

---

collection dirigée par Jean-Claude Sabonnadière

---

# Commande vectorielle sans capteur des machines asynchrones

Claude Chaigne  
Erik Etien  
Sébastien Cauët  
Laurent Rambault

*hermes*

*Lavoisier*

---

---

# Table des matières

<b>Introduction</b> . . . . .	9
<b>Chapitre 1. Modélisation de la machine asynchrone</b> . . . . .	13
1.1. Introduction . . . . .	14
1.2. Les transformations . . . . .	17
1.2.1. Objectif . . . . .	17
1.2.2. Énoncé . . . . .	18
1.2.3. Solution . . . . .	21
1.3. Passage d'un modèle triphasé vers un modèle diphasé général . . . . .	29
1.3.1. Objectif . . . . .	29
1.3.2. Énoncé . . . . .	30
1.3.3. Solution . . . . .	34
1.4. Passage du modèle diphasé vers une représentation d'état . . . . .	45
1.4.1. Objectif . . . . .	45
1.4.2. Énoncé . . . . .	46
1.4.3. Solution . . . . .	48
1.5. Conservation des amplitudes ou des puissances à l'aide des phaseurs . . . . .	55
1.5.1. Objectif . . . . .	55
1.5.2. Énoncé . . . . .	56
1.5.3. Solution . . . . .	60
1.6. Expression du couple à l'aide des phaseurs . . . . .	68
1.6.1. Objectif . . . . .	68
1.6.2. Énoncé . . . . .	69
1.6.3. Solution . . . . .	71
1.7. Modèle diphasé avec fuites totalisées au stator ou au rotor . . . . .	75
1.7.1. Objectif . . . . .	75
1.7.2. Énoncé . . . . .	76
1.7.3. Solution . . . . .	79
1.7.4. Compléments sur la modélisation . . . . .	84

1.8. Passage en régime permanent dans le cas d'une modélisation diphasée	86
1.8.1. Objectif	86
1.8.2. Énoncé	87
1.8.3. Solution	91

## Chapitre 2. Modélisation et commande de l'onduleur

2.1. Introduction à la commande d'un onduleur	102
2.2. Influence des harmoniques de tension sur le couple	105
2.2.1. Objectif	105
2.2.2. Énoncé	106
2.2.3. Solution	110
2.3. Caractérisation du comportement de l'onduleur	121
2.3.1. Objectif	121
2.3.2. Énoncé	122
2.3.3. Solution	126
2.4. MLI sinus-triangle et MLI sinus-dents de scie	128
2.4.1. Objectif	128
2.4.2. Énoncé	129
2.4.3. Solution	131
2.5. MLI vectorielle	136
2.5.1. Objectifs	136
2.5.2. Énoncé	137
2.5.3. Solution	143
2.6. Gestion de l'amplitude maximale des tensions en sortie de l'onduleur	156
2.6.1. Objectifs	156
2.6.2. Énoncé	157
2.6.3. Solution	160
2.7. Gestion des imperfections de l'onduleur	166
2.7.1. Objectifs	166
2.7.2. Énoncé	167
2.7.3. Solution	174

## Chapitre 3. Commande vectorielle directe de flux rotorique

3.1. Introduction	178
3.2. Modélisation par fonction de transfert	179
3.2.1. Objectif	179
3.2.2. Énoncé	180
3.2.3. Solution	182
3.3. Découplage des courants $i_{sd}$ et $i_{sq}$ . Étude en simulation.	187
3.3.1. Objectif	187
3.3.2. Énoncé	188
3.3.3. Solution	191
3.4. Asservissement du flux rotorique	195

3.4.1. Objectif . . . . .	195
3.4.2. Énoncé . . . . .	196
3.4.3. Solution . . . . .	199
3.5. Asservissement de la vitesse mécanique . . . . .	201
3.5.1. Objectif . . . . .	201
3.5.2. Énoncé . . . . .	202
3.5.3. Solution . . . . .	207
<b>Chapitre 4. Estimation et observation du flux magnétique . . . . .</b>	<b>213</b>
4.1. Introduction . . . . .	214
4.2. Estimation du flux rotorique . . . . .	215
4.2.1. Objectif . . . . .	215
4.2.2. Énoncé . . . . .	216
4.2.3. Solution . . . . .	218
4.3. Stabilité et rapidité de l'estimateur de flux rotorique . . . . .	223
4.3.1. Objectif . . . . .	223
4.3.2. Énoncé . . . . .	224
4.3.3. Solution . . . . .	227
4.4. Observateur du flux rotorique . . . . .	230
4.4.1. Objectif . . . . .	230
4.4.2. Énoncé . . . . .	231
4.4.3. Solution . . . . .	234
4.4.4. Méthode de Cayley-Hamilton [MAS 98] . . . . .	239
4.4.5. Objectif . . . . .	241
4.4.6. Énoncé . . . . .	242
4.4.7. Solution . . . . .	246
4.4.8. Produit de Kronecker . . . . .	252
4.4.9. Objectif . . . . .	254
4.4.10.Énoncé . . . . .	255
4.4.11.Solution . . . . .	259
<b>Chapitre 5. Estimation de la vitesse de rotation . . . . .</b>	<b>265</b>
5.1. Introduction . . . . .	266
5.2. Système adaptatif avec modèle de référence MRAS . . . . .	268
5.2.1. Objectif . . . . .	268
5.2.2. Énoncé . . . . .	269
5.2.3. Solution . . . . .	275
5.3. Estimation de la vitesse de rotation par modèle adaptatif . . . . .	284
5.3.1. Objectif . . . . .	284
5.3.2. Énoncé . . . . .	285
5.3.3. Solution . . . . .	288
5.3.4. Critère de Stabilité de Lyapunov . . . . .	293

<b>Chapitre 6. Estimation des paramètres résistifs</b> . . . . .	295
6.1. Introduction . . . . .	296
6.2. Estimation de la résistance statorique par modèle adaptatif . . . . .	297
6.2.1. Objectif . . . . .	297
6.2.2. Énoncé . . . . .	298
6.2.3. Solution . . . . .	300
6.3. Identification de la résistance rotorique par injection de signaux . . . . .	304
6.3.1. Objectif . . . . .	304
6.3.2. Énoncé . . . . .	305
6.3.3. Solution . . . . .	307
6.4. Estimations simultanées de la vitesse et de la résistance statorique . . . . .	310
6.4.1. Objectif . . . . .	310
6.4.2. Énoncé . . . . .	311
6.4.3. Solution . . . . .	314
6.4.4. Complément sur le critère de Popov . . . . .	318
<b>Conclusion</b> . . . . .	319
<b>Annexes</b> . . . . .	321
A. Notations . . . . .	321
B. Formulaire . . . . .	325
<b>Bibliographie</b> . . . . .	329