
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 |