

Guy Séguier
Francis Labrique
Philippe Delarue



Électronique de puissance

Structures,
commandes, applications

10^e édition

Cours et exercices corrigés

Master
Écoles d'ingénieurs

DUNOD

Table des matières

Avant-propos	III
CHAPITRE 1 • INTRODUCTION	1
1.1 L'électronique de puissance ne peut être qu'une électronique de commutation	1
1.2 Le fonctionnement en commutation induit des modes de calcul et de raisonnement particuliers	3
1.2.1 Nature des régimes permanents	3
1.2.2 Procédés de calcul	3
1.2.3 Procédé d'étude d'un montage à semiconducteurs	3
1.3 L'électronique de puissance : technique des modifications de présentation de l'énergie électrique	5
1.3.1 Les principales fonctions	5
1.3.2 Les variateurs de vitesse	6
1.3.3 Autres convertisseurs. Autres applications	6
CHAPITRE 2 • SEMICONDUCTEURS DE PUISSANCE. INTERRUPTEURS. COMMUTATIONS	7
2.1 Rappels sur les interrupteurs à semiconducteurs	8
2.1.1 Interrupteurs à deux segments	9
2.1.2 Interrupteurs trois segments réversibles en tension	12
2.1.3 Interrupteurs trois segments réversibles en courant	15
2.1.4 Interrupteurs quatre segments	17
2.1.5 Représentation des interrupteurs dans les schémas des convertisseurs	19
2.2 Commutations	20
2.2.1 Caractérisation des générateurs et des récepteurs	21
2.2.2 Règles de connexions	24
2.2.3 Cellule élémentaire de commutation	25
2.2.4 Les deux commutations types	26

- 2.3.1 Cas des interrupteurs à fermeture OU ouverture commandée
 2.3.2 Cas des interrupteurs à fermeture ET ouverture commandées

Exercices

	31
	34
	36
CHAPITRE 3 • RAPPELS SUR LES SIGNAUX DE L'ÉLECTRONIQUE DE PUISSANCE	39
3.1 Rapports sur les régimes transitoires	39
3.1.1 Circuits du premier ordre. Règles générales	40
3.1.2 Premier ordre. Exemples d'applications	41
3.1.3 Circuits du second ordre. Règles générales	51
3.1.4 Second ordre. Exemple d'application	53
3.2 Rapports sur les grandeurs périodiques non sinusoïdales	56
3.2.1 Valeurs d'une grandeur périodique	56
3.2.2 Puissance	56
3.2.3 Développement en série de Fourier	57
3.2.4 Relations entre valeur efficace, puissance et développement en série	60
3.2.5 Application aux tensions redressées	62
<i>Exercices</i>	65

CHAPITRE 4 • LES HACHEURS

4.1 Hacheurs directs	69
4.1.1 Hacheur série	70
4.1.2 Hacheur parallèle	76
4.1.3 Hacheur réversible en courant	79
4.1.4 Hacheur en pont	83
4.1.5 Hacheurs multinationaux	88
4.1.6 Note sur la commande des interrupteurs	91
4.2 Hacheurs à liaison indirecte	94
4.2.1 Hacheur à stockage inductif	95
4.2.2 Hacheur à stockage capacitif	97
4.3 Hacheurs à interrupteurs résonants	99
4.3.1 Hacheur série à interrupteur résonant fonctionnant en mode ZCS	99
4.3.2 Hacheur série à interrupteur résonant fonctionnant en mode ZVS	102
4.3.3 Remarques sur les hacheurs quasi-résonants	104
<i>Exercices</i>	106

5.1 Onduleurs de tension monophasés à modulation de largeur d'impulsions**120**

- 5.1.1 Onduleur en pont. Deux niveaux de sortie
 5.1.2 Modulation sinus-triangle deux niveaux
 5.1.3 Modulation sinus-triangle trois niveaux
 5.1.4 Autres procédés de modulation
 5.1.5 Réversibilité
 5.1.6 Exemples d'applications
 5.1.7 Notes sur l'onduleur en demi-pont

5.2 Onduleur de tension triphasé à modulation de largeur d'impulsions**145**

- 5.2.1 Relations générales
 5.2.2 Commande par demi-pont
 5.2.3 Modulation vectorielle
 5.2.4 Exemples d'applications
 5.2.5 Notes sur les onduleurs multinationaux

5.3 Onduleurs de courant triphasé**165**

- 5.3.1 Schéma. Commutations
 5.3.2 Relations générales
 5.3.3 Commande à un créneau par alternance
 5.3.4 Notes sur les sources
 5.3.5 Commande MLI

Exercices

175

CHAPITRE 6 • LES REDRESSEURS**6.1 Redresseurs à diodes : introduction****191**

- 6.1.1 Les commutateurs
 6.1.2 Les montages
 6.1.3 Hypothèses simplificatrices

6.2 Redresseurs à diodes du type parallèle**197**

- 6.2.1 Les montages usuels
 6.2.2 Étude des tensions
 6.2.3 Étude des courants
 6.2.4 Chute de tension en fonctionnement normal
 6.2.5 Utilisations

6.3 Redresseurs à diodes du type parallèle double**214**

- 6.3.1 Les montages usuels
 6.3.2 Étude des tensions
 6.3.3 Étude des courants
 6.3.4 Chute de tension due aux commutations
 6.3.5 Utilisations

222

6.4 Redresseurs à diodes du type série	222
6.4.1 Étude des tensions	222
6.4.2 Étude des courants	227
6.4.3 Chute de tension due aux commutations	230
6.4.4 Utilisations	232
6.5 Les groupements de redresseurs à diodes	233
6.5.1 Groupement en série	233
6.5.2 Groupement en parallèle	234
6.6 Redresseurs à thyristors du type parallèle	238
6.6.1 Fonctionnement. Étude des tensions	238
6.6.2 Étude des courants. Diagramme des puissances	244
6.6.3 Chute de tension due à l'empilement	246
6.6.4 Précautions à prendre dans la marche en onduleur	248
6.7 Redresseurs à thyristors du type parallèle double ou série	250
6.7.1 Redresseurs tout thyristors du type parallèle double	250
6.7.2 Redresseurs mixtes du type parallèle double	252
6.7.3 Redresseurs tout thyristors du type série	256
6.7.4 Redresseurs mixtes du type série	257
6.7.5 Comparaison et choix des redresseurs à thyristors	258
6.7.6 Commande des redresseurs à thyristors	258
6.8 Notes sur les redresseurs à diodes débitant sur une « source de tension »	262
6.8.1 Redresseur alimenté en monophasé	263
6.8.2 Redresseur alimenté en triphasé	265
<i>Exercices</i>	267
CHAPITRE 7 • LES GRADATEURS	271
7.1 Marche en interrupteur	271
7.1.1 Principe	271
7.1.2 Avantages et inconvénients	272
7.1.3 Variantes unipolaires. Triacs	273
7.1.4 Interrupteurs tripolaires	274
7.2 Marche en gradateur monophasé	274
7.2.1 Cas d'un récepteur purement résistant	275
7.2.2 Cas d'un récepteur résistant et inductif	276
7.2.3 Caractéristiques	280
7.3 Les gradateurs triphasés	282
7.3.1 Le gradateur triphasé tout thyristors	282

© Dunod. La photocopie non autorisée est un délit.

7.3.2 Les groupements de trois gradateurs monophasés	290
7.3.3 Le gradateur triphasé mixte	292
<i>Exercices</i>	292
CHAPITRE 8 • LES VARIATEURS DE VITESSE	299
8.1 Variateurs pour moteurs à courant continu	299
8.1.1 Le moteur à courant continu	300
8.1.2 Convertisseurs utilisés	303
8.2 Variateurs pour moteurs synchrones	306
8.2.1 Le moteur synchrone	306
8.2.2 Variateurs à onduleurs de tension fonctionnant en MLI	309
8.2.3 Variateurs à cycloconvertisseurs	315
8.2.4 Moteur à courant continu sans balais	318
8.3 Variateurs pour moteurs asynchrones	320
8.3.1 Le moteur asynchrone triphasé	320
8.3.2 Variateurs à onduleurs MLI de tension ou à cycloconvertisseurs	327
8.3.3 Variateurs à onduleurs de courant	330
8.3.4 Autres variateurs	331
<i>Exercices</i>	336
CHAPITRE 9 • ALIMENTATIONS À DÉCOUPAGE	343
9.1 Introduction	343
9.2 Montages sans transformateur	344
9.2.1 Alimentation avec hacheur série (<i>buck convertter</i>)	344
9.2.2 Alimentation avec hacheur parallèle (<i>boost convertter</i>)	347
9.2.3 Alimentation avec hacheur à stockage inductif (<i>buck-boost convertter</i>)	349
9.2.4 Alimentation avec hacheur à stockage capacitif (<i>Cuk convertter</i>)	350
9.3 Montages asymétriques avec transformateur	351
9.3.1 Alimentation à stockage inductif isolée : montage flyback	351
9.3.2 Alimentation avec hacheur du type série : montage forward	352
9.4 Montages symétriques avec transformateur	357
9.4.1 Montage push-pull	357
9.4.2 Montage en pont à commande décalée des demi-ponts	360
9.5 Correction du facteur de puissance	362
<i>Exercice</i>	364

CHAPITRE 10 • Onduleurs et alimentations à résonance	367
10.1 Onduleurs à résonance	367
10.1.1 Onduleur série	368
10.1.2 Onduleur parallèle	377
10.2 Alimentations à résonance	381
10.2.1 Alimentation à résonance série	381
10.2.2 Alimentation à résonance série-parallèle	384
CHAPITRE 11 • Convertisseurs matriciels, convertisseurs modulaires multiniveaux	387
11.1 Convertisseurs matriciels	387
11.1.1 Étude du convertisseur matriciel	388
11.1.2 Commande par MLI	390
11.1.3 Gestion des commutations	397
11.2 Convertisseur modulaire multiniveaux	400
11.2.1 Structure. Contraintes sur la commande	401
11.2.2 Fonctionnement en régime permanent	402
11.2.3 Architecture de commande	407
Index alphabétique	412

Guy Séguier
Francis Labrique
Philippe Delarue

Électronique de puissance

Structures, commandes, applications

L'électronique de puissance est la branche de la physique appliquée qui traite des convertisseurs statiques utilisant des semi-conducteurs de puissance pour modifier la présentation de l'énergie électrique.

Cet ouvrage donne la définition de l'électronique de puissance, de son vocabulaire, de ses méthodes de calcul et de raisonnement. Sont présentés les semi-conducteurs utilisés et les signaux rencontrés. Les convertisseurs de base, hacheurs, onduleurs, redresseurs, gradateurs sont ensuite étudiés ; les diverses structures sont comparées, les applications précisées. Cette étude est complétée par celle des alimentations à découpage, des onduleurs et alimentations à résonance et de convertisseurs d'apparition plus récente, convertisseurs matriciels et convertisseurs modulaires multiniveaux.

Régulièrement remis à jour au cours des éditions successives, ce livre reste irremplaçable pour les étudiants (Master et écoles d'ingénieurs) et les praticiens. Cette **10^e édition** tient compte des évolutions récentes en électronique de puissance (composants, structures, commandes) et les exercices de fin de chapitre ont été renouvelés.

- MATHÉMATIQUES
- PHYSIQUE
- CHIMIE
- SCIENCES DE L'INGÉNIEUR
- INFORMATIQUE
- SCIENCES DE LA VIE
- SCIENCES DE LA TERRE

10^e édition

Guy Séguier

Professeur émérite à Lille1.

Francis Labrique

Professeur émérite à l'Université Catholique de Louvain.

Philippe Delarue

Maître de conférences à Lille1, Polytech'Lille.



9 782100 738663

1582599
ISBN 978-2-10-073866-3



Les actus



du savoir

