



# Τεχνική Ημερίδα



## Ηλεκτροκίνηση Τεχνολογίες Υβριδικών Οχημάτων



**Είδη κινητήρων, εφαρμογές,  
πλεονεκτήματα μειονεκτήματα**

**Τεχνολογίες ηλεκτρικών  
κινητήρων υβριδικών οχημάτων.**



## Αυτοκίνητο και ηλεκτροκινητήρες.

- Στα σημερινά αυτοκίνητα γίνεται εκτεταμένη χρήση ηλεκτροκινητήρων.
- Καλύπτουν πάγιες ανάγκες κίνησης όπως αρχική εκκίνηση (μίζα), ηλεκτρικά παράθυρα, κεραία ραδιοφώνου.
- Συνεχώς οι χρήσεις των ηλεκτροκινητήρων αυξάνονται καλύπτοντας εφαρμογές όπως ηλεκτρική αντλία καυσίμου, ηλεκτρική πεταλούδα γκαζιού, ηλεκτρονικά ελεγχόμενα αμορτισέρ, ρύθμιση δέσμης προβολέων, ηλεκτρικό τιμόνι.
- Σε ένα σύγχρονο αυτοκίνητο μεσαίας και άνω κατηγορίας μπορούν να βρουν εφαρμογή 30-50 ηλεκτροκινητήρες ποικίλων ειδών και ισχύος.



# ΗΛΕΚΤΡΙΚΕΣ ΜΗΧΑΝΕΣ

**Ηλεκτρική μηχανή είναι ένας μηχανισμός ή συσκευή που μπορεί να μετατρέψει:**

- **Ηλεκτρική ενέργεια σε άλλη μορφή ενέργειας η αντίστροφα κάποια μορφή ενέργειας σε ηλεκτρισμό (π.χ. Ηλεκτρικοί κινητήρες, ηλεκτρικές γεννήτριες, συσσωρευτές)**
- **Ηλεκτρική ενέργεια με συγκεκριμένα χαρακτηριστικά (τάση, ένταση) σε ηλεκτρική ενέργεια με διαφορετικά χαρακτηριστικά π.χ. Μετασχηματιστές, Inverters, U.P.S.**



# ΗΛΕΚΤΡΙΚΕΣ ΜΗΧΑΝΕΣ

Η μετατροπή της **μηχανικής ενέργειας** σε **ηλεκτρική** και αντίστροφα (σαν καταναλισκόμενη ή αποδιδόμενη ροπή) κυριαρχεί στους **ηλεκτρικούς κινητήρες** και τις **ηλεκτρικές γεννήτριες** αντίστοιχα.

Η **χημική ενέργεια** και η αμφίδρομη μετατροπή της σε ηλεκτρική κυριαρχεί στους **συσσωρευτές**.



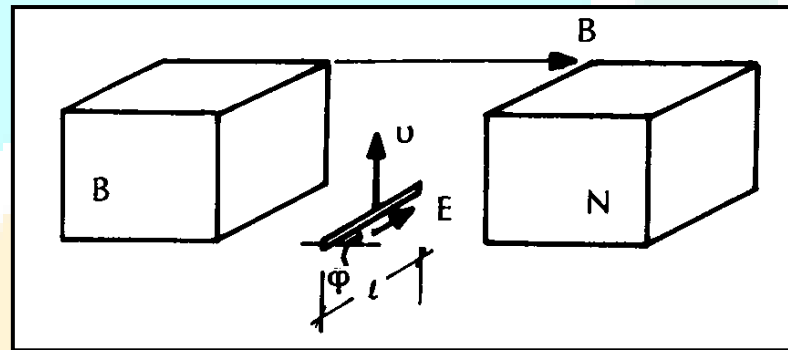
Το υβριδικό και ηλεκτρικό αυτοκίνητο (μεταξύ άλλων προϊόντων) είναι η κινητήρια δύναμη στον αγώνα δρόμου για εξεύρεση τεχνολογικών υλικών που θα κατασκευάσουν ηλεκτρικές μηχανές ελαφρές, αποδοτικές, οικονομικές και αξιόπιστες.

Σε ένα υβριδικό ή ηλεκτρικό αυτοκίνητο θα συναντήσουμε τις παραπάνω ηλεκτρικές μηχανές εξελιγμένες και δεμένες μεταξύ τους με αρκετή δόση **ευφυΐας** στα έξυπνα συστήματα διαχείρισης και μεταφοράς ενέργειας από και προς τους τροχούς.



# Στοιχειώδης αρχή λειτουργίας των ηλεκτρογεννητριών.

Στις γεννήτριες έχουμε **Επαγωγή** δηλ. εμφάνιση τάσης  $E$  στα άκρα αγωγού η πηνίου.



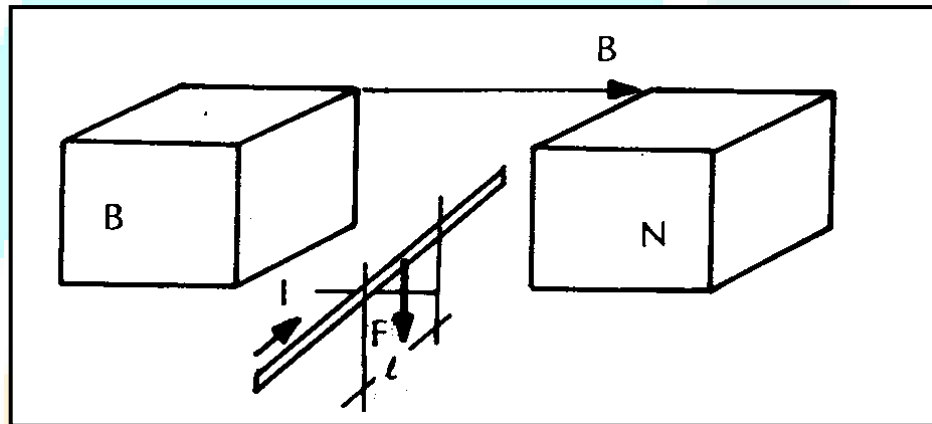
**Αγωγός που κινείται** μέσα σε **ακίνητο μαγνητικό** πεδίο η **ακίνητος αγωγός** που βρίσκεται μέσα σε **κινούμενο μαγνητικό** πεδίο αναπτύσσει στα άκρα του τάση  $E$

$$E = B \cdot L \cdot u \cdot \sin \phi,$$

όπου  $B$  η ένταση του μαγνητικού πεδίου (T).

## Στοιχειώδης αρχή λειτουργίας των ηλεκτροκινητήρων.

Δύναμη σε ρευματοφόρο αγωγό που βρίσκεται σε μαγνητικό πεδίο.



Σε έναν **αγωγό** που **διαρρέεται από ρεύμα** και βρίσκεται μέσα σε μαγνητικό πεδίο **αναπτύσσεται** πάνω του **δύναμη** με μέτρο:

$$F=B*L*i*\eta\mu\varphi,$$

B η ένταση του μαγνητικού πεδίου (T).





**Από τις δύο προηγούμενες αρχές λειτουργίας παρατηρούμε ότι συνδυάζουμε μόνο τα:**

- **Μαγνητικό πεδίο**
- **Αγωγό εντός του πεδίου**
- **Ρεύμα στον αγωγό**
- **Κίνηση του αγωγού**

**Έχοντας πάντα κοινά μαγνητικό πεδίο και αγωγό, τότε:**

- **Αν δώσουμε ρεύμα στον αγωγό εντός του μαγνητικού πεδίου τότε παίρνουμε δύναμη που κινεί τον αγωγό = ΚΙΝΗΤΗΡΑΣ.**
- **Αν κινήσουμε τον αγωγό εντός του μαγνητικού πεδίου τότε θα πάρουμε ηλεκτρική τάση στον αγωγό = ΓΕΝΝΗΤΡΙΑ**



Για να καλυφθούν οι ανάγκες παραγωγής κίνησης έχουν δημιουργηθεί πολλές κατηγορίες ηλεκτρικών μηχανών ιδιαίτερα ηλεκτρικών κινητήρων.

Τα κριτήρια με τα οποία κατασκευάζεται και επιλέγεται ένας ηλεκτροκινητήρας είναι:

- Συνεχούς η εναλλασσομένου.
- Ισχύς
- Τάση τροφοδοσίας.
- Στροφές λειτουργίας.
- Χαρακτηριστικά λειτουργίας (όπως ρεύμα εκκίνησης, καμπύλη ροπής – στροφών).



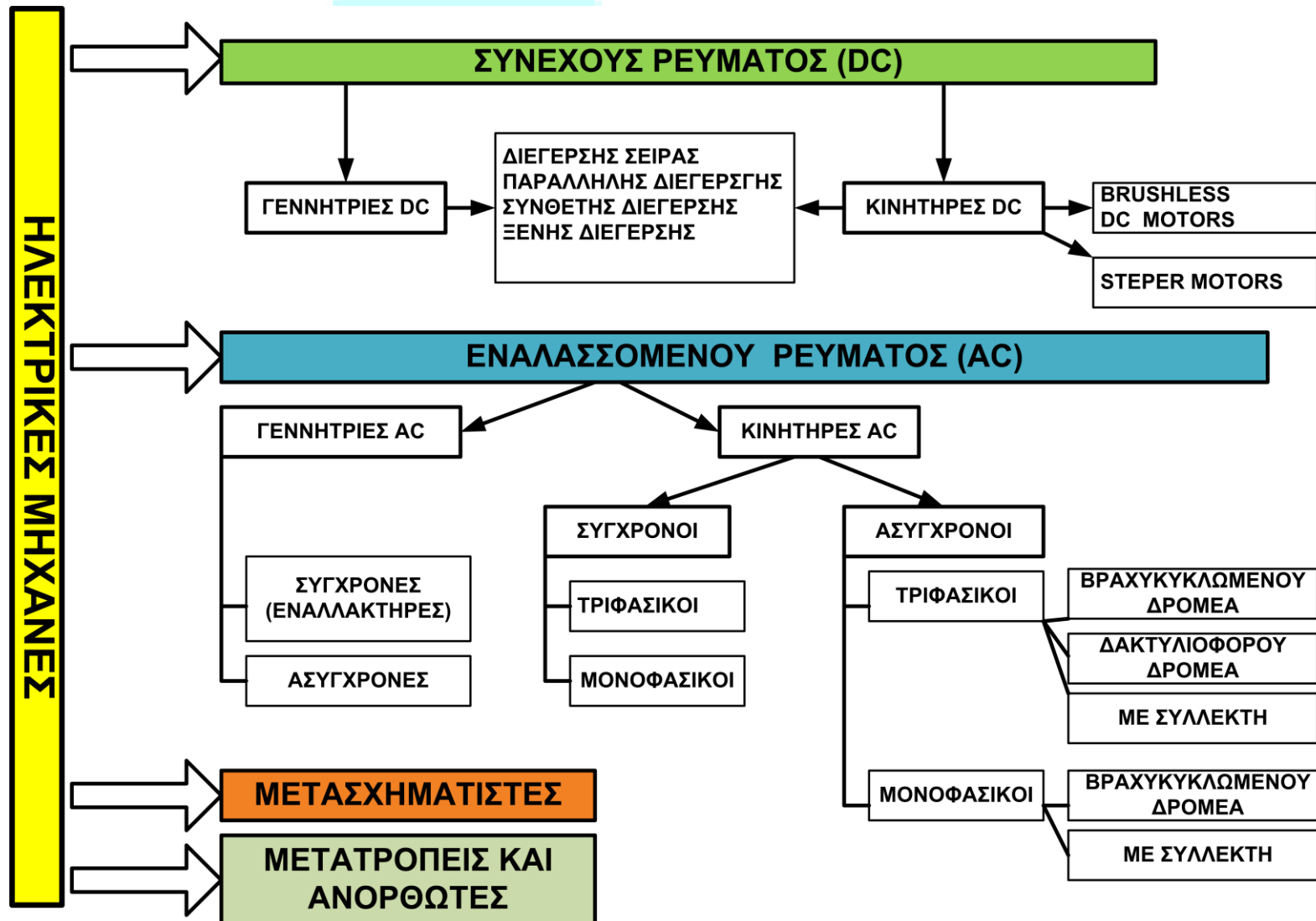
**Οι χρήσεις των ηλεκτροκινητήρων συνεχούς και εναλλασσομένου ρεύματος είναι πολυποίκιλες.**

**Κάθε πεδίο εφαρμογής απαιτεί ηλεκτροκινητήρα με συγκεκριμένα χαρακτηριστικά λειτουργίας όπως στροφές, ισχύ, θόρυβο, κυκλώματα εκκίνησης και προστασίας όπου απαιτούνται, περιορισμούς σε σχέση με την ηλεκτρομαγνητική συμβατότητα, δυνατότητα αναστροφής κ.λ.π.**

**Το κοινό χαρακτηριστικό των περισσότερων ηλεκτροκινητήρων είναι ότι λειτουργούν σε μια σταθερή κατάσταση λειτουργίας (για την οποία άλλωστε σχεδιάστηκαν) με μικρές αποκλίσεις από την σταθερή αυτή κατάσταση.**



## Κατάταξη ηλεκτρικών μηχανών





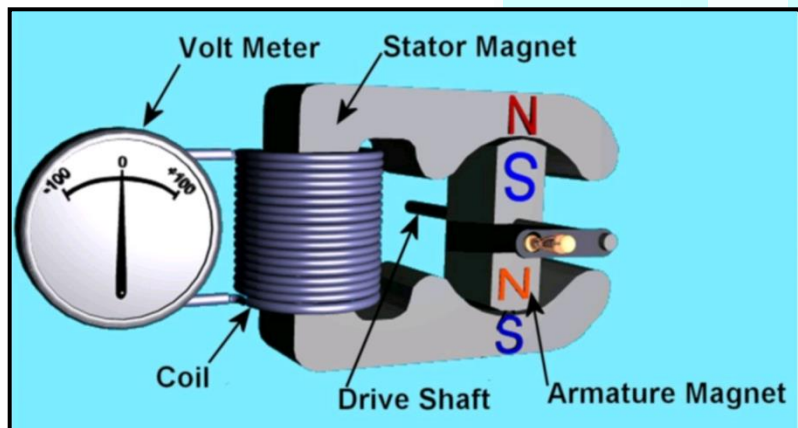
## Πολλοί, πάρα πολλοί κινητήρες. Ποιος είναι ο καταλληλότερος για τα υβριδικά;

Για τον σκοπό της παρουσίασης αυτής θα εστιάσουμε το ενδιαφέρον μας σε τρεις ηλεκτρικές μηχανές:

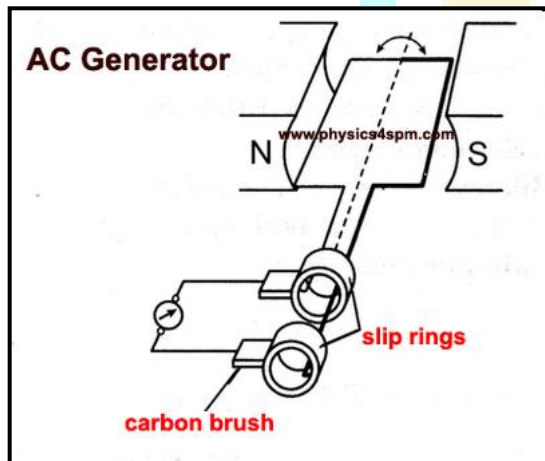
- Τις σύγχρονες τριφασικές γεννήτριες AC.
- Τους σύγχρονους τριφασικούς κινητήρες AC.
- Τους κινητήρες DC.

Παρουσιάζοντας τα κυριότερα πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα τους θα δούμε ποιές είναι οι καταλληλότερες και πως συνδυάζονται (με τη βοήθεια της τεχνολογίας υλικών και ηλεκτρονικών) σε μία αποδοτική ηλεκτρική μηχανή.

## Αρχή λειτουργίας των γεννητριών AC.

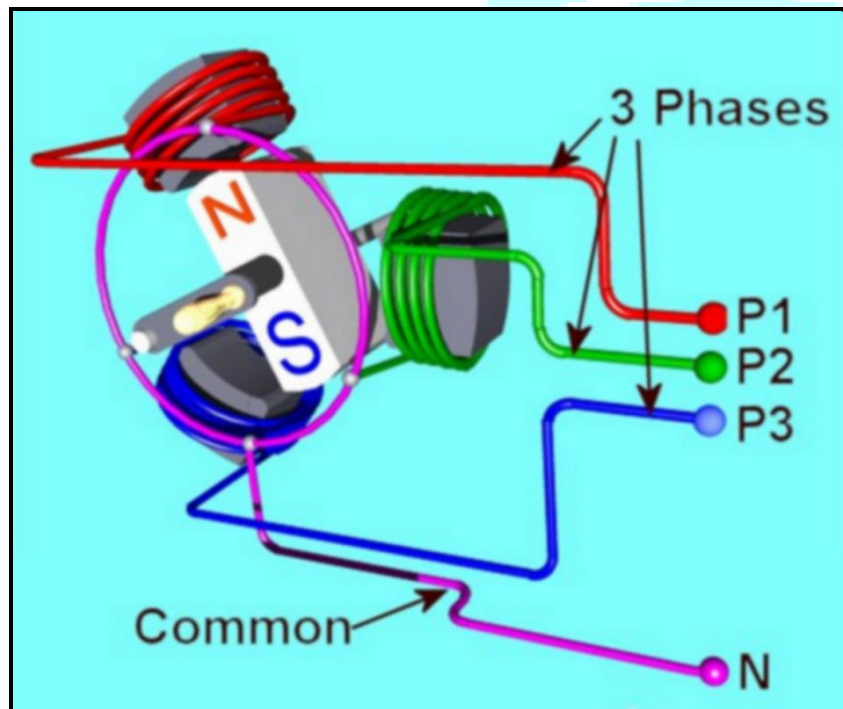


Μονοφασική γεννήτρια AC με σταθερό τύλιγμα: Η περιστροφή του μαγνήτη προκαλεί αλλαγή στη μαγνητική ροή του πηνίου. Αυτή η αλλαγή προκαλεί την εμφάνιση εναλλασσόμενης τάσης στα άκρα του.



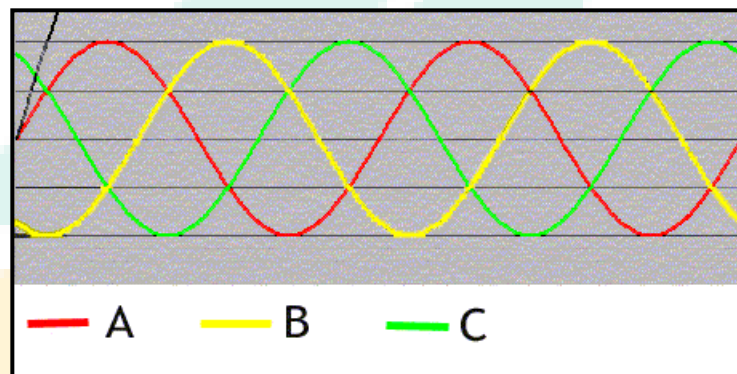
Σύγχρονη Μονοφασική γεννήτρια AC με σταθερούς πόλους: Η περιστροφή του πλαισίου μέσα στο μαγνητικό πεδίο προκαλεί εμφάνιση εναλλασσόμενης τάσης στα δακτυλίδια.

## Αρχή λειτουργίας των γεννητριών AC.



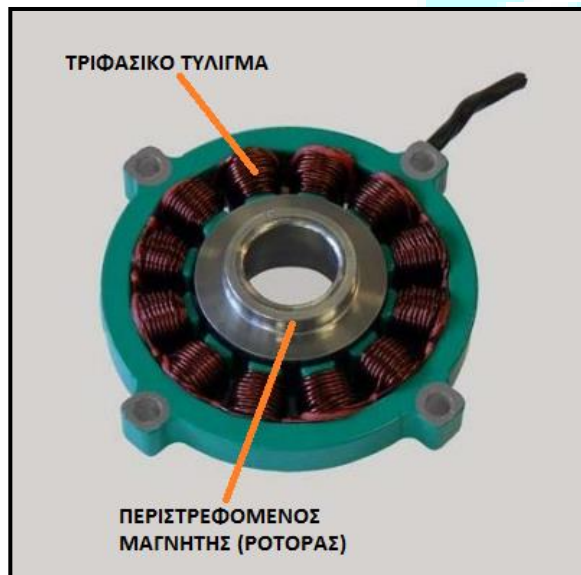
Αρχή λειτουργίας τριφασικής γεννήτριας εναλλασσομένου ρεύματος μόνιμου μαγνήτη.

Τρία τυλίγματα δηλ. τρία πηνία τοποθετημένα συμμετρικά κατά  $120^\circ$  και περιστρεφόμενος μαγνήτης.

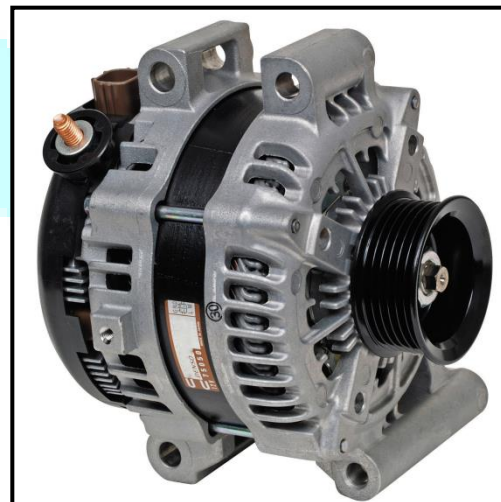


Κυματομορφή παραγόμενης τάσης.

## Τριφασική γεννήτρια AC



Εναλλακτήρας μοτοσυκλέτας



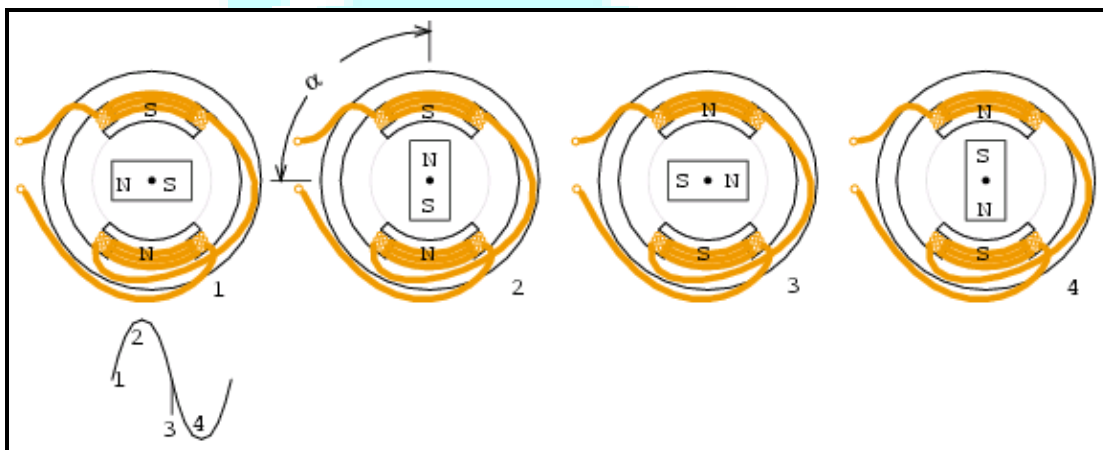
Εναλλακτήρας αυτοκινήτου

### Πλεονεκτήματα:

- Μικρό βάρος.
- Μεγάλη απόδοση ανά Kg μάζας.
- Αξιοπιστία.
- Μηδενική η ελάχιστη συντήρηση



## Αρχή λειτουργίας σύγχρονου μονοφασικού κινητήρα AC:

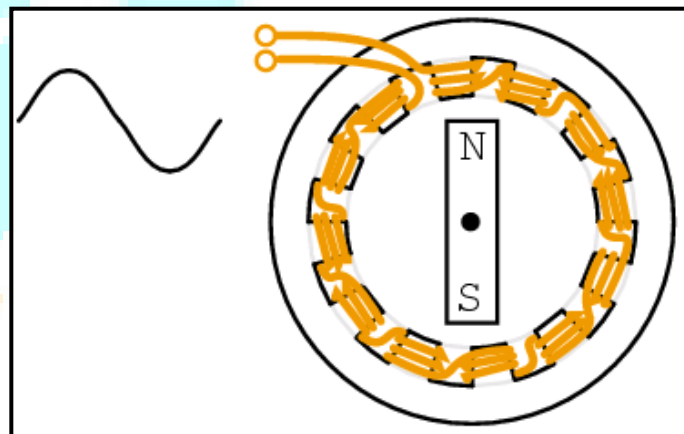


Όταν εφαρμοστεί στα τυλίγματα του στάτη μονοφασικό εναλλασσόμενο ρεύμα, δημιουργείται ένα περιστρεφόμενο μαγνητικό πεδίο. Το περιστρεφόμενο αυτό πεδίο παρασύρει σε περιστροφή τον μόνιμο μαγνήτη με «σύγχρονη ταχύτητα»

$$N_{(RPM)} = 120f / P$$

όπου  $f$ =συχνότητα ρεύματος,  $P$ =αριθμός πόλων στο στάτη και  $N$  σε rpm.

## Αρχή λειτουργίας σύγχρονου μονοφασικού κινητήρα AC:

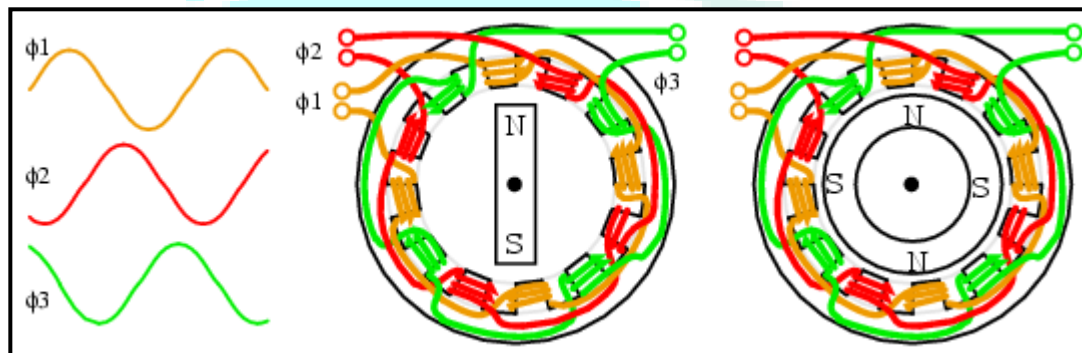


$$N_{(RPM)} = 120f / P$$

Για την επίτευξη της επιθυμητής ταχύτητας περιστροφής μπορούμε να τοποθετήσουμε περισσότερους πόλους ανά φάση με αποτέλεσμα της ελάττωσης της σύγχρονης ταχύτητας. (όταν έχουμε σταθερή συχνότητα δικτύου)

Όμως μπορούμε να αλλάξουμε τη συχνότητα τροφοδοσίας, αλλάζοντας έτσι και τη σύγχρονη ταχύτητα.

## Τριφασικός σύγχρονος κινητήρας AC



Αρχή λειτουργίας δρομέας 2 η 4 πόλων

**Πλεονεκτήματα:**

- Απλή κατασκευή του δρομέα, μόνιμος μαγνήτης
- Αξιοπιστία.
- Μηδενική η ελάχιστη συντήρηση.
- Αθόρυβη λειτουργία.

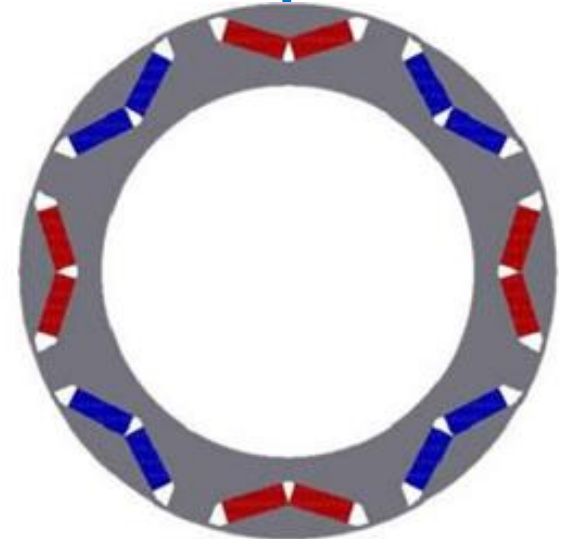
## Κατασκευαστικές διαμορφώσεις του στάτη.



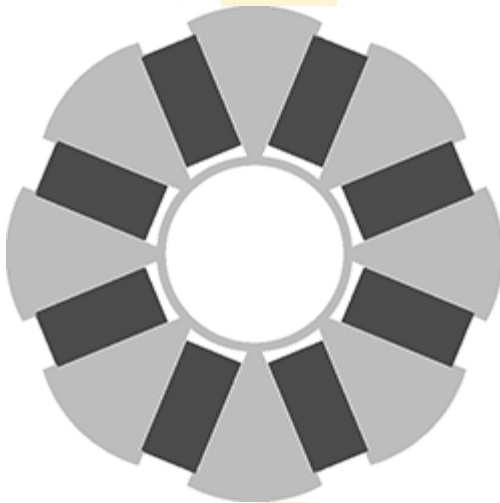
4-POLE



8-POLE

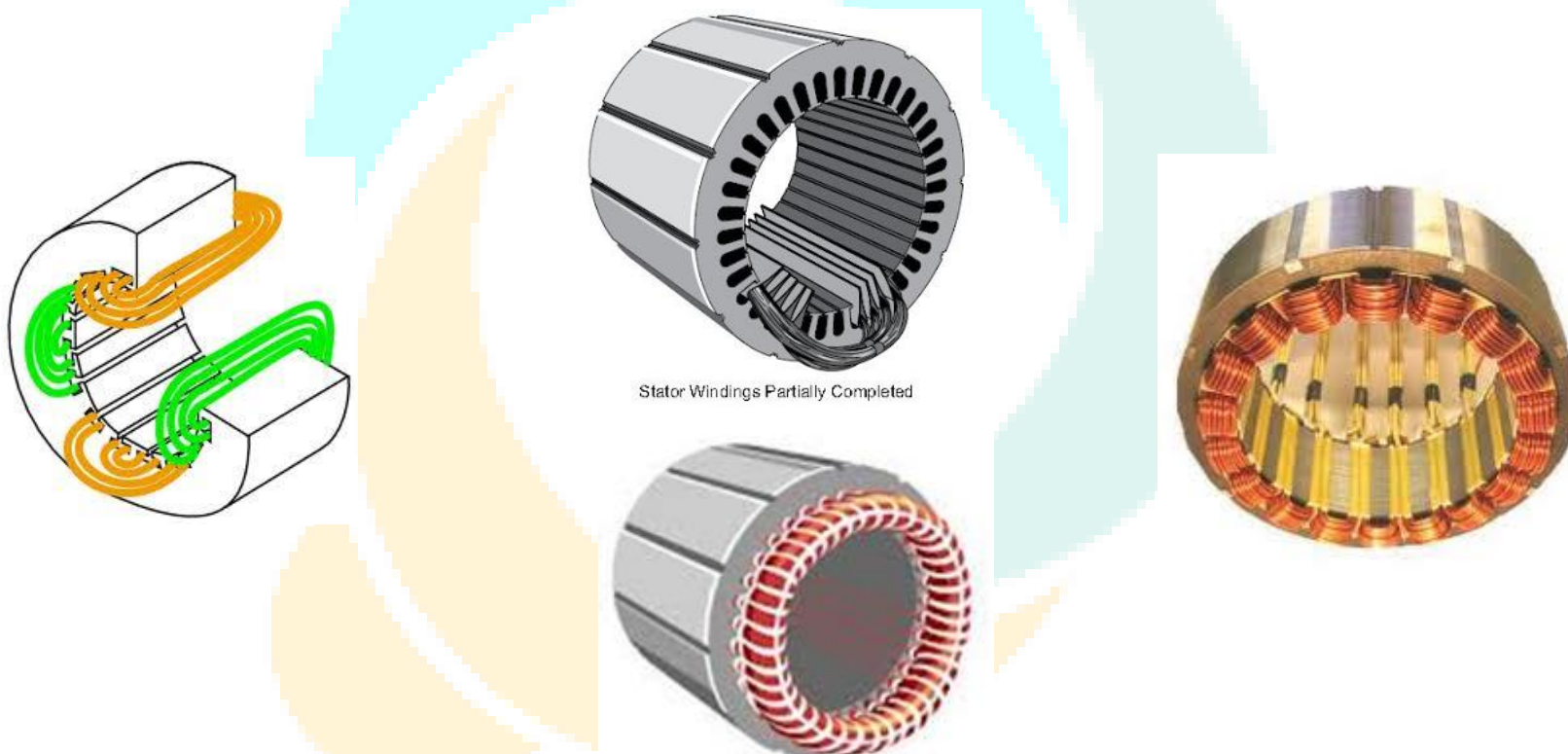


V-SHAPED MAGNETS



## Κατασκευαστικές διαμορφώσεις του ρότορα

Σε όλες τις περιπτώσεις κατασκευάζονται από λεπτά ελάσματα χάλυβα πυριτίου (ηλεκτρολογικός), κατάλληλα διαμορφωμένα.





## Σύγκριση.

Συγκρίνοντας την αρχή λειτουργίας των γεννητριών και σύγχρονων κινητήρων εναλλασσομένου ρεύματος βλέπουμε ότι κατασκευαστικά δεν υπάρχει διαφορά. Αυτό που αλλάζει είναι τον αν παρέχουμε μηχανική ενέργεια οπότε έχουμε **γεννήτρια** η αν παρέχουμε εναλλασσόμενο ρεύμα οπότε έχουμε **κινητήρα**.



Ο σύγχρονος όμως κινητήρας AC έχει ένα μειονέκτημα: Λόγω του μόνιμου μαγνήτη, μόλις σταματήσει, ο δρομέας ακινητοποιείται. Το πρόβλημα είναι πως η ακαριαία παροχή ρεύματος με την ονομαστική συχνότητα δεν προλαβαίνει να παρασύρει σε περιστροφή τον δρομέα, λόγω αδράνειας. Για την εκκίνηση του απαιτείται βοηθητική εκκίνηση με άλλον τρόπο. Η....

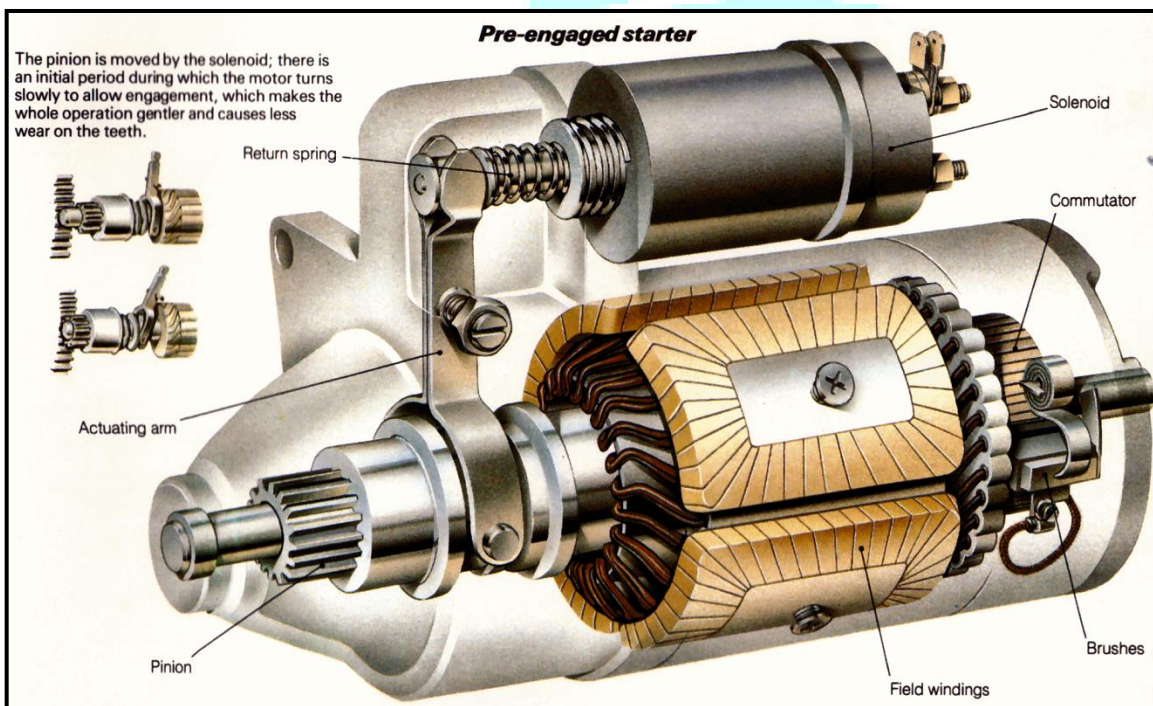
### **Η τροποποίηση της συχνότητας του ρεύματος.**

Η παροχή όμως ρεύματος με βαθμιαία αύξηση της συχνότητας λύνει αυτό το πρόβλημα. Ο δρομέας ξεκινά. Επιπλέον, ο έλεγχος της συχνότητας του ρεύματος οδηγεί και στον έλεγχο της ταχύτητας περιστροφής του κινητήρα, και ο έλεγχος του ρεύματος σε έλεγχο της ροπής του κινητήρα.



## Κινητήρας D.C.: Εκκινητής η μίζα

- Κινητήρας DC .
- Το ηλεκτρικό πεδίο δημιουργείται είτε με διέγερση σειράς είτε με μόνιμο μαγνήτη
- Ισχύς μέχρι 10 HP ανάλογα με τον κινητήρα.



- Πλεονέκτημα: Μικρό βάρος, υψηλή ροπή σε χαμηλές στροφές.
- Μειονεκτήματα: Υψηλά ρεύματα, θόρυβος, όχι παρατεταμένη λειτουργία, φθορές του συλλέκτη και λόγω σπινθήρων στον συλλέκτη, ηλεκτρομαγνητική ασυμβατότητα.



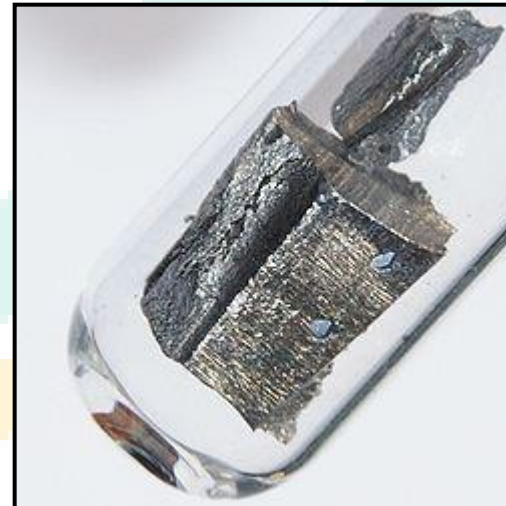
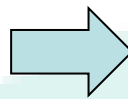


- Το πολλά υποσχόμενο υβριδικό και ηλεκτρικό αυτοκίνητο έδωσε μεγάλη ώθηση στην εξέλιξη των ηλεκτρικών κινητήρων που χρησιμοποιούνται για την κίνηση τους.
- Έτσι αναπτύχθηκαν προηγμένα υλικά και ηλεκτρονικά συστήματα υποστήριξης με ευρεία εφαρμογή και αξιοπιστία στα σημερινά υβριδικά αυτοκίνητα.

## Νεοδύμιο (Neodymium, Nd)

- Το Χημικό στοιχείο Νεοδύμιο είναι ένα μέταλλο με ατομικό αριθμό 60 και ατομικό βάρος 144,24.
- Το Νεοδύμιο ανήκει ορυκτολογικά στις σπάνιες γαίες και κατατάσσεται στις λανθανίδες στον Περιοδικό πίνακα στοιχείων.

Δεν χρησιμοποιείται  
σε καθαρή μορφή  
γιατί οξειδώνεται  
γρήγορα και  
αποφλοιώνεται.





## Νεοδύμιο (Neodymium, Nd)

- Οι μαγνήτες νεοδυμίου (γνωστοί και ως **NdFeB**, **NIB** ή **Neo** μαγνήτες) είναι μαγνητικά υλικά κατασκευασμένα από κράμα σιδήρου (Fe), βορείου (B), και νεοδυμίου (Nd) προς σχηματισμό της δομής  $\text{Nd}_2\text{Fe}_{14}\text{B}$  και κρυσταλλώνεται στην τετραγωνική δομή.
- Είναι οι ισχυρότεροι μαγνήτες σήμερα που κατασκευάζονται για εμπορική χρήση.
- Ένας μαγνήτης νεοδυμίου έχει ένταση μαγνητικού πεδίου **B 1,25 T** (tesla στο σύστημα SI) η 12,500 G (gauss στο καταργηθέν σύστημα CGS)
- Ένας συνηθισμένος μαγνήτης ψυγείου έχει αντίστοιχες τιμές **5mT** η 50 G αντίστοιχα.

## Νεοδύμιο (Neodymium, Nd)



Αυτός ο κύλινδρος NeFeB είναι εμπορική εφαρμογή και με διάμετρο 20mm και μήκος 25mm δημιουργεί ελκτική δύναμη 14 Kp.

Εταιρεία: Adams Magnetic Products  
(<http://www.adamsmagnetic.com>)

Οι μικροί κύλινδροι (μαγνήτες νεοδυμίου) μπορούν και συγκρατούν τις χαλύβδινες σφαίρες.

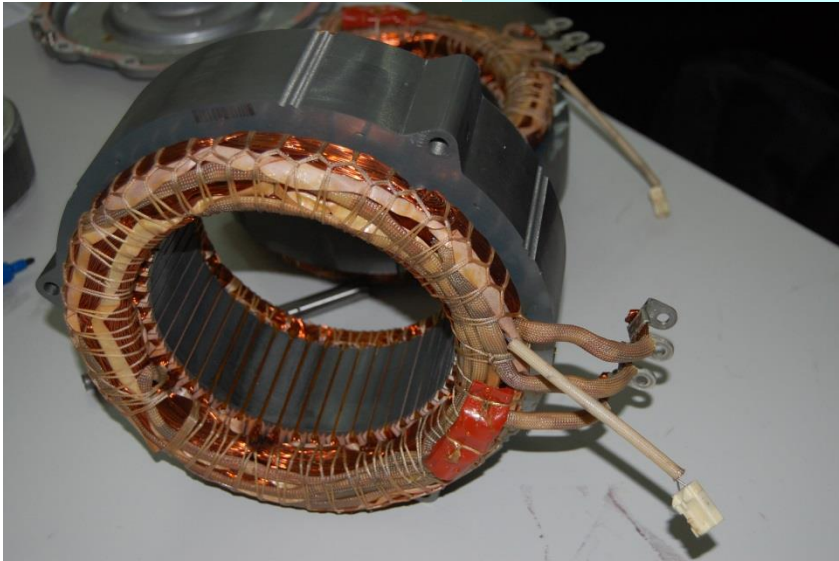




- Οι μαγνήτες νεοδυμίου εξελίχθηκαν από τις εταιρείες General Motors (USA) και Sumitomo Special Metals (JPN) από το 1982.
- Χρησιμοποιούνται σε προϊόντα όπως σκληροί δίσκοι, φορητά εργαλεία, παιχνίδια, μαγνήτες μεγαφώνων, μόνιμοι μαγνήτες ηλεκτροκινητήρων ειδικών εφαρμογών (υβριδικά αυτοκίνητα).



## Η κατασκευή του στάτη (Prius).



Στάτης κινητήρα – γεννήτριας MG2 (Toyota Prius)

**Λεπτά μονωμένα ελάσματα (ελάττωση των δινореυμάτων Foucault) σχηματίζουν τον μαγνητικό οπλισμό στο στάτη.**

**Ακολουθεί το τριφασικό τύλιγμα και ο αισθητήρας θερμοκρασίας, απαραίτητος για την προστασία του.**

## Η κατασκευή του ρότορα (Prius).



**Ρότορας μόνιμων μαγνητών κινητήρα  
γεννήτριας MG2 Toyota Prius)**

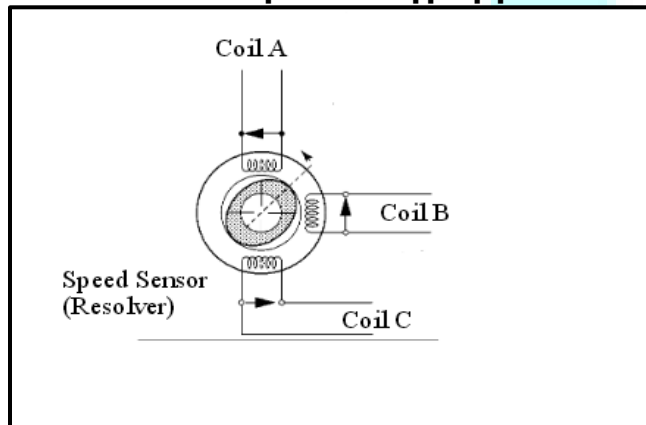


- Η κίνηση ενός υβριδικού ή ηλεκτρικού οχήματος παρουσιάζει ποικίλους συνδυασμούς φορτίου και στροφών.
- Όπως είδαμε η μεταβολή της ταχύτητας περιστροφής του τριφασικού κινητήρα AC γίνεται με την μεταβολή της συχνότητας του ρεύματος.
- Είναι απαραίτητο, εκτός από την ταχύτητα περιστροφής να είναι γνωστή και η θέση του ρότορα δηλ. ο προσανατολισμός των πόλων σε σχέση με το περιστρεφόμενο πεδίο του στάτη.
- Ασυμφωνία θέσης πόλων – πεδίου προκαλεί καταπόνηση του ηλεκτροκινητήρα, μειωμένη ισχύ, στρεπτικές δονήσεις και υπερθέρμανση.
- Αυτό επιτυγχάνεται με τη χρήση ενός ειδικού αισθητήρα με την ονομασία Speed Sensor / Resolver

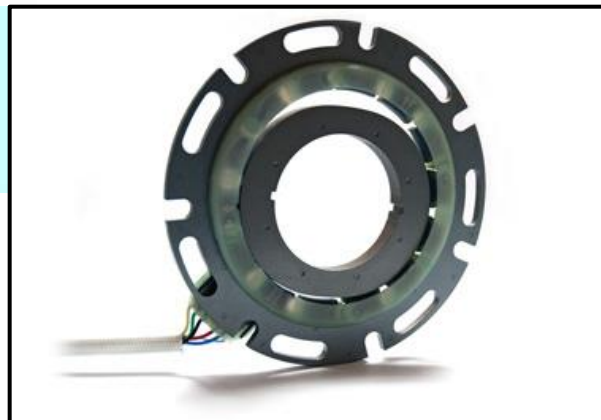


## Speed Sensor / Resolver

Ηλεκτρικό διάγραμμα



Πραγματικό εξάρτημα



Ένας ελαφρά **οβάλ** μαγνητικός δακτύλιος περιστρέφεται μέσα σε ένα στάτη με περιφερειακές ομάδες τυλιγμάτων

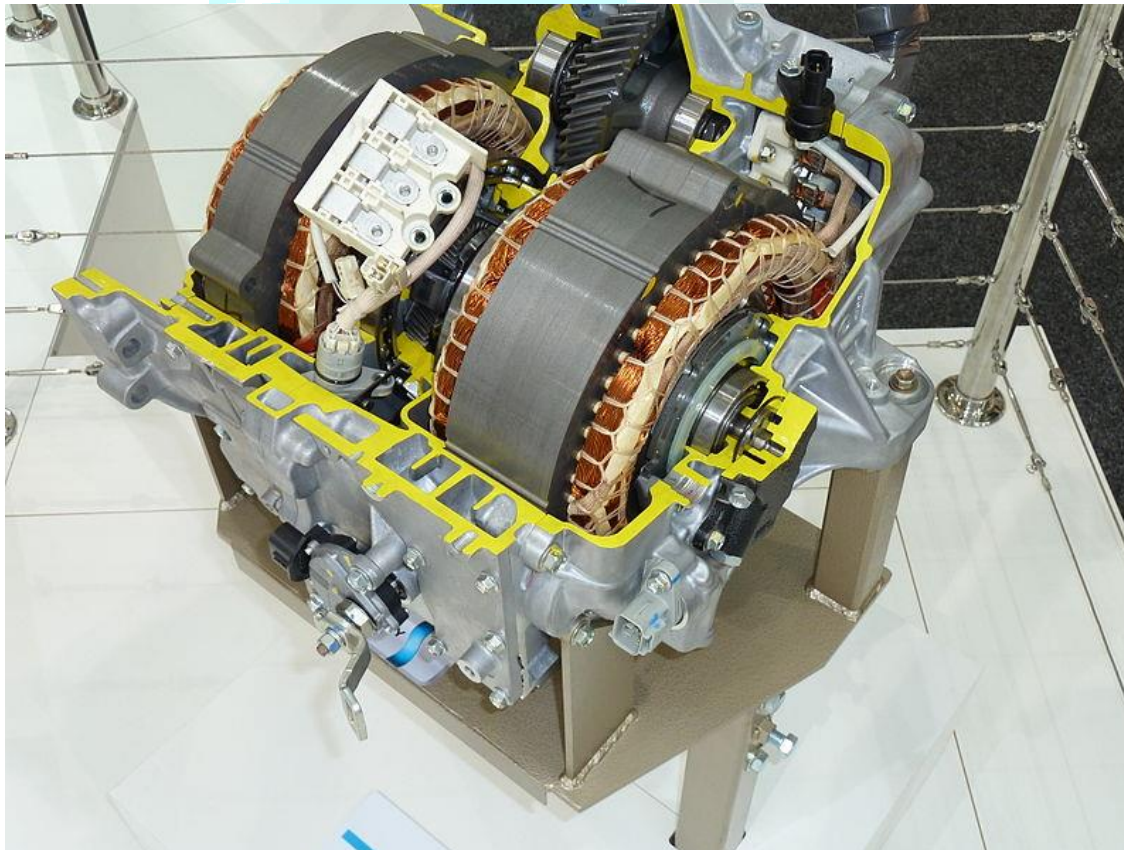
Η ελλειπτική του μορφή αλλάζει την απόσταση του από σταθερά τυλίγματα.

Η αλλαγή της απόστασης δημιουργεί στα τυλίγματα διαφοροποιημένο σήμα ανά τύλιγμα.

Η επεξεργασία των σημάτων αυτών από την μονάδα μετατροπέα αποφαίνεται για την ταχύτητα αλλά και το περιστρεφόμενο μόνιμου μαγνήτη.



# Το υβριδικό Hybrid Synergy Drive HSD (TOYOTA)





## Ο υβριδικός κινητήρας του Honda Insight IMA (Integrated Motor Assist)



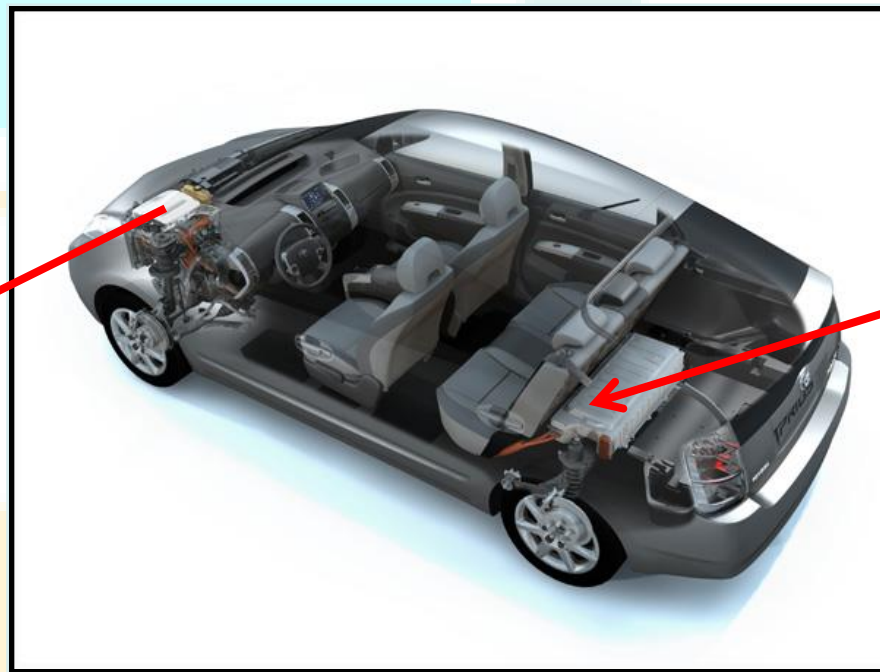
- Ο σφόνδυλος έχει αντικατασταθεί από ηλεκτροκινητήρα – γεννήτρια AC.
- Στην επιβράδυνση ανακτά μέρος της ενέργειας και την αποδίδει στην επιτάχυνση.



# Τροφοδοτώντας τους ηλεκτροκινητήρες με AC

Ας ρίξουμε μια γρήγορη ματιά στο TOYOTA Prius.

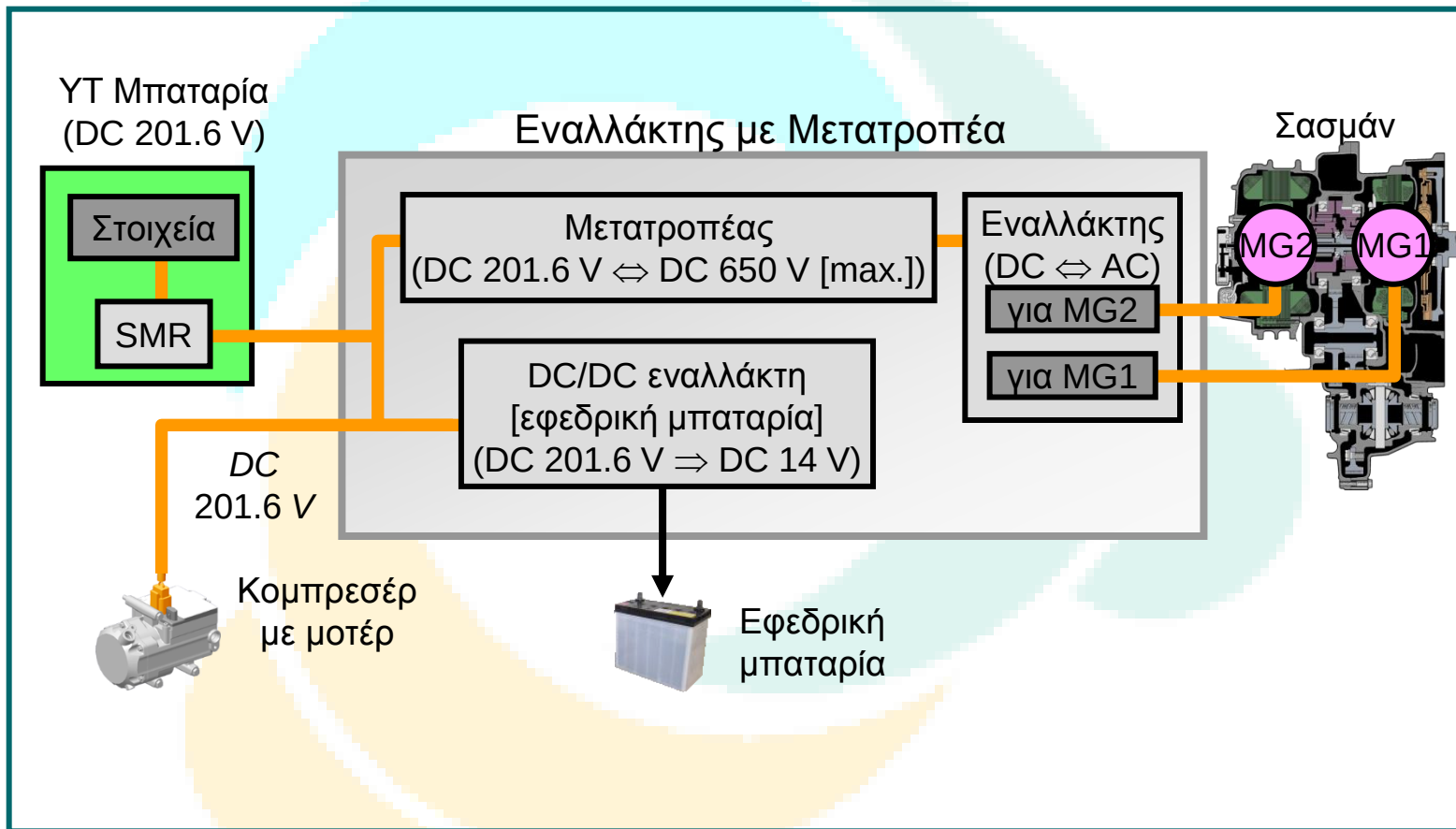
**Κινητήρας και  
Power Control Unit**



**Μπαταρία  
201V DC**



## Δομικό διάγραμμα του Power Control Unit





- Η General Motors, η Daimler Chrysler και η Global Hybrid Cooperation θυγατρική της BMW εφαρμόζουν παρόμοια συστήματα με κοινό στοιχείο το ότι συνδυάζουν μία ΜΕΚ και δύο ηλεκτροκινητήρες.
- Σε αντίθεση με τις παραπάνω προσεγγίσεις η Honda εφαρμόζει την τεχνολογία Integrated Motor Assist με χρήση ενός συμβατικού κινητήρα και κιβώτιο, όπου ο σφόνδυλος έχει αντικατασταθεί με έναν ηλεκτροκινητήρα για ανάκτηση ενέργειας στην επιβράδυνση και επαναπόδοσή της στην επιτάχυνση.
- Το 2009 η κυβερνητική ομάδα εργασίας σχετικά με την αυτοκινητοβιομηχανία στις Η.Π.Α. (Task Force on Automotive Industry) ανακοίνωσε ότι “η GM βρίσκεται τουλάχιστον μία γενιά πίσω από την ΤΟΥΤΑ στην εξέλιξη προηγμένων οικολογικά συστημάτων μετάδοσης κίνησης.”



## Ποιος σε ποιόν και τι:

Η Aisin Seiki Co., θυγατρική της TOYOTA κατασκευάζει το υβριδικό σύστημα μετάδοσης για τα αυτοκίνητα της:

(Toyota Prius Lexus RX 400h / Toyota Harrier Hybrid (March 2005–) Toyota Highlander/Kluger Hybrid , Lexus GS 450h (March 2006–present) Toyota Camry Hybrid (May 2006–present) Lexus LS 600h/LS 600hL (April 2007–present) Toyota A-BAT (concept truck) Lexus RX 450h (2009–present) Lexus HS 250h (2009–present) Lexus CT 200h (late 2010–) Toyota Auris (July 2010–) Toyota Yaris (March 2012–)

Η Aisin Seiki Co., πουλά το υβριδικό σύστημα μετάδοσης στη FORD και το τοποθετεί στο Ford Escape και στο Ford Fusion hybrid με την εμπορική ονομασία “Powersplit” e-CVT.

Η Nissan αγόρασε δικαιώματα χρήσης του HSD για να το χρησιμοποιεί στο Nissan Altima hybrid, χρησιμοποιώντας το υβριδικό κιβώτιο Aisin Seiki T110 του Toyota Camry Hybrid. Το Nissan Infiniti M35h του 2011 χρησιμοποιεί ένα διαφορετικό σύστημα με ένα ηλεκτροκινητήρα και δύο συμπλέκτες.

Το Μάρτιο του 2010 η TOYOTA και η MAZDA ανακοίνωσαν συνεργασία για την εφαρμογή της τεχνογνωσίας της πρώτης στη δεύτερη.



**ΤΕΛΟΣ  
ΠΑΡΟΥΣΙΑΣΗΣ**

**ΚΑΛΟ ΠΑΣΧΑ ΣΕ ΟΛΟΥΣ!!!**