

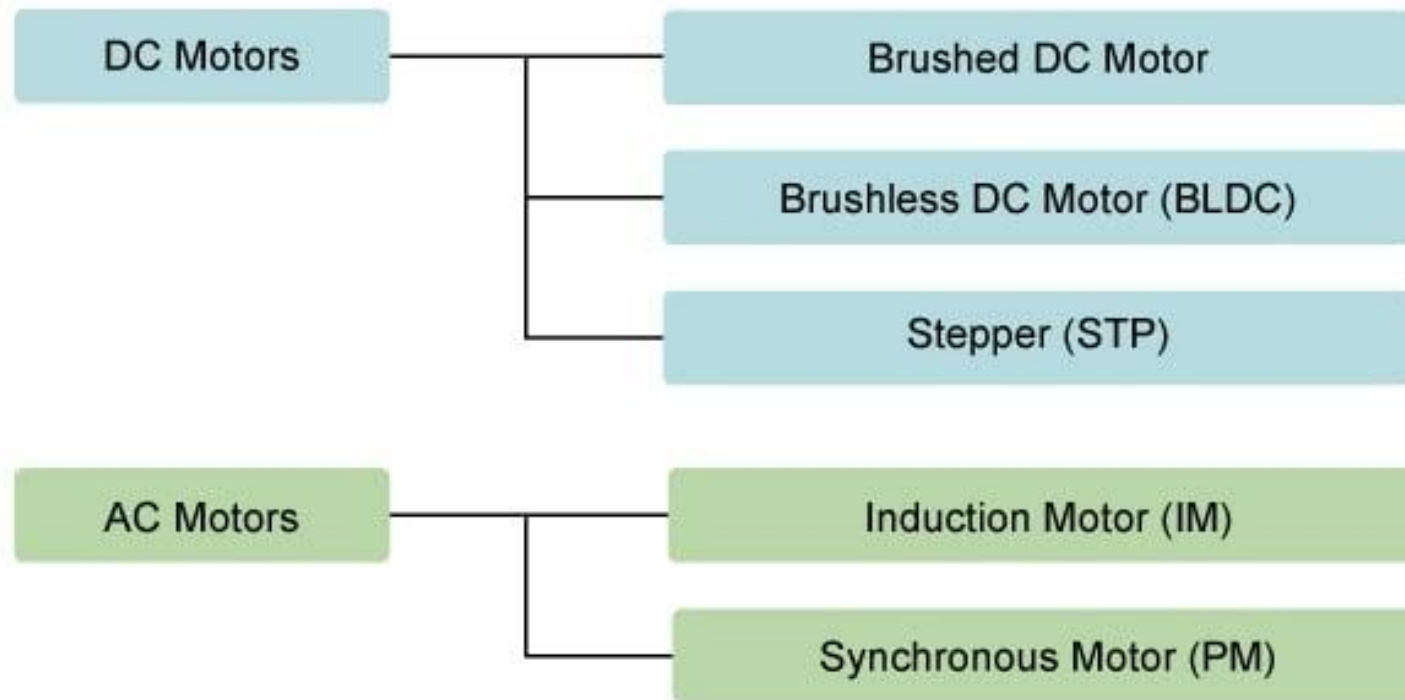
A detailed close-up photograph of the stator of a brushless DC motor. The image shows several copper windings, which are coils of wire, mounted on a grey metal stator core. The windings are arranged in a circular pattern around a central shaft. The shaft is made of polished metal and has a cylindrical shape. The stator core has a complex, multi-faceted design with various slots and grooves. The overall appearance is that of a precision-engineered mechanical component.

Brushless DC Motors

<http://users.sch.gr/imarinakis/>

Τύποι κινητήρων

Οι κινητήρες διαφέρουν ανάλογα με τον τύπο ισχύος τους (AC ή DC) και με τη μέθοδο παραγωγής της περιστροφής:



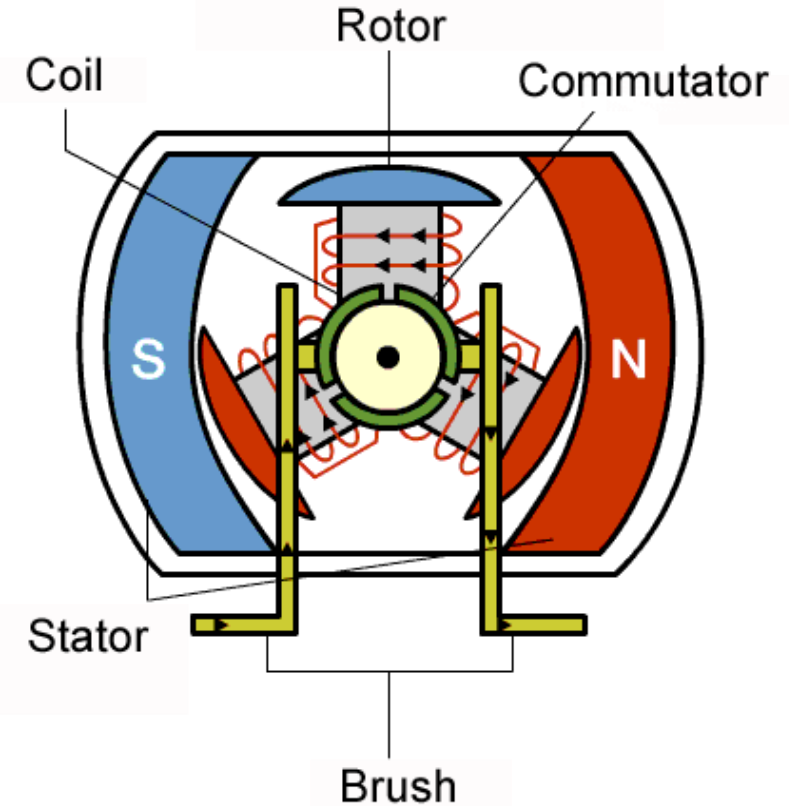
Brushed DC motors

Είναι ο απλούστερος τύπος κινητήρα συνεχούς ρεύματος. Σε αυτόν τον τύπο κινητήρα, το ηλεκτρικό ρεύμα διέρχεται μέσω πηνίων που είναι διατεταγμένα μέσα σε ένα σταθερό μαγνητικό πεδίο. Το ρεύμα δημιουργεί μαγνητικά πεδία στα πηνία. Αυτό προκαλεί την περιστροφή του συγκροτήματος των πηνίων, καθώς κάθε πηνίο ωθείται μακριά από τον όμοιο πόλο και τραβιέται προς τον αντίθετο πόλο του σταθερού πεδίου. Για να διατηρηθεί η περιστροφή, είναι απαραίτητο να αντιστρέφεται συνεχώς το ρεύμα έτσι ώστε οι πολικές θέσεις του πηνίου να αναστρέφονται συνεχώς, προκαλώντας τα πηνία να συνεχίσουν να «κυνηγούν» τους διαφορετικούς σταθερούς πόλους. Η ισχύς στα πηνία παρέχεται μέσω σταθερών αγωγίμων ψηκτρών (brushes) που έρχονται σε επαφή με έναν περιστρεφόμενο μεταγωγέα (Συλλέκτη). Η περιστροφή του συλλέκτη προκαλεί την αντιστροφή του ρεύματος μέσω των πηνίων.

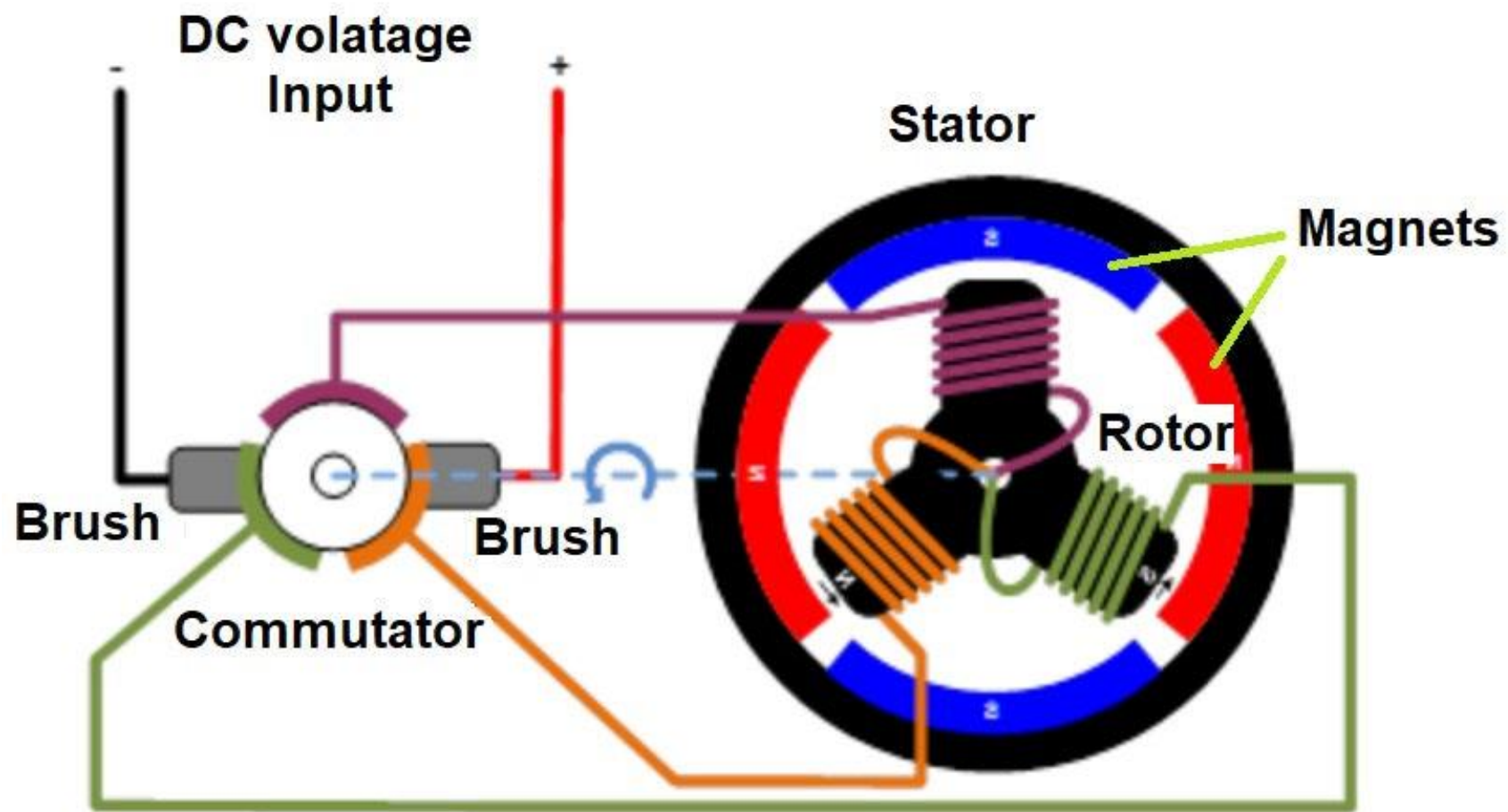
Brushed DC motors

Η ταχύτητα περιστροφής ελέγχεται από τα μαγνητικά πεδία που δημιουργούνται από τα πηνία στον ρότορα, ενώ το μαγνητικό πεδίο που δημιουργείται από τους σταθερούς μαγνήτες παραμένει σταθερό. Η ρύθμιση της ταχύτητας περιστροφής, γίνεται μεταβάλλοντας την τάση στα πηνία. Η αλλαγή της φοράς περιστροφής επιτυγχάνεται αλλάζοντας την κατεύθυνση των μαγνητικών πεδίων που δημιουργούνται από τα γύρω πηνία. Για τον έλεγχο της φοράς περιστροφής, ρυθμίζεται το μέγεθος και η φορά του ρεύματος σε αυτά τα πηνία.

Χρησιμοποιούνται ευρέως για το άνοιγμα και το κλείσιμο δίσκων. Στα οχήματα, χρησιμοποιούνται συχνά για ανάσυρση, επέκταση και τοποθέτηση ηλεκτρικών πλευρικών παραθύρων. Το χαμηλό κόστος αυτών των κινητήρων τους καθιστά κατάλληλους για πολλές χρήσεις. Ένα μειονέκτημα, ωστόσο, είναι ότι οι ψήκτρες και οι μεταγωγείς τείνουν να φθείρονται σχετικά γρήγορα ως αποτέλεσμα της συνεχούς επαφής τους, απαιτώντας συχνή αντικατάσταση και περιοδική συντήρηση.



Οι σταθερές ψήκτρες παρέχουν ηλεκτρική ενέργεια στον περιστρεφόμενο μεταγωγέα (Συλλέκτη). Καθώς ο συλλέκτης περιστρέφεται, αναστρέφει συνεχώς την κατεύθυνση του ρεύματος στα πηνία, αντιστρέφοντας τις πολικότητες του πηνίου έτσι ώστε τα πηνία να διατηρούν την περιστροφή προς τα δεξιά. Ο μεταγωγέας περιστρέφεται επειδή είναι συνδεδεμένος στον ρότορα στον οποίο είναι τοποθετημένα τα πηνία.

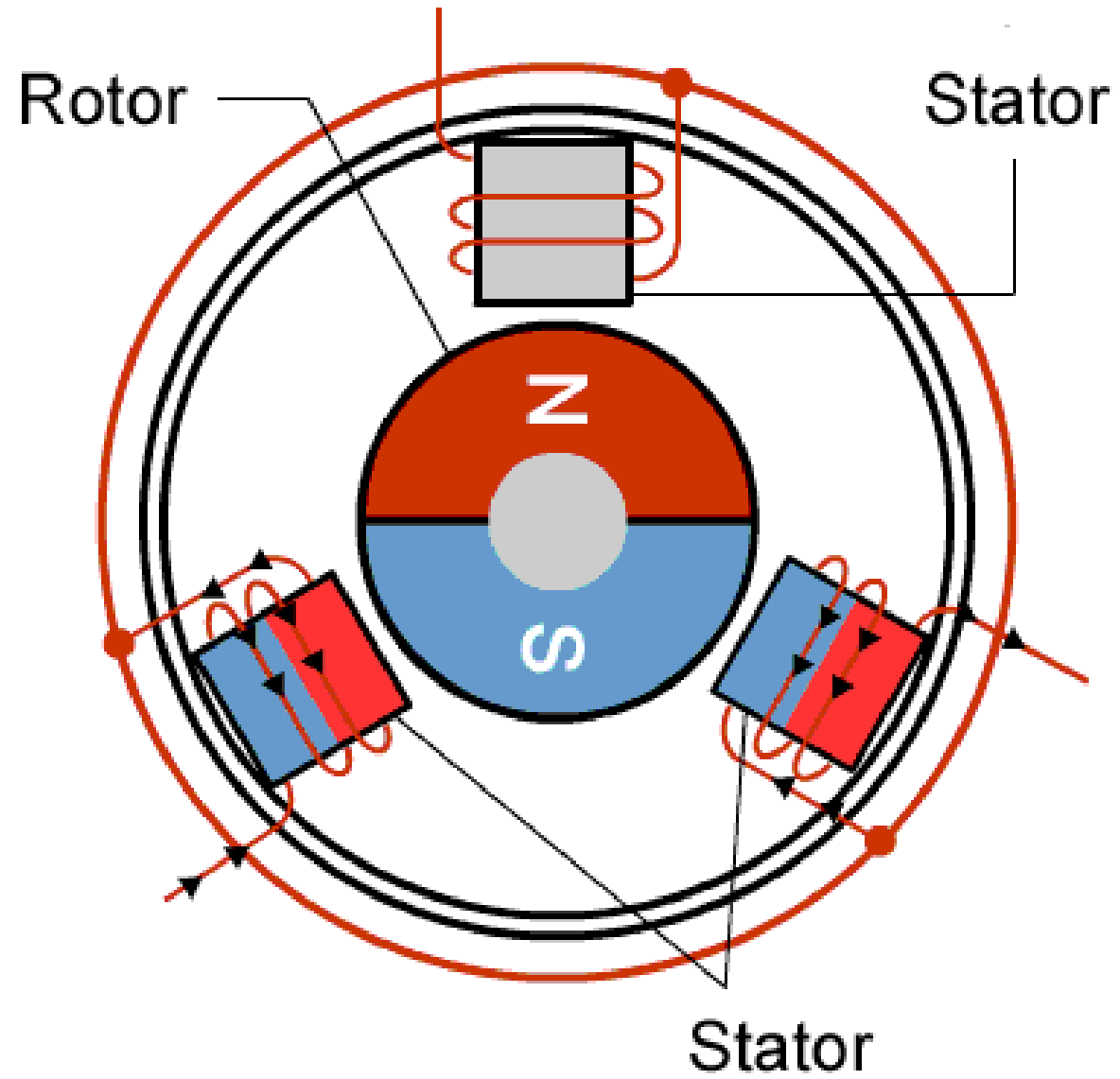


Brushless DC motors

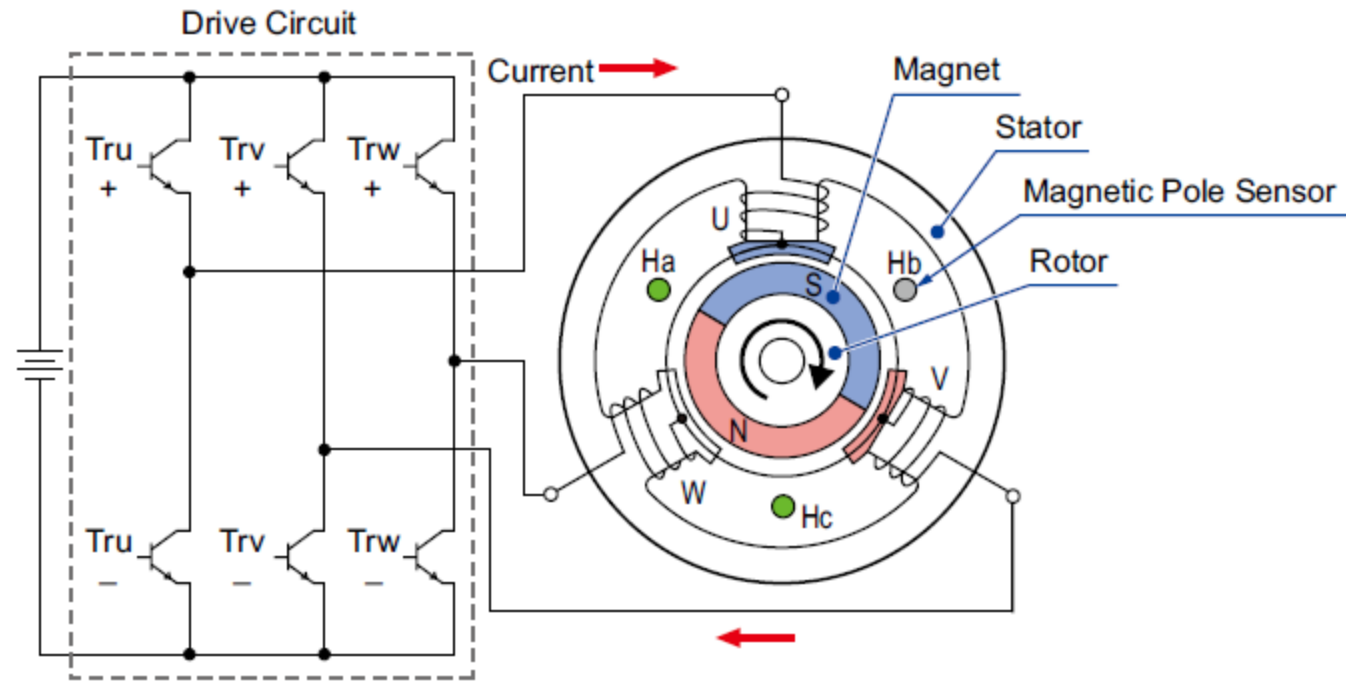
Όπως υποδηλώνει το όνομά τους, οι κινητήρες αυτοί δεν χρησιμοποιούν ψήκτρες (Brushless DC ή BLDC) ενώ ο ρότορας είναι ένας μόνιμος μαγνήτης. Τα πηνία δεν περιστρέφονται, αλλά είναι στερεωμένα στον στάτορα γι'αυτό δεν χρειάζονται ψήκτρες και μεταγωγέα.

Επειδή δεν χρησιμοποιούν ψήκτρες έχουν μεγάλη απόδοση, διάρκεια ζωής, εύκολη συντήρηση λειτουργώντας με χαμηλό θόρυβο. Επιπλέον, ενώ περιλαμβάνουν το χαρακτηριστικό της εξαιρετικής δυνατότητας ελέγχου της ταχύτητας. Λόγω της υψηλής απόδοσης κίνησης και της εξοικονόμησης ενέργειας, έχουν χρησιμοποιηθεί ευρέως όχι μόνο για βιομηχανικό εξοπλισμό αλλά και για οικιακές συσκευές.

Brushless DC Motors

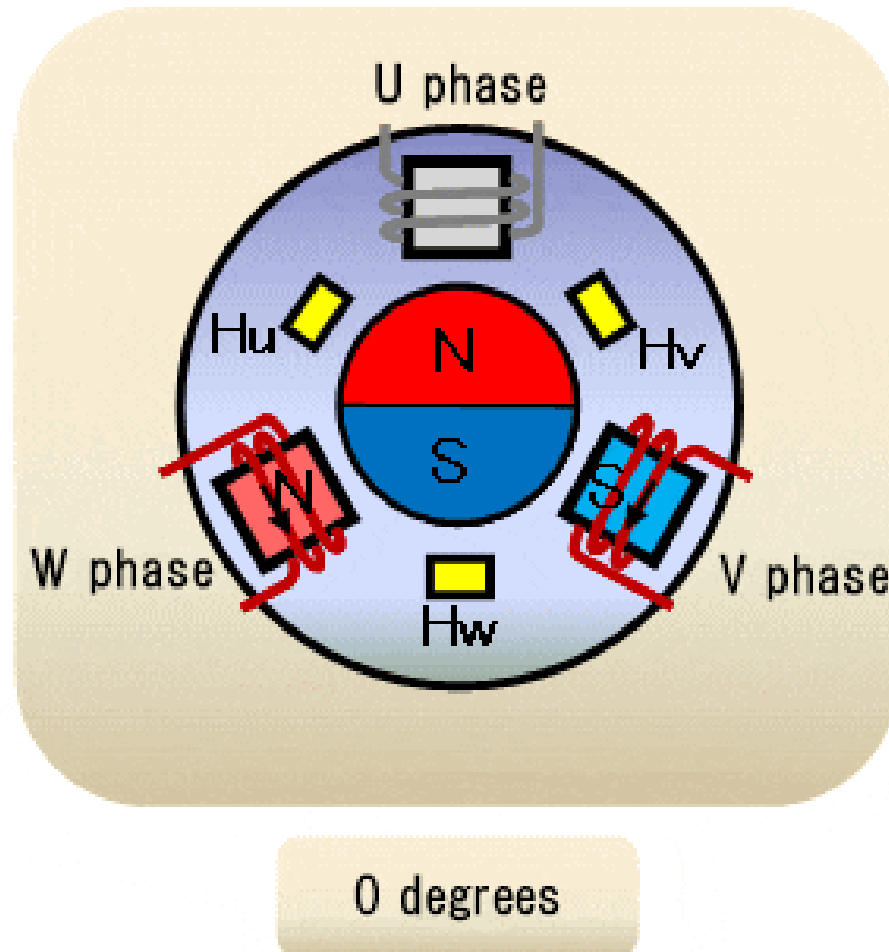
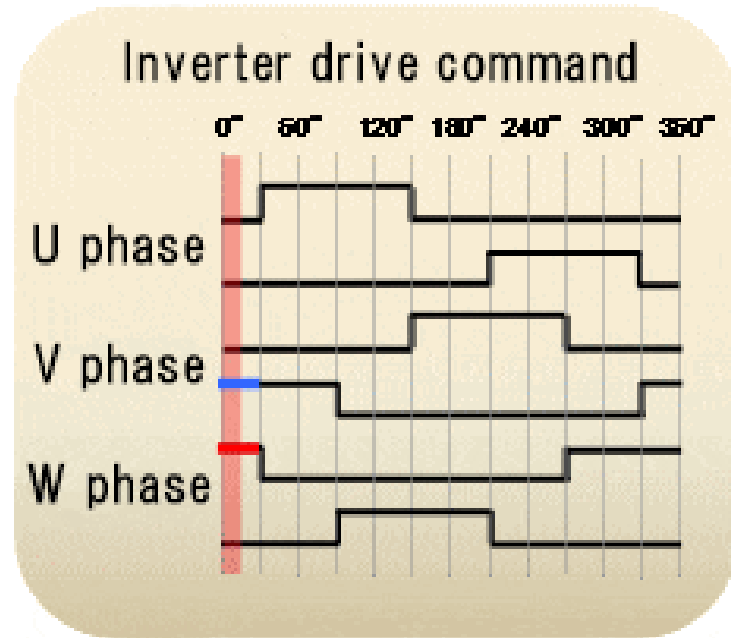


Brushless DC motors



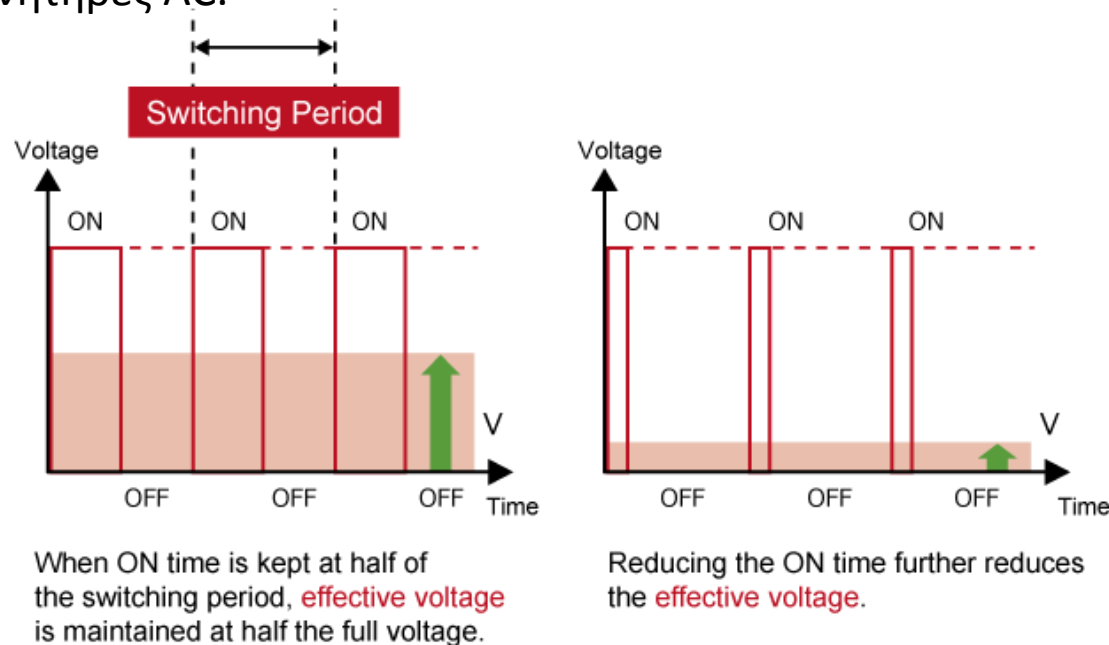
Simplified Model of a Brushless Motor

Brushless DC motors



Control by Inverter

Χρησιμοποιώντας το κύκλωμα του μετατροπέα (Control by Inverter) για την ρύθμιση της τάσης σε κάθε πηνίο, ελέγχεται το μέγεθος του ρεύματος. Ένας τυπικός τρόπος ρύθμισης της τάσης είναι με τη διαμόρφωση πλάτους παλμού (pulse width modulation-PWM). Σε αυτήν την περίπτωση, μεταβάλλεται η τάση επιμηκύνοντας ή μειώνοντας τον χρόνο ενεργοποίησης του παλμού (αναφέρεται επίσης ως «κύκλος λειτουργίας», ο χρόνος ON εκφραζόμενος ως λόγος του διαστήματος ενεργοποίησης + απενεργοποίησης). Η αύξηση του κύκλου λειτουργίας έχει το ίδιο αποτέλεσμα με την αύξηση της τάσης. Η μείωση του κύκλου λειτουργίας έχει το ίδιο αποτέλεσμα με τη μείωση του ρεύματος. Ο αγώγιμος έλεγχος 120 μοιρών απαιτεί μόνο έλεγχο τάσης δύο φάσεων και εφαρμόζεται σχετικά εύκολα σε λογισμικό, ο ημιτονοειδής έλεγχος χρησιμοποιεί έλεγχο τάσης τριών φάσεων και είναι πολύ πιο περίπλοκος. Επομένως, το κατάλληλο κύκλωμα μετατροπέα είναι απαραίτητο για την οδήγηση κινητήρων BLDC. Σημειώστε ότι αυτοί οι μετατροπείς μπορούν να χρησιμοποιηθούν και με κινητήρες AC.



Η μεταβολή του κύκλου λειτουργίας (ο χρόνος ενεργοποίησης σε κάθε περίοδο ενεργοποίησης) αλλάζει την πραγματική τάση.

Brushless DC motors

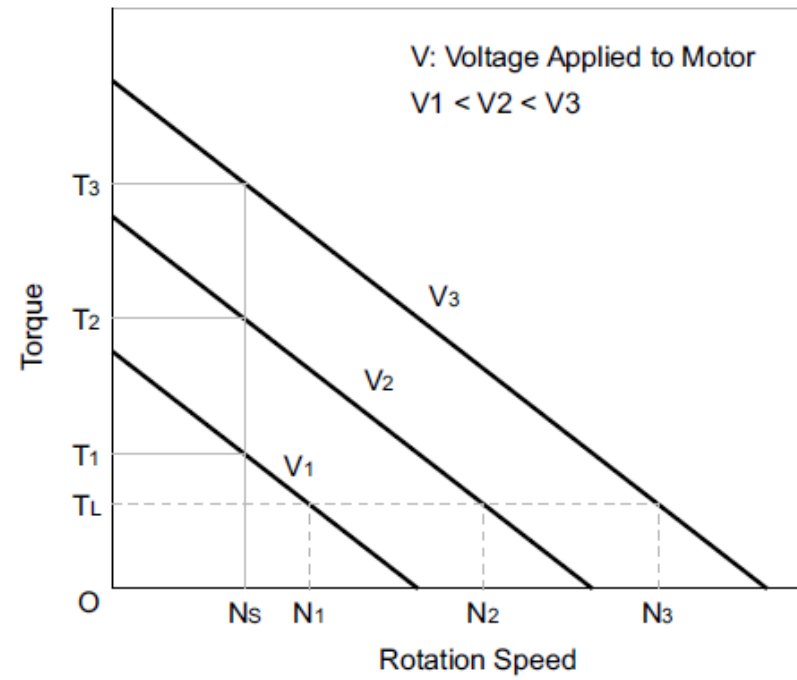


Fig. 2.10 Speed - Torque Characteristics

Διαφορές Brushed DC Motor & Brushless DC Motor

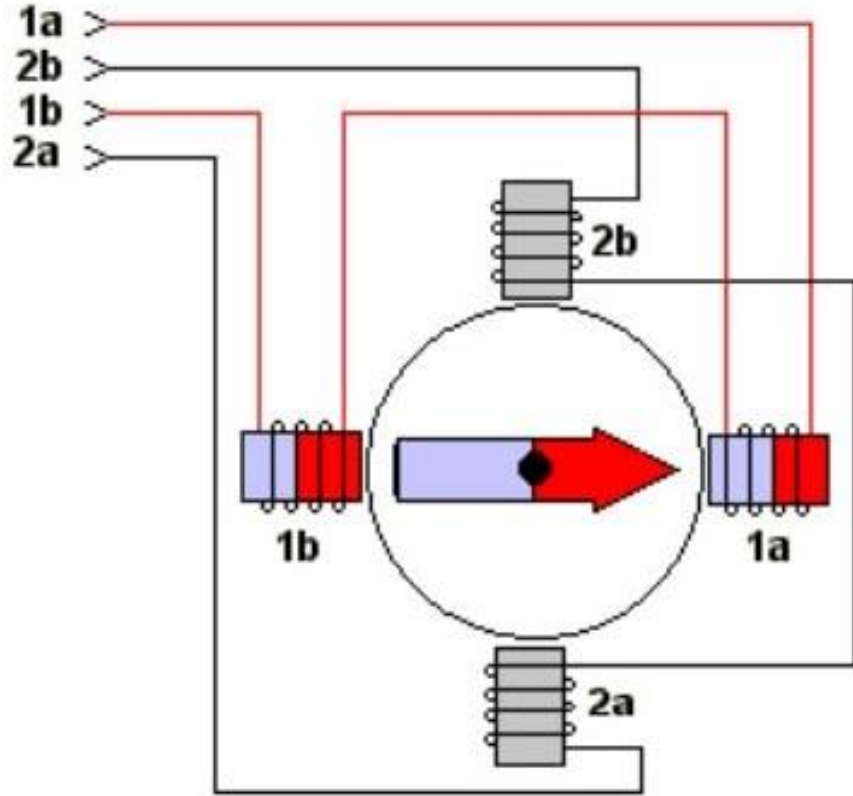
| Παράμετροι | Brushed DC motor | Brushless DC motor |
|--------------------------------|--|--|
| Μετατροπή | Χρησιμοποιεί ψήκτρες για την παροχή ρεύματος στις περιελίξεις του κινητήρα μέσω μηχανικής εναλλαγής. | Χρησιμοποιεί ηλεκτρική μεταγωγή για την παροχή του ρεύματος. |
| Εύρος ταχύτητας | | Υψηλό- λόγω της απουσίας ψηκτρών και μεταγωγέα |
| Αδράνεια ρότορα | Υψηλότερη αδράνεια ρότορα που περιορίζει τα δυναμικά χαρακτηριστικά | Χαμηλό, γιατί έχει μόνιμους μαγνήτες στον ρότορα. αυξάνει τη δυναμική απόκριση |
| Συντήρηση | Απαιτείται περιοδική συντήρηση | Λιγότερο απαιτούμενο ελλείψει βουρτσών |
| χαρακτηριστικά ταχύτητας/ροπής | Χαμηλός μηχανικός περιορισμός από βούρτσες | Υψηλότεροι - χωρίς μηχανικούς περιορισμούς |
| Αποδοτικότητα | Μέτριος | Υψηλός |
| Διάρκεια Ζωής | Μικρή | Μακρύ |
| Κόστος κατασκευής | Χαμηλότερο σε σύγκριση με το BLDC | Υψηλότερο- αφού έχει μόνιμους μαγνήτες |
| Απαίτηση ελέγχου | Δεν απαιτείται ελεγκτής | Ο ελεγκτής απαιτείται πάντα για να διατηρεί τον κινητήρα σε λειτουργία |
| Κατασκευή | Η περιέλιξη του σπλισμού είναι στον ρότορα. Σταθεροί μαγνήτες τοποθετούνται και στις δύο πλευρές του περιστρεφόμενου ηλεκτρομαγνήτη | Η περιέλιξη του σπλισμού βρίσκεται στον στάτορα και οι σταθεροί μαγνήτες βρίσκονται στο ρόταρ |
| Εφαρμογές | Οικιακές συσκευές, παιδικά παιχνίδια, σε βιομηχανικές εφαρμογές, ιατρικός εξοπλισμός, ρομπότ και drones έως ηλεκτρικά αυτοκίνητα, ηλεκτρικά εργαλεία κ.λπ. | Ηλεκτρικά οχήματα, υβριδικά οχήματα και ηλεκτρικά ποδήλατα, βιομηχανικές εφαρμογές, drones, πλυντήρια ρούχων, ανεμιστήρες, αντλίες και φυσητήρες κ.λπ. |

Stepper motor

Μια παραλλαγή των κινητήρων BLDC είναι βηματικοί κινητήρες οι οποίοι κινούνται με παλμούς οι οποίοι περιστρέφονται με μια συγκεκριμένη γωνία (βήμα) με κάθε παλμό. Επειδή η περιστροφή ελέγχεται ακριβώς από τον αριθμό των παλμών που λαμβάνονται, χρησιμοποιούνται ευρέως για την εφαρμογή ρυθμίσεων θέσης. Πχ. χρησιμοποιούνται για τον έλεγχο της τροφοδοσίας χαρτιού σε εκτυπωτές τροφοδοτώντας χαρτί με σταθερά βήματα, τα οποία συσχετίζονται με τον αριθμό των παλμών. Η παύση μπορεί επίσης να ελεγχθεί εύκολα, καθώς η περιστροφή του κινητήρα σταματάει αμέσως όταν διακόπτεται το σήμα του παλμού.

Μειονεκτούν επειδή είναι θορυβώδης στην λειτουργία, έχουν μικρό βαθμός απόδοσης, περιορισμένη ταχύτητα και ροπή, σχετικά ακριβοί και πιο ογκώδεις. Κατασκευάζονται για μικρές ισχύεις λιγότερο από έναν ίππο ($1\text{Hp}=746\text{W}$) γι' αυτό χρησιμοποιούνται σε εφαρμογές ελέγχου θέσης.

Stepper motor



| | Αριθμός βήματος | 1a | 1b | 2a | 2b |
|--|-----------------|-----|-----|-----|-----|
| Εφαρμογή θετικής τάσης στα τυλίγματα 1a και 1b | 1 | 0 | +5V | 0 | 0 |
| Εφαρμογή θετικής τάσης στα τυλίγματα 2a και 2b | 2 | 0 | 0 | +5V | 0 |
| Εφαρμογή αρνητικής τάσης στα τυλίγματα 1a και 1b | 3 | +5V | 0 | 0 | 0 |
| Εφαρμογή αρνητικής τάσης στα τυλίγματα 2a και 2b | 4 | 0 | 0 | 0 | +5V |

Πηγή: https://tokalo.gr/Stepper_motors.html