

κεφάλαιο 6

σύγχρονη τεχνολογία - ηλεκτρικό αυτοκίνητο

Το ηλεκτρικό αυτοκίνητο εμφανίστηκε για πρώτη φορά στα μέσα του 18^{ου} αιώνα και ήταν αποτέλεσμα της τελειοποίησης των μηχανών συνεχούς ρεύματος και του ηλεκτρικού συσσωρευτή σιδήρου-ψευδαργύρου και αργότερα μολύβδου-οξέος. Στις αρχές του 20^{ου} αιώνα οι πωλήσεις ηλεκτρικών αυτοκινήτων στην Αμερική ξεπερνούσαν το 38% των συνολικών πωλήσεων αυτοκινήτων. Μετά τον Α΄ Παγκόσμιο πόλεμο η μεγάλη βελτίωση των μηχανών εσωτερικής καύσης, η χαμηλή τιμή του πετρελαίου και η μικρή συγκέντρωση ενέργειας των ηλεκτρικών συσσωρευτών εκτόπισαν από τις αγορές τα ηλεκτρικά αυτοκίνητα.

Τα τελευταία χρόνια το ηλεκτρικό αυτοκίνητο επανήλθε στα σχεδιαστικά προγράμματα των αυτοκινητοβιομηχανιών για τους ακόλουθους λόγους:

1. Ενεργειακή κρίση.

2. Ρύπανση περιβάλλοντος.

3. Ραγδαία ανάπτυξη ηλεκτρονικών ισχύος τα οποία επέτρεψαν την κατασκευή μετατροπέων Σ.Ρ./Σ.Ρ για τροφοδότηση κινητήρων συνεχούς ρεύματος και μετατροπέων Σ.Ρ./Ε.Ρ για τροφοδότηση κινητήρων εναλλασσόμενου ρεύματος.

4. Κατασκευή νέων φθηνών συσσωρευτών αυξημένης πυκνότητας ενέργειας.

Τα κύρια μέρη του ηλεκτρικού αυτοκινήτου που το διαφοροποιούν από το συμβατικό είναι: α) σύστημα συσσώρευσης ενέργειας, β) σύστημα ηλεκτρικής κίνησης, γ) σύστημα ηλεκτρονικών μετατροπέων με μονάδα διαχείρισης οχήματος.



Σχ. 6.1:
Ηλεκτρικό αυτοκίνητο.

Ενότητα 6.1.

Σύστημα συσσώρευσης ενέργειας

Διδακτικοί στόχοι

➡ *Μετά από τη μελέτη της ενότητας αυτής θα πρέπει να μπορείτε:*

- 1. Να περιγράψετε τα διάφορα είδη ηλεκτρικών συσσωρευτών.*
- 2. Να συγκρίνετε, ως προς τις ιδιότητες, τα διάφορα είδη συσσωρευτών.*
- 3. Να περιγράψετε τη διαδικασία και τα διάφορα είδη φόρτισης.*

6.1.1. Σύγχρονοι ηλεκτρικοί συσσωρευτές

Ένα από τα μεγαλύτερα προβλήματα του ηλεκτρικού αυτοκινήτου και της ηλεκτρικής ενέργειας γενικότερα, είναι η αδυναμία αποθήκευσης σε μεγάλες ποσότητες.

Οι πρώτοι γαλβανικοί συσσωρευτές δεν ήταν επαναφορτιζόμενοι. Στη συνέχεια εμφανίσθηκαν συσσωρευτές μόλυβδου-οξέος και το στοιχείο του Θ. Έντισον (1910) που ήταν συσσωρευτής νικελίου-σιδήρου. Από την εποχή αυτή, μέχρι σήμερα η εξέλιξη των συσσωρευτών ήταν μεγάλη, αλλά όχι η αναμενόμενη, σύμφωνα με την ανάπτυξη άλλων τομέων της τεχνολογίας. Οι σημαντικότεροι τύποι συσσωρευτών είναι:

α. Μολύβδου (Pb)

Είναι ο γνωστός συσσωρευτής που χρησιμοποιούν τα συμβατικά αυτοκίνητα. Η λειτουργία του στηρίζεται στη χημική αντίδραση μεταξύ μόλυβδου (Pb) και διαλύματος θειικού οξέος (H_2SO_4). Μειονέκτημά του είναι ο κίνδυνος έκρηξης κατά την επαναφόρτιση και πλεονέκτημα η μεγάλη πυκνότητα ενέργειας σε σχέση με το χαμηλό κόστος. Το μειονέκτημα των συσσωρευτών μολύβδου με υγρό καταλύτη ξεπεράστηκε με την κατασκευή συσσωρευτών μολύβδου με στερεό ηλεκτρολύτη, όπου ο ηλεκτρολύτης απορροφάται από φύλλα φάιμπεργκλας. Τα στοιχεία αυτά δεν χρειάζονται συντήρηση, είναι στεγανά με βαλβίδα ασφάλειας.

β. Νικελίου-Καδμίου (Ni-Cd)

Έχει καλύτερες επιδόσεις από τον προηγούμενο, με διπλάσια διάρκεια ζωής, με αντοχή σε μεγάλο πλήθος επαναφορτίσεων και σταθερή τάση εκφόρτισης. Το κόστος όμως του συσσωρευτή Ni-Cd είναι πολύ υψηλό, σε σχέση με το κόστος του συσσωρευτή μολύβδου (Pb).

γ. Νατρίου-Θείου (Na-S)

Η λειτουργία του στηρίζεται στην αντίδραση νατρίου και θείου προς παρασκευή θειούχου νατρίου. Η αντίδραση αυτή πραγματοποιείται σε θερμοκρασία 300-400°C.

6. ΣΥΓΧΡΟΝΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ - ΗΛΕΚΤΡΙΚΟ ΑΥΤΟΚΙΝΗΤΟ

Η υψηλή θερμοκρασία και το μεγάλο κόστος είναι τα μειονεκτήματα των συσσωρευτών νατρίου-θείου. Η διάρκεια ζωής τους είναι περίπου 1000 επαναφορτίσεις με ενεργειακή πυκνότητα 790Wh/Kg.

δ. Λιθίου (Li)

Για τη λειτουργία τους απαιτούν, όπως και οι προηγούμενοι, υψηλή θερμοκρασία 400-450°C. Η υψηλή θερμοκρασία και η διάβρωση του στοιχείου είναι τα σημαντικότερα προβλήματα. Ο συσσωρευτής Λιθίου-Σιδήρου έχει ενεργειακή πυκνότητα 650wh/Kg, δηλαδή τετραπλάσια του συσσωρευτή μολύβδου. Οι συσσωρευτές Λιθίου-Αέρα έχουν τη μεγαλύτερη ενεργειακή πυκνότητα από όλους τους γνωστούς τύπους συσσωρευτών αλλά δεν επαναφορτίζονται.

ε. Ενεργειακές κυψέλες

Η ενεργειακή κυψέλη είναι μία διάταξη που μπορεί μέσα από μία χημική αντίδραση να μετατρέψει τη χημική ενέργεια ενός καυσίμου σε ηλεκτρική ενέργεια συνεχούς ρεύματος. Ο παραπάνω ορισμός μας οδηγεί σε συσσωρευτή, η ενεργειακή κυψέλη όμως έχει διαφορετική λειτουργία και κατασκευή από τους συσσωρευτές. Τα αντιδρώντα στοιχεία αποθηκεύονται έξω από τη συσκευή και η χημική αντίδραση είναι οξειδωση με ατμοσφαιρικό οξυγόνο. Η συσκευή μοιάζει περισσότερο με **μηχανή εσωτερικής καύσης** που παράγει, μέσω της καύσης, ηλεκτρική ενέργεια. Η ενεργειακή κυψέλη έχει ενεργειακή πυκνότητα 2000Wh/Kg, δηλαδή πενταπλάσια περίπου από ένα συσσωρευτή μολύβδου. Η επαναφόρτιση των ενεργειακών κυψελών γίνεται εύκολα και σε ελάχιστο χρόνο, όσο χρειάζεται για να αλλαχθεί η δεξαμενή καυσίμου (μεθανόλη, υδρογόνο κ.α.). Οι ενεργειακές κυψέλες θα χρησιμοποιηθούν στα ηλεκτρικά αυτοκίνητα, όταν μειωθεί το σημερινό υψηλό κόστος τους και εκλείψουν τα προβλήματα ασφαλούς αποθήκευσης του καυσίμου.

Πίνακας 6.1.

Τεχνικά χαρακτηριστικά διαφόρων τύπων συσσωρευτών

Τύπος Συσσωρευτή	Ονομαστική Τάση στοιχείου (V)	Θερμοκρασία Λειτουργίας °C (KWh/Kg)	Επαναφορτίσεις (KWh/lt)	Θεωρητική Ειδική Ενέργεια	Ογκομετρική Ενεργειακή Πυκνότητα
Μολύβδου-Οξέος	2,10	30-50	600	0,175	0,090
Νικελίου-Καδμίου	1,25	35-70	2.000	0,218	0,120
Νικελίου-Μετάλλου	1,40	20-60	600	0,185	0,175
Νικελίου-Ψευδαργύρου	1,60	40-65	250	0,342	0,100
Νικελίου-Σιδήρου	1,25	40-80	800	0,268	0,120
Νατρίου-Θείου	2,08	300-400	350	0,792	0,115
Νατρίου-Νικελίου	2,59	250-350	1.000	0,794	0,170
Ψευδαργύρου-Βρομίου	1,80	0-45	500	0,429	0,070
Ψευδαργύρου-Αέρα	1,62	25-65	70	1,313	0,065
Λιθίου-Σιδήρου	1,66	400-450	500	0,651	0,240
Πολυμερές-Λιθίου	3,50	0-100	300	0,547	0,260

Πίνακας 6.2.

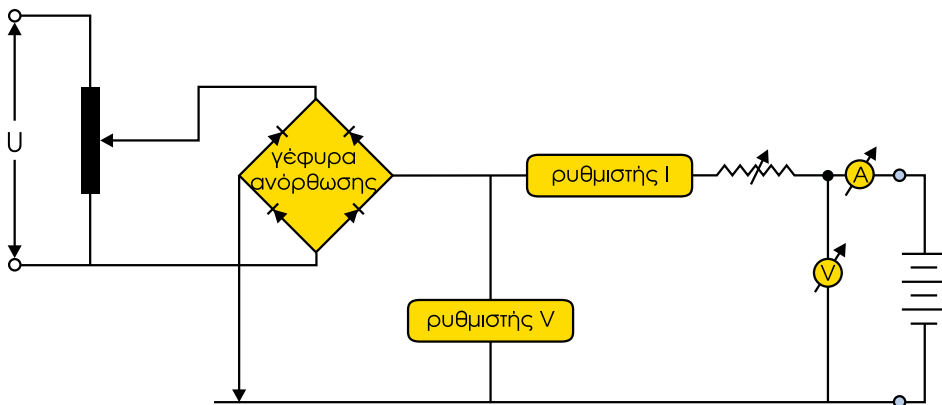
Τύποι συσσωρευτών διαφόρων τύπων αυτοκινήτων

Τύπος Αυτοκινήτου	Τύπος Συσσωρευτή
Fiat Panda Elettra	Μολύβδου
Fiat Panda Elettra	Νικελίου-Καδμίου
Fiat Ceisento Elettra	Μολύβδου
Fiat Cinquecento Elettra	Μολύβδου
BMW E1	Νατρίου-Θείου
Citroen C-15	Μολύβδου
Citroen Cittela	Νικελίου-Καδμίου
General Motors Ipmact GM	Μολύβδου
Nissan FEV	Μολύβδου
Master Electricque	Νικελίου-Καδμίου
Pinguin Tavria	Μολύβδου

6.1.2. Φόρτιση συσσωρευτή

Το σύστημα φόρτισης περιέχει φορτιστή, ηλεκτρονική μονάδα ελέγχου, συσκευές προστασίας και ελέγχου, σύστημα εξαερισμού και προαιρετικό σύστημα θέρμανσης.

Η φόρτιση του συσσωρευτή γίνεται με ειδικό φορτιστή. Ο φορτιστής τροφοδοτείται με χαμηλή τάση 220V/50Hz, την υποβιβάζει μέσω μετασχηματιστή και τη μετατρέπει σε συνεχή τάση μέσω γέφυρας ανόρθωσης.



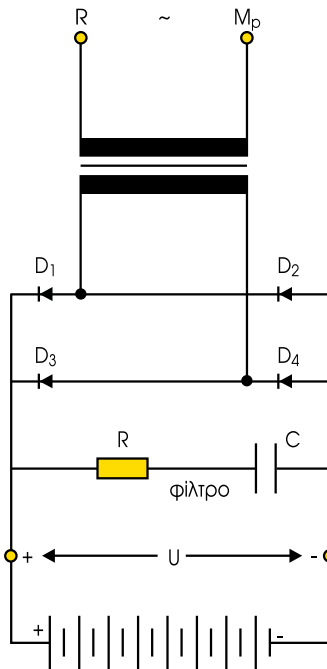
Σχ. 6.2: Κύκλωμα φορτιστή συσσωρευτή.

6. ΣΥΓΧΡΟΝΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ - ΗΛΕΚΤΡΙΚΟ ΑΥΤΟΚΙΝΗΤΟ

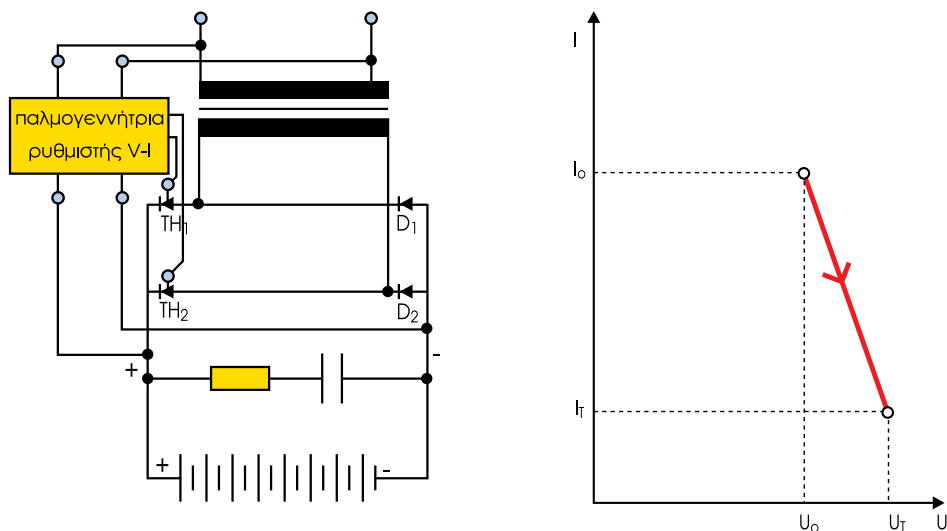
Οι πιο συνηθισμένες μέθοδοι φόρτισης είναι:

1. Φόρτιση με σταθερή ένταση τροφοδότησης.
2. Φόρτιση με βηματικά μεταβαλλόμενη ένταση. Η αρχική ένταση είναι πολύ μεγάλη και μειώνεται όταν η τάση κάθε στοιχείου φθάσει σε κάποια τιμή. Η μέθοδος αυτή είναι ταχύτερη από την πρώτη.
3. Φόρτιση με σταθερή τάση (σχ. 6.3).
4. Φόρτιση με σταθερή τάση και σταθερό ρεύμα.

Οι δύο βασικές λειτουργικές έννοιες για τη φόρτιση είναι η **αργή φόρτιση** και η **ταχεία φόρτιση**. Η αργή φόρτιση γίνεται με μικρή ένταση για μεγάλο χρονικό διάστημα και η ταχεία φόρτιση γίνεται με μεγάλη ένταση για μικρό χρονικό διάστημα. Η αργή φόρτιση δεν δημιουργεί βλάβες από υπερφόρτιση και αποκαθιστά το συσσωρευτή σε πλήρες φορτίο.



Σχ. 6.3: Απλή συσκευή φόρτισης με U =σταθ.



Σχ. 6.4: Συσκευή φόρτισης με ρύθμιση U-I.

I₀: αρχικό ρεύμα φόρτισης

I_T: τελικό ρεύμα μετά 7·E10h

U₀: αρχική τάση με $U_0=1,85+2V/\text{στοιχείο Pb}$
και $U_0=1,1+1,2V/\text{στοιχείο Ni-Cd}$

U_T: τελική τάση με $U_T=2,7V/\text{στοιχείο Pb}$
με $U_T=1,8V/\text{στοιχείο Ni-Cd}$

Pb: $2V/\sigma\tau+2,20V/\sigma\tau$ ταχεία φόρτιση με σταθερό ρεύμα

Ni-Cd: $1,2V/\sigma\tau+1,4V/\sigma\tau$

Pb: $2,2V/\sigma\tau+2,7V/\sigma\tau$ αργή φόρτιση με σταθερή τάση

Ni-Cb: $1,4V/\sigma\tau\text{E}1,8V/\sigma\tau$

Μετά την ταχεία και αργή φόρτιση ακολουθεί η φόρτιση συντήρησης.

Οι συσσωρευτές κίνησης των ηλεκτρικών αυτοκινήτων επαναφορτίζονται με ειδικό φορτιστή που τοποθετείται στο αυτοκίνητο. Η κατάσταση των συσσωρευτών επιτηρείται από ειδική **ηλεκτρονική μονάδα ελέγχου**. Η μονάδα αυτή βελτιστοποιεί τη διαχείριση της ενέργειας που λαμβάνεται ή παραδίδεται από τους συσσωρευτές, τόσο κατά την κίνηση όσο και κατά την επαναφόρτιση από το δίκτυο, δίνοντας στους συσσωρευτές τη μέγιστη διάρκεια ζωής και προστατεύοντάς τους από ισχυρές εκφορτίσεις. Κατά την οδήγηση, τροφοδοτεί με πληροφορίες τη **μονάδα διαχείρισης οχήματος (VMU)**, για την κατάσταση φόρτισης και για άλλες βλάβες. Η μονάδα ελέγχου παρακολουθεί επίσης τον αερισμό των στοιχείων και την προθέρμανσή τους. Με την τροφοδότηση του φορτιστή με τάση δικτύου, οι συσσωρευτές αρχίζουν να

6. ΣΥΓΧΡΟΝΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ - ΗΛΕΚΤΡΙΚΟ ΑΥΤΟΚΙΝΗΤΟ

φορτίζονται, αφού ολοκληρωθεί η φάση των εσωτερικών ελέγχων. Το πρόγραμμα φόρτισης μπορεί να διαιρεθεί σε τέσσερις φάσεις:

Φάση 1: Ο φορτιστής ξεκινά να φορτίζει με σταθερή ένταση μέχρι να φθάσει σε ένα όριο ισχύος. Στη συνέχεια, ενώ το ρεύμα διατηρείται σταθερό, η τάση αυξάνεται μέχρι ένα όριο.

Φάση 2: Η τάση φόρτισης διατηρείται σταθερή στο προηγούμενο όριο, ενώ το ρεύμα μειώνεται μέχρι να φθάσει σε μία ελάχιστη τιμή.

Φάση 3: Ο φορτιστής αποσυνδέεται και παραμένει αποσυνδεδεμένος μέχρι η τάση των συσσωρευτών να μειωθεί σε μία τιμή που καθορίζει το λογισμικό της εταιρείας. Μόλις φθάσει στην τιμή αυτή, επανασυνδέεται και εκτελεί την επόμενη φάση.

Φάση 4: Ο φορτιστής φορτίζει περιοδικά, παρέχοντας διακεκομμένα σταθερό ρεύμα στους συσσωρευτές, για όσο χρόνο παραμένει συνδεδεμένος στο δίκτυο.

6.1.3. Ερωτήσεις

1. Για ποιους λόγους επανήλθε στην επικαιρότητα τα τελευταία χρόνια το ηλεκτρικό αυτοκίνητο;
2. Ποια είναι τα κύρια μέρη του ηλεκτρικού αυτοκινήτου;
3. Αναφέρετε τους σημαντικότερους τύπους συσσωρευτών.
4. Αναφέρετε τις συνηθισμένες μεθόδους φόρτισης συσσωρευτών.
5. Σχεδιάστε το κύκλωμα φορτιστή συσσωρευτή.
6. Ποια η λειτουργία της ηλεκτρονικής μονάδας ελέγχου συσσωρευτών.
7. Αναπτύξτε τις φάσεις του προγράμματος φόρτισης.

Βάλτε σε κύκλο το γράμμα μπροστά από τη σωστή απάντηση

8. Η αργή φόρτιση:
 - α. δεν οδηγεί σε βλάβες από υπερφόρτιση.
 - β. δεν αντικαθιστά το συσσωρευτή σε πλήρες φορτίο.
 - γ. εφαρμόζεται μόνο σε συσσωρευτές μολύβδου.
9. Η ηλεκτρονική μονάδα ελέγχου συσσωρευτών:
 - α. σε χαμηλές συχνότητες δημιουργεί προβλήματα στη διαχείριση ενέργειας.
 - β. δίνει μέγιστη διάρκεια ζωής στους συσσωρευτές και τους προστατεύει από ισχυρές εκφορτίσεις.
 - γ. δεν μπορεί να επιτηρήσει ταυτόχρονα όλα τα στοιχεία.
10. Το πρόγραμμα φόρτισης του συσσωρευτή αυτοκινήτου:
 - α. φορτίζει με σταθερή ένταση μέχρι να φθάσει στη μέγιστη ισχύ.
 - β. φορτίζει περιοδικά.
 - γ. διαιρείται σε τέσσερις φάσεις.

Ενότητα 6.2.

Σύστημα ηλεκτρικής κίνησης

Διδακτικοί στόχοι

➡ **Μετά από τη μελέτη της ενότητας αυτής θα πρέπει να μπορείτε:**

1. **Να περιγράφετε τη λειτουργία και τα βασικά χαρακτηριστικά των διάφορων ηλεκτρικών κινητήρων.**
2. **Να συγκρίνετε τους ηλεκτρικούς κινητήρες αυτοκίνησης ανάλογα με την εφαρμογή και τις ιδιότητές τους.**
3. **Να περιγράφετε τη λειτουργία των διάφορων βοηθητικών εξαρτημάτων του ηλεκτρικού κινητήρα αυτοκινήτου.**

6.2.1. Είδη ηλεκτρικών κινητήρων

Στα ηλεκτρικά αυτοκίνητα συναντάμε κινητήρες συνεχούς ρεύματος και κινητήρες εναλλασσόμενου ρεύματος. Από τους κατασκευαστές υπάρχουν διαφορετικές απόψεις σχετικά με το καταλληλότερο είδος κινητήρα.

Οι κινητήρες συνεχούς ρεύματος είναι οι πρώτοι κινητήρες που χρησιμοποιήθηκαν στην ηλεκτροκίνηση, λόγω αδυναμίας μετατροπής του συνεχούς ρεύματος του συσσωρευτή σε εναλλασσόμενο.

Σήμερα τα ηλεκτρονικά ισχύος επιτρέπουν τέτοια μετατροπή, αλλά εξακολουθούν να χρησιμοποιούνται ευρύτατα οι κινητήρες συνεχούς ρεύματος, λόγω της εύκολης ρύθμισης της ταχύτητας και της σταθερής ροπής και ισχύος για ένα μεγάλο εύρος ταχυτήτων. Χρειάζονται όμως τακτική συντήρηση και καλύτερη ψύξη λόγω του συλλέκτη, έχουν μεγάλο βάρος και όγκο, αυξημένο κόστος και μικρή απόδοση σε σχέση με τους κινητήρες εναλλασσόμενου ρεύματος, που παρουσιάζουν επιπλέον και καλύτερη παροσαρμογή με το σύστημα μετάδοσης κίνησης.

➤ Είδη ηλεκτρικών κινητήρων αυτοκίνησης

α. Συνεχούς ρεύματος

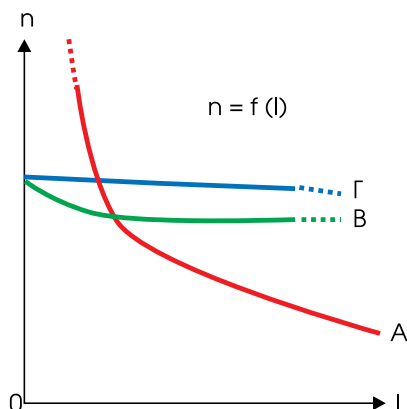
1. Ξένης διέγερσης
2. Διέγερσης σειράς
3. Παράλληλης διέγερσης
4. Σύνθετης διέγερσης

β. Εναλλασσόμενου ρεύματος

1. Σύγχρονοι τριφασικοί κινητήρες
2. Ασύγχρονοι τριφασικοί κινητήρες
3. Κινητήρες με συλλέκτη

6.2.2. Κινητήρες συνεχούς ρεύματος

Τα κατασκευαστικά στοιχεία, τη λειτουργία και τα κυκλώματα των κινητήρων συνεχούς ρεύματος τα αναφέραμε στο αντίστοιχο κεφάλαιο. Τώρα θα προσπαθήσουμε μέσα από τη σύγκριση των χαρακτηριστικών τους να βγάλουμε συμπεράσματα όσον αφορά στην καταλληλότητά τους για κινητήρες ηλεκτρικών αυτοκινήτων.



Σχ. 6.5:

Συγκριτικό διάγραμμα χαρακτηριστικής (φόρτισης) της μεταβολής των στροφών, σε συνάρτηση με τη μεταβολή του ρεύματος φόρτισης.

A = Χαρακτηριστική φόρτισης κινητήρα διέγερσης σειράς.

B = Χαρακτηριστική φόρτισης κινητήρα σύνθετης διέγερσης (Αθρ.).

Γ = Χαρακτηριστική φόρτισης κινητήρα παράλληλης διέγερσης και ξένης.

Όταν το φορτίο του κινητήρα μειώνεται, η ταχύτητά του αυξάνεται. Η αύξηση αυτή εξαρτάται από τον τύπο του κινητήρα. Στους κινητήρες παράλληλης διέγερσης η κλίση της συνάρτησης $n=f(I)$ είναι περίπου 8% και στους κινητήρες σύνθετης αθροιστικής διέγερσης 15÷20%. Στους κινητήρες σειράς έχουμε πολύ ταχεία αύξηση, όπως φαίνεται και στο σχήμα 6.4. Για να καταλάβουμε τι συμβαίνει, ας εξετάσουμε πάλι τη σχέση ταχύτητας-φορτίου.

$$n = \frac{U - I_T R_T}{K\Phi} \quad (6.1)$$

όπου **n**: ταχύτητα (σε στρ/min)
U: τάση τροφοδοσίας (σε V)
I_T: ρεύμα τυμπάνου (σε A)
R_T: αντίσταση τυμπάνου (σε Ω)
K: σταθερά κατασκευής μηχανής
Φ: μαγνητική ροή (σε V·sec)

Στους **κινητήρες παράλληλης διέγερσης** η μείωση του ρεύματος οδηγεί σε αύξηση στροφών. Η μαγνητική ροή (Φ) εξαρτάται ελάχιστα από το ρεύμα που απορροφά το τύμπανο (I_T) και η πτώση τάσης στο τύμπανο $I_T R_T$, δεν ξεπερνά το 5% της τάσης τροφοδότησης του κινητήρα. Αποτέλεσμα αυτού είναι οι κινητήρες παράλληλης διέγερσης (όπως φαίνεται από την καμπύλη Γ του σχήματος 6.5), να συμπεριφέρονται σαν κινητήρες σχεδόν σταθερής ταχύτητας στις μεταβολές του ρεύματος φόρτισης. Οι **κινητήρες ξένης διέγερσης** ακολουθούν τις ίδιες περίπου χαρακτηριστικές και αφού το τύλιγμα διέγερσης έχει ανεξάρτητη τροφοδότηση, δεν επηρεάζεται καθόλου η μαγνητική ροή (Φ) από το ρεύμα τυμπάνου (I_T). Στους **κινητήρες διέγερσης σειράς** η μείωση του ρεύματος τυμπάνου συνεπάγεται και μείωση της μαγνητικής ροής (Φ), γιατί το ρεύμα τυμπάνου είναι και ρεύμα διέγερσης ($\Phi=K'I_T$), με αποτέλεσμα τη μεγάλη αύξηση των

στροφών. Όπως φαίνεται από την καμπύλη (Α) του σχήματος 6.5, κατά την αφόρτιστη λειτουργία ή κατά τη λειτουργία με μικρό φορτίο, ο κινητήρας διέγερσης σειράς επιταχύνεται απεριόριστα μέχρι τη μηχανική καταστροφή του.

Ο **κινητήρας σύνθετης αθροιστικής διέγερσης**, όπως φαίνεται από την καμπύλη (Β) του σχήματος 6.5 είναι μια ενδιάμεση κατάσταση, γιατί διαθέτει και τύλιγμα σειράς και παράλληλο τύλιγμα.

Ο κινητήρας παράλληλης και ξένης διέγερσης είναι κατάλληλος να κινεί μηχανήματα που απαιτούν ελάχιστη μεταβολή στροφών, ενώ ο κινητήρας διέγερσης σειράς είναι κατάλληλος για μηχανήματα που χρειάζονται μεγάλο εύρος στροφών.

Ενδιαφέρον μέγεθος για τους κινητήρες είναι η **ροπή στρέψης** που αναπτύσσουν. Θα εξετάσουμε τη μεταβολή της ροπής σε συνάρτηση με το φορτίο του κινητήρα.

$$T = K_1 \cdot \Phi \cdot I_r \quad (6.2)$$

όπου **T**: ροπή (σε N.m)

K: σταθερά κατασκευής μηχανής

Φ: μαγνητική ροή (σε V.sec)

I_r: ρεύμα τυμπάνου (σε A)

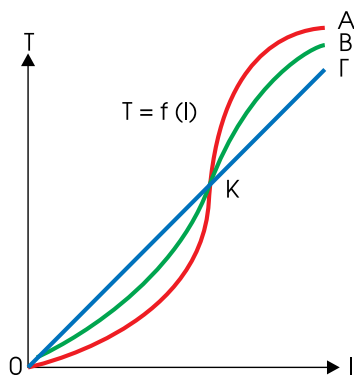
Στους κινητήρες παράλληλης και ξένης διέγερσης, εφ' όσον η μαγνητική ροή (Φ) είναι σταθερή, η ροπή (T) μεταβάλλεται γραμμικά με το ρεύμα τυμπάνου, όπως φαίνεται και στην καμπύλη (Γ) του σχήματος 6.6. Σε μεγάλες τιμές ρεύματος η ροπή στρέψης αυξάνει λιγότερο λόγω αντίδρασης επαγωγικού τυμπάνου. Στους κινητήρες διέγερσης σειράς έχουμε απότομη αύξηση της ροπής με την αύξηση του φορτίου του κινητήρα.

$$T = K_1 \cdot K' \cdot I_r^2 \quad (6.3)$$

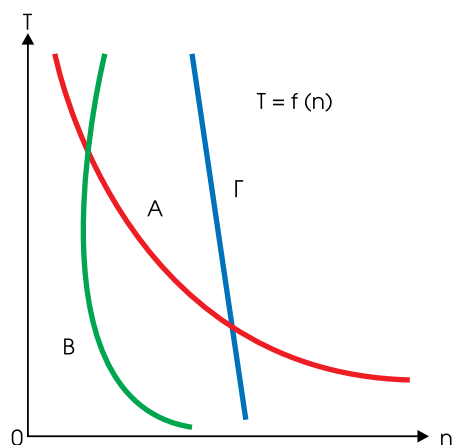
Δηλαδή η ροπή κινητήρα είναι ανάλογη με το τετράγωνο του ρεύματος του τυμπάνου. Αποτέλεσμα της σχέσης αυτής είναι ο κινητήρας με διέγερση σειράς να δίνει τη μεγαλύτερη ροπή ανά μονάδα ρεύματος από οποιοδήποτε άλλο κινητήρα συνεχούς ρεύματος.

Ο κινητήρας σύνθετης αθροιστικής διέγερσης όπως φαίνεται στο σχήμα 6.6 στην καμπύλη Β εμφανίζει ενδιάμεση συμπεριφορά.

Για φορτία λειτουργίας κινητήρα, συνήθως πάνω από το σημείο K του σχήματος 6.6, ο κινητήρας διέγερσης σειράς δίνει τη μεγαλύτερη ροπή και στη συνέχεια ο κινητήρας αθροιστικής σύνθετης διέγερσης μεγαλύτερης από τον κινητήρα ξένης και παράλληλης διέγερσης.



α: Χαρακτηριστικές καμπύλες της μεταβολής της ροπής, σε συνάρτηση με τη μεταβολή του ρεύματος φόρτισης.
 (Α) Καμπύλη για κινητήρα σειράς.
 (Β) Καμπύλη για κινητήρα σύνθετης διέγερσης (Αθρ.).
 (Γ) Καμπύλη για κινητήρα ξένης και παράλληλης διέγερσης.
 Κ = σημείο τομής των χαρακτηριστικών



β: Χαρακτηριστικές καμπύλες της μεταβολής της ροπής T σε συνάρτηση με τη μεταβολή της ταχύτητας n
 (Α) καμπύλη για κινητήρα σειράς
 (Β) Καμπύλη για κινητήρα σύνθετης Αθρ. Διέγερσης
 (Γ) Καμπύλη για κινητήρα ξένης και παράλληλης διέγερσης.

Σχ. 6.6: Χαρακτηριστικές καμπύλες κινητήρων συνεχούς ρεύματος.

6.2.3. Επιλογή τύπου κινητήρα συνεχούς ρεύματος

Ο κινητήρας του ηλεκτρικού αυτοκινήτου πρέπει να ικανοποιεί ορισμένες βασικές απαιτήσεις όπως:

- Να δίνει μεγάλη ροπή εκκίνησης για να ξεκινήσει το αυτοκίνητο.
- Να μπορεί να ανεβάσει το αυτοκίνητο σε δρόμους με ανοδική κλίση.
- Να μπορεί να δώσει στο αυτοκίνητο ικανοποιητική επιτάχυνση και ταχύτητα.
- Να έχει καλή απόδοση λειτουργίας.
- Να δίνει στο αυτοκίνητο ελαστικότητα λειτουργίας σε μεγάλο φάσμα στροφών.

Ο κινητήρας που ικανοποιεί τις περισσότερες από τις παραπάνω απαιτήσεις είναι ο **κινητήρας διέγερσης σειράς**. Όταν καλείται να αντιμετωπίσει αύξηση φορτίου (εκκίνηση, ανοδική κλίση) χαμηλώνει τις στροφές του, μειώνεται η αντιηλεκτρεγερτική δύναμη, αυξάνεται το ρεύμα που απορροφά από το δίκτυο και φυσικά αυξάνεται τετραγωνικά σε σχέση με το ρεύμα, η ροπή του κινητήρα. Η μεγάλη ροπή, δίνει μεγάλη ροπή επιτάχυνσης που επιταχύνει το όχημα και του δίνει τη δυνατότητα να κινείται σε δύσκολες συνθήκες, πολλές φορές χωρίς να χρειάζεται σύστημα μετάδοσης κίνησης (διαφορικό).

➤ Στο σχήμα 6.6 φαίνεται ότι ο κινητήρας διέγερσης σειράς δίνει **μεγάλη ροπή σε ένα ευρύ φάσμα ταχυτήτων**. Αυτό του δίνει ελαστικότητα λειτουργίας. Ο κινητήρας παράλληλης και ξένης διέγερσης παρουσιάζει αρκετά ικανοποιητική ροπή εκκίνησης και δεν έχει πρόβλημα στη λειτουργία με ελαττωμένο ή και μηδενικό φορτίο. Ο κινητήρας αθροιστικής σύνθετης διέγερσης έχει ικανοποιητικά χαρακτηριστικά, αλλά είναι δύσκολος ο έλεγχος λειτουργίας του και έχει αυξημένο κόστος κατασκευής. Ο κινητήρας διαφορικής σύνθετης διέγερσης δεν αναφέρθηκε καθόλου, γιατί δεν χρησιμοποιείται λόγω προβλημάτων αστάθειας λειτουργίας.

➤ Τα τελευταία χρόνια με την ανάπτυξη των **ηλεκτρονικών ισχύος** μπορούμε εύκολα να μεταβάλουμε τάσεις και ρεύματα τροφοδοσίας στους κινητήρες παράλληλης και ξένης διέγερσης και να μετατοπίσουμε τις καμπύλες ροπής - στροφών σε περιοχές λειτουργίας που θέλουμε. Οι κινητήρες παράλληλης διέγερσης κερδίζουν συνεχώς έδαφος στο χώρο των ηλεκτρικών αυτοκινήτων.

Η δυνατότητα ελέγχου του κινητήρα ξένης διέγερσης μέσω ηλεκτρονικού ελεγκτή δύο επιπέδων με ανεξάρτητο έλεγχο της τάσης τροφοδοσίας του τύμπανου και του ρεύματος διέγερσης, έχει σαν αποτέλεσμα τη δυνατότητα διαμόρφωσης της καμπύλης ροπής-στροφών του κινητήρα όπως εμείς θέλουμε, έτσι ώστε να ικανοποιούνται κάθε φορά οι απαιτήσεις. Συμπεραίνουμε ότι θα χρησιμοποιούνται οι κινητήρες αυτοί όλο και περισσότερο. Στο πίνακα που ακολουθεί φαίνονται οι τύποι κινητήρων συνεχούς ρεύματος που χρησιμοποιούν στα ηλεκτροκίνητα αυτοκίνητά τους γνωστοί κατασκευαστές,

Πίνακας 6.6.

Κινητήρες Σ.Ρ. ηλεκτρικών αυτοκινήτων

Τύπος αυτοκινήτου	Τύπος κινητήρα
Fiat (X1/23)	ξένης διέγερσης
Fiat (900E/E2)	ξένης διέγερσης
Iveco (D-E2)	ξένης διέγερσης
Touota (EV-2)	ξένης διέγερσης
Peugeot (205 electrique)	ξένης διέγερσης
Renault (master electrique)	ξένης διέγερσης
Fiat (ECO - PIN)	σύνθετης διέγερσης
G.M. (512)	διέγερσης σειράς
Fiat (Pugato)	διέγερσης σειράς
Fiat (Panda Elletra)	διέγερσης σειράς
Volkswagen (Micro)	παράλληλης διέγερσης
Nissan (EV-4)	παράλληλης διέγερσης
Uniq Mobility (M-90)	παράλληλης διέγερσης

6.2.4. Κινητήρες εναλλασσόμενου ρεύματος

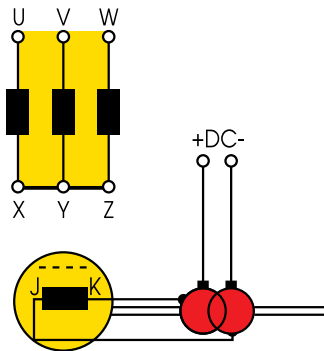
A. Σύγχρονοι τριφασικοί κινητήρες

Ο **στάτης** του σύγχρονου κινητήρα αποτελείται από τρία τυλίγματα διατεταγμένα στο χώρο με γωνία 120° μεταξύ τους και τροφοδοτούνται από τριφασικό δίκτυο με τάσεις που έχουν διαφορά φάσης 120° . Στο εσωτερικό του στάτη δημιουργείται

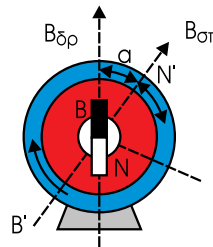
περιστρεφόμενο μαγνητικό πεδίο σύγχρονης ταχύτητας $n_s = \frac{60 \cdot f}{p}$, όπως είχαμε ανα-

λύσει στους ασύγχρονους τριφασικούς κινητήρες.

Ο **δρομέας** είναι όμως διαφορετικός. Αποτελείται από περιέλιξη που τροφοδοτείται με συνεχές ρεύμα μέσα από δύο δακτυλίδια και ψήκτρες. Στο σχήμα 6.8 φαίνεται το στρεφόμενο μαγνητικό πεδίο $B'N'$ του στάτη και το μαγνητικό πεδίο BN του δρομέα. Οι μαγνητικοί πόλοι N' και B' ασκούν ελκτικές δυνάμεις στους ετερόνυμους πόλους B και N του δρομέα και τον αναγκάζουν να περιστραφεί με την ίδια ταχύτητα. **Όταν το φορτίο αυξάνεται, ο δρομέας καθυστερεί και αυξάνεται η γωνία φορτίου α των δύο μαγνητικών πεδίων.** Η μέγιστη τιμή της γωνίας α , για να μπορεί ο δρομέας να παρακολουθεί το στρεφόμενο μαγνητικό πεδίο, είναι το μισό της γωνιακής απόστασης των δύο διαδοχικών πόλων. Για το σύγχρονο κινητήρα του σχήματος 6.8 η μέγιστη τιμή της γωνίας α είναι 90° .



Σχ. 6.7: Σύγχρονος κινητήρας.



Σχ. 6.8: Αρχή λειτουργίας σύγχρονου κινητήρα.

Κατά την εκκίνηση ο δρομέας, λόγω αδράνειας, δεν μπορεί να αποκτήσει αμέσως τη σύγχρονη ταχύτητα. Δεν είναι όμως δυνατόν να λειτουργήσει με ταχύτητα μικρότερη από τη σύγχρονη και επομένως χρειάζεται εκκινητή.

➤ Οι συνηθέστεροι εκκινητές είναι:

1) **Μικρός κινητήρας Συνεχούς Ρεύματος**, που περιστρέφει το δρομέα όπως η μίζα το στρόφαλο, μέχρι να φθάσει στη σύγχρονη ταχύτητα.

2) **Ειδική κατασκευή τυλίγματος κλωβού** στα πέδιλα του δρομέα (τύλιγμα απόσβεσης) που του δίνει τη δυνατότητα να ξεκινήσει σαν ασύγχρονος και, αφού επιταχυνθεί, να τροφοδοτηθεί με συνεχές ρεύμα και να λειτουργήσει σαν σύγχρονος.

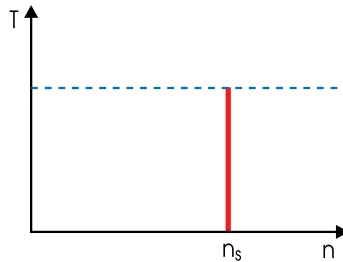
3) **Εκκίνηση με μείωση της συχνότητας τροφοδοσίας**. Με την ανάπτυξη των ηλεκτρονικών ισχύος, όπως είδαμε και στους ασύγχρονους κινητήρες, μπορούμε να μεταβά-

6. ΣΥΓΧΡΟΝΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ - ΗΛΕΚΤΡΙΚΟ ΑΥΤΟΚΙΝΗΤΟ

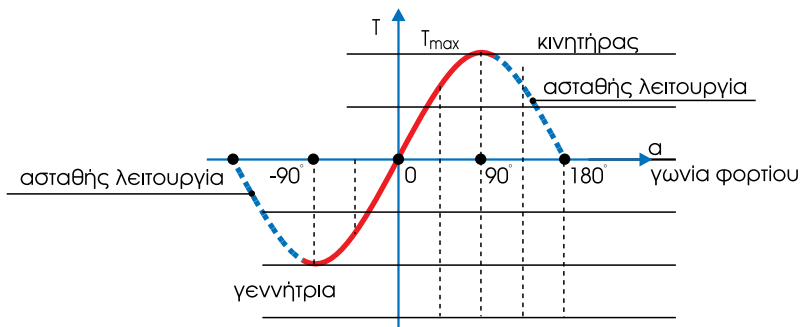
λουμε τη συχνότητα τροφοδοσίας με ανορθωτές - αντιστροφείς και κυκλομετατροπείς. Κατά την εκκίνηση χρησιμοποιούμε τάση τροφοδότησης του στάτη πολύ μικρής συχνότητας. Έτσι το μαγνητικό πεδίο στρέφεται πολύ αργά και ο δρομέας μπορεί να το παρακολουθήσει.

Ο σύγχρονος κινητήρας συνδέεται με ένα φορτίο που μπορεί να το περιστρέψει με σταθερή ταχύτητα, **τη σύγχρονη ταχύτητα n_s** , με την προϋπόθεση να διατηρείται σταθερή η τάση και η συχνότητα τροφοδοσίας. Από το σχήμα 6.9 φαίνεται ότι η ταχύτητα του κινητήρα είναι σταθερή από το σημείο λειτουργίας χωρίς φορτίο μέχρι τη μέγιστη ροπή. Η μέγιστη ροπή μπορεί να αυξηθεί, είτε με αύξηση του ρεύματος διέγερσης, είτε με αύξηση της τάσης τροφοδοσίας. Η ισχύς και η ροπή που αποδίδει ο σύγχρονος κινητήρας με σταθερή τάση τροφοδοσίας και σταθερή διέγερση είναι ανάλογη με το ημίτονο της γωνίας φορτίου. Όταν προστεθεί φορτίο στον άξονα, ο δρομέας θα μείνει ελάχιστα πίσω ως προς το στρεφόμενο μαγνητικό πεδίο του στάτη.

Η γωνία φορτίου α θα μεγαλώσει, ώστε να μεγαλώσει η ροπή και να προσαρμοστεί στο νέα αυξημένο φορτίο. Οι απαιτήσεις του φορτίου μπορούν να καλυφθούν μέχρι μία μέγιστη τιμή T_{max} που μπορεί να δώσει ο σύγχρονος κινητήρας και αντιστοιχεί, όπως φαίνεται στο σχήμα 6.10, σε γωνία φορτίου 90° . Αν οι απαιτήσεις του φορτίου ξεπεράσουν τη μέγιστη τιμή, ο κινητήρας αποσυγχρονίζεται, επιβραδύνεται υπό την επίδραση της πλεονάζουσας ροπής του άξονα και η λειτουργία του διακόπτεται γιατί τα δύο πεδία στάτη και δρομέα δεν είναι σταθερά μεταξύ τους. Με αρνητικές γωνίες φορτίου, όπως φαίνεται και στο σχήμα 6.10, **η μηχανή λειτουργεί σαν γεννήτρια, προσφέροντας ηλεκτρική πέδηση και φόρτιση των συσσωρευτών.**

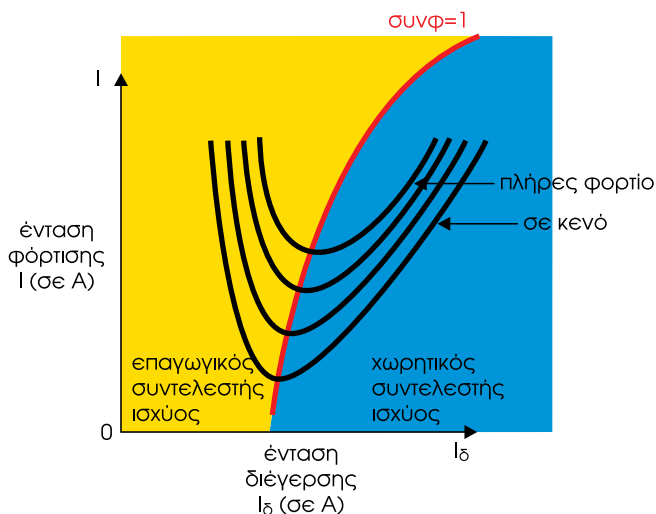


Σχ. 6.9: Χαρακτηριστική Ροπής-Ταχύτητας σύγχρονου κινητήρα.



Σχ. 6.10: Καμπύλη ροπής, ισχύος και γωνίας φορτίου σύγχρονου μηχανής.

➤ Στο σχήμα 6.11 φαίνεται η γραφική παράσταση του ρεύματος φόρτισης του οπλισμού του κινητήρα σε συνάρτηση με το ρεύμα διέγερσης. Η καμπύλη αυτή ονομάζεται V λόγω της μορφής της. Το σημείο τομής μιας καμπύλης V με την καμπύλη μοναδιαίου συντελεστή ισχύος ($\cos\phi=1$) καθορίζει την **κανονική διέγερση** που η ένταση φόρτισης γίνεται ελάχιστη, όταν ο κινητήρας καταναλώνει μόνο πραγματική ισχύ. Αν η ένταση διέγερσης γίνει μεγαλύτερη από την κανονική, ο κινητήρας λειτουργεί στο δεξιό τμήμα της καμπύλης, είναι σε κατάσταση **υπερδιέγερσης** και λειτουργεί με χωρητικό συντελεστή ισχύος, δηλαδή δίνει άεργη ισχύ στο δίκτυο, όπως οι πυκνωτές και μπορεί να κάνει και διόρθωση του συντελεστή ισχύος. Αν η ένταση διέγερσης γίνει μικρότερη από την κανονική, ο κινητήρας λειτουργεί στο αριστερό τμήμα της καμπύλης, είναι σε κατάσταση **υποδιέγερσης** και λειτουργεί με επαγωγικό συντελεστή ισχύος, δηλαδή παίρνει άεργη ισχύ από το δίκτυο. **Ρυθμίζοντας λοιπόν τη διέγερση μπορούμε να επιτύχουμε συντελεστή ισχύος κοντά στη μονάδα και να βελτιστοποιήσουμε το βαθμό απόδοσης του κινητήρα.**



Σχ. 6.11: Καμπύλη V σύγχρονου κινητήρα.

➤ Πλεονεκτήματα Σύγχρονου Κινητήρα

- Μεγάλος βαθμός απόδοσης λόγω ελάχιστων απωλειών.
- Μεγάλη ροπή σε όλες τις περιοχές στροφών.
- Μικρό κόστος για συντήρηση.
- Πλήρης έλεγχος μέσω ρύθμισης με ηλεκτρονικά ισχύος.
- Λειτουργεί και ως γεννήτρια για πέδηση με φόρτιση των συσσωρευτών του αυτοκινήτου.

➤ Μειονεκτήματα Σύγχρονου κινητήρα

- Υψηλή τιμή αγοράς κινητήρα και ηλεκτρονικού ρυθμιστή.

➤ Προοπτικές

Οι σύγχρονοι κινητήρες σε συνδυασμό με ηλεκτρονικούς ρυθμιστές κερδίζουν συνεχώς έδαφος στα ηλεκτρικά αυτοκίνητα. Στον πίνακα που ακολουθεί αναφέρονται ηλεκτρικά αυτοκίνητα με σύγχρονους κινητήρες.

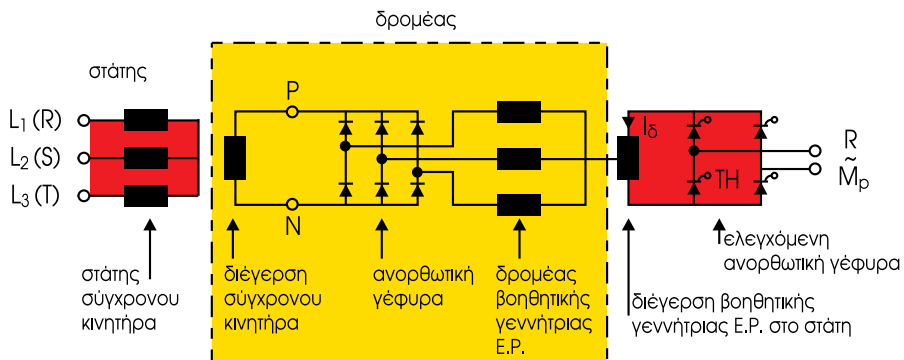
Πίνακας 6.4.

Ηλεκτρικά αυτοκίνητα με σύγχρονους κινητήρες

Τύπος Αυτοκινήτου	Ροπή max N-m	Ισχύς, max kW
Renault clio Electro	65	27
Fiata Cinquecento Elettra II	85	22,5
Audi Duo el	127	15

B. Σύγχρονος κινητήρας χωρίς ψήκτες (Brushless motor)

Το ευαίσθητο σημείο ενός σύγχρονου κινητήρα είναι η μετάβαση του συνεχούς ρεύματος διέγερσης στα στρεφόμενα δακτυλίδια μέσω ψηκτρών. Έγινε προσπάθεια για κατασκευή σύγχρονου κινητήρα χωρίς ψήκτες. Η προσπάθεια αυτή καρποφόρησε με την ανάπτυξη των ηλεκτρονικών ισχύος, που μπόρεσαν να ανορθώσουν ρεύματα μεγάλης έντασης.



Σχ. 6.12: Σύγχρονος κινητήρας χωρίς ψήκτες.

Μονοφασική εναλλασσόμενη τάση ανορθώνεται μέσα από γέφυρα τεσσάρων διόδων ή καλύτερα **τεσσάρων θυρίστορ** για πλήρη ελεγχόμενη τάση και τροφοδοτεί με συνεχές ρεύμα I_g τη διέγερση μια βοηθητικής γεννήτριας. Αυτή με τη σειρά της τροφοδοτεί με εναλλασσόμενο ρεύμα που παράγεται στο δρομέα της, **μια ανορθωτική γέφυρα έξι διόδων** που βρίσκεται πάνω στο δρομέα. Η γέφυρα αυτή τροφοδοτεί με συνεχές ρεύμα τη διέγερση του σύγχρονου κινητήρα που βρίσκεται και αυτή πάνω στο δρομέα. Αντί να τροφοδοτείται η διέγερση μέσω διακτυλίου και ψηκτρών, τροφοδοτείται ηλεκτρομαγνητικά. Κινητήρα αυτού του είδους έχει αναπτύξει η αυτοκινητοβιομηχανία BMW στο ηλεκτροκίνητο μοντέλο E_1 . Η ισχύς του κινητήρα είναι 32kW με ροπή 150N.m.

Γ. Ασύγχρονοι τριφασικοί κινητήρες βραχυκυκλωμένου δρομέα

➤ Τεχνικά χαρακτηριστικά

Όπως αναπτύξαμε στο αντίστοιχο κεφάλαιο, οι κινητήρες αυτοί αποτελούνται από ένα τριφασικό τύλιγμα στάτη που δημιουργεί περιστρεφόμενο μαγνητικό πεδίο και

από ένα δρομέα με τύλιγμα κλωβού που διαρρέεται από επαγωγικά ρεύματα και περιστρέφεται με ταχύτητα μικρότερη της σύγχρονης, λόγω μαγνητικών δυνάμεων. Η κατασκευή του είναι απλή και ισχυρή. **Συνδυάζει μεγάλη απόδοση, καλό συντελεστή ισχύος, ελάχιστη συντήρηση, χαμηλό κόστος και απλό σύστημα εκκίνησης. Αναπτύσσει αρκετά μεγάλη ροπή κατά την εκκίνηση και κατά την ονομαστική του λειτουργία.** Σε συνδυασμό με ηλεκτρονικούς ρυθμιστές, ο ασύγχρονος τριφασικός κινητήρας βραχυκυκλωμένου δρομέα αποκτά μέγιστη ροπή στην ταχύτητα που θέλουμε και επιπλέον ροπή 150% της ονομαστικής στο ξεκίνημα ή όταν κρίνουμε ότι χρειάζεται, μέσω ειδικής ηλεκτρονικής διάταξης. **Το σύστημα παρουσιάζει αυτόματη προσαρμογή στο φορτίο, ομαλή και αθόρυβη περιστροφή, βελτιωμένη απόδοση και χαμηλό ρεύμα εκκίνησης.** Κατασκευάζονται κινητήρες και ρυθμιστές για πολύ μεγάλες ισχείς με το μικρότερο όγκο και βάρος σε σχέση με άλλες μηχανές. Όλες αυτές οι ιδιότητες καθιστούν το σύστημα ασύγχρονου τριφασικού κινητήρα βραχυκυκλωμένου δρομέα και ηλεκτρονικού ρυθμιστή κατάλληλο για κίνηση ηλεκτρικών αυτοκινήτων.

Στον πίνακα 6.5 που ακολουθεί αναφέρονται αυτοκίνητα με ασύγχρονους κινητήρες.

Πίνακας 6.5.

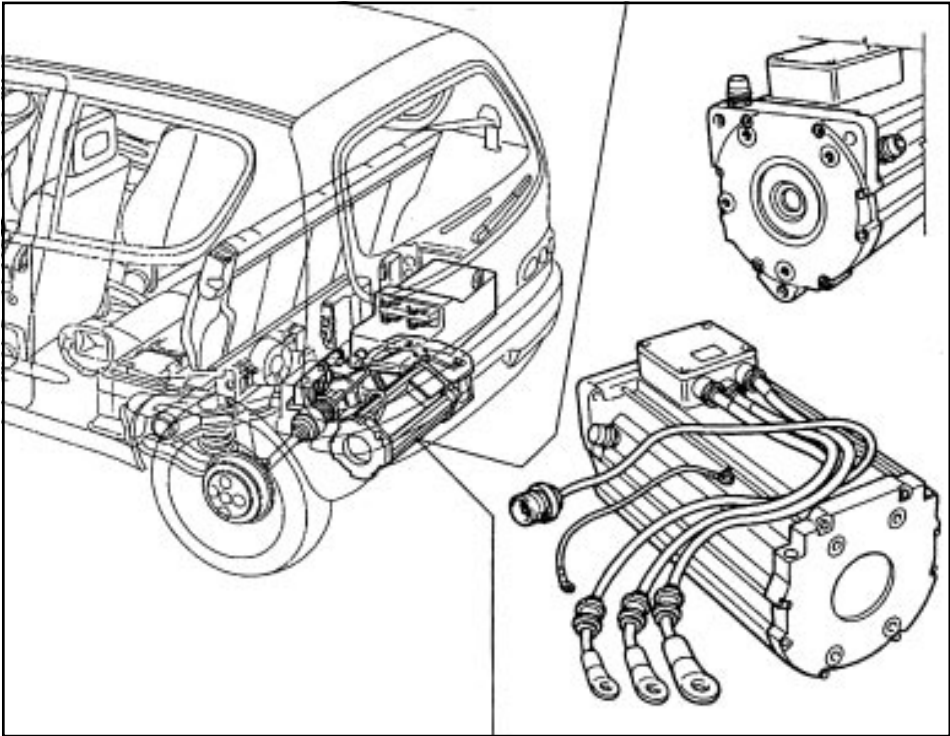
Ηλεκτρικά αυτοκίνητα με ασύγχρονους κινητήρες

Τύπος Αυτοκινήτου	Ροπή max N·m	Ισχύς, max kw
Ford-GM ETX-II	109	52,5
Pinguin 7	-	8
Volkswagen Chico	-	6
Fiat Seicento	123	30

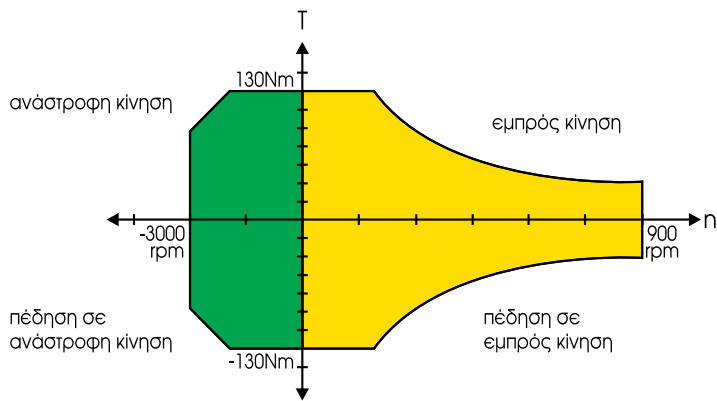
➤ Χαρακτηριστικά κινητήρων αυτοκινήτων

Οι ασύγχρονοι τριφασικοί κινητήρες βραχυκυκλωμένου δρομέα (επαγωγικοί κινητήρες) που χρησιμοποιούνται στα σημερινά ηλεκτρικά αυτοκίνητα συνδέονται σε ειδικό μειωτήρα-διαφορικό και προσαρμόζονται κάτω από το αυτοκίνητο στο πίσω ή εμπρός μέρος ανάλογα με την κίνηση. Ο στάτης έχει τρία πηνία συνδεδεμένα κατά αστέρα που τροφοδοτούνται με εναλλασσόμενο ρεύμα από τον ηλεκτρονικό ρυθμιστή με τα τρία καλώδια L_1 , L_2 , L_3 όπως φαίνονται στο σχήμα 6.13.

Υπάρχει συνήθως ένας **αισθητήρας στροφών** στο εσωτερικό για να ελέγχει την ταχύτητα του κινητήρα και ένας **αισθητήρας θερμοκρασίας**. Η ανάστροφη κίνηση του αυτοκινήτου επιτυγχάνεται από τον **ηλεκτρονικό ρυθμιστή (inverter)** που μεταβάλλει την διαδοχή φάσεων. Η ταχύτητα περιστροφής του κινητήρα περιορίζεται γύρω στις 9000στρ/min για εμπρός κίνηση και γύρω στις 3000στρ/min για όπισθεν κίνηση. Και στις δύο περιπτώσεις ο κινητήρας παράγει μία ροπή για κίνηση και μία ροπή για φρενάρισμα. Οι χαρακτηριστικές λειτουργίες T-n στα τέσσερα τεταρτημόρια για κινητήρα 30kW της Fiat φαίνονται στο σχήμα 6.14. Παρατηρούμε ότι σε κάθε κίνηση, η ροπή εκκίνησης είναι η μέγιστη δυνατή και παραμένει στη μέγιστη τιμή της μέχρι να επιταχυνθεί ο κινητήρας.



Σχ. 6.13: Ηλεκτρικό αυτοκίνητο Fiat Celerio με ασύγχρονο τριφασικό κινητήρα βραχυκυκλωμένου δρομέα. 1) Ηλεκτροκινητήρας, 2) Διαφορικό, 3) Ηλεκτρονικός ρυθμιστής και μονάδα διαχείρισης οχήματος.



Σχ. 6.14: Χαρακτηριστές Ροπή-Στροφών κινητήρα Fiat 30kW.

Στο αυτοκίνητο του σχήματος 6.13 ο κινητήρας είναι ασύγχρονος τριφασικός, με περιορισμένες διαστάσεις και βάρος που χρειάζεται ελάχιστη συντήρηση. Οι ιδιότητες αυτές έκαναν δυνατή την τοποθέτησή του στο πίσω τμήμα του αυτοκινήτου κάτω από το αμάξωμα, προς μεγάλο όφελος της καμπίνας των επιβατών και για καλύτερη κατανομή βάρους στο αυτοκίνητο. Πολλοί κατασκευαστές εκμεταλευόμενοι τις παραπάνω ιδιότητες τοποθετούν δύο ανεξάρτητους κινητήρες στο πίσω ή μπροστινό τμήμα, για καλύτερη οδική συμπεριφορά.

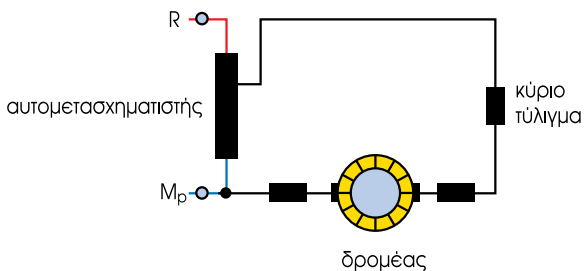
3. Κινητήρες με συλλέκτη

α. Μονοφασικοί κινητήρες σειράς

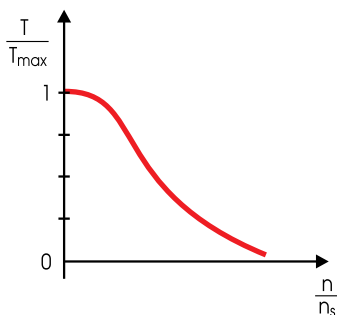
Η συνδεσμολογία τους μοιάζει με του κινητήρα συνεχούς ρεύματος διέγερσης σειράς (σχ. 6.15). Στο στάτη έχει τοποθετηθεί το κύριο τύλιγμα που δημιουργεί τους μαγνητικούς πόλους. Ο δρομέας τροφοδοτείται μέσω συστήματος ψηκτρών-συλλέκτη. Σε σειρά με το **κύριο τύλιγμα** έχει τοποθετηθεί ένα **βοηθητικό τύλιγμα** που εξουδετερώνει το μαγνητικό πεδίο του δρομέα στην περιοχή της ουδέτερης ζώνης, όπου εφάπτονται οι ψηκτρες με τους τομείς του συλλέκτη. Έτσι ελαττώνονται οι σπινθιρισμοί στο συλλέκτη. Στα πέδιλα των μαγνητικών πόλων έχει τοποθετηθεί **τύλιγμα αντιστάθμισης** σε σειρά με τα άλλα τυλίγματα, για να μειώσει την αντίδραση του επαγωγικού τυμπάνου. Τα τυλίγματα έχουν διαμόρφωση κατάλληλη για εναλλασσόμενο ρεύμα. Οι καμπύλες λειτουργίας των μονοφασικών κινητήρων σειράς μοιάζουν αρκετά με τις αντίστοιχες καμπύλες των κινητήρων συνεχούς ρεύματος με διέγερση σειράς.

Αναπτύσσουν μεγάλη ροπή κατά την εκκίνηση όπου έχουμε ισχυρό ρεύμα διέγερσης, η οποία στη συνέχεια ελαττώνεται καθώς μεγαλώνει η ταχύτητα και ελαττώνεται το ρεύμα. Η ρύθμιση της ταχύτητας μπορεί να γίνει απλά με ρύθμιση της τάσης τροφοδότησης. Η ρύθμιση γίνεται με αυτομετασχηματιστή ή με ηλεκτρονικό ρυθμιστή.

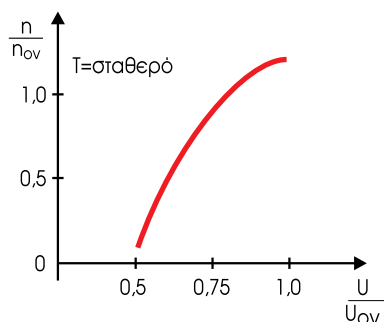
Στα σχήματα 6.16, 6.17, 6.18 και 6.19 φαίνονται διάφορες χαρακτηριστικές καμπύλες των μονοφασικών κινητήρων σειράς.



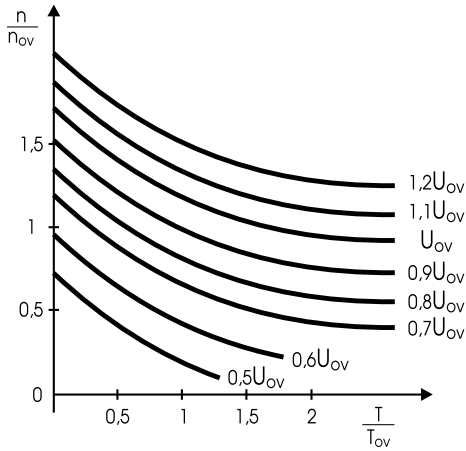
Σχ. 6.15: Μονοφασικός κινητήρας σειράς.



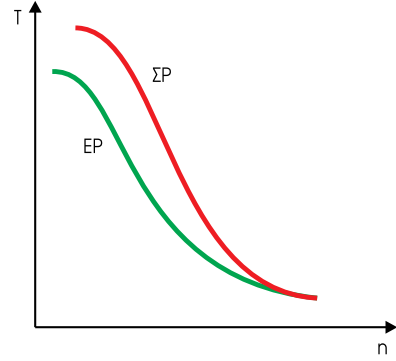
Σχ. 6.16: Καμπύλη $T=f(n)$ για μονοφασικό κινητήρα σειράς.



Σχ. 6.17: Καμπύλη $n=f(U)$ για μονοφασικό κινητήρα σειράς.



Σχ. 6.18: Καμπύλη $n=f(T)$ με διάφορες τάσεις τροφοδοσίας, για μονοφασικό κινητήρα σειράς.



Σχ. 6.19: Καμπύλη $T=f(n)$ για κινητήρα ΣΡ σειράς και μονοφασικού κινητήρα σειράς.

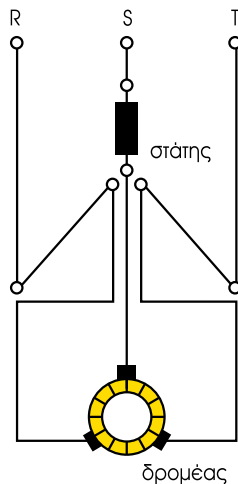
β. Τριφασικοί κινητήρες σειράς

Ο στάτης έχει **τριφασικό τύλιγμα**, ίδιο με το τύλιγμα του στάτη ασύγχρονου τριφασικού κινητήρα (σχ. 6.16). Ο **δρομέας** έχει **τύλιγμα συνεχούς ρεύματος**. Στο συλλέκτη εφάπτονται τρεις ψήκτρες σε γωνίες 120° μεταξύ τους. Το τύλιγμα κάθε φάσης του στάτη συνδέεται με μία από τις ψήκτρες και σε σειρά με το αντίστοιχο του δρομέα.

Η λειτουργία του κινητήρα βασίζεται στη δημιουργία δύο περιστρεφόμενων μαγνητικών πεδίων, του στάτη και του δρομέα. **Αυτά περιστρέφονται με σύγχρονη ταχύτητα**

$n_s = \frac{60f}{p}$ και με μηχανισμό δημιουργείται φασική απόκλιση μεταξύ τους που θα δώ-

σει ροπή στο δρομέα του κινητήρα. Οι κινητήρες αυτοί παρουσιάζουν μεγάλη ροπή εκκίνησης και μεγάλο βαθμό απόδοσης. Ο έλεγχος τους γίνεται ικανοποιητικά μόνο με σύγχρονους ηλεκτρονικούς ρυθμιστές.



Σχ. 6.20: Τριφασικός κινητήρας σειράς.

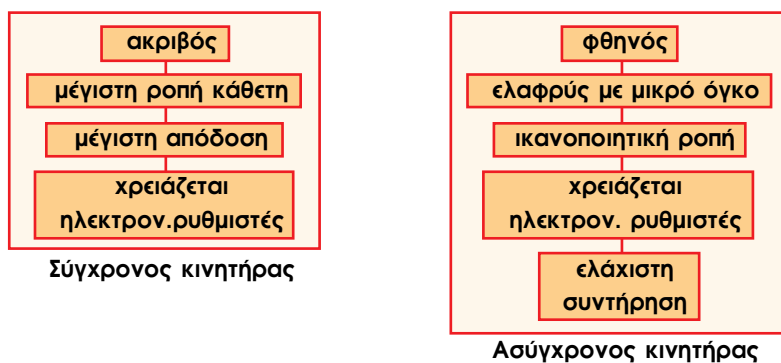
6.2.5. Επιλογή τύπου κινητήρα εναλλασσόμενου ρεύματος - Συγκρίσεις

Ο **σύγχρονος κινητήρας**, όπως φαίνεται στο σχήμα 6.9, **παρουσιάζει σχεδόν κάθετη ροπή και ισχύ**, δηλαδή λειτουργεί πάντα κοντά στη μέγιστη ροπή και ισχύ. **Παρουσιάζει τη μεγαλύτερη απόδοση από όλους τους κινητήρες** με δυνατότητα ρύθμισης του συντελεστή ισχύος μέσα από ρύθμιση της διέγερσης. Μπορεί να δώσει μέγιστη ροπή ακόμα και σε ελάχιστη ταχύτητα. Λειτουργεί σαν γεννήτρια για ηλεκτρική πέδηση και φόρτιση συσσωρευτή. Το μειονέκτημα του σύγχρονου κινητήρα είναι το υψηλό κόστος κατασκευής και η συντήρηση που χρειάζεται λόγω δακτυλιδιών και ψηκτρών. Στους σύγχρονους κινητήρες χωρίς ψήκτες έχει ξεπεραστεί το τελευταίο πρόβλημα και έχει βελτιωθεί η απόδοση. Με την ανάπτυξη των ηλεκτρονικών ισχύος κατασκευάστηκαν ηλεκτρονικοί ρυθμιστές ταχύτητας που ξεπέρασαν τη βασική αδυναμία του σύγχρονου κινητήρα που ήταν η δυνατότητα του να κινείται μόνο με τη σύγχρονη ταχύτητα.

Ο **ασύγχρονος τριφασικός κινητήρας (επαγωγικός)** έχει **απλή κατασκευή**, το **χαμηλότερο κόστος** από όλους τους κινητήρες, χρειάζεται **ελάχιστη συντήρηση**, έχει το **μικρότερο βάρος και όγκο**, δεν χρειάζεται τροποποιήσεις και ειδικό σχεδιασμό για αυτοκίνηση. Παρουσιάζει τις λιγότερες βλάβες από όλους τους κινητήρες και μπορεί να λειτουργήσει και αυτός σαν γεννήτρια για ηλεκτρική πέδηση και φόρτιση συσσωρευτή. Έχει μεγάλη ροπή εκκίνησης που δεν είναι όμως σταθερή με την αύξηση των στροφών. Με τους ηλεκτρονικούς ρυθμιστές είναι αρκετά ικανοποιητική η ροπή και η ισχύς για κίνηση ηλεκτρικού αυτοκινήτου. Το κόστος των ηλεκτρονικών ρυθμίσεων είναι ακόμα πολύ μεγάλο και φθάνει λίγο κάτω από το κόστος του συστήματος κίνησης. Η επιλογή σύγχρονου ή ασύγχρονου κινητήρα είναι δύσκολη και έχει σχέση με τις προτεραιότητες που έχει ο κατασκευαστής.

Για παράδειγμα, αν επιθυμούμε να κατασκευάσουμε ένα μικρό, φθινό, ηλεκτρικό αυτοκίνητο πόλης με ικανοποιητικές επιδόσεις, που ο όγκος και το βάρος πρέπει να ελαχιστοποιηθούν, υπερτερεί ο ασύγχρονος τριφασικός κινητήρας.

Ο **κινητήρας εναλλασσόμενου ρεύματος με συλλέκτη**, ο μονοφασικός και ο τριφασικός κινητήρας σειράς αναπτύσσουν ικανοποιητική ροπή και ισχύ, ελαφρά χαμηλότερη, όπως φαίνεται στο σχήμα 6.19 από τον κινητήρα συνεχούς ρεύματος με διέγερση σειράς. Παλαιότερα χρησιμοποιήθηκε στην ηλεκτρική κίνηση (τρόλλεϊ), γιατί μπορούσε να λειτουργεί σε εναλλασσόμενο ρεύμα χωρίς ανορθωτικές διατάξεις. Υστερεί σε απόδοση και χρειάζεται τακτική συντήρηση λόγω συλλέκτη και ψηκτρών. Με την ανάπτυξη των ηλεκτρονικών ισχύος περιορίζεται η χρήση του.

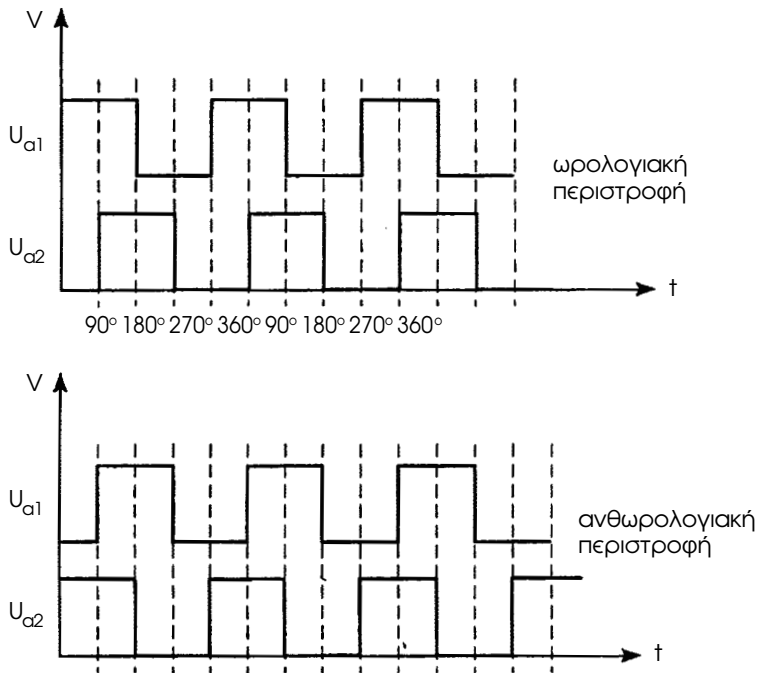


Σχ. 6.21: Χαρακτηριστικά Σύγχρονου-Ασύγχρονου Κινητήρα.

6.2.6. Βοηθητικά εξαρτήματα ηλεκτρικού κινητήρα αυτοκινήτου

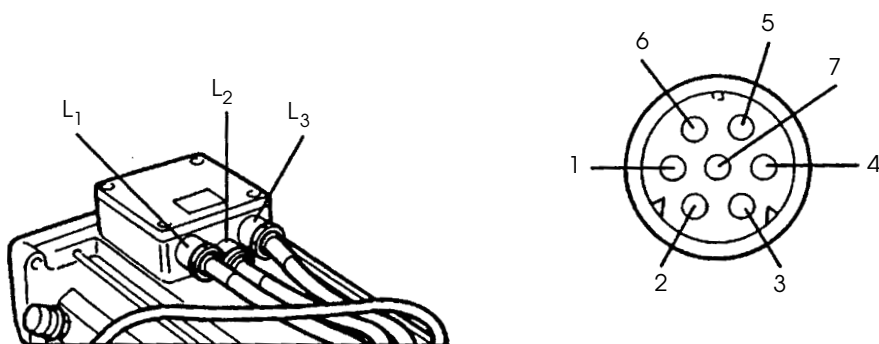
1) Μεταφορέας ταχύτητας κινητήρα

Ο μεταφορέας ταχύτητας βρίσκεται στο εσωτερικό του κινητήρα στο πίσω μέρος (στην αντίθετη πλευρά από αυτή που βγαίνει ο άξονας). Δεν μπορεί να ελεγχθεί ή να αντικατασταθεί και έτσι, εάν πάθει βλάβη, πρέπει να αντικατασταθεί ολόκληρος ο κινητήρας. Η ταχύτητα του δρομέα ελέγχεται από δύο **αισθητήρες Χώλ**, οι οποίοι παράγουν δύο τετράγωνα σήματα, με διαφορά ηλεκτρικής φάσης 90° το ένα από το άλλο. Η διαφορά φάσεως ανάμεσα στα δύο σήματα χρειάζεται ώστε η μονάδα διαχείρισης οχήματος (VMU) να μπορεί να αναγνωρίσει τη φορά περιστροφής του δρομέα, ενώ η συχνότητά τους καθορίζει την ταχύτητα. Τα σήματα ονομάζονται U_{a1} και U_{a2} και η μορφή τους φαίνεται στο παλμογράφημα του σχήματος 6.22.



Σχ. 6.22: Παλμογραφήματα αισθητήρων Χώλ για έλεγχο ταχύτητας κινητήρα.

2) Συνηθισμένοι ακροδέκτες κινητήρα



Σχ. 6.23: α) Ακροδέκτες κινητήρα, β) Κυλινδρικός τύπος ακροδέκτη AMP.

Ο τριφασικός κινητήρας συνδέεται με τον αντιστροφέα με τρία καλώδια ονομαζόμενα L_1 , L_2 και L_3 . Στο άκρο κάθε καλωδίου υπάρχει ένας ακροδέκτης με μάτι διαφορετικής διαμέτρου για να μη γίνονται λάθη στη συναρμολόγηση. Δεν υπάρχει ενιαία τυποποίηση ακροδεκτών, πολλοί όμως κατασκευαστές χρησιμοποιούν τον κυλινδρικό τύπο ακροδέκτη AMP που φαίνεται στο σχήμα 6.23β.

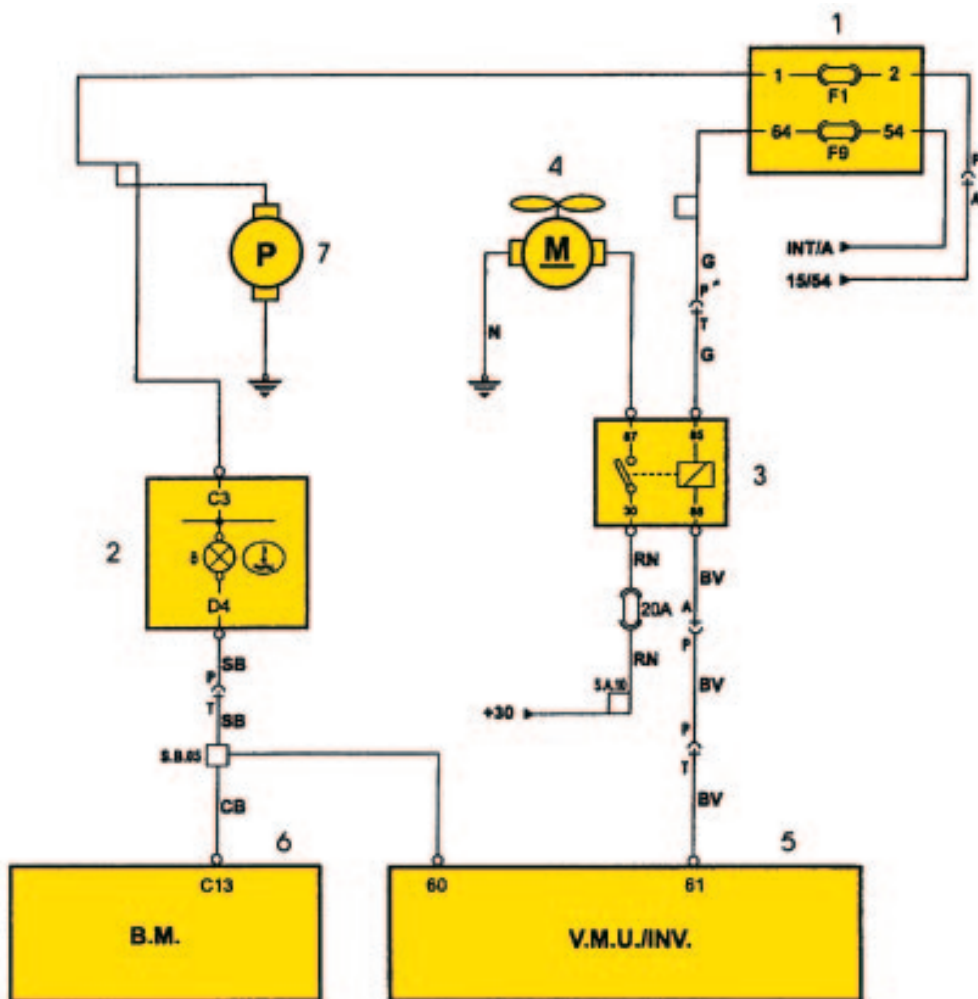
Πίνακας 6.6.

Ακροδέκτες ηλεκτρικών κινητήρων (FIAT)

Ακροδέκτης	Τύπος σήματος	Λειτουργία
6	ψηφιακό χαμηλό	αισθητήρας ταχύτητας U_{a2}
3	ψηφιακό χαμηλό	αισθητήρας ταχύτητας U_{a1}
5	+5v	αισθητήρας τροφοδοσίας ισχύος
4	γείωση	αισθητήρας τροφοδοσίας ισχύος
2	αναλογικό	σήμα αισθητήρα θερμοκρασίας
1	αναλογικό (γείωση)	γείωση αισθητήρα θερμοκρασίας
7	γείωση	μπλεντάζ

3) Σύστημα ψύξης κινητήρα

Ο κινητήρας και ο ηλεκτρονικός ρυθμιστής ψύχονται με υγρό (παραφλού) και νερό σε αναλογία 50% με εξαναγκασμένη κυκλοφορία. Όπως φαίνεται στο σχήμα 6.24, το υγρό κυκλοφορεί από μία ηλεκτρική αντλία (7) που βρίσκεται στο εμπρός τμήμα του αυτοκινήτου και αρχίζει να λειτουργεί, μόλις το κλειδί γυρίσει στη θέση ενεργοποίησης (ON). Το υγρό περνά μέσα από το ψυγείο που βρίσκεται στο μπροστινό τμήμα του

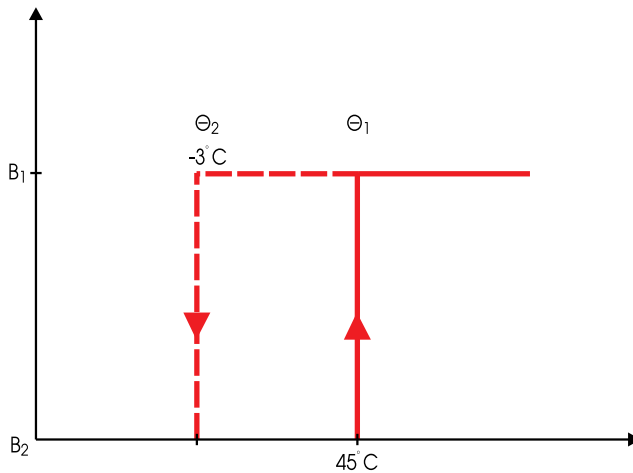


A/A	Όνομα
1	ασφαλειοθήκη
2	πίνακας οργάνων-Ενδεικτικές λυχνίες
3	ρελέ ηλεκτρικού βεντιλατέρ
4	κινητήρας ηλεκτρικού βεντιλατέρ
5	αντιστροφέας-Μονάδα διαχείρισης οχήματος
6	BM-οθόνη μπαταρίας-ελεγκτής μπαταρίας
7	αντλία υγρού ψύξης

Σχ. 6.24: Κύκλωμα γύξης κινητήρα, Fiat EL.

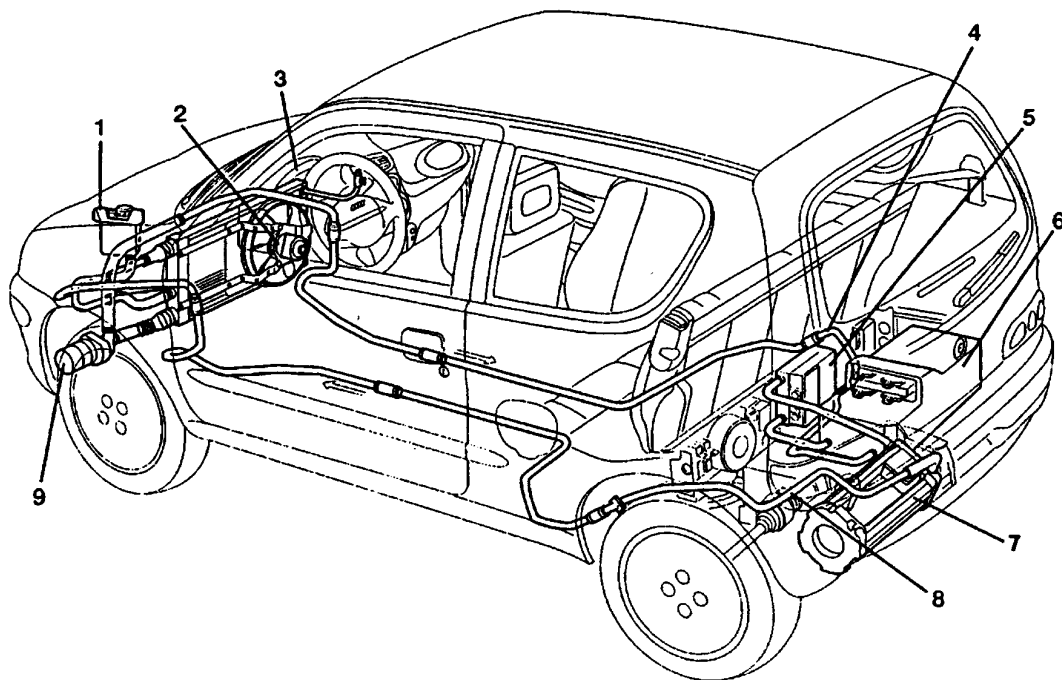
αυτοκινήτου και ψύχεται από το βεντιλατέρ. Το βεντιλατέρ ελέγχεται από ένα ρελέ (3) που ενεργοποιείται από τον αντιστροφέα, όταν η θερμοκρασία στον κινητήρα ή στο αντιστροφέα φτάσει τους 40-50°C.

Η λυχνία (2) για “υπερθέρμανση μονάδας κίνησης” ανάβει όταν η θερμοκρασία στον κινητήρα ή στον αντιστροφέα ξεπεράσει τους 80°C και συνδέεται κατευθείαν με την μονάδα διαχείρισης οχήματος (VMU). Η λυχνία συνδέεται επίσης με τη μονάδα ελέγχου μπαταρίας (BM) που την ανάβει, όταν η θερμοκρασία στις μπαταρίες κίνησης ξεπεράσει μία συγκεκριμένη τιμή που καθορίζεται από τον κατασκευαστή. Η θερμοκρασία του κινητήρα και του αντιστροφέα μετρείται με αισθητήρες θερμοκρασίας που βρίσκονται στο εσωτερικό των παραπάνω συσκευών και δεν μπορούν να αντικατασταθούν. Η εγκατάσταση ψύξης έχει σχεδιαστεί για να εξασφαλίζει μία ροή ψυκτικού υγρού θερμοκρασίας κατά την είσοδο στον κινητήρα, όχι μεγαλύτερης των 55°C. Η σύνδεση και αποσύνδεση του ρελέ 3 και στην συνέχεια του βεντιλατέρ γίνεται από την μονάδα διαχείρισης οχήματος (VMU), ανάλογα με το παρακάτω διάγραμμα (σχ. 6.25).



Σχ. 6.25: Καταστάσεις για σύνδεση ηλεκτρικού βεντιλατέρ.

- B₁: βεντιλατέρ ψυκτικού υγρού συνδεδεμένο
- B₂: βεντιλατέρ ψυκτικού υγρού αποσυνδεδεμένο
- Θ₁: θερμοκρασία σύνδεσης βεντιλατέρ
- Θ₂: υστέρηση αποσύνδεσης βεντιλατέρ



A/A	Όνομα
1	δοχείο διαστολής
2	ηλεκτρικό βεντιλατέρ
3	ψυγείο
4	σωλήνας τροφοδοσίας ψυκτικού υγρού
5	μετατροπέας ΣΡ/ΣΡ
6	αντιστροφέας Σ.Ρ./Ε.Ρ. και ηλεκτροκίνητη μονάδα ελέγχου και μονάδα διαχείρισης οχήματος
7	ασύγχρονος τριφασικός κινητήρας (Επαγωγικός κινητήρας)
8	σωλήνας επιστροφής ψυκτικού υγρού
9	ηλεκτρική αντλία ψυκτικού υγρού

Σχ. 6.26: Σύστημα ψύξης ηλεκτρικού αυτοκινήτου.

6.2.7. Ερωτήσεις

1. Ποιες βασικές απαιτήσεις πρέπει να ικανοποιεί ο κινητήρας ενός ηλεκτρικού αυτοκινήτου;
2. Συγκρίνετε τις χαρακτηριστικές των κινητήρων συνεχούς ρεύματος με διέγερση σειράς και ξένη διέγερση.
3. Τρόποι εκκίνησης σύγχρονου κινητήρα.
4. Αναφέρετε τα πλεονεκτήματα και τα μειονεκτήματα ενός σύγχρονου κινητήρα ηλεκτρικού αυτοκινήτου.
5. Σχεδιάστε και εξηγήστε την μορφή των καμπυλών V ενός σύγχρονου κινητήρα.
6. Αναφέρετε τα πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα ενός ασύγχρονου τριφασικού κινητήρα ηλεκτρικού αυτοκινήτου.
7. Εξηγήστε τη λειτουργία σύγχρονου κινητήρα χωρίς ψήκτρες.
8. Συγκρίνετε το σύγχρονο με τον ασύγχρονο κινητήρα για εφαρμογές αυτοκίνησης.

Βάλτε σε κύκλο το γράμμα μπροστά από τη σωστή απάντηση

9. Η λειτουργία του κινητήρα συνεχούς ρεύματος διέγερσης σειράς για αυτοκίνηση έχει το πλεονέκτημα:
 - α. μικρή κατανάλωση.
 - β. μικρό ρεύμα εκκίνησης.
 - γ. μεγάλη ροπή εκκίνησης.
10. Η λειτουργία του κινητήρα συνεχούς ρεύματος ξένης διέγερσης για αυτοκίνηση έχει το πλεονέκτημα:
 - α. μεγαλύτερη δυνατή ροπή εκκίνησης.
 - β. μείωση με μικρή τάση.
 - γ. μυνατότητα ελέγχου δύο επιπέδων.
11. Ο ασύγχρονος κινητήρας έχει:
 - α. μόνη διέγερση συνεχούς ρεύματος.
 - β. μόνη διέγερση εναλλασσόμενου ρεύματος.
 - γ. επαγωγική διέγερση λόγω στρεφόμενου μαγνητικού πεδίου του στάτη.

Ενότητα 6.3.

Είλεχος ταχύτητας κινητήρων συνεχούς ρεύματος

Διδακτικοί στόχοι

➔ Μετά από τη μελέτη της ενότητας αυτής θα πρέπει να μπορείτε:

1. Να αναφέρετε τις διάφορες μεθόδους ρύθμισης ταχύτητας κινητήρων συνεχούς ρεύματος αυτοκινήτων.
2. Να διατυπώνετε τη λειτουργία των βασικών ηλεκτρονικών εξαρτημάτων που χρησιμοποιούνται στη ρύθμιση ταχύτητας.
3. Να σχεδιάζετε δομικό διάγραμμα κλειστού βρόχου για ρύθμιση ταχύτητας κινητήρα.
4. Να σχεδιάζετε και να εξηγείτε τη λειτουργία κατατημητή.
5. Να αναφέρετε τις κλάσεις κατατημητών.
6. Να σχεδιάζετε τις συνδεσμολογίες κατατημητών και να εξηγείτε τη λειτουργία τους.

6.3.1. Γενικά

Στα ηλεκτρικά αυτοκίνητα παλιάς τεχνολογίας ο έλεχος της ταχύτητας του κινητήρα μπορούσε να γίνει με τους γνωστούς από προηγούμενα κεφάλαια τρόπους:

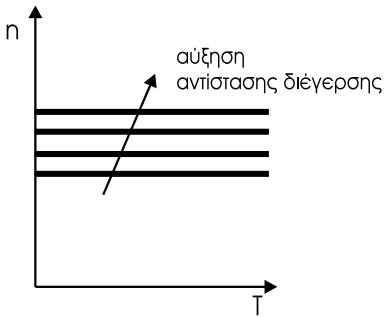
α) Έλεχος πεδίου: Συνδέεται μεταβλητή αντίσταση σε σειρά με το τύλιγμα διέγερσης, μειώνεται το ρεύμα διέγερσης με αποτέλεσμα να αυξάνεται η ταχύτητα και να μειώνεται η ροπή.

β) Έλεχος οπλισμού: Συνδέεται μεταβλητή αντίσταση σε σειρά ή παράλληλα με το τύμπανο. Οι τρόποι αυτοί έχουν περιορισμένη ικανότητα ρύθμισης και καταναλώνουν ισχύ που μειώνει το βαθμό απόδοσης της μηχανής.

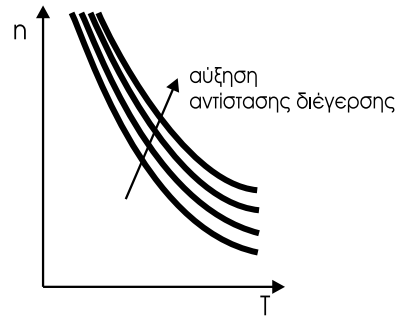
γ) Έλεχος τάσης τυμπάνου: Αυξάνοντας την τάση τυμπάνου, αυξάνουμε την ταχύτητα περιστροφής. Η χαρακτηριστική ροπής-στροφών μετατοπίζεται παράλληλα προς τα πάνω. Η μεταβολή της τάσης τροφοδοσίας του κινητήρα μπορούσε να γίνει με ποτενσιόμετρο, που είχε σαν αποτέλεσμα απώλειες ισχύος ή συνήθως με βηματική ρευματοληψία. Ο συσσωρευτής του αυτοκινήτου μέσω πολύπλοκης ρυθμιστικής διάταξης μπορούσε να συνδέεται και να αποσυνδέεται βηματικά με τον κινητήρα.

➤ Με την ανάπτυξη των ηλεκτρονικών ισχύος και συγκεκριμένα με τους **κατατημητές τάσης** (ΣΡ/ΣΡ) μετατρέπεται εύκολα η συνεχής τάση του συσσωρευτή οχήματος σε συνεχή τάση ρυθμιζόμενου πλάτους και με τους **ελεγχόμενους ανορθωτές** (ΕΡ/ΣΡ) μετατρέπεται η εναλλασσόμενη τάση σε συνεχή τάση με απόδοση μεγαλύτερη του 90%.

Στα σχήματα 6.27, 6.28, 6.29 και 6.30 που ακολουθούν φαίνονται οι διατάξεις ελέγχου και οι διάφορες χαρακτηριστικές λειτουργίας των κινητήρων συνεχούς ρεύματος.



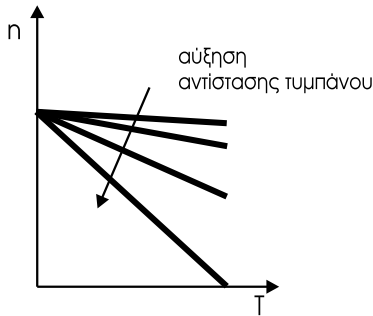
(α)



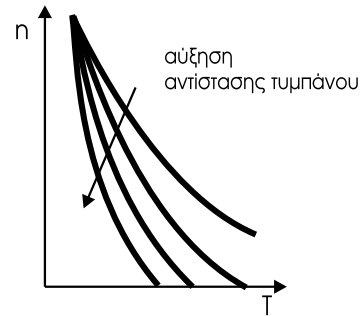
(β)

Σχ. 6.27: Χαρακτηριστική ροπής (T) - ταχύτητας (n), με έλεγχο πεδίου κινητήρα συνεχούς ρεύματος.

α) Κινητήρας παράλληλης διέγερσης, β) Κινητήρας διέγερσης σειράς.



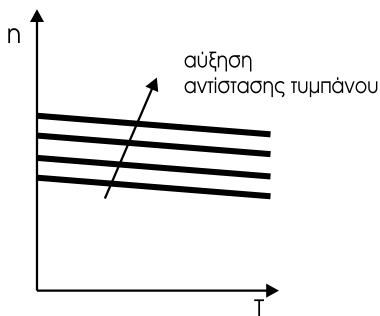
(α)



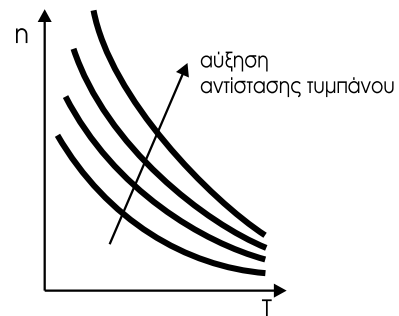
(β)

Σχ. 6.28: Χαρακτηριστική ροπής (T) - ταχύτητας (n), με έλεγχο οπλισμού κινητήρα συνεχούς ρεύματος.

α) Κινητήρας παράλληλης διέγερσης, β) Κινητήρας διέγερσης σειράς.



(α)

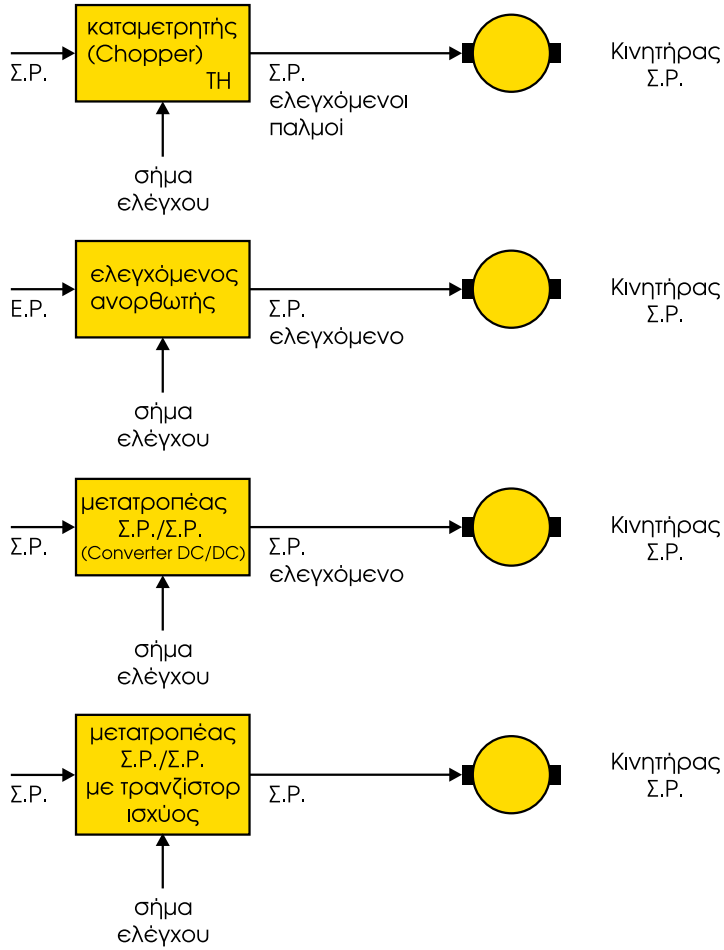


(β)

Σχ. 6.29: Χαρακτηριστική ροπής (T) - ταχύτητας (n), με έλεγχο τάσης τυμπάνου κινητήρα συνεχούς ρεύματος.

α) Κινητήρας παράλληλης διέγερσης, β) Κινητήρας διέγερσης σειράς.

6. ΣΥΓΧΡΟΝΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ - ΗΛΕΚΤΡΙΚΟ ΑΥΤΟΚΙΝΗΤΟ



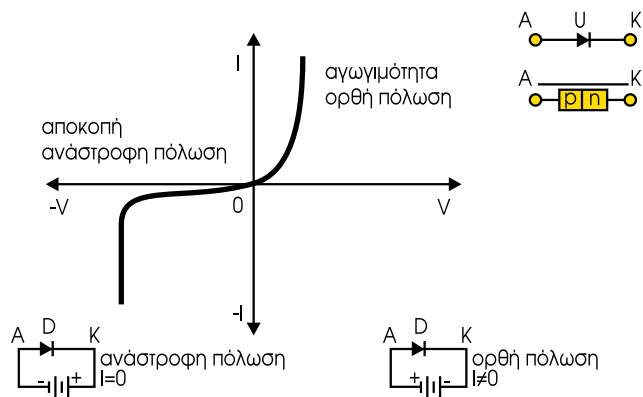
Σχ. 6.30: Διατάξεις ελέγχου ταχύτητας κινητήρα Σ.Π.

6.3.2. Βασικά στοιχεία ηλεκτρονικών

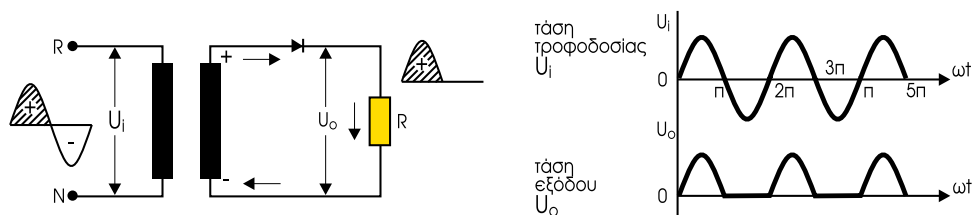
Πριν προχωρήσουμε στην ανάπτυξη της λειτουργίας των καταμητών τάσης, θα υπενθυμίσουμε ορισμένα βασικά στοιχεία από τα ηλεκτρονικά για την καλύτερη κατανόηση των κυκλωμάτων που θα ακολουθήσουν.

1. Δίοδος

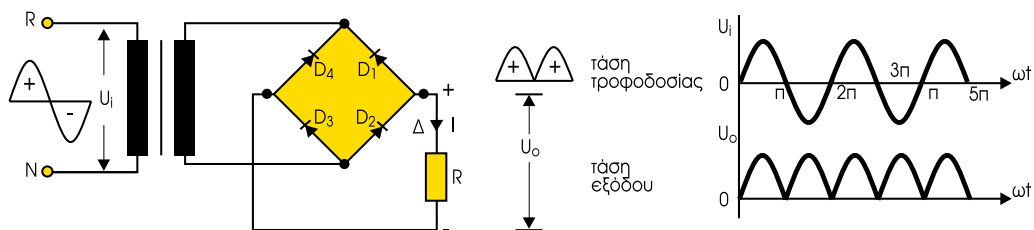
Στις εγκαταστάσεις κυκλωμάτων οδήγησης κινητήρων χρησιμοποιούμε ξηρά ανορθωτικά στοιχεία πυριτίου. Αυτά είναι μία επαφή p-n. Μέσα από τη χαρακτηριστική λειτουργία της φαίνεται (σχ. 6.31), ότι **με ορθή πόλωση, η διόδος άγει** και το ρεύμα παίρνει μεγάλες τιμές. Αντίθετα με ανάστροφη πόλωση η διόδος δεν άγει και το ρεύμα έχει μηδενική σχεδόν τιμή. Στα σχήματα 6.32, 6.33, 6.34 και 6.35 φαίνονται τα κυκλώματα απλής και διπλής ανόρθωσης μονοφασικής και τριφασικής τάσης.



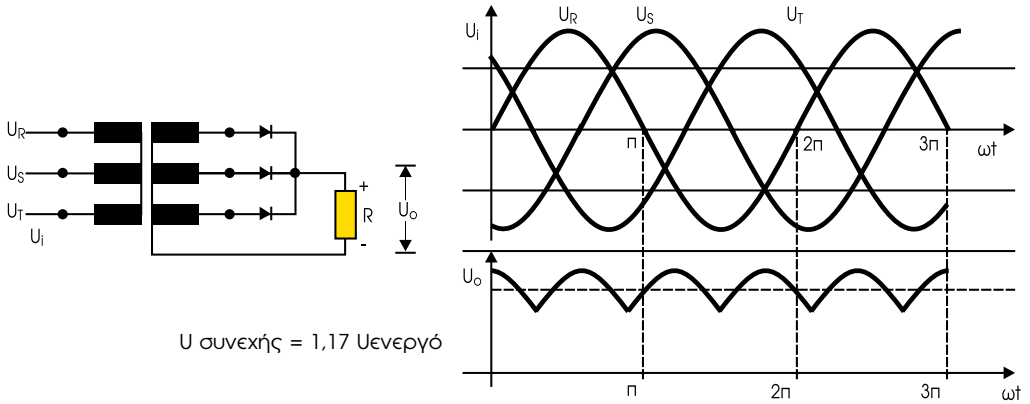
Σχ. 6.31: Χαρακτηριστική λειτουργία διόδου.



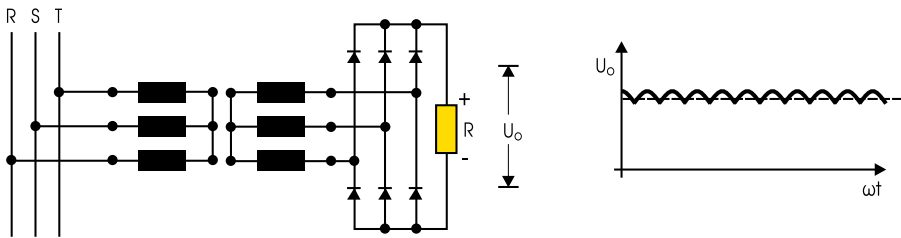
Σχ. 6.32: Απλή ανόρθωση.



Σχ. 6.33: Διπλή ανόρθωση με γέφυρα τεσσάρων διόδων.



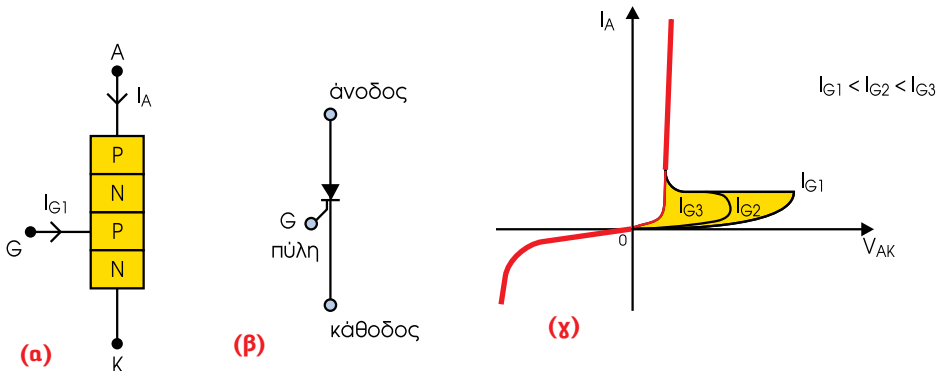
Σχ. 6.34: Απλή τριφασική ανόρθωση.



Σχ. 6.35: Διπλή τριφασική ανόρθωση χέφρας.

2. Θυρίστωρ (Ελεγχόμενοι ανορθωτές πυριτίου)

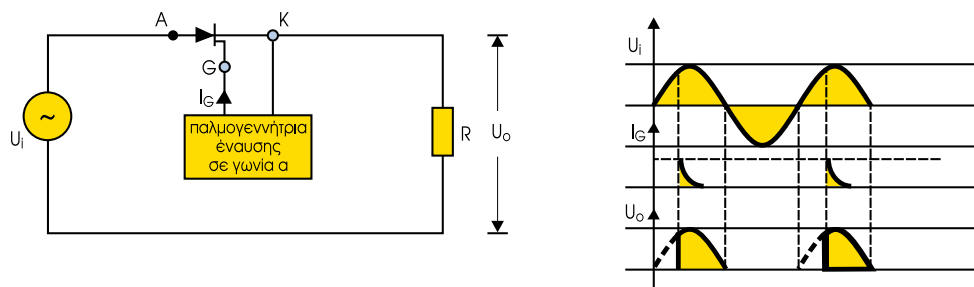
Το **θυρίστωρ** κατασκευαστικά αποτελείται από **τρεις διόδους ρη,ρη,ρη** στη σειρά και από τρεις επαφές: **άνοδο (A)**, **κάθοδο (K)** και **πύλη (G)**, όπως φαίνεται στο σχήμα 6.36. Από τη χαρακτηριστική λειτουργίας φαίνεται, ότι, για να οδηγηθεί το θυρίστωρ σε κατάσταση αγωγιμότητας, πρέπει να έχουμε ορθή πόλωση $U_{AK} > 0$ και στην πύλη (G) να δοθεί η κατάλληλη τιμή ρεύματος I_g σκανδαλισμού του θυρίστωρ (σχ. 6.36).



Σχ. 6.36: Θυρίστωρ.

α) κατασκευή, β) συμβολισμός, γ) χαρακτηριστική λειτουργίας.

Ρυθμίζοντας τη γωνία έναυσης α του θυρίστορ, ελέγχουμε τη μέση τιμή της τάσης που εφαρμόζεται στο τροφοδοτούμενο φορτίο (σχ. 6.37).

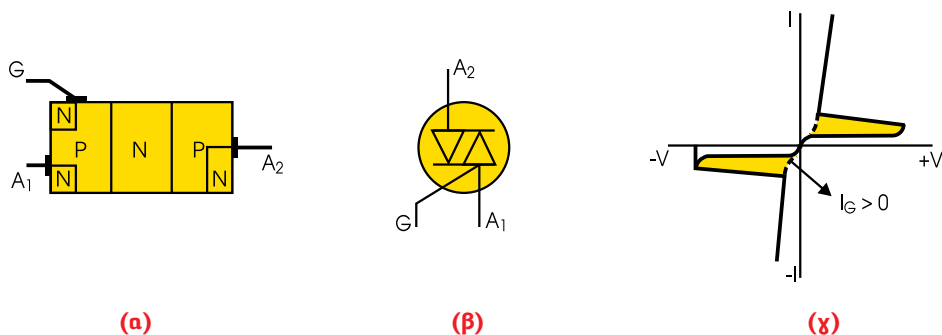


Σχ. 6.37: Έλεγχος τάσης με θυρίστορ.

3. Αμφίπλευρος ανορθωτής πυριτίου (Τριακ)

Μπορεί να θεωρηθεί σαν σύνθεση δύο θυρίστορ συνδεδεμένων παράλληλα και με αντίθετη φορά (σχ. 6.38).

Με το κατάλληλο ρεύμα στην πύλη μπορεί να άγει και προς τις δύο κατευθύνσεις. Χρησιμοποιείται για έλεγχο εναλλασσόμενου ρεύματος (σχ. 6.39).



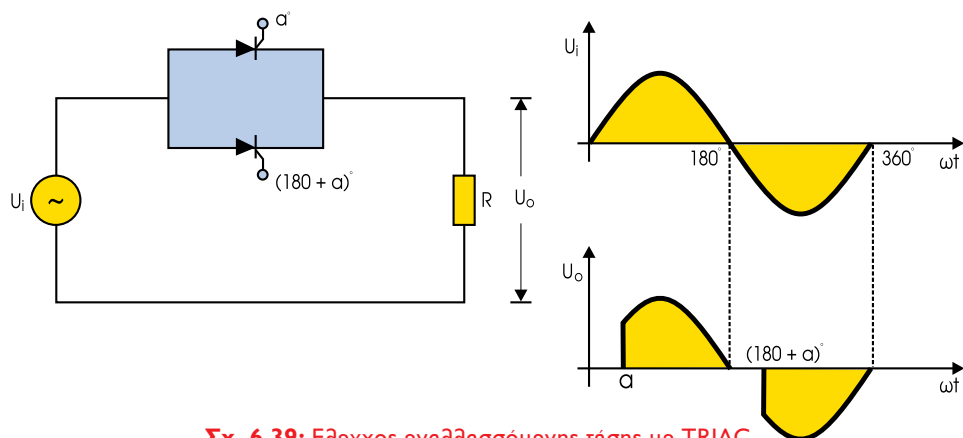
(α)

(β)

(γ)

Σχ. 6.38: TRIAC.

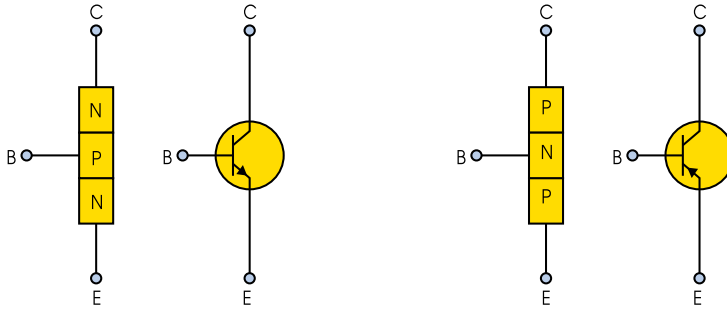
α) κατασκευή, β) συμβολισμός, γ) χαρακτηριστική λειτουργίας.



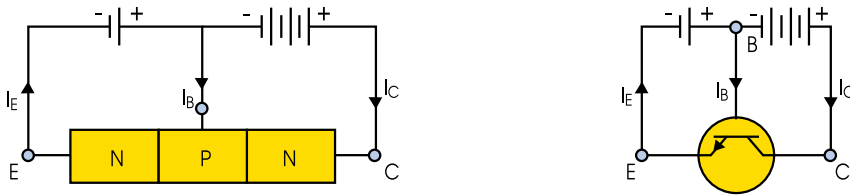
Σχ. 6.39: Έλεγχος εναλλασσόμενης τάσης με TRIAC.

4. Τρανζίστορ

Το τρανζίστορ κατασκευαστικά αποτελείται από δύο επαφές, **np**, **pn** για τρανζίστορ τύπου **n-p-n** και **pn,np** για τύπου **p-n-p**. Μπορούμε να διακρίνουμε τρία άκρα: E (εκπομπός), B (βάση), C (συλλέκτης).



Σχ. 6.40: Κατασκευή - Συμβολισμός τρανζίστορ npn, pnp.



Σχ. 6.41: Συνδεσμολογία τρανζίστορ npn.

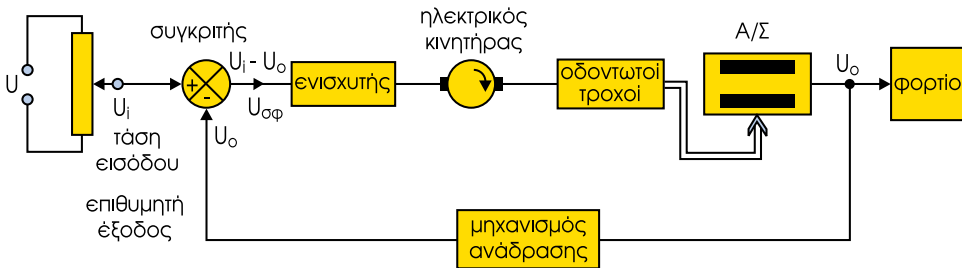
Στο npn τρανζίστορ (σχ. 6.41), η τάση λειτουργίας δίνεται, έτσι ώστε ο αρνητικός πόλος να βρίσκεται στον εκπομπό και ο θετικός στο συλλέκτη. Αν η βάση ενός τρανζίστορ npn δεν έχει καθόλου τάση, δεν περνάει μέσα από κανένα αξιόλογο ρεύμα και το τρανζίστορ είναι σε κατάσταση φραγής. Αν όμως η βάση αποκτήσει μία μικρή θετική τάση σε σχέση με τον εκπομπό και μπορεί να περάσει ρεύμα μεταξύ εκπομπού και συλλέκτη, το τρανζίστορ είναι τώρα αγώγιμο.

Το ρεύμα εκπομπού I_E χωρίζεται στη ζώνη βάσης σε ένα ρεύμα βάσης I_B και σε ένα ρεύμα συλλέκτη I_C έτσι ώστε: $I_E = I_C + I_B$

Ελέγχοντας ένα ελάχιστο ρεύμα βάσης ελέγχουμε ένα ρεύμα μέχρι χίλιες φορές μεγαλύτερο. Ενίσχυση ρεύματος λέγεται το ηηλίκιο: $B = \frac{I_C}{I_B}$

5. Περιγραφή συστήματος αυτόματου ελέγχου

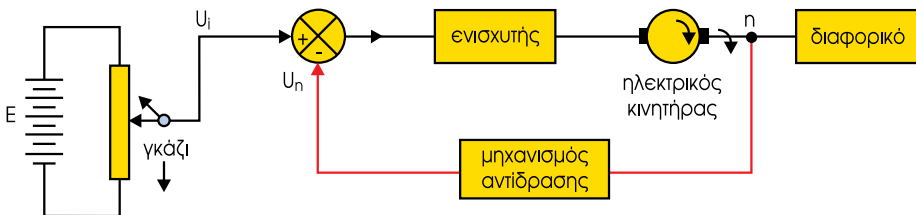
Κάθε σύστημα αυτόματου ελέγχου (Σ.Α.Ε.) είναι ένα σύνολο αλληλοεξαρτόμενων μηχανισμών, που έχει σκοπό να εξασφαλίσει ένα επιθυμητό αποτέλεσμα. Υπάρχουν **συστήματα ανοικτού βρόχου**, όπου η έξοδος του συστήματος δεν ανατροφοδοτεί την είσοδο και **συστήματα κλειστού βρόχου**, όπου η έξοδος μεταφέρεται στην είσοδο σε ένα συγκριτή, όπου συγκρίνεται με την επιθυμητή έξοδο του συστήματος.



Σχ. 6.42: Δομικό διάγραμμα ΣΑΕ ρύθμισης τάσης τροφοδότησης φορτίου.

Για να καταλάβουμε το σύστημα αυτόματου ελέγχου κλειστού βρόχου, ας παρακολουθήσουμε τη λειτουργία του κλειστού βρόχου του σχήματος 6.42. Το φορτίο στην έξοδο μεταβάλλεται συνεχώς και πρέπει να εξασφαλίσουμε σταθερή τροφοδότηση U_o . Η τυχαία έξοδος U_o μέσα από ένα μηχανισμό ανάδρασης έρχεται στο συγκριτή που συγκρίνει την επιθυμητή έξοδο U_i του ποτενσιόμετρου με την πραγματική έξοδο U_o . Παράγεται σήμα σφάλματος $U_{σφ} = U_i - U_o$ που ενισχύεται και τροφοδοτεί τον ηλεκτρικό κινητήρα που περιστρέφει τον άξονά του. Η περιστροφή αυτή υποβιβάζεται με σύστημα οδοντωτών τροχών που μετακινεί την κινητή λήψη του μετασχηματιστή. **Η διαδικασία αυτή επαναλαμβάνεται, ο κινητήρας και η λήψη παραμένουν ακίνητοι όταν μηδενισθεί το σφάλμα, δηλαδή $U_o = U_i$.**

Στον ηλεκτρικό κινητήρα αυτοκινήτου, ο ηλεκτρονικός ρυθμιστής ταχύτητας εκτελεί συνεχώς το ακόλουθο διάγραμμα ελέγχου (σχ. 6.43).



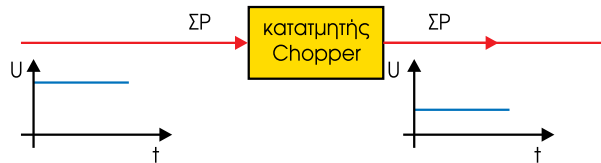
Σχ. 6.43: ΣΑΕ ρύθμισης ταχύτητας κινητήρα.

Ο μηχανισμός ανάδρασης μπορεί να είναι αισθητήρας ταχύτητας ή ταχογεννήτρια που δίνει τάση U_n ανάλογη της ταχύτητας n .

6.3.3. Καταμητής συνεχούς ρεύματος

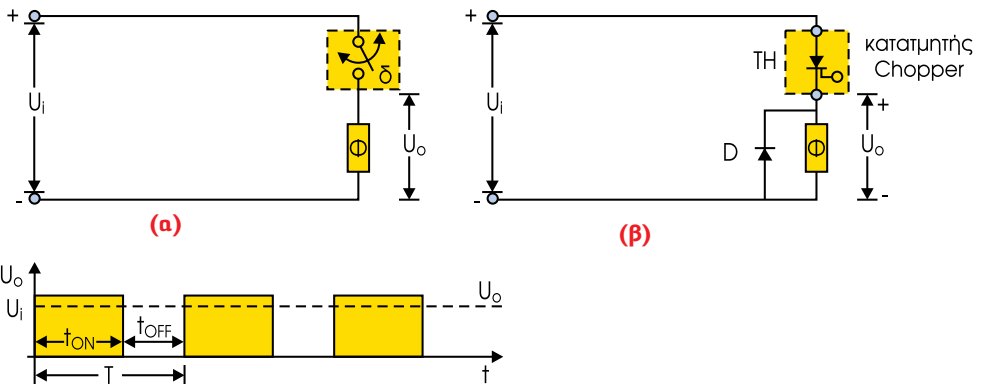
➔ Δομή - λειτουργία

Ο καταμητής είναι ένας ηλεκτρονικός μηχανισμός με θυρίστορ που μετατρέπει μία συνεχή τάση, σε συνεχή άλλης τιμής, είναι δηλαδή ένας μετατροπέας ΣΡ/ΣΡ (σχ. 6.44).



Σχ. 6.44: Λειτουργία καταμητή.

Στο σχήμα 6.45(α) φαίνεται το αντίστοιχο μηχανικό σύστημα που εκτελεί μέσω της κινητής επαφής δ , την αντίστοιχη εργασία με τον καταμητή. Η συχνότητα κίνησης της επαφής καθορίζεται από το κύκλωμα ελέγχου.



Σχ. 6.45: Κύκλωμα και λειτουργία καταμητή (chopper).

Ο καταμητής είναι ένας διακόπτης ON/OFF. Η σύνδεση και η αποκοπή του φορτίου (Φ) στο σχήμα 6.45β γίνεται μέσα από ένα κύκλωμα θυρίστορ (TH). Κατά τη διάρκεια του χρόνου αγωγής t_{ON} ο καταμητής άγει και στο φορτίο εφαρμόζεται τάση U_i . Κατά τη διάρκεια του χρόνου αποκοπής t_{OFF} ο καταμητής αποκόπτει το κύκλωμα και η διόδος ελεύθερης ροής D βραχυκυκλώνει το φορτίο. Η μέση τιμή της τάσης U_o που

εφαρμόζεται στο φορτίο είναι:

$$U_o = U_i \frac{t_{ON}}{t_{ON} + t_{OFF}} = U_i \frac{t_{ON}}{T} = \alpha U_i \quad (6.4)$$

όπου $\alpha = \frac{t_{ON}}{T}$: σχετική διάρκεια παλμού.

Η τάση του φορτίου U_o μπορεί να μεταβληθεί με δύο μεθόδους:

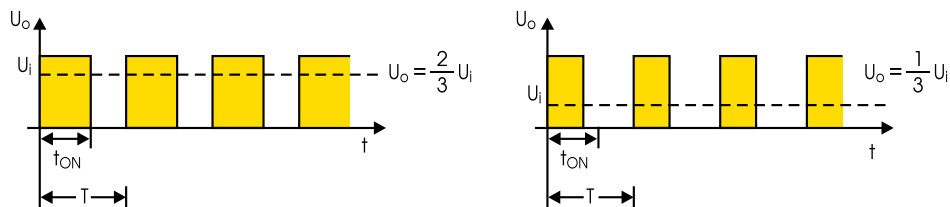
α. Διαμόρφωση πλάτους παλμών (PWM pulse-width modulation)

Η περίοδος T και η συχνότητα f φυσικά, αφού $f = \frac{1}{T}$, παραμένουν σταθερές και μεταβάλλεται ο χρόνος αγωγής t_{ON}

β. Διαμόρφωση συχνότητας παλμών (FM frequency modulation)

Η περίοδος T μεταβάλλεται, ενώ παραμένει σταθερός ο χρόνος t_{ON} ή t_{OFF}

Η μέθοδος που έχει επικρατήσει είναι η διαμόρφωση πλάτους παλμού.



Σχ. 6.46: Μέση τιμή τάσης φορτίο U_o για σχετική διάρκεια παλμών. $a = 2/3$ και $a = 1/3$ (μέθοδος διαμόρφωσης πλάτους παλμών)

➡ Εφαρμογές

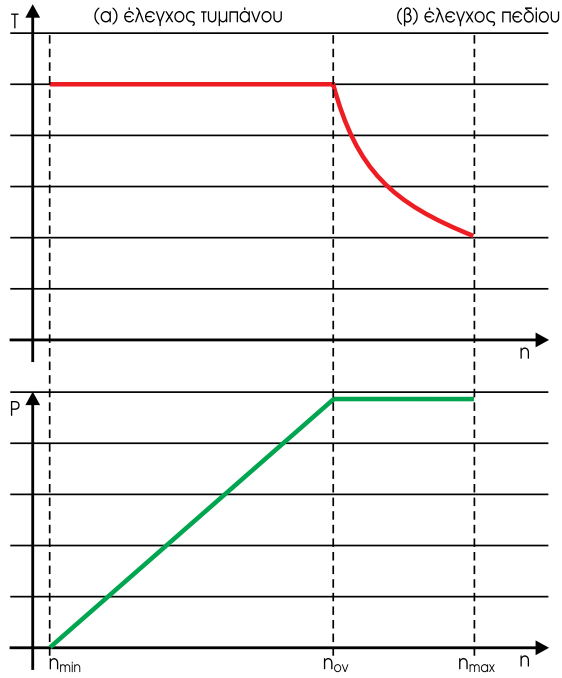
Ο **καταμητής** χρησιμοποιείται κυρίως σε οχήματα που κινούνται με κινητήρες συνεχούς ρεύματος και χρειάζονται έλεγχο στροφών με βοήθεια μεταβλητής τάσης. Με την αντιστροφή της πολικότητας μπορεί να γίνει εύκολα και η ομαλή πέδηση του οχήματος με επιστροφή ενέργειας στους συσσωρευτές. Επίσης η εκκίνηση γίνεται ομαλά και εύκολα, γιατί η τάση μπορεί να αυξάνεται βαθμιαία. **Στο ηλεκτρικό αυτοκίνητο που ο κινητήρας τροφοδοτείται από συσσωρευτές, η χρήση του καταμητή μας απαλλάσσει από όλες τις αντιστάσεις ρύθμισης, εκκίνησης, πέδησης, που καταναλώνουν σημαντική ποσότητα ενέργειας.** Επίσης ο καταμητής μπορεί να χρησιμοποιηθεί για έλεγχο τάσης διέγερσης σε κινητήρες συνεχούς ρεύματος. Με τον τρόπο αυτό θα έχουμε διπλή δυνατότητα ρύθμισης των δύο μαγνητικών πεδίων του στάτη και του δρομέα. Η διπλή ρύθμιση της τάσης U_r του τύμπανου και της τάσης του τυλίγματος διέγερσης U_f έχει συχνή εφαρμογή στους κινητήρες συνεχούς ρεύματος αυτοκινήτων, γι' αυτό θα την περιγράψουμε.

I. Έλεγχος τυμπάνου: Με τη βοήθεια καταμητή μεταβάλλουμε την τάση (U_r) του τυμπάνου του κινητήρα. Απαραίτητα πρέπει η ταχύτητα να είναι μικρότερη της ονομαστικής, και η μαγνητική ροή (Φ) να διατηρείται σταθερή. Τότε, αν και το ρεύμα τυμπάνου διατηρηθεί σταθερό, η ροπή (T_r) που δίνει ο κινητήρας στον άξονά του διατηρείται σταθερή και η ισχύς είναι ανάλογη με την ταχύτητα.

II. Έλεγχος πεδίου: Με τη βοήθεια δεύτερου καταμητή μεταβάλλουμε το ρεύμα διέγερσης και επομένως και τη μαγνητική ροή Φ . Η ταχύτητα πρέπει να είναι μεγαλύτερη από την ονομαστική και το ρεύμα τυμπάνου σταθερό. Η μείωση της μαγνητικής ροής ανεβάζει την ταχύτητα, αλλά ταυτόχρονα ελαττώνεται η ροπή και έτσι η ισχύς

6. ΣΥΓΧΡΟΝΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ - ΗΛΕΚΤΡΙΚΟ ΑΥΤΟΚΙΝΗΤΟ

διατηρείται σταθερή. Έχει διαπιστωθεί ότι η ελάχιστη ταχύτητα που πρέπει να έχει ο κινητήρας για αξιόπιστο έλεγχο και σταθερή λειτουργία είναι $n_{\min} = \frac{10}{100} n_{ov}$ και η μέγιστη ταχύτητα $n_{\max} = 4n_{ov}$.



Σχ. 6.47: Διπλή ρύθμιση τάσης.

6.4.4. Ερωτήσεις

1. Περιγράψτε τον έλεγχο ταχύτητας κινητήρα συνεχούς ρεύματος με έλεγχο τυμπάνου και πεδίου.
2. Σχεδιάστε το κύκλωμα και εξηγήστε τη λειτουργία κατατημητή συνεχούς ρεύματος.
3. Αναπτύξτε τη μέθοδο ελέγχου ταχύτητας κινητήρα συνεχούς ρεύματος με: α) έλεγχο πεδίου, β) έλεγχο οπλισμού, γ) έλεγχο τάσης τυμπάνου.
4. Εξηγήστε πώς γίνεται έλεγχος της τάσης με το θυρίστορ.
5. Σχεδιάστε ένα δομικό διάγραμμα ΣΑΕ και εξηγήστε τη λειτουργία του κλειστού βρόχου.
6. Σχεδιάστε και εξηγήστε κύκλωμα διπλής ανόρθωσης με γέφυρα τεσσάρων διόδων.

Βάλτε σε κύκλο το χράμμα μπροστά από τη σωστή απάντηση

7. Ο Αμφίπλευρος ανορθωτής πυριτίου:
 - α. άγει προς μία κατεύθυνση.
 - β. χρειάζεται μεγάλο ρεύμα για διέγερση της πύλης.
 - γ. χρησιμοποιείται για έλεγχο ΕΡ.
8. Με το θυρίστορ:
 - α. ρυθμίζουμε την τάση ενός φορτίου, ρυθμίζοντας το ρεύμα διέγερσης.
 - β. ρυθμίζουμε την τάση ενός φορτίου, ρυθμίζοντας τη γωνία έναυσης.
 - γ. ρυθμίζουμε την πολικότητα του φορτίου.
9. Ο κατατημητής είναι μετατροπέας:
 - α. ΕΡ-ΣΡ
 - β. ΣΡ-ΣΡ
 - γ. ΣΡ-ΕΡ
10. Με τη διαμόρφωση πλάτους παλμών κατατημητή μεταβάλλεται:
 - α. ο χρόνος αγωγής t_{ON} του κατατημητή.
 - β. η περίοδος T του κατατημητή.
 - γ. η συχνότητα αγωγής f .

Ενότητα 6.4.

Είλεχος ταχύτητας κινητήρων εναλλασσόμενου ρεύματος

Διδακτικοί στόχοι

➔ *Μετά από τη μελέτη της ενότητας αυτής θα πρέπει να μπορείτε:*

1. *Να αναφέρετε τις διάφορες μεθόδους ρύθμισης ταχύτητας κινητήρων εναλλασσόμενου ρεύματος αυτοκινήτων.*
2. *Να σχεδιάζετε και να εξηγείτε τη λειτουργία μονοφασικού και τριφασικού αντιστροφέα για τροφοδότηση ηλεκτρικού κινητήρα αυτοκινήτου.*
3. *Να περιγράψετε τη διαδικασία του διανυσματικού ελέγχου.*

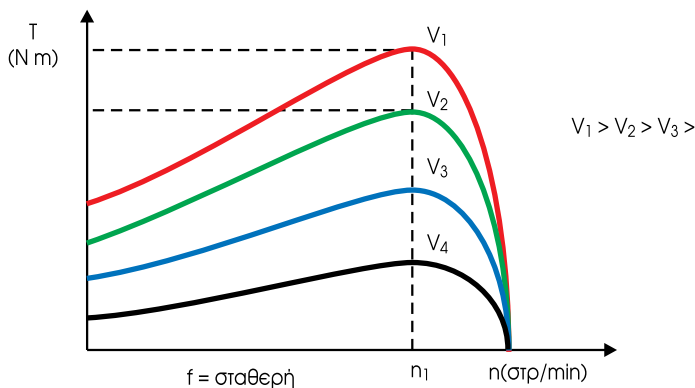
6.4.1. Τρόποι ελέγχου ταχύτητας κινητήρα εναλλασσόμενου ρεύματος

Η μεταβολή της ταχύτητας κινητήρα εναλλασσόμενου ρεύματος μπορεί να γίνει, όπως έχουμε αναπτύξει, με τρεις τρόπους:

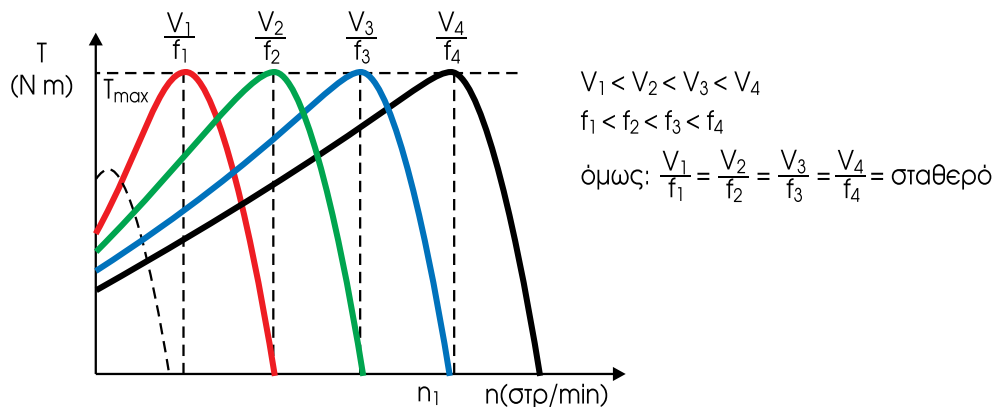
1. **Μεταβολή τάσης τροφοδοσίας:** Αυξάνοντας την τάση τροφοδοσίας, αυξάνουμε τη ροπή του κινητήρα. Η ταχύτητα στην οποία αναπτύσσεται η μέγιστη ροπή είναι σταθερή. Η μεταβολή της τάσης μπορεί εύκολα να επιτευχθεί μέσω διάταξης αντιπαράλληλων θυρίστορ ή TRIAC (σχ. 6.48α).
2. **Μεταβολή συχνότητας:** Αυξάνοντας τη συχνότητα της τάσης τροφοδοσίας αυξάνεται η ταχύτητα περιστροφής και μειώνεται η μέγιστη ροπή του κινητήρα.
3. **Μεταβολή τάσης και συχνότητας (μέθοδος βαθμωτού ελέγχου V/f):** Αυξάνοντας την τάση τροφοδοσίας αυξάνουμε αντίστοιχα και τη συχνότητα, έτσι ώστε η μαγνητική ροή στο διάκενο της μηχανής να διατηρείται σταθερή και κοντά στη μέγιστη τιμή της. Η καμπύλη ροπής-στροφών μετατοπίζεται σχεδόν παράλληλα προς μεγαλύτερη ταχύτητα, όπως φαίνεται στο σχήμα 6.48β. Παρατηρείται στη λειτουργία σε πολύ μικρές συχνότητες, (κάτω των 10Hz) μείωση της μαγνητικής ροής του διάκενου, με αποτέλεσμα τη μείωση της μέγιστης ροπής του κινητήρα, την υπερθέρμανση του στάτη και άλλα προβλήματα που αντιμετωπίζονται με μικρή αύξηση της τάσης τροφοδοσίας. Χρειάζεται φυσικά ο ανάλογος κλειστός βρόχος ελέγχου της μαγνητικής ροής του διάκενου. Η μέτρηση της μαγνητικής ροής συνήθως γίνεται με αισθητήρες Χώλλ (Hall effect), που βρίσκονται στο εσωτερικό του κινητήρα. Στις μεγάλες συχνότητες η τάση δεν μπορεί να παρακολουθεί τη συχνότητα ώστε ο λόγος V/f να παραμένει σταθερός, πέρα μιας συγκεκριμένης τιμής που καθορί-

ζεται από τα θυρίστορ. Μετά από αυτή τη μέγιστη συχνότητα η τάση διατηρείται σταθερή και ο κινητήρας λειτουργεί με σταθερή ισχύ.

Στο ηλεκτρικό αυτοκίνητο διαθέτουμε συσσωρευτή, δηλαδή πηγή συνεχούς ρεύματος και θέλουμε να τροφοδοτήσουμε κινητήρα εναλλασσόμενου ρεύματος με μεταβλητή τάση και συχνότητα. Ο ηλεκτρονικός ρυθμιστής που πραγματοποιεί αυτή τη λειτουργία λέγεται αντιστροφείας ή μετατροπέας **ΣΡ/ΕΡ**.



(α)



(β)

Σχ. 6.48: Τρόποι μεταβολής ταχύτητας κινητήρα Ε.Ρ.
 α. Μεταβολή τάσης τροφοδοσίας, β. Μεταβολή τάσης και συχνότητας.

6.4.2. Μετατροπές συνεχούς ρεύματος σε εναλλασσόμενο (αντιστροφές)

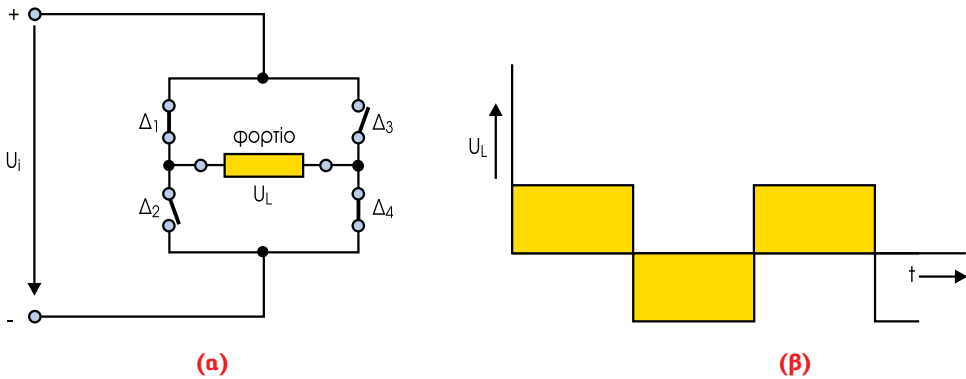
Για την παραγωγή ενός εναλλασσόμενου ρεύματος από μια πηγή συνεχούς, χρησιμοποιούνται **στρεφόμενοι** ή **στατικοί αντιστροφείς**. Οι πρώτοι είναι ζεύγη μηχανών (κινητήρας συνεχούς-ασύγχρονης ή σύγχρονης γεννήτριας), ενώ οι δεύτεροι είναι διατάξεις ηλεκτρονικών ισχύος, χωρίς κινούμενα μέρη, με διόδους, θυρίστορ ή τρανζίστορ ισχύος. Με τη μεγάλη τεχνολογική πρόοδο στον τομέα των ηλεκτρονικών ισχύος, η χρήση των στατικών αντιστροφέων απλώνεται όλο και περισσότερο.

Αν η συχνότητα της τάσης εξόδου ρυθμίζεται αυτοδύναμα από το κύκλωμα ελέγχου, τότε πρόκειται για αντιστροφή με εξαναγκασμένη οδήγηση.

➔ Αρχή λειτουργίας του αντιστροφέα

Ισοδύναμο κύκλωμα με διακόπτες για τροφοδότηση μονοφασικού φορτίου

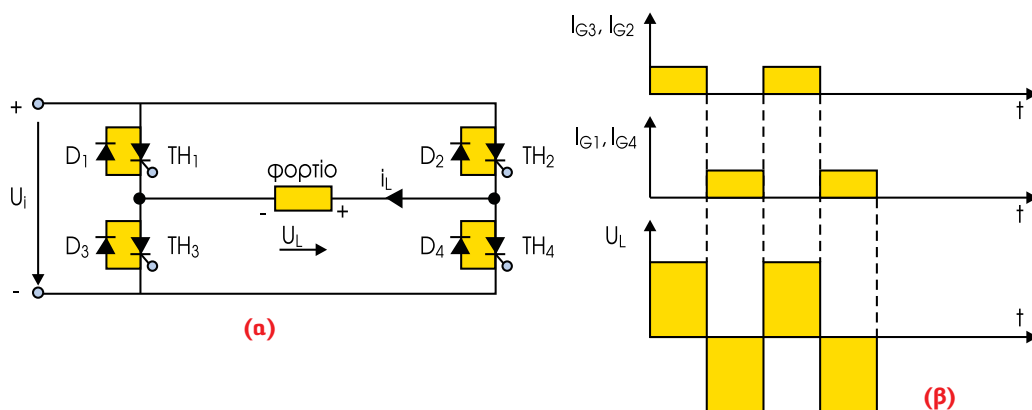
Η αρχή λειτουργίας του μονοφασικού αντιστροφέα εξηγείται, σε πρώτη προσέγγιση με το κύκλωμα των τεσσάρων διακοπών (σχ. 6.49α). Αν ένα ζεύγος διακοπών (π.χ. Δ_1, Δ_2) κλείνει και το άλλο (π.χ. Δ_3, Δ_4) παραμένει ανοικτό, τότε δημιουργείται η τετραγωνική κυματομορφή του σχήματος 6.49β στην έξοδο U_L του κυκλώματος. Η κυματομορφή αυτή, αφού περάσει μέσα από ειδικό φίλτρο μπορεί να προσεγγίσει τη μορφή του εναλλασσόμενου ρεύματος.



Σχ. 6.49: Ισοδύναμο κύκλωμα τεσσάρων διακοπών και αντίστοιχη κυματομορφή ρεύματος.

6.4.3. Πραγματικό κύκλωμα μονοφασικού αντιστροφέα

Οι διακόπτες Δ έχουν αντικατασταθεί από ηλεκτρονικούς διακόπτες που είναι τα θυρίστορ τα οποία ελέγχονται από τα ρεύματα πύλης I_g . Στην πρώτη ημιπερίοδο δίνουμε παλμούς έναυσης I_{g2} , I_{g3} και άγουν τα θυρίστορ TH_2 και TH_3 και το φορτίο διαρρέεται από ρεύμα i_L με τη φορά που φαίνεται στο σχήμα 6.50.



Σχ. 6.50: Κύκλωμα μονοφασικού αντιστροφέα με συναρτήσεις παλμοδοτήσεων και αποκρίσεων.

Στη δεύτερη ημιπερίοδο δίνουμε παλμούς έναυσης I_{g1} , I_{g2} και άγουν τα θυρίστορ TH_1 και TH_4 . Το φορτίο διαρρέεται από ρεύμα αντίστροφης φοράς από αυτή που φαίνεται στο σχήμα 6.50.

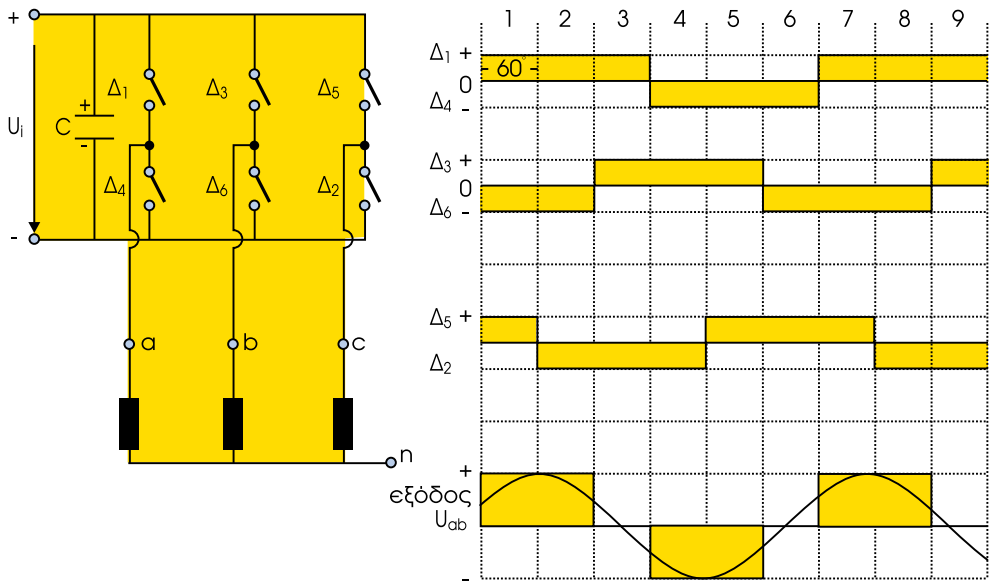
Το ρεύμα που ρέει σε έναν τέτοιο ηλεκτρονικό διακόπτη (θυρίστορ) πρέπει να έχει το ίδιο πρόσημο με την τάση, αλλιώς το στοιχείο δεν άγει. Αυτό σημαίνει ότι ο αντιστροφέας μπορεί να δώσει μόνο ενεργό ισχύ (τάση και ρεύμα πρέπει να βρίσκονται πάντα σε φάση), πράγμα που κάνει προβληματική την τροφοδοσία ενός μη ωμικού φορτίου. Αλλά φορτία που περιέχουν και επαγωγικό μέρος είναι πολύ συνηθισμένα (κινητήρες).

Ο περιορισμός αυτός μπορεί να αρθεί, αν ο κάθε διακόπτης του υλοποιηθεί όχι μόνο με ένα θυρίστορ, αλλά με ένα θυρίστορ (TH) και μια αντιπαράλληλη δίοδο (Δ). Με τον τρόπο αυτόν είναι δυνατή η δημιουργία αέργου ισχύος (δηλ. διαφοράς φάσης μεταξύ ρεύματος και τάσης), ώστε να τροφοδοτούνται και φορτία με επαγωγικό μέρος και για να είναι δυνατή η ανάστροφη λειτουργία κατά την πέδηση του κινητήρα.

Εκτός από απλά θυρίστορ οι σύγχρονοι ηλεκτρονικοί διακόπτες μπορεί να είναι και ειδικά θυρίστορ και τρανζίστορ GTO, BT3, MOSFET, IGBT κ.α.

6.4.4. Ισοδύναμο κύκλωμα με διακόπτες για τροφοδότηση τριφασικού φορτίου

Ο αντιστροφέας αποτελείται από έξι βασικούς διακόπτες, συγκροτημένους σε τρεις ομάδες με 120° διαφορά γωνίας έναυσης μεταξύ των ομάδων. Κάθε ομάδα αποτελείται από δύο διακόπτες με διαφορά φάσης οδήγησης 180° (σχ. 6.51).



Σχ. 6.51: Ισοδύναμο κύκλωμα έξι διακοπών και ανάλυση της τάσης εξόδου.

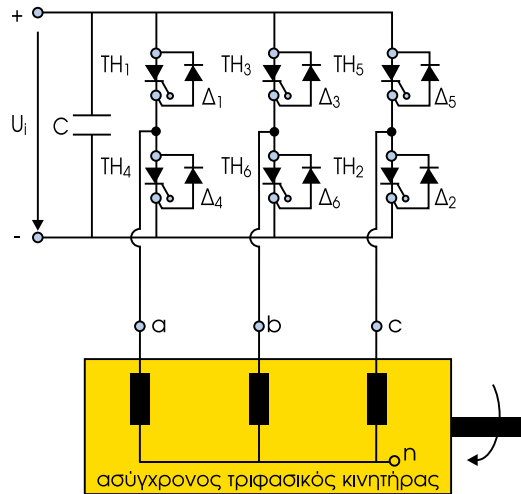
Για παράδειγμα, κατά τη διάρκεια του πρώτου και δεύτερου βήματος, οι διακόπτες Δ_1 και Δ_6 είναι κλειστοί. Η τάση μεταξύ των ακροδεκτών a,b είναι θετική.

Κατά τη διάρκεια του τρίτου βήματος, οι διακόπτες Δ_1 και Δ_3 είναι κλειστοί. Η τάση μεταξύ των ακροδεκτών a,b είναι μηδενική. Κατά τη διάρκεια του τέταρτου και πέμπτου βήματος οι διακόπτες Δ_4 και Δ_3 είναι κλειστοί και η τάση μεταξύ των ακροδεκτών a,b είναι αρνητική. Η πολική τάση V_{ab} που παρέχεται στην έξοδο είναι τετραγωνικής μορφής και περιέχει πλήθος αρμονικών. Μπορούμε με ειδική τεχνική που λέγεται **διαμόρφωση εύρους παλμών** να προσεγγίσουμε την ημιτονοειδή μορφή, όπως φαίνεται στο σχήμα 6.51.

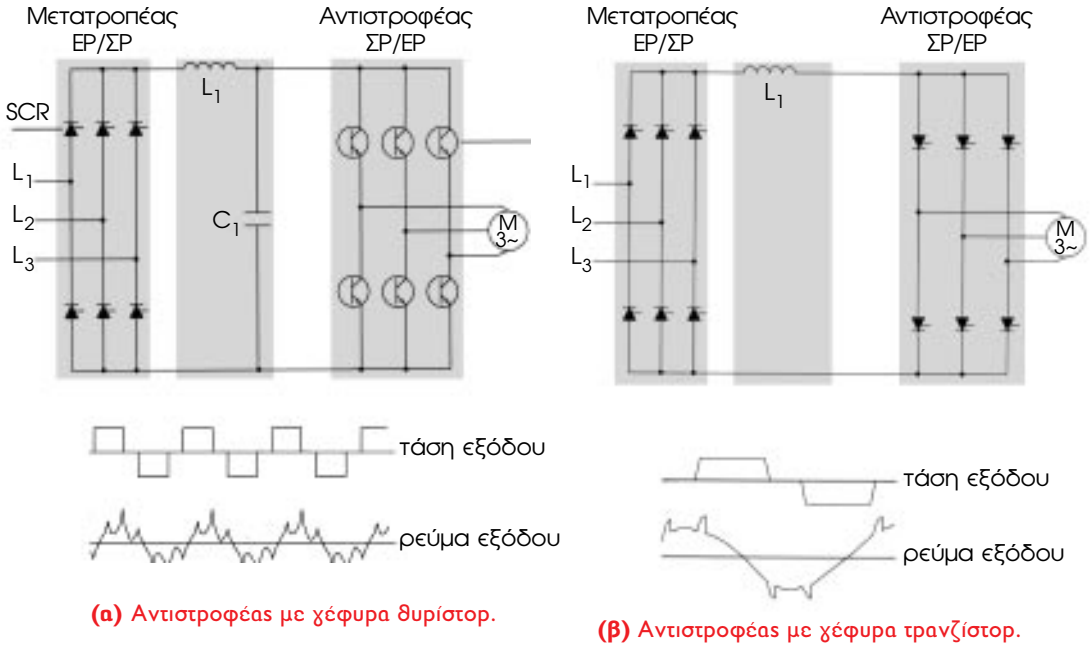
Ακολουθώντας τη βηματική ανάλυση και με τους υπόλοιπους διακόπτες, μπορούμε να σχεδιάσουμε και τις υπόλοιπες τάσεις V_{bc} , V_{ca} . Θα διαπιστώσουμε ότι η έξοδος μας προσεγγίζει το γνωστό τριφασικό σύστημα τάσεων.

6.4.5. Πραγματικό κύκλωμα τριφασικού αντιστροφέα

Στο κύκλωμα του σχήματος 6.52 έχουμε αντικαταστήσει τους έξι διακόπτες με έξι θυρίστορ. Αντιπαράλληλα έχουν συνδεθεί έξι δίοδοι για άεργο ισχύ. Με κατάλληλη παλμοδότηση των θυρίστορ η συνεχής τάση εισόδου U_i μετατρέπεται, στην έξοδο a-b-c, σε τριφασική εναλλασσόμενη τάση. Με τεχνικές διαμόρφωσης εύρους παλμών μπορεί να προσεγγίσει την ημιτονοειδή μορφή. Ο ηλεκτρολυτικός πυκνωτής C σταθεροποιεί την τάση εισόδου U_i . Η συχνότητα εξόδου στους αντιστροφείς που κυκλοφορούν στο εμπόριο μεταβάλλεται από 2Hz μέχρι μερικές δεκάδες Hz. Αυτό εξαρτάται από το είδος του ηλεκτρονικού διακοπτικού στοιχείου. Για πληρότητα της λειτουργίας του τριφασικού αντιστροφέα, όταν διατίθεται εναλλασσόμενο ρεύμα και όχι συνεχές, παρατίθενται τα σχήματα 6.53α και 6.53β, στα οποία υπάρχουν δύο στάδια μετατροπής: α) **Μετατροπέας ΕΡ/ΣΡ** και β) **Αντιστροφέας ΣΡ/ΕΡ**.



Σχ. 6.52: Αντιστροφέας ΣΡ/ΕΡ.



(α) Αντιστροφέας με χέφρα θυρίστορ.

(β) Αντιστροφέας με χέφρα τρανζίστορ.

Σχ. 6.53: Συστήματα μετατροπής EP/ΣΡ/EP για τροφοδότηση τριφασικού κινητήρα με μεταβαλλόμενη V/f.

6.4.6. Διανυσματικός έλεγχος

Για τον έλεγχο του ηλεκτρικού κινητήρα προσπαθούμε όπως είδαμε, κάθε φορά να διατηρείται σταθερό το πηλίκο V/f για να έχουμε σταθερή μαγνητική ροή. Αυτό μας εξασφαλίζει ικανοποιητική ροπή για κάθε ταχύτητα και συχνότητα λειτουργίας. Στα ηλεκτρικά αυτοκίνητα η μέθοδος αυτή παρουσιάζει προβλήματα παρακολούθησης του λόγου V/f , ώστε να μην οδηγείται ο κινητήρας σε κορεσμό ή αντίθετα, σε ασθενή μαγνητική ροή. Χρειάζεται κλειστός βρόχος ελέγχου της μαγνητικής ροής. Τις πληροφορίες της τιμής της μαγνητικής ροής, της ταχύτητας του κινητήρα, της ροπής, της τάσης και του ρεύματος του στάτη τις επεξεργάζεται ειδικός μικροεπεξεργαστής και επεμβαίνει στους παλμούς έναυσης των θυρίστορ. Η μέθοδος ελέγχου με **V/f =σταθερό** μπορεί να αντικατασταθεί από τη μέθοδο **διανυσματικού ελέγχου**, που είναι ταχύτερη και αποτελεσματικότερη σε στατικές και μεταβατικές συνθήκες λειτουργίας. Η ροπή του κινητήρα ελέγχεται μέσω του ρεύματος του στάτη. Με το διανυσματικό έλεγχο μέσω ειδικού μετασχηματισμού χωρίζεται το ρεύμα του στάτη σε δύο συνιστώσες. Με διάφορες τεχνικές γίνεται ανεξάρτητος έλεγχος κάθε συνιστώσας και ο **κινητήρας εναλλασσόμενου ρεύματος παρουσιάζει συμπεριφορά κινητήρα συνεχούς ρεύματος ξένης διέγερσης**. Επιτυγχάνεται με τη μέθοδο αυτή αύξηση της ροπής εκκίνησης μέχρι 80%, ταχύτητα ελέγχου και εξοικονόμηση ενέργειας.

6.4.7. Ερωτήσεις

1. Τι γνωρίζετε για τη μέθοδο ελέγχου V/f =σταθερό κινητήρα εναλλασσόμενου ρεύματος;
2. Σχεδιάστε τριφασικό αντιστροφέα και εξηγήστε τη λειτουργία του.
3. Πώς μπορούμε να επιτύχουμε, ώστε ένας κινητήρας εναλλασσόμενου ρεύματος να παρουσιάζει συμπεριφορά κινητήρα συνεχούς ρεύματος;

➡ Βάλτε σε κύκλο το χράμμα μπροστά από τη σωστή απάντηση

4. Στον έλεγχο κινητήρα εναλλασσόμενου ρεύματος με τη μέθοδο βαθμωτού ελέγχου V/f :
 - α. μεταβάλλεται μόνο η τάση τροφοδότησης V .
 - β. μεταβάλλεται μόνο η συχνότητα τροφοδότησης f .
 - γ. μεταβάλλεται και η τάση και η συχνότητα ώστε ο λόγος V/f να παραμείνει σταθερός.
5. Ο Αντιστροφέας είναι μετατροπείας:
 - α. ΕΡ-ΣΡ
 - β. ΣΡ-ΕΡ
 - γ. ΣΡ-ΣΡ
6. Στο κύκλωμα του αντιστροφέα τοποθετούνται αντιπαράλληλα δίοδοι:
 - α. για ταχύτητα ελέγχου.
 - β. για δημιουργία αέργου ισχύος.
 - γ. για ανόρθωση του ρεύματος.
7. Για βελτιστοποίηση ελέγχου κινητήρα εναλλασσόμενου ρεύματος ελέγχουμε χωριστά τις δύο συνιστώσες του ρεύματος στον:
 - α. έλεγχο V/f =σταθερό.
 - β. στον διανυσματικό έλεγχο.
 - γ. στον έλεγχο συχνότητας.
8. Στην είσοδο του αντιστροφέα υπάρχει ηλεκτρολυτικός πυκνωτής για:
 - α. σταθεροποίηση τάσης.
 - β. ανάστροφη λειτουργία.
 - γ. έλεγχο παλμών θυρίστορ.

Συνδέστε με γραμμή τα αντίστοιχα.

- | | | | |
|-----------------------|---|---|--------------|
| 9. Μετατροπείας ΣΡ-ΣΡ | ● | ● | Καταμητής |
| Μετατροπείας ΕΡ-ΣΡ | ● | ● | Αντιστροφέας |
| Μετατροπείας ΣΡ-ΕΡ | ● | ● | Ανορθωτής |

6. ΣΥΓΧΡΟΝΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ - ΗΛΕΚΤΡΙΚΟ ΑΥΤΟΚΙΝΗΤΟ

- | | | | |
|-----------------------------------|---|---|--|
| 10. Έλεγχος V/f =σταθερό | ● | ● | Χωριστή ρύθμιση δύο συνιστωσών |
| Διανυσματικός έλεγχος | ● | ● | Πρόβλημα στις μικρές συχνότητες, χρειάζεται διόρθωση |
| Κλειστός βρόχος ελέγχου Ταχύτητας | ● | ● | αντίδραση (feedback) |
| 11. Μονοφασικός αντιστροφέας | ● | ● | 6 θυρίστορες και 6 δίοδοι |
| Τριφασικός αντιστροφέας | ● | ● | 4 θυρίστορες και 4 δίοδοι |
| Καταμητής | ● | ● | 1 θυρίστορ και 1 δίοδος |
| 12. Αντιστροφέας | ● | ● | η έξοδος είναι παλμοί σταθερής πολικότητας |
| Διαμορφωτής εύρους παλμών (PWM) | ● | ● | παλμοί εναλλασσόμενης πολικότητας |
| Καταμητής | ● | ● | προσεγγιστική ημιτονοειδής καμπύλη |

Ενότητα 6.5.

Υβριδικό αυτοκίνητο - Ηλιακό αυτοκίνητο - Ρύπανση

Διδακτικοί στόχοι

➔ Μετά από τη μελέτη της ενότητας αυτής θα πρέπει να μπορείτε:

1. Να αναφέρετε τύπους υβριδικών αυτοκινήτων και να περιγράψετε συνοπτικά τη λειτουργία τους.
2. Να σχεδιάζετε τη δομή του ηλιακού αυτοκινήτου.
3. Να περιγράψετε τη λειτουργία του ηλιακού αυτοκινήτου.
4. Να ορίζετε την ατμοσφαιρική ρύπανση.
5. Να αναφέρετε τους κυριότερους ρύπους των αυτοκινήτων.
6. Να δίνετε λύσεις για την ελάττωση της ρύπανσης σε ότι έχει σχέση με τα αυτοκίνητα.

6.5.1. Υβριδικό αυτοκίνητο

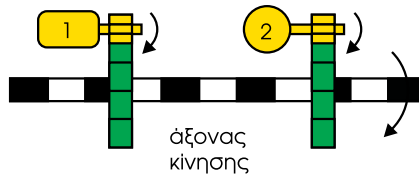
Το υβριδικό αυτοκίνητο συνδυάζει τη λειτουργία δύο κινητήρων, ενός ηλεκτρικού κινητήρα και ενός κινητήρα εσωτερικής καύσης.

Ο ηλεκτρικός κινητήρας χρησιμοποιείται για μετακινήσεις μέσα στην πόλη που υπάρχει πρόβλημα ρύπανσης και ο κινητήρας εσωτερικής καύσης για μετακινήσεις εκτός πόλης που χρειάζεται μεγάλη ταχύτητα και αυτονομία.

Υπάρχουν δύο τύποι υβριδικών αυτοκινήτων: της παράλληλης λειτουργίας και της λειτουργίας σειράς.

α) Τύπος παράλληλης λειτουργίας

Οι δύο κινητήρες συνδέονται στο στροφοφόρο άξονα της μηχανής που δίνει κίνηση στους τροχούς (σχ. 6.54). Στις μεγάλες ταχύτητες, μέσω ρυθμιστή στροφών, ενεργοποιείται ο κινητήρας εσωτερικής καύσης (βενζινοκινητήρας ή πετρελαιοκινητήρας) και στις μικρές ταχύτητες ο ηλεκτρικός κινητήρας. Η ενεργοποίηση κάθε κινητήρα μπορεί να γίνεται αυτόματα ή χειροκίνητα. Κατά την πέδηση χρησιμοποιείται πάντα ο ηλεκτρικός κινητήρας σαν γεννήτρια, για ασφαλή πέδηση και φόρτιση των συσσωρευτών. Ο κινητήρας εσωτερικής καύσης μπορεί επίσης, όταν επιθυμούμε, να χρησιμοποιηθεί για φόρτιση των συσσωρευτών.



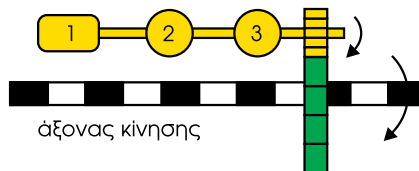
Σχ. 6.54: Υβριδικό αυτοκίνητο παράλληλης λειτουργίας.
1) Κινητήρας εσωτερικής καύσης, 2) Ηλεκτρικός κινητήρας.

β) Τύπος λειτουργίας σειράς

Οι δύο κινητήρες λειτουργούν ταυτόχρονα, ο κινητήρας εσωτερικής καύσης περιστρέφει μία γεννήτρια, που με τη σειρά της τροφοδοτεί τον ηλεκτρικό κινητήρα που περιστρέφει τον άξονα κίνησης του αυτοκινήτου (σχ. 6.55).

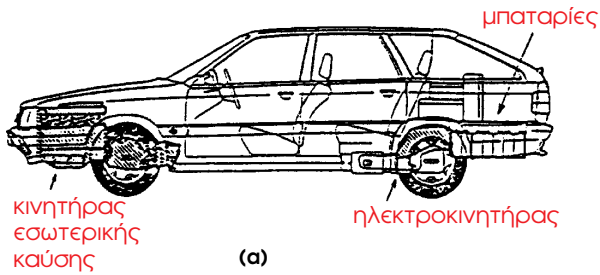
Πολλοί κατασκευαστές συνδέουν τον κινητήρα εσωτερικής καύσης με δύο γεννήτριες. Οι δύο γεννήτριες παράγουν ηλεκτρική ενέργεια, ωθούμενες από τον κινητήρα εσωτερικής καύσης. Σε σταθερές ταχύτητες ταξιδιού, η ισχύς από τις γεννήτριες μεταφέρεται στους ηλεκτροκινητήρες μέσω του ρυθμιστή. Σε χαμηλότερες ταχύτητες από την ταχύτητα ταξιδιού, η επιπλέον ηλεκτρική ισχύς χρησιμοποιείται για να φορτίσει τους συσσωρευτές. Κατά την επιτάχυνση και σε συνθήκες που χρειάζεται πρόσθετη ισχύς, οι ηλεκτροκινητήρες δέχονται επιπρόσθετη ισχύ, εκτός από τις γεννήτριες και από τους συσσωρευτές. Στην επιβράδυνση οι ηλεκτροκινητήρες μεταμορφώνονται σε γεννήτριες (επιστρέφοντας), φορτίζοντας τους συσσωρευτές.

Ο επιταχυντής ρυθμίζει ηλεκτρονικά την ροή ισχύος και κατά συνέπεια την ταχύτητα του οχήματος και τη φόρτιση/εκφόρτιση των συσσωρευτών.



Σχ. 6.55: Υβριδικό αυτοκίνητο λειτουργίας σειράς.
1) Κινητήρας εσωτερικής καύσης, 2) Γεννήτρια, 3) Ηλεκτρικός κινητήρας.

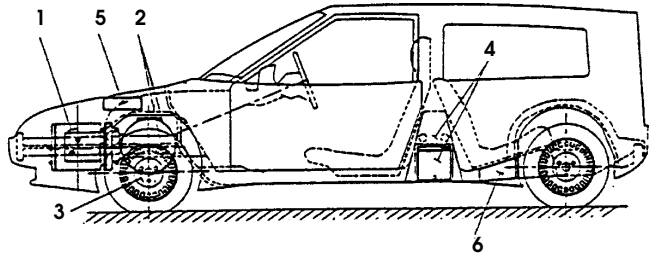
Στα σχήματα 6.56 και 6.57 φαίνονται υβριδικά αυτοκίνητα παράλληλης λειτουργίας, λειτουργίας σειράς και διαγράμματα λειτουργίας.



(α)

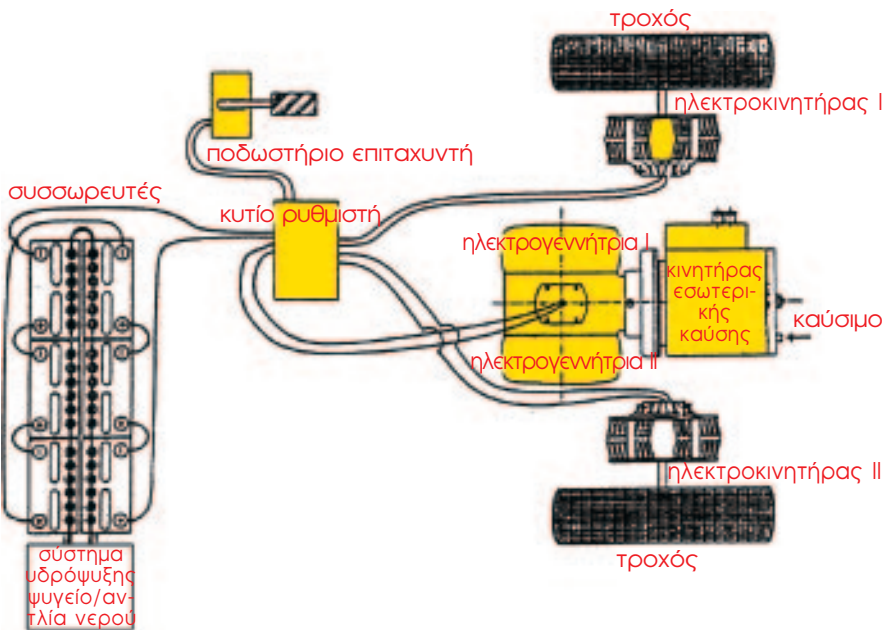
Τα κύρια μέρη του υβριδικού αυτοκινήτου λειτουργίας σειράς.

1. Μηχανή εσωτερικής καύσης
2. Δύο ηλεκτρογεννήτριες συνδεδεμένες στον κινητήρα εσωτερικής καύσης
3. Δύο ηλεκτροκινητήρες συνδεδεμένοι ο καθένας σ'ένα μπροστινό τροχό
4. Συσσωρευτές
5. Συσκευή ελέγχου του συστήματος (ρυθμιστής)
6. Δεξαμενή καυσίμου

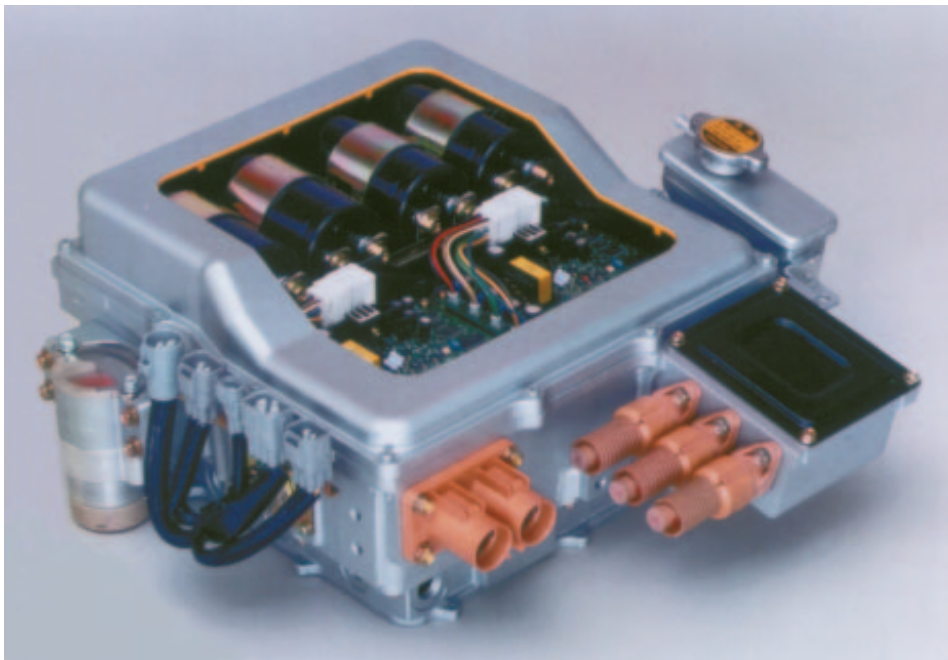


(β)

Σχ. 6.56: Υβριδικό αυτοκίνητο α) παράλληλης λειτουργίας, β) λειτουργίας σειράς.



Σχ. 6.57: Διάγραμμα λειτουργίας υβριδικού αυτοκινήτου λειτουργίας σειράς με δύο γεννήτριες και δύο κινητήρες.

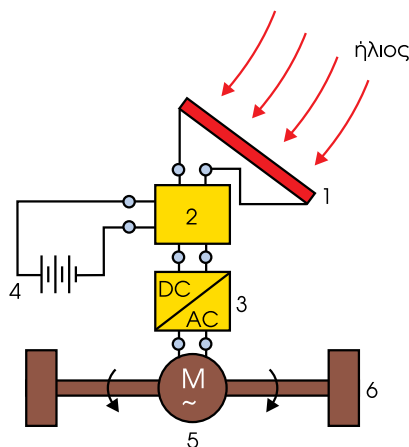


Σχ. 6.58.: Υβριδικό αυτοκίνητο Toyota.

6.5.2. Ηλιακό αυτοκίνητο

Το ηλιακό αυτοκίνητο είναι ένα ηλεκτρικό αυτοκίνητο που διαθέτει συστοιχία φωτοβολταϊκών κυττάρων για παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας. Η ενέργεια αυτή μέσω ενός ηλεκτρονικού ρυθμιστή, αφ' ενός φορτίζει τη συστοιχία συσσωρευτών, αφ' ετέρου μέσω αντιστροφέα DC/AC (INVERTER) τροφοδοτεί κινητήρα εναλλασσόμενου ρεύματος που δίνει κίνηση στους τροχούς του αυτοκινήτου. Η όλη προσπάθεια κατασκευής ηλιακού αυτοκινήτου βρίσκεται σε πειραματικό στάδιο. Έχει ως αποτέλεσμα την εξαγωγή πολύτιμων συμπερασμάτων για την εκμετάλευση της ηλιακής ενέργειας. Το μειονέκτημα βρίσκεται στη μικρή απόδοση των φωτοβολταϊκών κυττάρων, που πρακτικά δεν ξεπερνά το 5% περίπου.

1. Φωτοβολταϊκό κύτταρο
2. Ρυθμιστής
3. Αντιστροφέας
4. Συστοιχία συσσωρευτή
5. Ηλεκτρικός κινητήρας EP/AC
6. Τροχοί



Σχ. 6.59: Δομή ηλιακού αυτοκινήτου.

6.5.3. Η συμβολή του αυτοκινήτου στην ατμοσφαιρική ρύπανση

Ατμοσφαιρική ρύπανση είναι η παρουσία στην ατμόσφαιρα ουσιών ξένων με τα φυσιολογικά συστατικά της, σε συγκέντρωση και διάρκεια τέτοια που να βλάπτει τον άνθρωπο. Η ρύπανση της ατμόσφαιρας σήμερα έχει φθάσει σε απaráδεκτα ψηλά επίπεδα. Ο τεχνοκρατικός χαρακτήρας της ανάπτυξης και η λατρεία της κατανάλωσης οδήγησαν στο σημερινό περιβαλλοντικό πρόβλημα.

Το αυτοκίνητο είναι από τις σημαντικότερες πηγές ατμοσφαιρικής ρύπανσης στα μεγάλα αστικά κέντρα. Έρευνα και έκθεση του Οργανισμού Οικονομικής Συνεργασίας και Ανάπτυξης (ΟΟΣΑ) τονίζει τον ιδιαίτερο ρόλο του αυτοκινήτου στη ρύπανση για να καταλήξει στο συμπέρασμα, ότι η συμμετοχή του αυτοκινήτου αυξάνεται γρηγορότερα από τις άλλες πηγές ρύπανσης.

Οι κυριότεροι ρύποι στους οποίους έχει μεγάλη συμμετοχή το αυτοκίνητο είναι: καπνός (πετρελαιοκίνητα) και μονοξείδιο του άνθρακα (CO), μόλυβδος (Pb), υδρογο-

νάνθρακες (C_xH_y) (βενζινοκίνητα) και αμίαντος, οξειδία του αζώτου (NO_x) και οξείδια του θείου SO_x από όλα τα αυτοκίνητα.

Τα τελευταία χρόνια έχει γίνει αντιληπτό το πρόβλημα ρύπανσης και συνεχώς λαμβάνονται μέτρα για κατασκευή κινητήρων χαμηλών εκπομπών ρύπων και καύσιμο καλύτερης ποιότητας χωρίς μόλυβδο.

Η Ε.Ο.Κ. καθορίζει συνεχώς αυστηρότερα όρια εκπομπής ρύπων και αυστηρότερους μηχανισμούς ελέγχου για τα μέλη της.

ΕΣΦΣΙ της Κυριακής, 14 Ιανουαρίου 1988

ΕΠΙΛΟΓΗ ΠΡΑΞΗΣ

Ηλεκτρικό αυτοκίνητο κατά του νέφους!...

Ετοιμα 2 μοντέλα σε ΗΠΑ και Γαλλία

Ο ΘΕΟΣ δεν εγκατέλειψε ακόμα τους Αθηναίους. Μπορεί οι κυβερνήσεις μας να μη βρίσκουν λύσεις για το νέφος, η ελπίδα όμως έρχεται από ξένες αυτοκινητοβιομηχανίες που υλοποιούν καθημέρα παραβίβλους με ηλεκτρικά αυτοκίνητα.

Όλες σχεδόν οι κατασκευάστριες εταιρείες αυτοκινήτων πειραματίζονται στον τομέα αυτό, και δύο απ' αυτές έχουν φτάσει στο τελευταίο πριν από τη μαζική παραγωγή, στάδιο.

Η **Τζενεράλ Μότορς**, η μεγαλύτερη επιχείρηση του κόσμου, παρουσίασε πριν από 10 μέρες το δικό της ηλεκτρικό αυτοκίνητο, που το βιάριζε «Impact» (στα ελληνικά σημαίνει ισχύς). Τα χαρακτηριστικά του «Impact» είναι πράγ-
ματι εντυπωσιακά: Μέγιστη ταχύτητα από 0 έως 100 χλμ. μέσα σε 8 δευτερόλεπτα, και με μια αυτονομία 200 χλμ., είναι εντελώς διαφορετικό από τις μέχρι τώρα γνωστές παραλλαγές ηλεκτρικών αυτοκινήτων.

Το μοντέλο της G.M. πρέπει να γυμνάζει τις μπαταρίες του κάθε 200 χλμ., κάτι που απαιτεί μόνο δύο ώρες, ενώ πριν η φόρτιση γινόταν κάθε 100 χλμ. και χρειαζόταν 10 ώρες.

Επιπλέον, οι μπαταρίες αλλάζουν εξ ολοκλήρου κάθε 32.000 χλμ.



Ο πρόεδρος της «Τζενεράλ Μότορς», Ρόμπερτ Τζιμ, βίβνει με κάμφο το «Impact» στο εντυπωσιακό δοκιμαστικό της σταφίρας του. Πρώτος στόχος του η αγορά του νεφροειδούς της Αντιλάης.



1. Η ταχυκίνητος 2. Ηλεκτρικοί κινητήρες 3. Ο ηλεκτρικός «αξόνος» 4. Μπαταρία 5. Τραπέζιο

Η απάντηση

Η απάντηση της Ευρώπης στην αμερικανική πρόκληση ήρθε από τη γαλλική «Πεζό», η οποία είναι έτοιμη να παραδώσει στην αγορά την ηλεκτρική έκδοση του γνωστού της μοντέλου 205. Η58, η EDF (η γαλλική ΔΕΗ) έχει παραγγείλει 250 αυτοκίνητα, ενώ ενδιαφέρον έχουν εκδηλώσει και οι πόλεις Μονακό, Γκρενόμπλ, Λα Ροσέλ, Τουρ, που σε πρώτη φάση θα παραγγείλουν 200 κομμάτια.

Η αυτονομία του σε καύσιμα είναι 100-120 χλμ., και για τη φόρτιση απαιτούνται 8-10 ώρες.

Αυτό τα μεσοκίνηματα οδηγούν την «Πεζό» στις έρευνες για ένα απειροπροδοτούμενο ηλεκτρικό αυτοκίνητο, με κίνηση στους 4 τροχούς.

Το νέο μοντέλο θα έχει κίνηση και στους τέσσερις τροχούς. **Διάλα από κάθε τροχό θα είναι προσαρμοσμένο και ένα ηλεκτρικό μοτέρ.** Η κίνηση των τεσσάρων ηλεκτρικών κινητήρων θα ρυθμίζεται από ένα ηλεκτρονικό οδηγό ο οποίος είναι προσαρμοσμένος ανάμεσα στους μπροστινούς τροχούς του αυτοκινήτου.

Η προφοδότηση των ηλεκτρικών κινητήρων θα γίνεται από μία μπαταρία που θα φορτάνεται από μια τουρμπίνα, η οποία θα λειτουργεί με υγραίριο.

Η καινοτομία του συστήματος έγκειται στο ότι όταν το αυτοκίνητο κυκλοφορεί έξω από την πόλη, η τουρμπίνα τροφοδοτεί τους τέσσερις ηλεκτρικούς κινητήρες με ρεύμα, ενώ μέσα στην πόλη ο οδηγός θα μπορεί να γυρίσει ένα κομπι και να χρησιμοποιεί πλέον μόνο τους ηλεκτρικούς κινητήρες και συνεπώς δεν θα ρυπαίνεται.

Ο διευθυντής του προγράμματος Ζαν-Υβ Ελμάρ, ελπίζει ότι σε τρία χρόνια το δημοσίωμα του θα κυκλοφορεί στους δρόμους.

Και τότε αντί νέφος θα πουν οι απειδοδοξοί...

👉 Η διάδοση του ηλεκτρικού αυτοκινήτου θα δώσει λύση στην ατμοσφαιρική ρύπανση των πόλεων από τα καυσαέρια. Η διάδοση αυτή όμως φαίνεται να ακολουθεί αργό ρυθμό που οφείλεται στα πολλά τεχνικά προβλήματα που υπάρχουν. Σημαντικότερα από αυτά είναι η κατασκευή φθηνών, ελαφρών και με μεγάλη χωρητικότητα συσσωρευτών. Το υβριδικό όχημα μπορεί να καλύψει στο άμεσο μέλλον ανάγκες δημόσιων υπηρεσιών, εταιριών ακόμα και ιδιωτών.

Τα Νέα της ΕΛΠΑ

ΕΛΛΗΝΙΚΗ ΛΕΣΧΗ ΑΥΤΟΚΙΝΗΤΟΥ ΚΑΙ ΠΕΡΙΗΓΗΣΕΩΝ

τεύχος 308

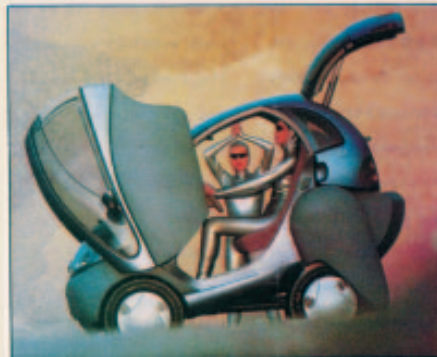
Το σήμερα και το αύριο



Ηλεκτροκίνητα σε μαντρίνο στίλ

Στην πρόσφατη διεθνή έκθεση του Παρισιού, η Ρενό παρουσίασε, σε συνεργασία με τη Μοτρά ένα νέο πρωτοπαρειακό αυτοκίνητο πόλης, το ZOOM. Πρόκειται για ένα διθέσιο αυτοκίνητο που συνδυάζει τα προτερήματα του ηλεκτρικού σχήματος με το μικρότερο δυνατό σμάζωμα.

Με ένα «σαλόνι» μεγαλύτερο από τις εμπρός θέσεις των συμβατικών αυτοκινήτων, το ZOOM αξιοποιεί το σχεδιασμό ενός όγκου, ενώ η άνεση στην οδήγηση εξασφαλίζεται με τη ρύθμιση εμπρός-πίσω ολόκληρης της θέσης του οδηγού (μαζί με το τιμόνι, τους διακόπτες και το πεντάλι). Για να εξασφαλισθεί η προσοχή του οδηγού εμφανίζονται διαδοχικά στο ταμπλό μόνο οι βασικές πληρο-



φορίες, όπως η ταχύτητα, το ηχητικό (ή οπτικό) σήμα όταν πέσει η πίεση στα λάστιχα, το κομπιούτερ που δείχνει συνεχώς την αυτονομία σε συνδυασμό με το μέτρο κατανάλωσης από την προηγούμενη φόρτιση κλπ.

Τα κρατήματα στο δρόμο του ZOOM είναι εξαιρετικά κι αυτό

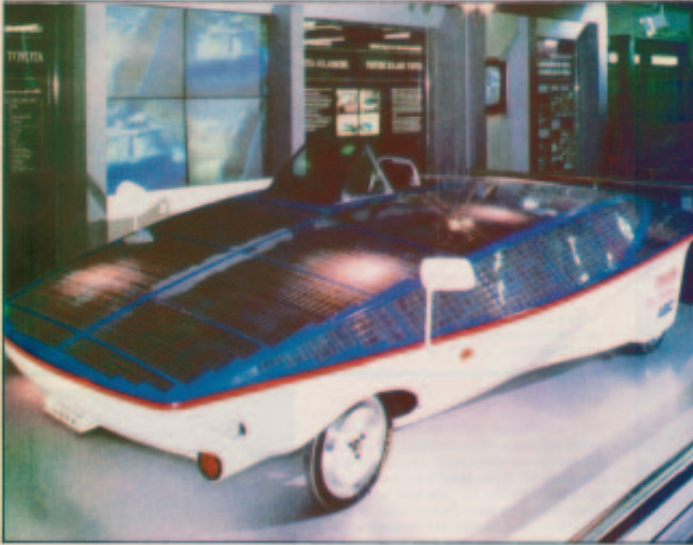
χάρη στο μεταβαλλόμενο μήκος του αμαξώματος. Μια πρωτοτυπία που επιτρέπει τη σμίκρυνση - «αναδιπλώση» του αυτοκινήτου κατά 60 ολόκληρα εκατοστά, ιδιαίτερα χρήσιμη στο παρκάρισμα. Συγκεκριμένα, οι πίσω ρόδες (μαζί με τα φτερά τους) μπορούν να μετα-

κινήθουν προς τα εμπρός και να έλθουν σε κατακόρυφη θέση, οπότε το μήκος του αυτοκινήτου μειώνεται από 2μ. 65 σε 2μ. 35.

Το ZOOM εφοδιάζεται με ένα ηλεκτρικό μοτέρ ισχύος 25 Κιλοβάτ που αναπτύσσει ταχύτητα 120 χιλ.ώρα και έχει επιτάχυνση 6" για τα 0-50 χιλ.ώρα. Η αυτονομία του είναι 150 χιλ. σε κίνηση μέσα στην πόλη και 260 χιλ. με σταθερή ταχύτητα 50 χιλ.ώρα.

Πρέπει παράλληλα με τη βελτίωση του συμβατικού αυτοκινήτου να αναπτυχθεί και η τεχνολογία που συνδέεται με το ηλεκτρικό αυτοκίνητο, να βελτιωθούν τα προσφερόμενα καύσιμα, να χρησιμοποιηθούν τα εναλλακτικά νέα καύσιμα και να δοθούν κίνητρα για αγορά και συντήρηση ηλεκτρικών αυτοκινήτων.

**«Ουδέν καλόν αμιγές κακού»,
αλλά με το ελάχιστο δυνατό...**



Ένα από τα πειραματικά ηλιακά αυτοκίνητα είναι το Ra Ra της Η Τογιάτα που αναπτύσσει ταχύτητα 40 χιλ.ώρα

Η επιτακτική ανάγκη της αποτελεσματικής προστασίας του περιβάλλοντος από κάθε είδους ρύπους έχει ευαισθητοποιήσει την παγκόσμια αυτοκινητοβιομηχανία που έχει κάνει, τα τελευταία χρόνια, σημαντική πρόοδο στον τομέα αυτό.

Φυσικά, ο κυριότερος ρυπογόνος (και ηχορυπογόνος) «φορέας» του αυτοκινήτου είναι ο κινητήρας και για την αντιμετώπιση του προβλήματος καθιερώθηκε στις περισσότερες απ' τις προηγμένες βιομηχανικά χώρες (Ην. Πολιτείες, Γερμανία, Ιαπωνία, Ελβετία, Αυστρία, Σουηδία κ.λπ.) Ο καταλυτικός μετασχηματισμός που «ξεγυρίζει» κατά ένα μεγάλο ποσοστό τα καυσαέρια. Όμως αυτό δεν αρκεί και έτσι αναζητούνται άλλες, πιο δραστικές λύσεις.

Συγκεκριμένα γίνονται με εντατικό ρυθμό πειράματα για τη χρήση στους κινητήρες σωτηρικής καύσης άλλων – πέρα απ' τη βενζίνη και το πετρέλαιο – καυσίμων υγρών, όπως της μεθανόλης, του φυσικού αερίου και του υδρογόνου που είναι πολύ πιο «καθαρές». Ακόμα πιο ριζοσπαστικό χαρακτήρα έχει η προσπάθεια τελειοποίησης (και πρακτικής εφαρμογής) της ηλεκτροκίνησης (η Ε.Ε.Π.Α. έχει αναλάβει ήδη σχετική

πρωτοβουλία στη χώρα μας – ενώ παράλληλα, οι επιστήμονες έχουν στρέψει την έρευνά τους και προς την ηλεκτρική ενέργεια. Έτσι, έχουν ήδη κατασκευαστεί μερικά πειραματικά ηλιακά αυτοκίνητα, που χάρη στην «αποθήκευση» ενέργειας στις ειδικές μπαταρίες τους, μπορούν να κινούνται και όταν ακόμη τα αννεφεα σκεπάζουν τον ήλιο!

Επίσης, τώρα, δοκιμάζονται άλλα φυσικά που υπολογίζεται ότι θ' αρχίσουν να χρησιμοποιούνται μετά από 2-3 χρόνια.

Τέλος, μια σημαντική πρόκληση των περιβάλλοντος προέρχεται απ' τα υλικά κατασκευής των αυτοκινήτων που, όταν πιάσουν και καταστραφούν, γίνονται επικίνδυνα. Έτσι, έχει ξεκινήσει ήδη μια «εκστρατεία» για τη χρήση, από τις βιομηχανικές υλικών, που μπορούν ν' αφαιρεθούν απ' το αυτοκίνητο – πριν αυτό πάει στην πρέσα – και ν' ανακυκλωθούν. Δηλαδή, να μην «εγκαταλειφθούν» στη φύση αλλά να ξαναχρησιμοποιηθούν για άλλους σκοπούς. Σημαντική πρόοδο στον τομέα αυτό έχουν πραγματοποιήσει οι Γερμανοί και οι Ιάπωνες που τα πριόνια τους μο-

ρουν ν' ανακυκλωθούν κατά 75% περίπου. Χαρακτηριστικά αναφέρουμε ότι στην Ιαπωνία οι λασπιτήρες κατασκευάζονται από ανακυκλωμένα υλικά παλαιών αυτοκινήτων. Και, βέβαια, η εκμετάλλευση των όσων έχουν περισείες απ' τις «σακαράκες» δεν περιορίζεται μόνο στους λασπιτήρες.

Βλέπουμε, λοιπόν, ότι οι όποιες δυσμενείς παρενέργειες του αυτοκινήτου, που αναφερόμενη είναι ένα απ' τα μεγαλύτερα «αγσθά» της σύγχρονης κοινωνίας και επέτρεψε όταν άνθρωποι να διευρύνει τους ορίζοντές του δεν προέρχονται μόνο απ' τους κινητήρες. Υπάρχουν και άλλα «μέρη» του αυτοκινήτου εξίσου επιβλαβή για τη φύση και τον άνθρωπο, όπως π.χ. το φυτόκο των συστημάτων κλιματισμού (αερισμόσισόν) που – όπως έχει διαπιστωθεί – καταστρέφει το προστατευτικό στρώμα του όζοντος. Αυτό πρέπει να περιορισθούν στο ελάχιστο. Επειδή «ουδέν καλόν αμιγές κακού», έχουμε υποχρέωση όλοι – κατασκευαστές και χρήστες του αυτοκινήτου – αυτό το «κακόν» να γίνει όσο το δυνατόν μικρότερο.

**Διεθνές σεμινάριο
για την
οδική κυκλοφορία**

Η Διεθνής Ομοσπονδία Τουρισμού (ΑΙΤ), η Διεθνής Ομοσπονδία Αυτοκινήτου (FIA), η Διεθνής Οδική Ομοσπονδία (IRF) και η Μόνιμη Διεθνής Ομοσπονδία Οδικών Συνεδρίων (PIARC), δηλαδή όλοι οι μεγάλοι οργανισμοί που ασχολούνται με το αυτοκίνητο, τον τουρισμό, τους δρόμους, την κυκλοφορία κ.λπ., διοργανώνουν περιοδικά – από το 1953 – ένα διεθνές σεμινάριο μελέτης με ομιλητές ειδικούς επιστήμονες και τεχνικούς απ' όλον τον κόσμο αλλά με ελεύθερη συμμετοχή όσων ενδιαφέρονται για τα συγκεκριμένα θέματα. Το 17ο σεμινάριο θα γίνει από 7-12 Σεπτεμβρίου 1992 στη Βαρσοβία και το θέμα του είναι «Η οδική κυκλοφορία σε αναζήτηση μιας νέας ισορροπίας». Οι ομιλητές θ' αναφερθούν στις προοπτικές των κυκλοφοριακών συνθηκών στο εγγύς μέλλον, στα αίτια των κυκλοφοριακών συμφουρήσεων, στην καλύτερη χρήση του χώρου των δρόμων, στις καινούριες τεχνολογίες και στην οδική ασφάλεια στην Ευρώπη. Οι συζητήσεις θα γίνουν στην αγγλική, γαλλική και γερμανική γλώσσα, με ταυτόχρονη μετάφραση. Οι ενδιαφερόμενοι που θέλουν να μεταχθούν στο διεθνές αυτό σεμινάριο, μπορούν ν' απευθυνθούν για περισσότερες λεπτομέρειες στην Ε.Ε.Π.Α. στο τηλέφωνο 7786.245.

6.6.4. Ερωτήσεις

1. Τύποι και λειτουργία υβριδικών αυτοκινήτων.
2. Από ποια τμήματα αποτελείται ένα ηλιακό αυτοκίνητο;
3. Πώς μπορεί να συμβάλει το ηλεκτρικό αυτοκίνητο στην ελάττωση της ρύπανσης της ατμόσφαιρας;
4. Πλεονεκτήματα-μειονεκτήματα ηλιακού αυτοκινήτου.
5. Αναφέρετε τους κυριότερους ρυθμούς στους οποίους συμμετέχει το αυτοκίνητο.
6. Γράψτε τα μέγιστα επιτρεπόμενα όρια ρύπων αυτοκινήτων (πηγή πληροφοριών είναι το ΠΕΡΠΑ, το Υπουργείο Συγκοινωνιών, τα συνεργεία αυτοκινήτων που εκδίδουν Κάρτα Ελέγχου Καυσαερίων).
7. Αναφέρετε τα συνηθέστερα αίτια υπέρβασης των ορίων ρύπων, από τα αυτοκίνητα.
8. Προτείνετε τρόπους αντιμετώπισης του προβλήματος της ρύπανσης της ατμόσφαιρας που συνδέονται με την αυτοκίνηση.

Συνδέστε με γραμμή τα αντίστοιχα

- | | | |
|------------------------|---|--|
| 9. Υβριδικό αυτοκίνητο | ● | ● Φωτοβολταϊκό κύτταρο |
| Ηλιακό αυτοκίνητο | ● | ● Κινητήρας εσωτερικής καύσης και Ηλεκτροκινητήρας |
| Ηλεκτρικό αυτοκίνητο | ● | ● Ηλεκτρικός κινητήρας |

6.6. Ανακεφαλαίωση

♦ Τα τελευταία χρόνια το ηλεκτρικό αυτοκίνητο επανήλθε στην επικαιρότητα λόγω ενεργειακής κρίσης, ρύπανσης του περιβάλλοντος και ανάπτυξης της τεχνολογίας συσσωρευτών και μετατροπών.

♦ Οι σημαντικότεροι τύποι συσσωρευτών είναι Μολύβδου (Pb), Νικελίου-Καδμίου (Ni-Cd), Νατρίου-Θείου (Na-S) και Λιθίου (Li).

♦ Η φόρτιση του συσσωρευτή γίνεται με φορτιστή. Ο φορτιστής τροφοδοτείται με χαμηλή τάση 220V/50Hz, την υποβιβάζει μέσω μετασχηματιστή και τη μετατρέπει σε συνεχή μέσω ανορθωτικής γέφυρας. Ανάλογα με το χρόνο φόρτισης διακρίνουμε τη μέθοδο της ταχείας φόρτισης και της αργής φόρτισης.

♦ Οι κινητήρες συνεχούς ρεύματος έχουν μεγάλη εφαρμογή στην αυτοκίνηση μέχρι σήμερα. Ο κινητήρας με διέγερση σειράς δίνει μεγάλη ροή εκκίνησης και ελαστικότητα λειτουργίας. Τα τελευταία όμως χρόνια με την ανάπτυξη των ηλεκτρονικών ισχύος έχουμε την δυνατότητα ανεξάρτητου ελέγχου της τάσης τροφοδοσίας του τύμπανου και του ρεύματος διέγερσης, με αποτέλεσμα την αυξανόμενη χρησιμοποίησή τους.

♦ Οι κινητήρες εναλλασσόμενου ρεύματος εμφανίζουν μεγάλο βαθμό απόδοσης, μεγάλη ροπή σε όλες τις περιοχές στροφών, μικρό κόστος στη συντήρηση και πλήρη έλεγχο λειτουργίας μέσω ηλεκτρονικού ρυθμιστή. Ο τύπος του ασύγχρονου κινητήρα βραχυκυκλωμένου δρομέα έχει επικρατήσει τα τελευταία χρόνια στο αυτοκίνητο. Ο σύγχρονος κινητήρας λειτουργεί πάντα κοντά στη μέγιστη ροπή και ισχύ. Με ηλεκτρονικό ρυθμιστή επεκτείνεται η ταχύτητα λειτουργίας του και μπορεί έτσι να χρησιμοποιηθεί στην αυτοκίνηση.

♦ Ο έλεγχος ταχύτητας κινητήρων συνεχούς ρεύματος γίνεται μέσω κατατημητή. Ο κατατημητής είναι ένας ηλεκτρονικός μηχανισμός με θυρίστορ που μετατρέπει μία συνεχή τάση σε συνεχή άλλη τιμή.

Υπάρχουν δύο μέθοδοι ρύθμισης της τάσης τροφοδοσίας του κινητήρα:

α) Διαμόρφωση πλάτους παλμών και **β)** Διαμόρφωση συχνότητας παλμών.

♦ Ο έλεγχος ταχύτητας κινητήρων εναλλασσόμενου ρεύματος γίνεται μέσω αντιστροφέα. Ο αντιστροφέας είναι ένας ηλεκτρονικός ρυθμιστής με θυρίστορ ή ειδικά τρανζίστορ και μπορεί και μεταβάλλει την τάση και τη συχνότητα τροφοδοσίας του κινητήρα. Είναι ένας μετατροπέας συνεχούς ρεύματος σε εναλλασσόμενο.

♦ Το υβριδικό αυτοκίνητο συνδυάζει τη λειτουργία δύο κινητήρων, ενός ηλεκτρικού μέσα στην πόλη και ενός κινητήρα εσωτερικής καύσης για μετακινήσεις εκτός πόλης. Υπάρχουν δύο τύποι υβριδικών αυτοκινήτων: α) παράλληλης λειτουργίας και β) λειτουργίας σειράς.

♦ Το ηλιακό αυτοκίνητο διαθέτει φωτοβολταϊκό κύτταρο για παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από τον ήλιο και ηλεκτρονικό ρυθμιστή που τροφοδοτεί ηλεκτρικό κινητήρα εναλλασσόμενου ρεύματος.

♦ Η ρύπανση της ατμόσφαιρας έχει φθάσει σε απαράδεκτα όρια. Το αυτοκίνητο είναι σύμφωνα με τον ΟΟΣΑ, μία από τις σημαντικότερες πηγές ρύπανσης. Η διάδοση του ηλεκτρικού αυτοκινήτου θα βελτιώσει τις συνθήκες διαβίωσης μέσα στις πόλεις.

Συντμήσεις

Στο βιβλίο αναφέρονται πολύ συχνά βασικοί όροι με τα αρκτικόλεξα ή με τα σύμβολά τους. Για διευκόλυνση των μαθητών παραθέτουμε στη σελίδα αυτή τα αρκτικόλεξα και τα σύμβολα με την ερμηνεία τους.

Η.Ε.	Ηλεκτρική Ενέργεια
Ε.Ρ.	Εναλλασσόμενο Ρεύμα
Σ.Ρ.	Συνεχές Ρεύμα
Μ/Σ	Μετασχηματιστής
Υ.Τ.	Υψηλή Τάση
Χ.Τ.	Χαμηλή Τάση
1~Μ/Σ	Μονοφασικός Μετασχηματιστής
3~Μ/Σ	Τριφασικός Μετασχηματιστής
Μ.Π.	Μαγνητικό Πεδίο
Η.Ε.Δ.	Ηλεκτρεγερτική Δύναμη
Μ/Χ	Μετασχηματιστής με μόνωση Χυτορητίνης
Μ.Τ.	Μέση Τάση
Υ/Σ	Υποσταθμός
Δ-Υ	Ζεύξη Αστέρα-Τριγώνου
ΑΜ/Σ	Αυτομετασχηματιστής
Α.Δ.	Αυτόματος Διακόπτης
Α.Η.Ε.Δ.	Αντιηλεκτρεγερτική Δύναμη
Η/Ζ	Ηλεκτροπαραγωγά Ζεύγη
Α.Τ.Κ.	Ασύγχρονος Τριφασικός Κινητήρας
Κ.Β.Δ.	Ασύγχρονος Τριφασικός Κινητήρας με Βραχυκυκλωμένο Δρομέα
Κ.Δ.Δ.	Ασύγχρονος Τριφασικός Κινητήρας με Δακτυλιοφόρο Δρομέα
Δ/ΥΥ	Τύλιγμα
Υ/ΥΥ	Τύλιγμα
Α.Μ.Κ.	Ασύγχρονος Μονοφασικός Κινητήρας
Β.Τ.	Βοηθητικό Τύλιγμα
Τ.Α.	Τύλιγμα Αντιστάθμισης
Δ.Ε.Η.	Δημόσια Επιχείρηση Ηλεκτρισμού
Π.Ε.	Πηνίο Έντασης
Π.Τ.	Πηνίο Τάσης