

Περιεχόμενα

1	Μετασχηματισμός Z	25
1.1	Μετατροπή στο πεδίο Z	25
1.1.1	Εισαγωγή	25
1.1.2	Αιτιατή Ακολουθία	26
1.1.3	Μη Αιτιατή Ακολουθία	27
1.1.4	Γενική Ακολουθία	28
1.2	Ιδιότητες του μετασχηματισμού Z	32
1.2.1	Γραμμικότητα	32
1.2.2	Μετατόπιση δεξιά στο πεδίο χρόνου - Καθυστέρηση	32
1.2.3	Μετατόπιση αριστερά στο πεδίο χρόνου - προπορεία	33
1.2.4	Άθροισμα πεπερασμένης σειράς	33
1.2.5	Πολλαπλασιασμός επί a^k - αλλαγή κλίμακας z	34
1.2.6	Backward difference	34
1.2.7	Forward difference	34
1.2.8	Θεώρημα αρχικής τιμής	35
1.2.9	Θεώρημα τελικής τιμής	35
1.2.10	Πολλαπλασιασμός επί x στο πεδίο χρόνου - Μιγαδικός παραγωγισμός	36
1.2.11	Διαίρεση διά x - Μιγαδική ολοκλήρωση	37
1.2.12	Συνάρτηση μεταφοράς - Συνέλιξη	38
1.3	Αντίστροφος Μετασχηματισμός Z	42
1.3.1	Εισαγωγή	42
1.3.2	Μέθοδος Διαίρεσης (ανάπτυξη δυναμοσειράς)	42
1.3.3	Μέθοδος ανάπτυξης σε άθροισμα μερικών κλασμάτων	43
1.4	Μέθοδος Μιγαδικής Ολοκλήρωσης	47

1.5	Μετασχηματισμός Z αναλογικών σημάτων	53
1.6	Συν. μετ. δειγματοληπτικών συστημάτων	55
1.7	Ασκήσεις	60
2	Υλοποίηση Ψηφιακών Ελεγκτών	65
2.1	Εξισώσεις Εσωτερικών Καταστάσεων	65
2.1.1	Εισαγωγή	65
2.1.2	Εξισώσεις Διαφοράς	66
2.1.3	Ευθεία μορφή	67
2.1.4	Κανονική Μορφή	68
2.1.5	Μέθοδος υλοποίησης σε σειρά	71
2.1.6	Παράλληλη μορφή ή μέθοδος μερικών κλασμάτων	74
2.2	Λύση Διακριτών Εξισώσεων Κατάστασης	77
2.2.1	Η λύση στο πεδίο χρόνου	77
2.2.2	Λύση στο μιγαδικό πεδίο Z	78
2.3	Ασκήσεις	83
3	Μέθοδοι Διακεκριμενοποίησης	85
3.1	Εισαγωγή	85
3.2	Μέθοδος μετασχηματισμού Z	87
3.3	Εκθετική	90
3.4	Διαφορά προς τα μπρός	95
3.5	Διαφορά προς τα πίσω	97
3.6	Tustin	100
3.7	Step Invariant	110
3.8	Ταίριασμα πόλων-μηδενικών	112
3.9	Μοντέλο παραγωγικής Διεργασίας	115
3.9.1	ZOH	115
3.9.2	Ταίριασμα Πόλων/Μηδενικών	118
3.10	Ασκήσεις	122
4	Ανάλυση με Εξισώσεις Κατάστασης	125
4.1	Εισαγωγή	125
4.2	D/A	127
4.2.1	Κύκλωμα συγκράτησης μηδενικού βαθμού	127
4.2.2	Κύκλωμα Συγκράτησης πρώτου βαθμού	129
4.3	Ανάλυση διακριτών συστημάτων	132

4.3.1	Ανοιχτό Κύκλωμα	132
4.4	Ανάλυση κλειστών υβριδικών συστημάτων	140
4.4.1	Περίπτωση 1. $H_c = G_c = 1$	141
4.4.2	Περίπτωση 2. $H_c(s) = 1$	142
4.4.3	Περίπτωση 3. Ολοκληρωμένο σύστημα	144
4.5	Αλγόριθμος Υπολογισμού πινάκων $A(T)$, $B(T)$	150
4.6	Ασκήσεις	153
5	Ευστάθεια Διακριτών Συστημάτων	155
5.1	Εισαγωγή	155
5.2	Κριτήριο Μοναδιαίου Κύκλου	156
5.3	Κριτήριο Jury	160
5.4	Τροποποιημένο κριτήριο Routh Hurwitz	166
5.5	Γεωμετρικός Τόπος Ριζών	167
5.6	Διάγραμμα <i>Nyquist</i>	175
5.6.1	Περιθώριο Ενίσχυσης και φάσης	176
5.7	Διάγραμμα Bode	177
5.8	Ασκήσεις	186
6	Κλασσική Σχεδίαση Ψηφιακών Ελεγκτών	187
6.1	Εισαγωγή	187
6.2	Σχεδίαση από αναλογικά πρότυπα	187
6.3	Σχεδίαση στο διακριτό πεδίο	194
6.4	Γ.Τ.Ρ. στο διακριτό πεδίο	200
6.4.1	Συσχέτιση συντελεστού απόσβεσης	201
6.4.2	Συσχέτιση μόνιμου σφάλματος	201
6.4.3	Συσχέτιση χρόνου αποκατάστασης	203
6.5	Επίδραση διαταραχών στο φυσικό σύστημα	210
6.5.1	Ελεγκτές δύο καταστάσεων	212
6.6	Ασκήσεις	220
6.7	Προγράμματα <i>Matlab</i>	221
7	Σύγχρονος Ψηφιακός Έλεγχος	223
7.1	Εισαγωγή	223
7.2	Έλεγχος με Ανάδραση Μεταβλητών Κατάστασης	224
7.2.1	Ελέγξιμο	224
7.2.2	Παρατηρήσιμο	228

7.2.3	Τοποθέτηση Πόλων	232
7.2.4	Σταθεροποίηση συστήματος	234
7.2.5	Μετασχηματισμός σε Ελέγξιμη μορφή	240
7.2.6	Μετατόπιση πόλων συστήματος ελέγξιμης μορφής	241
7.3	Έλεγχος <i>deadbeat</i>	245
7.4	Έλεγχος με Ολοκληρωτή	254
7.5	Παρατηρητής Luenberger	260
7.5.1	Αλγόριθμος μετατόπισης πόλων	263
7.5.2	Παρατηρητής Μειωμένου Βαθμού	266
7.6	Ασκήσεις	272
8	Σχεδίαση Ελεγκτών PID	273
8.1	Εισαγωγή	273
8.2	Ελεγκτής τριών όρων	274
8.3	Βαθμονόμιση ελεγκτή PID	279
8.3.1	Εναλλακτικές μορφές PID	282
8.4	Ανάλυση με περιγραφική συνάρτηση	289
8.5	Βαθμονόμιση με ηλεκτρονόμο	294
8.6	Αυτορυθμιζόμενος PID με ηλεκτρονόμο	300
8.7	Σχεδίαση ελεγκτή PI στο πεδίο συχνότητας	302
8.8	Διακριτός PID	305
8.8.1	Συχνότητα δειγματοληψίας	311
8.9	Ελεγκτής Ανάδρασης Ψεύδο-Παραγώγου	322
8.10	Ασκήσεις	330
9	Εξελικτικός Έλεγχος Συστημάτων	333
9.1	Εισαγωγή	333
9.2	Γενετικοί Αλγόριθμοι	335
9.2.1	Δομή ενός Γενετικού Αλγορίθμου και Ορολογία	336
9.2.2	Πως δουλεύουν οι Γενετικοί Αλγόριθμοι	337
9.3	Απλή Εφαρμογή του Γενετικού Αλγορίθμου	342
9.3.1	Γενετική αναπαράσταση (κωδικοποίηση) των πιθανών λύσεων του προβλήματος	344
9.3.2	Αρχικός πληθυσμός	345
9.3.3	Αποτίμηση της Καταλληλότητας	346
9.3.4	Διαδικασία Επιλογής	346
9.3.5	Εφαρμογή Τελεστή Διασάυρωσης	348

9.3.6	Εφαρμογή Τελεστή Μετάλλαξης	350
9.3.7	Πειραματικά Αποτελέσματα	352
9.4	Εξελικτικός Έλεγχος	354
9.4.1	Εξελικτικός Έλεγχος ενός Συμβατικού Ελεγκτή Τριών Όρων	355
9.4.2	Εξελικτικός Βέλτιστος Έλεγχος	358
9.5	Πρόγραμμα Γενετικού Αλγόριθμου	361
10	Ανεστραμμένο Εκκρεμές	369
10.1	Μαθηματικό πρότυπο	370
10.1.1	Μέθοδος Euler-Lagrange	373
10.2	Γραμμικοποίηση	376
10.2.1	Γραμμικοποίηση με MATLAB	377
10.2.2	Γραμμικοποίηση με Simulink	378
10.3	Μετατόπιση πόλων	380
10.4	Έλεγχος με Ολοκληρωτή	383
10.5	Παρατηρητές	387
10.5.1	Ανάπτυξη παρατηρητή	388
10.6	Ψηφιακός Ελεγκτής -Παρατηρητής	396
10.7	Γραμμικός Τετραγωνικός Ρυθμιστής	397
10.8	Εξελικτικός έλεγχος	399
10.8.1	Παράμετροι γενετικού αλγορίθμου	399
10.8.2	Αποτελέσματα	400
10.9	Animation	402
A'	Αναλογικά Συστήματα	405
A'.1	Εισαγωγή	405
A'.2	Συνέλιξη	407
A'.3	Συσχέτιση	415
A'.4	Δευτεροβάθμια αναλογικά Συστήματα	418
A'.4.1	Περιθώριο φάσης και κέρδους	421
B'	Cayley-Hamilton	425
B'.1	Θεώρημα Caley-Hamilton	425
B'.2	Εφαρμογές	425

Γ' Εξισώσεις Μεταβλητών Κατάστασης	431
Γ'.1 Ευθεία μέθοδος	431
Γ'.2 Ελέγξιμη μορφή	433
Γ'.3 Παρατηρήσιμη μορφή	436
Ευρετήριο ελληνικών όρων	443
Ευρετήριο ξενόγλωσσων όρων	446

Κατάλογος Σχημάτων

1.1	Σύγκλιση αιτιατής ακολουθίας	27
1.2	Σύγκλιση μη αιτιατής ακολουθίας	28
1.3	Σύγκλιση γενικής ακολουθίας	29
1.4	Δειγματοληψία Αναλογικού σήματος	31
1.5	Διάγραμμα πρωτοβάθμιου διακριτού συστήματος	40
1.6	Μιγαδικό πεδίο Z	49
1.7	Ανοικτό σύστημα δειγματοληπτικών δεδομένων	55
1.8	Κλειστό σύστημα δειγματοληπτικών δεδομένων	57
1.9	Κλειστό σύστημα με ψηφιακή ανάδραση	58
1.10	Κλειστό διακριτό σύστημα	59
2.1	Ψηφιακό διάγραμμα Ευθείας μορφής	68
2.2	Ψηφιακό διάγραμμα Κανονικής μορφής, $n = m$	70
2.3	Υλοποίηση πρωτοβάθμιου ψηφιακού συστήματος σε σειρά .	72
2.4	Υλοποίηση δευτεροβάθμιου ψηφιακού συστήματος σε σειρά	73
2.5	Υλοποίηση τριτοβάθμιου ψηφιακού συστήματος σε σειρά .	73
2.6	Διάγραμμα παράλληλης σύνδεσης υποσυστημάτων	74
2.7	Πρωτοβάθμιο σύστημα - παράλληλη μορφή	75
2.8	Δευτεροβάθμιο σύστημα - παράλληλη μορφή	75
2.9	Τριτοβάθμιο σύστημα -παράλληλη μορφή	76
2.10	Ψηφιακό διάγραμμα του παραδείγματος 2.2.22	81
3.1	Απεικόνιση πεδίου s στο Z	89
3.2	Απεικόνιση αριστερού ημιεπίπεδου s στο Z . Forward dif- ference	96
3.3	Απεικόνιση πεδίου s στο Z . Backward difference	99
3.4	Απεικόνιση αριστερού ημιεπίπεδου s στο πεδίο Z με τη μέθοδο Tustin	104

3.5	$\omega = \Omega T$ για $T=1$ και παραποίηση συχνότητας λόγω της $\omega = 2 \tan(\Omega T/2)$	105
3.6	Σύγκριση απόκρισης συχνοτήτων για $f_s = 2$, $f_s = 10$ και αναλογικού συστήματος.	108
3.7	Βηματική απόκριση αναλογικού και διακριτού μοντέλου παραγωγικής διεργασίας.	119
3.8	Σύγκριση διακριτού μοντέλου με την εκθετική μέθοδο και pole zero match.	122
4.1	Κλειστό κύκλωμα αυτόματου έλεγχου	126
4.2	Είσοδος και έξοδος ZOH	128
4.3	Κρουστική απόκριση ZOH	129
4.4	Παλμοσειρά διά μέσου ZOH	130
4.5	Κρουστική απόκριση FOH	131
4.6	Ανοιχτό σύστημα ψηφιακού αυτόματου ελέγχου	133
4.7	Βηματική απόκριση για $T=1$ s.	140
4.8	Κλειστό σύστημα με ανάδραση και ψηφιακό ελεγκτή	141
4.9	Κλειστό διακριτό σύστημα. $H_c = G_c = 1$	141
4.10	Κλειστό διακριτό σύστημα. $H_c(s) = 1$	143
4.11	Ολοκληρωμένο κλειστό διακριτό σύστημα.	145
4.12	Βηματική απόκριση κλειστού αναλογικού και $T=.1$, $T=.3$	149
5.1	Απεικόνιση πεδίου s στο Z	157
5.2	Χρονική απόκριση σε σχέση με τη θέση πραγματικών πόλων.	158
5.3	Χρονική απόκριση σε σχέση με τη θέση μιγαδικών πόλων.	159
5.4	Καμπύλη ευστάθειας για τιμές K, T οριζόμενη από την (5.4).	161
5.5	Απεικόνιση αριστερού ημιεπίπεδου s στο πεδίο Z με τη διγραμμική μέθοδο	166
5.6	Σύστημα δειγματοληπτικών δεδομένων	168
5.7	Κλειστό διακριτό σύστημα	168
5.8	Συστήματα στο πεδίο s και z	170
5.9	Γεωμετρικός Τόπος για $T=1.0$	172
5.10	ΓΤΡ του συστήματος για $T=0.1$, $T=2$ και $T=1$	174
5.11	Διάγραμμα Nyquist της συνάρτησης $G(s) = 1/[s^2 + 0.2s + 1]$	176

5.12	Περιθώρια Ενίσχυσης και φάσης της συνάρτησης $G(s) = 1/[s(s^2 + 1.6s + 1)]$	178
5.13	Διάγραμμα Bode της συνάρτησης $G(s) = \frac{1}{s(s+1)(.2s+1)}$	182
5.14	Διάγραμμα Bode Αναλογικού και διακριτού συστήματος.	184
5.15	Περιθώριο ενίσχυσης και φάσης του διακριτού συστήματος.	185
6.1	Κλειστό αναλογικό σύστημα	188
6.2	Θέση πόλων και παράμετροι αναλογικού συστήματος.	189
6.3	Βηματική απόκριση κλειστού συστήματος.	192
6.4	Διάγραμμα βαθμίδων με αναλογικό και διακριτό ελεγκτή.	194
6.5	Γεωμετρικός Τόπος Ριζών με ελεγκτή PD ($\alpha = 0$) και PID ($\alpha=5$).	195
6.6	Βηματική απόκριση με αναλογικό και διακριτό ελεγκτή.	196
6.7	Κλειστό σύστημα με ψηφιακό ελεγκτή	198
6.8	Βηματική απόκριση με ψηφιακό ελεγκτή και χωρίς.	199
6.9	ΓΤΡ δευτεροβάθμιου διακριτού συστήματος για σταθερές τιμές συντελεστού απόσβεσης.	202
6.10	Γραφική μέθοδος σχεδίασης διακριτού συστήματος.	205
6.11	Βηματική απόκριση κλειστού συστήματος.	206
6.12	ΓΤΡ του $K_0.0206(z - .82)/[(z - .905)(z - .2)]$	208
6.13	Βηματική απόκριση με $K_0 = 0$, $K_0 = 1.25$ και χωρίς ελεγκτή.	209
6.14	Κλειστό σύστημα με ψηφιακό ελεγκτή και διαταραχές στο φυσικό σύστημα.	210
6.15	Εξομοίωση κλειστού συστήματος.	212
6.16	Απόκριση κλειστού συστήματος στη βηματική διαταραχή.	213
6.17	Εξοδος δεδομένων από τον Z80 (<i>Latch</i>)	214
6.18	Είσοδος δεδομένων στον Z80 (<i>tri-state buffer</i>)	215
6.19	Προσαρμοστικό κύκλωμα του παραδείγματος 6.5.56.	216
6.20	Συγκριτής με ανάδραση	217
6.21	Προσαρμοστικό κύκλωμα του παραδείγματος 6.5.57	219
6.22	Σχέση σήματος εισόδου εξόδου	219
6.23	Κλειστό σύστημα με ψηφιακό ελεγκτή	220
7.1	Ελεγχος θέσης πόλων με ανάδραση μεταβλητών κατάστασης	232
7.2	Κλειστό σύστημα με τον ελεγκτή στην ανάδραση.	238
7.3	Εξομοίωση κλειστού συστήματος με τον ελεγκτή.	238

7.4	Βηματική απόκριση του κλειστού συστήματος	239
7.5	Ανάδραση για τη μετατόπιση πόλων.	240
7.6	Σύγκριση διανύσματος ανάδρασης.	249
7.7	Ψηφιακός έλεγχος <i>deadbeat</i>	253
7.8	Βηματική απόκριση με ελεγκτή <i>deadbeat</i> για $T=0.1$	253
7.9	Ψηφιακός ολοκληρωτής ελεγκτής	255
7.10	Έλεγχος θέσης πόλων με ανάδραση εξόδων	255
7.11	Σερβο μηχανισμός με ολοκληρωτή ελεγκτή	256
7.12	Διάγραμμα κλειστού συστήματος με ολοκληρωτή.	259
7.13	Βηματική απόκριση κλειστού συστήματος με ολοκληρωτή.	259
7.14	Διάγραμμα βαθμίδων ψηφιακού συστήματος με παρατηρητή.	260
7.15	Ανάδραση καταστάσεων από παρατηρητή	262
7.16	Μετατόπιση πόλων με παρατηρητή 2ου βαθμού.	265
7.17	Μεταβλητές κατάστασης του κλειστού συστήματος.	265
7.18	Διάγραμμα βαθμίδας παρατηρητή μειωμένου βαθμού.	268
7.19	Παρατηρητής 1ου βαθμού.	269
7.20	$X_2(k)$ και $\hat{X}_2(k)$ με πρωτοβάθμιο παρατηρητή.	270
7.21	Μετατόπιση πόλων με παρατηρητή 1ου βαθμού.	271
8.1	Κλειστό σύστημα με αναλογικό και ψηφιακό ελεγκτή.	274
8.2	Ιδανικός αναλογικός <i>PID</i>	275
8.3	Κρίσιμο σημείο για τη βαθμονόμηση <i>PID</i>	277
8.4	Κλασσική σχεδίαση <i>PID</i>	280
8.5	Αμείωτες ταλαντώσεις για $K_p = 15, K_d = K_i = 0$	280
8.6	Βηματική απόκριση με <i>PID</i>	281
8.7	Παράλληλη αρχιτεκτονική <i>PID</i>	283
8.8	Αρχιτεκτονική τροφοδότησης διαφοριστή από την έξοδο.	283
8.9	Σειριακή μορφή του <i>PID</i>	285
8.10	Πρακτική σειριακή μορφή <i>PID</i>	285
8.11	Αντιμετώπιση κορεσμού του ελεγκτή με τη μέθοδο <i>tracking</i>	286
8.12	Σύστημα με κορεσμό ελεγκτή χωρίς διόρθωση.	286
8.13	Βηματική απόκριση συστήματος και ενεργοποιητή χωρίς διόρθωση κορεσμού.	287
8.14	Σύστημα με κορεσμό ελεγκτή με διόρθωση <i>tracking anti-windup</i>	287
8.15	Βηματική απόκριση συστήματος και ενεργοποιητή με διόρθωση κορεσμού.	288

8.16	Είσοδος Έξοδος του ηλεκτρονόμου	289
8.17	Σύστημα με μη-γραμμικό στοιχείο (ηλεκτρονόμο).	291
8.18	Κλειστό σύστημα με ηλεκτρονόμο.	292
8.19	Οριακοί κύκλοι συστήματος με ηλεκτρονόμο.	293
8.20	Εξομοίωση συστήματος με relay.	295
8.21	Είσοδος και Έξοδος συστήματος με relay.	296
8.22	Εξομοίωση συστήματος με PID.	296
8.23	Απόκριση συστήματος με και χωρίς ελεγκτή.	297
8.24	Απόκριση συχνότητας με PI.	300
8.25	Αυτορυθμιζόμενο PID με ηλεκτρονόμο.	300
8.26	Παράδειγμα 8.7.72 χωρίς PI.	303
8.27	Παράδειγμα 8.7.72 με PI.	304
8.28	Διαφορικό τμήμα του ψηφιακού PID.	306
8.29	Ψηφιακή ολοκλήρωση του PID.	307
8.30	Ψηφιακός PID.	307
8.31	Απλοποιημένη μορφή ψηφιακού PID.	314
8.32	Εξομοίωση συστήματος με ηλεκτρονόμο.	316
8.33	Σήμα ελέγχου και έξοδος.	316
8.34	Βηματική απόκριση ανοιχτού βρόχου.	317
8.35	Ψηφιακός PI για χρόνο δειγματοληψίας $T = 1\text{sec}$	318
8.36	Βηματική απόκριση κλειστού συστήματος, $T = 1\text{s}$	319
8.37	Βηματική απόκριση κλειστού συστήματος, $T = 10\text{s}$	320
8.38	Βηματική απόκριση κλειστού συστήματος, $T = 1\text{s}$	321
8.39	Γενική δομή ελέγχου PDF.	322
8.40	Σχήμα simulink του παραδείγματος 8.9.75.	325
8.41	Βηματική απόκρ. του $G(s) = \frac{1}{s^2}$ με ελεγκτή PID και PDF.	326
8.42	Σχήμα simulink του παραδείγματος 8.9.76.	327
8.43	Βηματική απόκριση με ελεγκτή PI και PDF.	327
8.44	Κλασσικός σχηματισμός PID και PDF.	328
8.45	Βηματική απόκριση με ελεγκτή PI και PDF.	329
8.46	Κλειστό σύστημα με ψηφιακό ελεγκτή.	331
9.1	Τρόπος προσέγγισης προβλήματος και γενετικού αλγόριθμου.	335
9.2	Τρόπος προσέγγισης προβλήματος - εξελικτικού προγράμματος - γενετικού αλγόριθμου.	336
9.3	Διάγραμμα ροής παραδοσιακού Γενετικού Αλγορίθμου.	338

9.4	Γραφική παράσταση της συνάρτησης	343
9.5	Εξέλιξη της αντικειμενικής συνάρτησης.	353
9.6	Τλοποίηση του συστήματος στο Simulink.	356
9.7	Βηματική απόκριση του κλειστού συστήματος	358
9.8	Εξελικτικά ελεγχόμενο σύστημα.	359
9.9	Απόκριση του κλειστού συστήματος με εξελικτικό έλεγχο	360
10.1	Ανεστραμμένο εκκρεμές	370
10.2	Δυνάμεις ράβδου και οχήματος.	371
10.3	Εξοποίηση μη-γραμμικού μοντέλου (ipend_n1.mdl)	378
10.4	Μετατόπιση πόλων με ανάδραση μεταβλητών κατάστασης .	381
10.5	Πόλοι ανοιχτού και κλειστού συστήματος	381
10.6	Μη γραμμικό σύστημα με 2 PD στην ανάδραση (ipen_c1.mdl)	382
10.7	θ και x μη γραμμικού συστήματος με PD	382
10.8	Σερβο μηχανισμός με ολοκληρωτή ελεγκτή	383
10.9	Έλεγχος με ολοκληρωτή και με 2 PD στην ανάδραση. . .	385
10.10	x, θ και το σφάλμα θέσης του οχήματος.	386
10.11	Διάγραμμα βαθμίδων αναλογικού συστήματος με παρατηρητή και ελεγκτή.	388
10.12	Μη γραμμικό σύστημα με παρατηρητή και ελεγκτή.	392
10.13	Μη γραμμικό σύστημα θ, x και το σφάλμα εκτίμησης των. .	393
10.14	Εκτίμηση καταστάσεων με μετρήσεις θ, x μόνο.	393
10.15	θ, x και το σφάλμα εκτίμησης με μετρήσεις του x μόνο. . .	394
10.16	Γενικό διάγραμμα ελεγκτή-παρατηρητή.	396
10.17	θ και x για διαφορετικά Q, R	398
10.18	Λειτουργικό διάγραμμα γενετικής διεργασίας.	399
10.19	θ και x μη γραμμικού συστήματος με εξελικτικά σχεδιασμένο PD.	401
10.20	Εξομοίωση για εξελικτικό έλεγχο.	402
A'1	Κλειστό δευτεροβάθμιο σύστημα.	418
A'2	Βηματική απόκριση δευτεροβάθμιου συστήματος για τιμές συντελεστού απόσβεσης $\zeta = .1, .3, .5, .7, .9, 1.1$	420
A'3	Περιθώριο φάσης δευτεροβάθμιου συστήματος ως πρὸς το συντελεστή απόσβεσης ζ	423

Κατάλογος Πινάκων

1.1	Πίνακας Μετασχηματισμών Z	63
1.2	Ιδιότητες Μετασχηματισμών Z	64
5.1	Πίνακας Raible (απλοποιημένος Jury)	161
8.1	Βαθμονόμηση Ziegler-Nichols στο πεδίο χρόνου.	278
8.2	Εμπειρική επιλογή χρόνου δειγματοληψίας.	315
A'.1	Χρόνος αποκατάστασης σε διάφορα επίπεδα ζώνης σφάλματος.	421