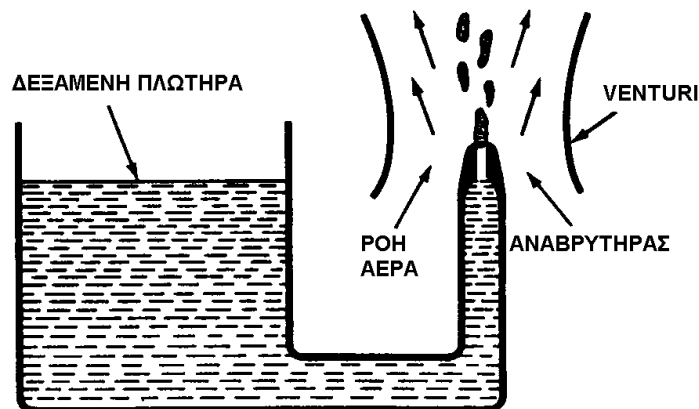


ατμοσφαιρικής πίεσης που επικρατεί στην δεξαμενή με τον πλωτήρα και της υποπίεσης στην περιοχή της στένωσης. Η αύξηση της ταχύτητας του ρεύματος του εισερχόμενου αέρα επιφέρει, ως συνέπεια του νόμου Bernoulli, πτώση της πίεσής του. Η υποπίεση αυτή είναι που διατηρεί την εισροή καυσίμου στους κυλίνδρους και χρησιμοποιείται για τη ρύθμιση της ποσότητας του καυσίμου που θα αναμειχθεί με τον εισερχόμενο αέρα. Μετά τη στένωση, υπάρχει η **δικλείδα ισχύος (throttle valve - Σχήμα 1.63)**. Είναι ένας μεταλλικός δίσκος που ελέγχεται από το χειριστή και περιστρέφεται μεταξύ δύο ακραίων θέσεων (ανοιχτή – κλειστή). Η θέση της επηρεάζει την τιμή της υποπίεσης στη στένωση, η οποία επιτρέπει την αναρρόφηση ποσότητας αέρα, την ανάμειξή της με ανάλογη ποσότητα καυσίμου και την παραγωγή ανάλογης ισχύος μετά την καύση του σχηματιζόμενου μείγματος. Στη δίοδο από τη δεξαμενή προς τον αναβρυτήρα παρεμβάλλεται μία στένωση, το κύριο **ακροφύσιο (main metering jet - Σχήμα 1.63)**. Σκοπό έχει να περιορίσει τη ροή καυσίμου προς τον αναβρυτήρα όταν η δικλείδα ισχύος είναι εντελώς ανοιχτή. Ένα εξάρτημα που συνδέεται στον αναβρυτήρα είναι ο **σωλήνας αποτόνωσης αέρα (air bleed valve - Σχήμα 1.63)**. Η σύνδεσή του με τον αναβρυτήρα γίνεται σε σημείο κάτω από τη στάθμη του καυσίμου σε αυτόν. Καθώς στο ελεύθερο άκρο του επικρατεί η υποπίεση της στένωσης, δημιουργείται αναρρόφηση αέρα από αυτόν. Έτσι, διευκολύνεται η έξοδος του καυσίμου από τον αναβρυτήρα και μάλιστα στη μορφή λεπτών σταγονιδίων.

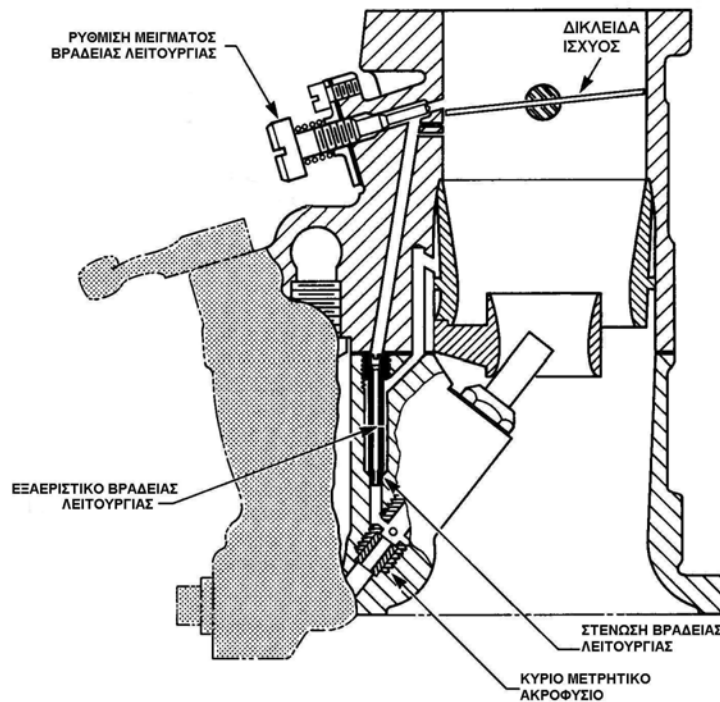


Σχήμα 1.61 Γεωμετρία σωλήνα Venturi σε εγχυτήρα

2. **Δεξαμενή με πλωτήρα.** Ονομάζεται και βοηθητική. Η πλήρωση της με καύσιμο επιτυγχάνεται μέσω της αντλίας καυσίμου του κινητήρα από την κύρια δεξαμενή καυσίμου. Βρίσκεται σε ατμοσφαιρική πίεση και φέρει οπή εξαερισμού. Ο πλωτήρας τοποθετείται μέσω άρθρωσης στη μία πλευρά της δεξαμενής. Διατηρεί τη στάθμη του καυσίμου στη δεξαμενή λίγο παρακάτω

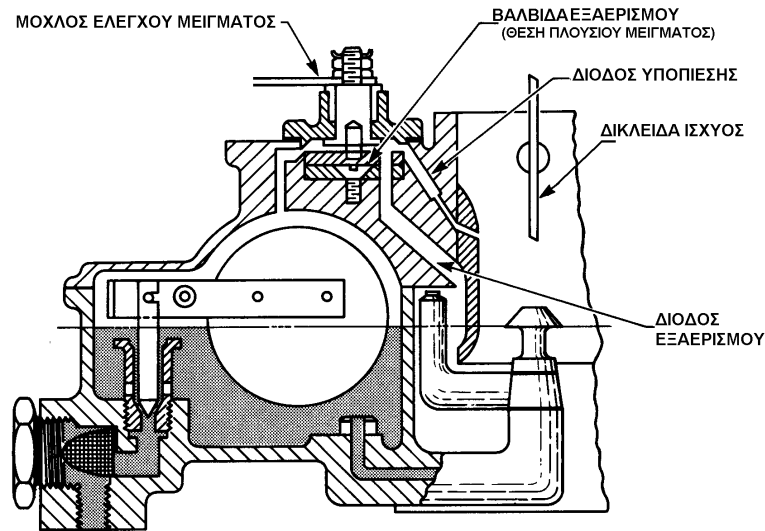
από το επίπεδο εξαγωγής του αναβρυτήρα. Φέρει μία **βαλβίδα ελέγχου ροής καυσίμου (needle valve - Σχήμα 1.60)** σε τέτοια θέση ώστε να επιτρέπεται η εισαγωγή ποσότητας καυσίμου στη δεξαμενή ίσης με την ποσότητα που κατευθύνεται προς τον αναβρυτήρα.

3. Σύστημα βραδείας λειτουργίας (Idling System). Η αναγκαιότητά του προκύπτει από το γεγονός ότι κατά τη διάρκεια της λειτουργίας του κινητήρα σε στροφές λειτουργίας κάτω από τις 1.000 RPM, η δικλείδα ισχύος είναι σχεδόν κλειστή και η ροή αέρα μέσω της στένωσης Venturi δεν είναι αρκετή ώστε να προκαλέσει υποπίεση τέτοιου μεγέθους που θα οδηγήσει σε παροχή καυσίμου από τη δεξαμενή. Ο αέρας περνά από το άκρο της δικλείδας ισχύος έχοντας υψηλή ταχύτητα και χαμηλή πίεση. Στο σώμα της χοάνης αναρρόφησης, όπως φαίνεται στο Σχήμα 1.62, υπάρχουν **δύο ή τρεις οπές (idle discharge ports)**. Αυτές συνδέονται μέσω μίας διόδου σε μία παροχή καυσίμου μεταξύ της δεξαμενής και του αναβρυτήρα. Στην κάτω άκρη της διόδου βρίσκεται ο **σωλήνας αποτόνωσης αέρα βραδείας λειτουργίας (idle air bleed)** που φέρει τη **στένωση βραδείας λειτουργίας (idle metering jet)**. Το καύσιμο μεταφέρεται από τη δεξαμενή προς τις οπές λόγω της υποπίεσης που επικρατεί στο άνω σημείο της δικλείδας ισχύος. Η ποσότητά του καθορίζεται από μία βαλβίδα (**idle needle valve**) η οποία προσαρμόζεται στην πρώτη οπή. Όταν η δικλείδα ισχύος ανοίξει, η βαλβίδα μετακινείται στις άλλες οπές επιτρέποντας παροχή καυσίμου πέρα από τα όρια της βραδείας λειτουργίας, αλλά χωρίς τη λειτουργία του αναβρυτήρα. Με την αύξηση των στροφών λειτουργίας του κινητήρα, η δικλείδα ισχύος έχει ανοίξει, δεν επικρατεί υποπίεση στο άνω σημείο της, με αποτέλεσμα να κυκλοφορεί αέρας στις οπές βραδείας λειτουργίας οι οποίες, σε αυτήν την περίπτωση, λειτουργούν ως επιπρόσθετο σύστημα απαέρωσης, βοηθώντας την εξαέρωση του καυσίμου.

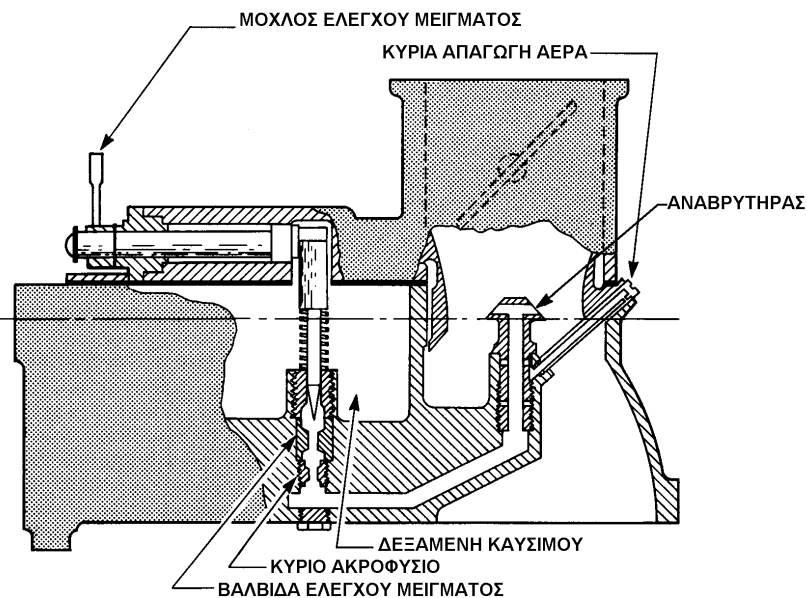


Σχήμα 1.62 Σύστημα βραδείας λειτουργίας

4. Σύστημα ελέγχου καυσίμου μείγματος (Mixture Control System). Ελέγχει τη σωστή ποσότητα του καυσίμου που διοχετεύεται στον αναβρυτήρα. Ο έλεγχος γίνεται με δύο τρόπους: μεταβάλλοντας την πτώση πίεσης στο κύριο ακροφύσιο και μεταβάλλοντας τη διάμετρο του κύριου ακροφυσίου διατηρώντας σταθερή τη διαφορά πίεσης στην περιοχή του. Η πρώτη μεθοδολογία φαίνεται στο Σχήμα 1.63(α). Χρησιμοποιείται μία βαλβίδα ελέγχου (control valve) που βρίσκεται στην εξαεριστική διάοδο (vent line) της δεξαμενής. Στην ανοιχτή θέση της βαλβίδας, η πίεση στη δεξαμενή είναι ατμοσφαιρική και η διαφορά της από την πίεση στο κύριο ακροφύσιο προκαλεί τη ροή του καυσίμου προς τον αναβρυτήρα. Όταν κλείνει η βαλβίδα, επικρατεί υποπίεση στη δεξαμενή λόγω της επικοινωνίας της με την περιοχή Venturi μέσω μίας διόδου υποπίεσης (back-suction channel). Η εξίσωση αυτή των πιέσεων σταματά τη ροή καυσίμου προς τον αναβρυτήρα. Στο Σχήμα 1.63(β) παρουσιάζεται η δεύτερη μεθοδολογία. Χρησιμοποιείται μία βαλβίδα (needle valve) στο κύριο ακροφύσιο. Στην κλειστή της θέση διακόπτει τελείως τη ροή καυσίμου προς τον αναβρυτήρα (idle cut-off position). Όταν η βαλβίδα αρχίσει να ανοίγει, επιτρέπει τη διάοδο καυσίμου προς τον αναβρυτήρα.



(α)



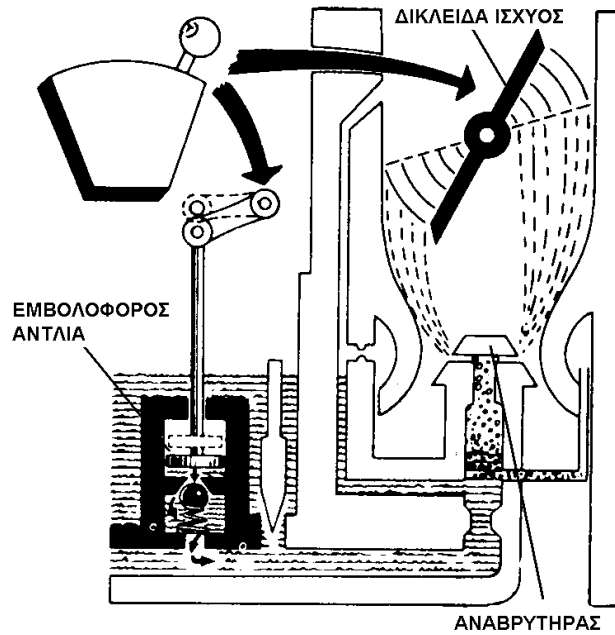
(β)

Σχήμα 1.63 Συστήματα ελέγχου καυσίμου μείγματος

Οι θέσεις του συστήματος ελέγχου καυσίμου μείγματος ελέγχονται από το χειριστή με κατάλληλη συνδεσμολογία μοχλών.

5. **Σύστημα επιτάχυνσης (Acceleration System).** Η επιτάχυνση του κινητήρα επιτυγχάνεται ανοίγοντας γρήγορα τη δικλείδα ισχύος. Το σύστημα παροχής καυσίμου χρειάζεται κάποιο χρόνο για να ανταποκριθεί (flat spot), με κίνδυνο το καύσιμο μείγμα να γίνει φτωχό. Για την αποφυγή αυτής της κατάστασης χρησιμοποιείται το σύστημα επιτάχυνσης. Αυτό χρησιμοποιεί

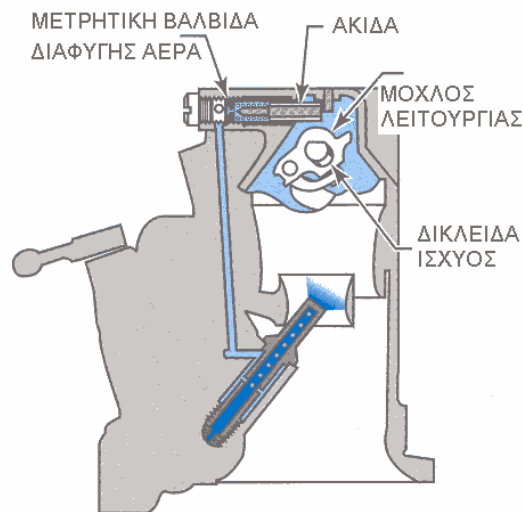
μία **έμβολοφόρο αντλία (piston pump)** η οποία παρέχει καύσιμο από τη δεξαμενή στον αναβρυτήρα (Σχήμα 1.64). Η λειτουργία της καθορίζεται από τη θέση της δικλείδας ισχύος. Σε περίπτωση απότομης επιτάχυνσης, το έμβολο της αντλίας συμπιέζει το καύσιμο προς τον αναβρυτήρα ενώ όταν η δικλείδα κινείται κανονικά, το έμβολο δεν κινείται, η αντλία δεν αναρροφά καύσιμο και αυτό οδηγείται στον αναβρυτήρα ακολουθώντας τη συνηθισμένη διαδικασία.



Σχήμα 1.64 Σύστημα επιτάχυνσης

6. **Σύστημα εμπλουτισμού (Power Enrichment System)**. Ουσιαστικά είναι μία βαλβίδα, η οποία παραμένει κλειστή στις χαμηλές και μεσαίες στροφές και ανοίγει στις υψηλές στροφές ώστε να επιτευχθεί πλούσιο καύσιμο μείγμα με σκοπό την ελάττωση της θερμοκρασίας καύσης και την αποφυγή κρουστικής καύσης. Με άλλα λόγια, το σύστημα αυτό επιτρέπει την αύξηση της ποσότητας καυσίμου που απαιτείται για τις υψηλές ταχύτητες ή, σε άλλες περιπτώσεις, τη μείωση του αέρα διαφυγής (Σχήμα 1.65). Από τα παραπάνω προκύπτει ότι το σύστημα πρέπει να διατηρείται ανενεργό στις χαμηλές και μεσαίες στροφές για την αποφυγή της άσκοπης κατανάλωσης καυσίμου και την επίτευξη οικονομικής λειτουργίας του κινητήρα. Για το λόγο αυτό καλείται και **σύστημα οικονομίας (Economizer system)**. Τέτοια συστήματα λειτουργούν και χωρίς τη χρήση βαλβίδων (συστήματα πίεσης που χρησιμοποιούν την υποπίεση πίσω από τη δικλείδα ισχύος για να καθορίσουν τη ροή καυσίμου από τη δεξαμενή).

Παγοποίηση αναμεικτήρων. Είναι ένα φαινόμενο που μπορεί να συμβεί όταν το αεροσκάφος πετά σε μεγάλο ύψος οπότε επικρατούν χαμηλές θερμοκρασίες ή όταν υπάρχουν υδρατμοί στην ατμόσφαιρα. Πέρα από τις φυσικές αιτίες, παγοποίηση μπορεί να επέλθει και λόγω τεχνικών προβλημάτων. Ένα από αυτά είναι και η πτώση της θερμοκρασίας που επιφέρει η εξαέρωση του καυσίμου. Εμφανίζεται στους αναμεικτήρες με πλωτήρα που η έγχυση του καυσίμου γίνεται πριν από δικλείδα ισχύος. Ο πάγος σχηματίζεται στην περιοχή του αναβρυτήρα και, εμποδίζοντας τη ροή του καυσίμου αλλά και του εισερχόμενου αέρα, αλλοιώνει την αναλογία του καυσίμου μείγματος. Επίσης, παγοποίηση εμφανίζεται και κατά τη λειτουργία της δικλείδας ισχύος σε ενδιάμεση θέση. Η υποπίεση που επικρατεί στο άνω μέρος της δικλείδας έχει σαν αποτέλεσμα τη μείωση της θερμοκρασίας και τη συμπύκνωση πιθανών υδρατμών. Ο σχηματιζόμενος πάγος μπορεί να προκαλέσει την ακινητοποίηση της δικλείδας σε μία ορισμένη θέση. Ένα τέτοιο φαινόμενο μπορεί να συμβεί σε θερμοκρασίες περιβάλλοντος της τάξης των 5°C.



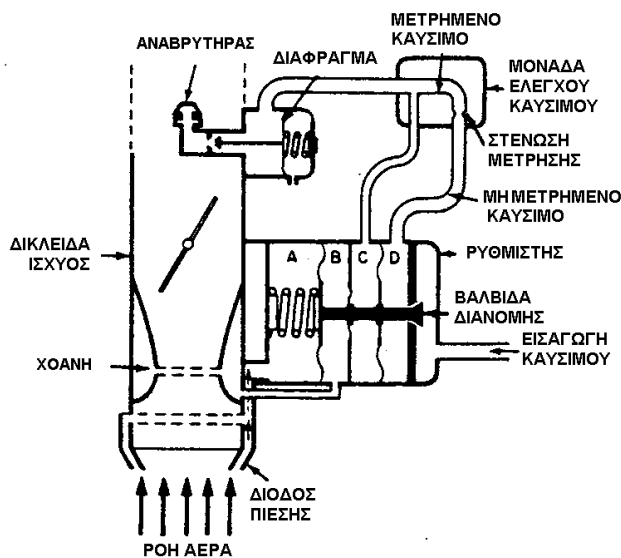
Σχήμα 1.65 Σύστημα εμπλουτισμού

Για να προληφθεί η εμφάνιση παγοποίησης, όταν επικρατούν οι κατάλληλες συνθήκες, ενεργοποιείται το σύστημα εισαγωγής θερμού αέρα, το οποίο μεταφέρει στον αναμεικτήρα θερμό αέρα από την εξαέρωση του κινητήρα. Στην περίπτωση που η παγοποίηση έχει πλέον εμφανιστεί μπορεί να χρησιμοποιηθεί και το σύστημα έγχυσης οινόπνευματος, αν υπάρχει, και το οποίο βοηθά στην τήξη των πάγων χρησιμοποιώντας την πτητικότητα του οινόπνευματος.

Κλείνοντας το κεφάλαιο των αναμεικτῆρων με πλωτήρα, θα αναφέρουμε τα δύο βασικά τους μειονεκτήματα: 1) είναι επιρρεπείς στις κινήσεις του αεροσκάφους καθώς είναι δυνατή η μετατόπιση του πλωτήρα, με συνέπεια την προβληματική τροφοδοσία με καύσιμο του αναβρυτήρα που μπορεί να επιφέρει ακόμη και τη διακοπή της λειτουργίας του κινητήρα. 2) είναι ευάλωτοι στην παγοποίηση η οποία παίρνει επικίνδυνες διαστάσεις στη δικλείδα ισχύος.

1.6.2.2 Αναμεικτῆρες πίεσης

Οι αναμεικτῆρες πίεσης παρουσιάζουν μία εντελώς διαφορετική φιλοσοφία σχεδίασης από τους αναμεικτῆρες με πλωτήρα. Χρησιμοποιούν σταθερά ακροφύσια για την τροφοδοσία του καυσίμου σύμφωνα με την αρχή του Venturi ενώ η εξαέρωση του καυσίμου επιτυγχάνεται με τη χρήση αντλίας θετικής εκτόπισης. Οι αναμεικτῆρες πίεσης δε χρησιμοποιούνται σε σύγχρονα αεροσκάφη, όμως μπορούν να βρεθούν σε αρκετά παλαιότερα. Ένα βασικό τους πλεονέκτημα ως προς τους αναμεικτῆρες με πλωτήρα είναι ότι η καλή λειτουργία τους δεν εξαρτάται από τις κινήσεις κατά την πτήση του αεροσκάφους, ενώ δεν παρουσιάζουν μεγάλη πιθανότητα παγοποίησης διότι η έγχυση του καυσίμου γίνεται μετά τη δικλείδα ισχύος όπου επικρατούν υψηλότερες θερμοκρασίες λόγω της γειννίαςης με τους κυλίνδρους.



Σχήμα 1.66 Αναμεικτῆρας πίεσης

Αρχές λειτουργίας. Η βασική αρχή λειτουργίας ενός αναμεικτῆρα πίεσης φαίνεται στο Σχήμα 1.66. Η λειτουργία του στηρίζεται στην αρχή ότι μία μάζα εισαγόμενου αέρα χρησιμοποιείται για τον καθορισμό της πίεσης του

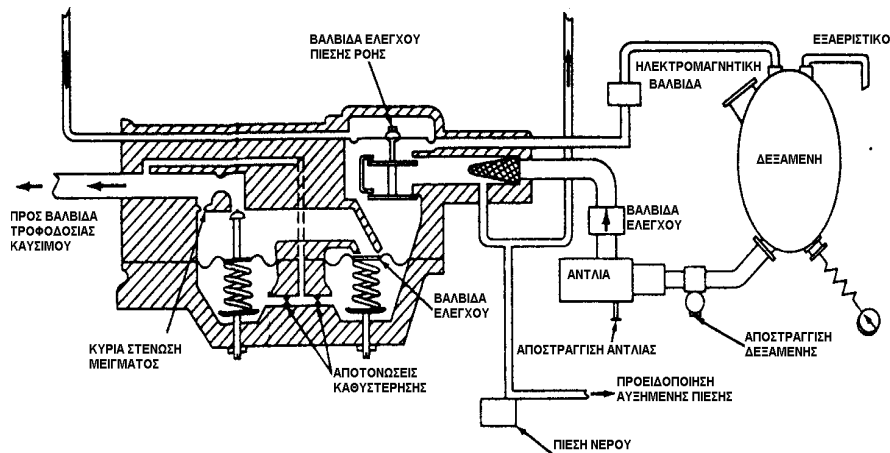
καυσίμου σε ένα σύστημα έγχυσης το οποίο είναι αυτό που, με τη σειρά του, καθορίζει τη ροή καυσίμου. Ο αναμεικτήρας, λοιπόν, αυξάνει την παροχή καυσίμου ανάλογα με τη μάζα του εισαγόμενου αέρα και προσδιορίζει με ακρίβεια το λόγο αέρα – καυσίμου σύμφωνα με τη θέση που έχουν η δικλείδα και κάποια άλλα εξαρτήματα του. Βασικά εξαρτήματα είναι: 1) η **χοάνη**, 2) η **δικλείδα ισχύος (throttle valve)**, 3) ο **αναβρυτήρας (fuel nozzle)**, 4) ο **ρυθμιστής (regulator)** και 5) η **μονάδα ελέγχου του καυσίμου (Fuel Control Unit)**. Κατά τη λειτουργία του αναμεικτήρα πίεσης, ο εισερχόμενος αέρας διέρχεται από τη δικλείδα ισχύος σε ποσότητα ανάλογη με τη θέση της τελευταίας. Στην είσοδο του αέρα υπάρχουν **δίοδοι πίεσης (impact tubes)** που δημιουργούν πίεση ανάλογη με την ταχύτητα του ρεύματος αέρα και η οποία εφαρμόζεται στο θάλαμο Α του ρυθμιστή. Καθώς ο αέρας διέρχεται από την περιοχή Venturi, διαμορφώνεται υποπίεση ανάλογη της ταχύτητάς του η οποία εφαρμόζεται στο θάλαμο Β του ρυθμιστή. Η διαφορά πίεσης στους θαλάμους Α και Β αποτελεί τη δύναμη λειτουργίας αέρα (**air metering force**) και καθώς μεγαλώνει, ανοίγει τη **βαλβίδα διανομής (poppet valve)** και επιτρέπει, τη ροή καυσίμου, μέσω της αντλίας, στο θάλαμο D. Το καύσιμο αυτό (το οποίο είναι ακόμη εκτός αναλογίας) ασκεί δύναμη στο διάφραγμα μεταξύ των θαλάμων C και D, ωθώντας της βαλβίδα διανομής να κλείσει. Το καύσιμο, στη συνέχεια, ρέει σε μία ή περισσότερες διόδους πίεσης της μονάδας ελέγχου καυσίμου και, τελικά, στον αναβρυτήρα. Η σύνδεση που υπάρχει μεταξύ του θαλάμου C και της εξόδου της μονάδας ελέγχου, έχει ως σκοπό να ασκήσει δύναμη μέσω παροχής καυσίμου – που πλέον έχει τη σωστή αναλογία – στο διάφραγμα των θαλάμων C και D. Με τον τρόπο αυτό, καύσιμο εκτός αναλογίας πιέζει το διάφραγμα από το θάλαμο D ενώ καύσιμο με τη σωστή αναλογία πιέζει από το θάλαμο C. Η διαφορά στις δύο αυτές πιέσεις αποτελεί τη δύναμη λειτουργίας καυσίμου (**fuel metering force**). Η πίεση στο θάλαμο C έχει τιμή περίπου 5 psi και ρυθμίζεται από μία βαλβίδα που φέρει ο αναβρυτήρας, η λειτουργία της οποίας καθορίζεται από ένα ελατήριο και εμποδίζει τυχούσα διαρροή από τον αναβρυτήρα όταν ο κινητήρας βρίσκεται εκτός λειτουργίας. Στην περίπτωση που η δικλείδα ισχύος κλείνει, η δύναμη λειτουργίας αέρα μειώνεται με αποτέλεσμα η δύναμη λειτουργίας καυσίμου να κλείνει προοδευτικά τη βαλβίδα διανομής και να μειώνεται έως την εξίσωσή της με τη δύναμη λειτουργίας αέρα.

Όπως στους αναμεικτήρες με πλωτήρα έτσι και στους αναμεικτήρες πίεσης υπάρχουν τα συστήματα τα οποία κανονίζουν τη λειτουργία του αναμεικτήρα ανάλογα με την κατάσταση λειτουργίας στην οποία βρίσκεται ο κινητήρας και παίρνουν κίνηση ανάλογα με τη θέση της δικλείδας ισχύος. Αυτά είναι:

- **Το σύστημα βραδείας λειτουργίας (Idling System).** Χρησιμοποιείται διότι στις πολύ χαμηλές στροφές η διαμόρφωση της περιοχής Venturi και οι δίοδοι πίεσης δεν εξασφαλίζουν ικανοποιητική πίεση καυσίμου με κίνδυνο η βαλβίδα διανομής καυσίμου να κλείσει τελείως.
- **Το σύστημα επιτάχυνσης (Acceleration System).** Αυξάνει την ποσότητα του καυσίμου που εισέρχεται στον κινητήρα, μέσω της αντλίας επιτάχυνσης, ώστε ο τελευταίος να αντεπεξέλθει σε γρήγορες μεταβολές της ταχύτητας πτήσης.
- **Το σύστημα ελέγχου μείγματος (Mixture Control System).** Ελέγχει το άνοιγμα της βαλβίδας του ρυθμιστή καυσίμου ώστε σε περιπτώσεις, όπως η πτήση σε μεγάλα ύψη ή η αύξηση της θερμοκρασίας, που η πυκνότητα του εισερχόμενου αέρα μειώνεται, να μειώνεται παράλληλα και η παροχή καυσίμου και να διατηρείται κανονική η αναλογία του καυσίμου μείγματος.
- **Το σύστημα εμπλουτισμού ισχύος (Power Enrichment System).** Εξασφαλίζει, μέσω της διόδου και της βαλβίδας εμπλουτισμού, τη ροή μεγαλύτερης ποσότητας καυσίμου στο ρυθμιστή καυσίμου η οποία απαιτείται σε λειτουργία με υψηλές στροφές.

1.6.2.3 Σύστημα έγχυσης νερού

Η έγχυση νερού πραγματοποιείται στο μείγμα αέρα – καυσίμου ώστε να μειωθεί η θερμοκρασία του μείγματος και των κυλίνδρων με σκοπό να παραχθεί μεγαλύτερη ισχύς από τον κινητήρα χωρίς τον κίνδυνο εμφάνισης αυτεκρήξεων. Βέβαια, δε χρησιμοποιείται καθαρό νερό αλλά ένα μείγμα νερού και μεθανόλης, η οποία εμποδίζει το σχηματισμό πάγου σε μεγάλα ύψη αλλά και τις κρύες ημέρες. Επίσης, εμπεριέχεται και μικρή ποσότητα υδατοδιαλυτού λαδιού με σκοπό την αποφυγή εμφάνισης διάβρωσης από την κυκλοφορία του παραπάνω μείγματος.



Σχήμα 1.67 σύστημα έγχυσης νερού – μεθανόλης

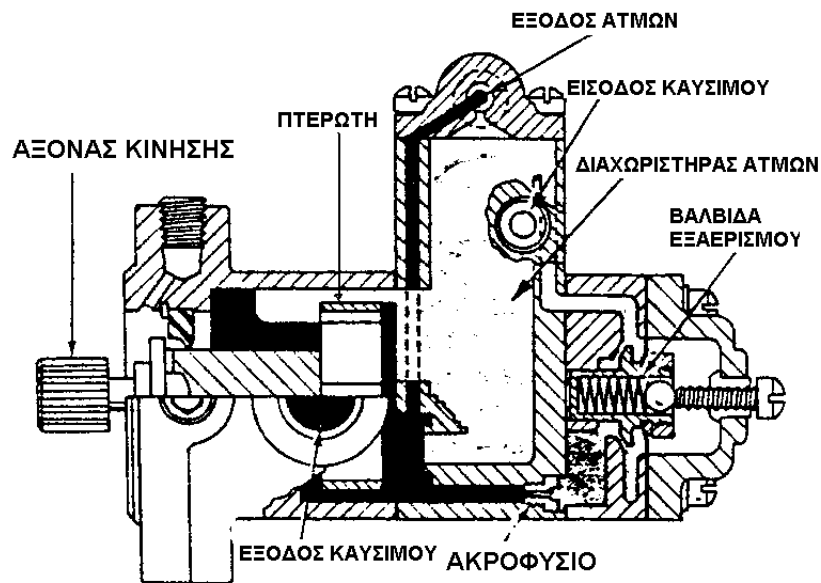
Η χρήση του συστήματος έγχυσης νερού προήλθε από την ανάγκη λειτουργίας ενός κινητήρα σε πλήρη ισχύ (π.χ. κατά την απογείωση). Χωρίς αυτό, η λειτουργία σε τέτοιες συνθήκες απαιτεί ένα πλούσιο μείγμα της τάξης του 10:1 και ενέχει τον κίνδυνο εμφάνισης αυτεκρήξεων. Ένα μέρος του μείγματος δεν καίγεται και παρέχει ψύξη στον κύλινδρο και το υπόλοιπο μείγμα. Όταν εγχύεται το προαναφερόμενο μείγμα νερού και μεθανόλης, το νερό ψύχει το καύσιμο μείγμα επιτρέποντας μεγαλύτερες πιέσεις λειτουργίας. Επιπρόσθετα, ο λόγος αέρα-καυσίμου προσεγγίζει την τιμή (12:1 περίπου) όπου επιτυγχάνεται η απόδοση μεγαλύτερης ισχύος σχετικά με την ποσότητα καυσίμου που καταναλώνεται. Η εμπειρία έχει δείξει ότι η χρήση του μείγματος νερού – μεθανόλης επιφέρει μία αύξηση της τάξης 8 έως 15% στη χρήση ισχύος κατά την απογείωση.

Ένα σύστημα έγχυσης νερού – μεθανόλης φαίνεται στο Σχήμα 1.67 και περιλαμβάνει μία δεξαμενή αποθήκευσης, μία αντλία κυκλοφορίας, ένα ρυθμιστή, μία βαλβίδα ρύθμισης της παροχής και τις απαραίτητες σωληνώσεις και κυκλώματα ελέγχου.

1.6.2.4 Συστήματα άμεσης έγχυσης καυσίμου (fuel injection systems)

Ένα σύστημα άμεσης έγχυσης καυσίμου εγχύει το καύσιμο αμέσως πριν τη βαλβίδα εισαγωγής του κυλίνδρου ή, σε κάποιους κινητήρες, κατευθείαν μέσα στο θάλαμο καύσης του κυλίνδρου. Η άμεση έγχυση του καυσίμου δεν εκμεταλλεύεται τη διαφορά πίεσης που δημιουργεί η ροή του εισερχόμενου αέρα από μία περιοχή Venturi, όπως γίνεται στους αναμεικτήρες. Ως πηγή πίεσης χρησιμοποιείται μία αντλία έγχυσης. Τα **πλεονεκτήματα** που παρουσιάζει η χρήση ενός τέτοιου συστήματος είναι σημαντικά:

- ❖ **Μικρός κίνδυνος εμφάνισης παγοποίησης**, αφού η έγχυση του καυσίμου και η ανάμιξη του μείγματος γίνονται πολύ κοντά στην εισαγωγή του κυλίνδρου.
- ❖ **Πολύ καλή ανάμιξη και αποτελεσματικός έλεγχος του καυσίμου μείγματος**, λόγω του τρόπου επίτευξης της απαιτούμενης πίεσης λειτουργίας.
- ❖ **Εγγυημένη και άμεση επιτάχυνση** του κινητήρα από τη βραδεία λειτουργία.
- ❖ **Αυξημένη απόδοση του κινητήρα** λόγω της μείωσης της κατανάλωσης και της υπερθέρμανσης των κυλίνδρων.



Σχήμα 1.68 Αντλία έγχυσης καυσίμου

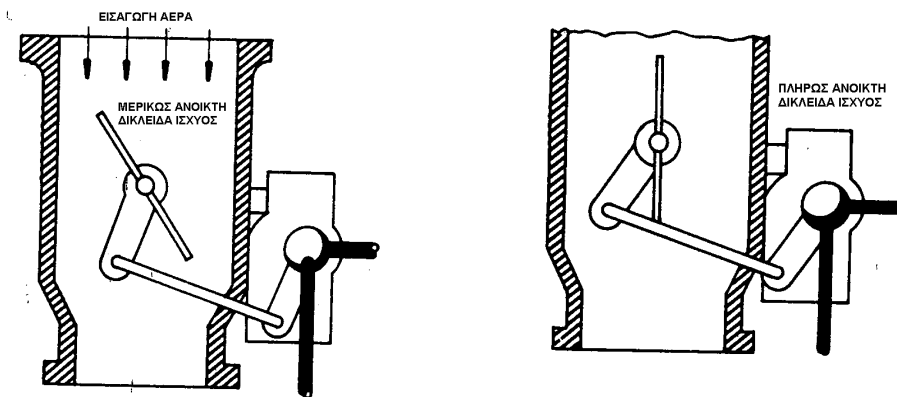
Τα συστήματα άμεσης έγχυσης χρησιμοποιούνται ευρέως σε πολιτικά και στρατιωτικά αεροσκάφη καθώς και σε ελικόπτερα. Στη συνέχεια, θα εξετάσουμε πιο αναλυτικά δύο τύπους αυτών των συστημάτων.

1.6.2.5 Συστήματα άμεσης έγχυσης τύπου Continental

Το σύστημα αυτό χαρακτηρίζεται ως **πολλαπλής έγχυσης (multi-nozzle)** και είναι συνεχούς ροής. Το καύσιμο εγχύεται μόλις πριν την είσοδο κάθε κυλίνδρου. Κάθε αλλαγή στη δικλείδα ισχύος ή / και στην ταχύτητα του αεροσκάφους επιφέρει αλλαγή στη ροή καυσίμου ώστε αυτή να παραμένει στη σωστή αναλογία με την ποσότητα του εισερχόμενου αέρα. Το σύστημα ελέγχου μείγματος – που ελέγχεται από το χειριστή – και ένα μανόμετρο ένδειξης της πίεσης της στοιχειομετρικής ποσότητας καυσίμου βοηθούν τον έλεγχο του καυσίμου μείγματος σε οποιονδήποτε συνδυασμό ύψους πτήσης

και παραγόμενης ισχύος. Η κατανάλωση καυσίμου μπορεί να καθοριστεί εκ των προτέρων, καθώς η παροχή καυσίμου είναι ανάλογη με την πίεση του στοιχειομετρικού καυσίμου. Τέσσερις είναι οι βασικές μονάδες του συστήματος:

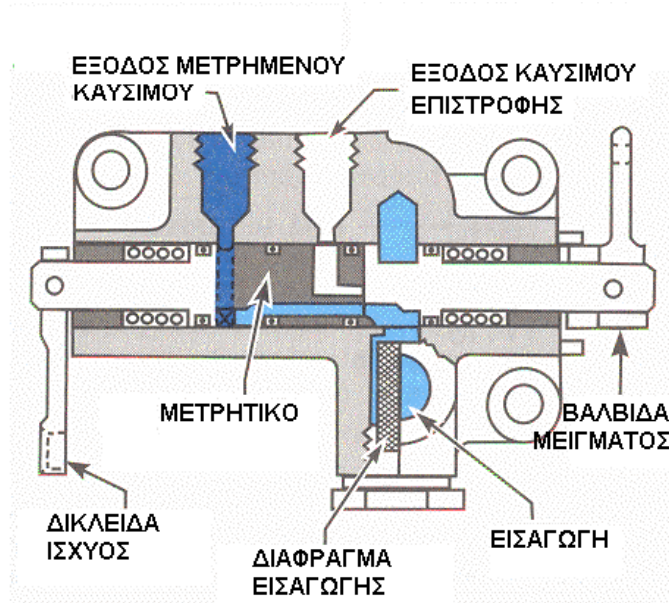
1. **Η αντλία έγχυσης καυσίμου (Fuel Injection Pump, Σχήμα 1.68).** Κινείται από τον κινητήρα και είναι θετικής εκτόπισης με πτερωτή. Η παροχή του καυσίμου εξαρτάται από τις στροφές του κινητήρα. Το καύσιμο εισέρχεται στην αντλία μέσω ενός διαχωριστήρα ατμών ώστε να απομονωθούν τυχόν συμπυκνώματα. Χρησιμοποιείται κύκλωμα ανακυκλοφορίας καυσίμου λόγω της μεγαλύτερης παροχής από την απαιτούμενη. Η ρύθμιση της πίεσης επιτυγχάνεται από μία βαλβίδα ελατηρίου, η οποία ενεργεί και ως **ανακουφιστική (relief valve)**, σε συνεργασία με κατάλληλο ακροφύσιο οπότε επιτυγχάνεται η αναλογία της πίεσης με τις στροφές του κινητήρα. Η όλη συνδεσμολογία εξασφαλίζει την παροχή καυσίμου σε όλο το εύρος των στροφών του κινητήρα.



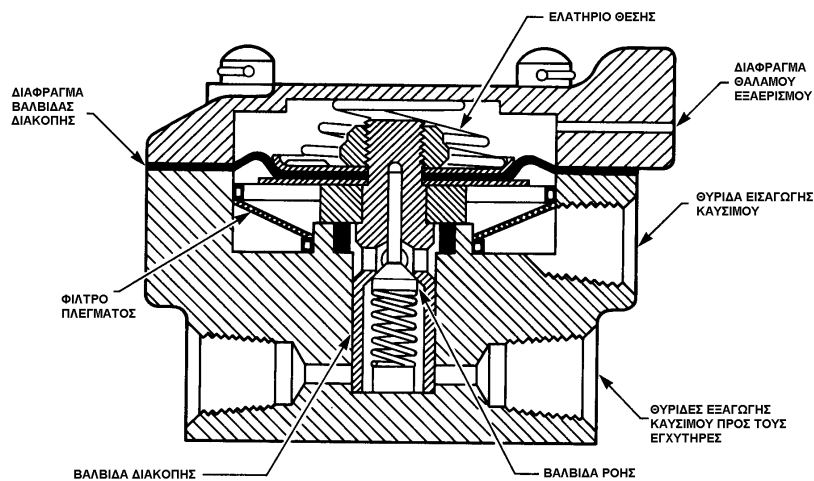
Σχήμα 1.69 Μονάδα ελέγχου αέρα - καυσίμου

2. **Μονάδα ελέγχου αέρα – καυσίμου (Air – Fuel Control Unit, Σχήμα 1.69).** Αντικαθιστά τον αναμεικτήρα στην είσοδο της πολλαπλής σωλήνωσης εισαγωγής. Ελέγχει τη ροή του εισερχόμενου αέρα, με ένα στοιχείο ελέγχου στη δικλείδα ισχύος, ώστε να αναμειχτεί με αυτόν η κατάλληλη ποσότητα καυσίμου, που καθορίζεται από δύο στοιχεία ελέγχου του ρυθμιστή καυσίμου. Η δικλείδα ισχύος είναι κατασκευασμένη από χυτό αλουμίνιο. Ο ρυθμιστής καυσίμου (Σχήμα 1.70) κατασκευάζεται από ορείχαλκο ενώ οι βαλβίδες ρύθμισης και ελέγχου μείγματος από ανοξείδωτο χάλυβα. Η βαλβίδα ελέγχου του μείγματος καθορίζει αν το μείγμα θα είναι πλούσιο ή φτωχό και η βαλβίδα ρύθμισης οδηγεί την κατάλληλη ποσότητα καυσίμου προς τους εγχυτήρες και την υπόλοιπη προς την αντλία για ανακυκλοφορία.

3. **Βαλβίδα πολλαπλής σωλήνωσης καυσίμου (Fuel Manifold Valve, Σχήμα 1.71).** Αποτελείται από την εισαγωγή καυσίμου, ένα θάλαμο με ελατηριοειδές διάφραγμα, μία βαλβίδα ροής και τις εξόδους του καυσίμου προς τους εγχυτήρες. Το διάφραγμα, μέσω της πίεσης του καυσίμου, ανοίγει και κλείνει τη βαλβίδα ώστε να επέλθει ροή του καυσίμου προς τις εξόδους. Προσοχή πρέπει να δίνεται στον καθαρισμό του φίλτρου κατακράτησης σωματιδίων του διαφράγματος, κατά τις εργασίες συντήρησης.



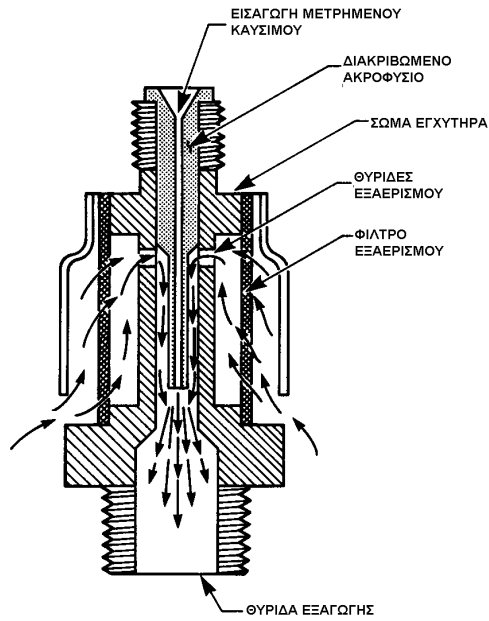
Σχήμα 1.70 Ρυθμιστής καυσίμου



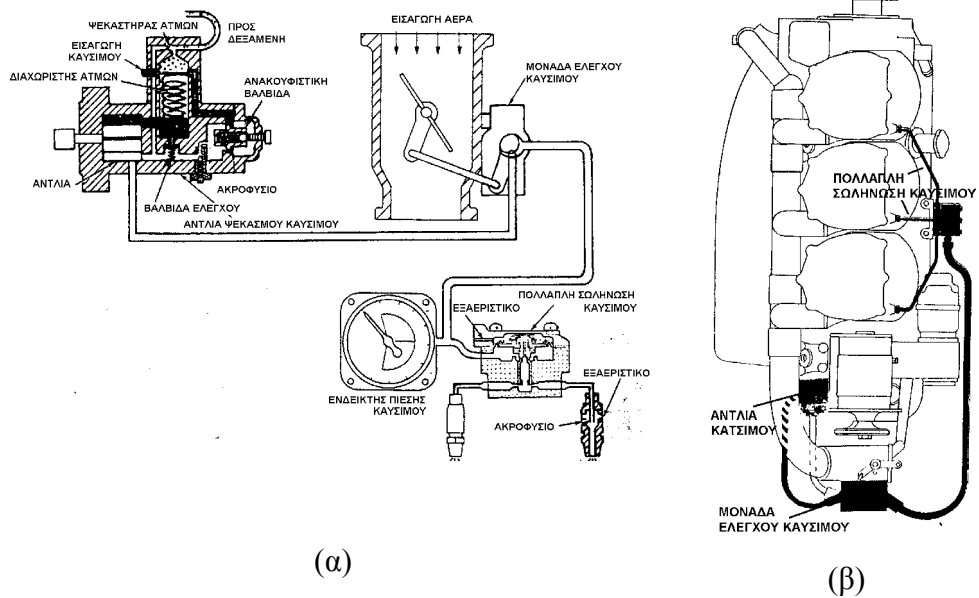
Σχήμα 1.71 Βαλβίδα πολλαπλής σωλήνωσης καυσίμου

4. **Εγχυτήρες καυσίμου (Fuel Discharge Nozzles, Σχήμα 1.72).** Τοποθετούνται στην κεφαλή των κυλίνδρων και ψεκάζουν κατευθείαν προς την είσοδο της βαλβίδας εισαγωγής τους.

Στο Σχήμα 1.73(α) παρουσιάζεται το διάγραμμα λειτουργίας του συστήματος Continental και στο Σχήμα 1.73(β) φαίνεται η θέση του πάνω στον κινητήρα.



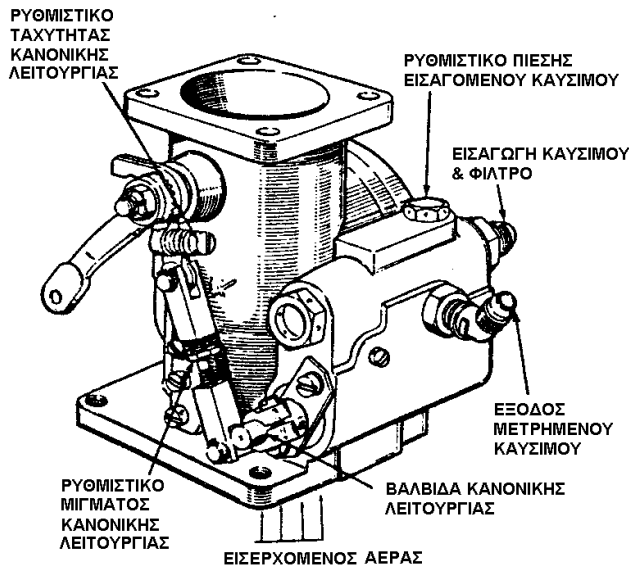
Σχήμα 1.72 Εκχυτήρες καυσίμου



Σχήμα 1.73 Σύστημα Continental

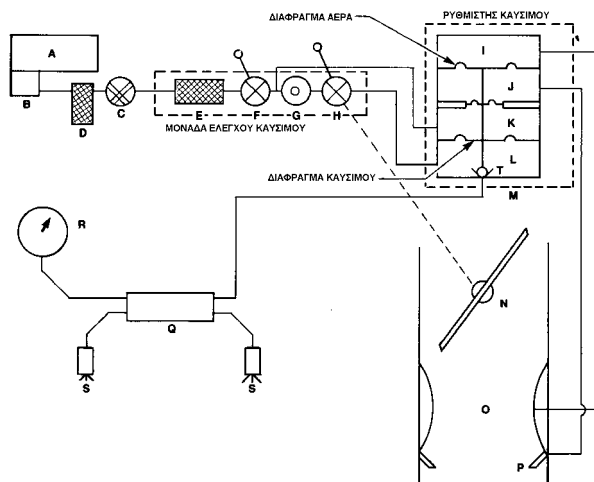
1.6.2.6 Συστήματα άμεσης έγχυσης τύπου Bendix

Το σύστημα Bendix (Σχήμα 1.74) είναι συνεχούς ροής αλλά έχει όμοια αρχή λειτουργίας με τους αναμεικτήρες πίεσης – υπολογίζει τη ροή του εισερχόμενου αέρα και, χρησιμοποιώντας υποπίεση αέρα, παρέχει την απαιτούμενη ποσότητα καυσίμου στους κυλίνδρους.



Σχήμα 1.74 Συστήματα άμεσης έγχυσης τύπου Bendix

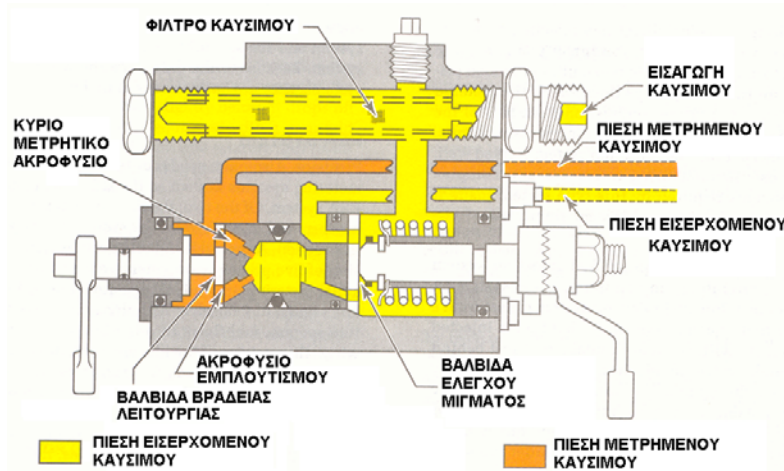
Στο Σχήμα 1.75 παρουσιάζεται το διάγραμμα ροής της λειτουργίας του.



Σχήμα 1.75 Διάγραμμα λειτουργίας συστήματος Bendix

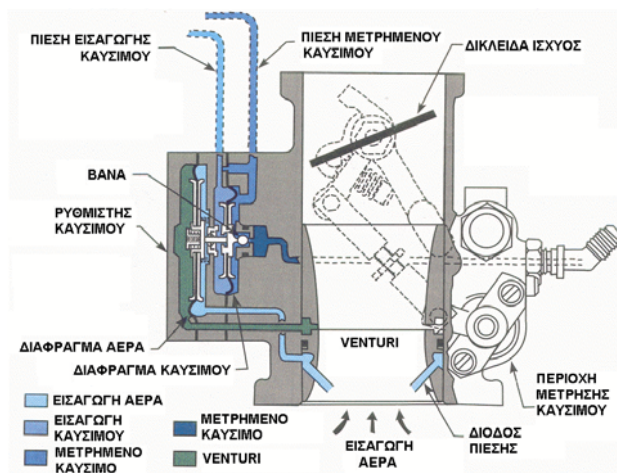
Οι δίοδοι πίεσης P μετρούν την ολική (άθροισμα δυναμική και στατικής) πίεση και η περιοχή Venturi (O) την ταχύτητα του εισερχόμενου αέρα. Αυτές οι δύο μορφές δυνάμεων δρουν ως μία συνισταμένη δύναμη και κινούν το διάφραγμα αέρα (μεταξύ των θαλάμων I και J) σε αναλογία με την ποσότητα του εισερχόμενου αέρα. Η αντλία καυσίμου C παρέχει καύσιμο στη μονάδα

ελέγχου καυσίμου (Fuel Control Unit, Σχήμα 1.76) μέσω του φίλτρου Ε και της ρυθμιστικής βαλβίδας F.



Σχήμα 1.76 Μονάδα ελέγχου καυσίμου

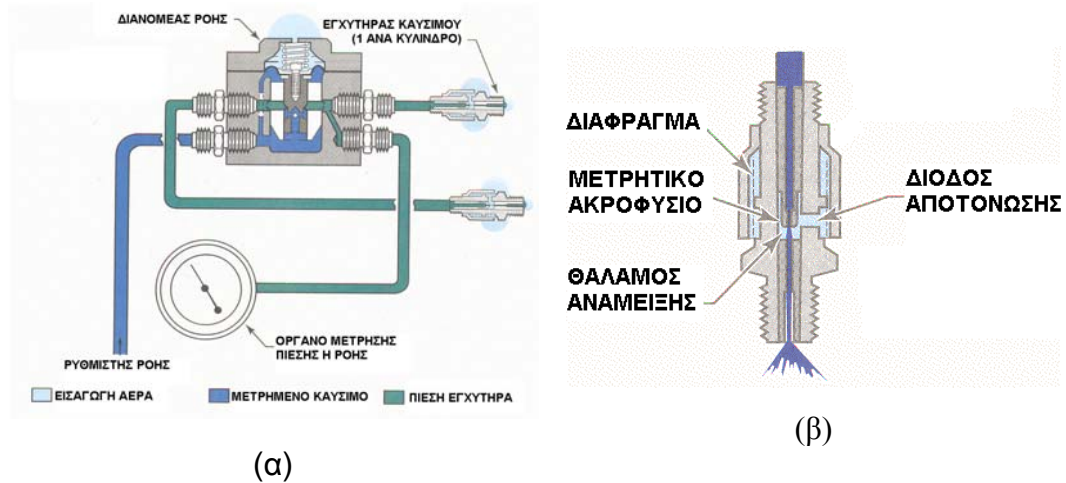
Η πίεση του καυσίμου αναγκάζει τη σφαιρική βαλβίδα (ball valve) T να κλείσει. Η κύρια δίοδος ελέγχου (main metering jet) G και η βαλβίδα καυσίμου H παρέχουν καύσιμο στο θάλαμο L του ρυθμιστή καυσίμου M (fuel regulator, Σχήμα 1.77). Το ρυθμισμένο αυτό καύσιμο ανοίγει τη βαλβίδα T.



Σχήμα 1.77 Ρυθμιστής καυσίμου

Στη συνέχεια, το καύσιμο διέρχεται στο διανομέα (flow divider, Σχήμα 1.78(α)) μέσω εύκαμπτου σωλήνα. Ο διανομέας διατηρεί το καύσιμο υπό πίεση, το διανέμει σε όλες τις στρόφες λειτουργίας και διακόπτει την παροχή του όταν η, ελεγχόμενη από το χειριστή, βαλβίδα ελέγχου μείγματος (mixture control valve) τεθεί στη θέση διακοπής παροχής καυσίμου. Τέλος, το καύσιμο φτάνει στους εγχυτήρες (injection nozzles, Σχήμα 1.78(β)), οι οποίοι είναι τύπου ανάμιξης αέρα (air bleed type) και συνδέονται στο

διανομέα με ανοξειδωτή σωλήνωση. Υπάρχει ένας εγχυτήρας για κάθε κύλινδρο του κινητήρα, είναι τοποθετημένος στην κεφαλή του κυλίνδρου και η έξοδος του έχει κατεύθυνση προς την εισαγωγή του κυλίνδρου. Το καύσιμο που εγχύεται αναμειγνύεται με αέρα πριν την έγχυσή του ώστε να είναι πιο εύκολη η εξαέρωσή του.



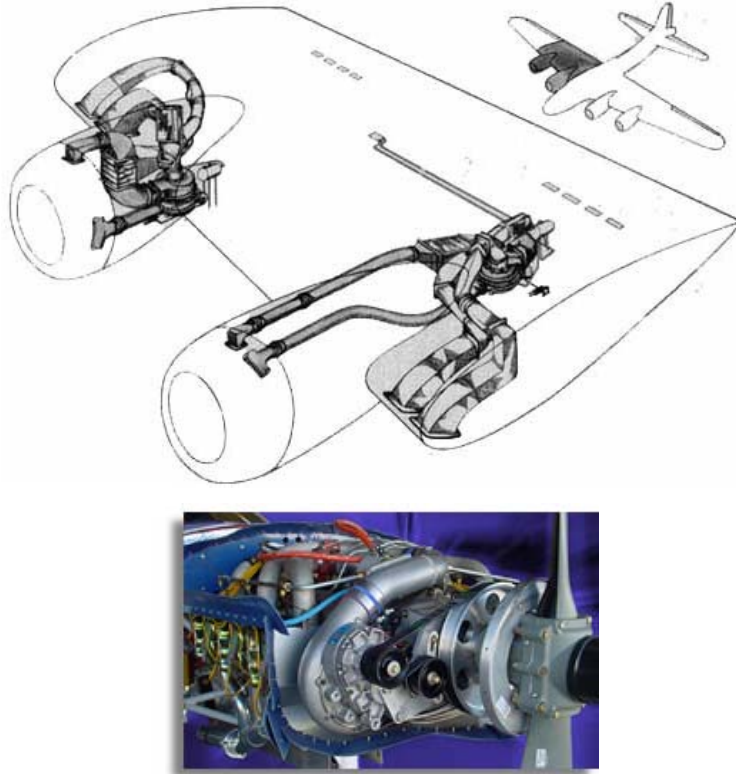
Σχήμα 1.78 (α) Διανομέας καυσίμου και (β) εγχυτήρας

1.7 Συστήματα υπερσυμπίεσης

1.7.1 Γενικά

Ο πιο εύκολος τρόπος για την αύξηση της ισχύος ενός κινητήρα, με δεδομένη την καλύτερη δυνατή επιλογή για τη σχέση συμπίεσης και το μέγιστο αριθμό στροφών, είναι η αύξηση της χωρητικότητας των κυλίνδρων του, η οποία όμως έχει σαν αποτέλεσμα και τη μεγέθυνση των διαστάσεων του κινητήρα. Ένας διαφορετικός τρόπος αύξησης της ισχύος είναι η βελτίωση της «αναπνοής» του κινητήρα, η **εισαγωγή δηλαδή μεγαλύτερης ποσότητας αέρα για την ίδια χωρητικότητα κυλίνδρων**. Με αυτόν τον τρόπο, είναι δυνατή η αύξηση της ισχύος με περιορισμό της αύξησης της κατανάλωσης, αφού η διατήρηση της ίδιας χωρητικότητας δεν επιφέρει περισσότερες τριβές και θερμικές απώλειες. Για την εισαγωγή μεγάλης ποσότητας αέρα στους κυλίνδρους, δεν επαρκεί η ώθηση που του δίνεται από την ατμοσφαιρική πίεση – επειδή αυτή είναι σταθερή και δε μπορεί να ωθήσει, παρά μέχρι κάποιο όριο, τον αέρα μέσα στον κύλινδρο. Χρειάζεται, πλέον, ο εξαναγκασμός του αέρα, μία επιπρόσθετη αύξηση της πίεσής του με μηχανικά μέσα. Αυτήν την ανάγκη έρχονται να καλύψουν τα συστήματα **υπερσυμπίεσης** ή **υπετροφοδοσίας (supercharging)**, διατάξεις που τοποθετούνται στην εισαγωγή του κινητήρα και συμπιέζουν τον αέρα, αυξάνοντας έτσι την παροχή του.

Πιο αυστηρά, υπερσυμπίεση ενός κινητήρα εσωτερικής καύσης ονομάζεται η διαδικασία της εισαγωγής στους κυλίνδρους μεγαλύτερης ποσότητας (περισσότερων γραμμαρίων ανά δευτερόλεπτο) μείγματος ατμοσφαιρικού αέρα και καυσίμου, από την ποσότητα που θα αναρροφούσε ο ίδιος κινητήρας, χρησιμοποιώντας μόνο την κίνηση των εμβόλων του και κανένα άλλο βοηθητικό μηχανισμό. Στο Σχήμα 1.79 φαίνονται χαρακτηριστικοί τρόποι τοποθέτησης συστημάτων υπερσυμπίεσης επί του αεροσκάφους.



Σχήμα 1.79 Συστήματα υπερσυμπίεσης επί του αεροσκάφους

Η λειτουργία των αεροπορικών κινητήρων σε περιβάλλον μειωμένης πυκνότητας αέρα κάνει απαραίτητη τη χρήση συστημάτων υπερσυμπίεσης για την ανάκτηση της αποδιδόμενης ισχύος (σε σύγκριση με τη λειτουργία σε συνθήκες «κανονικής» πυκνότητας αέρα¹). Στο σημείο αυτό, θα μπορούσε κάποιος να αντιπαραθέσει την άποψη ότι η αύξηση της ισχύος μπορεί να προέλθει και από την αύξηση του βαθμού συμπίεσης του κινητήρα, αφού και αυτή θα επιφέρει αύξηση της μέσης πίεσης με δεδομένο το μέγιστο αριθμό στροφών. Όμως, η υψηλή συμπίεση αυξάνει τόσο τη μέγιστη πίεση ανάφλεξης όσο και τη θερμοκρασία του κυλίνδρου.

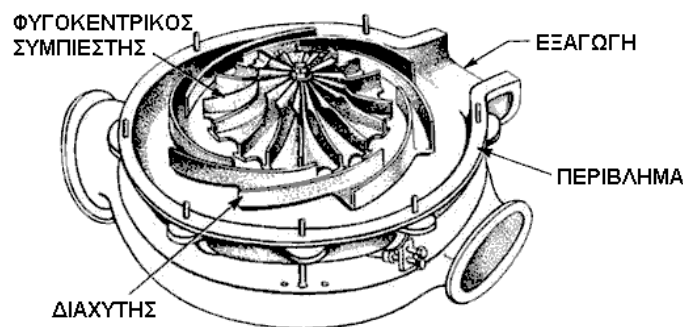
¹ Ως «κανονική» εννοούμε την πυκνότητα του αέρα στο επίπεδο της θάλασσας.

1.7.2 Τα διάφορα συστήματα υπερσυμπίεσης

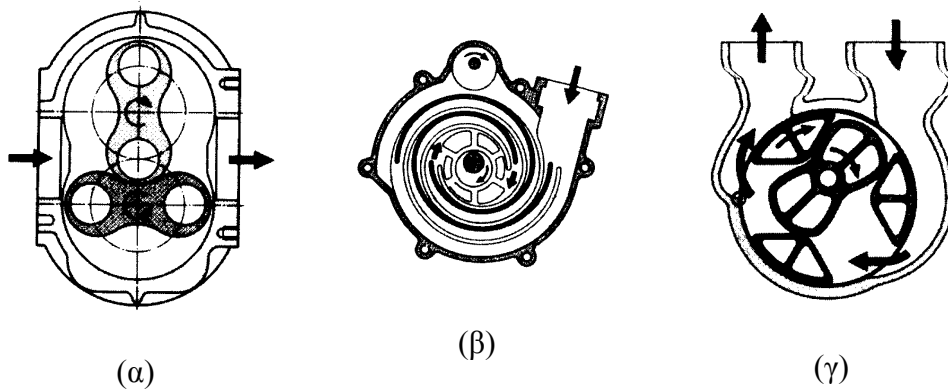
Τα διάφορα συστήματα υπερσυμπίεσης διακρίνονται ανάλογα με τον τρόπο κίνησής τους, τη θέση τους στην εισαγωγή του κινητήρα, τις βαθμίδες συμπίεσης που φέρουν και την ταχύτητα περιστροφής του κινητού τους μέρους. Ως προς τον τρόπο κίνησης, οι υπερσυμπιεστές διακρίνονται σε **άμεσης και έμμεσης μετάδοσης της κίνησης**. Ως προς τη θέση, οι υπερσυμπιεστές διακρίνονται σε αυτούς που τοποθετούνται **πριν από τον αναμεικτήρα** και σε αυτούς που τοποθετούνται **μεταξύ του αναμεικτήρα και του κινητήρα**. Αναφορικά με τις βαθμίδες συμπίεσης, οι οποίες αποτελούν κάθε μεμονωμένη αύξηση της συμπίεσης, οι υπερσυμπιεστές διακρίνονται σε **απλής, διπλής ή πολλαπλής βαθμίδας**. Τέλος, όσον αφορά την ταχύτητα περιστροφής, οι υπερσυμπιεστές μπορούν να κινούνται **με μία σταθερή ή με δύο ταχύτητες ή, ακόμη, και με μεταβλητή ταχύτητα**.

1.7.2.1 Μηχανικοί υπερσυμπιεστές – άμεση μετάδοση της κίνησης.

Οι μηχανικοί υπερσυμπιεστές παίρνουν κίνηση απευθείας από το στροφαλοφόρο άξονα κάτω από μία σταθερή σχέση μετάδοσης. Για την εναλλαγή των συνθηκών της κατάστασης λειτουργίας του υπερσυμπιεστή χρησιμοποιούνται μηχανικοί ή ηλεκτρομαγνητικοί συμπλέκτες. Τα είδη των συμπιεστών που συνήθως χρησιμοποιούνται είναι: α) **Φυγοκεντρικός** συμπιεστής (Σχήμα 1.80). β) Συμπιεστής **Roots** (Σχήμα 1.81(α)), όπου τα κινητά στοιχεία είναι λοβοειδή - έχουν μορφή «8» - δεν εφάπτονται μεταξύ τους και κινούνται από ένα ζεύγος γραναζιών. γ) **Ελικοειδής** συμπιεστής (Σχήμα 1.81(β)) και δ) Συμπιεστής **με περιστρεφόμενα έμβολα** (Σχήμα 1.81(γ)).



Σχήμα 1.80 Φυγοκεντρικός συμπιεστής σε υπερσυμπιεστή



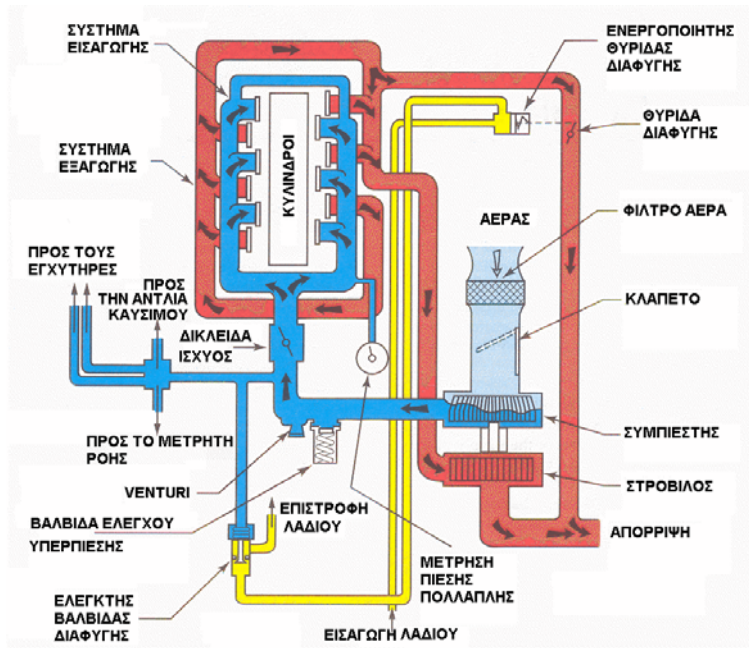
Σχήμα 1.81 (α) Συμπιεστής Roots, (β) Ελικοειδής συμπιεστής, (γ) Συμπιεστής με περιστρεφόμενα έμβολα

Η ταχύτητα περιστροφής του συμπιεστή είναι 6 έως 14 φορές μεγαλύτερη από την ταχύτητα περιστροφής του στροφαλοφόρου άξονα του κινητήρα. Τα στροφεία κατασκευάζονται, συνήθως, από ειδικούς χάλυβες ή ντουραλουμίνιο. Υπόκεινται σε μεγάλες φυγοκεντρικές δυνάμεις. Ειδικά κατά τις απότομες επιταχύνσεις και επιβραδύνσεις αναπτύσσονται υψηλές αδρανειακές δυνάμεις πάνω σε όλη την κατασκευή του υπερσυμπιεστή.

Τα **πλεονεκτήματα** των μηχανικών υπερσυμπιεστών είναι ότι παρουσιάζουν **σταθερή σχέση πιέσεων σε χαμηλές και υψηλές στροφές, εξασφαλίζουν υψηλή ροπή στον κινητήρα** ακόμη και στις χαμηλές στροφές, **παρέχουν άμεσα την απαιτούμενη πίεση και ισχύ και παρέχουν ποσότητα αέρα ανεξάρτητη από την πίεση και ανάλογη με τον αριθμό των στροφών**. Ως **μειονεκτήματά** τους αναφέρουμε **το μεγάλο βάρος και όγκο** που παρουσιάζουν σε σχέση με τους υπερσυμπιεστές έμμεσης μετάδοσης κίνησης και την **κατανάλωση μεγάλης ισχύος** για την κίνησή τους (της τάξης των 50 Hp για έναν κινητήρα 500 Hp με ολική αύξηση ισχύος 200 Hp).

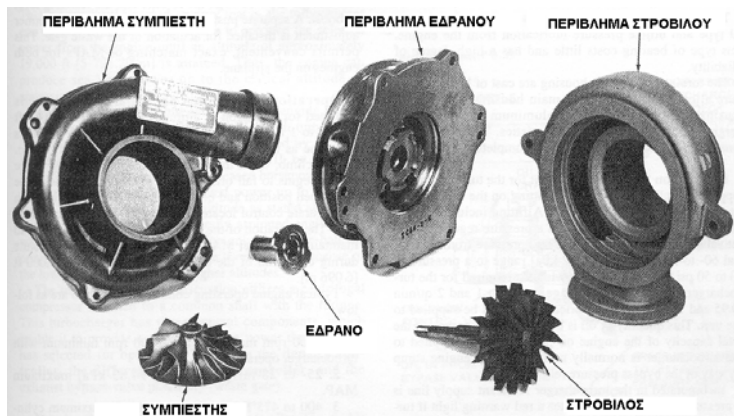
1.7.2.2 Στρόβιλο-υπερπληρωτές – έμμεση μετάδοση της κίνησης

Οφείλουν την ονομασία τους στα δύο βασικά μέρη από τα οποία αποτελούνται, το συμπιεστή και το στρόβιλο (τουρμπίνα) που συνδέονται με έναν κοινό άξονα. Η τοποθέτηση ενός **στρόβιλο-υπερπληρωτή (turbo-supercharger)** στον κινητήρα γίνεται με τέτοιο τρόπο ώστε ο στρόβιλος να παρεμβάλλεται στο σύστημα εξαγωγής των καυσαερίων και ο συμπιεστής στο σύστημα εισαγωγής του αέρα (Σχήμα 1.82).



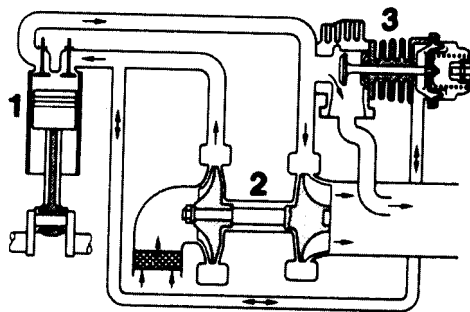
Σχήμα 1.82 Απεικόνιση τοποθέτησης στρόβιλο-υπερπληρωτή στο σύστημα εισαγωγής αέρα του εμβολοφόρου κινητήρα

Μετά το άνοιγμα των βαλβίδων εξαγωγής και την έξοδο των καυσαερίων από τον κύλινδρο, αυτά συναντούν το στρόβιλο και τον εξαναγκάζουν σε περιστροφή, χάνοντας μέρος της ενέργειάς τους. Η κίνηση αυτή του στρόβιλου μεταδίδεται, μέσω του κοινού άξονα, στο συμπιεστή, ο οποίος συμπιέζει έτσι τον αέρα εισαγωγής, αυξάνοντας την πυκνότητά του και, επακόλουθα, τη συνολική μάζα του που εισάγεται στους κυλίνδρους. Με τον τρόπο αυτόν, αυξάνεται η ισχύς του κινητήρα, χωρίς παράλληλη αύξηση της χωρητικότητάς του ή του αριθμού των στροφών του. Στο Σχήμα 1.83 φαίνονται τα μέρη που συνθέτουν το στρόβιλο-υπερπληρωτή.



Σχήμα 1.83 Τα μέρη του στρόβιλο-υπερπληρωτή

Για την αποφυγή της υπερβολικής αύξησης της πίεσης στους κυλίνδρους, ο στρόβιλος πρέπει να έχει τέτοια ρύθμιση ώστε να αποδίδει την επιθυμητή πίεση στο μέγιστο στροφών του. Αυτό όμως θα προκαλούσε προβλήματα στη ροπή του κινητήρα στις χαμηλές και τις μεσαίες στροφές. Για το λόγο αυτό χρησιμοποιείται η **βαλβίδα ελέγχου της πίεσης (βαλβίδα εκτόνωσης – Booster)** που περιορίζει την πίεση του στρόβιλο-υπερπληρωτή στις υψηλές στροφές λειτουργίας του. Ρυθμίζεται από ένα έμβολο που ενεργοποιείται από την πίεση στην πολλαπλή σωλήνωση της εισαγωγής. Όταν η πίεση ξεπεράσει μία προκαθορισμένη τιμή, η βαλβίδα ανοίγει μία δίοδο για τα καυσαέρια προς την εξαγωγή. Με τον τρόπο αυτόν, ο στρόβιλος λειτουργεί με περιορισμένη παροχή και η πίεση μειώνεται στα επιθυμητά επίπεδα (Σχήμα 1.84). Η λειτουργία της βαλβίδας ελέγχεται είτε από το χειριστή του αεροσκάφους είτε από ένα ρυθμιστή πυκνότητας και ένα ρυθμιστή διαφορικής πίεσης. Ο τελευταίος ενεργοποιείται από τη διαφορά πίεσης πριν και μετά τη δικλείδα ισχύος. Όταν αυτή είναι εντελώς ανοικτή και δεν υπάρχει διαφορά πίεσης, τότε ενεργοποιείται ο ρυθμιστής πυκνότητας που ελέγχει την πυκνότητα του εισερχόμενου αέρα και για κάθε μεταβολή της θερμοκρασίας του, προκαλεί μία αντίστοιχη μεταβολή της πίεσης ώστε η πυκνότητα να διατηρείται στα επιθυμητά επίπεδα.



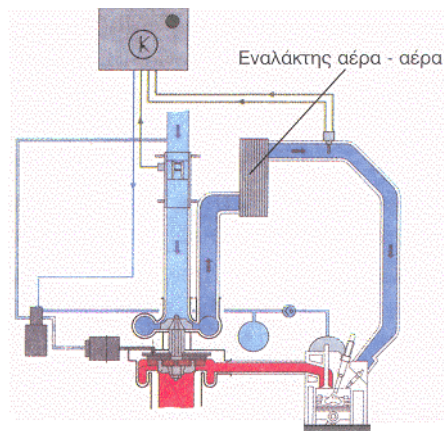
Σχήμα 1.84 (1) Κύλινδρος, (2) στρόβιλο-υπερπληρωτή και (3) βαλβίδα εκτόνωσης

Ως **πλεονεκτήματα** των στρόβιλο-υπερπληρωτή θεωρεί κανείς ότι για την κίνησή τους **απαιτούν αμελητέα ισχύ του κινητήρα, παρουσιάζουν μικρό βάρος και μικρό μέγεθος** – σχετικά με άλλου είδους υπερσυμπιεστές καθώς επίσης και το γεγονός ότι **δεν απαιτούν γρανάζια ή τροχαλίες και ιμάντες μετάδοσης κίνησης**. Στα **μειονεκτήματά** τους συγκαταλέγονται ότι **ενεργοποιούνται στις μεσαίες και υψηλές στροφές ενώ παρουσιάζουν καθυστερημένη ανταπόκριση σε γρήγορες αλλαγές των στροφών του κινητήρα**.

1.7.3 Ψύξη του παρεχόμενου αέρα (intercooler)

Ένα πολύ σημαντικό πρόβλημα της χρήσης υπερσυμπιεστή (που επηρεάζει τους βενζινοκινητήρες και όχι τους πετρελαιοκινητήρες) είναι η μεγάλη αύξηση των θερμοκρασιών στο εσωτερικό του κινητήρα. Αυτό οφείλεται στο γεγονός ότι κατά τη διαδικασία της συμπίεσης ο αέρας θερμαίνεται και έχει ως συνέπεια τη **σημαντική αύξηση της πιθανότητας αυτανάφλεξης του καυσίμου** (τα λεγόμενα «πειράκια») που, εκτός από τη σημαντική μείωση της απόδοσης του κινητήρα, μπορεί ακόμη και να προκαλέσει την καταστροφή του. Η λύση που χρησιμοποιείται στους υπερτροφοδοτούμενους βενζινοκινητήρες είναι **η μείωση της σχέσης συμπίεσής τους**, που βέβαια μειώνει της τελική ισχύ τους καθώς και το βαθμό απόδοσής τους.

Για την αποφυγή των φαινομένων που προαναφέρθηκαν, χρησιμοποιείται και η λύση της τοποθέτησης ενός **εναλλάκτη θερμότητας (intercooler – ψυγείο αέρα)**, σε θέση μετά το συμπιεστή, ο οποίος θα ψύχει τον συμπιεσμένο αέρα εισαγωγής. Με τον τρόπο αυτό, η θερμοκρασία του τελευταίου, κατά την είσοδό του στους κυλίνδρους, περιορίζεται στους 40°C περίπου. Στο Σχήμα 1.85 φαίνεται ένας υπερτροφοδοτούμενος κινητήρας ο οποίος χρησιμοποιεί ψυγείο για την ψύξη του συμπιεσμένου αέρα εισαγωγής.



Σχήμα 1.85 Ψύξη του αέρα εισαγωγής

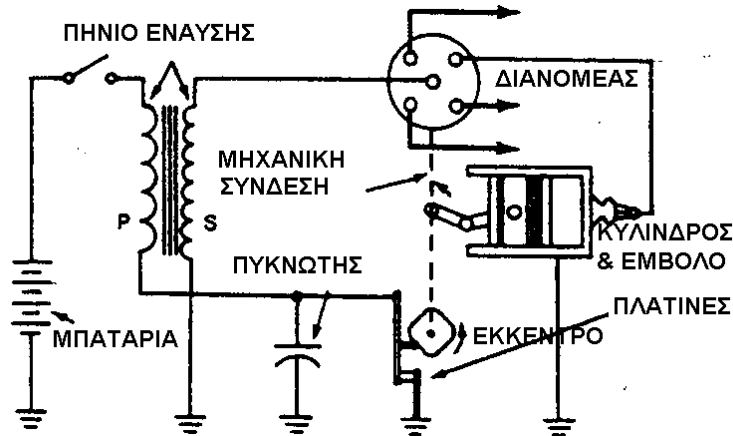
1.8 Συστήματα ανάφλεξης

1.8.1 Γενικά

Κατά τη διάρκεια του 3^{ου} χρόνου του κύκλου λειτουργίας του τετράχρονου βενζινοκινητήρα, καθώς το έμβολο πλησιάζει το ΑΝΣ του κυλίνδρου, οι **σπινθηριστές (μπουζί – spark plugs)** παρέχουν ηλεκτρικό σπινθήρα ώστε το συμπιεσμένο καύσιμο μείγμα να αναφλεγεί. Οι σπινθηριστές αποτελούν τμήμα του συστήματος ανάφλεξης του κινητήρα και παρέχουν σπινθήρα περιοδικά σε κάθε κύλινδρο σε μία συγκεκριμένη θέση του εμβόλου και των

βαλβίδων εισαγωγής και εξαγωγής. Τα συστήματα ανάφλεξης διακρίνονται σε αυτά που χρησιμοποιούν **μπαταρία** και σε αυτά που χρησιμοποιούν **μανιατό (σπινθηροπαραγωγός – magneto)**.

1.8.2 Συστήματα ανάφλεξης με μπαταρία



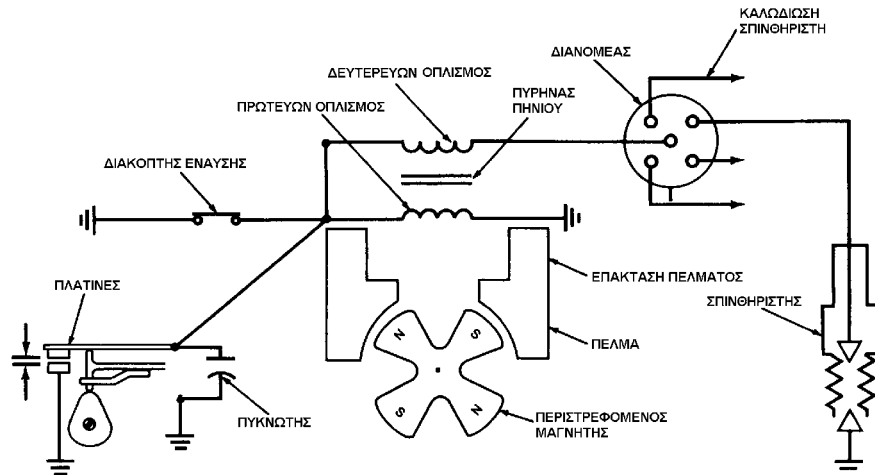
Σχήμα 1.86 Σύστημα ανάφλεξης με μπαταρία

Χρησιμοποιούνται από ελάχιστα αεροπλάνα, πλέον, και είναι σχεδόν όμοια με αυτά που χρησιμοποιούν τα αυτοκίνητα. Η πηγή της ενέργειας είναι μία μπαταρία. Χρησιμοποιείται ένα **πηνίο ανάφλεξης (ignition coil)** το οποίο, ουσιαστικά, είναι ένας συνδυασμός πηνίων, του πρωτεύοντος και του δευτερεύοντος (Σχήμα 1.86). Η περιέλιξη του πρώτου είναι συνδεδεμένη με τη μπαταρία, φέρει σύρμα μεγάλης διατομής και μεταφέρει ρεύμα του οποίου η κίνηση δημιουργεί μαγνητικό πεδίο. Η δεύτερη περιέλιξη έχει λεπτό σύρμα, είναι τυλιγμένη γύρω από το πρωτεύον πηνίο χωρίς να υπάρχει καμία επαφή μεταξύ τους (στην πραγματικότητα είναι μονωμένες). Στο κύκλωμα τοποθετείται ένας διακόπτης, οι **πλατίνες (breaker contact points)**. Ένα έκκεντρο (cam), που παίρνει κίνηση από το στροφαλοφόρο άξονα του κινητήρα, ανοίγει τις πλατίνες και διακόπτεται η ροή ηλεκτρικού ρεύματος στο πρωτεύον. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα να μηδενιστεί η ένταση του μαγνητικού πεδίου – που εμφανίζεται με τη ροή ηλεκτρικού ρεύματος στις σπείρες του πρωτεύοντος - και να αναπτυχθεί υψηλή τάση στο δευτερεύον πηνίο. Αυτή οδηγείται μέσω του **διανομέα (distributor)** στους σπινθηριστές του κυλίνδρου που έχει σειρά να πραγματοποιήσει διεργασία έναυσης.

1.8.3 Συστήματα ανάφλεξης με μανιατό

Το **μανιατό (magneto)** είναι μία γεννήτρια εναλλασσόμενου ρεύματος (**alternate current – ac**) η οποία παράγει ηλεκτρικούς παλμούς υψηλής τάσης για την επίτευξη της ανάφλεξης ενός αεροπορικού κινητήρα. Η ανάφλεξη με τη χρήση του μανιατό υπερτερεί από αυτή με μπαταρία διότι

στις υψηλές ταχύτητες του κινητήρα παράγεται πιο δυνατός σπινθήρας. Επιπρόσθετα, το μανιατό είναι μία αυτόνομη μονάδα, εντελώς ανεξάρτητη από οποιαδήποτε άλλη ηλεκτρική πηγή. Στο Σχήμα 1.87 φαίνεται η βασική διάταξη των κυκλωμάτων του μανιατού.

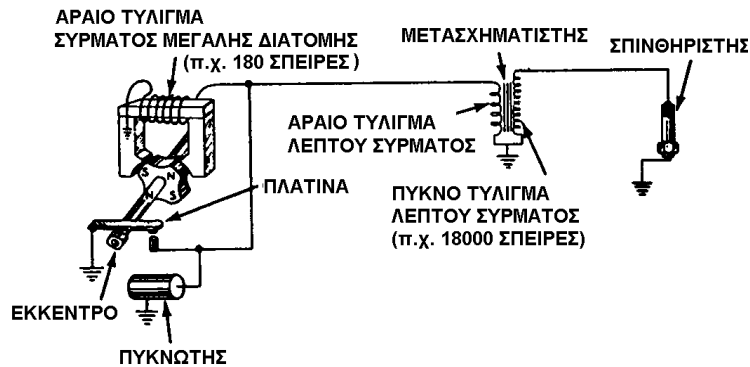


Σχήμα 1.87 Βασική διάταξη κυκλωμάτων μανιατό

1.8.3.1 Τύποι συστημάτων μανιατό

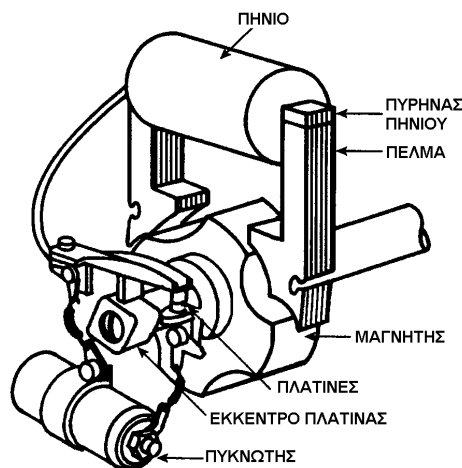
Υπάρχουν αρκετοί τρόποι για να διακρίνει κάποιος τα συστήματα ανάφλεξης με μανιατό. (1) Υψηλής ή χαμηλής τάσης. Τα μανιατό **υψηλής τάσης (High voltage magneto)** δίνουν ρεύμα υψηλής τάσης στους **σπινθηριστές** και έχουν **πρωτεύοντα και δευτερεύοντα οπλισμό (περιέλιξη)**, οπότε και δεν είναι απαραίτητη η παρουσία ενός εξωτερικού επαγωγικού πηνίου. Με τη διακοπή ρεύματος στο πρωτεύον κύκλωμα παράγεται χαμηλή τάση στον πρωτεύοντα οπλισμό με επακόλουθη ανάπτυξη ρεύματος υψηλής τάσης από επαγωγή στο δευτερεύοντα οπλισμό. Το μεγάλο **μειονέκτημα** στη χρήση του μανιατό υψηλής τάσης είναι ότι **οι καλωδιώσεις και ο διανομέας δεν μπορούν να μεταφέρουν ρεύμα υψηλής τάσης στις συνθήκες μειωμένης πυκνότητας αέρα κατά τις πτήσεις σε μεγάλα ύψη**. Αυτό γίνεται λόγω της μείωσης της μονωτικής ικανότητας του αέρα όσο μειώνεται η πυκνότητά του. Το αποτέλεσμα είναι να παρουσιάζεται διαρροή ρεύματος στο διανομέα αλλά και, κάποιες φορές, διακοπή της παροχής ηλεκτρικού ρεύματος στο κύκλωμα του μανιατό. Λύσεις στο πρόβλημα αυτό είναι **η χρήση μεγαλύτερου σε διαστάσεις διανομέα** – ώστε να ελαχιστοποιούνται οι διαρροές και η συμπίεση του μανιατό, του διανομέα και της καλωδίωσης ώστε να αυξηθεί η αντοχή τους σε μπλακ-άουτ. Η καλύτερη, όμως, λύση είναι η χρήση ενός **μανιατό χαμηλής τάσης (Low voltage magneto)**. Αυτό έχει **πηνίο μόνο με πρωτεύοντα οπλισμό** του οποίου η έξοδος οδηγείται σε διανομέα με **ψήκτρες**. Το ηλεκτρικό ρεύμα που παράγεται είναι χαμηλής

τάσης και περνά από ένα μετασχηματιστή πριν τους σπινθηριστές όπου και μετατρέπεται σε ρεύμα υψηλής τάσης (200 V έως 350 V, Σχήμα 1.88). Τα προβλήματα, βέβαια, παραμένουν στο τμήμα του συστήματος μετά το μετασχηματιστή που λειτουργεί υπό υψηλή τάση.



Σχήμα 1.88 Παραγωγή ρεύματος υψηλής τάσης

(2) Περιστρεφόμενου μαγνήτη ή επαγωγικού στροφέα. Το **μανιατό περιστρεφόμενου μαγνήτη (Rotating magnet magneto)** είναι το πιο διαδεδομένο στις αεροπορικές χρήσεις. Σε αυτό, υπάρχουν σταθερά πηνία και περιστρεφόμενοι μαγνήτες. Ο πρωτεύων και ο δευτερεύων οπλισμός του πηνίου μοιράζονται τον ίδιο πυρήνα. Ο τελευταίος βρίσκεται μεταξύ δύο πόλων ή επαγωγέων οι οποίοι βρίσκονται στην επέκταση δύο πελμάτων, σε κάθε πλευρά του μαγνήτη. Συνήθως, ο μαγνήτης έχει τέσσερις πόλους, με το βόρειο και το νότιο πόλο να εναλλάσσονται (Σχήμα 1.89).



Σχήμα 1.89 Μανιατό περιστρεφόμενου μαγνήτη

Το **μανιατό επαγωγικού στροφέα (Inductor rotor magneto)** έχει και αυτό ένα πηνίο αλλά η διαφορά έγκειται στον τρόπο που δημιουργείται η **μαγνητική ροή (magnetic flux)** στον πυρήνα του πηνίου. Το μανιατό αυτό έχει σταθερό ή σταθερούς μαγνήτες. Καθώς ο στροφέας περιστρέφεται, η

μαγνητική ροή μεταφέρεται από τους μαγνήτες στα πέλματα και τους πόλους.

(3) Απλού ή διπλού συστήματος. Το **απλό μανιατό (Single type magneto)** είναι ουσιαστικά ένα και μοναδικό μανιατό που παρέχει την ανάφλεξη του κινητήρα. Το **διπλό μανιατό (Double type magneto)** αποτελείται από δύο μανιατό που μοιράζονται έναν κοινό περιστρεφόμενο μαγνήτη. Περιλαμβάνει δύο ζεύγη από πλατίνες και η υψηλή τάση διοχετεύεται μέσω είτε του διανομέα του μανιατό είτε διανομέων που βρίσκονται σε άλλο σημείο του κινητήρα. Τα ζεύγη των πλατινών παράγουν αντίστοιχο αριθμό σπινθήρων σε κάθε περιστροφή του μαγνήτη.

(4) Φλαντζωτά ή εδραζόμενα. Το **φλαντζωτό μανιατό (Flange - type magneto)** χρησιμοποιείται σε πολιτικά αεροσκάφη και συνδέεται με τον κινητήρα μέσω μίας φλάντζας που βρίσκεται στο άκρο του μανιατό. Το **εδραζόμενο μανιατό (Base - mounted magneto)** στηρίζεται μέσω βάσης στον κινητήρα.

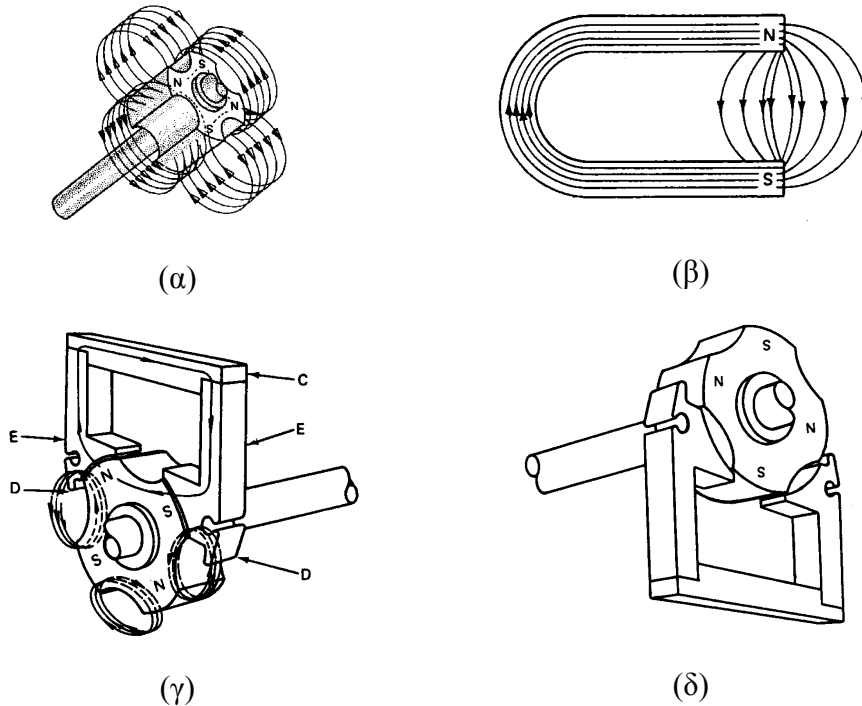
1.8.4 Ανάλυση κυκλώματος και λειτουργίας μανιατό

Τρία κυκλώματα αποτελούν το μανιατό: το **μαγνητικό**, το **πρωτεύον** και το **δευτερεύον**. Το μαγνητικό κύκλωμα περιλαμβάνει, γενικά, το **μόνιμο μαγνήτη**, τον **πυρήνα του πηνίου**, τα **πέταλα των πόλων** και τις **επεκτάσεις** τους. Το πρωτεύον κύκλωμα αποτελείται από τον **πρωτεύοντα οπλισμό του πηνίου**, τις **επαφές ή πλατίνες** και τον **πυκνωτή**. Τέλος, το δευτερεύον κύκλωμα αποτελείται από το **δευτερεύοντα οπλισμό του πηνίου**, το **διανομέα**, το **ρότορα του μαγνήτη**, τις **καλωδιώσεις** και τους **σπινθηριστές**. Η λειτουργία αυτών των κυκλωμάτων θα αναλυθεί στη συνέχεια.

1.8.4.1 Το μαγνητικό κύκλωμα

Το Σχήμα 1.90(α) δείχνει έναν **τετράπολο περιστρεφόμενο** μαγνήτη ενός μανιατό. Όταν αυτός δεν είναι συνδεδεμένος με το μανιατό, παρουσιάζει μαγνητική ροή, οι γραμμές της οποίας περνούν από το βόρειο μαγνητικό πόλο στο νότιο μέσω του υπάρχοντος διαθέσιμου χώρου, όπως ακριβώς συμβαίνει σε έναν πεταλοειδή μαγνήτη (Σχήμα 1.90(β)). Με την τοποθέτηση του μαγνήτη στο μανιατό δημιουργείται η διάταξη που απεικονίζεται στο Σχήμα 1.90(γ) (για λόγους απλότητας δεν εμφανίζονται οι σπείρες των οπλισμών). Τα πέλματα, D, και οι προεκτάσεις τους, E, κατασκευάζονται από ελάσματα μαλακού σιδήρου και προσαρμόζονται στο **περίβλημα (housing)** του μανιατό. Στην κορυφή αυτών βρίσκεται ο πυρήνας του πηνίου, C, που κατασκευάζεται από το ίδιο υλικό. Σημειώνεται ότι ο μαλακός σίδηρος επιτρέπει τη μαγνητική ροή αλλά δεν μαγνητίζεται. Το περίβλημα

του μανιατό κατασκευάζεται από μη μαγνητικό κράμα, ώστε να μη επηρεάζει τη λειτουργία του μαγνητικού κυκλώματος.

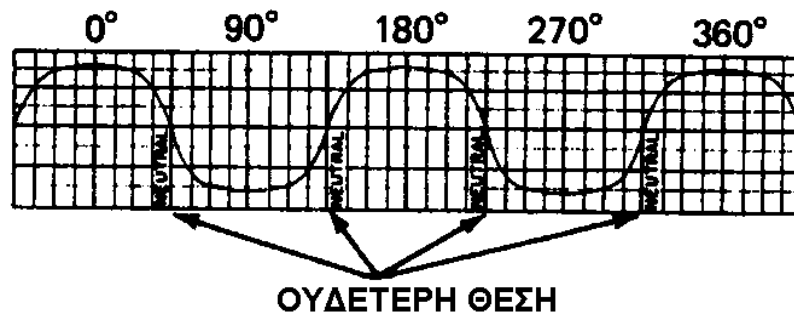


Σχήμα 1.90 (α) Τετράπολος μαγνήτης μανιατό, (β) Μαγνητικές ροές πεταλοειδούς μαγνήτη, (γ) Μαγνήτης τοποθετημένος σε μανιατό, (δ) Μαγνήτης μετά από περιστροφή 90°

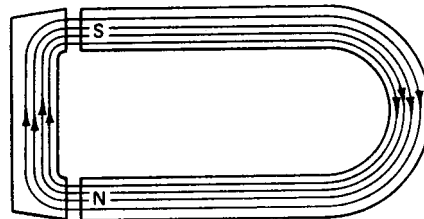
Τα πέλματα και οι προεκτάσεις τους, μαζί με τον πυρήνα του πηνίου, δημιουργούν μία **μαγνητική ροή** παρόμοια με αυτή που δημιουργεί μία σιδερένια ράβδος σε πεταλοειδή μαγνήτη (Σχήμα 1.92). Με το μαγνήτη τοποθετημένο όπως στο Σχήμα 1.90(γ) δημιουργείται μαγνητική ροή στον πυρήνα του πηνίου. Στο Σχήμα 1.90(δ) ο μαγνήτης έχει περιστραφεί κατά 90° και βρίσκεται στην **ουδέτερη θέση (neutral position)**.¹ Στη θέση αυτή δεν παρουσιάζεται μαγνητική ροή στον πυρήνα. Η μεταβολή της πυκνότητας της ροής των μαγνητικών γραμμών στον πυρήνα του πηνίου σε σχέση με την περιστροφή του μαγνήτη παριστάνεται στο Σχήμα 1.91. Η καμπύλη παρουσιάζει τη στάσιμη κατάσταση του μαγνητικού κυκλώματος του μανιατό. Όταν ο μαγνήτης ξεκινά την περιστροφή του (πάντα χωρίς τους σπλισμούς) θα υπάρξει μαγνητική ροή, σύμφωνα με τη μορφή της καμπύλης.

¹ Ο όρος ουδέτερη θέση δηλώνει τη θέση του περιστρεφόμενου μαγνήτη, του οποίου ένας από τους πόλους βρίσκεται στο μέσο της απόστασης των δύο πελμάτων του περιβλήματος του μανιατό.

Όταν αυτή βρίσκεται πάνω από τον οριζόντιο άξονα τότε η μαγνητική ροή περνά από τον πυρήνα του μαγνήτη προς τη μία κατεύθυνση. Η θέση της καμπύλης κάτω από τον οριζόντιο άξονα υποδηλώνει μαγνητική ροή προς την αντίθετη κατεύθυνση. Η πυκνότητα των γραμμών της μαγνητικής ροής – **η ένταση της μαγνητικής ροής** - υποδηλώνεται από τις τιμές που καταλαμβάνει η τελευταία στον κατακόρυφο άξονα. Όταν ο μαγνήτης περάσει από την ουδέτερη θέση τότε η μαγνητική ροή μηδενίζεται. Τα υλικά που χρησιμοποιούνται για την κατασκευή των μαγνητών είναι κράματα όπως το Alnico και το Permalloy, τα οποία έχουν αποδειχτεί πολύ πιο ανθεκτικά από το σίδηρο που έχει υποστεί σκλήρυνση.



Σχήμα 1.91 Μεταβολή του μαγνητικού πεδίου

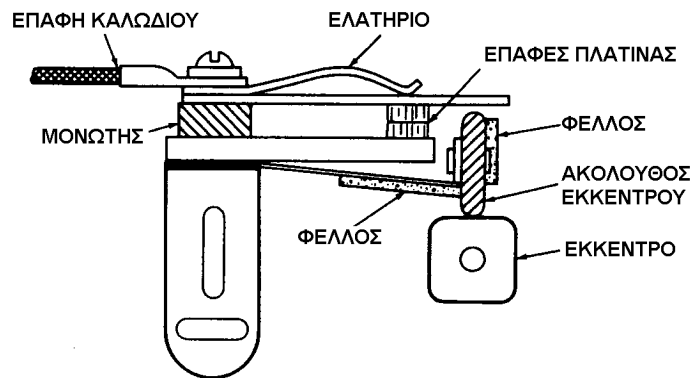


Σχήμα 1.92 Επίδραση σιδερένιας ράβδου σε πεταλοειδή μαγνήτη

1.8.4.2 Πρωτεύον και δευτερεύον ηλεκτρικό κύκλωμα

Το **πρωτεύον** ηλεκτρικό κύκλωμα φαίνεται στο Σχήμα 1.89. Ο πρωτεύων οπλισμός του πυρήνα του πηνίου είναι **λίγες σπείρες μονωμένου χάλκινου καλωδίου** ενώ ο **δευτερεύων** οπλισμός αποτελείται από **μερικές χιλιάδες σπείρες λεπτού καλωδίου**. Το πηνίο καλύπτεται από μία θήκη σκληρού ελαστομερούς, βακελίτη ή πλαστικού – ανάλογα με τις προδιαγραφές του κατασκευαστή. Ο πυκνωτής του πηνίου μπορεί να τοποθετηθεί και στο εξωτερικό κύκλωμα. Τα άκρα του πυρήνα του πηνίου εξέχουν από τις δύο πλευρές και ασφαλίζουν στα πέταλα των πελμάτων. Το ένα άκρο του πρωτεύοντος οπλισμού γειώνεται στον πυρήνα ενώ το άλλο άκρο συνδέεται με το μαγνήτη στις πλατίνες. Στο δευτερεύοντα οπλισμό, το ένα άκρο του

γυιώνεται μέσα στο πηνίο ενώ το άλλο προσφέρει την επαφή με την οποία το ρεύμα υψηλής τάσης, που παράγεται κατά την περιστροφή του μαγνήτη, διατίθεται στο διανομέα. Όταν το πρωτεύον κύκλωμα κλείσει, οι γραμμές του παραγόμενου μαγνητικού πεδίου διαπερνούν τις σπείρες του δευτερεύοντος οπλισμού και δημιουργούν τη λεγόμενη **ηλεκτρεργετική δύναμη**. Όταν ανοίξει το κύκλωμα, διακόπτεται το ρεύμα στον πρωτεύοντα οπλισμό και το μαγνητικό του πεδίο χάνεται, με αποτέλεσμα να παραχθεί ηλεκτρικό ρεύμα υψηλής τάσης (της τάξης των 20.000 Volt) στις σπείρες του δευτερεύοντος οπλισμού. Η τάση αυτή διανέμεται για την παραγωγή του σπινθήρα.

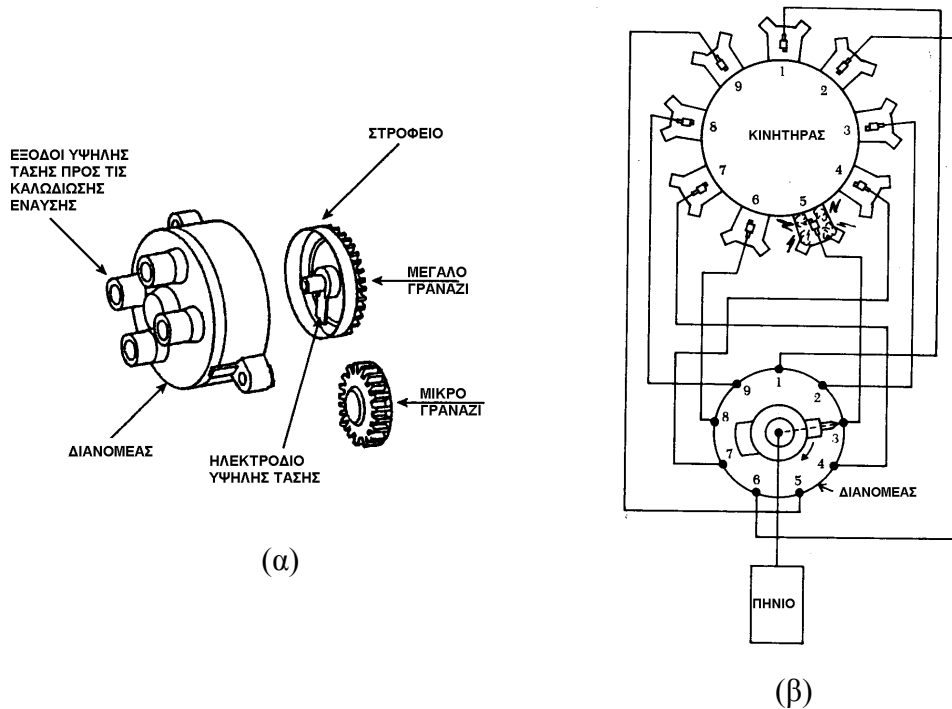


Σχήμα 1.93 Πλατίνες μανιατό

Οι **πλατίνες** του μανιατό αποτελούν σημεία επαφής και συνδέονται με το πρωτεύον πηνίο (Σχήμα 1.93). Ενεργοποιούνται από ένα **περιστρεφόμενο έκκεντρο** που παίρνει κίνηση είτε από τον άξονα του μανιατό είτε από το στροφαλοφόρο άξονα μέσω οδοντωτών τροχών – **στους μεγάλους ακτινικούς κινητήρες το έκκεντρο φέρει τόσους λοβούς όσοι και οι κύλινδροι**. Ρόλος τους είναι να κλείνουν και να ανοίγουν το κύκλωμα του πρωτεύοντος οπλισμού του πηνίου ώστε να επιτυγχάνεται η δημιουργία και η κατάρρευση του μαγνητικού πεδίου, αντίστοιχα. Οι πλατίνες ρυθμίζονται ώστε να κλείνουν στη θέση όπου η μαγνητική ροή στον πυρήνα του πηνίου είναι μέγιστη (όπως φαίνεται στο Σχήμα 1.91). Το υλικό κατασκευής τους είναι συνήθως ένα κράμα πλατίνας και ιριδίου ενώ χρησιμοποιούνται, κατά περίπτωση, και κάποια άλλα υλικά, ανθεκτικά στη θερμότητα και τη διάβρωση.

Τη χρονική στιγμή που ανοίγουν οι επαφές των πλατινών είναι πιθανή η εμφάνιση **ηλεκτρικού τόξου** μεταξύ τους. Το φαινόμενο αυτό επιφέρει μείωση της έντασης του ηλεκτρικού σπινθήρα που παρέχεται από το σπινθηριστή, λόγω καταστροφής των πλατινών και επακόλουθης μείωσης της έντασης του φαινομένου κατάρρευσης του μαγνητικού πεδίου του

πρωτεύοντος πηνίου. Η αποφυγή του φαινομένου επιτυγχάνεται με τη χρήση ενός **πυκνωτή (primary capacitor)** ο οποίος συνδέεται παράλληλα στις επαφές. Ο πυκνωτής χρησιμοποιείται ως αποθήκη της απότομης μεγάλης αύξησης της τάσης στο πρωτεύον πηνίο που εμφανίζεται όταν οι πλατίνες ανοίγουν. Ουσιαστικά, απορροφά το ηλεκτρικό ρεύμα που παράγεται από **αυτεπαγωγή (self-induced current)** στον πρωτεύοντα σπλιισμό του πηνίου. Το σχήμα του πυκνωτή ποικίλει ανάλογα με το είδος του μανιατό. Σημαντική, ωστόσο, είναι η σωστή επιλογή της **χωρητικότητας (capacitance)** του. Αν είναι μικρή δε θα μπορέσει να εμποδίσει το σχηματισμό του ηλεκτρικού τόξου στις πλατίνες, ενώ αν είναι μεγάλη θα μειώσει το μέγεθος της σχηματιζόμενης ηλεκτρικής τάσης και, ως επακόλουθο, την ισχύ του παραγόμενου ηλεκτρικού σπινθήρα.

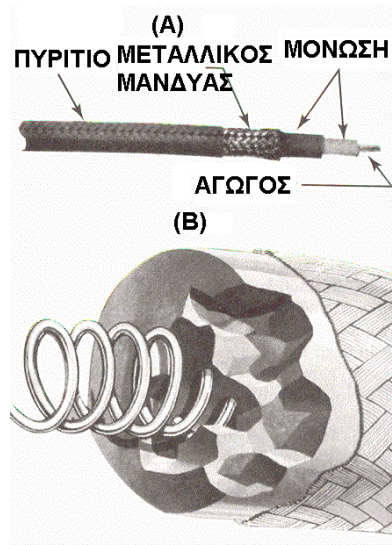


Σχήμα 1.94 (α) Εξαρτήματα διανομέα, (β) Σύνδεση διανομέα-κινητήρα

Η **υψηλή τάση** που παράγεται στο **δευτερεύον πηνίο** κατευθύνεται στο **διανομέα** που τη διανέμει στους κυλίνδρους του κινητήρα μέσω των **σπινθηριστών**. Το τμήμα από το δευτερεύον πηνίο έως τους σπινθηριστές αποτελεί το δευτερεύον ηλεκτρικό κύκλωμα. Ο διανομέας αποτελείται από ένα σταθερό και ένα περιστρεφόμενο τμήμα (Σχήμα 1.94(α)). Το πρώτο κατασκευάζεται από μονωτικό υλικό ενώ φέρει αγωγίμα σημεία για την σύνδεση με τις καλωδιώσεις διανομής ηλεκτρικού ρεύματος στους σπινθηριστές. Το περιστρεφόμενο τμήμα έχει δύο γρανάζια που κινούνται από τον περιστρεφόμενο μαγνήτη του μανιατό (στα περισσότερα είδη

μανιατό) και έχουν λόγο μετάδοσης τέτοιο ώστε να επιτυγχάνεται κίνηση του ηλεκτροδίου του διανομέα κατά το ήμισυ των στροφών του στροφαλοφόρου άξονα του κινητήρα. Με τον τρόπο αυτό, σε δύο πλήρεις στροφές του στροφαλοφόρου άξονα του τετράχρονου βενζινοκινητήρα συμπληρώνεται ένας πλήρης κύκλος λειτουργίας σε κάθε έναν από τους κυλίνδρους (συμπεριλαμβανομένης και της ανάφλεξης). Ο ρότορας κατασκευάζεται από μονωτικό υλικό, Formica ή βακελίτη, και αλείφεται με ειδικό κερί για την αποφυγή απώλειας τάσης και απορρόφησης υγρασίας. Στο δίσκο του διανομέα υπάρχουν τόσα **ηλεκτρόδια** όσα και οι κύλινδροι του κινητήρα, τοποθετημένα ώστε να βρίσκονται ακριβώς πάνω από το ηλεκτρόδιο του κυλίνδρου τη χρονική στιγμή της ανάφλεξης. **Είναι αριθμημένα ανάλογα με τη σειρά της ανάφλεξης των κυλίνδρων** όπως φαίνεται στο Σχήμα 1.94(β). Σε έναν ακτινικό κινητήρα μονής σειράς, το ηλεκτρόδιο Νο 3 δίνει τάση στους σπινθηριστές του κυλίνδρου Νο 5, ο οποίος αναφλέγεται τρίτος κατά σειρά.

Τα **καλώδια (ignition leads)** που μεταφέρουν την τάση στους σπινθηριστές έχουν διάμετρο 5 mm ή 7 mm, με τα δεύτερα να είναι τα περισσότερο διαδεδομένα για την κατασκευή καλωδιώσεων στις μέρες μας. Κατασκευάζονται από πολύκλωνο χάλκινο ή ανοξείδωτο σύρμα με μονωτικό υλικό από ελαστομερές ή σιλικόνη (Σχήμα 1.95).

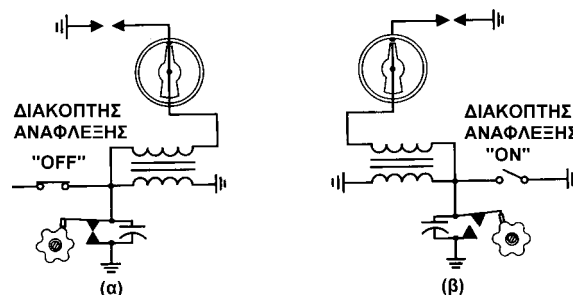


Σχήμα 1.95 Δομή καλωδίων

Επιπρόσθετα, τοποθετείται πλεκτός, μεταλλικός μανδύας περιμετρικά της μόνωσης, που φέρει σκληρή, πλαστική ένδυση για να προστατεύεται από τη διάβρωση. Η χρήση του μεταλλικού μανδύα κρίνεται απαραίτητη διότι παραλαμβάνει και γειώνει την ενέργεια που εκπέμπεται μέσω ακτινοβολίας (radiated energy) από τους σπινθηριστές. Η ενέργεια αυτή ενεργεί ως μη

ελεγχόμενο ράδιο-κύμα που επιφέρει **θόρυβο (noise)** και είναι σε θέση να επηρεάσει τη λήψη των ραδιοφωνικών κυμάτων στον ασύρματο του αεροσκάφους καθώς και τη λειτουργία άλλων ηλεκτρονικών ραδιοβοηθημάτων.

Όλα τα τμήματα του συστήματος ανάφλεξης που περιγράψαμε παραπάνω ελέγχονται από το **διακόπτη ανάφλεξης (ignition switch)** που ελέγχεται από το χειριστή του αεροσκάφους. Ο τύπος του διακόπτη αυτού διαφοροποιείται ανάλογα με τον αριθμό των κινητήρων του αεροσκάφους και το είδος του μανιατό που χρησιμοποιείται για την ανάφλεξη. Όλοι οι τύποι, ωστόσο, ελέγχουν την κατάσταση του συστήματος με τον ίδιο τρόπο. Ο διακόπτης είναι κλειστός όταν βρίσκεται στη θέση **OFF** – σε αντίθεση με τους κοινούς διακόπτες ηλεκτρικών κυκλωμάτων που κλείνουν όταν βρίσκονται στη θέση **ON**. Ο λόγος για αυτήν τη διαφοροποίηση είναι ότι ο σκοπός του διακόπτη είναι να βραχυκυκλώσει τις πλατίνες του μανιατό και να μην επιτρέψει την κατάρρευση του πρωτεύοντος κυκλώματος που απαιτείται για την παραγωγή σπινθήρα. Το ένα άκρο του διακόπτη ανάφλεξης συνδέεται στο πρωτεύον ηλεκτρικό κύκλωμα, μεταξύ του πηνίου και των πλατινών. Το άλλο άκρο γειώνεται (στο σκελετό του αεροσκάφους). Όπως φαίνεται στο Σχήμα 1.96 υπάρχουν δύο τρόποι για να κλείσει το πρωτεύον κύκλωμα: μέσω των κλειστών επαφών των πλατινών ή μέσω του κλειστού διακόπτη με τη γείωση. Το Σχήμα 1.96(α) δείχνει ότι, το πρωτεύον κύκλωμα δε θα διακοπεί όταν ανοίξουν οι επαφές των πλατινών, με την προϋπόθεση ότι ο διακόπτης ανάφλεξης είναι κλειστός και προσφέρει γείωση. Έτσι, δε θα υπάρξει απότομη κατάρρευση της μαγνητικής ροής του πεδίου στο πρωτεύον πηνίο και δε παραχθεί η υψηλή τάση, που είναι απαραίτητη για τη δημιουργία σπινθήρα, στο δευτερεύον πηνίο. Όταν ο διακόπτης ανάφλεξης είναι ανοικτός (Σχήμα 1.96(β)), το πρωτεύον και το δευτερεύον ηλεκτρικό κύκλωμα λειτουργούν κανονικά για την παραγωγή ηλεκτρικού σπινθήρα.



Σχήμα 1.96 Θέση κλειστού (α) και ανοικτού (β) διακόπτη ανάφλεξης

Σε αεροσκάφη με περισσότερους από δύο κινητήρες υπάρχει και ο αντίστοιχος αριθμός διακοπών. Βέβαια, δεν παραλείπεται και η ύπαρξη ενός

κεντρικού διακόπτη που, σε περίπτωση ανάγκης, γειώνει όλα τα μανιατό ταυτόχρονα.

1.8.5 Βοηθητικά συστήματα ανάφλεξης

Κατά την εκκίνηση του κινητήρα, το μανιατό δε λαμβάνει από το στροφαλοφόρο άξονα την απαραίτητη ταχύτητα περιστροφής που χρειάζεται για την περιστροφή του μαγνήτη και την παροχή σπινθήρα υψηλής τάσης. Σε αυτήν την περίπτωση χρησιμοποιούνται διάφορες άλλες εξωτερικές πηγές παροχής υψηλής τάσης που ενεργοποιούνται από μπαταρία και συνδέονται είτε στο μανιατό είτε στο διανομέα, όπως οι παρακάτω:

Ωστικός εμπλοκέας (impulse coupling). Χρησιμοποιείται σε κινητήρες με μικρό αριθμό κυλίνδρων. Συνδέεται στον άξονα περιστροφής του μανιατό και του παρέχει μία στιγμιαία, υψηλή ταχύτητα περιστροφής, ικανή να παράγει την απαιτούμενη υψηλή τάση για την παραγωγή σπινθήρα εκκίνησης του κινητήρα. Αποτελείται από ένα **περίβλημα (body)**, ένα **ελατήριο (spring)** και μία **πλήμνη ή έκκεντρο που φέρει κατάλληλα αντίβαρα (hub)**, Σχήμα 1.97.

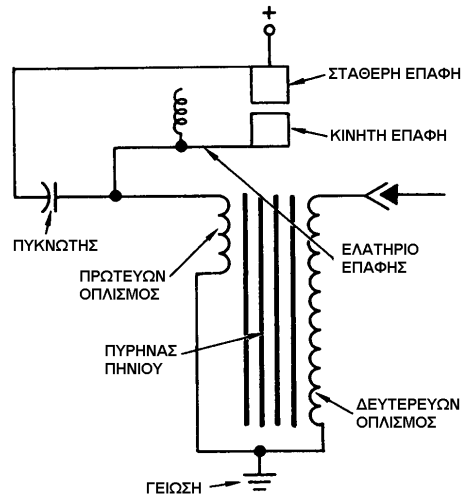


Σχήμα 1.97 Ωστικός εμπλοκέας

Κατά την εκκίνηση, το ελατήριο είναι συμπιεσμένο και συγκρατεί το μανιατό ενώ ο άξονας περιστρέφεται μέχρι το έμβολο να φτάσει στο ΑΝΣ. Τότε, το ελατήριο επιστρέφει στην θέση ισορροπίας, το μανιατό απελευθερώνεται και ο μαγνήτης πραγματοποιεί περιστροφή με υψηλή ταχύτητα. Παράγεται, έτσι, η απαιτούμενη για το σπινθηρισμό υψηλή τάση. Όταν ο κινητήρας εκκινήσει και η παραγόμενη από το μανιατό υψηλή τάση επαρκεί για τη δημιουργία σπινθήρα, τα περιστρεφόμενα αντίβαρα της πλήμνης κινούνται προς την περιφέρειά της, λόγω φυγόκεντρης δύναμης, και επιτυγχάνουν την εμπλοκή του μανιατό με τον άξονα. Από το σημείο αυτό, το μανιατό επιστρέφει στην κανονική του λειτουργία.

Η χρήση του ωστικού εμπλοκέα επιβαρύνει το μανιατό με κρουστικές δυνάμεις ενώ έχουν παρατηρηθεί περιπτώσεις μαγνητισμού των αντίβαρων με αποτέλεσμα την μη κανονική λειτουργία τους.

Ενισχυτικό πηνίο (booster coil). Χρησιμοποιείται σε παλαιότερου τύπου κινητήρες. Αποτελείται από ένα πηνίο, έναν πυκνωτή για την αποθήκευση υψηλής τάσης και τις επαφές λειτουργίας – σταθερή και κινητή (Σχήμα 1.98).

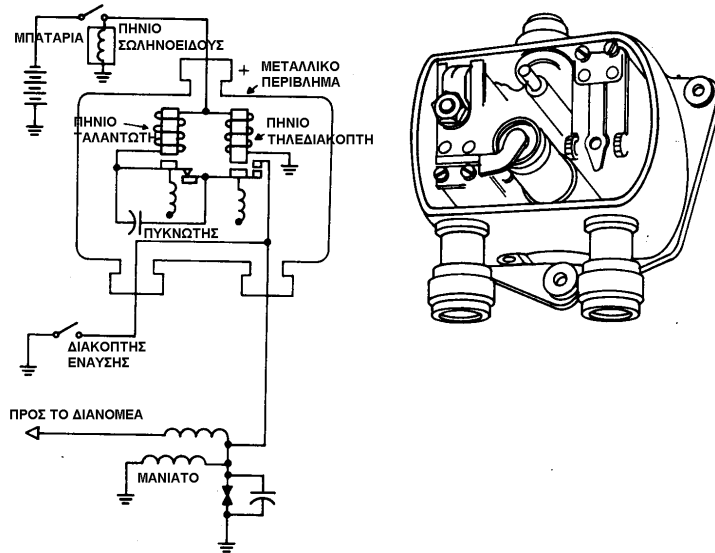


Σχήμα 1.98 Ενισχυτικό πηνίο

Παρέχει αλληπάλληλους σπινθηρισμούς μέχρι το μανιατό να λειτουργήσει κανονικά. Συνδέεται συνήθως στο **διακόπτη εκκίνησης (starter switch)**. Οι επαφές κρατούνται κλειστές από το ελατήριο. Όταν διοχετεύεται τάση από μία μπαταρία, δημιουργείται μαγνητικό πεδίο στο πρωτεύον πηνίο, μαγνητίζεται ο πυρήνας και ανοίγουν οι επαφές. Τότε, καταρρέει το μαγνητικό πεδίο του πηνίου, το ελατήριο κλείνει τις επαφές. Η διαδικασία ξεκινά από την αρχή με αποτέλεσμα οι επαφές να ανοιγοκλείνουν ταχύτατα, να δημιουργείται και να καταρρέει συνεχώς το μαγνητικό πεδίο και να διοχετεύεται υψηλή τάση στο δευτερεύον σπείρωμα του πηνίου. Έτσι, επιτυγχάνεται σπινθηρισμός.

Επαγωγικός ταλαντωτής (induction vibrator). Παρέχει διακοπτόμενη χαμηλή τάση στον πρωτεύοντα οπλισμό του μανιατό με αποτέλεσμα την δημιουργία υψηλής τάσης από αυτεπαγωγή στο δευτερεύοντα οπλισμό και την παραγωγή σπινθήρα. Το διάγραμμα λειτουργίας του φαίνεται στο Σχήμα 1.99. Όταν ο διακόπτης εκκίνησης είναι κλειστός διαβιβάζεται τάση από μία μπαταρία στο πηνίο του ταλαντωτή, μέσω των επαφών του, και στο μανιατό μέσω των πλατινών. Με την ενεργοποίηση του πηνίου, οι επαφές ανοίγουν και η ροή ηλεκτρικού ρεύματος διακόπτεται, απενεργοποιώντας το πηνίο. Οι

επαφές κλείνουν με την ενεργοποίηση ενός ελατηρίου, ενεργοποιώντας το πηνίο. Στη συνέχεια, οι επαφές ανοίγουν και το φαινόμενο επαναλαμβάνεται. Οι επαφές ανοιγοκλείνουν πολλές φορές και στέλνουν μία διακοπτόμενη τάση στο μανιατό. Αν οι πλατίνες του μανιατού είναι κλειστές, η τάση αυτή οδηγείται στη γείωση.



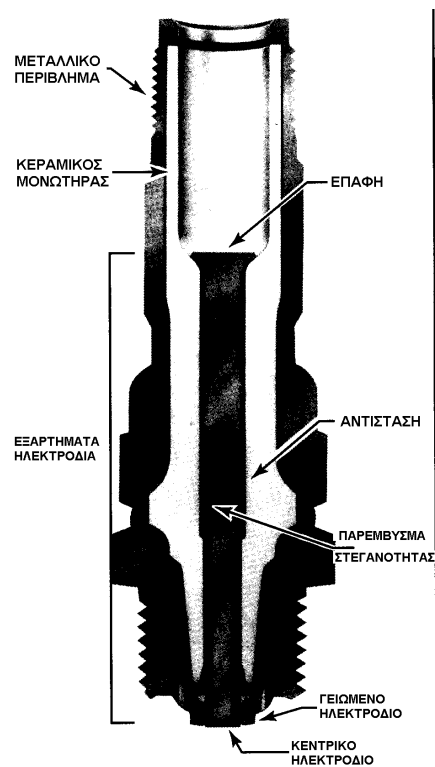
Σχήμα 1.99 Επαγωγικός ταλαντωτής

Κατά την εκκίνηση, ο διακόπτης ανάφλεξης πρέπει να παραμείνει κλειστός (OFF) μέχρι ο έλικας εκτελέσει μία περιστροφή από τον κινητήρα. Στην αντίθετη περίπτωση, υπάρχει κίνδυνος δημιουργίας τάσης αντίστροφης περιστροφής του κινητήρα που προκαλείται από ανάφλεξη πριν το ΑΝΣ και χαμηλή ταχύτητα περιστροφής.

1.8.6 Σπινθηριστές (μπουζί)

Γενικά, οι σπινθηριστές (**spark plugs**) αποτελούν ένα από τα πιο σημαντικά μέρη ενός αεροπορικού κινητήρα. Αποτελούν το τμήμα του συστήματος ανάφλεξης όπου η ηλεκτρική ενέργεια του ρεύματος υψηλής τάσης, που παράγεται στο μανιατό, μετατρέπεται στη θερμική ενέργεια που είναι απαραίτητη για την ανάφλεξη του μείγματος αέρα – καυσίμου, μέσα στους κυλίνδρους. Οι σπινθηριστές παρέχουν το διάκενο αέρα κατά μήκος του οποίου η υψηλή τάση παράγει σπινθήρα για την ανάφλεξη του καύσιμου μείγματος.

Οι σπινθηριστές των αεροπορικών κινητήρων αποτελούνται, βασικά, από τρία κύρια τμήματα (Σχήμα 1.100): τα **ηλεκτρόδια**, το **μονωτήρα** και το **κέλυφος** (ή **σώμα**).



Σχήμα 1.100 Τα μέρη του σπινθηριστή

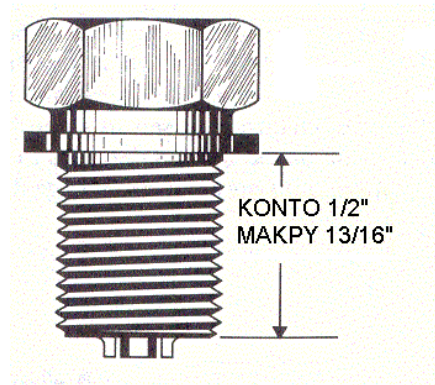
Τα ηλεκτρόδια κατασκευάζονται, συνήθως, από ειδικό κράμα νικελίου – χαλκού και ο μονωτήρας από κεραμικό υλικό.

Το κέλυφος φέρει κατάλληλο σπείρωμα και βιδώνεται στον κύλινδρο. Κατασκευάζεται από επιμεταλλωμένο χάλυβα ώστε να παρουσιάζει αντοχή στα διαβρωτικά καυσαέρια. Τα σπειρώματά του εξασφαλίζουν με τις πολύ μικρές κατασκευαστικές ανοχές τους την αποφυγή διαρροής καυσαερίων από τον κύλινδρο μέσω του σπινθηριστή. Σε αυτό συνεισφέρει και η τοποθέτηση παρεμβυσμάτων μεταξύ κελύφους - μονωτήρα και μονωτήρα – κεντρικού ηλεκτροδίου. Το κέλυφος περιέχει κάλυμμα προστασίας από τα ραδιοκύματα. Φέρει σπείρες και στα δύο του άκρα. Στο ένα συνδέεται με το μεταλλικό μανδύα της καλωδίωσης και στο άλλο βιδώνεται στην κεφαλή του κυλίνδρου.

Οι σπινθηριστές διακρίνονται σε διάφορους τύπους, ανάλογα με τις απαιτήσεις που πρέπει να καλύψουν σε αεροσκάφη διαφορετικών χρήσεων. Ενδεικτικά αναφέρονται: α) οι **σπινθηριστές αντίστασης (resistor-type spark plugs)** που μειώνουν τα επίπεδα διάβρωσης και υπερθέρμανσης των ηλεκτροδίων, β) οι σπινθηριστές **με άκρα από κράμα ιριδίου** που εξασφαλίζουν μεγαλύτερη διάρκεια ζωής, γ) οι σπινθηριστές **λεπού σύρματος (fine-wire)** με κεντρικό ηλεκτρόδιο από πλατίνα και περιφερειακά

ηλεκτρόδια από πλατίνα ή ιρίδιο, που εξασφαλίζουν μέγιστη αγωγιμότητα και μεγάλη αντοχή στη διάβρωση, και δ) οι σπινθηριστές με προεκτεταμένο πυρήνα ηλεκτροδίου. Χρησιμοποιούνται σε κινητήρες όπου παρουσιάζονται συχνά κατακαθίσεις μολύβδου στα μπουζί και έχουν την ικανότητα να παρέχουν ισχυρό σπινθήρα στις συνθήκες αυτές.

Ένα ιδιαίτερο χαρακτηριστικό των σπινθηριστών αποτελεί το **μήκος (reach)** που εκτείνεται από τη βάση του παρεμβύσματος του κελύφους έως και την τελευταία σπείρα του άκρου που προσαρμόζεται στον κύλινδρο (Σχήμα 1.101). Η σωστή εκλογή του εξασφαλίζει ότι η θέση των ηλεκτροδίων θα έχει το κατάλληλο βάθος μέσα στο θάλαμο καύσης για την επίτευξη επιτυχούς ανάφλεξης.



Σχήμα 1.101 Μήκος σπινθηριστή

Η **ικανότητα μεταφοράς θερμότητας (heat range)** των σπινθηριστών προς τους κύλινδρους αποτελεί βασικό παράγοντα της απόδοσης του κινητήρα κάτω από διαφορετικές συνθήκες λειτουργίας. Ένας σπινθηριστής πρέπει να είναι τόσο θερμός ώστε να λειτουργεί κανονικά ακόμα και όταν στον κύλινδρο υπάρχουν κατακαθίσεις, ενώ πρέπει να είναι τόσο ψυχρός ώστε να μη δημιουργεί συνθήκες αυτανάφλεξης. Η ικανότητα μεταφοράς θερμότητας ενός σπινθηριστή εξαρτάται, μεταξύ άλλων, από το είδος του μονωτικού υλικού του μονωτή και του ηλεκτροδίου και, από την απόσταση μεταξύ του χάλκινου μανδύα του μονωτή και του άκρου του. Από πλευράς λειτουργίας, ένας συγκεκριμένος τύπος σπινθηριστή πρέπει είναι σχεδιασμένος ώστε να λειτουργεί όσο γίνεται θερμός σε χαμηλές ταχύτητες και με μικρά φορτία του κινητήρα και όσο γίνεται ψυχρός κατά την πτήση (cruising) και την απογείωση. Πρέπει να δοθεί ιδιαίτερη προσοχή ώστε κατά την αντικατάσταση σπινθηριστών να τοποθετούνται καινούριοι με την ίδια ικανότητα μεταφοράς θερμότητας.

1.9 Συστήματα εκκίνησης

Σκοπός του συστήματος εκκίνησης είναι ακριβώς αυτό που δηλώνει το όνομά του, να εκκινήσει τον κινητήρα. Για την επίτευξη του σκοπού αυτού, πρέπει σε έναν ή και περισσότερους κυλίνδρους του κινητήρα να πραγματοποιηθεί ένας πλήρης κύκλος λειτουργίας. Τότε, η παραγόμενη ενέργεια είναι αρκετή ώστε να υποστηρίξει τη έναρξη της λειτουργίας των υπόλοιπων κυλίνδρων με αποτέλεσμα ο κινητήρας να λάβει τις στροφές της βραδείας λειτουργίας (idle). Όσο βρίσκεται σε λειτουργία το σύστημα εκκίνησης, λειτουργεί παράλληλα και το σύστημα ανάφλεξης.

Για την εκκίνηση των εμβολοφόρων κινητήρων μπορούν να χρησιμοποιηθούν αρκετά είδη συστημάτων εκκίνησης, όμως κάποια από αυτά πλέον έχουν εγκαταλειφθεί. Δύο είναι οι κυριότεροι παράγοντες που καθορίζουν τον τύπο του συστήματος εκκίνησης σε έναν κινητήρα: το μέγεθος και το είδος χρήσης του κινητήρα. Ας δούμε πιο αναλυτικά τα είδη των συστημάτων εκκίνησης.

Χειροκίνητο σύστημα εκκίνησης. Στις μέρες μας τείνει, πλέον, να εγκαταλειφθεί. Είναι το πιο απλό αλλά και το παλαιότερο σύστημα εκκίνησης και στους αεροπορικούς κινητήρες στηρίζεται στην περιστροφή του έλικα μέχρι κάποιος από τους κυλίνδρους να ξεκινήσει τη λειτουργία του. Χρησιμοποιείται μόνο σε μικρού μεγέθους κινητήρες.

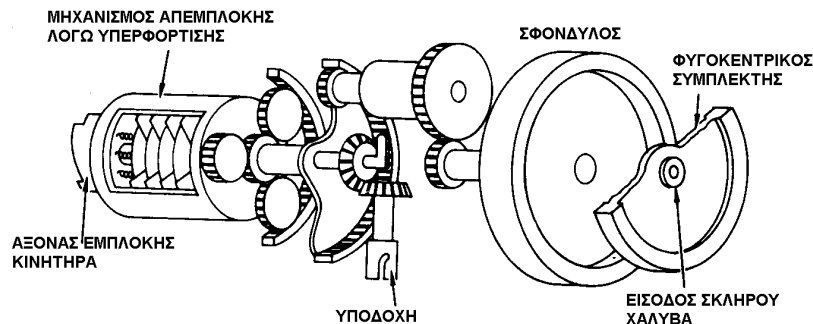
Σύστημα εκκίνησης με φυσίγγιο. Εξασφαλίζει σίγουρη εκκίνηση. Χρησιμοποιήθηκε ευρέως σε παλαιότερα πολεμικά αεροσκάφη. Η λειτουργία του στηρίζεται σε ένα φυσίγγιο που περιέχει αέρα με καύσιμη ύλη, το οποίο τοποθετείται σε κατάλληλη θήκη στον κινητήρα και αναφλέγεται ηλεκτρικά. Το σύστημα περιλαμβάνει, επίσης, σωληνώσεις εισαγωγής – εξαγωγής και έναν κύλινδρο με έμβολο το οποίο συνδέεται με τον στροφαλοφόρο άξονα του κινητήρα με ένα σύστημα εμπλοκής – απεμπλοκής. Όταν το περιεχόμενο του φυσιγγίου αναφλέγεται, τα καυσαέρια κινούν το παραπάνω έμβολο, εμπλέκεται, περιστρέφεται και εκκινεί ο κινητήρας και τα καυσαέρια εξέρχονται στην ατμόσφαιρα. Στη συνέχεια, η τάση ενός συμπιεσμένου ελατηρίου επαναφέρει το έμβολο στην αρχική του θέση και ελευθερώνει το σύστημα εκκίνησης από τον κινητήρα.

Αδρανειακά συστήματα εκκίνησης. Το κύριο στοιχείο των συστημάτων αυτών είναι ο σφόνδυλος, ο οποίος έχει μεγάλη ροπή αδράνειας, συνδέεται με τον κινητήρα με σύστημα εμπλοκής – απεμπλοκής ενώ παρεμβάλλεται και σύστημα μειωτήρα στροφών. Περιστρέφεται είτε χειροκίνητα είτε ηλεκτρικά. Αρχικά, δεν εμπλέκεται με τον κινητήρα, παρά μόνον όταν αποκτήσει μία μεγάλη τιμή γωνιακής ταχύτητας. Η εμπλοκή πραγματοποιείται χειροκίνητα

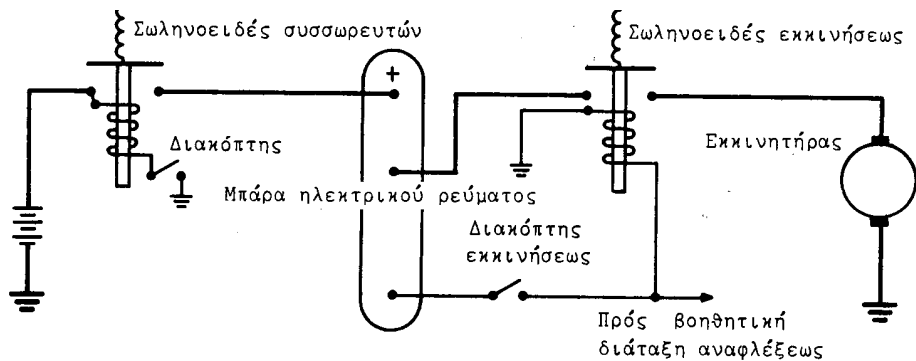
– μέσω συρματόσχοινου και συμπλέκτη – είτε ηλεκτρικά με τη βοήθεια σωληνοειδούς βαλβίδας και τότε, η ορμή που έχει αποκτήσει ο σφόνδυλος καταναλώνεται ώστε ένας, ή περισσότεροι, κύλινδροι να πραγματοποιήσουν έναν πλήρη κύκλο λειτουργίας. Η ταχύτητα περιστροφής του σφονδύλου κυμαίνεται από 8.000 rpm έως 20.000 rpm ενώ η σχέση μετάδοσης της κίνησης προς το στροφαλοφόρο άξονα του κινητήρα είναι της τάξης του 100 :1.

Τα χειροκίνητα αδρανειακά συστήματα δε χρησιμοποιούνται πλέον. Στα ηλεκτρικά αδρανειακά συστήματα η περιστροφή πραγματοποιείται με ηλεκτροκινητήρα και η λειτουργία του συστήματος ελέγχεται ηλεκτρικά από το πιλοτήριο, με διακόπτες. Με την έναρξη της λειτουργίας του συστήματος, ο ηλεκτροκινητήρας θέτει σε περιστροφή το σφόνδυλο, ώστε αυτός να αποκτήσει μία προκαθορισμένη ταχύτητα. Τότε, ο κατάλληλος διακόπτης, σταματά τη λειτουργία του ηλεκτροκινητήρα και επέρχεται η εμπλοκή του σφονδύλου με τον κινητήρα. Στην περίπτωση υπερφόρτισης του συστήματος εκκίνησης ενεργεί ο μηχανισμός απεμπλοκής του σφονδύλου από τον κινητήρα.

Πολλά ηλεκτρικά αδρανειακά συστήματα εκκίνησης διαθέτουν υποδοχή για χειροκίνητη εκκίνηση, ώστε να αντιμετωπιστεί η περίπτωση βλάβης του ηλεκτρικού κυκλώματος. Ένα τέτοιο σύστημα ονομάζεται μεικτό και φαίνεται στο Σχήμα 1.102.



Σχήμα 1.102 Μεικτό σύστημα εκκίνησης



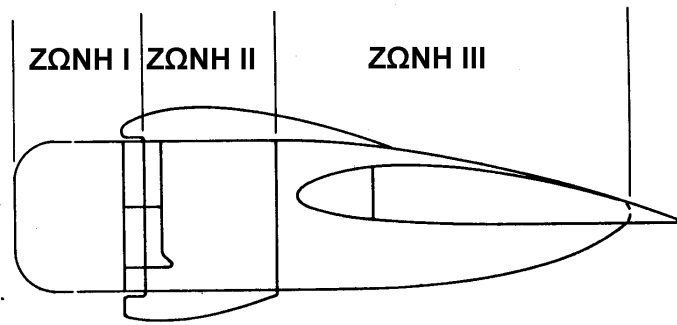
Σχήμα 1.103 Διάγραμμα λειτουργίας ηλεκτρικού συστήματος άμεσης περιστροφής

Τέλος, ας δούμε τον τύπο του συστήματος εκκίνησης που επικρατεί στις μέρες μας τόσο για τους επίγειους όσο και για τους αεροπορικούς κινητήρες. Ονομάζεται **ηλεκτρικό σύστημα άμεσης περιστροφής** και στο Σχήμα 1.103 φαίνεται το ηλεκτρικό διάγραμμα της λειτουργίας του. Ο ηλεκτροκινητήρας του λαμβάνει ισχύ από το συσσωρευτή (ή από κάποια εξωτερική πηγή ενέργειας) μέσω διακόπτη εκκίνησης, εκκινεί και εμπλέκεται με τον κινητήρα. Όταν ο κινητήρας εκκινήσει, ο διακόπτης κλείνει, ο ηλεκτροκινητήρας σταματά να λειτουργεί και ελευθερώνεται από τον κινητήρα. Χρησιμοποιείται **σύστημα υποπολλαπλασιασμού των στροφών** του ηλεκτροκινητήρα.

1.10 Συστήματα πυρόσβεσης

Σε ένα αεροσκάφος υπάρχουν δύο ξεχωριστά μεταξύ τους συστήματα καταπολέμησης μίας πυρκαγιάς, ανάλογα με το σημείο που αυτή θα εκδηλωθεί. Ένα σύστημα είναι αφιερωμένο αποκλειστικά στην πυροπροστασία του ή των κινητήρων - εμβολοφόρων στην προκειμένη περίπτωση - ενώ ένα άλλο προδιαγράφεται για την πυροπροστασία του υπόλοιπου αεροσκάφους. Στο κεφάλαιο αυτό θα εξετάσουμε τα συστήματα πυρόσβεσης των κινητήρων.

Ζώνες πυρκαγιάς. Ο κινητήρας του αεροσκάφους - ή κάθε ένας από τους κινητήρες - διαιρούνται σε **τρεις ζώνες πυρκαγιάς (fire zones)**, όπως φαίνεται στο Σχήμα 1.104. Η ζώνη I αντιστοιχεί στο **τμήμα του κινητήρα μέχρι τις κινητές θυρίδες ψύξης και τους εσωτερικούς δακτυλιοειδείς εκτροπείς αέρα**. Η ζώνη II περιλαμβάνει **το συγκρότημα παρελκομένων μέχρι το λεγόμενο αντιπυρικό διάφραγμα** και, τέλος, η ζώνη III στο υπόλοιπο τμήμα του κινητήρα.



Σχήμα 1.104 Ζώνες πυρκαγιάς

Ένα σύστημα πυρόσβεσης συνεργάζεται με το σύστημα **πυρανίχνευσης**, το οποίο έχει τον κατάλληλο σχεδιασμό και τα κατάλληλα συστήματα ώστε με την έναρξη μίας πυρκαγιάς προειδοποιεί για αυτήν και εκκινεί το σύστημα πυρόσβεσης. Παρακάτω θα εξετάσουμε πιο αναλυτικά τα συστήματα πυρανίχνευσης και πυρόσβεσης.

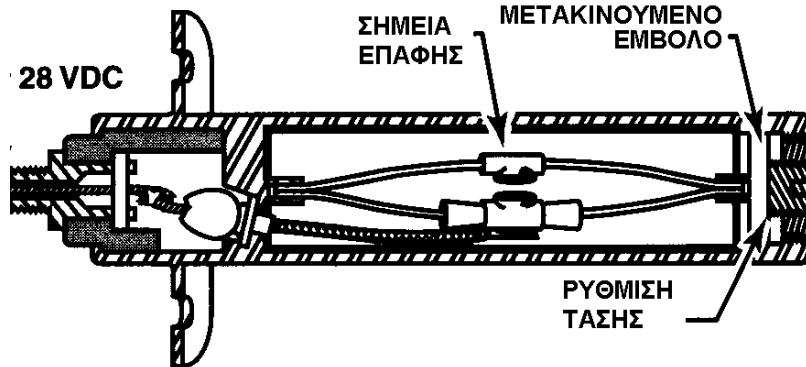
1.10.1 Το σύστημα πυρανίχνευσης του κινητήρα

Για κάθε κινητήρα προβλέπεται ένα ξεχωριστό σύστημα πυρανίχνευσης το οποίο, σε περίπτωση ανίχνευσης πυρκαγιάς δίνει οπτικό σήμα στο πιλοτήριο καθώς και ηχητικό συναγερμό. Κάθε σύστημα πυρανίχνευσης είναι σχεδιασμένο με τέτοιο τρόπο ώστε να παρέχει έγκαιρη προειδοποίηση για την πυρκαγιά με σαφή προσδιορισμό της εστίας της, ενώ δεν πρέπει να επηρεάζεται από **λανθασμένη ένδειξη πυρκαγιάς (false alarm)**. Ακόμη, θα πρέπει να παρέχει ένδειξη καθόλη τη διάρκεια της πυρκαγιάς ενώ απαραίτητη είναι τόσο η ένδειξη κατάσβεσης όσο και η ένδειξη αναζωπύρωσης της πυρκαγιάς. Ένα σύστημα πυρανίχνευσης είναι ιδιαίτερα **ανθεκτικό σε κραδασμούς, υψηλές θερμοκρασίες, επαφή με νερό, καύσιμο ή λιπαντικό**. Λειτουργεί με ηλεκτρικό ρεύμα. Η απαίτησή του σε ηλεκτρική ισχύ είναι πολύ μικρή και στο ηλεκτρικό του κύκλωμα δεν πρέπει να παρεμβάλλονται ανορθωτές.

Στη συνέχεια, θα δούμε μία συνοπτική παρουσίαση των συστημάτων πυρανίχνευσης που χρησιμοποιούνται σε αεροπορικούς εμβολοφόρους κινητήρες.

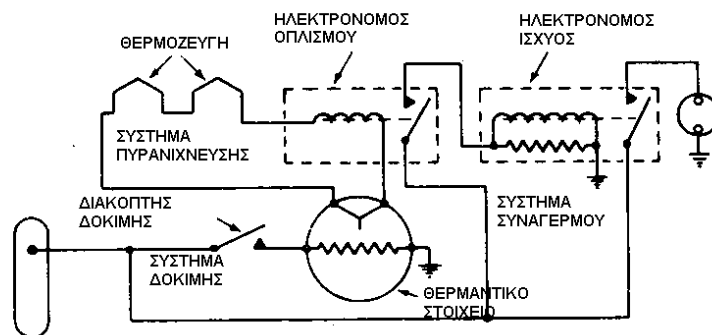
Σύστημα θερμικών διακοπών (thermal switch system). Αποτελείται από θερμικούς διακόπτες (παράλληλα συνδεδεμένους μεταξύ τους) οι οποίοι συνδέονται, μέσω ηλεκτρικού κυκλώματος, με λαμπτήρες ένδειξης (εν σειρά συνδεδεμένους μεταξύ τους) που βρίσκονται στο πιλοτήριο του αεροσκάφους. Οι διακόπτες είναι τοποθετημένοι σε χώρους που πρέπει να ελέγχονται για την πιθανή έναυση πυρκαγιάς. Όταν η θερμοκρασία σε έναν τέτοιο χώρο υπερβεί μία προκαθορισμένη τιμή, ο διακόπτης του χώρου

κλείνει και ο αντίστοιχος λαμπτήρας ανάβει. Έλεγχος καλής λειτουργίας του συστήματος αποτελεί η χρήση λαμπτήρων τύπου "push to test". Όταν πιεστεί ο λαμπτήρας, το κύκλωμα κλείνει και ο λαμπτήρας ανάβει (Σχήμα 1.105).



Σχήμα 1.105 Θερμικός διακόπτης

Σύστημα θερμοζευγών (Thermocouple system). Μετρά το ρυθμό ανόδου της θερμοκρασίας της περιοχής που ελέγχει και όχι την τιμή της θερμοκρασίας της. Αποτελείται από τηλεδιακόπτες, λαμπτήρες ένδειξης και τα θερμοζεύγη και διαιρείται στα κυκλώματα πυρανίχνευσης, συναγερμού και δοκιμής, όπως φαίνεται στο Σχήμα 1.106. Οι τηλεδιακόπτες λειτουργούν ανά ζεύγος, ένας ευαισθησίας και ένας αντίληψης, ελέγχονται από τα θερμοζεύγη και ελέγχουν τους λαμπτήρες ένδειξης. Το πλήθος τους είναι ανάλογο του αριθμού των ζωνών πυρανίχνευσης - ή πυρκαγιάς.



Σχήμα 1.106 Σύστημα πυρανίχνευσης με θερμοζεύγη

Τα θερμοζεύγη συνδέονται εν σειρά μεταξύ τους και με το διακόπτη αντίληψης. Βρίσκονται σε μεταλλικό προστατευτικό περίβλημα, αποτελούνται από δύο μεταλλικούς αγωγούς από διαφορετικούς μεταλλικούς αγωγούς με συγκολλημένα άκρα. Το ένα άκρο εκτίθεται στην ελεγχόμενη

περιοχή ενώ το άλλο αποτελεί άκρο αναφοράς και τοποθετείται σε κλειστό, προστατευόμενο χώρο.

Στην περίπτωση που η θερμοκρασία σε μία ζώνη πυρανίχνευσης παρουσιάσει απότομη αύξηση, το θερμοζεύγος αναπτύσσει διαφορά τάσης στα άκρα του. Όταν η ένταση του ρεύματος γίνει μεγαλύτερη των 0.004 A, ο τηλεδιακόπτης αντίληψης κλείνει, το ρεύμα φτάνει στον εξαρτημένο τηλεδιακόπτη ο οποίος κλείνει επίσης και με τον τρόπο αυτόν ενεργοποιείται ο ενδεικτικός λαμπτήρας για την αντίστοιχη ζώνη.

Ο αριθμός των θερμοζευγών που χρησιμοποιούνται σε κάθε ζώνη πυρανίχνευσης εξαρτάται από το μέγεθός της.

Σύστημα συνεχούς βρόγχου (continuous-loop detection system). Ενεργοποιείται στην περίπτωση που η θερμοκρασία στο χώρο που ελέγχει, υπερβεί κάποια προκαθορισμένη τιμή. Τοποθετούνται δύο τύποι τέτοιων συστημάτων, τα οποία παρουσιάζουν πολλές ομοιότητες, **ο τύπος Κιντλ** και **ο τύπος Φένγουολ**. Στον πρώτο τύπο, το σύστημα αποτελείται από έναν αγωγό από κράμα Ίνκουελ με ειδικό κεραμικό πυρήνα μέσα από τον οποίο διέρχονται δύο μεταλλικοί αγωγοί. Ο ένας από αυτούς συγκολλείται στα άκρα του με τον εξωτερικό σωλήνα που περιβάλλει τον αγωγό και γειώνεται. Ο άλλος λαμβάνει ρεύμα από το αεροσκάφος. Όταν η θερμοκρασία του χώρου ανέβει, η αντίσταση του πυρήνα μεταξύ των καλωδίων μειώνεται και μετά από κάποιο προκαθορισμένο σημείο παρατηρείται ροή ρεύματος η οποία ενεργοποιεί τον αντίστοιχο διακόπτη ένδειξης.

Στο σύστημα Φένγουολ διέρχεται ένας μόνο συρμάτινος αγωγός από τον ειδικό κεραμικό πυρήνα. Κατά τα υπόλοιπα, η αρχή λειτουργίας είναι η ίδια με αυτή του τύπου Κιντλ.

Σύστημα σημειακής πυρανίχνευσης. Διαθέτει **διμεταλλικούς θερμοκούς διακόπτες** (όπως αυτός που φαίνεται στο Σχήμα 1.105) οι οποίοι όταν το ύψος της θερμοκρασίας σε κάποιο επικίνδυνα σημεία του κινητήρα υπερβεί μία προκαθορισμένη, ενεργοποιούν φωτεινό και ηχητικό σήμα προειδοποίησης. Η ενεργοποίηση πραγματοποιείται όταν κλείνει κατάλληλο ηλεκτρικό κύκλωμα μέσω διακόπτη.

1.10.2 Το σύστημα πυρόσβεσης του κινητήρα

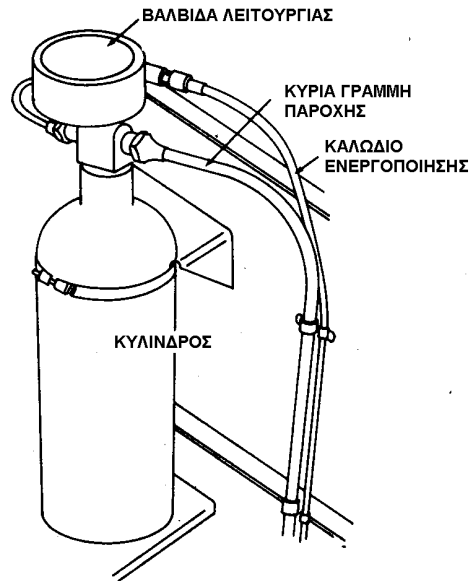
Τα συστήματα αυτά χρησιμοποιούν αδρανή υλικά τα οποία κατακλύουν τον προστατευόμενο χώρο σε περίπτωση πυρκαγιάς, απομονώνουν τα εύφλεκτα υλικά από το οξυγόνο του αέρα και σταματούν την καύση. Η κατάκλυση του χώρου πραγματοποιείται από ειδικά ακροφύσια ή σωληνώσεις με κατάλληλης διατομής οπές. Τα **υλικά πυρόσβεσης** πρέπει να έχουν

διεισδυτικότητα, να μην είναι **ηλεκτρικά αγώγιμα** και να έχουν την ικανότητα να **δεσμεύουν το οξυγόνο του αέρα** στο χώρο πυρόσβεσης ώστε να σταματούν την καύση. Τα κυριότερα **υλικά πυρόσβεσης** τα οποία χρησιμοποιούνται σε αεροσκάφη είναι:

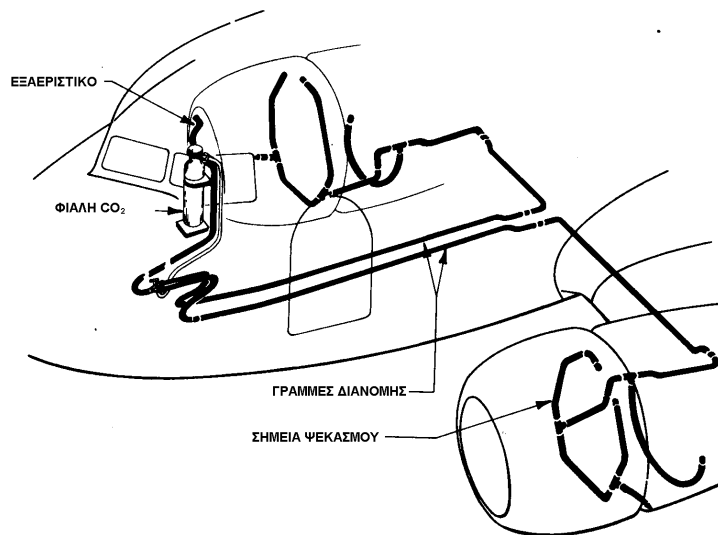
- **Διοξείδιο του άνθρακα** (CO_2). Στη συγκέντρωση που χρησιμοποιείται για την κατάσβεση πυρκαγιών σε κινητήρες, δεν προκαλεί τα προβλήματα για τις ανθρώπινες ζώες που είναι σε θέση να δημιουργήσει γενικά. Εξαιτίας της μεταβολής της πίεσης των ατμών του με την αύξηση της θερμοκρασίας πρέπει να αποθηκεύεται σε ειδικά δοχεία.
- **Μεθυλό-Βρωμίδιο** (CH_3Br). Είναι ιδιαίτερα αποτελεσματικό αλλά λόγω της μεγάλης του τοξικότητας δε χρησιμοποιείται όταν υπάρχει περίπτωση να διαφύγει από το χώρο πυρόσβεσης προς χώρους συγκέντρωσης επιβατών και πληρώματος.
- **Χλώριο-Βρώμιο-Μεθάνιο** (CH_2ClBr). Είναι ευρύτερα γνωστό ως CB. Είναι ιδιαίτερα αποτελεσματικό, λιγότερο τοξικό από τα άλλα πυροσβεστικά υλικά, αλλά έχει το μειονέκτημα να διαβρώνει το αλουμίνιο, το μαγνήσιο, το χαλκό και τον ορείχαλκο.
- **Διβρωμιο-διφθοριο-μεθάνιο** (CBr_2F_2). Είναι αρκετά αποτελεσματικό, λιγότερο τοξικό από το διοξείδιο του άνθρακα και όχι διαβρωτικό.
- **Τρι-φθοριο-βρωμιο-μεθάνιο** (CF_3Br). Είναι μη τοξικό, πολύ αποτελεσματικό αλλά η τιμή του είναι ιδιαίτερα ακριβή.

Γενικά, ένα σύστημα πυρόσβεσης αποτελείται από μία ή περισσότερες **φιάλες αποθήκευσης** του πυροσβεστικού υλικού (συνήθως αυτό αποθηκεύεται σε αυτές σε υγρή κατάσταση υπό πίεση) και ένα **σύστημα τηλεχειριζόμενης βαλβίδας ελέγχου** στο πιλοτήριο. Οι φιάλες έχουν βαλβίδες ελέγχου. Μέσω σωληνώσεων το υγρό υπό πίεση που περιέχουν καταλήγει σε ακροφύσια για τη διασπορά του στον προστατευόμενο χώρο. Στο πιλοτήριο τοποθετείται μία βαλβίδα επιλογής του κινητήρα στον οποίο θα πραγματοποιηθεί η πυρόσβεση. Μετά την επιλογή, ο χρήστης τραβά μία λαβή η οποία ανοίγει, μέσω σύρματος, τη βαλβίδα της φιάλης. Τότε, το πυροσβεστικό υγρό κατευθύνεται μέσω των σωληνώσεων στα ακροφύσια εκτόξευσης του επιλεγόμενου κινητήρα. Σε μεγάλα αεροσκάφη χρησιμοποιούνται συστοιχίες φιαλών πυροσβεστικού υλικού, οι οποίες αποθηκεύονται με τις βαλβίδες τους ανοιχτές ενώ η κεντρική βαλβίδα του συστήματος παραμένει κλειστή και ελέγχεται είτε μηχανικά, όπως αναφέρθηκε παραπάνω, είτε ηλεκτρικά με την τοποθέτηση ειδικής **σωληνοειδούς βαλβίδας (solenoid valve)**. Στο Σχήμα 1.107 φαίνεται μία

φιάλη αποθήκευσης πυροσβεστικού υγρού και στο Σχήμα 1.108 ένα σύστημα πυρόσβεσης σε δικινητήριο αεροσκάφος.



Σχήμα 1.107 Φιάλη αποθήκευσης πυροσβεστικού υγρού



Σχήμα 1.108 Σύστημα πυρόσβεσης σε αεροσκάφος

ΑΝΑΚΕΦΑΛΑΙΩΣΗ

- Ο πρώτος τετράχρονος κινητήρας κατασκευάστηκε από τους Γερμανούς August Otto και Eugen Langen το 1876.

Ο πρώτος βενζινοκινητήρας που λειτουργούσε σύμφωνα με τον κύκλο των τεσσάρων χρόνων αναπτύχθηκε από τους Γερμανούς Gottlieb Daimler και Karl Benz ξεχωριστά, το 1885.

Το 1892, ο Γερμανός Rudolph Diesel κατασκεύασε έναν κινητήρα στον οποίο πραγματοποιούνταν αυτανάφλεξη του μίγματος αέρα – καυσίμου.

- Οι εμβολοφόροι κινητήρες κατηγοριοποιούνται ανάλογα με τα κατασκευαστικά και λειτουργικά χαρακτηριστικά τους, στους ακόλουθους τύπους:

Κατηγορία κινητήρα	Κατασκευαστικά / λειτουργικά κριτήρια
Κινητήρες Otto και Diesel	Τρόπος έναυσης μείγματος αέρα/καυσίμου
Δίχρονοι/ Τετράχρονοι	Χρόνοι λειτουργίας
Υγρόψυκτοι / Αερόψυκτοι	Τρόπο ψύξης
Μονοκύλινδροι/ Πολυκύλινδροι	Αριθμός κυλίνδρων
Εν σειρά Ακτινικοί Αντιτιθέμενων κυλίνδρων Τύπων H, V, W ή X Αστεροειδείς Πολυγωνικού Διπλών εμβόλων Βάνκελ	Διάταξη των κυλίνδρων
Ολιγόστροφοι Μέσης ταχύτητας Πολύστροφοι	Ταχύτητα περιστροφής
Ατμοσφαιρικοί Υπερπληρούμενοι	Πίεση αέρα εισαγωγής

- Τα βασικά λειτουργικά μέρη ενός εμβολοφόρου κινητήρα είναι τα ακόλουθα:
 - Στροφαλοθάλαμος (Crankcase).
 - Έδρανο ή Τριβέας (Bearing).

- Στροφαλοφόρος άξονας ή στρόφαλος (Crankshaft).
- Διωστήρας (Connecting Rod).
- Έμβολο (Piston).
- Κύλινδρος (Cylinder).
- Βαλβίδες (Valves).
- Οι βασικοί χρόνοι λειτουργίας των εμβολοφόρων κινητήρων είναι οι ακόλουθοι: Εισαγωγή – Συμπίεση – Καύση – Εκτόνωση – Εξαγωγή.
- Τα έδρανα που χρησιμοποιούνται στους κινητήρες εσωτερικής καύσης διακρίνονται στις ακόλουθες κατηγορίες:
 - Στα έδρανα **ολίσθησης** (ή κουζινέτα) τα οποία χωρίζονται στις ακόλουθες κατηγορίες:
 - Ολόσωμα και διαιρούμενα
 - Σταθερά και αυτορρυθμιζόμενα
 - Εγκάρσια (ή ακτινικά) και αξονικά
 - Έδρανα νερού, λαδιού, γράσου, αέρα και αυτολίπαντα έδρανα.
 - Έδρανα **κύλισης** (ή ρουλεμάν) τα οποία χωρίζονται στις ακόλουθες κατηγορίες:
 - Ακτινικά σταθερά τα οποία είναι τα ακόλουθα:
 - Μονόσφαιρα με βαθύ αυλάκι
 - Δίσφαιρα με βαθύ αυλάκι
 - Μονόσφαιρα γωνιακής επαφής
 - Μονοκύλινδρα
 - Κωνικά
 - Βελονοειδή
 - Ακτινικά αυτορρυθμιζόμενα
 - Αξονικά σταθερά
 - Αξονικά αυτορρυθμιζόμενα
- Τα **λιπαντικά** διακρίνονται στα **ορυκτά**, όπου η πρώτη ύλη είναι το αργό πετρέλαιο και στα **συνθετικά** τα οποία παρασκευάζονται χημικά. Το βασικό χαρακτηριστικό τους είναι το ιξώδες το οποίο

αλλάζει με τη θερμοκρασία. Τα **γράσα** είναι στερεά λιπαντικά που χρησιμοποιούνται σε εφαρμογές που δεν μπορούν να χρησιμοποιηθούν τα ρευστά λιπαντικά.

- Τα συστήματα λίπανσης διακρίνονται στα: **Μηχανικά, Εξαναγκασμένης ροής** και τα **Μεικτά**. Οι αεροπορικοί κινητήρες λιπαίνονται με τα δύο τελευταία.
- Τα βασικά τμήματα ενός συστήματος λίπανσης ξηρής κυστίδος είναι η δεξαμενή λαδιού, η αντλία πίεσης, η αντλία επιστροφής, τα φίλτρα, οι διατάξεις ένδειξης πίεσης και θερμοκρασίας λειτουργίας του λαδιού, το ψυγείο λαδιού και ο ρυθμιστής θερμοκρασίας
- Οι εμβολοφόροι **αεροπορικοί κινητήρες** είναι στη συντριπτική τους πλειοψηφία, **αερόψυκτοι**.
- Η ποιότητα του καυσίμου και ειδικότερα ο **αριθμός οκτανίου** παίζει σημαντικό ρόλο σε έναν αεροπορικό κινητήρα. Κακή ποιότητα καύσιμο προκαλεί **κρουστική καύση** η οποία συνεπάγεται υπερθέρμανση του κινητήρα, πτώση της απόδοσής του, καταπόνηση στα περιστρεφόμενα μέρη του και καταστροφή του εμβόλου. Όσο μεγαλύτερος είναι ο αριθμός οκτανίου ενός καυσίμου, τόσο πιο αποδοτική και ομαλή είναι η λειτουργία του.
- Το σύστημα ανάμειξης καυσίμου προετοιμάζει το μείγμα αέρα καυσίμου που εισάγεται για καύση στον κινητήρα. Τα βασικά τμήματά του είναι τα ακόλουθα : Ο αγωγός εισαγωγής αέρα, το φίλτρο εισαγωγής, η αντλία καυσίμου και οι αγωγοί εισαγωγής του μείγματος αέρα – καυσίμου στους κυλίνδρους. Ένα μείγμα αέρα καυσίμου της τάξης του 8:1 έως 15:1 χαρακτηρίζεται ως **πλούσιο** (rich), ενώ σε αναλογία 15:1 έως 20:1 ονομάζεται **φτωχό** (lean).
- Ειδική κατανάλωση καυσίμου ορίζεται σαν η μάζα του καυσίμου που καταναλώνεται στη μονάδα του χρόνου για την παραγωγή μιας μονάδας ισχύος.
- Τα συστήματα εισαγωγής αέρα - καυσίμου διακρίνονται στα ακόλουθα είδη:
 1. Συστήματα έμμεσης έγχυσης καυσίμου ή αναμεικτήρες(carburetors).
 2. Συστήματα άμεσης έγχυσης καυσίμου (fuel injection systems),

- Τα συστήματα υπερσυμπίεσης χρησιμοποιούνται για την αύξηση της ισχύος του κινητήρα η οποία επιτυγχάνεται με την αύξηση της ποσότητας του μείγματος. Οι υπερσυμπιεστές χωρίζονται στους **μηχανικούς** ή άμεσης μετάδοσης κίνησης και τους **στροβίλους υπερπλήρωσης** ή έμμεσης μετάδοσης κίνησης.
- Το σύστημα ανάφλεξης παρέχει το ηλεκτρικό ρεύμα και ρυθμίζει το χρονισμό στους σπινθηριστές ενός εμβολοφόρου κινητήρα. Τα συστήματα ανάφλεξης διακρίνονται σε αυτά που λειτουργούν με **μπαταρία** και σε αυτά που λειτουργούν με **μανιατό**. Τα συστήματα με μανιατό διακρίνονται στα συστήματα **διανομής υψηλής** και **χαμηλής τάσης** και στα συστήματα **περιστρεφόμενου μαγνήτη**.
- Οι σπινθηριστές είναι τα εξαρτήματα που παράγουν το σπινθήρα για την ανάφλεξη του μείγματος αέρα - καυσίμου στον κύλινδρο. Αποτελούνται από τα **ηλεκτρόδια**, το **μονωτήρα** και το **κέλυφος**.
- Τα συστήματα εκκίνησης κινητήρα διακρίνονται στα ακόλουθα: το **χειροκίνητο σύστημα εκκίνησης**, το **σύστημα εκκίνησης με φυσίγγιο**, τα **αδρανειακά συστήματα εκκίνησης** και το **ηλεκτρικό σύστημα άμεσης περιστροφής**.
- Τα συστήματα πυροπροστασίας κινητήρα διακρίνονται στα συστήματα **πυρανίχνευσης** και στα **συστήματα πυρόσβεσης**. Τα συστήματα πυρανίχνευσης διακρίνονται στα **συστήματα θερμικών διακοπών**, τα **συστήματα θερμοζευγών**, τα **συστήματα συνεχούς βρόγχου** και τα **συστήματα σημειακής πυρανίχνευσης**.
- Τα συστήματα πυρόσβεσης χρησιμοποιούν αδρανή υλικά, τα οποία σε περίπτωση εκδήλωσης πυρκαγιάς απομονώνουν τα εύφλεκτα υλικά από το οξυγόνο του αέρα και σταματούν την καύση καθώς διασκορπίζονται στο χώρο που έχει εκδηλωθεί η πυρκαγιά.

ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ

(1.1 Ιστορική εξέλιξη κινητήρων –είδη κινητήρων)

1. Πώς ορίζεται η Μηχανή Εσωτερικής Καύσης; Δώστε παραδείγματα μηχανών εσωτερικής και εξωτερικής καύσης.
2. Ποιο από τα παρακάτω αποτελεί Μηχανή Εσωτερικής Καύσης;
 - A) πυρηνικός αντιδραστήρας.
 - B) ατμομηχανή τραίνου.
 - Γ) κινητήρας Βάνκελ.
 - Δ) ατμολέβητας.
3. Σε τι διαφέρουν οι εμβολοφόροι κινητήρες από τους περιστροφικούς;
4. Ποια είναι τα κριτήρια ταξινόμησης των εμβολοφόρων κινητήρων;
5. Ένας εμβολοφόρος κινητήρας χαρακτηρίζεται ακτινικός (radial) με βάση:
 - A) τον αριθμό των κυλίνδρων του.
 - B) τη διάταξη των κυλίνδρων του.
 - Γ) τον τρόπο ψύξης του.
 - Δ) τον αριθμό των χρόνων λειτουργίας του.
6. Αναγνωρίστε στο Σχήμα 1.8 τα είδη των κινητήρων (από 1 έως 12) με βάση τη διάταξη των κυλίνδρων τους.
7. Πότε ένα αέριο βρίσκεται σε κατάσταση θερμοδυναμικής ισορροπίας;
8. Ποια είναι η έννοια της θερμότητας;
9. Ισοβαρής ονομάζεται η μεταβολή κατά την οποία:
 - A) παραμένει σταθερή η πίεση.
 - B) παραμένει σταθερός ο όγκος.
 - Γ) δεν πραγματοποιείται ανταλλαγή θερμότητας με το περιβάλλον.
 - Δ) παραμένουν σταθερά τα μεγέθη του όγκου και της θερμοκρασίας.
10. Ισόχωρη ονομάζεται η μεταβολή της κατάστασης μίας ποσότητας ιδανικού αερίου με την πίεσή του να παραμένει σταθερή.

ΣΩΣΤΟ ΛΑΘΟΣ

(1.2 Βενζινοκινητήρες – Πετρελαιοκινητήρες)

1. Καθορίστε την αρχή λειτουργίας των εμβολοφόρων κινητήρων.
2. Πώς ορίζεται ο όγκος εμβολισμού;
3. Τι καλείται χρόνος ενός κινητήρα;
4. Στην αρχή του 3^{ου} χρόνου του θεωρητικού κύκλου λειτουργίας του τετράχρονου βενζινοκινητήρα:
 - A) οι βαλβίδες εισαγωγής είναι κλειστές.
 - B) οι βαλβίδες εξαγωγής είναι ανοιχτές.
 - Γ) οι βαλβίδες εισαγωγής και εξαγωγής είναι κλειστές.
 - Δ) οι βαλβίδες εισαγωγής και εξαγωγής είναι ανοιχτές.
5. Στους τετράχρονους βενζινοκινητήρες παρατηρείται:
 - A) προπορεία στη σπινθηροδότηση.
 - B) αργοπορεία στο άνοιγμα της βαλβίδας εξαγωγής.
 - Γ) προπορεία στο κλείσιμο της βαλβίδας εξαγωγής.
 - Δ) αργοπορεία στο άνοιγμα της βαλβίδας εισαγωγής.
6. Ποιες είναι οι συνέπειες από την απόκλιση που παρουσιάζεται μεταξύ του θεωρητικού και του πραγματικού κύκλου Otto;
7. Να αναφερθούν οι κυριότερες διαφορές μεταξύ των κύκλων Otto και Diesel.
8. Ποια είναι τα στοιχειώδη μέρη των δίχρονων κινητήρων;
9. Για την ολοκλήρωση του θερμοδυναμικού κύκλου ενός δίχρονου κινητήρα ο στροφαλοφόρος άξονας πραγματοποιεί στροφή:
 - A) 180° - B) 360° - Γ) 540° - Δ) 720°.
10. Σε ένα δίχρονο βενζινοκινητήρα μόνο ο χρόνος της εκτόνωσης παράγει μηχανικό έργο.

ΣΩΣΤΟ ΛΑΘΟΣ
11. Ο βαθμός συμπίεσης του τετράχρονου βενζινοκινητήρα είναι μεγαλύτερος από αυτόν ενός δίχρονου.

ΣΩΣΤΟ ΛΑΘΟΣ
12. Ποια είναι η θυρίδα που ανοίγει πρώτη κατά τη διάρκεια της εκτόνωσης στον κύκλο λειτουργίας του δίχρονου πετρελαιοκινητήρα;

13. Χρησιμοποιούνται σπινθηριστές για την ανάφλεξη του καύσιμου μίγματος στους πετρελαιοκινητήρες; Δικαιολογήστε την απάντησή σας.

(1.3 Περιγραφή – λειτουργία τμημάτων – εξαρτημάτων τετράχρονων βενζινοκινητήρων)

1. Ποιες είναι οι κύριες λειτουργίες του στροφαλοθάλαμου;
2. Ποιες είναι οι κατηγορίες των εδράνων και τι φορτία παραλαμβάνουν;
3. Σε ποιες περιπτώσεις χρησιμοποιούνται τα αυτορυθμιζόμενα έδρανα;
4. Τα έδρανα κύλισης δεν παρουσιάζουν απώλειες από τριβές κατά τη λειτουργία τους.

ΣΩΣΤΟ ΛΑΘΟΣ

5. Τα έδρανα ολίσθησης στην κανονική τους λειτουργία καταναλώνουν μεγαλύτερες ποσότητες λιπαντικού σε σχέση με τα έδρανα κύλισης. Αυτό συμβαίνει διότι:
- A) παρουσιάζουν μεγάλη αντίσταση τριβής.
 - B) έχουν μεγάλο όγκο.
 - Γ) απαιτούν ροντάρισμα.
 - Δ) είναι επιρρεπή σε διαρροές.
6. Τι είναι ο στροφαλοφόρος άξονας; Τι υλικά χρησιμοποιούνται για την κατασκευή του;
7. Σε ποιο εξάρτημα του κινητήρα εσωτερικής καύσης αποδίδεται τελικά η ισχύς του;
- A) στο έμβολο.
 - B) στο διωστήρα.
 - Γ) στο στροφαλοφόρο άξονα.
 - Δ) στις βαλβίδες εισαγωγής.
8. Ποιος είναι ο ρόλος των αντίβαρων στον στροφαλοφόρο άξονα των εμβολοφόρων κινητήρων;

(1.4 Λίπανση –Συστήματα Λίπανσης)

1. Αναφέρατε τους λόγους που χρησιμοποιούμε τα λιπαντικά στους εμβολοφόρους κινητήρας και τα βασικά χαρακτηριστικά ενός λιπαντικού.
2. Τι αντιπροσωπεύει ο αριθμός SAE που αναφέρεται στη συσκευασία ενός λιπαντικού; Αναφέρατε ενδεικτικούς αριθμούς SAE των λιπαντικών που χρησιμοποιούνται σε αεροπορικούς κινητήρες.
3. Για ποιους λόγους χρησιμοποιούνται τα πρόσθετα λιπαντικών;
4. Τα λιπαντικά διακρίνονται ως προς τον τρόπο παρασκευής τους σε ορυκτά και συνθετικά.

ΣΩΣΤΟ ΛΑΘΟΣ

5. Αναφέρατε τα είδη των συστημάτων λίπανσης των αεροπορικών κινητήρων.
6. Το μειονέκτημα των κινητήρων που χρησιμοποιούν σύστημα λίπανσης υγρής κυστίδος είναι:
 - A) Έχουν μεγάλη χωρητικότητα λιπαντικού και άρα αυξάνουν το βάρος του αεροσκάφους.
 - B) Δεν μπορούν να εκτελέσουν ανάστροφη πτήση.
 - Γ) Έχουν μεγάλη κατανάλωση λιπαντικού.
7. Αναφέρατε τα βασικά μέρη ενός συστήματος λίπανσης ξηρής κυστίδας.
8. Ποιος είναι ο σκοπός της ύπαρξης του ρυθμιστή θερμοκρασίας σε ένα κύκλωμα λίπανσης κινητήρα;
9. Οι διατάξεις μέτρησης θερμοκρασίας που υπάρχουν σε ένα κύκλωμα λίπανσης έχουν σα σκοπό:
 - A) Να ρυθμίσουν τη ροή του λιπαντικού μέσα στο σύστημα.
 - B) Να δείχνουν το ιξώδες του λιπαντικού σε σχέση με τη θερμοκρασία του κινητήρα.
 - Γ) Να δείχνουν τη θερμοκρασία του λιπαντικού στον κινητήρα.
10. Ποιος είναι ο λόγος που χρησιμοποιούμε αντλία επιστροφής σε ένα σύστημα λίπανσης;

(1.5 Συστήματα ψύξης)

1. Αναφέρατε τους λόγους για τους οποίους χρησιμοποιούνται τα συστήματα ψύξης στους κινητήρες εσωτερικής καύσης. Με ποιόν τρόπο απάγεται η θερμότητα από τον κινητήρα;
2. Οι κινητήρες εσωτερικής καύσης διακρίνονται ανάλογα με τον τρόπο ψύξης τους σε:
 - A) Εσωτερικής και εξωτερικής ψύξης.
 - B) Αερόψυκτους και υγρόψυκτους.
 - Γ) Ψυχρούς και θερμούς.
 - Δ) Περιτροφικούς και παλινδρομικούς.
3. Τα προβλήματα που μπορούν να παρουσιάσουν οι κινητήρες εσωτερικής καύσης όταν δεν ψύχονται επαρκώς είναι τα ακόλουθα:
 - A) Αλλοίωση των χαρακτηριστικών του λιπαντικού που χρησιμοποιούν.
 - B) Προανάφλεξη του μείγματος αέρα καυσίμου.
 - Γ) Αστοχίες των εξαρτημάτων του κινητήρα.
 - Δ) Όλα τα παραπάνω.
4. Με ποιο μηχανισμό απάγεται η θερμοκρασία που αναπτύσσεται σε έναν υδρόψυκτο εμβολοφόρο κινητήρα;. Αναφέρατε με ποιο από τα εξαρτήματά του μεταφέρεται η θερμότητα στο περιβάλλον, κατά το μεγαλύτερο ποσοστό.
5. Αναφέρατε τα πλεονεκτήματα των αερόψυκτων εμβολοφόρων κινητήρων; Ποια είναι η βασική προϋπόθεση για την ικανοποιητική λειτουργία ενός αερόψυκτου κινητήρα.
6. Για ποιο λόγο τοποθετούνται οι κινητές θυρίδες αέρα στα αεροδυναμικά καλύμματα των εμβολοφόρων κινητήρων;
7. Με ποιο μηχανισμό απάγεται η θερμοκρασία που αναπτύσσεται σε έναν υδρόψυκτο εμβολοφόρο κινητήρα. Αναφέρατε με ποιο από τα εξαρτήματά του μεταφέρεται η θερμότητα στο περιβάλλον, κατά το μεγαλύτερο ποσοστό.
8. Ο θερμοστάτης σε ένα σύστημα ψύξης υγρόψυκτου κινητήρα χρησιμοποιείται για τον ακόλουθο λόγο:
 - A) Την επιτάχυνση της ροής του ψυκτικού για την αποτελεσματικότερη ψύξη του.

Β) Τη διακοπή της ροής του ψυκτικού από το χειριστή για τη ρύθμιση της απόδοσης του κινητήρα.

Γ) Τη διακοπή της ροής του ψυκτικού μέχρι να ανέλθει η θερμοκρασία του σε προκαθορισμένη τιμή.

Δ) Κανένα από παραπάνω.

9. Μια από τις πιο συχνές βλάβες που παρατηρούνται σε ένα υγρόψυκτο σύστημα είναι η απόφραξη της αντλίας του ψυκτικού.

ΣΩΣΤΟ ΛΑΘΟΣ

10. Ποιος είναι ο λόγος που προσθέτουμε αιθυλική γλυκόλη στο νερό ψύξης ενός συστήματος ψύξης;

(1.6 Καύσιμα και συστήματα αναμεικτών αέρα - καυσίμου)

1. Τα προϊόντα καύσης των υδρογονανθράκων περιέχουν ενώσεις του άνθρακα όπως μονοξείδιο και διοξείδιο του άνθρακα.

ΣΩΣΤΟ ΛΑΘΟΣ

2. Ποια είναι τα φαινόμενα που παρατηρούνται σε ένα κινητήρα κατά τη διάρκεια κρουστικής καύσης και που οφείλονται;

3. Αναφέρατε τα βασικά τμήματα ενός συστήματος ανάμειξης αέρα καυσίμου.

4. Το μείγμα αέρα-καυσίμου ονομάζεται πλούσιο όταν ισχύει κάποιο από τα παρακάτω:

Α) Η αναλογία του μείγματος αέρα-καυσίμου βρίσκεται μεταξύ 8:1 και 15:1

Β) Η αναλογία του μείγματος αέρα-καυσίμου βρίσκεται μεταξύ 15:1 και 20:1.

Γ) Το καύσιμο στο μείγμα περιέχει περισσότερα από 110 οκτάνια.

Δ) Κανένα από τα παραπάνω.

5. Πώς ορίζεται η ειδική κατανάλωση καυσίμου και ποιες είναι οι μονάδες που χρησιμοποιούμε;

6. Αναφέρατε το σκοπό των συστημάτων εισαγωγής αέρα-καυσίμου και τα είδη τους. Ποιο είναι τα βασικά χαρακτηριστικά σύμφωνα με τα οποία διαφοροποιούμε τα είδη των συστημάτων εισαγωγής;

7. Η υποπίεση που προκαλεί την εισροή του μείγματος αέρα καυσίμου στους κυλίνδρους ενός εμβολοφόρου κινητήρα προκαλείται από:
 - A) Η διαμόρφωση Ventouri του αναμεικτήρα.
 - B) Η πίεση της δεξαμενής του καυσίμου.
 - Γ) Η στένωση Bernoulli του αναμεικτήρα.
 - Δ) Την πτώση της πίεσης που δημιουργούν τα έμβολα του κινητήρα διαδοχικά κατά την φάση της εισαγωγής.
 8. Για ποιον λόγο χρησιμοποιείται το σύστημα βραδείας λειτουργίας ενός αναμεικτήρα με πλωτήρα και σε ποια φάση της λειτουργίας του;
 9. Για ποιους λόγους χρησιμοποιείται έγχυση μείγματος νερού μεθανόλης στο μείγμα αέρα καυσίμου ενός αεροπορικού εμβολοφόρου κινητήρα;
 10. Αναφέρατε τα πλεονεκτήματα των συστημάτων άμεσης έγχυσης καυσίμου.
- (1.7 Σύστημα υπερσυμπίεσης)
1. Για ποιόν λόγο χρησιμοποιούμε σε έναν εμβολοφόρο κινητήρα το σύστημα υπερσυμπίεσης;
 - A) Για να αυξήσουμε την ισχύ του κινητήρα.
 - B) Για να αυξήσουμε το υψόμετρο που μπορεί να επιχειρεί το αεροσκάφος.
 - Γ) Για να αυξήσουμε την χωρητικότητα των κυλίνδρων του.
 - Δ) Για όλους τους παραπάνω λόγους.
 2. Αναφέρατε τα είδη των υπερσυμπιεστών που χρησιμοποιούμε στους εμβολοφόρους κινητήρες και δώστε τον ορισμό της υπερσυμπίεσης.
 3. Ποια είναι τα πλεονεκτήματα των μηχανικών υπερσυμπιεστών σε σχέση με τους υπερσυμπιεστές έμμεσης μετάδοσης κίνησης;
 4. Περιγράψτε τα βασικά μέρη ενός στρόβιλο-υπερπληρωτή.
 5. Αναφέρατε τα μειονεκτήματα των στρόβιλο-υπερπληρωτή.
 6. Το μείγμα αέρα καυσίμου που συμπιέζει ένας υπερσυμπιεστής χρειάζεται ψύξη για τον ακόλουθο λόγο:
 - A) Για την μείωση της πιθανότητας υπερθέρμανσης του κινητήρα.
 - B) Για την ψύξη του λιπαντικού του κινητήρα.
-

Γ) Για τη μείωση του φαινομένου αυταναφλέξεων στον κινητήρα.

Δ) Κανένα από τα παραπάνω.

7. Σε ποια θέση συναντάμε συνήθως τους υπερσυμπιεστές άμεσης μετάδοσης κίνησης σε αστεροειδής εμβολοφόρους κινητήρες και γιατί;
8. Ποιος από τους τύπους υπερσυμπιεστών δημιουργεί την μικρότερη απώλεια ισχύος σε έναν κινητήρα και γιατί;
9. Ο εναλλάκτης του συστήματος εισαγωγής του κινητήρα τοποθετείται στο ρεύμα αέρα του σκάφους για την αποτελεσματικότερη λειτουργία του.

ΣΩΣΤΟ ΛΑΘΟΣ

10. Ποιος είναι ο ρόλος της βαλβίδας ελέγχου πίεσης του υπερσυμπιεστή;

(1.8 Συστήματα ανάφλεξης)

1. Ποιες είναι οι κατηγορίες που διακρίνονται τα συστήματα ανάφλεξης;
2. Ποιο από τα συστήματα ανάφλεξης δεν χρησιμοποιεί πηγή συνεχούς ρεύματος για τη λειτουργία του;
3. Τα συστήματα ανάφλεξης που χρησιμοποιούν γεννήτρια εναλλασσόμενου ρεύματος για τη λειτουργία τους υπερτερούν σε σχέση με αυτά που χρησιμοποιούν μπαταρία για τη λειτουργία τους.

ΣΩΣΤΟ ΛΑΘΟΣ

4. Το πλεονέκτημα ενός μανιατό χαμηλής τάσης έναντι ενός μανιατό υψηλής τάσης είναι:

A) Η χαμηλή κατανάλωση ρεύματος και άρα η οικονομία στο καύσιμο.

B) Η υψηλή κατανάλωση ρεύματος και άρα η καλύτερη απόδοσή του.

Γ) Δεν παρουσιάζει διαρροές ρεύματος στο διανομέα.

Δ) Δεν παρουσιάζει διαρροές ρεύματος στην μπαταρία του συστήματος.

5. Θεωρείτε μειονέκτημα το γεγονός ότι ένα μανιατό χαμηλής τάσης απαιτεί τη χρήση μετασχηματιστή για κάθε κύλινδρο και αν ναι για ποιο λόγο;

6. Ποιος τύπος μανιατό είναι ο πιο διαδεδομένος στους αεροπορικούς κινητήρες;
7. Ποιος είναι ο λόγος ύπαρξης των πλατινών σε ένα σύστημα ανάφλεξης;
8. Αναφέρατε τους τύπους των σπινθηριστών και τα βασικά μέρη, από τα οποία αυτοί αποτελούνται.
9. Η σωστή επιλογή του τύπου ενός σπινθηριστή συμβάλει στη μείωση των αυταναφλέξεων μέσα στον κύλινδρο.

ΣΩΣΤΟ ΛΑΘΟΣ

10. Οι μικρές κατασκευαστικές ανοχές των σπειρωμάτων των σπινθηριστών έχουν σαν σκοπό:
 - A) Την αποφυγή της διαρροής μείγματος αέρα καυσίμου.
 - B) Την αυξημένη απαγωγή θερμότητας από την κεφαλή του κυλίνδρου προς το περιβάλλον.
 - Γ) Την αποφυγή διαρροής καυσαερίων από τον κύλινδρο στο περιβάλλον.
 - Δ) Την αυξημένη αγωγιμότητα του σπινθηριστή με το σύστημα ανάφλεξης.

(1.9 Συστήματα εκκίνησης)

1. Ποιος παράγοντας καθορίζει τον τύπο του συστήματος εκκίνησης για έναν κινητήρα;
2. Αναφέρατε τους τύπους των συστημάτων εκκίνησης εμβολοφόρων κινητήρων και τα χαρακτηριστικά που τους κάνουν να διαφέρουν μεταξύ τους.
3. Ποια είναι η βασική προϋπόθεση για να λειτουργήσει ένα σύστημα εκκίνησης που χρησιμοποιεί σφόνδυλο;
4. Ποια από τις ακόλουθες είναι βασική προϋπόθεση για να εκκινήσει ένας εμβολοφόρος κινητήρας;
 - A) Η πραγματοποίηση ενός πλήρους κύκλου όλων των εμβόλων του.
 - B) Η μία πλήρης περιστροφή του στροφαλοφόρου άξονά του.
 - Γ) Η παροχή μείγματος αέρα καυσίμου σε έναν από τους κυλίνδρους του.
 - Δ) Καμιά από τις παραπάνω.

5. Στο σύστημα εκκίνησης με φυσίγγιο χρησιμοποιούμε την πίεση των καυσαερίων που αποθηκεύεται σε ειδικό δοχείο κατά τη λειτουργία του κινητήρα για την εκκίνησή του.

ΣΩΣΤΟ ΛΑΘΟΣ

6. Ποιο από τα συστήματα εκκίνησης που γνωρίζετε θα χρησιμοποιούσατε για την εκκίνηση ενός τετρακύλινδρου κινητήρα αντιτιθέμενων εμβόλων; Αιτιολογήστε την απάντησή σας.

7. Ποιο είναι το βασικό μειονέκτημα του συστήματος εκκίνησης που χρησιμοποιεί σφόνδυλο για τη λειτουργία του;

A) Είναι πολύπλοκο σαν σύστημα και απαιτεί ιδιαίτερες τεχνικές συντήρησης.

B) Αυξάνει το βάρος του αεροσκάφους λόγω της μεγάλης μάζας του.

Γ) Απαιτεί αυξημένο χρόνο εκκίνησης του κινητήρα σε σχέση με τα άλλα συστήματα.

Δ) Έχει ιδιαίτερα αυξημένη κατανάλωση καυσίμου.

8. Η ταχύτητα περιστροφής του σφονδύλου ενός συστήματος εκκίνησης που χρησιμοποιεί σφόνδυλο κυμαίνεται από 8.000 RPM έως 20.000 RPM ενώ η σχέση μετάδοσης της κίνησης προς το στροφαλοφόρο άξονα του κινητήρα είναι της τάξης του 100 : 1.

ΣΩΣΤΟ ΛΑΘΟΣ

9. Το ηλεκτρικό σύστημα άμεσης περιστροφής λαμβάνει ισχύ από:

A) Το συσσωρευτή του αεροσκάφους.

B) Από κάποια εξωτερική πηγή ρεύματος μόνο όταν το αεροσκάφος βρίσκεται στο έδαφος.

Γ) Όλα τα παραπάνω.

10. Τα αδρανειακά συστήματα εκκίνησης διακρίνονται σε χειροκίνητα, ηλεκτρικά και μεικτά.

ΣΩΣΤΟ ΛΑΘΟΣ

(1.10 Συστήματα πυρόσβεσης)

1. Σε πόσες και ποιες ζώνες πυρκαγιάς χωρίζουμε έναν εμβολοφόρο κινητήρα και για ποιο λόγο ;

2. Ποιος είναι ο σκοπός χρήσης ενός συστήματος πυρανίχνευσης στον κινητήρα;
3. Αναφέρατε τα βασικά τεχνικά χαρακτηριστικά ενός συστήματος πυρανίχνευσης.
4. Ο αριθμός των θερμοζευγών που χρησιμοποιείται σε κάθε ζώνη πυρανίχνευσης εξαρτάται από:
- A) Τη μέγιστη αναμενόμενη θερμοκρασία στην περιοχή κατά τη διάρκεια μιας πυρκαγιάς.
- B) Το μέγιστο επιτρεπόμενο βάρος του συστήματος πυρανίχνευσης.
- Γ) Την μέγιστη ένταση του ρεύματος που διαθέτει η μπαταρία του αεροσκάφους.
- Δ) Την έκταση της περιοχής που θέλουμε να εξασφαλίσουμε πυρανίχνευση.
5. Αναφέρατε τα βασικά χαρακτηριστικά ενός υλικού κατάλληλου για πυρόσβεση.
6. Η εντολή ενεργοποίησης ενός συστήματος πυρόσβεσης δίνεται από το χειριστή του αεροσκάφους
- ΣΩΣΤΟ ΛΑΘΟΣ
7. Ποιο από τα παρακάτω υλικά είναι ακατάλληλο για κατάσβεση;
- A) Διοξείδιο του άνθρακα (CO₂).
- B) Μείγμα νερού και αλκοόλης.
- Γ) Χλώριο-Βρώμιο-Μεθάνιο (CH₂ClBr).
- Δ) HALON
8. Ποιος είναι ο τρόπος που δρα ένα πυροσβεστικό υλικό για να κατασβέσει μια πυρκαγιά;
9. Το υγρό υπό πίεση που περιέχουν οι φιάλες ενός πυροσβεστικού συστήματος καταλήγει σε ακροφύσια για την διασπορά του στον προστατευόμενο χώρο.

ΣΩΣΤΟ ΛΑΘΟΣ

ΕΡΓΑΣΙΕΣ-ΔΡΑΣΤΗΡΙΟΤΗΤΕΣ

1. Επισκεφθείτε συνεργεία αυτοκινήτων. Αναγνωρίστε τα βασικά μέρη των κινητήρων, οι οποίοι χρησιμοποιούνται στα αυτοκίνητα, σε αντιστοιχία με αυτά που αναφέρθηκαν για τους αεροπορικούς εμβολοφόρους κινητήρες
2. Επισκεφθείτε την ΕΑΒ. Ενημερωθείτε για τους εμβολοφόρους κινητήρες, οι οποίοι χρησιμοποιούνται σήμερα σε αεροσκάφη της Πολεμικής Αεροπορίας.
3. Συγκεντρώστε πληροφορίες από βιβλιοθήκες, internet, κ.ά. σχετικά με την εξέλιξη των υλικών, τα οποία χρησιμοποιούνται σε εμβολοφόρους αεροπορικούς κινητήρες.
4. Ετοιμάστε έκθεση αναφορικά με τους τύπους των καυσίμων, τα οποία χρησιμοποιούνται στους αεροπορικούς εμβολοφόρους κινητήρες. Περιλάβετε στοιχεία σχετικά με την εξέλιξη των καυσίμων, τα βασικά χαρακτηριστικά τους και την πιθανή εναλλαξιμότητά τους.

ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΑ

Εργαστηριακή άσκηση 1.1: Αναγνώριση εξαρτημάτων

1. Σκοπός:
 - Η αναγνώριση των επιμέρους μερών και βασικών παρελκομένων ενός αεροπορικού εμβολοφόρου κινητήρα από τους μαθητές με οπτική επιθεώρηση.
 - Επισήμανση των κατασκευαστικών χαρακτηριστικών των επιμέρους μερών και παρελκομένων του κινητήρα που βοηθούν στην αναγνώρισή τους και αιτιολόγηση των απαντήσεων.
 - Τήρηση των απαιτούμενων μέτρων ασφαλείας κατά τη διάρκεια των εργασιών πάνω στον κινητήρα.
2. Μέτρα ασφαλείας κατά τη διάρκεια εργασιών στον κινητήρα:
 - Βεβαιωθείτε ότι δεν έχει παρέλθει η ημερομηνία επιθεώρησης για την ασφαλή κατάσταση της κλίνης στην οποία βρίσκεται τοποθετημένος ο κινητήρας για να πραγματοποιηθούν οι αρχικές εργασίες επιθεώρησης ή / και συντήρησής του. Η ημερομηνία της τελευταίας και επόμενης επιθεώρησης αναγράφεται σε ειδικό ταμπελάκι επικολλημένο πάνω στην κλίνη.
 - Βεβαιωθείτε ότι ο κινητήρας είναι σωστά τοποθετημένος στην κλίνη ελέγχοντας τα σημεία στήριξης και ότι οι ασφάλειες είναι σωστά τοποθετημένες, προτού πραγματοποιήσετε οποιαδήποτε εργασία πάνω στον κινητήρα.
 - Ο χώρος εργασίας γύρω και πάνω στην κλίνη θα πρέπει να είναι καθαρός από λάδια, καύσιμο, εργαλεία και εξαρτήματα του κινητήρα.
3. Απαιτούμενος εξοπλισμός:
 - Ένας αεροπορικός εμβολοφόρος κινητήρας με τα παρελκόμενά του πάνω στον κινητήρα.
 - Ένας αποσυναρμολογημένος κύλινδρος από τον παραπάνω κινητήρα.
 - Ένα πιστόνι με τα ελατήρια του.
4. Διαδικασία
 - 1) Αναγνωρίστε το τύπο του κινητήρα που θα χρησιμοποιήσετε επιθεωρώντας τον οπτικά και αιτιολογήστε τις απαντήσεις σας. Εντοπίστε την πινακίδα του κινητήρα με τα στοιχεία του κατασκευαστή και του κινητήρα.

2) Αναγνωρίστε και περιγράψτε τα κύρια λειτουργικά συγκροτήματα του κινητήρα:

- (i) Συγκρότημα μετάδοσης ισχύος.
- (ii) Συγκρότημα στροφαλοθάλαμου.
- (iii) Συγκρότημα υπερσυμπιεστή ή υπετροφοδότη.
- (iv) Συγκρότημα παρελκομένων.
- (v) Σύστημα ανάφλεξης.
- (vi) Σύστημα καυσίμου.

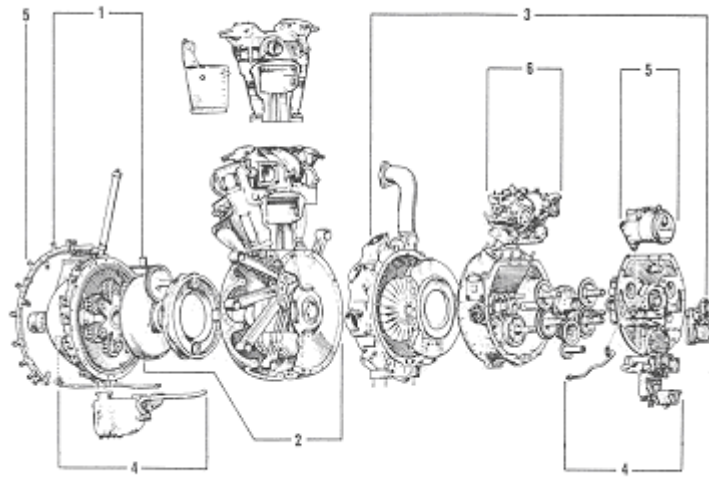
3) Αναγνωρίστε τα παρακάτω παρελκόμενα. Περιγράψτε συνοπτικά τη λειτουργία τους.

- (i) Μανιατό
- (ii) Αναμεικτήρα καυσίμου (καρμπυρατέρ)
- (iii) Υπερσυμπιεστή
- (iv) Εκκινητήρα
- (v) Αντλία ελαίου λίπανσης
- (vi) Ψυγείο ελαίου

4) Αναγνωρίστε σε ένα αποσυναρμολογημένο κύλινδρο και έμβολο τα παρακάτω κατασκευαστικά χαρακτηριστικά αιτιολογώντας τη χρήση τους και περιγράψτε τυχόν ενδείξεις φθοράς που παρατηρείτε.

- (i) Θέση βαλβίδας εισαγωγής πάνω στον κύλινδρο
- (ii) Θέση βαλβίδας εξαγωγής πάνω στον κύλινδρο
- (iii) Χιτώνιο κυλίνδρου
- (iv) Διαδρομή εμβόλου και κατάσταση της εσωτερικής επιφάνειας του κυλίνδρου
- (v) Πτερύγια στο εσωτερικό της κεφαλής του πιστονιού. Τι συμπεραίνετε από την κατανομή του χρώματος στην εσωτερική επιφάνεια της κεφαλής του πιστονιού;
- (vi) Αφαιρέστε τα ελατήρια του εμβόλου και παρατηρείστε τα χαρακτηριστικά των σημείων έδρασής τους.

5) Συμπληρώστε τα κενά στην λίστα με τα βασικά μέρη και συστήματα για τον εμβολοφόρο αστεροειδή κινητήρα του σχήματος.



- 1)
- 2)
- 3)
- 4)
- 5)
- 6)

Εργαστηριακή άσκηση 1.2: Αναγνώριση και χρήση γενικών εργαλείων

Επιδιωκόμενοι στόχοι

Μετά την ολοκλήρωση της άσκησης αυτής, θα είστε ικανοί:

- Να αναγνωρίζετε τα γενικά εργαλεία που χρησιμοποιούνται κατά την αποσυναρμολόγηση και τη συναρμολόγηση ενός εμβολοφόρου κινητήρα αεροπορικού τύπου.
- Να χειρίζεστε τα γενικά εργαλεία και να γνωρίζετε τον τρόπο λειτουργίας των ειδικών εργαλείων.
- Να επιλέγετε το κατάλληλο εργαλείο, για την κάθε περίπτωση.

Εισαγωγικές πληροφορίες

Κατά τη διάρκεια των εργασιών αποσυναρμολόγησης και συναρμολόγησης, καθώς και κατά την επιθεώρηση των εξαρτημάτων, ενός εμβολοφόρου αεροπορικού κινητήρα, ο τεχνίτης, πρέπει να χρησιμοποιήσει διάφορα, εργαλεία ή / και μηχανήματα. Ο χρόνος που θα απαιτηθεί για την ολοκλήρωση μιας συγκεκριμένης εργασίας, αλλά και η ποιότητα του τελικού αποτελέσματος, εξαρτώνται σε μεγάλο βαθμό, από το είδος των εργαλείων που χρησιμοποιήθηκαν και από τη δεξιότητα του τεχνίτη στο χειρισμό τους.

Τα εργαλεία αυτά είναι πολλά και διαφόρων μεγεθών όπως φαίνεται στο ακόλουθο σχήμα:



Σχήμα 1.109 Συλλογή γενικών εργαλείων

Ο τεχνίτης, λοιπόν, πρέπει να επιλέξει το κατάλληλο είδος του εργαλείου που θα χρειασθεί για να εκτελέσει μια εργασία, και στο κατάλληλο μέγεθος. Πρέπει, δηλαδή, να είναι σε θέση να γνωρίζει τη γκάμα των εργαλείων που

απαιτούνται για μία συγκεκριμένη εργασία (στη συγκεκριμένη περίπτωση αυτήν της αποσυναρμολόγησης – συναρμολόγησης) και να επιλέγει το πιο κατάλληλο.

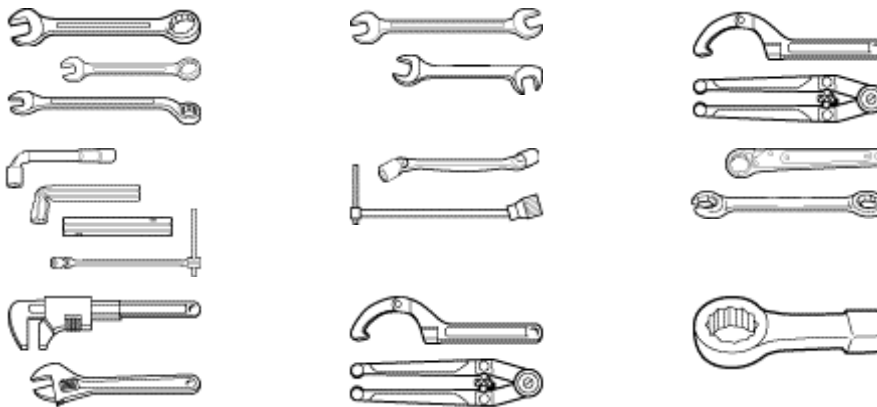
Τα εργαλεία που απαιτούνται για τις προαναφερόμενες εργασίες διακρίνονται σε **γενικά** και **ειδικά**. Τα εργαλεία γενικής χρήσης είναι εργαλεία με τα οποία είναι εξοπλισμένο ένα συνεργείο συντήρησης και επισκευών αεροπορικών κινητήρων. Τα ειδικά εργαλεία σχεδιάζονται, κατασκευάζονται και προμηθεύονται από την κατασκευάστρια εταιρεία του κάθε κινητήρα ώστε να ικανοποιούν τις ιδιαίτερες τεχνικές που χρησιμοποιούνται κατά τις εργασίες συντήρησης / επισκευής του κινητήρα.

Τα γενικά εργαλεία μπορούν να διακριθούν σε **εργαλεία χειρός** και σε **σύνθετα εργαλεία**. Τα τελευταία αποτελούνται από μηχανικά συστήματα (χειροκίνητα, ηλεκτρικά, υδραυλικά, πνευματικά).

Στην εργαστηριακή αυτή άσκηση θα εστιάσουμε στα γενικά εργαλεία. Οι κατηγορίες στις οποίες αυτά διακρίνονται, είναι οι ακόλουθες:

1. Κλειδιά σταθερού και ρυθμιζόμενου ανοίγματος.

Στην κατηγορία αυτή ανήκουν τα γερμανικά κλειδιά, τα γερμανοπολύγωνα κλειδιά, τα πολύγωνα κλειδιά, τα κλειδιά πίπας, τα κλειδιά με καρυδάκια, τα ρακορόκλειδα, τα κλειδιά ρυθμιζόμενου ανοίγματος, γαντζόκλειδα, τα κλειδιά βαριάς.



Σχήμα 1.110 Κλειδιά σταθερού και ρυθμιζόμενου ανοίγματος

2. Καστάνιες, καρυδάκια.

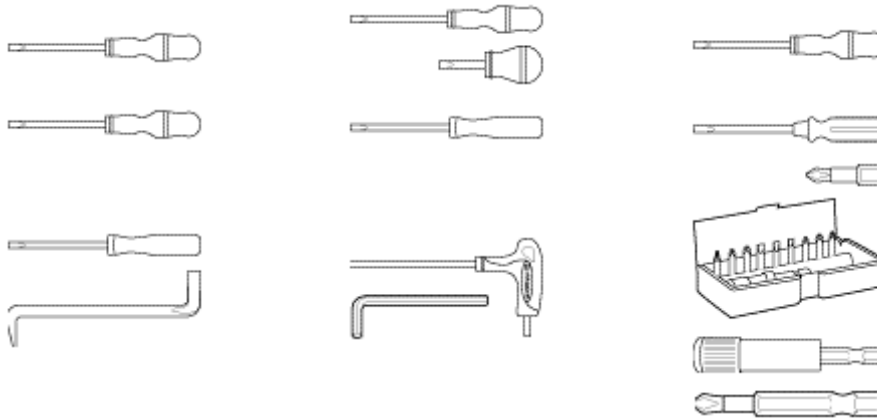
Η κατηγορία αυτή, εκτός από τις καστάνιες και τα καρυδάκια περιλαμβάνει τα χτυπητά κατσαβίδια και κρουστικά κλειδιά χειρός.



Σχήμα 1.111 Καστάνιες, καρυδάκια

3. Κατσαβίδια, κλειδιά άλλεν, μύτες βιδώματος

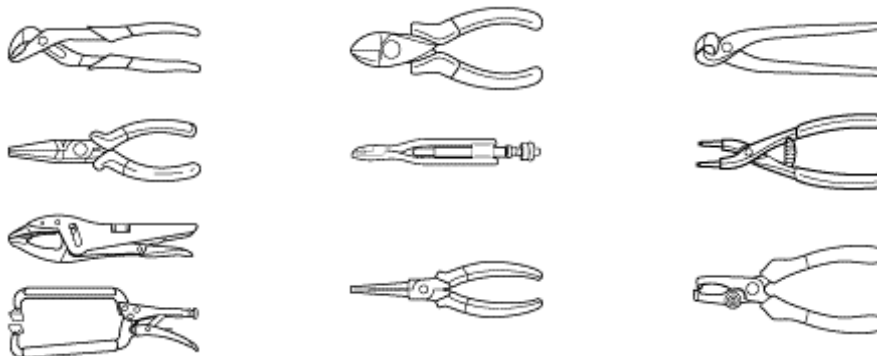
Η κατηγορία αυτή περιλαμβάνει διάφορα είδη από κατσαβίδια και κλειδιά άλλεν καθώς και μύτες διαφόρων διαστάσεων και σχημάτων.



Σχήμα 1.112 Κατσαβίδια

4. Πένσες, τσιμπίδες ασφαλειών, πένσες γκριπ.

Στην κατηγορία αυτή περιλαμβάνονται πένσες, τανάλιες, κόφτες, μυτοτσιμπίδα και ειδικές πένσες τύπου γκριπ, πένσες συρματασφάλισης.



Σχήμα 1.113 Πένσες

5. Εργαλεία μέτρησης και χάραξης (Σχήμα 1.114)

Στην κατηγορία αυτή περιλαμβάνονται μέτρα και ρολά, μετροταινίες, κανόνες, εργαλεία χάραξης, εργαλεία ελέγχου (παχύμετρα, μικρόμετρα, γωνιές, αλφάδια, φίλλερ – καλίμπρες).

6. Σφυριά, εργαλεία χτυπήματος (Σχήμα 1.115)

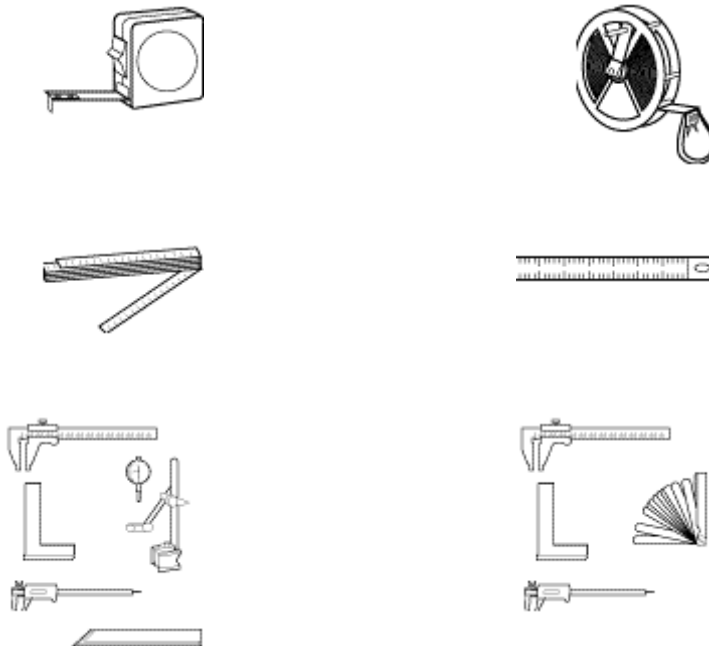
Στην κατηγορία αυτή περιλαμβάνονται εργαλεία όπως σφυριά, βαριοπούλες, ματσόλες, ζουμπάδες, πόντες, καλέμια, κοπίδια.

7. Εργαλεία για πρίονισμα, κοπή, τρύπημα (Σχήμα 1.116)

Στην κατηγορία αυτή περιλαμβάνονται λάμες, διάφορα είδη τρυπανιών, εργαλεία σπειρωμάτων, λίμες, διάφορα είδη ψαλιδιών, διάφορα είδη κοφτών.

8. Διάφορα εργαλεία (Σχήμα 1.117)

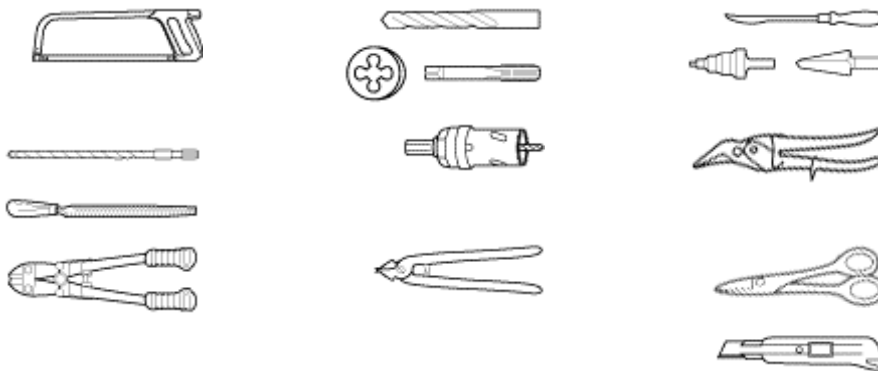
Σε αυτήν την κατηγορία περιλαμβάνουμε τα διάφορα εργαλεία λίπανσης (λαδικά, γρασαδόροι), τις μέγγενες και τους σφιγκτήρες, τους πριτσιναδόρους, τους λεβιέδες, τους κολλιέδες, τις βούρτσες και διάφορα άλλα.



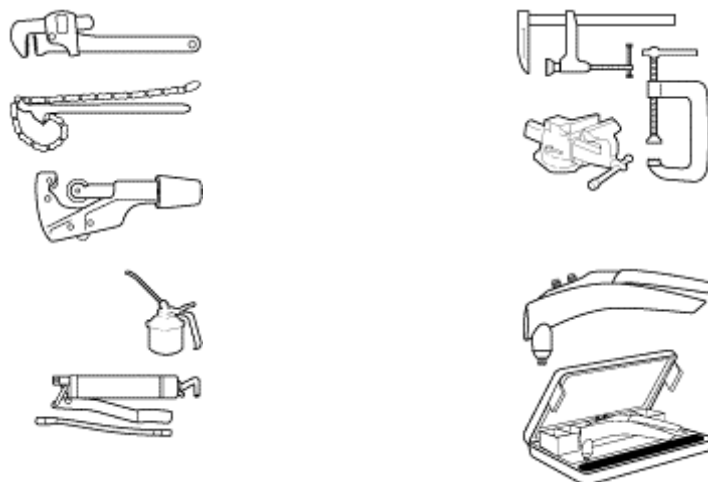
Σχήμα 1.114 Εργαλεία μέτρησης και χάραξης



Σχήμα 1.115 Σφυριά και εργαλεία χτυπήματος



Σχήμα 1.116 Εργαλεία πριονίσματος, κοπής και τρυπήματος

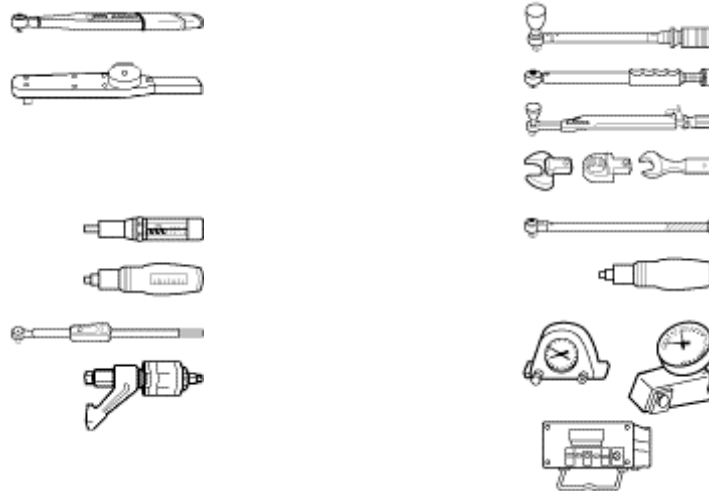


Σχήμα 1.117 Εργαλεία για διάφορες εργασίες

Στη συνέχεια παρουσιάζονται τα εργαλεία που είναι περισσότερο εξειδικευμένα από τα εργαλεία γενικής χρήσης.

1. Εργαλεία ελεγχόμενου σφιζίματος (Σχήμα 1.118)

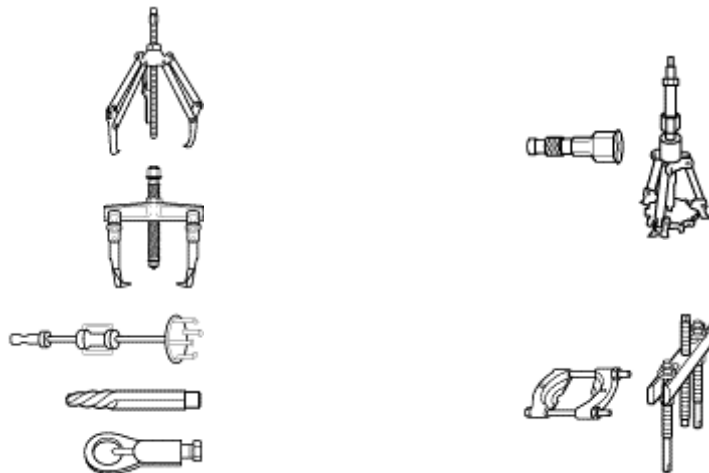
Στην κατηγορία αυτή περιλαμβάνονται τα ηλεκτρονικά και τα μηχανικά κλειδιά, τα κατσαβίδια με βερνιέρο, τα όργανα ελέγχου ροπής, οι πολλαπλασιαστές ροπής.



Σχήμα 1.118 Εργαλεία ελεγχόμενου σφιξίματος

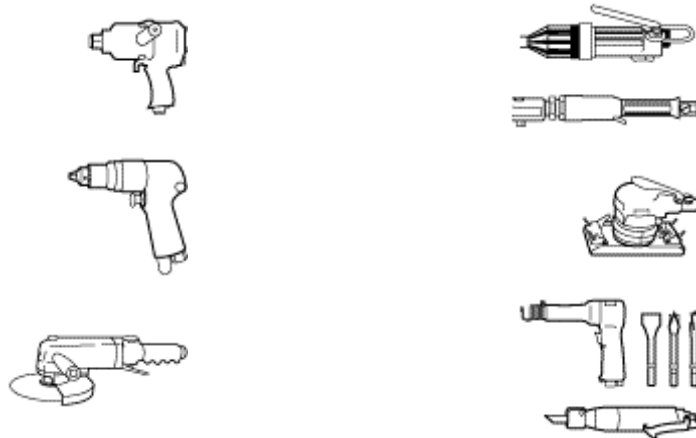
2. Γενικοί εξωλκείς (Σχήμα 1.119)

Στην κατηγορία αυτή ανήκουν διάφοροι τύποι εξωλκέων. Σε επόμενη παράγραφο, θα δούμε αρκετούς εξωλκείς ως ειδικά εργαλεία, που παρέχονται από τον κατασκευαστή του κινητήρα που επισκευάζεται / συντηρείται, που χρησιμοποιούνται για την αποσυναρμολόγηση εξαρτημάτων του κινητήρα.



Σχήμα 1.119 Διάφορα είδη εξωλκέων

Τέλος, στα εργαλεία γενικής χρήσης κατατάσσονται, επίσης, τα **εργαλεία αέρα** και τα **ηλεκτρικά εργαλεία** (Σχήμα 1.120). Τέτοια είναι τα κρουστικά αερόκλειδα, τα κρουστικά κατσαβίδια, τα δρόπανα, τα τριβεία, οι τροχοί και διάφορα άλλα.



Σχήμα 1.120 Εργαλεία που λειτουργούν με αέρα και ηλεκτρικά εργαλεία
Μέτρα ασφάλειας

Κατά τη χρήση των βασικών και ειδικών εργαλείων θα πρέπει να δοθεί ιδιαίτερη προσοχή στη λήψη των απαραίτητων μέτρων ασφάλειας και στη σωστή χρήση των εργαλείων, ώστε να εξαλειφθεί η οποιαδήποτε πιθανότητα τραυματισμού. Επιπρόσθετα, η αποφυγή καταστροφής εξαρτημάτων του κινητήρα θεωρείται αυτονόητη. Βασικά μέτρα ασφαλείας (συνοδευόμενα από κάποιες γενικές οδηγίες σωστής χρήσης) για κάθε κατηγορία εργασίας και βασικών εργαλείων, θεωρούνται τα ακόλουθα:

1. Τακτοποίηση και διαρρύθμιση εργαστηρίου

Εργαλειοφορείς:

- Μην ανοίγετε πολλά συρτάρια κάθε φορά, υπάρχει κίνδυνος να αναποδογυρίσει ο εργαλειοφορέας. Κλείνετε τα συρτάρια κατά τις μετακινήσεις και μην αφήνετε ελεύθερα αντικείμενα στην άνω ελεύθερη επιφάνεια.
- Χρησιμοποιείτε το φρένο κατά τη στάση. Μην αναπτύσσετε μεγάλες ταχύτητες κατά τις μετακινήσεις.
- Μην τοποθετείτε κοφτερά ή μυτερά αντικείμενα στον εργαλειοφορέα χωρίς προστασία.

2. Χρήση γενικών εργαλείων:

Όταν χρησιμοποιείτε τα εργαλεία να φοράτε γάντια και γυαλιά εργασίας. Ελέγξτε την κατάσταση των εργαλείων και των αντικειμένων πριν από τη χρήση τους. Μην χρησιμοποιείτε εργαλεία που παρουσιάζουν ελαττώματα, υπερβολική φθορά, ραγίσματα.

Κλειδιά:

- Εξασφαλίστε την ισορροπία σας. Τραβήξτε το κλειδί προς την πλευρά σας, μην το σπρώχνετε και μην ξεπερνάτε τις δυνατότητές του.
- Μην τροχίζετε, κολλάτε ή θερμαίνετε το κλειδί. Θα γίνει εύθραυστο.
- Για τα σφιξίματα, στα οποία απαιτείται μεγάλη ροπή, χρησιμοποιήστε πολύγωνο κλειδί.

Καρυδάκια:

- Εξασφαλίστε την ισορροπία σας. Τραβήξτε το εργαλείο προς την πλευρά σας, μην το σπρώχνετε και μην ξεπερνάτε τις δυνατότητές του.
- Κλειδώνετε πάντοτε το καρυδάκι στο εργαλείο με τον πείρο και το δακτύλιο. Μην κρατάτε ποτέ το καρυδάκι όταν γυρίζει ο άξονας.
- Μην υπερφορτώνετε τα εργαλεία. Χρησιμοποιείτε μόνο τις προβλεπόμενες προεκτάσεις.
- Για τις φθαρμένες ή στρογγυλεμένες βίδες χρησιμοποιείτε εξάγωνα καρυδάκια. Για τις κολλημένες βίδες, προτιμήστε μία ολισθαίνουσα μανέλα. Επιβεβαιώστε ότι η κασάνια «πιάνει» καλά.

Κατσαβίδια:

- Οι πλαστικές λαβές των κατσαβιδιών δεν είναι μονωτικές.
- Μη χρησιμοποιείτε το κατσαβίδι σαν καλέμι, λοστό ή κοπίδι.
- Μην αφήνετε το χέρι στο πλαϊνό μέρος του κατσαβιδιού κατά τη διάρκεια του βιδώματος: η λάμα ίσως γλιστρήσει.
- Μην τροποποιείτε ή θερμαίνετε τις λάμες. Οι επιδόσεις τους θα αλλοιωθούν. Χρησιμοποιείτε τη σωστή εγκοπή και τη σωστή διάσταση για να μην καταστρέψετε ούτε τη λάμα ούτε τη βίδα.
- Για ισχυρά βιδώματα και ξεβιδώματα επιλέξτε κατσαβίδια με εξαγωνικό παξιμάδι που επιτρέπει τη χρήση γερμανικού κλειδιού. Μη χρησιμοποιείτε πένσα.

Πένσες:

- Οι επενδύσεις στις λάμες δεν είναι μονωτικές.
- Μην υπερβαίνετε τις δυνατότητες των κοφτών (διάμετρο και σκληρότητα σύρματος).
- Μην τροποποιείτε ή θερμαίνετε τα ράμφη. Θα αλλοιωθούν τα χαρακτηριστικά τους.

Σφυριά – εργαλεία κρούσης:

- Μη χτυπάτε με το σφυρί αντικείμενα που υπερβαίνουν το όριο αντοχής του σε σκληρότητα. Προτιμήστε μία ματσόλα.
- Τα σφυριά ίσως προκαλέσουν σπίθες. Μην τα χρησιμοποιείτε σε εύφλεκτο περιβάλλον.
- Προτιμήστε κοπίδια και πόντες με προστατευτική λαβή. Προσφέρουν μεγαλύτερη ασφάλεια και άνεση εργασίας.
- Μη χρησιμοποιείτε τους ζουμπάδες ως λεβιέδες.
- Η διάμετρος της επιφάνειας κρούσης πρέπει να είναι περίπου 10 mm μεγαλύτερη από αυτήν της επιφάνειας που τη δέχεται. Μη χτυπάτε με τις άκρες της κεφαλής.

Κοπή, πριόνισμα, τρύπημα:

- Δώστε ιδιαίτερη προσοχή κατά την εργασία διότι παράγονται γρέζια. Η χρήση προστατευτικών γυαλιών και γαντιών αποκτά ιδιαίτερη σημασία.
- Μην τοποθετείτε το χέρι σας στον άξονα της κοπής.
- Μη χρησιμοποιείτε ψαλίδια λαμαρίνας για την κοπή σύρματος.

Σφιγκτήρες και πένσες – γκριπ:

- Αποφύγετε τη χρήση σφιγκτήρων σε εξαρτήματα που υφίστανται κραδασμούς ή χτυπήματα. Η συναρμολόγηση μπορεί να χαλαρώσει.
- Μη χρησιμοποιείτε τα εργαλεία αυτά για την ανύψωση αντικειμένων.
- Μη χρησιμοποιείτε προεκτάσεις για να αυξήσετε τη δύναμη σφιξίματος.

Μέγγενες:

- Στερεώστε σταθερά τη μέγγενη σε βάση κατάλληλης διάστασης.
- Μη χρησιμοποιείτε προέκταση ή σφυρί για να αυξήσετε τη δύναμη σφιξίματος. Μην κάνετε ισχυρά σφιξίματα στα άκρα των μάγουλων.
- Μην τροποποιείτε και μην επισκευάζετε μία μέγγενη.
- Προτιμήστε μία μέγγενη με περιστρεφόμενη βάση που σας επιτρέπει να διατηρείτε τη σωστή θέση κατά την εργασία.

Ελεγχόμενο σφίξιμο – δυναμομετρικά εργαλεία:

- Μελετήστε τις οδηγίες χρήσης των δυναμομετρικών εργαλείων πριν από τη χρήση. Μην αμελείτε να ελέγχετε συστηματικά την ακρίβειά τους σε πιστοποιημένο από τον κατασκευαστή εργαστήριο.

- Μην υπερβαίνετε τις δυνατότητες των δυναμομετρικών εργαλείων. Μη χρησιμοποιείτε προεκτάσεις. Κάτι τέτοιο τροποποιεί το βραχίονα και αλλοιώνει την εξασκούμενη ροπή.
- Μη χρησιμοποιείτε αερόκλειδο σε πολλαπλασιαστές ροπής. Προτιμήστε απλή κασάνια ή δυναμομετρικό κλειδί.
- Μετά τη χρήση καθαρίστε το δυναμομετρικό κλειδί και τοποθετήστε το στην ειδική θήκη του.

Εξώλκευση:

- Δώστε ιδιαίτερη προσοχή κατά την εργασία. Ο εξωλκέας αποθηκεύει μεγάλη δύναμη κατά τη λειτουργία του. Μη στέκεστε στον άξονα εξώλκευσης και περιορίστε στο ελάχιστο δυνατό τα άτομα που βρίσκονται στο σημείο εκείνο.
- Προσέξτε ιδιαίτερα κατά την τοποθέτησή του: πρέπει να είναι καλά κεντραρισμένος, με καλό «πιάσιμο» για το κάθε πόδι του. Η ακινητοποίηση της περιστροφής είναι απαραίτητη, ώστε να μη περιστρέφεται ο εξωλκέας κατά το σφίξιμο. Προτιμήστε έναν τρίποδο από ένα δίποδο εξωλκέα όπου είναι δυνατόν. Χρησιμοποιείστε όσο το δυνατόν κοντύτερα πόδια.
- Γρασάρτε την κεντρική βίδα. Στην περίπτωση που τα πόδια παρουσιάζουν φθορές, ραγίσματα ή άλλα σημάδια κόπωσης, αλλάξτε τα (κατά προτίμηση όλα).
- Μη θερμαίνετε ή τροποποιείτε τα πόδια. Θα μεταβληθούν τα χαρακτηριστικά τους και θα γίνουν εύθραυστα.
- Μην υπερβαίνετε τη μέγιστη ικανότητα ενός εξωλκέα. Μη χρησιμοποιείτε αερόκλειδο. Εάν χρειάζεστε συμπληρωματική δύναμη, χτυπήστε με μία ματσόλα τη βίδα για να ξεκολλήσετε το αντικείμενο.

3. Εργαλεία αέρα και ηλεκτρικά εργαλεία

- Διαβάστε τις οδηγίες χρήσης του κατασκευαστή πριν από τη χρήση.
- Να φοράτε πάντοτε γάντια και γυαλιά προστασίας. Ειδικά σε εργασίες λείανσης να χρησιμοποιείτε μάσκα προστασία από τη σκόνη.
- Σε περίπτωση θορυβώδους εργασίας, να φοράτε ακουστικά προστασίας.
- Λάβετε υπόψη την προστασία των εργαζομένων τριγύρω σας.
- Πάντοτε να αφαιρείτε το εργαλείο από τον αέρα ή το ρεύμα πριν αλλάξετε τρυπάνι, δίσκο, καρυδάκι κλπ.

- Μην υπερβαίνετε τις διαμέτρους και τις ταχύτητες περιστροφής του κάθε εξαρτήματος.
- Διατηρείστε τις αρχικές προστασίες. (καπάκι, λαβές κλπ).
- Στα αερόκλειδα, βεβαιωθείτε ότι ασφαλίσατε τα καρδάρια πριν τη χρήση.

Πορεία εργασίας

Θα πρέπει να ακολουθήσετε, με κάθε επιμέλεια, τα παρακάτω, κατά σειρά, βήματα :

- Αναγνώριση και καταγραφή της ονομασίας κάθε εργαλείου ή μηχανισμού.
- Εξέταση κάθε εργαλείου που υπάρχει και εκμάθηση του τρόπου λειτουργίας και χρήσης του καθενός απ' αυτά.
- Σημείωση της ονομασίας, του κάθε εργαλείου, της ομάδας στην οποία ανήκει, και των εργασιών στις οποίες μπορεί αυτό να χρησιμοποιηθεί.

Εργαστηριακή άσκηση 1.3: Σύσφιξη κοχλιών με δεδομένη ροπή (ροπομέτρηση) και ασφάλιση αυτών με τη μέθοδο της συρματασφάλισης

Επιδιωκόμενοι στόχοι

Μετά την πραγματοποίηση της άσκησης αυτής θα είστε ικανοί σε θέση:

- Να πραγματοποιείτε ροπομετρήσεις και ασφαλίσεις κοχλιών.
- Να επιλέγει τον κατάλληλο τύπο δυναμόμετρου να το ρυθμίζει στην επιθυμητή τιμή ροπής σύσφιξης και να εκτελεί ροπομετρήσεις κοχλιών και περικοχλίων.
- Να επιλέγει τον κατάλληλο τύπο συρματασφαιστή και τον σωστό τύπο και διάμετρο σύρματος και να πραγματοποιεί συρματασφάλισεις κοχλιών και περικοχλίων.

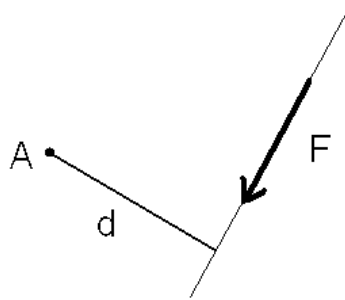
Εισαγωγικές πληροφορίες

Μια από τις πιο σημαντικές εργασίες κατά τη διάρκεια της συναρμολόγησης ενός αεροπορικού κινητήρα είναι η σωστή σύσφιξη και στη συνέχεια η ασφάλιση των κοχλιών και των περικοχλίων των εξαρτημάτων του. Η σωστή σύσφιξη των κοχλιών είναι απαραίτητη για τους ακόλουθους λόγους:

- Για να εξασφαλίσουμε την απαραίτητη δύναμη συγκράτησης των εξαρτημάτων του. **Μικρότερη ροπή** σύσφιξης ενέχει τον κίνδυνο σχετικής χαλάρωσης και μετακίνησης μεταξύ των εξαρτημάτων και συνεπώς φθορών από τη μεταξύ τους τριβή. **Μεγαλύτερη ροπή** μπορεί να δημιουργήσει θραύση των σπειρών του κοχλία και του περικοχλίου αλλά και του κορμού του κατά τη διάρκεια της σύσφιξης, ή ακόμη χειρότερα κατά τη διάρκεια της λειτουργίας του κινητήρα.
- Για να εξασφαλίσουμε την απαιτούμενη πίεση στο παρέμβυσμα όταν σε μια συναρμογή έχουμε στεγανοποιητικά παρεμβύσματα. Σε αυτή την περίπτωση εκτός από τη δύναμη που απαιτείται για τη συγκράτηση των δύο εξαρτημάτων απαιτείται συγκεκριμένη ροπή σύσφιξης η οποία δημιουργεί την κατάλληλη πίεση στο παρέμβυσμα για την αποφυγή διαρροών. Η ροπή σύσφιξης θα πρέπει να είναι τέτοια ώστε η πίεση που δημιουργείται στο παρέμβυσμα να είναι μεγαλύτερη από την πίεση του λιπαντικού, του καυσίμου ή του υδραυλικού υγρού, για την αποφυγή διαρροής.

Δυναμομέτρηση

Προτού αναφερθούμε στον τρόπο που λειτουργεί η ροπή σύσφιξης που εφαρμόζουμε σε έναν κοχλία, ας δούμε τι είναι η ροπή και ποιες είναι οι μονάδες μέτρησής της. Στη φυσική, **Ροπή** μιας δύναμης F , ως προς ένα σημείο A , ονομάζεται το γινόμενο της δύναμης και της κάθετης απόστασης d , του σημείου A από τον φορέα της δύναμης (Σχήμα 1.121)



Σχήμα 1.121 Ορισμός της ροπής M , μιας δύναμης F , ως προς σημείο A

Η απόσταση d , ονομάζεται και μοχλοβραχίονας της δύναμης ως προς το σημείο. Η εξίσωση με την οποία υπολογίζεται η ροπή μιας δύναμης ως προς ένα σημείο είναι η ακόλουθη,

$$M = F \times d$$

Όπου: F η δύναμη που εφαρμόζεται στον μοχλοβραχίονα σε νιούτον (N) στο σύστημα μονάδων S.I., ή λίβρες δύναμης (lb) στο αγγλοσαξονικό σύστημα μονάδων,

d , ο μοχλοβραχίονας σε μέτρα (m) στο σύστημα S.I., ή ίντσες (in) στο αγγλοσαξονικό σύστημα.

και M η ροπή σε Nm ή inlb^1 (ιντσόλιμπρες όπως ονομάζεται κοινώς).

Η μονάδα ροπής που χρησιμοποιείται ευρέως στον αεροπορικό χώρο είναι η inlb .

Η ροπή που εφαρμόζουμε κατά τη διάρκεια της σύσφιξης ενός κοχλία ή περικοχλίου έχει ως αποτέλεσμα τη δημιουργία τάσεων εφελκυσμού (ή προφόρτισης) στον κοχλία καθώς βιδώνει το περικόχλιο, η οποία αποτελεί τη δύναμη που συγκρατεί τα δύο εξαρτήματα στη θέση τους. Η ροπή αυτή θα πρέπει να είναι τέτοιου μεγέθους, ώστε:

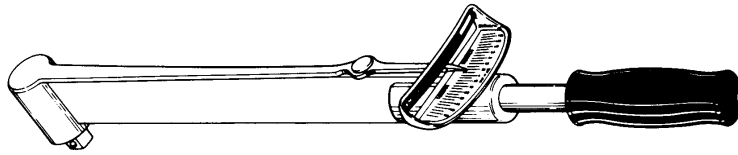
¹ 1Newton=4.4482lbf

- η τριβή που δημιουργείται μεταξύ των δύο εξαρτημάτων να μην επιτρέπει τη σχετική κίνησή τους, λόγω των κραδασμών που δέχεται η συναρμογή.
- η δύναμη εφελκυσμού που δημιουργείται στον κοχλία, και μεταδίδεται στα δύο εμπλεκόμενα εξαρτήματα, να είναι μεγαλύτερη από τις δυνάμεις που ασκούνται κατά τη διάρκεια της λειτουργίας του κινητήρα στα δύο εξαρτήματα.

Όπως προκύπτει από τον ορισμό της ροπής σύσφιξης, το μέγεθος της ροπής που εφαρμόζεται εξαρτάται από την απόσταση της δύναμης από το σημείο που εφαρμόζεται αυτή και από το μέγεθος της δύναμης. Δηλαδή για να πετύχουμε μια δεδομένη ροπή μπορούμε να χρησιμοποιήσουμε μεγάλη δύναμη με μικρό μοχλοβραχίονα ή μεγάλο μοχλοβραχίονα με μικρή δύναμη. Σε κάθε περίπτωση η μέγιστη ροπή που μπορούμε να ασκήσουμε κατά τη σύσφιξη κοχλιών περιορίζεται από τη δύναμη που διαθέτει ο μέσος άνθρωπος και από τον παράγοντα κόπωσης που συνεπάγεται μια τέτοια διαδικασία σε καθημερινή βάση. Γι αυτό το λόγο φροντίζουμε να χρησιμοποιούμε τον κατάλληλο μοχλοβραχίονα ή μήκος εργαλείου για τη ροπή που θέλουμε να ασκήσουμε.

Για παράδειγμα είναι εμφανής η δυσκολία που συναντάει κάποιος που θέλει να ξεβιδώσει τους κοχλίες (μπουλόνια) από τους τροχούς ενός αυτοκινήτου με το εργαλείο που δίνει ο κατασκευαστής. Το ξεβίδωμά τους όμως γίνεται αρκετά πιο εύκολο, όταν χρησιμοποιήσουμε μια μεταλλική σωλήνα σαν προέκταση.

Στην πράξη τώρα, η ροπή εφαρμόζεται σε έναν κοχλία με τη βοήθεια του **δυναμόμετρου** ή δυναμόκλειδου ή ροπόκλειδου (torque wrench, Σχήμα 1.123). Τα δυναμόμετρα παράγονται σε διάφορα μήκη για τους λόγους που αναφέρθηκαν παραπάνω και σε διάφορους τύπους όπως τα απλά δυναμόκλειδα καμπτόμενης ράβδου (bending beam dynamometer) (Σχήμα 1.122), τα μηχανικώς ρυθμιζόμενα (Σχήμα 1.123) και τα ηλεκτρονικά ρυθμιζόμενα (Σχήμα 1.124).



Σχήμα 1.122 Δυναμόκλειδο τύπου καμπτόμενης ράβδου



Σχήμα 1.123 Μηχανικά ρυθμιζόμενο δυναμόμετρο



Σχήμα 1.124 Ηλεκτρονικά ρυθμιζόμενο δυναμόκλειδο

Η ροπή που θέλουμε να εφαρμόσουμε ρυθμίζεται από:

1. Τη θέση της βελόνας σε σχέση με την κλίμακα ροπής στην περίπτωση του απλού δυναμόμετρου καμπτόμενης ράβδου.
2. Ρυθμίζοντας τον ρυθμιστικό κοχλία, που βρίσκεται στο άκρο του δυναμόκλειδου, στην επιθυμητή ροπή στην κλίμακα που βρίσκεται στον μοχλοβραχίονα. Καθώς γυρίζουμε το δυναμόκλειδο όταν φτάσουμε στην ροπή που ρυθμίσαμε, κάμπτεται ελαφρά («σπάει») ο βραχίονάς του στο σημείο της βάσης και ταυτόχρονα ακούγεται ένα χαρακτηριστικό ‘κλικ’. Η εφαρμογή της δύναμης θα πρέπει να σταματάει αμέσως μετά το ‘σπάσιμο’ του δυναμόκλειδου, αλλιώς θα αυξηθεί η ροπή που θα εφαρμόσουμε.