

Liste des figures

Figure I. 1: Onduleur à niveaux multiples à deux (a), à trois (b) et à m niveaux (c)	5
Figure I. 2: Différentes topologies des convertisseurs multiniveaux.....	6
Figure I. 3: structure d'un convertisseur N niveaux en cascade.....	7
Figure I. 4: structure d'un convertisseur polygonale N niveaux.....	7
Figure I. 5 : Schéma d'un onduleur à diode flottante à 3 niveaux.....	8
Figure I. 6 : Schéma d'un onduleur à diode flottante à 5 niveaux.....	9
Figure I. 7 : Schéma d'onduleur cellules imbriquées à 3 niveaux.....	10
Figure I. 8 : Schéma d'onduleur cellules imbriquées à 5 niveaux.....	11
Figure I. 9 : Les Différentes stratégies de modulation pour la commande des onduleur.....	12
Figure II.1 Structure d'onduleur de tension monophasé en pont à deux niveaux.....	16
Figure II.2 Schéma triphasé d'un onduleur cascade en pont H à 3 niveaux.....	17
Figure II.3 Bras d' onduleur cascade en pont H à trois niveaux.....	17
Figure II.4 Séquences de fonctionnement d'un bras d'onduleur trois niveaux en H.....	18
Figure II.5 Formes d'ondes d'un bras d'onduleur triphasé de type H.....	19
Figure II.6 Schéma d'un onduleur cascade en H à 5 niveaux.....	20
Figure II.7 : Pont H 5 niveaux : Principe et exemples de mécanisme de commutation.....	21
Figure II.8 Formes d'ondes d'un bras d'onduleur triphasé de type H 5niveaux.....	22
Figure II.9 Schéma d'un onduleur cascade en pont H à N niveaux.....	24
Figure III. 1: Schéma d'un onduleur à diode flottante à trois niveaux.....	27
Figure III. 2: Bras d'un onduleur à diode flottante à trois niveaux.....	28
Figure III. 3 : Formes d'ondes d'un bras d'onduleur triphasé à diode flottante à trois niveaux.....	30
Figure III. 4 : Schéma d'un onduleur à diode flottante à cinq niveaux.....	31
Figure III. 5 : Bras d'un onduleur à diode flottante à cinq niveaux.....	32
Figure III. 6 : Formes d'ondes d'un bras d'onduleur triphasé à diode flottante à cinq niveaux.....	34
Figure III. 7: Bras d'onduleur à diode flottante à N niveaux de tension	35
Figure III. 8 : Structure de l'onduleur triphasé à trois niveaux à structure diode flottante.....	37
Figure III. 9 : Structure d'un bras d'onduleur triphasé à trois niveaux.....	38
Figure III. 10 : Interrupteur bidirectionnel équivalent de la paire diode-transistor.....	38
Figure III. 11 : Les Différentes configurations possibles pour un bras d'onduleur à trois niveaux...	39
Figure III. 12 : Structure de l'onduleur triphasé à trois niveaux à structure à diode flottante.....	44
Figure III. 13: Les différentes configurations possibles pour un bras d'onduleur à cinq niveaux....	47

Figure IV.1. Référence et quatre porteuses triangulaires superposées.....	51
Figure IV.2. Tension de sortie et son spectre d'harmonique pour $m=25$	51
Figure IV.3. Tension de sortie et son spectre d'harmonique pour $m=50$	52
Figure IV.4 Tension de sortie et son spectre d'harmonique pour $m=100$	52
Figure IV.5 Référence et quatre porteuses en dents de scie superposées.....	53
Figure IV.6 Tension de sortie et son spectre d'harmonique pour $m=25$	53
Figure IV.7 Tension de sortie et son spectre d'harmonique pour $m=50$	54
Figure IV.8 Tension de sortie et son spectre d'harmonique pour $m=100$	54
Figure IV.9 Référence et quatre porteuses décalées verticalement.....	55
Figure IV.10 Tension de sortie et son spectre d'harmonique pour $m=25$	55
Figure IV.11 Tension de sortie et son spectre d'harmonique pour $m=50$	55
Figure IV.12 Tension de sortie et son spectre d'harmonique pour $m=100$	56
figure IV.13 .a: Signaux de référence avec porteuses en opposition de phase deux par deux, analyse spectrale d'un des trois signaux de référence, tensions de sortie et analyse spectral de la tension de sortie de la première phase (v_{ao}) (Amplitude du fondamental de $v_{ao}=350\text{ V}$, fréquence du fondamental de $v_{ao}=50\text{ Hz}$ et fréquence des porteuses $f_p=21*50\text{ Hz}$)	57
figure IV.14 .a: Tensions simples de la charge, analyse spectrale de la tension de la première phase de la charge (v_{an}) (Amplitude du fondamental de $v_{an}=350\text{ V}$ fréquence du fondamental de $v_{an}=50\text{ Hz}$ et et fréquence des porteuses $f_p=21*50\text{ Hz}$) et courants de charge.....	58
figure IV.14.b: Signaux de référence avec porteuses en opposition de phase deux par deux, analyse spectrale d'un des trois signaux de référence, tensions de sortie et analyse spectral de la tension de sortie de la première phase (v_{ao}) (THD de $v_{ao}=33.5\%$, amplitude du fondamental de $v_{ao}=350\text{ V}$, fréquence du fondamental de $v_{ao}=50\text{ Hz}$ et fréquence des porteuses $f_p=50*50\text{ Hz}$)..	59
figure IV.14.c: Tensions simples de la charge, analyse spectrale de la tension de la première phase de la charge (v_{an}) (THD de $v_{an}=29\%$, amplitude du fondamental de $v_{an}=350\text{ V}$ fréquence du fondamental de $v_{an}=50\text{ Hz}$ et et fréquence des porteuses $f_p=50*50\text{ Hz}$) et courants de charge.....	60
figure IV. 15.a: Signal de référence avec porteuses en phase, analyse spectrale d'un des trois signaux de référence, tensions de sortie et analyse spectral de la tension de sortie de la première phase (v_{ao}) (THD de $v_{ao}=33.3\%$, amplitude du fondamental de $v_{ao}=355\text{ V}$, fréquence du fondamental de $v_{ao}=50\text{ Hz}$ et fréquence des porteuses $f_p=21*50\text{ Hz}$).....	62
figure IV.15.b: Tensions simples de la charge, analyse spectrale de la tension de la première phase de la charge (v_{an}) (THD de $v_{an}=17\%$, amplitude du fondamental de $v_{an}=355\text{ V}$ fréquence du fondamental de $v_{an}=350\text{ Hz}$ et et fréquence des porteuses $f_p=21*50\text{ Hz}$) et courants de charge.....	63

figure IV.16.a: Signaux de référence avec porteuses en phase, analyse spectrale d'un des trois signaux de référence, tensions de sortie et analyse spectral de la tension de sortie de la première phase (v_{ao}) (THD de $v_{ao}=33.5\%$, amplitude du fondamental de $v_{ao}=355\text{ V}$, fréquence. du fondamental de $v_{ao}=50\text{ Hz}$ et fréquence des porteuses $f_p=50*50\text{ Hz}$).....	64
figure IV.16.b: Tensions simples de la charge, analyse spectrale de la tension de la première phase de la charge (v_{an}) (THD de $v_{an}=17\%$, amplitude du fondamental de $v_{an}=355\text{ V}$ fréquence du fondamental de $v_{an}=50\text{ Hz}$ et et fréquence des porteuses $f_p=21*50\text{ Hz}$) et courants de charge.....	65

Liste des tableaux

Tableau II. 1 : États possibles de l'onduleur Cascade à 3 niveaux	18
Tableau II. 2 : États possibles d'un bras de l'onduleur à diode flottante à cinq niveaux	22
Tableau III. 1 : États possibles d'un bras de l'onduleur à diode flottante à N niveaux.....	29
Tableau III. 1 : États possibles d'un bras de l'onduleur à diode flottante à cinq niveaux.....	33
Tableau III. 2 : États possibles d'un bras de l'onduleur à diode flottante à N niveaux	36
Tableau III. 3 : Grandeurs électriques correspondantes pour chacune des configurations d'un bras k	39
Tableau III. 4 : Tableaux d'excitation associée à la commande complémentaire proposée.....	40
Tableau III. 5 : Tableau des excitations relatives des cellules (Onduleur à diodes flottants à 5niveaux)	46
Tableau IV. 1: Comparaison entre les trois topologies de base des convertisseurs multiniveaux au niveaux de composant électronique.....	50

Liste des notations

MLI	Modulation de Largeur d'Impulsion.
NPC	Neutral Point Clamping
$U_c(V)$	Source de tension continue de l'onduleur.
$V_{ABCM}(V)$	Tension de demi-bras A, B ou C
$V_{ABC}(V)$	Tension de sortie de l'onduleur A, B ou C.
$V_{réf123}(V)$	Tension de références 1, 2 ou 3 (sinusoïdal).
$V_m(V)$	Amplitude de la tension de référence.
$V_p(V)$	Porteuse triangulaire.
$V_{pm}(V)$	Amplitude de la porteuse triangulaire.
$\omega(rad/s)$	Pulsation électrique.
$f_{réf}(Hz)$	Fréquence de la tension de référence.
$f_p(Hz)$	Fréquence de la porteuse triangulaire.
m	Indice de modulation.
r	Taux de modulation.
$H_f(V)$	Harmonique fondamentale.
$h_n(V)$	Harmonique de rang n.