



# ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΗ ΑΝΑΦΛΕΞΗ

Ν.ΔΑΝΙΗΛ ΔΙΕΥΘΥΝΤΗΣ  
ΣΧΟΛΗΣ ΑΕΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ  
ΧΙΟΥ

# ΕΙΣΑΓΩΓΗ

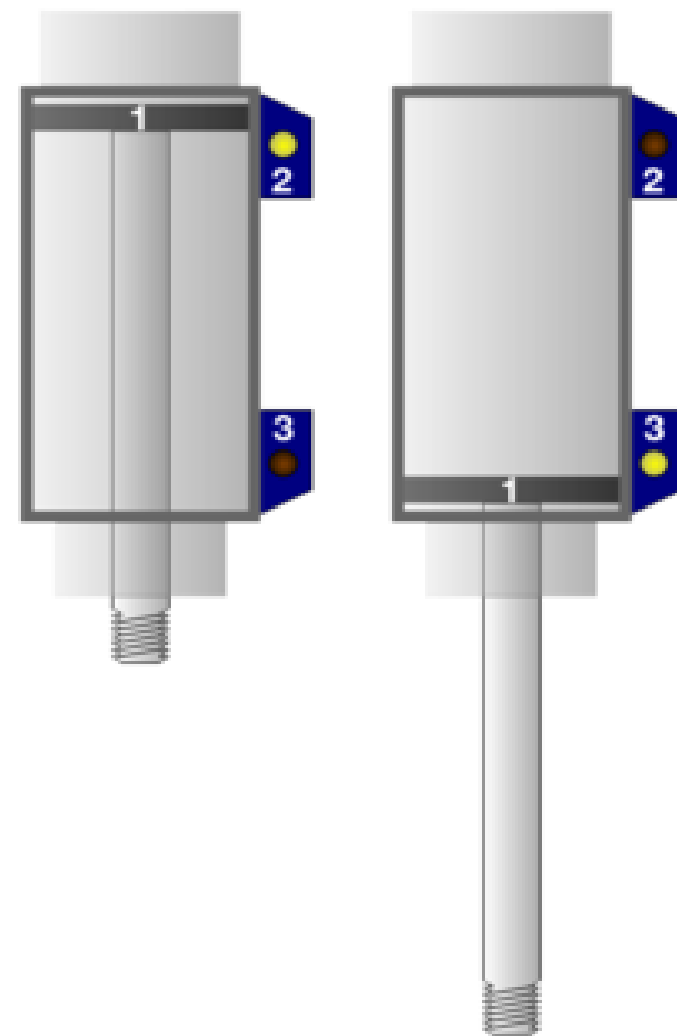
Σε ένα εμβολοφόρο κινητήρα θεωρητικά η ανάφλεξη πρέπει να γίνει τη στιγμή που το έμβολο βρίσκεται στο ΑΝΣ (άνω νεκρό σημείο), λίγο πριν και τα καυσαέρια θα εμποδίσουν το έμβολο όσο ανεβαίνει προς το ΑΝΣ ενώ λίγο μετά και θα έχει σπταταληθεί μέρος της προς τα κάτω διαδρομής του εμβόλου χωρίς να παραχθεί έργο.

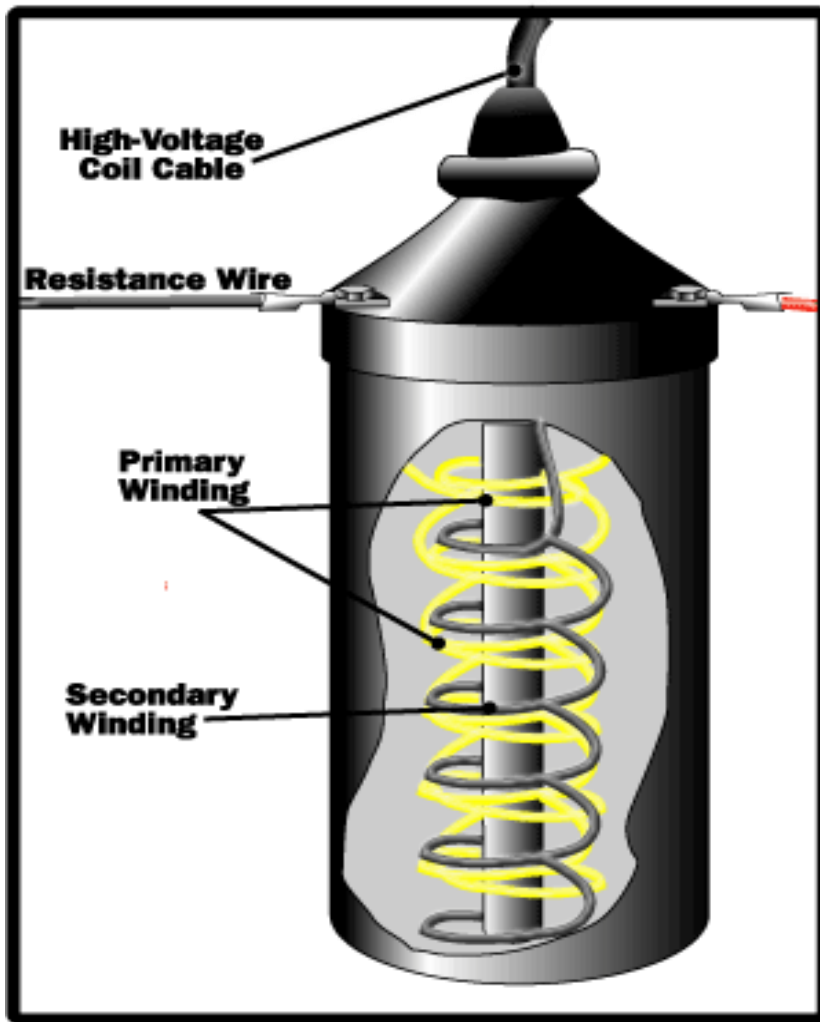
Η λέξη θεωρητικά εδώ όμως έχει μεγάλη σημασία, αν θεωρήσαμε πως η ανάφλεξη γίνεται στιγμιαία, πράγμα που μπορεί προσεγγιστικά να ισχύει σε βραδυστροφους κινητήρες αλλά απέχει πολύ από την πραγματικότητα στους περισσότερους κινητήρες αυτοκινήτων και μοτοσικλετών. Στην πράξη θέλουμε η ανάφλεξη να γίνει την κατάλληλη χρονική στιγμή ώστε να μην επιβραδύνει το ανερχόμενο έμβολο (πριν το ΑΝΣ) και να μην σπταταληθεί ωφέλιμη διαδρομή του εμβόλου προς τα κάτω (μετά το ΑΝΣ).

Το καύσιμο μίγμα χρειάζεται ένα δεδομένο χρόνο για να καεί και όσο ο κινητήρας δουλεύει με περισσότερες στροφές ανά λεπτό ο χρόνος αυτός μειώνεται. Η ιδανική στιγμή για την ανάφλεξη είναι η δημιουργία της μέγιστης πίεσης των καυσαερίων τη στιγμή που το έμβολο βρίσκεται στο ΑΝΣ, άρα σε υψηλές στροφές λειτουργίας ο σπινθήρας δημιουργείται όταν ακόμα το έμβολο ανεβαίνει ώστε μέχρι το ΑΝΣ να έχει σχηματιστεί η μέγιστη δυνατή πίεση των καυσαερίων. Το χρονικό αυτό διάστημα, από τον σπινθήρα μέχρι το ΑΝΣ ονομάζεται μηχανισμός προπορείας σπινθήρα (Advance) και στα σύγχρονα αυτοκίνητα και μοτοσικλέτες ρυθμίζεται από την ηλεκτρονική ανάφλεξη.

Στους σύγχρονους νέας αντιρρυπαντικής τεχνολογίας βενζινοκινητήρες χρησιμοποιούνται διάφοροι τύποι ηλεκτρονικών αναφλέξεων με πολλά πλεονεκτήματα σε σχέση με το συμβατικό σύστημα αναφλέξεως. Οι περισσότεροι από τους τύπους αυτούς συνδυάζονται με συστήματα τροφοδοσίας με έγχυση καυσίμου (injection) και κεντρική ηλεκτρονική μονάδα ελέγχου, η οποία ελέγχει ταυτόχρονα τόσο το σύστημα αναφλέξεως όσο και την λειτουργία του συστήματος εγχύσεως του καυσίμου. Οι κυριότεροι τύποι ηλεκτρονικών αναφλέξεων κατά χρονολογική σειρά αναπτύξεως είναι οι εξής:

- Ηλεκτρονική ανάφλεξη με πλατίνες και τρανζίστορ.
- Ηλεκτρονική ανάφλεξη με γεννήτρια Hall.
- Ηλεκτρονική ανάφλεξη με γεννήτρια παλμών επαγωγικού τύπου.
- Ηλεκτρονική ανάφλεξη με κεντρική μονάδα ελέγχου.
- Ηλεκτρονική ανάφλεξη με κεντρική μονάδα ελέγχου χωρίς διανομέα.

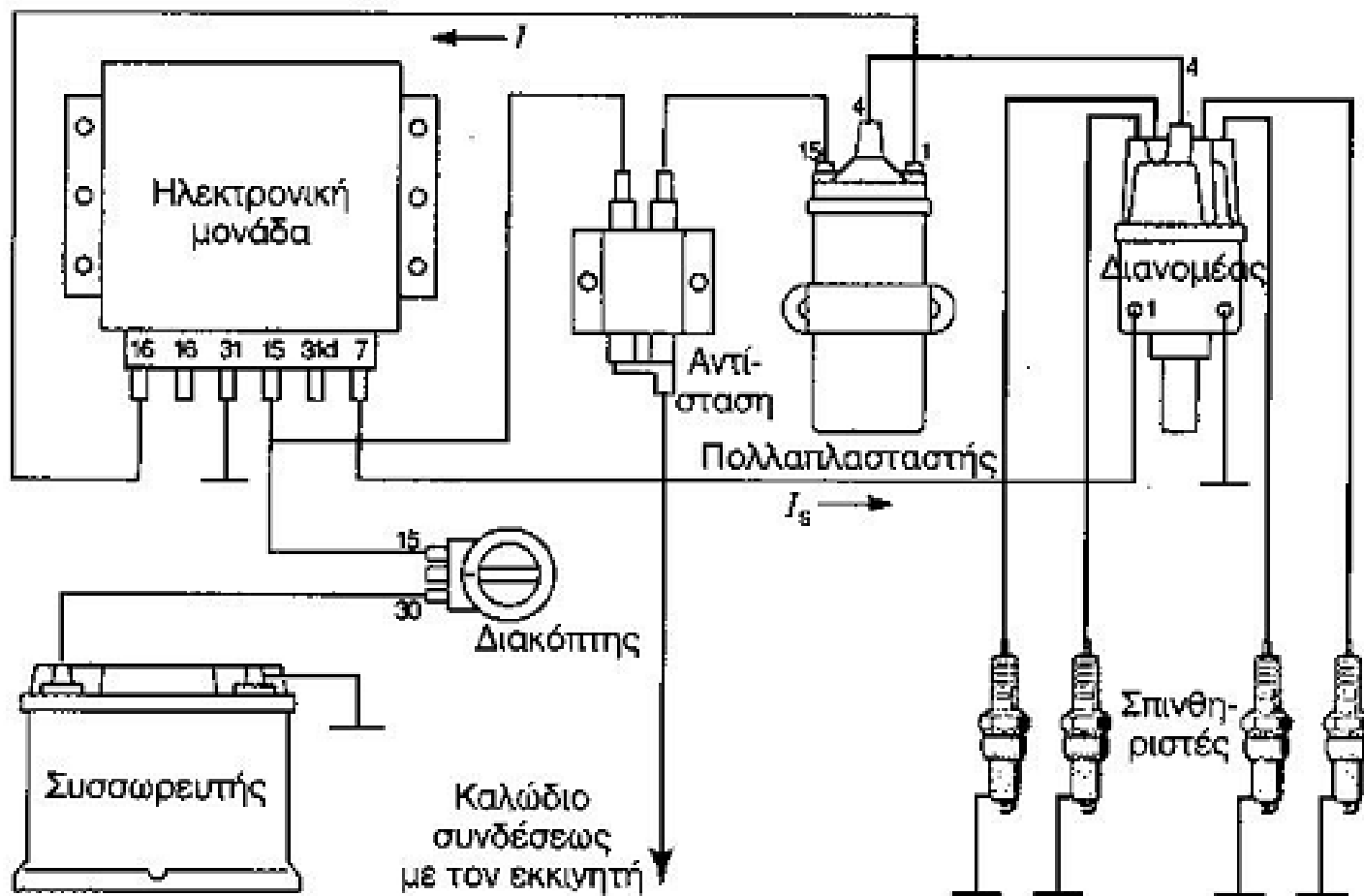




### *α) Ηλεκτρονική ανάφλεξη με πλατίνες και τρανζίστορ.*

Το σύστημα αναφλέξεως με πλατίνες και τρανζίστορ διαφέρει από το συμβατικό στο ότι ο έλεγχος του ηλεκτρικού ρεύματος του πρωτεύοντος τυλίγματος του πολλαπλασιαστή δεν γίνεται άμεσα από τις πλατίνες, αλλά έμμεσα μέσω μιας ηλεκτρονικής μονάδας (σχ. 16.3η). Αυτή αποτελείται από ένα τρανζίστορ και αντιστάσεις σε κατάλληλη συνδεσμολογία και συνδέεται με το πρωτεύον τυλίγμα του πολλαπλασιαστή. Επομένως οι πλατίνες δεν καταπονούνται με το ισχυρό ρεύμα που διαρρέει το πρωτεύον του πολλαπλασιαστή κι έτσι έχουν μεγαλύτερη διάρκεια ζωής.

Η ηλεκτρονική ανάφλεξη με πλατίνες και τρανζίστορ επιτυγχάνει μεγαλύτερη διάρκεια ζωής των πλατινών και ισχυρότερους σπινθήρες στους σπινθηριστές. Το ηλεκτρονικό σύστημα αναφλέξεως με πλατίνες και τρανζίστορ δεν χρησιμοποιείται πλέον.

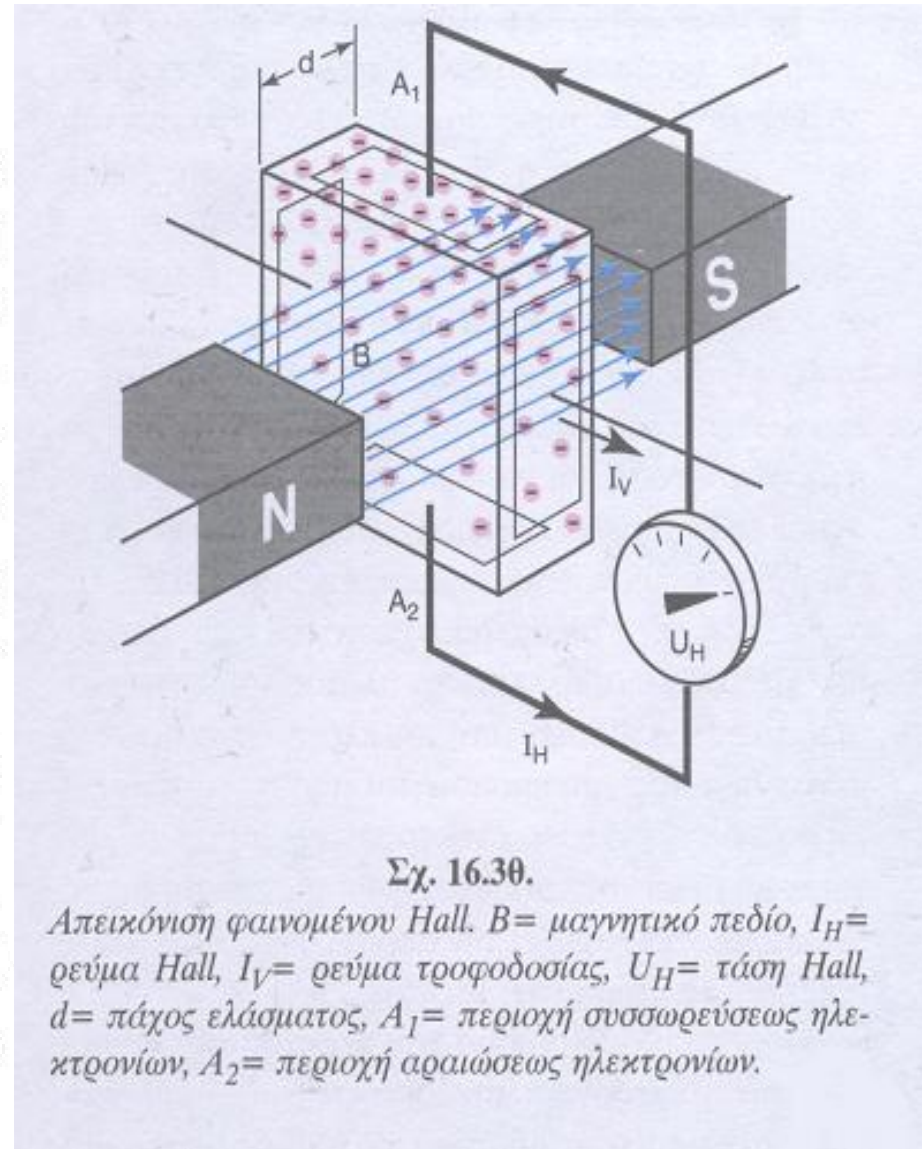


**Σχ. 16.3η.**

*Σχηματικό διάγραμμα συστήματος αναφλέξεως με πλατίνες και τρανζίστορ.*

### β) Ηλεκτρονική ανάφλεξη με γεννήτρια Hall.

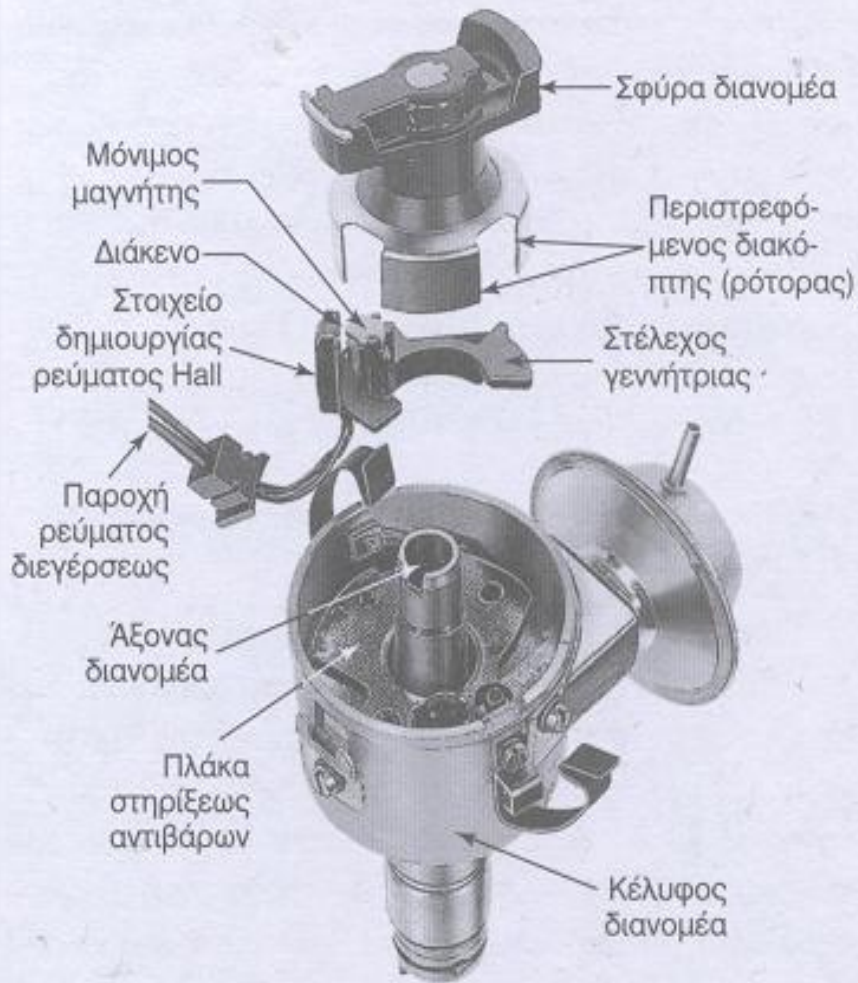
Ο τύπος αυτός της αναφλέξεως χρησιμοποιείται σε δύο παραλλαγές. Στην πιο απλή παραλλαγή, η γωνία Dwell προσδιορίζεται από τη μορφή που έχει ο ρότορας του διανομέα. Στη δεύτερη παραλλαγή περιλαμβάνει μία μονάδα ελέγχου με υβριδικό κύκλωμα, η οποία ρυθμίζει αυτόματα τη γωνία Dwell. Στην ηλεκτρονική ανάφλεξη, οι πλατίνες έχουν αντικατασταθεί με μία γεννήτρια παλμών. Η λειτουργία της γεννήτριας αυτής βασίζεται στο φαινόμενο Hall, σύμφωνα με το οποίο τα ελεύθερα ηλεκτρόνια που κινούνται μέσα σε έναν αγωγό εκτρέπονται από την πορεία τους, με την επίδραση ενός ομοιογενούς μαγνητικού πεδίου, του οποίου οι μαγνητικές γραμμές είναι κάθετες στη διεύθυνση της κινήσεώς τους (σχ. 16.30).



Η γεννήτρια Hall είναι τοποθετημένη στο άνω τμήρα διανομέα, ο οποίος είναι ειδικής κατασκευής (σχ. 16.3ι). Αποτελείται από ένα ρότορα, που έχει μορφή αντεστραμμένου ποτηριού με ανοίγματα στην παράπλευρη επιφάνειά του. Ο ρότορας περιστρέφεται με τις στροφές του άξονα του διανομέα. Ο αριθμός των ανοιγμάτων αντιστοιχεί στον αριθμό των κυλίνδρων του κινητήρα, και το μήκος τόξου μεταξύ δύο διαδοχικών ανοιγμάτων, προσδιορίζει τη μέγιστη γωνία Dwell. Στο εσωτερικό του διανομέα υπάρχει σταθερά τοποθετημένο ένα ζεύγος μικρών μαγνητικών πόλων, οι οποίοι είναι κατασκευασμένοι από σιδηρομαγνητικό υλικό, ενώ στο μεταξύ τους διάκενο παρεμβάλλεται η παράπλευρη επιφάνεια του ρότορα (σχ. 16.3ι και 16.3ια).

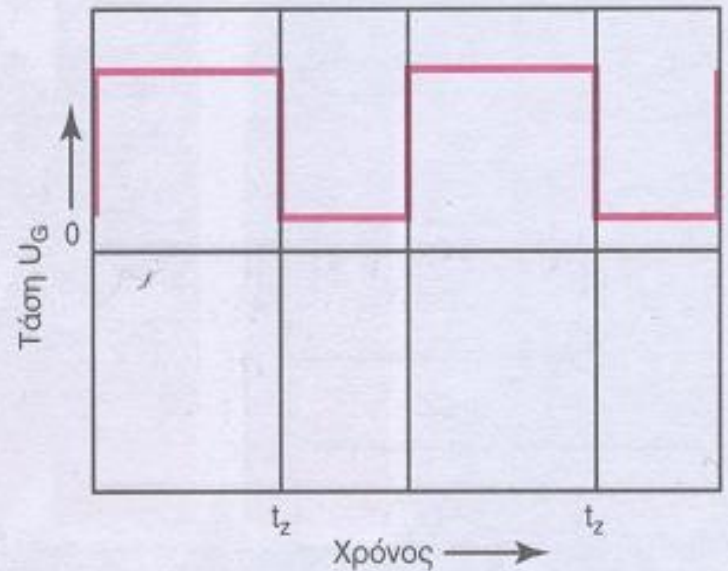
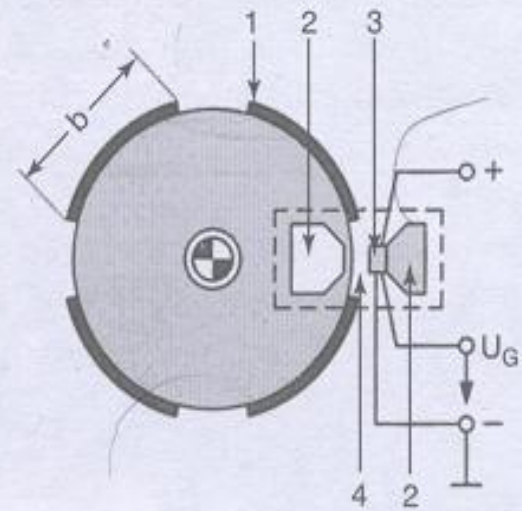
Με την περιστροφή του ρότορα διαμέσου του διακένου των δύο πόλων, δημιουργείται εναλλαγή στη μαγνητική ροή που διέρχεται από τον αγωγό Hall. Έτσι όταν περνά το άνοιγμα της παράπλευρης επιφάνειας του ρότορα, υπάρχει πλήρης διέλευση μαγνητικής ροής από τον ένα πόλο στον άλλο και επομένως, σύμφωνα με το φαινόμενο Hall, εμφάνιση τάσεως στο άκρο του αγωγού Hall. Αντίθετα όταν περνά μεταξύ των πόλων η μεταλλική παράπλευρη επιφάνεια του ρότορα, η μαγνητική ροή διασκορπίζεται και μόνο ένα μικρό τμήμα της φθάνει από τον ένα πόλο στον άλλο, με αποτέλεσμα την πτώση τάσεως λόγω του φαινομένου Hall.





Σχ. 16.3ι.

Διανομέας με γεννήτρια Hall.



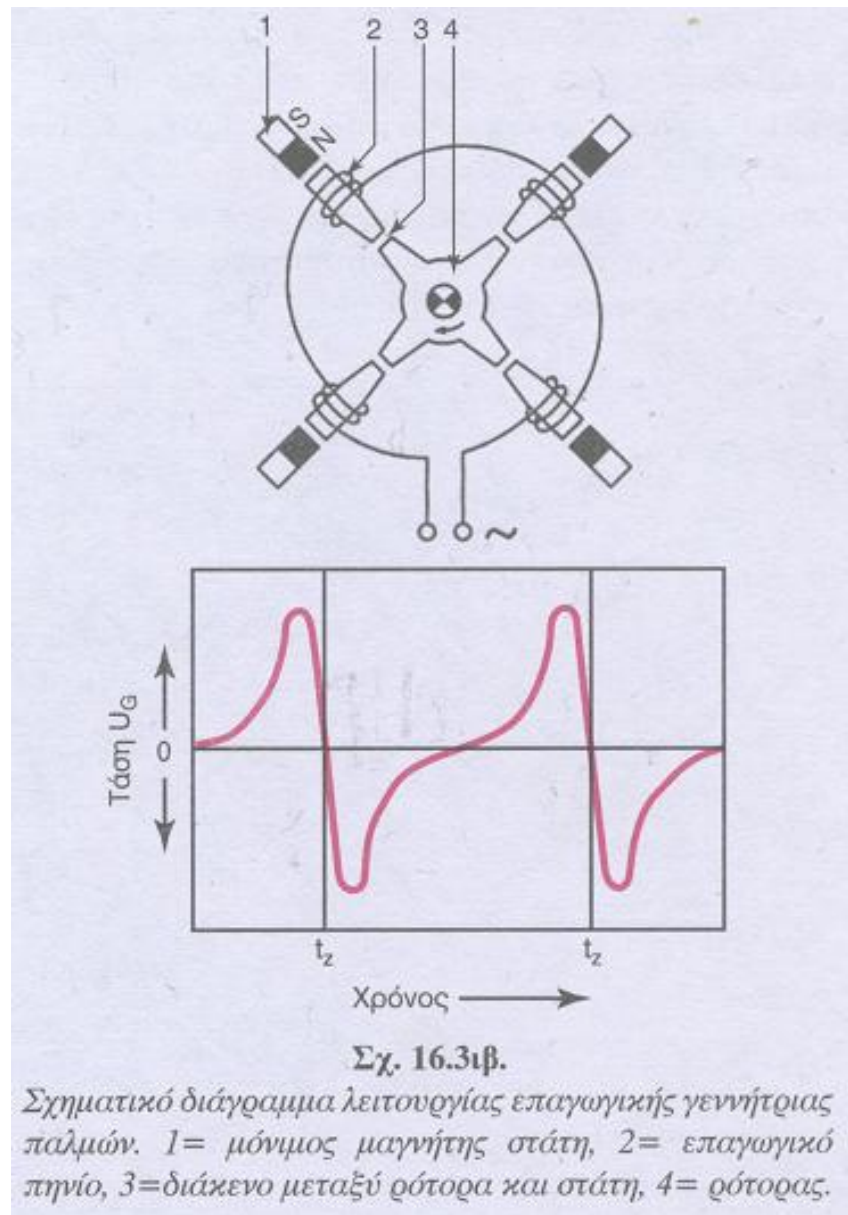
Σχ. 16.3ια.

Αρχή λειτουργίας γεννήτριας Hall. 1= περιστρεφόμενο διακόπτης (ρότορας), 2= μόνιμοι μαγνήτες, 3= στοιχείο δημιουργίας ρεύματος Hall, 4= διάκενο,  $b$ = μέγιστη γωνία Dwell,  $U_G$ = τάση Hall).

### γ) Ηλεκτρονική ανάφλεξη με επαγωγική γεννήτρια παλμών.

Η επαγωγική γεννήτρια παλμών αποτελείται από το στάτη και από το ρότορα (σχ. 16.3ιβ). Ο στάτης φέρει μόνιμους μαγνήτες και το επαγωγικό πηνίο, το οποίο είναι τυλιγμένο γύρω από σιδηρομαγνητικούς πυρήνες. Ο ρότορας έχει αστεροειδή μορφή και είναι προσαρμοσμένος στον άξονα του διανομέα. Όταν περιστρέφεται ο ρότορας, οι προεξοχές του περνούν μπροστά από τις κεφαλές των πυρήνων του επαγωγικού τυλίγματος. Τότε μεταξύ των πόλων και του ρότορα αναπτύσσεται ένα ισχυρό μαγνητικό πεδίο, μέσα στο οποίο βρίσκεται το επαγωγικό τύλιγμα και αναπτύσσεται σε αυτό τάση από επαγωγή (παλμός). Κάθε φορά που περνούν μπροστά από τις κεφαλές των πυρήνων του επαγωγικού τυλίγματος οι προεξοχές του ρότορα, παράγεται ένας παλμός, που οδηγείται στη μονάδα αναφλέξεως για τη δημιουργία σπινθήρα στους σπινθηριστές. Ο αριθμός των πόλων του στάτη και των οδοντώσεων του ρότορα είναι ίσος με τον αριθμό των κυλίνδρων του κινητήρα.

Ν.ΔΑΝΙΗΛΔΙΕΥΘΥΝΤΗΣ  
ΣΧΟΛΗΣ ΑΕΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ  
ΧΙΟΥ

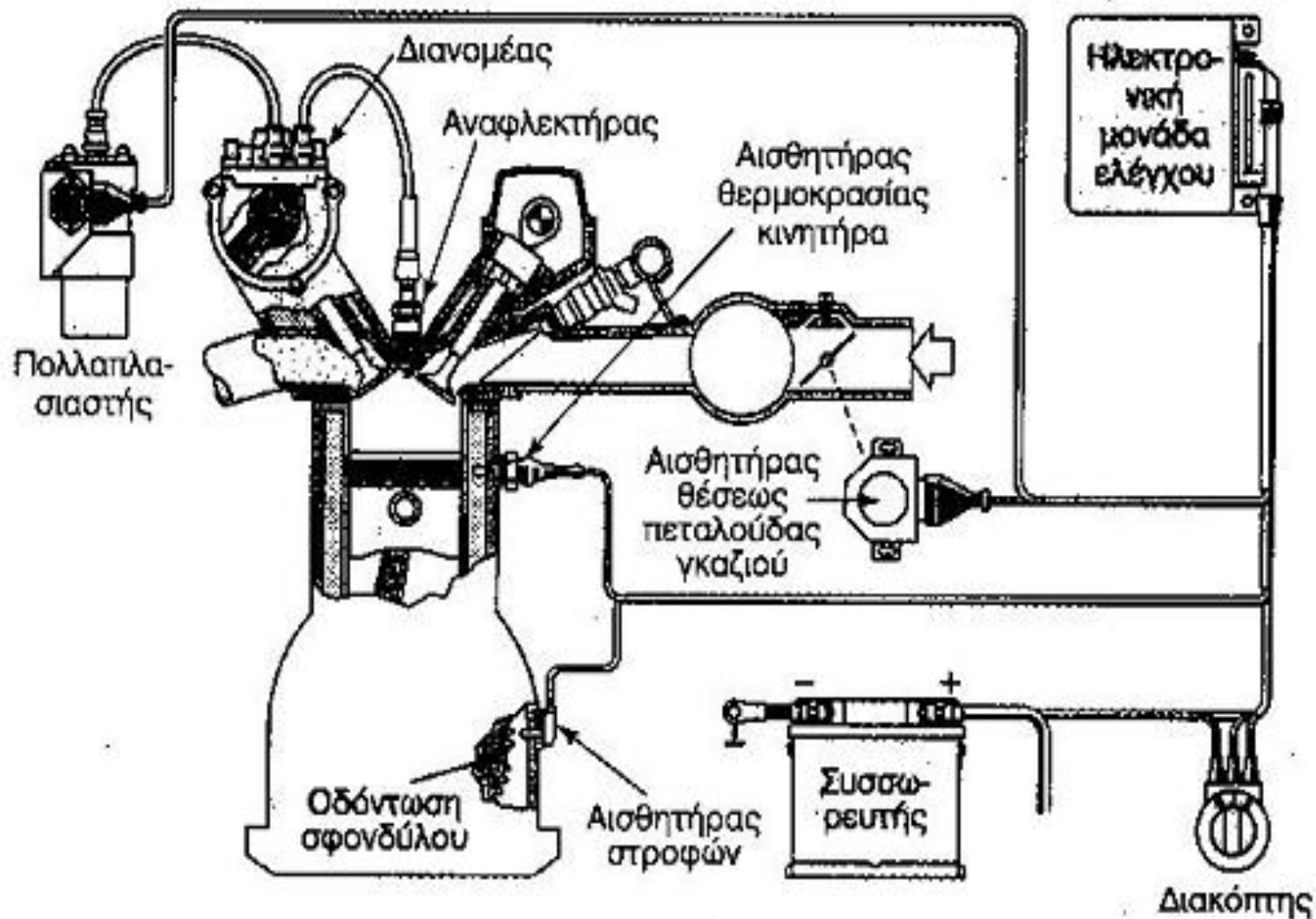


**δ) Ηλεκτρονική ανάφλεξη ελεγχόμενη από ηλεκτρονική μονάδα ελέγχου.**

Οι ηλεκτρονικές αναφλέξεις που αναπτύχθηκαν παραπάνω φέρουν συμβατικού τύπου διανομείς, με συμβατικούς μηχανισμούς ρυθμίσεως της προπορείας ανάλογα με το φορτίο και τις στροφές του κινητήρα. Αυτοί οι μηχανισμοί είναι μηχανικού τύπου και έχουν περιορισμένες δυνατότητες ρυθμίσεως. Επομένως δεν μπορούν να καλύψουν όλο το εύρος λειτουργίας του κινητήρα. Για το λόγο αυτό πολύ σπάνια συναντώνται κινητήρες με ηλεκτρονικές αναφλέξεις αυτών των τύπων, η δε τάση είναι να καταργηθούν πλήρως.

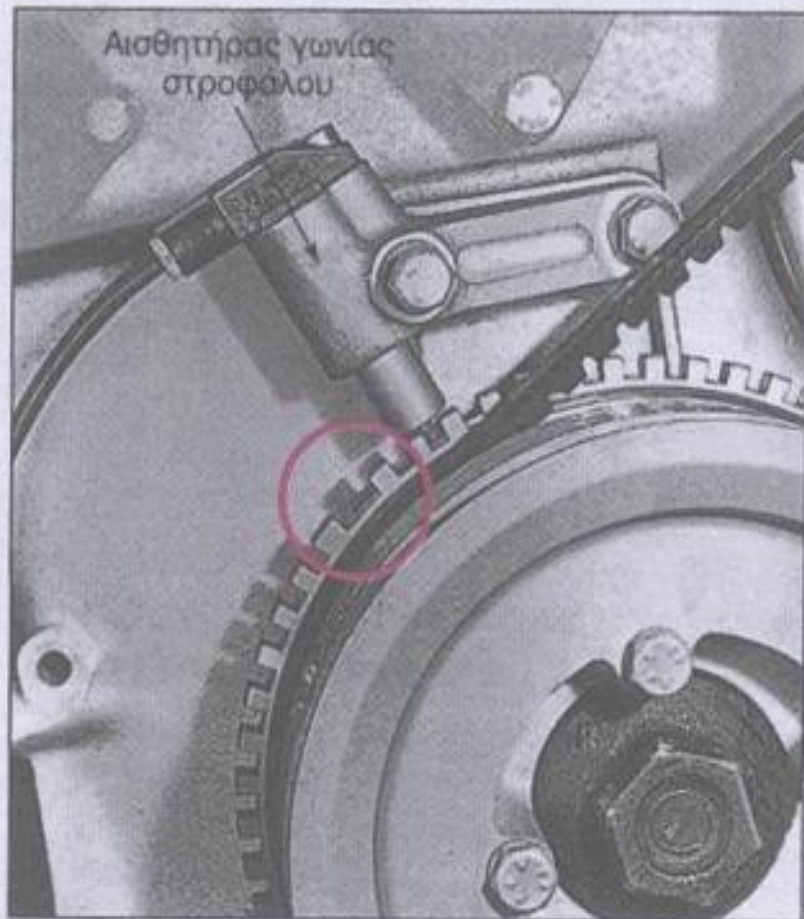
Στην ηλεκτρονική ανάφλεξη η οποία ελέγχεται από ηλεκτρονική μονάδα, δεν υπάρχουν μηχανισμοί ρυθμίσεως προπορείας στο διανομέα. Η ρύθμιση της προπορείας πραγματοποιείται λαμβάνοντας υπόψη ηλεκτρονικά σήματα κυρίως από τον αισθητήρα στροφών και τον αισθητήρα θέσεως της πεταλούδας γκαζιού (σχ. 16.3ιγ).

Η ηλεκτρονική μονάδα ελέγχου πληροφορείται για τις στροφές του κινητήρα από έναν επαγωγικό αισθητήρα (ειδικού τύπου επαγωγική γεννήτρια παλμών). Ο αισθητήρας αυτός ενεργοποιείται από μία οδοντωτή στεφάνη προσαρμοσμένη στο εσωτερικό μέρος του σφονδύλου, και περιστρέφεται μαζί του. Καθώς περιστρέφεται η στεφάνη διέρχονται μπροστά από την κεφαλή του αισθητήρα διαδοχικά οι προεξοχές και τα διάκενα της στεφάνης. Αποτέλεσμα αυτής της λειτουργίας είναι να μεταβάλλεται η μαγνητική ροή και να δημιουργείται ένα ψηφιακό σήμα. Σε ένα σημείο της οδοντωτής στεφάνης υπάρχει ένα επιπλέον κενό, δηλαδή έχει αφαιρεθεί ένα δόντι. Όταν περάσει το διπλό κενό μπροστά από τον αισθητήρα, μεταβάλλεται το πλάτος του ψηφιακού σήματος. Η μεταβολή αυτή του πλάτους του παραγόμενου σήματος χρησιμοποιείται από την ηλεκτρονική μονάδα ελέγχου για να προσδιορίζει την ακριβή γωνιακή θέση του στροφαλοφόρου άξονα και επομένως για να εντοπίζει την ακριβή θέση κάθε κυλίνδρου του κινητήρα (σχ. 16.3ιδ).



Σχ. 16.3γ.

Σχηματικό διάγραμμα συστήματος αναφλέξεως με ηλεκτρονική μονάδα ελέγχου.



**Σχ. 16.3ιδ.**

*Χαρακτηριστική διαμόρφωση της οδοντώσεως (έλλειψη ενός δοντιού) για την ανίχνευση της γωνίας στροφάλου από τον αντίστοιχο αισθητήρα.*

Ν.ΔΑΝΙΗΛΔΙΕΥΘΥΝΤΗΣ  
ΣΧΟΛΗΣ ΑΕΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ  
ΧΙΟΥ

Για τον προσδιορισμό του φορτίου του κινητήρα, στην ηλεκτρονική μονάδα ελέγχου χρησιμοποιείται κατάλληλος αισθητήρας, ο οποίος ανιχνεύεται τη διαφορά πίεσεως στην πολλαπλή εισαγωγής. Μια πιο ακριβής μεθοδος για τον προσδιορισμό του φορτίου του κινητήρα είναι η μέτρηση της μάζας του εισερχόμενου αέρα.

Στα σύγχρονα συστήματα αναφλέξεως, για τον προσδιορισμό της γωνίας αναφλέξεως, εκτός από τις πληροφορίες για τις στροφές και το φορτίο του κινητήρα, χρησιμοποιούνται και άλλα στοιχεία.

### ε) Ηλεκτρονική ανάφλεξη με κεντρική μονάδα ελέγχου χωρίς διανομέα.

Σε αυτό το σύστημα, που είναι το πλέον εξελιγμένο, ο διανομέας της υψηλής τάσεως με μηχανική κίνηση έχει αντικατασταθεί από σύστημα διανομής, το οποίο δεν απαιτεί κίνηση. Το σύστημα διανομής της υψηλής τάσεως συνήθως αποτελείται από μετασχηματιστές, καθέννας από τους οποίους δίνει από το δευτερεύον πηνίο του, δύο εξόδους, σε ένα ζεύγος κυλίνδρων. Οι δύο αυτοί κύλινδροι λειτουργούν με διαφορά φάσεως  $360^\circ$ , δηλαδή ο ένας βρίσκεται στο τέλος της φάσεως της συμπίεσεως και ο άλλος στη φάση της εξαγωγής, οπότε ο ένας σπινθήρας δεν προκαλεί κανένα αποτέλεσμα. Οι δύο σπινθηριστές των δύο αυτών κυλίνδρων είναι σε συνδεσμολογία σειράς με το δευτερεύον πηνίο του μετασχηματιστή, δηλαδή είναι συνδεδεμένοι στα δύο άκρα του. Τα πλεονεκτήματα αυτού του συστήματος σε σχέση με όλα τα άλλα συστήματα αναφλέξεως είναι τα ακόλουθα:

- Δεν διαθέτει κινούμενα μέρη, επομένως είναι πιο αξιόπιστο και δεν απαιτεί συντήρηση στο βαθμό που απαιτούν τα άλλα συστήματα συμπίεσης ή ηλεκτρονικής αναφλέξεως με διανομέα.

- Δεν απαιτούνται μηχανικές ρυθμίσεις χρονισμού.
- Χρησιμοποιούνται λιγότερα και μικρότερου μήκους καλώδια υψηλής τάσεως ενώ σε μερικά πιο εξελιγμένα συστήματα δεν χρησιμοποιούνται καθόλου καλώδια.
- Ο έλεγχος του σπινθήρα πραγματοποιείται με μεγαλύτερη ακρίβεια.
- Επειδή απουσιάζει ο διανομέας, το σύστημα αναφλέξεως απαιτεί μικρότερο χώρο εγκατάστασεως. Έτσι γίνεται πιο εύκολη η σχεδίαση του κινητήρα.

Τη διαχείριση λειτουργίας της αναφλέξεως πραγματοποιεί μία ηλεκτρονική μονάδα ελέγχου, η οποία παίρνει πληροφορίες από διάφορους αισθητήρες εγκατεστημένους στον κινητήρα και ρυθμίζει το χρονισμό του κάθε σπινθηριστή με βάση τους χάρτες λειτουργίας που βρίσκονται αποθηκευμένοι στη μνήμη της κεντρικής ηλεκτρονικής μονάδας ελέγχου.

### 16.3.4 Συνδυασμός ολοκληρωμένου συστήματος αναφλέξεως-τροφοδοσίας.

Η διαρκώς αυξανόμενη απαίτηση για περιορισμό των παραγομένων ρύπων και παράλληλη μείωση της κατανάλωσης καυσίμου οδήγησε τους κατασκευαστές στο σχεδιασμό και στην εφαρμογή συστημάτων, στα οποία ο έλεγχος της τροφοδοσίας πραγματοποιείται σε συνδυασμό με τον έλεγχο της αναφλέξεως του καυσίμου μείγματος. Τα συστήματα αυτά ονομάζονται ολοκληρωμένα συστήματα αναφλέξεως-τροφοδοσίας. Στα συστήματα αυτά η διαχείριση της προετοιμασίας του καυσίμου μείγματος και της αναφλέξεως πραγματοποιείται από κοινή ηλεκτρονική μονάδα ελέγχου. Αυτή δέχεται πληροφορίες από διάφορους αισθητήρες σχετικά με τα στοιχεία που αφορούν στον ψεκασμό και την ανάφλεξη του καυσίμου μείγματος.

Η ηλεκτρονική μονάδα ελέγχου συγκρίνει τα στοιχεία αυτά με τα στοιχεία που είναι αποθηκευμένα στη μνήμη της, τα οποία έχουν προκύψει από δοκιμές. Με βάση τη σύγκριση αυτή προσδιορίζει σε πραγματικό χρόνο:

- Το χρονισμό και τη διάρκεια της εγχύσεως.
- Τη διάρκεια της αναφλέξεως.
- Το χρονισμό της αναφλέξεως.

Το σύστημα αυτό σε συνδυασμό με έναν αισθητήρα «λάμδα» ( $\lambda$ ) και με έναν τριοδικό καταλυτικό μετατροπέα μπορεί να ανταποκριθεί σε ιδιαίτερα αυστηρές προδιαγραφές εκπομπής καυσαερίων, ενώ παρέχει τη δυνατότητα προσαρμογής της λειτουργίας του κινητήρα σε διαφορετικές συνθήκες περιβάλλοντος.