

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1.

ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΑΡΙΘΜΗΤΙΚΟΥ ΕΛΕΓΧΟΥ

1.1	Ορισμός του αριθμητικού ελέγχου.	1
1.2	Ιστορική εξέλιξη του αριθμητικού ελέγχου.	1
1.3	Η εξέλιξη της τεχνολογίας NC σε CNC και DNC.	2
1.4	Πού χρησιμοποιούνται οι εργαλειομηχανές CNC.	2
1.5	Στόχοι.	5
1.6	Βασικές αρχές αριθμητικού ελέγχου.	5
1.7	Εισαγωγή στο ορθογωνικό (καρτεσιανό) σύστημα συντεταγμένων.	11
1.8	Ορισμός των αξόνων της μηχανής.	15
1.9	Ελεγκτές τριών αξόνων.	19
1.10	Ελεγκτές τεσσάρων και πέντε αξόνων.	19
1.11	Οι ακρίβειες των εργαλειομηχανών CNC.	25
1.11.1	Εισαγωγή.	25
1.11.2	Ακρίβεια που μπορούμε να πετύχουμε γενικώς με τον αριθμητικό έλεγχο.	25
1.12	Βασικά στοιχεία αυτόματου ελέγχου των εργαλειομηχανών CNC.	30
1.12.1	Εισαγωγή.	30
1.12.2	Διαγράμματα συστημάτων αυτόματου ελέγχου	32
1.12.3	CNC έλεγχος κλειστού βρόγχου.	34
1.13	Βασικά προβλήματα ελέγχου.	36
1.13.1	Ακρίβεια.	36
1.13.2	Διακριτική ικανότητα (Resolution).	40
1.13.3	Επαναληψιμότητα.	40
1.13.4	Αστάθεια.	41
1.13.5	Χρόνος απόκρισης.	43
1.13.6	Απόσβεση.	44
1.13.7	Σχεδιασμός των συστημάτων ελέγχου.	44
1.14	Τύποι ελέγχου “θέσης”.	44
1.14.1	Έλεγχος “από σημείο σε σημείο” ή “σημείο προς σημείο”.	45
1.14.2	Συστήματα ελέγχου με δυνατότητα γραμμικής	

	παρεμβολής.	47
1.14.3	Συνεχής έλεγχος της διαδρομής του κοπτικού εργαλείου ή έλεγχος τύπου “προφίλ”.	47
1.14.3.1	Γραμμική παρεμβολή.	48
1.14.3.2	Κυκλική παρεμβολή.	51
1.14.3.3	Παραβολική παρεμβολή.	53
1.14.4	Ταξινόμηση των εργαλειομηχανών βάσει των δυνατοτήτων του συστήματος ελέγχου που χρησιμοποιούν.	54
1.15	Έλεγχος εργαλειομηχανών.	55
1.15.1	Πρακτικές πλευρές του ελέγχου των εργαλειομηχανών CNC.	55
1.15.2	Έλεγχος της ταχύτητας της ατράκτου.	55
1.15.3	Γενικά για την ισχύ, ροπή και ταχύτητα.	55
1.15.4	Έλεγχος της κίνησης και της ταχύτητας του τραπεζιού της φρέζας ή του εργαλειοφορέα του τόρνου.	60
1.15.5	Γωνιακοί και γραμμικοί οπτικοί μετατροπείς ή κωδικοποιητές θέσης .	66
1.15.5.1	Γωνιακοί μετατροπείς μέτρησης θέσης.	69
1.15.5.2	Γραμμικοί μετατροπείς μέτρησης θέσης.	74
1.16	Προγραμματισμός εργαλειομηχανών CNC.	75
1.16.1	Προγραμματισμός με κώδικες.	75
1.16.2	Η γλώσσα προγραμματισμού APT .	82
1.16.3	Προγραμματισμός με διάλογο.	94
1.17	Σετάρισμα κοπτικών εργαλείων.	98
1.17.1	Εισαγωγή.	98
1.17.2	Σετάρισμα μήκους.	98
1.17.3	Αντιστάθμιση ακτίνας.	101
1.17.4	Αναγνώριση εργαλείων.	103
1.18	Συστήματα πρόσδεσης και φόρτωσης των προς κατεργασία αντικειμένων.	103
1.18.1	Εισαγωγή.	103
1.18.2	Σημασία της ακριβούς πρόσδεσης του τεμαχίου.	103
1.18.3	Φορείς με πλέγμα.	106
1.18.4	Περιστρεφόμενη τράπεζα.	107
1.18.5	Πρόσδεση αντικειμένων σε τόρνο.	109
1.18.6	Συστήματα φόρτωσης αντικειμένων.	110

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2.**ΚΩΔΙΚΟΙ “ΕΙΑ/ΙΣΟ” ΕΠΕΞΗΓΗΣΗ / ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑΤΑ**

2.1	Συγκεντρωτικός πίνακας κωδικών ΕΙΑ/ΙΣΟ	115
2.2	Κωδικοί “G” για φρέζα.	121
2.3	Κωδικοί “M” για φρέζα.	183
2.4	Κωδικοί “G” για τόρνο.	203
2.5	Κωδικοί “M” για τόρνο.	243

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3.**ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΤΩΝ ΒΕΛΤΙΣΤΩΝ ΣΥΝΘΗΚΩΝ****ΚΑΤΕΡΓΑΣΙΑΣ.**

3.1	Η ταχύτητα κοπής.	263
3.1.1	Ταχύτητα κοπής τόρνου	263
3.1.2	Ταχύτητα κοπής φρέζας	265
3.2	Η πρόωση (cutting feed ή feedrate).	268
3.2.1	Πρόωση σε (mm/στροφ.) ή (in/στροφ.)	270
3.2.2	Πρόωση σε (mm/min) ή (in/min)	275
3.3	Η κοπή σπειρωμάτων.	282
3.3.1	Εισαγωγή	282
3.3.2	Τύποι σπειρωμάτων	284
3.4	Το σετάρισμα των εργαλείων.	287
3.4.1	Εισαγωγή	287
3.4.2	Τρόποι σεταρίσματος εργαλείων	291
3.4.2.1	Πρώτος τρόπος σεταρίσματος εργαλείων	291
3.4.2.1.1	Στον τόρνο	291
3.4.2.1.2	Στο κέντρο κατεργασίας	296
3.4.2.1.3	Σετάρισμα του μήκους των εργαλείων στις φρέζες	299
3.4.2.2	Δεύτερος τρόπος σεταρίσματος εργαλείων	300
3.4.2.2.1	Στον τόρνο	300
3.4.2.2.2	Στο κέντρο κατεργασίας	301

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4.**Η ΓΛΩΣΣΑ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΙΣΜΟΥ ΑΡΤ ΓΙΑ****ΕΡΓΑΛΕΙΟΜΗΧΑΝΕΣ CNC.**

4.1	Εισαγωγή	303
4.1.1	Σκοπός.	303

4.1.2	Βασικές αρχές προγραμματισμού.	304
4.1.3	Μηχανισμός.	304
4.1.4	Η γλώσσα APT και ο ψηφιακός έλεγχος.	306
4.1.5	Δομή προγράμματος APT.	308
4.1.6	Γραμμική κίνηση από σημείο σε σημείο.	309
4.1.7	Συνεχόμενη κίνηση.	309
4.1.8	Στοιχεία σύνθεσης της γλώσσας APT.	311
4.1.9	Λεξιλόγιο της APT.	311
4.1.10	Συντακτική μορφή των εντολών APT.	312
4.1.11	Συμβολικά ονόματα.	313
4.1.12	Κατάταξη εντολών.	313
4.1.13	Συνώνυμα.	314
4.1.14	Χαρακτήρες στίξης.	315
4.1.15	Συνέχιση γραμμής '\$'.	315
4.1.16	Σχόλια προγράμματος '\$\$'.	316
4.1.17	Διαχωρισμός εντολών ';'.	317
4.1.18	“Φώλιασμα” γεωμετρικών εντολών.	318
4.2	Εντολές μαθηματικών πράξεων.	321
4.2.1	Αριθμητικές πράξεις (+, -, /, * και **).	321
4.2.2	Συναρτήσεις.	322
4.3	Ορισμός της γεωμετρίας του κομματιού.	327
4.3.1	Ορισμός σημείου (POINT).	328
4.3.1.1	Ορισμός σημείου με συντεταγμένες X, Y και Z.	329
4.3.1.2	Ορισμός σημείου ως τομή δυο ευθειών.	330
4.3.1.3	Ορισμός σημείου ως τομή ευθείας και κύκλου.	330
4.3.1.4	Ορισμός σημείου ως τομή δυο κύκλων.	332
4.3.1.5	Ορισμός σημείου ως το κέντρο ενός κύκλου.	333
4.3.1.6	Ορισμός σημείου ως τομή τριών επιπέδων.	334
4.3.2	Ορισμός ευθείας (LINE).	334
4.3.2.1	Ευθεία ταυτισμένη με τον άξονα X ή με τον άξονα Y.	335
4.3.2.2	Ευθεία διερχομένη από δυο σημεία.	335
4.3.2.3	Ευθεία διερχομένη από ένα σημείο και εφαπτομένη ενός κύκλου.	336
4.3.2.4	Ευθεία εφαπτομένη δυο κύκλων.	337
4.3.2.5	Ευθεία παράλληλη με τον άξονα X ή με τον άξονα Y.	339

4.3.2.6	Ευθεία παράλληλη με γνωστή ευθεία σε συγκεκριμένη απόσταση.	339
4.3.2.7	Ευθεία διερχομένη από ένα σημείο και παράλληλη με γνωστή ευθεία.	340
4.3.2.8	Ευθεία διερχομένη από ένα σημείο και κάθετη με γνωστή ευθεία.	341
4.3.2.9	Ευθεία διερχομένη από ένα σημείο και σχηματίζουσα γωνία με τον άξονα X.	342
4.3.2.10	Ευθεία διερχομένη από ένα σημείο και σχηματίζουσα γωνία με τον άξονα Y.	343
4.3.2.11	Ευθεία διερχομένη από ένα σημείο και σχηματίζουσα γωνία με γνωστή ευθεία.	344
4.3.2.12	Ευθεία εφαπτομένη ενός κύκλου και σχηματίζουσα γωνία με γνωστή ευθεία.	345
4.3.3	Ορισμός κύκλου (CIRCLE).	346
4.3.3.1	Ορισμός κύκλου με τις συντεταγμένες του κέντρου και την ακτίνα.	347
4.3.3.2	Ορισμός κύκλου με το σημείο του κέντρου και μια εφαπτομένη ευθεία.	348
4.3.3.3	Ορισμός κύκλου με το σημείο του κέντρου και ένα σημείο στην περιφέρεια.	349
4.3.3.4	Ορισμός κύκλου με τρία σημεία στην περιφέρεια.	350
4.3.3.5	Ορισμός κύκλου με δυο εφαπτόμενες ευθείες και την ακτίνα.	350
4.3.3.6	Ορισμός κύκλου με μια εφαπτομένη ευθεία, έναν εφαπτόμενο κύκλο και την ακτίνα.	351
4.3.3.7	Ορισμός κύκλου με δυο εφαπτόμενους κύκλους και την ακτίνα.	353
4.3.3.8	Ορισμός κύκλου με τρεις εφαπτόμενες ευθείες.	354
4.3.4	Ορισμός επιπέδου (PLANE).	355
4.3.4.1	Ορισμός επιπέδου με τους συντελεστές της εξίσωσης επιπέδου.	355
4.3.4.2	Ορισμός επιπέδου διερχόμενο από τρία σημεία.	356
4.3.4.3	Ορισμός επιπέδου παράλληλο με γνωστό επίπεδο σε συγκεκριμένη απόσταση.	357

4.3.4.4	Ορισμός επιπέδου διερχόμενο από ένα σημείο και παράλληλο με γνωστό επίπεδο.	359
4.3.5	Ορισμός κυλίνδρου (CYLNDR).	360
4.3.5.1	Ορισμός κυλίνδρου με το κέντρο, την κατεύθυνση του άξονα και την ακτίνα.	360
4.3.5.2	Ορισμός κυλίνδρου με δυο εφαπτόμενα επίπεδα και την ακτίνα.	361
4.3.6	Ορισμός διανύσματος (VECTOR).	362
4.3.6.1	Ορισμός διανύσματος με τρεις συντεταγμένες.	362
4.3.6.2	Ορισμός διανύσματος με δυο σημεία στο χώρο.	363
4.3.7	Παραδείγματα	364
4.4	Εντολές κίνησης του κοπτικού.	369
4.4.1	CUTTER. Ορισμός κοπτικού εργαλείου.	370
4.4.1.1	Πρώτος τρόπος ορισμού της εντολής CUTTER.	370
4.4.1.2	Δεύτερος τρόπος ορισμού της εντολής CUTTER.	372
4.4.2	FROM. Αρχικό σημείο εκκίνησης.	376
4.4.3	GOTO. Μετατόπιση του κοπτικού σε συγκεκριμένο σημείο.	376
4.4.4	GODLTA. Μετατόπιση του κοπτικού σε συγκεκριμένη απόσταση.	379
4.4.5	GO. Εκκίνηση εργαλείου για συνεχόμενη κατεργασία	382
4.4.5.1	Εκκίνηση με μια επιφάνεια (οδηγό)	385
4.4.5.2	Εκκίνηση με δυο επιφάνειες (οδηγός και βάση)	387
4.4.5.3	Εκκίνηση με τρεις επιφάνειες (οδηγός, βάση και τέρμα)	388
4.4.6	TLLFT. Εργαλείο αριστερά από την επιφάνεια κατεργασίας	390
4.4.7	TLRGT. Εργαλείο αριστερά από την επιφάνεια κατεργασίας	391
4.4.8	TLON. Εργαλείο επάνω στην επιφάνεια κατεργασίας	392
4.4.9	GOLFT. Κίνηση προς τα αριστερά	393
4.4.10	GORGT. Κίνηση προς τα δεξιά	395
4.4.11	GOFWD. Κίνηση μπροστά	397
4.4.12	GOBACK. Κίνηση προς τα πίσω	399
4.4.13	GOUP. Κίνηση προς τα πάνω	400
4.4.14	GODOWN. Κίνηση προς τα κάτω	402
4.4.15	INDIRV. Προσδιορισμός κατεύθυνσης	405

4.4.16	PSIS. Νέα επιφάνεια βάσης	406
4.4.17	THICK. Μετατόπιση της πορείας του κοπτικού κατά ένα μικρό διάστημα	407
4.4.18	DNTCUT. Επεξεργασία προγράμματος χωρίς κίνηση	409
4.4.19	CUT. Επεξεργασία προγράμματος με κίνηση	410
4.5	Εντολές μετεπεξεργαστή δεδομένων (post processor commands).	412
4.5.1	PARTNO. Αριθμός προγράμματος	412
4.5.2	MACHIN. Αναγνώριση συγκεκριμένου μετεπεξεργαστή	413
4.5.3	LOADTL (load tool). Αλλαγή εργαλείου στη φρέζα	413
4.5.4	TURRET. Αλλαγή εργαλείου στον τόρνο	415
4.5.5	SPINDL. Περιστροφή ατράκτου	416
4.5.6	COOLNT (coolant). Ενεργοποίηση / απενεργοποίηση ροής ψυκτικών υγρών	418
4.5.7	RAPID. Ευθύγραμμη κίνηση με τη μέγιστη πρόωση της εργαλειομηχανής	419
4.5.8	FEDRAT. Ελεγχόμενη πρόωση	420
4.5.9	CUTCOM. Αντιστάθμιση της διαμέτρου του κοπτικού	421
4.5.10	CYCLE. Κύκλος διάνοιξης οπών	422
4.5.11	PPRINT. Εκτύπωση σχολίων στον CNC κώδικα της εργαλειομηχανής	425
4.5.12	INSERT. Εισαγωγή δεδομένων απευθείας από το APT πρόγραμμα στον CNC κώδικα εργαλειομηχανής	425
4.5.13	DELAY. Προγραμματισμένη χρονική καθυστέρηση	426
4.5.14	STOP. Προγραμματισμένη παύση της εργαλειομηχανής	427
4.5.15	OPSTOP. Προαιρετική παύση της εργαλειομηχανής	427
4.5.16	THREAD. Κοπή σπειρώματος σε τόρνο CNC	428
4.6	Εντολές λειτουργίας προγράμματος.	429
4.6.1	TOLER. Ανοχές προγράμματος κατά τη διάρκεια συνεχόμενης κοπής	430
4.6.2	MATRIX. Ορισμός μήτρας ή μαθηματικού πίνακα	431
4.6.3	REFSYS. Μετατόπιση γεωμετρίας	434
4.6.4	TRACUT. Μετατόπιση εντολών κίνησης	435
4.6.5	MACRO. Ορισμός μακροεντολών	437

4.6.6	CALL. Ενεργοποίηση μακροεντολών	438
4.6.7	INDEX. Αριθμημένος δείκτης	439
4.6.8	COPY. Επανάληψη εντολών	440
4.6.9	FINI. Τέλος προγράμματος	442
4.7.	Εντολές ελέγχου προγράμματος	443
4.7.1	LOOPST και LOOPND. Έναρξη – ολοκλήρωση επαναλαμβανόμενων εντολών	443
4.7.2	JUMPTO. Διακλάδωση προγράμματος με όρους	444
4.7.3	IF (αριθμητικό)	445
 ΥΠΟΔΕΙΓΜΑΤΑ ΑΣΚΗΣΕΩΝ ΤΟΡΝΟΥ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗΣ ΕΚΠΑΙΔΕΥΟΜΕΝΩΝ		 449
 ΥΠΟΔΕΙΓΜΑΤΑ ΑΣΚΗΣΕΩΝ ΦΡΕΖΑΣ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗΣ ΕΚΠΑΙΔΕΥΟΜΕΝΩΝ		 479
 ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Α		
ΠΙΝΑΚΕΣ ΣΥΝΘΗΚΩΝ ΚΑΤΕΡΓΑΣΙΑΣ		513
 ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ		 529