

Α.Τ.Ε.Ι. ΠΕΙΡΑΙΑ
ΣΧΟΛΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΩΝ ΕΦΑΡΜΟΓΩΝ
ΤΜΗΜΑ ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΙΑΣ

ΒΗΜΑΤΙΚΟΙ ΚΙΝΗΤΗΡΕΣ



Επιβλέπων Καθηγητής:

Καπόγιαννης Γιώργος – Καθηγητής εφαρμογών
Κοτρώτσος Ηλίας ΑΜ: 33499

Σπουδαστής:

Γιάνναρης Βασίλειος

32788

ΑΙΓΑΛΕΩ

Δεκέμβριος 2010

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Στο σημείο αυτό θα θέλαμε να ευχαριστήσουμε τον καθηγητή κ. Καπόγιαννη Γεώργιο για την καθοδήγηση και την αμέριστη βοήθειά του καθόλη τη διάρκεια εκπόνησης αυτής της πτυχιακής εργασίας.

Επίσης θα θέλαμε να ευχαριστήσουμε όλους τους καθηγητές μας που στάθηκαν αρωγοί σε όλη τη διάρκεια της φοίτησής μας καθώς και τις οικογένειες μας που μας στήριξαν όλα αυτά τα χρόνια των σπουδών μας.

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

Ευχαριστίες.....	i
Περιεχόμενα.....	ii
Λίστα σχημάτων.....	iii
Πρόλογος.....	1
1^ο Κεφάλαιο “ΜΗΧΑΝΕΣ STEPPER”	1
1.1 Γενικά για τις μηχανές stepper.....	1
1.2 Πως λειτουργούν οι μηχανές stepper.....	4
1.3 Συνεχές μηχανές εναντίων μηχανών stepper.....	8
1.4 Πλεονεκτήματα των μηχανών stepper.....	8
1.5 Μειονεκτήματα των μηχανών stepper.....	9
1.6 Χαρακτηριστικά.....	9
2^ο Κεφάλαιο “ΒΗΜΑΤΙΚΟΙ ΚΙΝΗΤΗΡΕΣ”	12
2.1 Βασικά χαρακτηριστικά βηματικών κινητήρων.....	12
2.2 Μεταβλητός βηματικός κινητήρας απροθυμίας.....	17
2.3 Μόνιμος βηματικός κινητήρας μαγνητών.....	20
2.4 Κίνηση κυμάτων.....	21
2.5 Πλήρης κίνηση βημάτων.....	23
2.6 Μισή κίνηση βημάτων.....	24
2.7 Κατασκευή.....	25
2.8 Υβριδικός βηματικός κινητήρας.....	27
2.9 Διφασικοί βηματικοί κινητήρες.....	31
2.9.1 Unipolar μηχανές.....	31
2.9.2 Διπολικές μηχανές.....	34
2.9.3 Μηχανές Bifilar.....	35
2.10 Υψηλότερες φάσεις αρίθμησης βηματικών κινητήρων.....	37
2.10.1 Πολυφασικές μηχανές.....	37
2.11 STEPPING MODES.....	40
2.11.1 Πλήρης-βήμα.....	40
2.11.2 Μισό-βήμα.....	40
2.11.3 Μικρο-βήμα.....	41
2.11.4 Οδηγοί STEPPING MOTORS.....	41
2.11.5 Τύποι οδηγών βηματικών κινητήρων.....	42
2.11.6 R/L οδηγοί.....	43
2.11.7 Διπολικοί οδηγοί ψαλιδιστών.....	43
3^ο Κεφάλαιο “ΟΔΗΓΟΙ STEPPING MOTORS”	45
3.1 Κύκλωμα κίνησης.....	45
3.1.1 Unipolar κύκλωμα Drive.....	45
3.1.2 Διπολικό κύκλωμα Drive.....	46
3.1.3 Windings Bifilar.....	47
3.1.4 Σε δύο επίπεδα κύκλωμα Drive.....	49
3.2 Προδιαγραφή των χαρακτηριστικών των STEPPING MOTORS.....	53
3.2.1 Στατικά χαρακτηριστικά.....	54
3.2.2 Δυναμικά χαρακτηριστικά.....	55
3.3 Αργόστροφη λειτουργία.....	57
3.3.1 Απάντηση βημάτων.....	57
3.3.2 Στατικά ροπή/χαρακτηριστικά θέσης και στατικό λάθος θέσης.....	58
3.3.3 Χαμηλής συχνότητας αντήχηση.....	63

3.4	ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ ΥΨΗΛΗΣ ΤΑΧΥΤΗΤΑΣ	65
3.4.1	Ανάλυση Phasor σταθερού κράτους.....	65
4^ο	Κεφάλαιο “ΕΛΕΓΧΟΣ STEPPING MOTORS”.....	71
4.1	Βασικά κυκλώματα ελέγχου STEPPING MOTORS	71
4.1.1	Μεταβλητές μηχανές απροθυμίας.....	71
4.1.2	Unipolar μόνιμος μαγνήτης και υβριδικές μηχανές.....	74
4.1.3	Διπολικές μηχανές και χ-γέφυρες.....	77
4.2	Ρεύμα που περιορίζει για STEPPING MOTORS	81
4.2.1	Ανθεκτικοί τρέχοντες περιοριστές	82
4.2.2	Γραμμικοί τρέχοντες περιοριστές.....	84
4.2.3	Τρέχοντες περιοριστές ανοικτών βρόχων	87
4.2.4	One-Shot τρέχων περιορισμός ανατροφοδότησης.....	92
4.2.5	Τρέχων περιορισμός ανατροφοδότησης υστέρησης.....	96
4.3	MICROSTEPPING των STEPPING MOTORS	99
4.3.1	Συνημίτονο Microstepping ημιτόνου	99
4.3.2	Όρια Microstepping	101
4.3.3	Χαρακτηριστικά κυκλώματα ελέγχου.....	106
	Βιβλιογραφία	111

ΛΙΣΤΑ ΣΧΗΜΑΤΩΝ

Σχήμα 1.1:	Μια πλήρης περιστροφή ενός βηματικού κινητήρα.....	5
Σχήμα 1.2:	Περιστροφή του βηματικού κινητήρα.....	6
Σχήμα 1.3:	Ένα παράδειγμα μιας multipole μηχανής.....	7
Σχήμα 1.4:	Το ηλεκτρικό αντίτιμο του βηματικού κινητήρα.....	7
Σχήμα 1.5:	Άποψη ενός υβριδικού 5 φάσεων stepping motor.....	9
Σχήμα 1.6:	Stepper χαρακτηριστικά ταχύτητας.....	10
Σχήμα 2.1:	Βηματικός κινητήρας που χρησιμοποιείται στην κίνηση σκληρών δίσκων.....	13
Σχήμα 2.2:	Εφαρμογές δειγμάτων βηματικών κινητήρων.....	17
Σχήμα 2.3:	Τριφασικές και τέσσερις stepper απροθυμίας φάσης μεταβλητές μηχανές.....	17
Σχήμα 2.4:	Stepping ακολουθία για μεταβλητό stepper απροθυμίας.....	18
Σχήμα 2.5:	Μεταβλητός βηματικός κινητήρας απροθυμίας.....	19
Σχήμα 2.6:	Μεταβλητό stepper απροθυμίας οδηγεί τη βίδα μολύβδου.....	20
Σχήμα 2.7:	Ακολουθία κίνησης κυμάτων PM (α) φ1+, (β) φ2+, (γ) φ1-, (δ) φ2-.....	21
Σχήμα 2.8:	Κυματοειδή: διπολική κίνηση κυμάτων.....	22
Σχήμα 2.9:	Κυματοειδή: unipolar κίνηση κυμάτων.....	22
Σχήμα 2.10:	Διαγράμματα καλωδίωσης βηματικών κινητήρων.....	23
Σχήμα 2.11:	Πλήρες βήμα, διπολική κίνηση.....	24
Σχήμα 2.12:	Μισό βήμα, διπολική κίνηση.....	25
Σχήμα 2.13:	Μόνιμος βηματικός κινητήρας μαγνητών, κατασκευή 24 πόλων.....	26
Σχήμα 2.14:	(α) η εξωτερική άποψη μπορεί να συσσωρεύσει, (β) ο τομέας αντιστάθμισε τη λεπτομέρεια.....	27
Σχήμα 2.15:	Υβριδικός βηματικός κινητήρας.....	28
Σχήμα 2.16:	Σχηματικό διάγραμμα υβριδικών βηματικών κινητήρων.....	29
Σχήμα 2.17:	Ακολουθία περιστροφής υβριδικών βηματικών κινητήρων.....	30
Σχήμα 2.18:	Unipolar σχεδιάγραμμα βηματικών κινητήρων.....	32
Σχήμα 2.19:	33

Σχήμα 2.20	33
Σχήμα 2.21: Διπολικό σχεδιάγραμμα βηματικών κινητήρων.	34
Σχήμα 2.22	34
Σχήμα 2.23	35
Σχήμα 2.24: Bifilar σχεδιάγραμμα βηματικών κινητήρων.	36
Σχήμα 2.25: Σχεδιάγραμμα πολυφασικών βηματικών κινητήρων.	38
Σχήμα 2.26	39
Σχήμα 2.27	39
Σχήμα 2.28:	42
Σχήμα 2.29: Unipolar οδηγοί	42
Σχήμα 2.30: Διπολικό κύκλωμα διακοπών κίνησης.....	44
Σχήμα 3.1: Ένα τριφασικό unipolar κύκλωμα κίνησης.	45
Σχήμα 3.2: Μια φάση ενός διπολικού κυκλώματος κίνησης γεφυρών κρυσταλλολυχνιών. ...	46
Σχήμα 3.3: Σύγκριση συμβατικό και bifilar windings.....	48
Σχήμα 3.4: Σε δύο επίπεδα κίνηση και τα αποτελεσματικά κυκλώματα κατά τη διάρκεια του διαστήματος διέγερσης (α) σε διεγερτικό (β) συνεχής διέγερση και (γ) στη διακοπή.	50
Σχήμα 3.5: Τρέχουσα κυματοειδής φάση για μια σε δύο επίπεδα κίνηση.	51
Σχήμα 3.6: Τρέχοντες χρόνοι διακοπής κυματοειδούς και κρυσταλλολυχνιών κίνησης ψαλιδιστών.....	52
Σχήμα 3.7: Τρέχοντες χρόνοι διακοπής κυματοειδούς και κρυσταλλολυχνιών κίνησης χαλκού.....	52
Σχήμα 3.8: T/Θ χαρακτηριστικά.	55
Σχήμα 3.9: Παραδείγματα T/I των χαρακτηριστικών (α) 1.80 μεταβλητή μηχανή απροθυμίας τεσσάρων φάσης και (β) 1.80 υβριδική μηχανή τεσσάρων φάσης.....	55
Σχήμα 3.10: Πειραματική απάντηση βημάτων μιας μηχανής VR.....	58
Σχήμα 3.11	59
Σχήμα 3.12: Pull-out χαρακτηριστικά ροπής/ταχύτητας	59
Σχήμα 3.13: Pull-out ροπή/χαρακτηριστικό ταχύτητας.....	60
Σχήμα 3.14: Θέση στροφών στους χρόνους διακοπής φάσης για κανένα φορτίο.	61
Σχήμα 3.15: Θέση στροφών στους χρόνους διακοπής φάσης για pull-out το φορτίο.	62
Σχήμα 3.16: Χαμηλές και υψηλές pull-out αδράνειας ροπές (α) τρία και (β) τέσσερις stepping motors	62
Σχήμα 3.17 Μια χαρακτηριστική απάντηση βημάτων..	63
Σχήμα 3.18 Viscously-συνδεδεμένος παράλληλος και (β) κάθετος αδράνειας υγρότερος (α) στον άξονα.	64
Σχήμα 3.19 Επίδραση VCID.....	64
Σχήμα 3.20 Ανά έγκαιρη περιοχή κυκλωμάτων φάσης ισοδύναμη.....	66
Σχήμα 3.21	68
Σχήμα 3.22: Ισοδύναμο κύκλωμα στο πεδίο συχνότητας.....	68
Σχήμα 3.23: Διάγραμμα Phasor των μηχανών.....	68
Σχήμα 3.24: Προβλεφθείσα pull-out ροπή ενάντια στην ταχύτητα στροφών.....	69
Σχήμα 3.25: Πρόληψη της αστάθειας υψηλής ταχύτητας από την απόσβεση	70
Σχήμα 4.1: Χαρακτηριστικοί ελεγκτές για τις μεταβλητούς stepping motors απροθυμίας... ..	72
Σχήμα 4.2: Τα κυκλώματα των δύο βασικών τρόπων την τάση καρφώνουν κατά έλεγχο ενός μεταβλητού stepping motors απροθυμίας.....	73
Σχήμα 4.3: Χαρακτηριστικοί ελεγκτές για τις unipolar μηχανές.....	75
Σχήμα 4.4: να μετακινήσει το επαγωγικό λάκτισμα που χρησιμοποιεί τις διόδους.....	75
Σχήμα 4.5: Ένας πυκνωτής χρησιμοποιείται για να περιορίσει την τάση ανταπόδοσης.....	76
Σχήμα 4.6: Η προκύπτουσα ροπή εναντίον της καμπύλης ταχύτητας.....	77
Σχήμα 4.7: X-γέφυρα.....	78

Σχήμα 4.8: Η χ-γέφυρα διαβιβάζει τον τρόπο..	79
Σχήμα 4.9: Γρήγορος τρόπος αποσύνθεσης χ-γεφυρών.	79
Σχήμα 4.10: Τρόποι αργός-αποσύνθεσης χ-γεφυρών.	80
Σχήμα 4.11: Καλύτερη ρύθμιση χ-γεφυρών.	80
Σχήμα 4.12	82
Σχήμα 4.13: Γραφική ερμηνεία της επίδρασης της αύξησης της αντίστασης και της λειτουργούσας τάσης στους χρόνους ανόδου και πτώσης του ρεύματος μέσω του ενός τυλίγματος ενός stepping motor.....	83
Σχήμα 4.14: Γραμμικά τρέχοντα στοιχεία κυκλώματος περιοριστών.	85
Σχήμα 4.15: Η απόδοση μιας μηχανής τρέχει με μια τρέχουσα περιορισμένη παροχή ηλεκτρικού ρεύματος και τρέχει με έναν resistively περιορισμένο ανεφοδιασμό.....	86
Σχήμα 4.16 Το αποτέλεσμα της χάραξης μιας ώθησης τάσης πέρα από τη μηχανή που τυλίγει ως λειτουργία του χρόνου.....	88
Σχήμα 4.17 Γραφική ερμηνεία μιας απλής παροχής ηλεκτρικού ρεύματος που ελέγχει τη χρησιμοποίηση από τη διαμόρφωση πλάτους σφυγμού.	89
Σχήμα 4.18	93
Σχήμα 4.19: One-shot ανατροφοδότηση των τρεχόντων στοιχείων κυκλώματος περιορισμού.	95
Σχήμα 4.20: One-shot ανατροφοδότηση των τρεχόντων στοιχείων κυκλώματος περιορισμού.	96
Σχήμα 4.21: Η υστέρηση ανατροφοδοτεί τα τρέχοντα στοιχεία κυκλώματος περιορισμού χρησιμοποιώντας έναν δεύτερο συγκριτή.....	98
Σχήμα 4.22: Μια πλοκή της πραγματικής θέσης μηχανών ως λειτουργία της αναμενόμενης θέσης.	102
Σχήμα 4.23: Μια πλοκή για έναν ελεγκτή μηχανών.	103
Σχήμα 4.24: Η πλοκή της πραγματικής θέσης στροφών μιας μηχανής που χρησιμοποιεί το σχέδιο microstep που περιγράφεται στο σχήμα 4.23 εναντίον της αναμενόμενης θέσης. ...	104
Σχήμα 4.25: Μια πλοκή για την εξέταση στα διαθέσιμα microsteps.	105
Σχήμα 4.26: Χαρακτηριστικό κύκλωμα ελέγχου.....	106

ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Οι ηλεκτρικές μηχανές διαδραματίζουν έναν κύριο ρόλο στη καθημερινή ζωή μας. Η μετακίνηση οποιασδήποτε συσκευής παράγεται από την ηλεκτρική μηχανή. Στεγνωτήρας μαλλιών, VCR, μονάδα δίσκου σε έναν υπολογιστή κ.λπ., κίνηση λόγω της ηλεκτρικής μηχανής. Η τεχνολογία πίσω από τις ηλεκτρικές μηχανές είναι η δυνατότητα να μετατραπεί η ηλεκτρική ενέργεια στη μηχανική ενέργεια.

Υπάρχουν πολλοί διαφορετικοί τύποι και μεγέθη των ηλεκτρικών μηχανών. Οι ηλεκτρικές μηχανές μπορούν να διακριθούν σε δύο τύπους: ηλεκτρικές μηχανές εναλλασσόμενων ρευμάτων (εναλλασσόμενο ρεύμα) και άμεσες τρέχουσες (συνεχές ρεύμα) ηλεκτρικές μηχανές. Μια ΣΥΝΕΧΗΣ ηλεκτρική μηχανή δεν θα τρέξει όταν παρέχεται το ρεύμα εναλλασσόμενου ρεύματος, ούτε μια μηχανή εναλλασσόμενου ρεύματος που οργανώνεται με το ΣΥΝΕΧΕΣ ρεύμα. Οι ηλεκτρικές μηχανές εναλλασσόμενου ρεύματος υποδιαιρούνται περαιτέρω στην ενιαία φάση και τις τριφασικές μηχανές. Ο ηλεκτρικός ανεφοδιασμός εναλλασσόμενου ρεύματος ενιαίας φάσης είναι τι παρέχεται χαρακτηριστικά σε ένα σπίτι. Η τριφασική ηλεκτρική δύναμη είναι συνήθως μόνο διαθέσιμη σε μια ρύθμιση εργοστασίων.

Οι ΣΥΝΕΧΕΙΣ ηλεκτρικές μηχανές είναι χωρίζουν επίσης στους τύπους. Αυτοί περιλαμβάνουν τις μηχανές βουρτσών, τις αβούρτσιστες μηχανές, και stepper τις μηχανές. Από αυτούς τους τύπους, βουρτσίστηκε τις ηλεκτρικές μηχανές είναι κατά πολύ ο πιο κοινός. Είναι εύκολο να χτιστούν και πολύ οικονομικώς αποδοτικό. Το σημαντικό μειονέκτημά τους είναι ότι χρησιμοποιούν τις βούρτσες άνθρακα για να μεταφέρουν το ηλεκτρικό ρεύμα στο περιστρεφόμενο μέρος, και αυτές οι βούρτσες φορούν με την πάροδο του χρόνου και τελικά αποτέλεσμα στην αποτυχία της ηλεκτρικής μηχανής. Η ΣΥΝΕΧΗΣ αβούρτσιστη μηχανή αποβάλλει τις βούρτσες, αλλά είναι δαπανηρότερη και απαιτεί την πιο περίπλοκη ηλεκτρονική κίνησης για να λειτουργήσει. Ένας βηματικός κινητήρας είναι ένας πρόσθετος τύπος αβούρτσιστης μηχανής που χρησιμοποιείται πρώτιστα στα συστήματα αυτοματοποίησης.

Λέξεις κλειδιά: ΣΥΝΕΧΗΣ ηλεκτρική μηχανή, μηχανές stepper, stepping motor, περιελίξεις κινητήρων, βηματικός κινητήρας, υβριδικοί κινητήρες, βηματική γωνία, τάση, ρεύμα, ταχύτητα, περιστροφής, PWM.

1^ο ΚΕΦΑΛΑΙΟ

“ΜΗΧΑΝΕΣ STEPPER”

1.1 Γενικά για τις μηχανές stepper

Ένας βηματικός κινητήρας, αποκαλούμενη επίσης stepping motor, μηχανή σφυγμού ή ψηφιακή μηχανή, είναι μια ηλεκτρομηχανική συσκευή που περιστρέφεται μια ιδιαίτερη γωνία βημάτων όταν ενεργοποιείται ηλεκτρικά. Οι βηματικοί κινητήρες είναι σύγχρονες μηχανές στις οποίες οι θέσεις του στροφέα εξαρτώνται άμεσα από την οδήγηση του σήματος. Η περιστροφική στιγμή καθορίζεται από τη μαγνητική ενέργεια και είναι ανάλογη προς τον αριθμό δοντιών του στροφέα.

Η κύρια διαφορά μεταξύ ενός stepping motor και μιας γενικής μηχανής είναι ότι ο stepping motor παίρνει ισχύ μόνο από μια σταθερή τάση, δεν περιστρέφεται. Ένας stepping motor εκθέτει τις άριστες λειτουργίες όπως η ακριβής οδήγηση, η γρήγορη παύση, η γρήγορη έναρξη και οι όμοιοι. Ο βηματικός κινητήρας παρέχει την ελέγξιμη ταχύτητα ή τη θέση σε απάντηση στους σφυγμούς βημάτων εισαγωγής που εφαρμόζονται συνήθως από ένα κατάλληλο κύκλωμα ελέγχου. Οι stepping motors οδηγούνται από ένα σήμα σφυγμού. Όταν ένα ψηφιακό σήμα σφυγμού εισάγεται στο stepping motor, ο στροφέας του περιστρέφεται από μια σταθερή γωνία, δηλαδή, μια γνωστή βηματική γωνία. Από τις αυξήσεις των βηματικών κινητήρων σε ένα ακριβές ποσό με κάθε σφυγμό βημάτων, μετατρέπει τις ψηφιακές πληροφορίες, όπως αντιπροσωπεύονται από τους σφυγμούς βημάτων εισαγωγής, στην αντίστοιχη επαυξητική περιστροφή. Με την αύξηση του ποσοστού των σφυγμών βημάτων, είναι δυνατό να αυξηθεί η ταχύτητα της μηχανής.

Οι βηματικοί κινητήρες παρέχουν πολλά πλεονεκτήματα πέρα από άλλους τύπους μηχανών, ειδικότερα η δυνατότητα να περιστραφούν μέσω των ελεγχόμενων γωνιών της περιστροφής, αποκαλούμενων βήματα, βασισμένα στους σφυγμούς εντολής από ένα κύκλωμα οδηγών. Η ταχύτητα των stepping motors μπορεί να ελεγχθεί εύκολα βασισμένος

στη συχνότητα σφυγμού που υιοθετείται, επιτρέποντας να περπατήσει στις μηχανές για να επιτύχει τη μεταβλητή σύγχρονη μετακίνηση ταχύτητας ενός φορτίου που συνδέεται άμεσα με τον άξονα κίνησης της μηχανής. Ένας βηματικός κινητήρας μπορεί να αποκριθεί σε μια σειρά φορτίων με την παροχή μιας σειράς αποτελεσμάτων ροπής σε μια σταθερή τάση μηχανών. Κατά συνέπεια, για κάθε έναν η συγκεκριμένη εφαρμογή ενός βηματικού κινητήρα ως ηλεκτρομηχανικό ενεργοποιητή, το μέγεθος του βηματικού κινητήρα που επιλέγεται καθορίζεται σε μεγάλο βαθμό από την ονομαστική λειτουργούσα σειρά φορτίων που αντιμετωπίζεται. Επειδή ο stepping motor είναι σε θέση για να παραγάγει ψηφιακά σήματα σε μια αντίστοιχη παραλλαγή γωνίας αναλογικά προς το συνολικό αριθμό των σφυγμών, ο stepping motor μπορεί να οδηγηθεί από έναν ανοικτό βρόχο χωρίς να ανατροφοδοτεί το μηχανισμό. Επομένως, ο stepping motor μπορεί να ελεγχθεί εύκολα όταν ο οδηγείται για να επιτύχει μια περιστροφική ταχύτητα μέσα σε μια αποδεκτή σειρά. Επειδή οι stepping motors οδηγούνται από έναν απλό μηχανισμό ελέγχου, έχουν εφαρμοστεί σε πολλά συστήματα ελέγχου για την ταχύτητα, τη μετατόπιση, και την κινούμενη κατεύθυνση των συσκευών φόρτωσης.

Έναντι της συνεχούς μηχανής, ο stepping motor έχει έναν απλούστερο και χαμηλότερου κόστους μηχανισμό οδήγησης και έχει το πλεονέκτημα επάνω στο σχέδιο στοιχείων κυκλώματος της ανίχνευσης φωτογραφιών να ανατροφοδοτήσει με μαγνητική ανίχνευση. Επομένως, ο stepping motor, που αντικαθιστά τη συνεχή μηχανή, χρησιμοποιείται όλο και περισσότερο γενικά ως μέσα ελέγχου ελκίθρων για τις οπτικές συσκευές αποθήκευσης. Οι stepping motors χρησιμοποιούνται επίσης, ως εξοπλισμός αυτοματοποίησης εργοστασίων (FA) όπως οι εργαλειομηχανές, συστατικά αυτοκινήτου και ένας τομέας των εγχώριων συσκευών χρησιμοποιεί επίσης έναν μεγάλο αριθμό για την κίνηση μηχανών. Παραδείγματος χάριν, στον έλεγχο μιας βαλβίδας ρυθμιστικών βαλβίδων, η θέση ενός κεφαλιού βαλβίδων όσον αφορά ένα κάθισμα βαλβίδων πρέπει να είναι διευθετήσιμη πέρα από μια σειρά των επικεφαλής θέσεων, χαρακτηριστικά από πλήρως ανοικτό πλήρως σε στενό. Οι βηματικοί κινητήρες είναι καλοταίριασμένες στην παροχή τέτοιου ελέγχου βαλβίδων. Αυτή η εκτενής χρήση των βηματικών κινητήρων είναι κυρίως χάρη σε ένα χαμηλότερο κόστος και την απλή λειτουργία που πραγματοποιεί έναν έλεγχο ταχύτητας.

Ένας βηματικός κινητήρας στηρίζεται επάνω σε ένα τύλιγμα που τοποθετείται σε έναν στάτη για να διευθύνει ή να εμποδίσει το ρεύμα βασισμένο στη θέση του στροφέα. Ο stepping motor προκαλείται για να κάνει μια περιστροφή ώστε να αλλάξει στιγμιαία τα ρεύματα διέγερσης για windings κάθε φορά που όταν δίνεται ένας εξωτερικός σφυγμός

εντολής. Ένας stepping motor διατηρεί μια πολύ μεγάλη στατική ροπή στη σταματημένη θέση έναντι άλλων μηχανών περιστρεφόμενος σε μια δεδομένη γωνία χωρίς να ανατροφοδοτεί για την ανίχνευση της θέσης ενός άξονα και την παύση σε ένα αρκετά ποσοστό υψηλής ακρίβειας. Ένας βηματικός κινητήρας περιστρέφεται από μια σταθερή γωνία σε κάθε αλλαγμένη κατάσταση της διέγερσης σε κάθε φάση της μηχανής από τα σήματα σφυγμού ρολογιών, και αναστέλλει σε μια σταθερή γωνία εάν η κατάσταση της διέγερσης δεν αλλάζει. Ο βηματικός κινητήρας περιστρέφεται από τη σταθερή γωνία ή από ένα σταθερό βήμα σύμφωνα με τα εισαγμένα σήματα σφυγμού.

Επομένως, ο stepping motor δεν απαιτεί έναν χωριστό θέση-διατηρώντας μηχανισμό όπως το ηλεκτρομαγνητικό φρένο και η ταχύτητα περιστροφής, είναι επ' αυτού ανάλογη προς το ποσοστό σφυγμού. Οι βηματικοί κινητήρες κατασκευάζονται γενικά χωρίς τις βούρτσες που βρίσκονται συνήθως στις ηλεκτρικές μηχανές. Αντί των βουρτσών, ο βηματικός κινητήρας εξαρτάται από τις αλλαγές για να ελέγξει τη ροή της ηλεκτρικής δαπάνης μέσω ενός ιδιαίτερου τυλίγματος φάσης.

Οι stepping motors μπορούν να αντιμετωπισθούν ως ηλεκτρικές μηχανές χωρίς μεταγωγούς. Χαρακτηριστικά, όλα οι περιελίξεις ενός βηματικού κινητήρα είναι μέρος του στάτη, και ένας στροφέας είναι είτε ένας μόνιμος μαγνήτης είτε, στην περίπτωση των μεταβλητών μηχανών απροθυμίας, ένας οδοντωτός φραγμός κάποιου μαγνητικά μαλακού υλικού είτε ένα υβρίδιο και οι δύο. Όλη η μετατροπή αντιμετωπίζεται εξωτερικά από έναν ελεγκτή μηχανών και χαρακτηριστικά οι μηχανές και οι ελεγκτές σχεδιάζονται έτσι ώστε η μηχανή μπορεί να κρατηθεί σε οποιαδήποτε σταθερή θέση καθώς επίσης και όντας μονόδρομος ή άλλος. Στους βηματικούς κινητήρες, το ρεύμα εφαρμόζεται στις μεμονωμένες σπείρες προκειμένου να προωθηθεί στο βηματικό κινητήρα ένας επιθυμητός αριθμός βημάτων. Η παραλλαγή του ρεύματος και της πολικότητάς κινεί έναν στροφέα της μηχανής μέσω των βημάτων, ή προς μια σταθερή θέση σε ένα ιδιαίτερο βήμα. Ανάλογα με το πώς το ρεύμα εφαρμόζεται, ο βηματικός κινητήρας μπορεί να προκληθεί για να κινηθεί στα πλήρη βήματα, μισά βήματα, ή ακόμα και microsteps. Δεδομένου ότι οι περιελίξεις μηχανών περιλαμβάνουν μια συνεχή σπείρα του καλωδίου, εκθέτουν και τα επαγωγικά και ανθεκτικά χαρακτηριστικά και μια σχετική χρονική σταθερά σχετική με την άνοδο και την αποσύνθεση του εφαρμοσμένου ρεύματος.

Για να ρυθμίσουν το ρεύμα, οι οδηγοί των βηματικών κινητήρων εφαρμόζουν περιοδικά και αφαιρούν την τάση στις περιελίξεις των μηχανών. Οι οδηγοί των βηματικών κινητήρων παρέχουν ένα ρολόι βημάτων για να ενεργοποιήσουν τα στοιχεία κυκλώματος στους ηλεκτρονικούς οδηγούς στο δείγμα και να εφαρμόσουν το ρεύμα στις περιελίξεις ή τις

‘φάσεις’ από το σχετικό βηματικό κινητήρα. Το ποσό ρεύματος που εφαρμόζεται είναι μια άμεση λειτουργία της επιθυμητής θέσης του άξονα μηχανών. Για την περιστροφική κίνηση, το ρεύμα εφαρμόζεται στην αντίσταση των περιελίξεων σε ένα βηματικό κινητήρα με έναν τρόπο τετραγωνισμού. Ένας γραμμικός stepping motor λειτουργεί στις ίδιες ηλεκτρομαγνητικές αρχές με μια περιστροφική ώστε να περπατήσει η μηχανή. Οι γραμμικοί βηματικοί κινητήρες χρησιμοποιούνται για τις εφαρμογές προσδιορισμού θέσης που απαιτούν τις γρήγορες κινήσεις επιτάχυνσης και υψηλής ταχύτητας με τα χαμηλά μαζικά ωφέλιμα φορτία. Η μηχανική απλότητα και η ακριβής λειτουργία ανοικτών βρόχων είναι πρόσθετα χαρακτηριστικά γνωρίσματα των συστημάτων των γραμμικών βηματικών κινητήρων. Οι περισσότεροι stepping motors μπορούν να περπατηθούν στις ακουστικές συχνότητες. Με έναν αρμόδιο ελεγκτή, τους μπορούν να αρχίσουν και να σταματήσουν στους ελεγχόμενους προσανατολισμούς. Ένας ελεγκτής stepping motor περιλαμβάνει χαρακτηριστικά μια γεννήτρια σημάτων διέγερσης, ένα κύκλωμα μετατροπής, ένα τύλιγμα του βηματικού κινητήρα, ένα PWM.

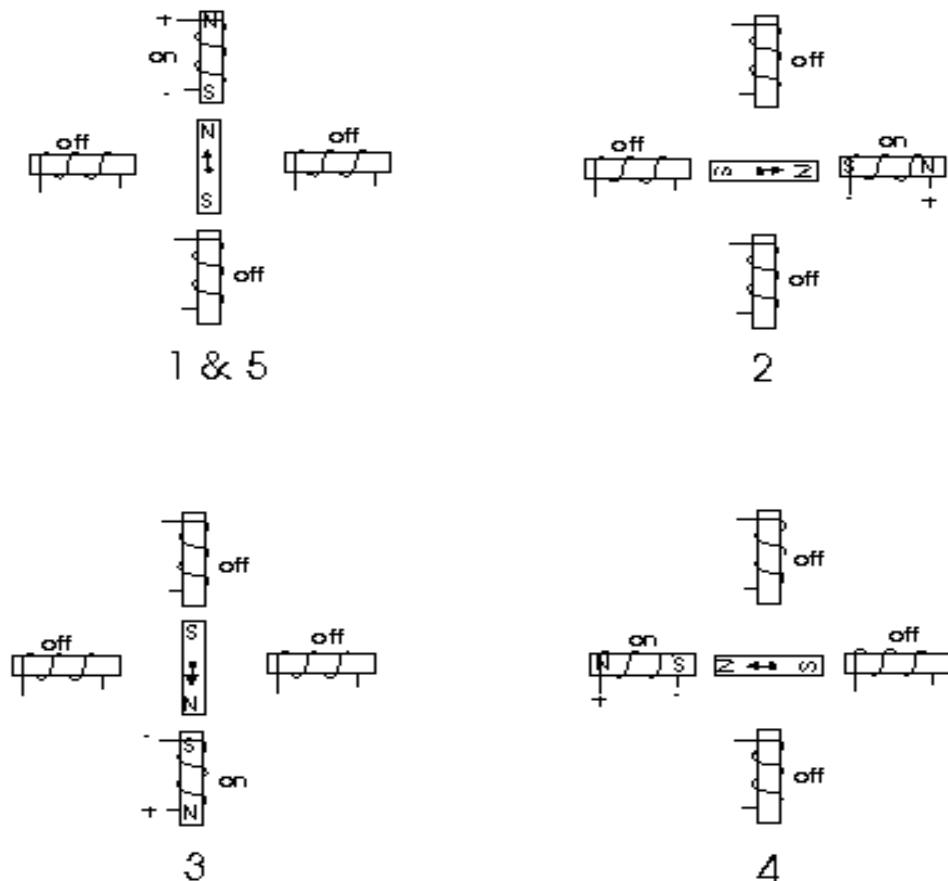
(διαμόρφωση πλάτους σφυγμού) σταθερό τρέχον κύκλωμα ελέγχου, ένας τρέχων αισθητήρας και ένα τρέχων θέτοντας κύκλωμα.

Οι περισσότερες βηματικοί κινητήρες χρησιμοποιούνται σε μια open-loop διαμόρφωση στην οποία μια θέση ανατροφοδοτεί τη συσκευή όπως ένας οπτικός κωδικοποιητής ή resolver είναι περιττός. Η χρήση διαμορφώσεων κλειστών βρόγχων ανατροφοδοτεί στη θέση στροφών αίσθησης μέσω ενός συμβατικού κωδικοποιητή αξόνων. Οι πληροφορίες θέσης στροφών μπορούν να χρησιμοποιηθούν για να παραγάγουν κάθε μετατροπή μηχανών. Οι περισσότερες τέτοιες διαμορφώσεις υιοθετούν μια σταθερή μετατροπή γωνίας αλλαγής.

1.2 Πως λειτουργούν οι μηχανές stepper

Οι βηματικοί κινητήρες αποτελούνται από έναν μόνιμο περιστρεφόμενο άξονα μαγνητών, αποκαλούμενο το στροφέα, και ηλεκτρομαγνήτες στη στάσιμη μερίδα που περιβάλλει τη μηχανή, αποκαλούμενη στάτη. Το σχήμα 1.1 επεξηγεί μια πλήρη περιστροφή μιας stepper μηχανής. Στη θέση 1, μπορούμε να δούμε ότι ο στροφέας αρχίζει στον ανώτερο ηλεκτρομαγνήτη, που είναι αυτήν την περίοδο - ενεργός (εφαρμογή τάσεως). Για να κινήσει το στροφέα δεξιόστροφα (CW), ο ανώτερος ηλεκτρομαγνήτης απενεργοποιείται και ο σωστός ηλεκτρομαγνήτης ενεργοποιείται, αναγκάζοντας το στροφέα για να κινήσει 90 βαθμούς CW, ευθυγραμμισμένος με τον ενεργό μαγνήτη. Αυτή η διαδικασία

επαναλαμβάνεται με τον ίδιο τρόπο στους ηλεκτρομαγνήτες νότου και δύσης έως ότου άλλη μια φορά φθάνουμε στην αρχική θέση.

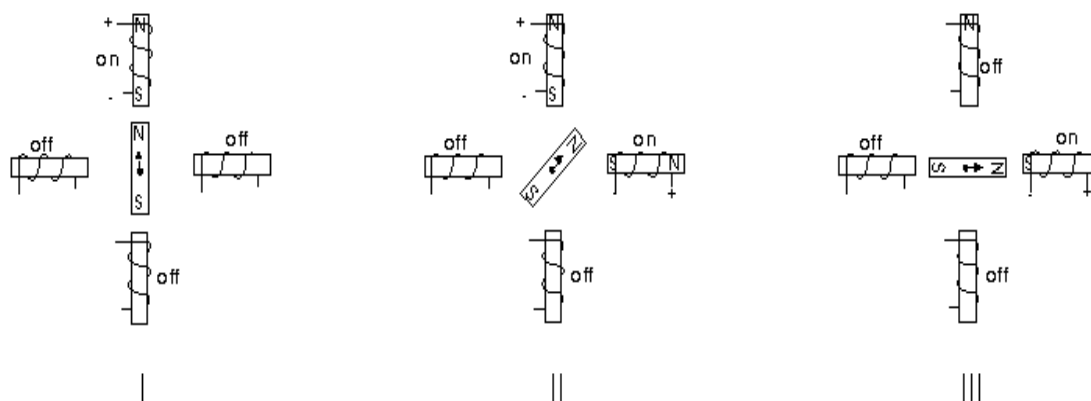


Σχήμα 1.1: Μια πλήρης περιστροφή ενός βηματικού κινητήρα.

Στο ανωτέρω παράδειγμα, χρησιμοποιήσαμε μια μηχανή με ένα ψήφισμα 90 βαθμών ή σκοπών επίδειξης. Στην πραγματικότητα, αυτό δεν θα ήταν μια πολύ πρακτική μηχανή για τις περισσότερες εφαρμογές. Μέσο ψήφισμα του βηματικού κινητήρα το ποσό βαθμών που περιστρέφονται ανά σφυγμό είναι πολύ υψηλότερος από αυτό. Παραδείγματος χάριν, μια μηχανή με ένα ψήφισμα 5 βαθμών θα κινούσε το στροφέα της 5 βαθμοί ανά βήμα, με αυτόν τον τρόπο απαιτώντας 72 σφυγμούς (βήματα) για να ολοκληρώσει μια πλήρη περιστροφή 360 βαθμού.

Μπορείτε να διπλασιάσετε το ψήφισμα μερικών μηχανών με μια διαδικασία γνωστή ως half-stepping. Αντί της αλλαγής του επόμενου ηλεκτρομαγνήτη στην περιστροφή σε έναν χρόνο, με το μισό που περπατά ανοίγεται και τους δύο ηλεκτρομαγνήτες, προκαλώντας μια ίση έλξη μεταξύ, με αυτόν τον τρόπο διπλασιάζοντας το ψήφισμα. Δεδομένου ότι

μπορείτε να δείτε στο σχήμα 1.2, στην πρώτη θέση μόνο ο ανώτερος ηλεκτρομαγνήτης είναι ενεργός, και ο στροφέας σύρεται. Σε θέση 2, και οι κορυφαιοί και σωστοί ηλεκτρομαγνήτες είναι ενεργοί, αναγκάζοντας το στροφέα για να τοποθετηθούν μεταξύ των δύο ενεργών πόλων. Τέλος, σε θέση 3, ο κορυφιαίος μαγνήτης απενεργοποιείται και ο στροφέας σύρεται. Αυτή η διαδικασία μπορεί έπειτα να επαναληφθεί για την ολόκληρη περιστροφή.



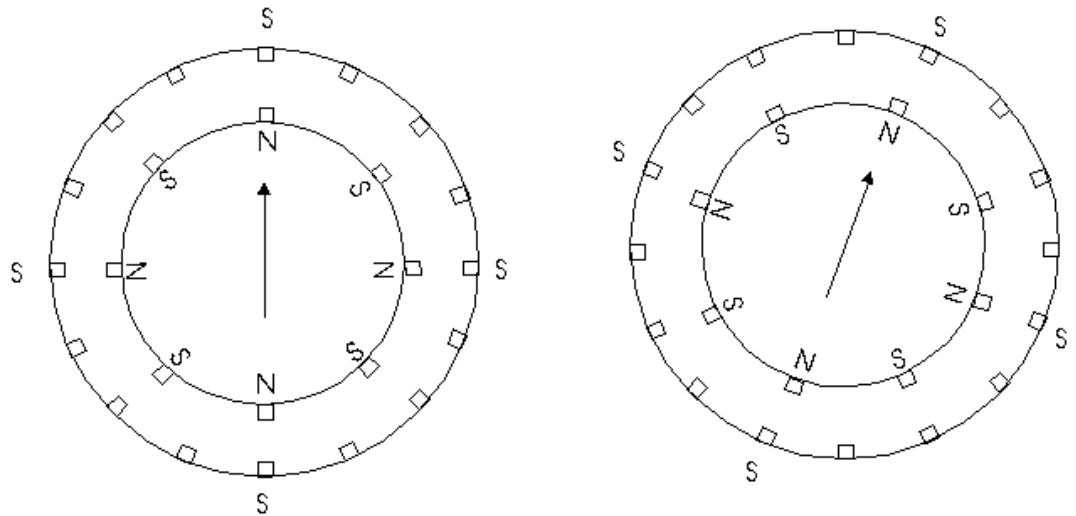
Σχήμα 1.2: Περιστροφή του βηματικού κινητήρα.

Υπάρχουν διάφοροι τύποι βηματικών κινητήρων. Βηματικοί κινητήρες 4 καλωδίων περιέχουν μόνο δύο ηλεκτρομαγνήτες εντούτοις η λειτουργία είναι πιο περίπλοκη από εκείνοι με τρεις ή τέσσερις μαγνήτες, επειδή το οδηγώντας κύκλωμα πρέπει να είναι σε θέση να αντιστρέψει το ρεύμα μετά από κάθε βήμα. Για τυπικούς λόγους, θα χρησιμοποιούμε μια μηχανή 6 καλωδίων.

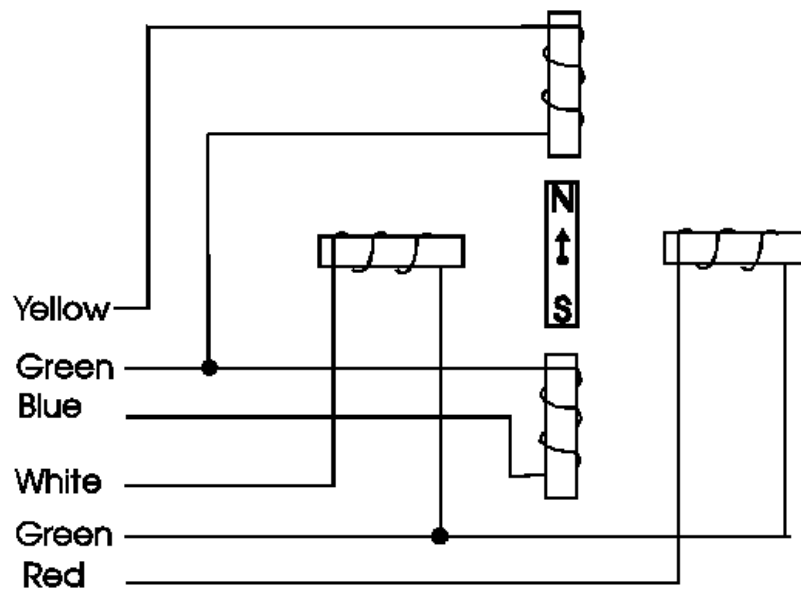
Αντίθετα από τις μηχανές παραδείγματός που περιστράφηκαν 90 βαθμούς ανά βήμα, οι πραγματικές μηχανές χρησιμοποιούν μια σειρά μίνι-πόλων στο στάτη και το στροφέα για να αυξήσουν το ψήφισμα. Αν και αυτό μπορεί να φανεί να προσθέτει περισσότερη πολυπλοκότητα στη διαδικασία τις μηχανές, η λειτουργία είναι ίδια με την απλή μηχανή 90 βαθμού που χρησιμοποιήσαμε στο παράδειγμά μας. Ένα παράδειγμα μιας multipole μηχανής μπορεί να δει στο σχήμα 1.3. Σε θέση 1, ο βόρειος πόλος του ρότορα του μόνιμου μαγνήτη ευθυγραμμίζεται με το νότιο πόλο του στάτορα του ηλεκτρομαγνήτη. Σημειώστε ότι οι πολλαπλάσιες θέσεις ευθυγραμμίζονται αμέσως. Σε θέση 2, ο ανώτερος ηλεκτρομαγνήτης απενεργοποιούνται και ο επόμενος στο άμεσο αριστερό του ενεργοποιείται, αναγκάζοντας το στροφέα να περιστραφεί ένα ακριβές ποσό βαθμών. Σε αυτό το παράδειγμα, μετά από οκτώ βήματα η ακολουθία επαναλαμβάνετε.

Χρησιμοποιούμε το συγκεκριμένο βηματικό κινητήρα γιατί τα πειράματά μας (5 βαθμοί ανά βήμα) έχουν 6 καλώδια που βγαίνουν από το περίβλημα. Εάν ακολουθούμε το

σχήμα 1.4, το ηλεκτρικό αντίτιμο του βηματικού κινητήρα, μπορούμε να δούμε ότι 3 καλώδια πηγαίνουν σε κάθε μισό των σπειρών, και ότι οι περιελίξεις σπειρών συνδέονται ανά τα ζευγάρια. Αυτό ισχύει για όλους τους τετραφασικούς βηματικούς κινητήρες.



Σχήμα 1.3: Ένα παράδειγμα μιας multipole μηχανής



Σχήμα 1.4: Το ηλεκτρικό αντίτιμο του βηματικού κινητήρα.

Εντούτοις, εάν δεν έχετε ένα ισοδύναμο διάγραμμα για τη μηχανή που θέλετε να χρησιμοποιήσετε, μπορείτε να κάνετε ένα διάγραμμα αντίστασης για να

αποκρυπτογραφήσετε τις συνδέσεις μυστηρίου. Υπάρχει αντίσταση 13Ω μεταξύ του καλωδίου κέντρο-βρυσών και κάθε μολύβδου τελών, και 26Ω μεταξύ των δύο μολύβδων τελών. Τα καλώδια που προέρχονται από τις χωριστές σπείρες δεν συνδέονται, και επομένως δεν θα διαβάζονται από τον στο μετρητή Ω .

1.3 Συνεχές μηχανές εναντίων μηχανών stepper

- Οι βηματικοί κινητήρες είναι χρησιμοποιημένος ανοικτός βρόχος, ενώ οι περισσότερες ΣΥΝΕΧΕΙΣ μηχανές είναι χρησιμοποιημένος κλειστός βρόχος.
- Οι βηματικοί κινητήρες ελέγχονται εύκολα με τους μικροεπεξεργαστές εντούτοις η λογική και η ηλεκτρονική κίνησης είναι πιο σύνθετες.
- Οι βηματικοί κινητήρες είναι αβούρτσιστες και οι βούρτσες συμβάλλουν διάφορα προβλήματα, π.χ., ένδυση, σπινθήρες, ηλεκτρικοί επιβάτες.
- Οι ΣΥΝΕΧΕΙΣ μηχανές έχουν μια συνεχή μετατόπιση και μπορούν να τοποθετηθούν ακριβώς, ενώ η κίνηση των βηματικών κινητήρων είναι επαυξητική και το ψήφισμά του περιορίζεται στο μέγεθος βημάτων.
- Οι βηματικοί κινητήρες μπορούν να γλιστρήσουν εάν υπερφορτώνονται και το λάθος μπορεί να πάει μην εντοπιστεί. (Έλεγχος κλειστών βρόγχων χρήσης μερικών stepper μηχανών.)
- Ο έλεγχος ανατροφοδότησης με τις ΣΥΝΕΧΕΙΣ μηχανές δίνει έναν πολύ γρηγορότερο χρόνο απόκρισης έναντι βηματικών κινητήρων.

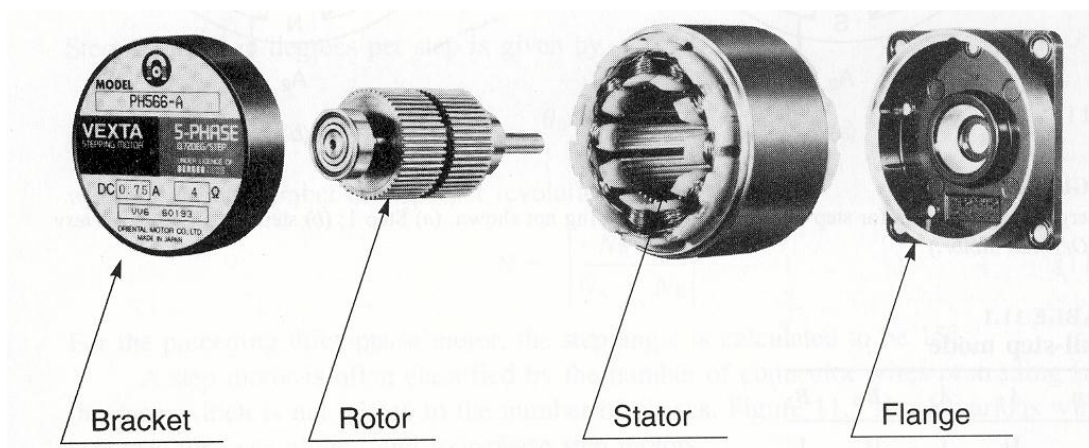
1.4 Πλεονεκτήματα των μηχανών stepper

- Το λάθος θέσης είναι μη σωρευτικό. Μια υψηλή ακρίβεια της κίνησης είναι δυνατή, ακόμη και υπό open-loop έλεγχο.
- Η μεγάλη αποταμίευση στον αισθητήρα (σύστημα μέτρησης) και οι δαπάνες ελεγκτών είναι δυνατές όταν χρησιμοποιείται ο open-loop τρόπος.
- Λόγω της επαυξητικής φύσης της εντολής και της κίνησης, οι βηματικοί κινητήρες είναι εύκολα προσαρμόσιμοι στις εφαρμογές ψηφιακού ελέγχου.
- Κανένα σοβαρό πρόβλημα σταθερότητας δεν υπάρχει, ακόμη και υπό open-loop έλεγχο.
- Οι απαιτήσεις ικανότητας και δύναμης ροπής μπορούν να βελτιστοποιηθούν και η απάντηση μπορεί να ελεγχθεί από την ηλεκτρονική μετατροπή.

- Η αβούρτσιστη κατασκευή έχει τα προφανή πλεονεκτήματα.

1.5 Μειονεκτήματα των μηχανών stepper

- Έχουν τη χαμηλή ικανότητα ροπής (χαρακτηριστικά λιγότερο από 2.000 oz-μέσα) έναντι των ΣΥΝΕΧΩΝ μηχανών.
- Έχουν περιορίσει την ταχύτητα (που περιορίζεται από την ικανότητα ροπής και με τον σφυγμό-απώλεια των προβλημάτων λόγω των ελαττωματικών συστημάτων μεταγωγής και των κυκλωμάτων κίνησης).
- Τα μεγάλα λάθη και οι ταλαντώσεις μπορούν να οδηγήσουν, όταν λείπουν, έναν σφυγμό υπό open-loop έλεγχο.
- Έχουν τα υψηλά επίπεδα δόνησης λόγω της σταδιακής κίνησης.



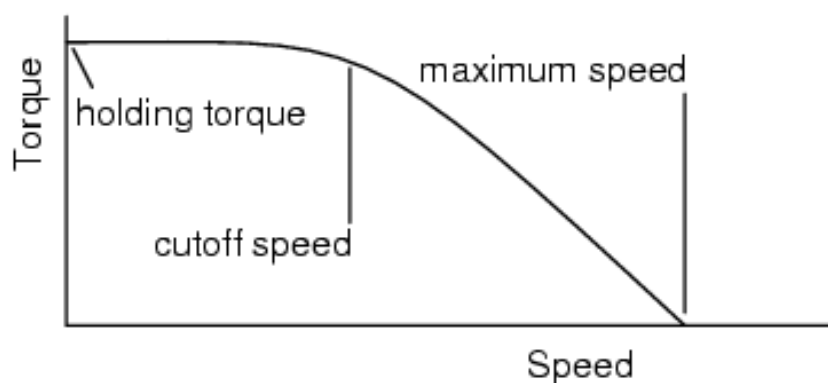
Σχήμα 1.5: Άποψη ενός υβριδικού 5 φάσεων stepping motor.

1.6 Χαρακτηριστικά

Οι βηματικοί κινητήρες είναι τραχιές και ανέξοδες επειδή ο στροφέας δεν περιέχει κανένα δαχτυλίδι ολίσθησης ή το μεταγωγό. Ο στροφέας είναι ένα κυλινδρικό στερεό, το οποίο μπορεί επίσης να έχει είτε τους εμφανείς πόλους είτε τα λεπτά δόντια. Τις περισσότερες φορές ο στροφέας είναι ένας μόνιμος μαγνήτης. Καθορίστε ότι ο στροφέας είναι ένας μόνιμος μαγνήτης, η περιστροφή χεριών που παρουσιάζει ροπή ανασχετικών συσκευών, παλμοί ροπής. Οι σπείρες των βηματικών κινητήρων μέσα σε έναν

τοποθετημένο σε στρώματα στάτη, μπορεί να συσσωρεύσει την κατασκευή. Μπορούν να υπάρξουν μόνο δύο φάσεις τυλίγματος ή τόσο πολλοί όπως πέντε. Αυτές οι φάσεις χωρίζουν συχνά σε ζευγάρια. Κατά συνέπεια, ένας βηματικός κινητήρας 4 πόλων μπορεί να αποτελείται από δύο φάσεις από τα ευθύγραμμα ζευγάρια χωρισμένο κατά διαστήματα πόλοι 90ο χώρια. Μπορούν επίσης να υπάρξουν πολλαπλάσια ζευγάρια πόλων ανά φάση. Παραδείγματος χάριν κινητήρας 12 πόλων έχει 6 ζευγάρια των πόλων, τρία ζευγάρια ανά φάση.

Δεδομένου ότι οι βηματικοί κινητήρες δεν περιστρέφονται απαραίτητως συνεχώς, δεν υπάρχει καμία εκτίμηση ιπποδύναμης. Εάν περιστρέφονται συνεχώς, δεν πλησιάζουν ακόμη και μια υπο-κλασματική εκτιμημένη HP ικανότητα. Είναι αληθινά μικρές χαμηλής ισχύος συσκευές έναντι άλλων μηχανών. Έχουν τις εκτιμήσεις ροπής σε χίλια -oz (ίντσα-ουγγιές) ή δέκα NM (Newton-μετρητές) για μια μονάδα μεγέθους 4k. Μικροκινητήρας μεγέθους «δεκάρων» έχει μια ροπή μιας εκατοστής ενός Newton-μετρητή ή μερικών ίντσών-ουγγιών. Οι περισσότεροι κινητήρες είναι μερικές ίντσες στη διάμετρο με ένα μέρος μιας ροπής NM ή μερικά -oz. Η ροπή διαθέσιμη είναι μια λειτουργία της ταχύτητας μηχανών, της αδράνειας φορτίων, της ροπής φορτίων, και της ηλεκτρονικής κίνησης όπως διευκρινίζεται στην ταχύτητα εναντίον της καμπύλης ροπής. (Σχήμα 1.6) ενεργοποιημένη, κρατώντας stepper έχει μια σχετικά υψηλή εκτίμηση ροπής εκμετάλλευσης. Υπάρχει λιγότερη ροπή διαθέσιμη για μια τρέχοντας μηχανή, που μειώνεται σε μηδέν σε κάποια υψηλή ταχύτητα. Αυτή η ταχύτητα δεν οφείλεται συχνά εφικτός στη μηχανική αντήρηση του συνδυασμού φορτίων μηχανών.



Σχήμα 1.6: Stepper χαρακτηριστικά ταχύτητας.

Οι βηματικοί κινητήρες κινούν ένα βήμα τη φορά, τη γωνία βημάτων, όταν αλλάζουν τα κυματοειδή κίνησης. Η γωνία βημάτων συσχετίζεται με τις λεπτομέρειες κατασκευής μηχανών: αριθμός σπειρών, αριθμός πόλων και αριθμός δοντιών. Μπορεί να είναι από 90° σε 0.75° , αντίστοιχος σε 4 έως 500 βήματα ανά επανάσταση. Η ηλεκτρονική κίνηση μπορεί να διχοτομήσει τη γωνία βημάτων με την κίνηση του στροφέα στα μισό-βήματα.

Οι κινητήρες δεν μπορούν να επιτύχουν τις ταχύτητες στην καμπύλη ροπής ταχύτητας στιγμιαία. Η μέγιστη συχνότητα έναρξης είναι το υψηλότερο ποσοστό στο οποίο σταματημένο και εκφορτωμένο κινητήρα μπορεί να αρχίσει. Οποιοδήποτε φορτίο θα καταστήσει αυτήν την παράμετρο ανέφικτη. Στην πράξη, το ποσοστό βημάτων είναι ramped επάνω κατά τη διάρκεια να αρχίσει από αρκετά κάτω από τη μέγιστη συχνότητα έναρξης. Κατά την παύση ενός βηματικού κινητήρα, το ποσοστό βημάτων μπορεί να μειωθεί πριν σταματήσει.

Η μέγιστη ροπή στην οποία ο κινητήρας μπορεί να αρχίσει και να σταματήσει είναι τράβηγμα-μέσα και κλείνει. Αυτό το φορτίο ροπής κινητήρα οφείλεται στα της τριβής (φρένο) και αδρανή φορτία (σφονδύλων) στον άξονα μηχανών. Μόλις η μηχανή ξεκινήσει μέχρι την ταχύτητα pull-out, η ροπή είναι η μέγιστη βιώσιμη ροπή χωρίς απώλεια των βημάτων.

Υπάρχουν τρεις τύποι βηματικών κινητήρων κατά σειρά την αυξανόμενη πολυπλοκότητα: μεταβλητή απροθυμία, μόνιμος μαγνήτης, και υβρίδιο. Μεταβλητός κινητήρας απροθυμίας έχει το στερεό μαλακό στροφέα χάλυβα του s με τους εμφανείς πόλους. Μόνιμο stepper μαγνητών έχει έναν κυλινδρικό μόνιμο στροφέα μαγνητών. Υβριδικό stepper προσθέτει τα μαλακά δόντια χάλυβα στο μόνιμο στροφέα μαγνητών για μια μικρότερη γωνία βημάτων.

2^ο ΚΕΦΑΛΑΙΟ

“ΒΗΜΑΤΙΚΟΙ ΚΙΝΗΤΗΡΕΣ”

2.1 Βασικά χαρακτηριστικά βηματικών κινητήρων

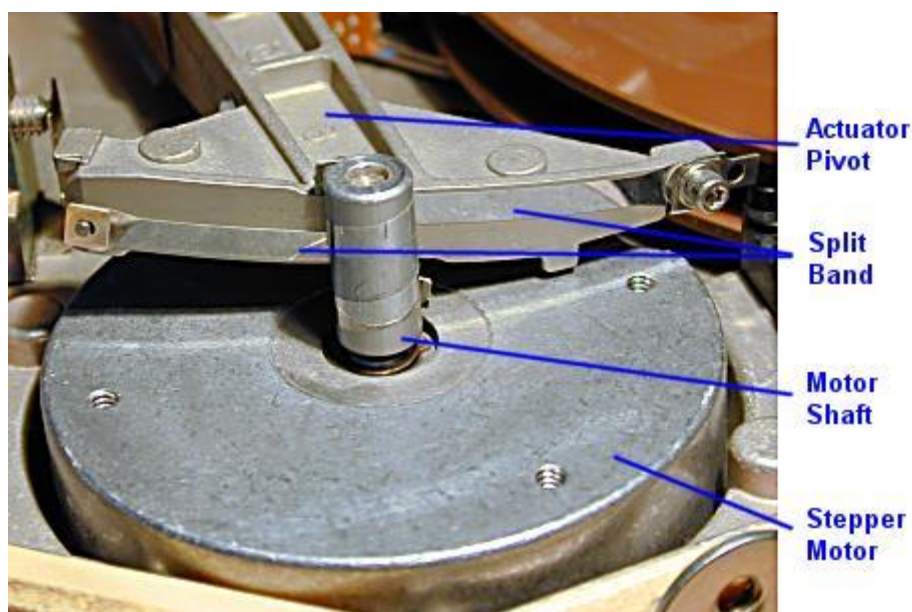
Οι βηματικοί κινητήρες μπορούν να βρεθούν σχεδόν οπουδήποτε. Οι περισσότεροι από μας τους χρησιμοποιούν καθημερινά χωρίς ακόμη και να πραγματοποιήσουν το. Για παράδειγμα, κινήσεις δίσκων, εκτυπωτές, robot, σημεία μετρητών, εργαλεία μηχανών, CD, κόπτες σχεδιαγράμματος, σχεδιαστές και πολύ περισσότερο. Αντίθετα από άλλες ηλεκτρικές μηχανές δεν περιστρέφονται απλά ανάβουν. Κάθε επανάσταση διαιρείται σε διάφορα βήματα (χαρακτηριστικά 200) και στη μηχανή πρέπει να σταλεί ένα χωριστό σήμα για κάθε βήμα. Μπορεί μόνο να πάρει ένα βήμα τη φορά και κάθε βήμα είναι το ίδιο μέγεθος, κατά συνέπεια οι μηχανές βημάτων μπορούν να θεωρηθούν ψηφιακή συσκευή.

- Αυτοκίνητα και αεροσκάφη: οι βηματικοί κινητήρες επιτρέπουν στα αυτοκίνητα, SUV και RV να λαμβάνουν τα σήματα τηλεπικοινωνιών. Οι βηματικοί κινητήρες χρησιμοποιούνται επίσης για το cruise control, στρατιωτικά positioners κεραιών, τις αυτοματοποιημένες αισθανόμενες συσκευές, και τις αυτοματοποιημένες φωτογραφικές μηχανές. Στα αεροσκάφη, οι βηματικοί κινητήρες χρησιμοποιούνται στα όργανα αεροσκαφών, αισθανόμενες συσκευές, κεραίες, εξοπλισμός ανίχνευσης.

Ένα σύστημα ελέγχου αεροσκαφών περιλαμβάνει έναν κυβερνήτη προωστήρων στον οποίο ένας βηματικός κινητήρας χρησιμοποιείται για να εφαρμόσει μια δύναμη συμπίεσης σε ένα ελατήριο speeder, και έναν στροβιλοσυμπιεστή στους οποίους ένας βηματικός κινητήρας χρησιμοποιείται για να ωθήσει μια βαλβίδα βελόνων που συνδέεται με ένα κύτταρο διαφραγμάτων. Μια ηλεκτρονική μονάδα ελέγχου μπορεί να χρησιμοποιηθεί για να ελέγξει τη stepper μηχανή στον κυβερνήτη προωστήρων και το βηματικό κινητήρα στο στροβιλοσυμπιεστή. Η ένταξη του κυβερνήτη προωστήρων και του στροβιλοσυμπιεστή σε ένα ενιαίο σύστημα ελέγχου μειώνει τον αριθμό μεμονωμένων ρυθμίσεων που πρέπει να εκτελεστούν με το χέρι από τον πιλότο.

- Εξοπλισμός γραφείων: Οι βηματικοί κινητήρες ενσωματώνονται μέσα στο PC στον εξοπλισμό ανίχνευσης, κινήσεις ταινιών αποθήκευσης στοιχείων, οπτικός επικεφαλής οδηγώντας μηχανισμός μονάδας δίσκου, εκτυπωτές, εκτυπωτές γραμμοτών κωδικών, ανιχνευτές.

Κίνηση σκληρών δίσκων: Αρχικά, οι κινήσεις σκληρών δίσκων χρησιμοποίησαν ένα βηματικό κινητήρα για να ελέγξουν τη μετακίνηση των κεφαλιών πέρα από την επιφάνεια platters. Μια κανονική μηχανή γυρίζει σε μια περιστροφική μόδα συνεχώς μπορεί να σταματήσει σε οποιοδήποτε σημείο στην περιστροφή του καθώς περιστρέφει γύρω, είδος ομοειδούς από δεύτερο χέρι σε έναν μηχανισμό κουρδίσματος wristwatch. Ένας βηματικός κινητήρας μπορεί μόνο να σταματήσει σε προκαθορισμένα 'steps' καθώς γυρίζει γύρω, με τέτοιο τρόπο που από δεύτερο χέρι ανοίγει έναν ηλεκτρονικό, χαλαζίας wristwatch. Ένας σκληρός δίσκος που χρησιμοποιεί ένα βηματικό κινητήρα για έναν ενεργοποιητή να συνδέει τα όπλα με τη μηχανή και κάθε φορά που κινούνται τα βήματα μηχανών σε μια θέση δεξιόστροφα ή αντίθετα προς τη φορά των δεικτών του ρολογιού. Κάθε θέση καθορίζει μια διαδρομή στην επιφάνεια του δίσκου. Οι βηματικοί κινητήρες επίσης συνήθως χρησιμοποιούνται και για τη στροφή του άξονα και για τον προσδιορισμό θέσης του κεφαλιού στις πλαδαρές μονάδες δίσκου. Στον αριθμό 2.1.1 παρουσιάζεται βηματικός κινητήρας που χρησιμοποιείται στην κίνηση σκληρών δίσκων.



Σχήμα 2.1: Βηματικός κινητήρας που χρησιμοποιείται στην κίνηση σκληρών δίσκων.

- Ιατρικός: Οι μηχανές βημάτων χρησιμοποιούνται μέσα στους ιατρικούς ανιχνευτές, το multi-axis stepper έλεγχο για κινήσεις μηχανών μικροσκοπικών ή nanoscopic των αυτοματοποιημένων συσκευών, των αντλιών διανομής, των δειγματοληπτικών συσκευών, και των αυτόματος-εγχυτήρων χρωματογράφων. Επίσης βρήκε την εσωτερική ψηφιακή οδοντική φωτογραφία, τις ρευστές αντλίες, τις αναπνευστικές συσκευές, και τα μηχανήματα ανάλυσης αίματος.
- Βιομηχανικές μηχανές: οι βηματικοί κινητήρες χρησιμοποιούνται στους αυτοκίνητους μετρητές, η μηχανή που σχεδιάζει τον αυτοματοποιημένο εξοπλισμό παραγωγής και επίσης μέσα τοποθετεί όπισθεν τις εξαρτήσεις [stepper ελεγκτές και μηχανές μηχανών] για CNC τον έλεγχο μηχανών.
- Επιστημονική ενοργάνωση: Επιστημονικός εξοπλισμός Spectographs, προσδιορισμός θέσης τηλεσκοπίων παρατηρητήριων.
- Καταναλωτής ηλεκτρονικός: βηματικούς κινητήρες στις φωτογραφικές μηχανές για την αυτόματη ψηφιακή κάμερα (λειτουργίες εστίασης και ζουμ). Βηματικοί κινητήρες ως ενεργοποιητές για τις κινητές ενότητες τηλεφωνικών φωτογραφικών μηχανών.
- Χημική ουσία: Συσκευές μίξης και δειγματοληψίας που χρησιμοποιούν stepper τους ελεγκτές μηχανών και τον ενιαίο/πολύ stepper άξονα εξοπλισμό δοκιμής μηχανών ελεγχόμενο περιβαλλοντικό.
- Ασφάλεια: Νέα προϊόντα επιτήρησης για τη βιομηχανία ασφάλειας.
- Βιομηχανία τυχερού παιχνιδιού: Οι βηματικοί κινητήρες χρησιμοποιούνται στις μηχανές που τροφοδοτούν τα μηχανήματα τυχερών παιχνιδιών με κέρματα, τους κλώστες ροδών και τα shufflers καρτών.

Μηχάνημα τυχερών παιχνιδιών με κέρματα τύπων εξέλκτρων: Ένα μηχανήματα τυχερών παιχνιδιών με κέρματα εξέλκτρο-τύπων περιλαμβάνει ένα προσανατολισμένο προς το μικροεπεξεργαστή κύκλωμα ελέγχου παιχνιδιών για τυχαία να καθορίσει αποτέλεσμα παιχνιδιών και τρεις συνελεύσεις εξέλκτρων κάθε μια συμπεριλαμβανομένου ενός σύμβολο-φέροντος εξέλκτρου που οδηγείται από ένα βηματικό κινητήρα για την επίδειξη των αποτελεσμάτων παιχνιδιών. Οι βηματικοί κινητήρες κάθε μια περιλαμβάνουν μόνιμων περιελίξεων στροφών μαγνητών και τεσσάρων στατών που ανταποκρίνονται στα σήματα κίνησης μηχανών φάσης τετραγωνισμού που παράγονται από το κύκλωμα ελέγχου παιχνιδιών για να περιστραφούν επαυξητικά τα εξέλκτρα. Ελεγκτικό EMF αισθήσεων κυκλωμάτων κινήσεων εξέλκτρων πίσω σε κάθε στάτη που τυλίγει για να παραγάγει ένα

σήμα λάθους που εμποδίζει το παιχνίδι σε περίπτωση που μια μηχανή αποτυγχάνει να ανταποκριθεί σε ένα εφαρμοσμένο σήμα κίνησης ή ένα εξέλικτρο.

Στην εικόνα 2.2 παρουσιάζονται μερικά δείγματα εφαρμογών στους βηματικούς κινητήρες.

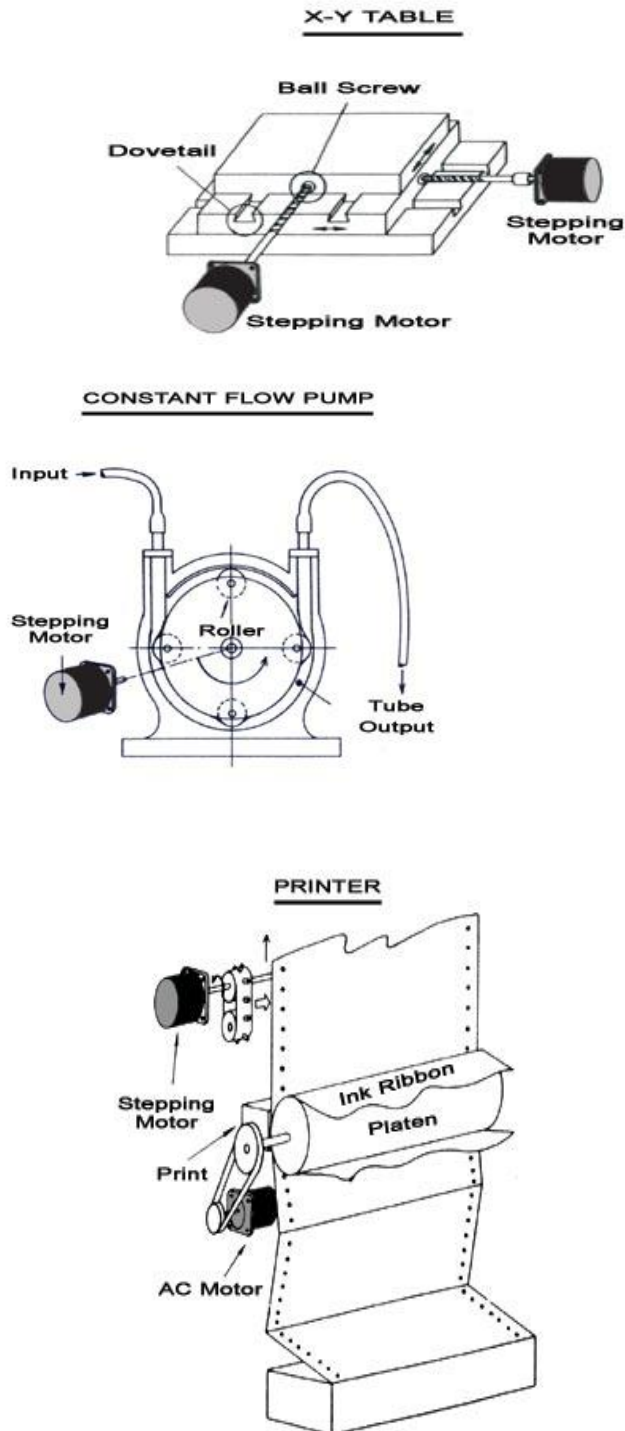
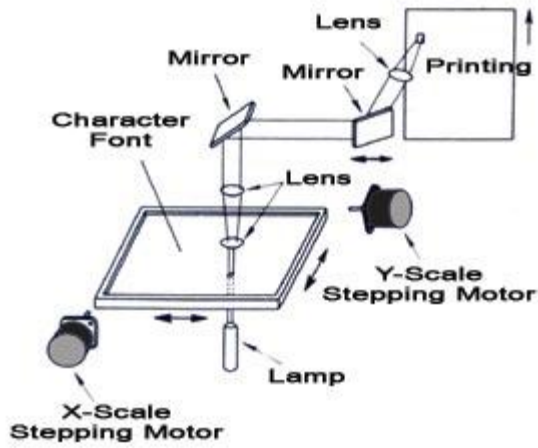
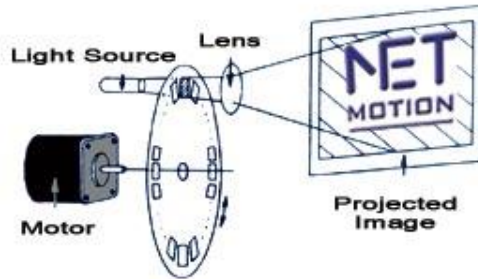


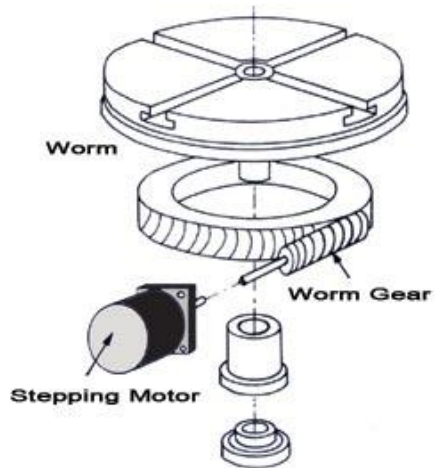
PHOTO TYPESETTING

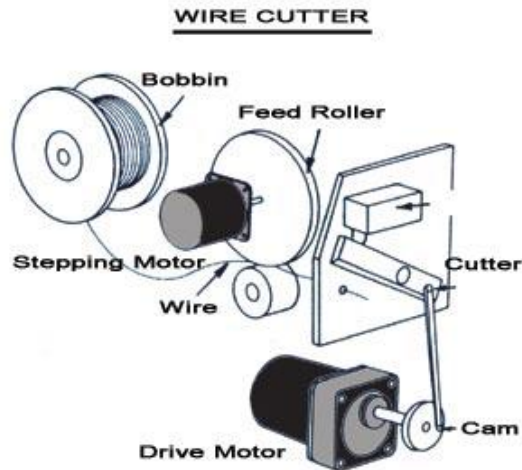


PROJECTOR



INDEX TABLE

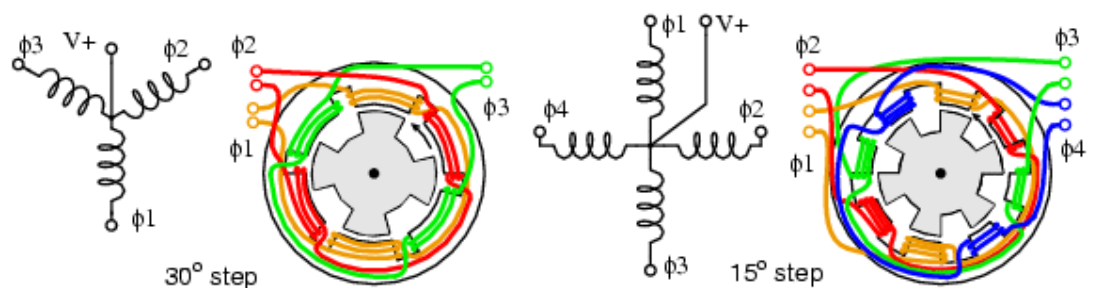




Σχήμα 2.2: Εφαρμογές δειγμάτων βηματικών κινητήρων.

2.2 Μεταβλητός βηματικός κινητήρας απροθυμίας.

Ένας βηματικός κινητήρας απροθυμίας στηρίζεται επάνω στη μαγνητική ροή επιδιώκοντας τη χαμηλότερη πορεία απροθυμίας μέσω ενός μαγνητικού κυκλώματος. Αυτό σημαίνει ότι ένας ακανόνιστα διαμορφωμένος μαλακός μαγνητικός στροφέας θα κινηθεί για να ολοκληρώσει ένα μαγνητικό κύκλωμα, που ελαχιστοποιεί το μήκος οποιουδήποτε υψηλού κενού αέρα απροθυμίας. Ο στάτης χαρακτηριστικά διανέμει περιελίξεις τρεις μεταξύ των ζευγαριών πόλων, ο στροφέας τέσσερα εμφανείς πόλους, που παράγουν μια 30° γωνία βημάτων. Στο σχήμα 2.3 αποσυνδεδεμένο stepper χωρίς τη ροπή ανασχετικών συσκευών όταν το χέρι που περιστρέφεται είναι ευπροσδίοριστο ως μεταβλητό stepper τύπων απροθυμίας.



Σχήμα 2.3: Τριφασικές και τέσσερις stepper απροθυμίας φάσης μεταβλητές μηχανές.

Τα κυματοειδή κίνησης για stepper 3φ μπορούν να δουν στο τμήμα «μηχανών απροθυμίας». Η κίνηση για stepper 4φ παρουσιάζεται στον αριθμό κατωτέρω. Διαδοχικά για να μεταστρέψει τις φάσεις στατών παράγει ένα περιστρεφόμενο μαγνητικό πεδίο που ο στροφέας ακολουθεί. Εντούτοις, λόγω του μικρότερου αριθμού πόλων στροφέων, ο στροφέας κινείται λιγότερο από τη γωνία στατών για κάθε βήμα. Για ένα μεταβλητό βηματικό κινητήρα απροθυμίας, η γωνία βημάτων δίνεται από:

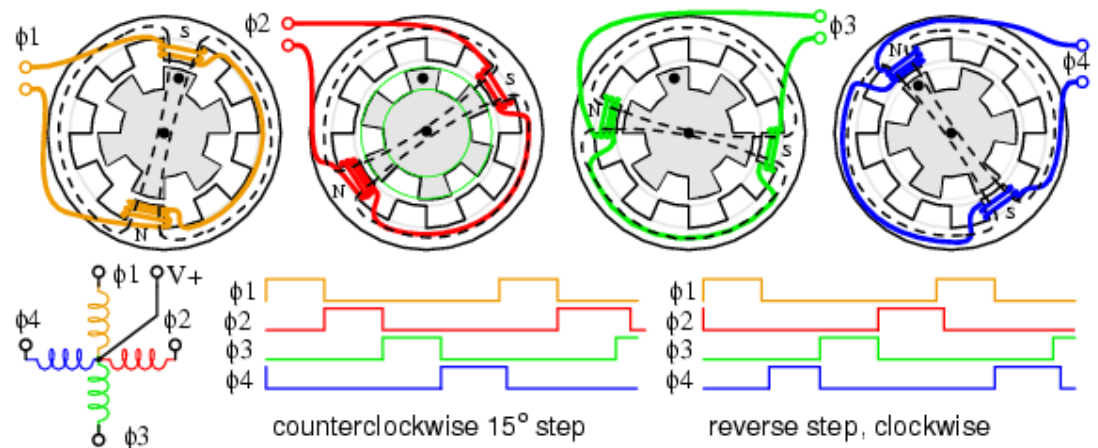
$$\Theta_S = 360^\circ / NS$$

$$\Theta_R = 360^\circ / NR$$

$$\Theta_{ST} = \Theta_R - \Theta_S$$

όπου: Θ_S = γωνία στατών, Θ_R = γωνία στροφέων, Θ_{ST} = γωνία βημάτων

NS = πόλοι στατών αριθμού, NR = πόλοι στροφέων αριθμού

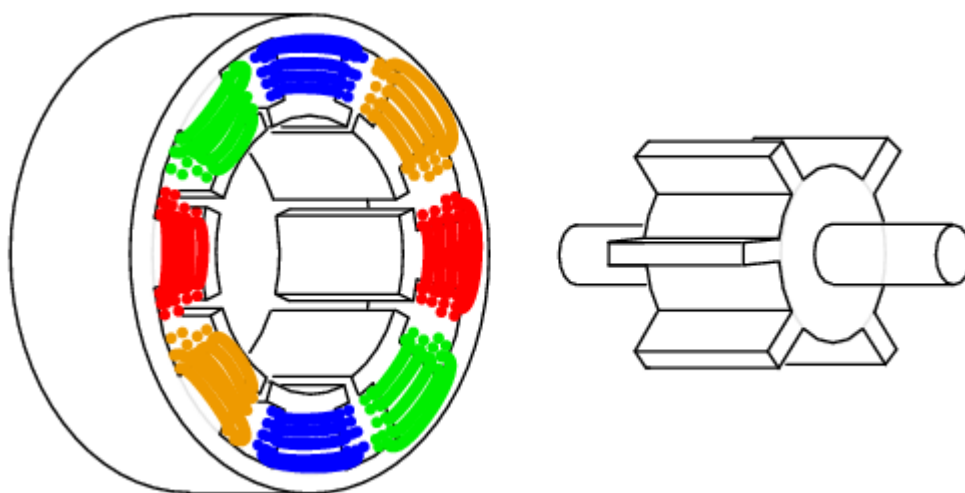


Σχήμα 2.4: Stepping ακολουθία για μεταβλητό stepper απροθυμίας.

Στο σχήμα 2.4, που κινείται από 1φ προς 2φ, κ.λπ., το μαγνητικό πεδίο στατών περιστρέφεται δεξιόστροφα. Ο στροφέας κινείται αντίθετα προς τη φορά των δεικτών του ρολογιού (CCW). Σημείωση τι δεν συμβαίνει! Το διαστιγμένο δόντι στροφέων δεν κινείται προς το επόμενο δόντι στατών. Αντ' αυτού, ο 2φ τομέας στατών προσελκύει ένα διαφορετικό δόντι στην κίνηση του στροφέα CCW, ο οποίος είναι μια μικρότερη γωνία (15°) από τη γωνία στατών 30° . Η γωνία δοντιών στροφέων 45° εισάγεται στον υπολογισμό από την ανωτέρω εξίσωση. Ο στροφέας κίνησε CCW προς το επόμενο δόντι στροφέων 45° , αλλά ευθυγραμμίζει με ένα CW από 30° το δόντι στατών. Κατά συνέπεια, η πραγματική γωνία βημάτων είναι η διαφορά μεταξύ μιας γωνίας στατών 45° και μιας γωνίας στροφέων 30° . Πόσο μακριά θα περιστρεφόταν εάν ο στροφέας και ο στάτης είχαν τον ίδιο αριθμό δοντιών; Μηδέν.

Αρχικοί σε στάση με τη φάση 1φ που ενεργοποιείται, τρεις σφυγμοί απαιτούνται (2φ, 3φ, 4φ) για να ευθυγραμμίσουν το «διαστιγμένο» δόντι στροφέων στο επόμενο δόντι στατών CCW, το οποίο είναι 45° . Με 3 σφυγμούς ανά δόντι στατών και 8 στάτη τα δόντια, 24 σφυγμοί ή βήματα κινούν το στροφέα μέσω 360° .

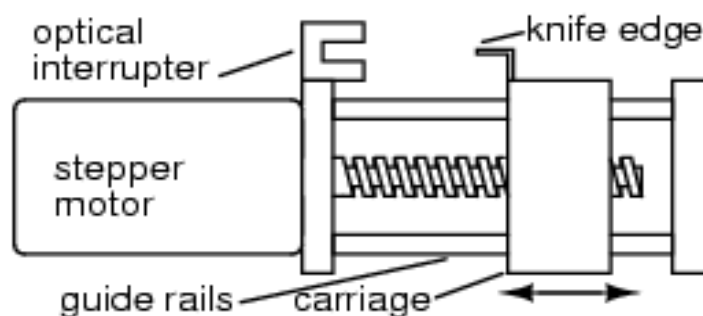
Με την αντιστροφή της ακολουθίας σφυγμών, η κατεύθυνση της περιστροφής αντιστρέφεται επάνω από το δικαίωμα. Η κατεύθυνση, το ποσοστό βημάτων, και ο αριθμός βημάτων ελέγχονται από έναν stepper ελεγκτή μηχανών που ταΐζει έναν οδηγό ή έναν ενισχυτή. Αυτό θα μπορούσε να συνδυαστεί σε έναν ενιαίο πίνακα κυκλωμάτων. Ο ελεγκτής θα μπορούσε να είναι ένας μικροεπεξεργαστής ή ένα εξειδικευμένο ολοκληρωμένο κύκλωμα. Ο οδηγός δεν είναι ένας γραμμικός ενισχυτής, αλλά ένας απλός on-off διακόπτης ικανός αρκετά υψηλού τρέχοντος για να ενεργοποιήσει stepper. Σε γενικές γραμμές, ο οδηγός θα μπορούσε να είναι ένας ηλεκτρονόμος ή ακόμα και ένας διακόπτης αναστροφής για κάθε φάση. Στην πράξη, ο οδηγός είναι είτε ιδιαίτεροι διακόπτες κρυσταλλολυχνιών είτε ένα ολοκληρωμένο κύκλωμα. Και ο οδηγός και ο ελεγκτής μπορούν να συνδυαστούν σε ένα ενιαίο ολοκληρωμένο κύκλωμα δεχόμενος έναν σφυγμό εντολής και βημάτων κατεύθυνσης με ρεύμα αποτελεσμάτων στις κατάλληλες φάσεις στη σειρά.



Σχήμα 2.5: Μεταβλητός βηματικός κινητήρας απροθυμίας.

Αποσυνθέστε stepper απροθυμίας για να δείτε τα εσωτερικά συστατικά. Διαφορετικά, παρουσιάζουμε εσωτερική κατασκευή με μεταβλητό βηματικό κινητήρα μιας απροθυμίας στο σχήμα 2.5. Ο στροφέας έχει τους προεξέχοντες πόλους έτσι ώστε μπορούν

να προσελκυστούν στον περιστρεφόμενο τομέα στατών καθώς μεταστρέφεται. Μια πραγματική μηχανή είναι πολύ μακρύτερη από την απλουστευμένη απεικόνισή μας.



Σχήμα 2.6: Μεταβλητό stepper απροθυμίας οδηγεί τη βίδα μολύβδου.

Ο άξονας εγκαθίσταται συχνά με μια βίδα κίνησης. (Σχήμα 2.6) αυτό μπορεί να κινήσει τα κεφάλια μιας πλαδαρής κίνησης επάνω στην εντολή από τον ελεγκτή πλαδαρής κίνησης.

Οι μεταβλητοί βηματικοί κινητήρες απροθυμίας εφαρμόζονται όταν μόνο απαιτείται ένα μέτριο επίπεδο ροπής και μια χονδροειδής γωνία βημάτων είναι επαρκής. Μια κίνηση βιδών, όπως χρησιμοποιείται σε μια πλαδαρή μονάδα δίσκου είναι μια τέτοια εφαρμογή όταν ο ελεγκτής δύναμη-επάνω, αυτό δεν ξέρει τη θέση της μεταφοράς. Εντούτοις, μπορεί να οδηγήσει τη μεταφορά προς τον οπτικό διακόπτη, που βαθμολογεί τη θέση στην οποία η κόχη κόβει το διακόπτη ως «σπίτι». Ο ελεγκτής μετρά τους σφυγμούς βημάτων από αυτήν την θέση. Εφ' όσον δεν υπερβαίνει η ροπή φορτίων τη ροπή μηχανών, ο ελεγκτής ξέρει τη θέση μεταφορών.

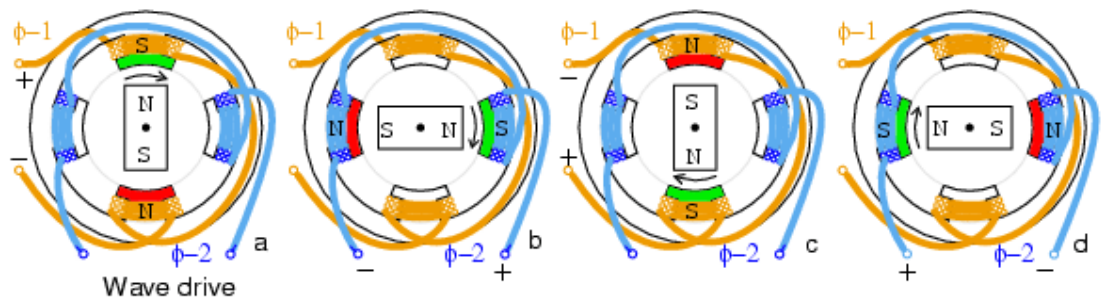
2.3 Μόνιμος βηματικός κινητήρας μαγνητών

Ένας βηματικός κινητήρας μαγνητών έχει έναν κυλινδρικό μόνιμο στροφέα μαγνητών. Ο στάτης έχει συνήθως δύο περιελίξεις. Περιελίξεις θα πρέπει να είναι στο κέντρο που τρυπήθηκε ώστε να επιτρέψει ένα unipolar κύκλωμα οδηγών, όπου την πολικότητα του μαγνητικού πεδίου αλλάζουν με την αλλαγή μιας τάσης από ένα τέλος σε άλλο του τυλίγματος. Μια διπολική κίνηση της εναλλασσόμενης πολικότητας απαιτείται περιελίξεις δύναμης χωρίς την κεντρική βρύση. Καθαρό μόνιμο stepper μαγνητών έχει συνήθως μια μεγάλη γωνία βημάτων. Η περιστροφή του άξονα μιας αποσυνδεδεμένης μηχανής εκθέτει τη ροπή ανασχετικών συσκευών. Εάν η γωνία ανασχετικών συσκευών είναι

μεγάλη, για παράδειγμα 7.5° 90° , είναι πιθανώς μόνιμο stepper μαγνητών παρά υβριδικό stepper.

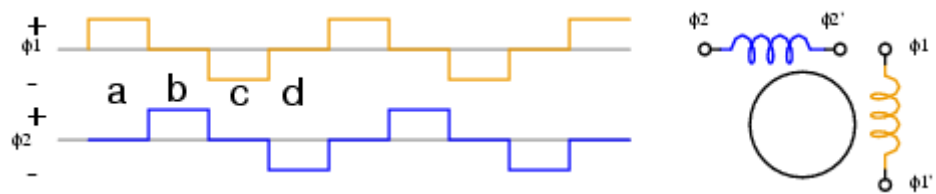
Οι μόνιμοι βηματικοί κινητήρες μαγνητών απαιτούν τα συγχρονισμένα εναλλασσόμενα ρεύματα που εφαρμόζονται (ή περισσότερο) δύο περιελίξεις. Στην πράξη, αυτά είναι σχεδόν πάντα τετραγωνικά κύματα που παράγονται από το συνεχές ρεύμα από τη στερεάς κατάστασης ηλεκτρονική. Η διπολική κίνηση είναι τετραγωνικά κύματα που εναλλάσσονται μεταξύ (+) και (-) οι πολικότητες, για παράδειγμα, +2.5V στην κίνηση - 2.5V. Unipolar παρέχουν το α (+) και (-) την εναλλασσόμενη μαγνητική ροή στις σπείρες που αναπτύσσονται από ένα ζευγάρι των θετικών τετραγωνικών κυμάτων που εφαρμόζονται στα αντίθετα άκρα μιας τρυπημένης κέντρο σπείρας. Ο συγχρονισμός του διπολικού ή unipolar κύματος είναι κίνηση κυμάτων, πλήρες βήμα, ή μισό βήμα.

2.4 Κίνηση κυμάτων



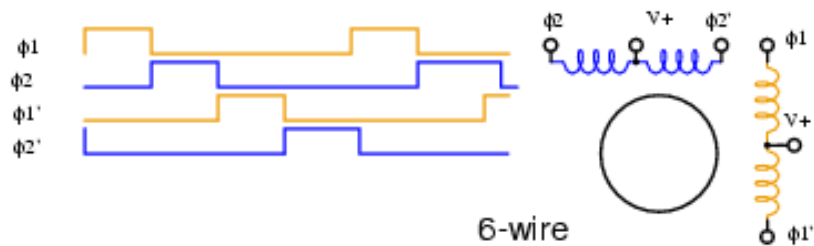
Σχήμα 2.7: Ακολουθία κίνησης κυμάτων PM (α) $\phi 1+$, (β) $\phi 2+$, (γ) $\phi 1-$, (δ) $\phi 2-$.

Εννοιολογικά, η απλούστερη κίνηση είναι κίνηση κυμάτων. (Σχήμα 2.8) η ακολουθία περιστροφής που αφήνεται για να διορθώσει είναι θετικός $\phi-1$ βόρειος πόλος στροφών σημείων επάνω, (+) ο βορράς στροφών $\phi-2$ σημείων σωστό, αρνητικό $\phi-1$ προσελκύει το βορρά στροφών κάτω, (-) στροφέας $\phi-2$ σημείων που αφήνεται. Τα κυματοειδή κίνησης κυμάτων κατωτέρω δείχνουν ότι μόνο μια σπείρα ενεργοποιείται σε έναν χρόνο. Ενώ απλά, αυτό δεν παράγει τόση ροπή όπως άλλες τεχνικές κίνησης.



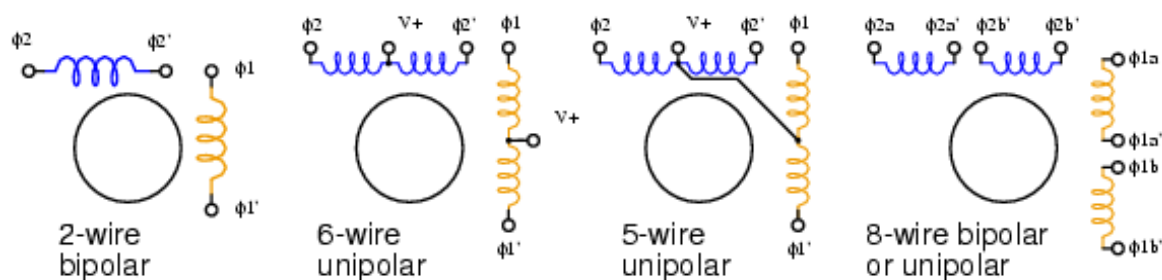
Σχήμα 2.8: Κυματοειδή: διπολική κίνηση κυμάτων.

Τα κυματοειδή (σχήμα 2.3.2) είναι διπολικά επειδή και οι δύο πολικότητες, (+) και (-) οδηγούν το stepper. Το μαγνητικό πεδίο σπειρών αντιστρέφει επειδή η πολικότητα του ρεύματος κίνησης αντιστρέφει.



Σχήμα 2.9: Κυματοειδή: unipolar κίνηση κυμάτων.

Τα (σχήμα 2.9) κυματοειδή είναι unipolar επειδή μόνο μια πολικότητα απαιτείται. Αυτό απλοποιεί την ηλεκτρονική κίνηση, αλλά απαιτεί δύο φορές τόσο πολλούς οδηγούς. Υπάρχουν δύο φορές τόσο πολλά κυματοειδή επειδή ένα ζευγάρι (+) των κυμάτων απαιτείται για να παραγάγει ένα εναλλασσόμενο μαγνητικό πεδίο από την εφαρμογή στα αντίθετα άκρα μιας τρυπημένης κέντρο σπείρας. Η μηχανή απαιτεί τα μαγνητικά πεδία. Αυτοί μπορούν να παραχθούν από είτε τα unipolar είτε διπολικά κύματα. Εντούτοις, οι σπείρες μηχανών πρέπει να έχουν τις κεντρικές βρύσες για την unipolar κίνηση.



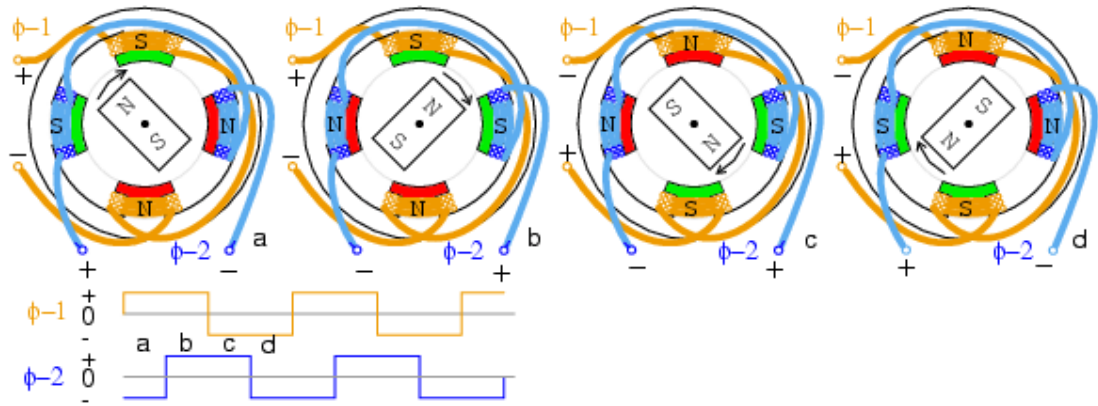
Σχήμα 2.10: Διαγράμματα καλωδίωσης βηματικών κινητήρων.

Η μηχανή 4 καλωδίων μπορεί μόνο να οδηγηθεί από τα διπολικά κυματοειδή. Η μηχανή 6 καλωδίων, η πιο κοινή ρύθμιση, προορίζεται για την unipolar κίνηση λόγω των κεντρικών βρυσών. Αν και, μπορεί να οδηγηθεί από τα διπολικά κύματα εάν οι κεντρικές βρύσες αγνοούνται. Η μηχανή 5 καλωδίων μπορεί μόνο να οδηγηθεί από τα unipolar κύματα, καθώς η κοινή κεντρική βρύση παρεμβαίνει εάν και οι δύο περιελίξεις ενεργοποιούνται ταυτόχρονα. Η διαμόρφωση 8 καλωδίων είναι σπάνια, αλλά παρέχει τη μέγιστη ευελιξία. Μπορεί να συνδεθεί με καλώδιο για την unipolar κίνηση όπως για τη μηχανή 6 καλωδίων ή 5 καλωδίων. Ένα ζευγάρι των σπειρών μπορεί να συνδεθεί σωρηδόν για τη διπολική χαμηλή τρέχουσα κίνηση υψηλής τάσης, ή παράλληλα για την υψηλής τάσης κίνηση χαμηλής τάσης.

Ένα bifilar τυλίγμα παράγεται με σπείρες με δύο καλώδια παράλληλα, συχνά ένα κόκκινο και πράσινο σματωμένο καλώδιο. Αυτή η μέθοδος παράγει τις ακριβείς αναλογίες στροφών 1:1 για τρυπημένο κέντρο περιελίξεων. Αυτή η μέθοδος τυλίγματος ισχύει σε όλη εκτός από τη ρύθμιση 4 καλωδίων ανωτέρω.

2.5 Πλήρης κίνηση βημάτων

Η πλήρης κίνηση βημάτων παρέχει περισσότερη ροπή από την κίνηση κυμάτων επειδή και οι δύο σπείρες ενεργοποιούνται συγχρόνως. Αυτό προσελκύει τους πόλους στροφών μεσοστρατίς μεταξύ των δύο πόλων τομέων. (Σχήμα 2.11)

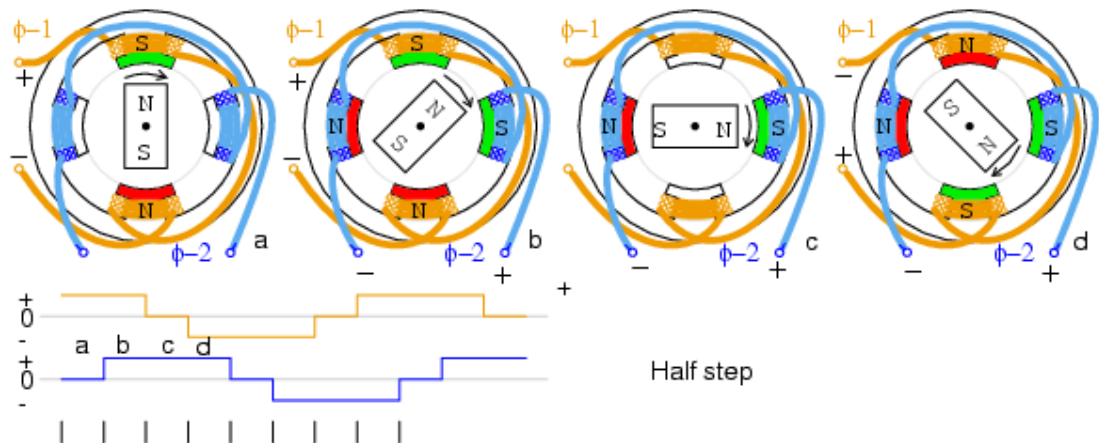


Σχήμα 2.11: Πλήρες βήμα, διπολική κίνηση.

Η πλήρης διπολική κίνηση βημάτων όπως φαίνεται στο σχήμα 2.3.6 έχει την ίδια γωνία βημάτων με την κίνηση κυμάτων. Η Unipolar κίνηση (που δεν παρουσιάζεται) θα απαιτούσε ένα ζευγάρι των unipolar κυματοειδών για κάθε ένα από τα ανωτέρω διπολικά κυματοειδή που εφαρμόζονται στις άκρες ενός τρυπημένου κέντρο τυλίγματος. Η Unipolar κίνηση χρησιμοποιεί ένα λιγότερο σύνθετο, λιγότερο ακριβό κύκλωμα οδηγών. Το συμπληρωματικό κόστος της διπολικής κίνησης δικαιολογείται όταν απαιτείται περισσότερη ροπή.

2.6 Μισή κίνηση βημάτων

Η γωνία βημάτων για μια δεδομένη γεωμετρία βηματικών κινητήρων κόβεται στο μισό με τη μισή κίνηση βημάτων. Αυτό αντιστοιχεί πάρα πολύ δύο φορές τόσο πολλοί σφυγμοί βημάτων ανά επανάσταση. Το μισό που περπατά παρέχει το μεγαλύτερο ψήφισμα στον προσδιορισμό θέσης του άξονα μηχανών (Σχήμα 2.12). Παραδείγματος χάριν, το μισό stepping που κινεί το κεφάλι τυπωμένων υλών πέρα από το έγγραφο ενός εκτυπωτή Inkjet θα διπλασίαζε την πυκνότητα σημείων.



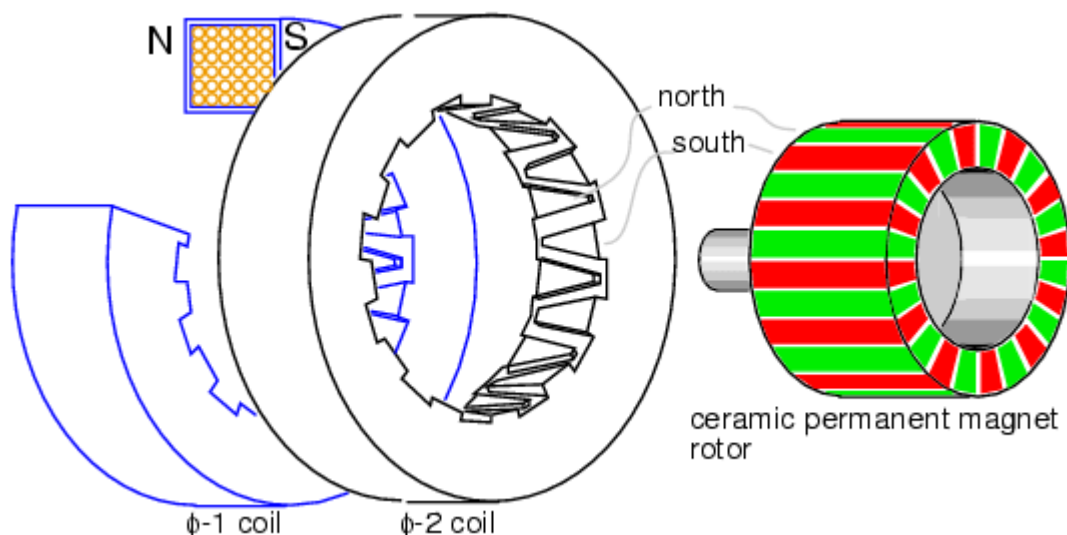
Σχήμα 2.12: Μισό βήμα, διπολική κίνηση.

Η μισή κίνηση βημάτων είναι ένας συνδυασμός κίνησης κυμάτων και πλήρους κίνησης βημάτων με το ένα τύλιγμα που ενεργοποιείται, που ακολουθείται και από τις δύο περιελίξεις που ενεργοποιείται, που παράγει δύο φορές τόσο πολλά βήματα. Τα unipolar κυματοειδή για τη μισή κίνηση βημάτων παρουσιάζονται ανωτέρω. Ο στροφέας ευθυγραμμίζει με τους πόλους τομέων όπως για την κίνηση κυμάτων και μεταξύ των πόλων όπως για την πλήρη κίνηση βημάτων.

Το micro-stepping είναι δυνατό με τους ειδικευμένους ελεγκτές. Με την ποικιλία των ρευμάτων περιελίξεις sinusoidally πολλά microp-steps μπορούν να παρεμβληθούν μεταξύ των κανονικών θέσεων.

2.7 Κατασκευή

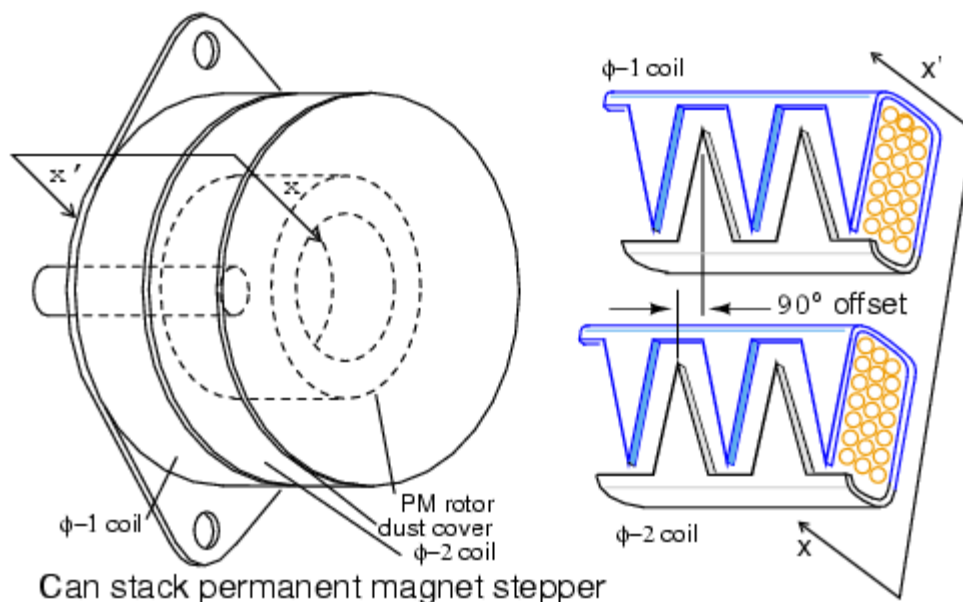
Η κατασκευή ενός μόνιμου βηματικού κινητήρα μαγνητών είναι αρκετά διαφορετική από τα σχέδια ανωτέρω. Είναι επιθυμητό να αυξηθεί ο αριθμός πόλων πέρα από αυτόν που διευκρινίζεται για να παραγάγει μια μικρότερη γωνία βημάτων. Είναι επίσης επιθυμητό να μειωθεί ο αριθμός περιελίξεων ή τουλάχιστον να μην αυξηθεί ο αριθμός περιελίξεων για την ευκολία της κατασκευής.



Σχήμα 2.13: Μόνιμος βηματικός κινητήρας μαγνητών, κατασκευή 24 πόλων.

Μόνιμο βηματικός κινητήρας μαγνητών (σχήμα 2.13) έχει μόνο δύο περιελίξεις όμως έχει 24 πόλους σε κάθε μια από δύο φάσεις. Αυτό το ύφος της κατασκευής είναι γνωστό όπως μπορεί να συσσωρευτεί. Ένα τύλιγμα φάσης είναι τυλιγμένο με ένα κοχύλι ήπιου χάλυβα, με τα δάχτυλα που παρουσιάζονται στο κέντρο. Μια φάση, σε παροδική βάση, θα έχει μια βόρεια πλευρά και μια νότια πλευρά. Κάθε πλευρά τυλίγει γύρω στο κέντρο doughnut με δώδεκα τα δάχτυλα για συνολικά 24 πόλους. Αυτά τα εναλλασσόμενα βορρά-νότου δάχτυλα θα προσελκύσουν το μόνιμο στροφέα μαγνητών. Εάν η πολικότητα της φάσης αντιστράφηκε, ο στροφέας θα πηδούσε $360^\circ/24 = 15^\circ$. Δεν ξέρουμε ποια κατεύθυνση θα πάρει, η οποία δεν είναι χρήσιμη. Εντούτοις, εάν ενεργοποιήσουμε φ-1 που ακολουθείται από φ-2, ο στροφέας θα κινήσει 7.5° επειδή τα φ-2 αντισταθμίζονται από 7.5° από φ-1. Δείτε κατωτέρω για το offset, και θα περιστραφεί σε μια αναπαραγωγίμη κατεύθυνση εάν οι φάσεις εναλλάσσονται. Η εφαρμογή οποιαδήποτε από τα ανωτέρω κυματοειδή θα περιστρέψει το μόνιμο στροφέα μαγνητών.

Σημειώστε ότι ο στροφέας είναι ένας γκριζός ferrite κεραμικός κύλινδρος που μαγνητίζεται στο σχέδιο 24 πόλων που παρουσιάζεται. Αυτό μπορεί να αντιμετωπισθεί με τις αρχειοθετήσεις ταινιών ή σιδήρου θεατών μαγνητών που εφαρμόζονται σε ένα τύλιγμα εγγράφου. Αν και τα χρώματα θα είναι πράσινα και για τους δύο πόλους Βορρά και Νότου με την ταινία.



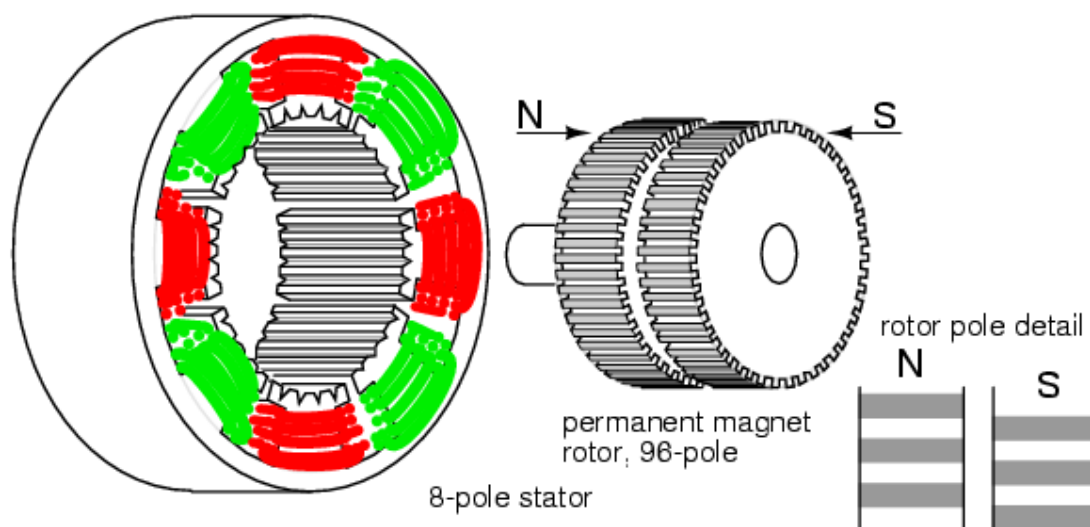
Σχήμα 2.14: (α) η εξωτερική άποψη μπορεί να συσσωρευθεί, (β) ο τομέας αντιστάθμιση τη λεπτομέρεια.

Η κατασκευή ύφους PM stepper είναι διακριτική και εύκολο να προσδιοριστεί από τα συσσωρευμένα «δοχεία». (Σχήμα 2.14) σημειώση το περιστροφικό offset μεταξύ των διφασικών τμημάτων. Αυτό είναι ένα κλειδί στην παραγωγή του στροφέα να ακολουθήσει τη μετατροπή των τομέων μεταξύ των δύο φάσεων.

2.8 Υβριδικός βηματικός κινητήρας

Ο υβριδικός βηματικός κινητήρας συνδυάζει τα χαρακτηριστικά γνωρίσματα και μεταβλητό stepper απροθυμίας και μόνιμο stepper μαγνητών για να παραγάγει μια μικρότερη γωνία βημάτων. Ο στροφέας είναι ένας κυλινδρικός μόνιμος μαγνήτης, που μαγνητίζεται κατά μήκος του άξονα με τα ακτινωτά μαλακά δόντια σιδήρου (αριθμός κατωτέρω). Οι σπείρες στατών στους εναλλασσόμενους πόλους με τα αντίστοιχα δόντια. Υπάρχουν χαρακτηριστικά δύο φάσεις τυλίγματος που διανέμονται μεταξύ των ζευγαριών πόλων. Αυτό το τύλιγμα να είναι κέντρο που τρυπιέται για την unipolar κίνηση. Η κεντρική βρύση επιτυγχάνεται με ένα bifilar τύλιγμα, ένα ζευγάρι των καλωδίων που τυλίγονται φυσικά παράλληλα, αλλά που συνδέονται με καλώδιο σωρηδόν. Οι βορρά-νότου πόλοι μιας

φάσης ανταλλάσσουν την πολικότητα όταν αντιστρέφεται το ρεύμα κίνησης φάσης. Η διπολική κίνηση απαιτείται για αναξιόπιστη περιέλιξη.



Σχήμα 2.15: Υβριδικός βηματικός κινητήρας.

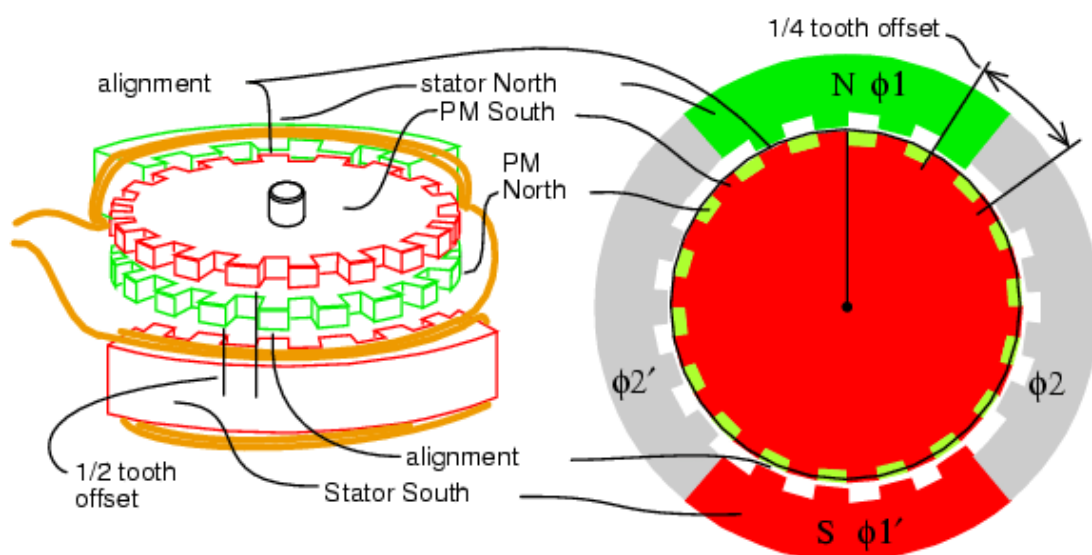
Σημειώστε ότι τα 48 δόντια σε ένα τμήμα στροφέων αντισταθμίζονται από μισή πίσσα. Δείτε τη λεπτομέρεια πόλων στροφέων ανωτέρω. Αυτό το offset δοντιών στροφέων παρουσιάζεται επίσης κατωτέρω. Λόγω αυτού του offset, ο στροφέας έχει αποτελεσματικά 96 πόλους της αντίθετης πολικότητας. Αυτό το offset επιτρέπει την περιστροφή στο $1/96$ δοντιών των βημάτων επαναστάσεων με την αντιστροφή της πολικότητας τομέων μιας φάσης. Διφασικές περιελίξεις είναι κοινό όπως παρουσιάζεται ανωτέρω και κατωτέρω. Αν και θα μπορούσαν να υπάρξουν τουλάχιστον πέντε φάσεις.

Τα δόντια στατών στους 8 πόλους αντιστοιχούν στα 48 δόντια στροφέων, εκτός από τα ελλείποντα δόντια στο διάστημα μεταξύ των πόλων. Κατά συνέπεια, ένας πόλος του στροφέα, λέει το νότιο Πολωνό, μπορεί να ευθυγραμμίσει με το στάτη σε 48 ευδιάκριτες θέσεις. Εντούτοις, τα δόντια του νότιου Πολωνού αντισταθμίζονται από τα βόρεια δόντια από μισό δόντι. Επομένως, ο στροφέας μπορεί να ευθυγραμμίσει με το στάτη στις ευδιάκριτες θέσεις του 96. Αυτό το μισό offset δοντιών παρουσιάζει στη λεπτομέρεια πόλων στροφέων ανωτέρω ή τον αριθμό κατωτέρω.

Σαν αυτό δεν ήταν αρκετά περίπλοκο, οι κύριοι πόλοι στατών διαιρούνται σε δύο φάσεις ($\phi-1$, $\phi-2$). Αυτές οι φάσεις στατών αντισταθμίζονται οι μεν από τους δε από το τέταρτο ενός δοντιού. Αυτή η λεπτομέρεια είναι μόνο discernable στα σχηματικά

διαγράμματα κατωτέρω. Το αποτέλεσμα είναι ότι ο στροφέας κινείται στα βήματα ενός τετάρτου ενός δοντιού όταν ενεργοποιούνται διαδοχικά οι φάσεις. Με άλλα λόγια, ο στροφέας κινείται στα βήματα $2 \cdot 96 = 192$ ανά επανάσταση για ανωτέρω stepper.

Το ανωτέρω σχέδιο είναι αντιπροσωπευτικό ενός πραγματικού υβριδικού κινητήρα. Εντούτοις, παρέχουμε μια απλουστευμένη εικονογραφική και σχηματική αντιπροσώπευση (αριθμός κατωτέρω) για να επεξηγήσουμε μη προφανή ανωτέρω λεπτομερειών. Σημειώστε το μειωμένο αριθμό σπειρών και δοντιών στο στροφέα και το στάτη για την απλότητα. Στους επόμενους δύο αριθμούς, προσπαθούμε να επεξηγήσουμε την περιστροφή δοντιών τετάρτων που παράγονται από τις δύο φάσεις στατών που αντισταθμίζονται από τα δόντια τετάρτων, και το μισό offset δοντιών στροφέων. Το offset στατών δοντιών τετάρτων από κοινού με τον τρέχοντα συγχρονισμό κίνησης καθορίζει επίσης την κατεύθυνση της περιστροφής.

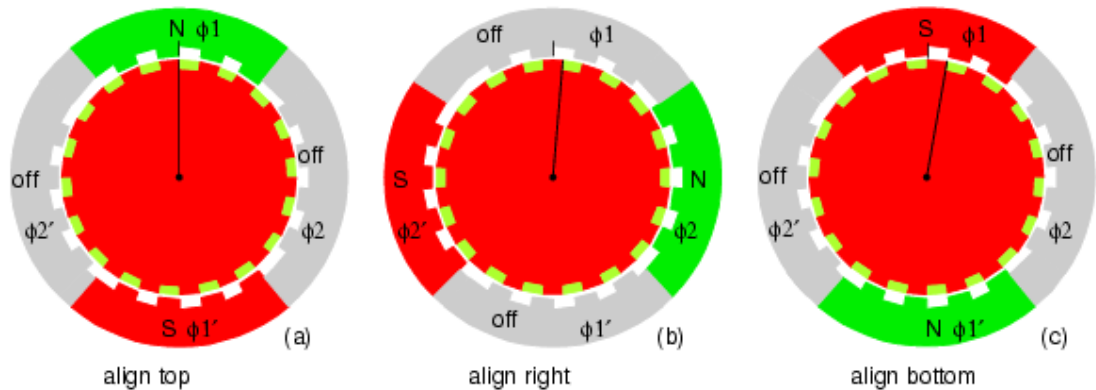


Σχήμα 2.16: Σχηματικό διάγραμμα υβριδικών βηματικών κινητήρων.

Χαρακτηριστικά γνωρίσματα αναπαράστασης υβριδικού βηματικού κινητήρα (σχήμα 2.16)

- Η κορυφή του μόνιμου στροφέα μαγνητών είναι ο νότιος Πολωνός, ο κατώτατος Βορράς.
- Τα βορρά-νότου δόντια στροφέων αντισταθμίζονται από μισό δόντι.
- Εάν ο $\phi-1$ στάτης είναι προσωρινά ενεργοποιημένη βόρεια κορυφή, νότιο κατώτατο σημείο.

- Τα κορυφαία δόντια $\phi-1$ στάτη ευθυγραμμίζουν το Βορρά στα κορυφαία νότια δόντια στροφέων.
- Το κατώτατο σημείο $\phi-1$ τα δόντια στατών ευθυγραμμίζουν το νότο στα δόντια του κατώτατου Βορρά στροφέων.
- Αρκετή ροπή που εφαρμόζεται στον άξονα για να υπερνικήσει τη λαβή-μέσα ροπή θα κινούσε το στροφέα από ένα δόντι.
- Εάν η πολικότητα $\phi-1$ αντιστράφηκε, ο στροφέας θα κινούταν από το μισό δόντι, κατεύθυνση άγνωστη. Η ευθυγράμμιση θα ήταν κορυφή νότιων στατών στο κατώτατο σημείο βόρειων στροφέων, κατώτατο σημείο βόρειων στατών στο νότιο στροφέα.
- Τα $\phi-2$ δόντια στατών δεν ευθυγραμμίζονται με τα δόντια στροφέων όταν ενεργοποιείται $\phi-1$. Στην πραγματικότητα, τα $\phi-2$ δόντια στατών αντισταθμίζονται από το δόντι τετάρτου. Αυτό θα επιτρέψει την περιστροφή από εκείνο το ποσό εάν $\phi-1$ αποσυνδέονται και $\phi-2$ που ενεργοποιούνται. Η πολικότητα $\phi-1$ και η κίνηση καθορίζουν την κατεύθυνση της περιστροφής.



Σχήμα 2.17: Ακολουθία περιστροφής υβριδικών βηματικών κινητήρων.

Περιστροφή υβριδικών βηματικών κινητήρων (σχήμα 2.17)

- Η κορυφή στροφέων είναι μόνιμος νότος μαγνητών, ο κατώτατος Βορράς. Οι τομείς $\phi1$, $\phi-2$ είναι μετατρέψιμοι: μακριά σε αντίστροφο.
(α) $\phi-1=on=north-top$, $\phi-2=off$. Ευθυγραμμίστε (από πάνω έως κάτω): $\phi-1$ στάτης-ν: στροφέας-κορυφαίος-s, $\phi-1$ στάτες: στροφέας-κατώτατος-ν. Θέση έναρξης, rotation=0.

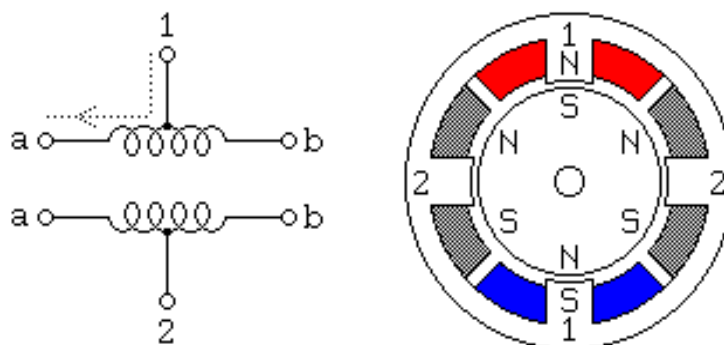
- (β) φ-1=off, φ-2=on. Ευθυγραμμίστε (σωστός στο αριστερό): φ-2 στάτης-v-δικαίωμα: στροφέας - κορυφές, φ-2 στάτες: στροφέας-κατώτατος-v. Περιστραφέτε το 1/4 δόντι, συνολικό δόντι rotation=1/4.
- (γ) φ-1=reverse (επάνω), φ-2=off. Ευθυγραμμίστε (από κάτω έως επάνω): φ-1 στάτες: στροφέας-κατώτατος-v, φ-1 στάτης-v: στροφέας-κορυφαίος-s. Περιστραφέτε το 1/4 δόντι από την τελευταία θέση. Συμπληρώστε συνολικά την περιστροφή από την έναρξη: 1/2 δόντι.
- Μην παρουσιασμένος: φ-1=off, αντιστροφή φ-2= (επάνω). Ευθυγραμμίστε (αριστερά στο δικαίωμα): Συμπληρώστε συνολικά την περιστροφή: 3/4 δόντι.
- Μην παρουσιασμένος: φ-1=on, φ-2=off (όπως (α)). Ευθυγραμμίστε (από πάνω έως κάτω): Συμπληρώστε συνολικά την περιστροφή 1 δόντι.
- Μια Η.Ε-τροφοδοτημένη stepper μηχανή με τη ροπή ανασχετικών συσκευών είναι είτε μόνιμο stepper μαγνητών είτε υβριδικό stepper. Υβριδικό stepper θα έχει μια μικρή γωνία βημάτων, πολύ λιγότερο από 7.5° μόνιμα steppers μαγνητών. Η γωνία βημάτων θα μπορούσε να είναι ένα μέρος ενός βαθμού, που αντιστοιχεί σε μερικές εκατοντάδες βήματα ανά επανάσταση.

2.9 Διφασικοί βηματικοί κινητήρες

Υπάρχουν δύο βασικές ρυθμίσεις τυλίγματος για τις ηλεκτρομαγνητικές σπείρες σε ένα διφασικό βηματικό κινητήρα: διπολικός και unipolar.

2.9.1 Unipolar μηχανές

Οι Unipolar να περπατήσουν μηχανές, και μόνιμος μαγνήτης και υβριδικές stepping μηχανές με 5 ή 6 καλώδια συνδέονται με καλώδιο συνήθως όπως φαίνεται στη σχηματική αναπαράσταση στο σχήμα 2.5.1, με μια κεντρική βρύση σε κάθε ένα από δύο περιελίξεις. Σε λειτουργία, οι κεντρικές βρύσες περιελίξεων συνδέονται με καλώδιο χαρακτηριστικά στο θετικό ανεφοδιασμό και οι δύο άκρες κάθε τυλίγματος στηρίζονται διαδοχικά για να αντιστρέψουν την κατεύθυνση του τομέα που παρέχεται με εκείνο το τύλιγμα.



Σχήμα 2.18: Unipolar σχεδιάγραμμα βηματικών κινητήρων..

Η διατομή μηχανών που παρουσιάζεται στο σχήμα 2.18 είναι ενός 30 βαθμού ανά το μόνιμο μαγνήτη βημάτων ή υβριδική μηχανή, η διαφορά μεταξύ αυτών των δικινητήριων τύπων δεν είναι σχετική σε αυτό το επίπεδο της αφαίρεσης. Ο αριθμός 1 τυλίγματος μηχανών διανέμεται μεταξύ της κορυφής και του πόλου κατώτατων στατών, ενώ ο αριθμός 2 τυλίγματος μηχανών διανέμεται μεταξύ των αριστερών και δεξιών πόλων μηχανών. Ο στροφέας είναι ένας μόνιμος μαγνήτης 6 πόλους, 3south και 3north, που τακτοποιούνται γύρω από την περιφέρειά του.

Για τα υψηλότερα γωνιακά ψηφίσματα, ο στροφέας πρέπει να έχει αναλογικά περισσότερους πόλους. Ο 30 βαθμός ανά μηχανή βημάτων στον αριθμό είναι ένα από τα πιο κοινά μόνιμα σχέδια μηχανών μαγνητών, αν και 15 και 7.5 βαθμός ανά μηχανές βημάτων είναι ευρέως διαθέσιμος. Οι μόνιμες μηχανές μαγνητών με τα ψηφίσματα τόσο καλά όπως 1.8 βαθμοί ανά βήμα γίνονται και οι υβριδικές μηχανές χτίζονται συνήθως με 3.6 και 1.8 βαθμούς ανά βήμα, με το πρόστιμο ψηφισμάτων τόσο όπως 0.72 βαθμούς ανά βήμα διαθέσιμο.

Όπως φαίνεται στον αριθμό, η τρέχουσα ροή από την κεντρική βρύση του τυλίγματος 1 στο τερματικό, αιτίες ο κορυφαίος πόλος στατών για να είναι ένας βόρειος πόλος whiles ενώ ο πόλος κατώτατων στατών είναι ένας νότιος πόλος. Αυτό προσελκύει το στροφέα στη θέση που παρουσιάζεται. Εάν η δύναμη στο τύλιγμα 1 αφαιρείται και το τύλιγμα 2 ενεργοποιείται, ο στροφέας θα γυρίσει 30 βαθμούς, ή ένα βήμα.

Για να περιστραφούμε τη μηχανή συνεχώς, εφαρμόζουμε ακριβώς τη δύναμη δύο περιελίξεων στη σειρά. Η υποθέτοντας θετική λογική, όπου το A1 σημαίνει το ρεύμα μέσω ενός τυλίγματος μηχανών, οι ακόλουθες δύο ακολουθίες ελέγχου θα περιστρέψει τη μηχανή που διευκρινίζεται στο σχήμα 2.18 δεξιόστροφα 24 βήματα ή 2 επαναστάσεις.


```

Winding 1a 1000100010001000100010001
Winding 1b 0010001000100010001000100
Winding 2a 0100010001000100010001000
Winding 2b 0001000100010001000100010
time --->

Winding 1a 1100110011001100110011001
Winding 1b 0011001100110011001100110
Winding 2a 0110011001100110011001100
Winding 2b 1001100110011001100110011
time --->

```

Σχήμα 2.19

Σημειώστε ότι τα δύο μισά κάθε τυλίγματος δεν ενεργοποιούνται ποτέ συγχρόνως. Και οι δύο ακολουθίες που παρουσιάζονται ανωτέρω θα περιστραφούν έναν μόνιμο μαγνήτη ένα βήμα τη φορά. Οι κορυφαίες δυνάμεις μιας ακολουθίας που τυλίγουν σε έναν χρόνο, όπως διευκρινίζεται στον αριθμό ανωτέρω κατά συνέπεια, χρησιμοποιεί τη λιγότερη δύναμη. Η κατώτατη ακολουθία περιλαμβάνει την τροφοδότηση περιελίξεων δύο σε έναν χρόνο και παράγει γενικά μια ροπή για 1.4 φορές μεγαλύτερο από την κορυφαία ακολουθία χρησιμοποιώντας δύο φορές τόση δύναμη.

Οι θέσεις βημάτων που παράγονται από τις δύο ακολουθίες δεν είναι ανωτέρω οι ίδιες κατά συνέπεια, ο συνδυασμός των δύο ακολουθιών επιτρέπει το μισό που περπατά, με τη μηχανή που σταματά διαδοχικά στις θέσεις που υποδεικνύονται από τη μια ή άλλη ακολουθία. Η συνδυασμένη ακολουθία είναι η ακόλουθη:

```

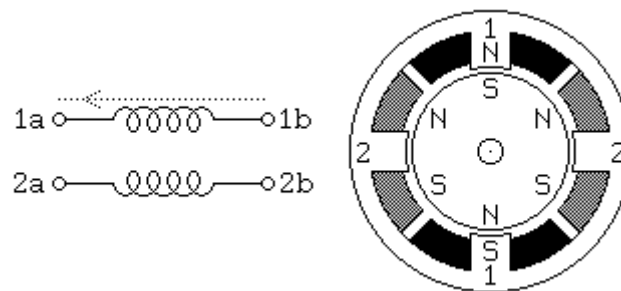
Winding 1a 11000001110000011100000111
Winding 1b 00011100000111000001110000
Winding 2a 01110000011100000111000001
Winding 2b 00000111000001110000011100
time --->

```

Σχήμα 2.20

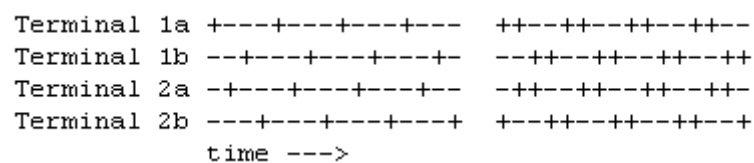
2.9.2 Διπολικές μηχανές

Ο διπολικός μόνιμος μαγνήτης και οι υβριδικές μηχανές κατασκευάζονται με ακριβώς τον ίδιο μηχανισμό όπως χρησιμοποιείται στις unipolar μηχανές, αλλά δύο περιελίξεις συνδέονται με καλώδιο απλούστερα, χωρίς τις κεντρικές βρύσες. Κατά συνέπεια, η ίδια η μηχανή είναι απλούστερη αλλά τα στοιχεία κυκλώματος κίνησης που απαιτούνται για να αντιστρέψουν την πολικότητα κάθε ζευγαριού των πόλων μηχανών είναι πιά σύνθετα. Η σχηματική αναπαράσταση στο σχήμα 2.21 επιδεικνύει πώς μια τέτοια μηχανή συνδέεται με καλώδιο, ενώ η διατομή μηχανών που παρουσιάζεται εδώ είναι ακριβώς η ίδια με τη διατομή που παρουσιάζεται στο σχήμα 2.20.



Σχήμα 2.21: Διπολικό σχεδιάγραμμα βηματικών κινητήρων.

Τα στοιχεία κυκλώματος κίνησης για μια τέτοια μηχανή απαιτούν ένα κύκλωμα ελέγχου χ-γεφυρών για κάθε τύλιγμα. Εν συντομία, μια χ-γέφυρα επιτρέπει την πολικότητα της δύναμης που εφαρμόζεται σε κάθε τέλος κάθε ένα που τυλίγει για να ελεγχθεί ανεξάρτητα. Οι ακολουθίες ελέγχου για ενιαίο περπατώντας μια τέτοια μηχανή παρουσιάζονται κατωτέρω, χρησιμοποιώντας + και - σύμβολα για να δείξουν την πολικότητα της δύναμης που εφαρμόζεται σε κάθε τερματικό μηχανών:



Σχήμα 2.22

Σημειώστε ότι αυτές οι ακολουθίες είναι ίδιες με εκείνους για μια unipolar μόνιμη μηχανή μαγνητών, σε αφηρημένο επίπεδο, και ότι επάνω από το επίπεδο της ηλεκτρονικής μετατροπής δύναμης χ-γεφυρών, τα συστήματα ελέγχου για τους δύο τύπους μηχανών μπορούν να είναι ίδια.

Σημειώστε ότι πολλά πλήρη τσιπ οδηγών χ-γεφυρών έχουν μια εισαγωγή ελέγχου για να επιτρέψουν στην παραγωγή και άλλη για να ελέγξουν την κατεύθυνση. Λαμβάνοντας υπόψη δύο τέτοια τσιπ γεφυρών, ένα ανά το τύλιγμα, οι ακόλουθες ακολουθίες ελέγχου θα περιστρέψουν τη μηχανή όμοια στις ακολουθίες ελέγχου που δίνονται ανωτέρω:

```

Enable      1 1010101010101010  1111111111111111
Direction  1 1x0x1x0x1x0x1x0x  1100110011001100
Enable      2 0101010101010101  1111111111111111
Direction  2 x1x0x1x0x1x0x1x0  0110011001100110
time ---->

```

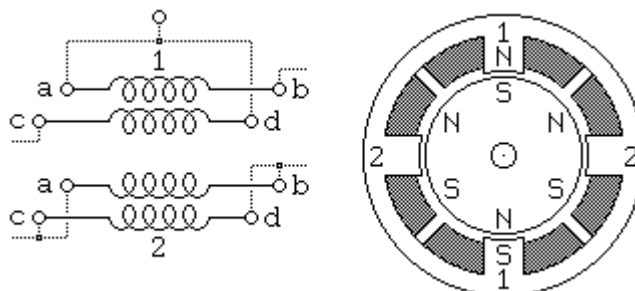
Σχήμα 2.23

Για να διακρίνετε μια διπολική μόνιμη μηχανή μαγνητών από άλλες 4 μηχανές καλωδίων, μετρήστε τις αντιστάσεις μεταξύ των διαφορετικών τερματικών. Αξίζει ότι μερικές μόνιμες για να περπατήσουν μαγνητών μηχανές οργανώνουν ανεξάρτητες περιελίξεις 4, ως δύο σύνολα δύο. Μέσα σε κάθε σύνολο, εάν περιελίξεις δύο συνδέεται με καλώδιο σωρηδόν, το αποτέλεσμα μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως διπολική μηχανή υψηλής τάσης. Εάν συνδέονται με καλώδιο παράλληλα, το αποτέλεσμα μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως διπολική μηχανή χαμηλής τάσης. Εάν συνδέονται με καλώδιο σωρηδόν με μια κεντρική βρύση, το αποτέλεσμα μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως unipolar μηχανή χαμηλής τάσης.

2.9.3 Μηχανές Bifilar

Περιελίξεις Bifilar για να περπατήσει μια μηχανή εφαρμόζεται στην ίδια γεωμετρία στροφέων και στατών με μια διπολική μηχανή, αλλά αντί του τυλίγματος κάθε σπείρας στο στάτη με ένα ενιαίο καλώδιο, δύο καλώδια το ένα παράλληλα με το άλλο. Κατά συνέπεια, η μηχανή έχει 8 καλώδια, όχι τέσσερα.

Στην πράξη, οι μηχανές με bifilar περιελίξεις τροφοδοτούνται πάντα ως είτε unipolar είτε διπολικές μηχανές. Το σχήμα 2.24 παρουσιάζει εναλλακτικές συνδέσεις περιελίξεων μιας τέτοιας μηχανής.



Σχήμα 2.24: Bifilar σχεδιάγραμμα βηματικών κινητήρων.

Για να χρησιμοποιήσουν μια bifilar μηχανή ως unipolar μηχανή, τα δύο καλώδια κάθε τυλίγματος συνδέονται σωρηδόν και το σημείο της σύνδεσης χρησιμοποιείται ως κέντρο-βρύση. Το τύλιγμα 1 στο σχήμα 2.24 παρουσιάζεται συνδεδεμένος με αυτόν τον τρόπο.

Για να χρησιμοποιήσουν μια bifilar μηχανή ως διπολική μηχανή, τα δύο καλώδια κάθε τυλίγματος συνδέονται είτε παράλληλα είτε σωρηδόν. Το τύλιγμα 2 στο σχήμα 2.24 παρουσιάζεται με μια παράλληλη σύνδεση αυτό επιτρέπει στη χαμηλή τάση την υψηλής τάσης λειτουργία. Το τύλιγμα 1 στο σχήμα 2.24 παρουσιάζεται με μια σύνδεση σειράς εάν η κεντρική βρύση αγνοείται, αυτό επιτρέπει τη λειτουργία σε μια υψηλότερη τάση και ένα χαμηλότερο ρεύμα από όπου θα χρησιμοποιούταν με περιελίξεις παράλληλα.

Πρέπει να σημειωθεί ότι ουσιαστικά και οι 6 μηχανές καλωδίων που πωλούνται για τη διπολική χρήση πραγματικά χρησιμοποιώντας bifilar περιελίξεις, έτσι ώστε η εξωτερική σύνδεση που χρησιμεύει ως μια κεντρική βρύση συνδέεται πραγματικά όπως παρουσιάζεται για το τύλιγμα 1 στο σχήμα 2.24. Φυσικά, επομένως, οποιαδήποτε unipolar μηχανή μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως διπολική μηχανή δύο φορές στην εκτιμημένη τάση και το μισό εκτιμημένο ρεύμα όπως δίνεται στην πινακίδα.

Το θέμα της σωστής λειτουργούσας τάσης για μια διπολική μηχανή που οργανώνεται ως unipolar μηχανή, ή για μια bifilar μηχανή με περιελίξεις μηχανών δεν είναι σωρηδόν τόσο τετριμμένο όπως πρώτα να εμφανιστεί. Υπάρχουν τρία ζητήματα: Η τρέχουσα ικανότητα μεταφοράς του καλωδίου, ψύξη της μηχανής, και αποφυγή οδηγώντας το motor μαγνητικά κυκλώματα του s στον κορεσμό. Οι θερμικές εκτιμήσεις προτείνουν ότι, εάν περιελίξεις συνδέεται με καλώδιο σωρηδόν, η τάση πρέπει μόνο να αυξηθεί από την

τετραγωνική ρίζα 2. Το μαγνητικό πεδίο στη μηχανή εξαρτάται από τον αριθμό στροφών Ampere όταν το μισό- περιελίξεις δύο οργανώνεται σωρηδόν, ο αριθμός στροφών διπλασιάζεται, αλλά επειδή μια καλά σχεδιασμένη μηχανή έχει τα μαγνητικά κυκλώματα που είναι στενά στον κορεσμό όταν οργανώνεται η μηχανή στην εκτιμημένα τάση και το ρεύμα της, η αύξηση του αριθμού αμπερ-στροφών δεν καθιστά τον τομέα καθόλου ισχυρότερο. Επομένως, όταν οργανώνεται μια μηχανή με το μισό- περιελίξεις δύο σωρηδόν, το ρεύμα πρέπει να διχοτομηθεί προκειμένου να αποφευχθεί ο κορεσμός ή με άλλα λόγια η τάση πέρα από το τύλιγμα μηχανών πρέπει να είναι η ίδια όπως ήταν.

Για εκείνους που σώζουν τις παλαιές μηχανές, που βρίσκουν 8 καλώδιο μια μηχανή θέτει μια πρόκληση! Όποιος των 8 καλωδίων είναι όμοιοι; Είναι δύσκολο να λογαριαστεί αυτό που χρησιμοποιεί έξω έναν μετρητή Ωm , έναν μετρητή Volt εναλλασσόμενου ρεύματος, και μια πηγή εναλλασσόμενου ρεύματος χαμηλής τάσης. Κατ' αρχάς, χρησιμοποιήστε το μετρητή Ωm για να προσδιορίσετε τους μολύβδους μηχανών που συνδέονται το ένα με το άλλο μέσω των περιελίξεων μηχανών. Κατόπιν, συνδέστε μια χαμηλής τάσης πηγή εναλλασσόμενου ρεύματος με ένα από αυτό των περιελίξεων. Η τάση εναλλασσόμενου ρεύματος πρέπει να είναι κάτω από τη διαφημισμένη λειτουργούσα τάση της μηχανής, οι τάσεις κάτω από 1 βολτ συστήνονται. Η γεωμετρία των μαγνητικών κυκλωμάτων της μηχανής εγγυάται ότι τα δύο καλώδια ενός bifilar τυλίγματος θα συνδεθούν έντονα για τα σήματα εναλλασσόμενου ρεύματος, ενώ δεν πρέπει να υπάρξει σχεδόν καμία σύζευξη στα άλλα δύο καλώδια. Επομένως, η εξέταση με έναν μετρητή βολτ εναλλασσόμενου ρεύματος πρέπει να αποκαλύψει τρεις περιελίξεις, είναι ζευγαρωμένος στο τύλιγμα κάτω από τη δύναμη.

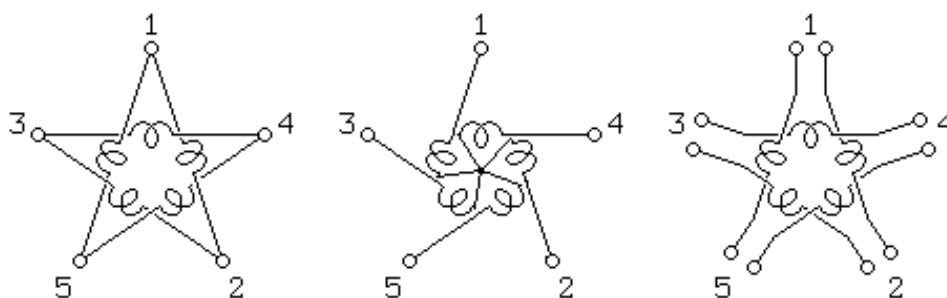
2.10 Υψηλότερες φάσεις αρίθμησης βηματικών κινητήρων

Οι πολυφασικοί βηματικοί κινητήρες με πολλές φάσεις τείνουν να έχουν τα πολύ χαμηλότερα επίπεδα δόνησης, αν και το κόστος της κατασκευής είναι υψηλότερο επίσης.

2.10.1 Πολυφασικές μηχανές

Μια λιγότερο κοινή κατηγορία μόνιμου μαγνήτη ή υβριδικής για να περπατήσει η μηχανής συνδέεται με καλώδιο με όλο περιελίξεις της μηχανής σε μια κυκλική σειρά, με μια βρύση μεταξύ κάθε ζευγαριού περιελίξεων στον κύκλο ή με μόνο ένα τέλος κάθε τυλίγματος

μηχανών που εκτίθεται ενώ οι άλλες άκρες κάθε τυλίγματος συνδέονται σε μια απρόσιτη εσωτερική σύνδεση. Στα πλαίσια 3 μηχανών φάσης, αυτές οι διαμορφώσεις θα περιγράφονταν ως διαμορφώσεις Δ και Υ, αλλά χρησιμοποιούνται επίσης με 5 μηχανές φάσης, όπως διευκρινίζονται στο σχήμα 2.6.1. Μερικές πολυφασικές μηχανές εκθέτουν όλες τις άκρες όλο περιελίξεις μηχανών, αφήνοντας το στο χρήστη για να αποφασίσουν μεταξύ των διαμορφώσεων Δ και Υ ή εναλλακτικά, που επιτρέπουν κάθε μιας που τυλίγει για να οδηγηθούν ανεξάρτητα.



Σχήμα 2.25: Σχεδιάγραμμα πολυφασικών βηματικών κινητήρων.

Ο έλεγχος είτε μια από αυτές τις πολυφασικές μηχανές είτε στο Δ είτε τη διαμόρφωση Υ απαιτεί το $1/2$ μιας χ-γέφυρας για κάθε τερματικό μηχανών. Είναι αξιοσημείωτο ότι 5 μηχανές φάσης έχουν τη δυνατότητα της παράδοσης περισσότερης ροπής από ένα δεδομένο μέγεθος συσκευασίας επειδή όλα ή όλος εκτός από ένα από περιελίξεις μηχανών ενεργοποιούνται σε κάθε σημείο στον κύκλο κίνησης. Περίπου 5 μηχανές φάσης έχουν τα υψηλά ψηφίσματα σε παραγγελία 0.72 βαθμών ανά βήμα (500 βήματα ανά επανάσταση).

Πολλοί αυτοκίνητοι εναλλάκτες είναι χτισμένη χρησιμοποίηση 3 - συγχρονίστε την υβριδική γεωμετρία με είτε έναν μόνιμο στροφέα μαγνητών είτε έναν στροφέα ηλεκτρομαγνητών που τροφοδοτείται μέσω ενός ζευγαριού slip-rings. Αυτοί έχουν χρησιμοποιηθεί επιτυχώς όπως να περπατήσουν μηχανές σε μερικές βαρέων καθηκόντων βιομηχανικές εφαρμογές, οι γωνίες βημάτων 10 βαθμών ανά βήμα έχουν αναφερθεί.

Με μια μηχανή 5 φάσης, υπάρχουν 10 βήματα ανά επανάληψη στον περπατώντας κύκλο, όπως παρουσιάζονται κατωτέρω:

```
Terminal 1  +++-----+++++-----++
Terminal 2  ---+++++-----+++++---
Terminal 3  +-----+++++-----++++
Terminal 4  +++++-----+++++-----
Terminal 5  ----+++++-----+++++---
time ---->
```

Σχήμα 2.26

Με μια μηχανή 3 φάσεων, υπάρχουν 6 βήματα ανά επανάληψη στον περπατώντας κύκλο, όπως παρουσιάζονται κατωτέρω:

```
Terminal 1  +++---++---
Terminal 2  --+++---+++
Terminal 3  +---++---++
time ---->
```

Σχήμα 2.27

Εδώ, όπως στη διπολική περίπτωση, κάθε τερματικό παρουσιάζεται όπως είτε συνδεδεμένος με το θετικό είτε αρνητικό λεωφορείο του ηλεκτρικού συστήματος μηχανών. Σημειώστε ότι, σε κάθε βήμα, μόνο ένα τερματικό αλλάζει την πολικότητα. Αυτή η αλλαγή αφαιρεί τη δύναμη από το ένα τυλίγμα που συνδέεται με εκείνο το τερματικό (επειδή και τα δύο τερματικά του τυλίγματος εν λόγω είναι της ίδιας πολικότητας) και εφαρμόζει τη δύναμη στο ένα τυλίγοντας που ήταν προηγουμένως μη απασχόλησης. Λαμβάνοντας υπόψη τη γεωμετρία μηχανών που προτείνεται από το σχήμα 2.27, αυτή η ακολουθία ελέγχου θα οδηγήσει τη μηχανή μέσω δύο επαναστάσεων.

Για να διακρίνετε μια μηχανή 5 φάσης από άλλες μηχανές με 5 μολύβδους, σημειώστε ότι, εάν η αντίσταση μεταξύ δύο διαδοχικών τερματικών της μηχανής 5 φάσης είναι P , η αντίσταση μεταξύ των μη-διαδοχικών τερματικών θα είναι $1.5R$.

Σημειώστε ότι περίπου 5 μηχανές φάσης έχουν χωριστά περιελίξεις μηχανών 5, με συνολικά 10 μολύβδους. Αυτοί μπορούν να συνδεθούν στη διαμόρφωση αστεριών που παρουσιάζεται ανωτέρω, χρησιμοποιώντας 5 κυκλώματα οδηγών μισό-γεφυρών, ή κάθε τύλιγμα μπορεί να οδηγηθεί από την πλήρης-γέφυρά του. Ενώ η θεωρητική συστατική αρίθμηση των οδηγών μισό-γεφυρών είναι χαμηλότερη, η διαθεσιμότητα των ενσωματωμένων τσιπ πλήρης-γεφυρών μπορεί να κάνει τα τελευταία να πλησιάσουν προτιμητέο.

2.11 STEPPING MODES

Υπάρχουν τρεις συνήθως χρησιμοποιημένοι τρόποι διέγερσης πλήρης-βήμα, μισό-βήμα, και μικροϋπολογιστής-βήμα

2.11.1 Πλήρης-βήμα

Σε πλήρη λειτουργία βημάτων, τα βήματα μηχανών μέσω της κανονικής γωνίας βημάτων π.χ. 200 μηχανές βημάτων/επαναστάσεων λαμβάνουν 1.8 μέτρα ενώ σε μισή λειτουργία βημάτων, 0.9 μέτρα λαμβάνονται. Υπάρχουν δύο είδη τρόπων πλήρης-βημάτων. Η διέγερση πλήρης-βημάτων ενιαίας φάσης είναι όπου η μηχανή χρησιμοποιείται με μόνο έναν ενεργοποιημένο φάση -α-χρόνο. Αυτός ο τρόπος πρέπει μόνο να χρησιμοποιηθεί όπου η απόδοση ροπής και ταχύτητας δεν είναι σημαντική, π.χ. όπου η μηχανή χρησιμοποιείται με μια σταθερή ταχύτητα και οι όροι φορτίων καθορίζονται καλά. Τα προβλήματα με την αντήχηση μπορούν να αποκλείσουν τη λειτουργία με μερικές ταχύτητες. Αυτός ο τρόπος απαιτεί το λιγότερο ποσό δύναμης από την παροχή ηλεκτρικού ρεύματος κίνησης οποιοδήποτε από τους τρόπους διέγερσης. Η διπλή διέγερση πλήρης-βημάτων φάσης είναι όπου η μηχανή χρησιμοποιείται με δύο φάσεις, ενεργοποιημένος -α-χρόνος. Αυτός ο τρόπος παρέχει στην καλή εκτέλεση ροπής και ταχύτητας ένα ελάχιστο των προβλημάτων αντήχησης. Η διπλή διέγερση, παρέχει περίπου 30 έως 40 τοις εκατό περισσότερη ροπή από την ενιαία διέγερση, αλλά απαιτεί δύο φορές τη δύναμη από την παροχή ηλεκτρικού ρεύματος κίνησης.

2.11.2 Μισό-βήμα

Η διέγερση μισό-βημάτων είναι εναλλασσόμενη ενιαία και διπλή λειτουργία φάσης με συνέπεια το μισό βημάτων τα κανονικά μεγέθη βημάτων. Αυτός ο τρόπος παρέχει δύο

φορές το ψήφισμα. Ενώ η παραγωγή ροπής μηχανών ποικίλλει στα εναλλάσσομαι βήματα, αυτό αντισταθμίζεται περισσότερο από την ανάγκη στο βήμα μέσω της μόνο μισής γωνίας. Αυτός ο τρόπος έχει γίνει ο κυρίως χρησιμοποιημένος τρόπος από την αυτοματοποίηση του Αναχάμι επειδή προσφέρει σχεδόν την πλήρη ελευθερία από τα προβλήματα αντήχησης. Οι μηχανές μπορούν να χρησιμοποιηθούν πέρα από ένα ευρύ φάσμα των ταχυτήτων και να χρησιμοποιηθούν για να οδηγήσουν σχεδόν οποιοδήποτε φορτίο που αντιμετωπίζεται συνήθως.

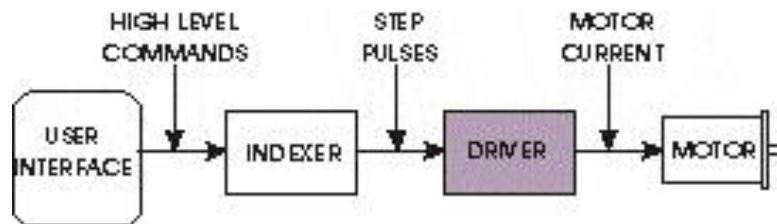
2.11.3 Μικρο-βήμα

Στον τρόπο μικροϋπολογιστής-βημάτων, ένα motor 'divide-by-10' η φυσική γωνία βημάτων του s μπορεί να διαιρεθεί σε πολύ μικρότερες γωνίες. Παραδείγματος χάριν, πρότυπα μηχανή 1.8 βαθμού έχουν 200 βήματα/επανάσταση. Εάν η μηχανή μικροϋπολογιστής-περπατείται με ένα 'divide-by-10' διαίρεση από 'divide-by-10', έπειτα κάθε μικροϋπολογιστής-βήμα θα κινούσε τη μηχανή 0.18 βαθμοί και θα υπήρχαν 2.000 βήματα/επανάσταση. Χαρακτηριστικά, οι τρόποι μικροϋπολογιστής-βημάτων κυμαίνονται από διαίρεση από 10 έως διαίρεση από 256 (51.200 βήματα/περιστροφές για μια μηχανή 1.8 βαθμού). Τα μικροϋπολογιστής-βήματα παράγονται με την αναλογία του ρεύματος περιελίξεων δύο σύμφωνα με τις λειτουργίες ημιτόνου και συνημίτονου. Αυτός ο τρόπος χρησιμοποιείται μόνο όπου η ομαλότερη κίνηση ή περισσότερο ψήφισμα απαιτείται.

2.11.4 Οδηγοί STEPPING MOTORS

Ο οδηγός βηματικών κινητήρων λαμβάνει τα χαμηλού επιπέδου σήματα από τον καταχωρητή ή το σύστημα ελέγχου και τα μετατρέπει στους ηλεκτρικούς σφυγμούς (βημάτων) για να τρέξει τη μηχανή. Ένας σφυγμός βημάτων απαιτείται για κάθε βήμα του άξονα μηχανών. Στον πλήρη τρόπο βημάτων, με μια τυποποιημένη μηχανή 200 βημάτων, 200 σφυγμοί βημάτων απαιτούνται για να ολοκληρώσουν μια επανάσταση. Επιπλέον, στον μικροϋπολογιστή ο οδηγός μπορεί να απαιτηθεί για να παραγάγει 50.000 ή περισσότερους σφυγμούς βημάτων ανά επανάσταση.

Στα τυποποιημένα σχέδια οδηγών αυτό απαιτεί συνήθως πολλά ακριβά στοιχεία κυκλώματος. (Το cAms είναι σε θέση να παρέχει την ίση απόδοση με χαμηλό κόστος μέσω μιας τεχνολογίας που αναπτύσσεται στο cAms γνωστό ως VRMC® Μεταβλητός έλεγχος μικροϋπολογιστής-βημάτων ψηφίσματος).

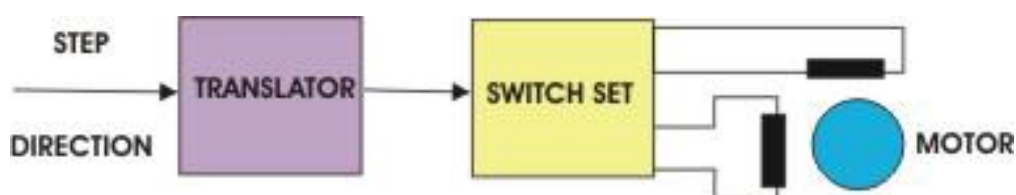


Σχήμα 2.28:

Η απόδοση ταχύτητας και ροπής της μηχανής βημάτων είναι βασισμένη στη ροή του ρεύματος από τον οδηγό στο τύλιγμα μηχανών. Ο παράγοντας που εμποδίζει τη ροή, ή περιορίζει το χρόνο που παίρνει για το ρεύμα για να ενεργοποιήσει το τύλιγμα, είναι γνωστό ως αυτεπαγωγή. Όσο χαμηλότερη η αυτεπαγωγή, τόσο γρηγορότερο το ρεύμα φτάνει στο τύλιγμα και τόσο καλύτερη η απόδοση της μηχανής. Για να μειώσουν την αυτεπαγωγή, οι περισσότεροι τύποι κυκλωμάτων οδηγών σχεδιάζονται για να παρέχουν ένα μεγαλύτερο ποσό τάσης από την εκτιμημένη μηχανές τάση.

2.11.5 Τύποι οδηγών βηματικών κινητήρων

Για τις βιομηχανικές εφαρμογές υπάρχουν βασικά τρεις τύποι τεχνολογιών οδηγών. Όλοι χρησιμοποιούν ένα μεταφραστή για να μετατρέψει τα σήματα βημάτων και κατεύθυνσης από τον καταχωρητή στους ηλεκτρικούς σφυγμούς στη μηχανή. Η ουσιαστική διαφορά είναι με τον τρόπο που ενεργοποιούν το τύλιγμα μηχανών. Το κύκλωμα που εκτελεί αυτόν τον στόχο είναι γνωστό ως διακόπτης.



Σχήμα 2.29: Unipolar οδηγοί

Το όνομα unipolar προέρχεται από το γεγονός ότι η τρέχουσα ροή περιορίζεται σε μια κατεύθυνση. Υπό αυτήν τη μορφή, το σύνολο διακοπών μιας unipolar κίνησης είναι αρκετά απλό και ανέξοδο. Το μειονέκτημα στη χρησιμοποίηση μιας unipolar κίνησης εντούτοις, αυτό είναι περιορισμένη ικανότητα να ενεργοποιηθεί όλο windings σε οποιοδήποτε χρόνο. Κατά συνέπεια, ο αριθμός amp στροφών (ροπή) μειώνεται κατά σχεδόν 40 τοις εκατό έναντι άλλων τεχνολογιών οδηγών. Οι Unipolar οδηγοί είναι καλοί για τις εφαρμογές που λειτουργούν στα σχετικά χαμηλά ποσοστά βημάτων.

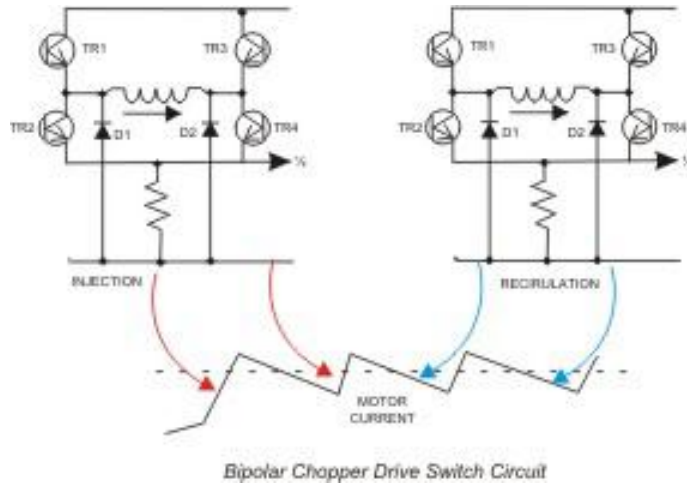
2.11.6 R/L οδηγοί

R/L (αντίσταση/περιορισμένος) οι οδηγοί είναι, από 'divide-by-10' τα πρότυπα του s, παλαιά τεχνολογία αλλά ακόμα υπάρχουν σε μερικές (χαμηλής ισχύος) εφαρμογές επειδή είναι απλά και ανέξοδα. Το μειονέκτημα στη χρησιμοποίηση των οδηγών R/L είναι ότι στηρίζονται σε ένα σύστημα μείωση resistor για να πάρει σχεδόν 10 φορές το ποσό τρέχουσας εκτίμησης μηχανών απαραίτητης να διατηρήσει μια χρήσιμη αύξηση στην ταχύτητα. Αυτή η διαδικασία παράγει επίσης ένα υπερβολικό ποσό θερμότητας και πρέπει να στηριχθεί σε μια παροχή ΣΥΝΕΧΟΥΣ ηλεκτρικού ρεύματος γιατί είναι τρέχουσα πηγή.

2.11.7 Διπολικοί οδηγοί ψαλιδιστών

Οι διπολικοί οδηγοί ψαλιδιστών είναι κατά πολύ οι ευρύτερα χρησιμοποιημένοι οδηγοί για τις βιομηχανικές εφαρμογές. Αν και είναι χαρακτηριστικά ακριβότεροι να σχεδιάσουν, προσφέρουν τη υψηλή επίδοση και την υψηλή αποδοτικότητα. Οι διπολικοί οδηγοί ψαλιδιστών χρησιμοποιούν ένα πρόσθετο σύνολο κρυσταλλολυχνιών μετατροπής για να εξαλείψουν την ανάγκη για δύο πηγές ισχύος. Επιπλέον, αυτοί οι οδηγοί χρησιμοποιούν μια γέφυρα τεσσάρων κρυσταλλολυχνιών με την αναδιανομή των διόδων και ένας αντιστάτης αίσθησης που διατηρεί ανατροφοδοτεί την τάση ανάλογη προς το ρεύμα μηχανών. Περιελίξεις μηχανών, που χρησιμοποιεί έναν διπολικό οδηγό ψαλιδιστών, ενεργοποιείται στο πλήρες επίπεδο ανεφοδιασμού με το να ανοίξει ένα σύνολο (κορυφή και κατώτατο σημείο) των κρυσταλλολυχνιών μετατροπής. Ο αντιστάτης αίσθησης ελέγχει τη γραμμική άνοδο στο ρεύμα έως ότου επιτυγχάνεται το απαραίτητο επίπεδο. Σε αυτό το σημείο ο κορυφαίος διακόπτης ανοίγει και το ρεύμα στη σπείρα μηχανών διατηρείται μέσω

του κατώτατου διακόπτη και της διόδου. Τρέχον decay (χάνεται με την πάροδο του χρόνου) εμφανίζεται έως ότου επιτυγχάνεται μια προετοιμασμένη θέση και οι ενάρξεις διαδικασίας. Αυτό το φαινόμενο ψαλιδισμού του ανεφοδιασμού διατηρεί τη σωστή τρέχουσα τάση στη μηχανή πάντα.



Σχήμα 2.30: Διπολικό κύκλωμα διακοπών κίνησης

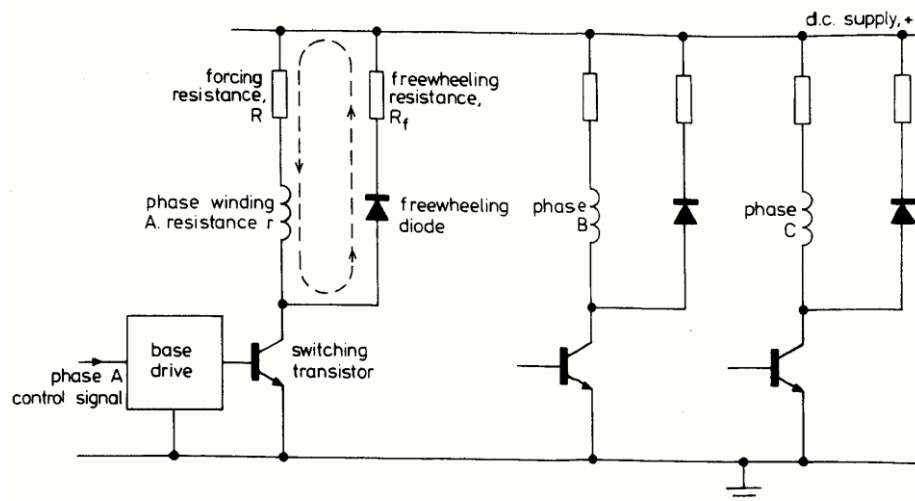
3^ο ΚΕΦΑΛΑΙΟ

“ΟΔΗΓΟΙ STEPPING MOTORS”

3.1 Κύκλωμα κίνησης

3.1.1 Unipolar κύκλωμα Drive

Ένα απλό unipolar κύκλωμα κίνησης κατάλληλο για τη χρήση με μια τριφασική μεταβλητή να περπατήσει μηχανή παρουσιάζεται στο σχήμα 3.1. Κάθε τύλιγμα φάσης διεγείρεται από ένα χωριστό κύκλωμα κίνησης, το οποίο ελέγχεται από ένα χαμηλής ισχύος έλεγχος σήματος φάσης. Αυτό το σήμα ελέγχου μπορεί να απαιτήσει διάφορα στάδια της μεταστρεφόμενης ενίσχυσης προτού να επιτυγχάνει το επίπεδο δύναμης που απαιτείται στη βάση της κρυσταλλολυχνίας φάσης.



Σχήμα 3.1: Ένα τριφασικό unipolar κύκλωμα κίνησης.

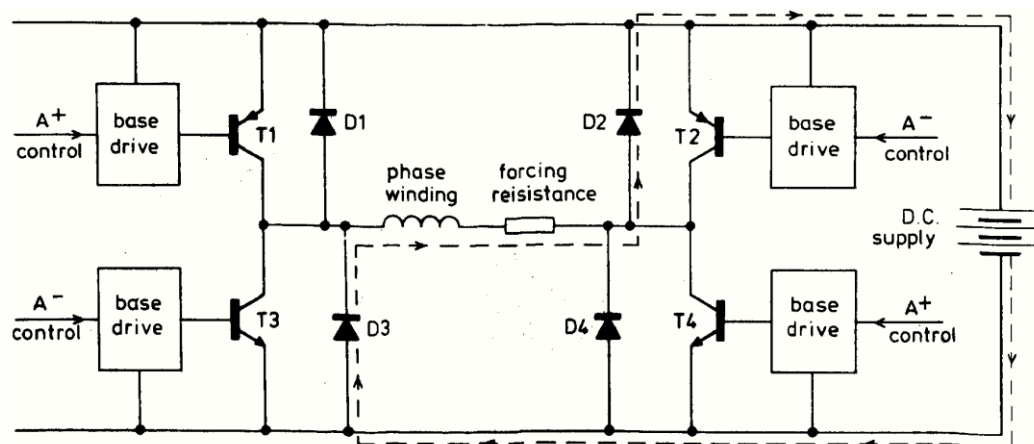
Γενικά το τύλιγμα φάσης έχει μια ιδιαίτερη αυτεπαγωγή, έτσι η φυσική ηλεκτρική χρονική σταθερά της (αυτεπαγωγή/αντίσταση) είναι μακροχρόνια. Η συγκέντρωση του ρεύματος φάσης στην εκτιμημένη αξία της θα ήταν πάρα πολύ αργή για την ικανοποιητική λειτουργία της μηχανής στις υψηλές ταχύτητες. Με την προσθήκη της αναγκάζοντας

αντίστασης, με μια ανάλογη αύξηση στην τάση ανεφοδιασμού, η ηλεκτρική χρονική σταθερά φάσης μπορεί να μειωθεί, επιτρέποντας τη λειτουργία πέρα από μια ευρύτερη σειρά ταχύτητας.

Μια άλλη συνέπεια της πεπερασμένης αυτεπαγωγής τυλίγματος φάσης είναι ότι το ρεύμα φάσης δεν μπορεί να μεταστραφεί στιγμιαία. Εάν η κίνηση βάσεων της κρυσταλλολυχνίας μετατροπής αφαιρέθηκε ξαφνικά μια μεγάλη προκληθείσα τάση θα εμφανιζόταν μεταξύ του συλλέκτη κρυσταλλολυχνιών και του εκπομπού, προκαλώντας τη μόνιμη ζημία στο κύκλωμα κίνησης. Αυτή η δυνατότητα αποφεύγεται με την παροχή μιας εναλλακτικής τρέχουσας πορείας - γνωστής ως ανεξάρτητο κύκλωμα - για το ρεύμα φάσης. Όταν η κρυσταλλολυχνία μετατροπής κλείνεται το ρεύμα φάσης μπορεί να συνεχίσει να διατρέχει την πορεία που παρέχεται από την ανεξάρτητη δίοδο και τον ανεξάρτητο αντιστάτη.

3.1.2 Διπολικό κύκλωμα Drive

Μια φάση ενός διπολικού κυκλώματος κίνησης γεφυρών κρυσταλλολυχνιών, κατάλληλη για τη χρήση με μια υβριδική ή μόνιμη μηχανή μαγνητών, παρουσιάζεται στο σχήμα 3.1.2. Οι κρυσταλλολυχνίες μεταστρέφονται ανά τα ζευγάρια την τρέχουσα πολικότητα που απαιτείται. Για τη θετική διέγερση ο άνεμος κρυσταλλολυχνιών φάσης τα T1 και T4 ανοίγονται, έτσι ώστε η τρέχουσα πορεία να είναι από τον ανεφοδιασμό, μέσω του T1 κρυσταλλολυχνιών στην, τυλίγοντας και αναγκάζοντας, αντίσταση της φάσης, έπειτα μέσω της κρυσταλλολυχνίας T4 πίσω στον ανεφοδιασμό. Στην αντίθετη περίπτωση το T2 και T3 κρυσταλλολυχνιών ανοίγονται έτσι ώστε η τρέχουσα κατεύθυνση στο τύλιγμα φάσης αντιστρέφεται.



Σχήμα 3.2: Μια φάση ενός διπολικού κυκλώματος κίνησης γεφυρών

κρυσταλλολυχνιών.

Οι τέσσερις μεταστρέφοντας κρυσταλλολυχνίες στη γέφυρα απαιτούν τη χωριστή κίνηση βάσεων για να ενισχύσουν τα δύο (θετικά και αρνητικά) σήματα ελέγχου φάσης. Στην περίπτωση των upper transistors (T1 και T2) που η κίνηση βάσεων πρέπει να αναφερθεί στη θετική ράγα ανεφοδιασμού, η οποία μπορεί να είναι σε μια μεταβλητή δυνατότητα. Για αυτόν τον λόγο τα σήματα ελέγχου φάσης σε αυτές τις ανώτερες κινήσεις βάσεων διαβιβάζονται συχνά μέσω ενός σταδίου της οπτικής απομόνωσης.

Μια γέφυρα τεσσάρων διόδων, που συνδέεται στην αντιστροφή παράλληλη με τις κρυσταλλολυχνίες μετατροπής, παρέχει την πορεία για τα ανεξάρτητα ρεύματα. Στην απεικόνιση σχήμα 3.1 η ανεξάρτητη τρέχουσα πορεία, μέσω των διόδων D2 και D3, που αντιστοιχούν στην κατάσταση αμέσως μετά από τη διακοπή του T1 κρυσταλλολυχνιών και T4. Η ανεξάρτητη πορεία περιλαμβάνει τον ανεφοδιασμό συνεχούς ρεύματος και επομένως μερικές από την ενέργεια που αποθηκεύεται στην αυτεπαγωγή τυλίγματος φάσης στη διακοπή επιστρέφονται στον ανεφοδιασμό. Η επακόλουθη βελτίωση στη γενική αποδοτικότητα συστημάτων αντιπροσωπεύει ένα σημαντικό πλεονέκτημα της διπολικής κίνησης γεφυρών πέρα από την unipolar κίνηση και για αυτόν τον λόγο οι περισσότερες μεγάλες μηχανές, συμπεριλαμβανομένων των μεταβλητών τύπων απροθυμίας, χρησιμοποιούνται από τις διπολικές κινήσεις.

Τα ανεξάρτητα ρεύματα στη διπολική κίνηση αποσυντίθενται γρηγορότερα από, τι στην unipolar κίνηση, επειδή αντιτάσσονται από την τάση ανεφοδιασμού συνεχούς ρεύματος. Επομένως δεν είναι απαραίτητο να περιληφθεί η πρόσθετη ανεξάρτητη αντίσταση στη διπολική κίνηση γεφυρών.

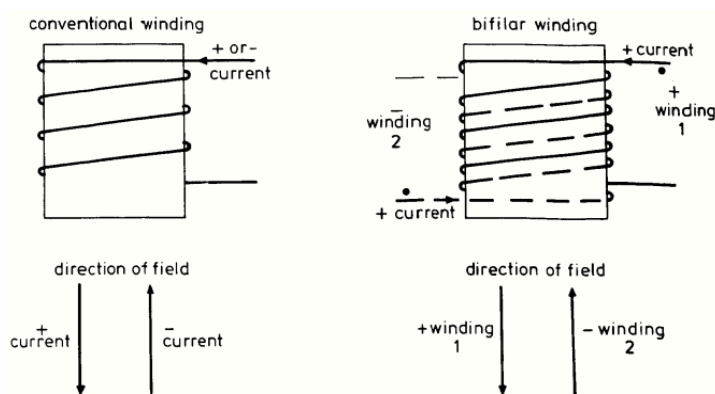
3.1.3 Windings Bifilar

Το διπολικό κύκλωμα κίνησης γεφυρών κρυσταλλολυχνιών απαιτεί τέσσερα ζευγάρια κρυσταλλολυχνιών/διόδων ανά φάση, ενώ η απλή unipolar κίνηση απαιτεί μόνο ένα ζευγάρι ανά φάση, έτσι οι δαπάνες κίνησης για μια υβριδική για να περπατήσουν μηχανή είναι ενδεχομένως υψηλότερες από, τι για το μεταβλητό τύπο απροθυμίας μια διφασική υβριδική κίνηση μηχανών έχει οκτώ κρυσταλλολυχνίες και διόδους, αλλά μια τριφασική μεταβλητή κίνηση μηχανών απροθυμίας έχει μόνο τρεις κρυσταλλολυχνίες και διόδους. Η διαμόρφωση γεφυρών έχει την πρόσθετη περιπλοκή της απομόνωσης κίνησης βάσεων για το ζευγάρι των κρυσταλλολυχνιών μετατροπής που συνδέονται με τη θετική

ράγα ανεφοδιασμού. Από το σημείο άποψης των δαπανών κίνησης η συμβατική υβριδική μηχανή έχει ένα αυστηρό μειονέκτημα και επομένως πολλοί κατασκευαστές έχουν εισαγάγει bifilar-wound υβριδικές μηχανές, οι οποίες μπορούν να χρησιμοποιηθούν με μια unipolar κίνηση.

Μια αμφίδρομη τρέχουσα ροή υβριδικό windings (περιελίξεις) μηχανών παράγει έναν αμφίδρομο τομέα στους πόλους στατών. Με έναν bifilar τυλίγοντας το ίδιο πράγμα τα αποτελέσματα επιτυγχάνονται από windings (περιελίξεις) δύο πόλων υπό τις αντίθετες έννοιες, όπως διευκρινίζονται για έναν πόλο στο σχήμα 3.3. Ανάλογα με την κατεύθυνση τομέων, ένα από windings(περιελίξεις) διεγείρεται από ένα ομοιοκατευθυνόμενο ρεύμα στο σχήμα 3.3 ο τομέας που παράγεται από ένα θετικό ρεύμα στη συμβατική ρύθμιση είναι διαθέσιμος με τη διέγερση του bifilar +winding με το θετικό ρεύμα. Η επίδραση του αρνητικού ρεύματος στο συμβατικό τύλιγμα επιτυγχάνεται έπειτα από τη θετική διέγερση του bifilar - τυλίγοντας.

Κάθε ένα από bifilar windings (περιελίξεις) πόλων πρέπει να έχει τόσες στροφές όσο το αρχικό τύλιγμα και το ίδιο εκτιμημένο ρεύμα, έτσι ένα bifilar τύλιγμα έχει δύο φορές τον όγκο ενός συμβατικού τυλίγματος. Αυτός ο πρόσθετος όγκος, φυσικά, αυξάνει το κόστος παραγωγής αλλά για το μικρό μέγεθος της υβριδικής μηχανής αυτό ξεπερνιέται σε βάρος από την επακόλουθη μείωση των δαπανών κίνησης.



Σχήμα 3.3: Σύγκριση συμβατικό και bifilar windings.

Bifilar windings δύο μιας φάσης μπορεί να διεγερθεί από τα χωριστά unipolar κυκλώματα κίνησης, αλλά μια εναλλακτική λύση είναι σε μοίρασμα η αναγκάζοντας αντίσταση μεταξύ bifilar windings δύο, όπως φαίνεται στο σχήμα 3.4. Υπάρχει τώρα μόνο δύο ζευγάρια κρυσταλλολυχνίες/διόδου ανά φάση, έτσι η διαφασική υβριδική μηχανή με bifilar windings απαιτεί τέσσερις κρυσταλλολυχνίες και διόδους στο πλήρες κύκλωμα

κίνησής της και έχει τις συγκρίσιμες δαπάνες κίνησης σε μια τριφασική variable-reluctance μηχανή. Η ανεξάρτητη πορεία της bifilar κίνησης δεν επιστρέφει την ενέργεια που αποθηκεύεται στην αυτεπαγωγή στη διακοπή στον ανεφοδιασμό συνεχούς ρεύματος, έτσι η κίνηση έχει μια χαμηλότερη αποδοτικότητα από τη διπολική κίνηση γεφυρών. Αυτή η μείωση της αποδοτικότητας, που συνδέεται με τις πρόσθετες δαπάνες τυλίγματος, είναι πολύ σημαντική για τα μεγαλύτερα μεγέθη του stepping motor, τα οποία επομένως bifilar-τυλίγονται σπάνια.

3.1.4 Σε δύο επίπεδα κύκλωμα Drive

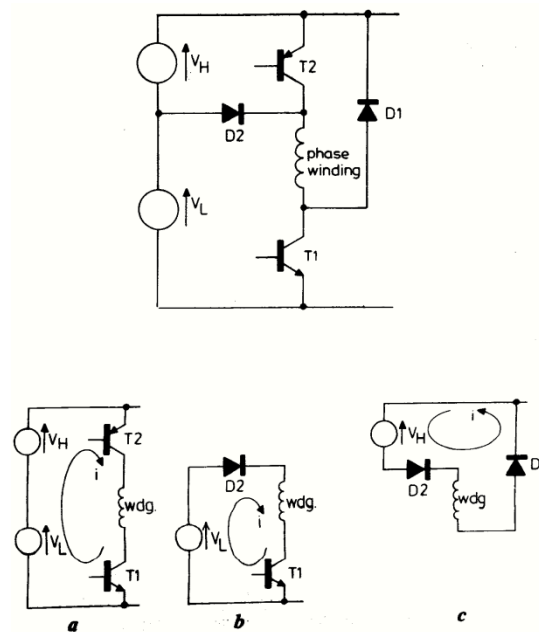
Στη μηχανή σε δύο επίπεδα κίνηση υπάρχουν δύο τάσεις ανεφοδιασμού. Μια υψηλή τάση χρησιμοποιείται όταν το ρεύμα φάσης πρόκειται να ανοιχτεί ή μακριά, ενώ μια χαμηλότερη τάση διατηρεί το ρεύμα στην εκτιμημένη αξία της κατά τη διάρκεια της συνεχούς διέγερσης.

Το διάγραμμα κυκλωμάτων για μια φάση μιας unipolar σε δύο επίπεδα κίνησης παρουσιάζεται στο σχήμα 3.1.5. Όταν το τύλιγμα πρόκειται να διεγερθεί και οι δύο κρυσταλλολυχνίες (T1 και T2) είναι αναμμένες, έτσι η τάση που εφαρμόζεται στο τύλιγμα φάσης είναι ίση με το ποσό της τάσης δύο ανεφοδιασμού (+), η διόδος D2 αντίστροφος-reverse-biased κοντά. Δεν υπάρχει καμία αντίσταση σειράς για να περιορίσει το ρεύμα, το οποίο επομένως αρχίζει να αυξάνεται προς μια αξία που είναι πολλές φορές το εκτιμημένο άνεμος ρεύμα. Μετά από έναν σύντομο χρόνο, εντούτοις, το T2 κρυσταλλολυχνιών είναι σβησμένο και οι τρέχουσες ροές τυλίγματος από την τάση ανεφοδιασμού μέσω της διόδου D2 και του T1 κρυσταλλολυχνιών. Το εκτιμημένο άνεμος ρεύμα διατηρείται από την τάση, το οποίο επιλέγεται έτσι ώστε να εκτιμήσει το ρεύμα. Στο τέλος της κρυσταλλολυχνίας διαστήματος διέγερσης φάσης το T1 είναι επίσης σβησμένο και το άνεμος ρεύμα αφήνεται για να διατρέξει γύρω από την πορεία των διόδων D1 και D2. Η γρήγορη αποσύνθεση του ρεύματος βεβαιώνεται, επειδή η τάση υψηλού ανεφοδιασμού συμπεριλαμβάνεται σε αυτήν την ανεξάρτητη πορεία.

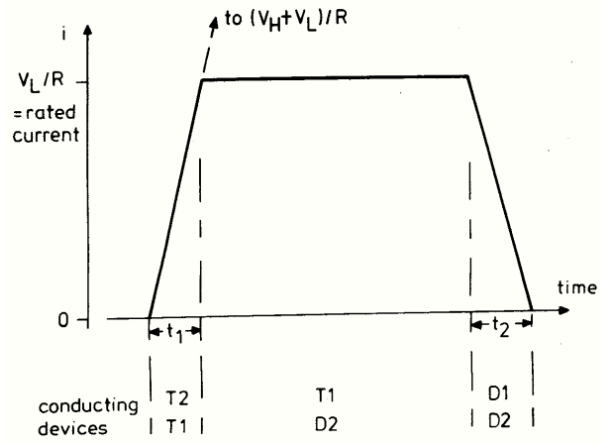
Ένα χαρακτηριστικό τρέχον κυματοειδές για ένα διάστημα διέγερσης είναι διευκρινισμένο στο σχήμα 3.5.

3.1.5 Κύκλωμα κίνησης ψαλιδιστών

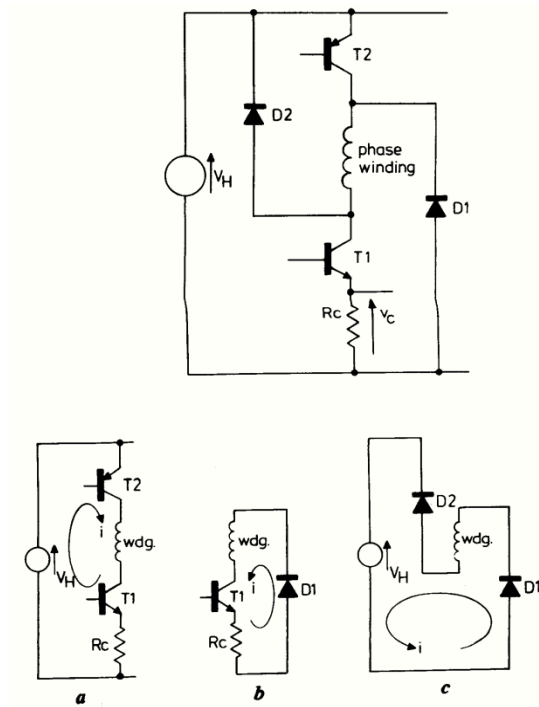
Αυτό το κύκλωμα κίνησης - που διευκρινίζεται με unipolar μορφή του στο σχήμα 3.4 έχει μια τάση υψηλού ανεφοδιασμού που εφαρμόζεται στη φάση τυλίγοντας όποτε το ρεύμα μειώνεται κάτω από την εκτιμημένη αξία του. Εάν το σήμα διέγερσης φάσης είναι παρόν, η κίνηση βάσεων για το T2 κρυσταλλολυχνιών ελέγχεται από την τάση V_c που πέφτει πέρα από τη μικρή αντίσταση R_c από το ρεύμα άνεμος. Στην αρχή του διαστήματος διέγερσης το T1 κρυσταλλολυχνιών είναι αναμμένο και η κίνηση βάσεων το T2 επιτρέπεται. Δεδομένου ότι το ρεύμα φάσης είναι αρχικά μηδέν δεν υπάρχει καμία τάση πέρα από V_c και το T2 κρυσταλλολυχνιών είναι αναμμένο. Η πλήρης τάση ανεφοδιασμού επομένως εφαρμόζεται στη φάση τυλίγοντας, όπως φαίνεται στο διάγραμμα συγχρονισμού, το 3.7.

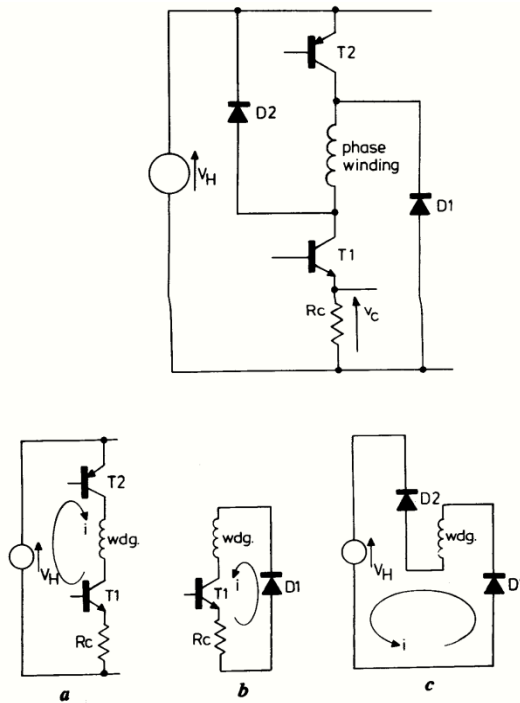


Σχήμα 3.4: Σε δύο επίπεδα κίνηση και τα αποτελεσματικά κυκλώματα κατά τη διάρκεια του διαστήματος διέγερσης (α) σε διεγερτικό (β) συνεχής διέγερση και (γ) στη διακοπή.

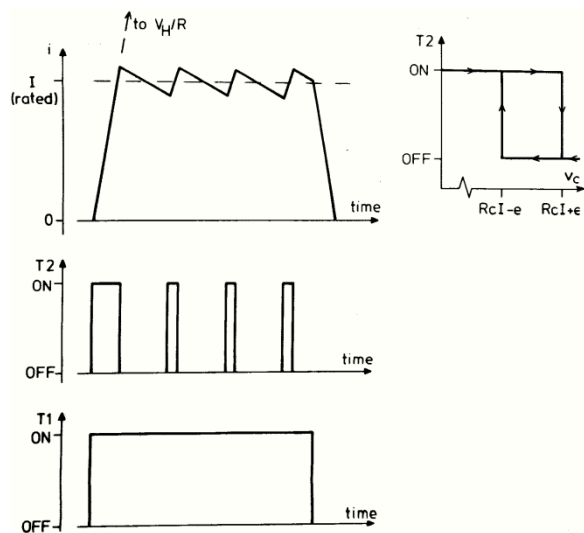


Σχήμα 3.5: Τρέχουσα κυματοειδής φάση για μια σε δύο επίπεδα κίνηση.





Σχήμα 3.6: Τρέχοντες χρόνοι διακοπής κυματοειδούς και κρυσταλλολυχνιών κίνησης ψαλιδιστών.



Σχήμα 3.7: Τρέχοντες χρόνοι διακοπής κυματοειδούς και κρυσταλλολυχνιών κίνησης χαλκού.

Το ρεύμα φάσης αυξάνεται γρήγορα έως ότου υπερβαίνει ελαφρώς την εκτιμημένη αξία του (i). Συνεπώς η τάση ελέγχου είναι $RcI+e$ και αυτό είναι επαρκές για να σβήσει το T2 κρυσταλλολυχνιών. Δεν υπάρχει τώρα καμία τάση που εφαρμόζεται στο τύλιγμα φάσης και τις τρέχουσες αποσυνθέσεις γύρω από μια πορεία που περιλαμβάνει το T1, Rc και τη δίοδο D1. Αυτή η τρέχουσα πορεία δεν έχει μια μικρή αντίσταση και καμία αντιτιθέμενη τάση, έτσι η αποσύνθεση του ρεύματος είναι σχετικά αργή. Δεδομένου ότι η αντίσταση Rc συμπεριλαμβάνεται ακόμα στο κύκλωμα το άνεμος ρεύμα μπορεί να ελεγχθεί και όταν μειωθεί η τάση ελέγχου στο $rcI-e$ το T2 κρυσταλλολυχνιών είναι αναμμένο πάλι. Η πλήρης τάση ανεφοδιασμού εφαρμόζεται στο τύλιγμα και το ρεύμα ωθείται γρήγορα ελαφρώς προς ταωεπάνω. Αυτός ο κύκλος επαναλαμβάνεται σε όλο το χρόνο διέγερσης, με το άνεμος ρεύμα διατήρησε κοντά στην εκτιμημένη αξία του από ένα έλεγχο κλειστών βρόγχων.

Στο τέλος του διαστήματος διέγερσης και οι δύο κρυσταλλολυχνίες είναι σβησμένες και το άνεμος ρεύμα κάνει ελεύθερο πεντάλ μέσω των διόδων D1 και D2. Το ρεύμα καταψηφίζεται τώρα από την τάση ανεφοδιασμού και αναγκάζεται γρήγορα σε μηδέν. Ένα μεγάλο μέρος της ενέργειας που αποθηκεύεται στην αυτεπαγωγή τυλίγματος στη διακοπή επιστρέφεται στον ανεφοδιασμό και επομένως το σύστημα έχει μια υψηλή αποδοτικότητα.

Η κίνηση μπαλτάδων ενσωματώνει τα περιπλοκότερα στοιχεία κυκλώματος ελέγχου, π.χ. η κίνηση βάσεων T2 απαιτεί να προκαλέσει Schmitt της τάσης V_c ελέγχου για να παραγάγει τα επίπεδα μετάβασης. Εάν αυτά τα επίπεδα δεν είναι καλά χωρισμένα το T2 κρυσταλλολυχνιών ανάβει και μακριά σε μια πολύ υψηλή συχνότητα, προκαλώντας την παρέμβαση με τον παρακείμενο εξοπλισμό και τις πρόσθετες απώλειες σιδήρου στη μηχανή. Εντούτοις η κίνηση μπαλτάδων έχει το πλεονέκτημα ότι η διαθέσιμη τάση ανεφοδιασμού χρησιμοποιείται πλήρως, επιτρέποντας τη λειτουργία πέρα από την ευρύτερη πιθανή σειρά ταχύτητας, και οι απώλειες δύναμης στους αντιστάτες καταναγκασμού αποβάλλονται, δίνοντας μια καλή αποδοτικότητα συστημάτων.

3.2 Προδιαγραφή των χαρακτηριστικών των STEPPING MOTORS

Σε αυτό το τμήμα, οι τεχνικοί όροι που χρησιμοποιούνται για τη διευκρίνιση των χαρακτηριστικών των stepping motors μελετώνται.

3.2.1 Στατικά χαρακτηριστικά

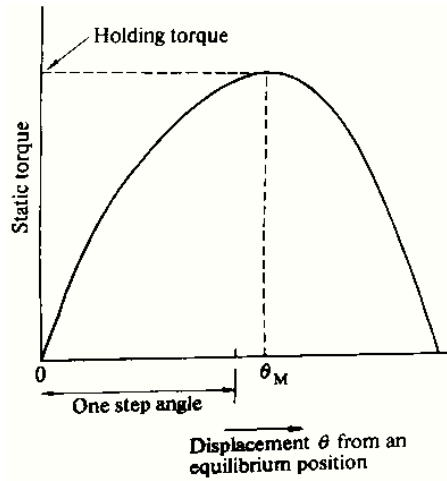
Τα χαρακτηριστικά σχετικά με τις στάσιμες μηχανές καλούνται στατικά χαρακτηριστικά.

(1) χαρακτηριστικά T/Θ :

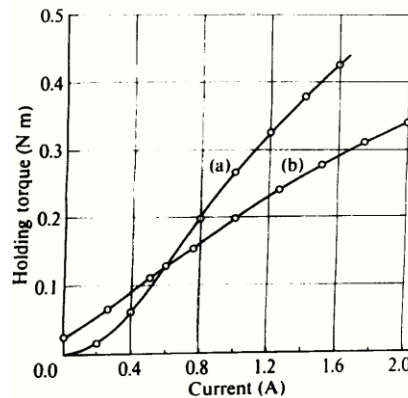
Για να περπατήσει η μηχανή κρατιέται αρχικά στάσιμη σε μια θέση υπολοίπου (ισορροπία) με την παροχή ενός ρεύματος σε έναν διευκρινισμένο τρόπο μονοφασικής ή διφασικής διέγερσης, για παράδειγμα, εάν μια εξωτερική ροπή εφαρμόζεται στον άξονα, μια γωνιακή μετατόπιση θα εμφανιστεί. Η σχέση μεταξύ της εξωτερικής ροπής και της μετατόπισης μπορεί να σχεδιαστεί όπως στο σχήμα 3.8. Αυτή η καμπύλη καλείται συμβατικά T/Θ η χαρακτηριστική καμπύλη, και το μέγιστο της στατικής ροπής καλούνται εκμετάλλευση torque, το οποίο εμφανίζεται $\Theta=\Theta_M$ στο σχήμα 3.8. Στις μετατοπίσεις μεγαλύτερες από Θ_M , η στατική ροπή δεν ενεργεί σε μια κατεύθυνση προς την αρχική θέση ισορροπίας, αλλά στην αντιτιθέμενη κατεύθυνση προς την επόμενη θέση ισορροπίας. Η ροπή εκμετάλλευσης ορίζεται αυστηρά ως η μέγιστη στατική ροπή που μπορεί να εφαρμοστεί στον άξονα μιας συγκινημένης μηχανής χωρίς πρόκληση συνεχούς motion. Η γωνία στην οποία η ροπή εκμετάλλευσης παράγεται χωρίζεται όχι πάντα από το σημείο ισορροπίας από μια γωνία βημάτων.

(2) χαρακτηριστικά T/I :

Η ροπή εκμετάλλευσης αυξάνεται με το ρεύμα, και αυτή η σχέση αναφέρεται συμβατικά ως χαρακτηριστικά T/I . Το σχήμα 3.9 συγκρίνει τα χαρακτηριστικά T/I μιας χαρακτηριστικής υβριδικής μηχανής με εκείνους μιας variable-reluctance μηχανής, η γωνία βημάτων και τα δύο που είναι 1.8° . Η μέγιστη στατική ροπή που εμφανίζεται στην υβριδική μηχανή χωρίς το ρεύμα είναι η ροπή ανασχετικών συσκευών, η οποία ορίζεται ως η μέγιστη στατική ροπή που μπορεί να εφαρμοστεί στον άξονα μιας unexcited μηχανής χωρίς πρόκληση της συνεχούς περιστροφής.



Σχήμα 3.8: T/θ χαρακτηριστικά.



Σχήμα 3.9: Παραδείγματα T/I των χαρακτηριστικών (α) 1.80 μεταβλητή μηχανή απροθυμίας τεσσάρων φάσης και (β) 1.80 υβριδική μηχανή τεσσάρων φάσης.

3.2.2 Δυναμικά χαρακτηριστικά

Τα χαρακτηριστικά σχετικά με τις μηχανές που είναι στην κίνηση ή περίπου για να αρχίσουν καλούνται δυναμικά χαρακτηριστικά.

(1) τράβηγμα στα χαρακτηριστικά ροπής:

Αυτοί καλούνται εναλλακτικά αρχικά χαρακτηριστικά και αναφέρονται στη σειρά της τριβής ροπής φορτίων στην οποία η μηχανή μπορεί να αρχίσει και να σταματήσει χωρίς απώλεια των βημάτων για τις διάφορες συχνότητες σε ένα τράινο σφυγμού. Ο αριθμός

σφυγμών στο τραίνο σφυγμού που χρησιμοποιείται για τη δοκιμή είναι 100 ή έτσι. Ο λόγος για τον οποίο η λέξη range χρησιμοποιείται εδώ, αντί maximum, είναι ότι η μηχανή δεν είναι σε θέση ή μια κανονική περιστροφή στα μικρά της τριβής φορτία σε ορισμένα φάσματα συχνότητας. Όταν η τράβηγμα-μέσα ροπή μετριέται ή συζητείται, είναι επίσης απαραίτητο να διευκρινιστεί σαφώς το οδηγώντας κύκλωμα, η μέθοδος μέτρησης, η μέθοδος συζεύξεων, και η αδράνεια που συνδέεται με τον άξονα. Γενικά, η μόνη αρχική σειρά μειώνεται με τις αυξήσεις στην αδράνεια.

(2) Pull-out χαρακτηριστικά ροπής:

Αυτό καλείται εναλλακτικά γυρίζοντας χαρακτηριστικό. Αφότου αρχίζει η μηχανή δοκιμής από έναν διευκρινισμένο οδηγό στο διευκρινισμένο τρόπο διέγερσης στην αρχική σειρά, η συχνότητα σφυγμού αυξάνεται βαθμιαία η μηχανή θα τρέξει τελικά από το συγχρονισμό. Η σχέση μεταξύ της τριβής ροπής φορτίων και της μέγιστης συχνότητας σφυγμού με τις οποίες η μηχανή μπορεί να συγχρονίσει καλείται pull-out χαρακτηριστικό (Η pull-out καμπύλη επηρεάζεται πολύ από το κύκλωμα οδηγών, σύζευξη, όργανο μέτρησης, και άλλοι όροι.

(3) η μέγιστη αρχική συχνότητα:

Αυτό ορίζεται ως η μέγιστη συχνότητα ελέγχου στην οποία η εκφορτωμένη μηχανή μπορεί να αρχίσει και να σταματήσει χωρίς απώλεια των βημάτων.

(4) μέγιστο pull-out ποσοστό:

Αυτό ορίζεται ως η μέγιστη συχνότητα (περπατώντας ποσοστό) στο οποίο η εκφορτωμένη μηχανή μπορεί να τρέξει χωρίς απώλεια των βημάτων, και καλείται εναλλακτικά μέγιστη εναλλακτική συχνότητα.

(5) μέγιστη αρχική ροπή:

Αυτό καλείται εναλλακτικά μέγιστο τράβηγμα σε torque και ορίζεται ως η μέγιστη της τριβής ροπή φορτίων με την οποία η μηχανή μπορεί να αρχίσει και να συγχρονίσει με το τραίνο σφυγμού μιας συχνότητας τόσο χαμηλής όσο 10Hz.

3.3 Αργόστροφη λειτουργία

3.3.1 Απάντηση βημάτων

Με τις χαμηλές ταχύτητες, κάθε μεμονωμένο βήμα είναι discernable και η συμπεριφορά είναι μια σειρά επιβατών εισαγωγής βημάτων. Η μηχανή πρέπει να διαμορφωθεί από ένα σύνολο διαφορικών εξισώσεων, οι οποίες είναι γενικά μη γραμμικές. Οι προσεγγίσεις μπορούν να γίνουν για να κάνουν γραμμικό τις εξισώσεις για τις αναλυτικές λύσεις. Διαφορετικά η λύση πρέπει «να βασιστεί έξω» εγκαίρως χρησιμοποιώντας μια αριθμητική μέθοδο υπολογιστών, όπως εξηγείται στις «αρχές της ηλεκτρομηχανικής ενεργειακής μετατροπής». Για να περπατήσει μια VR μηχανή με το ένα τύλιγμα φάσης συγκινημένο, το πρότυπο κρατικής εξίσωσης αποτελείται από τις ακόλουθες εξισώσεις

$$\frac{di}{dt} = -\frac{1}{L} \left[R + \frac{dL(\theta)}{d\theta} \omega_r \right] i + \frac{1}{L} v$$

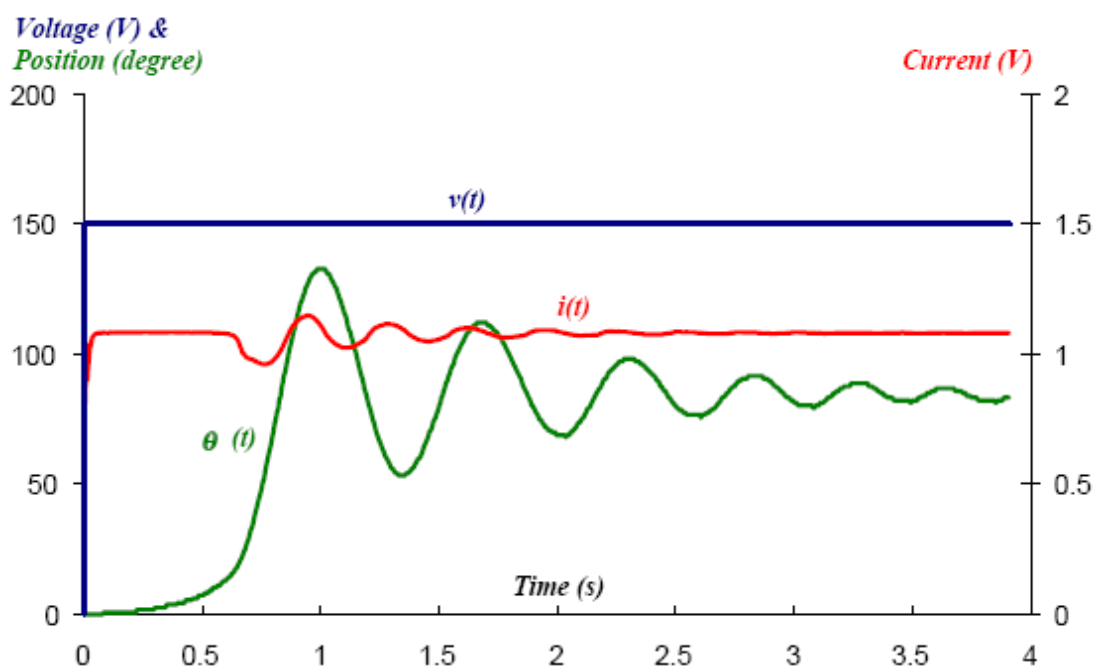
και

$$\begin{aligned} \frac{d\omega_r}{dt} &= \frac{1}{J} T - \frac{1}{J} T_{load} \\ \frac{d\theta}{dt} &= \omega_r \end{aligned}$$

Η απάντηση μηχανών για έναν δεδομένο ανεφοδιασμό μπορεί να ληφθεί με την επίλυση των ανωτέρω κρατικών εξισώσεων μαζί με τους αρχικούς όρους:

$$i|_{t=0} = i_0, \quad \omega_r|_{t=0} = \omega_{r0}, \quad \text{and} \quad \theta|_{t=0} = \theta_0.$$

Το σχήμα 3.10 επεξηγεί την πειραματική απάντηση βημάτων μιας μηχανής VR. Αποδεικνύεται ότι για αυτήν την μηχανή η ηλεκτρική χρονική σταθερά είναι πολύ μικρότερη από τη μηχανική χρονική σταθερά.



Σχήμα 3.10: Πειραματική απάντηση βημάτων μιας μηχανής VR

3.3.2 Στατικά ροπή/χαρακτηριστικά θέσης και στατικό λάθος θέσης

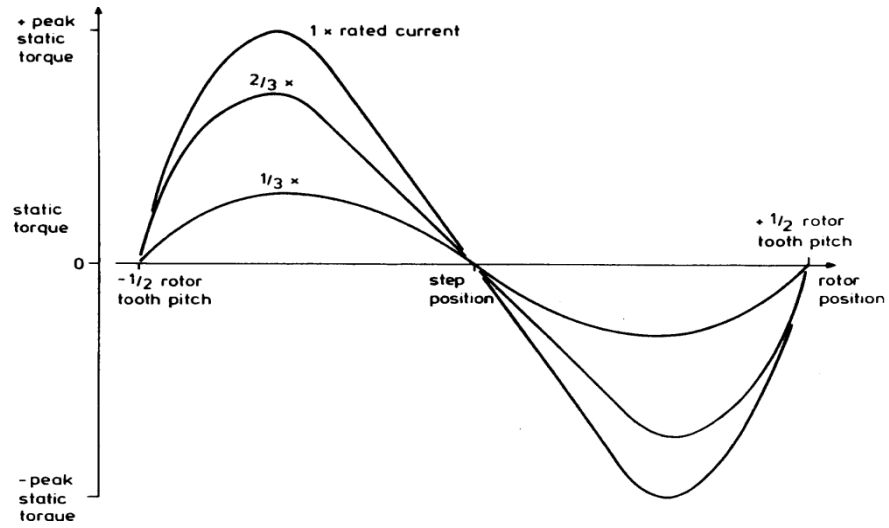
Το σχήμα 3.12 επεξηγεί τη στατικά ροπή τα χαρακτηριστικά θέσης στροφέων ενάντια στο ρεύμα φάσης.

Αποδεικνύεται ότι όσο υψηλότερο το ρεύμα φάσης, τόσο υψηλότερη η ροπή εκμετάλλευσης, ενώ το σχεδιάγραμμα των χαρακτηριστικών είναι το ίδιο. Όταν μια μηχανή χρησιμοποιείται για να οδηγήσει ένα φορτίο, η θέση ισορροπίας θα είναι μακριά από την ιδανική θέση βημάτων δεδομένου ότι η ροπή που παράγεται από τη μηχανή πρέπει να ισορροπήσει τη ροπή φορτίων.

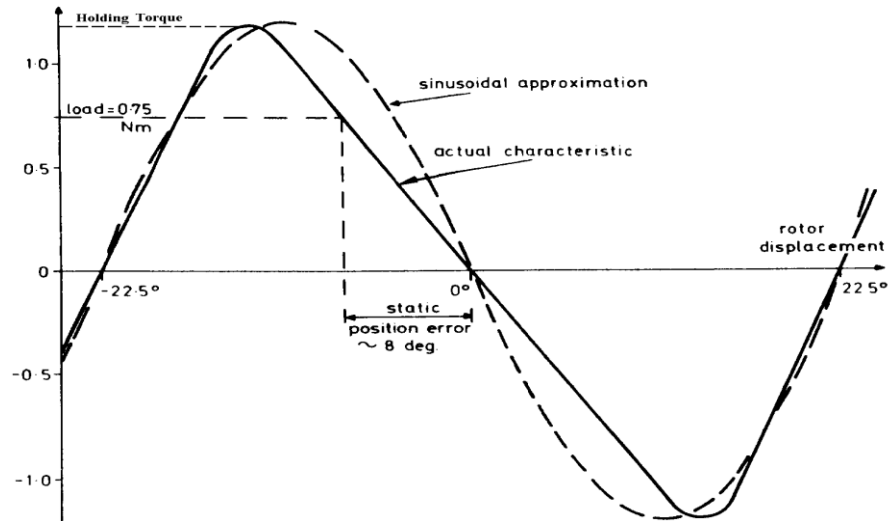
Η διαφορά μεταξύ της πραγματικής θέσης ισορροπίας και της ιδανικής θέσης βημάτων ορίζεται ως το στατικό λάθος θέσης. Το σχήμα 3.13 επεξηγεί το στατικό λάθος θέσης μιας μηχανής οκτώ δοντιών στροφέων και μιας ροπής εκμετάλλευσης 1.2 NM. Κατά τη μεταφορά ενός φορτίου 0.75 NM, στατικό της λάθος θέσης αυτού είναι η μηχανή να είναι 80. Όταν μια ημιτονοειδής προσέγγιση χρησιμοποιείται για τη στατικά ροπή/το χαρακτηριστικό θέσης στροφέων, το στατικό λάθος θέσης μπορεί να υπολογιστεί περίπου κοντά.

$$\theta_{\text{error}} \approx \frac{\sin^{-1}(-T_L/T_{pk})}{N_r}$$

Όπου το T είναι η ροπή και το T_{pk} φορτίων είναι η ροπή εκμετάλλευσης



Σχήμα 3.11



Σχήμα 3.12: Pull-out χαρακτηριστικά ροπής/ταχύτητας

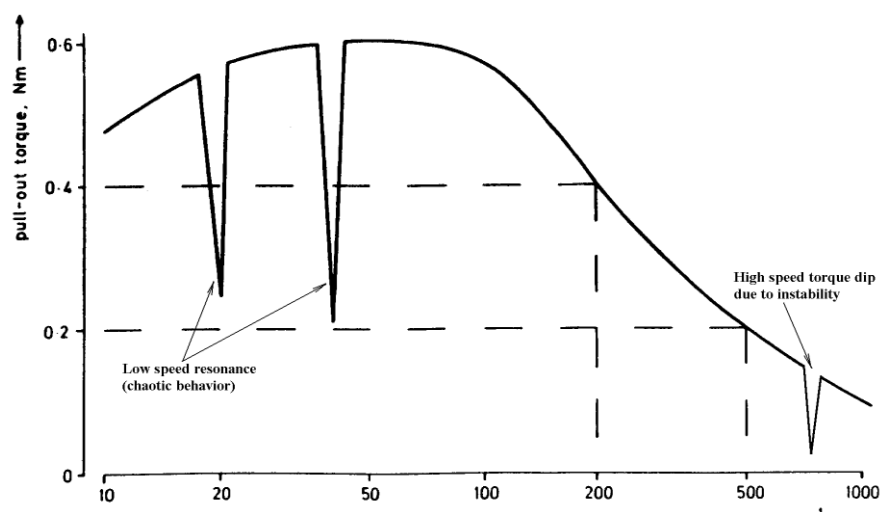
Λάθος θέσης σχημάτων 3.12 στατικό για μια να περπατήσει μηχανή οκτώ δοντιών στροφέων μια ροπή εκμετάλλευσης 1.2 NM.

Pull-out ροπή είναι η μέγιστη ροπή που μια μηχανή μπορεί να αναπτυχθεί με μια ταχύτητα.

Το σχήμα 3.13 επεξηγεί τη pull-out ροπή/την ταχύτητα χαρακτηριστικές μιας χαρακτηριστικής να περπατήσει μηχανής.

Λόγω της αργόστροφης αντήχησης (χαοτική συμπεριφορά), θα μπορούσαν να υπάρξουν μερικές εμβαθύνσεις στο χαρακτηριστικό.

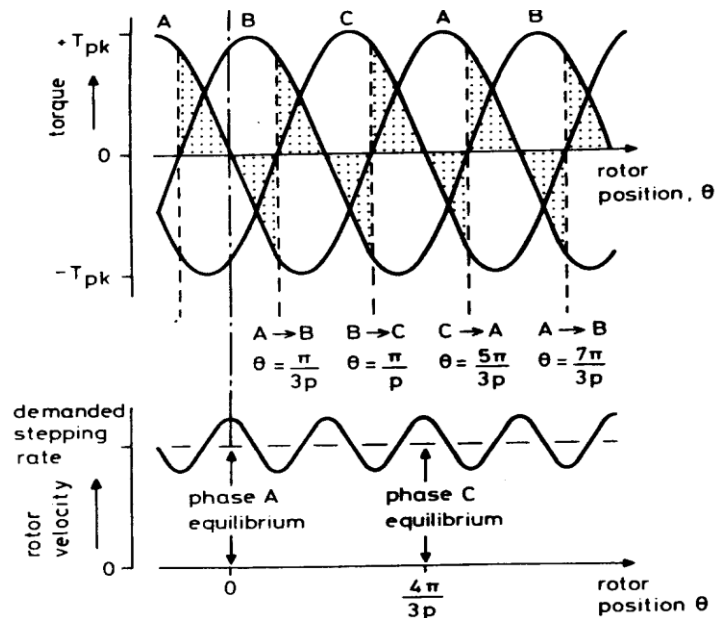
Για να καταλάβετε τη pull-out ροπή, θεωρήστε πρώτα τη βαθμιαία λειτουργία μιας μηχανής σε κανένα φορτίο, όπως φαίνεται στο σχήμα 3.14. Η στατικά ροπή/τα χαρακτηριστικά θέσης των φάσεων A, B, και Γ προσεγγίζεται από τα κύματα ημιτόνου. Δεδομένου ότι δεν υπάρχει κανένα μηχανικό φορτίο, ο στροφέας θα σταματούσε στη θέση βημάτων της φάσης A όταν ενεργοποιείται το τύλιγμα φάσης A. Για το επόμενο βήμα, η φάση B ενεργοποιείται. Από το διάγραμμα μπορεί να δει ότι η ροπή που παράγεται από τη μηχανή είναι μεγαλύτερη, μηδέν όταν ενεργοποιείται η φάση B, και ως εκ τούτου ο στροφέας θα περιστραφεί για ένα άλλο βήμα και τις στάσεις στη θέση βημάτων της φάσης B. Η κατάσταση για τα περαιτέρω βήματα θα είναι παρόμοια.



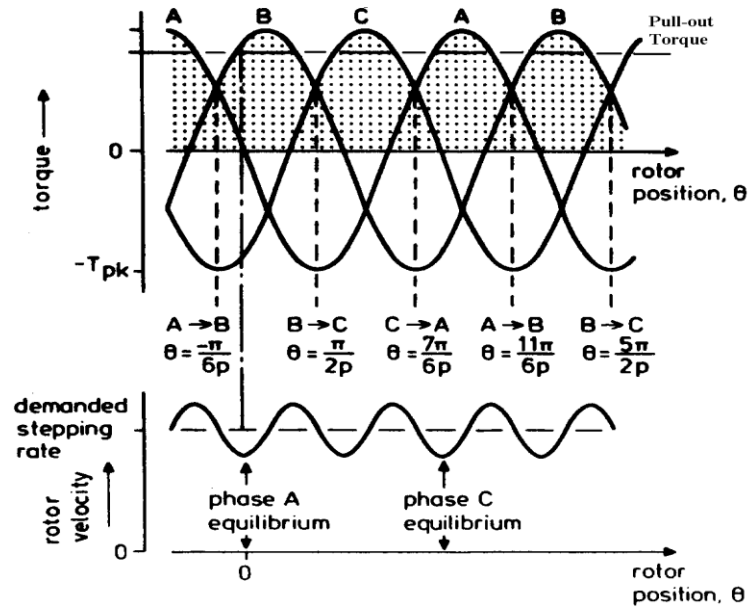
Σχήμα 3.13: Pull-out ροπή/χαρακτηριστικό ταχύτητας.

Εάν η μηχανή φέρνει ένα φορτίο, η θέση ισορροπίας όπου ο στροφέας σταματά όταν ενεργοποιείται η φάση A θα είναι διαφορετική από την ιδανική θέση βημάτων δεδομένου ότι η ροπή μηχανών πρέπει να ισορροπήσει τη ροπή φορτίων. Όταν η φάση B ενεργοποιείται για το επόμενο βήμα, ο στροφέας θα περιστραφεί για ένα βήμα εάν η ροπή που παράγεται από τη μηχανή είναι υψηλότερη από τη ροπή φορτίων. Για μια μηχανή της μικρής αδράνειας, η μέγιστη ροπή φορτίων αυτό μπορεί να φέρει ή η pull-out ροπή μπορεί να καθοριστεί από τη διατομή της στατικών ροπής/των χαρακτηριστικών θέσης δύο παρακείμενων φάσεων, όπως διευκρινίζεται στο σχήμα 3.15. Για μια μηχανή της μεγάλης αδράνειας, η pull-out είναι υψηλότερη δεδομένου ότι η κινητική ενέργεια που αποθηκεύεται από την αδράνεια βοηθά το στροφέα για να περιστραφεί προς τα εμπρός.

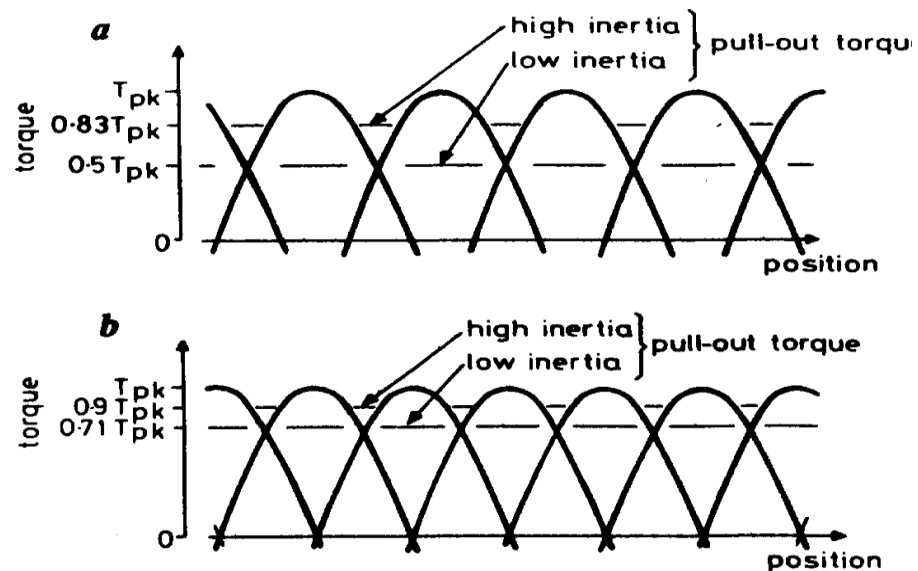
Σε αυτήν την περίπτωση, η pull-out ροπή μπορεί να καθοριστεί με τον υπολογισμό μέσου όρου της στατικών ροπής/των χαρακτηριστικών θέσης στροφέων των παρακείμενων φάσεων. Όπως διευκρινίζεται στο σχήμα 3.16, η pull-out ροπή για μια τριφασική μηχανή είναι 50 % της ροπής εκμετάλλευσης εάν η αδράνεια μηχανών είναι χαμηλή, και 83% της ροπής εκμετάλλευσης εάν η αδράνεια μηχανών είναι υψηλή. Για μια μηχανή τεσσάρων φάσης, αυτοί οι δύο αριθμοί είναι πιο στενοί.



Σχήμα 3.14: Θέση στροφέων στους χρόνους διακοπής φάσης για κανένα φορτίο.



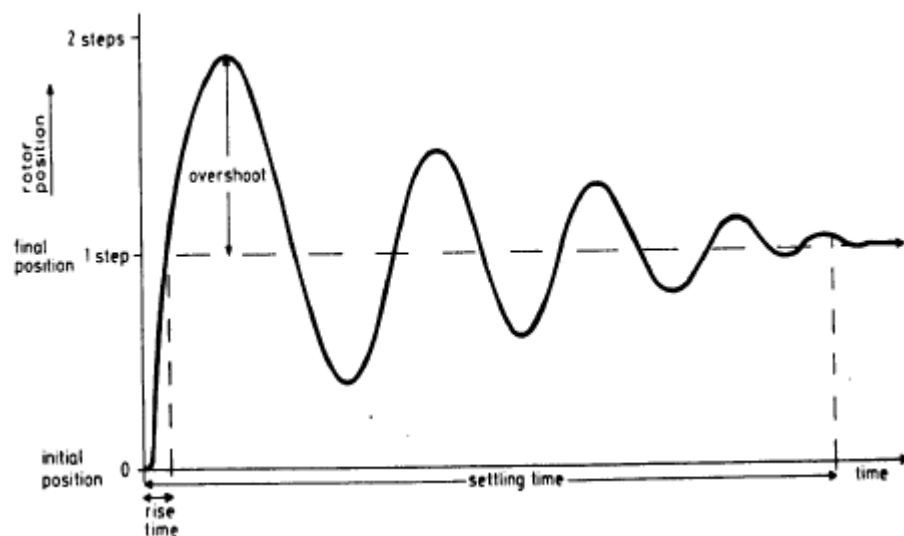
Σχήμα 3.15: Θέση στροφών στους χρόνους διακοπής φάσης για pull-out το φορτίο.



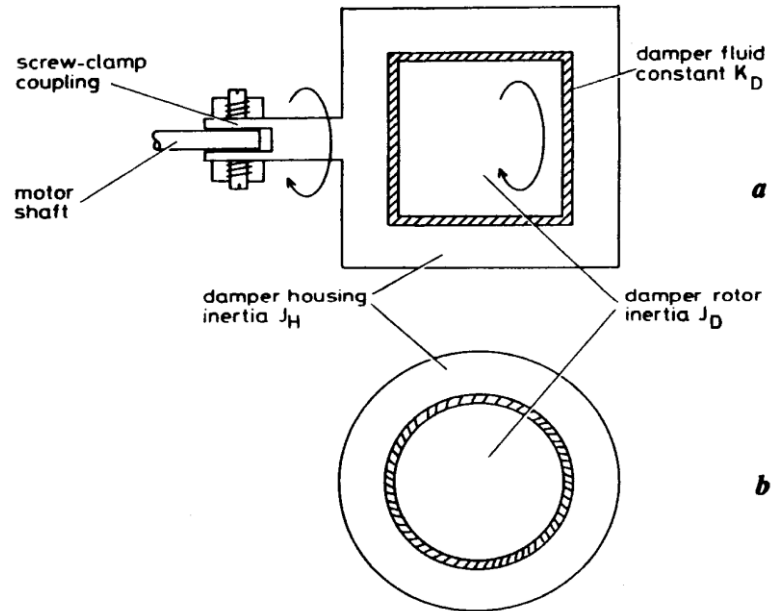
Σχήμα 3.16: Χαμηλές και υψηλές pull-out αδράνειας ροπές (α) τρία και (β) τέσσερις stepping motors

3.3.3 Χαμηλής συχνότητας αντήχηση

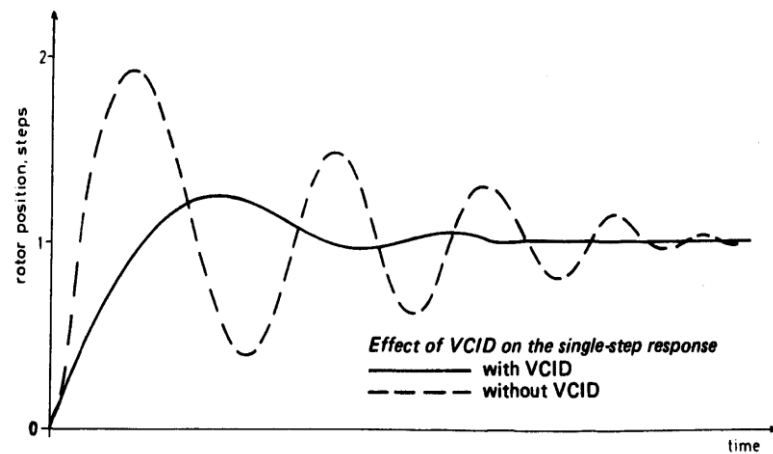
Στη pull-out ροπή την ταχύτητα, χαρακτηριστικές στο σχήμα 3.16, υπάρχουν μερικές εμβαθύνσεις ροπής. Αυτή η χαοτική συμπεριφορά προκαλείται από τη χαμηλής συχνότητας αντήχηση. Το σχήμα 3.17 παρουσιάζει χαρακτηριστική απάντηση βημάτων. Όταν η συχνότητα ταλάντωσης στροφών είναι ίση με τη φυσική συχνότητα της μηχανής, μια χαμηλής συχνότητας αντήχηση εμφανίζεται και οι pull-out πτώσεις ροπής εντυπωσιακά ή οι στάβλοι μηχανών απλά. Για να υπερνικήσει αυτό το πρόβλημα, μια viscously-συνδεμένη διάταξη απόσβεσης αδράνειας όπως φαίνεται στο σχήμα 3.18 μπορεί να χρησιμοποιηθεί. Το σχήμα της 3.19 παρουσιάζει τα αποτελέσματα VCID.



Σχήμα 3.17 Μια χαρακτηριστική απάντηση βημάτων..



Σχήμα 3.18 Viscously-συνδεμένος παράλληλος και (β) κάθετος αδράνειας υγρότερος (α) στον άξονα.



Σχήμα 3.19 Επίδραση VCID.

3.4 ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ ΥΨΗΛΗΣ ΤΑΧΥΤΗΤΑΣ

Στις υψηλές ταχύτητες, η συγχώνευση βημάτων στο ένα και οι εναλλακτικές μέθοδοι μπορούν να χρησιμοποιηθούν στην οργάνωση ή και να λύσουν τις διαφορικές εξισώσεις:

(1) κυματισμός βημάτων παρών:

Οι εξισώσεις πρέπει να είναι «βαδίζω-έξω» εγκαίρως όπως πριν ή τις εξισώσεις μπορούν να γίνουν γραμμικό για τις μικρές ταλαντώσεις.

(2) ο κυματισμός ταχύτητας υπέθεσε μηδέν:

Μπορεί να είναι δυνατό να χρησιμοποιηθούν οι μέθοδοι χρόνος περιοχών όπως η ανάλυση Fourier ή και η ανάλυση phasor.

Ο κυματισμός ταχύτητας υπέθεσε μηδέν και η τρέχουσα υποτιθέμενη ημιτονοειδής ανάλυση phasor ΕΝΑΛΛΑΣΣΟΜΕΝΟΥ ΡΕΥΜΑΤΟΣ μπορεί να χρησιμοποιηθεί, (ίδιο πρότυπο με αυτό για τις σύγχρονες μηχανές).

3.4.1 Ανάλυση Phasor σταθερού κράτους

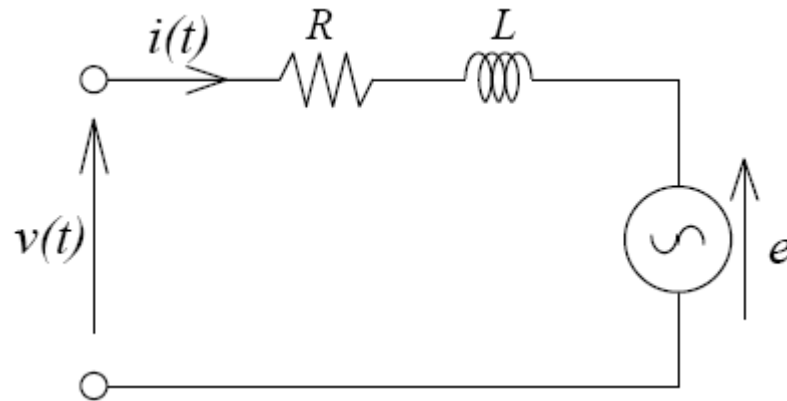
Το σχήμα 3.20 επεξηγεί την ισοδύναμη έγκαιρη περιοχή κυκλωμάτων ενός τυλίγματος φάσης. Η εξίσωση κυκλωμάτων για μια διέγερση φάσης μπορεί να γραφτεί όπως

$$v = Ri + L \frac{di}{dt} + \frac{dL(\theta)}{d\theta} \omega_r i + \frac{d\lambda_m}{dt}$$

$$= Ri + L \frac{di}{dt} +$$

όπου το L είναι η αυτεπαγωγή τυλίγματος στατών, λ_m ο άνεμος σύνδεσμος ροής στατών λόγω του μόνιμου μαγνήτη, και

$$e = \frac{dL(\theta)}{d\theta} \omega_r i + \frac{d\lambda_m}{dt}$$



Σχήμα 3.20 Ανά έγκαιρη περιοχή κυκλωμάτων φάσης ισοδύναμη

(1) έκφραση Phasor VR της μηχανής:

Για μια VR μηχανή, έχουμε:

$$\lambda_m = 0$$

και

$$L(\theta) = L_o + L_1 \sin N_p \theta$$

Δεδομένου ότι η unipolar κίνηση υιοθετείται, μπορούμε να εκφράσουμε τα θεμελιώδη συστατικά της τάσης και του ρεύματος στη φάση στατών που τυλίγει όπως

$$v(t) = V_o + V_1 \cos \omega t$$

and

$$i(t) = I_o + I_1 \cos(\omega t - \delta - \alpha)$$

Αντικαθιστώντας (9) - (12) σε (7) και παραμέληση των όρων υψηλής συχνότητας, λαμβάνουμε την τάση και τις τρέχουσες σχέσεις όπως

$$V_o = RI_o$$

and

$$V_1 \cos \omega t = RI_1 \cos(\omega t - \delta - \alpha) - \omega L_o I_1 \sin(\omega t - \delta - \alpha) + \omega L_1 I_o \cos(\omega t - \delta)$$

Στην έκφραση phasor, η ανωτέρω τάση-τρέχουσα σχέση γίνεται

$$V = RI + j\omega L_o I + E$$

where

$$E = \omega L_1 I_o \angle -\delta$$

(2) έκφραση Phasor του PM και των υβριδικών μηχανών:

Για τον PM και τις υβριδικές μηχανές, το L μπορεί να θεωρηθεί ως ανεξάρτητος της θέσης στροφών.

Το θεμελιώδες συστατικό της τάσης και του ρεύματος μπορεί να εκφραστεί όπως

$$v(t) = V \cos \omega t$$

and

$$i(t) = I \cos(\omega t - \delta - \alpha)$$

Να υποθέσει το σύνδεσμο ροής του στάτη που τυλίγει λόγω του μόνιμου μαγνήτη είναι

$$\lambda_m = \hat{\lambda}_m \sin(\omega t - \delta)$$

we obtain

$$V \cos \omega t = RI \cos(\omega t - \delta - \alpha) - \omega LI \sin(\omega t - \delta - \alpha) + \omega \hat{\lambda}_m \cos(\omega t - \delta)$$

Στην έκφραση phasor, η ανωτέρω τάση-τρέχουσα σχέση γίνεται

$$V = RI + j\omega LI + E$$

where

$$E = \omega \hat{\lambda}_m \angle -\delta$$

(3) ισοδύναμο κύκλωμα στο πεδίο συχνότητας:

Μια κοινή έκφραση phasor για όλες τις μηχανές είναι:

$$V = RI + j\omega LI + E$$

where

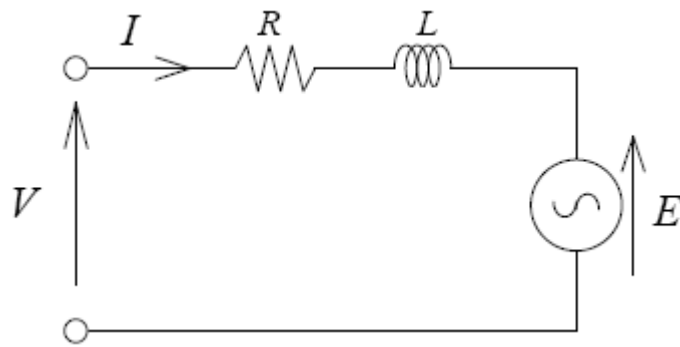
$$E = \omega L_1 I_o \angle -\delta$$

Για μια VR μηχανή, και

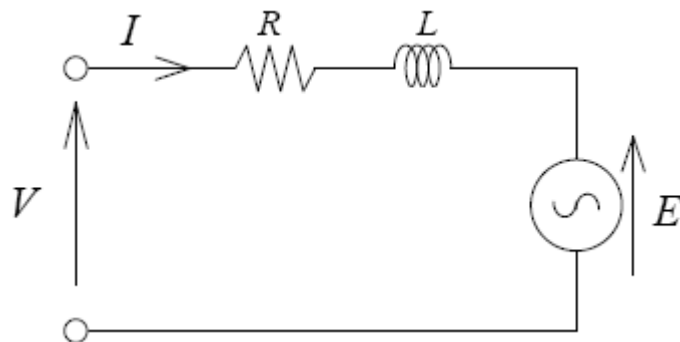
$$E = \omega \hat{\lambda}_m \angle -\delta$$

για ένα PM ή μια υβριδική μηχανή.

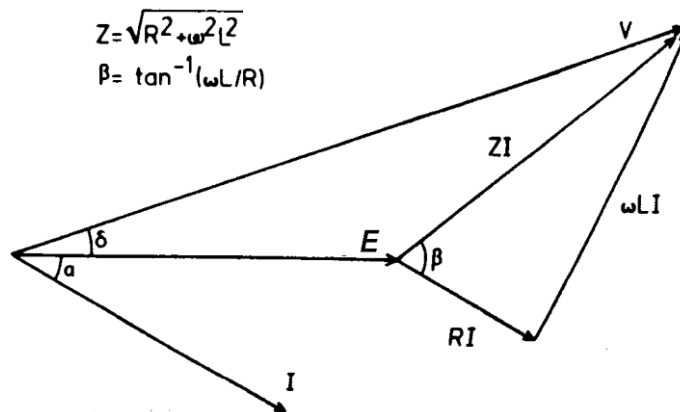
Σχήμα 3.21: επεξηγεί το αντίστοιχο ισοδύναμο κύκλωμα στο πεδίο συχνότητας, και το σχήμα 3.22 παρουσιάζει αντίστοιχο διάγραμμα phasor.



Σχήμα 3.21



Σχήμα 3.22: Ισοδύναμο κύκλωμα στο πεδίο συχνότητας



Σχήμα 3.23: Διάγραμμα Phasor των μηχανών

(4) Pull-out έκφραση ροπής:

Από το διάγραμμα phasor, μπορεί να παραχθεί ότι η ηλεκτρομαγνητική ροπή μιας μηχανής μπορεί να εκφραστεί όπως

$$T = \frac{pmEI \cos(\beta - \delta)}{\omega \sqrt{R^2 + \omega^2 L^2}} - \frac{pmE^2 R}{\omega(R^2 + \omega^2 L^2)}$$

το m είναι ο αριθμός φάσεων, και τον $\pi = Nr/2$ τα ζευγάρια πόλων της μηχανής.

Η pull-out ροπή είναι η μέγιστη ροπή για μια ορισμένη ταχύτητα, και μπορεί να καθοριστεί με το να αφήσει $\delta = \beta$. Επομένως,

$$T_{max} = \frac{pmEI}{\omega \sqrt{R^2 + \omega^2 L^2}} - \frac{pmE^2 R}{\omega(R^2 + \omega^2 L^2)}$$

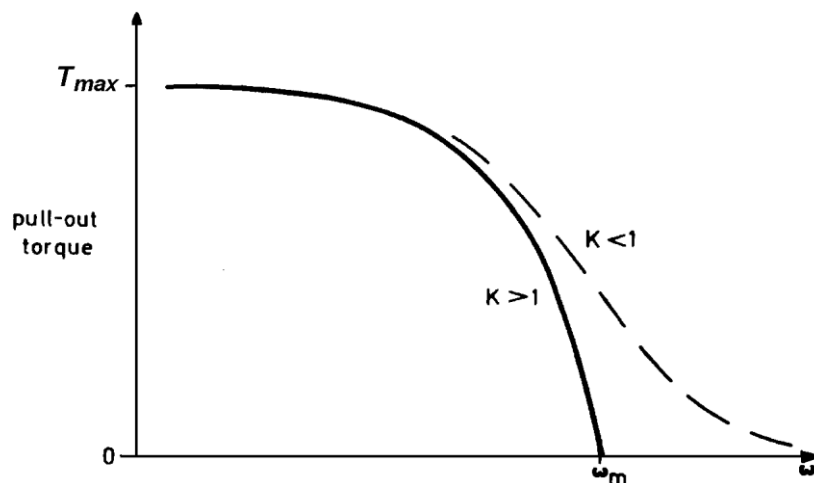
Το σχήμα 3.24 σχεδιάζει την προβλεφθείσα pull-out ροπή ενάντια στην ταχύτητα στροφών κοντά (27), όπου

$$K = \frac{L_1 V_0}{L_0 V_1}$$

για μια VR μηχανή, και

$$K = \frac{\hat{\lambda}_m}{VL/R}$$

για έναν PM ή ένα υβριδικό stepping motor.



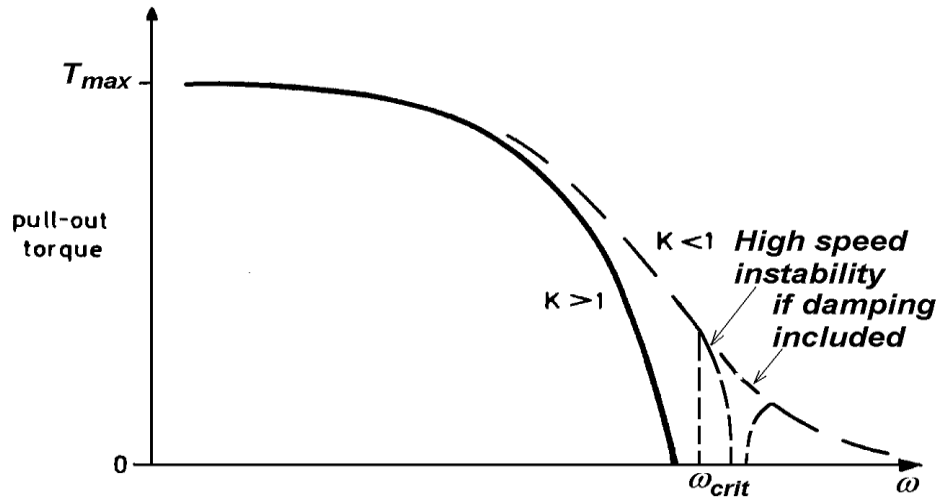
Σχήμα 3.24: Προβλεφθείσα pull-out ροπή ενάντια στην ταχύτητα στροφών

5) Αστάθεια υψηλής συχνότητας:

Ο δεύτερος όρος στην εξίσωση ροπής φθάνει στο μέγιστο όταν

$$\omega = \omega_{crit} = R/L$$

Για μια συχνότητα διέγερσης υψηλότερη από αυτήν την κρίσιμη συχνότητα, η μηχανή θα ανέπτυξε τις χαμηλής συχνότητας ταλαντώσεις, και μπορεί να μειωθεί έξω, όπως φαίνεται στο σχήμα 3.24 από την εμβύθιση ροπής υψηλής ταχύτητας λόγω της αστάθειας. Αυτή η ταλάντωση μπορεί να αποτραπεί με την ελάττωση (κλουβί στροφέων), ή από τη θέση στροφέων ανατροφοδοτήστε (αβούρτσιστη συνεχής μηχανή). Το σχήμα 3.25 επεξηγεί τα αποτελέσματα της απόσβεσης.



Σχήμα 3.25: Πρόληψη της αστάθειας υψηλής ταχύτητας από την απόσβεση

4^ο ΚΕΦΑΛΑΙΟ

“ΕΛΕΓΧΟΣ STEPPING MOTORS”

4.1 Βασικά κυκλώματα ελέγχου STEPPING MOTORS

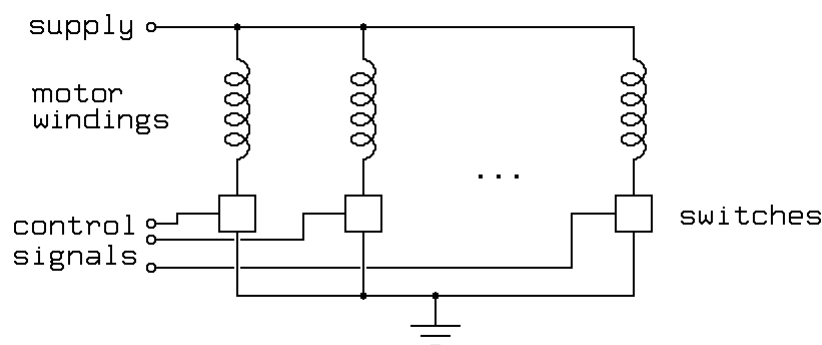
Αυτό το τμήμα του stepper εξετάζει τα βασικά στοιχεία κυκλώματος κίνησης τελικών φάσεων για stepping motors. Αυτά τα στοιχεία κυκλώματος είναι κεντροθετημένα σε ένα ενιαίο ζήτημα, που μεταστρέφει το ρεύμα σε κάθε τύλιγμα μηχανών επάνω και μακριά, και τον έλεγχο της κατεύθυνσής του. Τα στοιχεία κυκλώματος που συζητούνται σε αυτό το τμήμα συνδέονται άμεσα με περιελίξεις μηχανών και την παροχή ηλεκτρικού ρεύματος μηχανών και αυτά τα στοιχεία κυκλώματος ελέγχονται από ένα ψηφιακό σύστημα που καθορίζει πότε οι διακόπτες ανοίγονται ή μακριά.

Αυτό το τμήμα καλύπτει όλους τους τύπους μηχανών, από τα στοιχειώδη στοιχεία κυκλώματος που απαιτούνται για να ελέγξουν μια μεταβλητή μηχανή απροθυμίας, στα στοιχεία κυκλώματος χ-γεφυρών που απαιτούνται για να ελέγξουν μια διπολική μόνιμη μηχανή μαγνητών. Κάθε κατηγορία κυκλώματος κίνησης είναι διευκρινισμένη με τα πρακτικά παραδείγματα, αλλά αυτά τα παραδείγματα δεν προορίζονται ως εξαντλητικός κατάλογος των διαθέσιμων στο εμπόριο κυκλωμάτων ελέγχου, ούτε οι πληροφορίες δίνονται που προορίζονται εδώ για να αντικαταστήσουν για τις πληροφορίες που βρίσκονται για το manufacturer φύλλα στοιχείων τμημάτων του s για τα αναφερθέντα μέρη.

Αυτό το τμήμα καλύπτει μόνο τα ποιο στοιχειώδη στοιχεία κυκλώματος ελέγχου για κάθε κατηγορία μηχανής. Όλα αυτά τα κυκλώματα υποθέτουν ότι η παροχή ηλεκτρικού ρεύματος μηχανών παρέχει μια τάση κίνησης όχι μεγαλύτερη από το motor το s εκτίμησε την τάση, και αυτό περιορίζει σημαντικά την απόδοση μηχανών. Το επόμενο τμήμα, τρεχόντων περιορισμένων στοιχείων κυκλώματος κίνησης, καλύπτει τα πρακτικά υψηλής απόδοσης κυκλώματα κίνησης.

4.1.1 Μεταβλητές μηχανές απροθυμίας

Οι χαρακτηριστικοί ελεγκτές για τις μεταβλητές απροθυμίας μηχανές είναι παραλλαγές στην περίληψη που παρουσιάζεται στο σχήμα 4.1:

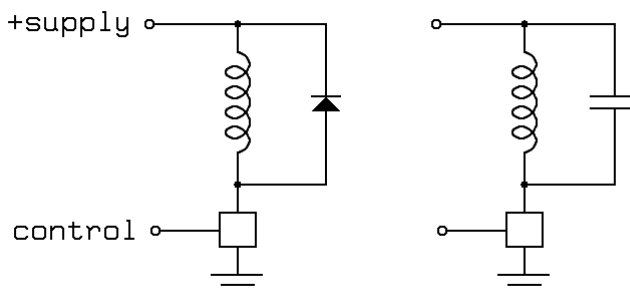


Σχήμα 4.1: Χαρακτηριστικοί ελεγκτές για τις μεταβλητούς *stepping motors* απροθυμίας.

Στο σχήμα 4.1, τα κιβώτια χρησιμοποιούνται για να αντιπροσωπεύσουν τους διακόπτες μια μονάδα ελέγχου, που δεν παρουσιάζεται μηχανές, είναι αρμόδια για την παροχή των σημάτων ελέγχου για να ανοίξει και να κλείσει τους διακόπτες στις κατάλληλες χρονικές στιγμές προκειμένου να περιστραφούν. Σε πολλές περιπτώσεις, η μονάδα ελέγχου θα είναι ένας υπολογιστής ή προγραμματίσιμος ελεγκτής διεπαφών, με το λογισμικό που παράγει άμεσα τα αποτελέσματα που απαιτούνται για να ελέγξουν τους διακόπτες, αλλά σε άλλες περιπτώσεις, τα πρόσθετα στοιχεία κυκλώματος ελέγχου εισάγονται, μερικές φορές δωρεάν.

Windings (περιελίξεις) μηχανών, τα σωληνοειδή και οι παρόμοιες συσκευές είναι όλα επαγωγικά φορτία. Υπό αυτήν τη μορφή, το ρεύμα μέσω του τυλίγματος μηχανών δεν μπορεί να ανοιχτεί ή μακριά στιγμιαία χωρίς ανάμειξη των άπειρων τάσεων. Όταν ο διακόπτης που ελέγχει ένα τύλιγμα μηχανών κλείσει, επιτρέποντας στο ρεύμα για να ρεύσει, το αποτέλεσμα αυτού είναι μια αργή άνοδος στο ρεύμα. Όταν το διακόπτη που ελέγχει ένα τύλιγμα μηχανών ανοίγουν, το αποτέλεσμα αυτού είναι μια ακίδα τάσης που μπορεί σοβαρά να βλάψει το διακόπτη εκτός αν η προσοχή λαμβάνεται για να το εξετάσει κατάλληλα.

Υπάρχουν δύο βασικοί τρόποι σε αυτήν την ακίδα τάσης. Η μία είναι να γεφυρωθεί η μηχανή που τυλίγει με μια δίοδο, και άλλη είναι να γεφυρωθεί η μηχανή που τυλίγει με έναν πυκνωτή. Το σχήμα 4.1.2 επεξηγεί και τις δύο προσεγγίσεις.



Σχήμα 4.2: Τα κυκλώματα των δύο βασικών τρόπων την τάση καρφώνουν κατά έλεγχο ενός μεταβλητού stepping motors απροθυμίας.

Η δίοδος που παρουσιάζεται στο σχήμα 4.2 πρέπει να είναι σε θέση να διευθύνει το πλήρες ρεύμα μέσω του τυλίγματος μηχανών, αλλά θα διευθύνει μόνο εν συντομία κάθε φορά που κλείνεται ο διακόπτης, καθώς το ρεύμα μέσω του τυλίγματος αποσυντίθεται. Εάν οι σχετικά αργές δίοδοι όπως η κοινή οικογένεια 1N400X χρησιμοποιούνται μαζί με έναν γρήγορο διακόπτη, μπορεί να είναι απαραίτητο να προστεθεί ένας μικρός πυκνωτής παράλληλα με τη δίοδο.

Ο πυκνωτής που παρουσιάζεται στο σχήμα 4.2 δημιουργεί τα πιο σύνθετα προβλήματα σχεδίου. Όταν ο διακόπτης κλείσει, ο πυκνωτής θα απαλλάξει μέσω της αλλαγής που στηρίζει, και ο διακόπτης πρέπει να είναι σε θέση να χειριστεί αυτήν την συνοπτική ακίδα του ρεύματος απαλλαγής. Ένας αντιστάτης σωρηδόν με τον πυκνωτή ή σωρηδόν με την παροχή ηλεκτρικού ρεύματος θα περιορίσει αυτό το ρεύμα. Όταν το διακόπτη ανοίγουν, η αποθηκευμένη ενέργεια στο τύλιγμα μηχανών θα χρεώσει τον πυκνωτή μέχρι μια τάση σημαντικά επάνω από την τάση ανεφοδιασμού, και ο διακόπτης πρέπει να είναι σε θέση να ανεχτεί αυτήν την τάση. Η λύση για το μέγεθος του πυκνωτή μπορεί να βρεθεί αν εξισώνουμε τους δύο τύπους για την αποθηκευμένη ενέργεια σε ένα ηχηρό κύκλωμα:

$$P = C V^2 / 2$$

$$P = L I^2 / 2$$

Όπου:

Π: αποθηκευμένη ενέργεια, στα Volt δευτερολέπτων Watt ή Coulomb

Γ : ικανότητα, στα Farads

B: τάση πέρα από τον πυκνωτή

L: αυτεπαγωγή της μηχανής που τυλίγει, στα Henry

I: ρεύμα μέσω του τυλίγματος μηχανών

Η επίλυση για το ελάχιστο μέγεθος του πυκνωτή που απαιτείται για να αποτρέψει overvoltage στο διακόπτη είναι αρκετά εύκολη:

$$C > L I^2 / (V_b - V_s)^2$$

Όπου:

V_b : η τάση διακοπής του διακόπτη

Εναντίον η τάση ανεφοδιασμού

Οι μεταβλητές μηχανές απροθυμίας έχουν τη μεταβλητή αυτεπαγωγή που εξαρτάται από τη γωνία αξόνων. Επομένως, το στη χειρότερη περίπτωση σχέδιο πρέπει να χρησιμοποιηθεί για να επιλέξει τον πυκνωτή. Επιπλέον, οι αυτεπαγωγές μηχανών είναι συχνά κακώς τεκμηριωμένες, έως καθόλου.

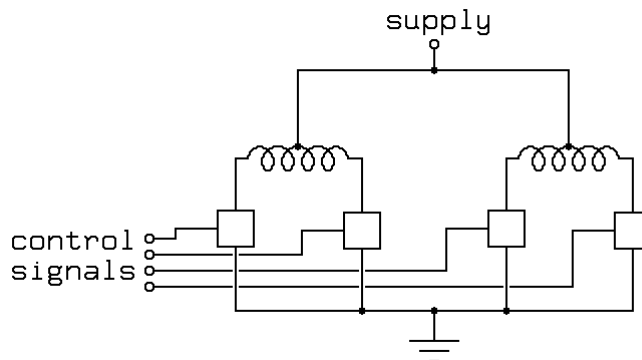
Ο πυκνωτής και η μηχανή που τυλίγουν, διαμορφώνουν ένα ηχηρό κύκλωμα. Εάν το σύστημα ελέγχου οδηγεί τη μηχανή στις συχνότητες κοντά στην ηχηρή συχνότητα αυτού του κυκλώματος, το ρεύμα μηχανών μέσω windings μηχανών, και επομένως, η ροπή που ασκείται από τη μηχανή, θα είναι αρκετά διαφορετικό από τη ροπή σταθερού κράτους στην ονομαστική λειτουργούσα τάση. Η ηχηρή συχνότητα είναι:

$$f = 1 / (2\pi (L C)^{0.5})$$

Πάλι, η ηλεκτρική ηχηρή συχνότητα για μια μεταβλητή μηχανή απροθυμίας θα εξαρτηθεί από τη γωνία αξόνων. Όταν μηχανές μιας απροθυμίας χρησιμοποιούνται οι μεταβλητές με τους συναρπαστικούς σφυγμούς κοντά στην αντήχηση, το ταλαντευόμενο ρεύμα στο τύλιγμα μηχανών θα οδηγήσει σε ένα μαγνητικό πεδίο που πηγαίνει σε μηδέν δύο φορές στην ηχηρή συχνότητα, και αυτό μπορεί σοβαρά να μειώσει τη διαθέσιμη ροπή.

4.1.2 Unipolar μόνιμος μαγνήτης και υβριδικές μηχανές

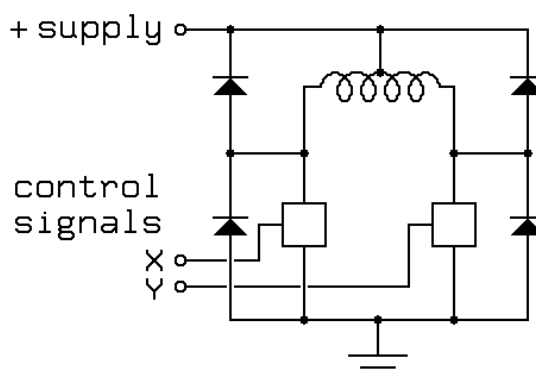
Οι χαρακτηριστικοί ελεγκτές για τις unipolar μηχανές είναι παραλλαγές στην περίληψη που παρουσιάζεται στο σχήμα 4.1.3:



Σχήμα 4.3: Χαρακτηριστικοί ελεγκτές για τις unipolar μηχανές.

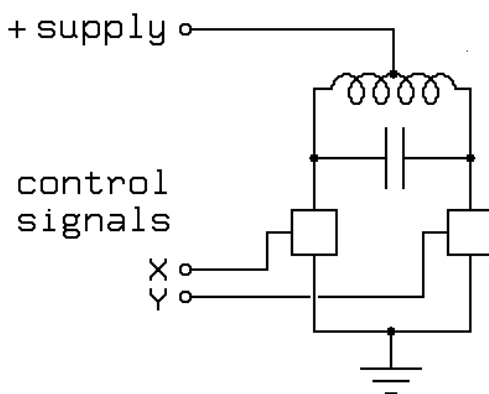
Στο σχήμα 4.3, όπως στο σχήμα 4.1, τα κιβώτια χρησιμοποιούνται για να αντιπροσωπεύσουν τους διακόπτες μια μονάδα ελέγχου, που δεν παρουσιάζεται μηχανές, είναι αρμόδια για την παροχή των σημάτων ελέγχου για να ανοίξει και να κλείσει τους διακόπτες στις κατάλληλες χρονικές στιγμές προκειμένου να περιστραφούν. Η μονάδα ελέγχου είναι συνήθως ένας υπολογιστής ή προγραμματίσιμος ελεγκτής διεπαφών, με το λογισμικό που παράγει άμεσα τα αποτελέσματα που απαιτούνται για να ελέγξουν τους διακόπτες.

Όπως με τα στοιχεία κυκλώματος κίνησης για τις μεταβλητές μηχανές απροθυμίας, πρέπει να εξετάσουμε το επαγωγικό λάκτισμα παραχθέν όταν κλείνεται κάθε ένας από αυτούς τους διακόπτες. Πάλι, μπορούμε να μετακινήσουμε το επαγωγικό λάκτισμα χρησιμοποιώντας τις διόδους, αλλά τώρα, 4 διόδους απαιτούνται, όπως φαίνεται στο σχήμα 4.4:



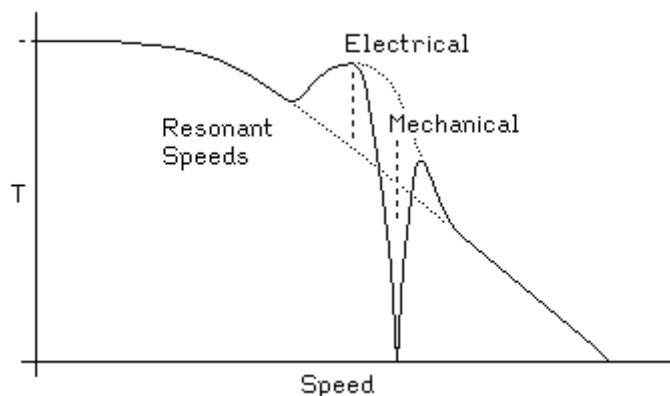
Σχήμα 4.4: να μετακινήσει το επαγωγικό λάκτισμα που χρησιμοποιεί τις διόδους.

Οι πρόσθετες δίοδοι απαιτούνται επειδή το τύλιγμα μηχανών δεν είναι δύο ανεξάρτητα πηνία, είναι ένα ενιαίο κέντρο-τρυπημένο πηνίο με την κεντρική βρύση σε μια σταθερή τάση. Αυτό ενεργεί ως αυτομετασχηματιστής. Όταν ένα τέλος του τυλίγματος μηχανών τραβιέται κάτω, το άλλο τέλος θα πετάξει επάνω, και versa θεωρήσεων. Όταν ένας διακόπτης ανοίγει, η επαγωγική ανταπόδοση θα οδηγήσει εκείνο το τέλος της μηχανής που τυλίγει στο θετικό ανεφοδιασμό, όπου στερεώνεται από τη δίοδο. Το αντίθετο άκρο θα πετάξει προς τα κάτω, και εάν δεν επέπλεε στην τάση ανεφοδιασμού τότε, θα πέσει below - ground, αντιστρέφοντας την τάση πέρα από το διακόπτη σε εκείνο το τέλος. Μερικοί διακόπτες είναι άνοσοι σε τέτοιες αντιστροφές, αλλά άλλες μπορούν να βλαφθούν σοβαρά. Ένας πυκνωτής μπορεί επίσης να χρησιμοποιηθεί για να περιορίσει την τάση ανταπόδοσης, όπως φαίνεται στο σχήμα 4.5:



Σχήμα 4.5: Ένας πυκνωτής χρησιμοποιείται για να περιορίσει την τάση ανταπόδοσης

Οι κανόνες για τον πυκνωτή που παρουσιάζεται στο σχήμα 4.5 είναι οι ίδιοι με τους κανόνες για τον πυκνωτή που παρουσιάζεται στο σχήμα 4.2, αλλά η επίδραση της αντήχησης είναι αρκετά διαφορετική. Με μια μόνιμη μηχανή μαγνητών, εάν ο πυκνωτής οδηγείται σε ή κοντά στην ηχηρή συχνότητα, η ροπή θα αυξηθεί σε τόσο όσο και δύο φορές την αργόστροφη ροπή. Η προκύπτουσα ροπή εναντίον της καμπύλης ταχύτητας μπορεί να είναι αρκετά σύνθετη, όπως διευκρινίζεται στο σχήμα 4.6:



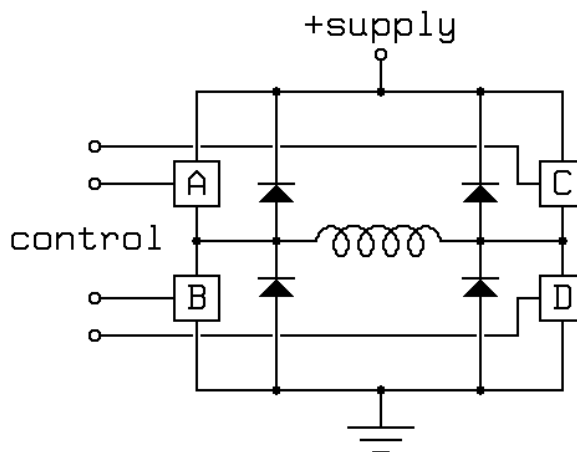
Σχήμα 4.6: Η προκύπτουσα ροπή εναντίον της καμπύλης ταχύτητας.

Το σχήμα 4.6 παρουσιάζει μια αιχμή στη διαθέσιμη ροπή στην ηλεκτρική ηχηρή συχνότητα, και μια κοιλάδα στη μηχανική ηχηρή συχνότητα. Εάν η ηλεκτρική ηχηρή συχνότητα τοποθετείται κατάλληλα επάνω από αυτό που θα ήταν η ταχύτητα διακοπών για τη μηχανή που χρησιμοποιεί μία δίοδος βασισμένη στον οδηγό, η επίδραση μπορεί να είναι μια ιδιαίτερη αύξηση στην αποτελεσματική ταχύτητα διακοπών.

Η μηχανική ηχηρή συχνότητα εξαρτάται από τη ροπή, έτσι εάν η μηχανική ηχηρή συχνότητα είναι οπουδήποτε κοντά στην ηλεκτρική αντήχηση, θα μετατοπιστεί από την ηλεκτρική αντήχηση. Επιπλέον, το πλάτος της μηχανικής αντήχησης εξαρτάται από την τοπική κλίση της ροπής εναντίον της καμπύλης ταχύτητας εάν η ροπή μειώνεται με την ταχύτητα, η μηχανική αντήχηση θα είναι αιχμηρότερη, ενώ εάν η ροπή αναρριχείται με την ταχύτητα, θα είναι ευρύτερη ή ακόμα και χωρισμένη στις πολλαπλάσιες ηχηρές συχνότητες.

4.1.3 Διπολικές μηχανές και χ-γέφυρες

Τα πράγματα είναι ποιο σύνθετα για τους διπολικούς μόνιμους stepping motors μαγνήτες επειδή αυτά δεν έχουν καμία κεντρική βρύση windings τους. Επομένως, για να αντιστρέψουμε την κατεύθυνση του τομέα που παράγεται από μια μηχανή που τυλίγει, πρέπει να αντιστρέψουμε το ρεύμα μέσω του τυλίγματος. Θα μπορούσαμε να χρησιμοποιήσουμε ένα double-pole διπλάσιο, ρίχνουμε την αλλαγή για να κάνουμε αυτό ηλεκτρομηχανικά, το ηλεκτρονικό αντίτιμο ενός τέτοιου διακόπτη καλείται χ-γέφυρα και περιγράφεται στο σχήμα 4.7:



Σχήμα 4.7: Χ-γέφυρα.

Όπως με τα unipolar κυκλώματα κίνησης που συζητούνται προηγουμένως, οι διακόπτες που χρησιμοποιούνται στην χ-γέφυρα πρέπει να προστατευθούν από τις ακίδες τάσης που προκαλούνται με το να κλείσουν την ισχύ σε ένα τύλιγμα μηχανών. Αυτό γίνεται συνήθως με τις διόδους, όπως φαίνεται στο σχήμα 4.7.

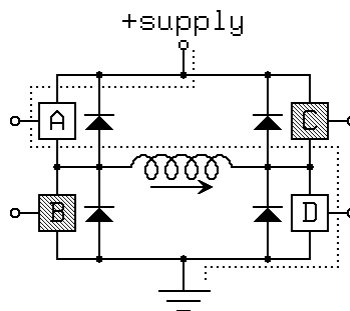
Αξίζει να σημειωθεί ότι οι χ-γέφυρες ισχύουν όχι μόνο στον έλεγχο των διπολικών μηχανών, αλλά και στον έλεγχο των ΣΥΝΕΧΩΝ μηχανών, των αντιφατικών σωληνοειδών (εκείνοι με τους μόνιμους δύτες μαγνητών) και πολλών άλλων εφαρμογών.

Με 4 διακόπτες, η βασική χ-γέφυρα προσφέρει 16 πιθανούς λειτουργούντες τρόπους, 7 των οποίων απότομα έξω η παροχή ηλεκτρικού ρεύματος. Οι ακόλουθοι λειτουργούντες τρόποι είναι ενδιαφέροντες.

Ο μπροστινός τρόπος, μεταστρέφει το Α και το Δ κλειστά.

Αντίστροφος τρόπος, διακόπτες Β και Γ κλειστά.

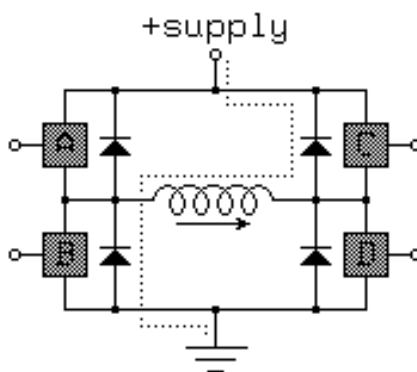
Αυτοί είναι οι συνηθισμένοι λειτουργούντες τρόποι, που επιτρέπουν στο ρεύμα για να ρεύσουν από τον ανεφοδιασμό, μέσω της μηχανής που τυλίγει και προς τα εμπρός στο έδαφος. Το σχήμα 4.1.8 επεξηγεί τον μπροστινό τρόπο:



Σχήμα 4.8: Η χ-γέφυρα διαβιβάζει τον τρόπο..

Γρήγοροι τρόποι αποσύνθεσης:

Οποιαδήποτε τρέχουσα ροή του τυλίγματος μηχανών θα λειτουργεί ενάντια στην πλήρη τάση ανεφοδιασμού, συν δύο πτώσεις διόδων, έτσι το ρεύμα θα αποσυντεθεί γρήγορα. Αυτός ο τρόπος παρέχει ελάχιστη ή καμία δυναμική επίδραση φρεναρίσματος στο στροφέα μηχανών, έτσι ο στροφέας ακτή ελεύθερα τροφοδοτείται σε αυτόν τον τρόπο. Το σχήμα 4.9 επεξηγεί την τρέχουσα ροή αμέσως μετά από τη μετατροπή από τον μπροστινό τρέχοντα τρόπο στο γρήγορο τρόπο αποσύνθεσης.

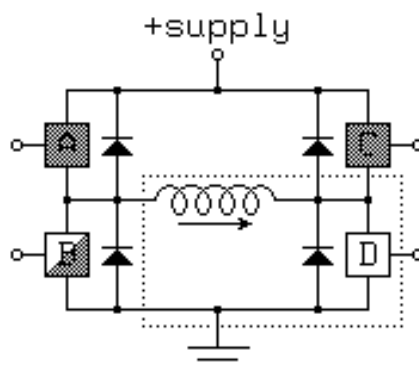


Σχήμα 4.9: Γρήγορος τρόπος αποσύνθεσης χ-γεφυρών.

Αργοί τρόποι αποσύνθεσης ή δυναμικοί τρόποι φρεναρίσματος:

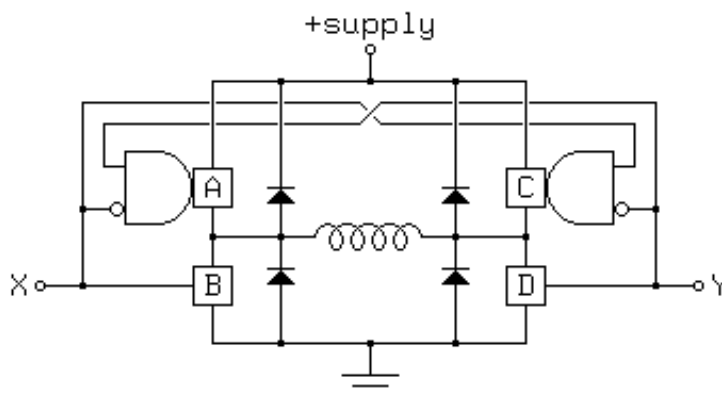
Σε αυτούς τους τρόπους, το ρεύμα μπορεί να διανείμει εκ νέου μέσω της μηχανής που τυλίγει με την ελάχιστη αντίσταση. Κατά συνέπεια, εάν το ρεύμα ρέει σε μια μηχανή

που τυλίγει όταν εισάγεται ένας από αυτούς τους τρόπους, το ρεύμα θα αποσυντεθεί αργά, και εάν ο στροφέας μηχανών γυρίζει, θα προκαλέσει ένα ρεύμα που θα ενεργήσει ως φρένο στο στροφέα. Το σχήμα της 4.10 επεξηγεί ενός από τους πολλούς χρήσιμους τρόπους αργός-αποσύνθεσης, με το διακόπτη Δ κλειστό εάν το τύλιγμα μηχανών ήταν πρόσφατα στον μπροστινό τρέχοντα τρόπο, η κατάσταση του διακόπτη B μπορεί να είναι είτε ανοικτή είτε κλειστή.



Σχήμα 4.10: Τρόποι αργός-αποσύνθεσης χ-γεφυρών.

Οι περισσότερες χ-γέφυρες σχεδιάζονται έτσι ώστε η λογική απαραίτητη να αποτρέψει ένα βραχυκύκλωμα, συμπεριλαμβάνεται πολύ σε έναν χαμηλού επιπέδου στο σχέδιο. Το σχήμα της 4.11 επεξηγεί ποια είναι πιθανώς η καλύτερη ρύθμιση.



Σχήμα 4.11: Καλύτερη ρύθμιση χ-γεφυρών.

Εδώ, οι ακόλουθοι λειτουργούντες τρόποι είναι διαθέσιμοι:

Πίνακας 4.1

XY	ABCD	Mode
00	0000	Fast decay
01	1001	Forward
10	0110	Reverse
11	0101	Slow decay

Το πλεονέκτημα αυτής της ρύθμισης είναι ότι όλοι οι χρήσιμοι λειτουργούντες τρόποι συντηρούνται, και κωδικοποιούνται με έναν ελάχιστο αριθμό κομματιών το τελευταίο είναι σημαντικό κατά την χρησιμοποίηση ενός συγκροτήματος μικροελεγκτών ή ηλεκτρονικών υπολογιστών για να οδηγήσει την χ-γέφυρα επειδή πολλά τέτοια συστήματα έχουν μόνο τους περιορισμένους αριθμούς των κομματιών διαθέσιμων για την παράλληλη παραγωγή. Δυστυχώς, λίγα από τα ενσωματωμένα τσιπ χ-γεφυρών στην αγορά έχουν ένα τέτοιο απλό σχέδιο ελέγχου.

4.2 Ρεύμα που περιορίζει για STEPPING MOTORS

Οι μικροί stepping motors, όπως εκείνοι που χρησιμοποιούνται για τον επικεφαλής προσδιορισμό θέσης στις πλαδαρές μονάδες δίσκου, οδηγούνται συνήθως σε μια χαμηλή ΣΥΝΕΧΗ τάση, και το ρεύμα μέσω windings (περιελίξεων) μηχανών περιορίζεται συνήθως από την εσωτερική αντίσταση του τυλίγματος. Οι υψηλές μηχανές ροπής, αφ' ενός, χτίζονται συχνά με πολύ χαμηλό windings αντίστασης, όταν οδηγούνται από οποιαδήποτε λογική τάση ανεφοδιασμού, αυτές οι μηχανές απαιτούν χαρακτηριστικά τα εξωτερικά τρέχοντα στοιχεία κυκλώματος περιορισμού.

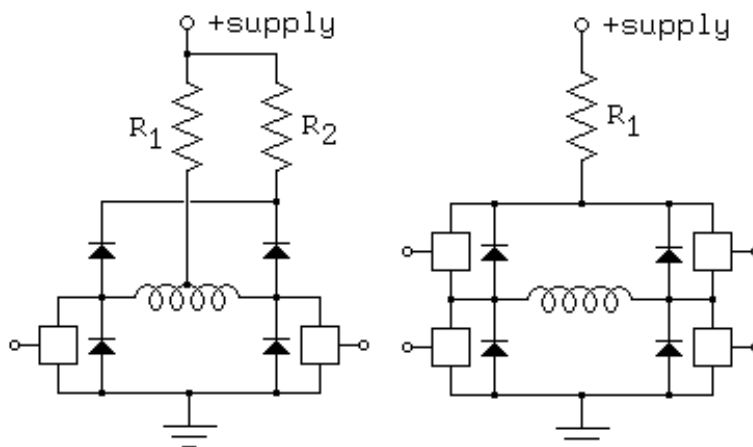
Υπάρχει καλός λόγος να "τρέξει" ένας stepping motor σε μια τάση ανεφοδιασμού επάνω από αυτήν που απαιτείται για να ωθήσει το μέγιστο εκτιμημένο ρεύμα μέσω windings μηχανών. Το τρέξιμο μιας μηχανής στις υψηλότερες τάσεις οδηγεί σε μια γρηγορότερη άνοδο στο ρεύμα μέσω windings όταν ανοίγονται και αυτό στη συνέχεια οδηγεί σε μια υψηλότερη ταχύτητα διακοπών για τη μηχανή και τις υψηλότερες ροπές με τις ταχύτητες επάνω από τη διακοπή.

Το Microstepping, όπου το σύστημα ελέγχου τοποθετεί το στροφέα μηχανών μεταξύ των μισών βημάτων, απαιτεί επίσης τα εξωτερικά τρέχοντα στοιχεία κυκλώματος περιορισμού. Παραδείγματος χάριν, για να τοποθετήσει το στροφέα 1/4 του τρόπου από ένα βήμα σε άλλο, είναι απαραίτητο να "τρέξει" μια μηχανή που τυλίγει στο πλήρες ρεύμα ενώ άλλη οργανώνεται στο περίπου 1/3 εκείνου του ρεύματος.

Το υπόλοιπο αυτού του τμήματος συζητά τα διάφορα κυκλώματα για τον περιορισμό του ρεύματος μέσω windings μιας μηχανής, αρχίζοντας από τους απλούς ανθεκτικούς περιοριστές και κίνηση μέχρι τους ψαλιδιστές και άλλους ρυθμιστές μετατροπής. Οι περισσότεροι από αυτούς τους τρέχοντες περιοριστές είναι κατάλληλοι για πολλές άλλες εφαρμογές, συμπεριλαμβανομένου του περιορισμού του ρεύματος μέσω των συμβατικών ΣΥΝΕΧΩΝ μηχανών και άλλων επαγωγικών φορτίων.

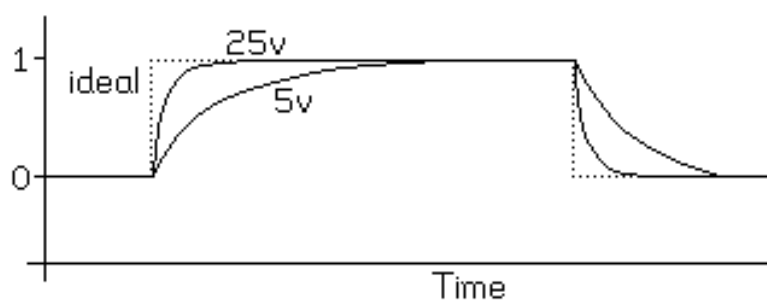
4.2.1 Ανθεκτικοί τρέχοντες περιοριστές

Ο ευκολότερος να καταλάβει τον τρέχοντα περιοριστή είναι ένας αντιστάτης σειράς. Οι περισσότεροι κατασκευαστές μηχανών σύστησαν αυτήν την προσέγγιση στη λογοτεχνία τους επάνω μέχρι το πρόωρο 1980 το s, και τα περισσότερα φύλλα στοιχείων μηχανών δίνουν ακόμα τις καμπύλες απόδοσης για τις μηχανές που οδηγούνται από τέτοια κυκλώματα. Τα χαρακτηριστικά κυκλώματα που χρησιμοποιούνται για να ελέγξουν το ρεύμα μέσω του ενός τυλίγματος ενός μόνιμου μαγνήτη ή μιας υβριδικής μηχανής, παρουσιάζονται στο σχήμα 4.12.



Σχήμα 4.12

R_1 : στα όρια αυτού του αριθμού το ρεύμα μέσω του τυλίγματος μηχανών. Λαμβάνοντας υπόψη ένα εκτιμημένο ρεύμα του I και μια μηχανή που τυλίγει με μια αντίσταση R_w Ohm ο νόμος του s θέτει τη μέγιστη τάση ανεφοδιασμού ως $I(R_1 + R_2)$. Δεδομένου ότι η αυτεπαγωγή του τυλίγματος μηχανών είναι L_w , ο χρόνος σταθερός για το τύλιγμα μηχανών θα είναι $\frac{L_w}{R_w + R_1}$.



Σχήμα 4.13: Γραφική ερμηνεία της επίδρασης της αύξησης της αντίστασης και της λειτουργούσας τάσης στους χρόνους ανόδου και πτώσης του ρεύματος μέσω του ενός τυλίγματος ενός *stepping motor*.

R_2 : παρουσιάζεται μόνο στο unipolar παράδειγμα στο σχήμα 4.13 επειδή είναι ιδιαίτερα χρήσιμο εκεί. Για μια διπολική κίνηση χ-γεφυρών, όταν κλείνονται όλοι οι διακόπτες, το ρεύμα ρέει από το έδαφος στον ανεφοδιασμό μηχανών μέσω R_1 , έτσι το ρεύμα μέσω του τυλίγματος μηχανών θα αποσυντεθεί αρκετά γρήγορα. Στην unipolar περίπτωση, R_2 είναι απαραίτητο για να είναι ίσο με αυτήν την απόδοση.

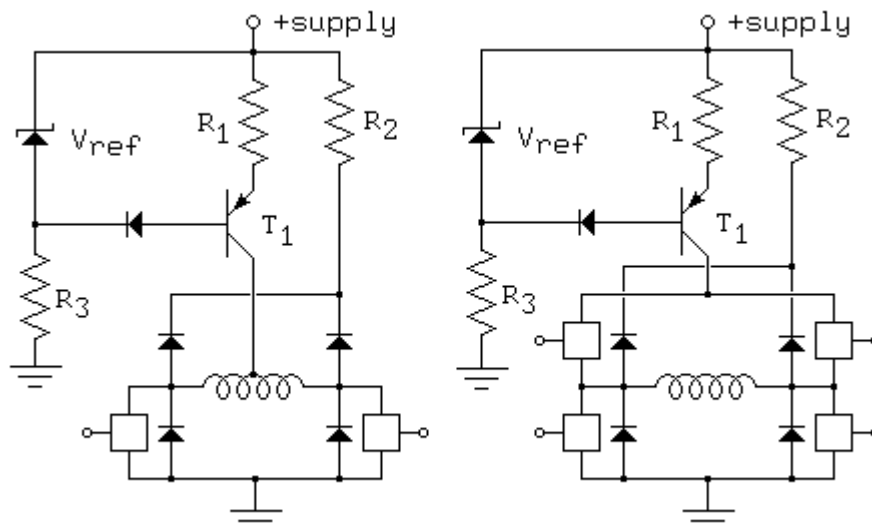
Σημείωση: Όταν τις μεταβάσεις στο κύκλωμα χ-γεφυρών που παρουσιάζεται στο σχήμα 4.13 ανοίγουν, η κατεύθυνση της τρέχουσας ροής μέσω R_1 θα αντιστραφεί σχεδόν στιγμιαία. Εάν R_1 έχει οποιαδήποτε αυτεπαγωγή, παραδείγματος χάριν, εάν είναι wire-wound, πρέπει να παρακαμφθεί είτε με έναν πυκνωτή για να χειριστεί το λάκτισμα τάσης που προκαλείται από αυτήν την τρέχουσα αντιστροφή, είτε η R_2 πρέπει να προστεθεί στην χ-γέφυρα.

Λαμβάνοντας υπόψη το εκτιμημένο μέγιστο ρεύμα μέσω κάθε ένα του τυλίγματος και της τάσης ανεφοδιασμού, η αντίσταση και το wattage R_1 είναι εύκολο να υπολογιστούν. Η R_2 εάν συμπεριλαμβάνεται, θέτει τα ποιο ενδιαφέροντα προβλήματα. Η αντίσταση R_2 εξαρτάται από τη μέγιστη τάση που οι διακόπτες μπορούν να χειριστούν. Παραδείγματος χάριν, εάν η τάση ανεφοδιασμού είναι 24 volt και οι διακόπτες εκτιμώνται σε 75 volt, η πτώση πέρα από R_2 μπορεί να είναι τουλάχιστον 51 volt χωρίς βλάβη των κρυσταλλολυχνιών. Λαμβάνοντας υπόψη ένα λειτουργούν με ρεύμα 1.5 A s, η R_2 μπορεί να είναι ένας αντιστάτης 34 Ω. Σημειώστε ότι μια ενδιαφέρουσα εναλλακτική λύση είναι να χρησιμοποιηθεί μια δίοδος Zener αντί R_2 .

Ο λογαριασμός της μέγιστης μέσης δύναμης R_2 που πρέπει να διαλύσει είναι μια θαυμάσια άσκηση στη δυναμική, η αυτεπαγωγή windings μηχανών είναι συχνά ατεκμηρίωτη και μπορεί να ποικίλει με τη θέση στροφών. Η δύναμη με την οποία διαλύεται η R_2 επίσης, εξαρτάται από το σύστημα ελέγχου. Η χειρότερη περίπτωση εμφανίζεται όταν τεμαχίζει το σύστημα ελέγχου την ισχύ στο ένα τύλιγμα σε μια αρκετά υψηλή συχνότητα. Το ρεύμα μέσω του τυλίγματος μηχανών είναι αποτελεσματικά σταθερό η μέγιστη δύναμη είναι έπειτα μια λειτουργία του κύκλου καθήκοντος του μπαλτά και των αναλογιών των αντιστάσεων στο κύκλωμα κατά τη διάρκεια επάνω και από τις φάσεις του μπαλτά. Υπό τους κανονικούς λειτουργούντες όρους, ο μέγιστος διασκεδασμός δύναμης θα είναι σημαντικά χαμηλότερος.

4.2.2 Γραμμικοί τρέχοντες περιοριστές

Ένα ζευγάρι των υψηλών αντιστατών δύναμης wattage μπορεί να κοστίζει περισσότερο από ένα ζευγάρι των κρυσταλλολυχνιών δύναμης συν ένα heatsink, ιδιαίτερα εάν αναγκάζεται, η αερόψυξη είναι διαθέσιμη. Επιπλέον, μια transistorized (τρανζίστορ) σταθερή τρέχουσα πηγή, όπως φαίνεται στο σχήμα 4.14, θα δώσει τους γρηγορότερους χρόνους ανόδου μέσω windings μηχανών, τον τρέχοντα αντιστάτη περιορισμού που παρουσιάζεται από στο σχήμα 4.13. Αυτό είναι επειδή μια τρέχουσα πηγή θα παραδώσει την πλήρη τάση ανεφοδιασμού πέρα από τη μηχανή που τυλίγει έως ότου φθάνει το ρεύμα στο εκτιμημένο ρεύμα.



Σχήμα 4.14: Γραμμικά τρέχοντα στοιχεία κυκλώματος περιοριστών.

Στο σχήμα 4.214, μια transistorized τρέχουσα πηγή (T_1 συν R_1) έχει αντικαταστήσει τον τρέχοντα αντιστάτη περιορισμού R_1 που χρησιμοποιείται στα παραδείγματα στο σχήμα 4.12. Η ρυθμισμένη τάση που παρέχεται στη βάση του T_1 χρησιμεύει να ρυθμίσει την τάση πέρα από τον αντιστάτη αίσθησης R_1 , και αυτό, στη συνέχεια, διατηρεί ένα σταθερό ρεύμα μέσω R_1 εφ' όσον καθόλου το τρέχον ρεύμα επιτρέπεται για να διατρέξει στα τυλίγματα μηχανών.

Χαρακτηριστικά, R_1 θα έχει μια όσο το δυνατόν χαμηλότερη αντίσταση, προκειμένου να αποφευχθεί το υψηλό κόστος ενός αντιστάτη δύναμης. Παραδείγματος χάριν, εάν οι μπροστινές πτώσεις τάσης πέρα από τη δίοδο σωρηδόν με το T_1 και το V_{BE} βάσεων για το T_1 είναι και τα δύο 0.65 volt, και εάν μια δίοδος 3.3 volt zener χρησιμοποιείται για μια αναφορά, η τάση πέρα από R_1 θα διατηρηθεί σε περίπου 2.0 volt, έτσι εάν R_1 είναι 2 Ω , αυτό το κύκλωμα θα περιορίσει το ρεύμα σε 1 A, και η R_1 πρέπει να είναι σε θέση να χειριστεί 2 Watt.

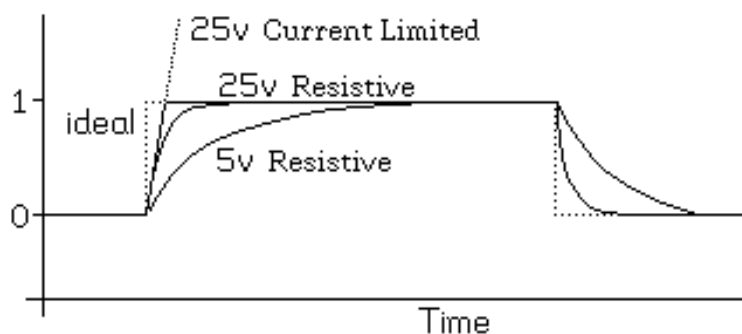
Η R_3 στον σχήμα 4.14 πρέπει να ταξινομηθεί από την άποψη του τρέχοντος κέρδους του T_1 έτσι ώστε οι ικανοποιητικές τρέχουσες ροές μέσω R_1 και R_3 να επιτρέψουν στο T_1 για να διευθύνουν το πλήρες εκτιμημένο ρεύμα μηχανών.

Το T_1 κρυσταλλολυχνιών που χρησιμοποιείται ως τρέχων ρυθμιστής στο σχήμα 4.14 οργανώνεται στο γραμμικό τρόπο, και επομένως, πρέπει να διαλύσει αρκετά ένα κομμάτι

της δύναμης. Παραδείγματος χάριν, εάν οι windings μηχανών έχει μια αντίσταση 5Ω και ένα εκτιμημένο ρεύμα 1 A , και μια παροχή ηλεκτρικού ρεύματος 25 Volt , χρησιμοποιείται το T_1 και R_1 μεταξύ τους, 20 Watt . Τα κυκλώματα που συζητούνται στα εξής τμήματα αποφεύγουν αυτά τα απόβλητα της δύναμης διατηρώντας τα πλεονεκτήματα απόδοσης του κυκλώματος που δίνεται εδώ.

Όταν μια διπολική κίνηση χ-γεφυρών χρησιμοποιείται με έναν ανθεκτικό τρέχοντα περιοριστή, όπως φαίνεται στο σχήμα 4.14, ο αντιστάτης R_2 δεν απαιτήθηκε επειδή το ρεύμα μπόρεσε να διατρέξει προς τα πίσω στην R_1 . Όταν ένας transistorized τρέχων περιοριστής χρησιμοποιείται, το ρεύμα δεν μπορεί να διατρέξει προς τα πίσω του T_1 , έτσι μια χωριστή τρέχουσα πορεία πίσω στο θετικό ανεφοδιασμό πρέπει να παρασχεθεί για να χειριστεί το αποσυντεθειμένο ρεύμα μέσω windings μηχανών όταν ανοίγουν τους διακόπτες. Το R_2 εξυπηρετεί αυτόν τον σκοπό εδώ, αλλά μια δίοδος zener μπορεί να αντικατασταθεί για να παρέχει ακόμα τη γρηγορότερη διακοπή.

Η απόδοση μιας μηχανής που οργανώνεται με μια τρέχουσα περιορισμένη παροχή ηλεκτρικού ρεύματος είναι προφανώς καλύτερη από την απόδοση της ίδιας μηχανής που οργανώνεται με έναν resistively περιορισμένο ανεφοδιασμό, όπως διευκρινίζεται στο σχήμα 4.15.



Σχήμα 4.15: Η απόδοση μιας μηχανής τρέχει με μια τρέχουσα περιορισμένη παροχή ηλεκτρικού ρεύματος και τρέχει με έναν resistively περιορισμένο ανεφοδιασμό.

Με είτε έναν τρέχοντα περιορισμένο ανεφοδιασμό είτε έναν ανθεκτικό τρέχοντα περιοριστή, το αρχικό ποσοστό αύξησης του ρεύματος μέσω της επαγωγικής μηχανής που τυλίγει όταν ανοίγεται η δύναμη εξαρτάται μόνο από την αυτεπαγωγή του τυλίγματος και

της τάσης ανεφοδιασμού. Δεδομένου ότι το ρεύμα αυξάνεται, η πτώση τάσης πέρα από έναν ανθεκτικό τρέχοντα περιοριστή θα αυξηθεί, ρίχνοντας την τάση που εφαρμόζεται στο τύλιγμα μηχανών, και επομένως, που ρίχνει το ποσοστό αύξησης του ρεύματος μέσω του τυλίγματος. Κατά συνέπεια, το ρεύμα θα πλησιάσει μόνο το εκτιμημένο ρεύμα της μηχανής που τυλίγει ασυμπτωτικά.

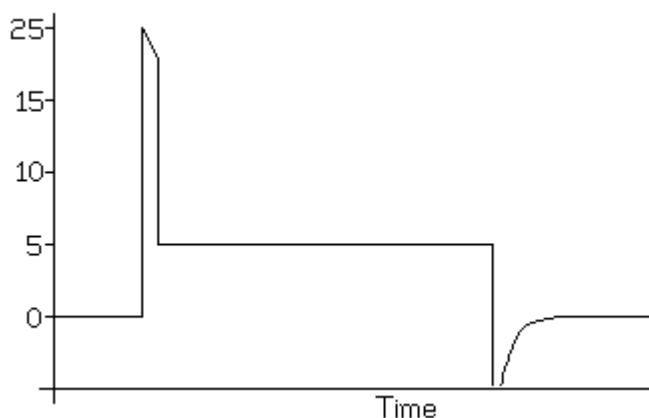
Αντίθετα, με έναν καθαρό τρέχοντα περιοριστή, το ρεύμα μέσω του τυλίγματος μηχανών θα αυξηθεί σχεδόν γραμμικά έως ότου κόβει μέσα ο τρέχων περιοριστής, επιτρέποντας στο ρεύμα για να φθάσει στην οριακή τιμή αρκετά γρήγορα. Στην πραγματικότητα, η τρέχουσα άνοδος δεν είναι γραμμική μάλλον, το ρεύμα αυξάνεται ασυμπτωτικά προς ένα όριο που καθιερώνεται από την αντίσταση του τυλίγματος μηχανών και την αντίσταση του αντιστάτη αίσθησης στον τρέχοντα περιοριστή. Αυτό το μέγιστο είναι συνήθως αρκετά παραπάνω από το εκτιμημένο ρεύμα για το τύλιγμα μηχανών.

4.2.3 Τρέχοντες περιοριστές ανοικτών βρόχων

Και οι ανθεκτικοί και οι γραμμικοί transistorized τρέχοντες περιοριστές που συζητούνται ανωτέρω αυτόματα περιορίζουν το ρεύμα μέσω της μηχανής που τυλίγει, αλλά με ιδιαίτερο κόστος, από την άποψη της αποβαλούσας θερμότητας. Υπάρχουν δύο σχέδια που αποβάλλουν αυτήν την δαπάνη, αν και σε κίνδυνο κάποιος λόγω της έλλειψης ανατροφοδότησης ρεύματος μέσω της μηχανής.

(1) χρήση μιας ώθησης τάσης:

Εάν σχεδιάζετε την τάση πέρα από τη μηχανή που τυλίγει δεδομένου ότι μια λειτουργία του χρόνου, που υποθέτει τη χρήση ενός transistorized τρέχοντος περιοριστή όπως είναι διευκρινισμένη στο σχήμα 4.15, και να υποθέσει A_1 A τύλιγμα μηχανών 5Ω , το αποτέλεσμα θα είναι κάτι παρεμφερή που διευκρινίζονται στο σχήμα 4.16.



Σχήμα 4.16 Το αποτέλεσμα της χάραξης μιας ώθησης τάσης πέρα από τη μηχανή που τυλίγει ως λειτουργία του χρόνου.

Εφ' όσον είναι το ρεύμα κάτω από το τρέχον περιοριστή το καθορισμένο σημείο του s , σχεδόν η πλήρης τάση ανεφοδιασμού εφαρμόζεται πέρα από το τύλιγμα μηχανών. Μια φορά το ρεύμα φθάνει στο καθορισμένο σημείο, η τάση στις πτώσεις τυλίγματος μηχανών σε αυτή που απαιτείται για να στηρίξει το ρεύμα στο καθορισμένο σημείο, και όταν ανοίγουν οι διακόπτες, το αντίστροφος τάσης εν συντομία ως τρέχουσες ροές μέσω του δικτύου και R_2 διόδων.

Ένας εναλλακτικός τρόπος να αποκτηθεί αυτό το σχεδιάγραμμα τάσης είναι να χρησιμοποιηθεί μια παροχή ηλεκτρικού ρεύματος διπλό-τάσης, ανοίγοντας την υψηλή τάση για όσο χρονικό διάστημα παίρνει για να φέρει το ρεύμα στο κούρδισμα μηχανών στο εκτιμημένο ρεύμα, και έπειτα να κλείσει την υψηλή τάση και να ανοίξει την τάση στήριξης. Μερικοί ελεγκτές μηχανών κάνουν αυτό άμεσα, χωρίς έλεγχο του ρεύματος μέσω windings μηχανών. Αυτό παρέχει την άριστη απόδοση και ελαχιστοποιεί τις απώλειες δύναμης στο ρυθμιστή, αλλά προσφέρει έναν επικίνδυνο πειρασμό.

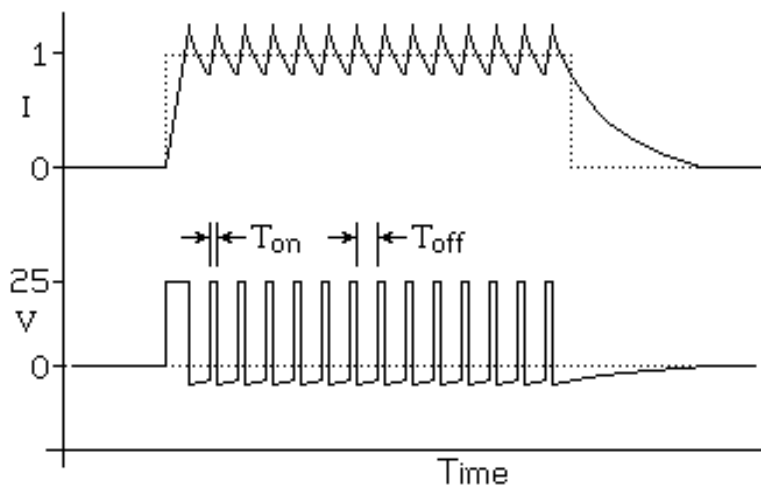
Εάν η μηχανή δεν παραδίδει αρκετή ροπή, βάζοντας τον πειρασμό, για να είναι ο υψηλής τάσεως σφυγμός τότε που το τύλιγμα μηχανών ανοίγει, αυτό θα παράσχει συνήθως περισσότερη ροπή, αν και ο κορεσμός των μαγνητικών κυκλωμάτων οδηγεί συχνά στη λιγότερη ροπή από το να αναμένεται, αλλά το κόστος είναι υψηλό. Ο κίνδυνος έξω από τη μηχανή είναι αρκετά πραγματικός, όπως είναι ο κίνδυνος στο στροφέα μηχανών εάν τον γυρίζουν ενάντια στον επιβληθέντα τομέα τρέχοντας καυτός. Επομένως, εάν ένας

ανεφοδιασμός διπλό-τάσης χρησιμοποιείται, ο πειρασμός μπορεί να αυξηθεί και τότε η ροπή πρέπει κατά αυτόν τον τρόπο να αποφευχθεί.

Τα προβλήματα με τις διπλές προμήθειες τάσης είναι ιδιαίτερα σοβαρά όταν είναι τα χρονικά διαστήματα υπό έλεγχο λογισμικού, επειδή σε αυτήν την περίπτωση, είναι κοινό για το λογισμικό να γραφτεί από έναν προγραμματιστή που γνωρίζει ανεπαρκώς τα φυσικά και ηλεκτρικά χαρακτηριστικά του συστήματος ελέγχου.

(2) χρήση της διαμόρφωσης πλάτους σφυγμού:

Μια άλλη εναλλακτική προσέγγιση στον έλεγχο του ρεύματος μέσω του τυλίγματος μηχανών είναι να χρησιμοποιηθεί μια απλή παροχή ηλεκτρικού ρεύματος που ελέγχεται από τη διαμόρφωση πλάτους σφυγμού (PWM) ή από έναν ψαλιδιστή. Κατά τη διάρκεια του χρόνου το ρεύμα μέσω του τυλίγματος μηχανών αυξάνεται επειδή τα φύλλα συστημάτων ελέγχου που ο ανεφοδιασμός σύνδεσε με έναν κύκλο καθήκοντος 100%. Μια φορά το ρεύμα είναι επάνω στο πλήρες εκτιμημένο ρεύμα, οι αλλαγές συστημάτων ελέγχου, ο κύκλος καθήκοντος σε αυτός που απαιτείται για να διατηρήσει το ρεύμα. Το σχήμα 4.2.6 επεξηγεί αυτό το σχέδιο.



Σχήμα 4.17 Γραφική ερμηνεία μιας απλής παροχής ηλεκτρικού ρεύματος που ελέγχει τη χρησιμοποίηση από τη διαμόρφωση πλάτους σφυγμού.

Για οποιοδήποτε μπαλτά ή διαμορφωτή πλάτους σφυγμού, μπορούμε να καθορίσουμε duty-cycle Δ ως μέρος κάθε κύκλου ότι ο διακόπτης είναι κλειστός:

$$D = \frac{T_{on}}{T_{on} + T_{off}}$$

όπου

T_{on} : χρόνος που ο διακόπτης είναι κλειστός κατά τη διάρκεια κάθε κύκλου.

T_{off} : χρόνος που ο διακόπτης είναι ανοικτός κατά τη διάρκεια κάθε κύκλου

Η καμπύλη τάσης που παρουσιάζεται ανωτέρω δείχνει την πλήρη τάση ανεφοδιασμού που εφαρμόζεται στη μηχανή που τυλίγει κατά τη διάρκεια της φάσης κάθε κύκλου μπαλτάδων, ενώ όταν είναι κλειστός ο ψαλιδιστής, μια αρνητική τάση παρουσιάζεται. Αυτό είναι το αποτέλεσμα της μπροστινής πτώσης τάσης στις διόδους που χρησιμοποιούνται για να μετακινήσουν το ρεύμα όταν κλείνουν οι διακόπτες, συν την εξωτερική αντίσταση που χρησιμοποιείται για να επιταχύνει την αποσύνθεση του ρεύματος μέσω του τυλίγματος μηχανών.

Για τις μεγάλες τιμές του T_{on} και T_{off} , η εκθετική φύση της ανόδου και η πτώση του ρεύματος μέσω του τυλίγματος μηχανών είναι σημαντικές, αλλά για τις αρκετά μικρές τιμές, μπορούμε να τις προσεγγίσουμε γραμμικά. Να υποθέσουμε ότι ο ψαλιδιστής λειτουργεί για να διατηρήσει ένα ρεύμα του I και που το εύρος είναι μικρό, θα προσεγγίσουμε τα ποσοστά ανόδου και θα πέσουμε στο ρεύμα από την άποψη της τάσης πέρα από τη μηχανή που τυλίγει όταν κλείνουν το διακόπτη και όταν είναι ανοικτός:

$$V_{on} = V_{supply} - I(R_{winding} + R_{on})$$

$$V_{off} = V_{diode} + I(R_{winding} + R_{off})$$

Εδώ, συσσωρεύουμε μαζί όλες τις αντιστάσεις σωρηδόν με την παροχή τυλίγματος και ηλεκτρικού ρεύματος στο επάνω κράτος ως R_{on} , και συσσωρεύουμε μαζί όλες τις αντιστάσεις στην τρέχουσα πορεία επανακυκλοφορίας όταν ο διακόπτης είναι ανοικτός ως R_{off} . Οι μπροστινές πτώσεις τάσης οποιωνδήποτε διόδων στην τρέχουσα πορεία επανακυκλοφορίας έχουν συσσωρευθεί ως V_{diode} εάν η πορεία από-κρατικής επανακυκλοφορίας τρέχει από το έδαφος στην παροχή ηλεκτρικού ρεύματος (τρόπος αποσύνθεσης χ-γεφυρών γρήγορος), η τάση ανεφοδιασμού πρέπει επίσης να περιληφθεί σε

Vdiode. Οι μπροστινές πτώσεις τάσης οποιωνδήποτε μεταβάσεων στις πορείες -κράτους και από-κράτους πρέπει επίσης να ενσωματωθούν σε αυτές τις τάσεις.

Για να λύσει για τον κύκλο καθήκοντος, αρχικά σημειώνουμε ότι:

$$\frac{dI}{dt} = \frac{V}{L}$$

όπου

I: ρεύμα μέσω της μηχανής που τυλίγει το B -τάση πέρα από το τύλιγμα

L: αυτεπαγωγή του τυλίγματος

Αντικαθιστάμε έπειτα τις συγκεκριμένες τάσεις για κάθε φάση λειτουργίας:

$$\frac{I_{ripple}}{T_{off}} = \frac{V_{off}}{L}$$

$$\frac{I_{ripple}}{T_{on}} = \frac{V_{on}}{L}$$

όπου

I_{ripple} : η αιχμή στο μέγιστο κυματισμό στο ρεύμα

Λύνοντας για το T_{off} και τον T_{on} και αντικαθιστώντας έπειτα αυτούς στον καθορισμό του κύκλου καθήκοντος του ψαλιδιστή, παίρνουμε:

$$D = \frac{T_{on}}{T_{on} + T_{off}} = \frac{V_{off}}{V_{on} + V_{off}}$$

Εάν οι μπροστινές πτώσεις τάσης στις διόδους και τους διακόπτες είναι αμελητέες, και εάν η μόνη σημαντική αντίσταση είναι ότι της μηχανής που τυλίγεται, αυτό απλοποιεί:

$$D = \frac{I * R_{winding}}{V_{supply}} = \frac{V_{running}}{V_{supply}}$$

Αυτή η πρόσθετη περίπτωση είναι ιδιαίτερα επιθυμητή επειδή παραδίδει όλη την ισχύ στη μηχανή που τυλίγει, χωρίς τις απώλειες στο σύστημα κανονισμού, αδιαφορώντας για τη διαφορά μεταξύ της τάσης ανεφοδιασμού και της τρέχοντας τάσης.

Ο κυματισμός I_{ripple} εναλλασσόμενου ρεύματος που επιβάλλεται στο τρέχοντα ρεύμα από έναν μπαλτά μπορεί να είναι μια πηγή προβλημάτων στις υψηλές συχνότητες, μπορεί να είναι μια πηγή εκπομπών R_F , και στις ακουστικές συχνότητες, μπορεί να είναι μια πηγή ενοχλητικού θορύβου. Παραδείγματος χάριν, με την ακουστική συχνότητα που τεμαχίζει, τα περισσότερα ελεγχόμενα stepper συστήματα squeel , μερικές φορές δυνατά, όταν μετατοπίζεται ο στροφέας από τη θέση ισορροπίας. Για τα μικρά συστήματα, αυτό δεν είναι συνήθως όχι άλλο από μια δευτερεύουσα ενόχληση, αλλά στα συστήματα με τους

μεγάλους αριθμούς steppers υψηλής δύναμης, τα ρεύματα κυματισμών μπορούν να προκαλέσουν τις επικίνδυνες τάσεις εναλλασσόμενου ρεύματος στις κοντινές γραμμές σημάτων και τα επικίνδυνα ρεύματα στις κοντινές επίγειες γραμμές. Για να βρει το εύρος κυματισμών, η πρώτη ανάκληση είναι:

$$\frac{I_{ripple}}{T_{off}} = \frac{V_{off}}{L}$$

Κατόπιν λύστε για I_{ripple} :

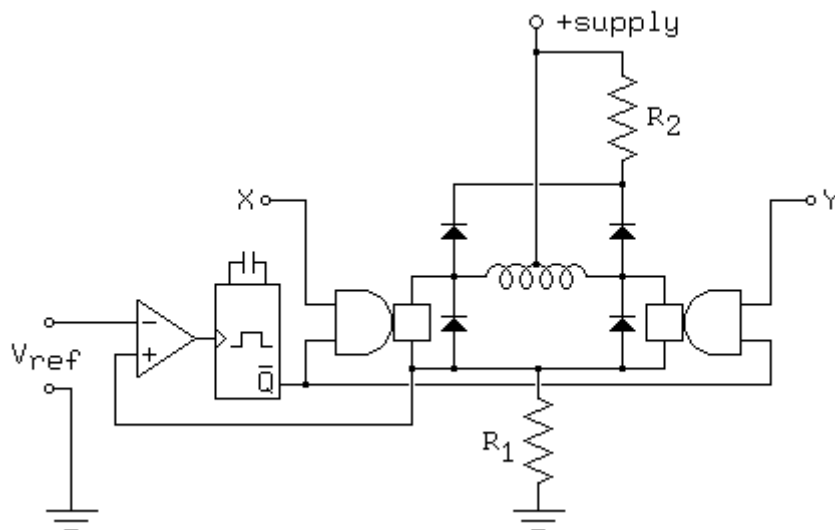
$$I_{ripple} = \frac{T_{off} * V_{off}}{L}$$

Κατά συνέπεια, για να μειώσει το εύρος κυματισμών σε οποιοδήποτε ιδιαίτερο κύκλο καθήκοντος, είναι απαραίτητο να αυξηθεί η συχνότητα ψαλιδιστών. Αυτό δεν μπορεί να γίνει χωρίς όριο επειδή οι απώλειες μετατροπής αυξάνονται με τη συχνότητα. Σημειώστε ότι αυτή η αλλαγή δεν έχει καμία σημαντική επίδραση στις απώλειες εναλλασσόμενου ρεύματος η μείωση σε τέτοιες απώλειες λόγω του μειωμένου εύρους στον κυματισμό αντισταθμίζεται γενικά από την επίδραση της αυξανόμενης συχνότητας.

Το αρχικό πρόβλημα με τη χρήση ενός απλού σχεδίου τεμαχισμού ή ελέγχου διαμόρφωσης πλάτους παλμών είναι ότι είναι απολύτως ανοικτός βρόχος. Το σχέδιο των καλών βασισμένων στον μπαλτά συστημάτων ελέγχου απαιτεί τη γνώση των χαρακτηριστικών μηχανών όπως η αυτεπαγωγή που είναι συχνά κακώς τεκμηριωμένα, και όπως με τις προμήθειες διπλό-τάσης, όταν η απόδοση μηχανών είναι οριακή, αυτό είναι πολύ, βάζοντας στον πειρασμό για να αυξηθεί duty-cycle χωρίς προσοχή στα μακροπρόθεσμα αποτελέσματα αυτού στη μηχανή. Στα σχέδια που ακολουθούν, αυτή η αδυναμία θα εξεταστεί με την εισαγωγή να ανατροφοδοτεί τους βρόχους στο χαμηλού επιπέδου σύστημα κίνησης για να ελέγξει άμεσα το ρεύμα και να καθορίσει τον κύκλο καθήκοντος.

4.2.4 One-Shot τρέχων περιορισμός ανατροφοδότησης

Η πιο κοινή προσέγγιση αυτόματα να ρυθμίσει τον κύκλο καθήκοντος των μεταβάσεων στο stepper οδηγό, περιλαμβάνει τον έλεγχο του ρεύματος windings μηχανών όταν αυξάνεται πάρα πολύ υψηλά, το τύλιγμα κλείνεται για ένα σταθερό διάστημα. Αυτό απαιτεί ένα τρέχον αισθημένο σύστημα και one-shot, όπως διευκρινίζεται στο σχήμα 4.18.



Σχήμα 4.18

Όπως με το κύκλωμα που δίνεται στο σχήμα 4.18, η R_1 πρέπει να είναι όσο το δυνατόν μικρότερη, περιορισμένη μόνο από την απαίτηση ότι η τάση αίσθησης που παρέχεται στο συγκριτή πρέπει να είναι αρκετά υψηλή να είναι μέσα στη λειτουργούσα σειρά της. Σημειώστε ότι όταν η one-shot παραγωγή (\bar{Q}) είναι χαμηλή, η τάση πέρα από την R_1 απεικονίζει το ρεύμα μέσω του τυλίγματος μηχανών. Επομένως, one-shot πρέπει να είναι αναίσθητος στην παραγωγή του συγκριτή μεταξύ του χρόνου βάζει φωτιά και ο χρόνος που επαναρίθμησε. Τα πρακτικά σχέδια κυκλωμάτων που χρησιμοποιούν αυτήν την προσέγγιση περιλαμβάνουν κάποια πολυπλοκότητα για να συναντήσουν αυτόν τον περιορισμό.

Η επιλογή της αξίας R_2 για το κύκλωμα που παρουσιάζεται στο σχήμα 4.18 δημιουργεί τα προβλήματα. Εάν R_2 είναι μεγάλο, το ρεύμα μέσω windings μηχανών θα αποσυντεθεί γρήγορα όταν κλείνει το υψηλότερου επιπέδου σύστημα ελέγχου αυτό το τύλιγμα μηχανών, αλλά όταν ανοίγεται το τύλιγμα, ο τρέχων κυματισμός θα είναι μεγάλος και η δύναμη που χάνεται η R_2 θα είναι σημαντική. Εάν η R_2 είναι μικρή, αυτό το κύκλωμα θα έχει πολύ ενέργεια αποδοτική αλλά το ρεύμα μέσω του τυλίγματος μηχανών θα αποσυντεθεί μόνο αργά όταν κλείνεται αυτό το τύλιγμα, και αυτό θα μειώσει την ταχύτητα διακοπών για τη μηχανή.

Η μέγιστη δύναμη που διαλύεται η R_2 θα είναι $I_2 R_2$ κατά τη διάρκεια του T_{off} και μηδέν κατά τη διάρκεια του T_{on} κατά συνέπεια, η μέση δύναμη που διαλύεται η R_2 όταν είναι ανοικτό το τύλιγμα μηχανών θα είναι:

$$P_2 = I^2 * R * \left(\frac{T_{on}}{T_{off}} \right)$$

Ανάκληση ότι ο κύκλος καθήκοντος Δ ορίζεται ως ο T_{on} ($T_{on}+T_{off}$) και μπορεί να προσεγγιστεί όπως:

$$\frac{V_{running}}{V_{supply}}$$

Κατά συνέπεια, μπορούμε να προσεγγίσουμε το διασκεδασμό δύναμης όπως:

$$P_2 = I^2 * R_2 \left(1 - \frac{V_{running}}{V_{supply}} \right)$$

Λαμβάνοντας υπόψη τα συνηθισμένα περιθώρια ασφάλειας που χρησιμοποιούνται στην επιλογή των wattages αντιστατών δύναμης, μια καλύτερη προσέγγιση δεν είναι απαραίτητη.

Κατά τη σχεδιασμό ενός συστήματος ελέγχου βασισμένου στη διαμόρφωση πλάτους σφυγμού, σημειώστε ότι ο χρόνος διακοπών για one-shot καθορίζει το T_{off} , και ότι αυτό καθορίζεται, καθορισμένος από το δίκτυο συγχρονισμού που συνδέεται με one-shot. Ιδανικά, αυτό πρέπει να τεθεί ως εξής:

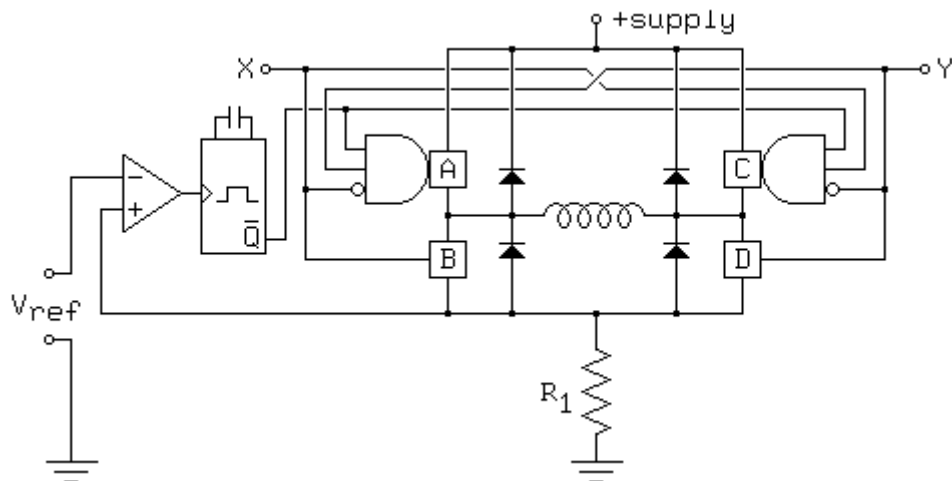
$$T_{off} = \frac{LI_{ripple}}{V_{off}}$$

Αυτό αν θεωρεί ότι η αυτεπαγωγή L του τυλίγματος μηχανών είναι γνωστή, ότι το αποδεκτό μέγεθος I_{ripple} είναι γνωστό, και ότι V_{off} , η συνολική αντίστροφη τάση στην τρέχουσα πορεία επανακυκλοφορίας, είναι γνωστό και σταθερό.

Σημειώστε ότι αυτό το σχέδιο οδηγεί σε ένα μεταβλητό ποσοστό τεμαχισμού. Όπως με τους γραμμικούς τρέχοντες περιοριστές που παρουσιάζονται στο σχήμα 4.19, η πλήρης τάση ανεφοδιασμού θα εφαρμοστεί κατά τη διάρκεια της διεγερτικής φάσης, και η δράση τεμαχισμού αρχίζει μόνο όταν φθάνει το τύλιγμα μηχανών στο τρέχον σύνολο ορίου από V_{ref} . Αυτό το κύκλωμα θα ποικίλει το ποσοστό τεμαχισμού για να αντισταθμίσει τις αλλαγές πίσω EMF της μηχανής που τυλίγει, παραδείγματος χάριν, εκείνοι που προκαλούνται από την κίνηση στροφέων εν προκειμένω, προσφέρει την ίδια ποιότητα του κανονισμού με το γραμμικό τρέχοντα περιοριστή.

Ο one-shot τρέχων ρυθμιστής που παρουσιάζεται στο σχήμα 4.18 μπορεί επίσης να εφαρμοστεί σε έναν ρυθμιστή χ -γεφυρών. Η κωδικοποιημένη χ -γέφυρα που παρουσιάζεται

στο σχήμα της 4.18 είναι άριστος υποψήφιος για αυτήν την αίτηση, όπως φαίνεται στο σχήμα 4.2.8.



Σχήμα 4.19: One-shot ανατροφοδότηση των τρεχόντων στοιχείων κυκλώματος περιορισμού.

Αντίθετα από το κύκλωμα στο σχήμα 4.19, αυτό το κύκλωμα δεν παρέχει τις ανταλλαγές σχεδίου στην επιλογή της αντίστασης στην πορεία τρέχουσας αποσύνθεσης αντ' αυτού, προσφέρει την ίδια επιλογή των πορειών αποσύνθεσης όπως ήταν διαθέσιμος στο αρχικό κύκλωμα από το σχήμα της 4.19. Εάν οι εισαγωγές ελέγχου X και Y κρατιούνται σε έναν τρέχοντα τρόπο (01 ή 10), ο τρέχων περιοριστής θα εναλλαχτεί μεταξύ αυτός του τρεξίματος και των αργών τρόπων αποσύνθεσης, που μεγιστοποιούν τη ενεργειακή αποδοτικότητα. Όταν ο χρόνος έρχεται να κλείσει το ρεύμα μέσω του τυλίγματος μηχανών, οι εισαγωγές X και Y μπορούν να τεθούν 00, χρησιμοποιώντας το γρήγορο τρόπο αποσύνθεσης για να μεγιστοποιήσουν την ταχύτητα διακοπών, ενώ εάν η επίδραση απόσβεσης του δυναμικού φρεναρίσματος απαιτείται για να ελέγξει την αντήχηση, το X και το Y μπορούν να τεθούν 11.

Σημειώστε ότι η τρέχουσα πορεία επανακυκλοφορίας κατά τη διάρκεια του δυναμικού φρεναρίσματος δεν περνά μέσω R_1 , και κατά συνέπεια, εάν η μηχανή παράγει μια δύναμη μεγάλου ποσού, τα έξω συστατικά στη μηχανή ή τον ελεγκτή είναι πιθανά. Αυτό είναι απίθανο να προκαλέσει τα προβλήματα με να περπατήσει τις μηχανές, αλλά όταν

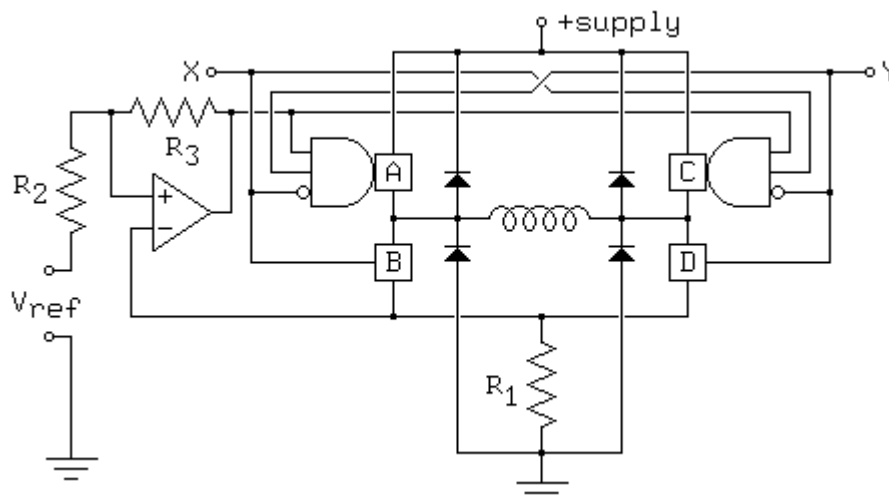
χρησιμοποιείται το δυναμικό φρενάρισμα με τις ΣΥΝΕΧΕΙΣ μηχανές, ο τρέχων περιοριστής πρέπει να κανονιστεί για να παραμείνει δεσμευμένος στον τρόπο φρεναρίσματος.

4.2.5 Τρέχων περιορισμός ανατροφοδότησης υστέρησης

Σε πολλές περιπτώσεις, τα συστήματα ελέγχου μηχανών αναμένονται για να λειτουργήσουν κατά αποδεκτό τρόπο με διάφορες διαφορετικές μηχανές. Οι one-shot βασισμένοι τρέχοντες ρυθμιστές, που διευκρινίζονται στα σχήματα 4.18 και 4.19, έχουν μια ακρίβεια που εξαρτάται από την αυτεπαγωγή windings μηχανών. Επομένως, εάν η σταθερή ακρίβεια απαιτείται, οποιαδήποτε μηχανή πρέπει να ισορροπηθεί από τις αλλαγές στο δίκτυο RC που καθορίζει off-time one-shot.

Αυτό το τμήμα εξετάζει τα εναλλακτικά σχέδια που εξαλείφουν την ανάγκη για αυτόν τον συντονισμό. Αυτά τα εναλλακτικά σχέδια προσφέρουν στη σταθερή ακρίβεια τον τρέχοντα κανονισμό πέρα από ένα ευρύ φάσμα των αυτεπαγωγών φορτίων. Το κλειδί για αυτήν την προσέγγιση είναι να τακτοποιεί τις πορείες επανακυκλοφορίας έτσι ώστε ο αντιστάτης τρέχων-αίσθησης R_1 να είναι πάντα στο κύκλωμα, γυρίζει, έπειτα ανάβει ή από την εξάρτηση μόνο από το ρεύμα.

Ο συνήθως τρόπος να χτιστεί αυτός ο τύπος ελεγκτή είναι να χρησιμοποιηθεί ένας συγκριτής με έναν βαθμό υστέρησης, παραδείγματος χάριν, με τη σίτιση της παραγωγής του συγκριτή πίσω σε μια από τις εισαγωγές του μέσω ενός δικτύου αντιστατών, όπως διευκρινίζεται στο σχήμα της 4.20.



Σχήμα 4.20: One-shot ανατροφοδότηση των τρεχόντων στοιχείων κυκλώματος περιορισμού.

Για να υπολογίσει τις επιθυμητές τιμές R_2 και R_3 , σημειώνουμε ότι:

$$V_{ripple} > V_{hysteresis}$$

όπου:

$$V_{ripple} = I_{ripple} * R_1$$

I_{ripple} : ο μέγιστος κυματισμός που επιτρέπεται στο ρεύμα και

$$V_{hysteresis} = \frac{V_{swing} * R_2}{R_2 + R_3}$$

V_{swing} : η ταλάντευση τάσης στην παραγωγή του συγκριτή που μπορούμε να λύσουμε αυτό την αναλογία των αντιστάσεων

$$\frac{R_2}{R_2 + R_3} < \frac{I_{ripple} * R_1}{V_{swing}}$$

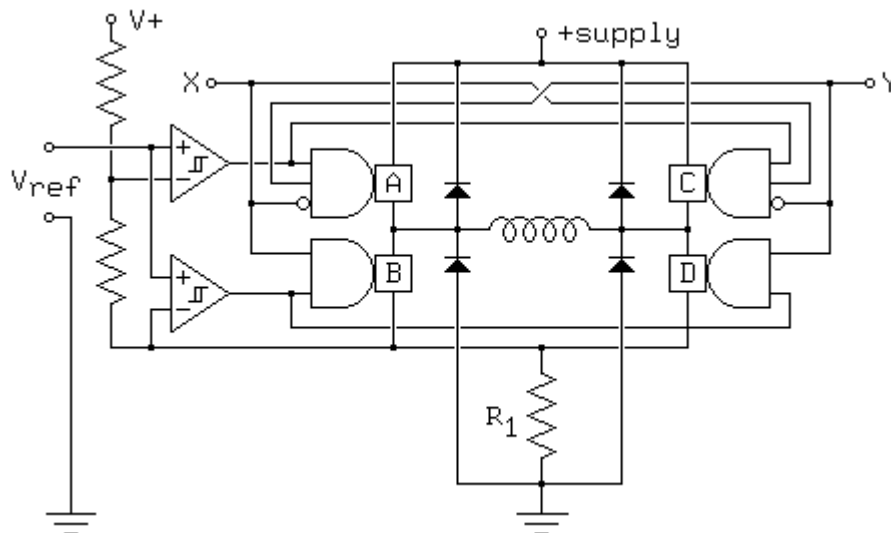
Παραδείγματος χάριν, εάν R_1 είναι 0.5 Ω και επιθυμούμε να ρυθμίσουμε το ρεύμα σε μέσα 10 mA, χρησιμοποιώντας έναν συγκριτή με τα συμβατά αποτελέσματα TTL και μια ταλάντευση τάσης 4 Volt, η αναλογία πρέπει να είναι όχι μεγαλύτερη από 0.00125.

Σημειώστε ότι το ποσό $R_2 + R_3$ καθορίζει τη φόρτωση σε V_{ref} , υποθέτοντας ότι η αντίσταση εισαγωγής του συγκριτή είναι αποτελεσματικά άπειρη. Χαρακτηριστικά, επομένως, αυτό το ποσό γίνεται αρκετά μεγάλο.

Ένα πρόβλημα με το κύκλωμα που δίνεται στο σχήμα της 4.20 είναι ότι δεν περιορίζει το ρεύμα μέσω της μηχανής στο δυναμικό φρενάρισμα ή τους αργούς τρόπους αποσύνθεσης. Ακόμα κι αν το ρεύμα μέσω του αντιστάτη αίσθησης υπερβαίνει απέραντα το επιθυμητό ρεύμα, μεταστρέφει το B και το Δ θα παραμείνει κλειστό στο δυναμικό τρόπο φρεναρίσματος, και εάν η τάση αναφοράς είναι μεταβλητή, οι γρήγορες πτώσεις στην τάση αναφοράς δεν θα επιβληθούν από αυτό το σύστημα ελέγχου.

Οι σχεδιαστές του τσιπ 3952 αντιμετώπισαν αυτό το πρόβλημα, και πέρασαν τη λύση πίσω στο χρήστη, που παρέχει μια εισαγωγή τρόπου για να καθορίσουν εάν ο μπαλτάς εναλλάχτηκε μεταξύ του τρεξίματος και γρήγορος τρόπος αποσύνθεσης ή του τρεξίματος και του αργού τρόπου αποσύνθεσης. Σημειώστε ότι αυτό το τσιπ χρησιμοποιεί ένα σταθερό off-time σύνολο από one-shot, και επομένως, η αλλαγή μεταξύ των δύο τρόπων αποσύνθεσης θα αλλάξει την ακρίβεια του τρέχοντος ρυθμιστή. Δεδομένου ότι μια τέτοια

αλλαγή στην ακρίβεια είναι αποδεκτή, μπορούμε να τροποποιήσουμε το κύκλωμα από το σχήμα της 4.2.10 που ρίχνεται αυτόματα το σύστημα στον τρόπο γρήγορος-αποσύνθεσης εάν το τρέξιμο ή το δυναμικό φρενάροντας ρεύμα υπερβαίνει το σύνολο-σημείο του συγκριτή από ένα πάρα πολύ μεγάλο περιθώριο. Το σχήμα της 4.21 επεξηγεί πώς αυτό μπορεί να γίνει χρησιμοποιώντας έναν δεύτερο συγκριτή.



Σχήμα 4.21: Η υστέρηση ανατροφοδοτεί τα τρέχοντα στοιχεία κυκλώματος περιορισμού χρησιμοποιώντας έναν δεύτερο συγκριτή.

Όπως φαίνεται στο σχήμα 4.2.1, οι χαμηλότερες αισθήσεις συγκριτών είναι άμεσα η τάση πέρα από R_1 , ενώ οι ανώτερες αισθήσεις συγκριτών μια υψηλότερη τάση, που καθορίζεται από ένα δίκτυο αντιστατών. Αυτό το δίκτυο πρέπει να κρατήσει τις αρνητικές εισαγωγές των δύο συγκριτών ακριβώς αρκετά μακριά για να εγγυηθεί ότι, δεδομένου ότι η τάση R_1 στις ανόδους, ο κορυφαίος συγκριτής θα ανοίξει πάντα τους κορυφαίους διακόπτες προτού να ανοίξει ο κατώτατος συγκριτής τους κατώτατους διακόπτες, με δεδομένου τη ητάση R_1 στις πτώσεις, ο κατώτατος συγκριτής θα κλείσει πάντα τους κατώτατους διακόπτες πριν από τους κορυφαίους περιβόλους συγκριτών.

Κατά συνέπεια, αυτό το σύστημα έχει δύο βασικούς τρέχοντας τρόπους κατάστασης. Εάν το τύλιγμα μηχανών είναι δύναμη σχεδίων, ένας από τους κατώτατους διακόπτες θα παραμείνει κλειστός ενώ το αντίθετο ανάβει την κορυφή χρησιμοποιείται για να τεμαχίσει

τη δύναμη στο τύλιγμα μηχανών, εναλλάσσοντας την κατάσταση του συστήματος μεταξύ του τρόπου τρεξίματος και αργός-αποσύνθεσης.

Εάν το τύλιγμα μηχανών παράγει τη δύναμη, οι κορυφαίοι διακόπτες θα παραμείνουν ανοικτοί και οι κατώτατοι διακόπτες θα κάνουν τον τεμαχισμό, εναλλαγμένος μεταξύ των τρόπων γρήγορος-αποσύνθεσης και αργός-αποσύνθεσης όπως απαιτούνται για να κρατήσουν το ρεύμα μέσα στα όρια.

Εάν οι δύο συγκριτές έχουν τις ακρίβειες σε παραγγελία mVolt με την υστέρηση σε παραγγελία 5 mVolt, είναι λογικό να χρησιμοποιηθεί μια 5 mVolt διαφορά μεταξύ της κορυφής και του κατώτατου συγκριτή. Εάν χρησιμοποιούμε τον ανεφοδιασμό λογικής 5 Volt ως pull-up ανεφοδιασμό για το δίκτυο αντιστατών, και υποθέτουμε ένα ονομαστικό λειτουργούν ME κατώτατο όριο περίπου 0.5 Volt, το δίκτυο αντιστατών πρέπει να έχει μια αναλογία στις 1:900 παραδείγματος χάριν, ένας 90kΩ αντιστάτης από +5 και ένας αντιστάτης 100 Ω μεταξύ των δύο εισαγωγών συγκριτών.

4.3 MICROSTEPPING των STEPPING MOTORS

Το Microstepping εξυπηρετεί δύο σκοπούς. Κατ' αρχάς, επιτρέπει σε μια μηχανή να σταματήσει και να υποστηρίξει μια θέση μεταξύ του συνόλου ή οι θέσεις μισό-βημάτων, αποβάλλοντας κατά ένα μεγάλο μέρος το σπασμοδικό χαρακτήρα της αργόστροφης λειτουργίας μηχανών και το θόρυβο με τις ενδιάμεσες ταχύτητες, ενώ περιορίζει τα προβλήματα με την αντήχηση.

Αν και μερικοί microstepping ελεγκτές προσφέρουν τις εκατοντάδες των ενδιάμεσων θέσεων μεταξύ των βημάτων, αξίζει να σημειωθεί ότι δεν προσφέρει γενικά τη μεγάλη ακρίβεια, και λόγω των προβλημάτων γραμμικότητας και λόγω των αποτελεσμάτων της στατικής τριβής.

4.3.1 Συνημίτονο Microstepping ημιτόνου

Η ανάκληση που για ένα ιδανικό δύο-που τυλίγει τη μεταβλητή απροθυμία ή τη μόνιμη μηχανή μαγνητών η ροπή εναντίον της γωνίας αξόνων κάμπει, καθορίζεται από τους ακόλουθους τύπους:

$$h = (a^2 + b^2)^{0.5}$$

$$x = \left(\frac{S}{\left(\frac{\pi}{2}\right)} \right) * \arctan\left(\frac{b}{a}\right)$$

όπου:

a: ροπή που εφαρμόζεται με το τύλιγμα με την ισορροπία στη γωνία 0.

β : ροπή που εφαρμόζεται με το τύλιγμα με την ισορροπία στη γωνία S.

χ : κράτημα της ροπής του σύνθετου.

h : θέση ισορροπίας.

S : γωνία βημάτων.

Αυτός ο τύπος είναι αρκετά γενικός, αλλά προσφέρει λίγα με τον τρόπο της καθοδήγησης για το πώς να επιλέξει τις κατάλληλες τιμές του ρεύματος μέσω windings δύο της μηχανής. Μια κοινή λύση είναι να τακτοποιηθούν οι ροπές που εφαρμόζονται από windings δύο έτσι ώστε το ποσό τους χ έχει ένα σταθερό μέγεθος ίσο με τη ροπή εκμετάλλευσης ενιαίος-τυλίγματος. Αυτό αναφέρεται ως sine-cosine που:

$$a = h_1 * \sin\left(\frac{\pi}{S} * \Theta\right)$$

$$b = h_1 * \cos\left(\frac{\pi}{S} * \Theta\right)$$

όπου:

h₁: ροπή εκμετάλλευσης ενιαίος-τυλίγματος

((π/2) /S) : η ηλεκτρική γωνία αξόνων

Δεδομένου ότι κανένα από τα μαγνητικά κυκλώματα δεν είναι διαποτισμένο, η ροπή και το ρεύμα συσχετίζονται γραμμικά. Κατά συνέπεια, για να κρατήσουμε το στροφέα μηχανών στη γωνία), θέτουμε τα ρεύματα μέσω windings δύο όπως:

$$I_a = I_{\max} * \sin\left(\frac{\pi}{S} * \Theta\right)$$

$$I_h = I_{\max} * \cos\left(\frac{\pi}{S} * \Theta\right)$$

όπου:

I_a : ρεύμα μέσω του τυλίγματος με την ισορροπία στη γωνία 0.

I_b : ρεύμα μέσω του τυλίγματος με την ισορροπία στη γωνία S.

I_{\max} : το πολύ ρεύμα μέσω οποιουδήποτε τυλίγματος μηχανών.

Λάβετε υπόψη πως αυτοί οι τύποι εφαρμόζουν στο δύο-τύλιγμα του μόνιμου μαγνήτη ή των υβριδικών μηχανών. Τριπολικές ή πέντε μηχανές πόλων έχουν την ποιο σύνθετη συμπεριφορά, και τα μαγνητικά πεδία στις μεταβλητές μηχανές απροθυμίας το προσθέτει μετά από τους απλούς κανόνες που ισχύουν για τους άλλους τύπους μηχανών.

4.3.2 Όρια Microstepping

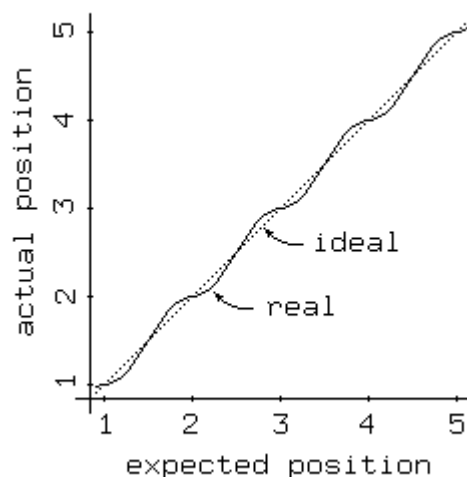
Η χρησιμότητα περιορίζεται από τουλάχιστον τρεις εκτιμήσεις. Κατ' αρχάς, εάν υπάρχει οποιαδήποτε στατική τριβή στο σύστημα, η γωνιακή επιτεύξιμη ακρίβεια θα περιοριστεί.

(1) αποτελέσματα ανασχετικών συσκευών:

Το δεύτερο πρόβλημα περιλαμβάνει το μη-ημιτονοειδή χαρακτήρα της ροπής εναντίον των καμπυλών άξονας-γωνίας στις πραγματικές μηχανές. Μερικές φορές, αυτό αποδίδεται στη ροπή ανασχετικών συσκευών στο μόνιμο μαγνήτη και τις υβριδικές μηχανές, αλλά στην πραγματικότητα, και η ροπή ανασχετικών συσκευών και η μορφή της ροπής εναντίον των καμπυλών γωνίας είναι προϊόντα των ανεπαρκώς κατανοητών πτυχών της γεωμετρίας μηχανών, συγκεκριμένα, οι μορφές των δοντιών στο στροφέα και το στάτη. Αυτά τα δόντια είναι σχεδόν πάντα ορθογώνια, και δεν γνωρίζουμε καμία λεπτομερή μελέτη του αντίκτυπου των διαφορετικών σχεδιαγραμμάτων δοντιών στις μορφές αυτών των καμπυλών.

Οι περισσότεροι διαθέσιμοι στο εμπόριο microstepping ελεγκτές παρέχουν μια δίκαιη προσέγγιση του sine-cosine ρεύματος κίνησης που θα οδηγούσε μια ιδανική μηχανή στα ομοιόμορφα χωρισμένα κατά διαστήματα βήματα. Οι ιδανικές μηχανές είναι σπάνιες,

και όταν χρησιμοποιείται ένας τέτοιος ελεγκτής με μια πραγματική μηχανή, μια πλοκή της πραγματικής θέσης μηχανών δεδομένου ότι μια λειτουργία της αναμενόμενης θέσης θα κοιτάξει γενικά κάτι σαν την πλοκή που παρουσιάζεται στο σχήμα 4.3.1.



Σχήμα 4.22: Μια πλοκή της πραγματικής θέσης μηχανών ως λειτουργία της αναμενόμενης θέσης.

Σχήμα 4.22: Σημειώστε ότι η μηχανή είναι στην αναμενόμενη θέση της σε κάθε πλήρες βήμα και σε κάθε μισό βήμα, αλλά ότι υπάρχει σημαντικό λάθος προσδιορισμού θέσης στις ενδιάμεσες θέσεις. Η καμπύλη που παρουσιάζεται είναι η καμπύλη που θα προέκυπτε από έναν τέλειο microstepping ελεγκτή, συνημίτονο που χρησιμοποιείται με μια μηχανή που είχε μια ροπή εναντίον της καμπύλης θέσης που περιέλαβε ένα σημαντικό αρμονικό συστατικό, που αποδόθηκε συνήθως στη ροπή ανασχετικών συσκευών.

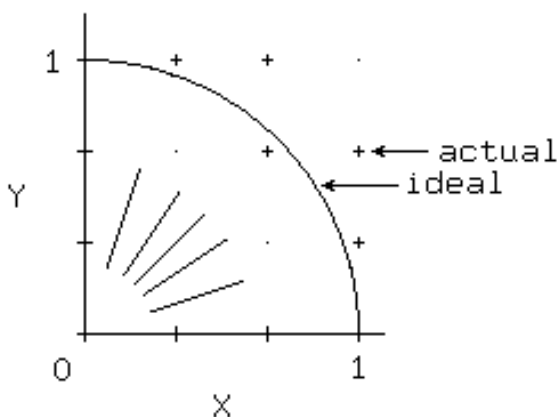
Οι ευρείες λεπτομέρειες των αποτελεσμάτων ανασχετικών συσκευών εμφανίζονται να είναι αρκετά ομοιόμορφες από μηχανή σε μηχανή, τόσο σε γενικές γραμμές, αυτό οφείλουν να είναι δυνατές να ρυθμίσουν τους πίνακες των sines και των cosine που

χρησιμοποιούνται σε έναν sine-cosine ελεγκτή για να αντισταθμίσουν τα αποτελέσματα ανασχετικών συσκευών. Στην πράξη, τα αποτελέσματα της τριβής και τα λάθη που εισάγονται από την κβαντοποίηση συνδυάζουν να περιορίσουν την αξία μιας τέτοιας προσπάθειας.

(2) κβαντοποίηση:

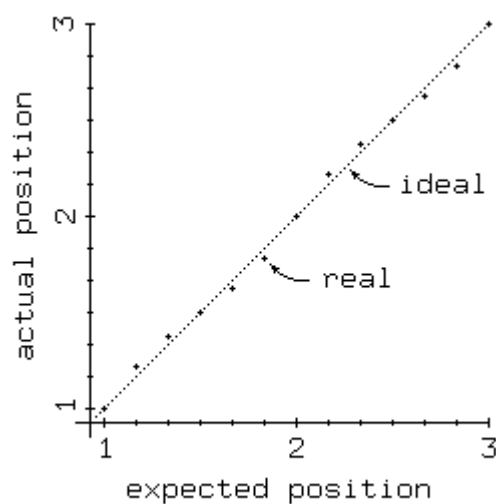
Το τρίτο πρόβλημα προκύπτει επειδή οι περισσότερες εφαρμογές περιλαμβάνουν τα ψηφιακά συστήματα ελέγχου, και έτσι, το ρεύμα μέσω κάθε τυλίγματος μηχανών κβαντοποιείται, ελεγχόμενος από έναν ψηφιακό έως αναλογικό μετατροπέα. Επιπλέον, εάν τα χαρακτηριστικά τρέχοντα στοιχεία κυκλώματος περιορισμού PWM χρησιμοποιούνται, το ρεύμα μέσω κάθε τυλίγματος μηχανών δεν κρατιέται τέλεια σταθερό, αλλά μάλλον, ταλαντεύεται γύρω από τον τρέχοντα, ελεγχόμενο κύκλωμα, καθορισμένο σημείο. Κατά συνέπεια, το καλύτερο ένας χαρακτηριστικός microstepping ελεγκτής που μπορεί να κάνει είναι να προσεγγίσει τα επιθυμητά ρεύματα μέσω κάθε τυλίγματος μηχανών.

Η επίδραση αυτής της κβαντοποίησης βλέπει εύκολα εάν το διαθέσιμο ρεύμα μέσω του ενός τυλίγματος μηχανών σχεδιάζεται στον άξονα X και το διαθέσιμο ρεύμα μέσω του άλλου τυλίγματος μηχανών σχεδιάζεται στον άξονα Y. Το σχήμα 4.23 παρουσιάζει μια τέτοια πλοκή για έναν ελεγκτή μηχανών που προσφέρει μόνο 4 ομοιόμορφα χωρισμένες κατά διαστήματα τρέχουσες τοποθετήσεις για κάθε μηχανή που τυλίγει.



Σχήμα 4.23: Μια πλοκή για έναν ελεγκτή μηχανών.

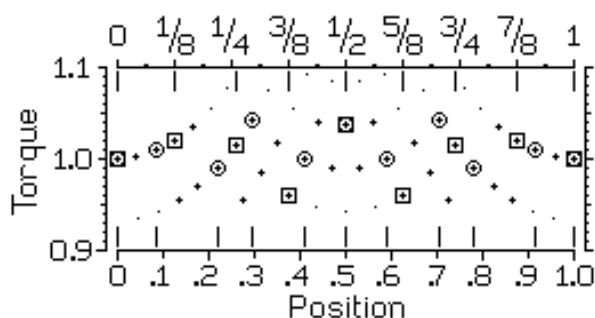
Από τους 16 διαθέσιμους συνδυασμούς ρευμάτων μέσω windings μηχανών, 6 συνδυασμοί μολύβδου στα κατά προσέγγιση ισοδιάστατα microsteps. Υπάρχει μια σαφής ανταλλαγή μεταξύ της ελαχιστοποίησης της παραλλαγής στη ροπή και της ελαχιστοποίησης του λάθους στη θέση μηχανών, και οι καλύτερες διαθέσιμες θέσεις μηχανών μετά βίας ομοιόμορφα χωρίζονται κατά διαστήματα. Η χρήση της υψηλότερης ακρίβειας ψηφιακή στην αναλογική μετατροπή στο τρέχον σύστημα ελέγχου μειώνει τη δριμύτητα αυτού του προβλήματος, αλλά δεν μπορεί να την αποβάλει.



Σχήμα 4.24: Η πλοκή της πραγματικής θέσης στροφών μιας μηχανής που χρησιμοποιεί το σχέδιο microstep που περιγράφεται στο σχήμα 4.23 εναντίον της αναμενόμενης θέσης.

Είναι πολύ κοινό για τα αρχικά microsteps που παίρνονται μαζί από οποιαδήποτε πλήρη θέση βημάτων να είναι μεγαλύτερο από το προοριζόμενο μέγεθος microstep, και αυτό τείνει να δώσει στην καμπύλη μια μορφή σκαλών, με τα προς τα κάτω βήματα που ευθυγραμμίζονται με τις πλήρεις θέσεις βημάτων όπου το μόνο ένα τύλιγμα μηχανών φέρνει το ρεύμα. Το σημάδι του λάθους στις ενδιάμεσες θέσεις τείνει να κυμανθεί, αλλά γενικά, τα λάθη θέσης είναι τα μικρότερα μεταξύ των πλήρων θέσεων βημάτων, όταν φέρνει και το δύο windings μηχανών το σημαντικό ρεύμα.

Ένας άλλος τρόπος τα διαθέσιμα microsteps είναι να σχεδιαστεί η θέση ισορροπίας στον οριζόντιο άξονα, στα μέρη ενός πλήρους-βήματος, σχεδιάζοντας τη ροπή σε κάθε διαθέσιμη θέση ισορροπίας στον κάθετο άξονα. Εάν υποθέτουμε έναν ψηφιακό σε αναλογικό μετατροπέα 4 bit, δίνοντας 16 τωρινά επίπεδα για κάθε μηχανή που τυλίγει, υπάρχουν 256 θέσεις ισορροπίας. Από αυτούς, 52 ροπές εκμετάλλευσης προσφοράς μέσα σε 10% της επιθυμητής αξίας, και μόνο 33 είναι μέσα σε 5%, αυτά τα 33 σημεία παρουσιάζονται στο άρθρο σε εφημερίδα με μαύρους χαρακτήρες στο σχήμα 4.25.



Σχήμα 4.25: Μια πλοκή για την εξέταση στα διαθέσιμα microsteps.

Εάν οι παραλλαγές ροπής πρόκειται να κρατηθούν μέσα σε 10percent, είναι αρκετά εύκολο να επιλεγούν 8 που χωρίζονται κατά διαστήματα σχεδόν ομοιόμορφα microsteps από μεταξύ εκείνων που παρουσιάζονται στο σχήμα 4.25 αυτοί εγκιβωτίζονται στον αριθμό. Τα μέγιστα λάθη εμφανίζονται στα σημεία βημάτων 1/4 το μέγιστο λάθος είναι 0.008

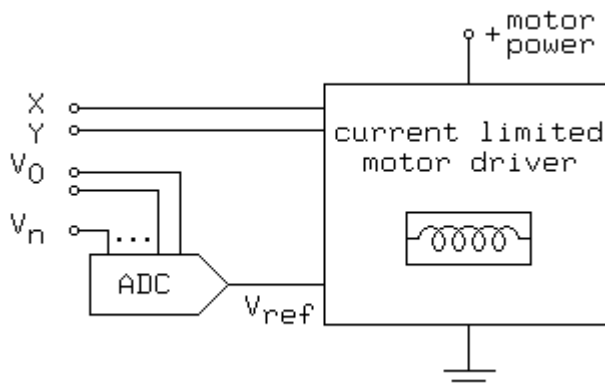
πλήρες βήμα ή 0.06 microsteps. Αυτό το λάθος θα είναι άσχετο εάν η νεκρός-ζώνη είναι ευρύτερη από αυτό.

Εάν 10 microsteps επιδιώκονται, η κατάσταση είναι χειρότερη. Οι καλύτερες επιλογές, ακόμα που κρατούν τη μέγιστη παραλλαγή ροπής σε 10%, δίνουν ένα μέγιστο λάθος θέσης 0.026 πλήρων βημάτων ή 0.26 microsteps. Διπλασιάζοντας την επιτρεπόμενη παραλλαγή στα μισά ροπής περίπου το λάθος προσδιορισμού θέσης για το παράδειγμα 10 microstep, δεν κάνει τίποτα για να βελτιώσει το παράδειγμα 8 microstep.

Μια επιλογή που μερικοί σχεδιαστές συστημάτων ελέγχου μηχανών έχουν ερευνήσει περιλαμβάνει τη χρήση των μη γραμμικών ψηφιακών έως αναλογικών μετατροπών. Αυτό είναι μια άριστη λύση για τους μικρούς αριθμούς microsteps, αλλά οι μετατροπείς οικοδόμησης με τις ουσιαστικά ημιτονοειδείς λειτουργίες μεταφοράς είναι δύσκολοι εάν η υψηλή ακρίβεια επιδιώκεται.

4.3.3 Χαρακτηριστικά κυκλώματα ελέγχου

Όπως χαρακτηριστικά χρησιμοποιείται, ένας microstepping ελεγκτής για το ένα τύλιγμα μηχανών αναμειγνύεται μια περιορισμένη ρεύματος χ-γέφυρα ή ένα unipolar κύκλωμα κίνησης, όπου το ρεύμα τίθεται από μια τάση αναφοράς. Η τάση αναφοράς καθορίζεται έπειτα από έναν αναλογικό σε ψηφιακό μετατροπέα, όπως φαίνεται στο σχήμα 4.26.



Σχήμα 4.26: Χαρακτηριστικό κύκλωμα ελέγχου.

Το σχήμα 4.26 υποθέτει ότι ένας τρέχων περιορισμένος ελεγκτής μηχανών όπως παρουσιάζεται στα παραπάνω σχήματα. Για όλους αυτούς τους οδηγούς, η κατάσταση των εισαγωγών X και Y καθορίζει εάν το τυλίγμα μηχανών είναι κλειστό επάνω ή και εάν επάνω, η κατεύθυνση του ρεύματος μέσω του τυλίγματος $V0$ μέσω των εισαγωγών του VN καθορίζει την τάση αναφοράς και αυτό το ρεύμα μέσω του τυλίγματος μηχανών.

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Οι βηματικοί κινητήρες χρησιμοποιούνται σε μια ευρεία ποικιλία των εφαρμογών λόγω του χαμηλότερου κόστους, της τραχύτητας, της απλότητας κατασκευής, και της ευρείας αποδοχής τους, μεταξύ άλλων παραγόντων.

Οι βηματικοί κινητήρες χρησιμοποιούνται ευρέως στις εφαρμογές όπου η θέση ενός μηχανικού στοιχείου πρέπει εύκολα και ακριβώς να ρυθμιστεί πέρα από μια προκαθορισμένη σειρά των πιθανών θέσεων.

Οι βηματικοί κινητήρες έχουν αποδειχθεί πολύ δημοφιλείς στο σύγχρονο, περίπλοκο μηχανικό εξοπλισμό δεδομένου ότι, με την ποικιλία του χρόνου μεταξύ των βημάτων σε έναν πίνακα βημάτων, ένας βηματικός κινητήρας μπορεί να οδηγηθεί μέσω των πολύ εύκαμπτων και ιδιαίτερα ακριβών σχεδιαγραμμάτων ταχύτητας απαραίτητων να εφαρμόσουν τις σύνθετες μηχανικές λειτουργίες όπως εκείνοι που πραγματοποιούνται από τον εξοπλισμό χειρισμού εγγράφου.

Οι stepping motors χρησιμοποιούνται εκτενώς στους διάφορους τομείς, όπως οι συσκευές πληροφοριών και ο ακουστικός εξοπλισμός συμπεριλαμβανομένου, ένας εκτυπωτής, αντίγραφο, ανιχνευτής εικόνας, μηχανή αντιγραφής, εκτυπωτής ακτίνων λέιζερ, CD-rom, DVC. Για παράδειγμα, οι βηματικοί κινητήρες χρησιμοποιούνται συνήθως στις συσκευές όπως οι εκτυπωτές υπολογιστών γραφείου για ποικίλους λόγους, συμπεριλαμβανομένης της τροφοΐας του εγγράφου μέσω του εκτυπωτή και της μετακίνησης μιας επικεφαλής μεταφοράς τυπωμένων υλών πέρα από μια πορεία εγγράφου.

Οι ενότητες των stepping motors χρησιμοποιούνται ιδιαίτερα στην εκτύπωση και την αντιγραφή των συσκευών για να οδηγήσουν τα τύμπανα μεταφορών, τα οποία μεταφέρουν το έγγραφο ή τις μορφές που πρόκειται να τυπωθούν μέσω της συσκευής εκτύπωσης ή αντιγραφής. Σε αυτές τις συσκευές, οι μηχανές ελέγχονται συχνά από τους μικροεπεξεργαστές, ο χρόνος-η μετακίνηση του υλικού σύμφωνα με τη γραμμή

συνελεύσεων ελέγχει άλλο εξοπλισμό βασισμένο στην προσδοκώμενη χρονομετρημένη μετακίνηση του υλικού σύμφωνα με τη γραμμή συνελεύσεων.

Οι μικροί βηματικοί κινητήρες έχουν χρησιμοποιηθεί για να οδηγήσουν ένα σύνολο λεπίδων παραθυρόφυλλων φωτογραφικών μηχανών. Ο αριθμός σφυγμών που διαβιβάζονται στο βηματικό κινητήρα καθορίζει το άνοιγμα που επιτυγχάνεται από τις λεπίδες παραθυρόφυλλων. Τέτοιες λεπίδες παραθυρόφυλλων είναι εύλογα γρήγορες και απλές να οδηγηθούν ηλεκτρονικά. Λόγω του κατάλληλου χαρακτηριστικού απόδοσής του για τον προσδιορισμό θέσης του ελέγχου, οι stepping motors έχουν χρησιμοποιηθεί στη φωτογραφία δίνοντας με γραφική παράσταση τις συσκευές ηλεκτρονικής, όπως μια ψηφιακή κάμερα και μια βιντεοκάμερα (camcorder) για τη ρύθμιση του ανοίγματος, της εστίασης, και του ζουμ.

Οι συμπαγείς ηλεκτρονικές συσκευές και οι συσκευές χειρισμού πληροφοριών, κατάλληλες για τη φορητή χρήση, έχουν αναπτυχθεί πρόσφατα, και οι μικροσκοπικές και ελαφριές μηχανές υιοθετούνται ευρέως σε αυτές τις συσκευές. Οι συσκευές συγχρονισμού όπως ένα ηλεκτρονικό ρολόι ή ένα απλό ρολόι, και οι διακόπτες συγχρονισμού είναι χαρακτηριστικές τέτοιων ηλεκτρονικών συσκευών. Συσκευές συγχρονισμού: η ενέργεια που παράγεται σε αυτές από τη μετακίνηση του χρήστη ο βραχίονας του s μετατρέπεται στην ηλεκτρική ενέργεια που χρησιμοποιείται για να οδηγήσει τη μηχανή που κινεί τα χέρια της συσκευής. Αυτές οι συσκευές συγχρονισμού λειτουργούν χωρίς μπαταρίες και μπορούν συνεχώς να τρέξουν την ενέργεια που παράγεται από τη μετακίνηση του χρήστη. Πρόσφατα, λόγω της γρήγορης ανάπτυξης επάνω στη φωτοηλεκτρονική τεχνολογία, τα σχετικά φωτοηλεκτρονικά προϊόντα έχουν γίνει τυποποιημένες και απαραίτητες περιφερειακές μονάδες του συγκροτήματος ηλεκτρονικών υπολογιστών. Παραδείγματος χάριν, μια οπτική συσκευή αποθήκευσης είναι μια από εκείνες τις δημοφιλείς συσκευές. Στον έλεγχο του ελκίθρου της οπτικής συσκευής αποθήκευσης, ο έλεγχος της μηχανής είναι ιδιαίτερα σημαντικός.

Για την οπτική συσκευή αποθήκευσης και τα σχετικά προϊόντα όπως το CD-ROM, το CD-R, τα CD-R/W και το DVD, η σταθερότητα κατά τη διάρκεια της μεγάλης λειτουργίας και η δυνατότητα της ακριβούς στοιχείο-ανάκτησης γίνονται αποφασιστικά σημαντικά στον έλεγχο έλκθρου της οπτικής συσκευής αποθήκευσης.

Οι βηματικοί κινητήρες αναπτύχθηκαν στο πρόωρο 1960 ως εναλλακτική λύση χαμηλότερου κόστους των σερβοσυστημάτων θέσης στην αναδυόμενη περιφερειακή βιομηχανία υπολογιστών. Το κύριο πλεονέκτημα των βηματικών κινητήρων είναι ότι

μπορούν να επιτύχουν τον ακριβή έλεγχο θέσης χωρίς την απαίτηση για τη θέση ανατροφοδότησης.

Με άλλα λόγια μπορούν να τρέξουν open-loop, το οποίο μειώνει σημαντικά το κόστος ενός συστήματος ελέγχου θέσης.

Οι βηματικοί κινητήρες χρησιμοποιούν μια διπλά-εμφανή τοπολογία, ποια μέσα έχουν δόντια και στο στροφέα και στο στάτη. Η ροπή παράγεται διαδοχικά να μαγνητίζει τα δόντια στατών ηλεκτρικά, και τα μόνιμα δόντια στροφέων μαγνητών προσπαθούν να παρατάξουν με τα δόντια στατών. Υπάρχουν πολλές διαφορετικές διαμορφώσεις των βηματικών κινητήρων και ακόμα περισσότεροι διαφορετικοί τρόποι να οδηγηθούν. Η πιο κοινή διαμόρφωση στατών αποτελείται από δύο σπείρες. Αυτές οι σπείρες τακτοποιούνται γύρω από την περιφέρεια του στάτη κατά τέτοιο τρόπο ώστε εάν οδηγούνται με τα τετραγωνικά κύματα που έχουν μια σχέση φάσης τετραγωνισμού μεταξύ τους, η μηχανή θα περιστραφεί. Για να κάνετε τη μηχανή να περιστραφεί στην αντίθετη κατεύθυνση, αντιστρέψτε απλά τη σχέση φάσης μεταξύ των δύο σημάτων σπειρών. Μια μετάβαση είτε του τετραγωνικού κύματος αναγκάζει το στροφέα για να κινηθεί από ένα μικρό ποσό, είτε ένα STEP. Κατά συνέπεια, το όνομα βηματικός κινητήρας. Το μέγεθος αυτού του βήματος εξαρτάται από τη ρύθμιση δοντιών της μηχανής, αλλά μια κοινή αξία είναι 1.8 βαθμοί ή 200 βήματα ανά επανάσταση. Ο έλεγχος ταχύτητας επιτυγχάνεται με απλά να ποικίλει τη συχνότητα των τετραγωνικών-κυμάτων.

Επειδή οι βηματικοί κινητήρες μπορούν να οδηγηθούν με τα τετραγωνικά κύματα, ελέγχονται εύκολα από τα ανέξοδα ψηφιακά στοιχεία κυκλώματος και δεν απαιτούν ακόμη και PWM (διαμόρφωση πλάτους σφυγμού). Για αυτόν τον λόγο, οι βηματικοί κινητήρες συχνά έχουν αναφερθεί άπρεπα ψηφιακοί κινητήρες. Εντούτοις, με τη χρησιμοποίηση των τεχνικών διαμόρφωσης δύναμης για να αλλαχθούν τα τετραγωνικός-κύματα τετραγωνισμού στα κυματοειδή ημιτόνου και συνημίτονου, το ακόμα περισσότερο ψήφισμα βημάτων είναι δυνατό. Αυτό καλείται micro-stepping, όπου κάθε ιδιαίτερη αλλαγή στα επίπεδα ημιτόνου και συνημίτονου αποτελεί ένα micro-step. Θεωρητικά, δεν υπάρχει κανένα όριο στο ψήφισμα θέσης επιτεύξιμο με micro-step, αλλά στην πραγματικότητα, περιορίζεται από τις μηχανικές και ηλεκτρικές ανοχές μηχανών. Μερικοί βηματικοί κινητήρες σχεδιάζονται συγκεκριμένα για micro-stepping και αποτελούνται από τις στενά αντιστοιχημένες σύνθετες αντιστάσεις μεταξύ των δύο σπειρών, και τις σφιχτότερες ανοχές κατεργασίας στα δόντια, εις βάρος του υψηλότερου κόστους.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

Οι stepping motors: Ένας οδηγός για τη θεωρία και την πρακτική, θόριο 4 εκδόσεων, P.P Acarnley, IEE, 2002

- [1] Ηλεκτρομηχανικά συσκευές κινήσεων, P. Krause και O. Wasynczuk, McGraw Hill, 1989
- [2] Οι stepping motors και οι έλεγχοι μικροεπεξεργαστών, του T. Kenjo και του A.Sugawara, Τύπος Πανεπιστημίου της Οξφόρδης, 1995
- [3] Εγχειρίδιο σχεδίου συστήματος βηματικού κινητήρα, ND 2 εκδόσεων, A. Leenhouts, Co. εφαρμοσμένης μηχανικής Litchfield, 1997
- [4] Αισθητήρες ελέγχου και ενεργοποιητές, deSilva Γ., Prentice αίθουσα, 1989
- [5] Σχέδιο με τους μικροεπεξεργαστές για τους μηχανολόγους μηχανικούς, K. Stiffler, McGraw Hill, 1992.
- [6] Σεμινάριο stepping motors από το Δρ Douglas W. Jones, 1995
- [7] Σεμινάριο βηματικών κινητήρων από Rustie Laidman, 2000
- [8] Το εγχειρίδιο των μικρών ηλεκτρικών μηχανών, Yeadon και του Alan W, Yeadon, EDS, McGraw Hill, 2001
- [9] Ηλεκτρικές μηχανές και κινήσεις, G.R. Slemon, addison-Wesley, 1992
- [10] Μηχανές εναλλασσόμενου ρεύματος
(http://www.allaboutcircuits.com/vol_2/chpt_13/5.html)
- [11] Πληροφορίες ηλεκτρονικής, βηματικός κινητήρας
(<http://www.electronicmanufacturers.com/info/electrical-components/stepper-motor.html>)
- [12] Εταιρία Kenshi Shinano
(<http://www.shinano.com/xampp/stepper-motors.php>)

[13] Βασικά κυκλωμάτων κίνησης, βιομηχανικές σημειώσεις εφαρμογής κυκλωμάτων
(<http://library.solarbotics.net/pdflib/pdf/drive.pdf>)

[14] Εφαρμογή/σύμβουλος: Μηχανές
(http://www.netmotion.com/html_files/adv_motors.htm)

Εφαρμογές βηματικών κινητήρων
(http://www.suwaprecision.com/Industries/stepper_motor_applications.html)

[15] Κινήσεις σκληρών δίσκων
(<http://www.storagereview.com/guide2000/ref/hdd/op/actActuator.html>)

[16] Βηματικοί κινητήρες (<http://www.electojects.com/motors/stepper-motors-1.htm>)

[17] Basics electronics/ ac motors (<http://rficdesign.com/link/motors.html>)

[18] CNC Logitrol σύστημα, Αρχές λειτουργίας βηματικών κινητήρων
(<http://www.lowcostcncretrofits.com/steppermotors.html>)

[19] Εισαγωγή στα συστήματα βηματικών κινητήρων, τρόποι
(<http://www.anaheimautomation.com/intro.htm>)

ΑΙΓΑΛΕΩ

Δεκέμβριος 2010