ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΔΥΤΙΚΗΣ ΑΤΤΙΚΗΣ

ΣΧΟΛΗ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ

ΤΜΗΜΑ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΗΣ ΣΧΕΔΙΑΣΗΣ ΚΑΙ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ

ΘΕΜΑ ΠΤΥΧΙΑΚΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ

"ΑΙΣΘΗΤΗΡΙΕΣ ΔΙΑΤΑΞΕΙΣ ΚΑΙ ΑΥΤΟΜΑΤΙΣΜΟΙ ΣΤΑ ΑΕΡΟΣΚΑΦΗ"



ΟΝΟΜΑ ΦΟΙΤΗΤΗ:
ΚΛΟΥΒΑΤΟΣ ΗΛΙΑΣ

ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ:
Δρ.ΜΙΧΑΗΛ ΠΑΠΟΥΤΣΙΔΑΚΗΣ

ΑΙΓΑΛΕΩ, ΙΟΥΝΙΟΣ 2018

ΔΗΛΩΣΗ ΣΥΓΓΡΑΦΕΑ ΠΤΥΧΙΑΚΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ

Ο κάτωθι υπογεγραμμένος **ΚΛΟΥΒΑΤΟΣ ΗΛΙΑΣ**, του **ΕΥΘΥΜΙΟΥ**, με αριθμό μητρώου **43451** φοιτητής του Τμήματος **Βιομηχανκής Σχεδίασης και Παραγωγής,** του **Πανεπιστημίου Δυτικής Αττικής** πριν αναλάβω την εκπόνηση της Πτυχιακής Εργασίας μου, δηλώνω ότι ενημερώθηκα για τα παρακάτω:

«Η Πτυχιακή Εργασία (Π.Ε.) αποτελεί προϊόν πνευματικής ιδιοκτησίας τόσο του συγγραφέα, όσο και του Ιδρύματος και θα πρέπει να έχει μοναδικό χαρακτήρα και πρωτότυπο περιεχόμενο.

Απαγορεύεται αυστηρά οποιοδήποτε κομμάτι κειμένου της να εμφανίζεται αυτούσιο ή μεταφρασμένο από κάποια άλλη δημοσιευμένη πηγή. Κάθε τέτοια πράξη αποτελεί προϊόν λογοκλοπής και εγείρει θέμα Ηθικής Τάξης για τα πνευματικά δικαιώματα του άλλου συγγραφέα. Αποκλειστικός υπεύθυνος είναι ο συγγραφέας της Π.Ε., ο οποίος φέρει και την ευθύνη των συνεπειών, ποινικών και άλλων, αυτής της πράξης.

Πέραν των όποιων ποινικών ευθυνών του συγγραφέα σε περίπτωση που το Ίδρυμα του έχει απονείμει Πτυχίο, αυτό ανακαλείται με απόφαση της Συνέλευσης του Τμήματος. Η Συνέλευση του Τμήματος με νέα απόφασης της, μετά από αίτηση του ενδιαφερόμενου, του αναθέτει εκ νέου την εκπόνηση της Π.Ε. με άλλο θέμα και διαφορετικό επιβλέποντα καθηγητή. Η εκπόνηση της εν λόγω Π.Ε. πρέπει να ολοκληρωθεί εντός τουλάχιστον ενός ημερολογιακού 6μήνου από την ημερομηνία ανάθεσης της. Κατά τα λοιπά εφαρμόζονται τα προβλεπόμενα στο άρθρο 18, παρ. 5 του ισχύοντος Εσωτερικού Κανονισμού.»

Ο Δηλών Ημερομηνία

Περιεχόμενα

Περίληψη.....Σελ. 5

Abstract ……..Σελ. 6

Εισαγωγή.....Σελ. 7

- *Η έννοια του αισθητήρα*.....Σελ. 7
- *Αισθητήρες στα αεροσκάφη*.....Σελ. 8
- *Όργανα πτήσης*.....Σελ. 10

Κεφάλαιο 1

Σύστημα Pitot-Static.....Σελ. 12

- *Στατική πίεση*.....Σελ. 13
- *Πίεση Pitot*……...Σελ. 13

1.1 Airspeed Indicator……...Σελ. 13

1.2 Altimeter.....Σελ. 14

1.3 Vertical Speed Indicator……...Σελ.15

Κεφάλαιο 2

Είδη κινητήρων στα αεροσκάφη.....Σελ. 16

2.1 Εμβολοφόροι κινητήρες.....Σελ. 16

2.2 Στροβιλοκινητήρες.....Σελ. 18

2.2.1 Turbofans……...Σελ. 19

2.3 Αισθητήριες διατάξεις κινητήρα.....Σελ. 20

2.3.1 Tachometers……...Σελ. 21

2.3.1 α. Μηχανικά Tachometers……...Σελ. 22

2.3.1 β. Ηλεκτρικά Tachometers……...Σελ. 23

2.3.1 γ. Tachometer probe……Σελ. 25

2.3.2 Synchroscopes……Σελ. 26

2.3.3 Επιταχυνσιόμετρα.....Σελ. 27

2.3.3 α. Μηχανικά επιταχυνσιόμετρα.....Σελ. 27

2.3.3 β. Επιταχυνσιόμετρο χωρητικότητας.....Σελ. 28

2.3.4 Θερμοζεύγη.....Σελ. 30
2.3.5 Σύστημα ένδειξης θερμοκρασίας στροβίλου.....Σελ. 32

Κεφάλαιο 3

Συστήματα ένδειξης καυσίμου.....Σελ. 34
3.1 Συστήματα απεικόνισης ποσότητας καυσίμου.....Σελ. 34
3.1.1 Μηχανικές διατάξεις.....Σελ. 34
3.1.2 Ηλεκτρικές διατάξεις.....Σελ. 36
3.2 Σύστημα απεικόνισης ροής καυσίμου.....Σελ. 41
3.3 Σύστημα απεικόνισης πίεσης καυσίμου.....Σελ. 45
3.3.1 Σωλήνας Bourdon.....Σελ. 45
3.3.2 Μετρητής Bellow.....Σελ. 47
3.3.3 Σήματα προειδοποίησης.....Σελ. 48
3.4 Σύστημα απεικόνισης θερμοκρασίας καυσίμου.....Σελ. 50

Κεφάλαιο 4

Συστήματα πυρασφάλειας.....Σελ. 51
4.1 Συστήματα ανίχνευσης πυρκαγιάς/υπερθέρμανσης.....Σελ. 52
4.1.1 Σύστημα θερμικού διακόπτη.....Σελ. 52
4.1.2 Σύστημα θερμοστοιχείων.....Σελ. 53
4.1.3 Συστήματα βρόγχου.....Σελ. 55
4.1.3 α. Fenwall σύστημα.....Σελ. 55
4.1.3 β. Kidde σύστημα.....Σελ. 56
4.1.3 γ. Lindeberg σύστημα.....Σελ. 57

Κεφάλαιο 5

Αντιπαγωτικά συστήματα.....Σελ. 60
5.1 Περιοχές προστασίας.....Σελ. 61
5.2 Επιπτώσεις πάγου.....Σελ. 62
5.3 Αποφυγή δημιουργίας πάγου.....Σελ. 64

5.4 Anti-icing συστήματα.....Σελ. 64
5.4.1 Anti-icing συστήματα πτερυγίων.....Σελ. 64
5.4.2 Θερμό-ηλεκτρικό σύστημα προστασίας.....Σελ. 66
5.4.3 Χημικό σύστημα anti-ice.....Σελ. 68

Επίλογος.....Σελ. 70
Βιβλιογραφία.....Σελ. 71

Περίληψη

Η παρούσα πτυχιακή εργασία περιλαμβάνει την καταγραφή ενός συνόλου αισθητήρων και κυκλωμάτων αυτοματισμού που βρίσκονται εγκατεστημένα σε ένα αεροσκάφος. Η καταγραφή αυτή δεν αποσκοπεί απλά σε μια παρουσίαση αυτών των συστημάτων, αλλά προσπαθεί να εξηγήσει την λειτουργία τους, την δομή τους και να επισημάνει την σπουδαιότητας και χρηστικότητα τους στα πλαίσια των επιβατικών κυρίως αεροσκαφών.

Μέσα στην εργασία αυτή αναλύονται και παρουσιάζονται κάποιες βασικές έννοιες και ορισμοί γύρω από το αεροσκάφος και το περιβάλλον του, όπως για παράδειγμα οι πιέσεις που δέχεται από τον αέρα της ατμόσφαιρας κατά την πτήση, η επιστήμη πίσω από την ικανότητα ενός αντικειμένου αρκετών τόνων να βρίσκεται και να ταξιδεύει στον αέρα για αρκετή ώρα, η εξέλιξη των κινητήρων τους σε κινητήρες μεγαλύτερης απόδοση.

Σκοπός αυτής της εργασίας είναι η απόδειξη και η παραδοχή ότι πίσω από όλα τα συστήματα και από όλες τις ενέργειες που εκτελεί ένα αεροσκάφος, ύστερα από τις εντολές του πιλότου, υπάρχουν δεκάδες αισθητήρες που ανιχνεύουν όλες τις μεταβολές στο εσωτερικό και εξωτερικό του περιβάλλον, δεκάδες κυκλώματα που ενεργοποιούνται και απενεργοποιούνται αυτόματα με βάση τις ενδείξεις των αισθητήρων που απλουστεύουν διαδικασίες όπως η απογείωση, η πτήση και η προσγείωση αλλά ταυτόχρονα προσφέρουν και ανέσεις στο επιβατικό κοινό για την καλύτερη και ασφαλέστερη εξυπηρέτηση και μεταφορά τους.

Abstract

This graduate thesis involves the recording of a set of sensors and automation circuits installed on an aircraft. This recording is not just about presenting these systems but also attempts to explain their function and structure and to highlight their importance and usability mainly in passenger aircrafts.

In this thesis are analysed and presented some basic concepts and definitions around the aircraft and its environment, such as the pressures from air during the flight, the science behind the ability of an object of several tons to be and travel in the air for a long time, the development of their engines into more efficient ones.

The purpose of this work is to prove and assume that behind all the systems and all the actions performed by an aircraft, following the pilot's instructions, there are dozens of sensors that detect all the changes in the interior and exterior environment and dozens of circuits that are automatically switched on and off bases on sensor's readings that simplify procedures such as take off, flight and landing but at the same time they offer comfort to the public for better and safer service and transportation.

Εισαγωγή

Η σημερινή εποχή μπορεί να χαρακτηριστεί ως η εποχή των αισθητήρων. Μπορούν να βρεθούν διάφοροι τύποι αισθητήρων στα σπίτια, στα γραφεία, τα αυτοκίνητα, τα αεροσκάφη κ.α, όπου με την λειτουργία τους διευκολύνουν την ζωή του ανθρώπου ανοίγοντας του τα φώτα όταν ανιχνεύουν την παρουσία του, ρυθμίζοντας την θερμοκρασία του δωματίου, ανιχνεύοντας καπνό ή φωτιά, ανοιγοκλείνοντας πόρτες γκαράζ. Όλα αυτά και πολλές άλλες εργασίες αυτοματισμού είναι δυνατές λόγω των αισθητήρων.

Η έννοια του αισθητήρα

Ο αισθητήρας είναι μια συσκευή, εξάρτημα ή υποσύστημα που αντιλαμβάνεται και ανιχνεύει διαφορές ή αλλαγές στο περιβάλλον του. Αποτελεί μια *συσκευή εισόδου* που παρέχει μια έξοδο (σήμα) σε σχέση με μια συγκεκριμένη φυσική ποσότητα (είσοδος). Ο όρος "συσκευή εισόδου" στον ορισμού του αισθητήρα σημαίνει ότι αποτελεί μέρος ενός μεγαλύτερου συστήματος το οποίο παρέχει είσοδο σε ένα κύριο σύστημα ελέγχου (όπως ένας επεξεργαστής ή ένας μικρο-ελεγκτής).

Ένα παράδειγμα που μπορεί να βοηθήσει στον παραπάνω ορισμό και είναι σχετικό με την παρούσα εργασία αποτελεί το σύστημα αυτόματου πιλότου που διαθέτει ένα αεροσκάφος. Ένα αυτόματο σύστημα ελέγχου πτήσης αποτελείται από διάφορους αισθητήρες για λειτουργίες όπως έλεγχος ταχύτητας, ύψους, θέσης, πορτών, καυσίμου και πολλών άλλων. Ένας υπολογιστής λαμβάνει δεδομένα από όλους αυτούς τους αισθητήρες και τα επεξεργάζεται συγκρίνοντας τα με προκαθορισμένες τιμές. Ο υπολογιστής παρέχει ένα σήμα ελέγχου σε διάφορα μέρη, όπως κινητήρες, πτέρυγες, πηδάλια που βοηθούν σε μια ομαλή πτήση. Ο συνδυασμός αισθητήρων, υπολογιστών και μηχανικών καθιστά δυνατή την λειτουργία του αυτόματου πιλότου.

Όλοι οι παράμετροι, δηλαδή οι *αισθητήρες* (οι οποίοι παρέχουν τις εισόδους στους υπολογιστές), οι *υπολογιστές* (που επεξεργάζονται και συγκρίνουν τα δεδομένα) και οι *μηχανισμοί* (οι έξοδοι του συστήματος όπως οι κινητήρες) είναι εξίσου σημαντικοί για την κατασκευή ενός επιτυχημένου *αυτοματοποιημένου συστήματος*.



Αισθητήρες στα αεροσκάφη

Από την αρχή της επανδρωμένης πτήσης, έχει γίνει άμεσα αντιληπτό ότι η παροχή στον πιλότο πληροφοριών σχετικά με το αεροσκάφος και την λειτουργία του είναι ζωτικής σημασίας και χρήσιμη στην προσπάθεια για ασφαλέστερες πτήσεις.

Οι αδελφοί Wright, οι οποίοι αποτέλεσαν του πρώτους ανθρώπους που κατασκεύασαν με επιτυχία αεροσκάφος, είχαν πολύ λίγα όργανα στο Wright Flyer (ονομασία του αεροσκάφους τους), ένα στροφόμετρο, ένα ανεμόμετρο και ένα ρολόι. Αυτό αποδεικνύει ότι ακόμα και από την απαρχή των πτήσεων υπήρχε ανάγκη για γνώση της κατάστασης του κινητήρα και την πρόοδο της πτήσης. Από τότε, αναπτύχθηκε μια ευρεία ποικιλία εργαλείων για την άμεση ενημέρωση του πληρώματος για τις διαφορετικές παραμέτρους της πτήσης και του αεροσκάφους.

Τα συστήματα οργάνων υπάρχουν τώρα για να παρέχουν πληροφορίες σχετικά με την κατάσταση του αεροσκάφους, τον κινητήρα, τα εξαρτήματα, την στάση του αεροσκάφους στον αέρα, τον καιρό, το περιβάλλον της καμπίνας, την πλοήγηση και την επικοινωνία.



Εικόνα 1. Τα όργανα που χρησιμοποίησαν οι αδελφοί Wright

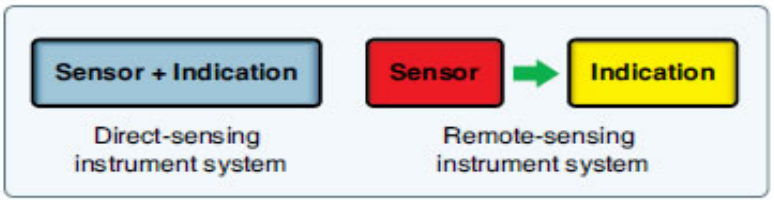
Η ικανότητα της “σύλληψης” και μεταφοράς όλως των πληροφοριών που μπορεί να ζητήσει ένα πιλότος, με ακριβή και ευκόλως κατανοητό τρόπο, αποτελεί πρόκληση σε όλη την ιστορία της αεροπορίας. Καθώς το φάσμα των επιθυμητών πληροφοριών έχει αυξηθεί, το ίδιο έχει κάνει το μέγεθος και η πολυπλοκότητα των σύγχρονων αεροσκαφών. Αυτό είχε ως αποτέλεσμα, το παλιό επίπεδο πάνελ του πιλοτηρίου με τα διάφορα επιμέρους όργανα να μετατραπεί σε ένα εξελιγμένο ψηφιακό περιβάλλον που ελέγχετε από υπολογιστή επίπεδων οθονών.



Εικόνα 2. Ένα συμβατικό πιλοτήριο του C-5A Galaxy (πάνω)
και ένα ψηφιακό του C-5B Galaxy (κάτω).

Υπάρχουν συνήθως δύο μέρη σε οποιοδήποτε όργανο ή σύστημα οργάνων. Ένα μέρος “αισθάνεται” το περιβάλλον και το άλλο μέρος το εμφανίζει. Σε αναλογικά όργανα, και οι δύο αυτές λειτουργίες εκτελούνται συχνά σε μία ενιαία μονάδα. Αυτά ονομάζονται όργανα ανίχνευσης. Η απομακρυσμένη ανίχνευση επιτυγχάνεται όταν καταγράφονται οι πληροφορίες

και αποστέλλονται σε ξεχωριστεί μονάδα στον θάλαμο διακυβέρνησης. Τόσο τα αναλογικά όσο και τα ψηφιακά όργανα κάνουν χρήση αυτής της μεθόδου.



Εικόνα 3. Υπάρχουν 2 μέρη στα συστήματα οργάνων ο αισθητήρας (sensor) και η απεικόνιση (indication).

Η αναμετάδοση σημαντικών πληροφοριών μπορεί να γίνει με διάφορους τρόπους. Η ηλεκτρική ενέργεια χρησιμοποιείται συχνά μέσω ασυρμάτων που μεταφέρουν πληροφορίες αισθητήρων στο θάλαμο διακυβέρνησης. Μερικές φορές χρησιμοποιούνται πνευματικές γραμμές επικοινωνίας. Σε σύνθετα, σύγχρονα αεροσκάφη, αυτό μπορεί να οδηγήσει σε τεράστιο αριθμό σωληνώσεων και καλωδίων που τερματίζουν πίσω από τον πίνακα οργάνων στο πιλοτήριο.

Η αποτελεσματικότερη μεταφορά πληροφοριών επιτυγχάνεται μέσω ψηφιακών διαύλων (digital buses). Ουσιαστικά, είναι σύρματα τα οποία μοιράζονται τα μηνύματα που μεταφέρουν πολλά όργανα, ψηφιακά κωδικοποιώντας το σήμα για το καθένα. Αυτός ο τρόπος μειώνει τον αριθμό των καλωδίων και το βάρος που απαιτείται για την μεταφορά πληροφοριών. Οι οθόνες στο πιλοτήριο μπορούν να ρυθμιστούν να απεικονίζουν μόνο τις επιθυμητές πληροφορίες και είναι επίσης ελαφρύτερες σε βάρος σε σχέση με τους πολυάριθμους μεμονωμένους μετρητές που θα χρειάζονταν για την ταυτόχρονη απεικόνιση των απαραίτητων πληροφοριών.

Όργανα πτήσης

Τα όργανα που χρησιμοποιούνται για τον έλεγχο της κίνησης ενός αεροσκάφους είναι γνωστά ως όργανα πτήσης. Υπάρχουν βασικά όργανα, όπως ο υψομετρητής (altimeter) που προσδιορίζει το ύψος του αεροσκάφους, η ένδειξη της ταχύτητας του αεροσκάφους (airspeed) και ένας κάθετος δείκτης ταχύτητας (vertical speed). Επιπλέον, ένας τεχνητός ορίζοντας, μια μαγνητική πυξίδα είναι όργανα πτήσης που υπάρχουν στα περισσότερα αεροσκάφη. Υπάρχει μεγάλη ποικιλία των παραπάνω οργάνων ως προς τις μετρήσεις και απεικονίσεις τους ανάλογα με το τύπο του αεροσκάφους που βρίσκονται. Με την πάροδο των ετών τα όργανα

πτήσεις βρίσκονται σε παρόμοιες θέσεις στο πιλοτήριο όλων των αεροσκαφών. Η βασική διάταξη τους (διάταξη T) παρουσιάζεται στην παρακάτω εικόνα.



Εικόνα 4. Διάταξη των οργάνων πτήσης στο πάνελ του πιλοτηρίου

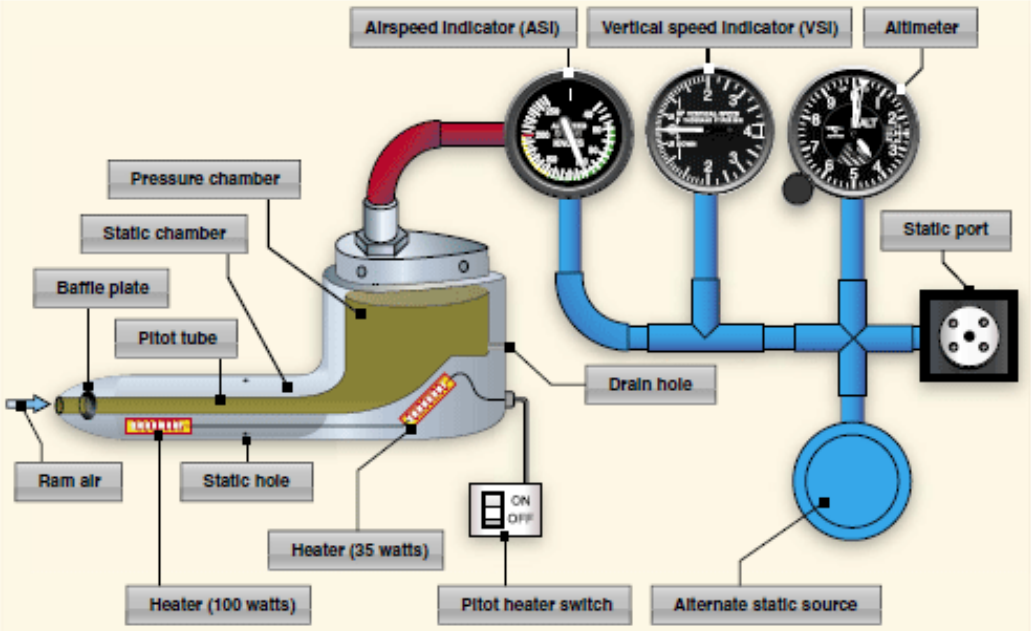
Η κεντρική θέση ακριβώς μπροστά από τον κυβερνήτη και τον συγκυβερνήτη είναι ο τεχνητός ορίζοντας.

Τα πρωτότυπα αναλογικά όργανα πτήσης λειτουργούν με πίεση αέρα και χρήση γυροσκοπίων για τον προσανατολισμό. Έτσι αποφεύγεται η χρήση του ηλεκτρισμού, η οποία θα μπορούσε να θέσει τον πιλότο σε επικίνδυνη κατάσταση εάν στο αεροσκάφος για τεχνικού λόγους σταματήσει η παροχή ρεύματος. Η ανάπτυξη τεχνικών ανίχνευσης και απεικόνισης, σε συνδυασμό με προηγμένα ηλεκτρικά συστήματα των αεροσκαφών, κατέστησαν δυνατή την αξιόπιστη λειτουργία πρωτογενών και δευτερογενών συστημάτων πτήσης. Παρόλα αυτά, συχνά υπάρχει ένας πνευματικός υψομετρητής, ένα γυροσκόπιο και ένας μαγνητικός δείκτης κατεύθυνσης που βρίσκονται στο πάνελ οργάνων του πιλοτηρίου για μεγαλύτερη ασφάλεια.

Κεφάλαιο 1

Pitot-Static Σύστημα

Ένα pitot-static σύστημα είναι ένα σύστημα ευαίσθητων στην πίεση οργάνων που χρησιμοποιείται στα αεροσκάφη για τον ακριβή προσδιορισμό της ταχύτητας τους, του υψομέτρου τους αλλά και του ρυθμού ανόδου καθόδου τους. Αποτελείται από έναν σωλήνα pitot, ένα static port και τους pitot-static μετρητές [Εικόνα 5]. Άλλα εργαλεία που μπορούν να συνδεθούν είναι υπολογιστές δεδομένων αέρα, καταγραφείς δεδομένων πτήσης, κωδικοποιητές υψομέτρου, ελεγκτές συμπίεσης καμπίνας και διάφοροι διακόπτες ταχύτητας αέρα. Τα σφάλματα στις αναγνώσεις του pitot-static συστήματος μπορεί να είναι εξαιρετικά επικίνδυνα καθώς οι πληροφορίες που λαμβάνονται από το σύστημα αυτό, όπως το υψόμετρο, είναι κρίσιμες για την συνολική ασφάλεια του αεροσκάφους.



Εικόνα 5. Αναλυτική γραφική απεικόνιση του συστήματος pitot-static του αεροσκάφους. Διακρίνονται οι μετρητές, οι είσοδοι αέρα και το σύστημα που αποτρέπει την δημιουργία πάγου στο εσωτερικό του σωλήνα pitot.

Το σύστημα pitot-static χρησιμοποιεί την αρχή της σταδιακής μεταβολής της πίεσης του αέρα. Λειτουργεί με το να μετράει τις πιέσεις ή τις διαφορές των πιέσεων και αξιοποιώντας αυτές τις τιμές κάνει εκτίμηση της ταχύτητας και του υψομέτρου. Οι πιέσεις αυτές μετριούνται είτε από το static port, είτε από τον σωλήνα pitot με την διαφορά να έγκειται στο

γεγονός ότι η εξωτερική πίεση του αέρα που συλλέγεται από το static port χρησιμοποιείται σε όλες τις μετρήσεις, ενώ η πίεση που συλλέγεται από τον σωλήνα pitot ονομάζεται αέρας κρούσης (Ram air) που αποτελεί τον συνδυασμό της στατικής και δυναμικής πίεσης του αέρα κατά μήκος του αεροσκάφους κατά την διάρκεια της πτήσης του και χρησιμοποιείται μόνο για τον προσδιορισμό της ταχύτητας του αεροσκάφους (airspeed indicator).

Στατική πίεση

Η στατική πίεση, όπως και το όνομα της, αναφέρεται στην απόλυτη πίεση (η πίεση του απόλυτου κενού) του αέρα κατά μήκος του αεροσκάφους. Υπολογίζεται μέσω ενός αριθμού από αεραγωγούς τοποθετημένους σε αεροδυναμικά σημεία κατά μήκος της ατράκτου. Οι στατικοί αυτοί αεραγωγοί βρίσκονται και από τις δύο πλευρές της ατράκτου και τροφοδοτούν έναν κοινό σωλήνα, αυτό έχει ως αποτέλεσμα την απαλοιφή σε κάποιο βαθμό των λαθών που προκύπτουν από την θέση των αεραγωγών.

Τα επιβατικά αεροσκάφη διαθέτουν τουλάχιστον δύο εντελώς ανεξάρτητα στατικά συστήματα για την παροχή υποστήριξης σε περίπτωση βλάβης του ενός.

Πίεση Pitot

Η πίεση pitot μετράται σε σωλήνα pitot ή σε κεφαλή πίεσης, ο οποίος είναι ένας ανοικτός σωλήνας στραμμένος προς τα εμπρός κατά μήκος του άξονα του αεροσκάφους. Η πίεση η οποία μετράται στο σωλήνα είναι ένας συνδυασμός στατικής πίεσης και πίεσης λόγω της ταχύτητας προς τα εμπρός του αεροσκάφους. Οι σωλήνες pitot τοποθετούνται προσεκτικά για να μειώσουν στο ελάχιστο το σφάλμα λόγω της ροής του αέρα πάνω από το αεροσκάφος.

Αντίστοιχα, όπως και στο στατικό σύστημα, τα επιβατικά αεροσκάφη διαθέτουν δύο ανεξάρτητα συστήματα pitot για προστασία.

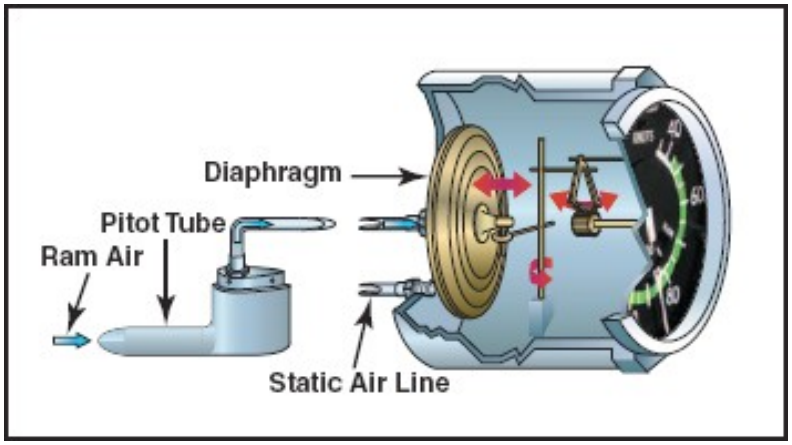
1.1 Air Speed Indicator

Το air speed indicator παρουσιάζει στον πιλότο την ταχύτητα του αεροσκάφους σε κόμβους (ή σε ορισμένες περιπτώσεις έναν αριθμό Mach). Η ταχύτητα που απεικονίζεται από το σύστημα πολλές φορές ονομάζεται και πραγματική ταχύτητα (true airspeed) που υποδηλώνει την ταχύτητα του αεροσκάφους σε σχέση με τον αέρα, πόσο πυκνός ή αραιός είναι, γύρω του.

Η ένδειξη της ταχύτητας συνδέεται με τις πηγές pitot και στατικής πίεσης όπως είχαν παρουσιαστεί στην [Εικόνα 5]. Η διαφορά μεταξύ της της πίεσης pitot και της στατικής

ονομάζεται δυναμική πίεση, όσο υψηλότερη είναι η δυναμική πίεση τόσο υψηλότερη είναι και η αναφερόμενη από το σύστημα ταχύτητα του αεροσκάφους.

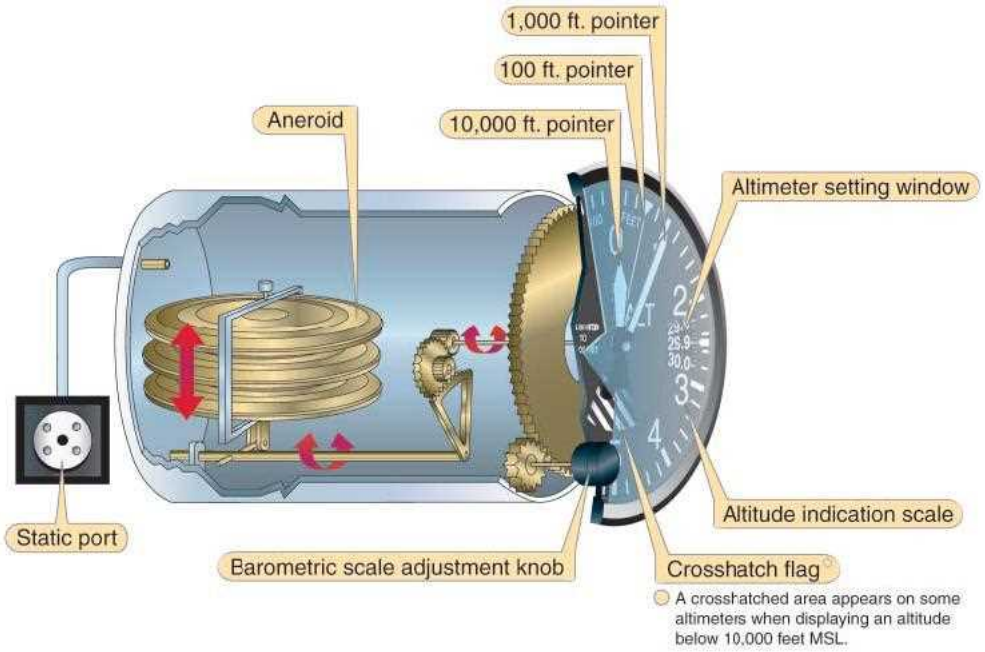
Η μηχανική διάταξη του συστήματος περιέχει ένα διάφραγμα πίεσης που συνδέεται με έναν σωλήνα pitot. Η θήκη γύρω από το διάφραγμα είναι αεροστεγής κλεισμένη και επικοινωνεί μέσω ενός σωλήνα με την στατική θύρα. Όσο υψηλότερη είναι η ταχύτητα, τόσο μεγαλύτερη είναι η πίεση του αέρα κρούσης που εισέρχεται στον pitot σωλήνα και ταυτόχρονα τόσο μεγαλύτερη πίεση ασκείται στο διάφραγμα και τόσο μεγαλύτερη είναι η κίνηση της βελόνας μέσω του μηχανικού συνδέσμου.



Εικόνα 6. Το εσωτερικό κομμάτι του air speed indicator συστήματος.

1.2 Altimeter

Το altimeter, γνωστό και ως βαρομετρικός υψομετρητής, χρησιμοποιείται για τον προσδιορισμό των αλλαγών στην πίεση του αέρα που συμβαίνουν όταν αλλάζει το υψόμετρο του αεροσκάφους. Ο υψομετρητής παρουσιάζει το κατακόρυφο ύψος του αεροσκάφους πάνω από το MLS (μέση στάθμη της θάλασσας) και ο πιλότος οφείλει να βαθμονομεί την συσκευή ανάλογα με το υψόμετρο που βρίσκεται το αεροσκάφος πριν από κάθε πτήση του. Η λειτουργία του οργάνου είναι παρόμοια με αυτή ενός βασικού βαρομέτρου συγκρίνοντας την στατική πίεση μέσα σε μια σφραγισμένη κάψουλα ανερχόμενου αέρα με την συμβατική πίεση που την περιβάλλει. Όταν το αεροπλάνο ανεβαίνει ή κατεβαίνει, η πίεση του αέρα μειώνεται ή αυξάνεται, αντίστοιχα. Αυτή η πίεση εξωτερικού αέρα συγκρίνεται συνεχώς με την πίεση μέσα στην κάψουλα ανερχόμενου αέρα και με την βοήθεια συνδέσμου και δείκτη εμφανίζεται το υψόμετρο στο όργανο του cockpit.

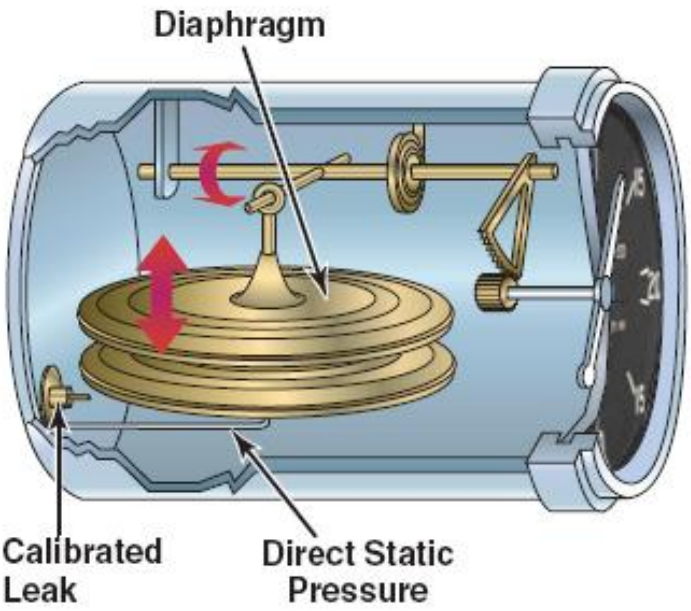


Εικόνα 7. Οι εσωτερικοί μηχανισμοί ενός altimeter. Καθώς εισέρχεται ο αέρα από το static port το βαρόμετρο άνευ υδραργύρου (aneroid) συμπιέζεται ή αποσυμπιέζεται όπου και επιφέρει αλλαγές στον δείκτη του οργάνου.

1.3 Vertical Speed Indicator

Το vertical speed indicator (VSI) απεικονίζει την κατακόρυφη ταχύτητα ή αλλιώς τον ρυθμό ανόδου ή καθόδου του αεροσκάφους και μετράται σε πόδια ανά λεπτό (fpm). Λειτουργεί όπως τα προηγούμενα όργανα μέσα σε μία σφραγισμένη κάψουλα με μέτρηση και σύγκριση της στατικής πίεσης μέσα σε ένα διογκώσιμο διάφραγμα με την στατική πίεση εκτός της κάψουλας. Η πίεση στο εσωτερικό της αλλάζει πολύ γρήγορα καθώς το αεροσκάφος ανεβαίνει ή κατεβαίνει, ενώ η πίεση έξω από την κάψουλα αλλάζει πολύ αργά λόγο της διαβαθμισμένης διαρροής που υπάρχει [Εικόνα 8]. Όταν το αεροσκάφος αρχίζει να αυξάνει το υψόμετρο του, το διάφραγμα θα αρχίσει να συρρικνώνεται με ρυθμό ταχύτερο από αυτόν της διαρροής προκαλώντας την βελόνα του μετρητή στο όργανο να δείξει θετική ταχύτητα (ανόδου).

Το αντίστροφο αυτής της κατάστασης είναι αληθές όταν το αεροσκάφος βρίσκεται σε διαδικασία καθόδου. Όταν τέλος το αεροσκάφος εκτελεί ευθεία ομαλή πτήση το όργανο δείχνει 0 αφού δεν υπάρχουν διαφορές στις πιέσεις στο εσωτερικό της κάψουλας και το διάφραγμα παραμένει σταθερό.



Εικόνα 8. Το εσωτερικό του VSI μετρητή

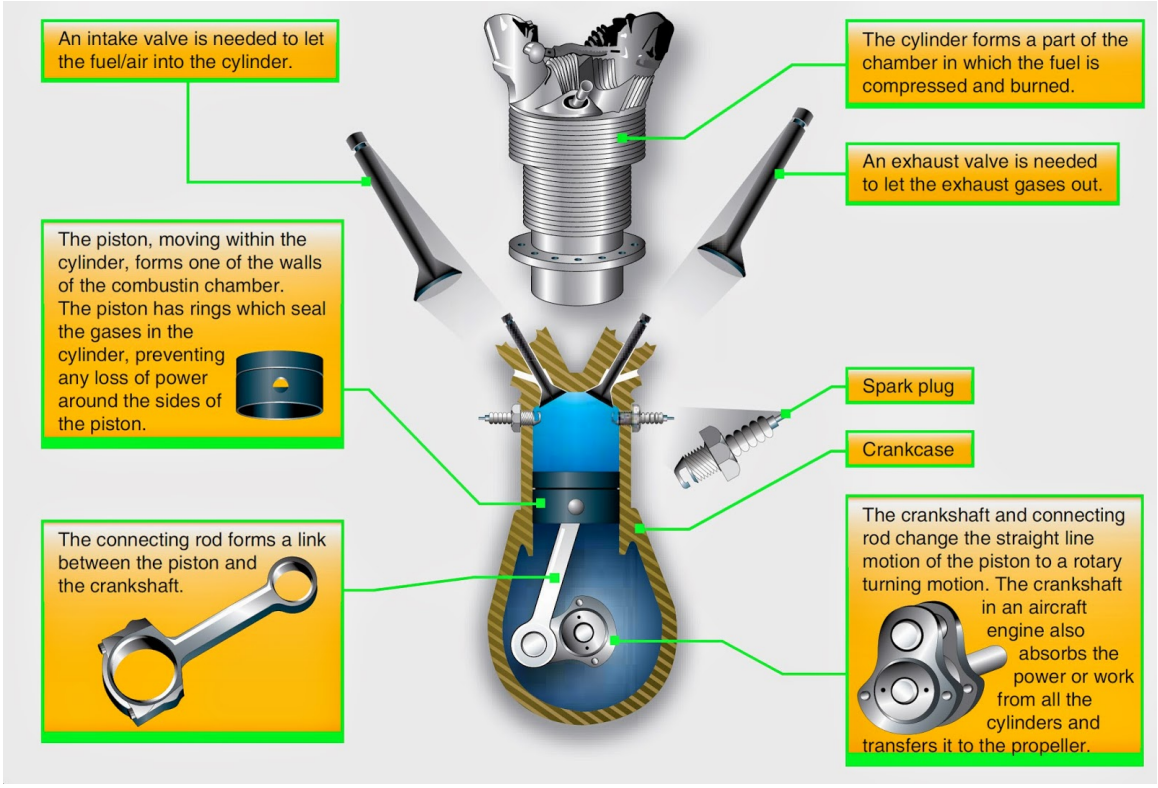
Κεφάλαιο 2

Είδη κινητήρων στα αεροσκάφη

Ένας κινητήρας αεροσκάφους αποτελεί ένα στοιχείο του συστήματος πρόωσης που παράγει μηχανική ισχύ. Οι κινητήρες των αεροσκαφών ανάλογα με τον τύπο και το μέγεθος τους διακρίνονται σε εμβολοφόρους (reciprocating engines) και σε στροβιλοκινητήρες (turbojet engines).

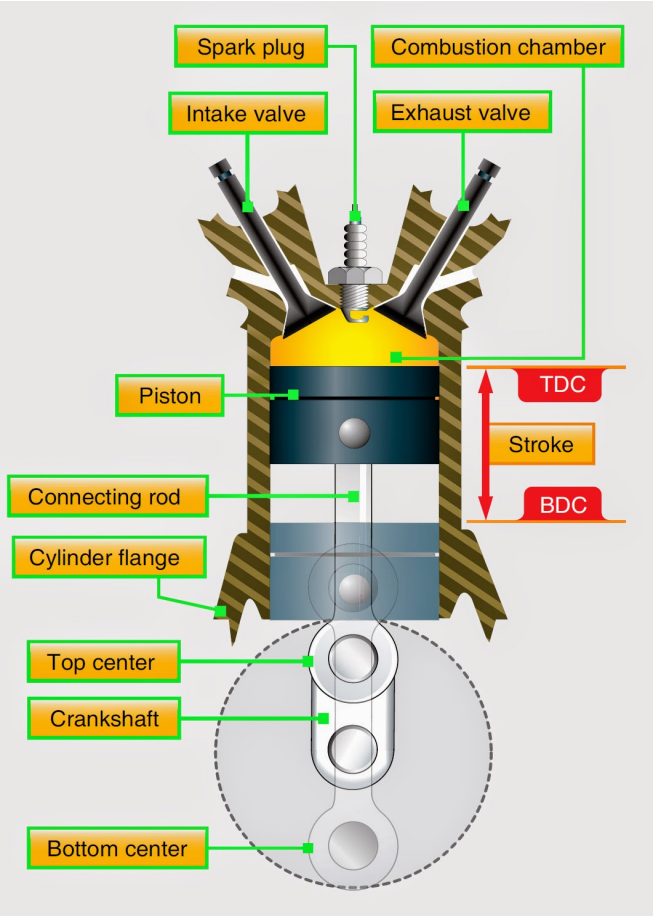
2.1 Εμβολοφόροι κινητήρες

Τα βασικά στοιχεία ενός εμβολοφόρου κινητήρα είναι ο στροφαλοθάλαμος (crankcase), οι κύλινδροι (cylinders), τα έμβολα ή αλλιώς πιστόνια (pistons), οι ράβδοι σύνδεσης, οι βαλβίδες, ο μηχανισμός λειτουργίας των βαλβίδων και ο στροφαλοφόρος άξονας. Στην κεφαλή κάθε κυλίνδρου υπάρχουν οι βαλβίδες και οι αναφλεκτήρες, μια από τις βαλβίδες βρίσκεται στο σύστημα επαγωγής αέρα και η άλλη σε ένα πέρασμα που οδηγεί στο σύστημα εξαγωγής. Μέσα σε κάθε κύλινδρο είναι ένα κινητό έμβολο συνδεδεμένο με έναν στροφαλοφόρο άξονα με την βοήθεια μίας ράβδου σύνδεσης.



Εικόνα 9. Τα βασικά μέρη ενός εμβολοφόρου κινητήρα

Ο κύκλος λειτουργίας μιας παλινδρομικής μηχανής εσωτερικής καύσης περιλαμβάνει τη σειρά γεγονότων που απαιτούνται για την επαγωγή, συμπίεση, ανάφλεξη και καύση, προκαλώντας επέκταση του φορτίου καυσίμου/αέρα στον κύλινδρο και απομάκρυνση των υποπροϊόντων της διαδικασίας καύσης. Όταν το συμπιεσμένο μίγμα αέρα/καυσίμου αναφλέγεται, τα προκύπτοντα αέρια καύσης διαστέλλονται πολύ γρήγορα και ωθούν το έμβολο να απομακρυνθεί από την κυλινδροκεφαλή. Αυτή η προς τα κάτω κίνηση του εμβόλου, που επενεργεί επί του στροφαλοφόρου άξονα διαμέσου της συνδετικής ράβδου, μετατρέπεται σε κυκλική ή περιστροφική κίνηση στον άξονα αυτό. Μια βαλβίδα στην κορυφή του κυλίνδρου ανοίγει για να αφήσει τα καμένα αέρια να διαφύγουν και η ορμή του στροφαλοφόρου άξονα και της έλικας πιέζει το έμβολο πίσω στον κύλινδρο όπου είναι έτοιμος για το επόμενο συμβάν στον κύκλο λειτουργίας του κινητήρα. Μια βαλβίδα στην κυλινδροκεφαλή ανοίγει για να αφήσει ένα νέο μίγμα καυσίμου/αέρα να εισχωρήσει και ονομάζεται βαλβίδα εισαγωγής ενώ η βαλβίδα που επιτρέπει την απομάκρυνση των καυσαερίων ονομάζεται βαλβίδα εξαγωγής. Αυτές οι βαλβίδες ανοίγουν και κλείνουν μηχανικά στις κατάλληλες ώρες από τον μηχανισμό λειτουργίας βαλβίδων.



Εικόνα 10. Εξαρτήματα και ορολογίας της λειτουργίας του κινητήρα

2.2 Στροβιλοκινητήρες

Σε έναν εμβολοφόρο κινητήρα όπως παρατηρήθηκε παραπάνω οι λειτουργίες εισαγωγής, συμπίεσης, καύσης και εξαγωγής λαμβάνουν χώρα στον ίδιο θάλαμο καύσης. Κατά συνέπεια, κάθε μία από αυτές πρέπει να έχει αποκλειστική κατοχή του θαλάμου κατά την διάρκεια του αντίστοιχου μέρους του κύκλου καύσης. Ένα σημαντικό χαρακτηριστικό των στροβιλοκινητήρων είναι ότι ξεχωριστά τμήματα είναι αφιερωμένα σε κάθε λειτουργία και όλες οι λειτουργίες εκτελούνται ταυτόχρονα χωρίς διακοπή.

Ένας τυπικός στροβιλοκινητήρας αποτελείτε από τα εξής :

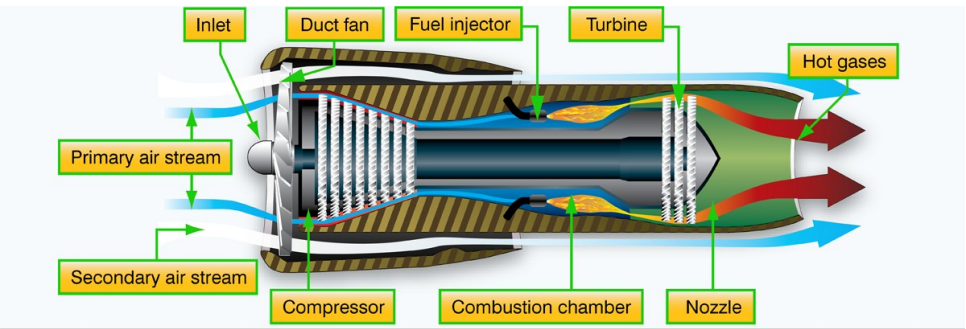
1. **Εισαγωγή αέρα**
2. **Τμήμα συμπίεσης**
3. **Τμήμα καύσης**
4. **Τμήμα στροβίλου**

5. **Τμήμα εξαγωγής κινητήρα**
6. **Τμήμα Accessory (**περιλαμβάνει αισθητήρες του κινητήρα, αντλίες καυσίμου κ.α)
7. **Συστήματα εκκίνησης, λίπανσης, προστασίας από πάγο και τροφοδοσίας καυσίμου κινητήρα**

Οι στροβιλοκινητήρες ταξινομούνται ανάλογα με τον τύπο των συμπιεστών που χρησιμοποιούν. Υπάρχουν τρεις τύποι συμπιεστών – φυγόκεντρης ροής, αξονικής ροής και φυγοκεντρικής-αξονικής ροής. Η συμπίεση του αέρα εισόδου επιτυγχάνεται σε μία μηχανή φυγοκεντρικής ροής επιταχύνοντας τον αέρα προς τα έξω κάθετα στον διαμήκη άξονα της μηχανής. Ο κινητήρας αξονικής ροής συμπιέζει τον αέρα από μια σειρά περιστρεφόμενων πτερυγίων που μετακινούν τον αέρα παράλληλα προς τον διαμήκη άξονα. Τέλος, η φυγοκεντρική-αξονική ροή χρησιμοποιεί και τα δύο είδη για να επιτύχει την επιθυμητή συμπίεση. Η διαδρομή που παίρνει ο αέρας μέσω του κινητήρα και η παραγωγή ισχύος καθορίζει τον τύπο του κινητήρα. Οι τύποι στροβιλοκινητήρων είναι τέσσερις και ονομάζονται, turbojet, turbofan, turboprop και turboshaft. Οι turbofan κινητήρες αποτελούν μια βελτιωμένη και πιο σύγχρονη έκδοση των turbojet στα μεγάλα επιβατικά αεροσκάφη, οι turboshaft χρησιμοποιούνται κυρίως στα ελικόπτερα ενώ οι turboprop χρησιμοποιούνται σε μικρότερα ελικοφόρα αεροσκάφη.

2.2.1 Turbofans

Οι turbofans αναπτύχθηκαν για να συνδυάσουν μερικά από τα καλύτερα χαρακτηριστικά του turbojet και του turboprop κινητήρα μεταξύ των οποίον να είναι πιο αθόρυβοι αλλά και πιο αποδοτικοί έχοντας χαμηλότερη κατανάλωση καυσίμου. Οι κινητήρες αυτοί διαθέτουν παραπάνω από έναν άξονες στο εσωτερικό τους.



Εικόνα 11. Κινητήρας turbofan

Το τμήμα του συμπιεστή (compressor), του θαλάμου ανάφλεξης (combustion chamber) και του στροβίλου (turbine) ονομάζεται “Core Engine” και περιβάλλεται από έναν μεγάλο ανεμιστήρα μπροστά και έναν επιπρόσθετο στρόβιλο πίσω. Αποτελούνται και οι δύο από πολλές λεπίδες όπως και ο συμπιεστής με την μεταξύ τους σύνδεση να γίνεται μέσω ενός άξονα. Ο άξονας που διαθέτει ο ανεμιστήρας στην υποδοχή περνάει μέσα από αυτόν της Core Engine δίνοντας επιπλέον απόδοση στον κινητήρα. Η διάταξη αυτή ονομάζεται “Two Spool Engine” λόγο των δύο αξόνων, ενώ σε πιο προηγμένους κινητήρες οι άξονες μπορεί να είναι περισσότεροι για ακόμα μεγαλύτερη αποδοτικότητα.

Κατά την λειτουργία ενός turbofan ο αέρας εισέρχεται από την είσοδο του κινητήρα (inlet) [Εικόνα 11] ένα κομμάτι του οποίου περνούν από τον ανεμιστήρα και στην συνέχεια από τον συμπιεστή, τον θάλαμο ανάφλεξης όπου γίνεται η ανάμιξη με το καύσιμο και τελικά η καύση. Ο καυτός αέρα που απελευθερώνεται περνά μέσα από τον στρόβιλο (turbine) και έπειτα έξω από το ακροφύσιο (nozzle). Το υπόλοιπο κομμάτι αέρα που εισέρχεται από τον ανεμιστήρα παρακάμπτει το Core Engine (secondary air stream) και ενισχύει την ταχύτητα του αέρα που περνάει μέσα από αυτόν. Η αναλογία του αέρα που παρακάμπτει το Core Engine ονομάζεται bypass ratio.

2.3 Αισθητήριες διατάξεις ελέγχου κινητήρα

Οι μηχανές των αεροσκαφών ενσωματώνουν πολλούς αισθητήρες για την μέτρηση των λειτουργικών παραμέτρων τους τόσο στον άμεσο ηλεκτρικό έλεγχο της απόδοσης αλλά και μακροπρόθεσμα για την παρακολούθηση της ‘‘υγείας’’ του κινητήρα. Οι ίδιοι ή ξεχωριστοί αισθητήρες μπορούν να εξυπηρετήσουν αυτές τις δύο λειτουργίες. Πολλοί από τους αισθητήρες ελέγχου παρέχουν επίσης σήματα στους δείκτες του πιλοτηρίου που ενημερώνουν τον πιλότο για την κατάσταση του κινητήρα αλλά και για την αύξηση ή μείωση της ισχύς του. Οι αισθητήρες τοποθετούνται πάνω ή στο εσωτερικό του κινητήρα και κατά συνέπεια λειτουργούν κάτω από ακραίες περιβαλλοντικές συνθήκες. Απαιτούνται αισθητήρες, για παράδειγμα, στο να κάνουν ακριβείς μετρήσεις ανά τα έτη σε περιβάλλον με θερμοκρασίες που κυμαίνονται από τους -60 ^{0}C έως τους +1200 ^{0}C ή μπορεί να χρειαστεί να αντέξουν ζεστά διαβρωτικά αέρια και ψεκασμούς λαδιών ακόμα και συνολική βύθιση τους μέσα σε αυτά ενώ παράλληλα δεν πρέπει να είναι ευαίσθητα στις δονήσεις.

Ανάλογα με τον σχεδιασμό του εκάστοτε κινητήρα, τέτοιοι αισθητήρες μπορούν και μετρούν την θερμοκρασία του κινητήρα, τις πιέσεις, την ταχύτητα, την ροπή, τις δονήσεις καθώς και την ροή του καυσίμου αλλά και τις θέσεις των βαλβίδων, βανών και διάφορων αντικειμένων ελέγχου. Τα σήματα όλων αυτών των αισθητήρων συλλέγονται και τροφοδοτούν έναν ηλεκτρονικό ελεγκτή ο οποίος είναι εξίσου τοποθετημένος πάνω στον κινητήρα. Ο ελεγκτής αυτός αισθάνεται τις αλλαγές στις συνθήκες λειτουργίας σε στρατηγικά σημεία του κινητήρα και κάνει τις απαραίτητες ρυθμίσεις στην ροή ή στην γωνία ψεκασμού του καυσίμου, στην ψύξη του κινητήρα κ.α με σκοπό να παράξει την απαραίτητη δύναμη με τον πιο αποδοτικό και ασφαλή τρόπο ύστερα από τις εντολές του πιλότου.

2.3.1 Tachometers

Το tachometer ή στα ελληνικά ταχύμετρο είναι ένα όργανο που μετράει την ταχύτητα περιστροφής του στροφαλοφόρου άξονα ενός εμβολοφόρου κινητήρα. Μπορεί να είναι ένα όργανο άμεσης ή απομακρυσμένης ένδειξης, το καντράν της οποίας βαθμονομείται για να υποδεικνύει περιστροφές ανά λεπτό (RPM). Στους εμβολοφόρους κινητήρες, το tachometer χρησιμοποιείται για την παρακολούθηση της ισχύος του κινητήρα και για την εξασφάλιση της λειτουργίας του κινητήρα εντός πιστοποιημένων ορίων.

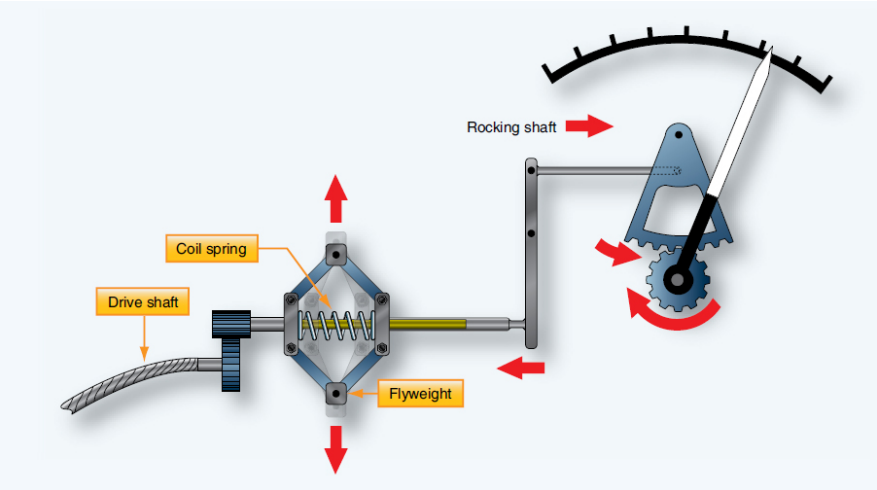
Οι στροβιλοκινητήρες διαθέτουν επίσης tachometers τα οποία χρησιμοποιούνται για την καταγραφή των στροφών των τμημάτων του συμπιεστή του κινητήρα. Βαθμονομούνται σε ποσοστό στροφών ανά λεπτό με το 100% να αντιστοιχεί στην βέλτιστη ταχύτητα του στροβίλου.



Εικόνα 12. Στα αριστερά η απεικόνιση του tachometer σε εμβολοφόρο κινητήρα. Στα δεξιά η απεικόνιση του tachometer σε στροβιλοφόρο κινητήρα.

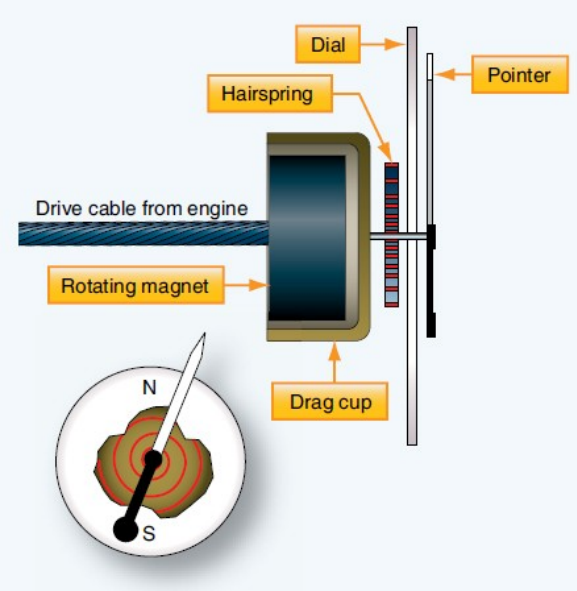
2.3.1 α. Μηχανικά Tachometers

Τα μηχανικά tachometer συστήματα βρίσκονται σε μικρά αεροσκάφη ενός μοτέρ στα οποία υπάρχει μικρή απόσταση μεταξύ του κινητήρα και του πίνακα οργάνων. Αποτελούνται από έναν δείκτη συνδεδεμένο στον κινητήρα με έναν εύκαμπτο κινητήριο άξονα. Ο άξονας αυτός είναι προσανατολισμένος στον κινητήρα έτσι ώστε όταν περιστρέφεται ο κινητήρα να περιστρέφεται και αυτός παράλληλα. Εμπεριέχει ένα flyweight σύστημα [Εικόνα 13] που είναι συνδεδεμένο σε έναν άξονα μετάδοσης ταχύτητας που κινεί έναν δείκτη. Ο άξονας αυτός περιστρέφεται και λόγο της φυγόκεντρης δύναμης το flyweight σύστημα μετακινείται σε γωνιακή θέση ανάλογη με τις στροφής του κινητήρα που απεικονίζεται από τον δείκτη του tachometer.



Εικόνα 13. Ένα μηχανικό tachometer τύπου flyweight

Μία πιο συνηθισμένη παραλλαγή του μηχανικού tachometer χρησιμοποιεί ένα μαγνητικό δοχείο έλξης για να μετακινήσει το δείκτη στην ένδειξη. Καθώς ο άξονας στρέφεται, περιστρέφει έναν μόνιμο μαγνήτη σε ένα αλουμινένιο δοχείο. Ένας άξονας που συνδέεται με το σημείο ένδειξης του μηχανισμού είναι τοποθετημένος στο εξωτερικό κέντρο του δοχείου. Καθώς ο μαγνήτης περιστρέφεται από το καλώδιο κίνησης του κινητήρα, το μαγνητικό του πεδίο περνάει μέσα από τον αγωγό που τον περιβάλλει δημιουργώντας δινορεύματα στο δοχείο αλουμινίου. Αυτή η ροή ρεύματος δημιουργεί το δικό της μαγνητικό πεδίο το οποίο αλληλεπιδρά με το πεδίο ροής του περιστρεφόμενου μαγνήτη. Το αποτέλεσμα είναι ότι το δοχείο περιστρέφεται και μαζί του ο δείκτης απεικόνισης. Ένα βαθμονομημένο ελατήριο συγκράτησης περιορίζει την περιστροφή του δοχείου ώστε να είναι παρόμοια με το τόξο περιστροφής του δείκτη κατά μήκος της κλίμακας του οργάνου.



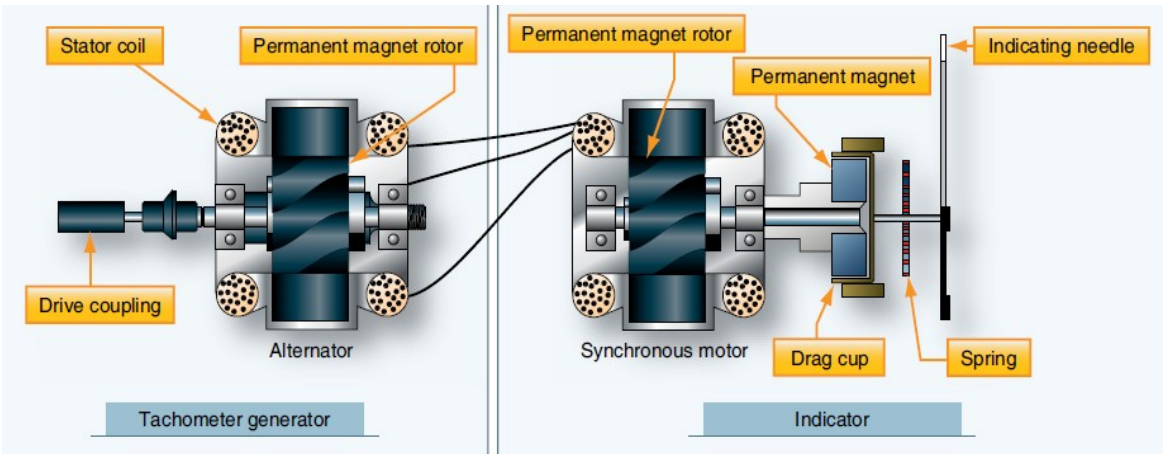
Εικόνα 14. Μια απλουστευμένη συσκευή tachometer μαγνητικής ροής

2.3.1 β. Ηλεκτρικά Tachometers

Δεν είναι πρακτικό να χρησιμοποιείται μηχανική σύνδεση μεταξύ του κινητήρα και του δείκτη στροφών σε αεροσκάφος με κινητήρες που δεν είναι τοποθετημένοι στην άτρακτο ακριβώς μπροστά από το cockpit. Με την χρήση ηλεκτρικών tachometers επιτυγχάνεται μεγαλύτερη ακρίβεια με λιγότερη συντήρηση.

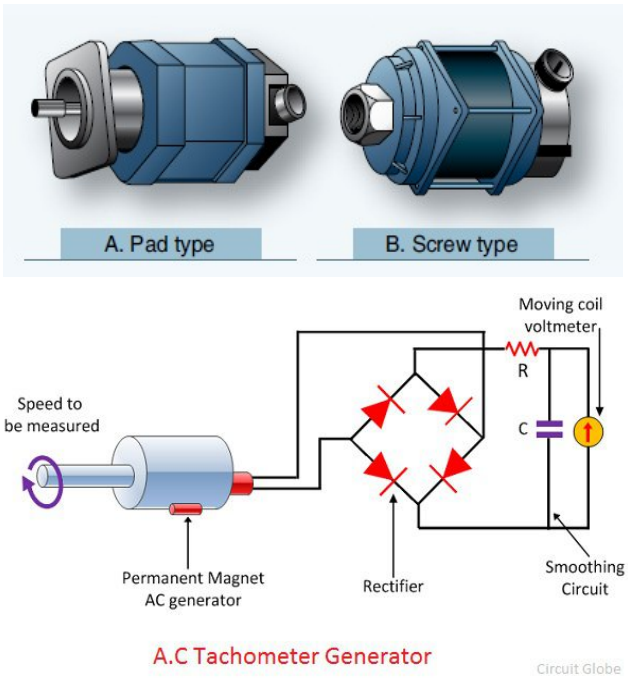
Ένα ηλεκτρικό ταχύμετρο χρησιμοποιεί μια μικρή γεννήτρια εναλλασσόμενου ρεύματος προσαρμοσμένη στο κιβώτιο ταχυτήτων μιας εμβολοφόρου μηχανής ή στο accessory drive ενός στροβιλοφόρου κινητήρα. Καθώς ο κινητήρας περιστρέφεται, το ίδιο κάνει και η γεννήτρια με την συχνότητα εξόδου της να είναι ανάλογη με την ταχύτητα του κινητήρα. Συνδέεται μέσω καλωδίων με έναν synchronous κινητήρα, έναν κινητήρα δηλαδή που διαθέτει την ίδια συχνότητα λειτουργίας με την γεννήτρια και έπειτα ακολουθεί η απεικόνιση των ενδείξεων στο όργανο.

Για την κίνηση του δείκτη του οργάνου χρησιμοποιείται, όπως και στους μηχανικούς, ένα δοχείο έλξης (drag cup) [Εικόνα 14].



Εικόνα 15. Ένα ηλεκτρικό ταχύμετρο με synchronous κινητήρα και μαγνητικό δοχείο.

Δύο διαφορετικοί τύποι γεννήτριας, που διακρίνονται από τον τύπο συστήματος τοποθέτησης, φαίνονται στην εικόνα 16.

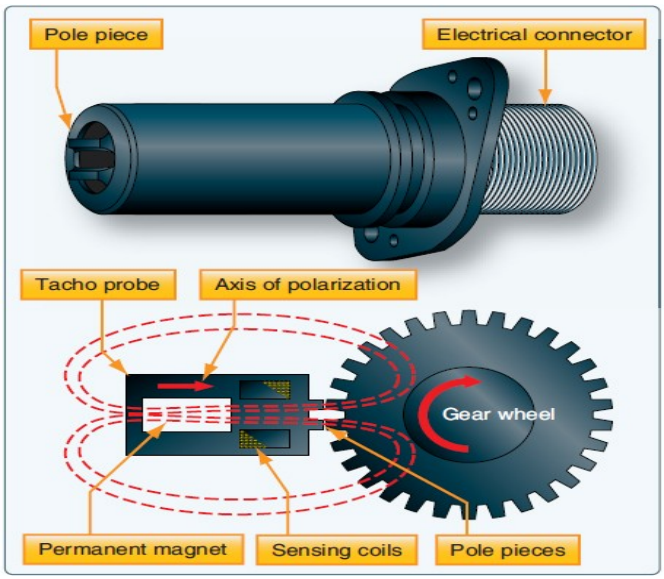


Εικόνα 16. Γεννήτριες ταχυμέτρων (πάνω), ηλεκτρικό κύκλωμα γεννήτριας (κάτω).

2.3.1 γ. Tachometers probes

Το σύστημα αυτό χρησιμοποιείται σε διάφορους τύπους μεγάλων αεροσκαφών που δεν χρησιμοποιούν το σύστημα της γεννήτριας για την μέτρηση στροφών και έχει το πλεονέκτημα ότι παρέχει ξεχωριστές ηλεκτρικές εξόδους, πέρα όλων αυτών που χρειάζεται για την ένδειξη της ταχύτητας, για επιπλέων απεικονίσεις όπως δεδομένα πτήσης, καταγραφή και έλεγχο του κινητήρα. Επιπλέον, υπάρχει το πλεονέκτημα ότι δεν διαθέτει κινούμενα μέρη.

Ο ανιχνευτής (probe) αποτελείται από ανοξείδωτο χάλυβα, είναι ερμητικά σφραγισμένος και τοποθετημένος με φλάντζα πάνω στον κινητήρα στο τμήμα του συμπιεστή. Στο εσωτερικό του διαθέτει έναν μαγνήτη, μέταλλο υψηλής μαγνητικής διαπερατότητας και έναν αριθμό νικελίου/χρωμίου πηνίων γύρω από έναν σιδηρομαγνητικό πυρήνα. Ξεχωριστές περιελίξεις (από πέντε έως εφτά ανάλογα με τον τύπο του probe) παρέχουν τις απαιτούμενες εξόδους για τον δείκτη απεικόνισης και σε άλλους εξοπλισμούς που απαιτούν δεδομένα ταχύτητας κινητήρα. Ένας περιστρεφόμενος οδοντωτός τροχός, ο οποίος κινείται με την ίδια ταχύτητα με τον άξονα του συμπιεστή του κινητήρα, μεταβάλλει την πυκνότητα του μαγνητικού πεδίου καθώς κινείται σε κοντινή απόσταση από αυτό. Με αυτό τον τρόπο παράγονται σήματα τάσης στα πηνία με το εύρος των ηλεκτρομαγνητικών αυτών σημάτων (EMF) να ποικίλλει άμεσα ανάλογα με την ταχύτητα του κινητήρα. Τα σήματα εξόδου του probe υποβάλλονται σε επεξεργασία σε μια απομακρυσμένη μονάδα με σκοπό να ενισχυθούν και να τροφοδοτήσουν έναν σερβοκινητήρα πάνω στο οποίο είναι ο δείκτης απεικόνισης στο cockpit.



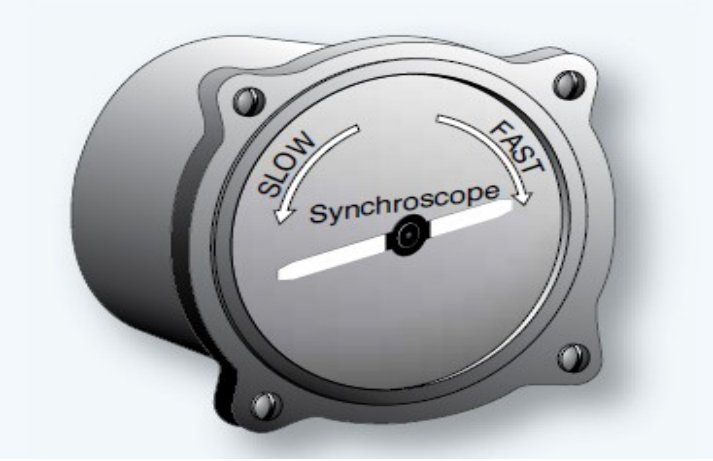
Εικόνα 17. Απεικόνιση ενός tacho probe (πάνω) και της μαγνητικής ροής που μεταβάλλεται με την περιστροφή του τροχού (κάτω).

2.3.2 Synchroscopes

Τα synchroscopes είναι συσκευές που απεικονίζουν αν δύο ή περισσότερες περιστρεφόμενες συσκευές, όπως οι κινητήρες, είναι συγχρονισμένες. Δεδομένου ότι οι συσκευές αυτές συγκρίνουν τα RPM των κινητήρων, χρησιμοποιούν την έξοδο από τις γεννήτριες του ταχυμέτρου. Αποτελούνται από ένα μικρό ηλεκτρικό κινητήρα ή κινητήρας συγχρονισμού που λαμβάνει ρεύμα από τις γεννήτριες και των δύο κινητήρων. Το ρεύμα από τον πιο γρήγορο κινητήρα ελέγχει την κατεύθυνση στην οποία περιστρέφεται ο μικρός ηλεκτροκινητήρας.

Αν και οι δύο κινητήρες λειτουργούν με ακριβώς την ίδια ταχύτητα, ο κινητήρας συγχρονισμού δεν λειτουργεί. Εάν ένας κινητήρας λειτουργεί ταχύτερα σε σχέση με τον άλλον, το σήμα της γεννήτριας λειτουργίας του θα αναγκάσει τον κινητήρα συγχρονισμού να γυρίσει προς μια δεδομένη κατεύθυνση, στην περίπτωση που ο δεύτερος κινητήρας περιστρέφεται γρηγορότερα η δική του γεννήτρια θα τροφοδοτήσει τον κινητήρα να περιστραφεί προς την αντίθετη κατεύθυνση. Ο χειριστής είναι υπεύθυνος για να κάνει τις απαραίτητες ενέργειες ώστε ο δείκτης να μην κινείται.

Η χρήση του synchroscope περιλαμβάνει τον χαρακτηρισμό ενός από τους κινητήρες του αεροσκάφους ως “κύριος”. Οι στροφές ανά λεπτό του άλλου κινητήρα συγκρίνονται πάντοτε με τις στροφές του κύριου. Στο σχήμα 18 παρακάτω παρουσιάζεται ο δείκτης απεικόνισης συγχρονισμού δύο κινητήρων με το ‘‘slow’’ και “fast” να αντιπροσωπεύουν τις στροφές του άλλου κινητήρα σε σχέση με τον κύριο, με τον χειριστή να πραγματοποιεί ανάλογα τις προσαρμογές.



Εικόνα 18. Απεικόνιση μέσω synchroscope της σχέσης ταχύτητας μεταξύ των 2 κινητήρων

2.3.3 Επιταχυνσιόμετρα

Το επιταχυνσιόμετρο ή accelerometer, είναι μια συσκευή που μετράει την επιτάχυνση ενός αντικειμένου ή με την βοήθεια των νόμων κίνησης την δύναμη που ασκείται σε μια επιφάνεια από τον $2_ο$ Νόμο του Newton $\mathbf{F = m\ a} <=> \mathbf{a = F / m}$ όπου **a** = επιτάχυνση, **F** = δύναμη και **m** = μάζα. Σε ένα αεροσκάφος το επιταχυνσιόμετρο υπολογίζει την δύναμη που δέχεται από τον αέρα η άτρακτος την ώρα της πτήσης.

2.3.3 α. Μηχανικά επιταχυνσιόμετρα

Τα πιο απλά επιταχυνσιόμετρα είναι μηχανικά όργανα ανάγνωσης που έχουν βαθμονομηθεί για να δείχνουν τη δύναμη σε Gs με το ένα G να είναι ίσο με μια φορά τη δύναμη της βαρύτητας. Η επιφάνεια απεικόνισης του οργάνου είναι κλιμακωτή ώστε να εμφανίζει θετικές και αρνητικές δυνάμεις. Θετική δύναμη G δημιουργείται όταν το αεροσκάφος εκτελεί μια γρήγορη άνοδο ενώ στην περίπτωση μιας ταχέως καθόδου δημιουργούνται αρνητικά Gs.

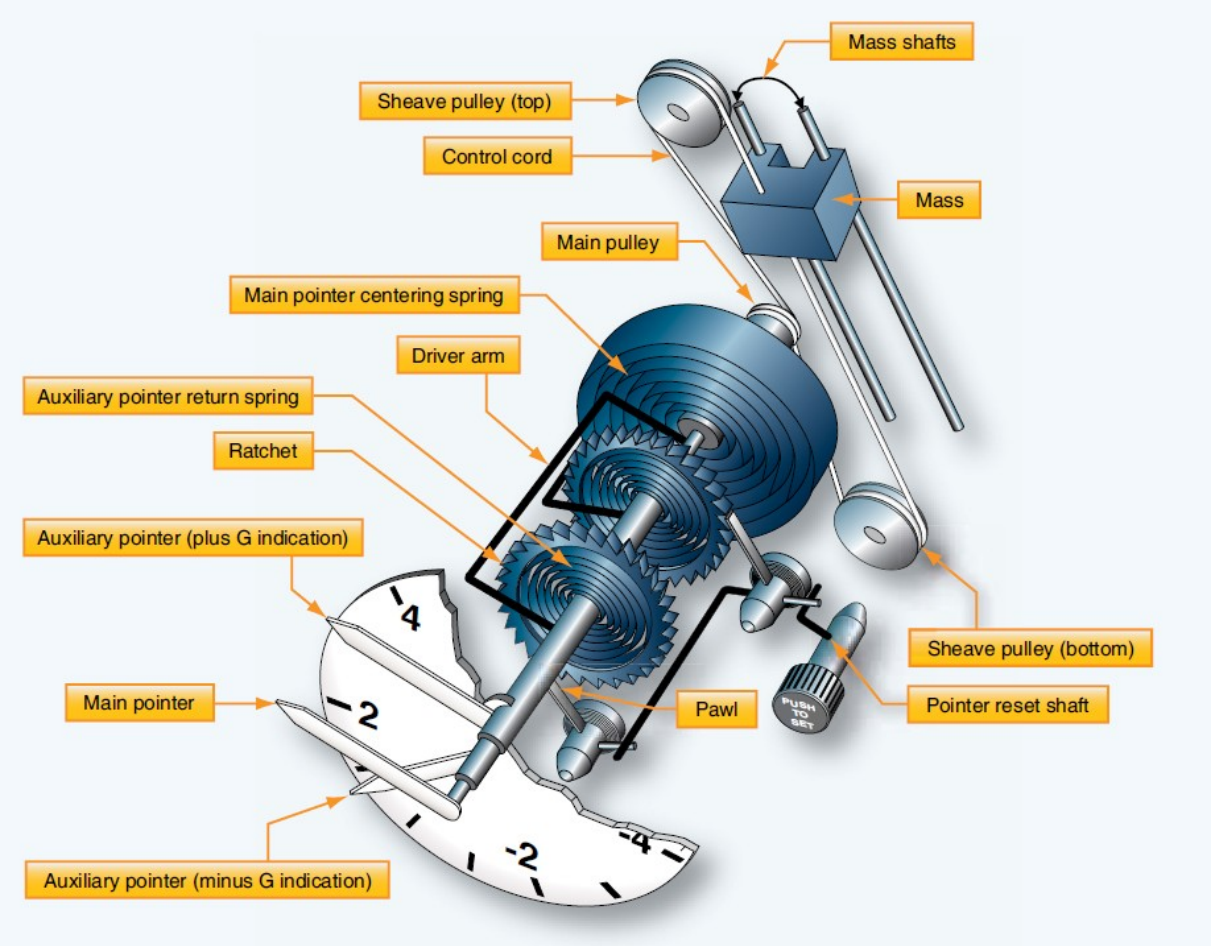
Τα περισσότερα επιταχυνσιόμετρα διαθέτουν 3 δείκτες. Ο ένας είναι ο δείκτης που απεικονίζει την δύναμη που ασκείται την δεδομένη στιγμή στο αεροσκάφος, ο δεύτερος αφορά μόνο τα θετικά Gs ακολουθώντας τον πρώτο δείκτη μέχρι το μέγιστο θετικό G και ο τρίτος κάνει αντίστοιχη δουλειά για τα αρνητικά Gs απεικονίζοντας τον μέγιστο αρνητικό G. Οι δύο δείκτες, θετικός και αρνητικός, μπορούν να επαναρυθμιστούν στο 0 με ένα κουμπί στην επιφάνεια του οργάνου.



Εικόνα 19. Οι τρεις δείκτες απεικόνισης των Gs ενός επιταχυνσιόμετρου

Η λειτουργία του επιταχυνσιόμετρου είναι βασισμένη στην αρχή της αδράνειας. Μια μάζα ή βάρος είναι τοποθετημένο μέσα στην συσκευή ελεύθερη να ολισθαίνει κατά μήκος ενός άξονα στην παραμικρή δύναμη επιτάχυνσης που του ασκείται. Όταν ένας ελιγμός δημιουργήσει μια επιταχυνόμενη δύναμη, το αεροσκάφος και το όργανο κινούνται αλλά η αδράνεια προκαλεί την μάζα να παραμείνει σε ηρεμία και να μην κινηθεί. Καθώς ο άξονας ολισθαίνει διαμέσου του βάρους, αλλάζει η σχετική θέση του στον άξονα με την θέση αυτή να αντιστοιχεί στην δύναμη που βίωσε.

Μέσω μιας σειράς τροχαλιών, ελατηρίων και αξόνων, οι δείκτες του οργάνου μετακινούνται για να απεικονίσουν την σχετική δύναμη της επιτάχυνσης.



Εικόνα 20. Η εσωτερική λειτουργία ενός μηχανικού επιταχυνσιόμετρου μάζας.

Υπάρχουν πολλοί διαφορετικοί τρόποι για να δημιουργηθεί ένα επιταχυνσιόμετρο. Ένας τρόπος είναι η αξιοποίηση του πιεζοηλεκτρικού φαινομένου. Αυτά χρησιμοποιούν πιεζοκρύσταλο ο οποίος πιέζεται από μάζα ανάλογη της επιτάχυνσης που δέχεται αυτή και παράγει τάση λόγω του πιεζοηλεκτρικού φαινομένου.

Ένας άλλος τρόπος είναι η μέτρηση αλλαγών στην χωρητικότητα ενός πυκνωτή. Ο πυκνωτής αποτελεί μέρος της αναρτώμενης μάζας και η τιμή του μεταβάλλεται με την κίνηση αυτής της μάζας. Η αξιοποίηση της μεταβολής της χωρητικότητας του πυκνωτή μας παρέχει μέτρηση επιτάχυνσης.

2.3.4 Επιταχυνσιόμετρο χωριτηκότητας (CAPACITANCE)

Το επιταχυνσιόμετρο χωρητικότητας χρησιμοποιείται κατά κόρων στα επιβατικά αεροσκάφη, λειτουργεί κάνοντας χρήση της διάταξης πυκνωτή-μάζας αδράνειας και αποτελεί μέρος του συστήματος αδρανειακής πλοήγησης ή αδρανειακού συστήματος αναφοράς (IRS) επιβατικών αεροσκαφών.

Παρατηρώντας το σχηματικό διάγραμμα παρακάτω [Εικόνα 21] φαίνεται με πορτοκαλί χρώμα η αναρτημένη μάζα ανάμεσα στους πόλους δύο μαγνητών, (άνω κάτω). Γύρω από την μεταλλική μάζα υπάρχει τύλιγμα πηνίου. Το έλασμα ανάρτησης της μεταλλικής μάζας, με το κίτρινο χρώμα, σε συνδυασμό με δυο αγώγιμες πλάκες άνω και κάτω, σχηματίζει πυκνωτές.

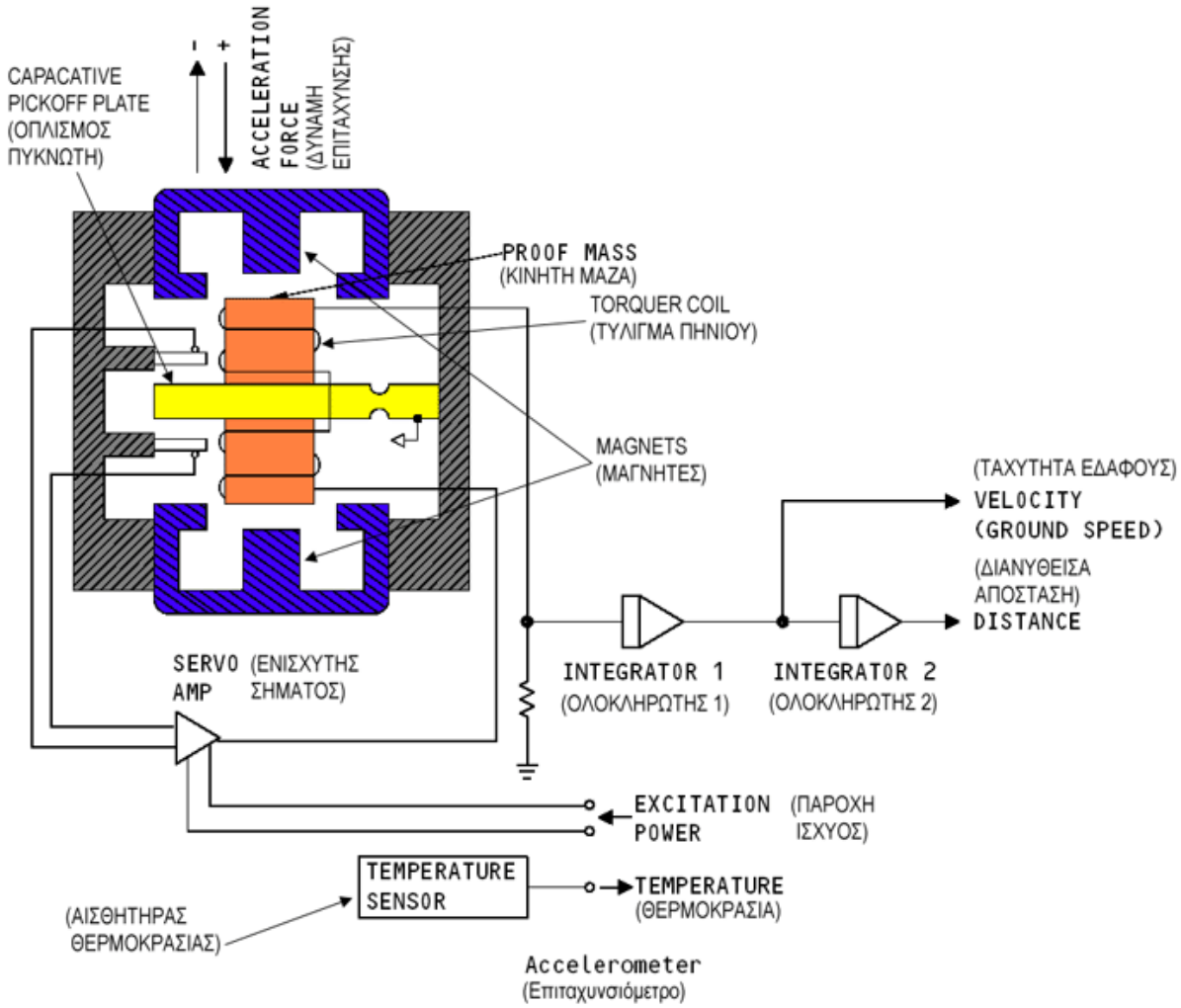
Η επιτάχυνση που ασκείται κατά τον διαμήκη άξονα της μάζας την μετακινεί υπερνικώντας την αντίσταση του ελάσματος από το σημείο ισορροπίας της. Η μετακίνηση αυτή προκαλεί αλλαγή στις χωρητικότητες των δύο πυκνωτών που στο σημείο ισορροπίας της μάζας είναι ίσες.

Ο ενισχυτής σήματος αντιλαμβάνεται αυτήν την διαφοροποίηση σαν σφάλμα και στέλνει κατάλληλο ηλεκτρικό ρεύμα στο πηνίο που περιβάλει την μάζα με σκοπό να την επαναφέρει στο σημείο ισορροπίας και να ακυρώσει το σήμα σφάλματος.

Η τιμή του ρεύματος που στέλνεται στο πηνίο για την επαναφορά της μάζας στο σημείο ισορροπίας της αποτελεί την αναλογική έξοδο της συσκευής που αντιστοιχεί στην επιτάχυνση.

Το αναλογικό αυτό σήμα ολοκληρώνεται συναρτήσει του χρόνου μια φορά για να δώσει την ταχύτητα και μια δεύτερη φορά για να δώσει την απόσταση.

Ένας αισθητήρας θερμοκρασίας είναι εγκατεστημένος μαζί με το επιταχυνσιόμετρο με σκοπό την βελτίωση της ακρίβειας του. Το σήμα από τον αισθητήρα θερμοκρασίας χρησιμοποιείται για την διόρθωση του σφάλματος θερμοκρασίας του accelerometer.

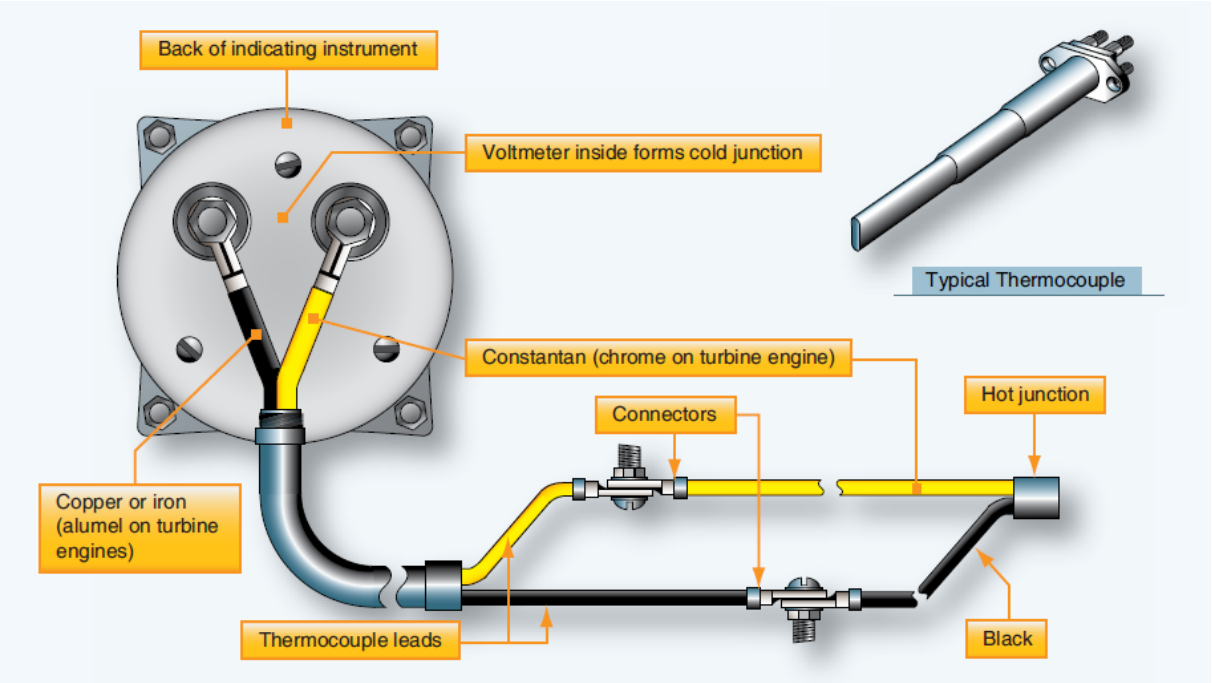


Εικόνα 21. Εσωτερική απεικόνιση της δομής ενός accelerometer χωρητικότητας

2.3.5 Θερμοζεύγη

Τα θερμοζεύγη ή θερμοστοιχεία, στα αγγλικά thermocouples, είναι ένα κύκλωμα ή μια σύνδεση μεταξύ δυο διαφορετικών μετάλλων. Τα μέταλλα αυτά συνδέονται μεταξύ τους σε δυο διαφορετικούς κόμβους. Εάν ένας από τους κόμβους αποκτήσει μεγαλύτερη θερμοκρασία από τον άλλο, παράγεται ηλεκτροκινητική δύναμη στο κύκλωμα. Η τάση που αναπτύσσεται είναι άμεσα ανάλογη της θερμοκρασίας, έτσι με τη μέτρηση της ποσότητας της

ηλεκτροκινητικής δύναμης μπορεί να προσδιοριστεί η θερμοκρασία. Ένα βολτόμετρο είναι τοποθετημένο στον ψυχρότερο κόμβο του θερμοζεύγους. Η συσκευή είναι βαθμονομημένη σε βαθμούς Κελσίου ή Φαρενάιτ, ανάλογα με τις ανάγκες. Όσο θερμότερος γίνεται ο ζεστός κόμβος, τόσο μεγαλύτερη είναι και η ηλεκτροκινητική δύναμη που παράγεται και τόσο υψηλότερη είναι η ένδειξη θερμοκρασίας στον μετρητή.



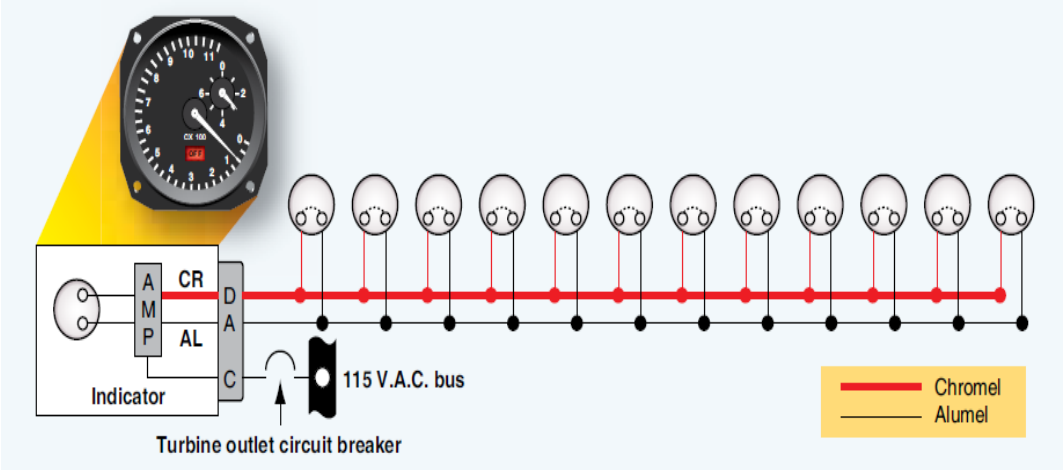
Εικόνα 22. Τα θερμοζεύγη συνδυάζουν δυο διαφορετικά μέταλλα που προκαλούν ροή ρεύματος όταν θερμαίνονται.

Τα θερμοζεύγη χρησιμοποιούνται για την μέτρηση των υψηλών θερμοκρασιών μέσα στο αεροσκάφος. Δύο κοινές εφαρμογές είναι η μέτρηση θερμοκρασίας της κυλινδροκεφαλής στους εμβολοφόρους κινητήρες και η μέτρηση της θερμοκρασία του αέρα εισόδου (inlet) και εξόδου (exhaust) στους στροβιλοκινητήρες. Τα μέταλλα από τα οποία είναι κατασκευασμένα τα θερμοζεύγη διαφέρουν ανάλογα με την μέγιστη θερμοκρασία που εκτίθενται. Ένα κράμα χαλκού και νικελίου μαζί με σίδηρο ή καθαρό χαλκό χρησιμοποιούνται για την κατασκευή των θερμοζευγών στους εμβολοφόρους κινητήρες ενώ χρώμιο και αλουμίνιο χρησιμοποιούνται για τα θερμοζεύγη των στροβιλοφόρων.

Η ποσότητα της τάσης που παράγεται από τα μέταλλα όταν θερμαίνονται μετράται σε millivolts. Επομένως, τα καλώδια των θερμοστοιχείων έχουν σχεδιαστεί για να παρέχουν συγκεκριμένη ποσότητα αντίστασης στο κύκλωμα (συνήθως πολλή μικρή).

2.3.6 Συστήματα ένδειξης θερμοκρασίας στροβίλου

Τα σημεία στα οποία πρόκειται να μετρηθεί η θερμοκρασία του κινητήρα έχουν μεγάλη σημασία καθώς μπορούν να καθορίσουν σε μεγάλο βαθμό την απόδοση του κινητήρα. Όπως προαναφέρθηκε οι ιδανικότερες θέσεις μέτρησης είναι στην εισαγωγή του αέρα, δηλαδή στον αέρα που εισέρχεται στο τμήμα του στροβίλου (TIT system) και στον αέρα εξαγωγής του κινητήρα (EGT system). Χρησιμοποιούνται αρκετά θερμοζεύγη σε όλη την περίμετρο του στροβίλου και της εξαγωγής για βέλτιστα αποτελέσματα. Οι τάσεις που δημιουργούνται από τα θερμοζεύγη ενισχύονται και χρησιμοποιούνται για την ενεργοποίηση ενός σερβοκινητήρα που οδηγεί τον δείκτη απεικόνισης, που αποτελεί μια ερμητικά σφραγισμένη μονάδα [Εικόνα 23]. Η κλίμακα του οργάνου κυμαίνεται από 0^{o} C έως 1200^{o} C.



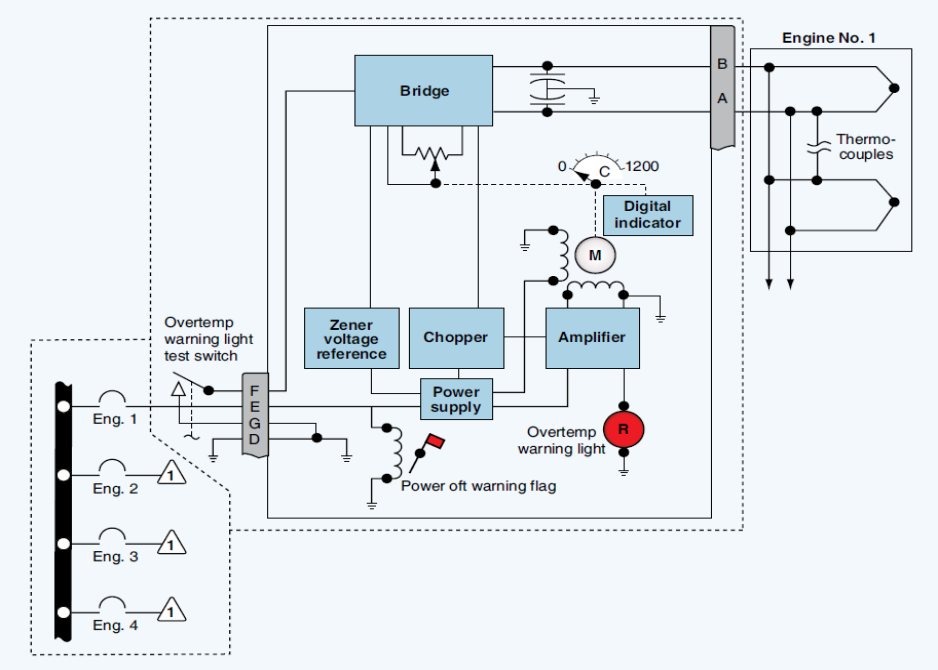
Εικόνα 23. Ένα σύστημα θερμοστοιχείων για την μέτρηση του αέρα εξόδου.

Ένα σχηματικό για το σύστημα μέτρησης θερμοκρασίας στην είσοδο του στροβίλου ενός αεροσκάφους με τέσσερις κινητήρες παρουσιάζεται στην παρακάτω εικόνα 24. Τα κυκλώματα για τους άλλους τρεις κινητήρες είναι παρομοιότυπα με αυτό το σύστημα.

Η ένδειξη περιλαμβάνει ένα κύκλωμα γέφυρας (bridge circuit), ένα κύκλωμα chopper, ένα κινητήρα δυο φάσεων για την κίνηση του δείκτη και ένα ποτενσιόμετρο ανάδρασης. Περιλαμβάνονται επίσης ένα κύκλωμα τάσης αναφοράς (zener voltage reference), ένας ενισχυτής (amplifier), μια τροφοδοσία ρεύματος (power supply) και μια προειδοποιητική λυχνία υπέρβασης θερμοκρασίας.

Η έξοδος του ενισχυτή ενεργοποιεί το μεταβλητό πεδίο του κινητήρα που περιστρέφει τον δείκτη στο όργανο απεικόνισης. Ο κινητήρας ενεργοποιεί επίσης το κύκλωμα ανατροφοδότησης του ποτενσιομέτρου για την διακοπή της περιστροφής του δείκτη όταν

φτάσει στο επιθυμητό σημείο με βάση την θερμοκρασία. Το κύκλωμα αναφοράς παρέχει μια στενά ρυθμισμένη τάση αναφοράς στο κύκλωμα γέφυρας για την αποφυγή σφάλματος στην τάση εισόδου του κυκλώματος από την τροφοδοσία. Η προειδοποιητική λυχνία υπερθέρμανσης ενεργοποιείται όταν το TIT φτάσει σε προκαθορισμένο όριο. Ένας εξωτερικός διακόπτης δοκιμής είναι συνήθως εγκατεστημένος έτσι ώστε οι προειδοποιητικές λυχνίες για όλους τους κινητήρες να μπορούν να δοκιμαστούν ταυτόχρονα.



Εικόνα 24. Ένα σύστημα ελέγχου της θερμοκρασίας του αέρα εισαγωγής ενός στροβίλου

Κεφάλαιο 3

Συστήματα απεικόνισης καυσίμου

Όλα τα αεροσκάφη είναι απαραίτητο να διαθέτουν ένα σύνολο μετρητών/δεικτών που είναι υπεύθυνοι για την απεικόνιση της κατάστασης του καυσίμου.

Την κατάσταση ενός καυσίμου μπορούμε να την κατηγοριοποιήσουμε ως εξής :

- **Ποσότητα καυσίμου**
- **Ροή καυσίμου**
- **Πίεση καυσίμου**
- **Θερμοκρασία καυσίμου**

Στους παραπάνω μετρητές έρχονται να προστεθούν και οι αντίστοιχες απεικονίσεις για τις θέσεις των βαλβίδων, των σωλήνων καυσίμου καθώς και οι προειδοποιητικές λυχνίες λειτουργίας.

3.1 Σύστημα απεικόνισης ποσότητας καυσίμου

Οι συσκευές για την απεικόνιση/μέτρηση της ποσότητας καυσίμου χωρίζονται σε μηχανικές και ηλεκτρικές, διαφέρουν μεταξύ τους ανάλογα με το αεροσκάφος στο οποίο είναι εγκατεστημένες καθώς και την πολυπλοκότητα του συστήματος καυσίμου.

Οι πιο απλοί μετρητές δεν χρειάζονται ρεύμα για την λειτουργία τους, τους συναντάμε σε μικρά αεροσκάφη και ο πιλότος βλέπει απευθείας την ποσότητα καυσίμου που περιέχουν.

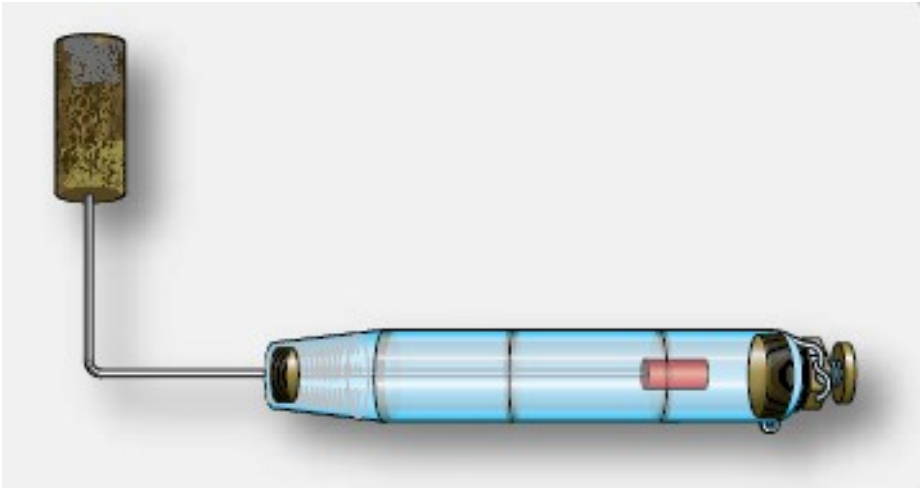
3.1.1 Μηχανικές διατάξεις

Ένα γυαλί προβολής είναι ουσιαστικά ένας γυάλινος ή πλαστικός διαυγής ανοιχτός σωλήνας στην δεξαμενή καυσίμου που γεμίζει στην ίδια στάθμη καύσιμο με αυτήν της δεξαμενής. Βαθμονομείτε σε γαλόνια ή κλάσματα (½ , ¼) πλήρους δεξαμενής που μπορεί να διαβαστεί από τον πιλότο.



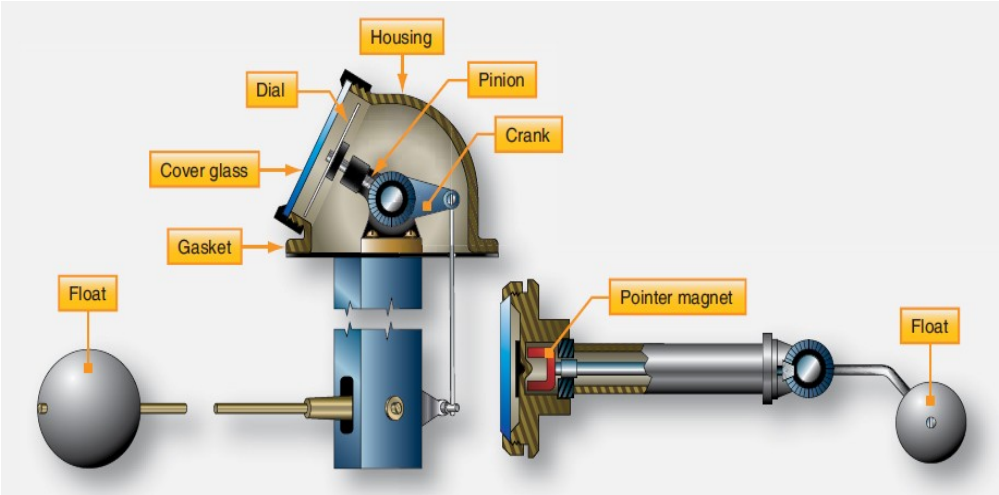
Εικόνα 25. Βαθμονομημένο γυαλί προβολής αεροσκάφους για την ποσότητα καυσίμου που περιέχει. Διακρίνονται τα κλάσματα υποδιαίρεσης του σωλήνα καθώς και η συνολική χωρητικότητα καυσίμου σε γαλόνια.

Ένας άλλος μετρητής χρησιμοποιεί τον παραπάνω μηχανισμό σε συνδυασμό με έναν πλωτήρα που είναι προσαρτημένος σε μια ράβδο που κινείτε προς τα πάνω ή προς τα κάτω, ανάλογα με την ποσότητα του καυσίμου, σε έναν βαθμονομημένο κύλινδρο.



Εικόνα 26. Διακρίνεται ο πλωτήρας με κόκκινο χρώμα καθώς και η ράβδος που είναι προσαρτημένη πάνω του μέσα στον κύλινδρο.

Ένας πιο εξελιγμένος μηχανικός μετρητής που χρησιμοποιείτε συνήθως, εξακολουθεί να χρησιμοποιεί έναν πλωτήρα που ακολουθεί την στάθμη του καυσίμου ως κύριο στοιχείο ανίχνευσης μόνο που πλέον συνδέεται με έναν μηχανικό σύνδεσμο ο οποίος μετακινεί έναν δείκτη κατά μήκος της όψης του οργάνου. Αυτό το επιτυγχάνει με μια διάταξη η οποία περιλαμβάνει μια μανιβέλα και έναν οδοντωτό τροχό που οδηγεί τον δείκτη με γρανάζια ή με μαγνητική ζεύξη.



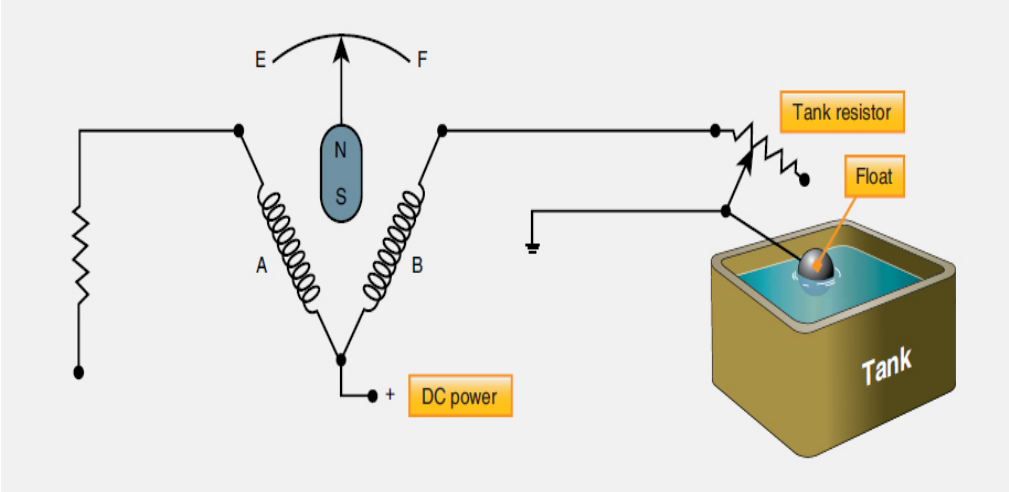
Εικόνα 27. Στο αριστερό σχήμα παρατηρούμε την δίαταξη πλωτήρα-μανιβέλα-τροχού που που οδηγούν τον δείκτη με γρανάζια και δεξία με μαγνητική ζεύξη.

3.1.2 Ηλεκτρικές διατάξεις

Μεγάλα και υψηλής απόδοσης αεροσκάφη χρησιμοποιούν ως επι το πλείστων ηλεκτρονικές διατάξεις για την εποπτεία της ποσότητας καυσίμου. Είναι πιο δαπανηρά αλλά έχουν το πλεονέκτημα ότι δεν διαθέτουν κινούμενα μέρη.

Οι περισσότερες από αυτές τις διατάξεις λειτουργούν με συνεχές ρεύμα (DC) και χρησιμοποιούν μια μεταβλητή αντίσταση σε ένα κύκλωμα για να οδηγήσουν έναν δείκτη τύπου ροόμετρο.

Η κίνηση ενός πλωτήρα στην δεξαμενή μετακινεί έναν βραχίονα συνδεδεμένο με μια μεταβλητή αντίσταση στην δεξαμενή. Η αντίσταση αυτή συνδέεται σε σειρά με ένα από τα πηνία του μετρητή καυσίμου (ροόμετρο) στο ταμπλό των οργάνων. Οι αλλαγές στο ρεύμα που ρέει μέσω της αντίστασης της δεξαμενής αλλάζουν το ρεύμα που ρέει μέσα από τα πηνία της ενδεικτικής λυχνίας. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα να μεταβάλλεται το μαγνητικό πεδίο στο οποίο ο δείκτης περιστρέφεται. Ο βαθμονομημένος πίνακας δείχνει την αντίστοιχη ποσότητα καυσίμου.



Εικόνα 28.Ένας ηλεκτρικός DC δείκτης ποσότητας καυσίμου που χρησιμοποιεί μεταβλητή αντίσταση η οποία μεταβάλλεται από τον βραχίονα της δεξαμενής. Διακρίνονται τα πηνία A,B καθώς και ο δείκτης ανάμεσα τους που δείχνει την ποσότητα.

Από την ίδια ακριβώς ηλεκτρική διάταξη μπορούμε να απεικονίσουμε και ψηφιακά τις ενδείξεις της μεταβλητής αντίστασης και κατ επέκταση την ποσότητα του καυσίμου. Οι ψηφιακοί αυτοί δείκτες μετατρέπουν σε ψηφιακό σήμα την έξοδο της αντίστασης και το απεικονίζουν στο πιλοτήριο.

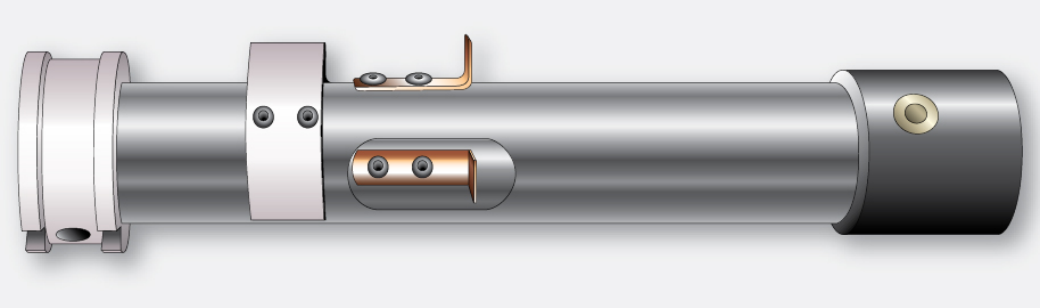


Εικόνα 29. Ψηφιακοί δείκτες ένδειξης ποσότητας καυσίμου σε αεροσκάφος

Μεταδότες μεταβλητής χωρητικότητας τοποθετούνται στις δεξαμενές καυσίμων που εκτείνονται από την κορυφή προς το κάτω μέρος της στο χρησιμοποιούμενο καύσιμο.

Πολλοί από αυτούς τους μεταδότες ή αισθητήρες καυσίμων, όπως συχνά αποκαλούνται, μπορούν να εγκατασταθούν σε μια μεγάλη δεξαμενή. Είναι συνδεδεμένοι παράλληλα και καθώς αλλάζει το επίπεδο των καυσίμων αλλάζει και η χωρητικότητα τους. Η χωρητικότητα που μεταδίδεται από όλους τους αισθητήρες αθροίζεται και συγκρίνεται με ένα κύκλωμα γέφυρας (bridge circuit) που βρίσκεται στον μικροελεγκτή ενός υπολογιστή εγκατεστημένου στους δείκτες ένδειξης ποσότητας καυσίμου του πιλοτηρίου.

Το μεγάλο πλεονέκτημα αυτής της διάταξης είναι οτί καθώς το αεροσκάφος κάνει διάφορους ελιγμούς στον αέρα το καύσιμο μέσα στις δεξαμενές και στους αισθητήρες κινείτε όμως οι τελικές ενδείξεις παραμένουν ακριβώς ίδιες γιατί η συνολική χωρητικότητα τους δεν αλλάζει.

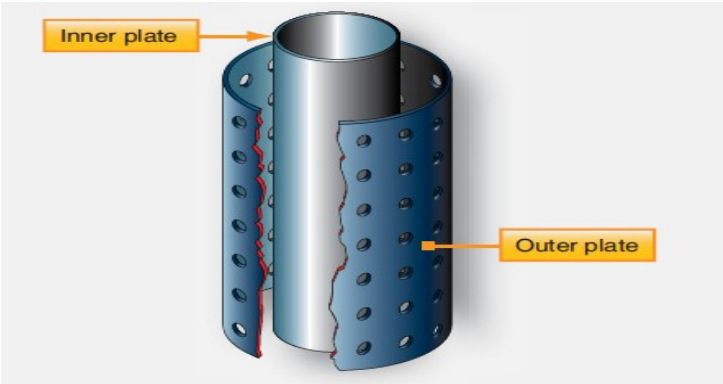


Εικόνα 30. Μεταδότης μεταβλητής χωρητικότητας (αισθητήρας) στην δεξαμενή καυσίμου

Ένας πυκνωτής είναι μια συσκευή που αποθηκεύει ρεύμα. Η ποσότητα ρεύματος που μπορεί να αποθηκεύσει εξαρτάται από 3 παράγοντες : τον χώρο των πλακών του, την απόσταση μεταξύ τους και την διηλεκτρική σταθερά του υλικού ανάμεσα τους. Μια μονάδα δεξαμενής καυσίμου περιέχει 2 ομόκεντρες πλάκες που βρίσκονται σε σταθερή απόσταση μεταξύ τους.

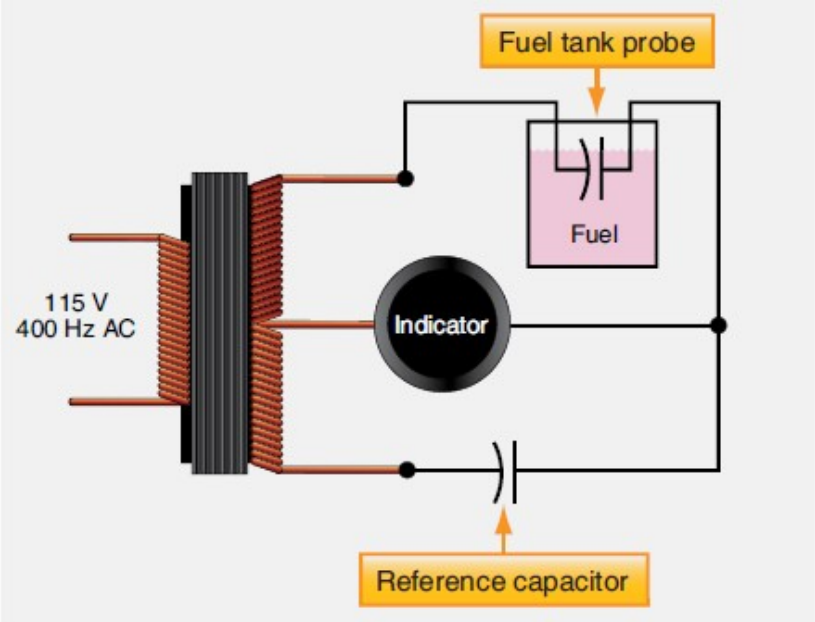
Συνεπώς η χωρητικότητα μιας μονάδας μπορεί να αλλάξει εάν η διηλεκτρική σταθερά του υλικού που διαχωρίζει της πλάκες μεταβάλλεται. Οι μονάδες είναι ανοιχτές στο επάνω και στο κάτω μέρος, ώστε να μπορούν να πάρουν το ίδιο επίπεδο καυσίμου όπως και στις δεξαμενές.

Ως εκ τούτου, το υλικό μεταξύ των πλακών είναι είτε καύσιμο (εάν η δεξαμενή είναι γεμάτη), είτε αέρας (εάν η δεξαμενή είναι άδεια) ή μια οποιαδήποτε αναλογία καυσίμου και αέρα ανάλογα με τα πόσα καύσιμα παραμένουν στην δεξαμενή.



Εικόνα 31. Μια απλή απεικόνιση του παραπάνω πυκνωτή-αισθητήρα που διακρίνονται οι δύο πλάκες.

Το κύκλωμα γέφυρας που μετρά την χωρητικότητα της δεξαμενής χρησιμοποιεί ένας πυκνωτή αναφοράς για σύγκριση. Όταν δημιουργείτε τάση στο κύκλωμα η χωρητικότητα του πυκνωτή αναφοράς με τον πυκνωτή αισθητήρα μπορεί να είναι ίδια ή διαφορετική. Το μέγεθος της διαφοράς μεταφράζεται σε ένδειξη της ποσότητας καυσίμου στη δεξαμενή που βαθμονομείται σε λίβρες.



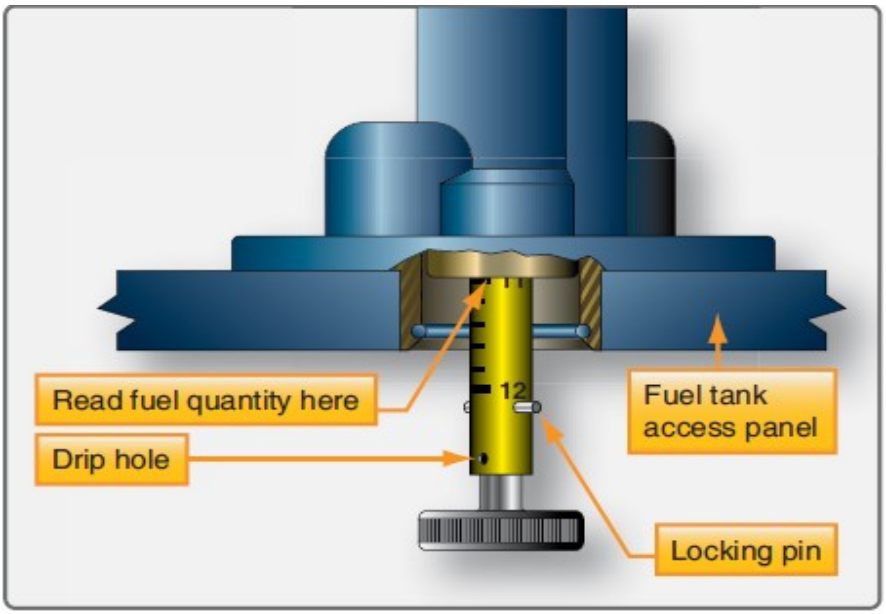
Εικόνα 32. Το κύκλωμα γέφυρας για την ένδειξη της ποσότητας του καυσίμου.

Μία μονάδα αθροίσματος είναι μέρος του συστήματος απεικόνισης ποσότητας καυσίμου με χωρητικότητα και χρησιμοποιείται ως αθροιστής όλων των ποσοτήτων από όλους τους αισθητήρες. Αυτή η συνολική ποσότητα καυσίμου χρησιμοποιείται από το πλήρωμα και τους υπολογιστές διαχείρισης πτήσης για να υπολογιστούν η βέλτιστη ταχύτητα του αεροσκάφους, απόδοση του κινητήρα, πτήση αλλά και προσγείωση.

Πολλά αεροσκάφη με σύστημα ένδειξης ποσότητας καυσίμου τύπου χωρητικότητας χρησιμοποιούν επίσης ένα σύστημα μηχανικής ένδειξης για να διασταυρώνουν τις ενδείξεις ποσότητας καυσίμου όταν δεν υπάρχει ηλεκτρική ισχύς. Ένα σύνολο ράβδων μέτρησης καυσίμου τοποθετούνται στις δεξαμενές καυσίμων πλήρως βαθμονομημένες. Κάθε ράβδο μπορεί να μετακινηθεί προς τα κάτω, όσο λοιπόν χαμηλώνει σε κάποιο σημείο θα ξεκινήσει η

έξοδος του καυσίμου από την οπή στο κάτω μέρος της ράβδου, αυτό είναι το σημείο που η κορυφή της είναι στο ίδιο ύψος με το καύσιμο.

Με την άθροιση των ενδείξεων όλων των ράβδων και την μετατροπή σε λίβρες ή γαλόνια μέσω ενός διαγράμματος που παρέχεται από τον κατασκευαστή, μπορεί να διαπιστωθεί η ποσότητα καυσίμου στη δεξαμενή.



Εικόνα 33. Μια βαθμονομημένη ράβδος χαμηλώνει από τον πάτο της δεξαμενής καυσίμου έως ότου το καύσιμο χυθεί από την οπή στο κάτω μέρος, εκείνη την στιγμή διαβάζεται η ένδειξη του οργάνου.

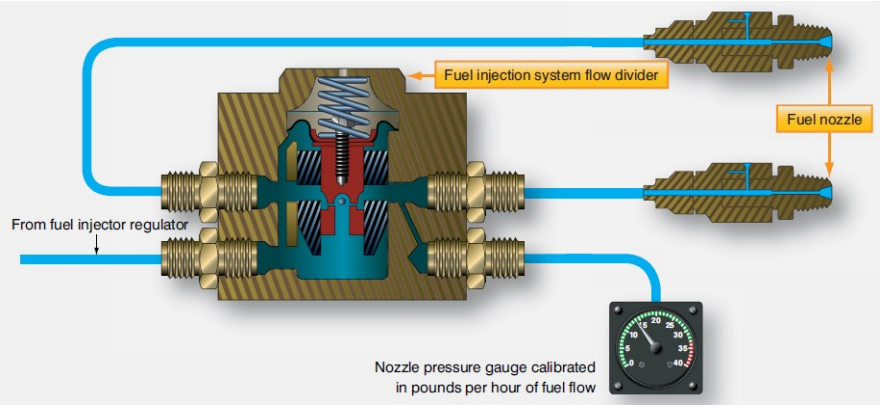
3.2 Σύστημα απεικόνισης ροής καυσίμου

Ένας μετρητής ροής καυσίμου δείχνει σε πραγματικό χρόνο την χρήση καυσίμου του κινητήρα. Αυτό είναι απαραίτητο και χρήσιμο στον πιλότο για την εξακρίβωση της απόδοσης του κινητήρα και για τον κατάλληλο σχεδιασμό των πτήσεων. Οι τύποι μετρητών ροής καυσίμου που χρησιμοποιούνται σε αεροσκάφος εξαρτώνται κυρίως από τον χρησιμοποιούμενο κινητήρα και το αντίστοιχο σύστημα καυσίμου.

Η μέτρηση της ροής καυσίμου με ακρίβεια περιπλέκεται από το γεγονός ότι η μάζα του καυσίμου αλλάζει με την θερμοκρασία ή με τον τύπο καυσίμου που χρησιμοποιείτε στους εκάστοτε κινητήρες.

Η πραγματική μάζα καυσίμου που ρέει στον κινητήρα υπολογίζεται από την σχέση του βάρους W = ρ*V, όπου ο όγκος και η πυκνότητα θεωρούνται γνωστά ανάλογα τον τύπου καυσίμου που χρησιμοποιείται.

Η απλούστερη συσκευή ανίχνευσης ροής καυσίμου χρησιμοποιείται σε συνδυασμό με ένα συστήματα ψεκασμού καυσίμου εγκατεστημένα σε έναν εμβολοφόρο κινητήρα αντίθετων εμβόλων. Χρησιμοποιείται ένας μετρητής πίεσης που είναι βαθμονομημένος σε gallons/hour ή pounds/hour. Η ποσότητα του καυσίμου που ρέει από τα fuel nozzles (μπεκ ψεκασμού) είναι άμεσα συνδεδεμένη με την πτώση πίεσης κατά μήκος των κεφαλών τους. Παρακολουθώντας την πίεση του καυσίμου στα fuel nozzles υπολογίζεται η κατανάλωση του καυσίμου και παρέχονται χρήσιμες πληροφορίες σχετικά με το μείγμα (αναλογία αέρα/καυσίμου) το οποίο ψεκάζεται στον κινητήρα.

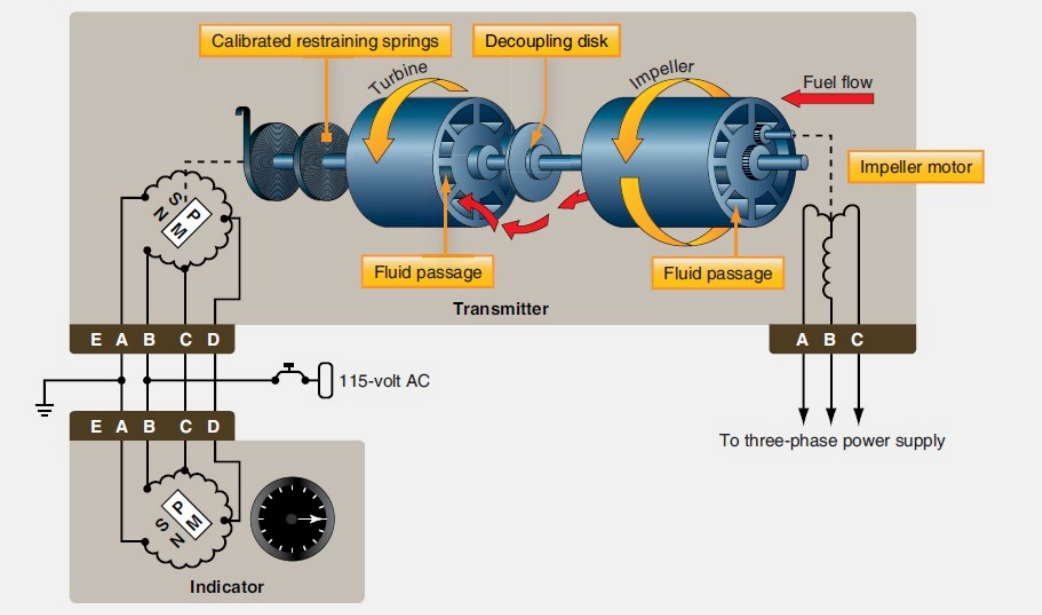


Εικόνα 34. Αναπαράσταση του συστήματος απεικόνισης ροής καυσίμου.
Διακρίνονται ο δείκτης πίεσης και το σύστημα ψεκασμού.

Τα αεροσκάφη με στροβιλοκινητήρα διαθέτουν μια πιο σύνθετη συσκευή ροής καυσίμου η οποία υπολογίζει την μάζα του καυσίμου για την ακριβέστερη απεικόνιση της ροής του στο πιλοτήριο.

Ο δείκτης ροής/μάζας εκμεταλλεύεται την άμεση σχέση της μάζας του καυσίμου αλλά και τον ιξώδη συντελεστή του, δηλαδή τον βαθμό φυσικής αντίστασης που παρουσιάζει το κάθε υγρό στην κίνηση του όταν ρέει σε μια επιφάνεια. Το καύσιμο στροβιλίζεται από μια κυλινδρική πτερωτή που περιστρέφεται με σταθερή ταχύτητα η εκροή του οποίου εκτρέπει έναν στρόβιλο που βρίσκεται αμέσως μετά την πτερωτή. Δεδομένου ότι η πτερωτή στρέφει

το καύσιμο με σταθερό ρυθμό, οποιαδήποτε μεταβολή της στην κίνηση οφείλεται στον όγκο και το ιξώδες του καυσίμου, το οποίο αντιπροσωπεύει την μάζα του.

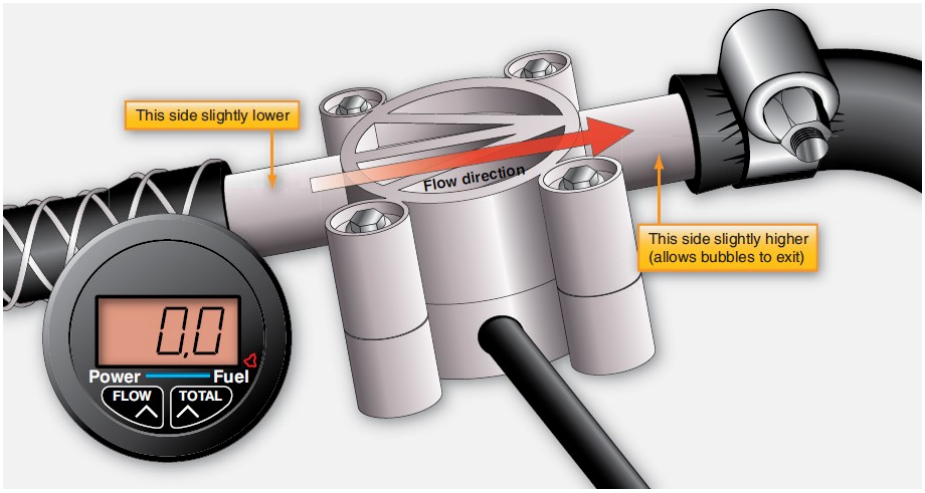


Εικόνα 35. Ένα σύστημα ένδειξης ροής καυσίμου με την βοήθεια της μάζας του σε αεροσκάφος με στροβιλοκινητήρα.

Το σύστημα τροφοδοτείτε από μια τριφασική πηγή και διαθέτει ένα εναλλασσόμενο κύκλωμα της τάξεως των 115 volt για της περιστροφή του δείκτη απεικόνισης της ροής βαθμονομημένο σε pounds/hour.

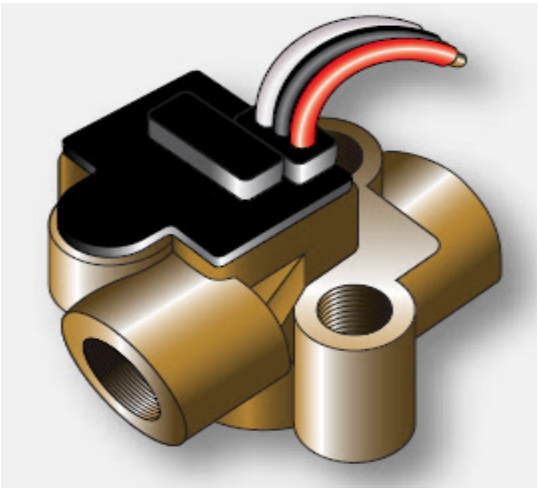
Νέοι τύποι αισθητήρων ροής καυσίμου είναι διαθέσιμοι στα νέα αεροσκάφη και για μετασκευή σε παλαιότερα. Ένας τέτοιος τύπος αισθητήρα χρησιμοποιεί έναν στρόβιλο που περιστρέφεται μέσα στην ροή του καυσίμου, όσο υψηλότερος είναι ο ρυθμός ροής τόσο γρηγορότερα περιστρέφεται ο στρόβιλος.

Ένας μετατροπέας φαινομένου Hall χρησιμοποιείται για να μετατρέψει την ταχύτητα του στροβίλου σε ένα ηλεκτρικό σήμα που πρόκειται να χρησιμοποιηθεί από έναν προηγμένο μετρητή καυσίμου παρόμοιο με έναν υπολογιστή καυσίμου με σκοπό να παράξει μια ποικιλία υπολογισμένων ενδείξεων και προειδοποιήσεων. Ο στρόβιλος είναι τοποθετημένος σε αυτήν την μονάδα σε σειρά με την ροή του καυσίμου με τέτοιο τρόπο ώστε να επιτρέπει επαρκή ροή καυσίμου χωρίς διακοπή σε περίπτωση δυσλειτουργίας της μονάδας.



Εικόνα 36. Ο μετατροπέας και ο μικροεπεξεργαστής βρίσκονται στην βάση αυτού του αισθητήρα ροής καυσίμου με στρόβιλο, ενώ ο μετρητής δίνει ένα μενού με πολλές επιλογές εμφάνισης τιμών.

Ένας άλλος αισθητήρας που χρησιμοποιείτε κυρίως σε μικρότερα αεροσκάφη ανιχνεύει την ταχύτητα περιστροφής του στροβίλου που βρίσκεται στην μονάδα ροής του καυσίμου. Σε αυτήν την μονάδα, οι εγκοπές στον δρομέα διακόπτουν μια δέσμη υπέρυθρων ακτίνων, μεταξύ ενός Led και ενός φωτοτρανζίστορ, που δημιουργούν ένα σήμα ανάλογο της ροής του καυσίμου. Αυτός ο αισθητήρας μπορεί να συνδεθεί με έναν ηλεκτρικό δείκτη για την απεικόνιση των αποτελεσμάτων.



Εικόνα 37. Ένας αισθητήρας ροής καυσίμου με στρόβιλο που παράγει έναν παλμό ρεύματος από μια οπτό-ηλεκτρονική συσκευή (led – φωτοτρανζίστορ) με προενισχυτής.

Η αυξανόμενη χρήση μικροεπεξεργαστών και υπολογιστών σε αεροσκάφη καθιστά δυνατή την ενσωμάτωση της θερμοκρασίας καυσίμου και άλλων παραγόντων για την παραγωγή υψηλής ακρίβειας πληροφοριών για την ροή καυσίμου. Η τεχνολογία θερμικής διασποράς παρέχει υψηλό βαθμό αξιοπιστίας καθώς δεν διαθέτει κινητά μέρη. Ο αισθητήρα αποτελείται από δύο ανιχνευτές θερμοκρασίας αντίστασης RTD. Ο ένας από τους δυο χρησιμοποιείται ως σημείο αναφοράς μετρώντας την θερμοκρασίας του καυσίμου, ενώ ο άλλος είναι ο ενεργός ο οποίος ζεσταίνεται από ένα παρακείμενο στοιχείο σε θερμοκρασία μεγαλύτερη από αυτή του καυσίμου και καθώς το καύσιμο ρέει, το ενεργό στοιχείο ψύχεται ανάλογα με την ροή του καυσίμου. Η μέγιστη διαφορά θερμοκρασίας μεταξύ των δύο RTD παρατηρείται όταν δεν υπάρχει ροή.

Οι RTD αντιστάσεις συνδέονται με ένα ηλεκτρικό κύκλωμα που αποτελεί την τροφοδοσία του θερμαντήρα που ζεσταίνει την αντίσταση αναφοράς και χρησιμοποιεί ένα κύκλωμα ανίχνευσης σε συνδυασμό με έναν μικροεπεξεργαστή για την διατήρηση σταθερής διαφοράς θερμοκρασίας μεταξύ των δύο RTD. Το ηλεκτρικό ρεύμα που ρέει προς τον θερμαντήρα είναι ανάλογο της ροής του καυσίμου.



Εικόνα 38. Μονάδες ανίχνευσης ροής καυσίμου (RTD) με την χρήση τεχνολογίας θερμικής διασποράς χωρίς να διαθέτουν κινούμενα μέρη.

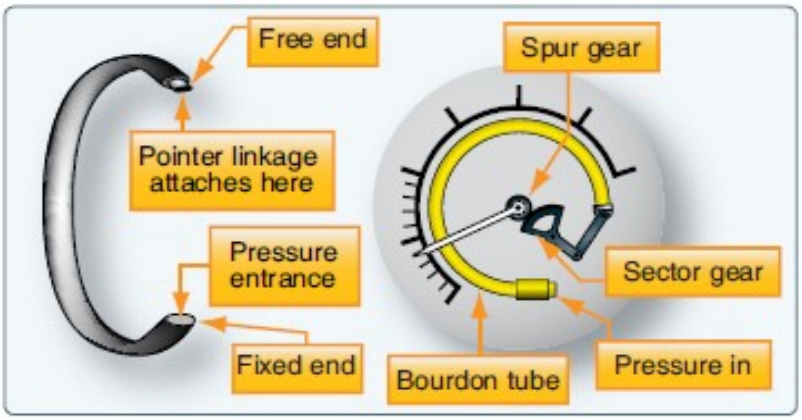
3.3 Συστήματα απεικόνισης πίεσης καυσίμου

Η παρακολούθηση της πίεσης του καυσίμου μπορεί να δώσει στον πιλότο έγκαιρη προειδοποίηση για οποιαδήποτε δυσλειτουργία στο συνολικό σύστημα καυσίμου, η επαλήθευση ότι το σύστημα αυτό παρέχει καύσιμο στη συσκευή μέτρησης καυσίμου μπορεί να είναι κρίσιμη.

Η πίεση, η οποία μεταφράζεται ως η δύναμη ανά μονάδα επιφάνειας, μπορεί να μετρηθεί είτε άμεσα απέναντι σε ένα υγρό γνωστής πυκνότητας είτε να διοχετευτεί σε έναν προκαθορισμένο χώρο και να μετρηθεί η συνολική δύναμη που θα ασκηθεί.

3.3.1 Σωλήνας Bourdon

Τα μικρότερα αεροσκάφη χρησιμοποιούν έναν πιο άμεσο μετρητή, τον σωλήνα Bourdon ο οποίος είναι συνδεδεμένος στην είσοδο της συσκευής απεικόνισης καυσίμου, με την βοήθεια ενός καλωδίου προέκτασης, που βρίσκεται στο cockpit του αεροσκάφους.



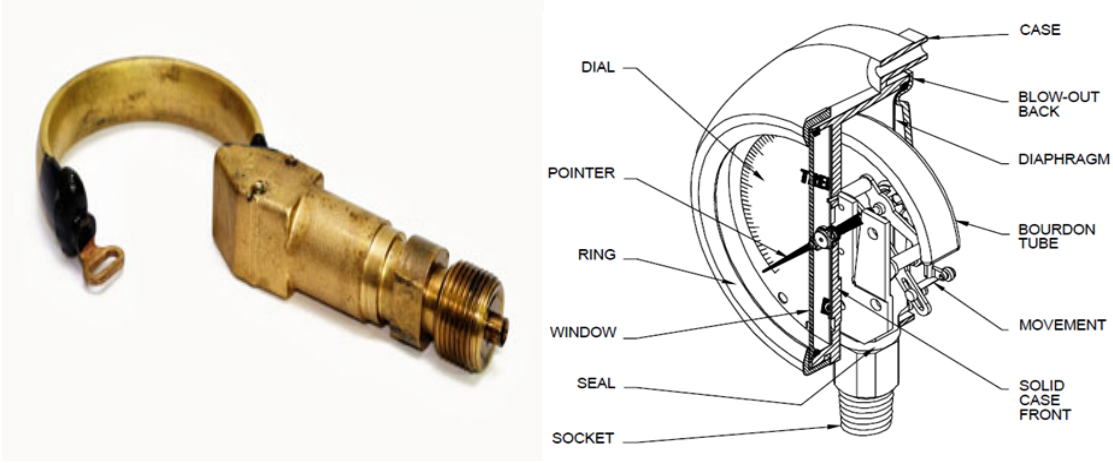
Εικόνα 39. Το εσωτερικό ενός σωλήνα Bourdon

Το ανοιχτό άκρο αυτού του σπειροειδούς σωλήνα στερεώνεται στην θέση του και το άλλο άκρο είναι σφραγισμένο και ελεύθερο για κίνηση. Όταν ένα ρευστό που πρέπει να μετρηθεί κατευθύνεται στο ανοικτό άκρο το σπειροειδές τμήμα του σωλήνα τείνει να ισιώσει. Όσο μεγαλύτερη είναι η πίεση του υγρού, τόσο περισσότερο ο σωλήνας ισιώνει και αντίστοιχα όταν η πίεση μειώνεται, ο σωλήνας επαναφέρεται. Ένας δείκτης συνδέεται σε αυτό το κινούμενο άκρο του σωλήνα, συνήθως μέσω ενός συνδέσμου μικρών αξόνων και γραναζιών. Με την βαθμονόμιση αυτής της κίνησης του σωλήνα δημιουργείτε ένας επιλογέας στο όργανο και έτσι με την παρατήρηση της κίνησης του δείκτη κατά μήκος της κλίμακας, οι πιέσεις αυξάνονται και μειώνονται ενημερώνοντας τον πιλότο.

Ο σωλήνας Bourdon αποτελεί εσωτερικό μηχανισμό για πολλά όργανα μέτρησης πίεσης που διαθέτουν τα αεροσκάφη. Όταν χρησιμοποιείτε για την μέτρηση υψηλών πιέσεων είναι σχεδιασμένος να είναι αρκετά σκληρός ενώ στις χαμηλές πιέσεις χρησιμοποιείτε ένας πιο εύκαμπτος σωλήνας που ξετυλίγει και περιελίσσεται πιο εύκολα. Οι περισσότεροι από τους

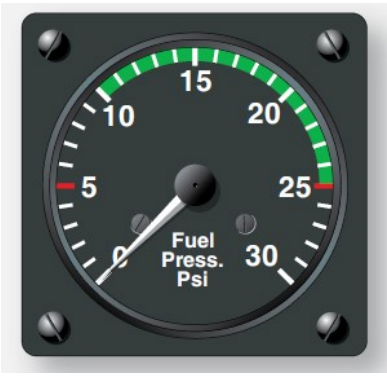
σωλήνες αυτούς είναι κατασκευασμένοι από ορείχαλκο ή χαλκό τα κράματα των οποίων είναι ικανά να τυλίγουν και να ξετυλίγουν τον σωλήνα αρκετές φορές.

Αξίζει να σημειωθεί ότι οι σωλήνες Bourdon με αυξημένη αντοχή στην διάβρωση κατασκευάζονται από ανοξείδωτο χάλυβα και είναι κατάλληλοι για μετρήσεις πίεσης που αγγίζουν τα 7.000 bar σε αέρια και υγρά.



Εικόνα 40. Αριστερά ο σωλήνας Bourdon και δεξιά η εσωτερική δομή του

Πιο μεγάλα και πιο σύνθετα αεροσκάφη διαθέτουν έναν αισθητήρα με μετατροπέα που βρίσκεται στην είσοδο καυσίμου της συσκευής μέτρησης ο οποίος στέλνει ηλεκτρικά σήματα στο cockpit. Σε αεροσκάφη εξοπλισμένα με βοηθητική αντλία, για την εκκίνηση και υποστήριξη της αντλίας του κινητήρα, ο δείκτης πίεσης καυσίμου δείχνει δείχνει την βοηθητική πίεση της αντλίας μέχρι να ξεκινήσει ο κινητήρας. Όταν η βοηθητική αντλία είναι απενεργοποιημένη, ο μετρητής δείχνει την πίεση που αναπτύσσεται από την αντλία του κινητήρα.



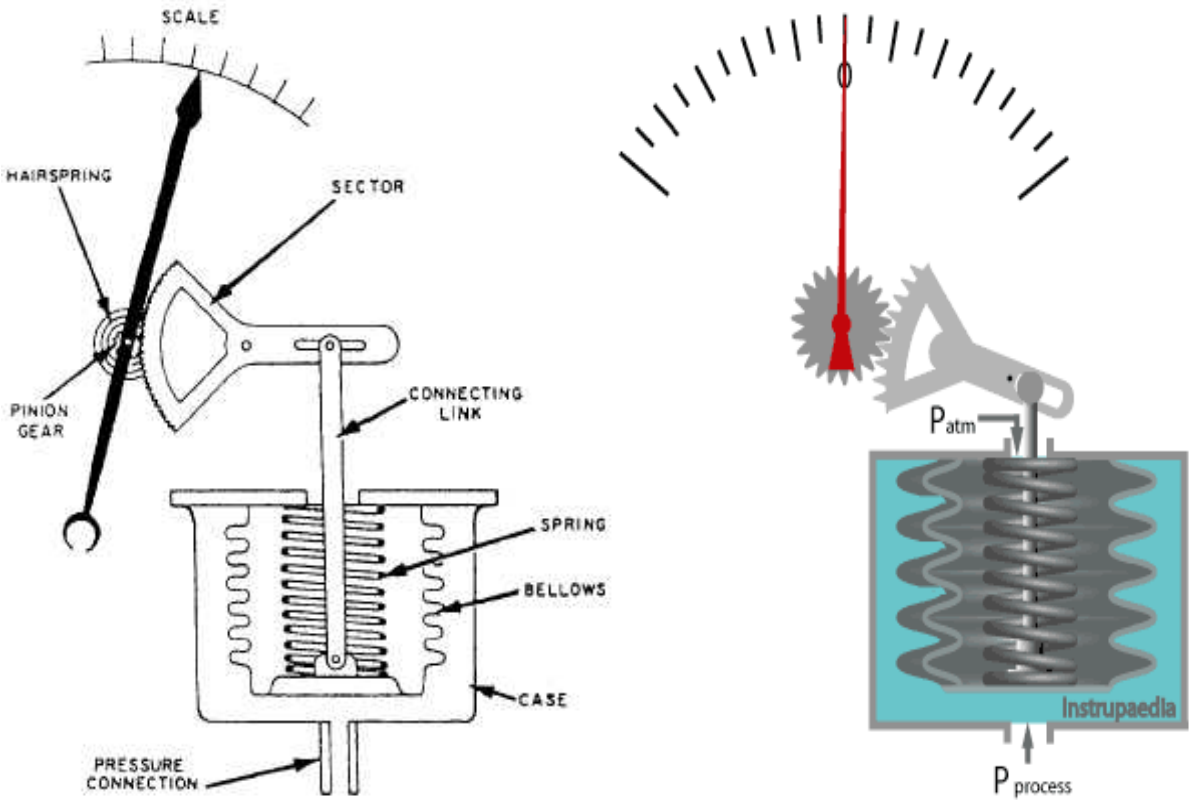
Εικόνα 41. Μετρητής πίεσης στο πιλοτήριο

3.3.2 Μετρητής Bellow

Αεροσκάφη που χρησιμοποιούν κινητήρα με πιστόνια χρησιμοποιούν διαφορετικό μετρητή πίεσης καυσίμου, ο οποίος συγκρίνει την πίεση του καυσίμου στην είσοδο με την πίεση του αέρα στην είσοδο της συσκευής μέτρησης. Ένας τέτοιος μετρητής ονομάζεται bellow pressure (φυσητήρας πίεσης) και είναι παρόμοιος με τον Bourdon αλλά έχει μεγαλύτερη ευαισθησία και δεν μπορεί να υποστηρίξει τις μεγάλες πιέσεις.

Οι μετρητές τύπου bellow περιέχουν και αυτοί ένα ελαστικό στοιχείο, μια σπειροειδή μονάδα που επεκτείνεται και συστέλλεται ανάλογα με τις μεταβολές της πίεσης. Η πίεση που μετράται μπορεί να εφαρμοστεί στο εξωτερικό ή στο εσωτερικό του φυσητήρα όμως, στην πράξη, οι περισσότεροι μετρητές έχουν την πίεση που ασκείται στο εξωτερικό μέρος.

Όπως και οι μετρητές Bourdon οι bellow είναι φτιαγμένοι από ορείχαλκο, χαλκό, χάλυβα ή οποιοδήποτε άλλο μέταλλο εξυπηρετεί τον σκοπό του μετρητή.



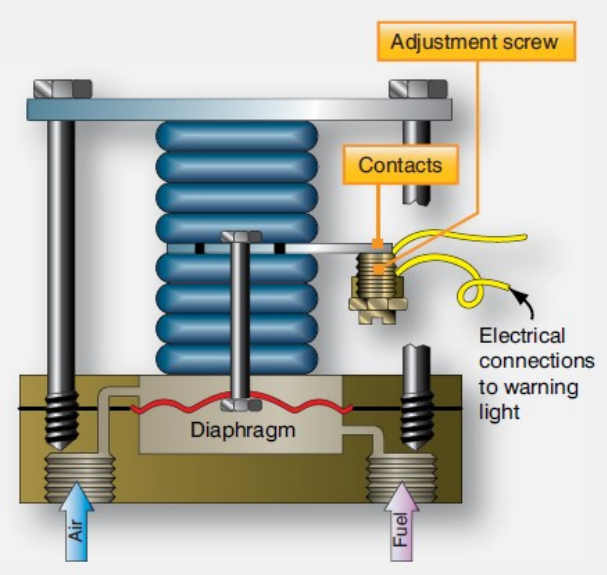
Εικόνα 42. Η δομή ενός μετρητή τύπου Bellow

Οι περισσότεροι μετρητές bellow διαθέτουν ελατήρια τα οποία εμποδίζουν την πλήρη επέκταση του φυσητήρα προστατεύοντας τον και παρατείνοντας τη ζωή του. Σε έναν ελατηριωτό φυσητήρα, η εκτροπή είναι το αποτέλεσμα της δύναμης που ενεργεί επί του φυσητήρα και της αντίθετης δύναμης του ελατηρίου όταν συμπιέζεται.

3.3.3 Σήματα προειδοποίησης

Σε αεροσκάφη οποιουδήποτε μεγέθους χρησιμοποιούνται οπτικές και ηχητικές προειδοποιητικές διατάξεις σε συνδυασμό με ενδείξεις μετρητών που ειδοποιούν το πιλότο σε ορισμένες συνθήκες. Η πίεση καυσίμου είναι μια σημαντική παράμετρος που αξίζει να χρησιμοποιηθεί ένα προειδοποιητικό σήμα όταν βρίσκεται εκτός του κανονικού εύρους λειτουργίας.

Οι προειδοποιητικές λυχνίες χαμηλής πίεσης μπορούν να φωτιστούν με την χρήση απλών διακοπτών/αισθητήρων πίεσης. Οι επαφές του διακόπτη θα κλείσουν όταν η πίεση καυσίμου μέσα στο διάφραγμα είναι ανεπαρκής για να τις κρατήσει ανοικτές. Αυτό επιτρέπει στο ρεύμα να ρέει προς το σήμα ή την λυχνία προειδοποίησης στο cockpit.



Εικόνα 43. Ένα προειδοποιητικό σήμα πίεσης καυσίμου ελέγχεται από έναν διακόπτη που κλείνει όταν η πίεση καυσίμου είναι χαμηλή.

Τα περισσότερα αεροσκάφη με στροβιλοκινητήρες χρησιμοποιούν έναν προειδοποιητικό διακόπτη χαμηλής πίεσης στην έξοδο κάθε αντλίας καυσίμου. Ο ειδοποιητής για κάθε ένα

από αυτά είναι συνήθως τοποθετημένος δίπλα στο διακόπτη ON/OFF της αντλίας ώθησης στον πίνακα καυσίμων του cockpit.



Εικόνα 44. Λυχνίες προειδοποίησης χαμηλής πίεσης για κάθε αντλία καυσίμου

3.4 Σύστημα απεικόνισης θερμοκρασίας καυσίμου

Η παρακολούθηση της θερμοκρασίας καυσίμου μπορεί να ενημερώσει τον πιλότο όταν η θερμοκρασία του πλησιάζει εκείνη που μπορεί να προκαλέσει σχηματισμό πάγου στο σύστημα και ειδικά στο φίλτρο καυσίμου. Πολλά μεγάλα και υψηλής απόδοσης αεροσκάφη με στροβιλοκινητήρες χρησιμοποιούν έναν αποστολέα θερμοκρασίας καυσίμου ηλεκτρικού ρεύματος τύπου αντίστασης, τα RTD που αναφέρθηκαν προηγουμένως, σε μια κύρια δεξαμενή καυσίμου για τον σκοπό αυτό. Οι μετρήσεις μπορούν να απεικονιστούν σε έναν παραδοσιακό μετρητή αναφοράς [Εικόνα 45] ή μπορεί να εισάγεται σε έναν υπολογιστή για επεξεργασία και ψηφιακή απεικόνιση. Μια χαμηλή θερμοκρασία καυσίμου μπορεί να διορθωθεί με την χρήση ενός θερμαντήρα καυσίμου εάν και εφόσον το αεροσκάφος είναι εξοπλισμένο. Οι μετρήσεις της θερμοκρασίας, όπως γίνεται αντιληπτό και από τους αισθητήρες, μπορεί να ενσωματωθεί στους υπολογισμούς ροής καυσίμου.



Εικόνα 45. Απεικόνιση θερμοκρασίας καυσίμου από μετρητή στο cockpit του αεροσκάφους

Οι αισθητήρες RTD είναι ερμητικά σφραγισμένες μονάδες που παρακολουθούν τη θερμοκρασία καυσίμου χρησιμοποιώντας διάφορα στοιχεία αντίστασης όπως σύρματα από λευκόχρυσο. Θεωρούνται από τους πλέον πιο ακριβείς διαθέσιμους αισθητήρες θερμοκρασίας και χρησιμοποιούνται για πληθώρα μετρήσεων όπως : θερμοκρασία καμπίνας, λαδιού κινητήρα, υδραυλικών συστημάτων, εισαγωγής αέρα κ.α .

Κεφάλαιο 4

Συστήματα πυρασφάλειας

Η πυρκαγιά είναι μια από τις πιο επικίνδυνες απειλές για ένα αεροσκάφος, οι πιθανές ζώνες πυρκαγιάς των σύγχρονων πολυκινητήριων αεροσκαφών προστατεύονται από ένα σταθερό σύστημα πυρασφάλειας. Μια ζώνη πυρκαγιάς είναι μια περιοχή εντός το αεροσκάφους που απαιτείται να διαθέτει εξοπλισμό πυρανίχνευσης, πυρόσβεσης αλλά ταυτόχρονα να είναι σχεδιασμένη από υλικά με φυσική αντοχή στην φωτιά. Ο όρος “ σταθερό ” περιγράφει ένα μόνιμο σύστημα πυρασφάλειας σε αντίθεση με οποιοδήποτε είδος φορητού εξοπλισμού πυρόσβεσης, όπως ένα χειροκίνητο πυροσβεστήρα. Ένα ολοκληρωμένο σύστημα πυρασφάλειας σε σύγχρονα αλλά και σε πολλά παλαιότερα αεροσκάφη περιλαμβάνει σύστημα πυρανίχνευσης και σύστημα πυρόσβεσης. Τυπικές ζώνες σε αεροσκάφη που διαθέτουν σταθερό σύστημα πυρασφάλειας είναι :

- **κινητήρες και βοηθητικές μονάδες ισχύος**
- **χώροι φορτίου και αποσκευών**

- **τουαλέτες επιβατικών αεροσκαφών**
- **ηλεκτρικές εγκαταστάσεις**
- **σύστημα προσγείωσης**
- **αεραγωγοί εξαερισμού**

Υπάρχουν περιπτώσεις που ανιχνευτές καπνού είναι χρησιμότεροι από ανιχνευτές πυρκαγιάς όταν βρίσκονται σε χώρο του αεροσκάφους με υλικά που έχουν αργή καύση ή λιώνουν όπως ο χώρος του φορτίου και το αποσκευών. Άλλοι τύποι ανιχνευτών αυτής της κατηγορίας περιλαμβάνουν ανιχνευτές μονοξειδίου του άνθρακα και εξοπλισμό χημικής δειγματοληψίας ικανό να ανιχνεύσει εύφλεκτα μείγματα που μπορούν να οδηγήσουν σε συσσώρευση εκρηκτικών αερίων. Τα πλήρη συστήματα πυρασφάλειας των μεγάλων αεροσκαφών με στροβιλοκινητήρες ενσωματώνουν πολλές από αυτές τις διαφορετικές μεθόδους ανίχνευσης :

- **Ανιχνευτές ανόδου θερμοκρασίας (υπερθέρμανσης)**
- **Ανιχνευτές ακτινοβολίας**
- **Ανιχνευτές καπνού**
- **Ανιχνευτές μονοξειδίου του άνθρακα**
- **Ανιχνευτές εύφλεκτων μειγμάτων**
- **Ανιχνευτές πυρκαγιάς**
- **Οπτικός ανιχνευτής**

Κατηγορίες πυρκαγιών

Οι ακόλουθες κατηγορίες πυρκαγιών που πιθανών να εμφανιστούν σε αεροσκάφη, όπως ορίζονται από το πρότυπο 10 για τους φορητούς πυροσβεστήρες της Εθνικής Πυροσβεστικής Ένωσης είναι :

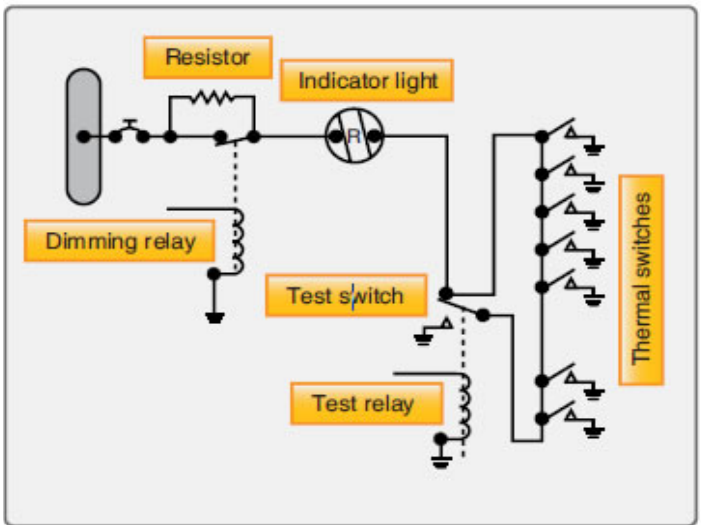
- **Κατηγορία Α** – Πυρκαγιά που περιλαμβάνει κοινά υλικά καύσιμα όπως ξύλο, ύφασμα, χαρτί, καουτσούκ και πλαστικά.
- **Κατηγορία Β** – Πυρκαγιά που περιλαμβάνει εύφλεκτα υγρά, έλαια πετρελαίου, λίπη, πίσσες, βαφές με βάση το πετρέλαιο, διαλύτες, αλκοόλες και εύφλεκτα αέρια.
- **Κατηγορία C -** Πυρκαγιά που περιλαμβάνει ηλεκτρικό εξοπλισμό, όπου η χρήση ενός μέσου πυρόσβεσης που είναι ηλεκτρικά μη αγώγιμο είναι απαραίτητο.
- **Κατηγορία D -** Πυρκαγιές που περιλαμβάνουν καύσιμα μέταλλα όπως μαγνήσιο, τιτάνιο, ζιρκόνιο, νάτριο, λίθιο και κάλιο.

4.1 Συστήματα ανίχνευσης πυρκαγιάς/υπερθέρμανσης

Ένα σύστημα ανίχνευσης πυρκαγιάς πρέπει να σηματοδοτεί την παρουσία πυρκαγιάς. Οι μονάδες των συστημάτων ανίχνευσης τοποθετούνται σε θέσεις όπου υπάρχουν μεγαλύτερες πιθανότητες δημιουργίας πυρκαγιάς. Τρεις τύποι τέτοιων συστημάτων υπάρχουν σε κοινή χρήση και είναι ο θερμικός διακόπτης, το θερμοστοιχείο και ο συνεχής βρόγχος.

4.1.1 Σύστημα θερμικού διακόπτη

Ένα σύστημα θερμικού διακόπτη διαθέτει ένα ή περισσότερα φώτα που ενεργοποιούνται από το σύστημα ισχύος του αεροσκάφους και τους θερμικούς διακόπτες. Οι θερμικοί διακόπτες είναι θερμοευαίσθητες μονάδες που ολοκληρώνουν "κλείνουν" τα ηλεκτρικά κυκλώματα σε μια ορισμένη θερμοκρασία. Μεταξύ τους συνδέονται παράλληλα και σε σειρά με ενδεικτικές λυχνίες. Εάν η θερμοκρασία αυξηθεί πάνω από μια καθορισμένη τιμή σε οποιοδήποτε τμήμα του κυκλώματος, ο θερμικός διακόπτης κλείνει ενεργοποιώντας την λυχνία ένδειξης φωτιάς ή υπερθέρμανσης. Δεν απαιτείται καθορισμένος αριθμός θερμικών διακοπτών, ο ακριβής αριθμός τους καθορίζεται συνήθως από τον μηχανικό του αεροσκάφους. Σε ορισμένες εγκαταστάσεις, όλοι οι θερμικοί διακόπτες συνδέονται σε μια μοναδική λυχνία ενώ σε άλλες κάθε διακόπτης έχει ξεχωριστή προειδοποιητική λυχνία.



Εικόνα 46. Κύκλωμα θερμικού διακόπτη προειδοποίησης

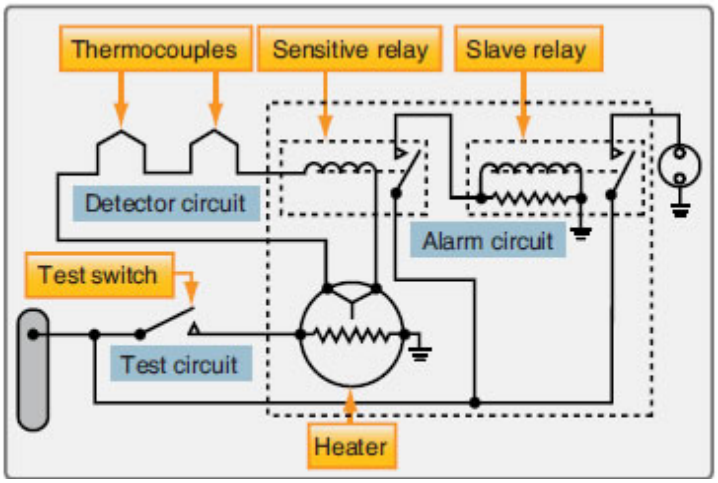
Ορισμένες προειδοποιητικές λυχνίες αποτελούν φώτα δοκιμής (push-to-test). Ο λαμπτήρας δοκιμάζεται πιέζοντας τον για να ελέγξει ένα βοηθητικό κύκλωμα. Το κύκλωμα αυτό φαίνεται στο παραπάνω σχήμα [Εικόνα 46] όπου περιλαμβάνει ένα ρελέ δοκιμής (test relay). Με την επαφή του ρελέ στην θέση που φαίνεται, υπάρχουν δυο δυνατές διαδρομές ρεύματος από τους διακόπτες στο φως. Αυτό είναι ένα πρόσθετο χαρακτηριστικό ασφαλείας. Το κύκλωμα περιλαμβάνει επίσης ένα ρελέ ρύθμισης (Dimming relay) που με την ενεργοποίηση του το κύκλωμα μεταβάλλεται για να συμπεριλάβει μια αντίσταση σε σειρά με την λυχνία (indicator light). Σε ορισμένες εγκαταστάσεις, μέσω του ρυθμιστικού ρελέ συνδέονται διάφορα κυκλώματα και όλες οι προειδοποιητικές λυχνίες ελέγχονται ταυτόχρονα.

4.1.2 Σύστημα θερμοστοιχείων

Το σύστημα προειδοποίησης πυρκαγιάς με θερμοστοιχεία λειτουργεί με μια εντελώς διαφορετική αρχή από ότι το σύστημα θερμικού διακόπτη. Το σύστημα αποτελείται από ένα κιβώτιο ρελέ, φώτα προειδοποίησης και θερμοζεύγη. Το σύστημα καλωδίωσης αυτών των μονάδων μπορεί να χωριστεί στα ακόλουθα κυκλώματα :

- **Κύκλωμα ανιχνευτής**
- **Κύκλωμα συναγερμού**
- **Κύκλωμα δοκιμής**

Αυτά τα κυκλώματα φαίνονται στην εικόνα 47 παρακάτω. Το κιβώτιο ρελέ περιέχει δυο διαφορετικά ρελέ (sensitive και slave) και την μονάδα θερμικής δοκιμής. Ένα τέτοιο κουτί μπορεί να περιέχει από ένα έως οκτώ πανομοιότυπα κυκλώματα, ανάλογα με τον αριθμό των πιθανών ζωνών πυρκαγιάς. Τα ρελέ ελέγχουν τις προειδοποιητικές λυχνίες και με την σειρά τους τα θερμοζεύγη, τα οποία συνδέονται σε σειρά μεταξύ τους, ελέγχουν την λειτουργία των ηλεκτρονόμων.



Εικόνα 47. Κύκλωμα συστήματος θερμοστοιχείων.

Στο κεφάλαιο 2 παρουσιάστηκε η λειτουργία του θερμοζεύγους αλλά για λόγους ευκολίας και κατανόησης του παραπάνω κυκλώματος [Εικόνα 47] θα γίνει μια σύντομη περιγραφή της λειτουργίας τους.

Το θερμοζεύγος αποτελείται από δυο ανόμοια μέταλλα, όπως χρώμιο και αλουμίνιο με τα μέταλλα αυτά να δημιουργούν δύο κόμβους ή ενώσεις. Ο ένας κόμβος εκτίθεται στην θερμότητα και ονομάζεται “θερμός κόμβος” ενώ ο δεύτερος είναι σε ουδέτερο χώρο ανάμεσα σε δύο μονωτικά υλικά. Όταν έχουμε αύξηση της θερμοκρασίας παράγεται τάση λόγω της διαφοράς θερμοκρασίας μεταξύ των δύο κόμβων. Στην περίπτωση πυρκαγιάς έχουμε ραγδαία αύξηση θερμοκρασίας στον θερμό κόμβο με την επακόλουθη τάση να δημιουργεί την ροή ρεύματος εντός του κυκλώματος του ανιχνευτή. Όταν το ρεύμα ξεπεράσει την τιμή των 4mA (0,004 Amperes) το “sensitive” ρελέ κλείνει. Αυτό ολοκληρώνει ένα κύκλωμα από το σύστημα ισχύος του αεροσκάφους στο πηνίο του “slave” ρελέ. Στην συνέχεια κλείνει το “slave” ολοκληρώνοντας το κύκλωμα της προειδοποιητικής λυχνίας για να δώσει οπτική προειδοποίηση της πυρκαγιάς.

Ο συνολικός αριθμός των θερμοστοιχείων που χρησιμοποιούνται σε μεμονωμένα κυκλώματα ανιχνευτών εξαρτάται από το μέγεθος των ζωνών πυρκαγιάς και την ολική αντίσταση κυκλώματος, η οποία δεν υπερβαίνει τα 5 Ohms. Όπως φαίνεται στην εικόνα 39 παραπάνω το κύκλωμα έχει δύο αντιστάσεις. Η αντίσταση που συνδέεται παράλληλα στο ρελέ είναι για την προστασία του από πιθανό ηλεκτρικό σπινθήρα λόγο του “αντίθετου” ρεύματος που δημιουργεί το πηνίο κατά την διακοπεί της τροφοδοσίας του.

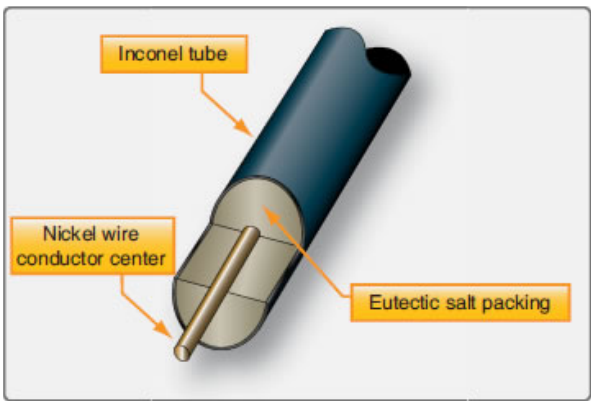
4.1.3 Συστήματα βρόγχου

Τα επιβατικά αεροσκάφη χρησιμοποιούν σχεδόν αποκλειστικά συνεχή στοιχεία θερμικής ανίχνευσης για την προστασία του κινητήρα και των τροχών. Αυτά τα συστήματα προσφέρουν κορυφαία απόδοση ανίχνευσης και κάλυψης με αποδεδειγμένη αντοχή επιβίωσης στο σκληρό περιβάλλον των σύγχρονων στροβιλοφόρων κινητήρων.

Ένας ανιχνευτής συνεχούς βρόχου επιτρέπει την πληρέστερη κάλυψη μιας περιοχής κινδύνου ανάπτυξης πυρκαγιάς από οποιοδήποτε σημειακό ανιχνευτή θερμοκρασίας. Δύο ευρέως χρησιμοποιούμενοι τύποι τέτοιων συστημάτων είναι οι ανιχνευτές τύπου θερμίστορ, όπως τα συστήματα Kidde και Fenwal και το πνευματικό σύστημα Lindberg.

4.1.3 α. Fenwal σύστημα

Το σύστημα Fenwal χρησιμοποιεί ένα λεπτό σωλήνα αποτελούμενο από κράμα νικελίου (inconel tube) γεμάτο με θερμικά ευαίσθητο εύτηκτο άλας και ένα σύρμα νικελίου. Τα μήκη αυτών των στοιχείων ανίχνευσης συνδέονται σε σειρά με μια μονάδα ελέγχου. Η μονάδα αυτή τροφοδοτείται από μια πηγή και δημιουργεί μια μικρή τάση στο στοιχείο ελέγχου.



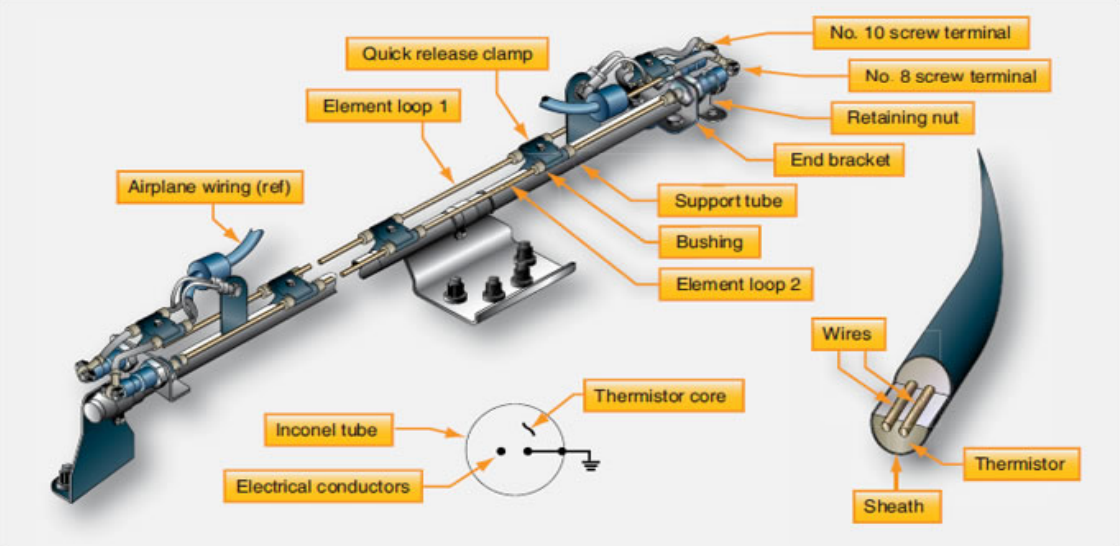
Εικόνα 48. Σύστημα ανίχνευσης Fenwal

Όταν δημιουργηθεί υπερθέρμανση σε οποιοδήποτε σημείο κατά μήκος του ανιχνευτή, η αντίσταση του εύτηκτου άλατος μέσα στο στοιχείο ανίχνευσης πέφτει απότομα, προκαλώντας ροή ρεύματος μεταξύ του εξωτερικού περιβλήματος (inconel tube) και του κεντρικού αγωγού (nickel wire). Αυτή η ροή ρεύματος ανιχνεύεται από την μονάδα ελέγχου, η οποία παράγει ένα σήμα για την ενεργοποίηση του ρελέ εξόδου και με την σειρά του να ενεργοποιήσει τον συναγερμούς. Όταν η φωτιά σβήσει ή η κρίσιμη θερμοκρασία μειωθεί κάτω από το σημείο

ρύθμισης, το σύστημα Fenwal επιστρέφει αυτόματα σε κατάσταση αναμονής, έτοιμο να ανιχνεύσει οποιαδήποτε επακόλουθη πυρκαγιάς ή υπερθέρμανσης.

4.1.3 β. Σύστημα Kidde

Στο σύστημα Kidde, δύο σύρματα είναι ενσωματωμένα σε ένα σωλήνα inconel, όπως του Fenwal συστήματος, γεμάτο με υλικό από τον πυρήνα θερμίστορ. Δύο ηλεκτρικοί αγωγοί περνούν μέσω του πυρήνα. Ένας αγωγός έχει γείωση στο σωλήνα ενώ ο άλλος συνδέεται στην μονάδα ελέγχου ανίχνευσης πυρκαγιάς. Καθώς αυξάνεται η θερμοκρασία του πυρήνα, η ηλεκτρική αντίσταση στο έδαφος μειώνεται. Η μονάδα ελέγχου ανίχνευσης πυρκαγιάς "παρακολουθεί" αυτήν την αντίσταση. Αν η αντίσταση μειωθεί και φτάσει σε μια προεπιλεγμένη τιμή, εμφανίζεται μια ένδειξη υπερθέρμανσης στο θάλαμο διακυβέρνησης με μια ενσωματωμένη καθυστέρηση 10 δευτερολέπτων. Αν η αντίσταση μειωθεί ακόμα περισσότερο, εμφανίζεται προειδοποίηση πυρκαγιάς. Όταν η πυρκαγιά ή η υπερθέρμανση αντιμετωπιστούν ή αντίσταση του υλικού του πυρήνα αυξάνεται στο σημείο επαναφοράς και οι ενδείξεις του θαλάμου σταματούν. Ο ρυθμός μεταβολής της αντίστασης προσδιορίζει ένα ηλεκτρικό βραχυκύκλωμα ή μια πυρκαγιά.



Εικόνα 49. Σύστημα ανίχνευσης Kidde.

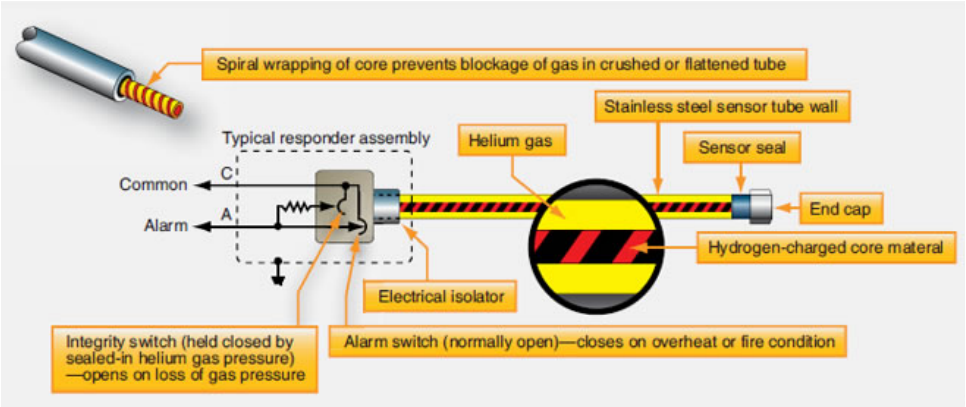
4.1.3 γ. Πνευματικό σύστημα Lindeberg

Τα πνευματικά συστήματα συνεχούς βρόχου είναι γνωστά από τα ονόματα των κατασκευαστών Lindberg, Syston-Donner και Meggitt Safety Systems. Αυτά τα συστήματα χρησιμοποιούνται για ανίχνευση πυρκαγιάς κινητήρα σε μεταφορικά αεροσκάφη και έχουν την ίδια λειτουργία με το σύστημα Kidde. Ωστόσο, λειτουργούν με βάση μια διαφορετική αρχή. Χρησιμοποιούνται συνήθως σε διατάξεις διπλού βρόχου για την αύξηση της αξιοπιστίας του συστήματος. Ο πνευματικός ανιχνευτής διαθέτει δυο λειτουργίες ανίχνευσης , είναι ικανός να ανταποκριθεί σε ένα συνολικό μέσο όριο θερμοκρασίας αλλά και σε μια τοπική αύξηση της θερμοκρασίας που μπορεί να προκληθεί από φλόγες ή θερμά αέρια.



Εικόνα 50. Πνευματικό σύστημα ανίχνευσης φωτιάς/υπερθέρμανσης διπλού βρόγχου.

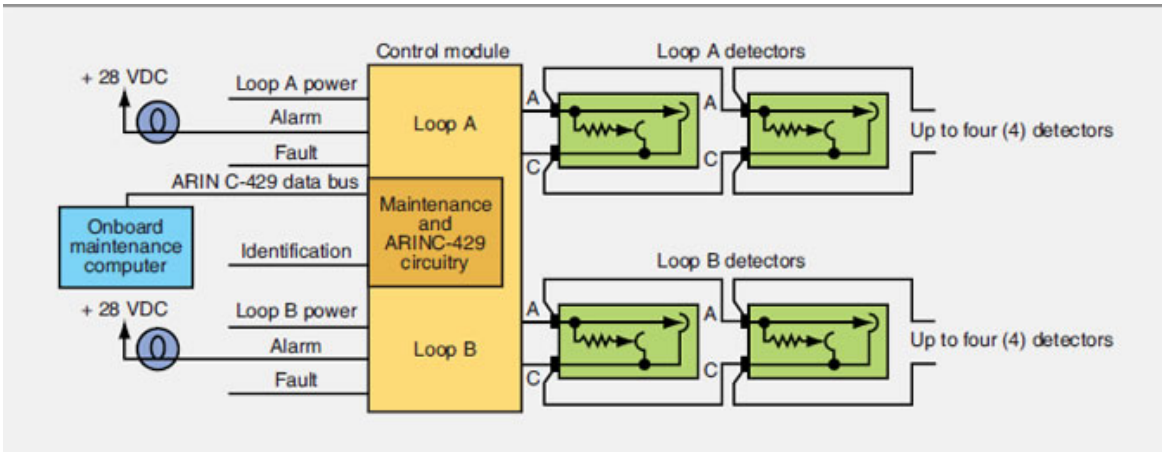
Ο ανιχνευτής λειτουργεί ως συσκευή σταθερού όγκου γεμάτη με αέριο ηλίου. Η πίεση του αερίου στο εσωτερικό της συσκευής αυξάνεται αναλογικά με την απόλυτη θερμοκρασία και λειτουργεί ένα διάφραγμα πίεσης που κλείνει μια ηλεκτρική επαφή ενεργοποιώντας το κύκλωμα συναγερμού. Ο διακόπτης συναγερμού είναι είναι ρυθμισμένος σε μια μέση θερμοκρασία. Οι τυπικές κλίμακες για τις μέσες τιμές θερμοκρασίας είναι από 93^0 C έως 454^0 C. Ο σωλήνας ανίχνευσης της συσκευής περιέχει ποσότητες υδρογόνου στον πυρήνα του (hydrgen-charged core material) [Εικόνα 51].



Εικόνα 51. Εσωτερική απεικόνισης του πνευματικού συστήματος ανίχνευσης πυρκαγιάς/υπερθέρμανσης.

Όταν ανιχνευθεί υπερθέρμανση σε κάποιο σημείο του σωλήνα απελευθερώνονται μεγάλες ποσότητες υδρογόνου. Η συγκεκριμένη διαδικασία έχει ως αποτέλεσμα την εξάτμιση του πυρήνα, την αύξηση της πίεσης μέσα στον ανιχνευτή και τελικά την ενεργοποίηση του διακόπτη συναγερμού. Όταν ψύχεται ο σωλήνας, η μέση πίεση υδρογόνου χαμηλώνει και το αέριο επιστρέφει στο υλικό του πυρήνα. Η μείωση της εσωτερικής πίεσης επιτρέπει στο διακόπτη συναγερμού να επιστρέψει στην κανονική του θέση, ανοίγοντας το ηλεκτρικό κύκλωμα συναγερμού.

Στην παρακάτω εικόνα [Εικόνα 52] παρουσιάζεται ένα τυπικό σύστημα ανίχνευσης πυρκαγιάς σε αεροσκάφη στο οποίο μια ηλεκτρονική μονάδα ελέγχου (Maintenance and ARINC-429) παρακολουθεί δύο βρόγχους με έως και τέσσερις πνευματικούς ανιχνευτές συνδεδεμένους παράλληλα. Η μονάδα ελέγχου ανταποκρίνεται άμεσα σε περίπτωση συναγερμού παρακολουθώντας συνεχώς την καλωδίωση και την ακεραιότητα κάθε βρόγχου.



Εικόνα 52. Ηλεκτρική μονάδα ελέγχου ανίχνευσης πυρκαγιάς.

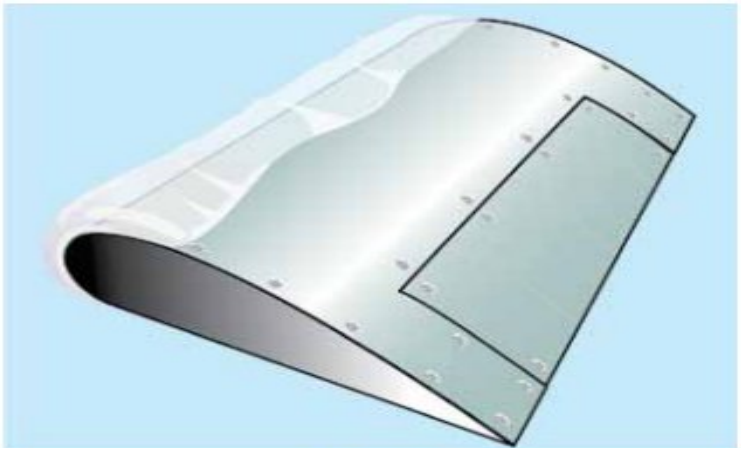
Ο κανονικά ανοικτός διακόπτης συναγερμού κλείνει σε περίπτωση υπερθέρμανσης ή πυρκαγιάς προκαλώντας βραχυκύκλωμα στους ακροδέκτες Α και C. Κατά τη διάρκεια της κανονικής λειτουργίας υπάρχει μια αντίσταση μεταξύ των ακροδεκτών αυτών μέσω ενός κλειστού διακόπτη. Η απώλεια πίεσης αερίου στον αισθητήρα ανοίγει τον κλειστό αυτό διακόπτη δημιουργώντας ένα ανοικτό κύκλωμα στους ακροδέκτες του ανιχνευτή. Στο συνολικό κύκλωμα υπάρχει και ένας επιπλέον διακόπτης προστασίας, οποίος κρατείται κλειστός από την μέση πίεση σε όλες τις θερμοκρασίες έως τους -54^{o} C. Αν ο ανιχνευτής παρουσιάσει διαρροή αερίου ο διακόπτης αυτός θα ανοίξει για να σηματοδοτήσει το πρόβλημα στην συσκευή, σταματώντας παράλληλα και την λειτουργία της.

Κεφάλαιο 5

Αντιπαγωτικά συστήματα

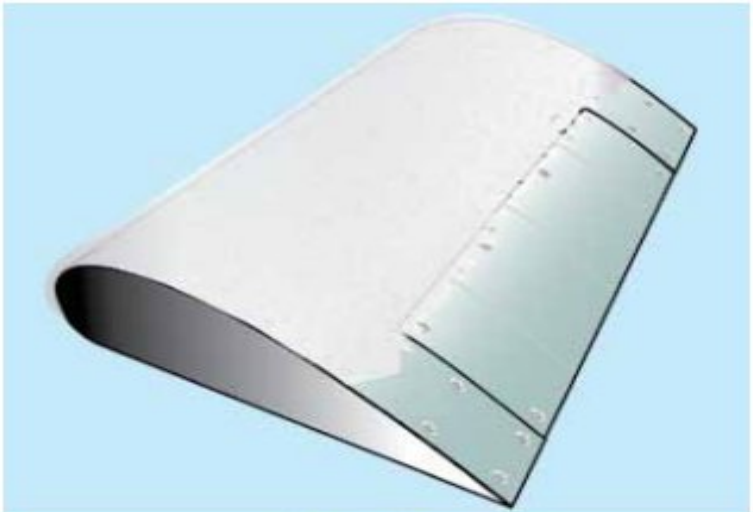
Η βροχή, το χιόνι και ο πάγος αποτελούν μεγάλους εχθρούς των συγκοινωνιών. Οι πτήσεις έπρεπε να αποκτήσουν νέο σχεδιασμό, ιδιαίτερα όσον αφορά τον πάγο. Κάτω από ορισμένες ατμοσφαιρικές συνθήκες, μπορεί να δημιουργηθεί πάγος στις αεροτομές και στις εισόδους αέρα του αεροσκάφους. Τις μέρες που υπάρχει ορατή υγρασία στον αέρα, ο πάγος μπορεί να σχηματιστεί στις επιφάνειες των αεροσκαφών σε υψόμετρα που θερμοκρασίες πέφτουν υπό τους 0^{o} C. Τα σταγονίδια νερού στον αέρα μπορούν να ψυχθούν από τις χαμηλές θερμοκρασίες χωρίς στην πραγματικότητα να μετατραπούν σε πάγο έκτος και αν διαταραχθούν με τον οποιοδήποτε τρόπο. Αυτή η ασυνήθιστη ιδιότητα οφείλεται εν μέρει στην τάση της επιφάνειας της σταγόνας να μην επιτρέπει την διόγκωση και το πάγωμα της. Ωστόσο, όταν οι επιφάνειες του αεροσκάφους διαταράσσουν αυτά τα σταγονίδια κατά την πτήση, λόγο δονήσεων, αμέσως μετατρέπονται σε πάγο.

Δύο τύποι πάγου συναντώνται κατά την διάρκεια μιας πτήσης, όπου για λόγους απλότητας θα χρησιμοποιηθούν οι αγγλικές ορολογίες τους, ο “clear” και ο “rime”. Ο clear πάγος σχηματίζεται όταν το υπόλοιπο υγρό τμήμα της σταγόνας νερού ρέει έξω από την επιφάνεια του αεροσκάφους, παγώνοντας σταδιακά σαν ένα λείο φύλλο στερεού πάγου. Ο σχηματισμός εμφανίζεται όταν τα σταγονίδια είναι μεγάλα, όπως στη βροχή. Αυτός ο τύπος πάγου είναι σκληρός, βαρύς και ανθεκτικός με την απομάκρυνση του να είναι δύσκολη.



Εικόνα 53. Η εικόνας του “clear” πάγου στην πτέρυγα του αεροσκάφους.

Ο πάγος “rime” σχηματίζεται όταν οι σταγόνες νερού είναι μικρές, όπως σε μια μικρή βροχόπτωση. Η σταγόνα προλαβαίνει να παγώσει άμεσα κατά την πρόσκρουση, να γίνει πάγος και να εξαπλωθεί πάνω στην επιφάνεια του αεροσκάφους. Τα μικρά σταγονίδια “αιχμαλωτίζουν” τον πάγο με μια λευκή εμφάνιση. Ο πάγος “rime” είναι ελαφρύτερος από τον “clear” πάγο, έχοντας μικρή σημασία αφού λόγο του ακανόνιστου σχήματος του και της τραχιάς επιφάνειας του μειώνουν την αεροδυναμική απόδοση των αεροτομών, μειώνοντας ταυτόχρονα την ανύψωση του αεροσκάφους. Αυτός ο τύπος πάγου είναι πιο εύθραυστος και πιο εύκολος στην απομάκρυνση του.

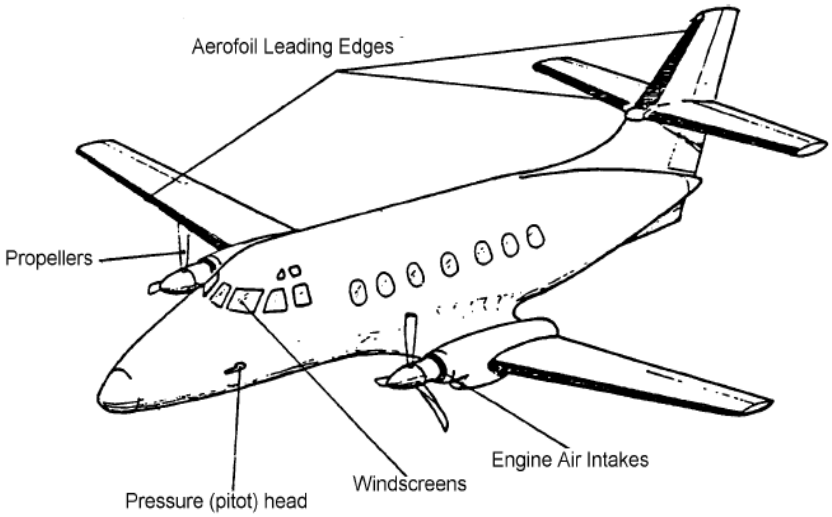


Εικόνα 54. Η εικόνας του “rime” πάγου στην πτέρυγα του αεροσκάφους.

5.1 Περιοχές προστασίας

Οι παρακάτω περιοχές ενός αεροσκάφους αποτελούν τις πιο κρίσιμες και ταυτόχρονα τις πιο ευάλωτες περιοχές σχηματισμού πάγου και η προστασία τους είναι απαραίτητη.

- **Πτέρυγες, αεροτομές** (aerofoils)
- **Εισαγωγή αέρα στους στροβιλοκινητήρες** (engine air intakes)
- **Ανεμοθώρακα** (windscreens)
- **Προπέλες** (propellers)
- **Οι κεφαλές πίεσης του συστήματος Pitot-Static** (pressure heads)



Εικόνα 55. Περιοχές προστασίας αεροσκάφους από πάγο

5.2 Επιπτώσεις πάγου

Η συσσώρευση πάγου στο αεροσκάφος είναι γνωστή ως "προσαύξηση πάγου" με τις συνέπειες να είναι εξαιρετικά επικίνδυνες κατά την διάρκεια της απογείωσης, πτήσης και προσγείωσης του για το πλήρωμα και τους επιβάτες.

Τα προβλήματα που δημιουργούνται από την συσσώρευση του πάγου σε ένα αεροσκάφος είναι τα παρακάτω :

- **Μείωση της ανύψωσης**

  Αυτό συμβαίνει λόγο του πάγου στις πτέρυγες και αεροτομές του αεροσκάφους που δυσκολεύει την ροή του αέρα πάνω σε αυτές.

- **Αύξηση της οπισθέλκουσας**

  Η οπισθέλκουσα αυξάνεται λόγο των τραχέων επιφανειών που δημιουργούνται λόγο του ακανόνιστου σχήματος του πάγου που σχηματίζεται πάνω τους (άτρακτος, πτέρυγες).

- **Αύξηση βάρους**

  Το βάρος του πάγου μπορεί να εμποδίσει το αεροσκάφος από την διατήρηση του υψομέτρου του.

- **Μείωση ώσης**

  Στους turbo-prop και στους εμβολοφόρους κινητήρες μειώνεται η απόδοση της έλικας λόγο του αυξημένου πάχους της λεπίδας από τον πάγο που δημιουργείται. Μπορούν να προκύψουν και κραδασμοί λόγω της άνισης κατανομής πάγου κατά μήκος των λεπίδων.

  Οι στροβιλοκινητήρες (turbofans) επηρρεάζονται και αυτοί από τον πάγο στην εισαγωγή του κινητήρα, προκαλώντας διαταραχή της ροής αέρα στον συμπιεστή. Επιπλέον, ο πάγος που σπάει από τις λεπίδες στην εισαγωγή απορροφάτε από τον κινητήρα προκαλώντας σοβαρές ζημιές στον συμπιεστή και σε άλλες περιοχές του κινητήρα.

- **Ανακρίβεια στις ενδείξεις των Pitot-Static οργάνων**

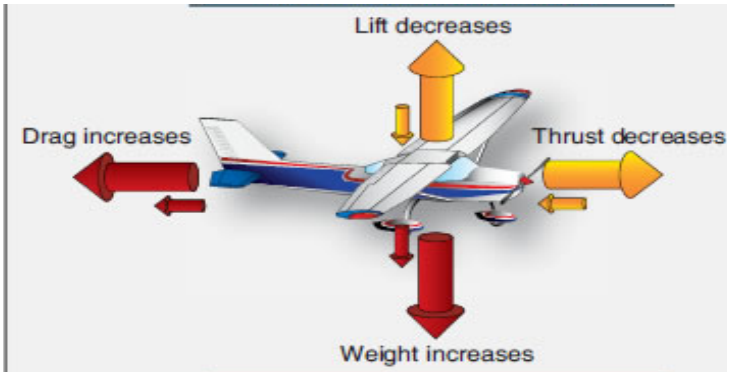
  Ο πάγος στην εισαγωγή αέρα του συστήματος Pitot-Static προκαλεί εμπλοκή στις γραμμές ανίχνευσης και παράγει ψευδείς ενδείξεις στα όργανα.

- **Απώλεια εγγενούς σταθερότητας**

  Αυτό συμβαίνει από της ανακατανομής του κέντρου βάρους του αεροσκάφους λόγω του βάρους του διαμορφωμένου πάγου.

- **Απώλεια ασύρματων επικοινωνιών**
- **Απώλεια ελέγχου**

  Η απώλεια ελέγχου της κίνησης ενός αεροσκάφους μπορεί να συμβεί λόγω του πάγου που εμποδίζει την κίνηση των επιφανειών ελέγχου.



Εικόνα 56. Αύξηση βάρους, αύξηση οπισθέλκουσας και ταυτόχρονα μείωση ώσης και ανύψωσης αποτελούν τα βασικότερα προβλήματα της δημιουργίας πάγου σε ένα αεροσκάφος.

5.3 Αποφυγή δημιουργίας πάγου

Διάφορα μέσα για την πρόληψη ή τον έλεγχο σχηματισμού πάγου χρησιμοποιούνται σήμερα στα αεροσκάφη :

- **Θέρμανση επιφανειών με ζεστό αέρα**
- **Θέρμανση με ηλεκτρικά στοιχεία**
- **Αντιπαγωτική φούσκα (De-icing Boot)**
- **Εφαρμογή χημικών**

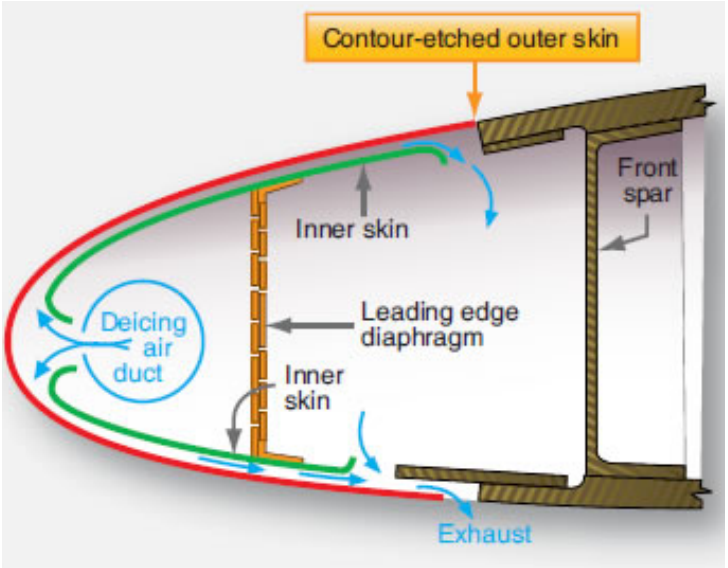
Ο εξοπλισμός χωρίζεται σε δύο κατηγορίες, τον anti-icing και τον de-icing. Ο anti-icing εξοπλισμός ενεργοποιείται πριν από την είσοδο στις συνθήκες πάγου και έχει σχεδιαστεί για να αποτρέψει την δημιουργία του. Ο εξοπλισμός διατηρεί τις επιφάνειες του αεροσκάφους στεγνές σε θερμοκρασίες που εξατμίζουν το νερό ή απλός το διατηρούν σε υγρή κατάσταση.
Ο de-icing εξοπλισμός έχει σχεδιαστεί για να αφαιρεί τον πάγο αφού αρχίσει να συσσωρεύεται στις πτέρυγες και σε όλα τα άκρα του αεροσκάφους.

5.4 Anti-icing συστήματα

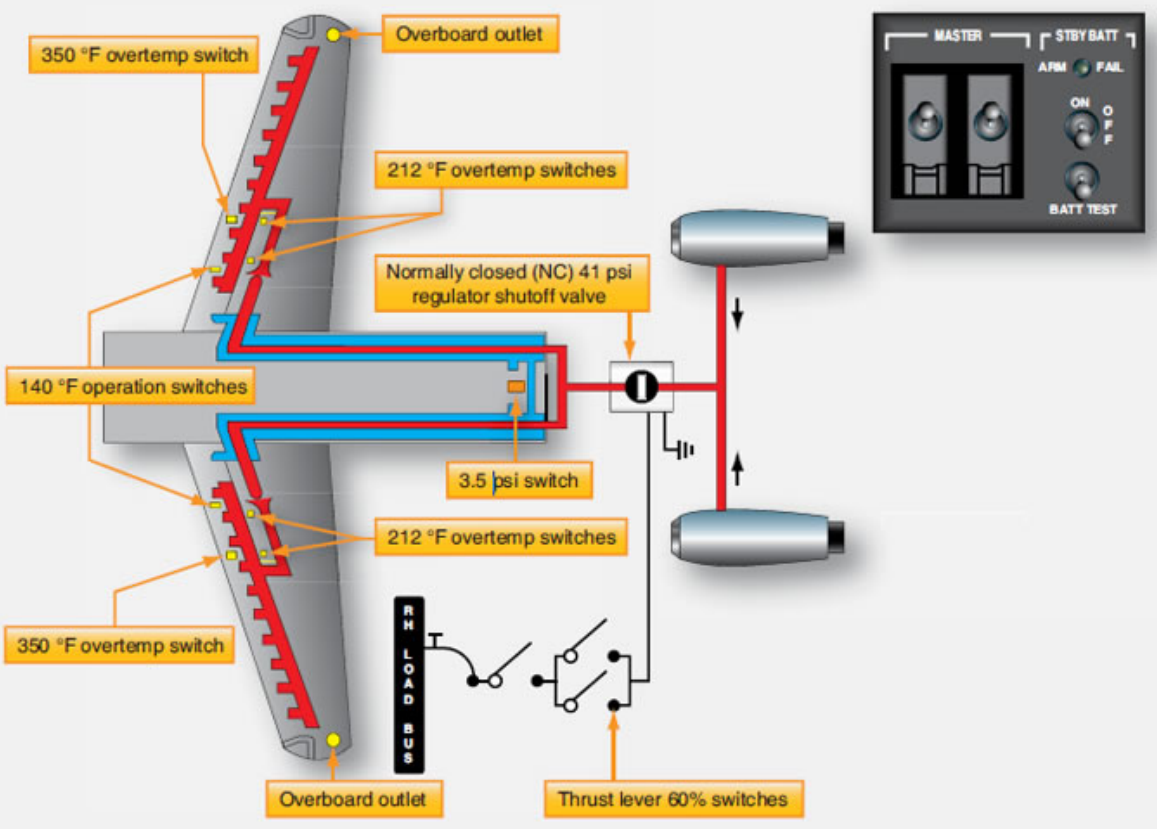
Τα πιο συνηθισμένα συστήματα anti-icing που χρησιμοποιούνται είναι θερμικά πνευματικά (thermal pneumatic), θερμικά ηλεκτρικά (thermal electric) και χημικά. Η εγκατάσταση τους γίνεται στις πτέρυγες, αεροτομές και όλες τις οριζόντιες και κατακόρυφες άκρες ενός αεροσκάφους.

5.4.1 Anti-icing συστήματα πτερυγίων

Τα anti-icing συστήματα στις πτέρυγες των αεροσκαφών (Thermal wing anti-ice, WAI) χρησιμοποιούν ζεστό αέρα από το τμήμα του συμπιεστή του κινητήρα. Μεγάλες ποσότητες πολύ θερμού αέρα εισάγονται από τον συμπιεστή, παρέχοντας μια ικανοποιητική πηγή θερμότητας κατά του πάγου. Ο ζεστός αέρα διοχετεύεται μέσω αγωγών, πολλαπλών σωλήνων και βαλβίδων σε εξαρτήματα που δεν πρέπει να παγώσουν. Στο σχήμα [Εικόνα 58] παρουσιάζεται ένα τυπικό WAI σύστημα σε αεροσκάφος. Ο αέρας εξαέρωσης (bleed air) δρομολογείται στις εμπρόσθιες άκρες κάθε πτέρυγας μέσω εκχυτήρων ή αλλιώς μπέκ. Οι εκχυτήρες αυτοί διοχετεύουν τον αέρα σε σωλήνες piccolo για ομοιόμορφη κατανομή κατά μήκος των άκρων. Νέος ατμοσφαιρικός αέρας εισάγεται στην εμπρόσθια άκρη του πτερυγίου μέσω δύο ράβδων αέρος με βυθιζόμενους βραχίονες που βρίσκονται η μια στην βάση του πτερυγίου και η δεύτερη στην "μύτη" του πτερυγίου. Οι εκχυτήρες μειώνουν την θερμοκρασία του αέρα εξαέρωσης και αυξάνουν την ροή αέρα στους σωλήνες piccolo. Το εμπρόσθιο άκρο του πτερυγίου είναι κατασκευασμένο από δυο επίπεδα, τα οποία διαχωρίζονται από έναν στενό διάδρομο [Εικόνα 57]. Ο αέρα που κατευθύνεται προς την εμπρόσθια άκρη μπορεί να διαφύγει μόνο μέσω του διαχωριστικού διαδρόμου, όπου έπειτα "εκτονώνεται" στο κάτω μέρος της πτέρυγας (exhaust).



Εικόνα 57. Θερμαινόμενη άκρη πτερυγίου



Εικόνα 58. Θερμικό σύστημα WAI

Όταν ο διακόπτης WAI είναι ενεργοποιημένος, ο ρυθμιστής πίεσης ενεργοποιείται και ανοίγει η βαλβίδα διακοπής. Όταν η θερμοκρασία του άκρου της πτέρυγας φτάσει τους 60° C, οι διακόπτες θερμοκρασίας ενεργοποιούν το φως λειτουργίας πάνω από τον διακόπτη. Αν η θερμοκρασία υπερβεί τους 100° C στο εξωτερικό του πτερυγίου και τους 176° C στο εσωτερικό, τότε ενεργοποιείται η κόκκινη προειδοποιητική λυχνία Wing Over-Heat (υπερθέρμανση πτέρυγας) στον πίνακα ειδοποιήσεων του πιλοτηρίου.

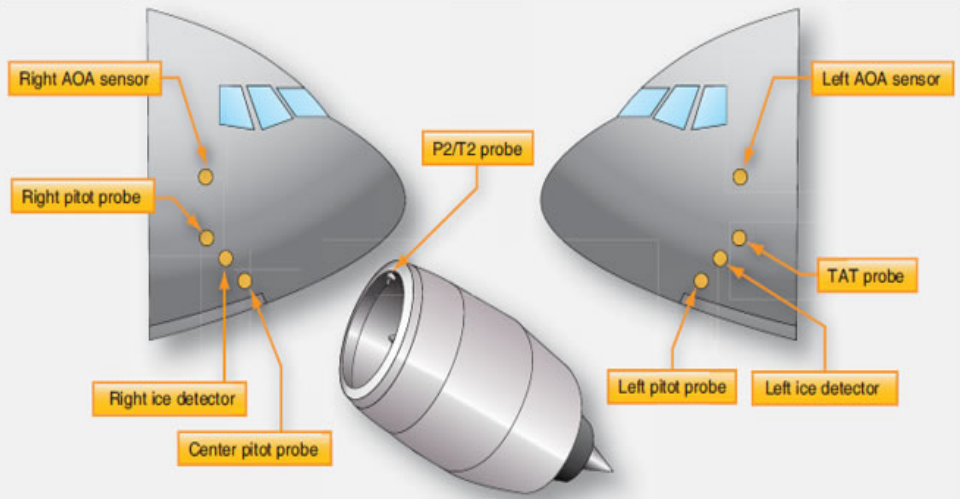
5.4.2 Θερμό-ηλεκτρικό σύστημα προστασίας

Η ηλεκτρική ενέργεια χρησιμοποιείται διαφόρων στοιχείων σε ένα αεροσκάφος, έτσι ώστε να μην δημιουργείται πάγος. Αυτό το anti-ice σύστημα περιορίζεται σε μικρά αντικείμενα λόγω της μεγάλης ποσότητας ρεύματος που τους διοχετεύεται. Ένα αποτελεσματικό θερμό-ηλεκτρικό σύστημα χρησιμοποιείται σε ανιχνευτές δεδομένων αέρα, όπως οι Pitot σωλήνες και οι στατικές θύρες, ανιχνευτές πάγου. Γραμμές νερού, αποχετεύσεις λυμάτων και κάποιες

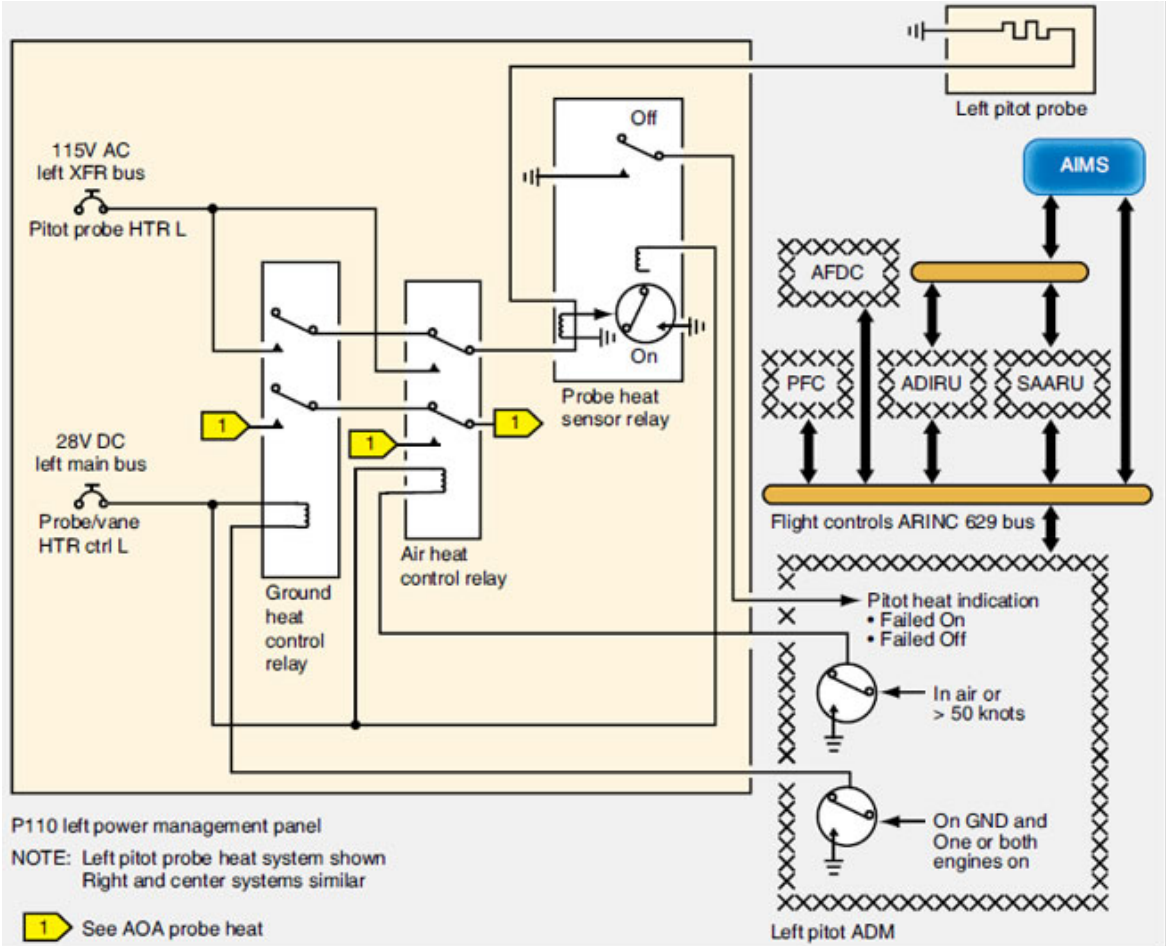
θύρες στροβιλοκινητήρων θερμαίνονται με ηλεκτρισμό για την αποφυγή δημιουργίας πάγου σε αυτά. Στα μεγάλα επιβατικά αεροσκάφη χρησιμοποιείται το θερμό-ηλεκτρικό σύστημα για τον ανεμοθώρακα του πιλοτήριο.

Η εικόνα 59 παρακάτω παρουσιάζει μερικές από τις τοποθεσίες που υπάρχει το θερμό-ηλεκτρικό σύστημα σε ένα αεροσκάφος. Ο σωλήνας Pitot, για παράδειγμα, περιέχει ένα εσωτερικό ηλεκτρικό στοιχείο που ελέγχεται από ένα διακόπτη στο πιλοτήριο. Ο σωλήνας έχει πολλή υψηλή θερμοκρασία, καθώς πρέπει να εμποδίσει τον σχηματισμό του πάγου σε περιβάλλον με θερμοκρασίες - 45° C.

Υπάρχουν απλά θερμό-ηλεκτρικά κυκλώματα στα επιβατικά αεροσκάφη με διακόπτες ενεργοποίησης και διαφυγής. Στα πιο σύγχρονα αεροσκάφη αυτά τα κυκλώματα είναι πιο σύνθετα, στα οποία ο έλεγχος γίνεται με υπολογιστή. Η εικόνα 52 παρουσιάζει ένα τέτοιο κύκλωμα στο σωλήνα Pitot.



Εικόνα 59. Σωλήνες που διαθέτουν το θερμό-ηλεκτρικό σύστημα



Εικόνα 60. Σύστημα anti-ice στον σωλήνα Pitot.

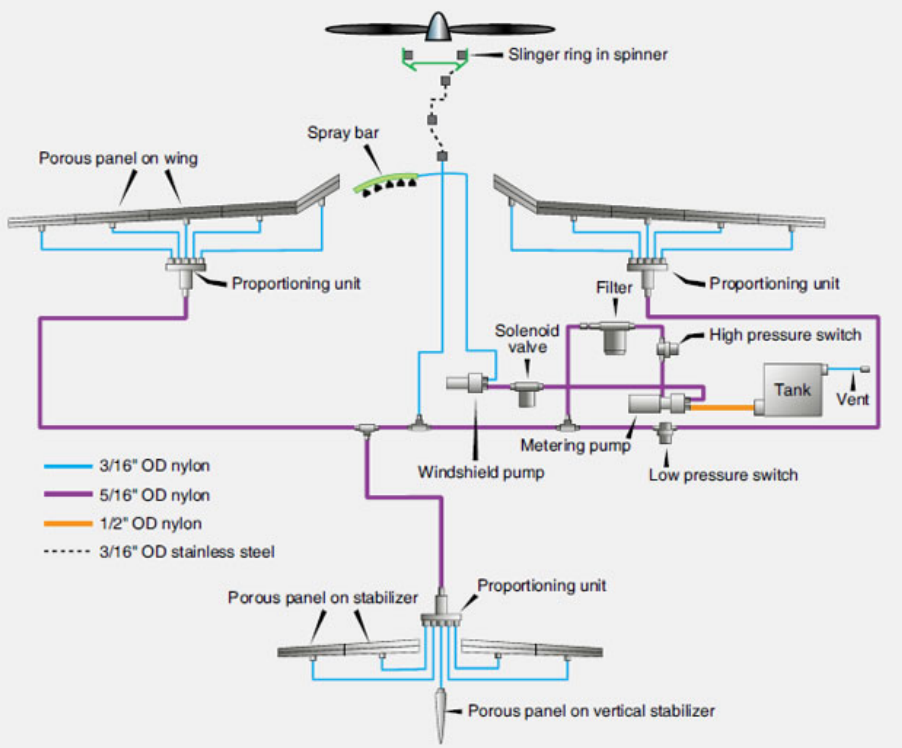
Ο πρωτεύων υπολογιστής πτήσης (PFC) στέλνει σήματα στην κάρτα δεδομένων αέρα (ADC) για την ενεργοποίηση των ρελέ ελέγχου θερμότητας, οι οποίοι με την σειρά τους ενεργοποιούν το anti-ice σύστημα των σωλήνων. Πληροφορίες σχετικά με την ταχύτητα του αεροσκάφους, είτε είναι στο έδαφος, είτε είναι στον αέρα και εάν οι κινητήρες βρίσκονται σε λειτουργία συλλέγονται από την κάρτα δεδομένων αέρα (ADC).

5.4.3 Χημικό σύστημα anti-ice

Το χημικό σύστημα χρησιμοποιείται στα αεροσκάφη για την καταπολέμηση της δημιουργίας πάγου στις άκρες των πτερυγίων, των αλεξήνεμων, των σταθεροποιητών (stabilizers) και των ελίκων. Ένα αντιψυκτικό διάλυμα αντλείται από μια δεξαμενή μέσω ενός σωλήνα που είναι

ενσωματωμένος στα εμπρόσθια άκρα των πτερυγίων και των σταθεροποιητών. Ενεργοποιείται από ένα διακόπτη στο θάλαμο διακυβέρνησης, το υγρό ρέει πάνω στις επιφάνειες του πτερυγίου και της ουράς αποτρέποντας τον σχηματισμό πάγου. Το διάλυμα αναμιγνύεται με το κρύο νερό του περιβάλλοντος μειώνοντας σημαντικά το σημείο τήξης του με αποτέλεσμα να ρέει από το αεροσκάφος χωρίς να παγώσει. Το σύστημα αυτό έχει σχεδιαστεί για anti-ice συστήματα αλλά και για de-ice. Όταν ο πάγος έχει συσσωρευτεί στα άκρα μιας πτέρυγας το αντιψυκτικό υγρό διαλύει χημικά τον πάγο και απομακρύνεται από το αεροσκάφος.

Το σύστημα πτερυγίων διαθέτει πλάκες από τιτάνιο που είναι διάτρητες με λέιζερ με πάνω από 800 μικροσκοπικές οπές ανά τετραγωνική ίντσα. Αυτά συνδυάζονται με ανοξείδωτα οπίσθια πάνελ από χάλυβα και συνδέονται με τις άκρες των πτερυγίων και των σταθεροποιητών. Καθώς το υγρό μεταφέρεται μέσω αντλίας από μια δεξαμενή διεισδύει μέσα στις τρύπες. Λόγω των αεροδυναμικών δυνάμεων που ασκούνται στο αεροσκάφος το υγρό επικαλύπτει τις άνω και κάτω επιφάνειες της αεροτομής. Το υγρό που έχει ως βάση την γλυκόλη εμποδίζει τον πάγο να προσκολληθεί στην επιφάνεια του αεροσκάφους.



Εικόνα 61. Χημικό σύστημα anti-ice

Επίλογος

Η παρούσα εργασία προσπάθησε να αναδείξει ένα σύνολο αυτόματων συστημάτων, εστιάζοντας κυρίως στις προδιαγραφές των πιο σύγχρονων επιβατικών αεροσκαφών αφού είναι υπεύθυνα για την μετακίνηση εκατομμυρίων ανθρώπων σε όλο τον κόσμο, αλλά έκανε γνωστή και την απαίτηση της άριστης λειτουργίας όλων των οργάνων και των ενδείξεων τους. Τα παραπάνω συστήματα που παρουσιάστηκαν αποτελούν ένα μικρό ποσοστό όσων υπάρχουν σε ένα αεροσκάφος. Ένας μεγάλος αριθμός αισθητήρων και κυκλωμάτων αυτοματισμού βρίσκονται εγκατεστημένοι σε όλο το μήκος και πλάτος ενός αεροσκάφους, με τον αριθμό αυτό να αυξάνεται όσο εξελίσσεται η τεχνολογία κάνοντας ολοένα και πιο ασφαλή, γρήγορη και ξεκούραστη την πτήση.

Βιβλιογραφία

1. Magazine of Aviation Development, Aircraft Gas Turbine Engine
   by *Czech Technical University in Prague, 2017*

2. Optical pressure and temperature sensors for aerospace applications
   by *Robert A. Pinnock, 1998*

3. "The Vital Role of Sensors in Aircraft Engine Monitoring and Control", *Aircraft Engineering and Aerospace Technology, Vol. 59 Issue: 7 1987*

4. Airframe & Power-plant Mechanics, Airframe Handbook Vol.2
   by *Aviation Safety Bureau, www.aviation-safety-bureau.com/aviation-safety.html*

5. Aircraft Systems: Aircraft Pressure Measuring Instruments,
   https://www.aircraftsystemstech.com/2017/06/pressure-measuring-instruments.html

6. Aircraft Systems: Aircraft Fuel System Indicators,
   https://www.aircraftsystemstech.com/2017/06/fuel-system-indicators.html

7. Aircraft Systems: Gas Turbine Engine Compressor Section
   https://www.aircraftsystemstech.com/p/compressor-section-compressor-section.html

8. Aircraft Systems: Aircraft Mechanical Movement Indicators
   https://www.aircraftsystemstech.com/2017/05/mechanical-movement-indicators.html

9. Aircraft Systems: Reciprocating Engine Operating Principles
   https://www.aircraftsystemstech.com/p/reciprocating-engine-operating.html

10. Aircraft Systems: Aircraft Gas Turbine Engines Types and Construction
    https://www.aircraftsystemstech.com/p/gas-turbine-engines-types-and.html

11. Aircraft Systems: Aircraft Fire Detection/Overheat Systems
https://www.aircraftsystemstech.com/2017/06/fire-detectionoverheat-systems.html

12. Aircraft Systems: Aircraft Ice Control Systems and Ice Detector Systems
https://www.aircraftsystemstech.com/2017/05/aircraft-ice-control-systems-and-ice.html

13. The balance careers, 6 Flight Instruments Pilots Need to Know
https://www.thebalancecareers.com/aircraft-flight-instruments-the-basic-six-pack-282852

14. Accelerometer, Kostas Makris Licensed Aircraft Engineering
https://www.k-makris.gr/accelerometer/

15. Airplanes by Chris Woodford
https://www.explainthatstuff.com/howplaneswork.html

16. Jet Engines by Chris Woodford
https://www.explainthatstuff.com/jetengine.html

17. National Aeronautics And Space Administration, Turbofan Engineer
https://www.grc.nasa.gov/WWW/K-12/airplane/Animation/turbtyp/etfr.html

18. Thermoelectric Materials For Thermocouples, Thermocouples In Gas Turbines
https://www.msm.cam.ac.uk/utc/thermocouple/pages/ThermocouplesInGasTurbines.html

19. Pitot-Static System, FlightSafety Foundation
https://www.skybrary.aero/index.php/Pitot_Static_System