

---

**ΑΛΕΞΑΝΔΡΕΙΟ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ  
ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗΣ**

**ΣΧΟΛΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΩΝ ΕΦΑΡΜΟΓΩΝ**

**ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΩΝ ΟΧΗΜΑΤΩΝ Τ.Ε.**

---



**ΠΥΚΝΩΤΙΚΗ ΑΝΑΦΛΕΞΗ CDI**

**ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ**

**ΤΩΝ**

**ΓΑΛΟΠΟΥΛΟΣ ΚΩΝΣΤΑΝΤΙΝΟΣ**

**ΔΡΑΓΑΝΙΔΟΥ ANNA ΜΑΡΙΑ**

**ΚΩΔΙΚΟΣ ΠΤΥΧΙΑΚΗΣ**

**Επιβλέπων: ΚΟΣΜΑΝΗΣ ΘΕΟΔΩΡΟΣ - ΑΝΑΠΛΗΡΩΤΗΣ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ**

**ΣΙΝΔΟΣ, 2019**

---



Η παρούσα Πτυχιακή Εργασία και τα συμπεράσματά της, σε οποιαδήποτε μορφή, αποτελούν συνιδιοκτησία του Τμήματος Μηχανολόγων Οχημάτων του Αλεξάνδρειου ΤΕΙ Θεσσαλονίκης και των φοιτητών. Οι προαναφερόμενοι διατηρούν το δικαίωμα ανεξάρτητης χρήσης και αναπαραγωγής (τμηματικά ή συνολικά) για διδακτικούς και ερευνητικούς σκοπούς. Σε κάθε περίπτωση πρέπει να αναφέρεται ο τίτλος, ο συγγραφέας, ο επιβλέπων και το Τμήμα του ΑΤΕΙΘ.

Η έγκριση της παρούσας Πτυχιακής Εργασίας από το Τμήμα Μηχανολόγων Οχημάτων δεν υποδηλώνει απαραίτητως και αποδοχή των απόψεων του συγγραφέα εκ μέρους του Τμήματος.

---

---

Οι κάτωθι υπογεγραμμένοι δηλώνουμε υπεύθυνα ότι η παρούσα Πτυχιακή Εργασία είναι εξ' ολοκλήρου δικό μας έργο και συγγράφηκε ειδικά για τις απαιτήσεις του προγράμματος σπουδών του Τμήματος Μηχανολόγων Οχημάτων.

Δηλώνουμε υπεύθυνα ότι κατά τη συγγραφή ακολουθήσαμε την πρέπουσα ακαδημαϊκή δεοντολογία αποφυγής λογοκλοπής και έχουμε αποφύγει οποιαδήποτε ενέργεια που συνιστά παράπτωμα λογοκλοπής.

Ο ΓΑΛΟΠΟΥΛΟΣ  
ΚΩΝΣΤΑΝΤΙΝΟΣ

\_\_\_\_\_  
(Ολογράφως)

\_\_\_\_\_  
(Υπογραφή)

Σίνδος, \_\_\_ / \_\_\_ / 20\_\_

Η ΔΡΑΓΑΝΙΔΟΥ ANNA  
- ΜΑΡΙΑ

\_\_\_\_\_  
(Ολογράφως)

\_\_\_\_\_  
(Υπογραφή)

Σίνδος, \_\_\_ / \_\_\_ / 20\_\_



## ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Ο σκοπός αυτής της πτυχιακής εργασίας είναι να γίνουν κατανοητά τα είδη των συστημάτων ανάφλεξης με ιδιαίτερη έμφαση στην πυκνωτική ανάφλεξη. Αρχικά γίνεται μια αναφορά στα στάδια εξέλιξης της ανάφλεξης από τους πρώτους βενζινοκίνητους κινητήρες έως και σήμερα. Έπειτα γίνεται παρουσίαση των βασικών μηχανικών και ηλεκτρικών συστημάτων ανάφλεξης καθώς και η αρχή λειτουργίας τους. Στην συνέχεια γίνεται η επεξήγηση των δυο μεγάλων κατηγοριών ανάφλεξης, της συμβατικής και της ηλεκτρονικής, όπου η ηλεκτρονική έχει και τις υποκατηγορίες της των οποίων γίνεται αναφορά η αρχή λειτουργίας και οι διαφορές που έχουν μεταξύ τους. Τέλος γίνεται μια ανάλυση της ΠΥΚΝΩΤΙΚΗΣ ΑΝΑΦΛΕΞΗΣ που είναι το κύριο θέμα της παρούσας πτυχιακής εργασίας. Πιο αναλυτικά περιγράφεται πως μεταβάλλεται η ηλεκτρική τάση, γίνεται η ανάλυση της εσωτερικής συνδεσμολογίας την μονάδος του συγκεκριμένου συστήματος ανάφλεξης, σε τι τύπου οχήματα χρησιμοποιείται και τέλος ποια είναι τα πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα σε σχέση με όλα τα άλλα συστήματα ανάφλεξης. Επίσης γίνεται αναφορά σε όλα τα βοηθητικά εξαρτήματα τα οποία χρειάζονται για τον έλεγχο και την ομαλή λειτουργία του συγκεκριμένου συστήματος ανάφλεξης και ο τρόποι που λειτουργούν. Τέλος θα γίνει και μια αναφορά σε μια μονάδα πυκνωτικής ανάφλεξης για να κατανοηθεί όσο το δυνατόν περισσότερο το πρακτικό κομμάτι, η συνδεσμολογία της αλλά και πως είναι στην πράξη ένα τέτοιο σύστημα.





The purpose of this thesis is to understand the types of ignition systems with emphasis on capacitor discharge ignition. First of all, a reference is made to the stages of ignition evolution, from the first petrol engines to newest. Then, the basic mechanical and occult ignition systems are presented, as well as the principle of their operation. In the following, an explanation is made of the two major categories of ignition, conventional and electronic, where the electronics have its subcategories to which reference is made, the operating principle and the difference between them. Finally, an analysis of the CDI is made, which is mainly the subject of the dissertation work. Then, described how the electrical voltage changes, the internal link of the unit of the specific ignition coil is analyzed, in which type of vehicle is used and last what are the advantages and disadvantages in relation to all other ignition systems. Also, reference is made to all auxiliary components that are needed to control and operate the capacitor discharge ignition system and how it works. Finally, will be a reference to a capacitor discharge ignition unit to understand as closely as possible to the practical part, its connection and how such a system is in practice.

## Πίνακας περιεχομένων

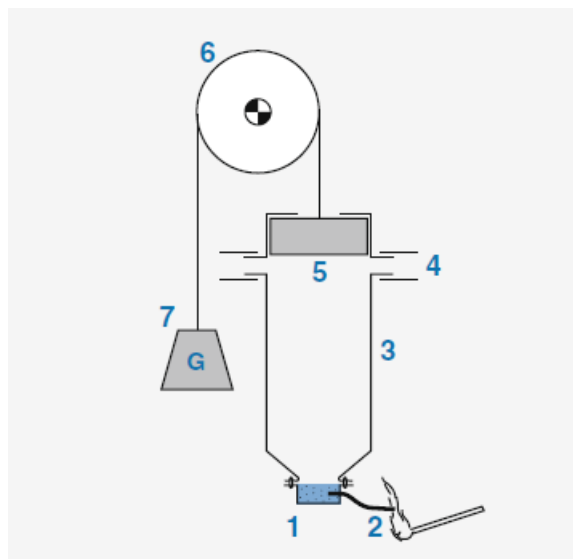
ΠΡΟΛΟΓΟΣ.....	4
1 ΙΣΤΟΡΙΚΗ ΑΝΑΔΡΟΜΗ.....	9
2 ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΑΝΑΦΛΕΞΗΣ ΑΥΤΟΚΙΝΗΤΟΥ.....	14
2.1 ΑΝΑΦΛΕΞΗ.....	14
2.2 ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΑΝΑΦΛΕΞΗΣ.....	17
2.3 ΑΝΑΚΕΦΑΛΑΙΩΣΗ.....	29
2.4 ΕΞΟΠΛΙΣΜΟΣ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ ΑΝΑΦΛΕΞΗΣ.....	30
2.4.2 ΠΟΛΛΑΠΛΑΣΙΑΣΤΗΣ.....	32
2.4.3 ΠΥΚΝΩΤΗΣ.....	33
2.4.4 ΚΑΛΩΔΙΑ.....	34
2.4.5 ΑΝΑΦΛΕΚΤΗΡΑΣ.....	36
2.4.6 ΠΛΑΤΙΝΕΣ.....	45
2.4.7 ΔΙΑΝΟΜΕΑΣ.....	46
3 ΣΥΣΤΗΜΑ ΠΥΚΝΩΤΙΚΗΣ ΑΝΑΦΛΕΞΗΣ.....	52
3.1 ΒΑΣΙΚΗ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ CDI.....	53
3.2 ΜΕΤΑΤΡΟΠΕΑΣ ΥΨΗΛΗΣ ΤΑΣΗΣ DC-DC.....	54
3.3 ΠΥΚΝΩΤΗΣ.....	54
3.4 ΔΙΑΚΟΠΤΗΣ.....	55
3.5 ΣΤΑΘΕΡΟΠΟΙΗΤΗΣ ΤΑΣΗΣ.....	56
3.6 ΠΗΝΙΟ ΑΝΑΦΛΕΞΗΣ.....	56
3.7 ΑΝΑΦΛΕΚΤΗΡΑΣ.....	57
3.8 Η ΠΡΩΤΗ ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΣΕ ΑΥΤΟΚΙΝΗΤΑ.....	58
3.9 ΠΟΛΛΑΠΛΗ ΕΚΦΟΡΤΙΣΗ ΣΠΙΝΘΗΡΩΝ.....	60
3.10 IC1 (ΜΕΤΑΣΧΗΜΑΤΙΣΤΗΣ).....	62
3.11 IC2 (ΦΟΡΤΙΣΗ ΚΑΙ ΑΠΟΦΟΡΤΙΣΗ ΠΥΚΝΩΤΗ).....	63
3.12 ΣΥΣΤΗΜΑ ΑΠΕΝΕΡΓΟΠΟΙΗΣΗΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ ΠΟΛΛΑΠΛΩΝ ΣΠΙΝΘΗΡΩΝ.....	65



3.13	ΧΡΟΝΙΣΜΟΣ ΑΝΑΦΛΕΞΗΣ .....	65
3.14	ΕΝΑΛΛΑΚΤΙΚΗ ΧΡΗΣΗ ΠΥΚΝΩΤΙΚΗΣ ΑΝΑΦΛΕΞΗΣ .....	66
3.15	ΔΙΠΛΗ ΧΩΡΗΤΙΚΗ ΑΝΑΦΛΕΞΗ .....	69
3.16	ΡΥΘΜΙΣΗ ΤΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΑΝΑΦΛΕΞΗΣ .....	70
4	ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ .....	76
5	ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ .....	77
6	ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ.....	78
6.1	ΣΥΝΔΕΣΜΟΛΟΓΙΑ PN 30-2821.....	78
6.2	ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ ΣΥΝΔΕΣΗΣ ΣΤΟ ΑΥΤΟΚΙΝΗΤΟ .....	80
6.3	ΈΛΕΓΧΟΣ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ CDI.....	81

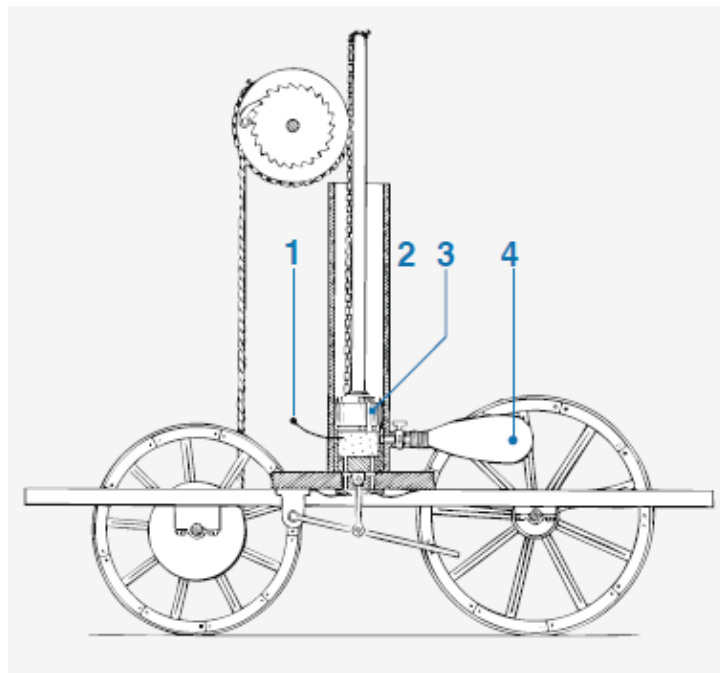
## 1 ΙΣΤΟΡΙΚΗ ΑΝΑΔΡΟΜΗ

Πολύ πριν από την εμφάνιση των πρώτων κινητήρων στα τέλη του 19ου αιώνα, οι εφευρέτες ανέλαβαν προσπάθειες για την ανάπτυξη μηχανών εσωτερικής καύσης κατάλληλων για την αντικατάσταση των ατμομηχανών που χρησιμοποιούνταν ευρέως εκείνη τη στιγμή. Η πρώτη γνωστή προσπάθεια να δημιουργηθεί μια μηχανή θερμικής ενέργειας για την αντικατάσταση του λέβητα, καυστήρα και ατμού με μια μηχανή εσωτερικής καύσης αναλήφθηκε από Christiaan Huygens κατά το έτος 1673. Το καύσιμο που χρησιμοποιείται σε αυτό το μηχανήμα ήταν πυρίτιδα σκόνη (1), η οποία πυροδοτήθηκε με ασφάλεια (2). Μετά την ανάφλεξη, τα αέρια καύσης διαφεύγουν από τις βαλβίδες αντεπιστροφής (4) από το σωλήνα (3), στο οποίο δημιουργείται ένα κενό. Η ατμοσφαιρική πίεση ωθεί το έμβολο (5) προς τα κάτω και ανυψώνεται ένα βάρος G (7).



**Εικόνα 1-1.** 1.Πυρίτιδα, 2.Φυτίλι πυροδότησης, 3.Σωλήνας, 4.Βαλβίδες αντεπιστροφής, 5. Εμβολο, 6. Τροχαλία, 7. Βαρίδιο

Επειδή το μηχάνημα έπρεπε να ξαναγεμισθεί με πυρίτιδα μετά από κάθε ανάφλεξη, δεν θα μπορούσε να χρησιμεύσει ως μια πραγματική μηχανή. Εκατό χρόνια αργότερα, το 1777, Alessandro Volta πειραματίστηκε με ανάφλεξη ενός μίγματος αέρα και αερίου Marsh χρησιμοποιώντας σπινθήρες. Η δημιουργία σπινθήρων παρέχεται από τον ηλεκτροφόρο σωλήνα που εφευρέθηκε το 1775. Αυτή η επίδραση χρησιμοποιήθηκε στο πιστόλι Volta. Το 1807 ο Isaak de Rivaz ανέπτυξε έναν ατμοσφαιρικό εμβολοφόρο κινητήρα, στον οποίο χρησιμοποίησε την αρχή του πιστολέτου αερίου του Volta και ανάφλεξε ένα εύφλεκτο μίγμα αέρα / αερίου με ηλεκτρικό σπινθήρα. Ο Rivaz δημιούργησε ένα πειραματικό όχημα με βάση τα σχέδια των διπλωμάτων ευρεσιτεχνίας του, αλλά σύντομα εγκατέλειψε τις προσπάθειές του. Δουλεύοντας με παρόμοιο τρόπο με το μηχάνημα σκόνη Huygens, ένα έμβολο εκτοξεύθηκε προς τα πάνω από την έκρηξη πριν να τραβηχτεί ξανά από την ατμοσφαιρική πίεση. Το όχημα ήταν έτσι σε θέση να προχωρήσει μερικά μέτρα, αλλά στη συνέχεια το φρέσκο μείγμα καύσης έπρεπε να εισαχθεί στον κύλινδρο και να αναφλεγεί.



Εικόνα 1-2. Όχημα RIVAZ

Ένα σύστημα ανάφλεξης με βάση τη μπαταρία ήταν διαθέσιμη από το 1860, όταν ο Γάλλος Etienne Lenoir, οποίος γεννήθηκε στο Mussy-la-Ville του Βελγίου στις 12 Ιανουαρίου 1822. Ανάπτυξε μια πρακτική μηχανή εσωτερικής καύσης με την οποία χάρη σε αυτήν τροφοδοτούταν το όχημα. Συγκεκριμένα το μοντέλο του Lenoir βασιζόταν σε ένα μονοκύλινδρο κινητήρα δύο κυλίνδρων με βαλβίδες ολίσθησης που χρησιμοποιούσαν ως καύσιμο το <φωτιστικό αέριο> που τροφοδοτούταν από μια μπαταρία για να αναφλέξει το αέριο μετά τη τοποθέτηση του στον κύλινδρο. Επίσης, αξίζει να σημειωθεί ότι ο Lenoir μένει στην ιστορία για την εφεύρεση του μπουζί για τα συστήματα ανάφλεξης των αυτοκινήτων. Η εφεύρεση είναι όμοια με εκείνη που χρησιμοποιείται ακόμα και σήμερα στα οχήματα. Ο κύκλος της διάρκειας ζωής του τελειώνει στις 4 Αυγούστου, Γαλλία 1900.



**Εικόνα 1-3.** Jean J. Lenoir. 1822-1900

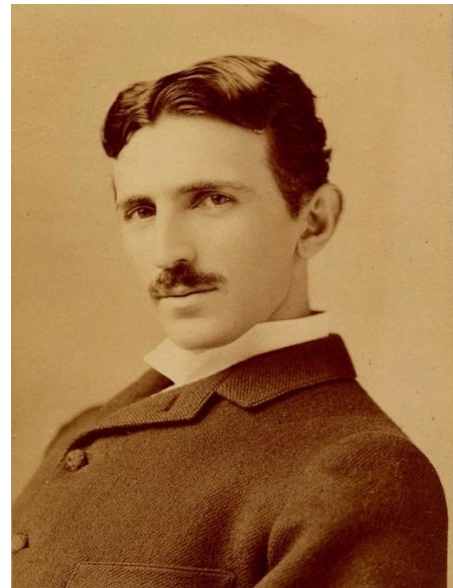
Το 1886 η Carl Benz ανέπτυξε περαιτέρω την ανάφλεξη υψηλής τάσης και έτσι κατάφερε να επιτύχει υψηλότερες ταχύτητες από ό, τι με τον πρώτο κινητήρα του οχήματος (περίπου 250rpm). Η πηγή ηλεκτρικής ενέργειας συνέχισε να δημιουργεί προβλήματα, καθώς τα γαλβανικά στοιχεία που ήταν υπεύθυνα για την παροχή ρεύματος ήταν έτοιμα για αντικατάσταση μετά από μόλις 10 χιλιόμετρα.



**Εικόνα 1-4.** Η ανάφλεξη ήταν -όπως παρατηρούσε κάποτε ο Carl Benz- "το πρόβλημα να τερματίσει όλα τα προβλήματα". "Αν δεν υπάρχει σπίθα, τότε όλα τα άλλα ήταν μάταια και ο πιο λαμπρός σχεδιασμός είναι άχρηστος". Δεν ήταν αναμφισβήτητο ότι οι γάλλοι οδηγοί στα τέλη του αιώνα δεν έβαζαν ο ένας τον άλλον όχι "ασφαλές ταξίδι!" Αλλά "ασφαλής ανάφλεξη!" ("Bon Allumage!").

Η πυκνωτική ανάφλεξη ξεκινά την δεκαετία του 1890, όταν τότε ο NIKOLA TESLA πρότεινε ένα τέτοιο σύστημα ανάφλεξης και συγκεκριμένα το 1897 πήρε δίπλωμα ευρεσιτεχνίας στο οποίο περιγράφηκε ένα ηλεκτρικό σχέδιο και ένα μηχανικό μέσο για την λειτουργία του. Πρακτικά όμως τέθηκε σε εφαρμογή το 1906 στο FORD K, το οποίο είχε δυο συστήματα ανάφλεξης. Το σύστημα αυτό τροφοδοτούνταν από μια γεννήτρια συνεχούς ρεύματος η οποία φόρτιζε έναν πυκνωτή μέσω ενός πρωτεύοντος τυλίγματος. Για το μοντέλο αυτό μετά από πειράματα που πραγματοποιήθηκαν, διαπιστώθηκε ότι αυξάνεται η τελική ταχύτητα του οχήματος κατά 16Km/h. Κατά την διάρκεια του δευτέρου παγκοσμίου πολέμου η BOSCH τοποθέτησε το συγκεκριμένο σύστημα ανάφλεξης σε πολεμικά αεροσκάφη. Το θετικό ήταν ότι για την εκκίνηση του αεροσκάφους δεν χρειαζόταν προθέρμανση και έτσι μειωνόταν ο χρόνος που το αεροσκάφος θα βρισκόταν στον αέρα.

Το αρνητικό ήταν ότι δεν είχε εξελιχτεί τόσο ώστε να αντέχει πολλές ώρες με αποτέλεσμα να βγαίνει εκτός λειτουργίας πολύ σύντομα. Περίπου το 1955 το ινστιτούτο τεχνικής έρευνας του πανεπιστημίου MICHIGAN σε συνεργασία με την CHRYSLER CORPORATION στις Ηνωμένες πολιτείες έκαναν μια απόπειρα να το βελτιώσουν αλλά δεν τα κατάφεραν. Το μόνο θετικό ήταν ότι βρήκαν πολλά πλεονεκτήματα ενός τέτοιου συστήματος, όπως γρήγορος χρόνος αύξησης της τάσης ανάφλεξης, υψηλή ενέργεια σε όλη την κλίμακα στοφών και περισσότερη ισχύ με λιγότερους ρύπους. Το 1964 η BOSCH μαζί με την WANKEL POWERED NSU SPIDER χρησιμοποίησαν το σύστημα αυτό με θεατρώνη για δυο χρόνια, διότι πάλι ήταν προβληματικό. Αργότερα είχε εφευρεθεί το θυριστορ, το οποίο ήταν επεξεργασία της θυρατρωνης και αντικαταστάθηκε. Αυτό έγινε από τον BILL GUTZWILLER και της ομάδας του στην GENERAL ELECTRIC. Έτσι αυξήθηκε η διάρκεια ζωής κατά πολύ, αλλά ήταν πολύ ευάλωτο σε κραδασμούς, καθώς μετά το πρώτο άνοιγμα υπήρχαν και αλλά μικρότερα με αποτέλεσμα την απελευθέρωση ενεργείας. Σαν συνέπεια ήταν να μην υπάρχει δυνατός σπινθήρας. Αυτό το πρόβλημα όμως το διόρθωσε ο WINTERBURN στο Οντάριο. Χρησιμοποίησε μια μέθοδο η οποία επέτρεπε την εκκένωση του πυκνωτή μόνο στο πρώτο άνοιγμα και όχι στα μικρότερα που ακολουθούσαν λόγο κραδασμών. Το 1963 επίσης



Εικόνα 1-5. Nikola Tesla, 1856 - 1943

δημιουργήθηκε μια εταιρία στην Οτάβα, η JYLAND ELECTRONICS από τον WINTERBURN η οποία ασχολιόταν αποκλειστικά με την πυκνωτική ανάφλεξη. Είχε καταφέρει να παράγει ο πυκνωτής τέσσερις φορές μεγαλύτερη ισχύ από τα Ίδη υπάρχοντα συστήματα ανάφλεξης, σε όλες τις στροφές των κινητήρων, χρησιμοποιώντας το ίδιο πηνίο. Η κατανάλωση ήταν τέσσερα αμπερ στις 5000rpm για 8κυλινδρο και στις 10000 για 4κυλινδρο. Η υποδύναμη αυξήθηκε κατά 5%. Επίσης αυξήθηκε και η διάρκεια ζωής του συστήματος. Το αρνητικό ήταν τώρα η φθορά του κινητήρα. Έτσι αυτό ήταν το πρώτο σύστημα που πουλήθηκε στο εμπόριο. Την ίδια χρονιά η εταιρία πήρε δίπλωμα ευρεσιτεχνίας. Μέχρι το 1970 κατασκευάστηκαν πολλά αντίγραφα αλλά χωρίς άδεια. Το ίδιο έτος το περιοδικό WIRELESS του Ηνωμένου Βασιλείου δημοσίευσε το σύστημα ως ένα σχέδιο για χόμπι από τον R. M. MARTSON. Το 1971 η Bosch αγόρασε τα δικαιώματα και ξεκίνησε την νόμιμη κατασκευή πλέων, του πυκνωτικού συστήματος.

## 2 ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΑΝΑΦΛΕΞΗΣ ΑΥΤΟΚΙΝΗΤΟΥ

### 2.1 ΑΝΑΦΛΕΞΗ

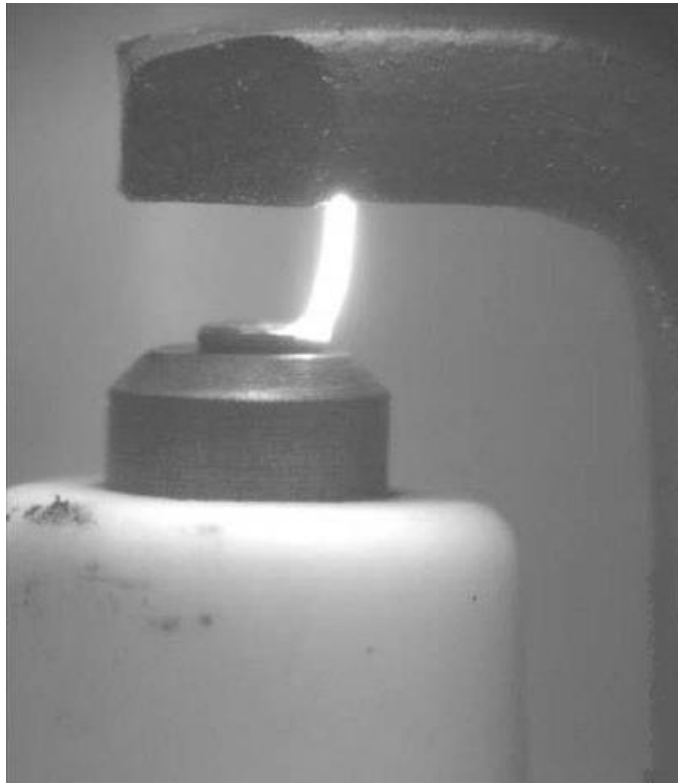
**Ανάφλεξη ή έναυση** είναι η έναρξη της καύσης, δηλαδή της χημικής αντίδρασης που λαμβάνει χώρα κατά την ένωση ενός καυσίμου με κάποιον οξειδωτικό παράγοντα, ο οποίος συνηθέστερα είναι το οξυγόνο.

Για να συμβεί η ανάφλεξη του καυσίμου, απαιτούνται τρεις παράγοντες:

- καύσιμο
- οξειδωτικός παράγοντας, στην απαραίτητη αναλογία με το καύσιμο
- πηγή ανάφλεξης, που συνήθως είναι σπινθήρας ή φλόγα ή μια πυρωμένη επιφάνεια.

Το σύστημα ανάφλεξης το χρησιμοποιούμε μόνο σε βενζινοκινητήρες και ο σκοπός του είναι να δημιουργεί ανάφλεξη στο μίγμα αερίου-βενζίνης. Για να το πετύχει αυτό θα πρέπει να δημιουργήσει μέσα στον κύλινδρο του αυτοκινήτου μια πηγή ανάφλεξης. Αυτό επιτυγχάνεται με την βοήθεια του αναφλεκτήρα. Η πηγή ανάφλεξης είναι ο σπινθήρας που δημιουργείται ανάμεσα στους ακροδέκτες του αναφλεκτήρα ενός συγκεκριμένου κυλίνδρου την φορά, στην κατάλληλη θέση του εμβόλου, που συνεπάγεται κατάλληλη πίεση του μίγματος, αλλά και τη κατάλληλη αναλογία μίγματος αέρα-βενζίνης. Τα όρια της απαιτούμενης αναλογίας καυσίμου/αέρα για να συμβεί ανάφλεξη είναι γνωστά σαν όρια αναφλεξιμότητας και διαφέρουν από καύσιμο σε καύσιμο. Σε ένα κλειστό ηλεκτρικό κύκλωμα λοιπόν, τα θετικά ιόντα κινούνται από την άνοδο προς την κάθοδο και τα αρνητικά από την κάθοδο προς την άνοδο.

Στον ατμοσφαιρικό αέρα όμως τα μόρια κινούνται ακανόνιστα και λόγω της απόστασης μεταξύ τους, ο αέρας είναι μονωτής του ηλεκτρικού ρεύματος. Σε έναν κύλινδρο για να έχουμε εκκένωση ανάμεσα στα ηλεκτρόδια του αναφλεκτήρα, θα πρέπει το ηλεκτρικό φορτίο να κινηθεί από το ένα ηλεκτρόδιο στο άλλο μέσα από τον αέρα που υπάρχει. Για να επιτευχθεί αυτό θα πρέπει να υπάρχουν οι κατάλληλες συνθήκες οι οποίες είναι η πίεση και το είδος του αερίου, η απόσταση ανάμεσα στα δύο ηλεκτρόδια, από την μορφή τους και το υλικό τους. Αν στα ηλεκτρόδια εφαρμόσουμε μια μικρή τάση, τότε ανάμεσα τους θα έχουμε ένα ασθενές ρεύμα. Αν αυξήσουμε την τάση, τότε θα προκληθεί ιονισμός κρούσης. Δηλαδή τα ηλεκτρόνια θα πετούν πάνω στα άτομα και θα δημιουργηθούν θετικά και αρνητικά ιόντα. Αυτή είναι η αρχή της εκκένωσης αίγλης, που στη συνέχεια εξελίσσεται σε τόξο.



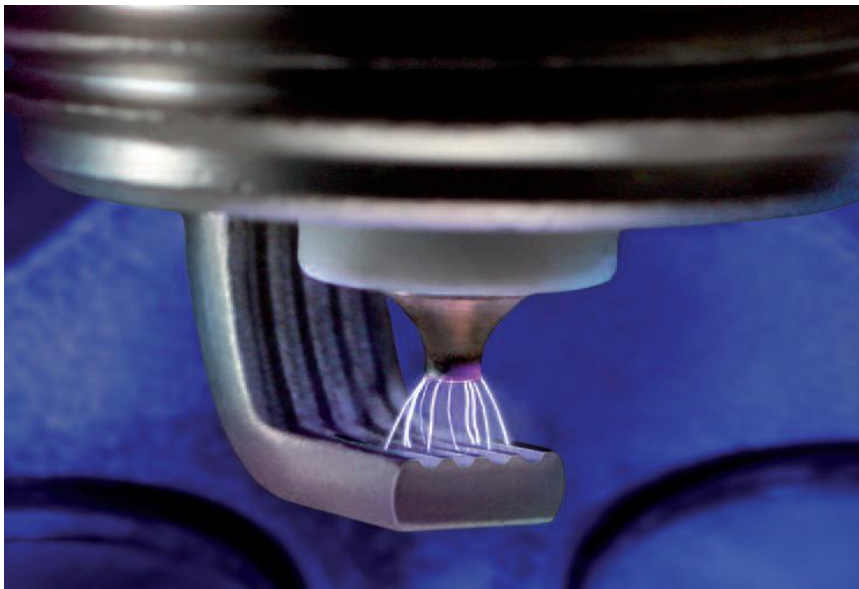
**Εικόνα 2-1.** Σπινθηρισμός



Το τόξο είναι η φωτεινή ηλεκτρική εκκένωση που προκαλεί θερμοκρασία έως και 3000 βαθμούς κελσίου. Η τιμή της τάσης στην αρχή της εκκένωσης εξαρτάται από:

- την μορφή των ηλεκτροδίων
- το υλικό του ηλεκτροδίου
- την απόσταση των ηλεκτροδίων
- το αέριο ανάμεσα στα ηλεκτρόδια, την πίεση του αερίου
- την θερμοκρασία
- την κυματομορφή της εφαρμοζόμενης τάσης

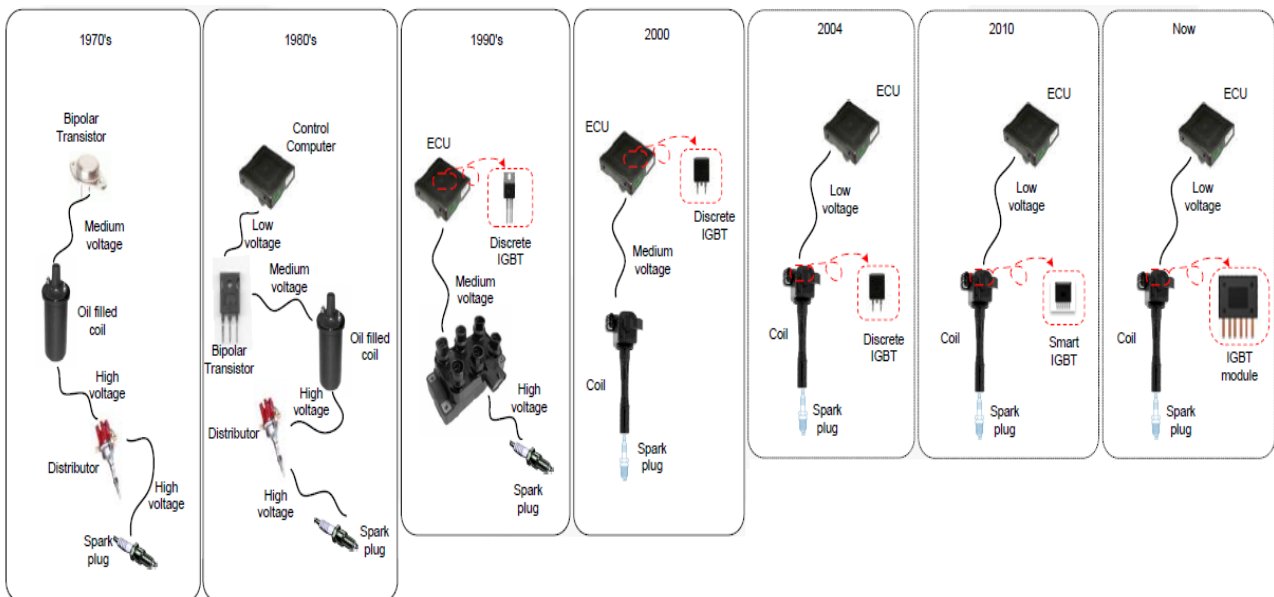
Για σφαιρικά ηλεκτρόδια η τάση διάστασης για σταθερή θερμοκρασία, είναι το γινόμενο της απόστασης ηλεκτροδίων με την πίεση του αέρα. Με την αύξηση της θερμοκρασίας μειώνεται η πυκνότητα του αερίου και άρα χρειαζόμαστε χαμηλότερη τάση ενώ η πίεση το αντίθετο. Για μικρή πίεση μειώνεται η πυκνότητα του αερίου.



**Εικόνα 2-2.** Ηλεκτρικό τόξο στον αναφλεκτήρα

## 2.2 ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΑΝΑΦΛΕΞΗΣ

Υπάρχουν διάφορα συστήματα ανάφλεξης ανάλογα με τη χρονολογία. Τα τελευταία χρόνια χρησιμοποιούνται διάφοροι τύποι ανάλογα με τη χρήση του οχήματος. Στους πρώτους βενζινοκινητήρες, τα συστήματα ανάφλεξης που χρησιμοποιούνταν, ήταν πολύ απλά αλλά ταυτόχρονα καταλάμβαναν και αρκετό χώρο σε σχέση με τα σημερινά. Όσο η τεχνολογία εξελισσόταν και ειδικά όταν άρχισαν να υπάρχουν περιορισμοί στα καυσαέρια των οχημάτων, τα συστήματα ανάφλεξης εξελίχτηκαν αρκετά. Έτσι με τον καιρό τα μηχανικά μέρη άρχισαν να εξαλείφονται και την θέση τους να καταλαμβάνουν μικροί αισθητήρες αλλά και μια ηλεκτρονική μονάδα, ώστε σήμερα ο τομέας της ανάφλεξης ελέγχεται εξ ολοκλήρου ηλεκτρονικά. Είναι φυσικά πολύ πιο σύνθετα συστήματα, δαπανηρά, αλλά καταλαμβάνουν πολύ μικρό χώρο και βάρος. Ταυτόχρονα από την στιγμή που έχουν γίνει ηλεκτρονικά ελεγχόμενα, σημαίνει και ότι υπάρχουν πολλά και διαφορετικά σε λειτουργία συστήματα, αλλά ακόμη και ίδια συστήματα ανάφλεξης, δουλεύουν διαφορετικά σε κάθε τύπο κινητήρα αλλά ακόμη και στον ίδιο κινητήρα, μεταβάλλονται σημαντικά χαρακτηριστικά ανάλογα με τις ανάγκες του οχήματος. Παρακάτω θα αναλυθούν τα συστήματα ανάφλεξης που έχουν εξελιχτεί.

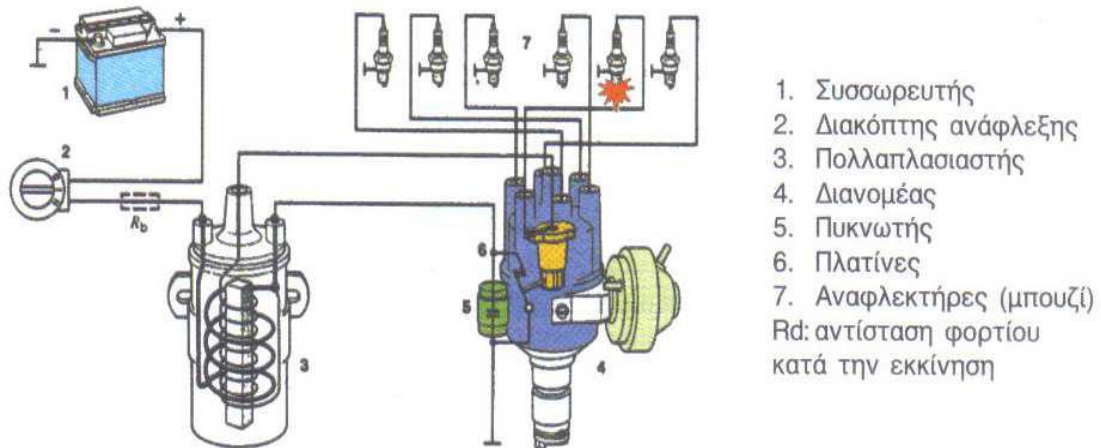


Εικόνα 2-3. Εξέλιξη συστημάτων ανάφλεξης

## 2.2.1 Η ΣΥΜΒΑΤΙΚΗ ΑΝΑΦΛΕΞΗ

Αποτελείται από τον συσσωρευτή, διακόπτη ανάφλεξης, πολλαπλασιαστή, πλατίνες, πυκνωτή, διανομέα και τον αναφλεκτήρα. Ο συσσωρευτής τροφοδοτεί με ηλεκτρικό ρεύμα στον πολλαπλασιαστή όπου δημιουργείται η υψηλή τάση από επαγωγή. Στην συνέχεια μέσω του διανομέα η υψηλή τάση πηγαίνει στους αναφλεκτήρες, όπου έχουμε την δημιουργία σπινθήρα.

Αναλυτικότερα, ο διανομέας με τις πλατίνες και τον πυκνωτή είναι μαζί σε ένα σύνολο. Ο πολλαπλασιαστής έχει ένα πρωτεύον και ένα δευτερεύον τύλιγμα. Το πρωτεύον τύλιγμα είναι χαμηλής τάσης ενώ το δεύτερο υψηλής τάσης. Τα δύο τυλίγματα έχουν διαφορετικό αριθμό σπειρών και μοιάζουν πολύ με μετασχηματιστή.

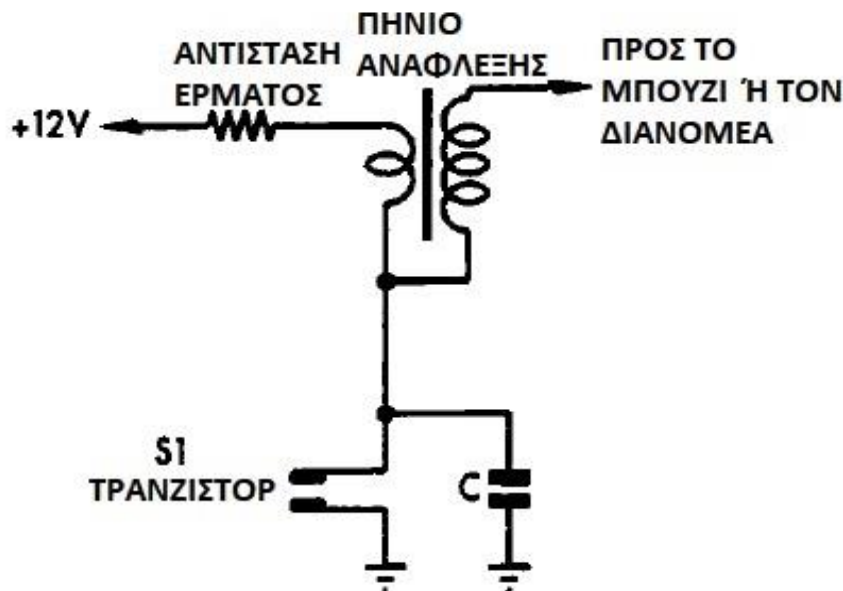


Εικόνα 2-4. Συμβατική ανάφλεξη

Το τυλίγμα υψηλής τάσης έχει το πολύ 25000 σπείρες ενώ το πρώτο 400. Το ηλεκτρικό ρεύμα διέρχεται από το πρωτεύον κύκλωμα όταν κλείσουν οι επαφές των πλατινών. Τότε στον πολλαπλασιαστή δημιουργείται μαγνητικό πεδίο. Όταν ανοίξουν οι επαφές των πλατινών το ηλεκτρικό ρεύμα μειώνεται πολύ γρήγορα και κατά συνέπεια και το μαγνητικό πεδίο. Τότε και στα δύο τυλίγματα δημιουργείται τάση από επαγωγή. Ο πυκνωτής είναι συνδεδεμένος παράλληλα προς τις επαφές των πλατινών και καθυστερεί την αύξηση της τάσης από επαγωγή με σκοπό να μην δημιουργηθεί ηλεκτρικό τόξο όταν οι επαφές είναι κοντά. Αν γινόταν αυτό, τότε θα χανόταν αρκετή ενέργεια του πολλαπλασιαστή με αποτέλεσμα να μην υπάρχει επαρκής ενέργεια για ανάφλεξη. Όταν η τάση φτάσει στην κατάλληλη τιμή όπου θα δημιουργηθεί ο σπινθήρας, μέσω του διανομέα, μεταφέρεται η ηλεκτρική ενέργεια στον κατάλληλο σπινθήρα για την ανάφλεξη. Η διάρκεια του σπινθήρα εξαρτάται από το χρόνο κατά τον οποίο οι πλατίνες παραμένουν ανοιχτές καθώς και η ενεργεία του μαγνητικού πεδίου του πολλαπλασιαστή εξαρτάται από το χρόνο κατά τον οποίο οι πλατίνες παραμένουν κλειστές. Τέλος ο χρόνος κατά τον οποίο οι πλατίνες παραμένουν κλειστές, μετρούμενος σε γωνία στροφής του άξονα του διανομέα λέγεται γωνία επαφής ή Dwell. Η τιμή της για τετρακύλινδρους κινητήρες κυμαίνεται μεταξύ  $43^\circ$  και  $54^\circ$  και για εξακύλινδρους μεταξύ  $36^\circ$  και  $44^\circ$

## 2.2.2 ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΗ ΑΝΑΦΛΕΞΗ

Η ηλεκτρονική ανάφλεξη, ονομάζεται και ανάφλεξη με τρανζίστορ διότι οι πλατίνες έχουν αντικατασταθεί με τρανζίστορ. Ακόμη ο διανομέας έχει αντικατασταθεί από ένα ηλεκτρονικό σύστημα. Επίσης οι σπινθηριστές είναι ανά δυο συνδεδεμένοι παράλληλα και ο ένας από αυτούς δίνει σπινθήρα στο κενό. Η εξέλιξη ήταν όμως ραγδαία και έτσι τελικά στα σημερινά βενζινοκίνητα οχήματα οι πλατίνες έχουν αντικατασταθεί με αισθητήρες HALL. Γενικά, στα νέα συστήματα ανάφλεξης υπάρχουν διάφοροι αισθητήρες οι οποίοι μετράνε ακόμη και θερμοκρασία, στροφές κινητήρα, γωνία στροφαλοφόρου άξονα και άλλες πληροφορίες οι οποίες θα αναλυθούν στην συνέχεια. Όλες αυτές οι πληροφορίες πηγαίνουν σε έναν μικροεπεξεργαστή ο οποίος με την σειρά του διαχειρίζεται το κομμάτι της ανάφλεξης με μεγάλη ακρίβεια. Τα πλεονεκτήματα σε σχέση με το συμβατικό σύστημα είναι ότι έχουν ασφαλή λειτουργία σε περιπτώσεις όπου οι συνθήκες και η ισχύς του συμβατικού συστήματος δεν μπορούν να επιτευχθούν. Ακόμη, ο αριθμός αναφλέξεων είναι πολύ μεγαλύτερος από 400, επιτυγχάνεται 1000. Τέλος, η συντήρηση γίνεται πιο σπάνια. Στην ηλεκτρονική ανάφλεξη έχουμε συστήματα που τροφοδοτούνται με μπαταρία, συστήματα με μαϊνάτο, επαγωγικά και με πυκνωτή. [12]



Εικόνα 2-5. Σχεδιάγραμμα ηλεκτρονικής ανάφλεξης

Το παραπάνω σχήμα είναι ένα διάγραμμα του ηλεκτρονικού συστήματος ανάφλεξης Kettering που έχει χρησιμοποιηθεί στα αυτοκίνητα για πάνω από 60 χρόνια. Περιλαμβάνει ένα πηνίο ανάφλεξης το οποίο έχει το πρωτεύον του τύλιγμα συνδεδεμένο στην τροφοδοσία της μπαταρίας με έναν διακόπτη στην αρνητική πλευρά. Ο διακόπτης είναι ένα τρανζίστορ μεταγωγής. Όταν ο διακόπτης είναι κλειστός, το ρεύμα συσσωρεύεται στο πρωτεύον τύλιγμα με την τελική τιμή περιοριζόμενη από την εσωτερική αντίσταση του πηνίου και της αντίστασης έρματος. Αυτό το ρεύμα είναι συνήθως περίπου 3 έως 5 αμπέρ. Όταν ανοίξει ο διακόπτης, η κατάρρευση του μαγνητικού πεδίου του πηνίου προκαλεί τη δευτερεύουσα περιέλιξη να παράγει υψηλή τάση για να πυροδοτήσει τον αναφλεκτήρα. Καθώς αυξάνεται η ταχύτητα του κινητήρα, το ρεύμα έχει μικρότερο χρόνο για να συγκεντρωθεί στο πρωτεύον πηνίο και έτσι αναπόφευκτα μειώνεται η ενέργεια σπινθηρισμού. Τα σύγχρονα συστήματα ανάφλεξης με τρανζίστορ αντιμετωπίζουν αυτό το πρόβλημα χρησιμοποιώντας επέκταση παραμονής, κατώτερα πηνία επαγωγής ή περισσότερα πηνία ανάφλεξης.

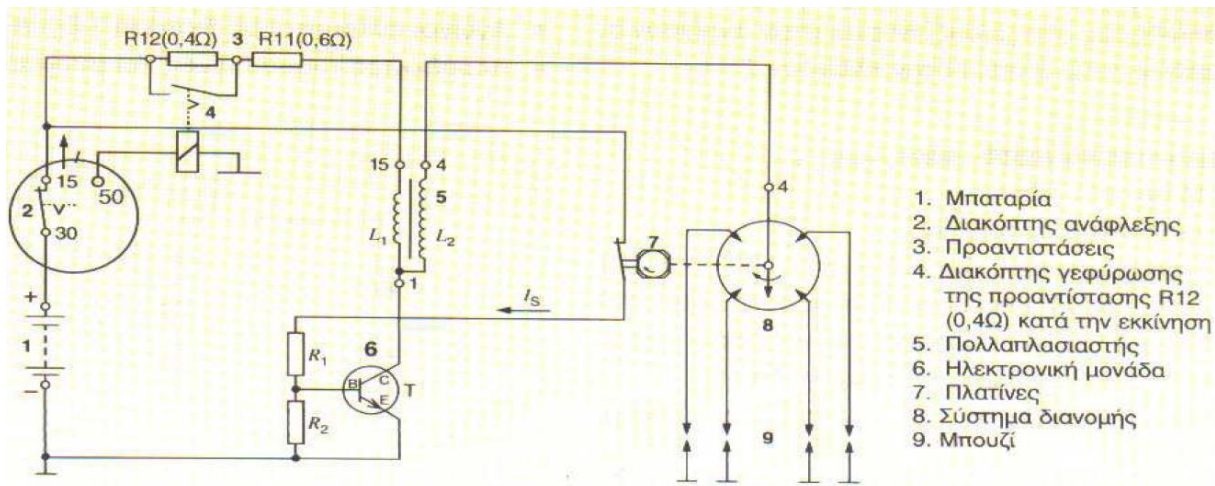
Κάποιοι παράγοντες για την σωστή ανάφλεξη, είναι αναγκαίο να μεταβάλλονται όταν οι στροφές του κινητήρα αυξάνονται ή χρειαζόμαστε περισσότερη ισχύ. Αυτοί οι παράγοντες είναι η προπορεία έναυσης (αβανς ) και η γωνία Dwell. Ο εγκέφαλος του οχήματος συλλέγει διάφορες πληροφορίες από τον κινητήρα και από τα αποθηκευμένα δεδομένα τα οποία έχουν προκύψει από πειραματικές μετρήσεις σε εργαστήρια καθώς και μετρήσεις πάνω στο όχημα, αλλάζει κάποιες παραμέτρους και σαν συνέπεια είναι να διατηρείται η απόδοση του κινητήρα σε υψηλό ποσοστά. Για να ρυθμιστεί η προπορεία έναυσης, ο εγκέφαλος παίρνει πληροφορίες σχετικά με τις στροφές του κινητήρα και τη ροή μάζας του αέρα στην εισαγωγή. Όταν η ροή του αέρα είναι μεγάλη, σημαίνει ότι το φορτίο του κινητήρα είναι αυξημένο.

Αντίστοιχα η ενέργεια που αποθηκεύεται στο μαγνητικό πεδίο, μειώνεται όταν αυξάνονται οι στροφές του κινητήρα, για σταθερή γωνία dwell. Η γωνία dwell στην πράξη είναι γωνία του στροφαλοφόρου άξονα στην οποία το κύκλωμα του πρωτεύοντος παραμένει κλειστό. Έτσι η διαθέσιμη τάση έναυσης μειώνεται. Για αυξημένες στροφές του κινητήρα λοιπόν, η γωνία θα πρέπει να είναι πιο μεγάλη. Αυτό επιτυγχάνεται με τον ίδιο τρόπο όπως και για την ρύθμιση της προπορείας έναυσης από τον εγκέφαλο. Συνοπτικά, με την ηλεκτρονική ανάφλεξη επιτυγχάνεται καλύτερος χρονισμός ανάφλεξης, πιο εύκολη εκκίνηση του κινητήρα, μειωμένη κατανάλωση καύσιμου, καθώς επίσης και άμεση παρακολούθηση της λειτουργίας του κινητήρα όπως για παράδειγμα η θερμοκρασία του. [1]

### 2.2.2.1 ΑΝΑΦΛΕΞΗ ΜΕ ΣΥΣΣΩΡΕΥΤΗ

Στην ανάφλεξη με μπαταρία, ένα σημαντικό πρόβλημα που έχουμε είναι η φθορά των επαφών των πλατινών, η αλλαγή της προπορείας και η πτώση ισχύος σε υψηλές στροφές. Γι αυτόν τον λόγο στην ηλεκτρονική ανάφλεξη με συσσωρευτή ο πολλαπλασιαστής είναι με μικρότερο συντελεστή αυτεπαγωγής, μικρότερη αντίσταση και μεγαλύτερη τάση του πρωτεύοντος κυκλώματος. Επίσης χρησιμοποιούμε 4 αντιστάσεις οι οποίες είναι ένα τρανζίστορ, δυο διόδους και δύο πυκνωτές αλλά, όχι παράλληλα με τις επαφές των πλατινών. Αναλυτικότερα από τις επαφές των πλατινών περνάει μια μικρή τάση η οποία είναι για την ρύθμιση του τρανζίστορ. Για αυτόν τον λόγο δεν υπάρχει πυκνωτής παράλληλα με τις επαφές των πλατινών γιατί, δεν είναι επαρκής η τάση για ρεύμα από αυτεπαγωγή. Όταν οι επαφές των πλατινών είναι κλειστές, οι δυο αντιστάσεις από τις 4, με τον τρόπο που είναι συνδεδεμένες στο κύκλωμα, μειώνουν την τάση και έτσι το τρανζίστορ γίνεται ολοκληρωτικά αγωγίμο. Όπως και στην συμβατική ανάφλεξη, έτσι και τώρα, όταν ανοίξουν οι επαφές των πλατινών, διακόπτεται το ρεύμα στο πρωτεύον και την ίδια στιγμή το τρανζίστορ δεν επιτρέπεται να περάσει το ρεύμα από αυτό δηλαδή το τρανζίστορ κλείνει. Για να επιτευχθεί αυτό πολύ άμεσα χρησιμοποιείται είτε η μια από τις δύο διόδους με τη βοήθεια της πτώσης της τάσης η οποία είναι μικρότερη από την τάση για την ρύθμιση του τρανζίστορ. Η πτώση της τάσης προκαλείται από την τέταρτη αντίσταση. Όλο αυτό όμως προκαλεί τάση στο πρωτεύον τύλιγμα το οποίο είναι ικανό να καταστρέψει το τρανζίστορ. Για να μην καταστραφεί, είναι η δεύτερη διάδος που χρησιμοποιούμε (διάδος Ζένερ). Το ρεύμα περνάει από την διάοδο μόνο όταν η τάση ξεπεράσει τα 60V. Διαφορετικά, αντί για την διάοδο Ζένερ, μπορούμε να χρησιμοποιήσουμε τρανζίστορ πυριτίου. Ο ένας κεντρικός πυκνωτής απορροφά τις μεταβολές της τάσης υψηλής συχνότητας. [12]

Όταν ο κεντρικός διακόπτης είναι κλειστός, η τρίτη αντίσταση που είναι ανάμεσα στο πρωτεύον και τον συσσωρευτή, περιορίζει το ρεύμα που θα διερχόταν από το τύλιγμα. Ο δεύτερος πυκνωτής απορροφά τυχόν μεταβολές από όλο το ηλεκτρικό σύστημα του οχήματος που μπορεί να προκληθούν.



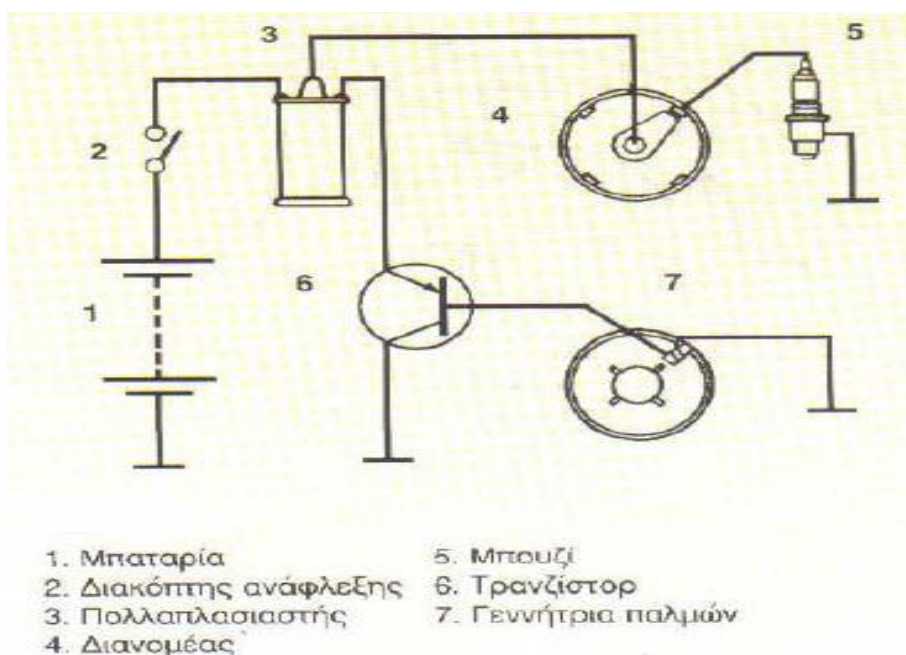
**Εικόνα 2-6.** Ηλεκτρονικό διάγραμμα ηλεκτρονικής ανάφλεξης με τρανζίστορ



### 2.2.2.2. ΓΕΝΝΗΤΡΙΑ ΠΑΛΜΩΝ ΕΠΑΓΩΓΙΚΟΥ ΤΥΠΟΥ

Η γεννήτρια παλμών αντικαθιστά τις πλατίνες, και επιβλέπει τη λειτουργία ενός τρανζίστορ το οποίο συνδέεται στο πρωτεύον του πολλαπλασιαστή. Η γεννήτρια αυτή είναι είτε μαγνητικός είτε οπτικός διακόπτης, ο οποίος είναι πιο γρήγορος και πιο ακριβής από τις πλατίνες. Οι παλμοί που δημιουργεί, λαμβάνονται από έναν ενισχυτή, ο οποίος με την σειρά του στέλνει στο πρωτεύον κύκλωμα ηλεκτρικό σήμα. Έτσι, στο δευτερεύον κύκλωμα επιτυγχάνεται τάση της τάξης των 30.000V. Ακόμη, για τη ρύθμιση του αβάνς δε χρησιμοποιείται φυγόκεντρος ρυθμιστής και ρυθμιστής κενού, αλλά ειδικοί αισθητήρες οι οποίοι στέλνουν πληροφορίες στον εγκέφαλο του αυτοκινήτου. Σε αυτό το σύστημα υπάρχει πολύ μεγάλη ακρίβεια στην ανάφλεξη ακόμη και στις υψηλές στροφές.

Ο σπινθήρας επιτυγχάνεται σε συγκεκριμένη γωνία ανάλογα με τις στροφές και την ζητούμενη ισχύ του κινητήρα κάθε φορά. Όλα αυτά φυσικά γίνονται με την χαρτογράφηση του εγκεφάλου του κινητήρα όπως έχουμε προαναφέρει η οποία έχει γίνει σε πειραματικές μετρήσεις. Η μεγάλη ακρίβεια όμως, μερικές φορές προκαλεί το φαινόμενο κρουστικής καύσης όταν δεν τηρηθεί κάποια παράμετρος. Ακόμη και για αυτό όμως υπάρχει ένας αισθητήρας ο οποίος αναγνωρίζει πότε υπάρχει κρουστική καύση και συγκεκριμένα σε ποιον κύλινδρο. Σε αυτήν την περίπτωση, αλλάζει ο χρονισμός της ανάφλεξης για να αποφευχθεί αυτό το πρόβλημα.



Εικόνα 2-7. Γεννήτρια παλμών επαγωγικού τύπου

### 2.2.2.3 ΑΝΑΦΛΕΞΗ ΜΕ ΓΕΝΝΗΤΡΙΑ ΤΥΠΟΥ HALL

Στο σύστημα αυτό, στην μέση περίπου του διανομέα είναι τοποθετημένο ένα ζεύγος μαγνητικών πόλων από μόνιμο μαγνήτη. Από το κενό που υπάρχει μεταξύ τους περνάει κατά την περιστροφή του ρότορα, η παράπλευρη επιφάνεια του. Στον πόλο που βρίσκεται έξω από το ρότορα είναι κολλημένος ο αγωγός του κυκλώματος HALL. Όταν περιστρέφεται ο ρότορας, δημιουργείται εναλλαγή στη μαγνητική ροή που περνάει από τον αγωγό HALL. Με αυτόν τον τρόπο δημιουργείται τάση στα άκρα του αγωγού HALL. Ο αριθμός των ανοιγμάτων του ρότορα είναι ίσος με τον αριθμό των κυλίνδρων του κινητήρα και το πλάτος κάθε επιφάνειας μεταξύ δύο ανοιγμάτων προσδιορίζει τη γωνία Dwell.

### 2.2.2.4 ΠΙΕΖΟΗΛΕΚΤΡΙΚΗ ΑΝΑΦΛΕΞΗ

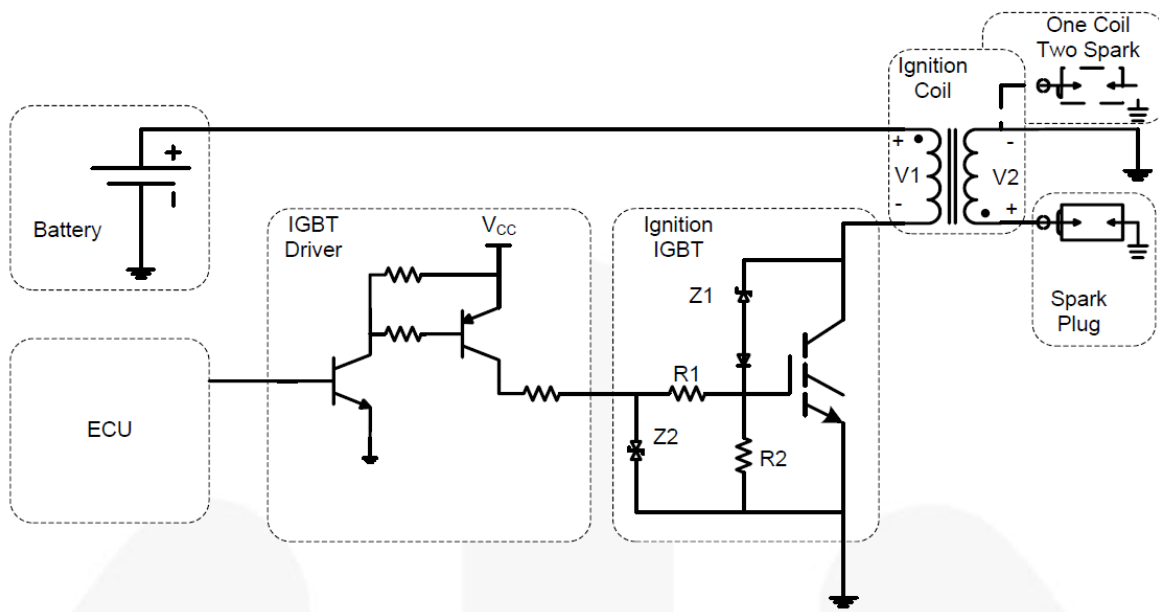
Η πιεζοηλεκτρική ανάφλεξη δεν έχει χρησιμοποιηθεί ευρέως στους κινητήρες παραγωγής. Όταν σε μια κρυσταλλική δομή ασκηθεί μηχανική πίεση, εμφανίζεται διαφορά δυναμικού φορτίου. Συνήθως τα υλικά που πιέζονται είναι κεραμικά με μίγματα κρυστάλλων. Η ποιότητα εξαρτάται από την πόση δύναμη μπορούν να δεχτούν. Η δημιουργία τάσης είναι πάρα πολύ απότομη και με έχει εξίσου πάρα πολύ μικρή διάρκεια της τάξης νανοδευτερολεπτών. Το θετικό με αυτό το σύστημα είναι ότι μπορεί να θέσει τον κινητήρα σε λειτουργία ακόμη και αν οι αναφλεκτήρες έχουν βραχυκυκλώσει από λάδι η υγρασία. [9]

### 2.2.2.5 ΑΝΑΦΛΕΞΗ ΕΛΕΓΧΟΜΕΝΗ ΑΠΟ ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΗ ΜΟΝΑΔΑ

Σε αυτό το σύστημα δεν υπάρχουν μηχανισμοί ρύθμισης της προπορείας. Η ρύθμιση της προπορείας σε σχέση με τις στροφές γίνεται με ένα σήμα, που παράγεται από έναν επαγωγικό αισθητήρα στροφών, ο οποίος τοποθετείται δίπλα στον σφόνδυλο, ενώ η ρύθμιση της προπορείας σε σχέση με το φορτίο γίνεται με ένα σήμα που παράγει ένας αισθητήρας υποπίεσης, ο οποίος είναι τοποθετημένος στην πολλαπλή εισαγωγής του κινητήρα. Τα πλεονεκτήματα εδώ είναι ότι γίνεται ο έλεγχος καύσης ξεχωριστά ανά κύλινδρο και όχι συνολικά του κινητήρα, λιγότερες φθορές διότι τα τριβόμενα μηχανικά μέρη έχουν ελαττωθεί όπως για παράδειγμα ο διανομέας, λιγότερος θόρυβος και λιγότερες εξωτερικές καλωδιώσεις δευτερεύοντος κυκλώματος (υψηλής τάσης). [10]

### 2.2.2.6 Επαγωγική ανάφλεξη (IDI)

Στο σύστημα IDI λειτουργεί σύμφωνα με τον κανόνα του Faraday. Η υψηλή τάση δημιουργείται προκαλώντας απότομη αλλαγή της μαγνητικής ροής στο πηνίο ανάφλεξης. Το σύστημα αποτελείται από ένα πηνίο ανάφλεξης, μια μονάδα IGBT, έναν οδηγό IGBT, αναφλεκτήρα και μονάδα ελέγχου. Το σήμα για την ανάφλεξη δίνεται από την μονάδα ελέγχου του αυτοκινήτου με την βοήθεια διάφορων αισθητήρων, και αποστέλλεται στην μονάδα IGBT. Ο εγκέφαλος του οχήματος καθορίζει τον χρόνο ανάφλεξης και τον χρονισμό του σπινθήρα. Η μονάδα IGBT ενισχύει το σήμα και ελέγχει ποιο πηνίο ανάφλεξης θα πάρει ηλεκτρική τάση. [10]



Εικόνα 2-8. Κύκλωμα IGBT

### 2.2.2.7 ΠΥΚΝΩΤΙΚΗ ΑΝΑΦΛΕΞΗ

Η πυκνωτική ανάφλεξη χρησιμοποιείται συνηθέστερα σε μικρούς κινητήρες, σε μοτοσυκλέτες, αεροσκάφη με στροβιλοκινητήρες και σε αγωνιστικά οχήματα. Αρχικά χρησιμοποιήθηκε για να ξεπεραστεί ο χρόνος φόρτισης των πηνίων στην ηλεκτρονική ανάφλεξη με συσσωρευτή για τις υψηλές στροφές κινητήρων. Η βασική λειτουργία αυτού του συστήματος βασίζεται σε έναν πυκνωτή υψηλής τάσης. Ο πυκνωτής φορτίζεται από ένα κύκλωμα φόρτισης και όταν πρέπει να γίνει ανάφλεξη, τότε το κύκλωμα σταματά την φόρτιση και ο πυκνωτής εκφορτίζεται ελευθερώνοντας τάση στο κύκλωμα προς τους αναφλεκτήρες.

Τα πλεονεκτήματα της πυκνωτικής ανάφλεξης είναι:

- Η πυκνωτική ανάφλεξη έχει γρήγορο χρόνο ανάφλεξης, γρήγορη αύξηση τάσης 3 -10 KV και μικρή διάρκεια σπινθήρα. Αυτό το προνόμιο, κάνει ικανό το σύστημα ανάφλεξης να παρέχει ικανοποιητική απόδοση σε πολύστροφους κινητήρες. Η μεγάλη αύξηση της τάσης κάνει το σύστημα μη ευαίσθητο στην αντίσταση διακλάδωσης.. Η μη ύπαρξη της αντίστασης της διακλάδωσης, είναι αυτό που κάνει το σύστημα ανάφλεξης πολύ ικανό στην κρύα εκκίνηση.
- Επίσης το σύστημα CDI έχει υψηλότερη απόδοση και βελτιωμένη αξιοποίηση της ενέργειας που αντλείται από την μπαταρία αλλά και τη μεγάλη διάρκεια ζωής 4 έως 5 μεγαλύτερη από την συμβατική. Ένα άλλο όφελος είναι ότι ανταποκρίνεται ευκολότερα στην εκκίνηση της μηχανής κάτω από δύσκολες καιρικές συνθήκες. Τέλος, το κύκλωμα ενεργοποίησης για ένα σύστημα CDI μπορεί να σχεδιαστεί χρησιμοποιώντας ένα ελαφρύ ή μαγνητικό αισθητήρα αντί του συνήθους διακόπτη επαφής.
- Ένα ακόμη πλεονέκτημα είναι ότι δεν καταναλώνεται ενέργεια από το σύστημα μέχρι ο πυκνωτής να επαναφορτιστεί για την επόμενη ανάφλεξη. Αυτό σημαίνει ότι το σύστημα θα αντλεί μόνο την ενέργεια που χρειάζεται.

Τα μειονεκτήματα της πυκνωτικής ανάφλεξης είναι:

- Στην CDI η μικρή διάρκεια σπινθήρα μπορεί μερικές φορές να μην παρέχει καλής ποιότητας ανάφλεξη. Παρόλο που το σύστημα έχει πολλά συστήματα ελέγχου και ρύθμισης, υπάρχει πιθανότητα αστοχίας η οποία οφείλεται σε κάποια στιγμιαία αστοχία μέτρησης κάποιου αισθητήρα, σε κάποια αμελητέα μεταβολή της χαμηλής τάσης η οποία επηρεάζει τις μετρήσεις των αισθητήρων αλλά και σε κάποιον παράγοντα που έχει να κάνει με την ποιότητα του αέρα η την ποιότητα του ψεκασμού καύσιμου. Κακής ποιότητας ανάφλεξης λοιπόν όπου εκεί θα χρειαζόταν ο κινητήρας μεγαλύτερη διάρκεια σπινθήρα και όχι της τόσο μεγαλύτερης ενέργειας σπινθήρα που παρέχει η πυκνωτική ανάφλεξη.

## 2.3 ΑΝΑΚΕΦΑΛΑΙΩΣΗ

Το πρώτο σύστημα ανάφλεξης που χρησιμοποιήθηκε ήταν η συμβατική ανάφλεξη που στο μεγαλύτερο μέρος της αποτελούνταν από μηχανικά στοιχεία. Σταδιακά άρχισε το σύστημα της ανάφλεξης να αποκτά αισθητήρες ελέγχου και να περνά σε ηλεκτρονική μορφή με την ηλεκτρονική ανάφλεξη. Με την εξέλιξη της αυτοκινητοβιομηχανίας, άρχισαν να χρησιμοποιούνται και άλλα συστήματα στο αυτοκίνητο και ήταν αναγκαίο, η ανάφλεξη να περνά σε ψηφιακή μορφή. Έτσι έφτασε σε ένα στάδιο εξέλιξης το οποίο δεν είχε μόνο αισθητήρες ελέγχου αλλά και ρυθμιστικά στοιχεία όπως για παράδειγμα όπως αναφέρθηκε στην γεννήτρια παλμών επαγωγικού τύπου, όπου το αβανς αλλάζει αυτόματα ανάλογα με τις απαιτήσεις του κινητήρα καθώς και στην ανάφλεξη η οποία ελέγχεται από ηλεκτρονική μονάδα, εκεί όπου όλη η ανάφλεξη παράγεται και ελέγχεται εξ ολοκλήρου από ηλεκτρονικά στοιχεία. Επίσης όσο εξελισσόταν το σύστημα ανάφλεξης, αυξήθηκαν οι επιδώσεις του κινητήρα και μειώθηκαν οι ρύποι διότι μειώθηκε σημαντικά η αστοχία ανάφλεξης και η κακή ποιότητα σπινθήρα.

## 2.4 ΕΞΟΠΛΙΣΜΟΣ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ ΑΝΑΦΛΕΞΗΣ

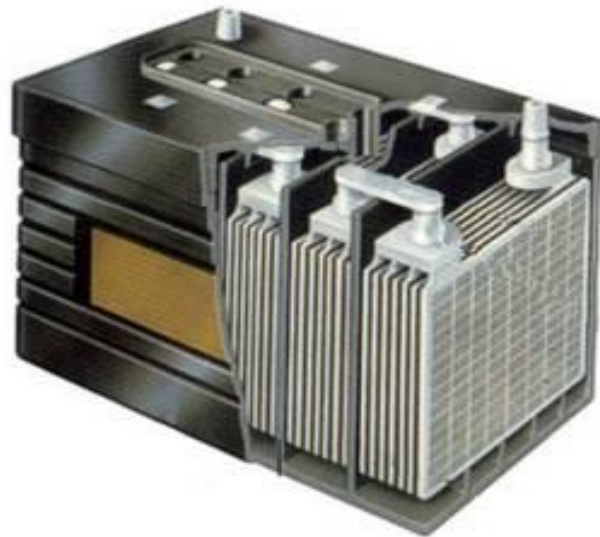
Για την επίτευξη ενός αποτελεσματικού και ολοκληρωτικού συστήματος ανάφλεξης είναι η απαραίτητη και η κατάλληλη ύπαρξη του εξοπλισμού. Ο βασικός εξοπλισμός στους παλαιότερους κινητήρες περιλάμβανε: τον συσσωρευτή, τον πολλαπλασιαστή, τις πλατίνες, τον διανομέα, τον πυκνωτή, τα καλώδια και τον αναφλεκτήρα. Στους σύγχρονους κινητήρες λόγω της ζήτησης των υψηλότερων αποδόσεων και λιγότερων ρύπων, όλο το σύστημα της ανάφλεξης θα πρέπει να λειτουργεί με μεγαλύτερη ακρίβεια και λιγότερες φθορές. Οι πλατίνες καθώς και ο διανομέας, έχουν αντικατασταθεί με αισθητήρες τύπου Hall και επαγωγικούς. Αισθητήρες ακόμη, έχουν τοποθετηθεί στον εκκεντροφόρο καθώς και στον στροφαλοφόρο άξονα, έτσι ώστε ο εγκέφαλος του αυτοκινήτου να γνωρίζει την θέση του εκκεντροφόρου και τις στροφές του κινητήρα, για να δημιουργηθεί ο κατάλληλος σπινθήρας στο κατάλληλο αναφλεκτήρα ακριβώς την κατάλληλη στιγμή με πολύ μεγάλη ακρίβεια. Επίσης οι πολλαπλασιαστές βρίσκονται πάνω στον κινητήρα και υπάρχει ένας ξεχωριστός πολλαπλασιαστής για κάθε αναφλεκτήρα.



**Εικόνα 2-9.** Ανάφλεξη μέσα στον κύλινδρο

### 2.4.1 ΣΥΣΣΩΡΕΥΤΗΣ

Πριν περιγράψουμε τι είναι ο συσσωρευτής, είναι πολύ σημαντικό να κάνουμε μια μικρή παρένθεση. Ο συσσωρευτής είναι ένα από τα επιβλαβή για το περιβάλλον εξαρτήματα του αυτοκινήτου, γι αυτόν τον λόγο χρειάζεται ιδιαίτερη προσοχή όταν θα αποφορτιστεί και δεν θα είναι χρήσιμος. Σε καμία περίπτωση δεν τον πετάμε στον κάδο απορριμμάτων, ούτε τον αφήνουμε στην φύση όπως συνηθίζεται να γίνεται. Υπάρχουν ειδικά κέντρα ανακύκλωσης μπαταριών, τα οποία τις επεξεργάζονται με ασφάλεια και είναι πιστοποιημένα γι αυτήν την διαδικασία. Η ονομαστική τάση των μπαταριών του αυτοκινήτου είναι 12V. Για να επιτευχθεί αυτό, υπάρχει ένας αριθμός επαναφορτιζόμενων στοιχείων εσωτερικά της μπαταρίας, ο οποίος είναι σε αριθμό είναι 6 και έχει τάση περίπου 2V. Η μέθοδος σύνδεσης των στοιχείων είναι σε σειρά. Η πραγματική όμως τάση τη μπαταρίας κυμαίνεται από 14,5 έως 10,8 V. Οι περισσότερες μπαταρίες είναι μολύβδου - θεικού οξέος. Τα σημαντικότερα χαρακτηριστικά είναι η τάση της μπαταρίας, η χωρητικότητα της και η ισχύς εκκίνησης. [2]

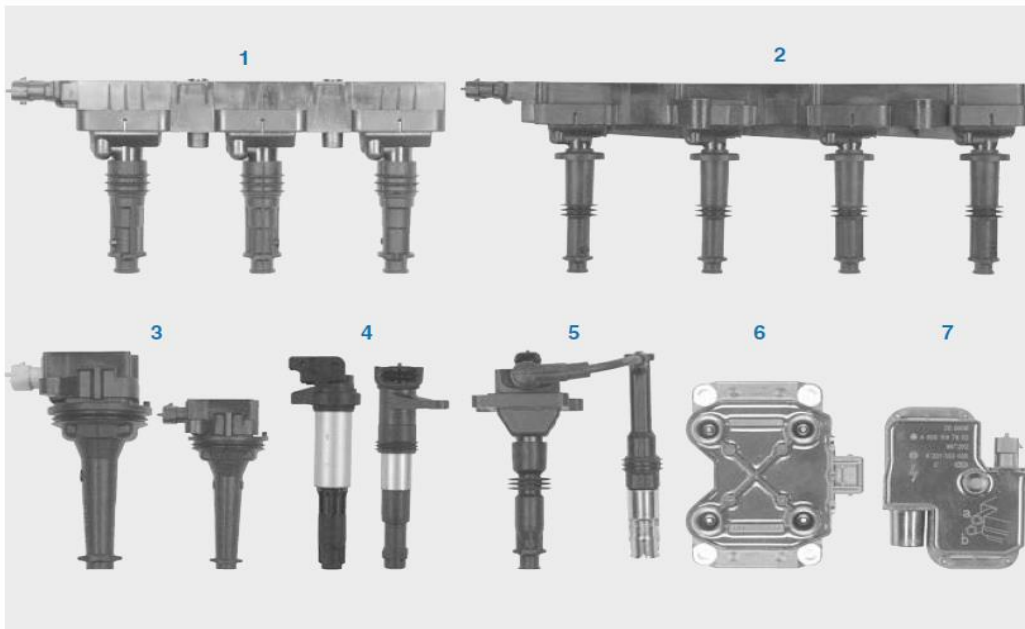


Εικόνα 2-10. Μπαταρία σε τομή



## 2.4.2 ΠΟΛΛΑΠΛΑΣΙΑΣΤΗΣ

Ο πολλαπλασιαστής μετατρέπει το ρεύμα χαμηλής τάσης της μπαταρίας 12V σε υψηλής τάσης που φτάνει έως και 30000V. Αποτελείται από έναν κύλινδρο, ο οποίος είναι κατασκευασμένος από μεταλλικές κυλινδρικές πλάκες που έχουν το ίδιο κέντρο. Ο σκοπός των μεταλλικών πλακών, είναι για να περιοριστούν οι απώλειες του μαγνητικού πεδίου. Στο εσωτερικό του κυλίνδρου, υπάρχουν δυο τυλίγματα, γύρω από έναν πυρήνα από μαλακό σιδηρομαγνητικό υλικό. Το ένα τύλιγμα έχει μικρότερη διατομή και αποτελείται από περισσότερες σπείρες σε σχέση με το άλλο. Αυτό ονομάζεται και δευτερεύον τύλιγμα. Το άλλο τύλιγμα που ονομάζεται πρωτεύον, είναι συνδεδεμένο από την μια μεριά με το διακόπτη ανάφλεξης (+), ενώ το άλλο άκρο του, με τη σταθερή επαφή των πλατινών(-). Το δευτερεύον τύλιγμα με την σειρά του, το ένα άκρο του είναι με το (-) του πρωτεύοντος και το άλλο άκρο του με τον κεντρικό ακροδέκτη υψηλής τάσης του πολλαπλασιαστή. Το πρωτεύον τύλιγμα έχει από 500 έως 1.000 σπείρες με διάμετρο 0,4-0,5 mm. Το δευτερεύον τύλιγμα έχει από 15.000 μέχρι 30.000 σπείρες με διάμετρο περίπου 0,06 mm. Και τα δυο τυλίγματα η αλλιώς πηνία, είναι καλά μονωμένα τόσο προς τον πυρήνα, όσο και μεταξύ τους. Όλα είναι τοποθετημένα μέσα σε στεγανή θήκη. [8]



**Εικόνα 2-11.** 1. Μονάδα με τρεις πολλαπλασιαστές, 2. Μονάδα με τέσσερις πολλαπλασιαστές, 3. Πολλαπλασιαστής κανονικού τύπου, 4. Πολλαπλασιαστής τύπου μολυβιού, 5. Πολλαπλασιαστής διπλού σπινθήρα με ένα κύκλωμα, 6. Πολλαπλασιαστής διπλού σπινθήρα με δυο κυκλώματα, 7. Μονάδα δυο πολλαπλασιαστών με μόνο σπινθήρα

### 2.4.3 ΠΥΚΝΩΤΗΣ

Είναι μια συσκευή που είναι χρήσιμη για την αποθήκευση ηλεκτρικής ενέργειας. Η μορφή του είναι επίπεδη και αποτελείται από ίσα επίπεδα και μεταλλικά φύλλα (πλάκες) τα οποία ονομάζονται οπλισμοί του πυκνωτή. Η πρώτη του κατασκευή έγινε από το πανεπιστήμιο της Ολλανδίας Leyden (1745). Το χαρακτηριστικό του πυκνωτή είναι η χωρητικότητα του η οποία μετριέται σε Φαράντ (F). Αυτό που καθορίζει την χωρητικότητα του πυκνωτή είναι τα γεωμετρικά χαρακτηριστικά του και συνήθως η χωρητικότητα του πυκνωτή είναι κάποια  $\mu\text{F}$ . [4]



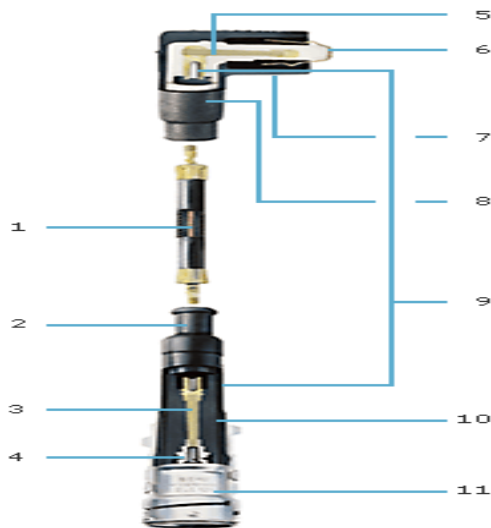
Εικόνα 2-12. Πυκνωτής

## 2.4.4 ΚΑΛΩΔΙΑ

Η δυσκολία υλοποίησης του παραπάνω συστήματος ανάφλεξης ήταν τα καλώδια. Οι υψηλές θερμοκρασίες που αναπτύσσονται, η υγρασία και οι υδρογονάνθρακες ταιλαιωρούν πολύ τα καλώδια, τα οποία πρέπει να είναι πολύ καλά μονωμένα. Τα προβλήματα που υπήρχαν στην αρχή ξεπεράστηκαν με τη βοήθεια των συνθετικών υλικών. [3]

Κάποιοι τύποι μπουζοκαλωδίων είναι οι παρακάτω:

- **Copper Cable:** καλώδια ανάφλεξης με μηδενική εσωτερική αντίσταση από πυρήνα χαλκού.



1. Πυρήνας χαλκού
2. Επικάλυψη σιλικόνης
3. Αντίσταση εξασθένησης
4. Γνήσιοι επαφής βύσματος αναφλεκτήρα
5. Αντίσταση εξασθένησης
6. Επαφή διανομέα ανάφλεξης
7. Προστατευτικό κάλυμμα σιλικόνης
8. Προστατευτικό κάλυμμα σιλικόνης
9. Γνήσιοι επαφής βύσματος αναφλεκτήρα
10. Φορέας αποξειδικής ρητίνης
11. Μεταλλική θωράκιση

**Εικόνα 2-13.** Καλώδιο ανάφλεξης με μηδενική εσωτερική αντίσταση

- **Power Cable:** καλώδια ανάφλεξης με εσωτερική αντίσταση από σύρμα (σιδηρομαγνητισμός πυρήνας με αντίσταση σύρματος).

1. Σιδηρομαγνητική σιλικόνη
2. Αντίσταση από ανοξείδωτο χάλυβα
3. Πυρήνας σιλικόνης
4. Πλέγμα από υαλώδεις ίνες
5. Εξωτερική επένδυση σιλικόνης



**Εικόνα 2-14.** Καλώδιο ανάφλεξης με εσωτερική αντίσταση από σύρμα

- **Carbon Cable:** καλώδια ανάφλεξης σύνθετης αντίστασης (με εσωτερική αντίσταση από άνθρακα).



**Εικόνα 2-3.** Καλώδιο ανάφλεξης σύνθετης αντίστασης

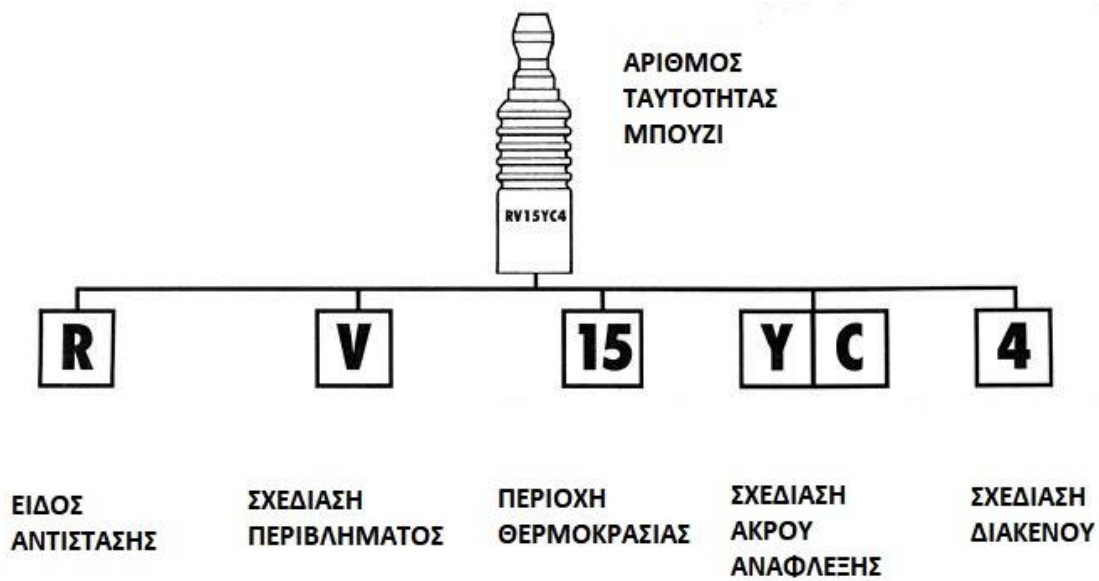
1. Εξωτερική επένδυση σιλικόνης
2. Πλέγμα από υφασμάτινες ίνες
3. Πυρήνας σιλικόνης
4. Μονωτικό φύλλο
5. Πυρήνας από υαλώδεις ίνες με επικάλυψη άνθρακα

## 2.4.5 ΑΝΑΦΛΕΚΤΗΡΑΣ

Ο αναφλεκτήρας θα πρέπει να είναι υψηλής αντοχής διότι είναι το εξάρτημα του συστήματος ανάφλεξης το οποίο δέχεται υψηλές πιέσεις και υποπίεσεις, υψηλές θερμοκρασίες μεγαλύτερες των 800°C και υψηλές επαναλαμβανόμενες και διακοπτόμενες τάσεις. Επίσης, θα πρέπει να απάγει θερμότητα, γιατί σε περίπτωση που παραμένει θερμός υπάρχει κίνδυνος το καύσιμο μείγμα να αναφλέγεται από το σώμα του και όχι από τον σπινθήρα. Αν από την άλλη ο αναφλεκτήρας απάγει θερμότητα υπερβολικά, τότε δεν θα έχει την απαραίτητη θερμοκρασία για να κάψει τα κατάλοιπα της καύσης, τα οποία μπορούν να «μονώσουν» το ηλεκτρόδιο και έτσι να μη δημιουργείται σπινθήρας.



Εικόνα 2-15. Αναφλεκτήρας σε τομή



Εικόνα 2-16. Κωδικοποίηση αναφλεκτήρα

### 2.4.5.1 ΕΙΔΗ ΑΝΑΦΛΕΚΤΗΡΩΝ

- Υπάρχουν τρία είδη αναφλεκτήρων:

- αναφλεκτήρας τύπου P: Σε αυτό το είδος αναφλεκτήρων το μονωτικό προεξέχει του μεταλλικού περιβλήματος. Αυτοί οι αναφλεκτήρες, ανεβάζουν εύκολα θερμοκρασίες και εξασφαλίζουν ομαλή λειτουργία. Αντικαθιστούν τους συμβατικούς αναφλεκτήρες και έχουν ευρύτερη περιοχή θερμικής αγωγιμότητας. Ενδείκνυται για τους γρήγορους τετράχρονους κινητήρες και αντενδείκνυται για τους δίχρονους.



Εικόνα 2-17. Αναφλεκτήρας τύπου p

- **Αναφλεκτήρες τύπου V:**  
Αυτό το είδος αναφλεκτήρων διαθέτει ένα λεπτό κεντρικό ηλεκτρόδιο από μέταλλο. Αυτοί οι αναφλεκτήρες δίνουν σπινθήρα και σε χαμηλότερες τιμές τάσης. Έτσι έχουμε ευκολότερα πρωινά ξεκινήματα με πεσμένη μπαταρία, ενώ το "λάδωμα" του αναφλεκτήρα αποφεύγεται σε μεγάλο βαθμό.



Εικόνα 2-18. Αναφλεκτήρας τύπου v

- **Αναφλεκτήρας ιριδίου:** χαρακτηριστικό αυτό του είδους αναφλεκτήρα είναι ότι παρουσιάζει υψηλή απόδοση καθώς χρησιμοποιεί ηλεκτρόδιο υλικό από ιρίδιο.

#### Πλεονεκτήματα:

(+)συμβάλλει σημαντικά τον κινητήρα στη κατανάλωση καυσίμου.

(+)εξοικονόμηση καυσίμου ( εξοικονόμηση μέχρι 5% καύσιμο σε σύγκριση με απλούς αναφλεκτήρες).

(+)άμεσο και εύκολο ξεκίνημα λόγω αύξησης της ισχύος του κινητήρα ακόμα και με καιρικές συνθήκες με κρύο η υγρασία.

(+)μεγάλη αντοχή.

(+)λιγότερη φθορά: τα ηλεκτρόδια στους συμβατικούς αναφλεκτήρες είναι συνήθως από νικέλιο (σε ακριβότερα χρησιμοποιείται ακόμη και πλατίνα). Το νικέλιο και η πλατίνα δεν είναι καθαρά μέταλλα, αλλά κράματα που περιέχουν και άλλες προσμίξεις μετάλλων. Ανάλογα τη σύσταση του κράματος, οι ιδιότητες των υλικών μπορούν να μεγιστοποιηθούν.

Μειονεκτήματα:

(-) μεγάλο κόστος σε σύγκριση με τους απλούστερους αναφλεκτήρες.



**Εικόνα 2-19.** Αναφλεκτήρας ιριδίου



### 2.4.5.2 ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΑΝΑΦΛΕΚΤΗΡΩΝ

Επίσης, ανάλογα με τη σχεδίαση του κινητήρα και της χρήσης που προορίζεται καθορίζεται και το είδος του αναφλεκτήρα. Οι σημαντικότερες προδιαγραφές των σπινθηριστών είναι: η απόσταση reach, το σπείρωμα και το έδρανο, το διάκενο αέρος και η περιοχή θερμοκρασίας.

- reach: μεγάλο σημαίνει ότι είναι βαθιά μέσα στο κύλινδρο με αποτέλεσμα να θερμαίνεται ή να χτυπηθεί από έμβολο η βαλβίδα. Μικρό σημαίνει ότι θα είναι ψυχρό και θα προκαλεί κακές αναφλέξεις.
- σπείρωμα και έδρανο: υπάρχουν δύο συνηθέστεροι διάμετροι σπειρώματος που χρησιμοποιούνται 14mm και 18mm. Υπάρχουν και δυο μέθοδοι φραγής (έδρανα) κωνική φραγή που είναι σαν σφήνα και η επίπεδη που στεγανοποιεί τον κύλινδρο με συμπιεζόμενη φλάντζα.
  - διάκενο αέρος: Η ιδανική απόσταση των ηλεκτροδίων είναι από 0,25mm έως 0,8mm ανάλογα με το σύστημα ανάφλεξης που είναι εγκατεστημένο στο κινητήρα. Μεγάλο διάκενο χρειαζόμαστε μεγάλη τάση για την ανάφλεξη. Μικρό διάκενο σημαίνει αδύνατος σπινθήρας. Η μέτρηση διακένου γίνεται με φίλερ.
- περιοχή θερμοκρασίας: με τον όρο περιοχή θερμοκρασίας εννοούμε την ικανότητα του αναφλεκτήρα να μεταφέρει την θερμότητα καύσης από το άκρο ανάφλεξης στην κεφαλή του κυλίνδρου. Αυτό που καθορίζει την περιοχή θερμοκρασίας είναι το μήκος της μύτης του μονωτή. Μεγάλο μήκος συνεπάγεται με μεγάλη θερμοκρασία. Για μεγάλη θερμοκρασία, ο αναφλεκτήρας θα φθαρεί γρήγορα ή θα κάψει γρήγορα τα ηλεκτρόδια. Μικρή θερμοκρασία, δεν θα θερμαίνεται ικανοποιητικά ώστε να καούν οι καπνιές στον μονωτή, με αποτέλεσμα να προκληθεί βραχυκύκλωμα.

Στα επιβατικά οχήματα χρησιμοποιείται αναφλεκτήρας αντίστασης. Η αντίσταση είναι μέσα στο κεντρικό ηλεκτρόδιο και η χρήση της είναι να καταπνίγει τις εξάρσεις της τάσης κατά την λειτουργία του αναφλεκτήρα.

### 2.4.5.3 ΈΛΕΓΧΟΣ ΑΝΑΦΛΕΚΤΗΡΑ

Οι φθαρμένοι σπινθηριστές προκαλούν μεγάλη κατανάλωση καυσίμου, δύσκολη εκκίνηση, διακοπές στην ανάφλεξη και φυσικά απώλεια ισχύος.

➤ **Κανονική κατάσταση του αναφλεκτήρα**



**Εικόνα 2-20.** Κανονική κατάσταση του αναφλεκτήρα

➤ **Συσσωρευμένες επικαθήσεις αιθάλης**

- εσφαλμένη ρύθμιση μίγματος (μονάδα έγχυσης).
- λερωμένο φίλτρο αέρα
- ελαττωματικός αισθητήρας θερμοκρασίας
- ελαττωματικός αισθητήρας  $\Lambda$



**Εικόνα 2-21.** Αναφλεκτήρας με συσσωρευμένες επικαθήσεις αιθάλης

➤ **Λάδωμα**

-Αρκετή ποσότητα λαδιού στο θάλαμο καύσης

-Φθαρμένα ελατήρια εμβόλου,  
κύλινδροι και οδηγί βαλβίδων.



**Εικόνα 2-22.** Λαδωμένος αναφλεκτήρας

➤ **Σχηματισμός σμάλτου**

-Πρόσθετα στο καύσιμο και το λάδι που σχηματίζουν επικαθήσεις μορφής τέφρας



**Εικόνα 2-23.** Αναφλεκτήρας με σχηματισμό σμάλτου

➤ **Υπερβολικές επικαθήσεις**

-Κατάλοιπα πρόσθετα που έχουν συσσωρευτεί πάνω στον αναφλεκτήρα



**Εικόνα 2-24.** Αναφλεκτήρας με υπερβολικές επικαθήσεις

➤ **Λιωμένο κεντρικό ηλεκτρόδιο**

-θερμική υπερφόρτωση λόγω ανάφλεξης πυράκτωσης

-ελαττωματικές βαλβίδες

-ακατάλληλη ποιότητα καυσίμου



**Εικόνα 2-25.** Αναφλεκτήρας με λιωμένο κεντρικό ηλεκτρόδιο

➤ **Σπασμένο άκρο μονωτή**

-Μηχανική βλάβη λόγω εσφαλμένης χρήσης



**Εικόνα 2-26.** Αναφλεκτήρας με σπασμένο άκρο μονωτή

➤ **Υπερβολική φθορά του ηλεκτροδίου**

-Φτωχή ροή μέσα στο θάλαμο καύσης



-Υπερθέρμανση

➤ **Μερικώς λιωμένα ηλεκτρόδια**

-θερμική υπερφόρτωση λόγω ανάφλεξης πυράκτωσης

-ελαττωματικές βαλβίδες

-μη κατάλληλη ποιότητα καυσίμου

**Εικόνα 2-27.** Αναφλεκτήρας με υπερβολική φθορά



**Εικόνα 2-28.** Αναφλεκτήρας με μερικώς λιωμένα ηλεκτρόδια

## 2.4.6 ΠΛΑΤΙΝΕΣ

Το ρεύμα του συστήματος ανάφλεξης προέρχεται από τον συσσωρευτή (μπαταρία) κατά την εκκίνηση ή από τη γεννήτρια (δυναμό ή εναλλάκτη). Το ρεύμα και στις δύο περιπτώσεις είναι συνεχές, κάτι που δεν επιτρέπει στον πολλαπλασιαστή να λειτουργήσει. Οι "πλατίνες", που στην πραγματικότητα είναι ένας απλός διακόπτης που, ανοίγοντας και κλείνοντας, δημιουργεί συνεχείς μεταβολές στην τάση στα άκρα του πολλαπλασιαστή και του επιτρέπει, να λειτουργήσει. Οι πλατίνες, που είναι συνήθως δύο στους τετρακύλινδρους κινητήρες, αποτελούνται από το κινούμενο τμήμα, το ακίνητο τμήμα και δύο πλακίδια, τα οποία είναι αυτά που έρχονται σε επαφή όταν λέγεται ότι "κλείνουν οι πλατίνες". Λόγω της συνεχούς λειτουργίας τους, οι επαφές φθείρονται. Σε αυτό βοηθάει και το ότι η μεταξύ τους απόσταση είναι πολύ μικρή και είναι συχνή η δημιουργία σπινθήρων ανάμεσα στις επαφές. Γι' αυτό το λόγο οι κατασκευαστές χρησιμοποίησαν υλικό μικρής ηλεκτρικής αντίστασης αλλά μεγάλης ανθεκτικότητας όπως ο λευκόχρυσος (πλατίνα).



Εικόνα 2-29. Πλατίνα

### 2.4.7 ΔΙΑΝΟΜΕΑΣ

Ο διανομέας είναι μια συσκευή που αποτελείται από μια περιστρεφόμενη επαφή (ράουλο) και ένα ειδικά κατασκευασμένο κάλυμμα, πάνω στο οποίο τοποθετούνται τα καλώδια των αναφλεκτήρων, οι επαφές και το καλώδιο υψηλής τάσης, το οποίο μεταφέρει το ρεύμα υψηλής τάσης από τον πολλαπλασιαστή. Το ράουλο βρίσκεται σε μόνιμη περιστροφή παίρνοντας κίνηση από τον εκκεντροφόρο άξονα. Έτσι, όταν κλείσουν οι πλατίνες και το ρεύμα υψηλής τάσης διοχετευθεί στο δευτερεύον κύκλωμα, το ράουλο έχει ρυθμιστεί έτσι ώστε να βρίσκεται στην κατάλληλη επαφή με αποτέλεσμα το ρεύμα να περάσει στον σωστό αναφλεκτήρα και να δημιουργηθεί σπινθήρας. Στο εσωτερικό του διανομέα, κάτω από τις πλατίνες βρίσκεται ο φυγοκεντρικός μηχανισμός, ο οποίος ρυθμίζει την προπορεία της ανάφλεξης ανάλογα με τις στροφές του κινητήρα. Η λειτουργία του φυγοκεντρικού μηχανισμού βασίζεται στη φυγόκεντρο δύναμη που αναπτύσσεται στα αντίβαρα με την περιστροφή του άξονα του διανομέα. Όταν αυξάνονται οι στροφές του κινητήρα, τα αντίβαρα μετακινούνται προς τα έξω. Το αποτέλεσμα είναι να δίνουν περιστροφική κίνηση στον ζυγό της πλακάς των πλατινών, με την ίδια φορά του έκκεντρο.



Εικόνα 2-30. Διανομέας

αυτόν τον τρόπο ανοίγουν πιο νωρίς και δημιουργείται ο σπινθήρας αρκετά πριν το έμβολο φτάσει στο Α.Ν.Σ. Στο εξωτερικό μέρος του διανομέα τοποθετείται ο μηχανισμός υποπίεσης, ο οποίος ρυθμίζει την προπορεία της ανάφλεξης ανάλογα με το φορτίο του κινητήρα. Κατά τη λειτουργία του κινητήρα με χαμηλό φορτίο, υπάρχει μεγαλύτερη υποπίεση από ότι με υψηλότερες στροφές. Ο μηχανισμός υποπίεσης, χρησιμοποιεί την υποπίεση που παίρνει από την πολλαπλή εισαγωγής, για τη ρύθμιση της προπορείας λόγω της μεταβολής του φορτίου.

## 2.4.8 ΑΙΣΘΗΤΗΡΑΣ HALL

Ο αισθητήρας συγχρονίζει τον σπινθήρα με την περιστροφή του άξονα του κινητήρα. Στους μονοκύλινδρους κινητήρες, κάθε παλμός του αισθητήρα είναι και μια περιστροφή του κινητήρα. Ενώ στους κινητήρες του αυτοκινήτου, κάθε παλμός είναι και σημείο ανάφλεξης του κάθε κυλίνδρου. Ο παλμός έχει τάση 5 V. Η αρχή λειτουργίας του αισθητήρα Hall βασίζεται στο φαινόμενο Hall σε ημιαγωγούς. Τα ηλεκτρόνια που κινούνται σε έναν ημιαγωγό κάθετα στις μαγνητικές γραμμές ενός πεδίου, δέχονται μια πλευρική ηλεκτρομαγνητική δύναμη κάθετη στη διεύθυνση του ρεύματος. Η πλευρική δύναμη περιγράφεται και από την παρακάτω σχέση:

$$\mathbf{F} = q \cdot \mathbf{v} \cdot \mathbf{B} \quad \text{όπου:}$$

$q$  : το φορτίο του ηλεκτρονίου

$v$ : η ταχύτητα του ηλεκτρονίου στο στρώμα του ημιαγωγού

και

$B$ : η ένταση του μαγνητικού πεδίου

Αυτή η δύναμη ονομάζεται δύναμη Lorentz και υπό την επίδραση της, η ροή των ηλεκτρονίων εκτρέπεται προς τη μια πλευρά του ημιαγωγού. Ως συνέπεια, αυξάνεται η συγκέντρωση των ηλεκτρονίων σε αυτήν την πλευρά. Η διαφορά των ηλεκτρονίων στις δύο πλευρές του ημιαγωγού προκαλεί, την εμφάνιση διαφοράς δυναμικού. Ο αισθητήρας Hall παρουσιάζει το πλεονέκτημα της παραγωγής σταθερού σήματος ανεξάρτητα από την ταχύτητα περιστροφής του εκκεντροφόρου άξονα.



Εικόνα 2-31. Αισθητήρας HALL

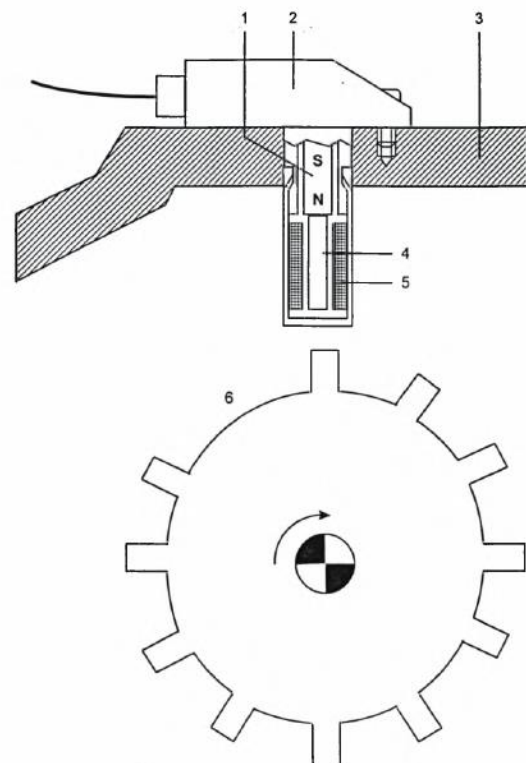


## 2.4.9 ΜΑΓΝΗΤΙΚΟΣ ΑΙΣΘΗΤΗΡΑΣ

Ο αισθητήρας αυτός χρησιμοποιείται για την μέτρηση των στροφών του κινητήρα καθώς και για την γωνία του στροφαλοφόρου άξονα. Πιο αναλυτικά, η αρχή λειτουργίας του αισθητήρα, βασίζεται στη δημιουργία εναλλασσόμενης τάσης από επαγωγή στο τύλιγμα ενός σωληνοειδούς κατά τη διέλευση από το πεδίο του μαγνήτη, ο οποίος υπάρχει στα δόντια ενός δίσκου. Αυτός ο οδοντωτός δίσκος, συνήθως βρίσκεται πάνω στον στροφαλοφόρο άξονα. Η αναπτυσσόμενη τάση στο τύλιγμα δίνεται από τη σχέση:



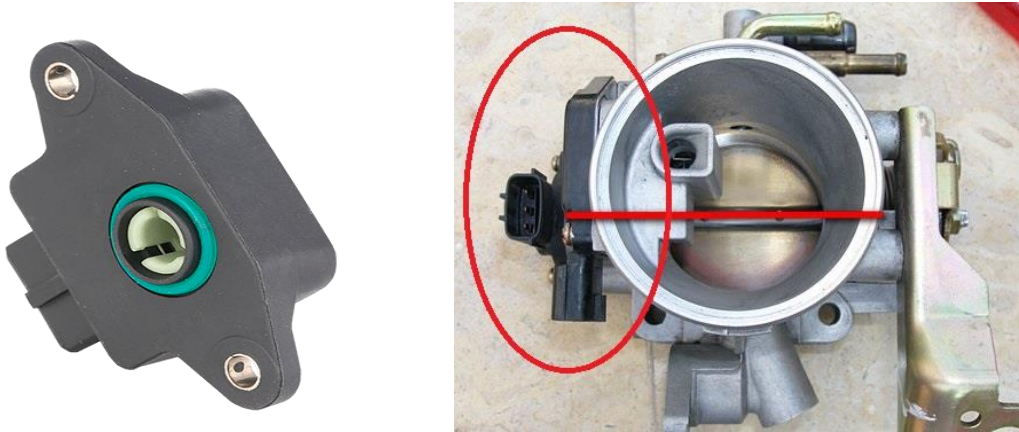
**Εικόνα 2-32.** Μαγνητικός αισθητήρας



**Εικόνα 2-33.** 1.Μονιμος μαγνήτης, 2.Κέλυφος, 3.Μπλοκ κινητήρα, 4.Πυρήνας από μαλακό σίδηρο, 5.Πηνιο, 6.Οδοντωτος δίσκος

### 2.4.10 ΑΙΣΘΗΤΗΡΑΣ ΘΕΣΗΣ ΠΕΤΑΛΟΥΔΑΣ ΓΚΑΖΙΟΥ

Ο αισθητήρας θέσης πεταλούδας γκαζιού είναι μια μεταβαλλόμενη αντίσταση (ποτενσιόμετρο). Αποτελείται από ένα σύρμα τυλιγμένο σε μια μονωμένη βάση, πάνω στο οποίο ολισθαίνει μια κινητή επαφή. Πρακτικά η αντίσταση βρίσκεται εξωτερικά του σώματος της πεταλούδας γκαζιού και τροφοδοτείται με τάση 5V. Όσο αυξάνεται η γωνία της πεταλούδας, υπάρχει μια πτώση τάσης. Πιο συγκεκριμένα υπάρχουν δυο ομάδες αντιστάσεων. Η μια είναι μεταξύ  $0^{\circ}$  και  $24^{\circ}$  και η άλλη  $18^{\circ}$  και  $90^{\circ}$ . Στο σύστημα ανάφλεξης, χρειάζεται αυτός ο αισθητήρας για την θέση της πεταλούδας του γκαζιού.



Εικόνα 2-34. Ποτενσιόμετρο στην πεταλούδα γκαζιού

### 2.4.11 Ο ΑΙΣΘΗΤΗΡΑΣ ΥΠΟΠΙΕΣΗΣ

Το σήμα του αισθητήρα απόλυτης πίεσης (MAP) χρησιμοποιείται για την μέτρηση του φορτίου του κινητήρα σε συνάρτηση με τον αριθμό στροφών , καθώς είναι χρήσιμο για τον υπολογισμό στο στάδιο του ψεκασμού. Η θέση του αισθητήρα βρίσκεται στην πολλαπλή εισαγωγής όπου τοποθετείται μέσα από ένα σωλήνα υποπίεσης μετά από την πεταλούδα γκαζιού. Χαρακτηρίζεται ως πιεζοηλεκτρικός αισθητήρας, αφού η αντίσταση του αλλάζει ανάλογα με την πίεση. Αποτελείται: 1) κύκλωμα ενίσχυσης, 2) Τσιπ πυριτίου (πάνω του βρίσκονται 4 αντιστάσεις τοποθετημένες πάνω σε γέφυρα). Ως προς το σήμα τροφοδοτείται από ECU με σταθερή 5V και η τάση εξόδου από 0.5V έως 4.9V.



Εικόνα 2-35. Αισθητήρας υποπίεσης

### 2.4.12 ΑΙΣΘΗΤΗΡΑΣ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑΣ

Ο αισθητήρας θερμοκρασίας αποτελείται από αντιστάσεις που μεταβάλλονται με τη θερμοκρασία. Συνήθως τροφοδοτείται με τάση 5V και ανάλογα με την θερμοκρασία που υπάρχει, μεταβάλλεται και το μέγεθος της αντίστασης, έτσι ώστε αλλάζει και η τάση. Με αυτόν τον τρόπο ηλεκτρονική μονάδα του οχήματος αναγνωρίζει την θερμοκρασία.

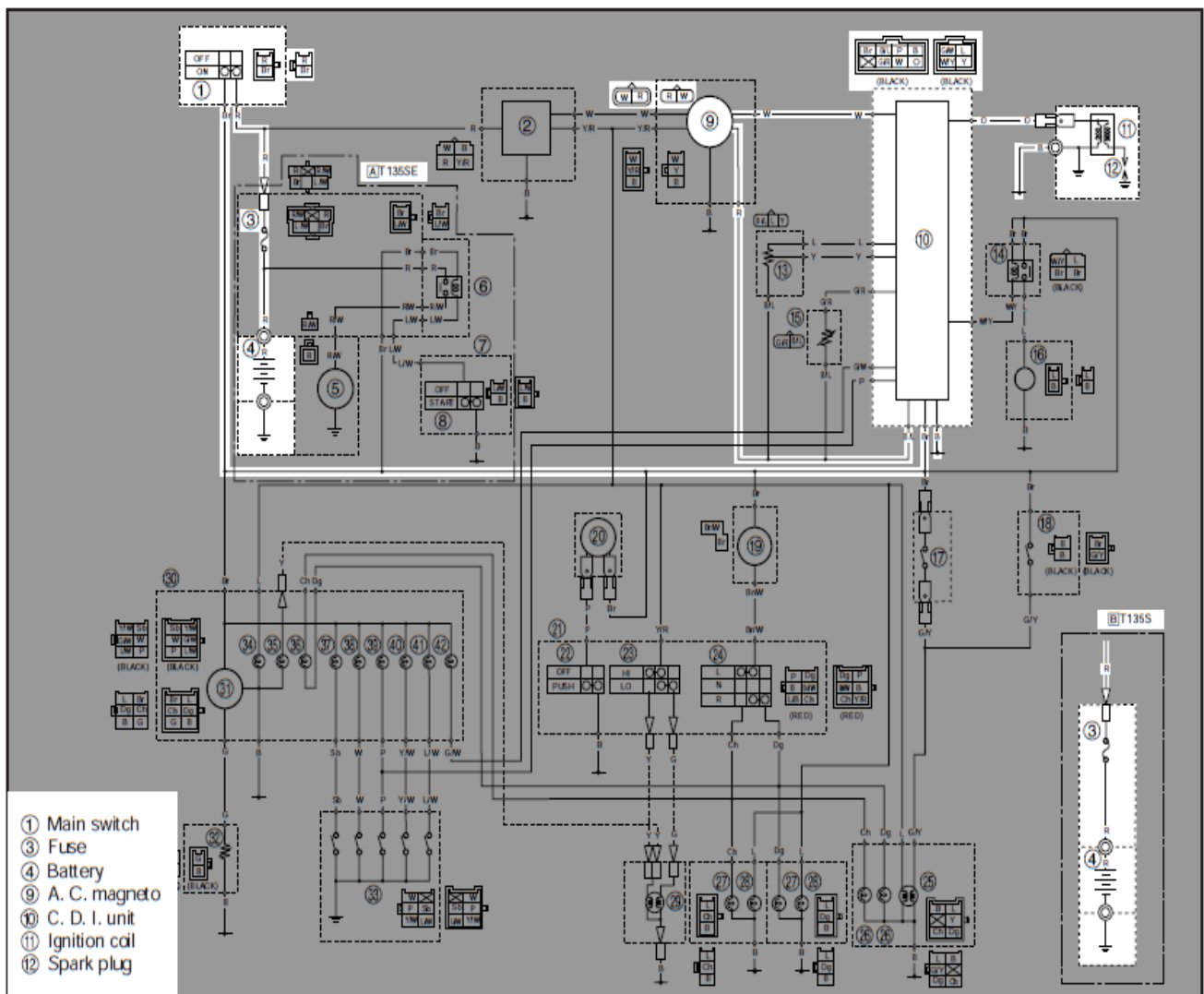
Ενδεικτικά στις περισσότερες περιπτώσεις όσο ανεβαίνει η θερμοκρασία του αέρα, μειώνεται το μέγεθος της αντίστασης. Στο αυτοκίνητο χρησιμοποιείται για τη μέτρηση της θερμοκρασίας του ψυκτικού υγρού, και του αέρα.



Εικόνα 2-36. Αισθητήρας θερμοκρασίας

### 3 ΣΥΣΤΗΜΑ ΠΥΚΝΩΤΙΚΗΣ ΑΝΑΦΛΕΞΗΣ

Τα συστήματα ανάφλεξης που χρησιμοποιούνται ευρέως, δεν είναι ικανά για μια ικανοποιητική ανάφλεξη σε κινητήρες με υψηλές αποδόσεις όπως και σε μικρούς πολύστροφους κινητήρες. Σήμερα το σύστημα CDI χρησιμοποιείται και λόγω των νέων προτύπων ελέγχου της ρύπανσης (EURO) διότι μετά από μετρήσεις έχει παρατηρηθεί ότι τα ποσοστά ρύπων είναι μειωμένα. [4]



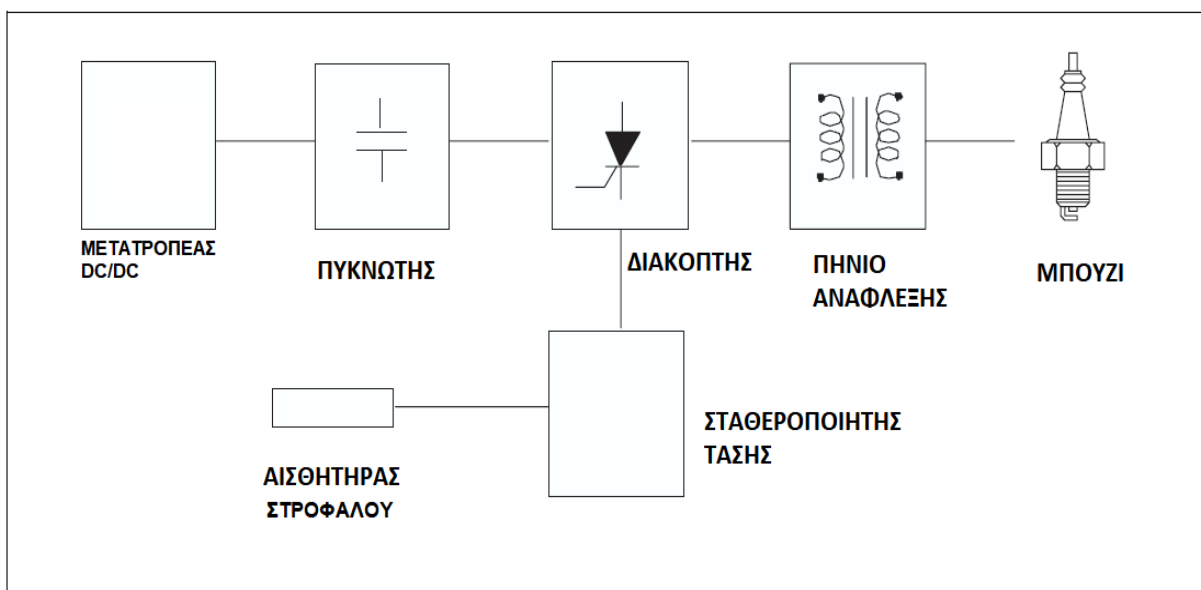
Εικόνα 3-1. Ηλεκτρικό σχέδιο πυκνωτικής ανάφλεξης σε μονοκύλινδρο κινητήρα

### 3.1 ΒΑΣΙΚΗ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ CDI

Ένα πυκνωτικό σύστημα ανάφλεξης αποτελείται από 7 βασικά εξαρτήματα: έναν μετατροπέα υψηλής τάσης DC-DC, έναν πυκνωτή, έναν διακόπτη, έναν αισθητήρα θέσης στροφαλοφόρου άξονα, έναν σταθεροποιητή τάσης, ένα πηνίο ανάφλεξης και τον αναφλεκτήρα. Η τάση του συστήματος είναι από 100V έως 400V το οποίο δημιουργείται από



τον μετατροπέα DC-DC και από **Εικόνα 3-2**. Εξαρτήματα πυκνωτικού συστήματος ανάφλεξης αυτήν φορτίζεται ο πυκνωτής. Την στιγμή που χρειάζεται σπινθήρας, λίγο πριν το ΑΝΣ (άνω νεκρό σημείο) ο διακόπτης κλείνει και ξεκινάει η εκφόρτιση του πυκνωτή. Ο διακόπτης παραμένει κλειστός μέχρι η τάση του πυκνωτή να αντιστραφεί. Την ίδια στιγμή η διόδος διατηρεί σταθερή την τάση του πηνίου και δεν την αφήνει να διαφύγει προς την αντίθετη κατεύθυνση. Φυσικά λόγω της μεγάλης τάσης, έχει βελτιωθεί και η συνολική μόνωση του συστήματος. [5]



**Εικόνα 3-3.** Βασικά εξαρτήματα πυκνωτικής ανάφλεξης

### 3.2 ΜΕΤΑΤΡΟΠΕΑΣ ΥΨΗΛΗΣ ΤΑΣΗΣ DC-DC

Στην πραγματικότητα στις μικρές μηχανές δεν υπάρχει μετατροπέας υψηλής τάσης dc-dc, αλλά ένα πηνίο. Αυτό το πηνίο παράγει απευθείας τάση από 100V έως 400V. Σε αντίθεση, στους μεγάλους κινητήρες έχουμε τον μετασχηματιστή ο οποίος από την τάση της μπαταρίας 12V, παράγει τάση 400V.

### 3.3 ΠΥΚΝΩΤΗΣ

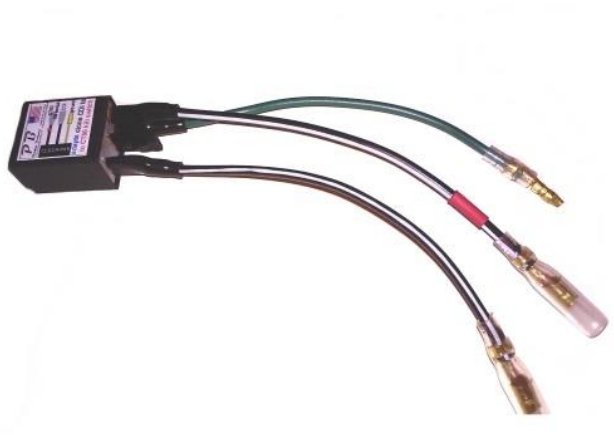
Ο πυκνωτής είναι χωρητικότητας από 0,47 $\mu$ F έως 2 $\mu$ F. Στην πρώτη φάση αποθηκεύει την υψηλή τάση και στην δεύτερη φάση εκκενώνεται για να επιτευχτεί η διαδικασία της ανάφλεξης. Ο συνολικός χρόνος μεταξύ των εκκενώσεων τάσης είναι 3 msec στις μέγιστες στροφές του κινητήρα. Αυτό σημαίνει ότι ο χρόνος φόρτισης είναι 1,5 msec.



Εικόνα 3-4. Πυκνωτής

### 3.4 ΔΙΑΚΟΠΤΗΣ

Ο διακόπτης μεταφέρει την ηλεκτρική ενέργεια του πυκνωτή στο πηνίο ανάφλεξης την κατάλληλη στιγμή. Ο διακόπτης ελέγχεται από έναν ελεγχόμενο ανορθωτή πυριτίου SCR ή TRIAC. Όταν εφαρμόζεται θετικός παλμός στην πύλη του SCR, τότε αυτός προκαλεί την εκκένωση του πυκνωτή μέσω του πρωτεύοντος πηνίου ανάφλεξης. Όταν ο SCR επανέλθει στην κατάσταση εκτός λειτουργίας, το ρεύμα θα πρέπει να είναι μικρότερο από το ρεύμα συγκράτησης. Το ρεύμα συγκράτησης, είναι τιμή ρεύματος η οποία κρατά τον SCR σε κατάσταση λειτουργίας. Επίσης στον διακόπτη υπάρχει και μια δίοδος η οποία δεν επιτρέπει την επιστροφή ρεύματος από το πηνίο ανάφλεξης



Εικόνα 3-5. Διακόπτης



### 3.5 ΣΤΑΘΕΡΟΠΟΙΗΤΗΣ ΤΑΣΗΣ

Η λειτουργία του σταθεροποιητή είναι να βελτιστοποιεί το ρεύμα του ανορθωτή πυριτίου SCR για όλη την κλίμακα στροφών, να φιλτράρει την παρασιτική τάση του αισθητήρα στροφαλοφόρου άξονα και διασφαλίζει την σωστή γωνιά DWELL. Ο σταθεροποιητής τάσης είναι μια συνδεσμολογία εσωτερικά της μονάδας ενός CDI, η οποία θα αναλυθεί παρακάτω.

### 3.6 ΠΗΝΙΟ ΑΝΑΦΛΕΞΗΣ

Το πηνίο ανάφλεξης λειτουργεί με τον ίδιο τρόπο όπως και σε όλα τα συστήματα ανάφλεξης. Εδώ όμως η τιμή της τάσης κυμαίνεται από 5kV έως 20kV. Το πηνίο ανάφλεξης λειτουργεί σαν παλμογενής μετασχηματιστής και όχι ως μέσο αποθήκευσης ενέργειας όπως σε αλλά συστήματα ανάφλεξης.

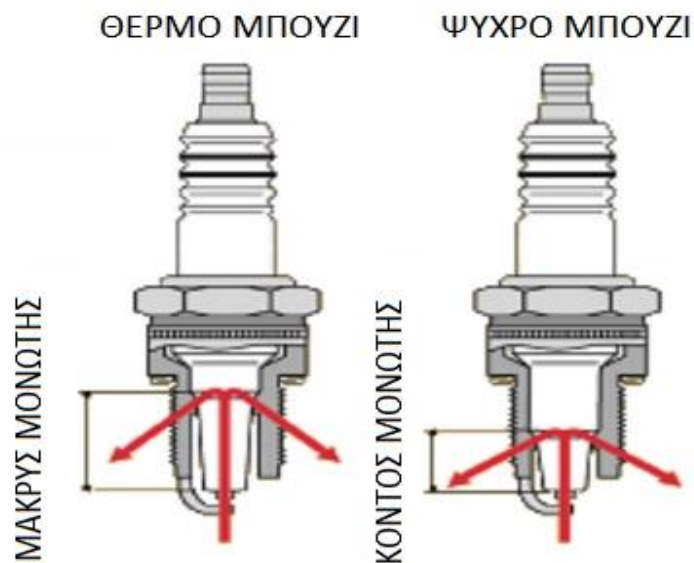


Εικόνα 3-6. Πηνίο ανάφλεξης

### 3.7 ΑΝΑΦΛΕΚΤΗΡΑΣ

Στο συγκεκριμένο σύστημα ανάφλεξης, ο αναφλεκτήρας πρέπει να είναι πιο ανθεκτικό και πιο αποδοτικό. Αν χρησιμοποιηθεί κάποιος ακατάλληλος αναφλεκτήρας, τότε μπορεί να προκληθεί σοβαρή βλάβη στον κινητήρα. Πιο αναλυτικά:

- Διάκενο: Ακατάλληλοι είναι αναφλεκτήρες με μεγάλο διάκενο. Επειδή συνήθως το σύστημα CDI χρησιμοποιείται σε αγωνιστικούς κινητήρες, θα πρέπει ο αναφλεκτήρας που θα χρησιμοποιηθεί να έχει μικρότερο διάκενο κατά 0,1 mm για κάθε επιπλέον 50hp σε σχέση με την εργοστασιακή ισχύ. Δηλαδή αν αυξηθεί η ισχύς κατά 150hp, τότε το διάκενο του νέου αναφλεκτήρα θα είναι κατά 0,3mm μικρότερο από αυτό που προτείνει ο κατασκευαστής. [6]
- Εύρος θερμότητας: όσο πιο μεγάλη ισχύ έχει ο κινητήρας, τόση περισσότερη θερμότητα παράγει. Συνεπώς ο αναφλεκτήρας θα πρέπει να είναι κατάλληλο ανάλογα με την θερμοκρασία που παράγεται από τον κινητήρα. Άρα για κινητήρα που παράγει πολύ θερμότητα, χρησιμοποιείται ψυχρός αναφλεκτήρας. Πρακτικά για κάθε επιπλέον 75 – 100 hp ισχύος του αρχικού κινητήρα, χρησιμοποιείται αναφλεκτήρας μιας κλίμακας πιο ψυχρό. Η μόνη ζημιά που μπορεί να προκληθεί από ψυχρό αναφλεκτήρα, είναι να ξεφλουδιστεί το βύσμα, ενώ από θερμό αναφλεκτήρα, να προκληθεί σοβαρή ζημιά στον κινητήρα. [6]



Εικόνα 3-7. Θερμός και ψυχρός αναφλεκτήρας

### 3.8 Η ΠΡΩΤΗ ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΣΕ ΑΥΤΟΚΙΝΗΤΑ

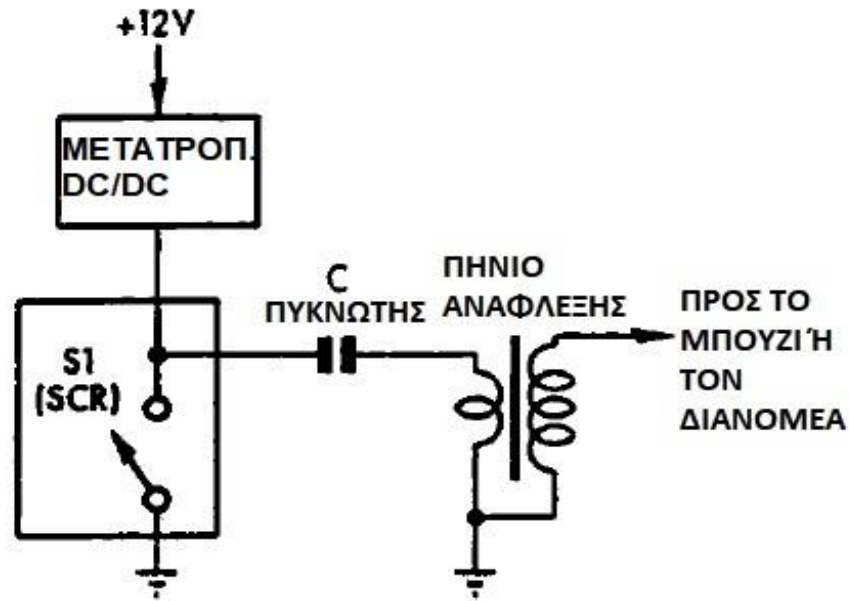
Την δεκαετία του 1960, όπως αναφέρθηκε, το σύστημα CDI ξεκίνησε να πωλείται στο εμπόριο. Τότε ξεκίνησαν να εμφανίζονται οι αστοχίες του συστήματος, τα ελαττώματα και τα μειονεκτήματα που είχε. Ένα από τα μεγαλύτερα μειονεκτήματα της πυκνωτικής ανάφλεξης, ήταν ο διασταυρωνόμενος σπινθηρισμός (**crossfire**). Αυτό δημιουργείται λόγω της υψηλής τάσης και των περισσότερων σπινθήρων (ελάχιστα μικροδευτερολεπτα) στην ανάφλεξη. Το πρόβλημα ήταν ιδιαίτερα εμφανές σε πολυκύλινδρους κινητήρες όπως V8, V6 αλλά φυσικά και σε τετρακύλινδρους. Στην πράξη το crossfire εμφανίζεται γιατί γίνεται σύζευξη της υψηλής τάσης ενός καλωδίου του αναφλεκτήρα, με ένα άλλο καλώδιο άλλου αναφλεκτήρα. Έτσι υπάρχει σπίθα και σε δεύτερο κύλινδρο, που είναι επικίνδυνο για έναν κινητήρα. Από τότε που άρχισαν να υπάρχουν όρια στους ρύπους των οχημάτων και επηρεάστηκε το μίγμα καυσίμου, το CDI σταδιακά σταματούσε να χρησιμοποιείται διότι το μίγμα γινόταν πιο φτωχό και δεν υπήρχε ικανοποιητική ανάφλεξη.

Για να ξεπεραστεί αυτό το σημαντικό μειονέκτημα, δημιουργήθηκε το CDI πολλαπλών εκκενώσεων. Ωστόσο ούτε αυτό ήταν τόσο ικανό για να ξεπεράσει σε απόδοση ένα συμβατικό σύστημα ανάφλεξης. Γι αυτόν τον λόγο σήμερα χρησιμοποιείται κατά βάση σε μονοκύλινδρα οχήματα. Μετά όμως από πολλές μελέτες, σε ένα αποτελεσματικό CDI θα πρέπει να τηρούνται τα εξής όρια:

- να μειωθεί τάση του πηνίου, περίπου στα 300V

- επειδή οι μετατροπείς είχαν συχνότητα μόνο 2kHz, υπήρχε στην ουσία ένα όριο στους σπινθήρες από 300 έως 400 ανά δευτερόλεπτο, επειδή ο μετατροπέας χρειάζεται μερικούς κύκλους λειτουργίας μετά από κάθε εκφόρτιση προκειμένου να επαναφορτίσει τον πυκνωτή. Επίσης τα 2kHz στον μετατροπέα μπορούσαν ακόμη να επηρεάσουν και το ραδιόφωνο. Έτσι, θα πρέπει να λειτουργεί ο μετατροπέας σε συχνότητα μεγαλύτερη των 20kHz.

- οι CDI χρησιμοποιούσαν έναν ανορθωτή SCR για να εκφορτίσουν τον πυκνωτή και λειτουργούν με συχνότητα τροφοδοσίας εναλλασσόμενου ρεύματος 400Hz το μέγιστο. Άρα επειδή οι SCRs θα λειτουργούν σε υψηλότερες συχνότητες, δεν θα μπορούν να χρησιμοποιηθούν.



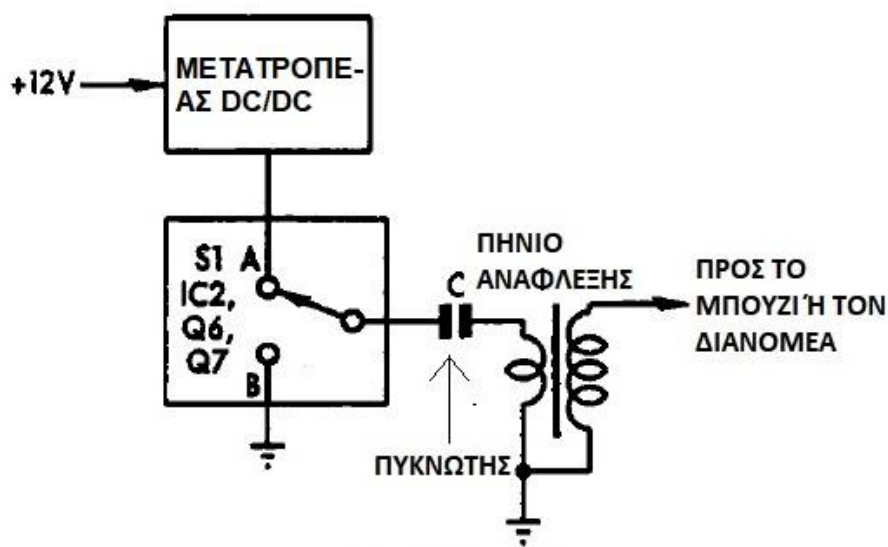
Εικόνα 3-8. Τυπικό σύστημα cdi

Το σχήμα 2-43 δείχνει ένα τυπικό σύστημα CDI το οποίο χρησιμοποιεί έναν μετασχηματιστή DC-DC για τη φόρτιση ενός πυκνωτή. Κάθε φορά που ανοίγει ο διακόπτης στον διανομέα, ο SCR σταματά τη φόρτιση του πυκνωτή. Το φτωχό σε τάση πρωτεύον πηνίο παίρνει μια τάση, η οποία επαγωγικά παράγει μια πολύ υψηλότερη τάση στο δευτερεύον και έπειτα δημιουργείται σπινθήρας στον αναφλεκτήρα.

Ακόμα και έτσι όμως σε καινούριους κινητήρες με 4 κυλίνδρους και πάνω, και με πολλά ηλεκτρονικά στο σύστημα ανάφλεξης, το πρόβλημα θα ήταν ακόμη εμφανές, έως και απαγορευτική η χρήση του CDI, διότι θα έκανε ζημιά στα ηλεκτρονικά συστήματα. Ένα νέο σύστημα CDI που κατασκευάστηκε, συνδεόταν με τους διανομείς με μαγνητικές αντιστάσεις ή με αισθητήρες HALL. Σε πειραματικό στάδιο έχει λειτουργήσει πλήρως αποδοτικά μέχρι και με 30.000 στροφές ανά λεπτό σε 4κυλινδρους κινητήρες. Ένα από τα πιο βασικά χαρακτηριστικά από αυτό το νέο σύστημα είναι πολλαπλή εκφόρτιση σπινθήρων.

### 3.9 ΠΟΛΛΑΠΛΗ ΕΚΦΟΡΤΙΣΗ ΣΠΙΝΘΗΡΩΝ

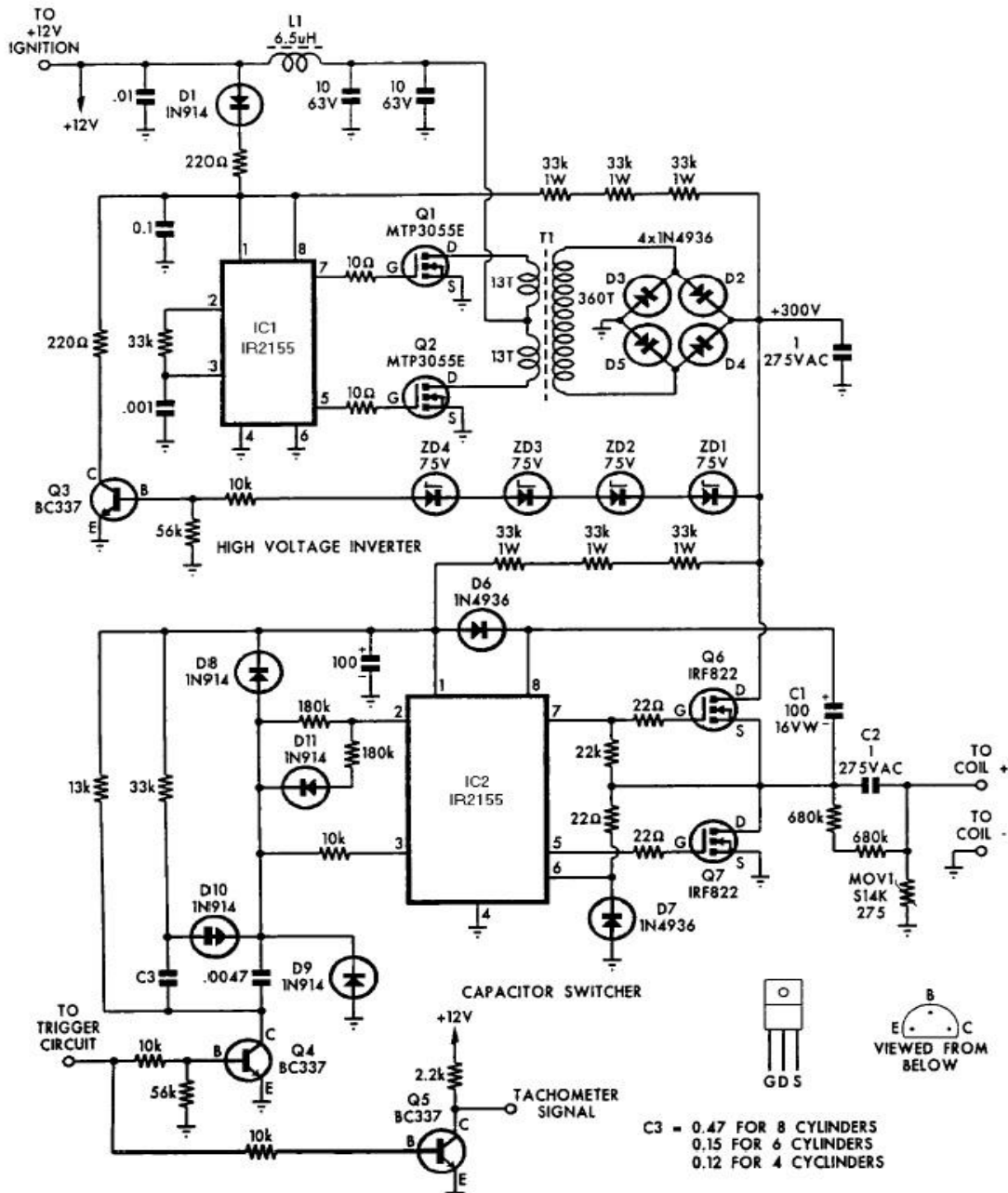
Η πολλαπλή εκφόρτιση σπινθήρων, παρέχει στην ανάφλεξη έως και 10 σπινθήρες σε κάθε κύλινδρο ανά περιστροφή, σε σχέση με το προηγούμενο σύστημα που παρείχε 1 σπινθήρα. Αυτό ισχύει για όλο το φάσμα των στροφών. Επίσης αυτό το σύστημα μπορεί να περιοριστεί έτσι ώστε να δίνει 2 σπινθήρες αντί για 10 ανεξάρτητα από τις στροφές.



Εικόνα 3-9. Πολλαπλή εκφόρτιση σπινθήρων

Το σχήμα δείχνει μια απλοποίηση του συστήματος CDI με πολλαπλή εκφόρτιση. Διαθέτει μετατροπέα DC-DC με ρυθμιζόμενη έξοδο 300V, η οποία φορτίζει έναν πυκνωτή 1μF. Αντί να χρησιμοποιηθεί ένας SCR, χρησιμοποιείται ένα MOSFET S1. Ο πυκνωτής φορτίζεται μέσω του πηνίου στα 300V όταν ο S1 βρίσκεται στη θέση A και εκφορτίζεται από το πηνίο όταν ο διακόπτης βρίσκεται στη θέση B. Έτσι, κάθε φορά που παράγονται δύο σπινθήρες ένας είναι με θετική πολικότητα και ο ένας με αρνητική πολικότητα. Με μια απλή αλλαγή στο κύκλωμα χρονισμού που ελέγχει τον διακόπτη, το σύστημα μπορεί να παράγει περισσότερους από δύο σπινθήρες με επαναλαμβανόμενη φόρτιση και εκφόρτιση του πυκνωτή για κάθε ανάφλεξη του κάθε κυλίνδρου

Σε αυτό το σημείο θα γίνει η ανάλυση του ηλεκτρικού σχεδίου του συστήματος πολλαπλής εκφόρτισης, με σκοπό την εύκολη κατανόηση του και την συνεργασία όλων των ηλεκτρικών μερών του. [11]



Εικόνα 3-10. Ηλεκτρικό σχέδιο πολλαπλής εκφόρτισης σπινθήρων

Το κύκλωμα μπορεί να χωριστεί σε δυο μέρη, το κάθε ένα με τον δικό του αυτορυθμιζόμενο οδηγό MOSFET (IR2155). Το IC1 και τα Mosfets Q1 και Q2 αποτελούν τον μετασχηματιστή από 12V DC σε 300V DC. Το IC2 και τα Mosfets Q6 και Q7 φορτίζουν και αποφορτίζουν τον πυκνωτή και με αυτόν τον τρόπο δημιουργούν το χαρακτηριστικό των πολλαπλών σπινθήρων. Πρώτα θα αναλυθεί η λειτουργία του πρώτου μέρους με το IC1 και έπειτα η λειτουργία του δευτέρου μέρους με το IC2.

### 3.10 IC1 (ΜΕΤΑΣΧΗΜΑΤΙΣΤΗΣ)

Το IC1 κυμαίνεται περίπου στα 22kHz το οποίο ρυθμίζεται από την αντίσταση των 33kΩ στους ακροδέκτες 2 και 3 καθώς και από τον πυκνωτή χωρητικότητας 0,001μF από τον ακροδέκτη 3 και την γείωση. Οι ακροδέκτες εξόδου 5 και 7, μεταβιβάζουν την τάση από το IC1 στα MOSFETS Q1 και Q2 και αυτά με την σειρά τους στο πρωτεύον τύλιγμα του μετασχηματιστή T1.

Με το Q1 ανοικτό, η τάση των 12V εφαρμόζεται στο μισό της περιέλιξης του μετασχηματιστή, αλλά επειδή η πρώτη περιέλιξη είναι συνδεδεμένη και με την δεύτερη στο πρωτεύον τύλιγμα, τότε και αυτή θα έχει τάση 12V. Ακριβώς το ίδιο συμβαίνει όταν το Q2 είναι ανοικτό. Στην περίπτωση που στον διακόπτη η τάση φτάσει τα 60V, τότε η εσωτερική διάδος ZENER δεν αφήνει την τάση να περάσει.

Οι αντιστάσεις των 10Ω που είναι συνδεδεμένες σε σειρά με τα MOSFET, επιτυγχάνουν να μειώσουν τις παρεμβολές οι οποίες θα δημιουργούνταν στο ηλεκτρικό κύκλωμα του οχήματος. Οι δύο πυκνωτές με χωρητικότητα 10μF, χρησιμοποιούνται για να σταματήσουν την παροχή ρεύματος στον μετασχηματιστή T1. Το πρωτεύον τύλιγμα του T1 συνδέεται σε σειρά με την τροφοδοσία, για να αποτρέψει την εμφάνιση ρεύματος μεταγωγής στην ηλεκτρική παροχή του οχήματος. Για τον ίδιο λόγο υπάρχει και ο πυκνωτής 0,01μF. Η τάση 300V από το δευτερεύον τύλιγμα του T1, ελέγχεται από τις διόδους υψηλής ταχύτητας D2, D3, D4, D5 και φιλτράρεται από τον πυκνωτή με χωρητικότητα 1μF.

Ωστόσο η υψηλή τάση των 300V δεν παραμένει σταθερή και αυτό έχει αρνητικό αποτέλεσμα στον ρυθμό των σπινθήρων στους αναφλεκτήρες. Για να διατηρηθεί λοιπόν σταθερή η τάση, υπάρχουν 4 δίοδοι ZENER D1 D2 D3 D4 των 75V η κάθε μια συνδεδεμένες σε σειρά. Όταν η τάση διαπεράσει όλες τις διόδους, τότε ενεργοποιείται το τρανζίστορ Q3 μέσω μιας αντίστασης των 10kΩ. Την στιγμή αυτή, η τάση στον ακροδέκτη 1 πέφτει στα 6V και αυτομάτως σταματάει η λειτουργία του IC1. Όταν η υψηλή τάση πέσει κάτω από τα 300V τότε ο ακροδέκτης 1 παίρνει τάση 12V και γίνεται ξανά η λειτουργία η οποία περιγράφηκε. Αυτή η κυκλική διαδικασία επαναλαμβάνεται συνεχώς και έτσι η υψηλή τάση είναι σχετικά σταθερή.

Οι αντιστάσεις των 33 kΩ συνδεδεμένες σε σειρά, στην έξοδο της υψηλής τάσης όπως φαίνεται στο διάγραμμα, αποσκοπούν στο να περιορίζουν την τάση στους ακροδέκτες 1 και 8, το πολύ στα 15V. Την στιγμή αυτή που η τάση θα φτάσει τα 15V, η αντίστροφη διάδος D1 ενεργοποιείται και τότε το IC1 δεν αντλεί τάση από την μπαταρία. Αυτό κάνει το σύστημα CDI ικανό στο να λειτουργεί ικανοποιητικά στην εκκίνηση ακόμη και όταν η μπαταρία είναι παλιά και αποφορτισμένη.

### 3.11 IC2 (ΦΟΡΤΙΣΗ ΚΑΙ ΑΠΟΦΟΡΤΙΣΗ ΠΥΚΝΩΤΗ)

Το IC2 τροφοδοτείται από την υψηλή τάση των 300V. Το IC2 λειτουργεί με έναν διαφορετικό τρόπο από ότι το IC1. Η επαφή D στο MOSFET Q6, έχει επίσης τάση 300V, αλλά για να λειτουργήσει σωστά το Q6, η τάση στην επαφή G, πρέπει να ανυψωθεί πολύ πιο ψηλά. Αυτό επιτυγχάνεται με την διάοδο D6 και τον πυκνωτή C1. Αρχικά το IC2 τροφοδοτείται με τάση 12V από την γραμμή της υψηλής τάσης. το MOSFET Q7 είναι αυτό που ενεργοποιείται πρώτο και είναι συνδεδεμένο με την πλάκα χαμηλής τάσης του πυκνωτή C1. Αυτό συνεπάγεται ότι ο πυκνωτής φορτίζεται με τάση 12V.

Όταν το Q7 απενεργοποιηθεί και το Q6 ενεργοποιηθεί, τότε αυτό στέλνει στον ακροδέκτη 6 την τάση των 300V και έτσι η τάση στον ακροδέκτη 8 γίνεται μεγαλύτερη από 300V ο οποίος είναι συνδεδεμένος και με τον πυκνωτή C1 που έχει αρχική τάση 15V. Το C1 όμως διατηρεί την τάση σταθερή μεταξύ των ακροδεκτών 7 και 8 έως την επόμενη φόρτιση.



Η χωρητικότητα του C1 πρέπει να είναι αρκετά μεγάλη κοντά στα 100μF διότι μπορεί να χρειαστεί να κρατήσει την τάση μέχρι 100ms στην περίπτωση που η μπαταρία του οχήματος θα είναι παλιά και ο κινητήρας κατά την εκκίνηση θα περιστρέφεται σχετικά αργά. Η έξοδος των Q6 και Q7, μεταφέρουν το ηλεκτρικό ρεύμα στο πρωτεύον πηνίο ανάφλεξης μέσω του πυκνωτή C2 με χωρητικότητα 1μF. Η διάοδος D7 αποτρέπει την τάση εξόδου του ακροδέκτη 6 να πέσει κάτω από την τάση του ακροδέκτη 4, ενώ η ίδια η D7 περιορίζεται από την αντίσταση 22Ω που είναι συνδεδεμένη σε σειρά. Η αντίσταση 22kΩ μεταξύ του ακροδέκτη 7 και της εισόδου του Q6, εξασφαλίζει ότι το Mosfet παραμένει εκτός λειτουργίας όταν δεν υπάρχει τροφοδοσία μεταξύ των ακροδεκτών 7 και 8.

Οι ακροδέκτες 2 και 3 του IC2 συνδέονται με μια συνδεσμολογία αντιστάσεων, διόδων και πυκνωτών και αυτό το σύστημα είναι καθοριστικό για την λειτουργία πολλαπλών σπινθήρων. Αυτή η συνδεσμολογία περιλαμβάνει επίσης έναν χρονοδιακόπτη και έναν ταλαντωτή ο οποίος αποτελείται από την αντίσταση των 180kΩ στον ακροδέκτη 2 και τον πυκνωτή 0,0047μF στον ακροδέκτη 3. Η διάοδος D11 και η αντίσταση των 180kΩ σε σειρά εξασφαλίζουν μεγαλύτερο χρόνο αποφόρτισης για τον πυκνωτή 0,0047μF και μικρότερο χρόνο φόρτισης μέσω των δύο αντιστάσεων 180kΩ όταν η D11 είναι ενεργοποιημένη.

Ο πυκνωτής C3 είναι συνδεδεμένος με το τρανζίστορ Q4. Όταν το Q4 είναι απενεργοποιημένο, ο πυκνωτής εκφορτίζεται και διατηρεί την τάση τροφοδοσίας στον ακροδέκτη 1 στα 15V μέσω της αντίστασης 13kΩ και της αντίστασης των 33kΩ.

Η τάση στον ακροδέκτη 2 πέφτει, αλλά ο πυκνωτής των 0.0047μF δεν μπορεί να αποφορτιστεί με αποτέλεσμα το IC2 να μην ταλαντώνεται. Σε αυτήν την φάση το Q7 είναι απενεργοποιημένο και το Q6 είναι ενεργοποιημένο. Όταν όμως το Q4 ενεργοποιηθεί, η τάση στην άνοδο της διάόδου D10 πέφτει μέσω του πυκνωτή C3. Έτσι η αντίσταση 33 kΩ είναι εκτός του κυκλώματος ταλάντωσης και ο πυκνωτής των 0,0047 μF φορτίζεται και εκφορτίζεται μέσω της συνδεσμολογίας στον ακροδέκτη 2 όπως αναφέρθηκε πιο πάνω.

Με αυτόν τον τρόπο τα τρανζίστορ Q6 και Q7 ενεργοποιούνται και απενεργοποιούνται εναλλάξ ώστε έτσι το πηνίο να τροφοδοτείται επαναλαμβανόμενα μέσω του C2.

Όταν ο C3 φορτιστεί πλήρως, η διάοδος D10 σταματάει και πάλι την εκτόνωση του IC2. Έτσι το κύκλωμα παραμένει με το Q6 και το Q7 εκτός μέχρι να ενεργοποιηθεί ξανά. Αυτό αποτελεί μια κατάσταση ασφαλούς λειτουργίας για την αποφυγή των σπινθήρων που μπορεί να δημιουργηθούν σε έναν κύλινδρο την στιγμή που δεν πρέπει.

### 3.12 ΣΥΣΤΗΜΑ ΑΠΕΝΕΡΓΟΠΟΙΗΣΗΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ ΠΟΛΛΑΠΛΩΝ ΣΠΙΝΘΗΡΩΝ

Στην περίπτωση που θα πρέπει να απενεργοποιηθεί η λειτουργία πολλαπλών σπινθήρων, τότε θα πρέπει να αφαιρεθεί ο πυκνωτής C3, οι δίοδοι D10 και D11, καθώς και οι δύο αντιστάσεις 180kΩ αλλά και οι αντιστάσεις 33kΩ και 13kΩ. Ακόμη, στην θέση της αντίστασης 33 kΩ να τοποθετηθεί μια αντίσταση 180kΩ και μια σύνδεση στη θέση του D10. Αυτό έχει αποτέλεσμα το IC2 να παράγει ένα μόνο παλμό διάρκειας 0,5ms για να ενεργοποιήσει το Q7. Αυτό με την σειρά του ενεργοποιεί το πηνίο προς μία κατεύθυνση όταν ενεργοποιείται το Q7 και προς την άλλη κατεύθυνση όταν ενεργοποιείται το Q6.

### 3.13 ΧΡΟΝΙΣΜΟΣ ΑΝΑΦΛΕΞΗΣ

Ο χρονισμός της ανάφλεξης έχει καθοριστικό ρολό στην απόδοση του συστήματος CDI.

- Σταθερός χρονισμός του σπινθήρα: Σε χαμηλές στροφές του κινητήρα η ανάφλεξη ξεκινάει νωρίτερα στη φάση της συμπίεσης. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα να σβήσει ο κινητήρας ή να κλωσήσει ή να πραγματοποιηθεί κρουστική καύση. Σε αντίθετη περίπτωση που οι στροφές του κινητήρα είναι πολύ υψηλές η ανάφλεξη ξεκινάει αργότερα από την επιθυμητή θέση ανάφλεξης του εμβόλου. Με αποτέλεσμα την απώλεια ισχύος.
- Μεταβλητός χρονισμός σπινθήρα: Σε αυτήν την περίπτωση οι στροφές του κινητήρα καταμετρώνται συνεχώς. Σε χαμηλές στροφές η ανάφλεξη πραγματοποιείται αργότερα ενώ σε υψηλές στροφές του κινητήρα πραγματοποιείται νωρίτερα σε σχέση με την κατάλληλη θέση του εμβόλου. Ένα σύστημα μεταβλητού χρονισμού CDI μπορεί να υλοποιηθεί με μηχανικές ή ηλεκτρονικές μεθόδους.

Η ηλεκτρονική μέθοδος γίνεται με την χρήση του μικροελεγκτή (MCU) ο οποίος παρακολουθεί την ταχύτητα του κινητήρα και ρυθμίζει τον χρονισμό του σπινθήρα. Το αποτέλεσμα είναι να αυξηθεί η απόδοση του κινητήρα, καθώς και να μειωθεί η κατανάλωση και οι ρύποι.

### 3.14 ΕΝΑΛΛΑΚΤΙΚΗ ΧΡΗΣΗ ΠΥΚΝΩΤΙΚΗΣ ΑΝΑΦΛΕΞΗΣ

Το σύστημα πυκνωτικής ανάφλεξης μπορεί να χρησιμοποιηθεί και σε μετατροπές κινητήρων όσο αφορά το καύσιμο που χρησιμοποιούν. Για παράδειγμα σε μετατροπή κινητήρα από βενζίνη σε μεθανόλη το σύστημα CDI είναι ιδανικό για την ανάφλεξη. Όταν ο κινητήρας είναι κρύος, η μεθανόλη δεν δημιουργεί ικανοποιητική ανάφλεξη. Αυτό όμως αναιρείται με το CDI, γιατί όπως αναφέραμε σε προηγούμενα κεφάλαια δημιουργείται σπινθήρας με μεγαλύτερη ενέργεια και απόδοση. Επίσης αλλαγές πρέπει να γίνουν στα καλώδια υψηλής τάσης καθώς και στους σπινθηριστές. Τα καλώδια θα είναι πάχους περίπου 8mm και ο αναφλεκτήρας να είναι ιριδίου και να έχει μεγαλύτερο διάκενο από το αρχικό.



Εικόνα 3-11. Αιθανόλη

Σε αυτό το σημείο θα αναλυθεί το CDI της AEM με 4 κανάλια διπλής χωρητικής ανάφλεξης. Αυτό σημαίνει ότι μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε κινητήρες με 2, 4, 6 ή και 8 κυλίνδρους. Ο εργοστασιακός του κωδικός είναι ο PN 30-2821.



Εικόνα 3-12. AEM CDI 30-2821

Το σύστημα ανάφλεξης PN 30-2821, είναι ένα σύστημα ανάφλεξης πολλαπλών σπινθήρων 4 καναλιών. Η τεχνολογία του συγκεκριμένου συστήματος προσφέρει επαρκή ενέργεια στον αναφλεκτήρα με στροφές του κινητήρα ακόμη και πάνω από 10.000 rpm. Ακόμη παράγει τάση που εφαρμόζεται στο πηνίο ανάφλεξης πάνω από 500V και έως 30A. Ένα τυπικό επαγωγικό σύστημα ανάφλεξης τυπικά παράγει περίπου 250V στο κύριο πηνίο. Η υψηλότερη τάση που παράγεται, είναι αυτή που επιτρέπει στο πηνίο να παράγει μια πολύ

υψηλότερη τάση σπινθήρα. Ένα πηνίο ανάφλεξης με επαγωγική ανάφλεξη θα παράγει περίπου 25KV στον αναφλεκτήρα, αλλά χρησιμοποιώντας το CDI με το ίδιο πηνίο θα παράγει 50KV ή περισσότερο στον αναφλεκτήρα. Το σύστημα ανάφλεξης PN 30-2821 επιτυγχάνει πολλαπλούς σπινθήρες στον αναφλεκτήρα για κάθε ανάφλεξη σε κάθε κύλινδρο ξεχωριστά. Ο πραγματικός αριθμός σπινθήρων εξαρτάται από τον διαθέσιμο χρόνο που υπάρχει σε κάθε στιγμή της ανάφλεξης. Αυτός ο χρόνος όμως μειώνεται καθώς οι στροφές αυξάνουν και ταυτόχρονα μειώνεται και ο αριθμός των σπινθήρων σε κάθε κύλινδρο. Γενικά, οι πολλαπλοί σπινθήρες εμφανίζονται για περίπου 20 °. AEM INSTALLATION INSTRUCTIONS

Σε υψηλές στροφές είναι πιθανό να υπάρχει μόνο μία σπίθα λόγω των χρονικών περιορισμών. Επίσης είναι ικανό να δουλέψει ικανοποιητικά με μπαταρίες που είναι αδύναμες. Γι αυτό αναφέρεται τάση λειτουργίας 8 – 18 V.

Τα περισσότερα πηνία ανάφλεξης είναι συμβατά με το σύστημα που θα κάνουμε τις μετρήσεις. Ένα ακόμη θετικό του συστήματος που χρησιμοποιούμε είναι ότι παρέχει έξοδο για στροφόμετρο. Αυτό θα βοηθήσει στο να συγκρίνουμε αν οι ενδείξεις είναι σωστές. Μπορεί να συνδεθεί ένα οποιοδήποτε στροφόμετρο aftermarket με ονομαστική τάση 12V.

- Τάση λειτουργίας 8 – 18 V
- Ένταση ηλεκτρικού πεδίου: 7.0 A στις 10000 RPM
- Μέγιστες στροφές λειτουργίας 14000 RPM
- Είσοδοι για ανάφλεξη: 2, 3, 4
- Έξοδοι για ανάφλεξη: 4
- Διάρκεια πολλαπλού σπινθήρα: 20°
- Ενέργεια εξόδου: 175 - 189 milliJoules ανά αναφλεκτήρα
- Τάση εξόδου: -Κύρια 500-540 V

-Δευτερεύουσα 50.000 έως 54.000 βολτ

**Εικόνα 3-13.** Βασικά χαρακτηριστικά PN 30-2821

Οι αναφλεκτήρες και τα καλώδια υψηλής τάσης θα πρέπει να είναι άριστης ποιότητας και χαμηλής αντίστασης. Αυτό είναι πολύ σημαντικό για την σωστή λειτουργία. Τα παλιά και φθαρμένα καλώδια πρέπει να απορρίπτονται όπως και σε όλα τα συστήματα ανάφλεξης. Οποιαδήποτε σημάδια τρίψιμο ή τρύπες στο καλώδιο είναι ένα σοβαρό πρόβλημα και θα προκαλέσει μια διακοπή όταν το σύστημα ανάφλεξης λειτουργεί με την υψηλότερη ενέργεια. Η μονάδα PN 30-2821 δεν πρέπει να τοποθετείται κοντά σε πηγές θερμότητας ούτε να δέχεται ισχυρές δονήσεις.

### **3.15 ΔΙΠΛΗ ΧΩΡΗΤΙΚΗ ΑΝΑΦΛΕΞΗ**

Το σύστημα διπλής χωρητικής ανάφλεξης (TWIN FIRE) σχεδιάστηκε από την AEM. Γι' αυτό το επίτευγμα η AEM έχει πάρει δίπλωμα ευρεσιτεχνίας. Στην πραγματικότητα το TWIN FIRE είναι γνωστό και ως τεχνολογία MULTI-CAP. Χρησιμοποιούνται δυο πυκνωτές αποθήκευσης αντί για έναν, οι οποίοι μπορούν να φορτίζονται και να εκφορτίζονται ταυτόχρονα την ίδια χρονική στιγμή. Στην πράξη σημαίνει ότι υπάρχουν δυο σπινθήρες πλήρους ισχύος την ίδια χρονική στιγμή. Αυτό είναι πολύ ωφέλιμο στις υψηλές στροφές του κινητήρα καθώς δεν υπάρχουν απώλειες οι οποίες υπήρχαν χωρίς την διπλή χωρητική ανάφλεξη.

### 3.16 ΡΥΘΜΙΣΗ ΤΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΑΝΑΦΛΕΞΗΣ

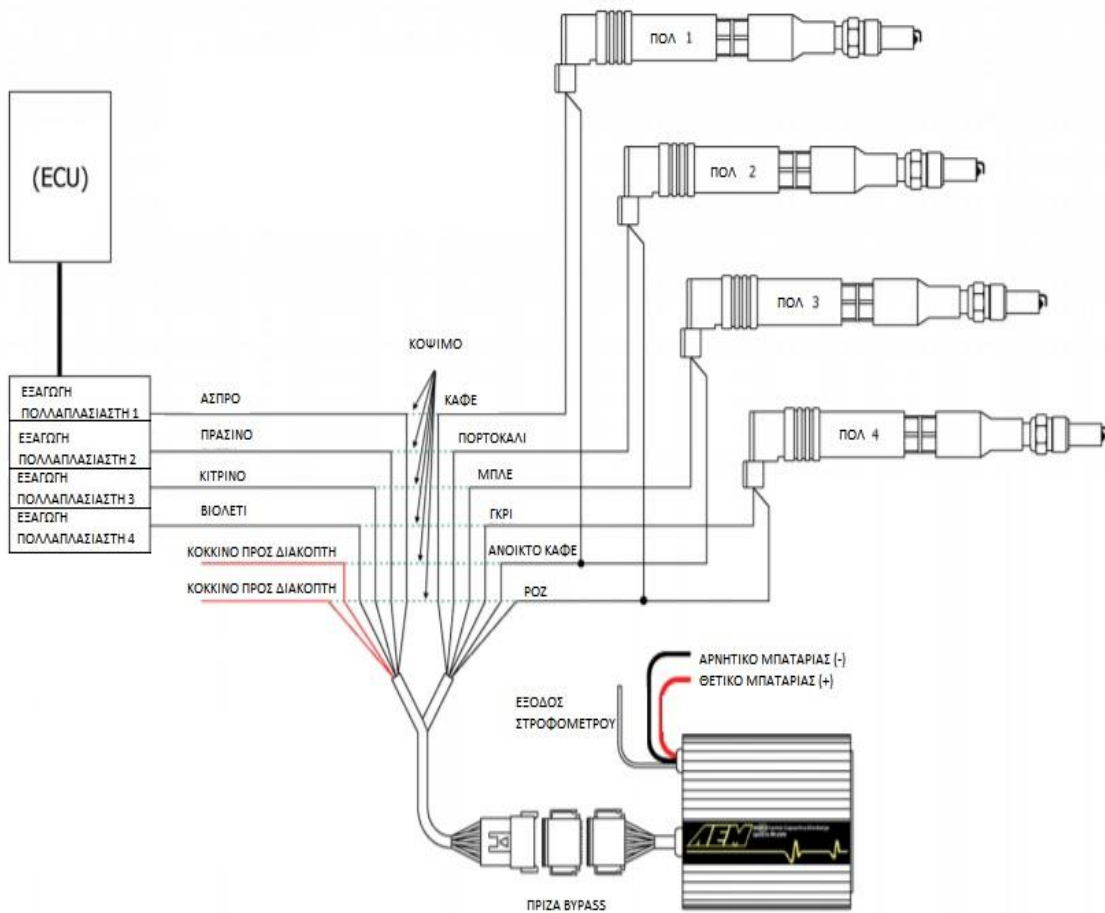
Στο πίσω μέρος την μονάδας CDI υπάρχουν τρεις διακόπτες και μια κόκκινη λυχνία LED. Ο πρώτος διακόπτης είναι για την πολλαπλό σπινθήρα, ο δεύτερος είναι για τον διπλό σπινθήρα και ο τρίτος διακόπτης είναι για κινητήρες με πολλαπλασιαστή σε κάθε κύλινδρο.

- Πρώτος διακόπτης: όταν το σύστημα πολλαπλού σπινθήρα είναι ενεργοποιημένο, τότε ο κινητήρας λειτουργεί πιο ομαλά σε χαμηλές στροφές. Όταν είναι απενεργοποιημένο, τότε ο χρονισμός του κινητήρα είναι πιο εύκολος.
- Δεύτερος διακόπτης: όταν το σύστημα διπλού σπινθήρα πρέπει να είναι ενεργοποιημένο, όταν ο διπλός σπινθήρας είναι συνδεδεμένος απευθείας στην μονάδα ECU και ο σκανδαλισμός της ανάφλεξης γίνεται με ψηφιακό σήμα. Όταν το σύστημα διπλού σπινθήρα είναι συνδεδεμένο μετά τον αναφλεκτήρα.
- Τρίτος διακόπτης: είναι ενεργοποιημένος όταν ο κινητήρας έχει έναν πολλαπλασιαστή ανά κύλινδρο ή πολλαπλασιαστή διπλής εξόδου.



Εικόνα 3-13. Πίσω μέρος AEM 30-2821

Τα παρακάτω σχεδιαγράμματα είναι αυτούσια από το εγχειρίδιο εγκατάστασης του συστήματος CDI που ασχοληθήκαμε. Στις εικόνες φαίνεται ακριβώς κάθε καλώδιο με ποιο συνδέεται από αυτά του εγκεφάλου του αυτοκίνητου αλλά και με αυτά του κάθε πολλαπλασιαστή.



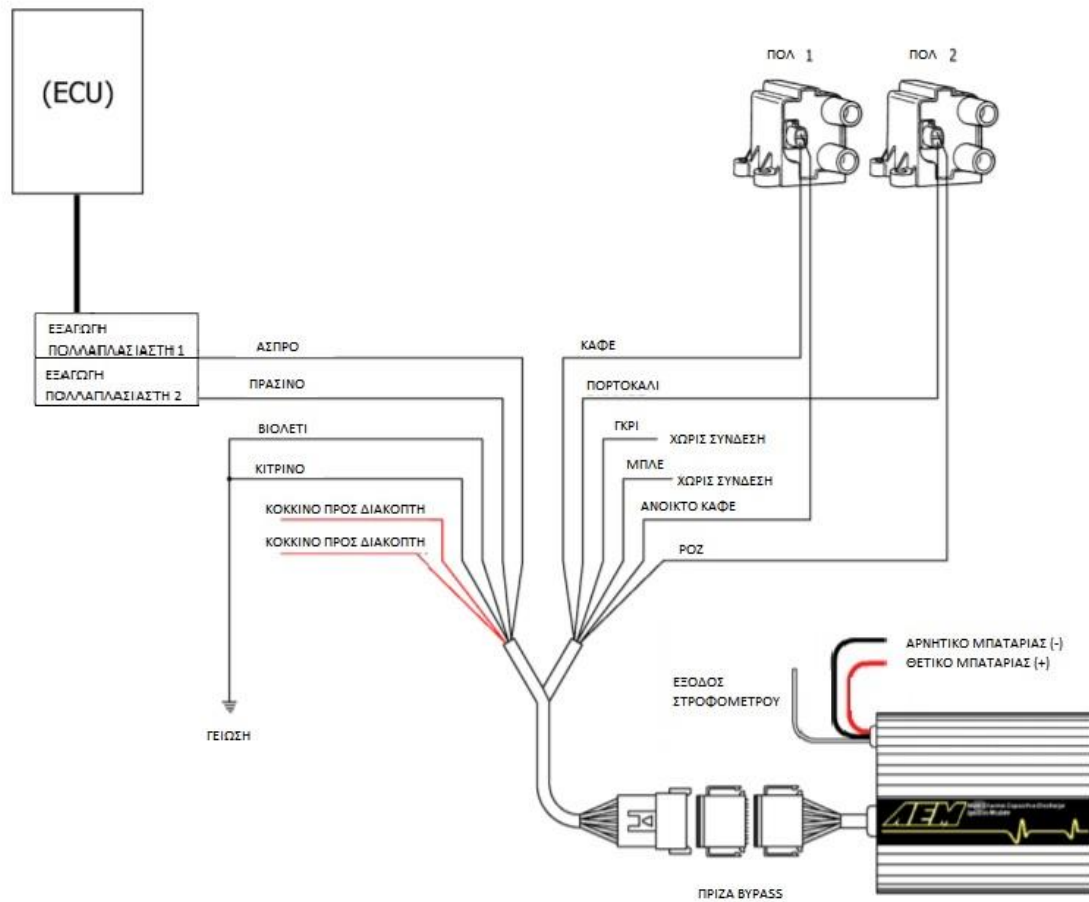
**Εικόνα 3-14.** Αυτοκίνητο με πολλαπλασιαστή σε κάθε ένα αναφλεκτήρα



Περιγραφή του σχήματος: Ο ακροδέκτης που βγαίνει από τον εγκέφαλο της κεντρικής μονάδας (ECU) του αυτοκινήτου και αντιστοιχεί στον πολλαπλασιαστή του κυλίνδρου 1 ενώνεται με τον ακροδέκτη της μονάδας CDI χρώματος άσπρου και εξέρχεται από την μονάδα CDI με υψηλότερη τάση χρώματος καφέ ακροδέκτη και τελικά καταλήγει στον πολλαπλασιαστή του κυλίνδρου 1. Η διαδικασία επαναλαμβάνεται και για τα υπόλοιπα χρώματα εξίσου με τον ίδιο τρόπο με τη διαφορά ότι καταλήγει σε διαφορετικό κύλινδρο, με βάση έτσι όπως απεικονίζεται στο παραπάνω σχήμα.

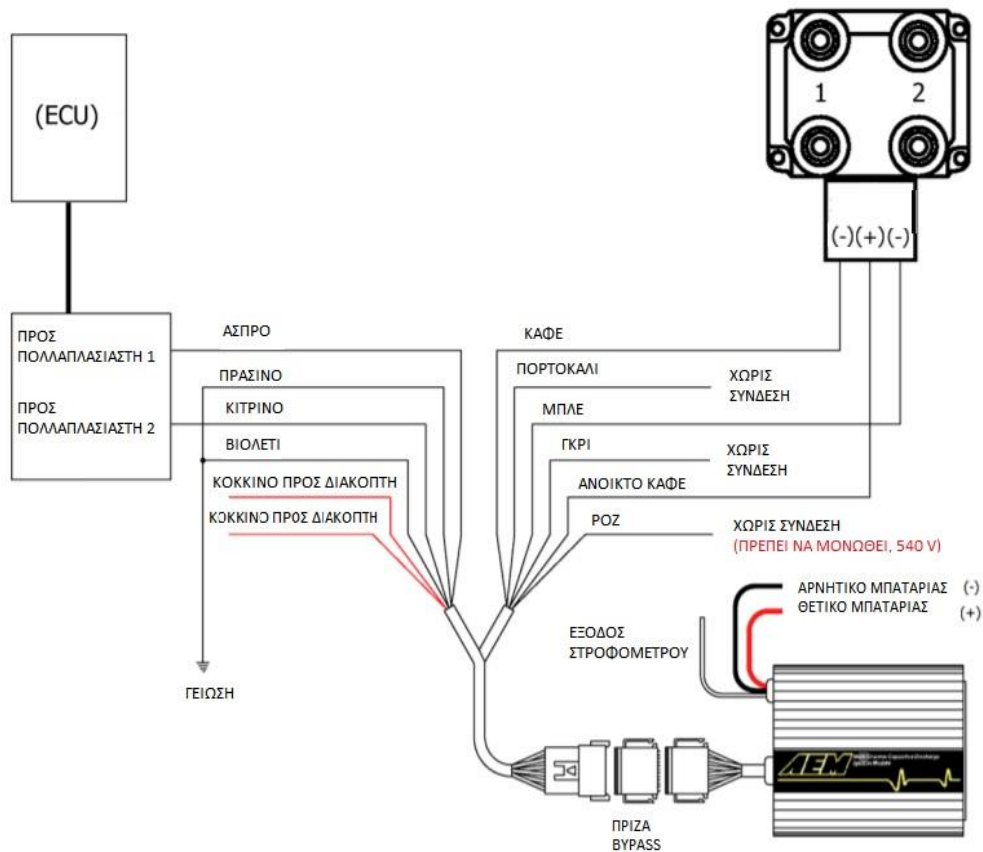
Οι γειώσεις των πολλαπλασιαστών του 1<sup>ου</sup> και 3<sup>ου</sup> κυλίνδρου συνδέονται στον ακροδέκτη χρώματος ανοιχτό καφέ της μονάδας CDI.

Αντίστοιχα, με τον ίδιο τρόπο ισχύει και για τον 2<sup>ο</sup> και 4<sup>ο</sup> κύλινδρο με τη διαφορά ότι συνδέονται στον ακροδέκτη χρώματος ροζ της μονάδας CDI. [11]



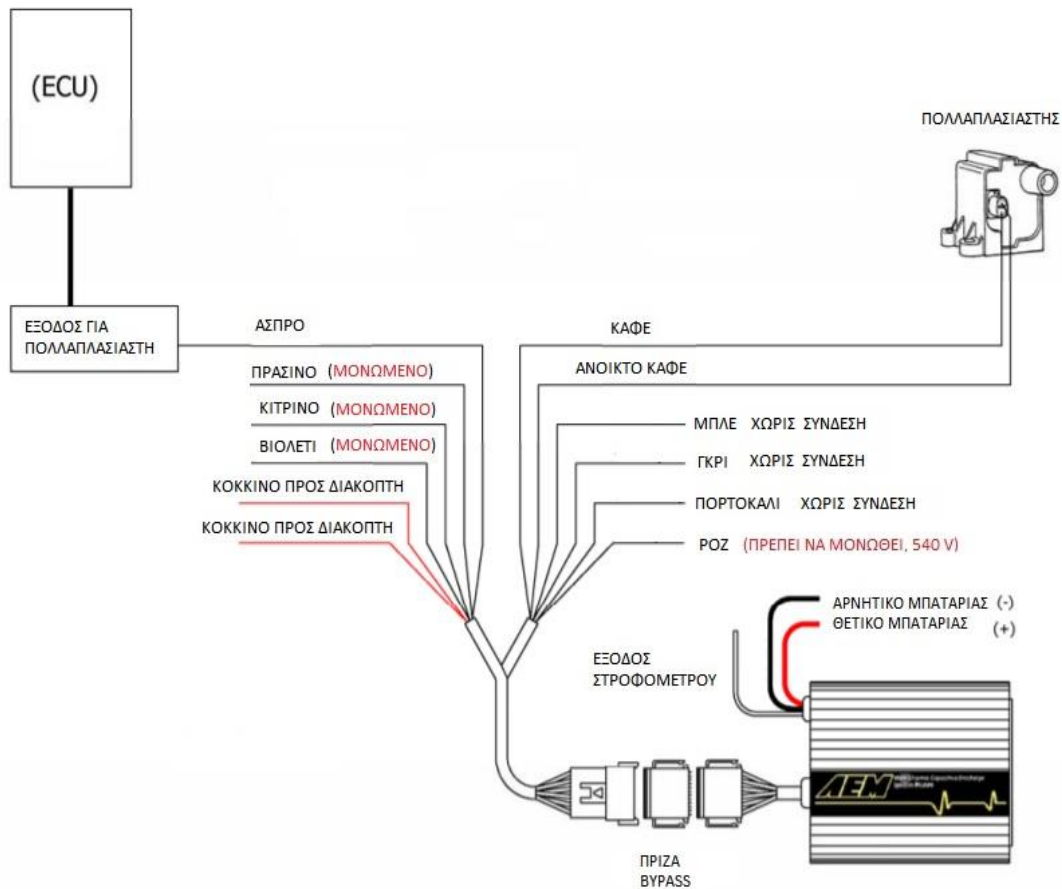
**Εικόνα 3-15.** Αυτοκίνητο με δυο πολλαπλασιαστές, έναν ανά δυο σπινθηριστές

Περιγραφή του σχήματος: Στη συγκεκριμένη κατάσταση έχουμε δυο ακροδέκτες της κεντρικής μονάδας (ECU) καθώς και ανά δυο σπινθηριστές ένα πολλαπλασιαστή. Εάν παρατηρήσουμε προσεκτικά το σχήμα θα διαπιστώσουμε ότι στα χρώματα βιολετί αλλά και κίτρινο είναι οι ακροδέκτες εισόδου της CDI οι οποίοι πρέπει να γειωθούν επάνω στο όχημα. Επίσης, για τους ακροδέκτες εξόδου της CDI με χρώμα γκρι και μπλε δεν υπάρχει σύνδεση, ώστε να πηγαίνουν στον πολλαπλασιαστή 1 η 2 αντίστοιχα.



**Εικόνα 3-16.** Αυτοκίνητο με μια συσκευή πολλαπλασιαστή, για όλους τους σπινθηριστές

Περιγραφή του σχήματος: Σχετικά με την εικόνα 3-4 ισχύει η αντίστοιχη διαδικασία με την σύνδεση των ακροδεκτών για την ανάλογη σύνδεση. Όμως, στη κατάσταση αυτή έχουμε μόνο μια συσκευή για όλους τους σπινθηριστές. Τα χρώματα των ακροδεκτών εισόδου της CDI που γειώνονται είναι το πράσινο και το βιολετί. Από την άλλη μεριά για τους ακροδέκτες εξόδου της CDI χωρίς σύνδεση είναι το πορτοκαλί, γκρι, και ροζ (πρέπει να μονωθεί 540V).



**Εικόνα 3-17.** Αυτοκίνητο με μια συσκευή πολλαπλασιαστή και με κατανεμητή

Περιγραφή του σχήματος: Ο ακροδέκτης που βγαίνει από τον εγκέφαλο της κεντρικής μονάδας (ECU) του αυτοκινήτου και αντιστοιχεί στον πολλαπλασιαστή του κυλίνδρου 1 ενώνεται με τον ακροδέκτη της μονάδας CDI χρώματος άσπρου και εξέρχεται από την μονάδα CDI με υψηλότερη τάση χρώματος καφέ ακροδέκτη και τελικά καταλήγει στον πολλαπλασιαστή που περιλαμβάνει κατανεμητή. Όμοια διαδικασία επαναλαμβάνεται για το ζεύγος χρωμάτων πράσινο και ανοιχτό καφέ. Οι μονωμένοι ακροδέκτες της εισόδου CDI είναι το πράσινο, κίτρινο και βιολετί χρώμα. Ενώ για τους ακροδέκτες εξόδου της εξόδου CDI είναι το μπλε, γκρι, πορτοκαλί και ροζ (πρέπει να μονωθεί με 540 V).

## 4 ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Το σύστημα CDI είναι ικανό να αντικαταστήσει όλα τα προηγούμενα συστήματα ανάφλεξης αλλά για να γίνει αυτό, θα πρέπει για τις απαιτήσεις κάθε κινητήρα να ληφθούν υπ' όψιν κάποια δεδομένα. Όπως το συνολικό κόστος του οχήματος και της επισκευής του. Αυτό διότι το σύστημα CDI είναι αρκετά ακριβό και κάθε αγοραστής δεν μπορεί να διαθέσει τα ίδια χρήματα. Έτσι η τάση της βιομηχανίας είναι να μειώσει το κόστος παράγωγης του πυκνωτικού συστήματος ανάφλεξης αλλά με την ίδια αξιοπιστία και να μειώσει ακόμη περισσότερο το κόστος συντήρησης. Επίσης στα οχήματα που αυτό το σύστημα ανάφλεξης ταιριάζει, είναι τα αγωνιστικά οχήματα και τα δίτροχα οχήματα. Από αυτό, το συμπέρασμα είναι ότι η πυκνωτική ανάφλεξη είναι για πολύστροφους και υψηλής απόδοσης κινητήρες όπου οι απαιτήσεις είναι πάρα πολύ μεγάλες. Τέλος είναι ένα σύστημα όπου μπορεί ο οδηγός να επιλέξει κάποιες παραμέτρους που είναι δυνατές από την ηλεκτρονική μονάδα CDI, αλλά για να γίνει αυτό θα πρέπει να έχει και κάποιες βασικές γνώσεις.

## 5 ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- [1]. ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΗ ΑΝΑΦΛΕΞΗ <https://el.wikipedia.org>
- [2]. ΣΥΣΣΩΡΕΥΤΗΣ <https://el.wiktionary.org>
- [3]. ΚΑΛΩΔΙΑ ΑΝΑΦΛΕΞΗΣ <https://www.technoantallaktiki.gr>
- [4]. ΠΥΚΝΩΤΕΣ <http://ebooks.edu.gr>
- [5]. CAPASITOR DISCHARGE IGNITION <https://www.slideshare.net>
- [6]. AEM INSTALLATION INSTRUCTIONS <http://www.techturkey.com>
- [7]. A HIGH ENERGY CAPACITOR DISCHARGE IGNITION SYSTEM  
<http://www.molla.org>
- [8]. ΠΟΛΛΑΠΛΑΣΙΑΣΤΕΣ [www.onsemi.com](http://www.onsemi.com)
- [9]. IGNITION SYSTEM REQUIREMENTS AND THEIR APPLICATION TO THE DESIGN OF CAPACITOR DISCHARGE IGNITION SYMTEMS, TERRENCE LYLE WILLIAMSON, 1971
- [10]. AN819 APPLICATION NOTE [www.st.com](http://www.st.com)
- [11]. A HIGH-ENERGY CAPACITOR DISCHARGE IGNITION SYSTEM BASED ON AN ARTICLE BY 'SILICON CHIP', SEPTEMBER 1997
- [12]. AUTOMOTIVE ELECTRONIC FUNDAMENTALS, FRANK D. PETRUZELLA, 1997

## 6 ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ

### 6.1 ΣΥΝΔΕΣΜΟΛΟΓΙΑ PN 30-2821

Επειδή η τάση της πυκνωτικής ανάφλεξης είναι πολύ μεγάλη, θα πρέπει να ακολουθήσουμε πιστά τις οδηγίες συνδεσμολογίας για την ασφαλέστερη λειτουργία. Σε διαφορετική περίπτωση θα προκληθεί ζημιά στο ηλεκτρονικό κύκλωμα του αυτοκίνητου ακόμη και σοβαρός ανθρωπινός τραυματισμός. Η συνδεσμολογία θα πρέπει να γίνεται ακριβώς όπως θα αναφερθεί στην συνέχεια.

➤ Καλωδίωση απευθείας από την μονάδα CDI

- **Κόκκινο χοντρό:** συνδέεται με τον θετικό πόλο της μπαταρίας και οπωσδήποτε να παρεμβάλλεται μια ασφάλεια των 15Α.
- **Μαύρο χοντρό:** συνδέεται με τον αρνητικό πόλο της μπαταρίας η σε κάποιο ενισχυμένο μέρος του σασί.
- **Άσπρο:** έξοδος από την μονάδα για στροφόμετρο.

➤ Καλωδίωση πλεξούδας

- **Άσπρο:** Πολλαπλασιαστής Νο1. Συνδέεται με την έξοδο ECU του **καναλιού 1.**
- **Πράσινο:** Πολλαπλασιαστής Νο2. Συνδέεται με την έξοδο ECU του **καναλιού 2.**
- **Κίτρινο:** Πολλαπλασιαστής Νο3. Συνδέεται με την έξοδο ECU του **καναλιού 3.**
- **Βιολετί:** Πολλαπλασιαστής Νο4. Συνδέεται με την έξοδο ECU του **καναλιού 4.**
- **Κόκκινο X2:** Συνδέεται με μια πηγή των 12V η οποία έχει τάση **μόνο** όταν ο διακόπτης είναι ανοικτός. Προτείνεται ο διακόπτης ανάφλεξης.

- **Ανοιχτό καφέ:** Τάση + 540V. Συνδέεται με τον θετικό ακροδέκτη των πηνίων 1 και 3. Αυτά θα πρέπει να είναι τα καλώδια που συνδέονται **μόνο** με αυτούς τους ακροδέκτες των πηνίων.  
Διαφορετικά αυτό το καλώδιο πρέπει να συνδέεται **μόνο** με πηνία που έχουν καφέ η μπλε καλώδια. Αυτό διότι λειτουργούν με τον πυκνωτή Νο1
- **Ροζ:** Τάση + 540V. Συνδέεται με τον θετικό ακροδέκτη των πηνίων 2 και 4. Αυτά θα πρέπει να είναι τα καλώδια που συνδέονται **μόνο** με αυτούς τους ακροδέκτες των πηνίων. Διαφορετικά αυτό το καλώδιο πρέπει να συνδέεται **μόνο** με πηνία που έχουν πορτοκαλί ή γκρι καλώδια. Αυτό διότι λειτουργούν με τον πυκνωτή νο2.
- **Καφέ:** Συνδέεται με τον αρνητικό ακροδέκτη του πηνίου 1 και **μόνο** με αυτόν.
- **Πορτοκαλί:** Συνδέεται με τον αρνητικό ακροδέκτη του πηνίου 2 και **μόνο** με αυτόν.
- **Μπλε:** Συνδέεται με τον αρνητικό ακροδέκτη του πηνίου 3 και **μόνο** με αυτόν.
- **Γκρι:** Συνδέεται με τον αρνητικό ακροδέκτη του πηνίου 4 και **μόνο** με αυτόν.



## 6.2 ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ ΣΥΝΔΕΣΗΣ ΣΤΟ ΑΥΤΟΚΙΝΗΤΟ

Για την σωστή σύνδεση καλωδίων θα πρέπει να ακολουθηθεί πιστά το ηλεκτρικό σχέδιο του αυτοκινήτου που είναι σχετικό με το σύστημα ανάφλεξης. Αν δεν υπάρχει, τότε θα πρέπει να γίνει η εξής διαδικασία:

1. Αποσύνδεση όλων των καλωδίων των πολλαπλασιαστών.
2. Ο διακόπτης ανάφλεξης να πάει στην θέση ON
3. Με ένα βολτόμετρο να μετρηθεί κάθε καλώδιο των πολλαπλασιαστών. Γι κάθε πολλαπλασιαστή, εν καλώδιο πρέπει να έχει τάση 12V
4. Στην περίπτωση που κανένα καλώδιο δεν έχει την αναφερθείσα τάση, τότε κάποιος πρέπει να περιστρέψει τον κινητήρα ενώ γίνεται η μέτρηση τάσης
5. Το καλώδιο που έχει τάση 12V, είναι το θετικό (+)
6. Τοποθέτηση του διακόπτη ανάφλεξης στην θέση OFF. Έπειτα το κόκκινο καλώδιο της πλεξούδας συνδέεται με την εργοστασιακή καλωδίωση και το ροζ καλώδιο όπως και το ανοικτό καφέ, στους αντίστοιχους πολλαπλασιαστές όπως αναφέρθηκε προηγουμένως.
7. Τα υπόλοιπα καλώδια συνδέονται όπως αναφέρθηκε προηγουμένως.

Πολύ σημαντικό είναι να γειωθεί όποιο καλώδιο εισόδου πολλαπλασιαστή δεν χρησιμοποιηθεί. Το ανοικτό καφέ ενεργοποιεί τα καλώδια εξόδου καφέ ή μπλε. Το ροζ καλώδιο ενεργοποιεί τα καλώδια εξόδου πορτοκαλί ή γκρι. Αν δεν τηρηθεί αυτό, τότε θα προκληθεί αστάθεια στο ρελαντί ανεπαρκής ισχύς σπινθήρα. Αποτέλεσμα αυτών η μη σωστή λειτουργία του συστήματος CDI. Παρακάτω υπάρχουν σχεδιαγράμματα για το πως πρέπει να γίνει η σωστή ένωση καλωδίων ανάλογα με το σύστημα ανάφλεξης του οχήματος. Αν η ένωση των καλωδίων γίνει σωστά και το αυτοκίνητο δεν μπορεί να ξεκινήσει τότε υπάρχει κάποιο ελάττωμα σε κάποια καλωδίωση.

## 6.3 ΈΛΕΓΧΟΣ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ CDI

### 6.3.1 ΤΕΛΕΥΤΑΙΟΣ ΕΛΕΓΧΟΣ ΠΡΙΝ ΤΗΝ ΕΝΑΡΞΗ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ

Κάθε φορά που γίνεται κάποια μετατροπή στα αυτοκίνητα και ιδιαίτερα στα ηλεκτρονικά συστήματα του αυτοκινήτου, πρέπει να πραγματοποιείται και ένας τελευταίος έλεγχος για να αποφευχθούν κάποια σφάλματα στην σύνδεση τα οποία μπορεί να προκαλέσουν κάποια ζημιά. Τα στάδια έλεγχου σύμφωνα με τον κατασκευαστή είναι τα εξής:

1. Τα μόνα καλώδια που θα είναι συνδεδεμένα με την αρνητική επαφή των πολλαπλασιαστών είναι χρώματος καφέ, πορτοκαλί, μπλε και γκρι
2. Τα μόνα καλώδια που θα πηγαίνουν στην θετική επαφή του κάθε πολλαπλασιαστή είναι χρώματος ροζ ή ανοικτού καφέ.
3. Τα μόνα καλώδια που θα συνδέονται με την καλωδίωση του αυτοκινήτου είναι χρώματος άσπρο, πράσινο, κίτρινο και βιολετί.
4. Το μικρό κόκκινο καλώδιο του συστήματος διπλού σπινθήρα (TWIN FIRE) θα πρέπει να είναι συνδεδεμένο με μια πηγή της τάξης 12 V.
5. Τα χοντρά καλώδια κόκκινο και μαύρο που είναι η πηγή ενέργειας της μονάδας θα πρέπει να είναι συνδεδεμένα απευθείας στην μπαταρία του οχήματος.
6. Η μπαταρία θα πρέπει να είναι πλήρως φορτισμένη
7. Η γείωση του κινητήρα θα πρέπει να είναι σε πάρα πολύ καλή κατάσταση
8. Οι διακόπτες της μονάδας CDI να είναι σε σωστή θέση.

Αφού αυτά τα στάδια έλεγχου είναι σωστά, το επόμενο βήμα είναι να αφαιρεθεί η πρίζα BYPASS και να συνδεθεί το σύστημα CDI απευθείας στην πλεξούδα. Αμέσως μετά θα πρέπει να γίνει η εκκίνηση του κινητήρα για να επαληθευτεί ο χρονισμός και ότι το σύστημα λειτουργεί κανονικά. Σε περίπτωση που παρατηρηθεί κάποια απώλεια σπινθήρα (MISFIRE), συνήθως οφείλεται σε ελαττωματικό πολλαπλασιαστή, ή σε πρόβλημα του αναφλεκτήρα, της

γείωσης του ακόμη και της παροχής ενέργειας του. Σε αυτήν την περίπτωση θα πρέπει να ελεγχτούν τα παρακάτω:

- Να ελεγχτούν οι συνδέσεις των πηνίων
- Να γίνει έλεγχος σε όλες τις καλωδιώσεις εξόδου που δεν χρησιμοποιούνται, οι οποίες είναι γειωμένες
- Να ελεγχτεί ότι το πηνίο με το ανοικτό καφέ καλώδιο, ενεργοποιείται από καλώδια μόνο καφέ ή μπλε
- Να ελεγχτεί ότι το πηνίο με το ροζ καλώδιο, ενεργοποιείται από καλώδια μόνο πορτοκαλί ή γκρι
- Να ελεγχτεί όλη η καλωδίωση για εκδορές και κοψίματα καθώς και όλα τα σημεία ένωσης τους

### 6.3.2 ΈΛΕΓΧΟΣ ΣΠΙΝΘΗΡΑ

Για να γίνει επιβεβαίωση ότι υπάρχει σπινθήρας στους αναφλεκτήρες ή αν υπάρχει κάποιο πρόβλημα στην ανάφλεξη, γίνεται η παρακάτω διαδικασία:

1. Ο διακόπτης θα πρέπει να είναι στην θέση OFF
2. Ο διακόπτης 2 στην μονάδα CDI θα είναι στην θέση OFF
3. Θα πρέπει να βγουν όλοι οι αναφλεκτήρες από τον κινητήρα καθώς και τα καλώδια. Έπειτα οι αναφλεκτήρες θα πρέπει να γειωθούν σε κάποιο σημείο του κινητήρα.
4. Θα πρέπει να αποσυνδεθούν τα καλώδια χρώματος άσπρο, πράσινο, κίτρινο και βιολετί.
5. Ο διακόπτης ανάφλεξης θα πρέπει να πάει στην θέση On. Δεν πρέπει να περιστραφεί ο κινητήρας.
6. Τοποθετήστε ένα καλώδιο από αυτά που αποσυνδέσατε σε κάποια γείωση και μετά αφαιρέστε το. Κάθε φορά που γίνεται αυτό, για κάθε ένα καλώδιο θα πρέπει να δημιουργείται σπινθήρας σε κάποιον αναφλεκτήρα.
7. Αν δεν υπάρχει σπίθα θα πρέπει να γίνουν τα εξής:

- Να ελεγχτούν όλες οι καλωδιώσεις
- Να αλλαχτούν τα καλώδια οι πολλαπλασιαστές και οι αναφλεκτήρες. Αν εμφανιστεί σπινθήρας τότε το πρόβλημα υπάρχει κάπου σε αυτά τα τρία μέρη.
- Αν δεν υπάρχει σπινθήρας ακόμη, θα πρέπει να ελεγχτεί αν το μικρό κόκκινο καλώδιο του συστήματος TWIN FIRE έχει τάση 12 V όταν ο διακόπτης 2 είναι στην θέση ON. Αν δεν υπάρχει, τότε θα πρέπει να βρεθεί μια πηγή 12 V και να συνδεθεί εκεί.
- Αν ακόμη δεν υπάρχει σπινθήρας, τότε η μονάδα CDI έχει κάποιο πρόβλημα. Ζητήστε βοήθεια από το τμήμα εξυπηρέτησης της AEM.