)**, avec **j = a, b, c** et **i = 1, 2, 3**

Avec:

Vm: la tension maximale.

U_{red}: la tension redressée instantanée à la sortie du redresseur.

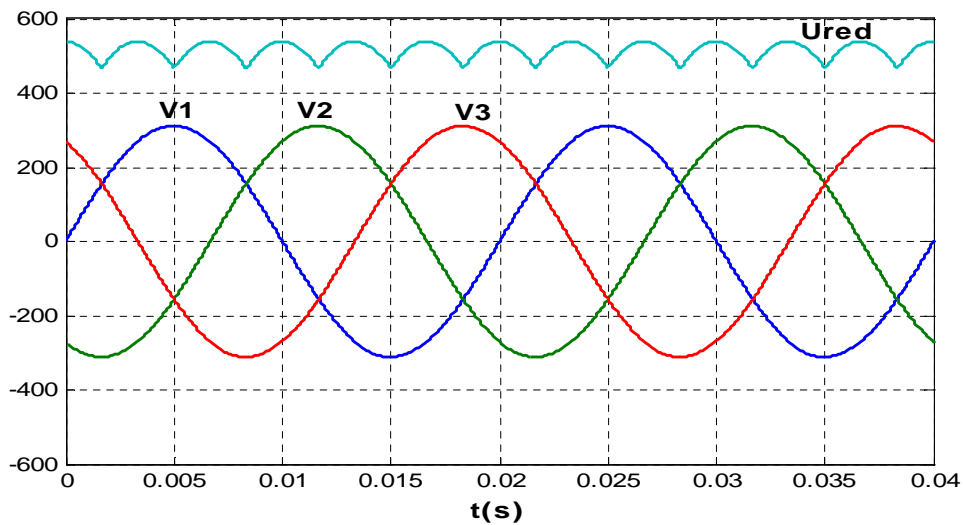
$\overline{U_{red}}$: la tension redressée moyenne.

Di, D'i : les diodes d'un bras du redresseur.

Vi: la tension à l'anode de **Di**.

Vj : la tension de chaque phase d'entre.

La tension redressée est de la forme suivante : [5]

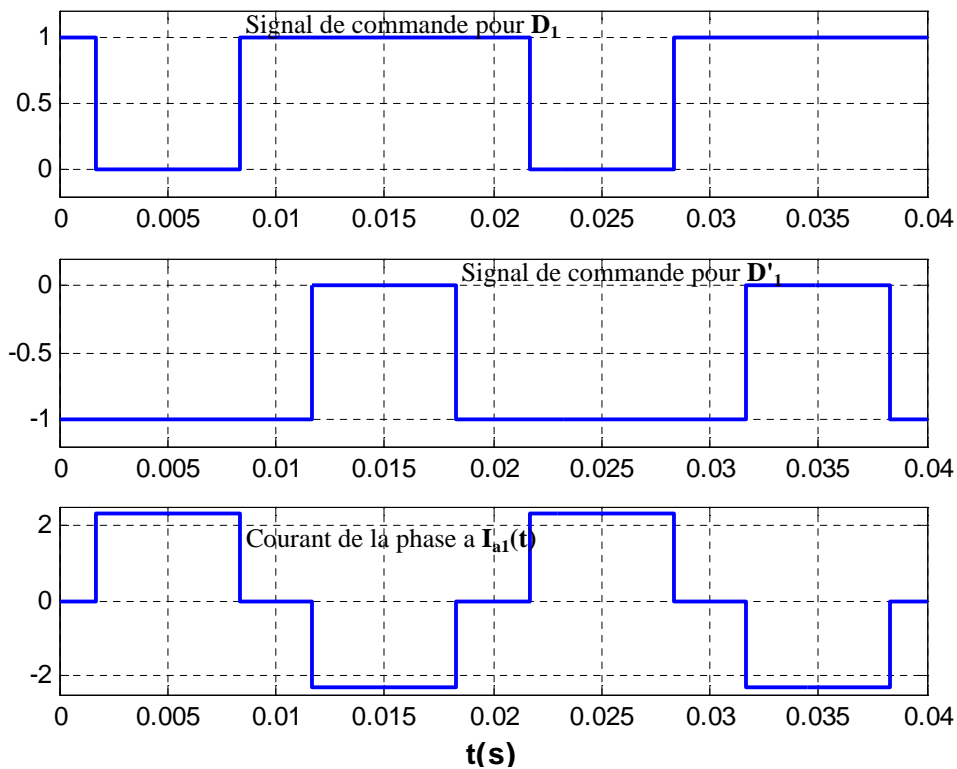


Fig(I.3): Tension simple de phase et celle redressée

Chaque enroulement secondaire, étant réuni à deux diodes, est parcouru par un courant pendant deux intervalles de durée $T/3$.

Aussi : $I_{a1} = +I_d$ quand D_1 conduit .

$I_{a1} = -I_d$ quand D'_1 conduit . [2]



Fig(I.4): Signaux de commande et le courant dans une phase pour un redresseur tout diode.

I.3. Redresseur MLI

Souvent, pour alimenter des récepteurs à courant continu ou des cascades de type onduleur-machine, on a recouru à l'utilisation de redresseurs tout diode ou à thyristors fonctionnant en commutation naturelle ou forcée. Cependant ces dernières présentent certains inconvénients importants, à savoir l'injection des harmoniques de courants dans le réseau d'alimentation et d'absorption importante de la puissance réactive.

I.3.1. Principe de fonctionnement d'un redresseur MLI

La réversibilité en courant de l'onduleur **MLI** de tension autorise son fonctionnement en redresseur **MLI** de courant.

Il s'agit alors d'alimenter une charge (passive ou active) en courant continu à partir d'un réseau alternatif, le courant prélevé sur ce réseau étant sinusoïdale et éventuellement, en phase avec la tension, on peut donc, avec un redresseur **MLI**, obtenir un facteur de puissance très proche de l'unité en plus on peut également contrôler l'énergie réactive absorbée on récepteur. [4]

I.4. Structure de redresseur MLI

Il existe deux structures des redresseurs MLI sont les suivantes:

- le redresseur de courant MLI ;
- le redresseur de tension MLI ;

Le redresseur **MLI** est un onduleur de tension ou de courant dans son sens inverse de fonctionnement pour lequel le réseau lui impose l'amplitude et la fréquence des tensions coté alternatif. [4]

I.4.1. Redresseur MLI de courant

Un redresseur **MLI** de courant:

- est alimenté par une source de courant sinusoïdal.
- débite sur un récepteur de tension continue.

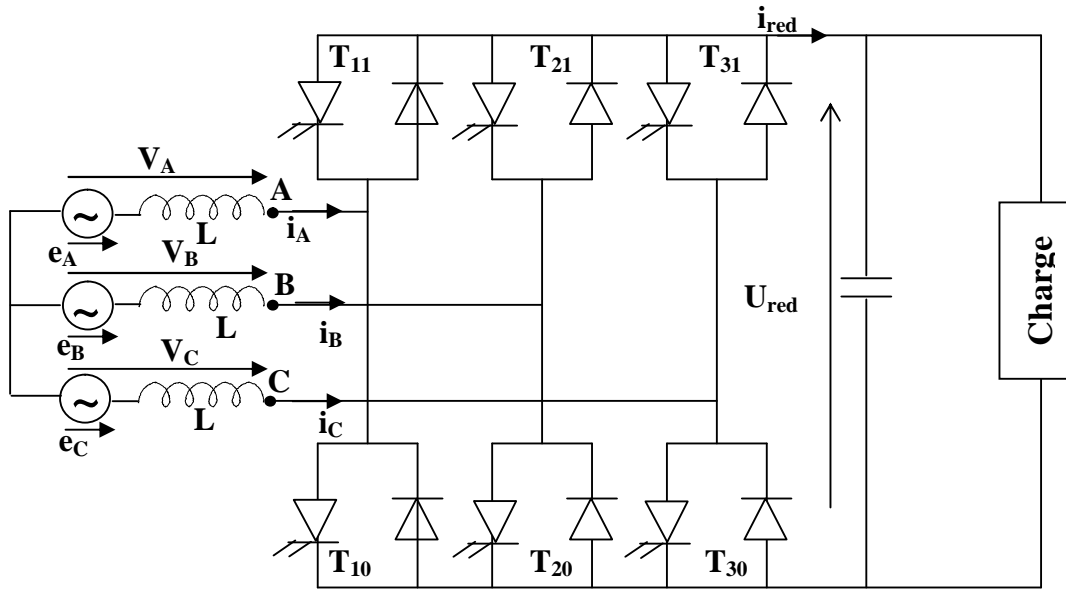
Il a donc la structure d'un onduleur de tension, figure (I-5).

Dans ce cas, le réseau peut être assimilé à une source de f.é.m sinusoïdales e_A , e_B , e_C en série avec des inductances. Pour que l'entrée du redresseur soit alimentée par une source de courant, on y ajoute une inductance supplémentaire (c'est souvent l'inductance de fuites

volontairement accrue du transformateur d'ordinaire place entre le réseau et le redresseur).

On désigne par L l'inductance totale par phase.

- pour que l'ondulation de la tension de sortie U_{red} soit faible malgré le caractère haché du courant i_{red} , on monte une capacité aux bornes du récepteur. [1]



Fig(I.5) : Redresseur MLI de courant triphasé

I.4.1.1. Modélisation du redresseur de courant triphasé MLI

Les modèles élaborés pour les onduleurs de tension sont utilisables en tenant compte des nouvelles conventions des deux sources (le réseau et la charge).

La commande complémentaire utilisée est la suivante :

$$\begin{cases} B_{11} = \overline{B_{10}} \\ B_{21} = \overline{B_{20}} \\ B_{31} = \overline{B_{30}} \end{cases}$$

Avec B_{ki} est la commande de base de l'interrupteur T_{ki} .

Le modèle de connaissance du redresseur a la forme suivante :

$$V_{km} = F_{ki} \cdot U_{red}$$

F_{ki} : fonction de connexion de l'interrupteur T_{ki} , avec $k=1,2,3$ et $i=1,0$.

Les tensions d'entre du redresseur en fonction de connexion des interrupteurs, sont données par le système d'équations suivant :

$$\begin{cases} V_A = \frac{1}{3} \cdot (2F_{11} - F_{21} - F_{31}) \cdot U_{red} \\ V_B = \frac{1}{3} \cdot (-F_{11} + 2F_{21} - F_{31}) \cdot U_{red} \\ V_C = \frac{1}{3} \cdot (-F_{11} - F_{21} + 2F_{31}) \cdot U_{red} \end{cases}$$

Le courant de sortie du redresseur, en utilisant les fonctions de connexion des interrupteurs et des courants d'entrée, est donné par :

$$I_{red} = F_{11} \cdot i_A + F_{21} \cdot i_B + F_{31} \cdot i_C \quad [5]$$

I.4.1.2. Commande des interrupteurs dans un redresseur de courant

La modulation est caractérisée par :

- * **r** : coefficient de réglage en tension.
- * **m** : indice de modulation, c'est le rapport de la fréquence de modulation **f'** à la fréquence de référence **f**.

On utilise un onde de modulation **M** de fréquence **f'** triangulaire. [2]

I.4.1.3. Caractéristiques

La valeur efficace **V₁** du fondamental des tensions **V'_A, V'_B, V'_C** dépend de la valeur de la tension de sortie **U_{red}** et du coefficient de réglage **r** des ondes de modulation.

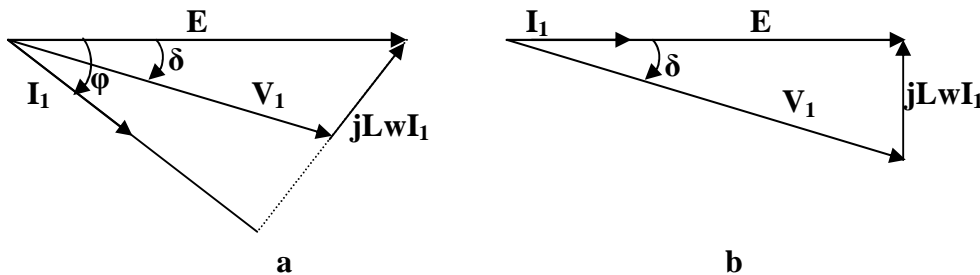
$$V_1 = r \frac{\overline{U_{red}}}{2\sqrt{2}} \quad (I.6)$$

Le déphasage de ce fondamental par rapport à la force électromotrice du réseau est égal à l'angle de calage **δ** par rapport à celle de l'onde de modulation.

Pour chaque phase de la source, le fondamental **I₁** du courant **i_A, i_B ou i_C** est lié à la tension **E** du réseau et au fondamental **V₁** de la tension à l'entrée du redresseur par la relation

$$E = V_1 + jL\omega I_1 \quad (I.7)$$

Que traduit le diagramme vectoriel de la fig (I-6-a) [1]



Fig(I.6): Diagramme vectoriel

- On cherche d'ordinaire à mettre le fondamental des courants \mathbf{i}_A , \mathbf{i}_B , \mathbf{i}_C en phase avec les forces électromotrices \mathbf{e}_A , \mathbf{e}_B , \mathbf{e}_C afin de travailler avec un facteur de puissance unitaire dans ce cas, le diagramme vectoriel est représenté par la figure (I-6-b)

$$V_1 = \sqrt{E^2 + (L\omega I_1)^2} \quad (\text{I.8})$$

Lorsqu'on travaille avec un facteur de puissance unitaire au niveau de la source alternative, la figure (I-6-b) montre que le déphasage des courants par rapport au fondamental des tensions à l'entrée du redresseur est égal à $(-\delta)$

La valeur moyenne \mathbf{I}' du courant redressé \mathbf{I}_{red} est donc égal à

$$I' = \frac{3}{2\sqrt{2}} r I_1 \cos \delta \quad (\text{I.9})$$

La figure (I-7-b) montre que l'on a

$$L\omega I_1 = E \cdot \tan(\delta) \quad (\text{I.10})$$

L'expression de \mathbf{I}' devient

$$I' = \frac{3}{2\sqrt{2}} r I_1 \frac{1}{\sqrt{1 + \left(\frac{L\omega I_1}{E}\right)^2}} \quad (\text{I.11})$$

A partir de (I.7) et de (I.8), la relation (I.6) donne:

$$\overline{U_{\text{red}}} = \frac{2\sqrt{2}}{r} E \sqrt{1 + \left(\frac{L\omega I_1}{E}\right)^2} \quad (\text{I.12})$$

Puisque la valeur moyenne du courant dans le condensateur de filtrage C est nulle, la valeur moyenne \mathbf{I}' du courant \mathbf{I}_{red} est égale au courant fourni au récepteur.

Les équations (I.9) et (I.10), forment un système paramétrique d'équations permettant de déterminer pour diverses valeurs du coefficient de réglage \mathbf{r} .

-De (I.8) et (I.9), on déduit la relation liant l'angle δ au courant redressé \mathbf{I}'

$$\delta = \text{Arctg} \frac{L\omega I' / E}{\sqrt{\frac{9}{8} r^2 - \left(\frac{L\omega I'}{E}\right)^2}} \quad (\text{I.13})$$

A partir de la figure (I-7.a) l'angle δ est défini par le calage des références

$$\begin{cases} E = V_1 \cos \delta + L\omega I_1 \sin \varphi & (1) \\ 0 = -V_1 \sin \delta + L\omega I_1 \cos \varphi & (2) \end{cases} \quad (\text{I.14})$$

$$\begin{cases} P = 3EI_1 \cos \varphi \\ Q = 3EI_1 \sin \varphi \end{cases} \quad \text{Les puissance prises au réseau} \quad (\text{I.15})$$

Compte tenir (I.14. (2)) et (I.6)

$$\text{Donc } P = 3E \frac{1}{\sqrt{2}} r \frac{\overline{U_{red}}}{2} \frac{\sin \delta}{L_w} \quad / \quad P_0 = \frac{3E \overline{U_{red}}}{2\sqrt{2}L_w}$$

$$P = rP_0 \sin \delta \quad (I.16)$$

De même façon :

$$Q = \frac{3E^2}{L_w} - \frac{3E}{L_w} \frac{r}{2\sqrt{2}} \overline{U_{red}} \cos \delta \quad / \quad Q_0 = \frac{3E^2}{L_w}$$

$$Q = Q_0 - rP_0 \cos \delta \quad (I.17)$$

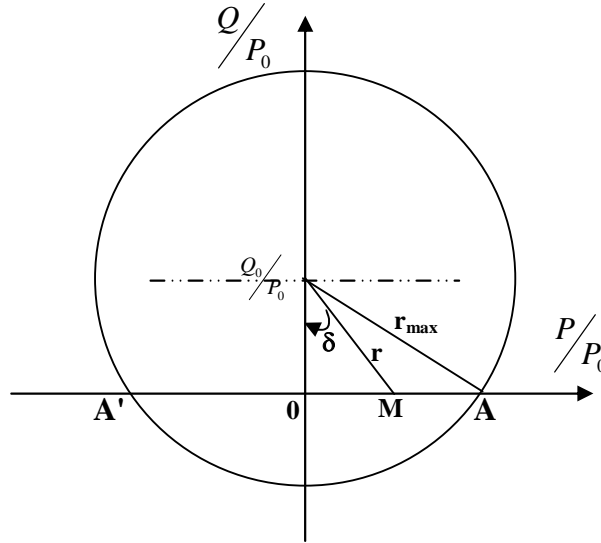
A tension du réseau et à tension redressée données P_0 et Q_0 sont des constante

De (I.16) et (I.17) on déduit :

$$\left(\frac{P}{P_0} \right)^2 + \left(\frac{Q - Q_0}{P_0} \right)^2 = r^2 \quad (I.18)$$

Dans le plan $\left[\frac{P}{P_0}, \frac{Q}{P_0} \right]$ c'est l'équation (I.18) représente un cercle dont les coordonnées

$\left(0, \frac{Q_0}{P_0} \right)$ et qui a " r " comme rayon. [4]



Fig(I.7): Point de fonctionnement dans le plan $\left[\frac{P}{P_0}, \frac{Q}{P_0} \right]$

Si on veut travailler à facteur de puissance unitaire au niveau du réseau, c'est-à-dire à $\cos \varphi = 1$ il faut annuler Q , donc agir sur r et δ pour que dans le système d'axes

$\left(\frac{P}{P_0}, \frac{Q}{P_0} \right)$ le point de fonctionnement se situe sur le segment AA'

Remarque :

La relation (I.6) mise sous la forme

$$\overline{U_{red}} = \frac{2\sqrt{2}}{r} V_1 \quad (\text{I.19})$$

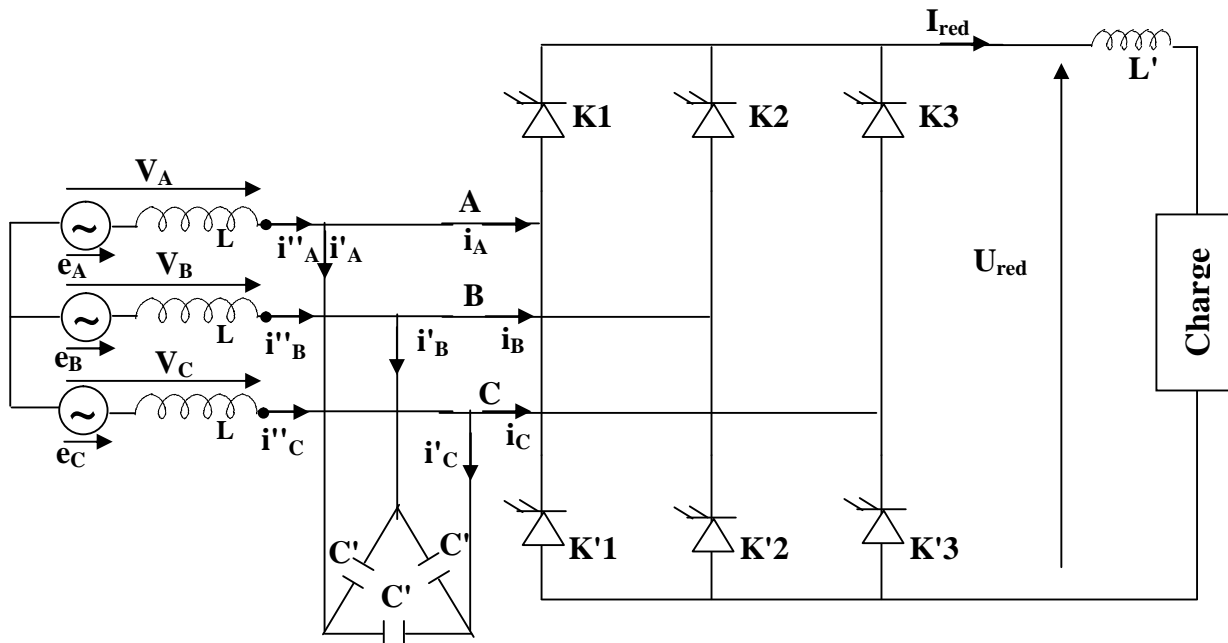
D'après (I.19), on constate que le redresseur **MLI** de courant ne peut fonctionner qu'en élévateur de tension donc, la tension U_{red} du cote continu ne peut être rendue inférieure à $2\sqrt{2}E$

De ce fait, le redresseur **MLI** de courant est rarement utilisé pour alimenter directement un récepteur à courant continu. On l'emploie surtout comme étage d'entre pour conditionner l'énergie fournie à un convertisseur qui doit être alimenté sous une tension continue constante un hacheur ou un onduleur MLI de tension.

I.4.2. Redresseur MLI de tension triphasé

Le redresseur **MLI** de tensions, alimenté par une source de tensions sinusoïdales, débite sur un récepteur de courant continu. [1]

Il a donc la structure d'un onduleur de courant (figure I-8)



Fig(I.8) : Redresseur MLI de tension triphasé

-On doit dériver des condensateurs entre les bornes d'entrée du convertisseur pour que celui-ci soit alimenté par une source de tension. On désigne par C' les capacités en étoile.

- A la sortie on ajoute une inductance de lissage à l'inductance du récepteur pour que l'ondulation du courant I_{red} d'une part et d'autre part de sa valeur moyenne I' soit faible.

I.4.2.1. Commande des interrupteurs

La modulation est caractérisée par :

- * r : coefficient de réglage en tension.
- * m : indice de modulation ,c'est le rapport de la fréquence de modulation f' à la fréquence de référence f .

On utilise deux ondes de modulations M_1 et M_2 de fréquence f' triangulaires, bipolaires décalées entre elles de la moitié de leur période . [2]

I.4.2.2. Caractéristiques

On désigne par :

E la valeur efficace des f.é.m sinusoïdales e_A, e_B, e_C

V_1 la valeurs efficace du fondamental des tensions V_A, V_B, V_C .

I_1 la valeurs efficace du fondamental des courants i_A, i_B, i_C

$I_{C'}$ la valeurs efficace du fondamental des courants $i_{C'A}, i_{C'B}, i_{C'C}$

I''_1 la valeurs efficace du fondamental des courants i''_A, i''_B, i''_C

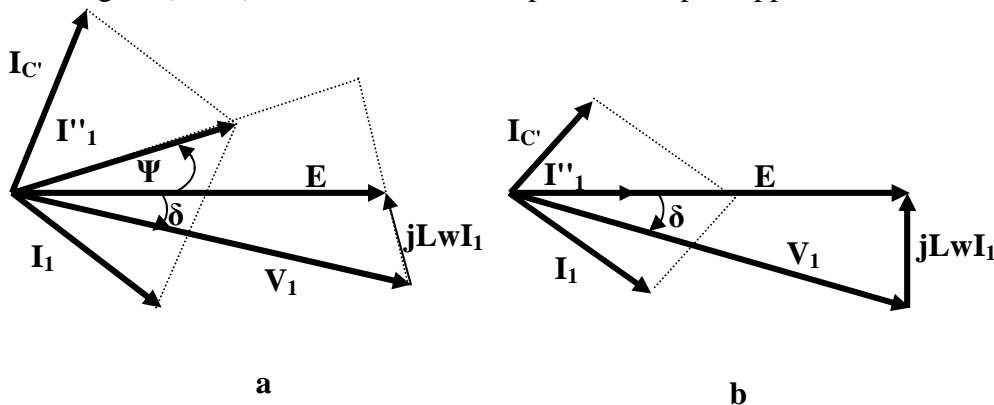
$\overline{U_{red}}$ la valeur moyenne de la tension redressée U_{red}

I' la valeur moyenne, supposée constante, du courant redressé i'

Puisque :

$$\begin{cases} E = V_1 + jL\omega I''_1 \\ I''_1 = I_1 + I_{C''} \\ I_C = jC'\omega V_1 \end{cases} \quad (I.20)$$

Et que I'_1 est déphasé de δ en arrière de E , le diagramme vectoriel des grandeurs d'entrée est celui de la figure (I-9-a), le courant I''_1 est déphasé de Ψ par rapport à la tension E . [1]



Fig(I.9): Diagramme vectoriel

Pour exprimer le courant d'entre I'_1 en fonction du courant de sortie I' , dans le système d'équations (I.20) on élimine $I_{C'}$ et V_1 , ce qui donne :

$$I''_1 = \frac{1}{-1 - LC'w^2} (I_1 + jC'wE) \quad (\text{I.21})$$

Si l'indice de modulation est suffisant

$$I_1 = \frac{r}{\sqrt{2}} I' \quad (\text{I.22})$$

Puisque le courant I_1 est déphasé de δ en arrière de la tension E en prenant celle-ci comme origine des phases on obtient

$$I''_1 = \frac{1}{1 - LC'w^2} \left(\frac{r}{\sqrt{2}} I' e^{-j\delta} + jC'wE \right) \quad (\text{I.23})$$

On voit que I''_1 a une composante en phase avec E égale à

$$I''_1 \cos \psi = \frac{1}{1 + LC'w^2} \frac{r}{\sqrt{2}} I' \cos \delta \quad (\text{I.24})$$

une composante en quadrature égale à

$$I''_1 \sin \psi = \frac{1}{1 + LC'w^2} \left(C'wE - \frac{r}{\sqrt{2}} I' \sin \delta \right) \quad (\text{I.25})$$

Pour exprimer la tension de sortie $\overline{U_{red}}$ en fonction de la tension d'entrée, on écrit que la puissance $\overline{U_{red}} I'$ à la sortie du redresseur est égale à la puissance fournie par la source des forces électromotrices e_A, e_B, e_C

$$3EI''_1 \cos \psi = \overline{U_{red}} I' \quad (\text{I.26})$$

Compte tenu de (I.24)

$$3E \frac{1}{1 - LC'w^2} \frac{r}{\sqrt{2}} I' \cos \delta = \overline{U_{red}} I' \quad (\text{I.27})$$

Ce qui donne :

$$\overline{U_{red}} = \frac{3E}{\sqrt{2}} \frac{r \cos \delta}{1 - LC'w^2} \quad (\text{I.28})$$

Comme pour les redresseurs classiques on peut faire $\overline{U_{red}}$ par δ qui joue ici le rôle du retard au déblocage des thyristors, on peut de plus faire varier $\overline{U_{red}}$ par action sur r

Pour r égal à 1, par action sur $\cos(\delta)$ on peut faire varier $\overline{U_{red}}$ de $\frac{3E}{\sqrt{2}(1 - LC'w^2)}$ à $-\frac{3E}{\sqrt{2}(1 - LC'w^2)}$.

* Si on veut travailler avec un facteur de puissance unitaire au niveau de la source d'alimentation, c'est-à-dire mettre \mathbf{I}'_1 en phase avec \mathbf{E} (figure I-9-b), il faut annuler $\mathbf{I}' \sin \Psi$ pour cela, la relation (I.23) montre qu'on doit avoir

$$\frac{rI'}{\sqrt{2}} \sin \delta = C' w E \quad (\text{I.29})$$

Ce n'est possible que si

$$I' > \frac{\sqrt{2}}{r} C' w E \quad (\text{I.30})$$

De (I.23) et (I.24)

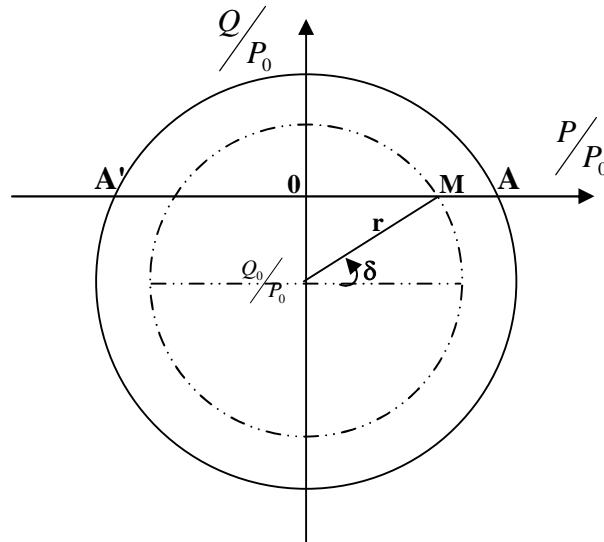
$$P = 3EI_1'' \cos \psi = \frac{3EI_c}{\sqrt{2}(1-LCw^2)} r \cos \delta \quad / \quad P_0 = \frac{3EI_c}{\sqrt{2}(1-LCw^2)}$$

$$Q = -\frac{3CwE^2}{(1-LCw^2)} + \frac{3EI_c}{\sqrt{2}(1-LCw^2)} r \sin \delta \quad / \quad Q_0 = -\frac{3CwE^2}{(1-LCw^2)}$$

$$\text{Donc: } \frac{P}{P_0} = r \cos \delta \quad \text{et} \quad \frac{Q - Q_0}{P_0} = r \sin \delta \quad (\text{I.31})$$

$$\text{De (I.31)} \quad \left(\frac{P}{P_0} \right)^2 + \left(\frac{Q - Q_0}{P_0} \right)^2 = r^2$$

On voit la possibilité de travailler à Q nul, donc $\cos \psi = 1$ par action sur r et δ des ondes de référence de tel sorte que point de fonctionnement $\mathbf{M} \in [\mathbf{AA}']$. [4]

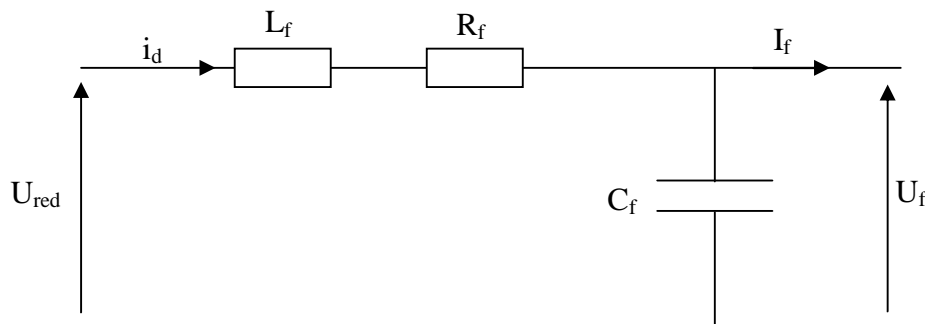


Fig(I.10): Point de fonctionnement dans le plan $\left[\frac{P}{P_0}, \frac{Q}{P_0} \right]$

Remarques :

- Le redresseur **MLI** de tension fonctionne en abaisseur de tension; il est réversible en tension et non en courant, alors que redresseur **MLI** de courant fonctionne en élévateur de tension, réversible en courant mais pas en tension .

- Le fait de devoir débiter un courant suffisant pour pouvoir travailler avec un facteur de puissance unitaire n'est pas gênant dans certaines applications. Ainsi, lorsque le redresseur alimente un récepteur forme par l'association d'un onduleur de courant et d'un moteur asynchrone, le courant continu garde une valeur relativement importante, quelles que soient les conditions de fonctionnement.

I.5. Modélisation du filtre**Fig(I.11): Filter LC**

Pour filtrer la tension continue délivrée par le pont redresseur on utilise un filtre (LC), Le rôle essentiel de ce filtre peut être résumé dans les points suivants :

-Il assure la fourniture du courant sous basse impédance et transitoirement le stockage des impulsions renvoyées par l'onduleur et empêche qu'ils ne soient injectés dans le réseau d'alimentation.

-Il évite les fluctuations importantes de la tension continue d'alimentation délivrée par le redresseur (filtrage des harmoniques de la tension redressée).

-Il limite la vitesse de croissance des courants de court-circuit. En freinant, grâce à l'inductance.

Les grandeurs qui interviennent pour fixer le dimensionnement du filtre sont :

- la tension U_f d'alimentation de l'onduleur.
- La composante continue du courant exigé I_f .
- L'ondulation maximale de ce courant est celle tolérée sur la tension U_f dans les plus mauvaises conditions.

Dans un tel filtre l'inductance L_f (de résistance interne R_f) doit le plus souvent correspondre à une valeur élevée s'exprimant en mH.

La capacité C_f du filtre correspond généralement à des valeurs considérables de plusieurs mF le cas échéant

- les équations du filtre sont :

$$\begin{cases} L_f \frac{d}{dt} i_d = U_{red} - U_f - R_f i_d \\ \frac{d}{dt} U_f = \frac{1}{C_f} (i_d - i_f) \end{cases} \quad (I.32)$$

Le rôle de la capacité C_f est d'assurer le caractère d'une source de tension à l'entrée de l'onduleur est de fournir de l'énergie réactive à la machine, et d'absorber le courant négatif. Le rôle de l'inductance L_f est de lisser le courant I_{red} à travers la source de tension.

La fréquence de coupure égale à : [11]

$$\omega_c = \frac{1}{\sqrt{L_f C_f}} = 2\pi f_c$$

Le choix des valeurs de l'inductance et de la capacité, peut être obtenu en posant la condition simple qui consiste à éliminer les harmoniques d'ordre supérieur à deux, ceci étant vérifié par le fait qu'elles ont une fréquence égale ou supérieur à deux fois celle du fondamental, ce qui conduit à la condition suivante :

$$\text{Donc : } L.C > 2.37 \cdot 10^{-6}$$

Nous choisissons $L_f.C_f = 23.7 \cdot 10^{-6}$ et nous optons pour les valeurs suivantes :

$$L_f = 0.1 \text{ h} , \quad C_f = 237 \mu\text{F} .$$

Le filtre est du deuxième ordre dont la fréquence de coupure est :

$$\omega_c = 2.\pi.f_c$$

I.6.Conclusion

Dans cette partie nous avons étudié et modélisé les deux structures du redresseur MLI, ainsi que le filtre passif.

Le chapitre suivant consacré à l'étude et l'analyse des stratégies de commande pour les deux structures des redresseurs.