

II.1 Introduction

La commande des machines alternatives par un onduleur de tension fait généralement appel à des techniques de modulation de largeur d'impulsions pour commander les commutateurs de puissance. Si la commande en commutation des transistors de puissance minimise les pertes du convertisseur, par contre elle altère de façon importante les tensions appliquées au moteur électrique.

Les techniques de modulation de largeur d'impulsion sont multiples. Le choix d'une d'entre elles dépend du type de commande que l'on applique à la machine, de la fréquence de modulation de l'onduleur et des contraintes harmoniques fixées par l'utilisateur.

La modulation peut être faite par diverses approches, classiquement par comparaison des références à une fonction triangulaire ou à l'aide d'un calcul en temps réel satisfaisant un critère.

Notre propos n'étant pas ici de décrire les nombreuses techniques de modulation existantes dans une très copieuse littérature. Dans le contexte d'une commande échantillonnée, nous avons à l'instant discret de calcul K , trois tensions $V_a(k)$, $V_b(k)$, $V_c(k)$ Qui doivent, par l'intermédiaire des éléments non linéaires de l'onduleur, s'appliquer au moteur.

Pour des utilisations à vitesses variables, sur des machines de petites et moyennes puissances ;

Les onduleurs fonctionnant à des fréquences de commutation de quelques KHz.

Nous allons dans ce chapitre mettre l'accent sur la modulation vectorielle et montrer sa supériorité vis-à-vis de MLI intersective généralement utilisée.

II.2 Principe de la MLI vectorielle

Pour chaque période de modulation de l'onduleur, les tensions triphasées fournies par l'algorithme de commande peuvent s'exprimer dans un repéré fixe au stator. Par l'intermédiaire de leurs projections $V_a(k)$, $V_b(k)$.

Un onduleur triphasé à deux niveaux de tension, possède six cellules de commutation (Fig.II.1), donnant huit configurations de commutations possibles. Ces huit configurations de commutations (notés de V_0 à V_7) peuvent s'exprimer dans le plan α , β par vecteurs de tension, parmi ceux –ci deux sont nuls les autres sont équi-répartis tous les 60° .

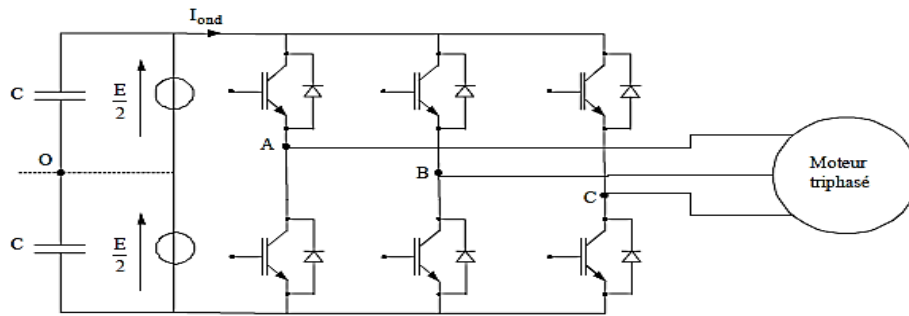


Figure II.1 : Onduleur de tension à deux niveaux.

Sachant que dans le repère triphasé les tensions $V_a(k)$, $V_b(k)$, $V_c(k)$ sont représentées dans le plan α, β par un vecteur $V_s(k)$; le principe MLI vectorielle, consiste à projeter ce vecteur $V_s(k)$ sur les deux vecteurs adjacents correspondant à deux états de commutation de l'onduleur. Les valeurs de ces projections assurant le temps de calcul des commutations désirées.

Selon le couplage étoile ou triangle du stator les tensions aux bornes de chaque enroulement différent, ce qui conduit à un calcul particulier de la MLI. Nous allons maintenant développer dans ces deux cas le calcul de temps de commutations de la MLI vectorielle [14].

II.3 MLI vectorielle, montage triangle

Pour un montage en triangle, les différentes configurations des trois bras de l'onduleur conduisent aux tensions suivantes entre les différents points d'un onduleur deux niveaux (Tab.II.1) [15].

Nom	V_{ao}	V_{bo}	V_{co}	V_{ab}	V_{bc}	V_{ca}
v_0	$-E/2$	$-E/2$	$-E/2$	0	0	0
v_1	$+E/2$	$-E/2$	$-E/2$	$+E$	0	$-E$
v_2	$+E/2$	$+E/2$	$-E/2$	0	$+E$	$-E$
v_3	$-E/2$	$+E/2$	$-E/2$	$-E$	$+E$	0
v_4	$-E/2$	$+E/2$	$+E/2$	$-E$	0	$+E$
v_5	$-E/2$	$-E/2$	$+E/2$	0	$-E$	$+E$
v_6	$+E/2$	$-E/2$	$+E/2$	$+E$	$-E$	0
v_7	$+E/2$	$+E/2$	$+E/2$	0	0	0

Tableau II.1 : Tensions simples et entre phases.

L'expression des grandeurs triphasées dans le repère α, β passe par la transformée de Concordia, celle-ci possède un coefficient arbitraire K . Désirant avoir, pour cette transformation, la conservation des puissances nous avons pris $K = \sqrt{\frac{2}{3}}$.

Ici, les tensions dans le repère α, β s'expriment par la relation matricielle suivante[16] :

$$\begin{bmatrix} V_{s\alpha} \\ V_{s\beta} \end{bmatrix} = \sqrt{\frac{2}{3}} \cdot \begin{bmatrix} 1 & -\frac{1}{2} & -\frac{1}{2} \\ 0 & \frac{\sqrt{3}}{2} & -\frac{\sqrt{3}}{2} \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} V_{ab} \\ V_{bc} \\ V_{ca} \end{bmatrix} \quad (\text{II-1})$$

A chaque état de commutation de l'onduleur les commutations V_0 à V_7 donnent des tensions dans le plan α, β décrites par le tableau suivant[17] :

	v_0	v_1	v_2	v_3	v_4	v_5	v_6	v_7
V_{ab}	0	+E	0	-E	-E	0	+E	0
V_{bc}	0	0	+E	+E	0	-E	-E	0
V_{ca}	0	-E	-E	0	+E	+E	0	0
V_{α}	0	$+\frac{\sqrt{3}}{\sqrt{2}} \cdot E$	0	$-\frac{\sqrt{3}}{\sqrt{2}} \cdot E$	$-\frac{\sqrt{3}}{\sqrt{2}} \cdot E$	0	$+\frac{\sqrt{3}}{\sqrt{2}} \cdot E$	0
V_{β}	0	$\frac{+E}{\sqrt{2}}$	$+\sqrt{2} \cdot E$	$\frac{+E}{\sqrt{2}}$	$-\frac{1}{\sqrt{2}} \cdot E$	$-\sqrt{2} \cdot E$	$-\frac{1}{\sqrt{2}} \cdot E$	0

Tableau II.2 : tensions dans le repère α, β .

La représentation dans le plan α, β de des vectrices tensions correspondantes à ces commutations permet de déterminer un hexagone à l'intérieur duquel le vecteur tension doit se trouver pour éviter la saturation de grandeur de commande.

II.3.1 Calcul des temps d'application des états de l'onduleur

A chaque période de modulation de l'onduleur que nous noterons, T_{com} , le vecteur V_s , projeté sur ses deux vecteurs adjacents assure le calcul des temps de commutation (Fig.II.2 et II.3) [18].

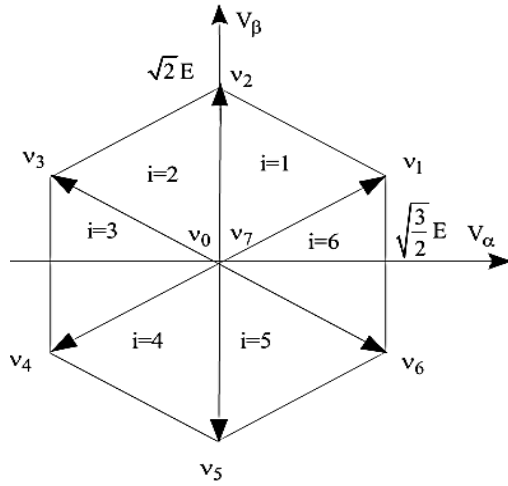


Figure II.2 Tensions dans le repère α, β .

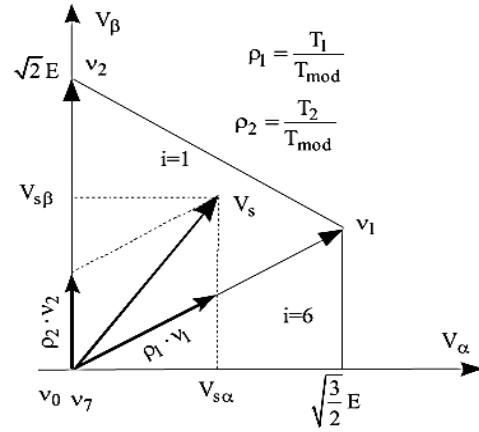


Figure II.3 Décomposition d'un vecteur tension.

La somme de temps de conduction T_i et T_{i+1} doit être inférieure à la période de modulation T_{com} de l'onduleur. Pour illustrer la méthodologie ; considérons ici le vecteur de tension V_s entre les vecteurs de \vec{V}_1 et \vec{V}_2 qui correspondent aux commutations V_1 et V_2 [14]

$$\vec{V}_1 = \sqrt{2}.E.e^{j\frac{\pi}{6}} \text{ et } \vec{V}_2 = \sqrt{2}.E.e^{j\frac{\pi}{2}} \tag{II.2}$$

En exprimant le vecteur tension dans le repère α, β nous aurons :

$$\vec{V}_s = V_{s\alpha} + j.V_{s\beta} = \frac{T_1}{T_{com}}.\vec{V}_1 + \frac{T_2}{T_{com}}.\vec{V}_2 \tag{II.3}$$

$$V_{s\alpha} + j.V_{s\beta} = \frac{T_1\sqrt{2}.E}{T_{mod}}.(\cos(\frac{\pi}{6}) + j.\sin(\frac{\pi}{6})) + \frac{T_2\sqrt{2}.E}{T_{mod}}.(\cos(\frac{\pi}{2}) + j.\sin(\frac{\pi}{2})) \tag{II.4}$$

En développant cette équation il est possible d'exprimer les temps d'application T_1 et T_2 des vecteurs

\vec{V}_1 et \vec{V}_2 en fonction de $V_{s\alpha}$ et $V_{s\beta}$.

Ces temps de conduction seront :

$$T_1 = \sqrt{\frac{2}{3}}V_{s\alpha} \cdot \frac{T_{mod}}{E} \text{ et } T_2 = \left(-\frac{1}{\sqrt{6}}V_{s\alpha} + \frac{1}{\sqrt{2}}V_{s\beta} \right) \cdot \frac{T_{mod}}{E} \tag{II.2}$$

Si nous faisons les mêmes calculs pour les six secteurs, les temps de conduction obtenus sont les suivants :

i=1	i=2	i=3
$T_1 = \sqrt{\frac{2}{3}} \cdot V_{s\alpha} \cdot \frac{T_{mod}}{E}$ $T_2 = \left(-\frac{1}{\sqrt{6}} V_{s\alpha} + \frac{1}{\sqrt{2}} V_{s\beta} \right) \cdot \frac{T_{mod}}{E}$	$T_2 = \left(+\frac{1}{\sqrt{6}} V_{s\alpha} + \frac{1}{\sqrt{2}} V_{s\beta} \right) \cdot \frac{T_{mod}}{E}$ $T_3 = -\sqrt{\frac{2}{3}} \cdot V_{s\alpha} \cdot \frac{T_{mod}}{E}$	$T_3 = \left(-\frac{1}{\sqrt{6}} V_{s\alpha} + \frac{1}{\sqrt{2}} V_{s\beta} \right) \cdot \frac{T_{mod}}{E}$ $T_4 = \left(-\frac{1}{\sqrt{6}} V_{s\alpha} - \frac{1}{\sqrt{2}} V_{s\beta} \right) \cdot \frac{T_{mod}}{E}$
i=4	i=5	i=6
$T_4 = -\sqrt{\frac{2}{3}} \cdot V_{s\alpha} \cdot \frac{T_{mod}}{E}$ $T_5 = \left(+\frac{1}{\sqrt{6}} V_{s\alpha} - \frac{1}{\sqrt{2}} V_{s\beta} \right) \cdot \frac{T_{mod}}{E}$	$T_5 = \left(-\frac{1}{\sqrt{6}} V_{s\alpha} - \frac{1}{\sqrt{2}} V_{s\beta} \right) \cdot \frac{T_{mod}}{E}$ $T_6 = \sqrt{\frac{2}{3}} \cdot V_{s\alpha} \cdot \frac{T_{mod}}{E}$	$T_6 = \left(+\frac{1}{\sqrt{6}} V_{s\alpha} - \frac{1}{\sqrt{2}} V_{s\beta} \right) \cdot \frac{T_{mod}}{E}$ $T_1 = \left(+\frac{1}{\sqrt{6}} V_{s\alpha} + \frac{1}{\sqrt{2}} V_{s\beta} \right) \cdot \frac{T_{mod}}{E}$

Tableau II.3 Calcul des temps d'application des vecteurs non nuls.

Afin de reconnaître dans quel secteur se trouve le vecteur de tension \vec{V}_s une série de tests sur $V_{s\alpha}$ et $V_{s\beta}$ assurent la localisation de celui-ci.

II.3.2 Calcul des rapports cycliques de commutation pour chaque secteur

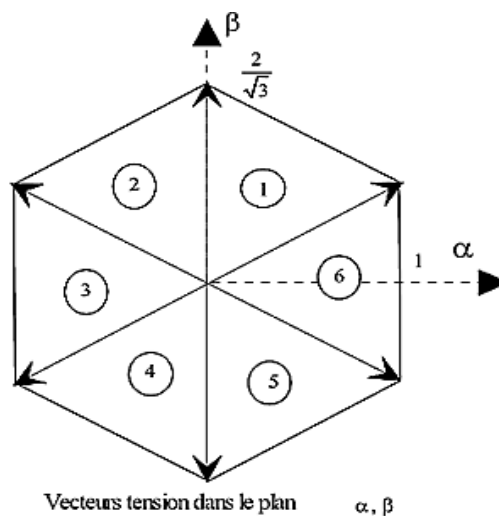


Figure II.4 vecteurs des tensions dans le plan α, β .

Afin de faciliter les calculs nous normaliserons à l'intervalle [1 1] les tensions $V_{s\alpha}$ et $V_{s\beta}$ en posant :

$$\hat{V}_{s\alpha} = \frac{V_{s\alpha}}{E} \cdot \frac{\sqrt{2}}{\sqrt{3}} \tag{II.6}$$

$$\hat{V}_{s\beta} = \frac{V_{s\beta}}{E} \cdot \frac{\sqrt{2}}{\sqrt{3}} \tag{II.7}$$

Afin de faciliter les calculs nous normaliserons à l'intervalle [1 1] les tensions $V_{s\alpha}$ et $V_{s\beta}$ en posant :

Le calcul des commutations sera défini à partir des rapports cycliques

$$\rho_i = \frac{T_i}{T_{\text{mod}}} \quad (\text{II.8})$$

Par exemple, pour le secteur 1 les relations du tableau II.3 donnent :

$$T_1 = \sqrt{\frac{2}{3}} V_{s\alpha} \cdot \frac{T_{\text{mod}}}{E}, T_2 = \left(-\frac{1}{\sqrt{6}} V_{s\alpha} - \frac{1}{\sqrt{2}} V_{s\beta} \right) \cdot \frac{T_{\text{mod}}}{E} \quad (\text{II.9})$$

En reportant dans ces deux relations les expressions de $V_{s\alpha}$ et $V_{s\beta}$ issues des équations (II.6) (II.7) et

sachant que le rapport cyclique est défini par $\rho_i = \frac{T_i}{T_{\text{mod}}}$, nous obtenons:

$$\rho_1 = \hat{V}_{s\alpha}, \rho_2 = \left(-0,5 \cdot \hat{V}_{s\alpha} + \frac{\sqrt{3}}{2} V_{s\beta} \right) \quad (\text{II.10})$$

En opérant de la même façon pour les autres secteurs les résultats sont donnés par le tableau II.4

i=1	i=2	i=3
$\rho_1 = \hat{V}_{s\alpha}$ $\rho_2 = \left(-0,5 \cdot \hat{V}_{s\alpha} + \frac{\sqrt{3}}{2} \hat{V}_{s\beta} \right)$	$\rho_2 = \left(+0,5 \cdot \hat{V}_{s\alpha} + \frac{\sqrt{3}}{2} \hat{V}_{s\beta} \right)$ $\rho_3 = -\hat{V}_{s\alpha}$	$\rho_3 = \left(-0,5 \cdot \hat{V}_{s\alpha} + \frac{\sqrt{3}}{2} \hat{V}_{s\beta} \right)$ $\rho_4 = \left(-0,5 \cdot \hat{V}_{s\alpha} - \frac{\sqrt{3}}{2} \hat{V}_{s\beta} \right)$
i=4	i=5	i=6
$\rho_4 = -\hat{V}_{s\alpha}$ $\rho_5 = \left(+0,5 \cdot \hat{V}_{s\alpha} - \frac{\sqrt{3}}{2} \hat{V}_{s\beta} \right)$	$\rho_5 = \left(-0,5 \cdot \hat{V}_{s\alpha} - \frac{\sqrt{3}}{2} \hat{V}_{s\beta} \right)$ $\rho_6 = \hat{V}_{s\alpha}$	$\rho_6 = \left(+0,5 \cdot \hat{V}_{s\alpha} - \frac{\sqrt{3}}{2} \hat{V}_{s\beta} \right)$ $\rho_1 = \left(+0,5 \cdot \hat{V}_{s\alpha} + \frac{\sqrt{3}}{2} \hat{V}_{s\beta} \right)$

Tableau II.4 Calcul des rapports cycliques.

II.3.3 Calcul des rapports cycliques de commutation pour chaque bras.

Pour chaque bras, il faut définir le chronogramme qui définit les temps durant lesquels le point milieu d'un bras est $E/2$ ou $-E/2$.

A l'intérieur d'une période de commutation de l'onduleur, il existe différentes stratégies d'application des vecteurs assurant l'obtention de la tension désirée. Afin de diminuer les harmoniques il est préférable de générer des tensions centrées sur la période de modulation de l'onduleur durant une période de modulation, l'onduleur aura trois états distincts, les deux premiers

correspondent aux temps de conduction assurant l'obtention de tension, la somme de ces deux temps devant être inférieure à T_{com} [19].

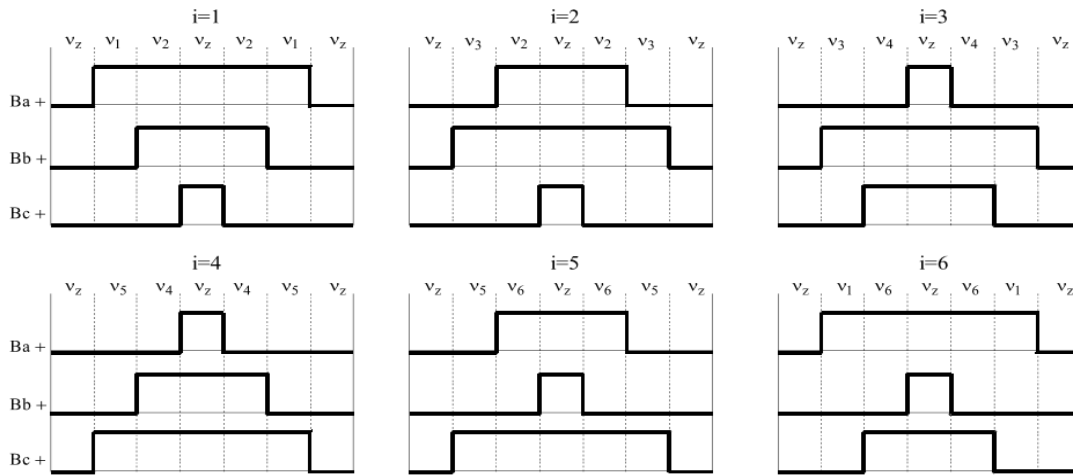


Figure II.5 Formes des rapports cycliques pour chaque secteur.

Le complément à la période de commutation T_{com} sera assuré par les commutations nulles V_0 ou V_7 , en notant \vec{V}_z l'un de ces vecteurs nul, application des différents vecteurs en fonction des secteurs définis dans le plan α, β sont donnés par la figure II.5.

Ce type de modulation permet d'obtenir des tensions efficaces supérieures à celles obtenues par la modulation intersective et conduit à des réalisations logicielles véloces compatibles avec les contraintes de calcul en temps réel des machines alternatives

Pour chaque bras de l'onduleur, nous considérons que l'état 'un' correspond à la conduction du transistor du haut (tension $+\frac{E}{2}$), et l'Etat 'zéro' à la conduction du transistor du bas (tension $-\frac{E}{2}$).

A partir des rapports cycliques exprimant les temps d'application d'un état de l'onduleur correspondant au tableau II.4, il est nécessaire de déterminer, les rapports cycliques de conduction des bras pour tous les secteurs.

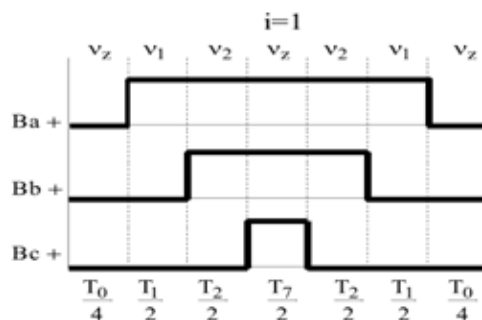


Figure II.6 commutations centrées.

Considérons, pour illustrer notre propos, le secteur 1 dont les chronogrammes sont représentés ci-dessous dans la figure II.6.

Si la tension dont on désire déterminer la modulation est inscrite à l'intérieur de l'hexagone (voir Fig.II.2) les temps d'application des vecteur \vec{V}_1 et \vec{V}_2 sont inférieurs à la période de modulation ; ce qui conduit à $\rho_1 + \rho_2 < 1$. pour compléter la période de modulation nous appliquerons un vecteur nul (\vec{V}_0 à \vec{V}_7). ici ce vecteur nul réparti également entre \vec{V}_0 et \vec{V}_7 .

Nous pouvons donc écrire :

$$\text{Pour le bras A } \rho_A = \rho_1 + \rho_2 + 0.5\rho_z$$

$$\text{Pour le bras B } \rho_B = \rho_2 + 0.5\rho_z$$

$$\text{Pour le bras C } \rho_c = 0.5\rho_z$$

Sachant que $\rho_1 + \rho_2 + \rho_z = 1$ nous obtenons :

$$\rho_A = 0.5(1 + \rho_1 + \rho_2) \quad , \quad \rho_B = 0.5(1 - \rho_1 + \rho_2) \quad , \quad \rho_c = 0.5(1 - \rho_1 - \rho_2)$$

Si nous réitérons ces calculs pour les autres secteurs nous obtenons le tableau suivant :

Secteur	ρ_A	ρ_B	ρ_C
1	$0,5(1 + \rho_1 + \rho_2)$	$0,5(1 - \rho_1 + \rho_2)$	$0,5(1 - \rho_1 - \rho_2)$
2	$0,5(1 + \rho_2 - \rho_3)$	$0,5(1 + \rho_2 + \rho_3)$	$0,5(1 - \rho_2 - \rho_3)$
3	$0,5(1 - \rho_3 - \rho_4)$	$0,5(1 + \rho_3 + \rho_4)$	$0,5(1 - \rho_3 + \rho_4)$
4	$0,5(1 - \rho_4 - \rho_5)$	$0,5(1 + \rho_4 - \rho_5)$	$0,5(1 + \rho_4 + \rho_5)$
5	$0,5(1 - \rho_5 + \rho_6)$	$0,5(1 - \rho_5 - \rho_6)$	$0,5(1 + \rho_5 + \rho_6)$
6	$0,5(1 + \rho_6 + \rho_1)$	$0,5(1 - \rho_6 - \rho_1)$	$0,5(1 + \rho_6 - \rho_1)$

Tableau II.5 Rapports cyclique pour les bras de l'onduleur [19].

Ces relations ne sont dépendantes que des chronogrammes définis Fig.II.5, maintenant il faut :

Pour la modulation vectorielle que nous mettons en œuvre, définir ces rapports cycliques en fonction des tensions réduites \hat{V}_{sa} et \hat{V}_β

Pour y parvenir reprenons les résultats du tableau II.4

Ainsi pour le secteur 1 $\rho_A = 0.5(1 + \rho_1 + \rho_2)$ avec $\rho_1 = \hat{V}_{sa}$ et $\left(-0.5 \cdot \hat{V}_{sa} + \frac{\sqrt{3}}{2} \hat{V}_{s\beta} \right)$ ce qui après

simplification donne : $\rho_A = 0.5 \left(1 + \frac{1}{2} \cdot \hat{V}_{sa} + \frac{\sqrt{3}}{2} \hat{V}_{s\beta} \right)$. Pour tous les bras et tous les secteurs :

Secteur	Bras A ρ_A	Bras B ρ_B	Bras C ρ_C
1	$0,5\left(1 + \frac{1}{2} \cdot \widehat{V}_{s\alpha} + \frac{\sqrt{3}}{2} \cdot \widehat{V}_{s\beta}\right)$	$0,5\left(1 - \frac{3}{2} \cdot \widehat{V}_{s\alpha} + \frac{\sqrt{3}}{2} \cdot \widehat{V}_{s\beta}\right)$	$0,5\left(1 - \frac{1}{2} \cdot \widehat{V}_{s\alpha} - \frac{\sqrt{3}}{2} \cdot \widehat{V}_{s\beta}\right)$
2	$0,5\left(1 + \frac{3}{2} \cdot \widehat{V}_{s\alpha} + \frac{\sqrt{3}}{2} \cdot \widehat{V}_{s\beta}\right)$	$0,5\left(1 - \frac{1}{2} \cdot \widehat{V}_{s\alpha} + \frac{\sqrt{3}}{2} \cdot \widehat{V}_{s\beta}\right)$	$0,5\left(1 + \frac{1}{2} \cdot \widehat{V}_{s\alpha} - \frac{\sqrt{3}}{2} \cdot \widehat{V}_{s\beta}\right)$
3	$0,5\left(+ \widehat{V}_{s\alpha}\right)$	$0,5\left(- \widehat{V}_{s\alpha}\right)$	$0,5\left(1 - \sqrt{3} \widehat{V}_{s\beta}\right)$
4	$0,5\left(1 + \frac{1}{2} \cdot \widehat{V}_{s\alpha} + \frac{\sqrt{3}}{2} \cdot \widehat{V}_{s\beta}\right)$	$0,5\left(1 - \frac{3}{2} \cdot \widehat{V}_{s\alpha} + \frac{\sqrt{3}}{2} \cdot \widehat{V}_{s\beta}\right)$	$0,5\left(1 - \frac{1}{2} \cdot \widehat{V}_{s\alpha} - \frac{\sqrt{3}}{2} \cdot \widehat{V}_{s\beta}\right)$
5	$0,5\left(1 + \frac{3}{2} \cdot \widehat{V}_{s\alpha} + \frac{\sqrt{3}}{2} \cdot \widehat{V}_{s\beta}\right)$	$0,5\left(1 - \frac{1}{2} \cdot \widehat{V}_{s\alpha} + \frac{\sqrt{3}}{2} \cdot \widehat{V}_{s\beta}\right)$	$0,5\left(1 + \frac{1}{2} \cdot \widehat{V}_{s\alpha} - \frac{\sqrt{3}}{2} \cdot \widehat{V}_{s\beta}\right)$
6	$0,5\left(1 + \widehat{V}_{s\alpha}\right)$	$0,5\left(- \widehat{V}_{s\alpha}\right)$	$0,5\left(1 - \sqrt{3} \widehat{V}_{s\beta}\right)$

Tableau II.6 Rapports cyclique pour le bras de l'onduleur.

II.3.4 Tension d'alimentation de l'onduleur

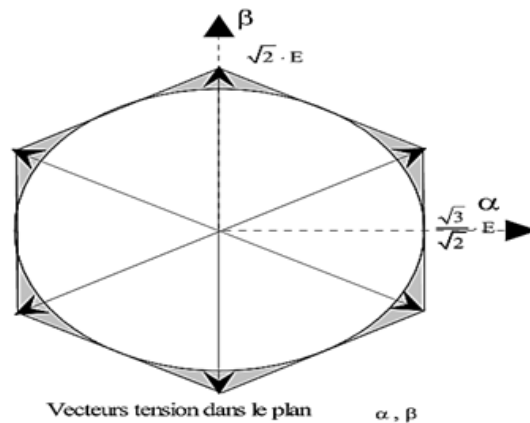


Figure II.7 : Limite du vecteur tension.

Si l'on ne veut pas de distorsions pour la MLI vectorielle il est nécessaire que vecteur tension se situe à l'intérieur du cercle inscrit dans l'hexagone défini par les vecteurs non nuls.

Sachant que la transformée de Concordia que nous utilisons prend, afin d'être conservative pour la

puissance, un facteur $K = \frac{\sqrt{2}}{\sqrt{3}}$

La tension maximum du vecteur V_s sera :

$$V_s = \frac{\sqrt{3}}{\sqrt{2}} \cdot E \text{ Sachant que pour ce coefficient } K$$

$$V_s = V_{eff} \cdot \sqrt{3} \text{ Il nous faudra donc comme tension du bas continu } E = V_{eff} \cdot \sqrt{2}$$

Exemple:

Pour $V_{eff} = 220v$ $E = 311v$

II.4.4 Algorithme de programmation

La programmation d'une MLI vectorielle passe par l'exploitation des Tab (II.9, II.10 et II.11). Le calcul des différents rapports cycliques nécessite de déterminer le secteur dans lequel le vecteur tension se trouve.

Diverses stratégies sont possibles, nous allons ici en présenter deux :

- La première utilise les composantes de V_s dans le repère α, β
- La seconde applique une transformation particulière qui orthogonalise certains Vecteurs correspondants aux états de commutation de l'onduleur

Dans le plan α, β la sélection du secteur correspond à l'organigramme de la figure II.12.

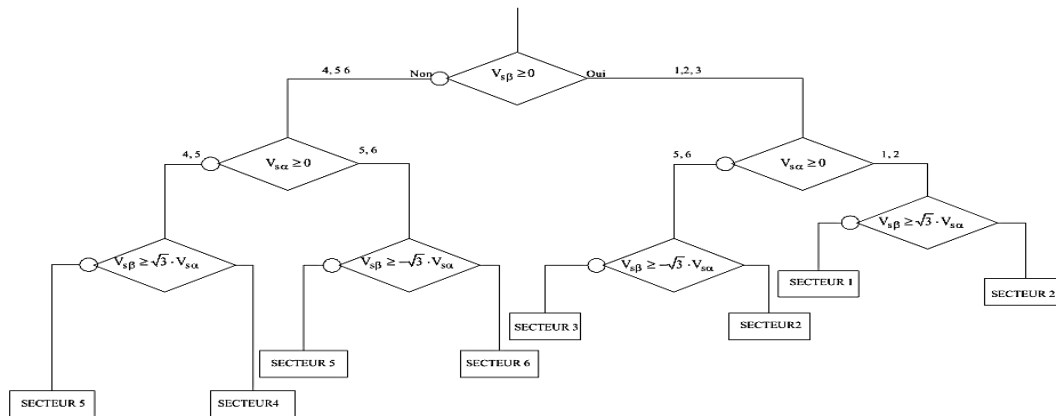


Figure II.8 : Algorithme de décision dans le repère α, β .

Pour les tensions sinusoïdales la MLI vectorielle fournit des rapports cycliques sur chaque bras qui présentent un harmonique 3 (Fig.II.13). Ceci présente un avantage car cela permet d'avoir, comme nous le verrons dans le paragraphe suivant, une tension efficace plus importante qu'avec une MLI intersective. Pour un signal à 50HZ, et amplitude maximum les rapports cycliques sur les trois bras ne sont pas sinusoïdaux et présentent un harmonique d'ordre 3, comme le point neutre et relié celui-ci et éliminé et les tensions composées seront sinusoïdaux [14].

II.5 Conclusion

Dans ce chapitre on a fait une étude générale sur la modulation vectorielle pour commander un onduleur triphasé, on a eu recours, lors de cette étude, on a détaillé le principe de fonctionnement de ce type de commande ainsi leur algorithme d'implémentation.