

COLLECTION GÉNIE ÉLECTRIQUE

Electronique de puissance pour l'industrie et les transports 1

*méthodologie de synthèse
de convertisseurs
et technologie des composants*

Nicolas Patin



ISTE
editions

Table des matières

Avant-propos	9
Nicolas PATIN	
Chapitre 1. Notions générales	11
1.1. Structure générique d'un variateur de vitesse industriel	11
1.2. Spécificités de l'électronique de puissance	12
1.2.1. Distinction entre signal et énergie	12
1.2.2. Commutations et pertes	13
1.2.3. Inertie de la charge et modèle moyen	15
1.3. Familles de convertisseurs	15
1.3.1. Classification des structures	15
1.3.2. Formes d'ondes typiques	16
1.3.3. Ordres de grandeur et applications	17
Chapitre 2. Outils théoriques et composants actifs pour l'électronique de puissance	21
2.1. Circuits électriques et électronique de puissance	21
2.1.1. Cas classique	21
2.1.2. Extension en électronique de puissance	22
2.1.3. L'interrupteur idéal	23
2.2. Les composants réels	25
2.2.1. Interrupteurs à deux segments	25
2.2.1.1. La diode	25
2.2.1.2. Les transistors	28
2.2.2. Interrupteurs à trois segments	33
2.2.2.1. Le thyristor	33
2.2.2.2. Le thyristor GTO	33

- 2.2.2.3. Le transistor à diode antiparallèle 35
- 2.2.3. Interrupteur à quatre segments 35
 - 2.2.3.1. Le triac 35
 - 2.2.3.2. Synthèse à base de transistors et de diodes 36
- 2.3. Synthèse de convertisseurs 37
 - 2.3.1. Démarche générale 37
 - 2.3.2. Application I 37
 - 2.3.3. Application II 39
- 2.4. Analyse du variateur industriel triphasé 40
- 2.5. Cadre d'étude des convertisseurs 41

Chapitre 3. Thermique, packaging et technologies des composants de puissance 43

- 3.1. Pertes dans les composants réels 43
 - 3.1.1. Notion de pertes par conduction 43
 - 3.1.2. Notion de pertes par commutations 44
- 3.2. Semi-conducteurs en électronique de puissance 46
- 3.3. Packaging des composants électroniques de puissance 48
 - 3.3.1. Composants discrets 48
 - 3.3.2. Modules de puissance 49
- 3.4. Modélisation thermique des composants 51
 - 3.4.1. Généralités 51
 - 3.4.2. Régime permanent 52
 - 3.4.3. Régime transitoire 55
- 3.5. Choix d'un dissipateur 56
- 3.6. Autres types de refroidissement 58
 - 3.6.1. Refroidissements liquide et diphasique 58
 - 3.6.2. Refroidissement actif 60

Chapitre 4. Circuits auxiliaires d'un convertisseur 61

- 4.1. Commande de grille des transistors MOSFET et IGBT 61
 - 4.1.1. Principes 61
 - 4.1.2. Problématique du pilotage d'un transistor « haut » 65
- 4.2. Circuits d'aide à la commutation (CALC) 68
 - 4.2.1. Rappel sur les pertes par commutation dans un convertisseur 68
 - 4.2.2. Réduction des pertes à l'amorçage 70
 - 4.2.3. Réduction des pertes au blocage 71
 - 4.2.4. Circuit complet 73
- 4.3. Commande rapprochée des commutateurs de courant 74
 - 4.3.1. Commande d'un thyristor 74
 - 4.3.2. Commande d'un triac 78

Chapitre 5. Composants passifs – Technologies et dimensionnement	81
5.1. Condensateurs	81
5.1.1. Constitution physique et rappels d'électrostatique	81
5.1.2. Modélisation des condensateurs	84
5.1.3. Technologies et emplois	86
5.1.3.1. Condensateurs non polarisés	86
5.1.3.2. Condensateurs polarisés	89
5.2. Inductances	92
5.2.1. Constitution physique et rappels de magnétisme	92
5.2.2. Modélisation d'une bobine à noyau magnétique	93
5.2.3. Notion de pertes fer et matériaux	95
5.2.4. Technologies des noyaux et bobinages	100
5.2.5. Dimensionnement d'une inductance de lissage à noyau de fer	102
5.3. Transformateurs et inductances couplées	107
5.3.1. Notion d'inductance mutuelle	107
5.3.2. Modèle des inductances couplées et du transformateur	107
Chapitre 6. Conception des circuits imprimés de puissance	113
6.1. Circuits imprimés classiques	113
6.1.1. Généralités et spécificités de l'électronique de puissance	113
6.1.2. Dimensionnement des pistes	114
6.1.3. Isolation entre pistes	116
6.2. Alternatives au circuit imprimé classique	121
6.3. Assemblage des cartes électroniques	123
6.3.1. Connexion des composants	123
6.3.2. Brasage des composants	124
6.3.2.1. Brasage à la vague	125
6.3.2.2. Brasage par refusion	126
6.3.3. Matériaux de brasage à haute température	127
6.4. Compléments	128
Annexe A. Formulaire pour l'électrotechnique et l'électromagnétisme	131
Bibliographie	145
Index	151