

L'USINE NOUVELLE

SÉRIE | EEA

Emmanuel Godoy *et coll.*

RÉGULATION INDUSTRIELLE

DUNOD

TABLE DES MATIÈRES

Liste des auteurs	1
1 • Introduction	3
1.1 Comment définir l'automatique ?	3
1.2 Notion de systèmes automatiques	4
1.3 Régulation ou asservissement ?	5
1.4 Hiérarchisation des systèmes automatiques industriels	6
1.5 Bref historique	7
Bibliographie	8

A

Outils mathématiques d'analyse et de conception

2 • Outils mathématiques	11
2.1 Introduction	11
2.2 Convolution	11
2.3 Transformée de Fourier	14
2.4 Transformée de Laplace	17
2.5 Transformée en z	22
Bibliographie	26
3 • Représentation des signaux et des systèmes	27
3.1 Introduction	27
3.2 Modèles et caractéristiques des signaux à temps continu et à temps discret	27
3.3 Caractéristiques des systèmes	33
3.4 Représentation temporelle des systèmes à temps discret	34
3.5 Représentation temporelle des systèmes à temps continu	35
3.6 Représentation d'état et propriétés associées	36
3.7 Représentations fréquentielles	39
3.8 Linéarisation	50
Bibliographie	52

Échantillonnage et reconstitution analogique

4.1 Échantillonnage	53
4.2 Relations entre les représentations complexes	53
4.3 Reconstitution analogique	59
	61

Caractérisation des systèmes à temps continu et à temps discret

5.1 Introduction	67
5.2 Définitions générales relatives à la stabilité	67
5.3 Étude de la stabilité des systèmes linéaires invariants	72
5.4 Représentation d'un système linéaire échantillonné	77
5.5 Comportement transitoire d'un système linéaire	79
5.6 Propriétés spécifiquement liées à la représentation d'état	85
Bibliographie	92

Modélisation par bond graphs

6.1 Introduction	93
6.2 Éléments de base des bond graphs	94
6.3 Génération des bond graphs dans les domaines électriques et mécaniques	101
6.4 Calcul du modèle mathématique associé à un bond graph	106
6.5 Exemple	113
Bibliographie	115

Identification des systèmes linéaires

7.1 Généralités	117
7.2 Modèles « candidats »	118
7.3 Considérations sur le protocole expérimental	122
7.4 Méthodes non paramétriques graphiques	128
7.5 Traitement des données	132
7.6 Identification paramétrique	136
7.7 Exemple	144
Bibliographie	149

Analyse des systèmes asservis

3.1 Fonctionnement des boucles de régulation	151
3.2 Stabilité	155
3.3 Précision	164
3.4 Analyse d'un cahier des charges	171
Bibliographie	171

B

Méthodes et structures de commande

9 • Synthèse des lois de commande par approche fréquentielle « classique »	175
9.1 Introduction : structure de corrections	175
9.2 Correction « série »	175
9.3 Correction « parallèle »	186
9.4 Discretisation d'un correcteur continu	191
9.5 Conclusions	200
Bibliographie	200
10 • Structure RST – Synthèse par placement des pôles	201
10.1 Architecture et cadre d'application	201
10.2 Principe de synthèse du régulateur	202
10.3 Étude de cas	209
10.4 Cas des zéros	213
10.5 Conclusions	214
Bibliographie	214
11 • Régulateurs PI – PID	217
11.1 Introduction	217
11.2 Modèles de régulateurs PID	219
11.3 Approche temporelle du régulateur PID	222
11.4 Approche fréquentielle du régulateur PID	229
11.5 Implémentation numérique des régulateurs	233
11.6 Forme RST des régulateurs PID	239
11.7 Conclusions	241
Bibliographie	241
12 • Structures particulières de commande	243
12.1 Régulation cascade	243
12.2 Régulation de tendance	252
12.3 Systèmes à retard	257
12.4 Commande par modèle interne	260
Bibliographie	269
13 • Commande prédictive	271
13.1 Introduction : les concepts de base	271
13.2 Algorithme GPC	273
13.3 Étude de cas : application à un système électromécanique	282
13.4 Conclusions	287
Bibliographie	288

18 • Capteurs	433
18.1 Introduction	433
18.2 Principes physiques	434
18.3 Quelques exemples de mesures de grandeurs physiques	451
18.4 Perspectives de développement des capteurs	463
Bibliographie	465
19 • Systèmes de contrôle et de commande	467
19.1 Introduction	467
19.2 L'évolution des systèmes de contrôle-commande	468
19.3 Les SNCC actuels	475
19.4 Les API et les superviseurs	484
19.5 Les régulateurs de tableau et petits systèmes	488
19.6 Les calculateurs et systèmes embarqués	490
19.7 Les réseaux de terrain	497
19.8 Les outils de configuration	501
19.9 Quelle solution pour la régulation : SNCC ou API ?	503
Bibliographie	505

20 • Méthodes de commande : synthèse, comparaison et critères de choix	507
20.1 Généralités	507
20.2 Les méthodes et outils d'ingénierie	508
20.3 Conclusions générales	510
Index alphabétique	521

291	291
291	291
292	292
296	296
297	297
300	300
301	301
304	304
312	312
313	313
315	315
315	315
316	316
327	327
332	332
340	340
347	347
349	349
349	349
352	352
356	356
361	361
367	367
368	368
368	368

14 • Introduction à la commande floue	291
14.1 Présentation de la logique floue et de la commande floue	291
14.2 Définition des ensembles flous (fuzzyfication)	292
14.3 Définition des bases de règles	296
14.4 Méthodes d'inférence	297
14.5 Agrégation des résultats	300
14.6 Défuzzyfication	301
14.7 Exemples	304
14.8 Conclusions	312
Bibliographie	313
15 • Commande dans l'espace d'état	315
15.1 Introduction	315
15.2 Retour d'état	316
15.3 Reconstruction de l'état	327
15.4 Commande par retour d'état et observateur	332
15.5 Exemple : commande d'un pont roulant	340
Bibliographie	347
16 • Analyse des systèmes non linéaires	349
16.1 Hypothèses fondamentales de la méthode du 1 ^{er} harmonique	349
16.2 Calculs de gains complexes équivalents	352
16.3 Étude de la stabilité en régime libre	356
16.4 Étude de la stabilité en régime dissymétrique	361
16.5 Amélioration du comportement	367
16.6 Conclusions	368
Bibliographie	368

C

Composants et architecture

17 • Modélisation des convertisseurs de l'électronique de puissance	371
17.1 Intérêt et contraintes du « découpage »	371
17.2 Les structures élémentaires de conversion	376
17.3 Évolution vers d'autres convertisseurs	386
17.4 Modélisation en régime dynamique	395
17.5 L'abaisseur en régime dynamique	401
17.6 L'élevateur en régime dynamique	414
17.7 L'inverseur en régime dynamique	421
17.8 Autres familles de convertisseurs en régime dynamique	427
17.9 Approche qualitative de l'amortissement du filtre d'entrée	427
17.10 Éléments de calcul des filtres	429