

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

| | |
|--|----|
| 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

| | |
|--|----|
| 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

| | |
|---|-----|
| 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

| | |
|---|-----|
| 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 refluxion | 126 |
| 6.3.3. Matériaux de brasage à haute température | 127 |
| 6.4. Compléments | 128 |

Annexe A. Formulaire pour l'électrotechnique et l'électromagnétisme

| | |
|---|-----|
| Annexe A. Formulaire pour l'électrotechnique et l'électromagnétisme | 131 |
| Bibliographie | 145 |
| Index | 151 |

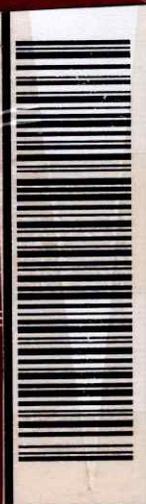
L'électronique de puissance se fonde sur le fonctionnement en régime de commutation des composants semi-conducteurs. Sur cette base, les notions de nature (tension ou courant) et de réversibilité des sources à interconnecter permettent d'appliquer une méthodologie de synthèse des diverses familles de convertisseurs.

Cet ouvrage présente les grands types de composants disponibles, toujours du point de vue de l'utilisateur avec les commandes rapprochées et les circuits annexes requis pour leur bon fonctionnement (circuits d'aide à la commutation par exemple). Il traite des différents composants passifs (condensateurs, composants bobinés), et détaille la technologie des circuits imprimés, notamment leur conception.

Electronique de puissance pour l'industrie et les transports 1 s'intéresse à l'importance du packaging, en explicitant la représentation électrique équivalente des modèles thermiques des composants ainsi que les technologies de refroidissement disponibles pour l'électronique de manière générale. L'aspect modélisation y est présent, au même titre que les différents aspects technologiques, utiles à l'ingénieur concepteur d'un convertisseur électronique de puissance soucieux d'obtenir des performances et une fiabilité satisfaisantes.

L'auteur

Maître de conférences à l'université de technologie de Compiègne, Nicolas Patin mène des recherches sur les stratégies MLI pour les onduleurs embarqués (véhicules électriques et hybrides) ainsi que sur le vieillissement des condensateurs électrolytiques.



ISTE
editions

