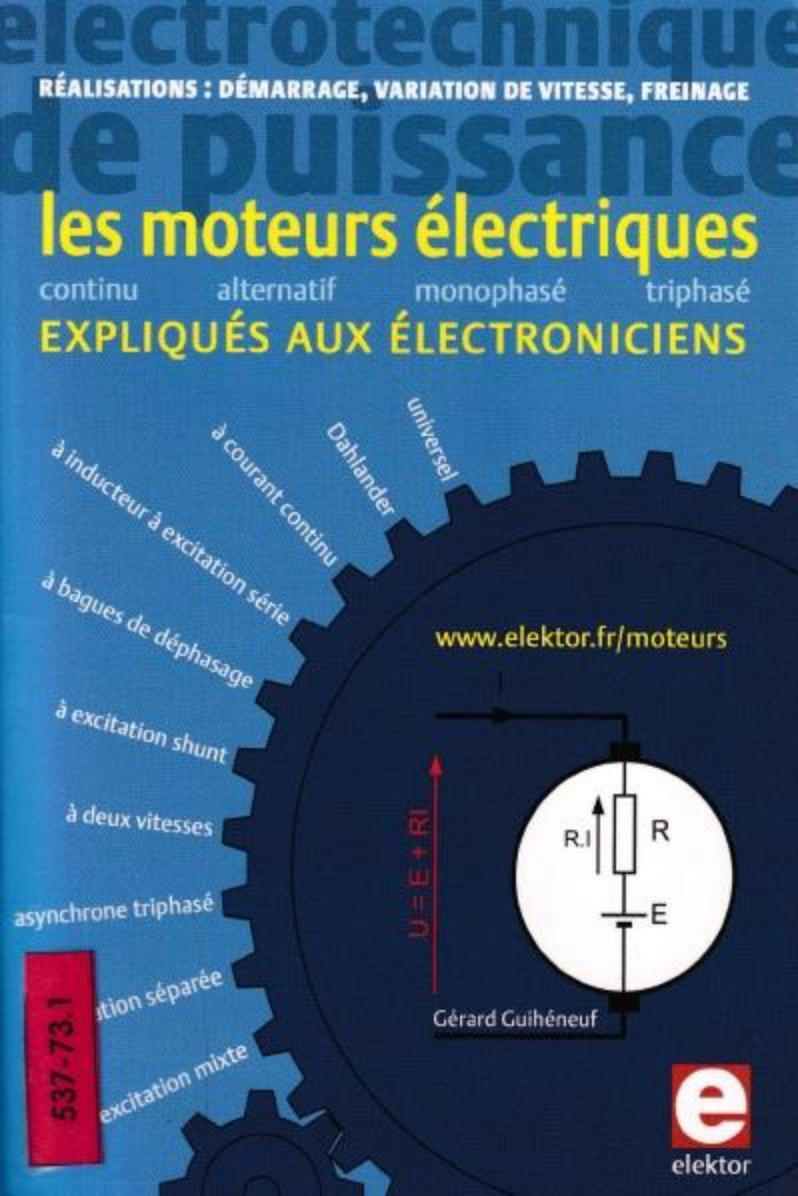
électrotechnique de puissance

RÉALISATIONS : DÉMARRAGE, VARIATION DE VITESSE, FREINAGE

les moteurs électriques

continu alternatif monophasé triphasé

EXPLIQUÉS AUX ÉLECTRONICIENS



Sommaire

Introduction 9

Avertissement 10

1. Électronique appliquée au moteur à courant continu

1.1 Domaines d'utilisation des moteurs à courant continu 12

1.2 Constitution du moteur à courant continu 15

1.3 Fonctionnement du moteur à courant continu 19

1.4 Différents modes d'alimentation de l'induit et de l'inducteur 21

1.5 Principe de la variation de vitesse d'un moteur à courant continu .. 23

1.6 Variation de vitesse par convertisseur alternatif/continu (redresseurs commandés par des thyristors) 28

1.6.1 Pont redresseur à diode P1 sur charge RLE 28
1.6.2 Pont redresseur à diodes PD2 sur charge RLE 32
1.6.3 Pont redresseur commandé par des thyristors PD2 sur charge RLE 34
1.6.4 Conduction continue d'un pont redresseur à thyristors 34
1.6.5 Quadrants de fonctionnement de l'association variateur/moteur 37

1.7 Analyse fonctionnelle du schéma de mise en œuvre d'un variateur de vitesse industriel 41

1.8 Dimensionnement des constituants d'un système industriel (exemple) 44

1.8.1 Cahier des charges simplifié 44
1.8.2 Dimensionnement et choix du moteur 45
1.8.3 Dimensionnement et choix du variateur 48
1.8.4 Dimensionnement et choix des protections (fusibles) 51

1.9 Optimisation de l'association moteur/variateur (paramétrage d'un variateur de vitesse) 52

1.10 Évaluation intermédiaire (exercices E1 à E4) 56
E1 ✧ Questionnaire VRAI/FAUX (quiz) 56
E2 ✧ Questionnaire à choix multiples (QCM) 57
E3 ✧ Grue portuaire (calculs de grandeurs électriques complémentaires) 57
E4 ✧ Dimensionnement et choix des constituants d'un système (convoyeur) 58

1.11 Variation de vitesse par convertisseur continu/continu (hacheurs à transistors IGBT) 60
1.11.1 Hacheur série sur charge résistive 60
1.11.2 Commutation statique par transistor MOSFET ou IGBT 63
1.11.3 Hacheur série non réversible sur charge RLE (moteur à courant continu) 63
1.11.4 Hacheur réversible en courant (hacheur à deux quadrants) 66
1.11.5 Hacheur réversible à quatre quadrants 70

1.12 Évaluation intermédiaire (exercices E5 à E7) 73
E5 ✧ Questionnaire VRAI-FAUX (quiz) 73
E6 ✧ Questionnaire à choix multiples (QCM) 73
E7 ✧ Vélo à assistance électrique 74

1.13 Réalisation d'un variateur de vitesse pour mini-perceuse à courant continu 76
1.13.1 Cahier des charges 76
1.13.2 Obtention d'une vitesse variable 77
1.13.3 Analyse du schéma 77
1.13.4 Dimensionnement des résistances R3 et R4 78
1.13.5 Réalisation pratique 79
1.13.6 Liste des composants 82
1.13.7 Essais – Mise au point 82

1.14 Réalisation d'un variateur de vitesse pour train miniature 84
1.14.1 Cahier des charges 85
1.14.2 Analyse du schéma 85
Alimentation réglable 85
Hacheur série à transistors 88
1.14.3 Réalisation pratique 92
1.14.4 Liste des composants 93
1.14.5 Essais – Mise au point 93

1.15 Conclusion 97

2. Électronique appliquée aux moteurs monophasés

2.1 Applications domestiques des moteurs monophasés 100

2.2 Moteur asynchrone monophasé à induction 102
2.2.1 Constitution 102
2.2.2 Fonctionnement du moteur asynchrone monophasé 104
2.2.3 Interprétation des informations du constructeur 108
2.2.4 Démarrage et inversion du sens de rotation 111
2.2.5 Conception d'un schéma et dimensionnement de constituants 116
Cahier des charges simplifié d'un portail électrique 117
Lecture commentée du schéma électrique 117
Dimensionnement et choix des composants électriques du circuit de puissance 121

2.3 Moteur asynchrone monophasé à bagues de déphasage 124
2.3.1 Constitution 124
2.3.2 Fonctionnement du moteur monophasé à bagues de déphasage 124
2.3.3 Caractéristiques et domaines d'utilisation 126

2.4 Moteur universel 127
2.4.1 Constitution 127
2.4.2 Fonctionnement du moteur universel – Inversion du sens de rotation 128
2.4.3 Caractéristiques et domaines d'utilisation 129

2.5 Variation de vitesse des moteurs monophasés 132
2.5.1 Variation de vitesse des moteurs asynchrones monophasés 132
2.5.2 Variation de vitesse du moteur universel 135

2.6 Évaluation 137
E1 ✧ Questionnaire VRAI/FAUX (quiz) 137
E2 ✧ Questionnaire à choix multiples (QCM) 138
E3 ✧ Interprétation des informations mentionnées sur la plaque signalétique d'un moteur 139
E4 ✧ Maintenance du système électrique du portail semi-automatique 140
E5 ✧ Remplacement du moteur du système électrique du portail semi-automatique 140
E6 ✧ Variation de vitesse d'un moteur universel de perceuse 140

2.7 Démarreur à contacteur statique à deux points de commande pour moteur asynchrone monophasé à induction 141
2.7.1 Cahier des charges 141
2.7.2 Analyse du schéma électronique 143
2.7.3 Réalisation pratique 147

2.7.4 Liste des composants 149
2.7.5 Essais – Mise au point 149

2.8 Variateur de vitesse pour moteur universel 152
2.8.1 Cahier des charges et choix technologique retenu 152
2.8.2 Analyse du schéma électronique 153
2.8.3 Réalisation pratique 157
2.8.4 Liste des composants 158
2.8.5 Essais – Mise au point 159

2.9 Conclusion 162

3. Électronique appliquée aux moteurs asynchrones triphasés

3.1 Applications industrielles du moteur asynchrone triphasé 164

3.2 Caractéristiques couple/vitesse et puissance/vitesse des charges entraînées 167

3.3 Constitution et principe de fonctionnement du moteur asynchrone triphasé 172
3.3.1 Constitution du moteur asynchrone triphasé 172
Le stator 173
Le rotor 174
3.3.2 Principe de fonctionnement du moteur asynchrone triphasé 174

3.4 Interprétation des informations fournies par les constructeurs ... 179
3.4.1 Données techniques consultables dans le catalogue du constructeur .. 179
3.4.2 Informations techniques disponibles sur la plaque signalétique 182
3.4.3 Déduction de données complémentaires 182

3.5 Couplage de la plaque à bornes 186

3.6 Démarreurs électromécaniques à contacteurs 188
3.6.1 Problématique 188
3.6.2 Démarreur direct à contacteur (un seul sens de rotation) 189
3.6.3 Démarreur direct inverseur (deux sens de rotation) 191
3.6.4 Démarreur « Étoile – Triangle » 193
Fonctionnement du démarreur « Étoile – Triangle » proposé par le constructeur SCHNEIDER 195
3.6.5 Démarrage par rhéostat électrolytique 195
Moteur asynchrone triphasé à rotor bobiné 198
Principe du démarrage par rhéostat électrolytique 200

3.7 Incidences sur le moteur d'une variation de la tension d'alimentation 204

3.8 Temps de démarrage d'un moteur asynchrone triphasé 209
Détermination du temps de démarrage 210
Moment d'inertie de l'ensemble moteur-ventilateur centrifuge (J) 212
Détermination du couple accélérateur moyen (Ma) 213
Calcul du temps de démarrage 213
Compatibilité avec la surintensité de démarrage du moteur 213

3.9 Alimentation d'un moteur asynchrone triphasé avec une tension monophasée 215

3.10 Évaluation intermédiaire (exercices E1 à E5) 217
E1 ✧ Questionnaire VRAI/FAUX (quiz) 217
E2 ✧ Questionnaire à choix multiples (QCM) 218
E3 ✧ Lecture d'une plaque signalétique 219
E4 ✧ Choix d'un rhéostat électrolytique (démarreur RLV) 220
E5 ✧ Détermination du temps de démarrage d'un moteur 220

3.11 Démarreurs-ralentisseurs progressifs électroniques 220
3.11.1 Principe de fonctionnement 220
3.11.2 Démarrage et ralentissement progressifs avec le démarreur Altistart 01 (SCHNEIDER) 223
3.11.3 Possibilité de sous-calibrer un démarreur électronique 225
3.11.4 Mise en œuvre d'un contacteur de court-circuitage 226
3.11.5 Conséquences électromécaniques de l'association démarreur-moteur . 229

3.12 Variation de vitesse des moteurs asynchrones triphasés 232
3.12.1 Moteur asynchrone triphasé à deux vitesses à enroulements séparés .. 234
3.12.2 Moteurs asynchrones triphasés à couplage de pôles (moteurs « Dahlander ») 234
3.12.3 Variateurs de vitesse ou convertisseurs de fréquence 238
Facilité de mise en œuvre (simplicité des schémas préconisés par les constructeurs) 240
Structure interne et fonctionnement des variateurs de vitesse (convertisseurs de fréquence) 244
Commande MLI et conséquences électromécaniques de l'association variateur/moteur 250

3.13 Freinage des moteurs asynchrones triphasés 251
3.13.1 Solution mécanique : le moteur frein 253
3.13.2 Solution électrique : freinage par injection d'un courant continu 253
Dimensionnement de certains constituants 255
3.13.3 Solution électronique : dissipation thermique dans une résistance de freinage 258

3.14 Évaluation intermédiaire (exercices E6 à E9) 261
E6 ✧ Questionnaire VRAI/FAUX (quiz) 261
E7 ✧ Questionnaire à choix multiples (QCM) 261
E8 ✧ Station de pompage (association démarreur électronique/moteur asynchrone triphasé) 262
E9 ✧ Variation de vitesse d'un groupe de ventilation 263

3.15 Démarreur inverseur statique pour moteur asynchrone triphasé .. 264
3.15.1 Cahier des charges 264
3.15.2 Relais statique à thyristors CX380D5R 266
3.15.3 Analyse du schéma 268
Sous-ensemble « Puissance » 268
Sous-ensemble « Commande » 268
3.15.4 Réalisation pratique 270
3.15.5 Liste des composants 276
3.15.6 Essais – Mise au point 276
Contrôle du fonctionnement de la partie « commande » 276
Contrôle de la partie « puissance » 278
3.15.7 Adjonction d'un contact au disjoncteur de moteur 280

3.16 Conclusion 283

Conclusion générale 285

Annexe 1 – Glossaire 286

Annexe 2 – Conseils de sécurité 304
Isolation en classes 304
En pratique 304
Accessoires 308
Rude épreuve 309
Transformateurs 310

Annexe 3 – Liens 311

Index 312