

ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ ΔΥΤΙΚΗΣ ΕΛΛΑΔΑΣ

ΣΧΟΛΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΩΝ ΕΦΑΡΜΟΓΩΝ

ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ Τ.Ε.

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

ΜΕΛΕΤΗ ΥΔΡΑΥΛΙΚΩΝ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ ΠΟΛΕΜΙΚΩΝ ΑΕΡΟΣΚΑΦΩΝ



ΣΠΟΥΔΑΣΤΗΣ: ΣΤΡΑΤΗΣ ΑΘΑΝΑΣΙΟΣ

ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ: ΚΑΛΑΡΑΚΗΣ ΑΛΕΞΑΝΔΡΟΣ

ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ ΕΦΑΡΜΟΓΩΝ

ΠΑΤΡΑ 2015

ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Το παρόν τεύχος αποτελεί την Πτυχιακή Εργασία η οποία αναφέρεται στην μελέτη των Υδραυλικών συστημάτων των πολεμικών αεροσκαφών που εκπονήθηκε στο Τμήμα Μηχανολόγων Μηχανικών Τ.Ε. του Τεχνολογικού Εκπαιδευτικού Ιδρύματος Δυτικής Ελλάδας. Η χρησιμότητα των υδραυλικών συστημάτων στα μαχητικά αεροσκάφη μεγάλων βιομηχανιών είναι πολύ μεγάλη ακόμη και σήμερα που η εξέλιξη της τεχνολογίας ακμάζει. Μέσα στα υδραυλικά συστήματα ενεργεί το υδραυλικό υγρό το οποίο χρησιμοποιείται για την μεταφορά της ισχύς σε ορισμένα σημεία του αεροσκάφους στα οποία τα μοχλικά συστήματα και οι μηχανικές συσκευές είναι αδύνατον να λειτουργήσουν.

Στην αρχή περιγράφεται η χρησιμότητα των υδραυλικών συστημάτων, τα σημεία εφαρμογής τους στο αεροσκάφος και γίνεται η επεξήγηση ορισμένων όρων γνωστών ως υδραυλικοί όροι και οι σχέσεις αυτών. Στη συνέχεια αναφέρονται οι ιδιότητες-χαρακτηριστικά των υδραυλικών υγρών και οι τύποι αυτών. Ακόμη μελετάται η αρχή λειτουργίας του βασικού υδραυλικού συστήματος, των αντλιών, των βαλβίδων, των κυλίνδρων ενέργειας και των φίλτρων. Τέλος γίνεται η μελέτη των συστημάτων προσγειώσεως, πεδήσεως, των επιφανειών ελέγχου πτήσεως, της εγκατάστασης του υδραυλικού συστήματος, την πρόληψη των διαρροών του και των σωληνώσεων του που έχουν ως κύριο στόχο την μεταφορά του υδραυλικού υγρού στα διάφορα εξαρτήματα του αεροσκάφους.

Ευχαριστώ θερμά τον επιβλέποντα καθηγητή μου κ. Καλαράκη Αλέξανδρο, Καθηγητή Εφαρμογών του Τμήματος Μηχανολόγων Μηχανικών Τ.Ε. για την πολύτιμη βοήθεια και καθοδήγηση που μου προσέφερε για την πραγματοποίηση της εργασίας αυτής η οποία αποτελεί ένα εγχειρίδιο εκμάθησης των υδραυλικών συστημάτων των πολεμικών αεροσκαφών το οποίο είναι χρήσιμο για ένα νέο εργαζόμενο ή εκπαιδευόμενο φοιτητή που υλοποιεί την πρακτική του πάνω σε αυτά τα συστήματα. Επίσης ευχαριστώ τον κ. Σωτηρόπουλο Γεώργιο, προϊστάμενο του συνεργείου F-4E της Ελληνικής Αεροπορικής Βιομηχανίας για τις γνώσεις που μου προσέφερε κατά την εκπλήρωση της πρακτικής μου άσκησης πάνω στη συντήρηση των μαχητικών αεροσκαφών τύπου PHANDOM F-4E.

Στρατής Αθανάσιος

Ιούλιος 2015

Υπεύθυνη Δήλωση Σπουδαστή: Ο κάτωθι υπογεγραμμένος σπουδαστής έχω επίγνωση των συνεπειών του νόμου περί λογοκλοπής και δηλώνω υπεύθυνα ότι είμαι συγγραφέας αυτής της πτυχιακής εργασίας, έχω δε αναφέρει στην βιβλιογραφία μου όλες τις πηγές τις οποίες χρησιμοποίησα και έλαβα ιδέες και δεδομένα. Δηλώνω επίσης ότι, οποιοδήποτε στοιχείο η κείμενο το οποίο έχω ενσωματώσει στην εργασία μου προερχόμενο από βιβλία ή άλλες εργασίες ή το διαδίκτυο, γραμμένο ακριβώς ή παραφρασμένο, το έχω πλήρως αναγνωρίσει ως πνευματικό έργο άλλου συγγραφέα και έχω αναφέρει ανελλιπώς το όνομά του και την πηγή προέλευσής.

Ο σπουδαστής

(Ονοματεπώνυμο)

.....

(Υπογραφή)

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η παρούσα πτυχιακή εργασία αναφέρεται στη μελέτη των υδραυλικών συστημάτων των πολεμικών αεροσκαφών και την χρησιμότητά τους στο αεροσκάφος. Ακόμη γενικότερα αναφέρεται στον τρόπο λειτουργίας και την περιγραφή των υδραυλικών συστημάτων και ειδικότερα των υδραυλικών παρελκόμενων, τις απαιτήσεις που έχουν, τα διαγράμματα λειτουργίας τους, τα υλικά κατασκευής που χρειάζονται, την συνδεσμολογία που απαιτείται, τη ροή του υδραυλικού υγρού μέσα σε αυτά καθώς την συντήρησή τους την επιθεώρηση και το χώρο εγκατάστασή τους στο μαχητικό αεροσκάφος. Τα υδραυλικά συστήματα των πολεμικών αεροσκαφών χαρακτηρίζονται ως υδραυλικά συστήματα ισχύος καθώς μια πηγή ισχύος δημιουργεί πίεση στο υδραυλικό υγρό. Εδώ και χρόνια χαρακτηρίζονται ως συστήματα με μεγάλο συντελεστή απόδοσης και μικρές απώλειες ως αποτέλεσμα να πλεονεκτούν έναντι άλλων συστημάτων.

Η ανάπτυξη του θέματος της παρούσας πτυχιακής εργασίας γίνεται σε δώδεκα κεφάλαια. Στο πρώτο κεφάλαιο γίνεται η εισαγωγή στα υδραυλικά συστήματα των πολεμικών αεροσκαφών, τα σημεία εφαρμογής τους και τη χρησιμότητα τους σε αυτά. Ακόμη γίνεται η επεξήγηση ορισμένων όρων και των σχέσεών τους γνωστών ως υδραυλικοί όροι εφόσον τα υδραυλικά υγρά διέπονται από ορισμένους όρους για την κατανόησή τους.

Στο δεύτερο κεφάλαιο αναφέρονται οι ιδιότητες και τα χαρακτηριστικά του υδραυλικού υγρού όπως είναι το ιξώδες, η χημική ευστάθεια το σημείο ανάφλεξης και το σημείο καύσης, καθώς και οι τύποι των υδραυλικών υγρών και ο έλεγχος μολύνσεως σε αυτά. Ακόμη αναφέρεται η χρησιμότητα των υδραυλικών υγρών για την μεταφορά και την διανομή ισχύος στα διάφορα μέρη του αεροσκάφους.

Στο τρίτο κεφάλαιο αναπτύσσεται η λειτουργία του βασικού υδραυλικού κυκλώματος και τα βασικά υδραυλικά συστήματα. Γίνεται η περιγραφή των μονάδων του υδραυλικού συστήματος (δεξαμενή) καθώς και τα εξαρτήματα από τα οποία αποτελούνται.

Στο τέταρτο κεφάλαιο αναπτύσσεται μία από τις σπουδαιότερες μονάδες στο υδραυλικό σύστημα των μαχητικών αεροσκαφών οι αντλίες και οι διάφοροι τύποι αυτών οι οποίες δημιουργούν την απαραίτητη πίεση του υδραυλικού συστήματος για την μεταφορά του υγρού.

Στο πέμπτο κεφάλαιο αναφέρονται οι λειτουργίες των βαλβίδων και οι διάφοροι τύποι των βαλβίδων οι οποίοι χρησιμοποιούνται στο σύστημα για συγκεκριμένη αποστολή.

Το έκτο κεφάλαιο αναφέρεται στα φίλτρα και στους διάφορους τύπους αυτών που σκοπός τους είναι να συγκρατούν τις διάφορες ακαθαρσίες που τυχόν βρίσκονται στο σύστημα για την ομαλή και ασφαλή κυκλοφορία του συστήματος.

Το έβδομο κεφάλαιο αναφέρεται στον κύλινδρο ενέργειας (γρύλλος) και στους διάφορους τύπους αυτών ο οποίος μετατρέπει το έργο συμπίεσης του υγρού σε κίνηση για την εκτέλεση έργου.

Στο όγδοο κεφάλαιο αναπτύσσονται τα συστήματα προσγειώσεως του μαχητικού αεροσκάφους καθώς και τα διάφορα υποσυστήματα των συστημάτων αυτών, τα απαραίτητα αεροδυναμικά καλύμματα και οι ενισχύσεις που έχουν για την καλή λειτουργία καθώς κατέχουν σημαντικό παράγοντα στο αεροσκάφος.

Το ένατο κεφάλαιο αναφέρεται στα συστήματα πεδήσεως (φρένα) του αεροσκάφους που και αυτά με την σειρά τους είναι πολύ σπουδαία για την επιβράδυνση, ακινητοποίηση, στάθμευση καθώς και την πηδαλιούχηση του αεροσκάφους.

Το δέκατο κεφάλαιο αναφέρεται στις επιφάνειες και τους μηχανισμούς ελέγχου πτήσεως. Ακόμη απεικονίζονται το υδραυλικό σύστημα ελέγχου πτήσεως και οι ενδείκτες επιφανειών στο πιλοτήριο.

Το ενδέκατο κεφάλαιο αναφέρεται στις σωληνώσεις του υδραυλικού συστήματος που έχουν ως κύριο στόχο την μεταφορά του υδραυλικού υγρού στα διάφορα εξαρτήματα του αεροσκάφους, την εγκατάσταση του υδραυλικού συστήματος και την πρόληψη των διαρροών του.

Το δωδέκατο και τελευταίο κεφάλαιο αναφέρεται στα συμπεράσματα που προκύπτουν από την παρούσα πτυχιακή εργασία η οποία αποτελεί ένα εγχειρίδιο εκμάθησης των υδραυλικών συστημάτων σε ένα μαχητικό αεροσκάφος .

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΠΡΟΛΟΓΟΣ.....	i
ΠΕΡΙΛΗΨΗ.....	iii
ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ	v

1.ΕΙΣΑΓΩΓΗ

1.1 Τα υδραυλικά συστήματα των πολεμικών αεροσκαφών.....	1
1.1.1 Νόμος του PASCAL.....	2
1.1.2 Υδροστατικό παράδοξο.....	3
1.1.3 Σχέση μεταξύ πίεσης, δύναμης και επιφάνειας.....	4
1.1.4 Σχέση μεταξύ επιφάνειας, απόστασης και όγκου.....	5
1.1.5 Ασυμπίεστοτητα, μεταφορά πίεσης, διαστολή και συστολή.....	6
1.1.6 Μηχανικό πλεονέκτημα σε ένα υδραυλικό σύστημα.....	6

2. ΥΔΡΑΥΛΙΚΟ ΥΓΡΟ

2.1 Ιξώδες	8
2.2 Χημική ευστάθεια	10
2.3 Σημείο ανάφλεξης	11
2.4 Σημείο καύσης.....	11
2.5 Μόλυνση υδραυλικού υγρού	11
2.6 Έλεγχος μόλυνσεως	12
2.7 Δοκιμή μόλυνσεως.....	12
2.8 Τύποι υδραυλικών υγρών.....	13
2.9 Έλαια κινητήρων	14
2.10 Service με λάδι και υδραυλικό υγρό	15

3. ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ ΒΑΣΙΚΟΥ ΥΔΡΑΥΛΙΚΟΥ ΚΥΚΛΩΜΑΤΟΣ

3.1 Αρχή λειτουργίας βασικού υδραυλικού συστήματος	16
3.2 Υδραυλικά συστήματα ανοικτού και κλειστού κέντρου.....	17
3.3 Συστήματα υδραυλικής δύναμης.....	22
3.4 Περιγραφή μονάδων του υδραυλικού συστήματος	23
3.5 Περιγραφή υδραυλικών συστημάτων του αεροσκάφους.....	27
3.6 Ικανότητες παροχής υδραυλικής δύναμης συστημάτων A,B.....	27

4. ΑΝΤΛΙΕΣ

4.1 Οι διάφοροι τύποι αντλιών και οι μηχανισμοί τους.....	28
4.2 Μηχανοκίνητες αντλίες	39
4.3 Χειραντλίες διπλής ενέργειας.....	40

5. ΒΑΛΒΙΔΕΣ

5.1 Βαλβίδες ελέγχου (μη επιστροφής)	41
5.2 Βαλβίδα ανακούφισης και άλλοι τύποι βαλβίδων	43
5.3 Βαλβίδα διαλογής, βαλβίδα τεσσάρων διόδων και υδραυλικό συσσωρευτές.....	44

6. ΦΙΛΤΡΑ

6.1 Οι τύποι φίλτρων και η λειτουργία τους	51
--	----

7. ΚΥΛΙΝΔΡΟΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ (ΓΡΥΛΛΟΣ)

7.1 Οι τύποι των κυλίνδρων ενέργειας και η λειτουργία τους.....	56
---	----

8. ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΠΡΟΣΓΕΙΩΣΕΩΣ

8.1 Οι διάφοροι τύποι και η λειτουργία συστημάτων προσγειώσεως....	61
8.2 Αποσβεστήρες κρούσης	65

8.3 Ανάλυση συστημάτων προσγειώσεως.....	72
9.ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΠΕΔΗΣΗΣ (ΦΡΕΝΑ)	
9.1 Λειτουργία συστημάτων πέδησης.....	83
9.2 Ανάλυση διαφόρων τύπων συστημάτων πέδησης.....	85
9.3 Επιθεώρηση συστημάτων πέδησης και συντήρηση	105
9.4 Λειτουργία συστήματος αντιολίσθησης φρένων	107
10. ΕΠΙΦΑΝΕΙΕΣ ΕΛΕΓΧΟΥ ΠΤΗΣΕΩΣ	
10.1 Κατηγορίες επιφανειών ελέγχου πτήσεως.....	109
11. ΣΩΛΗΝΩΣΕΙΣ ΥΔΡΑΥΛΙΚΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΚΑΙ ΠΡΟΛΗΨΗ ΔΙΑΡΡΟΩΝ	
11.1 Οι σωληνώσεις του υδραυλικού συστήματος	114
11.2 Ειδικές φροντίδες διάφορων σημείων του υδραυλικού συστήματος και πρόληψη στεγανότητας και διαρροών	116
11.3 Η ορθή σχεδίαση, εγκατάσταση του υδραυλικού συστήματος και οι συνθήκες λειτουργίας του.....	122
12. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ	123
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....	124
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ ΣΧΗΜΑΤΩΝ	124

1.ΕΙΣΑΓΩΓΗ

1.1 ΤΑ ΥΔΡΑΥΛΙΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΤΩΝ ΠΟΛΕΜΙΚΩΝ ΑΕΡΟΣΚΑΦΩΝ

Η λέξη υδραυλικά εκφράζει την μελέτη της φυσικής συμπεριφοράς του νερού σε ηρεμία και σε κίνηση. Τα υδραυλικά συστήματα ισχύος ονομάζονται έτσι στα αεροσκάφη επειδή κάποια πηγή ισχύος δημιουργεί πίεση στο υδραυλικό υγρό που βρίσκεται μέσα σε αυτά. Σήμερα η έννοια έχει επεκταθεί για την φυσική συμπεριφορά όλων των υγρών και για το υδραυλικό υγρό.

Τα πρώτα αεροσκάφη είχαν υδραυλικά φρένα. Καθώς τα αεροσκάφη γίνονται πιο πολύπλοκα χρησιμοποιούνται νεότερα συστήματα που αντικαθιστούν τα παλαιότερα για καλύτερες επιδόσεις.

Αν και μερικοί κατασκευαστές αεροσκαφών κάνουν μεγαλύτερη χρήση υδραυλικών συστημάτων από άλλους κατασκευαστές, τα υδραυλικά συστήματα στα σύγχρονα αεροσκάφη εκτελούν πολλές λειτουργίες. Μεταξύ των μονάδων που λειτουργούν με υδραυλικό σύστημα είναι το σύστημα προσγειώσεως, τα πτερύγια καμπυλότητας (Flaps), οι πέντες ταχύτητας (Αερόφρενα - speedbrakes), τα φρένα τροχών και οι επιφάνειες ελέγχου πτήσεως καθώς και το υδραυλικό δοκιμαστήριο.

Τα πλεονεκτήματα των υδραυλικών συστημάτων έναντι άλλων είναι αρκετά σαν πηγή ισχύος για τη λειτουργία διάφορων μονάδων του αεροσκάφους. Συνδυάζουν την ελαφρότητα, ευχέρεια εγκαταστάσεως, απλότητα επιθεωρήσεως και ελάχιστη συντήρηση και μειωμένη πιθανότητα πυρκαγιάς. Η λειτουργία είναι σχεδόν 100% αποδοτική με μικρές απώλειες λόγω τριβής του υγρού μεταξύ των τοιχωμάτων των σωληνώσεων και του υγρού.

Όλα τα υδραυλικά συστήματα είναι βασικά όμοια. Ανεξάρτητα από τη λειτουργία τους έχουν μικρό αριθμό εξαρτημάτων και κάποιο τύπο υδραυλικού υγρού που χρησιμοποιείται.

Τα υδραυλικά υγρά χρησιμοποιούνται για να μεταφέρουν ισχύ σε ορισμένα σημεία του αεροσκάφους που συστήματα μοχλών και μηχανικές κατασκευές είναι αδύνατον να ενεργήσουν κάνοντας και την συντήρησή τους ευκολότερη.

Είναι τα πιο κατάλληλα για τη μεταφορά δυνάμεως από ένα σημείο σε ένα άλλο εξαιτίας του ασυμπίεστου και της αστάθειας του σχήματος (ειδικές ιδιότητες των υγρών). Ενώ τα αέρια είναι συμπιεστά, τα υγρά θεωρούνται ότι είναι πρακτικά ασυμπίεστα μέχρι την πίεση των **3.000 P.S.I.**

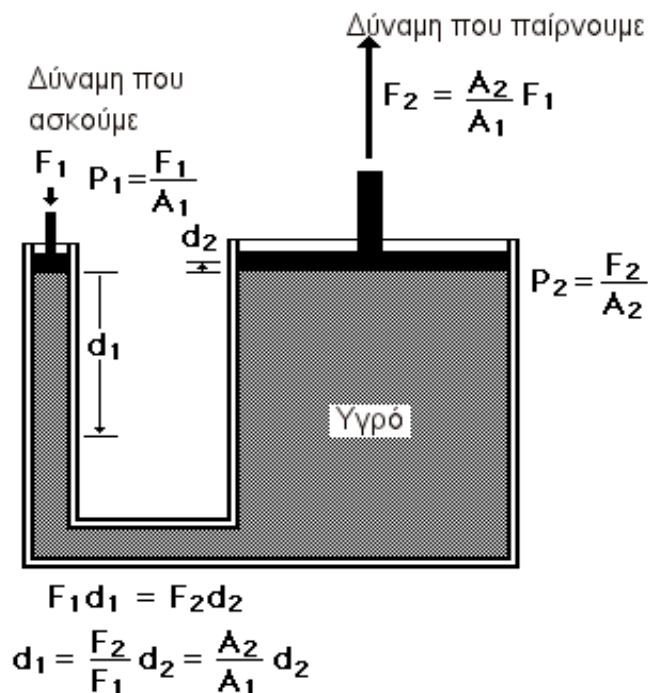
Στα υδραυλικά συστήματα των πολεμικών αεροσκαφών χρησιμοποιείται μεγάλος αριθμός σωληνώσεων, όπου μέσα σε αυτές ρέει το υδραυλικό υγρό, από τη δεξαμενή αποθηκεύσεως στα διάφορα συστήματα.

1.1.1 ΝΟΜΟΣ ΤΟΥ PASCAL

Ο νόμος αυτός είναι ο βασικός νόμος που χρησιμοποιούμε όταν σκεφτόμαστε τη διαβίβαση της δύναμης από ένα υδραυλικό σύστημα. Ο Γάλλος μαθηματικός Blaise Pascal παρατήρησε ότι οποιαδήποτε αύξηση στην πίεση περιορισμένου υγρού διαβιβάζεται εξίσου σε όλα τα μέρη της δεξαμενής και ενεργεί στις γωνίες και τις εσωτερικές επιφάνειες των τοιχωμάτων της δεξαμενής.

Αυτό σημαίνει ότι εάν έχουμε ένα πλήρες εσωκλειόμενο υγρό και εφαρμόζουμε μια δύναμη με ένα έμβολο στο δοχείο για να αυξήσουμε την πίεση αυτή η αύξηση της πίεσης θα είναι η ίδια σε οποιοδήποτε σημείο στο σύστημα.

Στο Σχ.1.1 φαίνεται ο τρόπος λειτουργίας του υδραυλικού πιεστήριου σύμφωνα με τον νόμο του Pascal:



Σχήμα 1.1: Υδραυλικό πιεστήριο

Η δύναμη F_1 ασκείται στο πρώτο έμβολο το οποίο έχει εμβαδόν A_1 . Στο υδραυλικό υγρό της αντλίας εκτός της ατμοσφαιρικής πίεσης ασκείται μια πρόσθετη πίεση:

$$P_1 = \frac{F_1}{A_1}$$

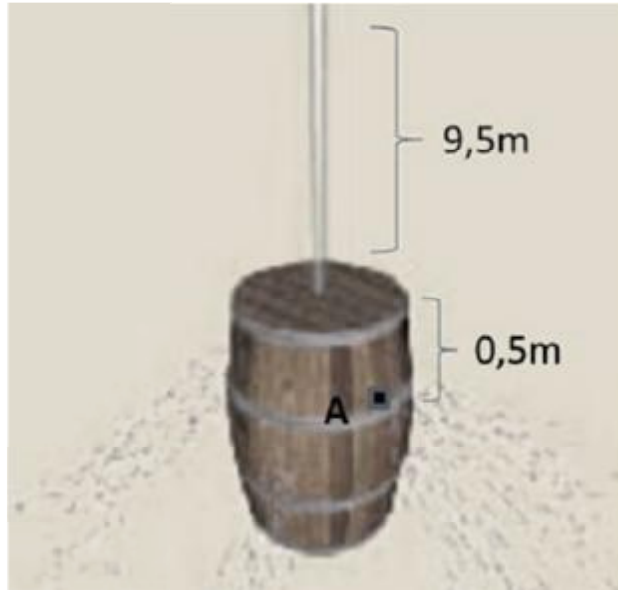
Επομένως, σύμφωνα με την αρχή του Πασκάλ, το υγρό ασκεί στο δεύτερο έμβολο το οποίο έχει εμβαδόν A_2 πίεση P_2 ίση με την P_1 . Το υδραυλικό υγρό ασκεί στο έμβολο δύναμη F_2 :

$$P_2 = P_1, \quad \frac{F_2}{A_2} = \frac{F_1}{A_1}, \quad F_2 = \frac{A_2}{A_1} \cdot F_1$$

Έτσι με μικρή σχετικά ασκούμενη δύναμη (F_1) μπορούμε να ανυψώσουμε πολύ βαρύτερα αντικείμενα λόγω της δύναμης F_2 που είναι μεγαλύτερη της F_1 κατά τον λόγο των διατομών A_2/A_1 .

1.1.2 ΥΔΡΟΣΤΑΤΙΚΟ ΠΑΡΑΔΟΞΟ

Το υδροστατικό παράδοξο μπορεί να γίνει αντιληπτό με την κατανόηση του παρακάτω εικονιζόμενου πειράματος στο σχήμα 1.2 το οποίο έγινε τον 17 αιώνα από τον Pascal ο οποίος τοποθέτησε ένα γυάλινο σωλήνα γεμάτο νερό μήκους 9.5 m σε ένα ξύλινο βαρέλι που περιείχε 1000 Kg νερού και παρατήρησε τα τοιχώματα του βαρελιού να σπάνε.



Σχήμα 1.2: Υδροστατικό παράδοξο

Αυτό εξηγείται αν θεωρήσουμε μια μικρή επιφάνεια εμβαδού $A=1 \text{ cm}^2$ ($=0.0001 \text{ m}^2$) στο τοίχωμα του βαρελιού και $h=0.5 \text{ m}$ από το πάνω μέρος του βαρελιού. Πριν να τοποθετήσουμε το σωλήνα η πίεση στην επιφάνεια είναι

$$P=\rho \cdot g \cdot h = 1000 \text{ kg/m}^3 \cdot 10 \text{ m/s}^2 \cdot 0,5 \text{ m} = 5.000 \text{ Pa}$$

Οπότε η δύναμη που ασκείται στην επιφάνεια A είναι

$$P= F/A \Rightarrow F=P \cdot A \Rightarrow F=5000 \text{ Pa} \times 0.0001 \text{ m}^2 = 0.5 \text{ N}$$

Όταν τοποθετήσουμε το σωλήνα η πίεση γίνεται

$$P'=\rho \cdot g \cdot h = 1000 \text{ kg/m}^3 \cdot 10 \text{ m/s}^2 \cdot (9.5+0.5) \text{ m} = 100.000 \text{ Pa}$$

$F'=P' \cdot A = 100.000 \text{ Pa} \times 0.0001 \text{ m}^2 = 10 \text{ N}$ η οποία δύναμη είναι είκοσι φορές μεγαλύτερη από ότι ήταν πριν (0.5 N) για αυτό το λόγο τα τοιχώματα του βαρελιού δεν αντέχουν και σπάνε.

1.1.3 ΣΧΕΣΗ ΜΕΤΑΞΥ ΠΙΕΣΗΣ, ΔΥΝΑΜΗΣ ΚΑΙ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΣ

Στα υδραυλικά συστήματα το εμβαδόν της διατομής των εμβόλων παίζει βασικό ρόλο για την μεταβολή της δύναμης που ασκείται σε αυτό στη συγκεκριμένη πίεση που λειτουργεί το σύστημα και μετριέται σε m^2 στο διεθνές σύστημα ενώ στο Αγγλοσαξονικό σε in^2 .

Η δύναμη είναι ώθηση που ασκείται στην επιφάνεια του εμβόλου, στο διεθνές σύστημα μετριέται σε N ενώ στο Αγγλοσαξονικό σε lbs

Η πίεση είναι ένα μέτρο του ποσού δύναμης που ενεργεί σε μια μονάδα επιφάνειας ή ο λόγος της δύναμης που ασκείται σε μια επιφάνεια ως προς το εμβαδόν της. Στα περισσότερα αμερικανικά υδραυλικά συστήματα η πίεση μετριέται σε λίβρες ανά τετραγωνική ίντσα (PSI), και στο μετρικό σύστημα εκφράζεται στα χιλιόγραμμα ανά τετραγωνικό εκατοστόμετρο. Στο διεθνές σύστημα μονάδων (SI) η δύναμη F μετράται σε N και το εμβαδόν A τις επιφάνειας σε m^2 . Οπότε η πίεση P μετράται σε N/m^2 (Pascal)

Η σχέση μεταξύ της πίεσης, της δύναμης και της επιφάνειας μπορεί να εκφραστεί από τον τύπο:

$$\text{Πίεση} = \frac{\text{Δύναμη}}{\text{Επιφάνεια}}$$

Στη γλώσσα των μαθηματικών συμβόλων έχουμε : $P = \frac{F}{A}$

1.1.4 ΣΧΕΣΗ ΜΕΤΑΞΥ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΣ, ΑΠΟΣΤΑΣΗΣ ΚΑΙ ΟΓΚΟΥ

Ο όγκος προσδιορίζει την ποσότητα του υγρού που παρέχει μία αντλία ανά μονάδα χρόνου και μετριέται στο διεθνές σύστημα μονάδων σε m^3 και στο Αγγλοσαξονικό σε in^3 .

Η απόσταση μεταξύ των δύο ακραίων σημείων που κινείται το έμβολο στα υδραυλικά συστήματα χαρακτηρίζεται ως διαδρομή του εμβόλου ή μήκος του εμβόλου διαδρομής εμβόλου. Στο διεθνές σύστημα μονάδων μετριέται σε m ενώ στο Αγγλοσαξονικό σε in.

Μήκος διαδρομής εμβόλου = όγκο / εμβαδόν

1.1.5 ΑΣΥΜΠΙΕΣΤΟΤΗΤΑ, ΜΕΤΑΦΟΡΑ ΠΙΕΣΗΣ ΔΙΑΣΤΟΛΗ ΚΑΙ ΣΥΣΤΟΛΗ

Ασυμπιεστότητα θεωρούμε όταν ο όγκος μιας ορισμένης μάζας υδραυλικού υγρού δεν μειώνεται αλλά παραμένει σταθερός, τα υδραυλικά υγρά θεωρούνται ασυμπίεστα.

Η μεταφορά της πίεσης στα υδραυλικά συστήματα γίνεται ακαριαία σε όλο το σύστημα είτε παρουσιάζεται αύξηση ή μείωση σε κάποιο σημείο του συστήματος.

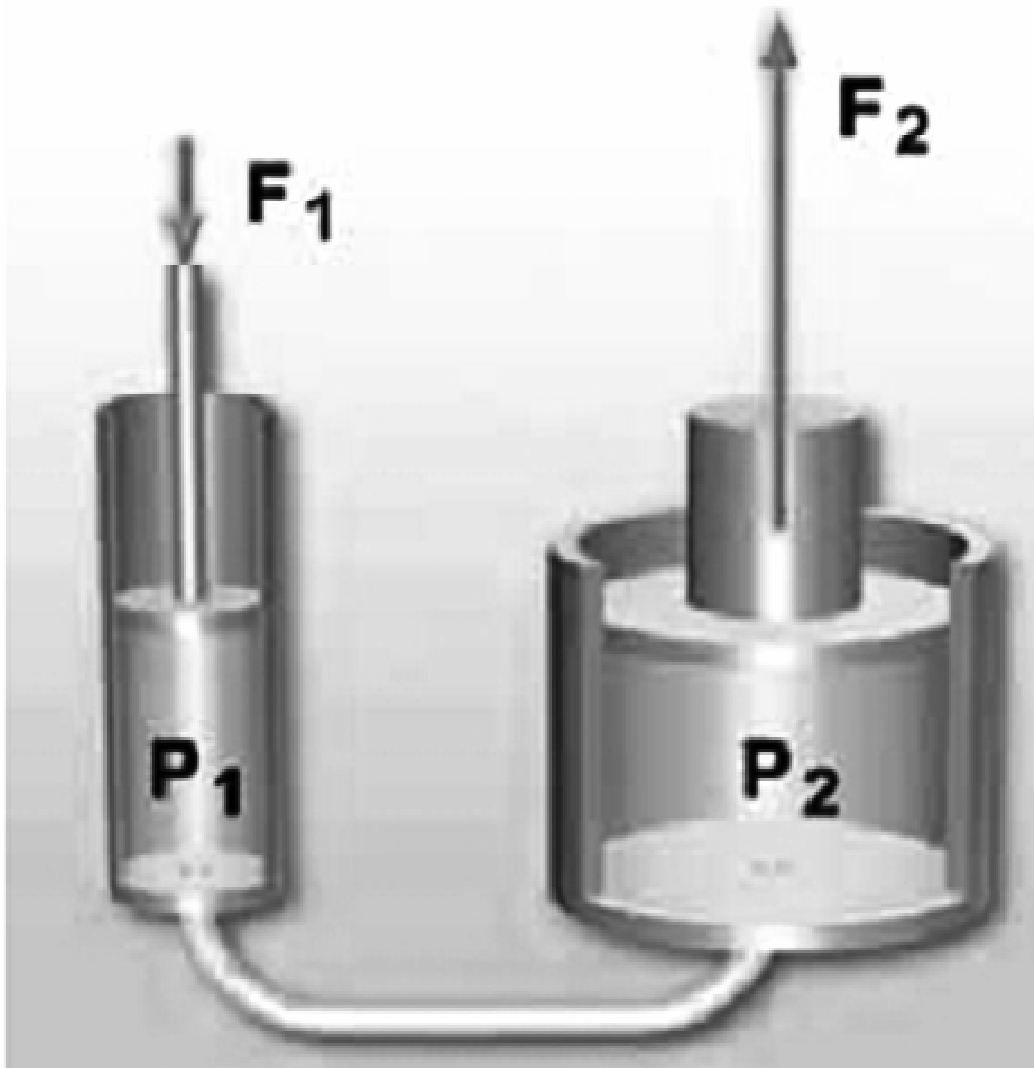
Η διαστολή και η συστολή των υγρών μέσα στα υδραυλικά συστήματα εμφανίζεται κατά τη μεταβολή της θερμοκρασίας της αν δηλαδή η θερμοκρασία του υγρού σε ένα κλειστό δοχείο αυξηθεί τότε το υγρό διαστέλλεται οπότε αυξάνεται ο όγκος του συνεπώς η πίεσή του και αντιστρόφως.

1.1.6 ΜΗΧΑΝΙΚΟ ΠΛΕΟΝΕΚΤΗΜΑ ΣΕ ΕΝΑ ΥΔΡΑΥΛΙΚΟ ΣΥΣΤΗΜΑ

Όταν έχουμε μια μικρή δύναμη αλλά μεγάλο μήκος εμβόλου μπορούμε να ασκήσουμε μεγάλη δύναμη με μικρό μήκος εμβόλου.

Το μηχανικό πλεονέκτημα σε ένα υδραυλικό σύστημα προέρχεται από την πίεση του ρευστού στο σύστημα. Το μηχανικό πλεονέκτημα επιτρέπει να χρησιμοποιήσουμε μια μικρή δύναμη σε ένα μικρό έμβολο για να παράγουμε μια μεγαλύτερη δύναμη επί του μεγάλου εμβόλου.

Από το νόμο του Pascal, γνωρίζουμε ότι η πίεση που δημιουργεί το μικρό έμβολο είναι η ίδια παντού στο ρευστό. Έτσι, το μεγάλο έμβολο έχει μια μεγαλύτερη περιοχή και είναι σε θέση να πολλαπλασιάσει την πίεση. Αυτό μπορούμε να το διακρίνουμε στο σχήμα 1.3.



Σχήμα 1.3:Μηχανικό πλεονέκτημα

Το μηχανικό πλεονέκτημα υπερισχύει σε σχέση με τους τύπους μηχανικών συστημάτων κατά την ευκολία με την οποία η δύναμη μπορεί να διαβιβαστεί πέρα από τις μεγάλες αποστάσεις και μέσα και έξω από σφραγισμένα συστήματα και το άλλο πλεονέκτημα έναντι των άλλων τύπων μηχανικών συστημάτων είναι το μεγάλο μηχανικό πλεονέκτημα που παρατηρείται με την ποικιλία των εμβόλων.

2. ΥΔΡΑΥΛΙΚΟ ΥΓΡΟ

Τα υδραυλικά υγρά χρησιμοποιούνται στα υδραυλικά συστήματα για την μεταφορά και τη διανομή ισχύος μέσα στα διάφορα εξαρτήματα του συστήματος.

Το ρευστό (Υδραυλικό υγρό) που χρησιμοποιείται στα υδραυλικά συστήματα αεροσκαφών είναι ένα από τα σημαντικότερα μέρη του συστήματος. Αυτό το ρευστό πρέπει να είναι ικανό να περνά μέσα από τις γραμμές και να είναι ασυμπίεστο. Πρέπει να έχει καλές λιπαντικές ιδιότητες για να αποτρέψει την τριβή στην αντλία και τις βαλβίδες, να εμποδίζει την διάβρωση και να μην προσβάλλει χημικά τις στεγανοποιήσεις που χρησιμοποιούνται στο σύστημα. Το υδραυλικό υγρό που χρησιμοποιείται στο σύστημα πρέπει να είναι ικανό να μην δημιουργεί αφρό όταν βρίσκεται σε λειτουργία μέσα στο σύστημα.

Ο Νόμος του Pascal αναφέρει ότι, η πίεση που εφαρμόζεται σε επιφάνεια παγιδευμένου υγρού μεταφέρεται αμετάβλητα σε κάθε άλλο σημείο του υγρού. Έτσι αν υπάρχουν δίοδοι στο σύστημα η πίεση μπορεί να διανεμηθεί μέσω όλων αυτών διά μέσου του υγρού. Οι κατασκευαστές υδραυλικών συστημάτων συνήθως καθορίζουν τον τύπο του υγρού που ταιριάζει στη χρήση των εξαρτημάτων σε σχέση με τις συνθήκες λειτουργίας την εξυπηρέτηση, τη θερμοκρασία εσωτερικά και εξωτερικά από τα συστήματα, τη πίεση που πρέπει να αντέχει το υγρό και διάφορες τις καταστάσεις.

Αν απαιτείται μόνο η ρευστότητα και το ασυμπίεστο, τότε οποιοδήποτε υγρό που δεν είναι παχύρρευστο, μπορεί να χρησιμοποιηθεί στο υδραυλικό σύστημα.

Τα υδραυλικά υγρά εκτός από το ασυμπίεστο και την ρευστότητα έχουν και διάφορες ιδιότητες και χαρακτηριστικά που είναι το ιξώδες, η χημική ευστάθεια, το σημείο καύσεως και το σημείο αναφλέξεως.

2.1 ΙΞΩΔΕΣ

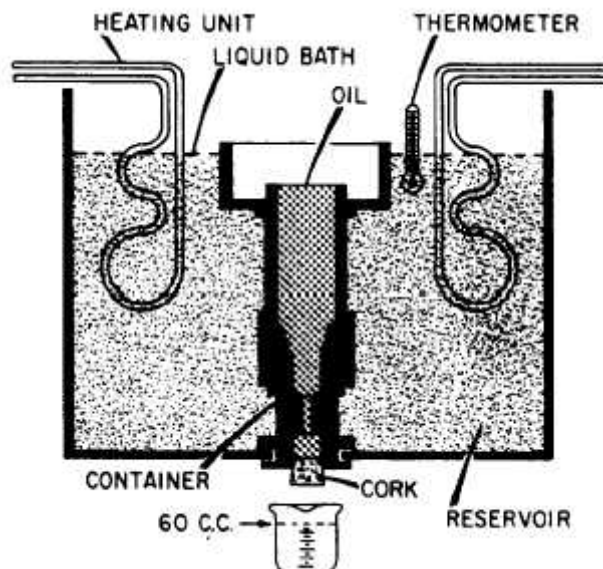
Το σημαντικότερο χαρακτηριστικό του υδραυλικού υγρού είναι το ιξώδες. Το ιξώδες ουσιαστικά μπορούμε να πούμε ότι είναι η εσωτερική αντίσταση στη ροή του υγρού. Υγρό όπως το νερό ρέει εύκολα (οπότε έχει χαμηλό ιξώδες) ενώ η πίσσα και το μέλι ρέει αργά (άρα έχει μεγάλο ιξώδες).

Το ιξώδες αυξάνει με την πτώση της θερμοκρασίας. Ένα αποτελεσματικό υγρό που χρησιμοποιείται μέσα σε ένα υδραυλικό σύστημα πρέπει να παρέχει στεγανότητα στις αντλίες, στις βαλβίδες και τα έμβολα. Δεν πρέπει να είναι πολύ πυκνό γιατί θα παρέχει αντίσταση στη ροή που συνεπάγεται απώλεια ισχύος και μεγάλες θερμοκρασίες λειτουργίας.

Οι παραπάνω παράγοντες προσθέτουν φορτίο και μεγάλη φθορά στα εξαρτήματα. Όταν ένα υδραυλικό υγρό είναι λεπτό συνεπάγεται γρήγορη φθορά κινούμενων εξαρτημάτων-τμημάτων. Η θερμοκρασία του υγρού στη δεξαμενή παρουσιάζει μεγάλες θερμοκρασίες, υγρά με μεγάλο ιξώδες έχουν μεγαλύτερη αντίσταση στη θερμοκρασία από τα υγρά με μικρό ιξώδες που παράγονται από την ίδια πηγή.

Ένα μέσο υδραυλικό υγρό έχει χαμηλό ιξώδες, παρόλα αυτά υπάρχει μεγάλη ποικιλία υδραυλικών υγρών τα οποία έχουν όρια ιξώδους κατάλληλα για υδραυλικά υγρά. Τα υγρά μπορεί να διασπαστούν όταν εκτεθούν στον αέρα, το νερό, το αλάτι ή τις ακαθαρσίες, ιδιαίτερα αν βρίσκονται σε σταθερή κίνηση ή υπόκεινται σε θερμότητα.

Μέταλλα όπως ο ψευδάργυρος, μόλυβδος, κασσίτερος και χαλκός, έχουν ανεπιθύμητες χημικές αντιδράσεις όταν έρχονται σε επαφή με ορισμένα υγρά. Αυτές οι χημικές διαδικασίες σχηματίζουν κόλλες άνθρακα και άλλα συστατικά που φράζουν τα ανοίγματα, προκαλούν κόλλημα των βαλβίδων και εμβόλων ή διαρροές και παρέχουν ελαττωματική λίπανση στα κινούμενα μέρη. Άμα σχηματισθεί μικρή ποσότητα από τα συστατικά αυτά αυξάνεται απότομα ο βαθμός σχηματισμού. Το ιξώδες μετριέται με όργανο που ονομάζεται ιξωδόμετρο ή ιξώμετρο. Υπάρχουν πολλοί τύποι ιξωδόμετρων, αλλά το γνωστότερο είναι τύπου **Saybolt** (Το όργανο αυτό μετράει τον χρόνο σε δευτερόλεπτα, που χρειάζεται μια ποσότητα 60cc να ρεύσει από μια στένωση ορισμένου μήκους και διαμέτρου ορισμένης θερμοκρασίας. Ο χρόνος μετριέται σε δευτερόλεπτα και η ένδειξη ιξώδους σε SSU (Seconds, Saybolt Universal)



- HEATING UNIT = Θερμαντική μονάδα
- LIQUID BATH = Λουτρό υγρού
- OIL = Υδραυλικό υγρό
- THERMOMETER= Θερμόμετρο
- CONTAINER =Δοχείο
- CORK = Πώμα
- RESERVOIR = Δεξαμενή

Σχήμα 2.1: Saybolt ιξωδομέτρου

2.2 ΧΗΜΙΚΗ ΕΥΣΤΑΘΕΙΑ

Η χημική ευστάθεια είναι η ικανότητα αντιστάσεως του υγρού σε οξειδωση και μόλυνση για μεγάλα χρονικά διαστήματα. Τα υγρά τείνουν να υπόκεινται σε ανεπιθύμητες χημικές μεταβολές όταν λειτουργούν σε αντίξοες συνθήκες και πολύ χρόνο σε υψηλές θερμοκρασίες μέσα στο σύστημα. Η θερμοκρασία του υγρού στη δεξαμενή δεν αντιπροσωπεύει πάντα τις πραγματικές συνθήκες λειτουργίας. Θερμά σημεία παρατηρούνται στους τριβείς, τους οδοντωτούς τροχούς ή τους περιοριστές. Η συνεχής ροή του υγρού από τα σημεία αυτά μπορεί να προκαλέσει τοπικές θερμοκρασίες αρκετά υψηλές. Τα υγρά με ένα υψηλό ιξώδες έχουν μεγαλύτερη αντίσταση στη θερμότητα από υγρά ελαφριού ή χαμηλού ιξώδους που έχουν προέλθει από την ίδια πηγή. Το μέσο υδραυλικό υγρό έχει ένα χαμηλό ιξώδες. Υπάρχει μια ευρεία επιλογή των διαθέσιμων υγρών συμπεριλαμβανομένου του ιξώδους που απαιτείται στα υδραυλικά υγρά.

Τα υγρά μπορούν να χάσουν τις ιδιότητές τους εάν εκτίθενται στο νερό, στον αέρα, στο αλάτι ή τις ακαθαρσίες, ειδικά αν είναι σε σταθερή κίνηση ή υπόκεινται στη θερμότητα. Μερικά μέταλλα όπως ο μόλυβδος, ο ψευδάργυρος ορείχαλκος και ο χαλκός έχουν ανεπιθύμητη χημική αντίδραση σε ορισμένα υγρά. Αυτές οι χημικές διαδικασίες οδηγούν στο σχηματισμό, της γομώδης ουσίας άνθρακα άλλων ακαθαρσιών που φράζουν τα ανοίγματα και έτσι αναγκάζουν τις βαλβίδες και τα έμβολα να κολλήσουν να έχουν διαρροή, και να δώσουν φτωχή λίπανση στα κινούμενα μέρη του συστήματος. Μόλις τα μικρά ποσά λάσπης ή άλλων ακαθαρσιών δημιουργηθούν το ποσό σχηματισμού της αυξάνεται και πραγματοποιούνται ορισμένες αλλαγές στις φυσικές και χημικές ιδιότητες του υγρού. Το υγρό συνήθως γίνεται σκοτεινότερο στο χρώμα και αυξάνεται το ιξώδες του.

2.3 ΣΗΜΕΙΟ ΑΝΑΦΛΕΞΗΣ

Σημείο ανάφλεξης είναι η θερμοκρασία στην οποία το υγρό μπορεί να παράγει ικανή ποσότητα ατμών με συνέπεια την ανάφλεξή της κατά την ύπαρξη φλόγας. Το ψηλό σημείο αναφλέξεως είναι επιθυμητό για τα υδραυλικά υγρά επειδή δείχνει ότι υπάρχει καλή αντίσταση στην καύση και χαμηλό βαθμό εξατμίσεως στις κανονικές θερμοκρασίες. Το σημείο ανάφλεξης σε χρησιμοποιημένα λιπαντικά υποβαθμίζεται και για αυτό το λόγο και εξατμίζεται πιο εύκολα, αν η διάρκεια της ανάφλεξης είναι πάνω από 5 δευτερόλεπτα τότε γίνεται λόγος για το σημείο Καύσης του λιπαντικού. Το σημείο αυτό είναι θερμοκρασιακά υψηλότερο από το σημείο ανάφλεξης.

2.4 ΣΗΜΕΙΟ ΚΑΥΣΗΣ

Το σημείο καύσεως είναι η θερμοκρασία στην οποία το υδραυλικό υγρό δίνει ατμούς σε ικανή ποσότητα για αυτανάφλεξη και συνεχίσει να καίγεται όταν εκτεθεί σε σπινθήρα φλόγας. Όπως και για το σημείο αναφλέξεως το ψηλό σημείο καύσεως είναι επιθυμητό για τα υδραυλικά υγρά.

2.5 ΜΟΛΥΝΣΗ ΥΔΡΑΥΛΙΚΟΥ ΥΓΡΟΥ

Συνήθως βλάβες του υδραυλικού συστήματος οφείλονται στη μόλυνση του υγρού. Το μέγεθος της βλάβης που προκαλείται εξαρτάται από τον τύπο της μόλυνσης. Η μόλυνση του υδραυλικού υγρού εμφανίζεται ως στερεά σώματα όπως άμμος, ψήγματα συγκόλλησης και μεταλλικά ως ψήγματα μηχανικής επεξεργασίας ή σκουριάς και μη μεταλλικά σώματα, όπως παράγωγα οξειδώσεως του λαδιού, τεμάχια από παρεμβάσματα που φθάρθηκαν και άλλα οργανικά εξαρτήματα.

2.6 ΕΛΕΓΧΟΣ ΜΟΛΥΝΣΕΩΣ

Ο έλεγχος μολύνσεως μπορεί να επιτευχθεί με τη χρήση φίλτρων. Ο έλεγχος του μεγέθους και της ποσότητας της μολύνσεως που προκαλείται στο σύστημα γίνεται από εξειδικευμένο προσωπικό το οποίο έχει την απόλυτη ευθύνη για την συντήρηση του συστήματος και την άμεση επιδιόρθωση του προβλήματος. Αν το σύστημα μολυνθεί τα φίλτρα πρέπει να καθαριστούν ή να αντικατασταθούν.

Οι παρακάτω διαδικασίες εξασφαλίζουν τον έλεγχο τις μόλυνσης:

1. Διατήρηση των εργαλείων και των χώρων εργασίας καθαρών.
2. Ύπαρξη δοχείου περισυλλογής του υγρού που χύνεται στις εργασίες συναρμολόγησης και αποσυναρμολόγησης των εξαρτημάτων
3. Πριν την αποσύνδεση σωληνώσεων και συνδέσμων η περιοχή πρέπει να καθαρίζεται με διαλυτικό ξηρού καθαρισμού
4. Τοποθετούμε πώματα στις σωληνώσεις και στους συνδέσμους μετά την αποσύνδεση της σωλήνωσης.
5. Πλύσιμο των εξαρτημάτων σε διαλυτικά ξηρού καθαρισμού πριν τη χρήση.
6. Στέγνωμα των εξαρτημάτων και λίπανση με κατάλληλο λιπαντικό ή υδραυλικό υγρό.
7. Αντικατάσταση των παρεμβασμάτων με τα προβλεπόμενα κάθε φορά που επανασυναρμολογούνται.
8. Σύνδεση και σύσφιξη συνδέσμων και εξαρτημάτων με ροπόκλειδο στην καθορισμένη ροπή σύσφιξης του κατασκευαστή.
9. Διατήρηση του εξοπλισμού εξυπηρετήσεως υδραυλικού καθαρού και σε καλή κατάσταση.

2.7 ΔΟΚΙΜΗ ΜΟΛΥΝΣΗΣ

Η μόλυνση του υδραυλικού υγρού δεν είναι ορατή με γυμνό μάτι έτσι δεν μπορεί να καθοριστεί το μέγεθος τις μόλυνσης. Οι ακαθαρσίες φανερώνουν φθορά κάποιου εξαρτήματος του συστήματος. Το υγρό που επιστρέφει στη δεξαμενή μπορεί να περιέχει ακαθαρσίες από κάθε εξάρτημα και για τον εντοπισμό τους παίρνουμε δείγμα από τη δεξαμενή και άλλα σημεία του συστήματος.

Τα φίλτρα μπορούν να συγκρατήσουν μόνο στερεά αντικείμενα για αυτό το λόγο γίνεται η δοκιμή της μόλυνσης του υδραυλικού υγρού με τους εξής τρόπους:

1. Γίνεται περισυλλογή των δειγμάτων του υγρού από το υδραυλικό σύστημα σύμφωνα με τις οδηγίες που αναφέρονται στα εγχειρίδια του συγκεκριμένου τύπου αεροσκάφους.
2. Μερικά υδραυλικά συστήματα έχουν βαλβίδες αποστραγγίσης όπου παίρνεται το δείγμα.
3. Όταν δεν υπάρχουν βαλβίδες αποστραγγίσης στο υδραυλικό σύστημα αποσυνδέουμε τη γραμμή υδραυλικού.
4. Μερικά συστήματα έλεγχου μόλυνσεως προβλέπουν και σύριγγα λήψεως υγρού.
5. Κατά την δειγματοληψία είναι απαραίτητη λίγη πίεση στο σύστημα ώστε να εξασφαλίζεται ότι το υγρό θα τρέξει προς τα έξω και οι ακαθαρσίες δεν θα κυκλοφορήσουν στο υδραυλικό σύστημα.
6. Τοποθετούμε το δείγμα στη συσκευή ελέγχου μόλυνσης.
7. Συγκρίνουμε το χρώμα του φίλτρου της συσκευής του ελέγχου μόλυνσης με το συγκριτικό φίλτρο της συσκευής.
8. Το φίλτρο σκουραίνει ανάλογα με το βαθμό της μόλυνσης του υδραυλικού υγρού.
9. Τα δείγματα του υγρού τοποθετούνται σε μια φιάλη δείγματος υγρού όμοιο με το μολυσμένο και συγκρίνεται το χρώμα του υγρού της φιάλης με το υγρό που πήραμε από το υδραυλικό σύστημα.
10. Αν το δείγμα του υδραυλικού υγρού που πήραμε από το σύστημα είναι πιο σκούρο από το υγρό της φιάλης τότε το υδραυλικό υγρό είναι σε αποσύνθεση, μερικές φορές απαιτείται και χημική δοκιμή η οποία περιλαμβάνει τον έλεγχο του ιζώδους, της υγρασίας και του σημείου ανάφλεξης.

2.8 ΤΥΠΟΙ ΥΔΡΑΥΛΙΚΩΝ ΥΓΡΩΝ

Για την σωστή λειτουργία των υδραυλικών συστημάτων του αεροσκάφους και την σωστή λίπανση για την αποφυγή βλαβών στα εξαρτήματα του συστήματος πρέπει να χρησιμοποιείται ο κατάλληλος τύπος υδραυλικού υγρού που προβλέπεται από τον κατασκευαστή του υδραυλικού συστήματος και αναφέρεται στα εγχειρίδια του αεροσκάφους ή στη δεξαμενή υδραυλικού υγρού.

Υπάρχουν τρεις κύριοι τύποι υδραυλικών υγρών που χρησιμοποιούνται και σήμερα στα αεροσκάφη οι οποίοι είναι οι παρακάτω:

1) Υδραυλικά υγρά βάσεως φυτικού λαδιού (MIL-H-7644)

Τα υδραυλικά υγρά αυτού του τύπου έχουν αντικατασταθεί σήμερα και χρησιμοποιούνται πολύ σπάνια στα συστήματα φρένων παλαιότερων τύπων αεροσκαφών. Αποτελούνται ουσιαστικά από ρετσινόλαδο και αλκοόλη και

αναγνωρίζονται από την οσμή αλκοόλης που αναδίδουν. Το υγρό αυτό χρησιμοποιείται για αεροπορική χρήση, χρωματίζεται μπλε για την αναγνώριση του. Τα υδραυλικά υγρά βάσεως φυτικού λαδιού χρησιμοποιούν παρεμβάσματα από φυσικό ελαστικό.

Το υδραυλικό υγρό **MIL-H-7644** έχει χρησιμοποιηθεί στο παρελθόν όταν οι απαιτήσεις υδραυλικών συστημάτων δεν ήταν τόσο αυστηρές όσο είναι σήμερα. Οι ενώσεις των σωληνώσεων από φυσικό λάστιχο χρησιμοποιούνται με φυτικής-βάσης υδραυλικό υγρό. Εάν αυτό το σύστημα έχει βάση πετρελαίου ή τα ρευστά βάσεων φωσφατικού εστέρα, τα σημεία των ενώσεων θα φουσκώσουν, οι ενώσεις θα καταστραφούν και θα μπλοκάρουν τις σωληνώσεις.

2) Υδραυλικά υγρά βάσης πετρελαίου

Τα υδραυλικά αυτά υγρά είναι προδιαγραφής MIL-H-6083 και χρησιμοποιούνται σε βοηθητικά υδραυλικά συστήματα. Χρησιμοποιούνται για αεροπορική χρήση χρωματίζονται κόκκινα και απαιτούν χρήση παρεμβασμάτων από συνθετικό ελαστικό.

3) Υδραυλικά υγρά συνθετικής βάσης

Τα υδραυλικά υγρά συνθετικής βάσης που αναπτύχθηκαν να αντιστέκονται στη φωτιά. Χρησιμοποιούνται στα στρατιωτικά αεροσκάφη με προδιαγραφή υδραυλικού υγρού MIL-H-83282 και στα πολιτικά αεροσκάφη με στροβιλοκινητήρα προδιαγραφής υδραυλικού υγρού MIL-H-8446. Διακρίνονται από το χρώμα τις που διαφέρει ανάλογα με τον τύπο, το Skydrol 7000 είναι ελαφρά πράσινο, το Skydrol 500 έχει χρώμα μπλέ. Αν στο υδραυλικό σύστημα αεροσκάφους χρησιμοποιηθεί ακατάλληλο υδραυλικό υγρό, πρέπει να γίνει αμέσως στράγγιση και εκπλύση σύμφωνα με τις οδηγίες του κατασκευαστή. Σε αυτές τις περιπτώσεις απαιτείται και αντικατάσταση των παρεμβασμάτων που ήρθαν σε επαφή με το ακατάλληλο υδραυλικό υγρό.

2.9 ΕΛΑΙΑ ΚΙΝΗΤΗΡΩΝ

Τα έλαια κινητήρων Turboprop και Turbojet και τα υδραυλικά υγρά **MIL-H-5606** και **SKYDROL** απαγορεύεται να αναμιγνύονται μεταξύ τους ή με άλλα υγρά και η ελάχιστη ανάμιξη είναι δυνατόν προκαλέσει τεράστια προβλήματα στην λειτουργία των κινητήρων και άλλων μονάδων.

Πριν την χρησιμοποίησή τους τα κουτιά ελαίου πρέπει να σκουπίζονται με καθαρό πανί και να ανοίγονται μόνο κατά τη στιγμή της χρησιμοποίησής τους. Να λαμβάνεται μέριμνα για το κουτί που ανοίχτηκε, να χρησιμοποιείται πλήρως, αν δεν είναι δυνατόν το κουτί δεν πρέπει να απορρίπτεται αλλά να ακολουθούνται οι παρακάτω ενέργειες:

Άδειασμα στις υπάρχουσες αντλίες χρώματος κόκκινου ETO 2360, πράσινου **MIL-H-5606** και κίτρινου SKYDROL LD αντίστοιχα, αλλιώς καλύπτουμε αμέσως το κουτί με ένα πλαστικό κάλυμμα και με την πρώτη ευκαιρία το χρησιμοποιούμε.

Έλαια κινητήρων ίδιας προδιαγραφής αλλά διαφορετικού κατασκευαστή δύναται να αναμιχθούν αλλά μόνο κατόπιν εγκρίσεως του μηχανικού.

(α) Το υδραυλικό υγρό **MIL-H-5606** μπορεί να αναμιχθεί με το **AEROSHELL FLUID IAC** μόνο.

(β) Τα υδραυλικά υγρά **SKYDROL, HYJET** κλπ. Τα οποία καθορίζονται σε **B.M.S. 3-II C** είναι εναλλακτά μεταξύ τους και δύναται να αναμιχθούν για οποιαδήποτε ποσότητα συμφώνα **MSL-74-63-29** τα χρησιμοποιηθέντα υδραυλικά υγρά δύναται να αναγεννηθούν (**RECLAMATION**).

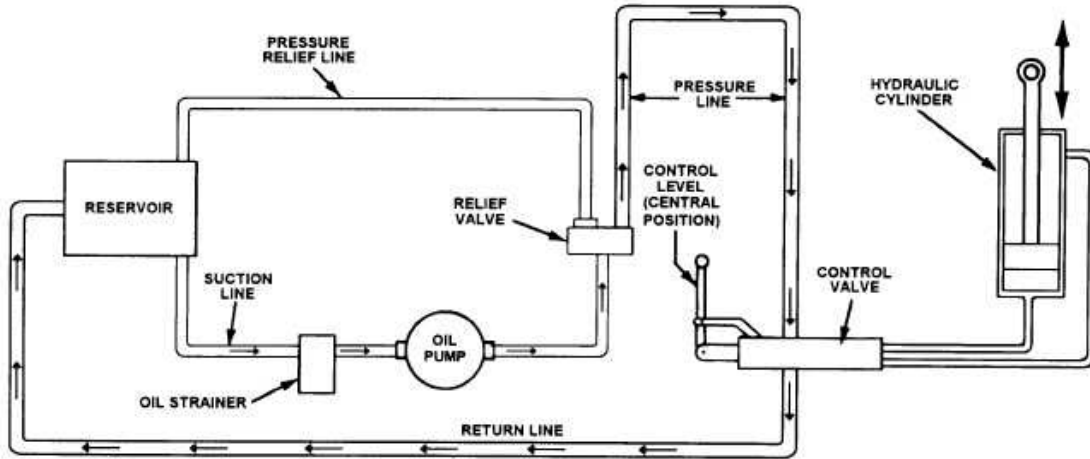
2.10 SERVICE ΜΕ ΛΑΔΙ ΚΑΙ ΥΔΡΑΥΛΙΚΟ ΥΓΡΟ

Το service των μαχητικών αεροσκαφών με λάδι και υδραυλικό υγρό γίνεται με ειδικές συσκευές που χρησιμοποιούνται στα κατάλληλα στόμια τα οποία βρίσκονται στο αεροσκάφος και μπορούν να δεχτούν υψηλές πιέσεις.

Η χρήση τύπου λαδιού ή του τύπου υδραυλικού που δεν προβλέπεται μπορεί να προκαλέσει διαρροές, κακή λειτουργία συστήματος, φθορές και στην περίπτωση του λαδιού ζημιές στους κινητήρες από κακή λίπανση. Για αυτό το λόγο πρέπει να δίδεται ιδιαίτερη προσοχή στον τύπο του λαδιού και του υδραυλικού που χρησιμοποιούνται γιατί διάφοροι τύποι των λαδιών και των υδραυλικών υγρών δεν είναι εναλλακτά μεταξύ τους και δεν επιτρέπεται ανάμιξη τους εκτός από ελάχιστες εξαιρέσεις. Το λάδι και το υδραυλικό υγρό δεν πρέπει να χρησιμοποιείται από κουτιά που έχουν μείνει πολλή ώρα ανοικτά υπάρχει κίνδυνος αλλοίωσης ή εισόδου ακαθαρσιών στο σύστημα κάτι που θα δημιουργήσει πρόβλημα σε όλη την διαδικασία.

3. ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ ΒΑΣΙΚΟΥ ΥΔΡΑΥΛΙΚΟΥ ΚΥΚΛΩΜΑΤΟΣ

3.1 ΑΡΧΗ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ ΒΑΣΙΚΟΥ ΥΔΡΑΥΛΙΚΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ



- PRESSURE RELIEF LINE = Γραμμή εκτόνωσης πίεσης
- RESERVOIR = Δεξαμενή
- SUCTION LINE = Γραμμή αναρρόφησης
- RELIEF VALVE = Βαλβίδα εκτόνωσης
- OIL STRAINER = Φίλτρο λαδιού
- OIL PUMP = Αντλία λαδιού
- RETURN LINE = Γραμμή επιστροφής
- PRESSURE LINE = Γραμμή πίεσης
- CONTROL LEVEL (CENTRAL POSITION) = Επίπεδο ελέγχου (κεντρική θέση)
- CONTROL VALVE = Βαλβίδα ελέγχου
- HYDRAULIC CYLINDER = Υδραυλικός κύλινδρος

Σχήμα 3.1: Βασικό υδραυλικό σύστημα

Με το παραπάνω σχήμα 3.1 μπορούμε να κατανοήσουμε τη λειτουργία ενός βασικού υδραυλικού συστήματος που αποτελείται από ορισμένες μονάδες απαραίτητες για κάθε υδραυλικό σύστημα από τα πιο απλά μέχρι και τα πιο πολύπλοκα.

Το υδραυλικό αυτό σύστημα του σχήματος αποτελείται από μια δεξαμενή που περιέχει υδραυλικό υγρό που επιτρέπει τη μετάδοση ισχύος που πρέπει να μεταφερθεί μέσω του συστήματος από ένα φίλτρο για την απομάκρυνση ξένων προσμείξεων, μια αντλία για να κινηθεί υδραυλικό ρευστό διαμέσου του συστήματος μια βαλβίδα ελέγχου για την επέκταση ή την είσοδο του εμβόλου. Ακόμη αποτελείται από γραμμές για τη μεταφορά του ρευστού τις και από τον υδραυλικό κύλινδρο και ένα υδραυλικός κύλινδρος, ο οποίος παρέχει γραμμική κίνηση.

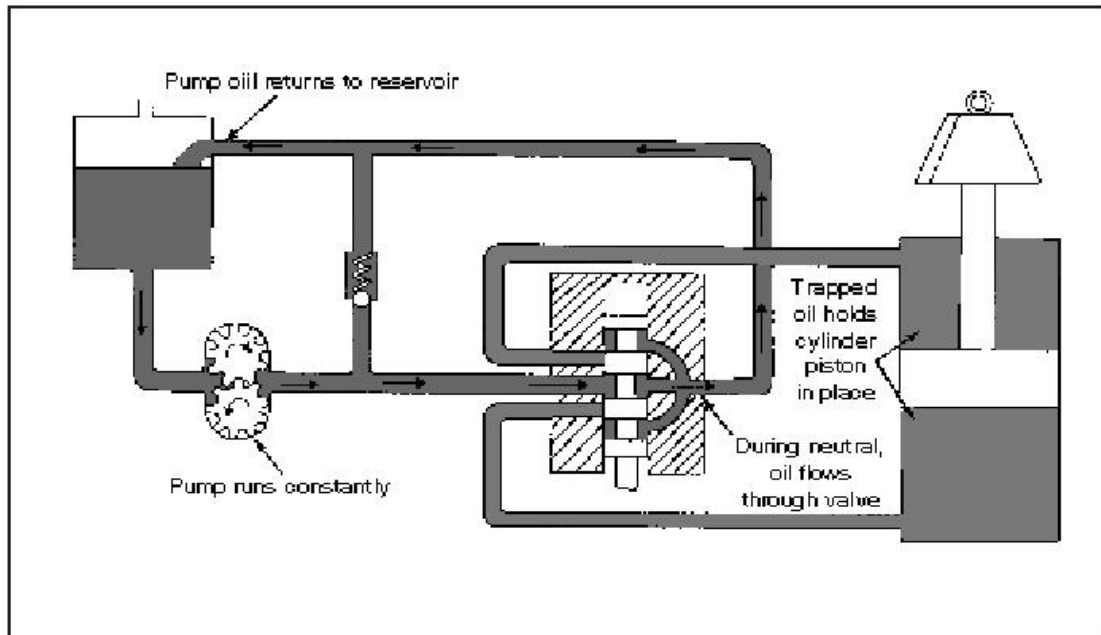
Το κάθε υδραυλικό σύστημα μπορεί να περιέχει ορισμένα πρόσθετα χαρακτηριστικά ασφαλείας, όπως μία βαλβίδα ανακούφισης και μια γραμμή ανακούφισης πίεσης σε περίπτωση υπερπίεσης.

Γενικά τα υδραυλικά συστήματα ανεξάρτητα από τον κατασκευαστή τους αποτελούνται από τα εξής βασικά εξαρτήματα:

- 1) Την δεξαμενή υγρού η οποία μπορεί να περιλαμβάνει φίλτρο, βαλβίδα αποκατάστασης και τον ενδείκτη στάθμης
- 2) Τους ρυθμιστές πίεσης, τα φίλτρα και τους υδραυλικούς συσσωρευτές
- 3) Τις αντλίες σταθερής και μεταβλητής παροχής που μπορεί να είναι κύριες αλλά και βοηθητικές, μηχανοκίνητες, ηλεκτροκίνητες και χειροκίνητες.
- 4) Τις σωληνώσεις, υδραυλικούς κινητήρες, κυλίνδρους ενέργειας και διάφορες βαλβίδες μηχανικές και ηλεκτρικές
- 5) Το υδραυλικό υγρό το οποίο δουλεύει σε υψηλές πιέσεις μέσα στο σύστημα που ξεπερνούν τα 2.000 psi ως τα 3.000 psi.

3.2 ΥΔΡΑΥΛΙΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΑΝΟΙΚΤΟΥ ΚΑΙ ΚΛΕΙΣΤΟΥ ΚΕΝΤΡΟΥ

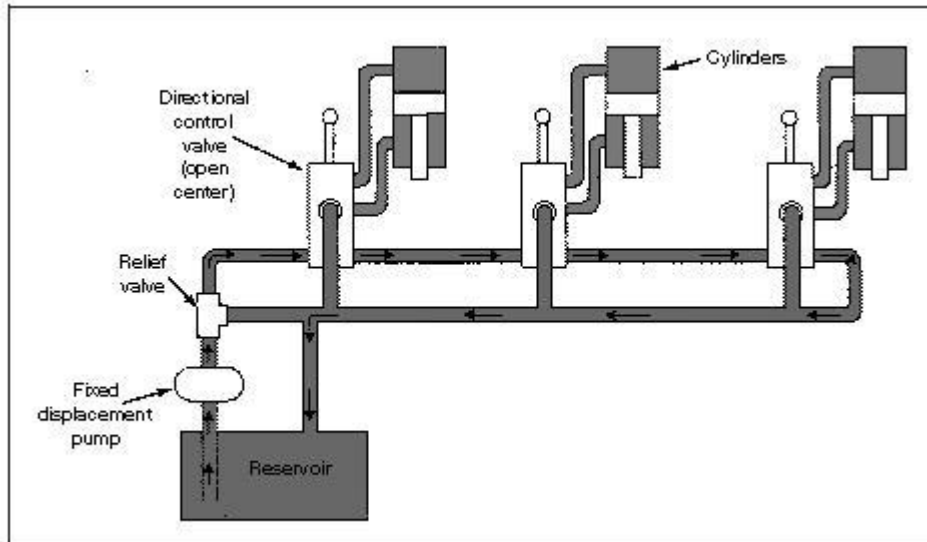
Τα υδραυλικά συστήματα ανοικτού κέντρου όπως μπορούμε να διακρίνουμε και στο παρακάτω σχήμα 3.2 έχουν ροή όταν λειτουργεί η αντλία χωρίς όμως να υπάρχει πίεση μέχρι να ενεργοποιηθεί κάποιος κύλινδρος ενέργειας. Αποτελούνται από μια δεξαμενή, μια αντλία σταθερής παροχής, μία η περισσότερες βαλβίδες διαλογής ανοικτού κέντρου, έναν η περισσότερους κυλίνδρους ενέργειας και μια βαλβίδα ανακούφισης η οποία περιορίζει την πίεση όταν λειτουργεί ο κύλινδρος και η βαλβίδα διαλογής. Το υδραυλικό υγρό διέρχεται μέσα από την βαλβίδα διαλογής ανοικτού κέντρου σε ουδέτερη θέση η οποία συνδέεται εν σειρά η παράλληλα και επιστρέφει στη δεξαμενή χωρίς να αυξηθεί η πίεσή του.



- Pump oil returns to reservoir = επιστροφή του υδραυλικού υγρού στη δεξαμενή
- pump runs constantly = συνεχόμενη λειτουργία αντλίας
- Trapped oil holds cylinder piston in place = ακινητοποίηση του εμβόλου από το παγιδευμένο υγρό που βρίσκεται στον κύλινδρο
- During neutral oil flows through = ροή υδραυλικού υγρού μέσω της βαλβίδας στην ουδέτερη θέση

Σχήμα 3.2: Υδραυλικό σύστημα με μια βαλβίδα ανοικτού κέντρου σε ουδέτερη θέση

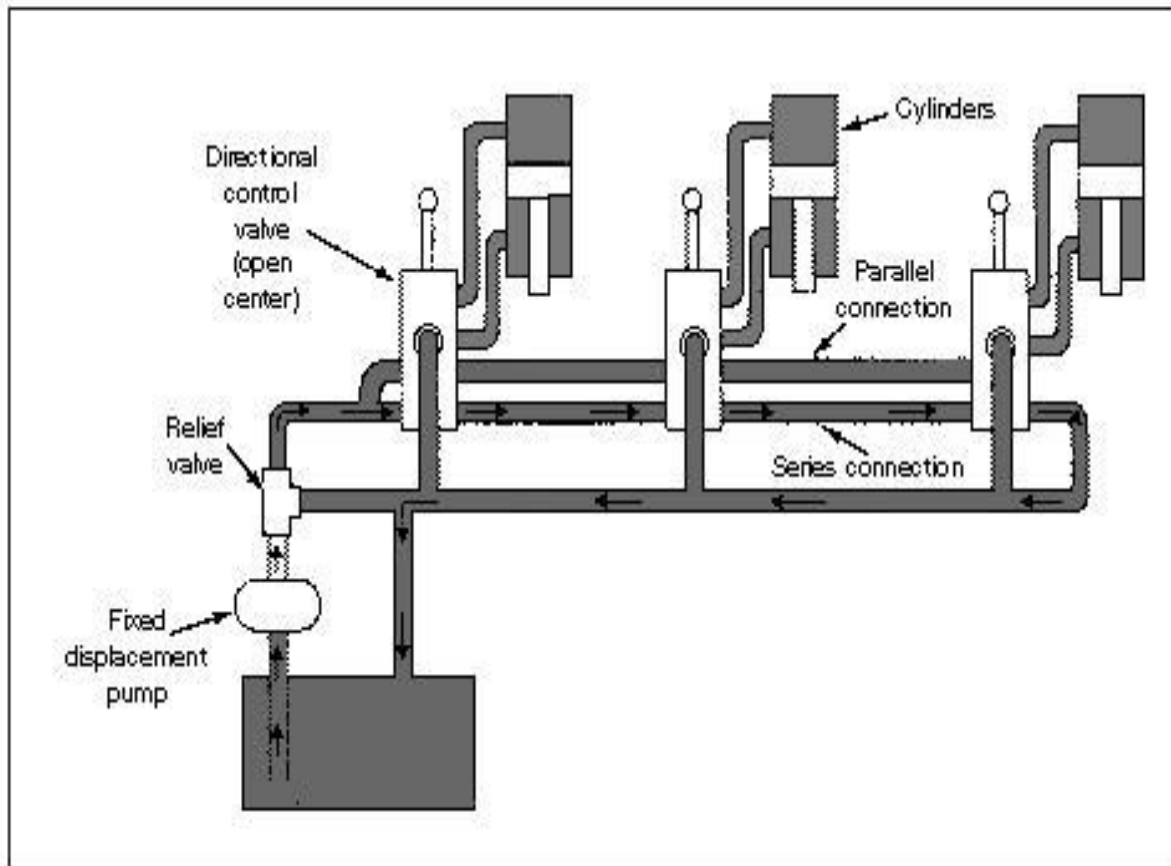
Στο σχήμα 3.3 διακρίνουμε ένα υδραυλικό σύστημα με τρεις βαλβίδες ανοικτού κέντρου εν σειρά σε ουδέτερη θέση στο οποίο το υδραυλικό υγρό διέρχεται από όλες και επιστρέφει στην δεξαμενή. Το υγρό μετακινείται με πίεση προς τον κύλινδρο όταν βρίσκεται σε θέση λειτουργίας μία μόνο βαλβίδα διαλογής. Όταν ο κύλινδρος ενέργειας κινείται το υγρό μπροστά από το έμβολο ωθείται προς την επόμενη βαλβίδα διαλογής και διέρχεται μέσω αυτής και της επόμενης επειδή είναι σε ουδέτερη θέση και επιστρέφει στην δεξαμενή. Το υγρό σταματά να κινείται στο τέλος της διαδρομής του κυλίνδρου ενέργειας και αυξάνεται η πίεσή του, ενεργοποιείται η βαλβίδα ανακούφισης και το υγρό επιστρέφει μέσω αυτής στη δεξαμενή



- Cylinder = κύλινδρος
- directional control valve open center = βαλβίδα ελέγχου κατεύθυνσης (ανοιχτού κέντρου)
- relief valve = βαλβίδα ανακούφισης
- fixed displacement pump = αντλία σταθερού εκτοπίσματος

Σχήμα 3.3: Υδραυλικό σύστημα με τρεις βαλβίδες ανοικτού κέντρου εν σειρά σε ουδέτερη θέση

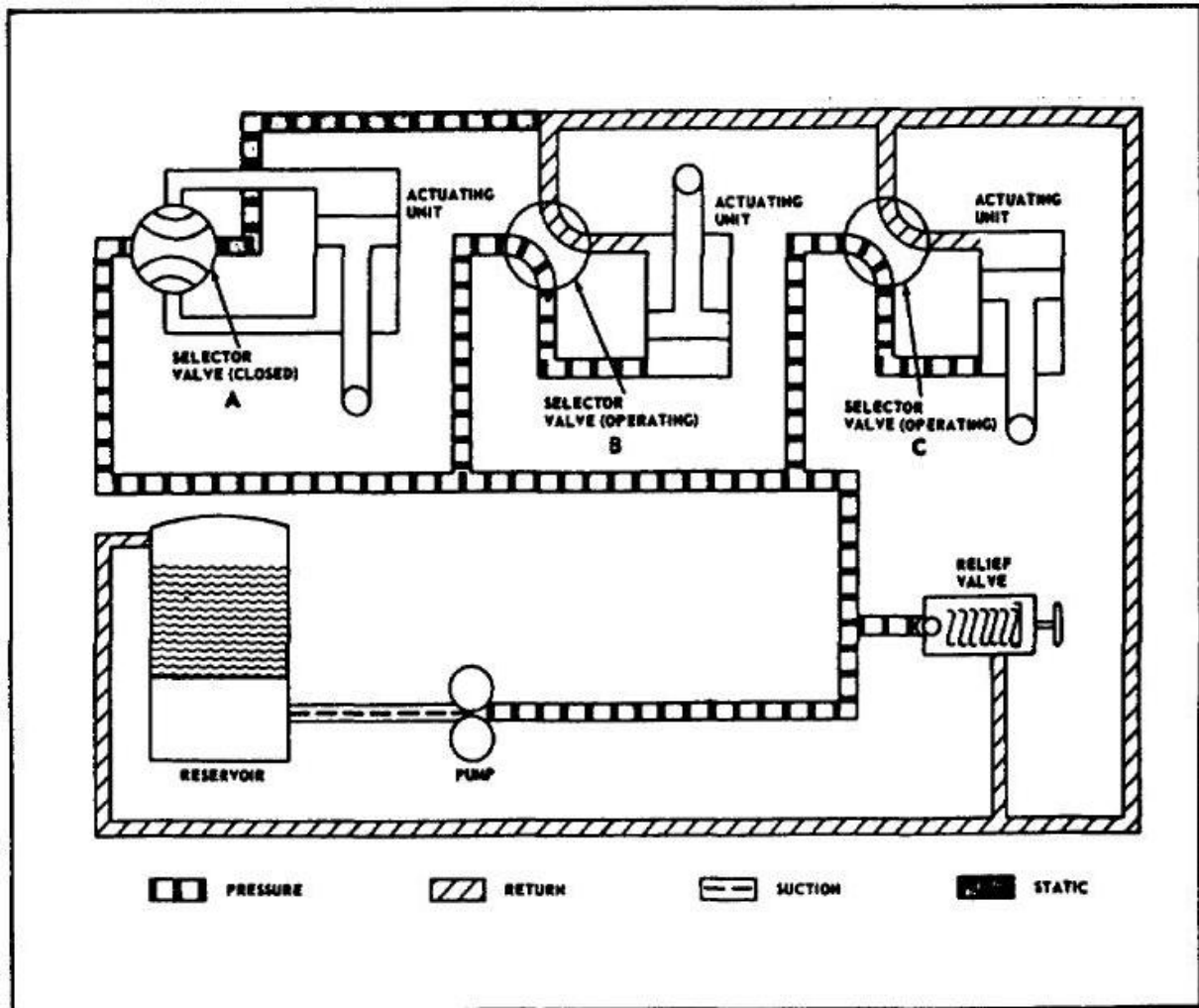
Στο σχήμα 3.4 διακρίνουμε ένα υδραυλικό σύστημα με τρεις βαλβίδες διαλογής ανοικτού κέντρου εν σειρά και ταυτόχρονα παράλληλα σε ουδέτερη θέση στο οποίο το υγρό διέρχεται από αυτές και επιστρέφει στη δεξαμενή. Όταν η μία βαλβίδα τεθεί σε λειτουργία τροφοδοτεί τις άλλες δύο βαλβίδες μέσω της παράλληλης σύνδεσης. Όταν και οι τρεις βαλβίδες είναι σε θέση λειτουργίας τότε λειτουργούν σχετικά με την ισχύ που χρειάζεται ο κύλινδρος ενέργειας.



- Cylinder = κύλινδρος
- directional control valve open center = βαλβίδα ελέγχου κατεύθυνσης (ανοικτού κέντρου)
- relief valve = βαλβίδα ανακούφισης
- fixed displacement pump = αντλία σταθερού εκτοπίσματος
- parallel connection = παράλληλη σύνδεση
- series connection = σύνδεση σε σειρά

Σχήμα 3.4: Υδραυλικό σύστημα με τρεις βαλβίδες ανοικτού κέντρου εν σειρά και παράλληλα εγκατεστημένες σε ουδέτερη θέση

Στα υδραυλικά συστήματα κλειστού κέντρου όπως φαίνεται στο σχήμα 3.5 το υδραυλικό υγρό έχει πίεση σε όλο το σύστημα όταν λειτουργεί η αντλία. Το υδραυλικό σύστημα αυτό αποτελείται από μια δεξαμενή, μία αντλία, μία βαλβίδα ανακούφισης, έναν ή περισσότερους κύλινδρους ενέργειας και τρεις βαλβίδες διαλογής κλειστού κέντρου η κάθε μία από τις τρεις ενεργοποιεί διαφορετικό κύλινδρο ενέργειας και κάθε μία από αυτές βρίσκεται σε διαφορετική θέση λειτουργίας. Η αντλία ωθεί το υγρό στις τρεις βαλβίδες διαλογής κλειστού κέντρου.



- actuating unit = μονάδα ενεργοποίησης
- selector valve operating = βαλβίδα επιλογής εν λειτουργία
- relief valve = βαλβίδα ανακούφισης
- Pump= αντλία
- Reservoir = δεξαμενή
- Pressure =πίεση
- Return =επιστροφή
- Suction =αναρρόφηση
- Static =στατική

Σχήμα 3.5: Υδραυλικό σύστημα κλειστού κέντρου

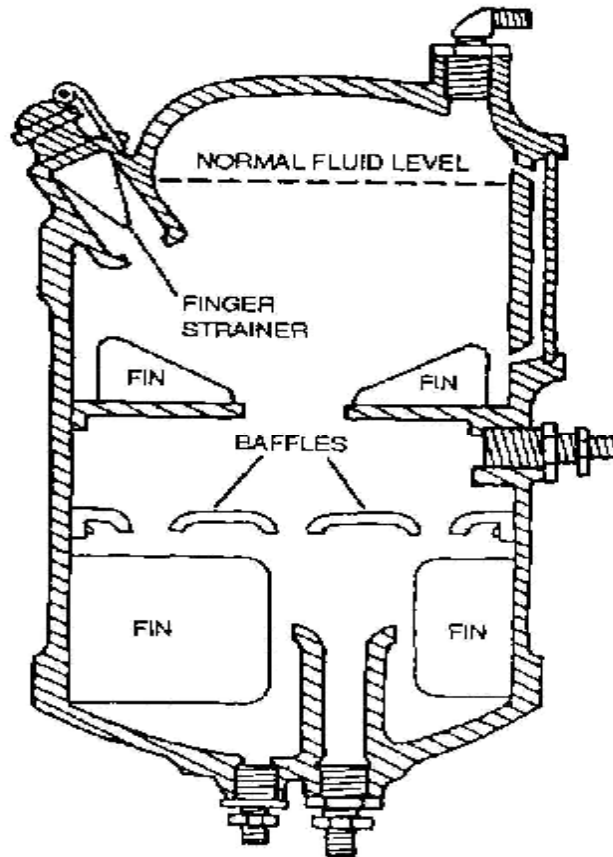
3.3 ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΥΔΡΑΥΛΙΚΗΣ ΔΥΝΑΜΗΣ

Τα συστήματα προσγείωσης, τα φτερά κατευθύνσεως, οι πόρτες, τα σκαλοπάτια ακόμη και οι μηχανές για να ενεργοποιήσουν τους συμπιεστές κλιματισμού είναι μερικές από τις λειτουργίες που μπορούν να γίνουν αποτελεσματικά με την χρήση υδραυλικών συστημάτων. Πρέπει να προσθέσουμε τις βοηθητικές συσκευές για να κάνουμε τα βασικά εξαρτήματα να λειτουργήσουν πιο αποτελεσματικά. Όλα τα υδραυλικά συστήματα πρέπει να έχουν ένα ρευστό το οποίο να είναι ικανό να ρεύσει μέσα στο σύστημα με την ελάχιστη τριβή. Συγχρόνως δεν πρέπει να προκαλεί διάβρωση σε οποιαδήποτε από τα εξαρτήματα. Πρέπει να υπάρξει μια δεξαμενή για να κρατήσει αρκετό ρευστό για να το ωθήσει σε όλα τα εξαρτήματά του, να έχει αρκετό χώρο για να αποθηκεύσει το ρευστό σε οποιαδήποτε θέση των ενεργοποιητών. Είναι απαραίτητη η χρήση μιας αντλίας στο σύστημα για να κινήσει το ρευστό στο σύστημα, να υπάρξουν ενεργοποιητές για να μετατρέψουν την πίεση του ρευστού σε μια μηχανική δύναμη για να εκτελέσουν την εργασία. Στο σύστημα πρέπει να υπάρχουν βαλβίδες ελέγχου ροής οι οποίες κατευθύνουν το ρευστό στο σωστό εξάρτημα ακόμη πρέπει να υπάρχουν βαλβίδες ελέγχου πίεσης οι οποίες διατηρούν τη σωστή πίεση μέσα στο σύστημα. Το υγρό πρέπει να κινείται στο σύστημα ελεύθερα χωρίς τσακισμένους σωλήνες που δυσκολεύουν τη διαδρομή του, για αυτό το λόγο χρειάζονται εύκαμπτοι αλλά και άκαμπτοι τύποι σωληνώσεων σε διάφορα σημεία του συστήματος.

3.4 ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΤΩΝ ΜΟΝΑΔΩΝ ΤΟΥ ΥΔΡΑΥΛΙΚΟΥ

ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ

Η ΔΕΞΑΜΕΝΗ



- Normal fluid level = κανονική στάθμη του υγρού
- Finger strainer = διηθητήρας δακτύλου
- Fin = πτερύγιο
- baffles = διαφράγματα

Σχήμα 3.6: Εξωτερική δεξαμενή υδραυλικού υγρού

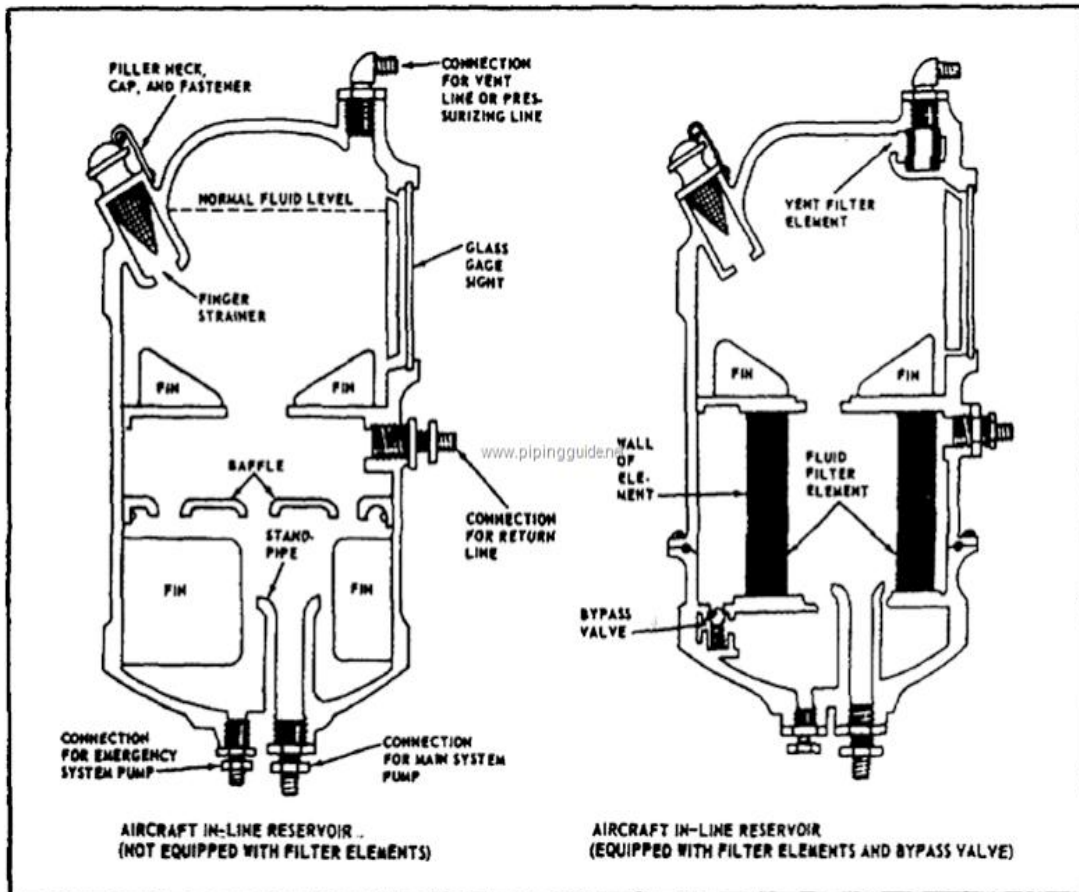
Η δεξαμενή είναι απαραίτητη στο υδραυλικό σύστημα για την αποθήκευση του υδραυλικού υγρού. Στο παραπάνω σχήμα 3.6 μπορούμε να διακρίνουμε μια δεξαμενή υδραυλικού υγρού.

Ένα υδραυλικό σύστημα πρέπει να έχει ένα απόθεμα ρευστού πέραν εκείνων που περιέχονται στις αντλίες, ενεργοποιητές, σωλήνες, και άλλα συστατικά του συστήματος. Αυτό το υγρό, πρέπει να είναι άμεσα διαθέσιμο για να καλύψει τις ζημιές του υγρού από το σύστημα, για να αναπληρώσει τη συμπίεση του ρευστού υπό πίεση, καθώς και για να αντισταθμίσει την απώλεια του όγκου. Όλες οι δεξαμενές κοντά στο στόμιο πλήρωσεως έχουν πινακίδα στοιχείων δηλ. οδηγίες για την πλήρωση της δεξαμενής την προδιαγραφή, και το χρώμα του υδραυλικού υγρού. Σε

κάθε υδραυλικό σύστημα του αεροσκάφους υπάρχουν διάφορες δεξαμενές υδραυλικού υγρού η κύρια, η κεντρική δεξαμενή, η βοηθητική, η εφεδρική δεξαμενή και η δεξαμενή κινδύνου.

Στα σύγχρονα αεροσκάφη ο αέρας στις δεξαμενές βρίσκεται υπό πίεση για να αποφευχθεί η λειτουργία της αντλίας στο κενό. Εκτός από την παροχή αποθήκευσης για το υγρό η δεξαμενή λειτουργεί σαν ένα θερμαντικό σώμα για διάχυση της θερμότητας από το ρευστό αλλά και ως δεξαμενή καθίζησης όπου βαριά σωματίδια μόλυνσης μπορεί να παραμείνουν ακίνδυνα στον πυθμένα μέχρι να αφαιρεθεί με καθαρισμό ή έκπλυση της δεξαμενής. Επίσης, η δεξαμενή επιτρέπει στο φερόμενο αέρα να διαχωριστεί από το υγρό. Οι περισσότερες δεξαμενές έχουν καλυμμένο το άνοιγμα για πλήρωση, μια δίοδο αέρα, ένα δείκτη στάθμης λαδιού, μια σύνδεση της γραμμής επιστροφής, μια σύνδεση της γραμμής εισόδου της αντλίας ή αναρρόφησης, μια σύνδεση της γραμμής αποχέτευσης και μια τάπα αποστράγγισης.

Το εσωτερικό της δεξαμενής έχει διαχωριστήρες και πτερύγια που ενσωματώνονται στις περισσότερες δεξαμενές για να εμποδίσουν την αναταραχή του υγρού. Αυτή η αναταραχή θα έκανε το υγρό να αφρίσει και αέρας θα έμπαινε στη αντλία. Πολλές δεξαμενές έχουν φίλτρα όπως βλέπουμε στο σχήμα 3.7 στο στόμιο πλήρωσης που συγκρατεί τα ξένα σώματα κατά τη πλήρωση. Κατασκευάζονται από μεταλλικό πλέγμα και έχουν μορφή δακτύλου. Δεν πρέπει ποτέ να αφαιρούνται για να γίνει πιο γρήγορα πλήρωση. Μερικές δεξαμενές έχουν στοιχεία φίλτρου. Φιλτράρουν τον αέρα συμπίεσεως ή το υγρό παροχής Το φίλτρο ατμοσφαιρικής αποκαταστάσεως όταν υπάρχει, βρίσκεται στη κορυφή της δεξαμενής πάνω από την επιφάνεια του υγρού, το φίλτρο υγρού βρίσκεται στο πάτο της δεξαμενής. Το υγρό επιστροφής φιλτράρεται στο στοιχείο του φίλτρου και ρέει από τα τοιχώματα του στοιχείου. Έτσι παραμένουν όλες οι ακαθαρσίες εξωτερικά από τα φίλτρα. Δεξαμενές με στοιχεία φίλτρων έχουν βαλβίδα παρακάμψεως κλειστή σε κανονική λειτουργία με ελατήριο. Η βαλβίδα εξασφαλίζει παροχή υγρού στην αντλία όταν φράζει το φίλτρο. Έμφραξη του φίλτρου προκαλεί η υπερπίεση που ανοίγει τη βαλβίδα παρακάμψεως το πιο διαδεδομένο, στοιχείο φίλτρου είναι τύπου διηθητικού χάρτου, κατασκευάζεται από σελουλόζη και έχει πτυχές. Έτσι επιτυγχάνεται μεγάλη επιφάνεια φιλτραρίσματος στον ελάχιστο χώρο και συγκρατεί μικρά σώματα και ακαθαρσίες.



- Normal fluid level = κανονική στάθμη του υγρού
- Finger strainer = διηθητήρας δακτύλου
- Fin = πτερύγιο
- baffles = διαφράγματα
- filler neck cap and fastener = τάπα πλήρωσης του λαιμού
- connection for vent line or pressurizing line = Σύνδεση για τη γραμμή εξαερισμού ή συμπίεσης
- glass gage sight = γυάλινη όψη με δείκτη
- connection for emergency system pump = Σύνδεση για αντλία του συστήματος έκτακτης ανάγκης
- connection for main system pump = Σύνδεση για κύρια αντλία του συστήματος
- connection for return line = Σύνδεση για τη γραμμή επιστροφής
- wall of elements = τοίχωμα στοιχείων
- vent filter element = εξαερισμός στοιχείου φίλτρου
- bypass valve = βαλβίδα παράκαμψης
- equipped = εξοπλισμένη

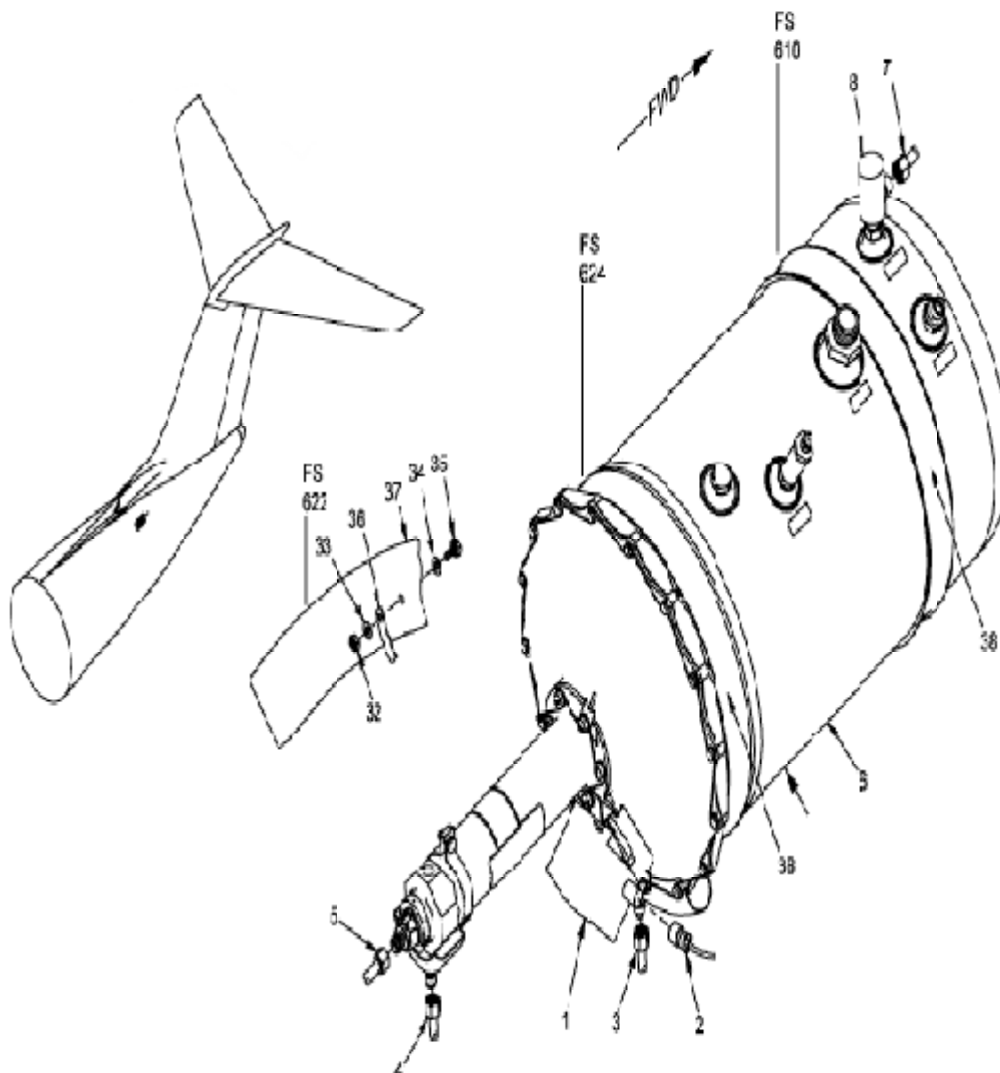
Σχήμα 3.7: φίλτρα δεξαμενής υδραυλικού υγρού

Σε μερικά αεροσκάφη υπάρχουν υδραυλικά συστήματα ανάγκης τα οποία χρησιμοποιούνται σε περίπτωση βλάβης του κύριου συστήματος και τροφοδοτούνται και αυτά από την κύρια δεξαμενή όπως τροφοδοτείται και το κύριο σύστημα. Υπάρχει τάση να υπολογίζεται η δεξαμενή σαν ξεχωριστό εξάρτημα αλλά δεν είναι πάντα σωστό. Υπάρχουν δύο τύποι δεξαμεμών.

1) **Σε σειρά:** Είναι τελείως ανεξάρτητη και συνδέεται με το σύστημα με σωληνώσεις.

2) **Εσωτερική:** Δεν είναι αυτούσια δεξαμενή αλλά ένας χώρος κάποιου κυρίου εξαρτήματος δηλαδή κυστίτιδα, όπως ο χώρος των κυλίνδρων των φρένων των αυτοκινήτων. Η δεξαμενή σε σειρά δεν γεμίζει ποτέ τελείως με υγρό. Το στόμιο πληρώσεως βρίσκεται κάτω από την κορυφή της δεξαμενής για να αποφεύγεται υπερπλήρωση

Στο σχήμα 3.8 μπορούμε να δούμε μια δεξαμενή του υδραυλικού υγρού:



Σχήμα 3.8: Κύρια δεξαμενή υδραυλικού υγρού

3.5 ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΤΩΝ ΥΔΡΑΥΛΙΚΩΝ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ ΤΟΥ ΑΕΡΟΣΚΑΦΟΥΣ

Τα υδραυλικά συστήματα των πολεμικών αεροσκαφών αποτελούνται από δύο συστήματα τα οποία ονομάζονται Α και Β τα οποία παρέχουν την μέγιστη υδραυλική πίεση στο σύστημα για την εκτέλεση διάφορων λειτουργιών ελέγχου πτήσης, προσγείωσης και άλλων λειτουργιών χρησιμότητας στο αεροσκάφος. Τα συστήματα αυτά σχεδιάστηκαν να λειτουργούν σε μία ονομαστική υδραυλική πίεση των 3100 psi για να παρέχουν τη δύναμη για να ωθούν τις επιφάνειες ελέγχου πτήσης μέσω των διαδοχικών ενσωματωμένων σερβομηχανισμών. Η μονάδα δύναμης έκτακτης ανάγκης μπορεί να παρέχει στο σύστημα για δέκα λεπτά υδραυλική δύναμη εκτεταμένης διάρκειας σε περίπτωση βλάβης. Η γενική λειτουργία υδραυλικού συστήματος ολοκληρώνεται από τη λειτουργία πολλών στοιχείων, μερικά από τα σημαντικότερα απαραίτητα συστήματα είναι οι υδραυλικές αντλίες οι δεξαμενές, τα φίλτρα, οι συσσωρευτές και οι σερβομηχανισμοί ελέγχου. Οι υδραυλικές θέσεις στοιχείων είναι διασκορπισμένες σε όλη την άτρακτο. Η λειτουργία των υδραυλικών συστημάτων περιλαμβάνει τις αυτό-υποστηριζόμενες λειτουργίες της αποθήκευσης υδραυλικού υγρού ελέγχου πίεσης ροής πίεσης των αντλιών, το φιλτράρισμα και την ψύξη, επίσης τη διανομή της υδραυλικής δύναμης και τον έλεγχο υποσυστημάτων. Το σχέδιο των συστημάτων περιλαμβάνει επίσης τις διατάξεις συντηρήσεων και λειτουργίας έκτακτης ανάγκης του υδραυλικού υγρού, το σύστημα προσγείωσης και τα φρένα των τροχών.

3.6 ΙΚΑΝΟΤΗΤΕΣ ΠΑΡΟΧΗΣ ΥΔΡΑΥΛΙΚΗΣ ΔΥΝΑΜΗΣ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ Α ΚΑΙ Β

Το σύστημα Α παρέχει 50 % της υδραυλικής του δύναμης για τους αρχικούς ελέγχους πτήσης που είναι οι σερβομηχανισμοί οριζοντίου ουραίου, σερβομηχανισμοί πηδαλίων, σερβομηχανισμοί πτερυγίων αντιστάθμισης (flaperon) και οδηγών πτερυγίων (lefs) και 100 % της υδραυλικής του δύναμης για τα αερόφρενα (speedbrakes) και τον αναμικτήρα καυσίμων.

Ενώ το σύστημα Β παρέχει ένα 50 % της υδραυλικής του δύναμης για τους αρχικούς ελέγχους πτήσης LEF και 100 % της υδραυλικής του δύναμης στο σύστημα προσγείωσης, στην οδήγηση του ριναίου τροχού, στα φρένα, στις πόρτες των όπλων, στον εναέριο ανεφοδιασμό καυσίμου και τέλος στον εκκινήτηρα καυσίμων κινητήρων jet.

4. ΑΝΤΛΙΕΣ

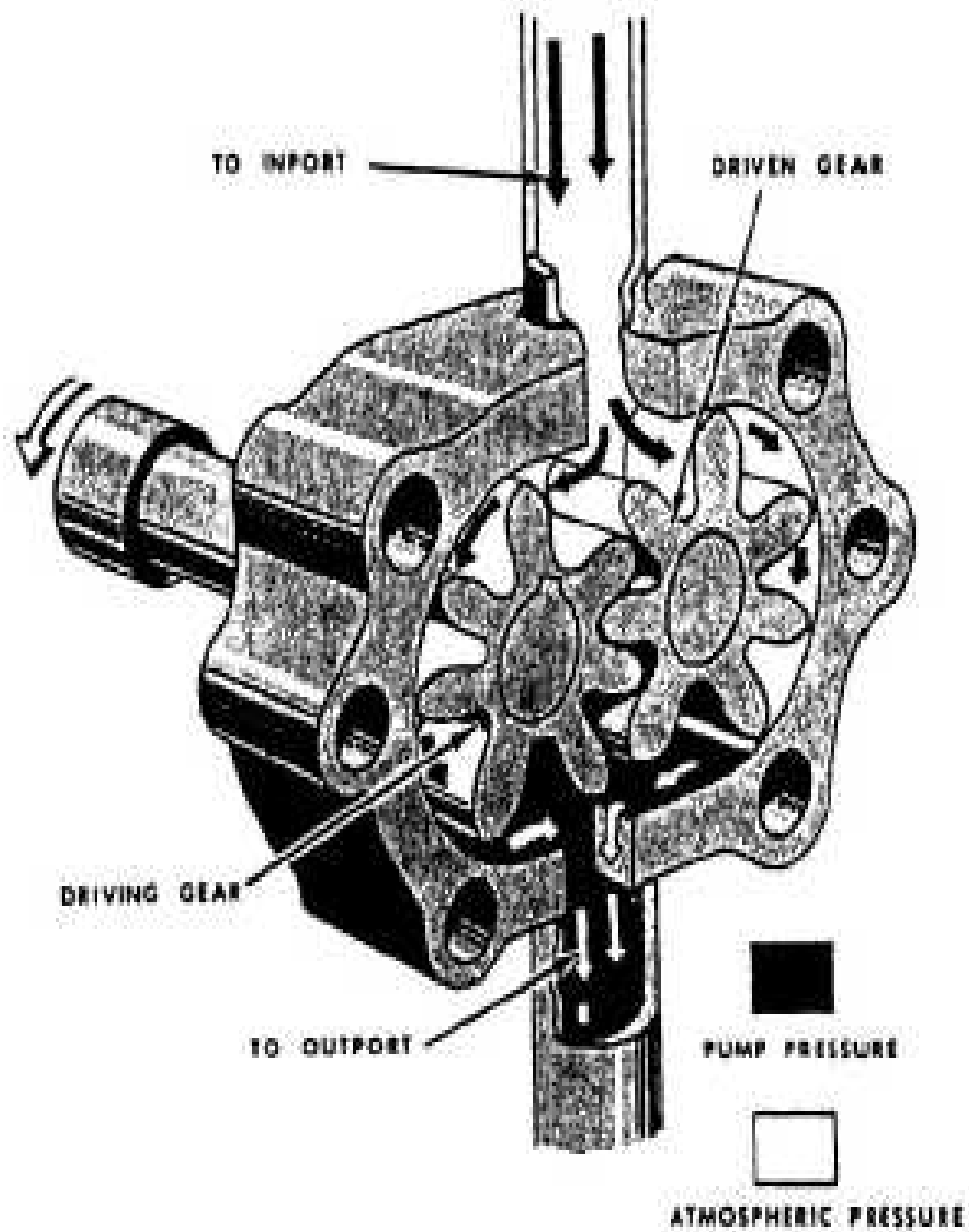
Οι αντλίες είναι από τις σημαντικότερες και σπουδαιότερες μονάδες του υδραυλικού συστήματος, δημιουργούν την απαραίτητη πίεση του υδραυλικού συστήματος για τη μεταφορά του υγρού στις μονάδες ενέργειας και διακρίνονται σε αντλίες ισχύος και σε χειροκίνητες. Στα υδραυλικά συστήματα των αεροσκαφών οι αντλίες ισχύος που χρησιμοποιούνται είναι οι αντλίες τύπου οδοντωτών τροχών, τύπου αντλίες με έμβολο η τύπου αντλίες μεταβλητού όγκου που έχουν και αυτές έμβολο.

4.1 ΟΙ ΔΙΑΦΟΡΟΙ ΤΥΠΟΙ ΑΝΤΛΙΩΝ ΚΑΙ ΟΙ ΜΗΧΑΝΙΣΜΟΙ ΤΟΥΣ

Οι μηχανισμοί είναι διάφορων τύπων όπως οδοντωτοί τροχοί, στροφέα, πτερύγια και έμβολα που χρησιμοποιούνται στις υδραυλικές αντλίες. Οι μηχανισμοί τύπου εμβόλου χρησιμοποιούνται στις μηχανοκίνητες αντλίες λόγω της μεγάλης διάρκειας τους και την ικανότητα παροχής μεγάλων πιέσεων. Σε υδραυλικά συστήματα που απαιτούν πιέσεις 3.000 psi χρησιμοποιούνται αντλίες τύπου εμβόλων.

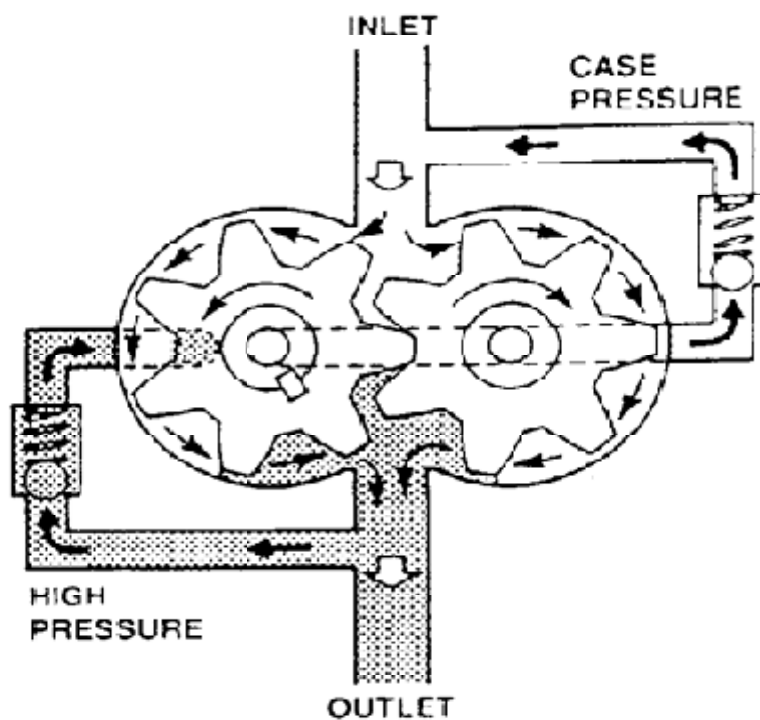
ΑΝΤΛΙΕΣ ΟΔΟΝΤΩΤΩΝ ΤΡΟΧΩΝ

Οι αντλίες τύπου οδοντωτών τροχών (ή γριναζωτή αντλία) είναι αντλίες θετικού εκτοπίσματος, που σημαίνει ότι για κάθε περιστροφή της αντλίας η ίδια σταθερή ποσότητα υγρού εκτοξεύεται από το στόμιο εξόδου. Αποτελείται από δύο γριναζία από τα οποία μόνο το ένα παίρνει κίνηση από τον κινητήρα και παρασύρει και το άλλο. Όπως βλέπουμε και στο σχήμα 4.1 τα δύο γριναζία σε εμπλοκή περιστρέφονται μέσα σε ένα περίβλημα και το διάκενο μεταξύ των δοντιών τους είναι πολύ μικρό. Το γριναζί που παίρνει κίνηση από τον κινητήρα παρασύρει και το άλλο γριναζί και έτσι τα δόντια τους διέρχονται από το στόμιο εισαγωγής του υγρού το οποίο συνδέεται με την δεξαμενή, έτσι παγιδεύουν το υγρό μεταξύ των δοντιών τους και το στέλνουν στο στόμιο εξόδου το οποίο συνδέεται με τη γραμμή πίεσεως όπως βλέπουμε και στο σχήμα 4.2



- to import = εισαγωγή
- driven gear = κινούμενο γρανάζι
- to outport = εξαγωγή
- pump pressure = πίεση της αντλίας
- atmospheric pressure = ατμοσφαιρική πίεση

Σχήμα 4.1: Αντλία τύπου οδοντωτών τροχών

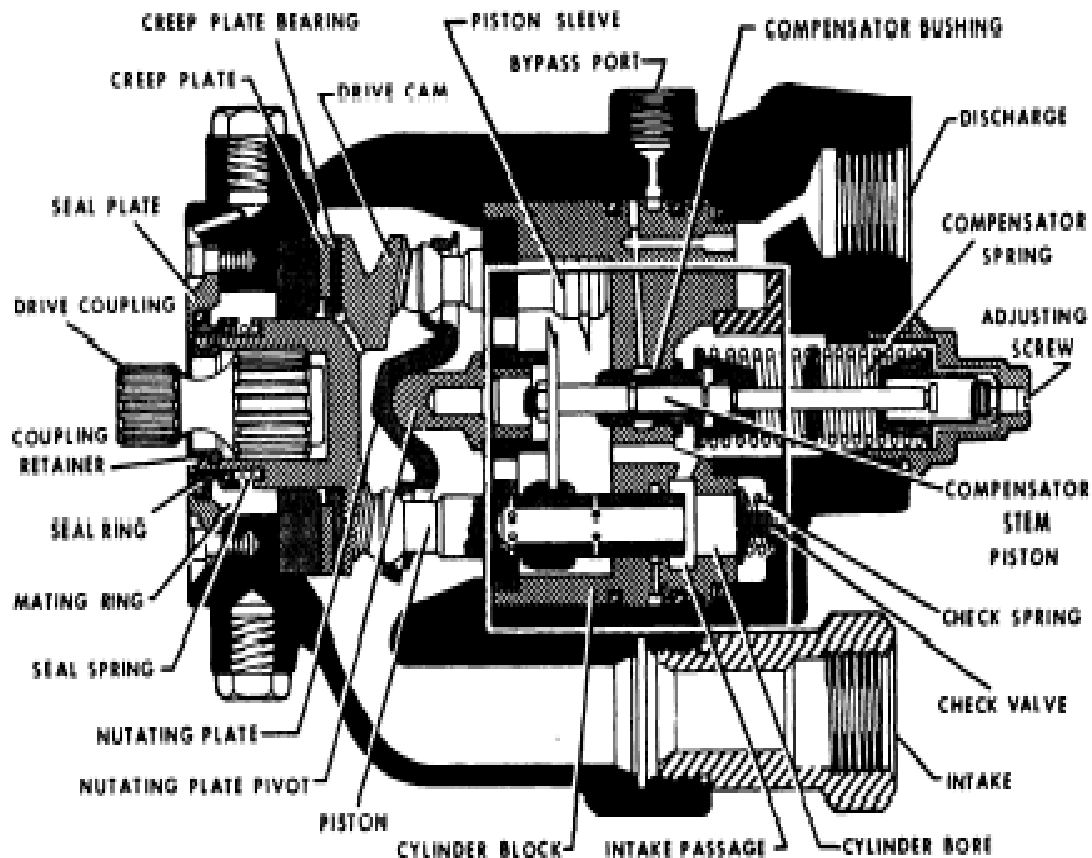


- Inlet = είσοδος
- high pressure = υψηλή πίεση
- outlet = έξοδος
- Case pressure = χαμηλή πίεση (low)

Σχήμα 4.2: Ροή υδραυλικού υγρού

ΑΝΤΛΙΕΣ ΜΕΤΑΒΛΗΤΟΥ ΟΓΚΟΥ

Η αντλία μεταβλητού όγκου σχήμα 4.3 μεταβάλλει την ποσότητα του εξερχόμενου υδραυλικού υγρού ανάλογα με τις απαιτήσεις του συστήματος. Στις αντλίες μεταβλητού όγκου περιλαμβάνονται και οι αντλίες μεταβλητού εκτοπίσματος STRATO-POWER οι οποίες λειτουργούν σε πιέσεις 1.000 έως 3.000 psi και η αντλία μεταβλητού όγκου VICKERS. Η αντλία μεταβλητού όγκου υπερτερεί διότι την ανάγκη του ρυθμιστή πίεσης για αυτό το σκοπό την έχουν οι βαλβίδες ελέγχου ροής οι οποίες ρυθμίζουν την πίεση ανάλογα με τις απαιτήσεις του συστήματος.

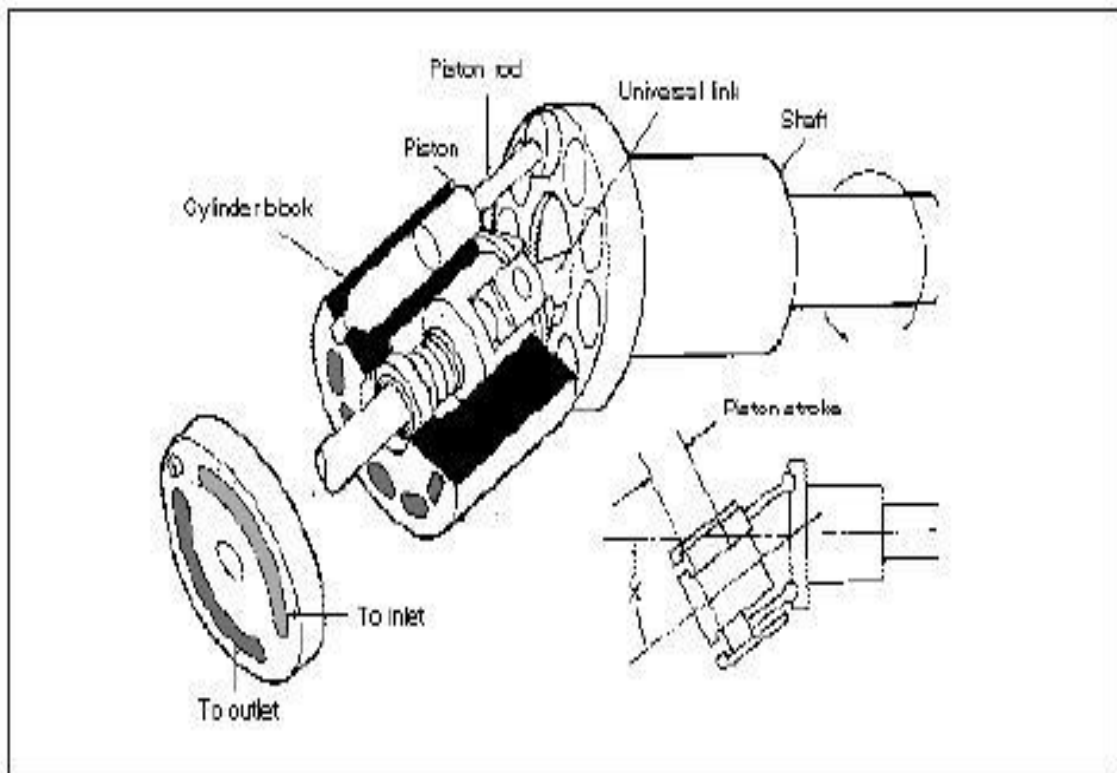


- creep plate(bearing) = ρουλεμάν ολίσθησης (πλάκα)
- drive cam = έκκεντρο κίνησης
- piston sleeve= χιτώνιο εμβόλου
- bypass port = θύρα παράκαμψης
- compensator bushing = κουζινέτο αντιστάθμισης (σινεμπλόκ)
- discharge = εκκένωση
- compensator stem piston = αντιστάθμισης στελέχους εμβόλου
- adjusting screw = ρυθμιστικός κοχλίας
- check spring = έλεγχος ελατηρίου
- check valve = βαλβίδα αντεπιστροφής
- intake = εισαγωγή
- cylinder bore = διαμέτρημα του κυλίνδρου
- intake passage =διόδος εισαγωγής
- cylinder block = μπλοκ κυλίνδρων
- piston = έμβολο
- nutating plate pivot = πλάκα άξονα περιστροφής (ταλαντώμενη)
- seal spring = ελατήριο
- mating ring = δαχτυλίδι σύζευξης
- seal ring= στεγανοποιητικό δακτύλιο
- coupling retainer = σύζευξη συγκράτησης
- drive coupling = σύζευξη κίνησης
- seal plate = πλάκα σφράγισης

Σχήμα 4.3: Αντλία μεταβλητού εκτοπίσματος STRATO-POWER

ΑΝΤΛΙΕΣ ΣΤΑΘΕΡΟΥ ΟΓΚΟΥ

Οι αντλίες σταθερού όγκου όπως βλέπουμε στο σχήμα 4.4 (με έμβολο) όπως και οι αντλίες τύπου οδοντωτών τροχών παρέχουν σταθερή ροή υγρού σε οποιονδήποτε αριθμό στροφών ανά λεπτό. Έχουν επτά ή εννέα έμβολα συνήθως, που είναι στερεωμένα με ελεύθερους συνδέσμους στον κινητήριο άξονα. Ο ελεύθερος σύνδεσμος κινεί το συγκρότημα του κυλίνδρου καθώς το έμβολο κινείται από την πάνω θέση προς την κάτω, αναρροφά υγρό μέσω της θυρίδας αναρροφήσεως. Επειδή κάθε έμβολο βρίσκεται πάντοτε κάπου μεταξύ της πάνω και της κάτω θέσεως, έχουμε σταθερή εισαγωγή και εξαγωγή του υγρού.

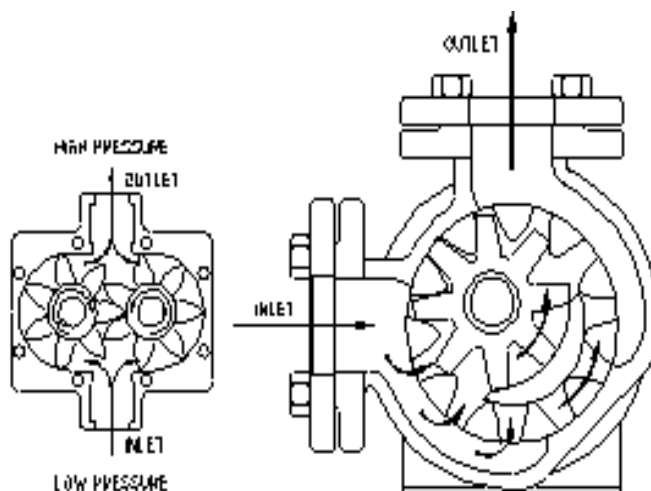


- piston rod = βάκτρο εμβόλου
- cylinder block = μπλοκ κυλίνδρων
- universal link = καθολική σύνδεση
- piston stroke = διαδρομή του εμβόλου
- inlet = εισαγωγή
- outlet = εξαγωγή

Σχήμα 4.4: Εμβολοειδής αντλία σταθερού όγκου

ΑΝΤΛΙΑ ΤΥΠΟΥ ΣΤΡΟΦΕΙΟΥ

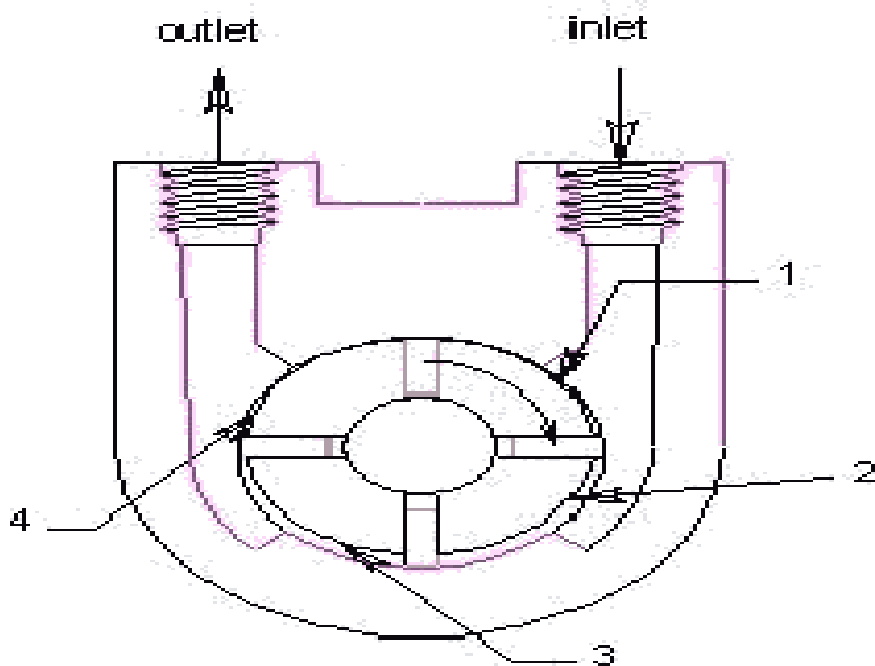
Οι αντλίες τύπου στροφείου σχήμα 4.5 αποτελούνται από ένα σταθερό πτερύγιο έκκεντρο, ένα εσωτερικό στροφείο με δόντια, ένα οδοντωτό τροχό κινήσεως και ένα κάλυμμα με δύο ανοίγματα εισόδου και εξόδου του υγρού.



Σχήμα 4.5: Αντλία τύπου στροφείου

ΑΝΤΛΙΑ ΤΥΠΟΥ ΠΤΕΡΥΓΙΩΝ

Η αντλία τύπου πτερυγίων σχήμα 4.6 αποτελείται από τα πτερύγια που συνήθως είναι τέσσερα από το στροφείο με εγκοπές για τα πτερύγια και μία σύζευξη περιστροφής του στροφείου. Το στροφείο τοποθετείται εκκεντρικά μέσα στο χιτώνιο. Τα πτερύγια διαιρούν το χιτώνιο σε τέσσερα τμήματα και το στροφείο περιστρέφεται, κάθε τμήμα διέρχεται από ένα σημείο όπου όγκος του ελαττώνεται στο ελάχιστο και από σημείο όπου ο όγκος του μεγαλώνει στο μέγιστο. Ο όγκος μεταβάλλεται από ελάχιστο σε μέγιστο σε διάστημα μισής στροφής και αντίστροφα. Το τμήμα που αυξάνει σε όγκο, διέρχεται από το στόμιο εισόδου και λόγω της δημιουργούμενης υποπίεσης το τμήμα γεμίζει με υγρό. Καθώς το στροφείο περιστρέφεται κατά το άλλο μισό της στροφής ο όγκος ελαττώνεται και το υγρό συμπιέζεται και εξέρχεται μέσω του στομίου εξόδου της αντλίας.

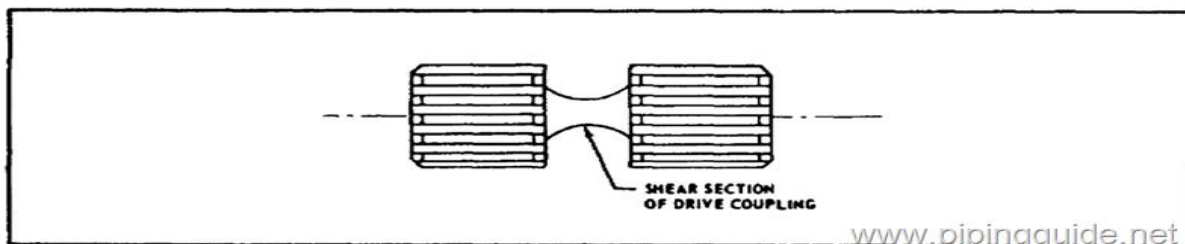


- 1) μόλις αρχίζει να γεμίζει
- 2) έχει γεμίσει πλήρως
- 3) εκπλήρωση
- 4) ολοκλήρωση αδειάσματος
- inlet = εισαγωγή
- outlet = εξαγωγή

Σχήμα 4.6: μηχανοκίνητη αντλία τύπου πτερυγίων

Τα χαρακτηριστικά σχεδιάσεως και λειτουργίας των αντλιών με έμβολα είναι τα ακόλουθα:

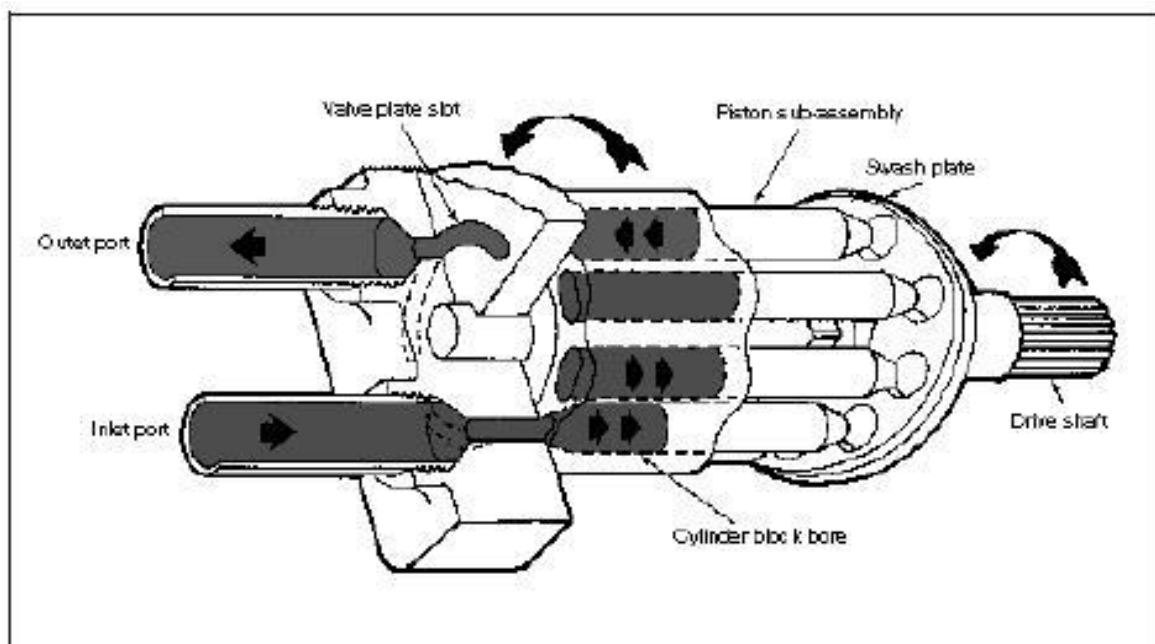
Στο σχήμα 4.7 βλέπουμε έναν άξονα εμπλοκής ο οποίος έχει τóρμους στα δύο άκρα του (σύνδεση θυληκώματος) οι οποίοι συνδέονται ο ένας με τον άξονα κινήσεως της αντλίας και ο άλλος με τον οδοντωτό τροχό κινήσεως. Στη μέση του άξονα αυτού είναι το τμήμα διατμήσεως το οποίο είναι κατασκευασμένο από μικρότερη διάμετρο για λόγους ασφαλείας της αντλίας, σε περίπτωση που η αντλία κολλήσει να σπάσει το σημείο αυτό και όχι η αντλία.



- shear section of drive coupling = διάτμηση τμήματος του συνδέσμου μετάδοσης κίνησης

Σχήμα 4.7: Άξονας εμπλοκής κίνησης αντλίας

Ο βασικός μηχανισμός της αντλίας, σχήμα 4.8, αποτελείται από τον κορμό της διαμορφώσεως των κυλίνδρων, ένα έμβολο για κάθε κύλινδρο και διάταξη βαλβίδας για κάθε ένα κύλινδρο – έμβολο. Ο σκοπός της διατάξεως των βαλβίδων είναι να επιτρέπει την είσοδο και την έξοδο υγρού κατά τη λειτουργία της αντλίας. Η διάταξη των κυλίνδρων είναι παράλληλη προς τον άξονα της αντλίας. Οι αντλίες αυτές έχουν περιττό αριθμό εμβόλων.

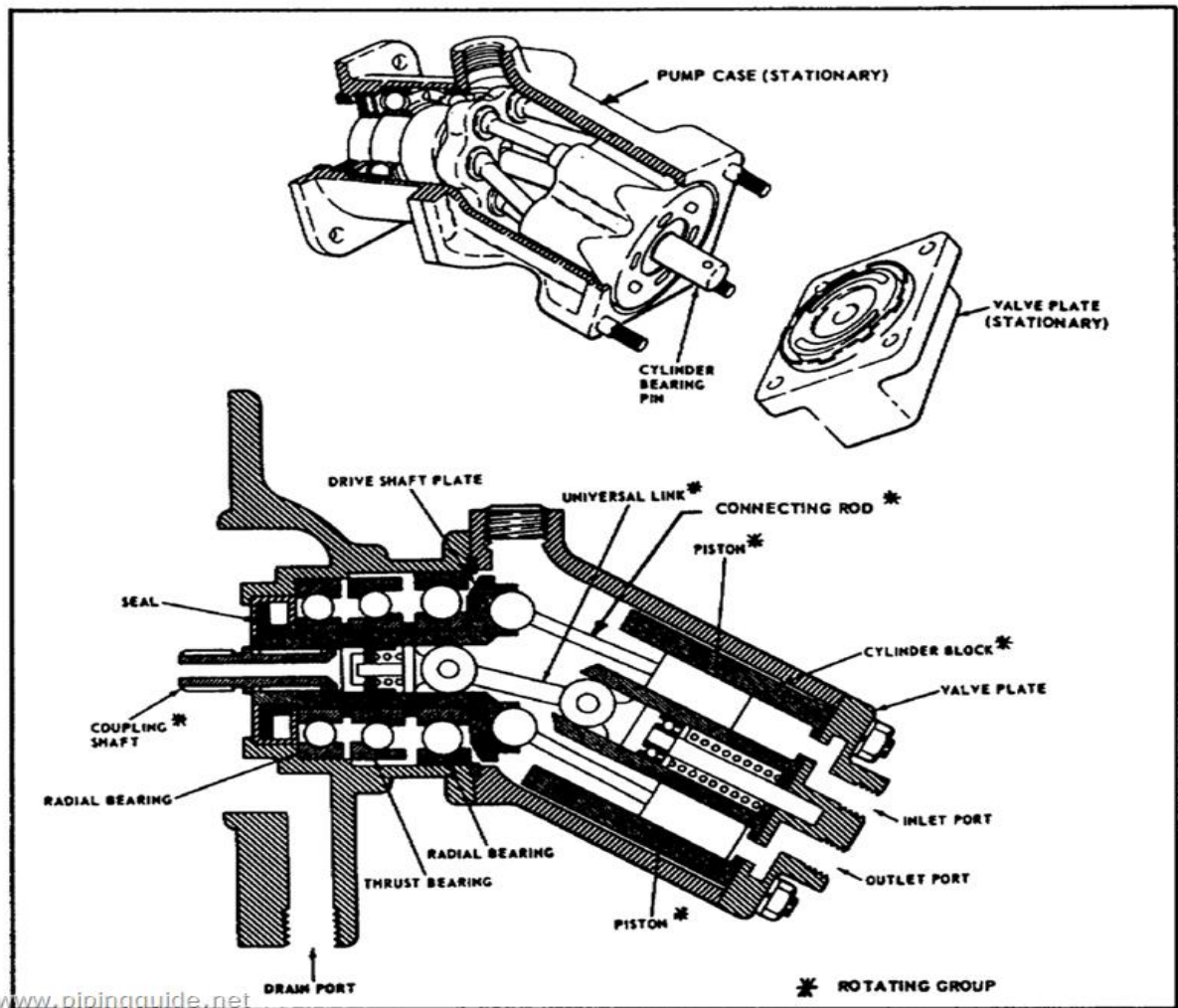


- valve plate slot = σχισμή της πλάκας βαλβίδας
- piston sub-assembly = έμβολο υπο-συναρμολόγησης
- drive shaft = έναρξη μετάδοσης κίνησης
- swash plate = κεκλιμένη στρεφόμενη πλάκα
- inlet port = θύρα εισόδου
- outlet port = θύρα εξόδου

Σχήμα 4.8: Μηχανισμός αντλίας αξονικών εμβόλων

ΑΝΤΛΙΑ ΓΩΝΙΑΚΟΥ ΤΥΠΟΥ

Μία αντλία γωνιακού τύπου μπορούμε να δούμε στο σχήμα 4.9 η οποία δημιουργεί μια γωνία μεταξύ του τμήματος των κυλίνδρων και της πλάκας του άξονα κινήσεως στην οποία εδράζονται τα έμβολα. Η γωνιακή αυτή διάταξη της αντλίας αναγκάζει τα έμβολα να παλινδρομούν καθώς η αντλία περιστρέφεται. Κατά τη λειτουργία της αντλίας τα εξαρτήματα της περιστρέφονται εκτός από τον εξωτερικό της δακτύλιο του τριβέα του άξονα κινήσεως, του άξονα περιστροφής του τμήματος των κυλίνδρων και του παρεμβάσματος λαδιού. Λόγω της γωνίας μεταξύ του άξονα κινήσεως και του τμήματος των κυλίνδρων, σε ένα σημείο περιστροφής του περιστρεφόμενου μέρους υπάρχει η ελάχιστη απόσταση μεταξύ της κορυφής της θήκης των κυλίνδρων και της πάνω επιφάνειας της πλάκας του άξονα κινήσεως. Σε δεδομένη στιγμή λειτουργίας τρία έμβολα απομακρύνονται από τη πάνω επιφάνεια του τμήματος (θήκης κυλίνδρων) δημιουργώντας υποπίεση στους χώρους των κυλίνδρων που παλινδρομούν και το υγρό ρέει τότε στο εσωτερικό των κυλίνδρων. Η κίνηση των εμβολών όταν απορροφούν και συμπιέζουν το υγρό έχει σαν αποτέλεσμα την συνεχή εκτόνωση του υγρού από την αντλία.

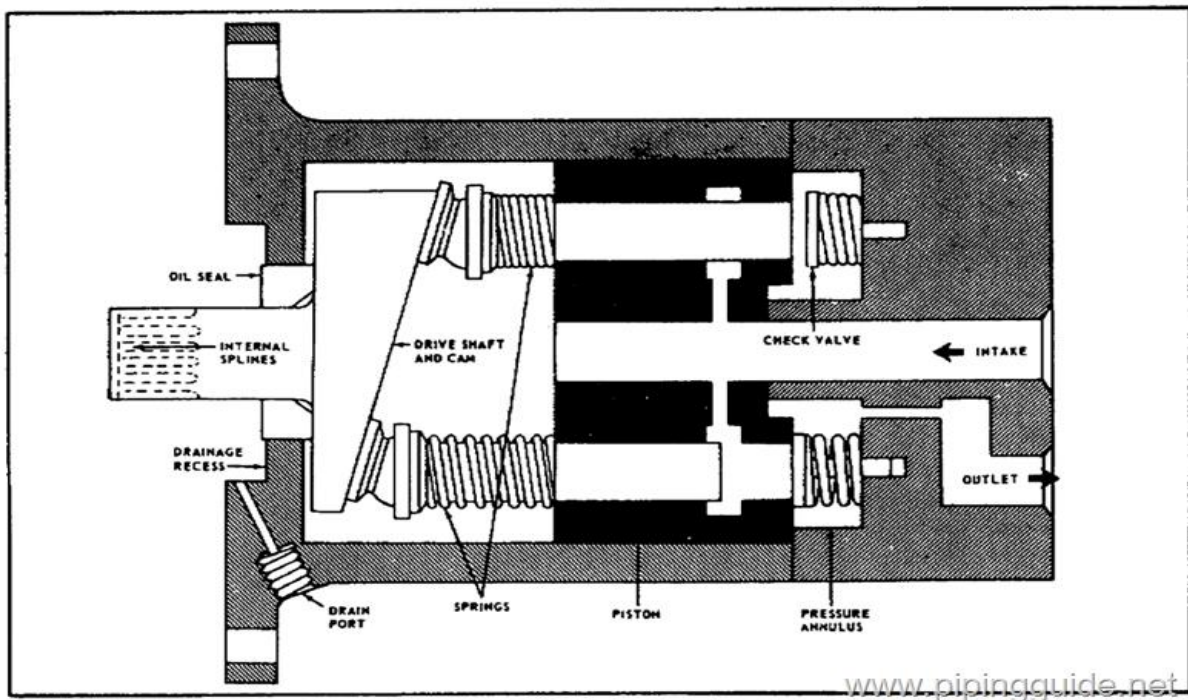


- pump case (stationary) = περίπτωση της αντλίας (σε στάση)
- cylinder bearing pin = πείρος εδράνου κυλίνδρου
- valve plate (stationary) = πλάκα βαλβίδας (στάση)
- drive shaft plate = κίνησης πλάκα άξονα
- connecting rod = μπιέλα
- piston = έμβολο
- cylinder block = μπλόκ κυλίνδρου
- valve plate = πλάκα βαλβίδας
- inlet port = θύρα εισόδου
- outlet port = θύρα εξόδου
- rotating group = περιστρεφόμενη ομάδα
- radial bearing = εγκάρσιας κοπώσεως έδρανο
- thrust bearing = ώθησης ρουλεμάν
- drain port = θύρα αποστράγγισης
- coupling shaft = άξονας σύζευξης
- seal = σφράγιση

Σχήμα 4.9: Αντλία γωνιακού τύπου

ΑΝΤΛΙΑ ΤΥΠΟΥ ΚΕΚΛΙΜΕΝΟΥ ΕΠΙΠΕΔΟΥ

Οι αντλίες κεκλιμένου επιπέδου σχήμα 4.10 χρησιμοποιούν κεκλιμένο επίπεδο (ή έκκεντρο) για τη διαδρομή των εμβόλων, υπάρχουν δύο τύποι των αντλιών αυτών. Στον πρώτο τύπο περιστρέφεται το κεκλιμένο επίπεδο και το τμήμα τους (θήκη κυλίνδρων) είναι σταθερό και στον άλλο τύπο το κεκλιμένο επίπεδο είναι σταθερό και κινείται το τμήμα των εμβόλων. Καθώς η αντλία περιστρέφεται, το χονδρό και το λεπτό μέρος του κεκλιμένου επιπέδου περνά διαδοχικά κάτω από κάθε έμβολο. Έτσι επιτυγχάνεται η παλινδρόμηση των εμβόλων με αποτέλεσμα, την αναρρόφηση και συμπίεση υγρού σε συνεχή ροή. Κάθε χώρος εμβόλου έχει βαλβίδα ελέγχου που ανοίγει κατά την συμπίεση του υγρού και το υγρό βγαίνει από την αντλία. Οι βαλβίδες κλείνουν κατά την αναρρόφηση του υγρού. Κατά συνέπεια το υγρό μπαίνει στους χώρους των κυλίνδρων μόνο από τη κεντρική δίοδο εισαγωγής υγρού.

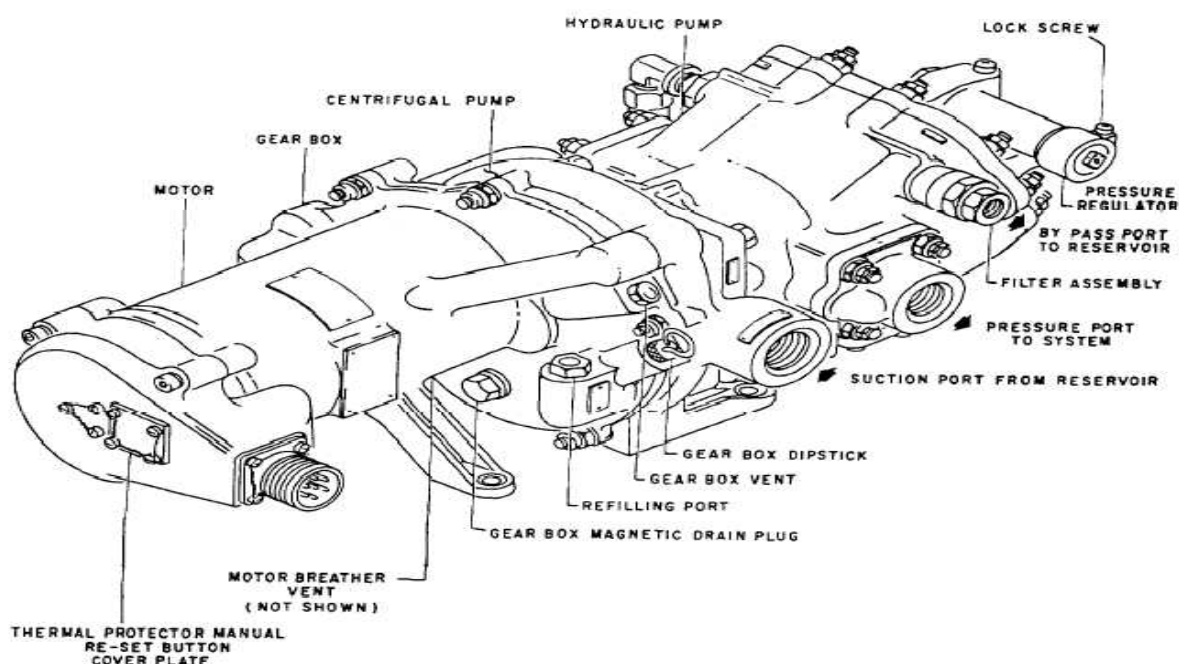


- oil seal = τσιμούχα λαδιού
- internal splines = εσωτερικές σφήνες
- drive shaft and cam = κινητήριος άξονας και το έκκεντρο
- check valve = βαλβίδα αντεπιστροφής
- drainage recess = αποστράγγιση εσοχής
- drain port = θύρα αποστράγγισης
- springs = ελατήρια
- pressure angulus = γωνία πίεσεως

Σχήμα 4.10: Αντλία τύπου κεκλιμένου επιπέδου

4.2 ΜΗΧΑΝΟΚΙΝΗΤΕΣ ΑΝΤΛΙΕΣ

Οι μηχανοκίνητες αντλίες σχήμα 4.11 χωρίζονται σε αντλίες μεταβλητής παροχής τύπου ελεγχόμενης αντισταθμίσεως και τύπου σταθερής παροχής. Η παροχή της αντλίας μεταβλητής παροχής μεταβάλλεται ανάλογα με τις απαιτήσεις ζήτησης του συστήματος με μεταβολή της εξόδου της αντλίας. Η απόδοση του τύπου αυτής της αντλίας μεταβάλλεται αυτόματα με έναν αποσβεστήρα μέσα στην αντλία. Αντίστοιχα η αντλία σταθερής παροχής ή αλλιώς αντλία σταθερού όγκου παρέχει σταθερή ποσότητα υγρού σε κάθε περιστροφή της ανεξάρτητα από τις στροφές που έχει και τη ζήτηση της πίεσεως. Συνεπώς η απόδοσή της εξαρτάται από τις στροφές της αντλίας και για τη διατήρηση της σταθερής πίεσης χρησιμοποιείται ρυθμιστής πίεσεως.

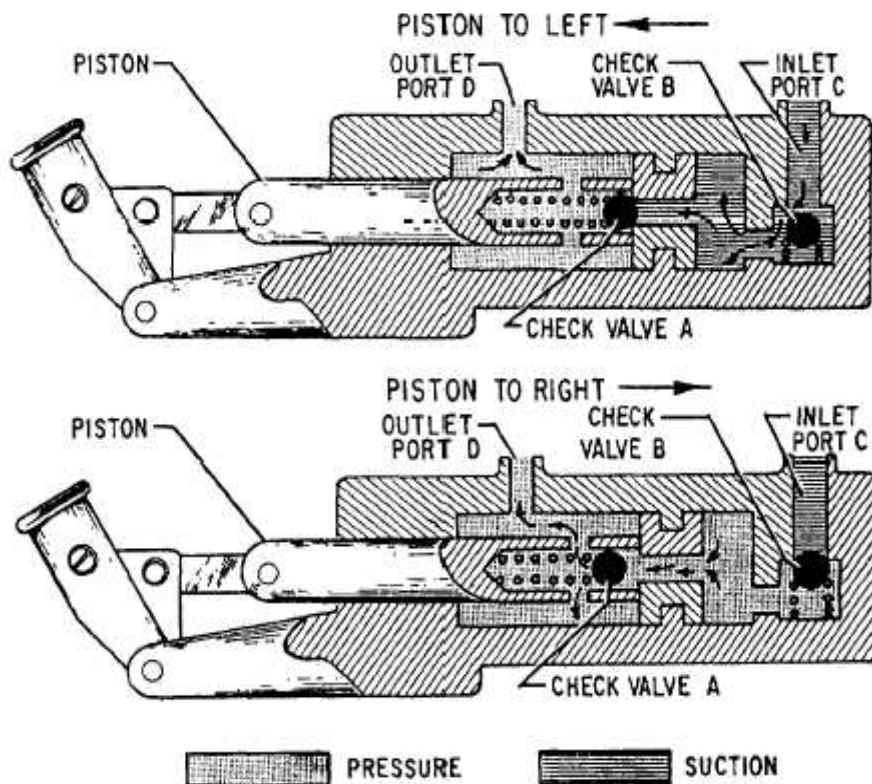


- thermal protector manual re-set button cover plate=θερμικό προστατευτικό κουμπιού εκκίνηση
- gear box = κιβώτιο ταχυτήτων
- centrifugal pump = φυγοκεντρική αντλία
- hydraulic pump = υδραυλική αντλία
- lock screw = κοχλίας ασφάλισης
- pressure regulator = ρυθμιστής πίεσης
- bypass port to reservoir = θύρα παράκαμψης προς τη δεξαμενή
- filter assembly = συγκρότημα φίλτρου
- pressure port to system = στόμιο πίεσης στο σύστημα
- suction port from reservoir = στόμιο αναρρόφησης από τη δεξαμενή
- gear box dipstick = δείκτης στάθμης λαδιού κιβωτίου ταχυτήτων
- gear box vent= εξαερισμός κιβωτίου ταχυτήτων
- refilling port = θύρα επαναπλήρωσης
- gear box magnetic drain plug= μαγνητική τάπα αποστράγγισης κιβωτίου
- motor breather vent (not shown) = μη εμφανές εξαερισμός του μοτέρ

Σχήμα 4.11: Μηχανοκίνητη αντλία μεταβλητού εκτοπίσματος

4.3 ΧΕΙΡΑΝΤΛΙΕΣ ΔΙΠΛΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ

Οι χειραντλίες διπλής ενέργειας όπως βλέπουμε και στο σχήμα 4.12 αποτελούνται από ένα χειρομοχλό, ένα έμβολο, δύο βαλβίδες ελέγχου με ελατήρια, παρεμβάσματα για την στεγανοποίηση των δύο θαλάμων του κυλίνδρου και το περίβλημά τους το οποίο έχει δύο στόμια ένα εισαγωγής του υγρού και ένα εξαγωγής του υγρού. Οι αντλίες αυτές χρησιμοποιούνταν σε παλιά αεροσκάφη αλλά και σε ορισμένα σύγχρονα αεροσκάφη σε περιπτώσεις εκτάκτου ανάγκης σαν εφεδρική μονάδα του συστήματος.

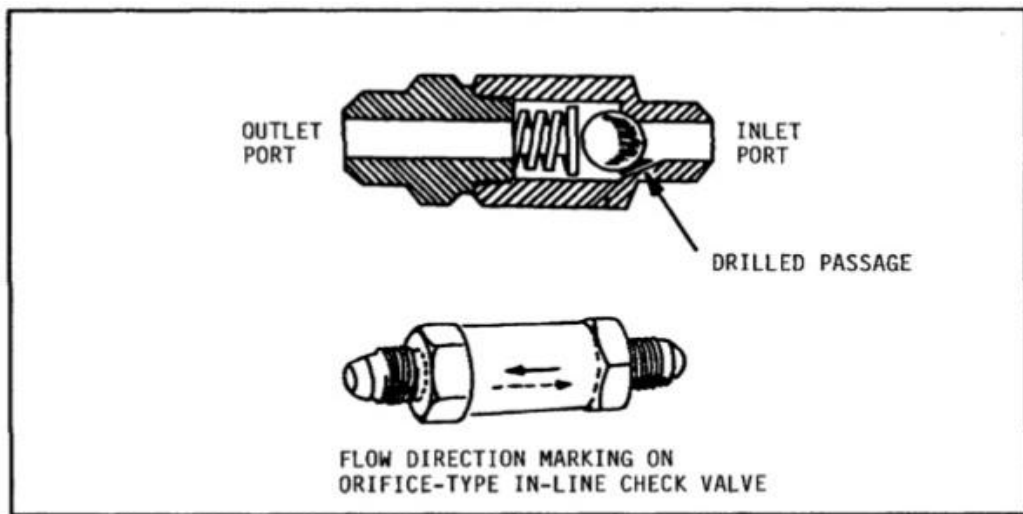


- piston = έμβολο
- piston to left (right) = έμβολο προς αριστερά (δεξιά)
- outlet port = θύρα εξόδου
- check valve = βαλβίδα αντεπιστροφής
- inlet port = θύρα εισόδου
- suction = αναρρόφηση
- pressure = πίεσης

Σχήμα 4.12: Χειραντλία διπλής ενέργειας

5. ΒΑΛΒΙΔΕΣ

5.1 ΒΑΛΒΙΔΕΣ ΕΛΕΓΧΟΥ (ΜΗ ΕΠΙΣΤΡΟΦΗΣ)



- outlet port = θύρα εισόδου
- inlet port = θύρα εξόδου
- drilled passage = διάτρητο πέρασμα
- flow direction marking on orifice-type in-line check valve=κατεύθυνση ροής βαλβίδας

Σχήμα 5.1: Βαλβίδα ελέγχου

Μία βαλβίδα αντεπιστροφής όπως μπορούμε να δούμε στο σχήμα 5.1 μπορεί να τοποθετηθεί για να εξασφαλιστεί ότι ένα μέσο ρέει μέσω ενός σωλήνα στη σωστή κατεύθυνση. Η ροή μέσα από τη βαλβίδα αντεπιστροφής προκαλεί μια σχετικά μεγάλη πτώση της πίεσης, η οποία πρέπει να ληφθεί υπόψη κατά το σχεδιασμό του συστήματος. Για τη λειτουργία των εξαρτημάτων και συστημάτων, η ροή του υγρού πρέπει να είναι σταθερή και ελεγχόμενη. Το υγρό πρέπει να ρέει προγραμματισμένα στο σύστημα για αυτό χρησιμοποιούνται διάφοροι τύποι βαλβίδων. Ο πιο απλός τύπος βαλβίδας είναι η βαλβίδα ελέγχου που επιτρέπει τη ροή μόνο σε μία κατεύθυνση. Οι βαλβίδες αυτές καλούνται βαλβίδες ελέγχου σε σειρά και διακρίνονται σε δύο τύπους βαλβίδων ελέγχου σε σειρά, στον απλό τύπο και στον περιοριστικό. Υπάρχουν και βαλβίδες ελέγχου ενσωματωμένου τύπου οι οποίες είναι τμήμα κάποιου κύριου εξαρτήματος με κοινό περίβλημα.

Στην απεριόριστη ροή προς μία κατεύθυνση χρησιμοποιείται ο απλός τύπος βαλβίδας ελέγχου. Το υγρό εισέρχεται από το στόμιο εισόδου στην βαλβίδα πιέζοντας το ελατήριο. Τη στιγμή που η ροή σταματά, το ελατήριο κλείνει τη βαλβίδα και εμποδίζει την αντίστροφη ροή μέσω της βαλβίδας.

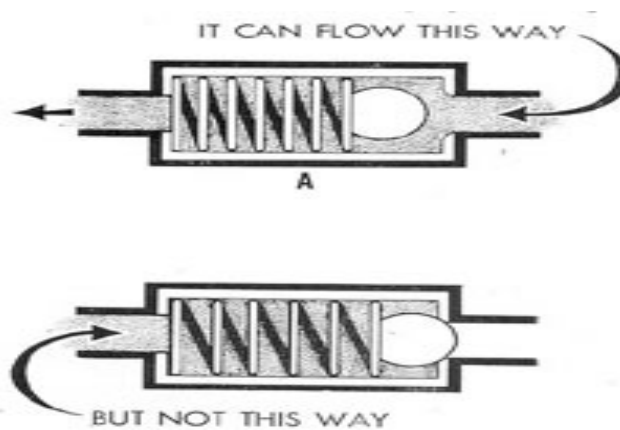
Ενώ ο περιοριστικός τύπος βαλβίδας ελέγχου επιτρέπει την κανονική ταχύτητα λειτουργίας ενός μηχανισμού επιτρέποντας ελεύθερη ροή σε μία διεύθυνση και περιορισμένη ταχύτητα λειτουργίας για περιορισμένη ροή στην αντίθετη διεύθυνση. Η

λειτουργία της είναι ίδια με την απλή βαλβίδα εκτός της περιορισμένης ροής όταν η βαλβίδα κλείνει. Αν κάνουμε ένα δεύτερο άνοιγμα πολύ μικρότερο από το άνοιγμα της έδρας στην έδρα της βαλβίδας τότε αυτή δεν κλείνει και επιτρέπει την αντίστροφη ροή στο σύστημα. Ο τύπος αυτός της βαλβίδας καλείται και βαλβίδα αποσβέσεως.

Στις βαλβίδες ελέγχου ανήκουν και δυο άλλες κατηγορίες οι βαλβίδες επιλογής ή διαλογής και οι βαλβίδες ελέγχου ροής. Οι βαλβίδες επιλογής χρησιμοποιούνται στα υδραυλικά συστήματα για να ελέγχουν τη διεύθυνση κίνησης των μηχανισμών. Οι βαλβίδες αυτές διακρίνονται ανάλογα με τον αριθμό των σωληνώσεων που ελέγχουν σε βαλβίδες τριών τεσσάρων αλλά και παραπάνω διόδων και σε ακτινικές βαλβίδες επιλογής κωνικού τύπου. Ενώ οι βαλβίδες ελέγχου ροής τοποθετούνται στο κύκλωμα σε σημεία που θέλουμε να εξασφαλίσουμε την ομαλή λειτουργία των εξαρτημάτων διατηρώντας τη ροή του υγρού ελεγχόμενη και σταθερή.

Εκτός των παραπάνω βαλβίδων σφαιρικού τύπου υπάρχουν και άλλα είδη βαλβίδων με δίσκο, με βελόνες και εμβολίσκους. Η λειτουργία των ενσωματωμένων βαλβίδων είναι η ίδια με τις απλές βαλβίδες σε σειρά.

Παρακάτω στο σχήμα 5.2 μπορούμε να κατανοήσουμε πως λειτουργεί μια βαλβίδα ελέγχου σε σειρά.



- it can flow this way = μπορεί να ρέει από εδώ
- but not this way = αλλά όχι από εδώ

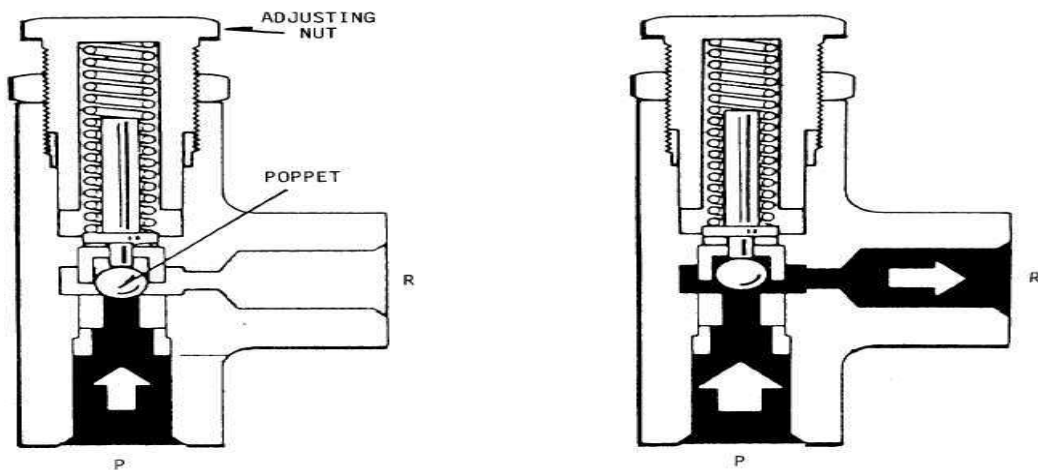
Σχήμα 5.2: Τρόπος λειτουργίας βαλβίδας ελέγχου σε σειρά

Το υγρό πιέζει την μπίλια η οποία πιέζει το ελατήριο και προκαλεί την συσπείρωσή του έτσι το υγρό μπορεί να συνεχίσει τη διαδρομή του μέσα στο σύστημα εκτός από την επιστροφή του. Η επιστροφή του υγρού είναι αδύνατη γιατί το ελατήριο μετά την διέλευση του υγρού υπό πίεση επιμηκύνεται και η μπίλια κλείνει την τρύπα του σωλήνα.

5.2 ΒΑΛΒΙΔΑ ΑΝΑΚΟΥΦΙΣΗΣ ΚΑΙ ΑΛΛΟΙ ΤΥΠΟΙ ΒΑΛΒΙΔΩΝ

Βαλβίδα ανακούφισης

Η βαλβίδα ανακούφισης ή αλλιώς όπως λέγονται και ανακουφιστικές βαλβίδες όπως βλέπουμε στο σχήμα 5.3 χρησιμοποιούνται για να ανακουφίζουν τη πίεση όταν υπερβεί μια ορισμένη τιμή στο σύστημα. Αυτό είναι απαραίτητο για την προφύλαξη του συστήματος από ζημιές των εξαρτημάτων και καταστροφή των σωληνώσεων από υπερβολική πίεση. Έτσι λειτουργούν σαν βαλβίδες ασφαλείας του συστήματος. Υπάρχουν διάφοροι τύποι βαλβίδων ανακούφισης με βασικό στοιχείο ένα ρυθμιζόμενο ελατήριο του οποίου η μέγιστη ένταση καθορίζει την ενεργοποίηση της ανακουφιστικής βαλβίδας. Τοποθετούνται κατάλληλα ώστε να επιστρέφουν την απαιτούμενη ποσότητα υγρού προς τη δεξαμενή μέσω της γραμμής επιστροφής όταν η πίεση υπερβεί μια ορισμένη τιμή.



- adjusting nut = ρυθμιστικό περικόχλιο
- poppet = μπίλια

Σχήμα 5.3: Βαλβίδα ανακούφισης

Οι πιο γνωστοί τύποι βαλβίδων ανακούφισης είναι οι παρακάτω:

Βαλβίδα σφαιρικού τύπου

Στη βαλβίδα ανακούφισης σφαιρικού τύπου η σφαίρα εδράζεται σε περιφερειακή έδρα όπου η πίεση ενεργεί κάτω από την σφαίρα και την απεδράζει παρακάμπτοντας στην επιστροφή το υγρό.

Βαλβίδα τύπου χιτωνίου

Στη βαλβίδα χιτωνίου η σφαίρα παραμένει ακίνητη και μια έδρα τύπου χιτωνίου κινείται από την πίεση του υγρού. Το υγρό έτσι παρακάμπτεται μέσω της σφαίρας και της έδρας του χιτωνίου

Βαλβίδα τύπου παπαρούνας

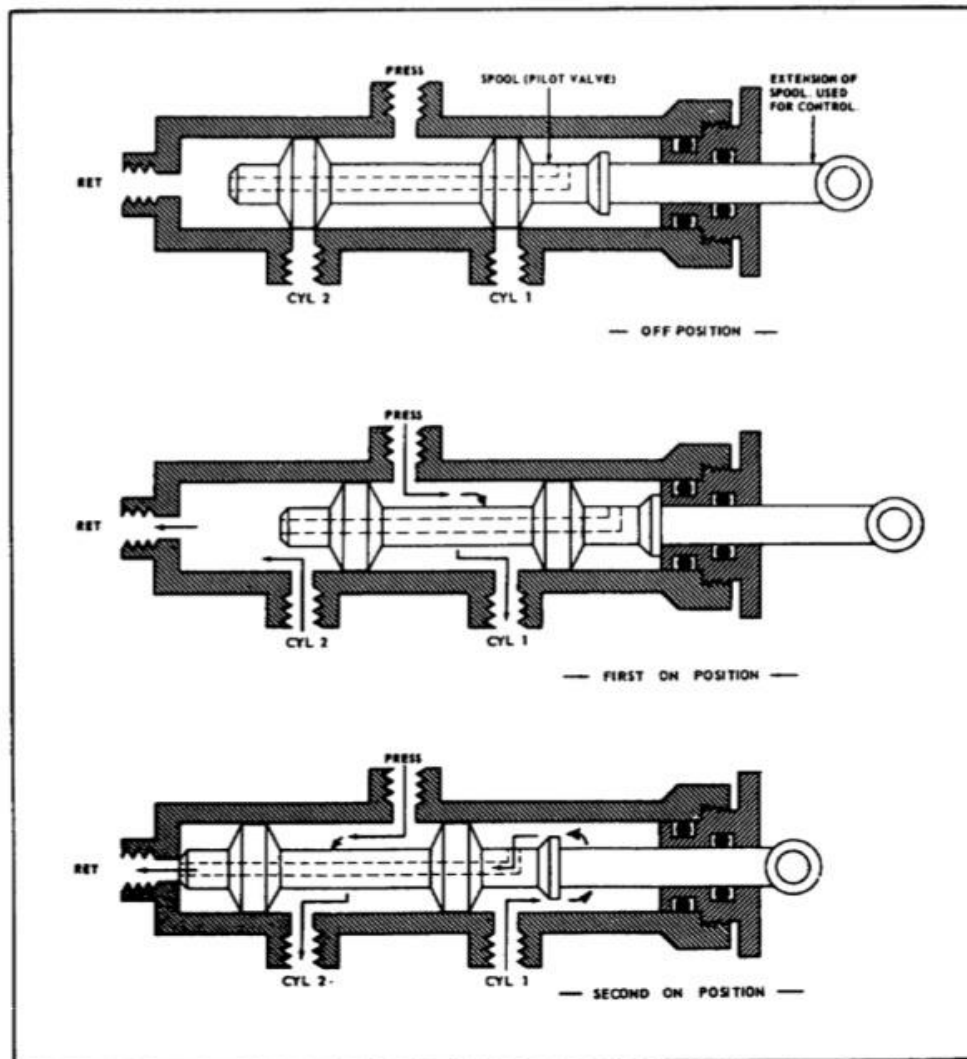
Η βαλβίδα τύπου παπαρούνας στην ουσία αποτελείται από ένα κώνο με μία έδρα με καλή εφαρμογή για αποφυγή ενδεχόμενης διαρροής. Ο τύπος αυτής της βαλβίδας μπορεί να έχει διαφορετικά σχήματα για να εξυπηρετεί σε συγκεκριμένα σημεία του συστήματος. Όταν η πίεση φτάσει μια ορισμένη τιμή η βαλβίδα απεδράζεται και έτσι το υγρό διέρχεται από το άνοιγμα και μετά από εκεί στη γραμμή επιστροφής. Οι βαλβίδες αυτού του τύπου δεν χρησιμοποιούνται σαν ρυθμιστές πίεσεως στα μεγάλα υδραυλικά συστήματα με μηχανοκίνητες αντλίες γιατί λόγω του μεγάλου φορτίου η ενέργεια που χρειάζεται για να κρατά τη βαλβίδα ανακούφισης ανοιχτή μετατρέπεται σε θερμότητα η οποία μεταφέρεται στο υγρό και φθείρει τα διάφορα παρεμβάσματα που έχουν τοποθετηθεί. Στα μικρά όμως υδραυλικά συστήματα χαμηλής πίεσεως μπορούν να χρησιμοποιηθούν σαν ρυθμιστές πίεσεως.

Οι βαλβίδες ανακούφισης πέρα από τα παραπάνω μπορούν να χρησιμοποιηθούν και ως βαλβίδες θερμικής ασφάλειας οι οποίες εκτονώνουν το υγρό από την αύξηση της πίεσής του μεγαλύτερης των προκαθορισμένων ορίων όταν αυτό υποστεί θερμική διαστολή. Οι βαλβίδες αυτές αποτελούνται από μια σφαίρα και ένα ελατήριο ή ένα κώνο και ελατήριο, το ελατήριο κρατά σε θέση εδράσεως τη σφαίρα ή τον κώνο όταν η πίεση είναι χαμηλή. Όταν η πίεση αυξηθεί και περάσει τα προκαθορισμένα όρια τότε το ελατήριο επιτρέπει τη ροή του υγρού στη δεξαμενή του συστήματος μέσω της γραμμής επιστροφής. Η βαλβίδα πρέπει να ανοίγει σε δεδομένη στιγμή λειτουργίας του συστήματος έτσι η ένταση του ελατηρίου ρυθμίζεται μηχανικά.

5.3 ΒΑΛΒΙΔΑ ΔΙΑΛΟΓΗΣ, ΒΑΛΒΙΔΑ ΤΕΣΣΑΡΩΝ ΔΙΟΔΩΝ ΚΑΙ ΥΔΡΑΥΛΙΚΟΙ ΣΥΣΣΩΡΕΥΤΕΣ

Οι βαλβίδες διαλογής χρησιμοποιούνται για τον έλεγχο της διεύθυνσης κίνησης μίας μονάδας ενέργειας και την ασφαλή θέση της. Οι βαλβίδες αυτές παρέχουν την επιθυμητή διεύθυνση κίνησης του υγρού και διακρίνονται σε βαλβίδες διαλογής ανοιχτού τύπου και βαλβίδες διαλογής κλειστού τύπου και χαρακτηρίζονται από τα στόμια που διαθέτουν. Οι απαιτήσεις του υδραυλικού συστήματος προσδιορίζουν το συγκεκριμένο αριθμό των στομίων που συνήθως είναι τέσσερα στόμια. Το πρώτο στόμιο συνδέεται με την αντλία, το δεύτερο στόμιο συνδέεται με

την γραμμή επιστροφής του συστήματος στη δεξαμενή και τα άλλα δύο στόμια συνδέονται με δύο στόμια αριστερά και δεξιά του εμβόλου του κυλίνδρου για να είναι δυνατή η κίνηση του εμβόλου προς τα δεξιά και αριστερά ανάλογα με τη θέση επιλογής. Στο σχήμα 5.4 βλέπουμε μια βαλβίδα διαλογής με τέσσερα στόμια (διόδους) κλειστού κέντρου ενώ στο σχήμα 5.5 βλέπουμε μια βαλβίδα διαλογής με τέσσερα στόμια ανοιχτού κέντρου.

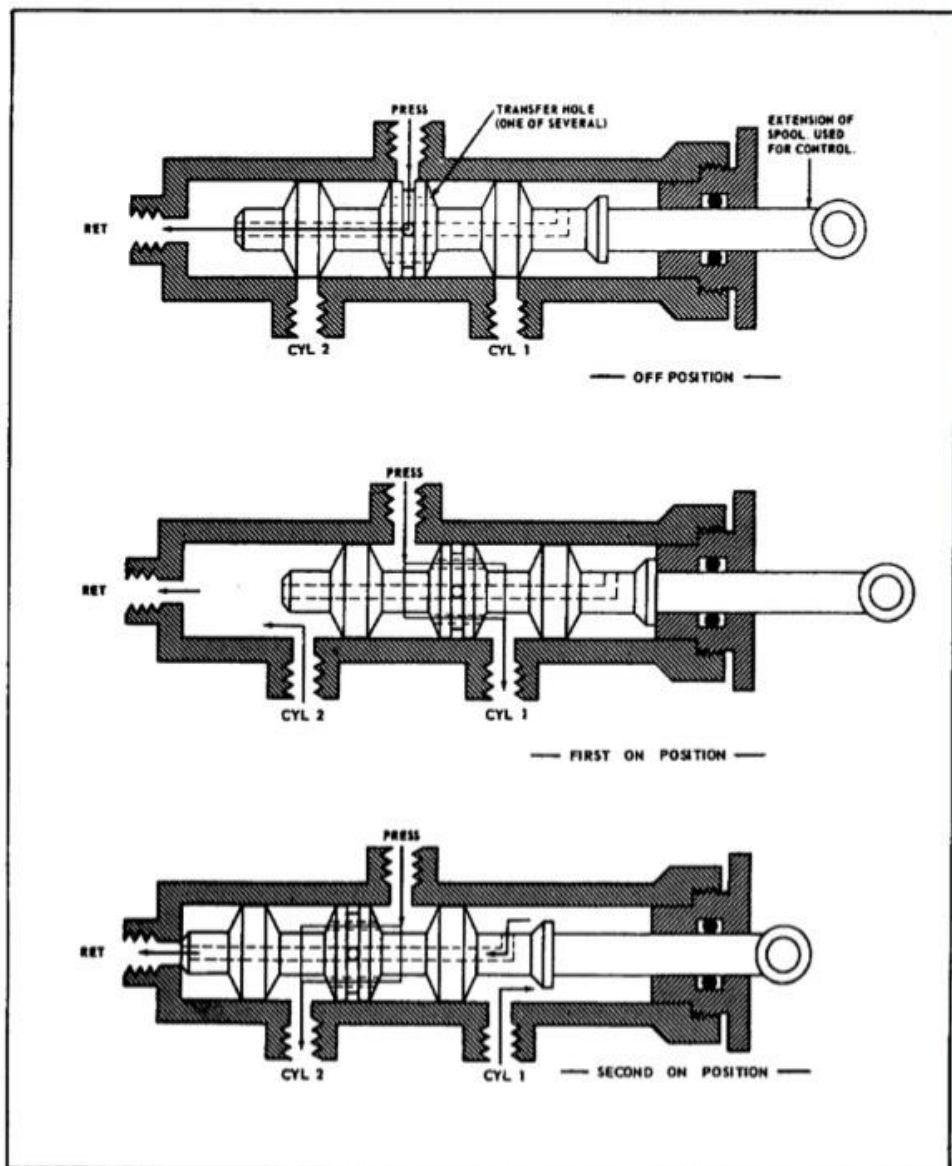


- extension of spool used for control = επέκταση του βάρτρου που χρησιμοποιείται για έλεγχο
- position = θέση που βρίσκεται

Σχήμα 5.4: Βαλβίδα διαλογής με τέσσερα στόμια κλειστού κέντρου

Στο παραπάνω σχήμα 5.4 βλέπουμε μία βαλβίδα διαλογής με τέσσερα στόμια κλειστού κέντρου σε σχήμα εμβόλου η οποία έχει στεγανότητα και ελευθερία κινήσεως μέσα στο σώμα της βαλβίδας και κινείται μέσω του άκρου που εκτείνεται έξω από τη βαλβίδα. Η εσωτερική τρύπα στο σώμα του εμβόλου συνδέει μεταξύ τους

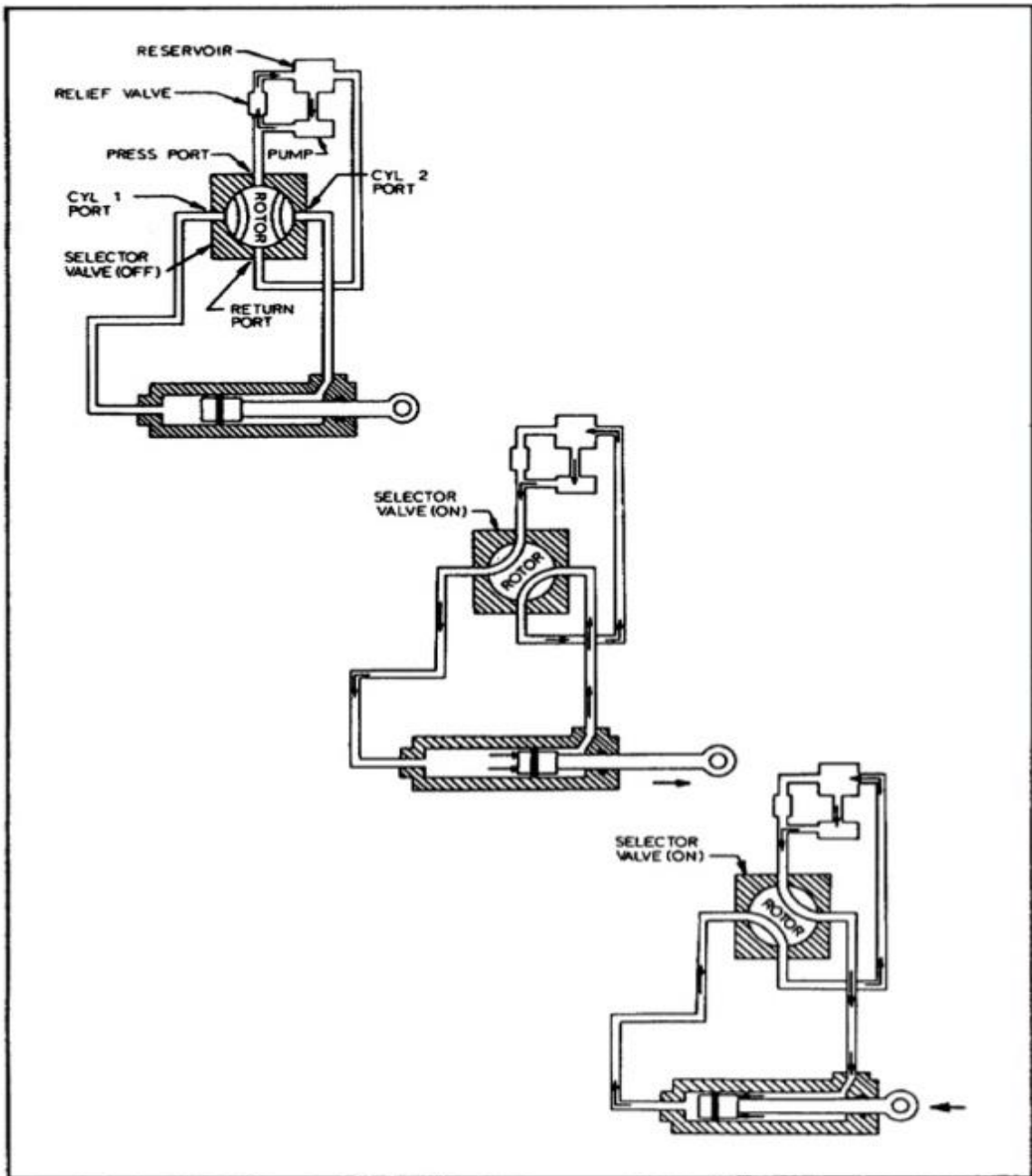
δύο ακριανούς θαλάμους της βαλβίδας διαλογής. Ο τύπος του διαλογέα ονομάζεται και βαλβίδα κατευθύνσεως. Όταν το έμβολο κινείται στη θέση off οι δύο θάλαμοι παγιδεύονται και κλείνουν τα στόμια πίεσεως και επιστροφής, έτσι το υγρό δεν μπορεί να εξέλθει από τη βαλβίδα. Στο δεύτερο σχήμα του σχήματος 5.4 που είναι η θέση on η κίνηση του εμβόλου προς τα δεξιά αποκαλύπτει τα στόμια, έτσι το στόμιο πίεσεως και το στόμιο του κυλίνδρου 1 συνδέονται μεταξύ τους και το υγρό με πίεση εισέρχεται στη μονάδα ενέργειας. Το στόμιο επιστροφής και το στόμιο του κυλίνδρου 2 συνδέονται και αυτά αντίστοιχα μεταξύ τους. με αυτό τον τρόπο υπάρχει δίοδος επιστροφής του υγρού από τη μονάδα ενέργειας στη δεξαμενή. Στο τελευταίο σχήμα του σχήματος 5.4 βλέπουμε την κίνηση του εμβόλου προς τα αριστερά να αποκαλύπτει τα στόμια κυλίνδρου 1 και 2. Το στόμιο πίεσεως και το στόμιο του κυλίνδρου 2 συνδέονται μεταξύ τους και αντίστοιχα το στόμιο επιστροφής συνδέεται με τον κύλινδρο 1, το υγρό ρέει προς τη μονάδα ενέργειας και παρέχεται δίοδος επιστροφής του υγρού προς τη δεξαμενή.



- transfer hole one of several = οπή μεταφοράς (μία από τις πολλές)

Σχήμα 5.5: Βαλβίδα διαλογής με τέσσερα στόμια ανοιχτού κέντρου

Η βαλβίδα διαλογής τεσσάρων διόδων κλειστού κέντρου είναι περισσότερο γνωστή από τις άλλες, οι διατάξεις των βαλβίδων είναι διαφόρων ειδών όπως είδαμε και παραπάνω τύπου σφαίρας, παπαρούνας, τύπου εμβόλου όπως είδαμε στα παραπάνω σχήματα 5.4 και 5.5 και τύπου στροφέιου που βλέπουμε στο σχήμα 5.6.



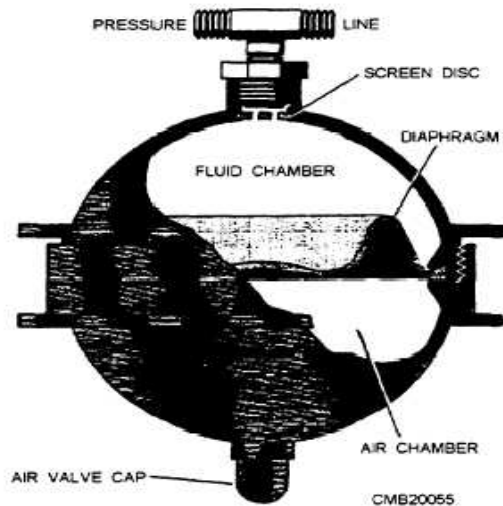
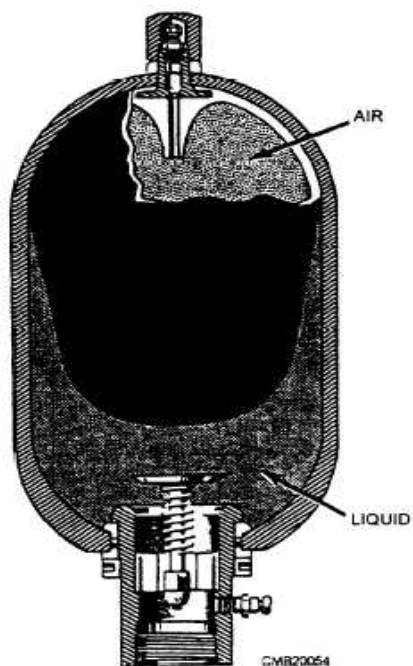
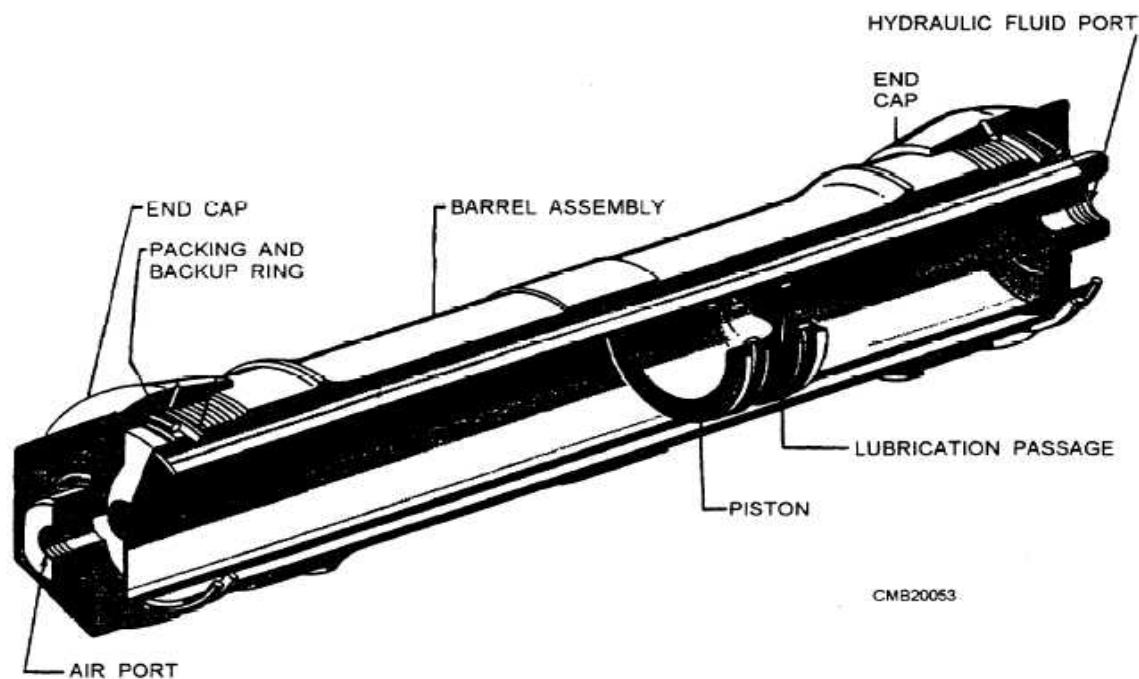
- selector valve = βαλβίδα επιλογής
- reservoir = δεξαμενή
- relief valve = ανακουφιστική βαλβίδα
- press port = θύρα πίεσεως
- return port = θύρα επιστροφής
- pump = αντλία
- rotor = ρότορας – στροφείο

Σχήμα 5.6: Λειτουργία βαλβίδας διαλογής κλειστού κέντρου τύπου στροφείου

Στο παραπάνω σχήμα 5.6 βλέπουμε τη βαλβίδα διαλογής κλειστού κέντρου τύπου στροφείου σε τρεις θέσεις. Πάνω αριστερά του σχήματος σε θέση εκτός στην οποία όλα τα στόμια της βαλβίδας είναι παγιδευμένα και το υγρό δεν έχει τη δυνατότητα να εισέρθει ή να εξέλθει από τη βαλβίδα. Στο μέσο του σχήματος βλέπουμε τη βαλβίδα σε θέση εντός στην οποία το στόμιο πίεσης και το στόμιο του κυλίνδρου 1 συνδέονται μεταξύ τους στο εσωτερικό της βαλβίδας και το υγρό ρέει από τη βαλβίδα στο στόμιο πίεσεως της βαλβίδας και εισέρχεται από το στόμιο του κυλίνδρου 1 και από το κάτω στόμιο. Στο κάτω μέρος του παραπάνω σχήματος η βαλβίδα βρίσκεται στην άλλη θέση εντός, η πίεση συνδέεται με τον κύλινδρο 2 και το υγρό φτάνει με πίεση στο κάτω στόμιο.

Υδραυλικοί συσσωρευτές

Ο σκοπός των υδραυλικών συσσωρευτών να διατηρούν την πίεση σταθερή σε συγκεκριμένα όρια για το υδραυλικό σύστημα, να υποστηρίζουν την αντλία όταν η πίεση βρίσκεται σε συνθήκες υπερβολικής φόρτισης, να διασφαλίζουν τη λειτουργία σε περίπτωση βλάβης της αντλίας ισχύος και την απόσβεση ανεπιθύμητων διακυμάνσεων της πίεσης στο σύστημα. Οι υδραυλικοί συσσωρευτές είναι στην ουσία αποθήκες υγρού και οι βασικοί τους τύποι είναι κυλινδρικοί με έμβολα και στεγανοποιητικά παρεμβάσματα καθώς και σφαιρικοί με διαφράγματα. Η αρχή λειτουργίας τους είναι ίδια, έχουν ένα χώρο στον οποίο αποθηκεύουν αέριο με πίεση και ένα χώρο με υδραυλικό υγρό που συνδέεται με το υδραυλικό σύστημα. Όταν αυξάνεται η πίεση του υδραυλικού συστήματος μειώνεται ο όγκος του αερίου και αυξάνεται η πίεσή του και αντίστροφα. Με αυτό τον τρόπο αποσβένονται οι αυξομειώσεις της πίεσης του συστήματος. Σε περίπτωση βλάβης της αντλίας η ποσότητα του αποθηκευμένου αερίου είναι αρκετή και ικανή να τροφοδοτήσει με πίεση το υδραυλικό σύστημα και να λειτουργήσει ορισμένες φορές. Στο παρακάτω σχήμα 5.7 μπορούμε να δούμε τρεις από τους διάφορους τύπους των υδραυλικών συσσωρευτών.



- end cap = πώμα άκρου
- barrel assembly = κύλινδρο συναρμολόγησης
- hydraulic fluid port = θυρίδα υδραυλικού υγρού
- lubrication passage = πέρασμα λίπανσης
- air port = θυρίδα αέρα
- liquid = υγρό
- chamber = θάλαμος

Σχήμα 5.7: Υδραυλικοί συσσωρευτές διαφορετικών τύπων

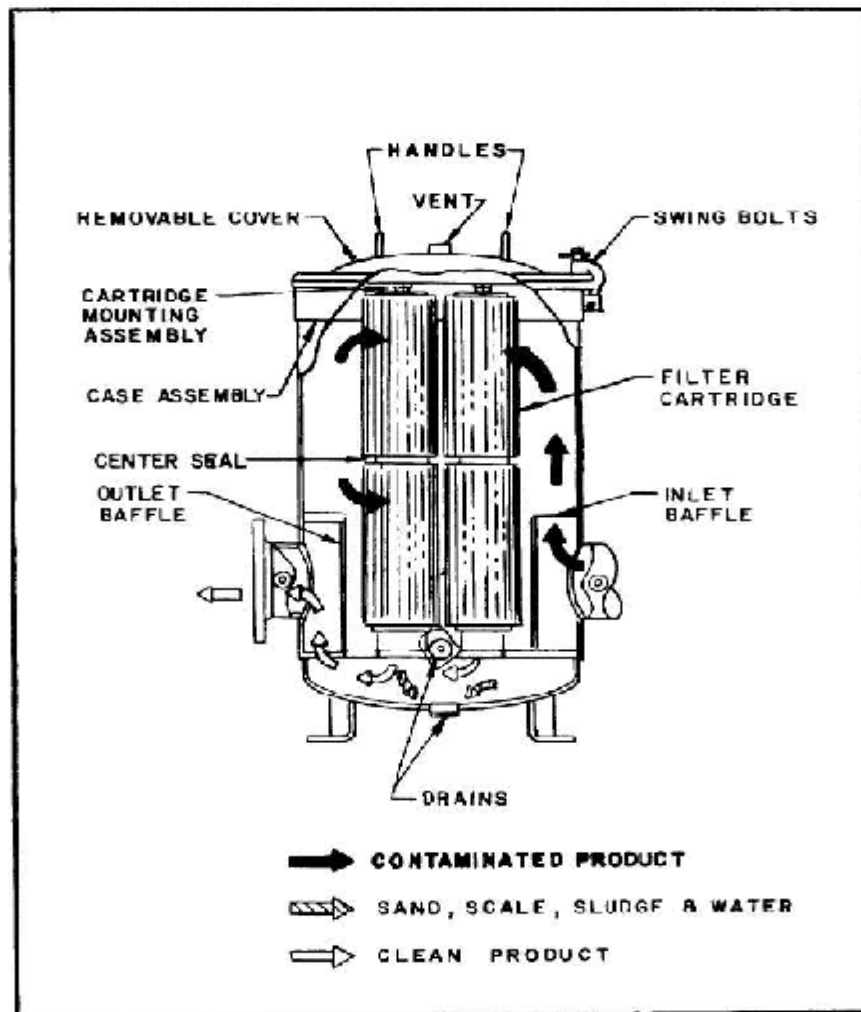
6. ΦΙΛΤΡΑ

6.1 ΟΙ ΤΥΠΟΙ ΤΩΝ ΦΙΛΤΡΩΝ ΚΑΙ Η ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ ΤΟΥΣ

Τα φίλτρα έχουν ως κύριο σκοπό να συγκρατούν τις διάφορες ακαθαρσίες (ξένα σώματα) που τυχόν βρίσκονται στο σύστημα και χρησιμοποιούνται στην δεξαμενή αποθήκευσης αλλά και στο υπόλοιπο κύκλωμα. Τα φίλτρα που χρησιμοποιούνται στα υδραυλικά συστήματα των πολεμικών αεροσκαφών είναι διαφόρων τύπων όπως φίλτρα τύπου πλέγματος, φίλτρα μικρονικού τύπου, υδραυλικά φίλτρα δύο σταδίων και cone-type φίλτρα.

Φίλτρα μικρονικού τύπου

Τα φίλτρα μικρονικού τύπου όπως βλέπουμε στο σχήμα 6.1 αποτελούνται από το στοιχείο συγκρατήσεως το οποίο είναι ειδικά κατεργασμένος κυτταρινούχος χάρτης, τη θήκη, την κεφαλή και την ανακουφιστική βαλβίδα. Όταν το φίλτρο κλείσει από τυχόν ακαθαρσίες που βρίσκονται στο σύστημα τότε ενεργοποιείται (ανοίγει) η ανακουφιστική βαλβίδα και επιτρέπει στο υγρό να περάσει αφιλτράριστο από την κεφαλή χωρίς να διακοπεί η λειτουργία του συστήματος. Το στοιχείο του μικρονικού φίλτρου αφαιρείται και τοποθετείται καινούριο στη διάρκεια των επιθεωρήσεων που πραγματοποιούνται για την συντήρηση του αεροσκάφους.

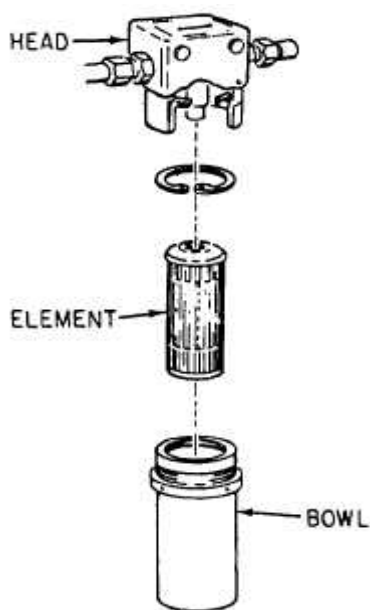


- handles= λαβές
- removal cover= αφαίρεση καλύμματος
- vent= διέξοδος
- swing bolts = κοχλίες ταλάντευσης
- cartridge mounting assembly= φυσίγγιο συγκρότημα εδράσεως
- case assembly = περίπτωση συναρμολόγησης
- center seal = κέντρο σφράγισης
- outlet baffle = έλασμα εξόδου
- drains = αποστράγγιση (αποχέτευση)
- filter cartridge = ανταλλακτικό φίλτρο
- inlet baffle = πλάκα εκτροπής εισόδου
- contaminated product = μολυσμένο προϊόν
- sand, scale, sludge, water= άμμος, ακαθαρσίες, λάσπη, νερό
- clean product= καθαρό προϊόν

Σχήμα 6.1: Φίλτρο μικρονικού τύπου

Φίλτρα τύπου πλέγματος

Τα φίλτρα τύπου πλέγματος όπως βλέπουμε στο σχήμα 6.2 αποτελούνται από τη θήκη, το στοιχείο που είναι μεταλλικό πλέγμα, την ανακουφιστική βαλβίδα και το πώμα αποστραγγίσεως. Σε περίπτωση που υπάρχουν ακαθαρσίες στο σύστημα και μαζευτούν στο στοιχείο του φίλτρου ανοίγει η ανακουφιστική βαλβίδα και ελευθερώνει το υγρό προς το σύστημα.



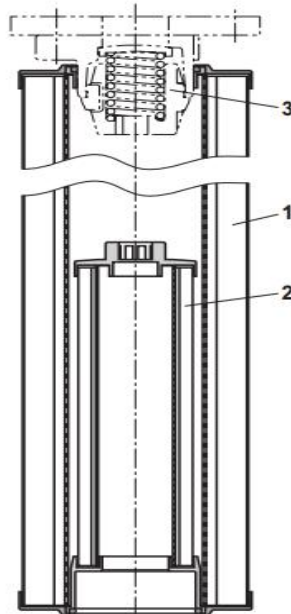
- head = κεφαλή
- element= στοιχείο
- bowl =δοχείο

Σχήμα 6.2: Διάταξη φίλτρου τύπου πλέγματος

Φίλτρο τύπου δύο σταδίων

Το φίλτρο δύο σταδίων όπως βλέπουμε στο σχήμα 6.3 χρησιμοποιείται στη γραμμή επιστροφής σε μερικά υδραυλικά συστήματα μεγάλων αεροσκαφών αντί της τυποποιημένης μονάδας στοιχείων. Το φίλτρο αυτού του τύπου επιτρέπει τη χρήση ενός λεπτού στοιχείου σε χαμηλά ποσοστά ροής χωρίς την πτώση της πίεσης. Το φίλτρο δύο σταδίων είναι ένα φίλτρο το οποίο έχει δύο στοιχεία (1) και (2) στο εσωτερικό του και η ροή περνά μέσα από την ανοιχτή βαλβίδα (3) και από τα δύο αυτά στοιχεία του. Το υδραυλικό υγρό παρακάμπτει το πρώτης φάσης στοιχείο και περνά μέσω του δεύτερου στοιχείου μόνο κατά τη διάρκεια υψηλών διαδικασιών ροής όπως στην προσγείωση ή στην σταθεροποίηση του αεροσκάφους. Αυτό δημιουργεί πτώση πίεσης στο φίλτρο έτσι ώστε να υπάρχει μια λογική τιμή κατά τη

διάρκεια του υψηλού ποσοστού ροής. Για την αντικατάσταση του φίλτρου υπάρχουν δείκτες πίεσης πάνω στο φίλτρο που δείχνουν πότε το στοιχείο είναι μολυσμένο και πρέπει να αντικατασταθεί. Ακόμη υπάρχουν και ανακουφιστικές βαλβίδες οι οποίες βρίσκονται και στα δύο στοιχεία για να αποτρέψουν την υπερβολική πίεση στη γραμμή επιστροφής.

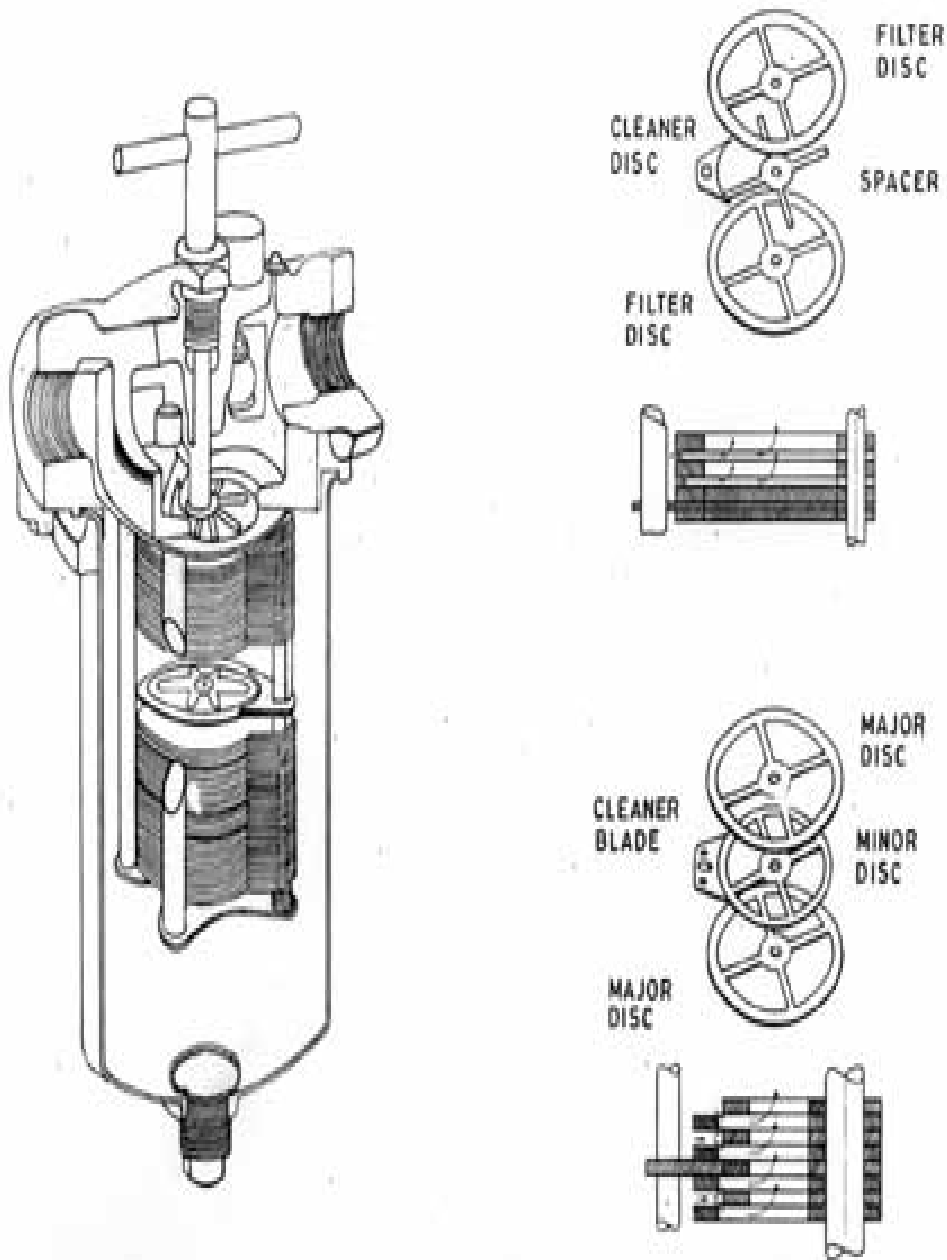


- 1) εξωτερικό στοιχείο φίλτρου
- 2) εσωτερικό στοιχείο φίλτρου
- 3) ανοιχτή βαλβίδα παράκαμψης

Σχήμα 6.3: Φίλτρο τύπου δύο σταδίων

Φίλτρο πίεσης τύπου Cuno

Τα φίλτρα αυτού του τύπου όπως βλέπουμε στο σχήμα 6.4 είναι πολύ ισχυρά για να μπορούν να χρησιμοποιηθούν στην πλευρά πίεσης του συστήματος. Το στοιχείο φιλτραρίσματος αποτελείται από έναν αριθμό δίσκων και των διαχωριστών που τοποθετούνται σε μία ράβδο με λεπίδες μεταξύ κάθε ενός από τους δίσκους. Το υδραυλικό υγρό ρέει μέσα από την εξωτερική μεριά των δίσκων στην εσωτερική τους μεριά και μετά στο σύστημα. Όταν το φίλτρο γεμίσει με μολυσμένα ξένα σωματίδια κατά την επιθεώρηση γυρνούν τη ράβδο με τη λαβή που προεξέχει μέσω των φίλτρων και χύνεται το μολυσμένο υγρό έξω από τις καθαρότερες λεπίδες στο κατώτατο σημείο του δοχείου που μπορούν να αφαιρεθούν.



- filter disc= φίλτρο δίσκος
- spacer = διαχωριστικό
- major disc =μείζον δίσκοι
- minor disc =ήσσονος σημασίας δίσκο
- cleaner blade= λεπίδα καθαριότητας

Σχήμα 6.4: Φίλτρο τύπου Cuno

7. ΚΥΛΙΝΔΡΟΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ (ΓΡΥΛΛΟΣ)

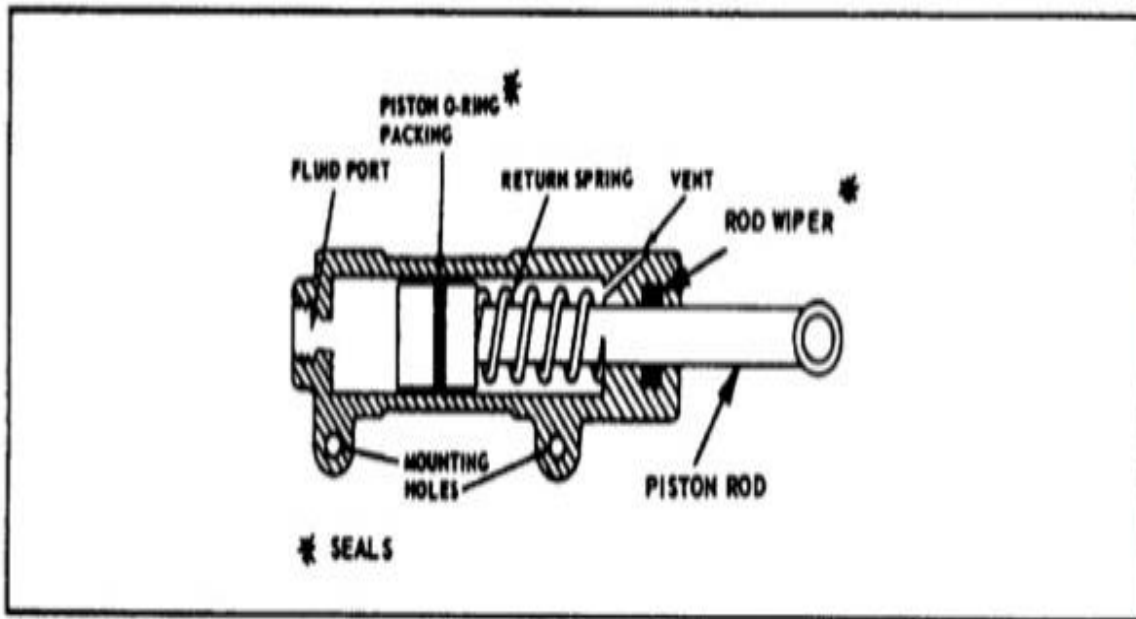
7.1 ΟΙ ΤΥΠΟΙ ΤΩΝ ΚΥΛΙΝΔΡΩΝ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ

ΚΑΙ Η ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ ΤΟΥΣ

Ο κύλινδρος ενέργειας μετατρέπει την πίεση του υγρού σε μηχανική δύναμη ή σε κίνηση για την εκτέλεση έργου. Σε γενικότερη χρήση χρησιμοποιείται για να εκτελέσει μια γραμμική κίνηση ενός εξαρτήματος. Ο κύλινδρος ενέργειας αποτελείται από ένα κυλινδρικό σώμα, ένα ή και περισσότερα έμβολα, βάρη εμβόλων και διάφορα παρεμβάσματα. Τα στόμια εισόδου και εξόδου από τα οποία περνά το υγρό βρίσκονται πάνω στο σώμα του κυλίνδρου. Το έμβολο και το βάρη αποτελούν ένα συγκρότημα και λειτουργούν άψογα μέσα στο σώμα του κυλίνδρου. Το έμβολο κινείται εμπρός ή πίσω και το βάρη κινείται επίσης μέσα ή έξω μέσω ανοίγματος στο ένα άκρο του σώματος του κυλίνδρου. Τα παρεμβάσματα εξασφαλίζουν στεγανότητα μεταξύ εμβόλου και κυλίνδρου καθώς και του άκρου του κυλίνδρου και του βάρη, τόσο το βάρη όσο και ο κύλινδρος έχουν διάταξη εδράσεως (προσαρμογή μηχανισμού που θα κινείται από τον κύλινδρο) Οι υδραυλικοί κύλινδροι ενέργειας διακρίνονται σε κυλίνδρους απλής ενέργειας, διπλής ενέργειας και ζυγοσταθμισμένους κυλίνδρους ενέργειας. Οι υδραυλικοί κύλινδροι ενέργειας χρησιμοποιούνται στα αεροσκάφη για να ενεργοποιήσουν ένα συγκεκριμένο σύστημα του αεροσκάφους μετατρέποντας την πίεση του υγρού σε μηχανική ενέργεια.

Κύλινδροι απλής ενέργειας

Οι κύλινδροι απλής ενέργειας με ένα στόμιο όπως βλέπουμε στο σχήμα 7.1 παρέχουν ισχύ σε μία **μόνο** διεύθυνση και αποτελούνται από το έμβολο, το βάρη, κύλινδρο και το ελατήριο επιστροφής. Το υγρό εισέρχεται από το στόμιο αριστερά και ωθεί το έμβολο προς τα δεξιά. Όταν το έμβολο πραγματοποιεί την ευθύγραμμη κίνησή του ο αέρας εξέρχεται από το θάλαμο ελατηρίου από την τρύπα αερισμού και το ελατήριο συσπειρώνεται. Το ελατήριο είναι συγκεκριμένης εντάσεως ώστε να επαναφέρει το έμβολο προς τα αριστερά όταν η πίεση εξασθενίσει αναγκάζοντας το υγρό να εξέλθει από το στόμιο. Ταυτόχρονα ο αέρας εισβάλλει στο χώρο του ελατηρίου από την τρύπα αερισμού.

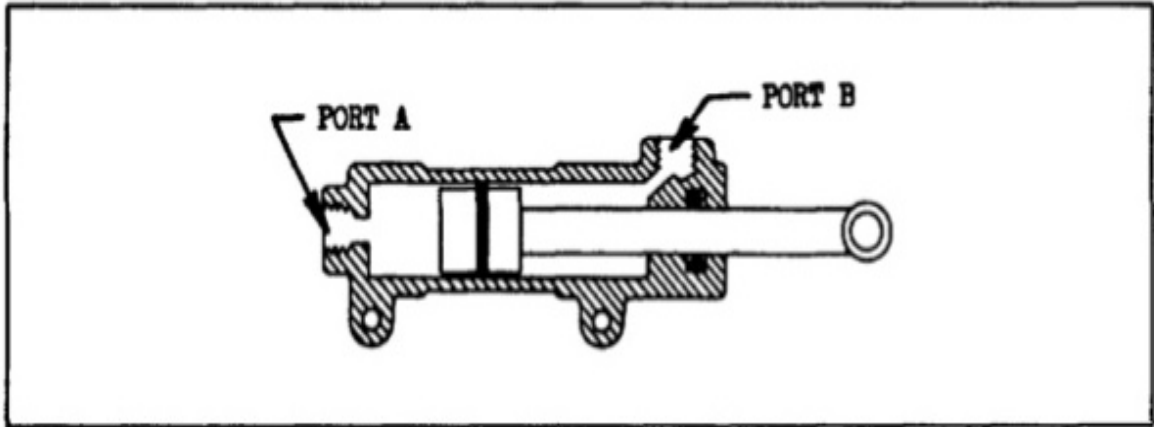


- fluid port = θυρίδα υγρού
- piston o-ring packing= δακτύλιος εμβόλου τύπου
- return spring = ελατήριο επαναφοράς
- vent = διέξοδος
- rod wiper=παρέμβασμα καθαρίσματος βάρτρου
- seal= σφράγιση
- piston rod= βάρτρο εμβόλου
- mounting hole = τρύπες τοποθέτησης

Σχήμα 7.1: Κύλινδρος απλής ενέργειας

Κύλινδροι διπλής ενέργειας

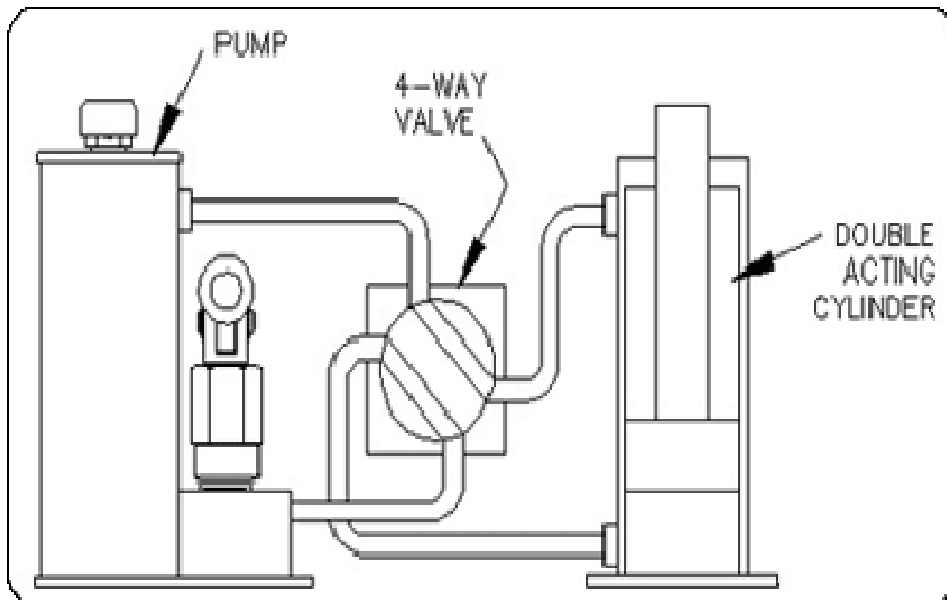
Οι κύλινδροι διπλής ενέργειας με δύο στόμια παρέχουν ισχύ σε δύο κατευθύνσεις και αποτελούνται από δύο στόμια εισόδου και εξόδου του υγρού από το έμβολο και το βάρτρο. Η λειτουργία του κάθε κυλίνδρου διπλής ενέργειας ελέγχεται από βαλβίδα ελέγχου με τέσσερα στόμια. Οι κύλινδροι αυτοί χρησιμοποιούνται για να παρέχουν κίνηση σε ένα μηχανισμό προς δύο κατευθύνσεις ανάλογα πώς είναι συνδεδεμένος στο σύστημα. Γενικά ο τρόπος λειτουργίας του είναι απλός το υγρό εισέρχεται με πίεση από το αριστερό του στόμιο και κινεί το έμβολο προς τα δεξιά κινώντας έτσι το μηχανισμό που είναι συνδεδεμένος με το βάρτρο. Το υγρό που έχει εγκλωβιστεί δεξιά του εμβόλου επιστρέφει στη δεξαμενή του συστήματος από τη βαλβίδα επιλογής.



- port = θύρες εισόδου- εξόδου

Σχήμα 7.2: Κύλινδρος διπλής ενέργειας

Στο σχήμα 7.3 μπορούμε να δούμε τον κύλινδρο διπλής ενέργειας ο οποίος συνδέεται με μία βαλβίδα ελέγχου ή διαλογής. Όταν η βαλβίδα είναι ανοιχτή δίνουμε πίεση στο πάνω μέρος του κυλίνδρου και ωθεί το έμβολο προς τα κάτω και από εκεί το υγρό μέσω του διαλογέα κατευθύνεται στην δεξαμενή. Όταν η βαλβίδα (ή διαλογέας) τεθεί στην άλλη της θέση τότε αντίστοιχα δίνουμε πίεση στο κάτω μέρος του εμβόλου και το έμβολο ωθείται προς τα πάνω.



- pump = αντλία
- 4-way valve = Βαλβίδα 4 κατευθύνσεων
- double action cylinder= κύλινδρο διπλής δράσης

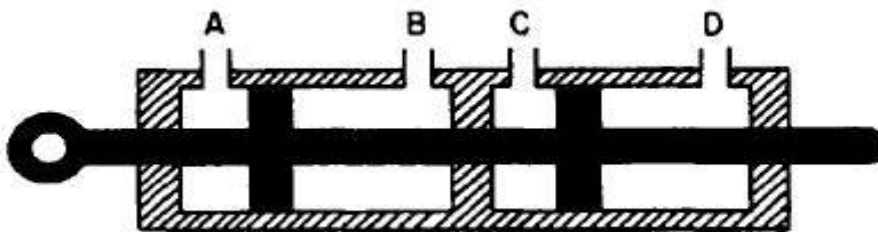
Σχήμα 7.3: Έλεγχος κίνησης κυλίνδρου διπλής ενέργειας

Στο σχήμα 7.4 απεικονίζεται ένας άλλος τύπος κυλίνδρου ενέργειας ο οποίος έχει τρία στόμια.



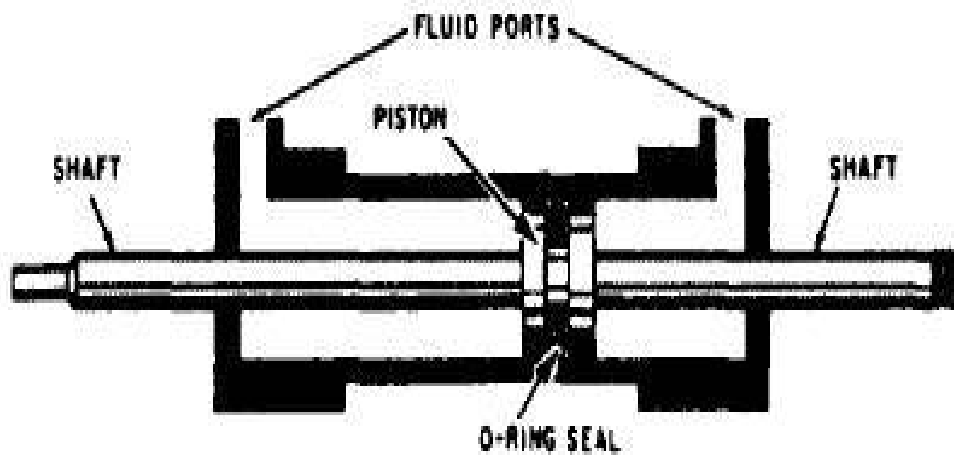
Σχήμα 7.4: Κύλινδρος ενέργειας (γρύλλος) με τρία στόμια

Στο σχήμα 7.5 βλέπουμε ένα κύλινδρο ενέργειας τύπου Tandem αυτό το είδος της του κυλίνδρου χρησιμοποιείται σε εφαρμογές που απαιτούν δύο ή περισσότερα ανεξάρτητα συστήματα όπως είναι τα ηλεκτροκίνητα συστήματα ελέγχου πίεσης στα αεροσκάφη. Η ροή του ρευστού στους δύο θαλάμους του κυλίνδρου ενέργειας tandem παρέχεται από δύο ανεξάρτητα υδραυλικά συστήματα και ελέγχεται από δύο βαλβίδες ελέγχου.



Σχήμα 7.5: Κύλινδρος ενέργειας τύπου Tandem

Στο σχήμα 7.6 βλέπουμε ένα κύλινδρο ενέργειας ζυγοσταθμισμένου τύπου ο οποίος χρησιμοποιείται στα συστήματα πηδαλιουχίσεως του ριναίου τροχού. Το βάκτρο του κυλίνδρου αυτού προεκτείνεται μέσω του εμβόλου και καταλήγει στα δύο άκρα του κυλίνδρου.



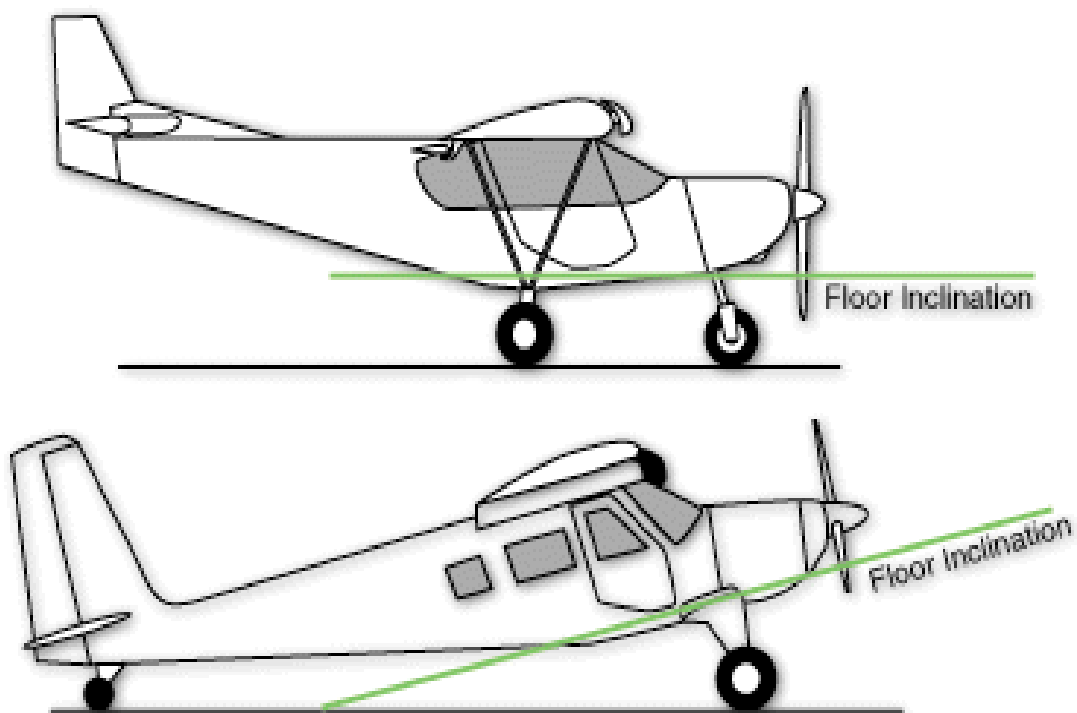
- shaft = στέλεχος (άξονας)
- fluid ports =θύρες υγρού
- piston = έμβολο
- o-ring seal=σφραγιστικός δακτύλιος

Σχήμα 7.6: Κύλινδρος ενέργειας ζυγοσταθμισμένου τύπου

8. ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΠΡΟΣΓΕΙΩΣΕΩΣ

8.1 ΟΙ ΔΙΑΦΟΡΟΙ ΤΥΠΟΙ ΚΑΙ Η ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ ΤΩΝ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ ΠΡΟΣΓΕΙΩΣΕΩΣ

Ένα σημαντικό υδραυλικό σύστημα στο πολεμικό αεροσκάφος είναι το σύστημα προσγείωσης που εξασφαλίζει την ασφαλή και ευσταθή στάθμευση του αεροσκάφους στο έδαφος, την τροχοδρόμηση του αεροσκάφους, την κινητική του ενέργεια στη φάση πέδησης, την απορρόφηση της κρουστικής ενέργειας κατά την προσγείωσή του και την στάθμευσή του στο έδαφος. Κάθε αεροσκάφος έχει διαφορετικό τύπο των συστημάτων προσγείωσης ανάλογα με τον αριθμό των τροχών που χρειάζονται, τη θέση που έχουν πάνω στο αεροσκάφος και άλλα είναι ανασυρόμενα ενώ άλλα όχι. Οι πιο συνηθισμένες διαμορφώσεις συστημάτων προσγείωσης που χαρακτηρίζονται με βάση την εγκατάστασή τους στο αεροσκάφος είναι με ουραίο τροχό και με ριναίο τροχό όπως βλέπουμε στο σχήμα 8.1.



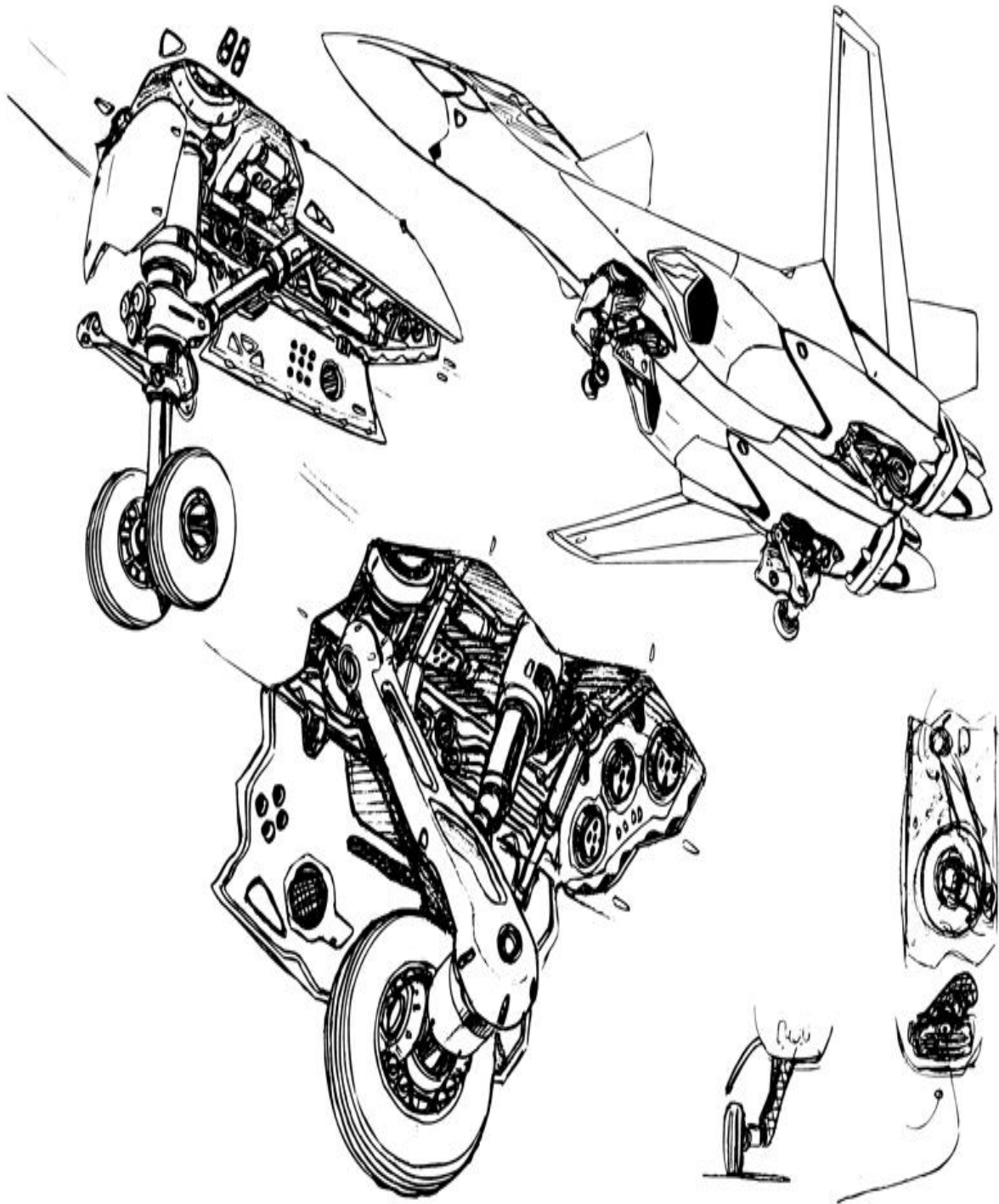
- floor inclination= κλίση δαπέδου

Σχήμα 8.1: Βασική διαμόρφωση συστήματος προσγείωσης

Τα συστήματα προσγείωσης αεροσκαφών με ουραίο τροχό όπως βλέπουμε στο δεύτερο σχήμα του σχήματος 8.1 χρησιμοποιούνταν στο παρελθόν αλλά και σήμερα σε μερικά πολύ ελαφριά αεροσκάφη, τα σκέλη του είναι μπροστά από το

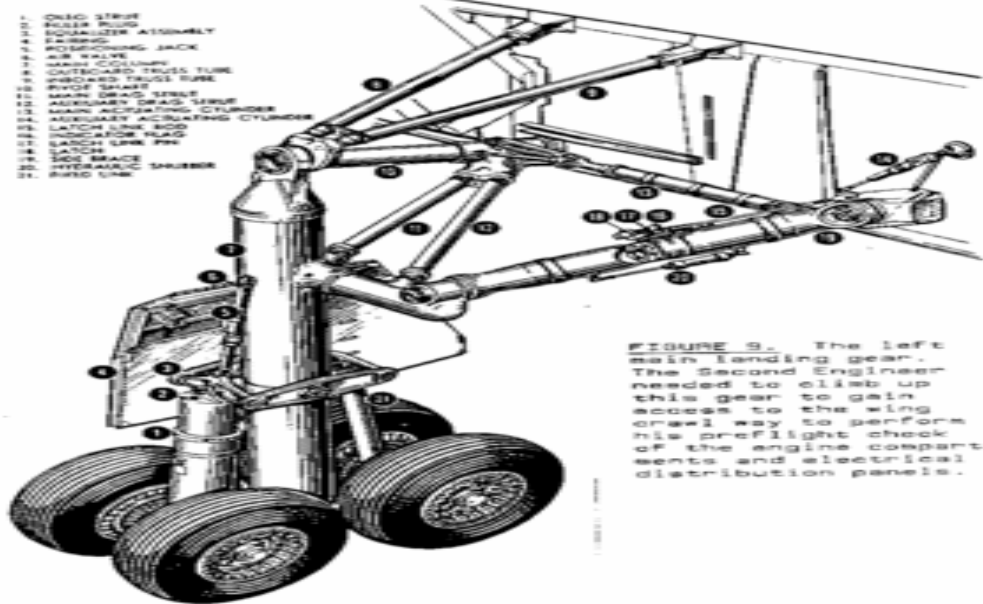
κέντρο βάρους του. Ενώ τα συστήματα προσγείωσης αεροσκαφών με ριναίο τροχό είναι τα πιο επικρατέστερα που χρησιμοποιούνται και σήμερα, το κέντρο βάρους του αεροσκάφους είναι πίσω από το ριναίο τροχό και μπροστά από τα κύρια σκέλη έτσι το αεροσκάφος είναι ευσταθές στο έδαφος και έχει τη δυνατότητα μεγάλης κλήσης προς το διάδρομο όπως βλέπουμε στο πρώτο σχήμα του σχήματος 8.1.

Τα συστήματα προσγείωσης των αεροσκαφών αποτελούνται από τα σκέλη, από τους τροχούς, από τους αποσβεστήρες, τα ελαστικά και τις μονάδες υποστήριξης. Εκτός από τα παραπάνω κύρια συστήματα περιλαμβάνουν και διάφορα άλλα υποσυστήματα όπως είναι τα συστήματα ανάσυρσης και ασφάλισης, τα συστήματα πέδησης, τα συστήματα και οι διατάξεις προστασίας του βοηθητικού σκέλους και το σύστημα πηδαλιούχησης που αφορά το ριναίο σκέλος. Η ανάλυση των συστημάτων πέδησης γίνεται στο επόμενο κεφάλαιο. Ανάλογα με το βάρος του αεροσκάφους και την κατηγορία του με βάση το μήκος διαδρομής προσγείωσης τα σκέλη μπορεί να έχουν έναν, δύο οι και περισσότερους τροχούς όπως βλέπουμε στο σχήμα 8.2. Στα βαριά αεροσκάφη χρησιμοποιούνται και άλλοι τροχοί σε κάθε κύριο σκέλος, η διάταξη των τροχών όπως βλέπουμε στα παρακάτω σχήμα 8.3 και 8.4 ονομάζεται τροχοφορέας.

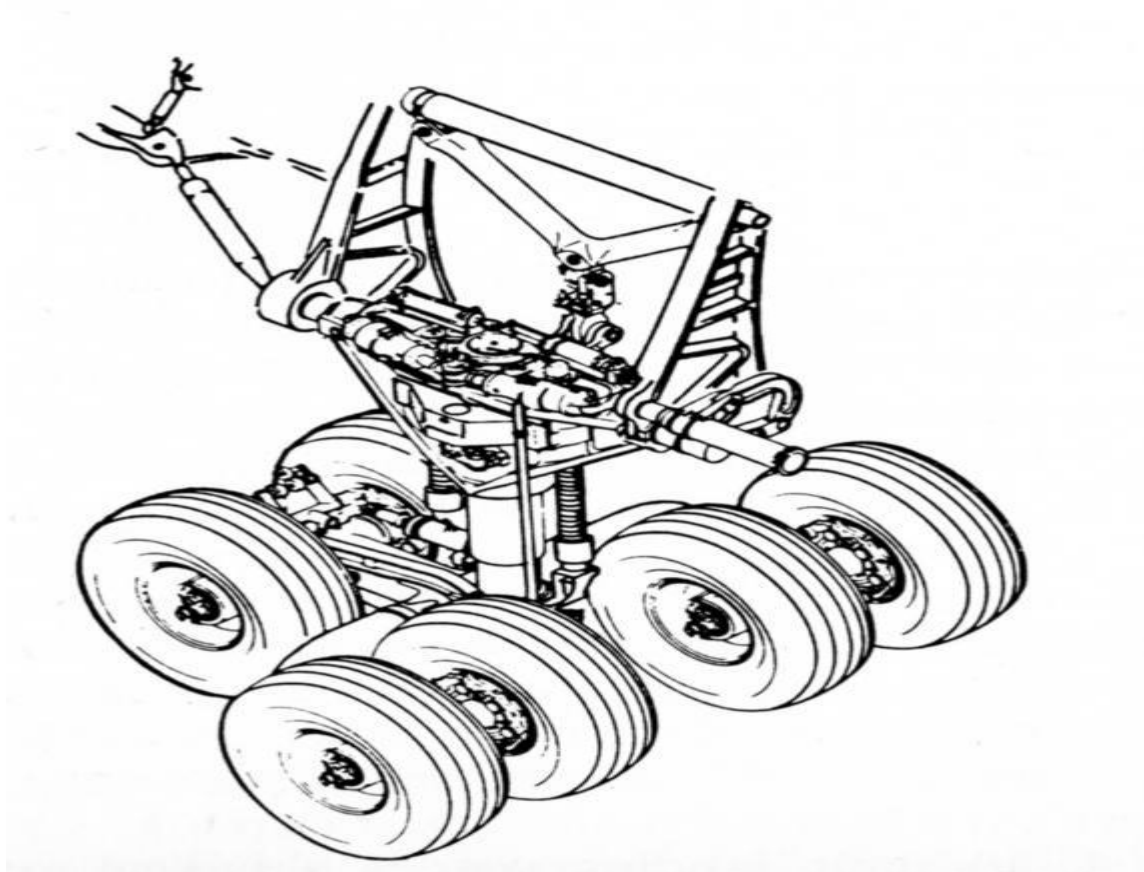


Σχήμα 8.2: Σκέλη προσγείωσης (ριναίο τροχό)

MAIN LANDING GEAR Arrangement



Σχήμα 8.3: Διάταξη κύριων σκελών σε τροχοφορέα με τέσσερις τροχούς



Σχήμα 8.4: Διάταξη κύριων σκελών σε τροχοφορέα με έξι τροχούς

Τα αεροσκάφη με ριναίο σκέλος προστατεύονται στο ουραίο τμήμα της ατράκτου με ουραίο πέδιλο ή με αποσβεστήρα. Η διάταξη αυτή με ριναίο σκέλος έχει πολλά πλεονεκτήματα για αυτό εφαρμόζεται και σήμερα. Επιτρέπει καλύτερη ορατότητα στο χειριστή κατά την προσγείωση και την τροχοδρόμηση ακόμη είναι πολύ ισχυρή πέδηση για προσγείωση υψηλών ταχυτήτων χωρίς το αεροσκάφος να έχει κλήση προς τα εμπρός και εμποδίζει την ανατροπή του αεροσκάφους στο έδαφος

8.2 ΑΠΟΣΒΕΣΤΗΡΕΣ ΚΡΟΥΣΗΣ

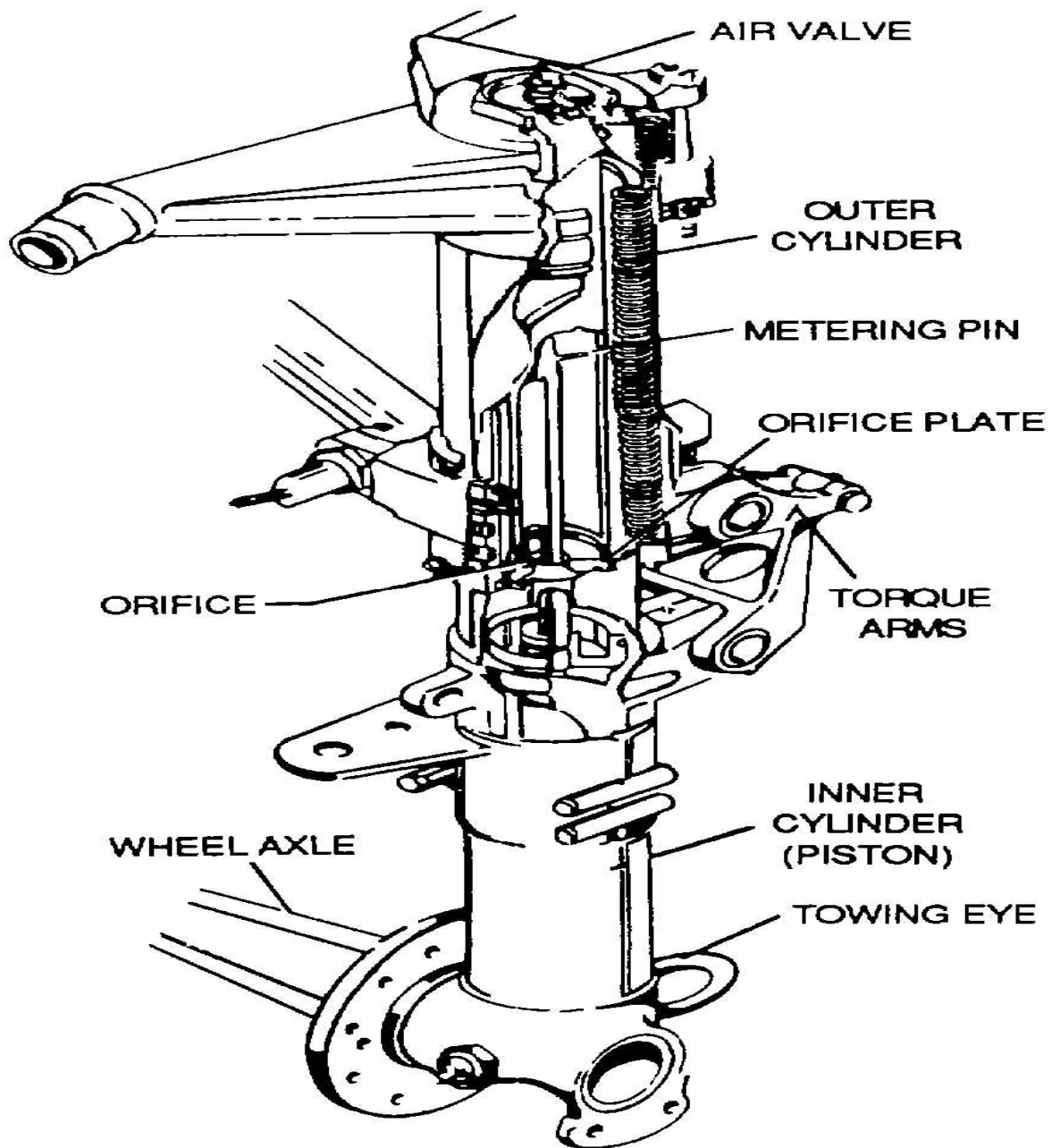
Οι αποσβεστήρες κρούσης είναι μονάδες οι οποίες περιέχουν υδραυλικό υγρό και υποστηρίζουν το αεροσκάφος στο έδαφος και προστατεύουν τη κατασκευή με απόσβεση και διασκόρπιση των πολύ μεγάλων φορτίων κρούσεως της προσγείωσης. Οι αποσβεστήρες κρούσεων πρέπει να επιθεωρούνται και να συντηρούνται τακτικά για την ασφαλή και την τέλεια λειτουργία τους. Υπάρχουν διάφοροι τύποι οι οποίοι διακρίνονται με βάση το μέσον της απόσβεσης το οποίο μπορεί να είναι ελατήριο, αέριο, υγρό ή ακόμα και συνδυασμός υγρού και αερίου.

Η βασική λειτουργία των αποσβεστήρων κρούσης είναι η μετατροπή της ενέργειας κρούσης σε έργο συμπίεσης του υγρού ή του αερίου σε έργο ελαστικής παραμόρφωσης ενός ελατηρίου ή μίας ελαστικής δοκού και σε θερμότητα.

Στα μικρά αεροσκάφη χρησιμοποιούνται αποσβεστήρες τύπου ελαστικής δοκού. Η κρουστική δύναμη που ασκείται στους τροχούς τους τη στιγμή της επαφής με τον διάδρομο παραμορφώνει ελαστικά ένα ελατήριο ή την ελαστική δοκό και έτσι αποσβένεται. Στη συνέχεια επανέρχεται στην κανονική της θέση.

Οι αποσβεστήρες κρούσης ελαίου – αερίου όπως βλέπουμε στο σχήμα 8.5 είναι πιο διαδεδομένος τύπος αποσβεστήρα και έχει πολλές παραλλαγές. Το σύστημα αυτό αποτελείται από δυο τηλεσκοπικούς κυλίνδρους οι οποίοι είναι συναρμολογούμενοι και συγκροτούν έναν κύλινδρο με δύο θαλάμους και ένα έμβολο. Ο πάνω θάλαμος είναι έχει πεπιεσμένο αέριο ενώ ο κάτω είναι γεμάτος με λάδι και μεταξύ των θαλάμων υπάρχει ένας περιοριστήρας και ένας ρυθμιστικός πείρος. Ο κύκλος εργασίας του αποσβεστήρα ξεκινά με την επαφή των τροχών στο έδαφος. Κατά την επαφή των τροχών με το έδαφος το υγρό στον κάτω θάλαμο συμπιέζεται και μέσω του περιοριστήρα εισέρχεται στον πάνω θάλαμο που βρίσκεται το αέριο. Η παροχή της ροής του υγρού ελέγχεται από τον ρυθμιστικό πείρο και έτσι δεν είναι σταθερή στη φάση της συμπίεσης. Η ενέργεια κρούσης μετατρέπεται σε θερμότητα η οποία αυξάνει τη θερμοκρασία του υγρού και σε έργο συμπίεσης του υγρού – αερίου. Ταυτόχρονα αυξάνεται και η πίεση του αερίου στον επάνω θάλαμο με συνέπεια να λειτουργεί ως ελατήριο και να πιέζει το υγρό που έχει συγκεντρωθεί στον επάνω θάλαμο για να κατέβει στο κάτω θάλαμο και σταματάει όταν υπερβεί μια

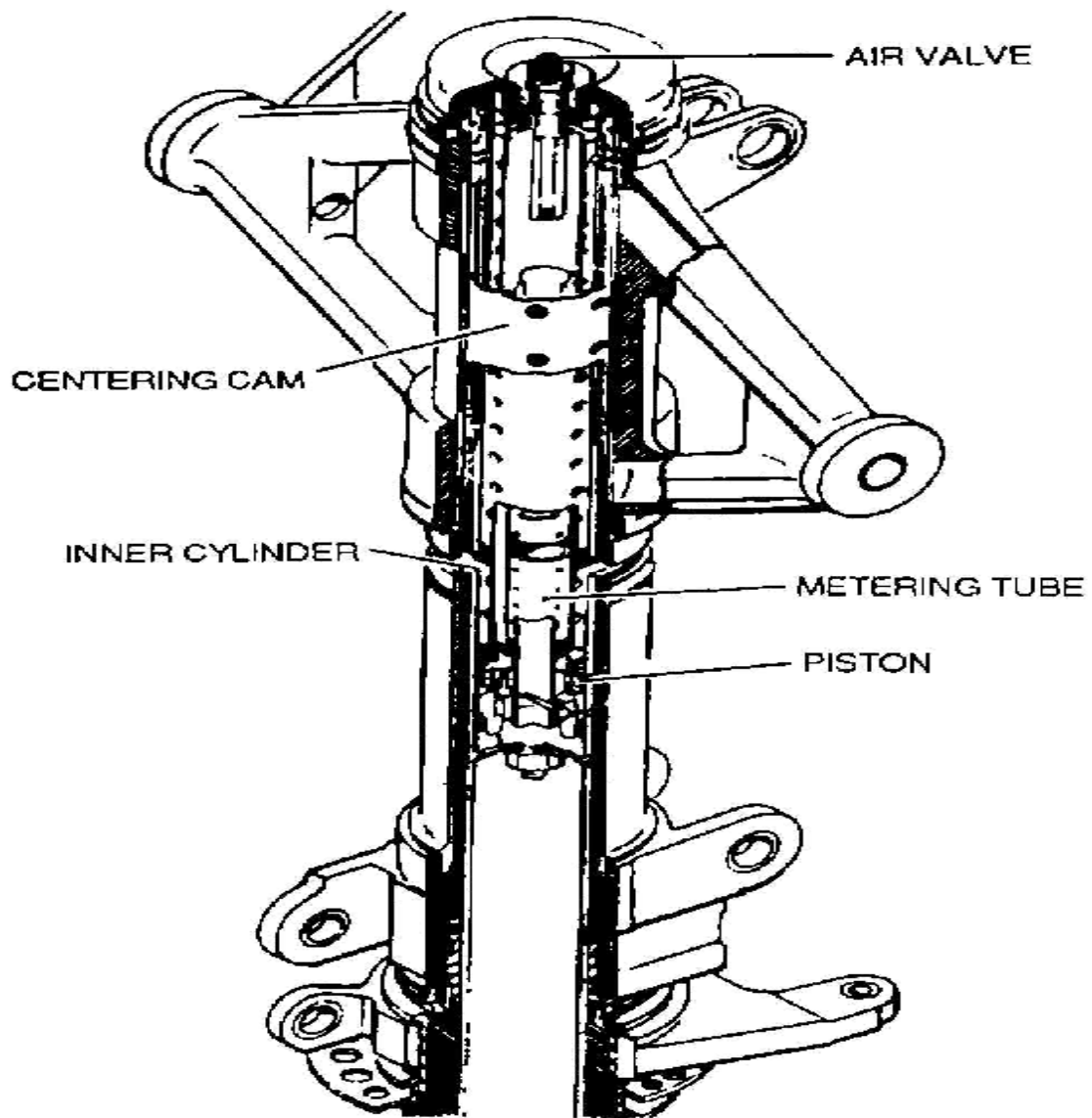
συγκεκριμένη τιμή ασφαλείας. Το αέριο επαναφέρει τον αποσβεστήρα στην κανονικά του θέση και κλείνει ο κύκλος λειτουργίας του.



- air valve = βαλβίδα εξαέρωσης
- outer cylinder = εξωτερικός κύλινδρος
- metering pin = μετρητικός πείρος
- orifice plate= πλάκα στομίου
- torque arms = βραχίονες ροπής
- piston inner cylinder = έμβολο εσωτερικού κυλίνδρου
- wheel axle = άξονας τροχού
- towing eye = λαβή ρυμούλκησης

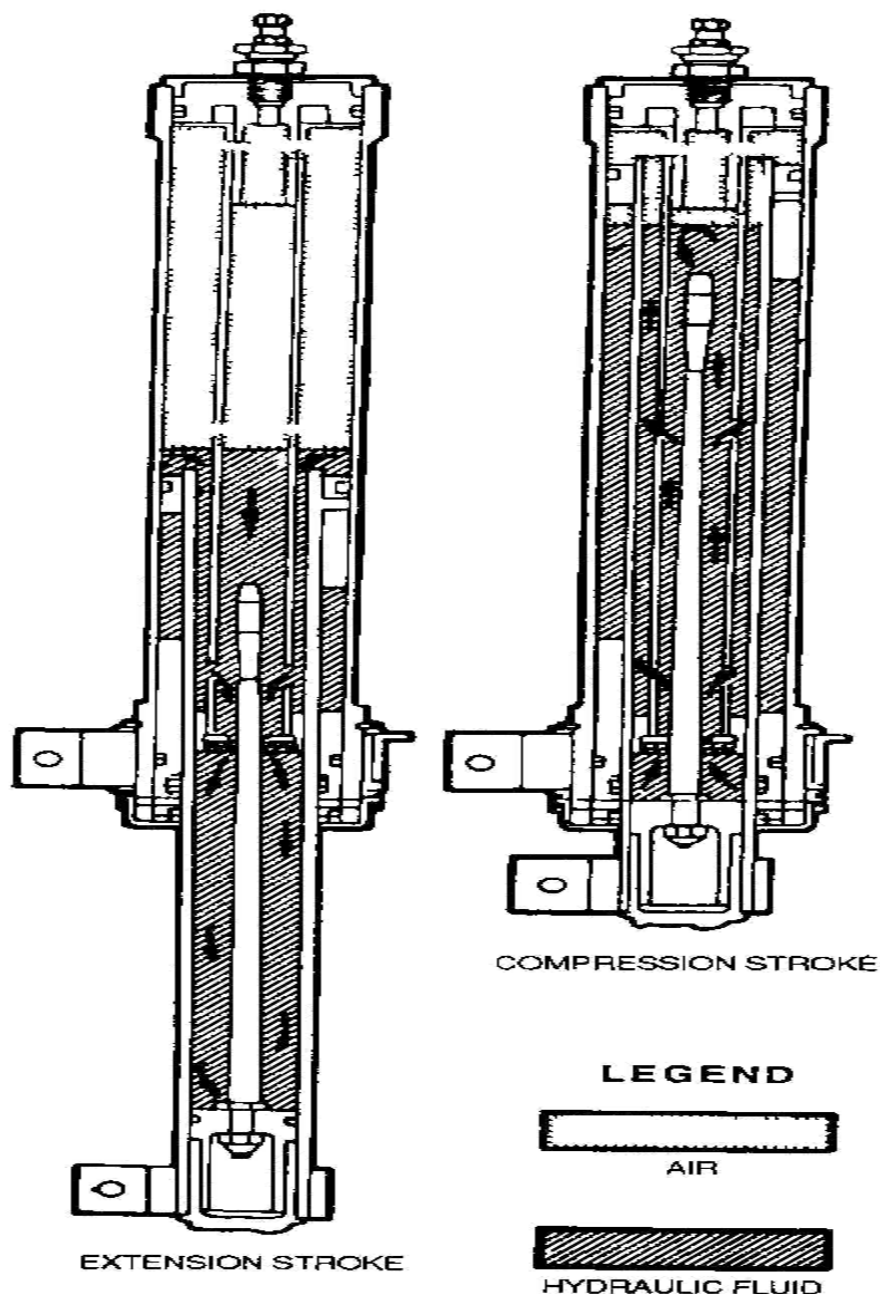
Σχήμα 8.5: Αποσβεστήρας κρούσης τύπου ρυθμιστικού πείρου

Σε μερικούς αποσβεστήρες κρούσεως ένας ρυθμιστικός σωλήνας αντικαθιστά τον ρυθμιστικό πείρο όπως βλέπουμε στα σχήματα 8.6 και 8.7 αλλά η διαδικασία λειτουργίας του αποσβεστήρα είναι ίδια.



- centering cam = κεντράρισμα εκκέντρου
- inner cylinder = εσωτερικός κύλινδρος
- metering tube = μετρητικός σωλήνας

Σχήμα 8.6: Αποσβεστήρας κρούσεων τύπου ρυθμιστικού σωλήνα

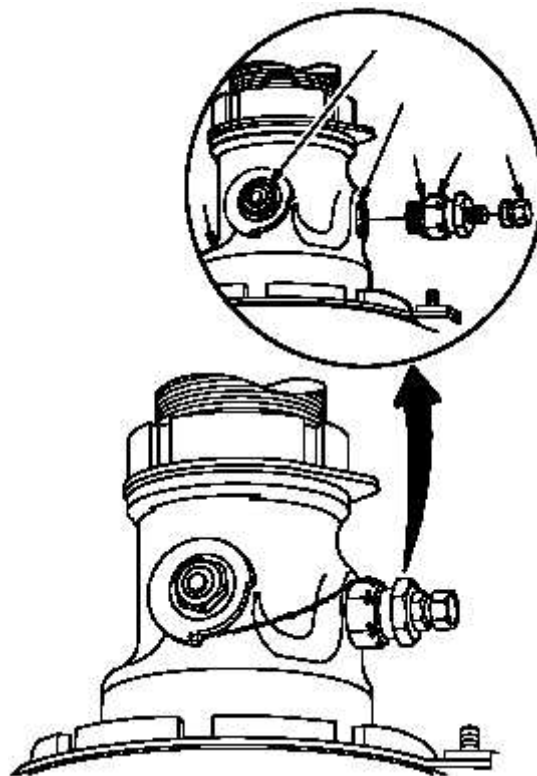


- compression stroke = συμπίεση
- extension stroke = επέκταση

Σχήμα 8.7: Λειτουργία του αποσβεστήρα κρούσεων του σκέλους

Στο σχήμα 8.7 βλέπουμε την εσωτερική διάταξη ενός αποσβεστήρα που αναπαριστά την κίνηση του υγρού μέσα σε αυτόν κατά την συμπίεση και την προέκτασή του. Ο κύκλος συμπίεσεως ξεκινά κατά την επαφή των τροχών στο έδαφος συμπιέζοντας τον αποσβεστήρα και ολισθαίνοντας τον εσωτερικό πείρο μέσα στον εξωτερικό. Τότε ο ρυθμιστικός πείρος ωθείται μέσα στον περιοριστήρα και με το μεταβλητό του σχήμα ελέγχει το βαθμό ροής του υγρού σε όλα τα σημεία του κύκλου συμπίεσεως. Το ποσό της θερμότητας διασκορπίζεται μέσω των τοιχωμάτων του

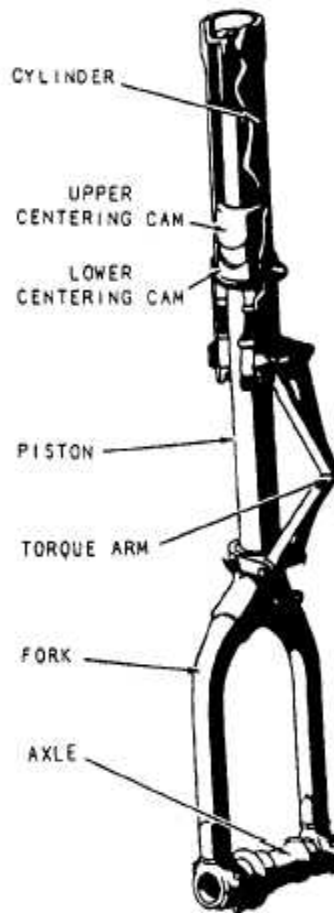
αποσβεστήρα και ο συμπιεσμένος αέρας κατά το τέλος του κύκλου της καθόδου συμπιέζεται ακόμη περισσότερο και κλείνει τον κύκλο της καθόδου. Όταν δεν υπάρχει επαρκή ποσότητα υγρού και αέρα στον αποσβεστήρα τότε ο κύκλος συμπίεσης δεν περιορίζεται και ο αποσβεστήρας κάρφεται. Ο κύκλος προεκτάσεως γίνεται κατά το τέλος του κύκλου συμπίεσης καθώς η ενέργεια αποθηκεύθηκε στον πεπιεσμένο αέρα αναγκάζει το αεροσκάφος να κινηθεί προς τα πάνω σε σχέση με τους τροχούς και το έδαφος. Ο πεπιεσμένος αέρας λειτουργεί ως ελατήριο και επαναφέρει τον αποσβεστήρα στην κανονική του θέση. Σε αυτό το σημείο δημιουργείται μια απόσβεση με την εκβίαση του υγρού να επιστρέψει μέσω των περιοριστήρων της διάταξης απόσβεσης. Αν η προέκταση δεν είχε απόσβεση τότε το αεροσκάφος θα αναπηδούσε απότομα λόγω της πίεσης του αέρα. Ένας διαχωριστήρας ή ένας δακτύλιος ενσωματωμένος στον αποσβεστήρα περιορίζει τον κύκλο των εκτάσεων. Για τον έλεγχο της στάθμης του υγρού ο αποσβεστήρας πρέπει να αποσυμπιεσθεί. Η αποσυμπίεση ενός αποσβεστήρα γίνεται από εξειδικευμένο προσωπικό λόγω των βαλβίδων υψηλής πίεσεως αέρα όπως βλέπουμε στο σχήμα 8.8. Αν η στάθμη του υγρού του αποσβεστήρα κρούσης κατέβει πολύ ή παγιδευτεί αέρας στον κύλινδρο του τότε κατά την πλήρωση απαιτείται εξαερισμός του αποσβεστήρα.



Σχήμα 8.8: Βαλβίδα αέρα υψηλής πίεσεως

Οι αποσβεστήρες υγρού ελατηρίου χαρακτηρίζονται έτσι γιατί ο κύλινδρος περιέχει υγρό συνήθως λάδι σιλικόνης μεγάλης συμπιεστότητας. Ελάχιστα υγρά

παραμένουν ασυμπιεστα κατά την προσγείωση του αεροσκάφους που οι αναπτυσσόμενες πιέσεις είναι της τάξεως των 4.500 p.s.i. Μερικοί αποσβεστήρες έχουν ένα σύστημα με επιβραδυντήρα ή μειωτήρα ο οποίος αποτελείται από μια βαλβίδα οπισθοχωρήσεως στο έμβολο ή από ένα σωλήνα οπισθοχωρήσεως για να ελαττώνει την αναπήδηση στο κύκλο εκτάσεως και να προλαβαίνει την πολύ απότομη έκταση του αποσβεστήρα που θα μπορούσε να προκαλέσει σφοδρή κρούση κατά το τέλος του κύκλου εκτάσεως και βλάβη στο αεροσκάφος και το σύστημα προσγείωσης. Οι περισσότεροι από τους αποσβεστήρες έχουν άξονα προσαρμοσμένο στον κάτω κύλινδρο για την εγκατάσταση των τροχών. Όσοι αποσβεστήρες δεν έχουν άξονα προσαρμοσμένο έχουν ευκολότερη τοποθέτηση του συγκροτήματος του άξονα. Στο πάνω μέρος του αποσβεστήρα κρούσεων τοποθετείται ένα στόμιο πληρώσεως του υγρού και η βαλβίδα αέρα για να είναι εύκολο το γέμισμα κατά τη συντήρηση του αποσβεστήρα με υδραυλικό υγρό και πεπιεσμένο αέρα. Η ολισθαίνουσα σύνδεση των δύο πτυσσόμενων κυλίνδρων στεγανοποιείται με στεγανοποιητικό δακτυλοειδές βάκτρο σε αυλάκωση του κάτω τριβέα ή με στεγανοποιητικό περικόχλιο και διατηρείται καθαρή από ακαθαρσίες και ξένα σωματίδια. Οι αποσβεστήρες κρούσεων έχουν βραχίονες ροπής οι οποίοι είναι προσαρμοσμένοι πάνω και κάτω στον κύλινδρο για την διατήρηση της ορθής ευθυγραμμίσεως του τροχού. Όσοι από τους αποσβεστήρες δεν έχουν βραχίονες έχουν οδοντωτές κεφαλές κυλίνδρων που διατηρούν την ορθή ευθυγράμμιση του τροχού. Οι αποσβεστήρες κρούσεως ριναίου σκέλους όπως βλέπουμε στο σχήμα 8.9 είναι εφοδιασμένοι με ένα εντοπιστικό έκκεντρο αρσενικό στον πάνω κύλινδρο και θηλυκό στον κάτω κύλινδρο. Τα έκκεντρα αυτά ευθυγραμμίζουν το συγκρότημα των τροχών και του άξονα στην ευθεία θέση όταν ο αποσβεστήρας είναι εκτεταμένος, με αυτό τον τρόπο εμποδίζει το ριναίο τροχό να παραμείνει στη μία πλευρά όταν το ριναίο σκέλος ανασύρεται και έτσι προλαβαίνει τη βλάβη στη δομή του αεροσκάφους. Ένα άλλο πλεονέκτημα που προσφέρουν τα έκκεντρα είναι να διατηρούν τον ριναίο τροχό σε ευθεία θέση κατά την προσγείωση όταν ο αποσβεστήρας έχει τελείως εκταθεί. Σε μερικούς αποσβεστήρες κρούσεως ριναίου σκέλους υπάρχουν προσαρμογές για την εγκατάσταση αποσβεστήρων ταλαντώσεως εξωτερικά. Οι αποσβεστήρες αυτοί έχουν μία διάταξη με έναν αποσυνδετικό πείρο ο οποίος επιτρέπει την περιστροφή του ψαλιδιού κατά 360 μοίρες επιτρέποντας έτσι στο αεροσκάφος να στρίψει σε μικρό χώρο.



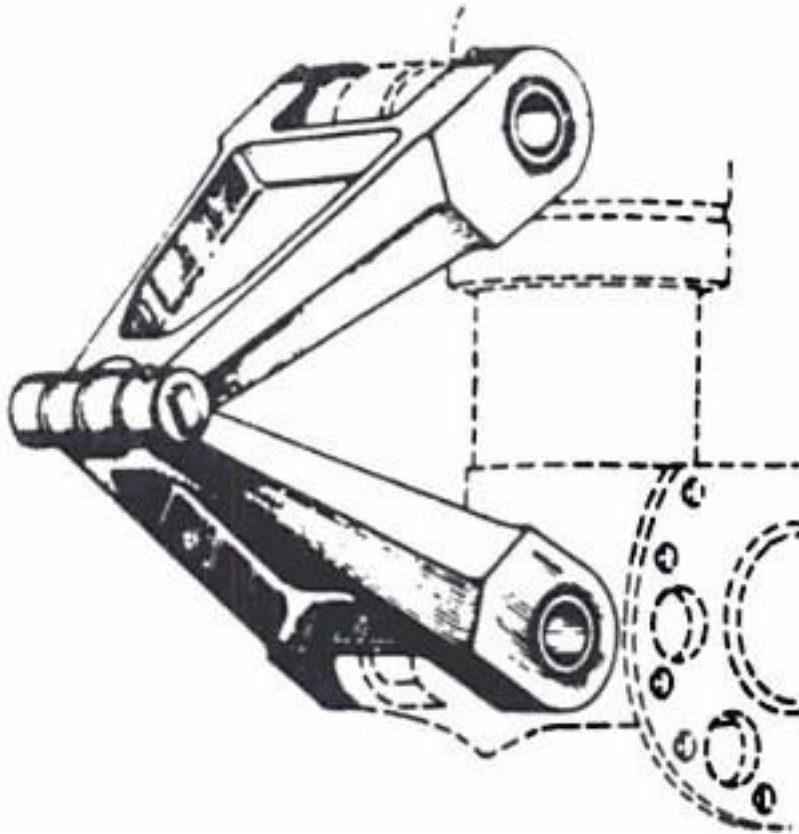
- cylinder = κύλινδρος
- piston = έμβολο
- torque arms = βραχίονες ροπής
- fork = δίχαλο
- axle = άξονας
- upper-lower cantering cam = άνω και κάτω κεντράρισμα έκκεντρου

Σχήμα 8.9: Αποσβεστήρας κρούσης ριναίου σκέλους

Αυτοί οι αποσβεστήρες έχουν προσαρμοσμένα σημεία ανυψώσεως, αυτιά ρυμούλκησης και πινακίδα οδηγιών η οποία δίνει τις συνοπτικές οδηγίες πληρώσεως με υδραυλικό υγρό και τον τύπο του υγρού και πεπιεσμένο αέρα.

Το κύριο σύστημα προσγείωσης αποτελείται από διάφορα εξαρτήματα που βοηθούν τη λειτουργία του όπως είναι οι βραχίονες ροπής, οι άξονες εδράσεως, τα υποστηρίγματα, οι ράβδοι αντιστάσεως, οι ηλεκτρικές και οι υδραυλικές διατάξεις ανασύρσεως και οι ενδείκτες θέσεως του σκέλους.

Οι βραχίονες ροπής όπως βλέπουμε στο σχήμα 8.10 διατηρούν το σκέλος σε ευθεία θέση

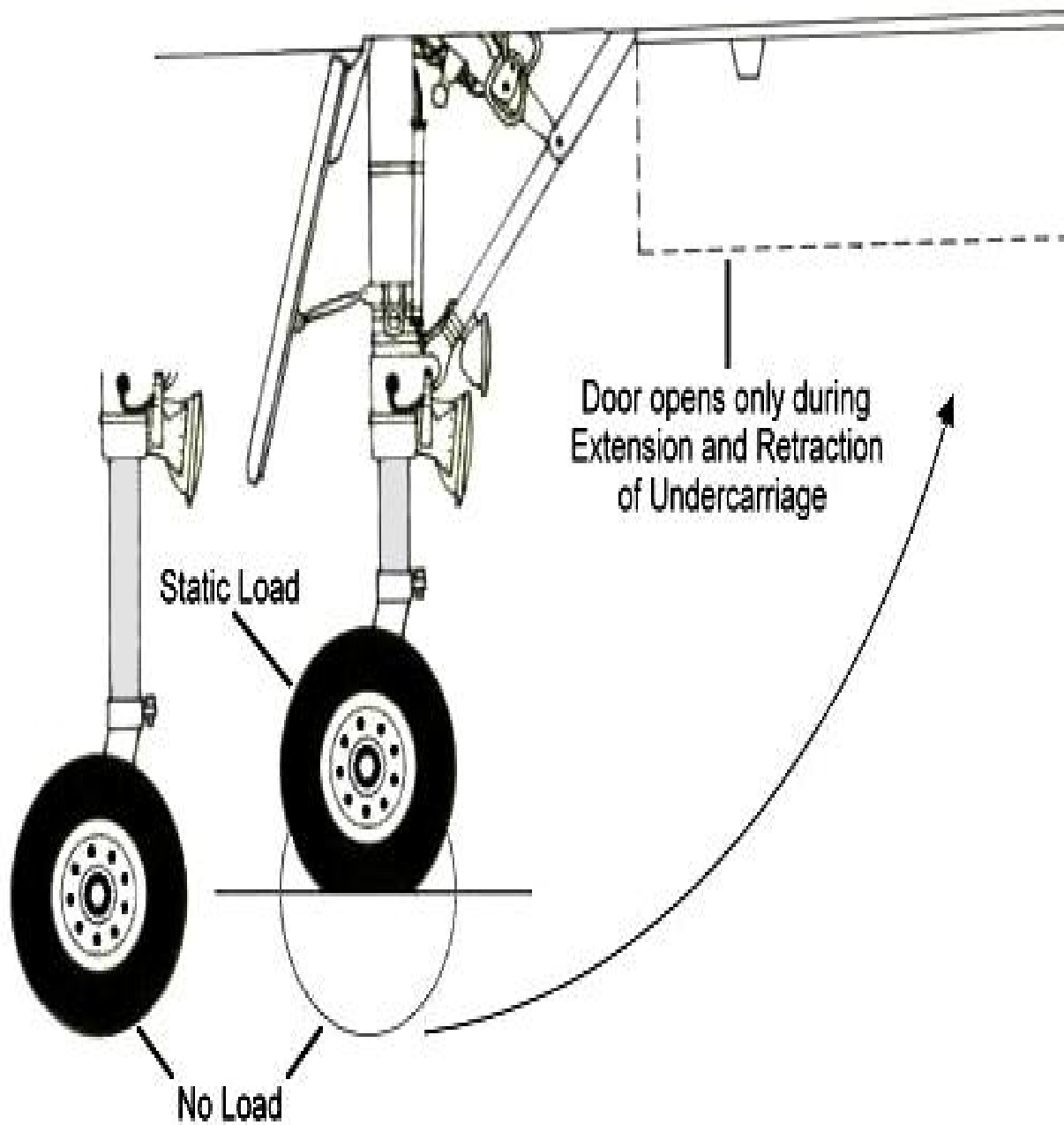


Σχήμα 8.10: Βραχίονες ροπής

8.3 ΑΝΑΛΥΣΗ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ ΠΡΟΣΓΕΙΩΣΗΣ

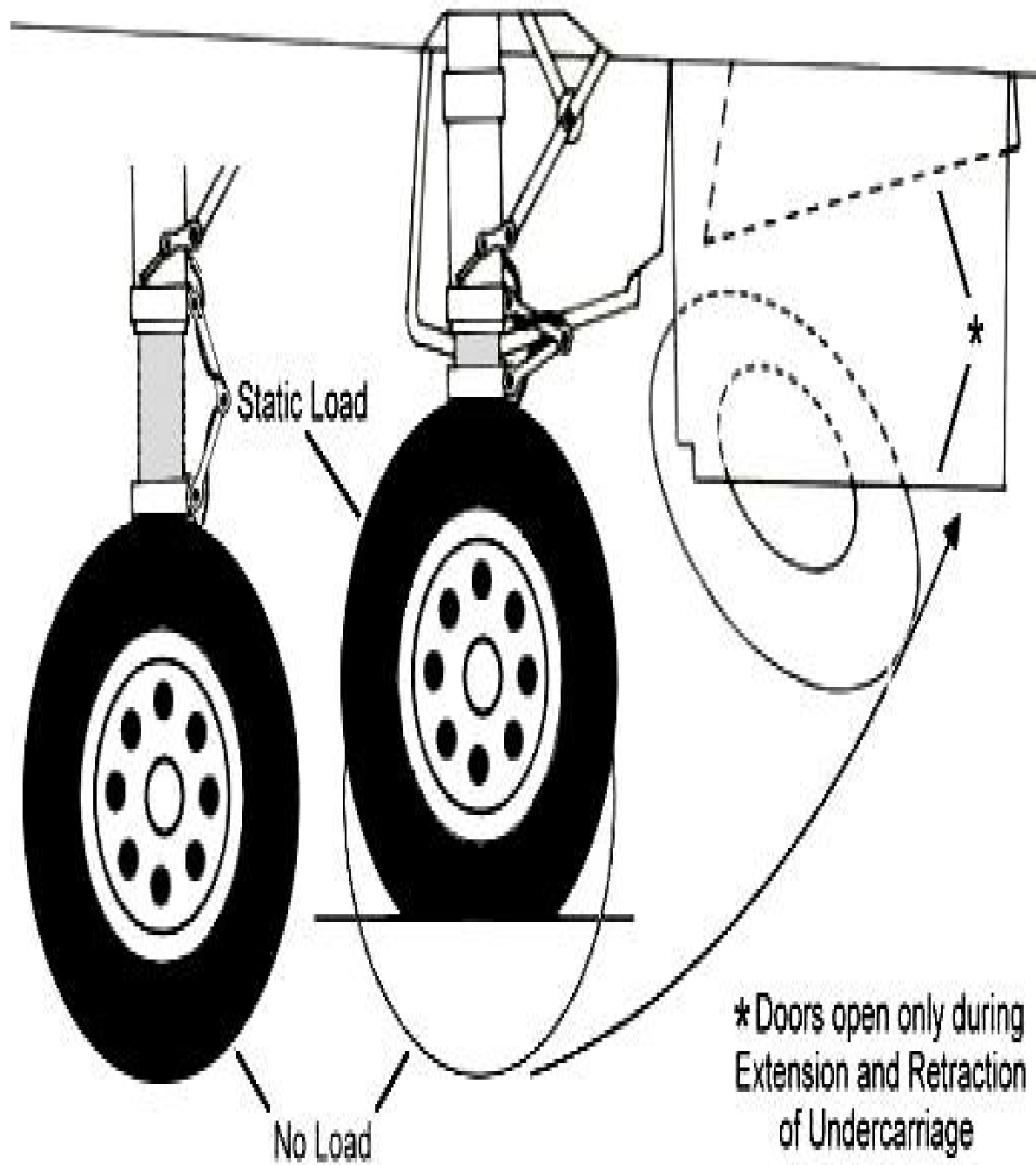
Υδραυλικό σύστημα ανάσυρσης

Ένα βασικό υδραυλικό σύστημα είναι το σύστημα ανάσυρσης το οποίο αποτελείται από κυλίνδρους ενέργειας, βαλβίδες διαλογής και χρονισμού, ασφάλειες πάνω και κάτω θέσης και διάφορα άλλα εξαρτήματα και σωληνώσεις. Όλα τα στοιχεία αυτά διασφαλίζουν την ανάσυρση και την έκταση του συστήματος προσγείωσης κατά το άνοιγμα αλλά και το κλείσιμο των θυρίδων του. Επίσης εξασφαλίζουν την ασφάλιση του συστήματος προσγείωσης στη θέση πλήρους ανάσυρσης και έκτασης κατά την απογείωση και προσγείωση του αεροσκάφους. Στα παρακάτω σχήματα 8.11, 8.12 και 8.13 βλέπουμε τον τρόπο με τον οποίο γίνεται οι ανάσυρση των σκελών του αεροσκάφους και τους αισθητήρες που προειδοποιούν τον πιλότο για το κλείδωμα και την ανάσυρση των σκελών.



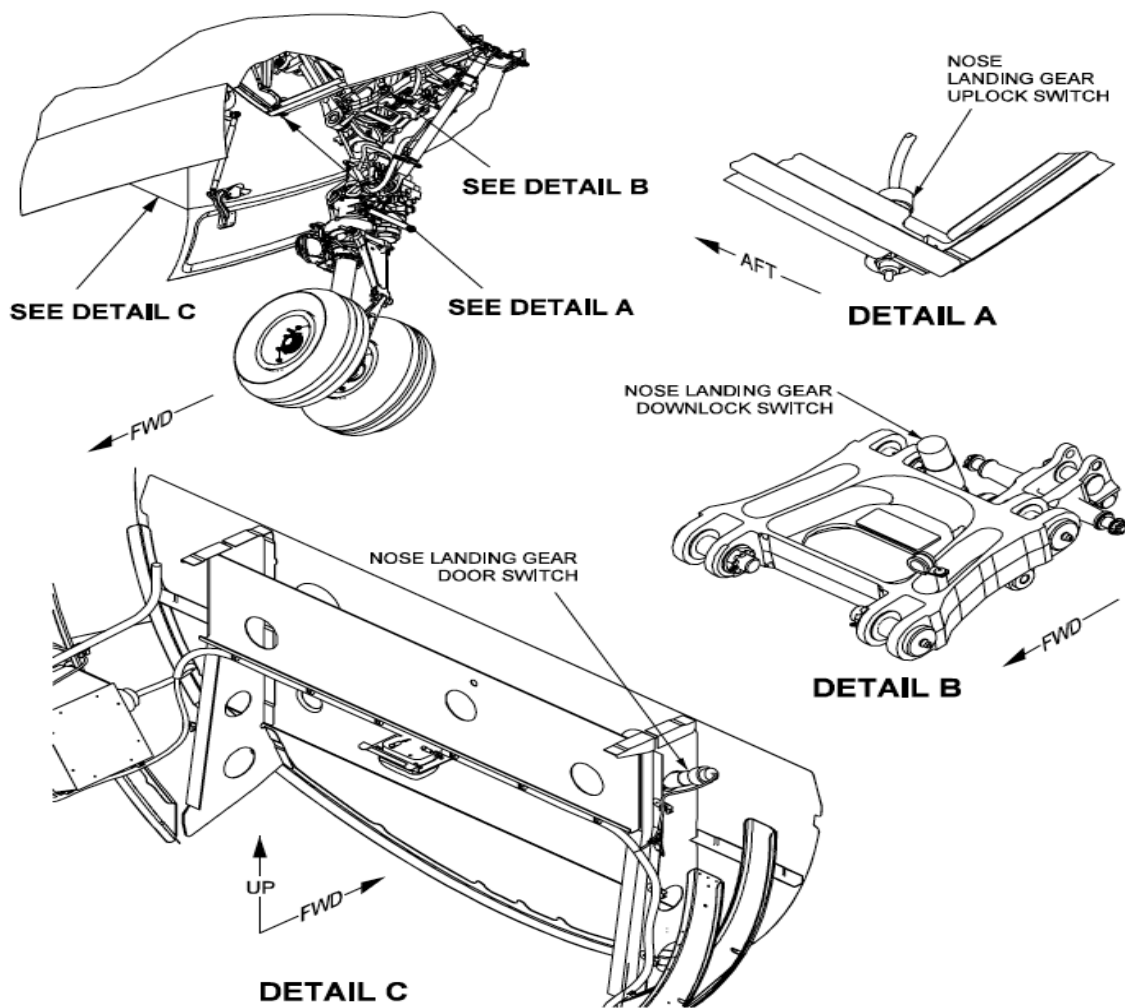
- door opens only during extension and retraction of undercarriage= άνοιγμα πόρτας μόνο κατά τη διάρκεια της επέκτασης και αναδίπλωσης του πλαισίου
- static load = στατικό φορτίο
- no load = χωρίς φορτίο

Σχήμα 8.11: Ανάσυρση ριναίου σκέλους



- door opens only during extension and retraction of undercarriage= άνοιγμα πόρτας μόνο κατά τη διάρκεια της επέκτασης και αναδίπλωσης του πλαισίου
- static load = στατικό φορτίο
- no load = χωρίς φορτίο

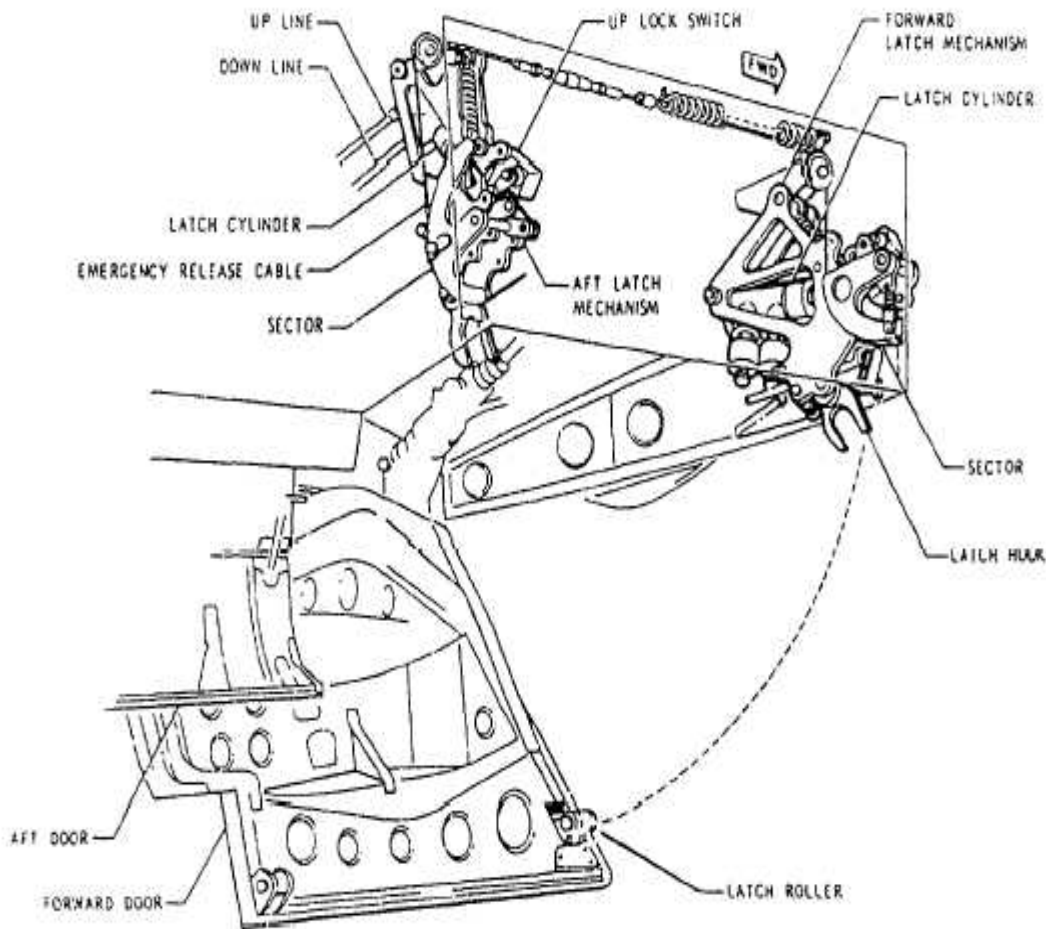
Σχήμα 8.12: Ανάσυρση κύριων σκελών



- nose landing gear uplock switch= διακόπτης (αισθητήρας) κλειδώματος μύτης προσγείωσης
- nose landing gear door switch= διακόπτης (αισθητήρας) κλειδώματος πόρτας μύτης προσγείωσης
- nose landing gear downlock switch= διακόπτης (αισθητήρας) σε θέση κλειδώματος μύτης προσγείωσης

Σχήμα 8.13: Ανάσυρση και αισθητήρες προειδοποίησης

Ο γρύλλος του σκέλους παρέχει τη δύναμη που απαιτείται για την ανάσυρση ή την έκταση του σκέλους και λειτουργεί σε συνδυασμό με την κινούμενη δοκό για να παρέχει δύναμη στον αποσβεστήρα κρούσεων του σκέλους της πτέρυγας φέρνοντας τον στην κατάλληλη θέση για να εισβάλει στη φωλιά του τροχού. Στη συνέχεια ένας μηχανισμός ασφάλειας ασφαρίζει το σκέλος κατά την ανάσυρση στο επάνω μέρος, κατά την έκταση του σκέλους η ασφάλιση στην κάτω θέση γίνεται με ένα ελατηρωτό φυσίγγιο που τοποθετεί πάνω και κάτω ένα πτυσσόμενο στυλίδιο ώστε οι πάνω και οι κάτω πλευρικές δοκοί να μην διπλώσουν.

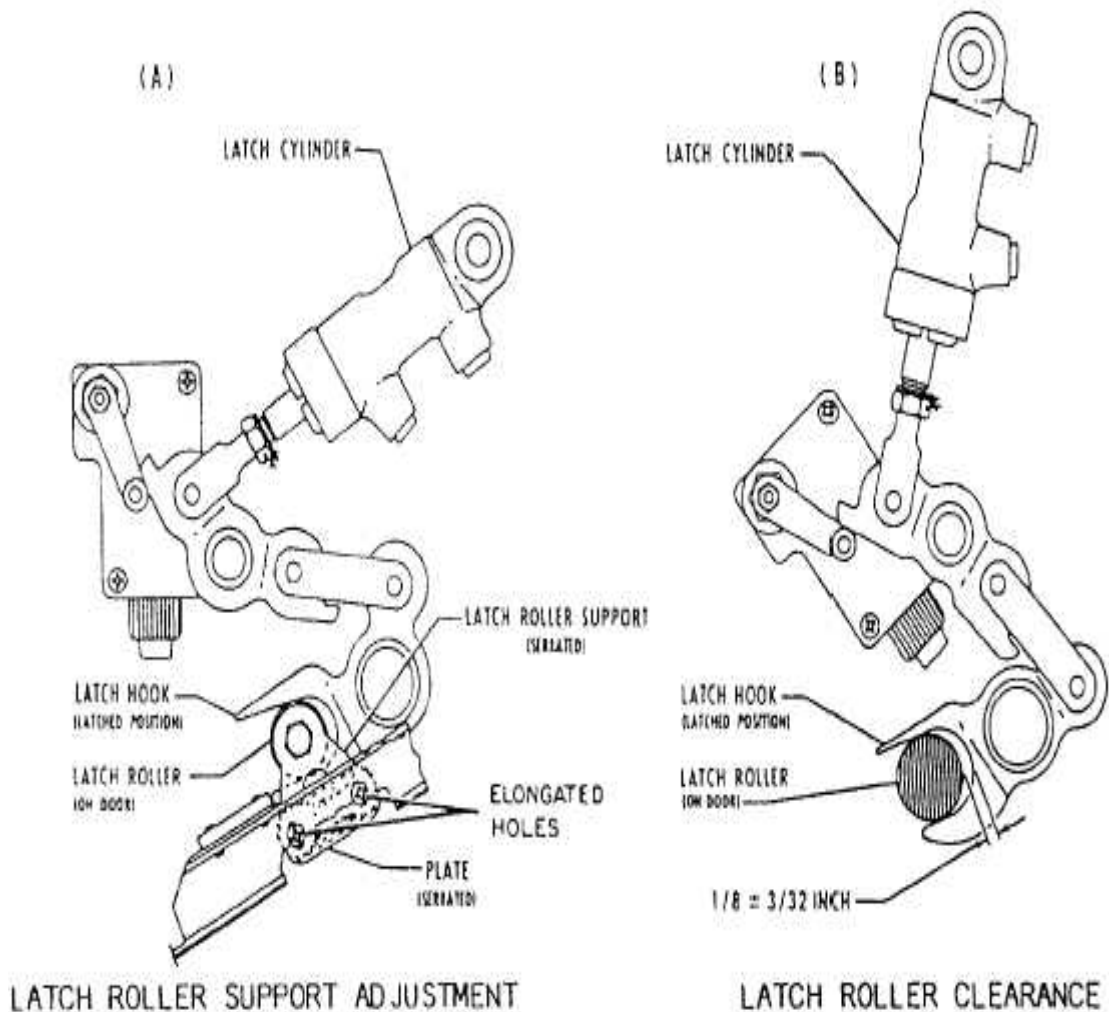


- up –down line = πάνω – κάτω γραμμή
- latch cylinder = σύρτης (μανδάλωση)κυλίνδρου
- emergency release cable = καλώδιο απελευθέρωσης έκτακτης ανάγκης
- sector = τομέας
- aft latch mechanism= πρυμναίο μάνταλο μηχανισμό
- forward latch mechanism =διαβίβαση μανδάλωσης μηχανισμού
- up lock switch= κλειδωμα ασφαλείας
- roller latch = μανδάλωση ρολού

Σχήμα 8.14: Μηχανισμός ασφάλισης κύριας θύρας συστήματος προσγείωσης

Η ρύθμιση ασφαλιστρών έχει μεγάλη σημασία, τα ασφαλιστρα χρησιμοποιούνται για να συγκρατούν τη μονάδα σε συγκεκριμένη θέση παρά τους κραδασμούς. Τα ασφαλιστρα πρέπει να λειτουργούν αυτόματα και στον κατάλληλο χρόνο. Τα βασικά εξαρτήματα για την ασφάλιση του σκέλους φαίνονται στο σχήμα 8.14. Αυτά είναι ο γρύλλος ασφαλιστρου ο οποίος είναι υδραυλικός και το άγκιστρο ασφαλιστρου. Ο γρύλλος συνδέεται υδραυλικά με το σύστημα ελέγχου του συστήματος προσγείωσης και μηχανικά με το άγκιστρο. Όταν τα σκέλη και οι θύρες είναι πάνω και ασφαλισμένα επιθεωρείται ο στροφέας όπως βλέπουμε στο σχήμα 8.15 για το κατάλληλο διάκενο που πρέπει να επιτευχθεί 1/8 έως 3/32 ίντσες. Αν δεν

επιτευχθεί το διάκενο αυτό γίνεται ρύθμιση με χαλάρωση των κοχλιών προσαρμογής και ανεβάζοντας το υποστήριγμα του ασφαλιστρού.



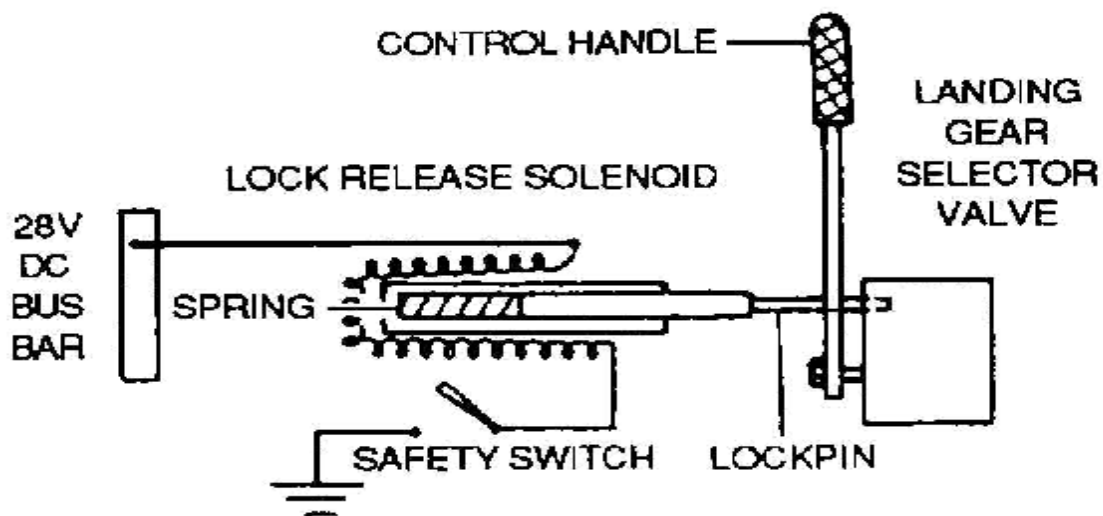
- latch cylinder = σύρτης (μανδάλωση)κυλίνδρου
- latch hook = άγκιστρο μανδάλωσης
- latch roller support = μανδάλωσης στήριξης του κυλίνδρου
- elongated holes= επιμήκεις οπές

Σχήμα 8.15: Εγκατάσταση ασφαλιστρών θυρών συστήματος προσγείωσης

Σύστημα έκτακτης ανάγκης

Το σύστημα έκτακτης ανάγκης κατεβάζει τα σκέλη σε περίπτωση βλάβης του κύριου συστήματος ισχύος. Σε ορισμένα αεροσκάφη υπάρχει χειρολαβή ελευθέρωσης σε περίπτωση ανάγκης στη θέση των χειριστών που είναι συνδεδεμένη μηχανικά με τις ασφάλειες ασφάλισης στην πάνω θέση. Η χειρολαβή ελευθερώνει τις ασφάλειες ασφάλισης και τα σκέλη εκτείνονται. Ανάλογα και τον τύπο του αεροσκάφους το σύστημα εκτάκτου ανάγκης είναι υδραυλικό, είτε μηχανικό, είτε με συμπίεση αέρα. Ακούσια ανάσυρση του συστήματος προσγείωσης μπορεί να αποφευχθεί με διατάξεις ασφαλείας όπως μηχανικές ασφάλειες. Για την αποφυγή

ακούσιας λειτουργίας των ασφαλειών αυτών έχουν τοποθετηθεί ηλεκτρικοί διακόπτες ασφαλείας όπως βλέπουμε στο σχήμα 8.16. Τοποθετείται στο κύκλωμα ασφαλείας του συστήματος προσγείωσης ένα υποστήριγμα στους αποσβεστήρες κρούσεων των σκελών και ένας διακόπτης που διεγείρεται από τις συνδεσμολογίες μέσω των βραχιόνων ροπής. Όταν οι βραχιόνες ροπής απονεκρώνονται το έμβολο του αποσβεστήρα εκτείνεται ή συσπειρώνεται. Το άνοιγμα του διακόπτη πραγματοποιείται κατά την συμπίεση των αποσβεστήρων όταν οι βραχιόνες ροπής έρθουν σε επαφή.

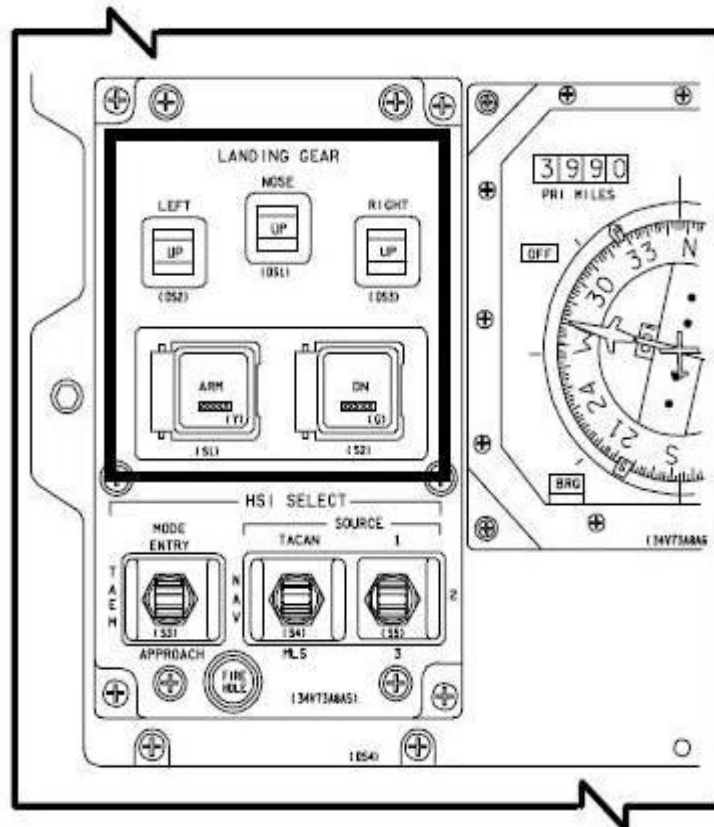


- control handle= λαβή ελέγχου
- lock release solenoid = κλειδαριά απελευθέρωσης σωληνοειδούς
- landing gear selector valve= βαλβίδα επιλογής συστήματος προσγείωσης
- spring= ελατήριο
- safety switch= διακόπτης ασφαλείας
- lock pin = πείρος ασφάλισης

Σχήμα 8.16: Κύκλωμα ασφαλείας συστήματος προσγείωσης

Έλεγχοι προσγείωσης

Στα αεροσκάφη με ανασυρόμενα μέλη υπάρχουν ενδείξεις της θέσης των σκελών του συστήματος προσγείωσης όπως βλέπουμε στο σχήμα 8.17 στη θέση του χειριστή για την προειδοποίηση όταν το σύστημα δεν βρίσκεται στην προβλεπόμενη θέση, οι διατάξεις προειδοποίησης είναι ηχητικές ή ακουστικές.

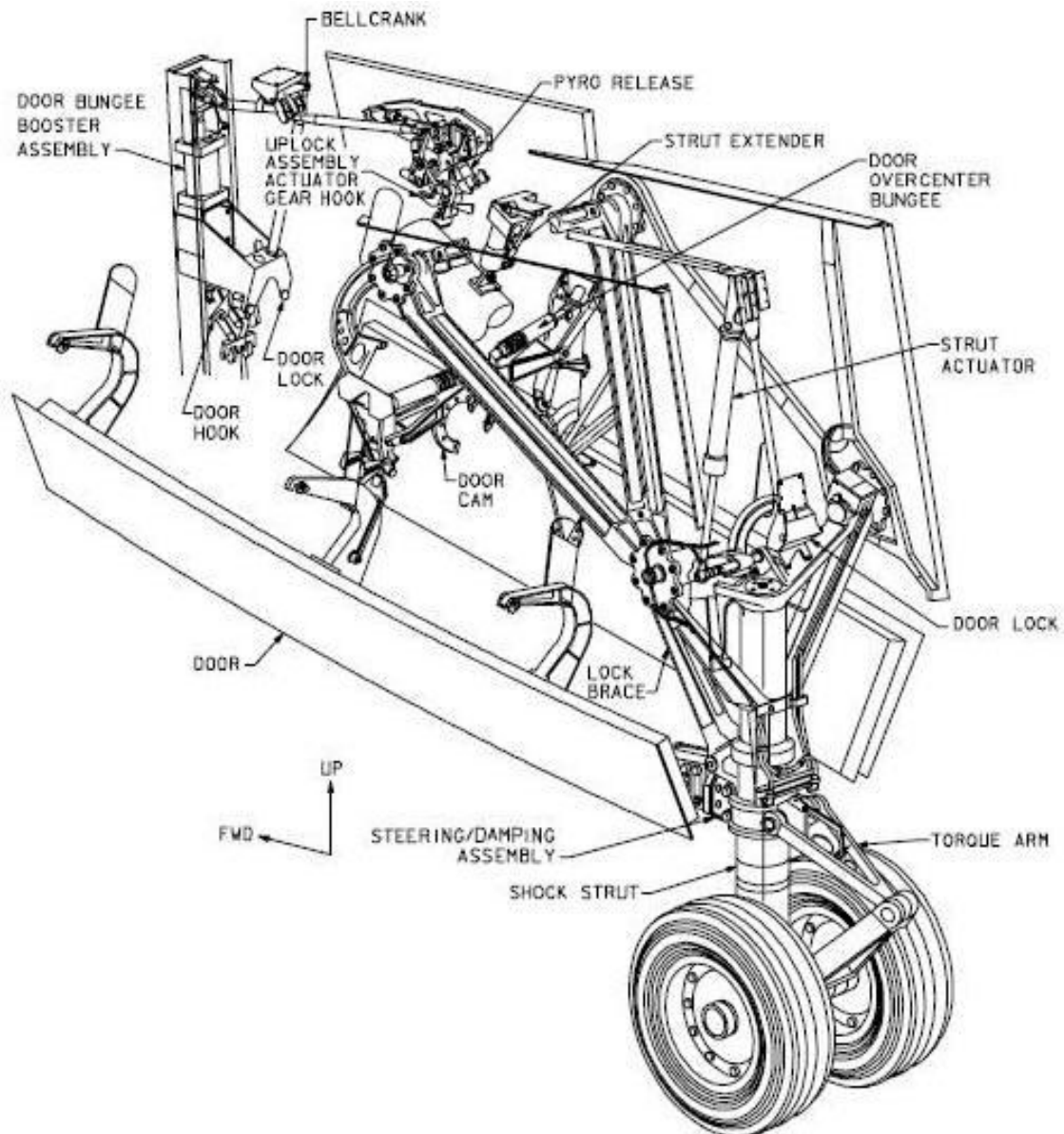


Pilot's LANDING GEAR Controls on Panel F8

Σχήμα 8.17: Ενδείκτες ελέγχου προσγείωσης

Σύστημα πηδαλιούχησης ριναίου τροχού

Ο ριναίος τροχός όπως βλέπουμε στο σχήμα 8.18 είναι συνήθως καθοδηγούμενος με δυνατότητα περιστροφής μέχρι και 40 μοίρες αλλά και ελεύθερος με μηχανισμό ευθυγράμμισης. Τα συστήματα πηδαλιούχησης αποτελούνται από μια χειρολαβή στη θέση χειριστού, ένα σύστημα υδραυλικό ή ηλεκτρικό ή μηχανικό μεταφοράς των κινήσεων ελέγχου από το χειριστήριο στη μονάδα πηδαλιούχησης, μια μονάδα ελέγχου (βαλβίδα ελέγχου ή ρυθμιστική βαλβίδα, μία πηγή ισχύος που συνήθως είναι το υδραυλικό σύστημα του αεροσκάφους, τις σωληνώσεις μεταφοράς του υγρού, τους κυλίνδρους πηδαλιούχησης και μοχλούς μεταφοράς κίνησης καθώς και το σύστημα παροχής πίεσης στους κυλίνδρους πηδαλιούχησης και το συγκρότημα από οδοντωτούς τροχούς, συρματόσχοινα, ράβδους, τύμπανα και γωνιοστρόφαλα που διατηρούν τη γωνία στροφής του τροχού. Τα ποδοστήρια περιστρέφουν ένα τύμπανο που μεταφέρει το σήμα πηδαλιούχησης με συρματόσχοινα και τροχαλίες στο τύμπανο ελέγχου του διαφορικού συγκροτήματος. Από εκεί η κίνηση μεταφέρεται μέσω ρυθμιστικής βαλβίδας στη βαλβίδα διαλογής η οποία ενεργοποιεί το υδραυλικό σύστημα που στρέφει το ριναίο σκέλος.



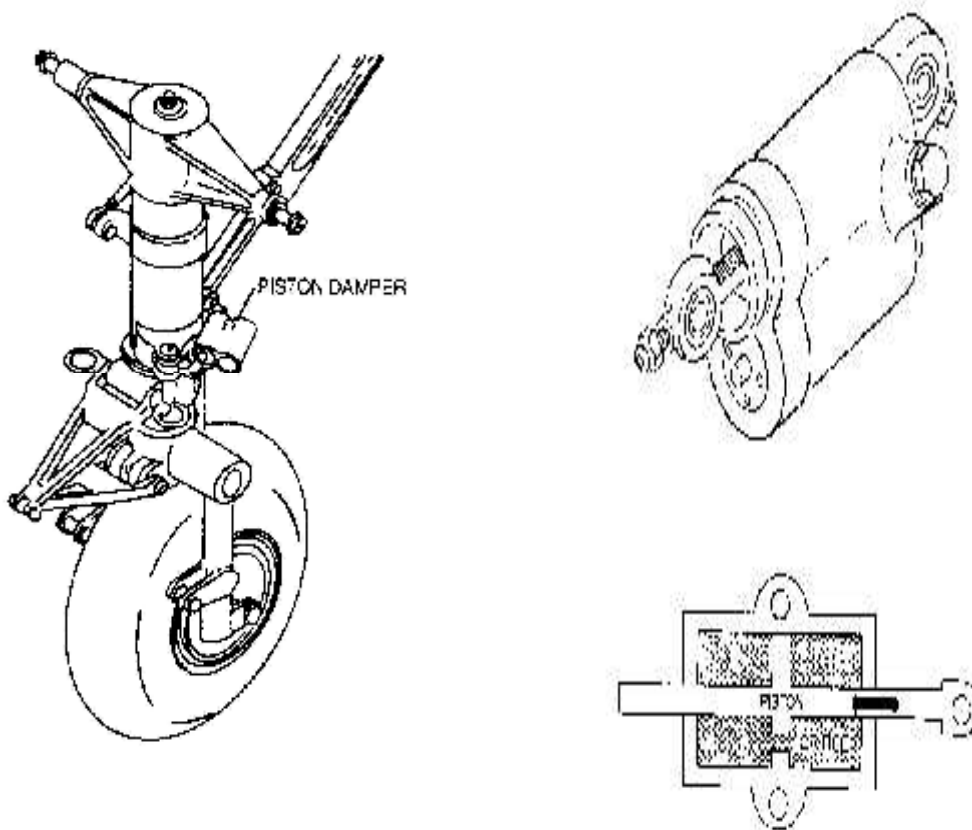
Nose Gear and Door Uplock Mechanism

- door bungee booster assembly = πόρτα ενισχυτική συναρμολόγησης
- up lock assembly actuator gear hook = κλειδώματος συγκρότημα οδοντωτών τροχών ενεργοποίησης αγκίστρου
- pyro release = πείρος απελευθέρωσης
- strut extender = γρύλλος επέκτασης
- door overcenter bungee = πόρτα πάνω από το κέντρο
- strut actuator= ενεργοποίησης (γρύλλος)
- lock brace=ασφάλιση στηρίγματος
- steering damping assembly = πηδαλιούχηση συστήματος διεύθυνσης απόσβεσης

Σχήμα 8.18: Μηχανισμός πηδαλιούχησης ριναίου σκέλους

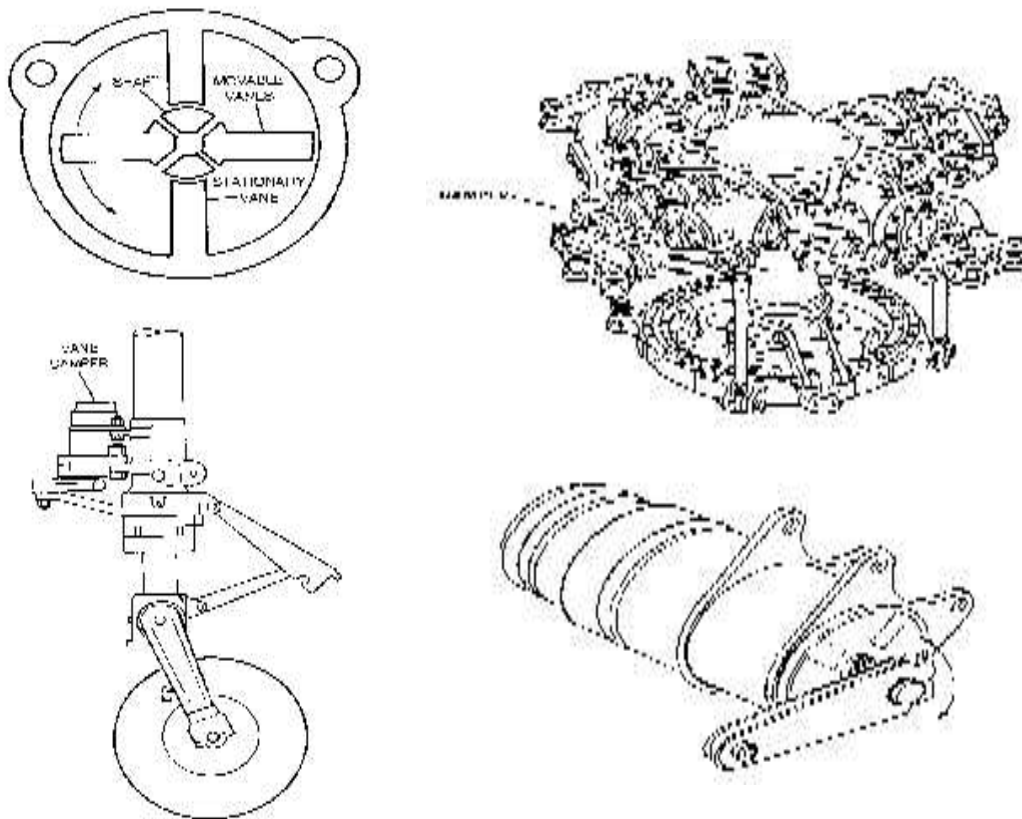
Αποσβεστήρας εκτροπής

Το ριναίο σκέλος εμφανίζει κραδασμούς κατά την προσγείωση, την τροχοδρόμηση και την απογείωση του αεροσκάφους και εκτροπές οι οποίες μπορούν να προκαλέσουν βλάβες στη δομή του αεροσκάφους έτσι υπάρχει ένα σύστημα προσαρμοσμένο στον ριναίο τροχό ο αποσβεστήρας εκτροπής ο οποίος αντιτίθεται στους κραδασμούς. Στην ουσία ελέγχει τους κραδασμούς ή τη εκτροπή του ριναίου τροχού με υδραυλική απόσβεση. Οι αποσβεστήρες εκτροπής είναι είτε τύπου εμβόλου σχήμα 8.19 ή τύπου στροφείου σχήμα 8.20 ή τύπου ενσωματωμένου στο σύστημα πηδαλιούχησης.



- piston damper= έμβολο αποσβεστήρα (κλαπέτο απομονώσεως)

Σχήμα 8.19: Αποσβεστήρας τύπου εμβόλου



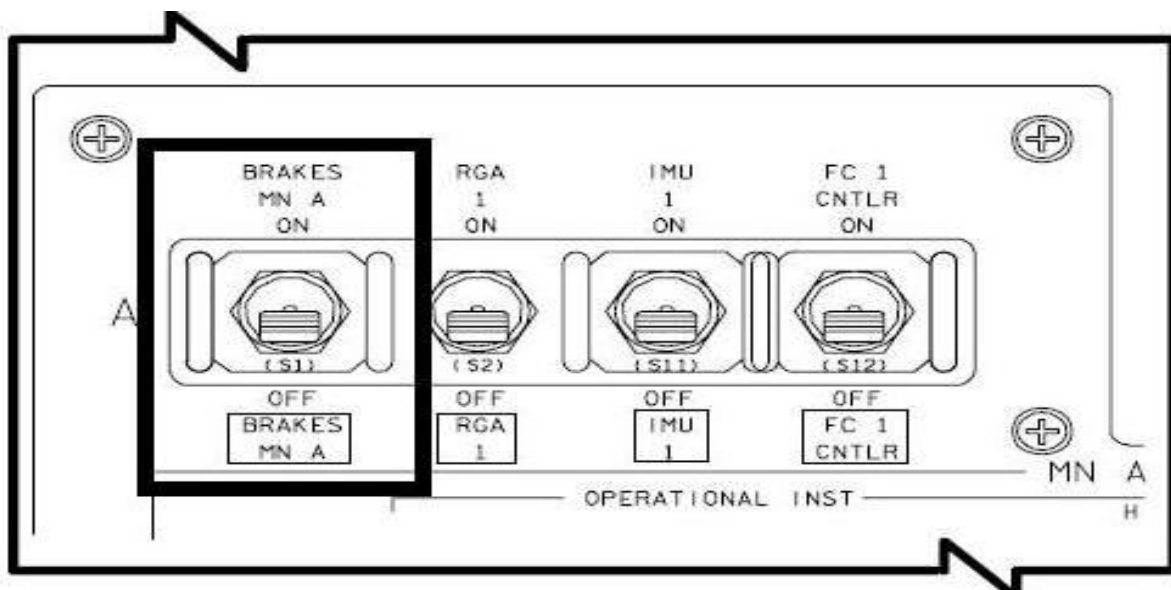
Σχήμα 8.20: Αποσβεστήρας εκτροπής τύπου στροφέιου

Το σύστημα προσγείωσης πρέπει να ελέγχεται και να επιθεωρείται συχνά λόγω των μεγάλων κρουστικών καταπονήσεων που δέχεται. Πρέπει ακόμη να ελέγχονται οι αποσβεστήρες κρούσης και εκτροπής, οι διατάξεις ενδείξεων και προειδοποίησης, τα συστήματα ανάσχυσης, οι σωληνώσεις, τα συρματόσχοινα αλλά και άλλα συστήματα και μηχανισμοί. Οι μηχανισμοί του συστήματος προσγείωσης πρέπει να ρυθμίζονται σύμφωνα με τον κατασκευαστή και τις απαιτήσεις του συστήματος. Στα σύγχρονα αεροσκάφη ο πίνακας ελέγχου στο πιλοτήριο παρέχει πλήρη απεικόνιση της λειτουργίας του υδραυλικού συστήματος του αεροσκάφους. Οι πολυάριθμες αυτές πληροφορίες είναι τόσο χρήσιμες στους χειριστές κατά την πτήση όσο και στο τεχνικό προσωπικό για την εύρεση βλάβης σε περίπτωση κάποιας δυσλειτουργίας σε κάποιο μηχανισμό.

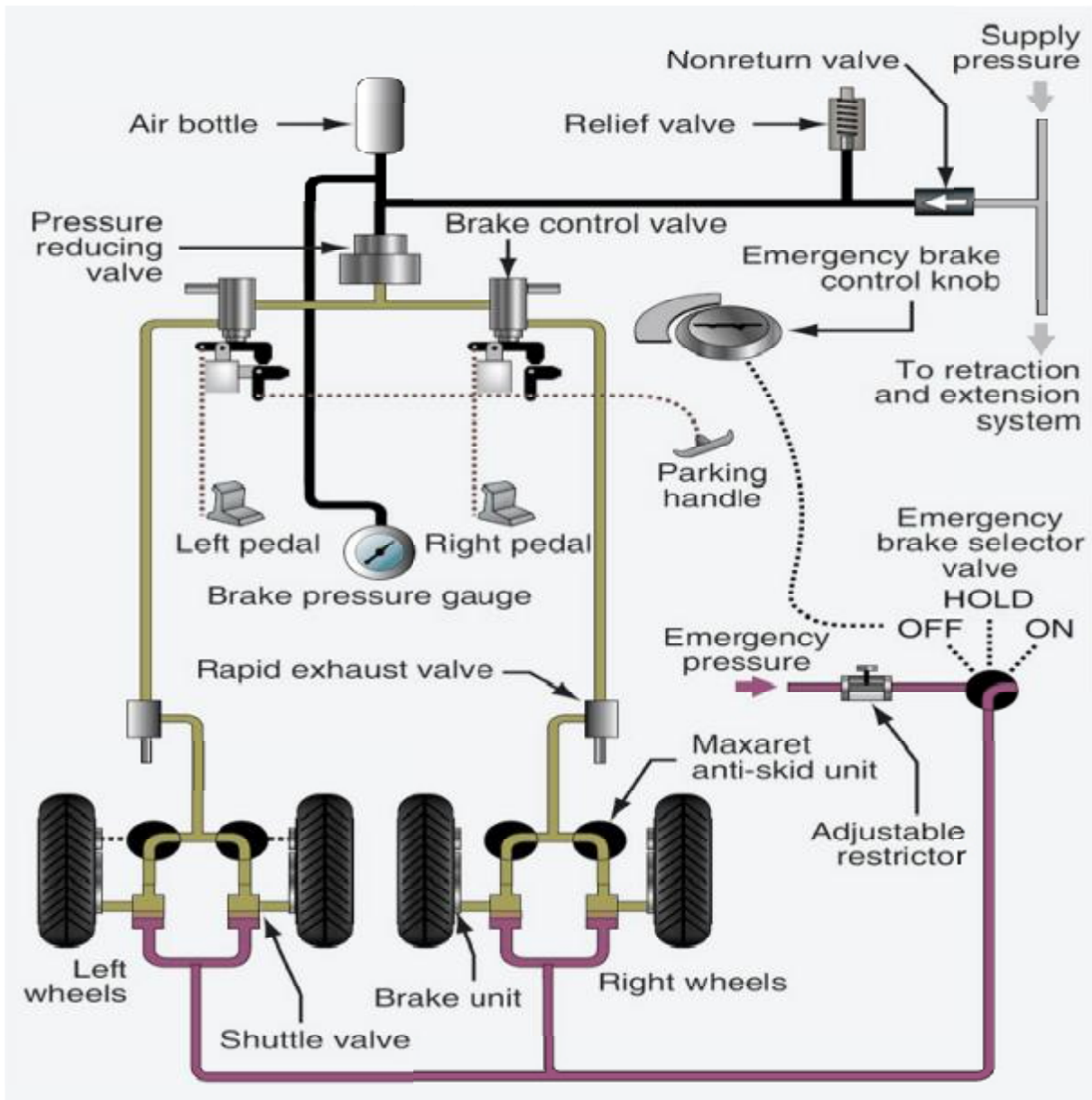
9.ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΠΕΔΗΣΕΩΣ (ΦΡΕΝΑ)

9.1 ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ ΠΕΔΗΣΕΩΣ

Ένα άλλο υδραυλικό σύστημα του πολεμικού αεροσκάφους εξίσου πολύ σημαντικό είναι το σύστημα πέδησης το οποίο χρησιμεύει για την επιβράδυνση του αεροσκάφους και την ακινητοποίηση του κατά την προσγείωσή του. Το σύστημα πέδησης ακόμη βοηθά στην πηδαλιούχηση του αεροσκάφους στο έδαφος στην στάθμευσή του καθώς και στην συγκράτησή του κατά την δοκιμή των κινητήρων. Το σύστημα πέδησης μετατρέπει την κινητική ενέργεια του αεροσκάφους η οποία είναι πολύ μεγάλη κατά την προσγείωσή του σε θερμική κυρίως. Τα φρένα πρέπει να λειτουργούν άριστα και να επιτρέπουν την πηδαλιούχηση του αεροσκάφους στο έδαφος και κυρίως να λειτουργούν το ένα ανεξάρτητα από το άλλο. Γενικά πρέπει να αποδίδουν μια ικανοποιητική δύναμη κατά την ακινητοποίηση του αεροσκάφους για την επίτευξη μίας ικανοποιητικής απόστασης φρεναρίσματος και ακινητοποιήσεως του αεροσκάφους. Είναι εγκατεστημένα σε κάθε κύριο τροχό του αεροσκάφους και ελέγχονται από το πιλοτήριο με τα πετάλια του πηδαλίου διεύθυνσης με την μύτη των ποδιών του χειριστή και από τον πίνακα ελέγχου όπως βλέπουμε στο σχήμα 9.1. Τα συστήματα πέδησης στα αεροσκάφη χωρίζονται στα ανεξάρτητα συστήματα πέδησης, στα συστήματα φρένων με έλεγχο ισχύος και στα συστήματα πέδησης ενισχυμένης ισχύος. Ακόμη στα πολεμικά αεροσκάφη υπάρχουν και συστήματα πέδησης ανάγκης για την πρόληψη κάποιου προβλήματος τα οποία είναι πνευματικού συστήματος με φιάλη πεπιεσμένου αέρα με ενδείκτη και βαλβίδα ελευθέρωσης πίεσης όπως βλέπουμε στο σχήμα 9.2. Στα πολιτικά αεροσκάφη υπάρχει επιπλέον σύστημα πέδησης στον ριναίο τροχό που ενεργοποιείται κατά το πάτημα και των δύο πεταλιών.



Σχήμα 9.1: Ένας από τους πίνακες ελέγχου υδραυλικού συστήματος πέδησης



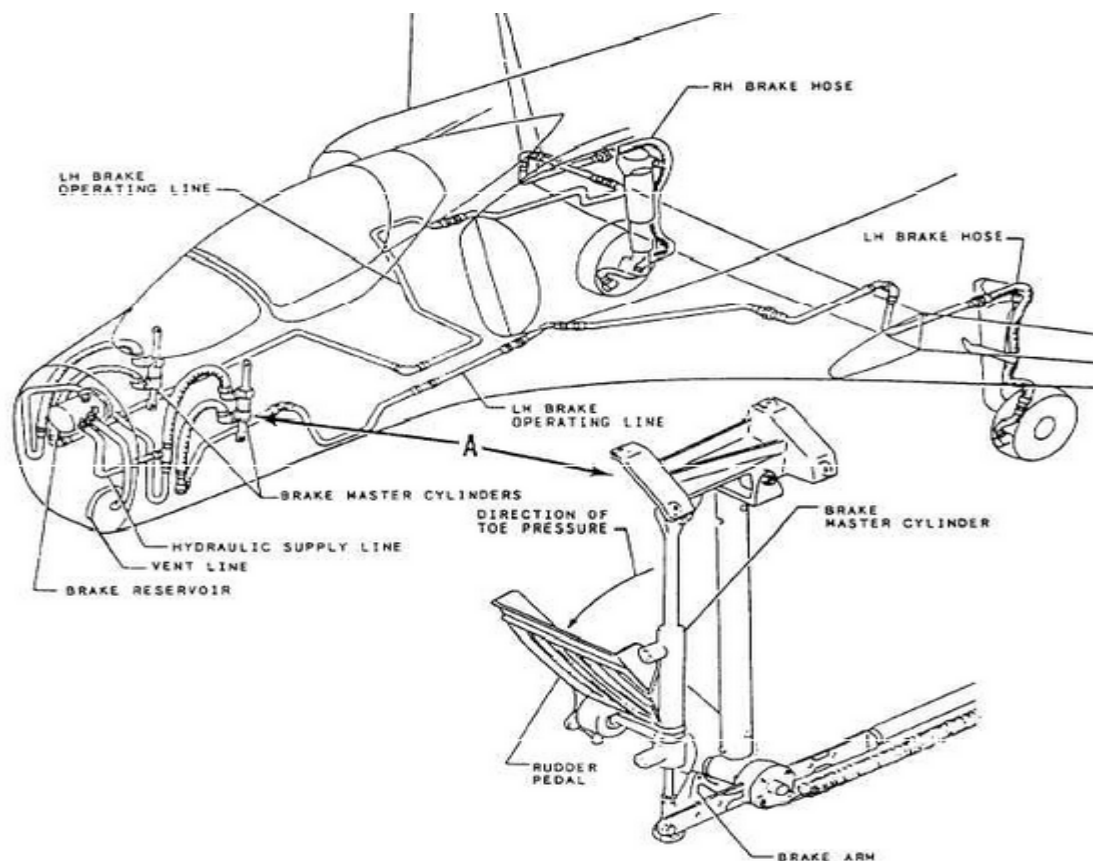
- left-right pedal = αριστερό – δεξιό ΠΕΤΑΛΙ
- air bottle = φιάλη αέρος
- pressure reducing valve = βαλβίδα μείωσης πίεσης
- brake pressure gauge = μετρητής πίεσης φρένων
- shuttle valve = βαλβίδα μεταφοράς
- rapid exhaust valve = βαλβίδα ταχείας εκτόνωσης
- nonreturn valve = βαλβίδα αντεπιστροφής
- supply pressure = πίεση παροχής
- emergency brake control knob = κουμπί ελέγχου του φρένου έκτακτης ανάγκης
- to retraction and extension system = από την απόσυρση και την επέκταση του συστήματος
- emergency brake selector valve = έκτακτης ανάγκης βαλβίδα επιλογής φρένων
- anti-skid unit = μονάδα αντιολίσθησης
- adjustable restrictor = ρυθμιζόμενος περιοριστή

Σχήμα 9.2: Πνευματικό σύστημα πέδησης ανάγκης

9.2 ΑΝΑΛΥΣΗ ΔΙΑΦΟΡΩΝ ΤΥΠΩΝ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ ΠΕΔΗΣΗΣ

Ανεξάρτητα συστήματα πέδησης

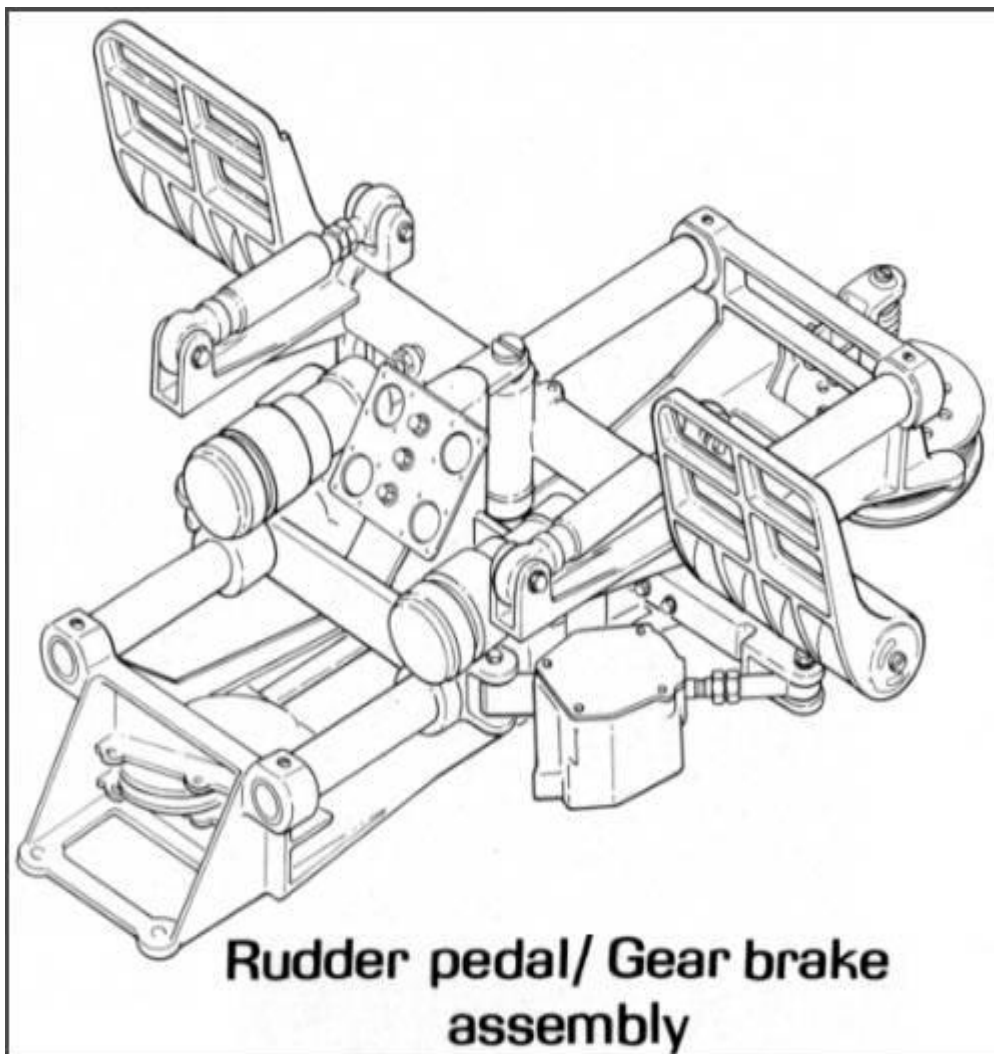
Τα ανεξάρτητα συστήματα πέδησης χρησιμοποιούνται συνήθως στα μικρά αεροσκάφη και χαρακτηρίζονται έτσι γιατί έχουν τη δική τους δεξαμενή υδραυλικού υγρού και είναι ανεξάρτητα τελείως από το υδραυλικό σύστημα του αεροσκάφους. Είναι ίδια με το σύστημα πέδησης των αυτοκινήτων και αποτελούνται από τη δεξαμενή του υδραυλικού υγρού, από τους δύο κύριους κυλίνδρους ενέργειας που βρίσκονται ένας σε κάθε σκέλος, από τη μηχανική συνδεσμολογία που συνδέει κάθε κύριο κύλινδρο ενέργειας με το αντίστοιχο ποδοστήριο, τις σωληνώσεις που ρέει το υδραυλικό υγρό καθώς και τα δύο συγκροτήματα φρένων που είναι τοποθετημένα ένα σε κάθε κύριο τροχό όπως βλέπουμε στο σχήμα 9.3.



- brake hose = εύκαμπτο σωλήνα φρένου
- brake operating line = γραμμή λειτουργίας φρένων
- brake master cylinder = αντλίας φρένων
- brake arm = βραχίονα φρένου
- brake reservoir = δοχείο φρένων
- direction master cylinder= κατεύθυνση της αντλίας φρένων
- vent line =σωλήνες εξαερισμού
- hydraulic supply line = υδραυλική γραμμή τροφοδοσίας

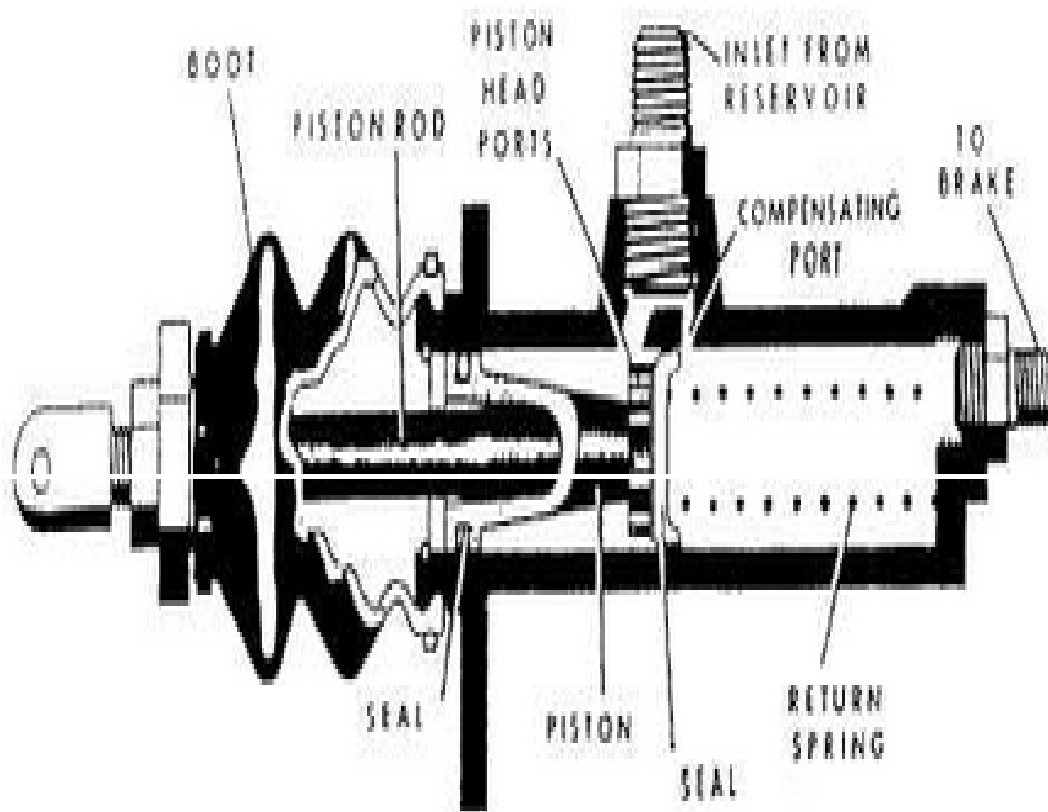
Σχήμα 9.3: Ανεξάρτητου τύπου σύστημα πέδησης

Ο χειριστής πατώντας το πετάλι όπως βλέπουμε στο σχήμα 9.4 με το πόδι του διεγείρει τον αντίστοιχο κύλινδρο ενέργειας ο οποίος αυξάνει την πίεση στο υδραυλικό σύστημα η οποία μεταφέρεται στο αντίστοιχο συγκρότημα φρένων του κυρίου σκέλους μέσω των σωληνώσεων και επιβραδύνει την περιστροφική κίνηση των τροχών ακινητοποιώντας τους. Στη συνέχεια καθώς ο χειριστής απελευθερώσει το πετάλι το ελατήριο επιστροφής επιστρέφει το έμβολο του κυλίνδρου ενέργειας στην ουδέτερη θέση στην οποία το υγρό επιστρέφει από το κύριο συγκρότημα των φρένων στον κύλινδρο ενέργειας. Τα ελατήρια του κύριου συγκροτήματος φρένων με τη σειρά τους επιστρέφουν το έμβολο του κυλίνδρου ενέργειας στην ουδέτερη θέση και ο τροχός απελευθερώνεται και περιστρέφεται ελεύθερα. Όταν η πίεση στις σωληνώσεις που ρέει το υδραυλικό υγρό αυξηθεί υπερβολικά υπάρχει μία αντισταθμιστική βαλβίδα στον κύλινδρο ενέργειας η οποία επιστρέφει το υγρό στην δεξαμενή έτσι δεν παγιδεύεται ο κύριος κύλινδρος ενέργειας και δεν κολλάνε τα φρένα.



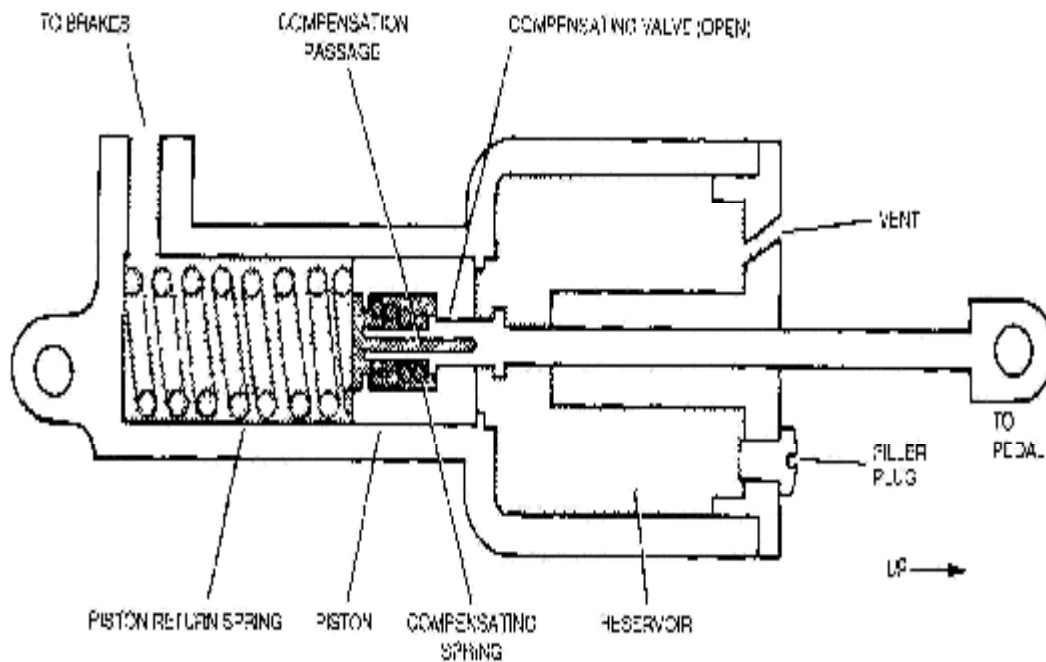
Σχήμα 9.4: Πετάλια συστήματος πέδησης αεροσκάφους

Οι κύριοι κύλινδροι ενέργειας του συστήματος πέδησης είναι όλοι ίδιοι στην λειτουργία τους και διαφέρουν μόνο σε λίγες μικρές λεπτομέρειες ανάλογα με τον κατασκευαστή τους. Δύο από τους πιο γνωστούς κυλίνδρους είναι της Goodyear όπως βλέπουμε στο σχήμα 9.5 και Warner που βλέπουμε στο σχήμα 9.6.



- Seal = σφράγιση
- piston rod = βάκτρο εμβόλου
- piston head ports = θύρες κεφαλής του εμβόλου
- compensating port = αντιστάθμιση θύρας
- return spring = ελατήριο επαναφοράς
- inlet from reservoir = στόμιο εισόδου από τη δεξαμενή

Σχήμα 9.5: Κύλινδρος ενέργειας Goodyear



- compensation passage = πέρασμα αντιστάθμισης
- compensation valve = βαλβίδα αντιστάθμισης
- piston return spring = ελατήριο επιστροφής του εμβόλου
- filler plug = τάπα πλήρωσης
- vent = διέξοδος

Σχήμα 9.6: Κύλινδρος ενέργειας Warner

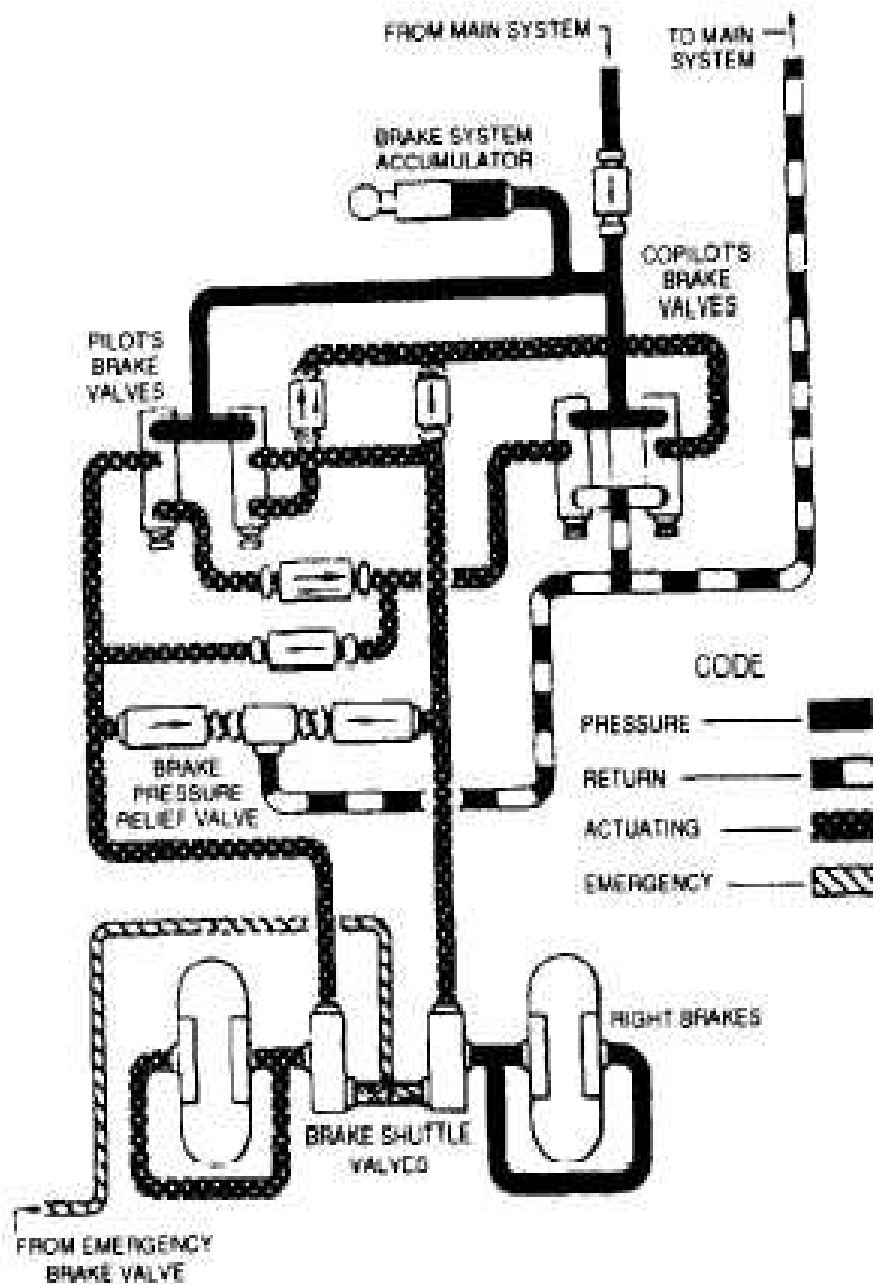
Στον κύριο κύλινδρο ενέργειας Goodyear το υδραυλικό υγρό τροφοδοτείται από μία εξωτερικά δεξαμενή και εισέρχεται από το στόμιο εισόδου και το αντισταθμιστικό στόμιο γεμίζει τον κύλινδρο εμπρός από το έμβολο και τη γραμμή που οδηγεί στον κύλινδρο λειτουργίας των φρένων. Τα πετάλια συνδέονται με το βάκτρο του εμβόλου του κύριου κυλίνδρου ενέργειας και αναγκάζουν το βάκτρο του εμβόλου να ωθήσει το έμβολο προς τα εμπρός στο σώμα του κυλίνδρου. Η κίνηση αυτή παγιδεύει το στόμιο αντισταθμίσεως και αρχίζει η αύξηση πίεσης και συνεχίζεται η διαδικασία ως την επιστροφή του υγρού και την ελεύθερη περιστροφή του τροχού. Το σύστημα της Goodyear πρέπει να εξαερώνεται από πάνω προς τα κάτω γιατί είναι αδύνατον ο εξαερισμός να πραγματοποιηθεί από κάτω προς τα πάνω λόγω του παρεμβάσματος του εμβόλου. Ο κύριος κύλινδρος ενέργειας Warner ενσωματώνει τη δεξαμενή, το θάλαμο πίεσης και τις διατάξεις αποσβέσεως σε ένα εξάρτημα. Η πίεση στα πετάλια μεταφέρεται στο έμβολο του σώματος της δεξαμενής με μηχανική συνδεσμολογία. Καθώς το έμβολο κινείται προς τα κάτω η βαλβίδα αντισταθμίσεως κλείνει και η πίεση παγιδεύεται στο θάλαμο πίεσης. Η πίεση στη δεξαμενή εξαερώνεται στην ατμόσφαιρα από ένα πώμα πλήρωσης που έχει μία βαλβίδα ελέγχου αντεπιστροφής. Η διαδικασία συνεχίζεται ως την απεμπλοκή του τροχού.

Συστήματα πέδησης ελέγχου ισχύος

Τα συστήματα πέδησης ελέγχου ισχύος χρησιμοποιούνται κυρίως σε μεγάλα αεροσκάφη που απαιτούν μεγάλο όγκο υγρού για την λειτουργία των φρένων λόγω του βάρους τους και του όγκου τους. Οι μεγάλοι τροχοί τους και τα φρένα τους απαιτούν μεγαλύτερα ποσά υδραυλικού υγρού και υψηλότερες πιέσεις για αυτό τα ανεξάρτητα συστήματα πέδησης δεν καλύπτουν τα μεγάλα και βαρέα αεροσκάφη.

Το σύστημα πέδησης ελέγχου ισχύος που βλέπουμε στο σχήμα 9.7 αποτελείται από:

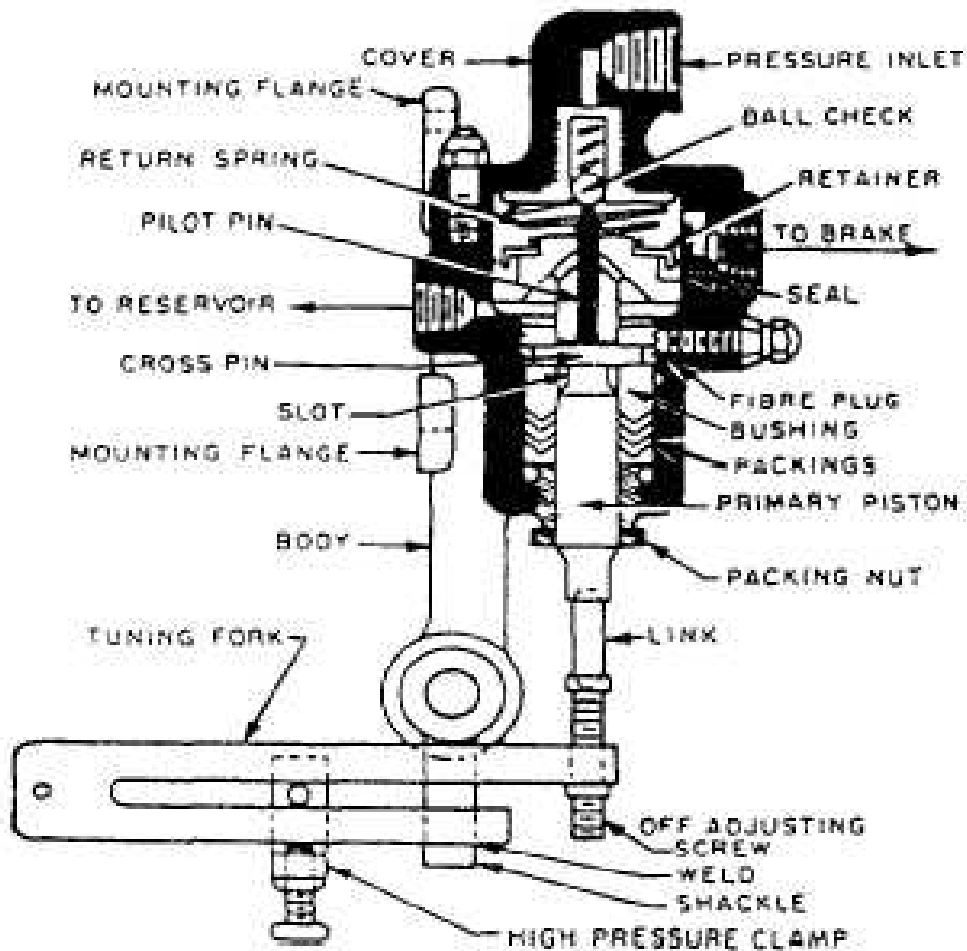
- 1) Μια βαλβίδα μη επιστροφής ή ελέγχου η οποία προλαβαίνει την απώλεια πίεσης του συγκροτήματος των φρένων σε περίπτωση απώλειας του κύριου υδραυλικού συστήματος του αεροσκάφους.
- 2) Βαλβίδες ελέγχου πέδησης χειριστών που ελέγχουν και ρυθμίζουν τον όγκο καθώς και την πίεση του υγρού
- 3) Ένα υδραυλικό συσσωρευτή ο οποίος αποθηκεύει το υγρό με πίεση κατά την πέδηση όταν το υγρό πέσει στο εσωτερικό του και παγιδευτεί από τη βαλβίδα αντεπιστροφής. Επίσης αποσβένει τα υπερβολικά φορτία στο υδραυλικό σύστημα των φρένων.
- 4) Βαλβίδες ελέγχου μη επιστροφής και περιοριστικές βαλβίδες γραμμών του υδραυλικού υγρού κυβερνήτη και συγκυβερνήτη. Οι τέσσερις από τις αντεπιστροφής βαλβίδες είναι μίας διεύθυνσης και δεν επιτρέπουν τη ροή του υγρού από το συγκρότημα φρένων στις βαλβίδες ελέγχου των χειριστών.
- 5) Βαλβίδα ανακούφισης πίεσης η οποία ανακουφίζει την πίεση του υδραυλικού συστήματος πέδησης όταν υπερβεί τις προβλεπόμενες τιμές.
- 6) Κύλινδροι μείωσης της πίεσης του συστήματος πέδησης οι οποίοι χρησιμοποιούνται σε αεροσκάφη με κύριο υδραυλικό σύστημα υψηλής πίεσης και σύστημα πέδησης χαμηλής πίεσης.
- 7) Διαχωριστική βαλβίδα που διαχωρίζει το κύριο υδραυλικό σύστημα από το σύστημα ανάγκης.
- 8) Βαλβίδα ελέγχου ισχύος φρένων που μειώνει και ρυθμίζει την πίεση του κύριου συστήματος πέδησης και αποσβαίνει τις θερμικές διαστολές κατά την πέδηση.



- from main system = από το κεντρικό σύστημα
- to main system = στο κεντρικό σύστημα
- brake system accumulator = συσσωρευτής του συστήματος πέδησης
- copilots brake valves = βαλβίδες φρένων συνεπιβάτη
- brake pressure relief valve = βαλβίδα εκτόνωσης πίεσης φρένων
- brake shuttle valved = βαλβίδα μεταφοράς των φρένων
- from emergency brake valve = από τη βαλβίδα φρένου έκτακτης ανάγκης

Σχήμα 9.7: Διάγραμμα υδραυλικού συστήματος πέδησης ελέγχου ισχύος

Βαλβίδα ελέγχου ισχύος φρένων σφαιρικού τύπου



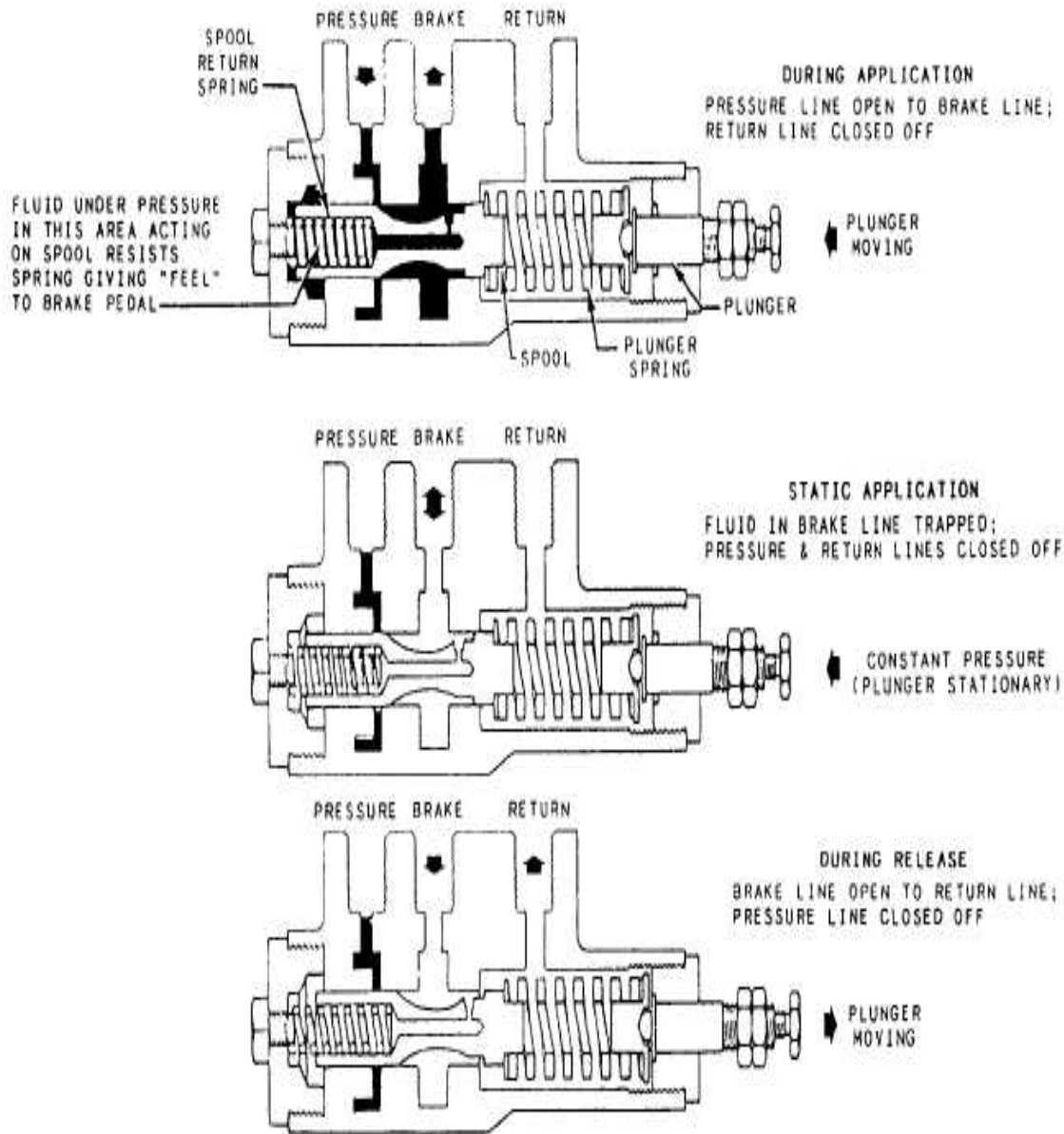
- cover = κάλυμμα
- return spring = ελατήριο επαναφοράς
- pilot pin = περόνη πιλότου
- slot = σχισμή
- tuning fork = διχάλας συντονισμού
- pressure inlet = πίεση εισόδου
- ball check= σφαίρας ελέγχου
- retainer= συγκρατητήρα
- fibre plug = βύσμα ινών
- bushing = σινεμπλόκ
- primary piston = πρωτεύον έμβολο
- link = σύνδεσμος
- off adjusting = εκτός ρύθμισης
- screw= κοχλίας
- weld = συγκόλληση
- shackle= αγκύλιο
- high pressure clamp= σφιγκτήρας υψηλής πίεσης

Σχήμα 9.8: Βαλβίδα ελέγχου ισχύος φρένων σφαιρικού τύπου

Η βαλβίδα ελέγχου ισχύος του παραπάνω σχήματος 9.8 ρυθμίζει και ελαττώνει την πίεση του κύριου συστήματος πέδησης και αποσβαίνει τις θερμικές διαστολές όταν τα φρένα δεν λειτουργούν. Η βαλβίδα αυτή αποτελείται από το σώμα της το συγκρότημα του εμβόλου το περιστρεφόμενο δίχαλο και άλλα παρεμβάσματα. Το σώμα της βαλβίδας έχει τρεις θαλάμους και στόμια είσοδο πίεσης, φρένα και επιστροφή. Καθώς εφαρμοστεί από τον χειριστή πίεση στα πετάλια η κίνηση μεταφέρεται με μία συνδεσμολογία μοχλών στο περιστρεφόμενο δίχαλο το οποίο μετακινεί το έμβολο του κυλίνδρου προς τα πάνω. Η κίνηση αυτή προκαλεί την επαφή της κεφαλής του εμβόλου με τη φλάντζα στον οδηγό πείρο κλείνοντας την δίοδο επιστροφής του υγρού. Η επόμενη προς τα πάνω κίνηση απεδράζει τη σφαιρικά βαλβίδα αντεπιστροφής επιτρέποντας έτσι να περάσει η πίεση του κύριου συστήματος στις σωληνώσεις των φρένων και έτσι αυξάνεται και στην πάνω πλευρά του εμβόλου. Αυτή η δύναμη στο πάνω μέρος του εμβόλου όταν γίνει μεγαλύτερη από αυτή που εφαρμόζεται στα πετάλια το έμβολο κινείται προς τα κάτω με δύναμη αντίθετη από την δύναμη της ράβδου, έτσι κλείνει την πίεση του συστήματος η σφαιρική βαλβίδα αντεπιστροφής. Τα στόμια πίεσης και επιστροφής είναι κλειστά και η βαλβίδα ισχύος φρένων είναι ισορροπημένη και το υγρό παγιδεύεται στις σωληνώσεις και τα συγκροτήματα των φρένων.

Βαλβίδα ελέγχου ισχύος φρένων με ολισθαίνοντα έμβολο

Η βαλβίδα ελέγχου ισχύος φρένων με ολισθαίνοντα έμβολο που βλέπουμε στο σχήμα 9.9 αποτελείται από ένα χιτώνιο και ένα ολισθαίνον έμβολο. Το έμβολο αυτό κινείται μέσα στο χιτώνιο ανοίγοντας ή κλείνοντας το στόμιο πίεσεως ή επιστροφής της γραμμής των φρένων. Η βαλβίδα αυτή έχει δύο ελατήρια διαφορετικού μεγέθους. Το μεγάλο ελατήριο είναι αυτό που πατώντας τα πετάλια παρέχει αντίσταση και το μικρό ελατήριο επιστρέφει το έμβολο στη θέση εκτός. Όταν το ωστήριο πιεσθεί το μεγάλο ελατήριο κινεί το έμβολο κλείνοντας το στόμιο επιστροφής και ανοίγοντας το στόμιο πίεσεως της γραμμής των φρένων. Η πίεση εισέρχεται στη βαλβίδα και το υδραυλικό υγρό ρέει αντίθετα στο άκρο του εμβόλου μέσω μίας τρύπας και έτσι η πίεση ωθεί το έμβολο πίσω προς το μεγάλο ελατήριο για να κλείσει το στόμιο πίεσεως με κλειστό το στόμιο επιστροφής. Αυτή η κίνηση συμπιέζει το μεγάλο ελατήριο και αυτό το αντιλαμβάνεται ο χειριστής από την αίσθηση της αντίστασης που νιώθει πατώντας τα πετάλια. Όταν τα πετάλια ελευθερωθούν τότε το μικρό ελατήριο κινεί το έμβολο και ανοίγει το στόμιο επιστροφής. Αυτό επιτρέπει την πίεση στη γραμμή των φρένων να επιστρέψει μέσω του στομίου επιστροφής.

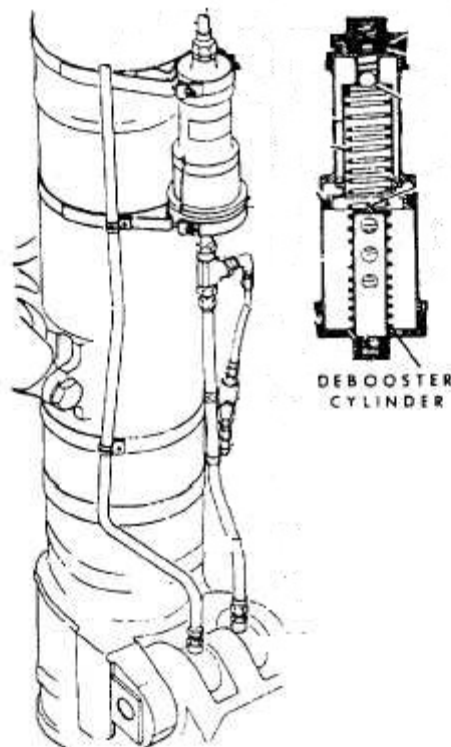


- spool return spring = ελατήριο επαναφοράς της μπομπίνας
- fluid under pressure in this area acting on the spool resists spring giving feel to brake pedal= Το υγρό υπό πίεση σε αυτήν την περιοχή που δρα στη μπομπίνα αντιστέκεται σαν ελατήριο δίνοντας αίσθηση στο πεντάλ φρένου
- during application pressure line open to brake line return line closed off= κατά τη διάρκεια της εφαρμογής η γραμμή πίεσης παραμένει ανοικτή και η γραμμή επιστροφής κλειστή
- static application, fluid in brake line trapped, pressure return lines closed off= κατά τη στατική εφαρμογή το υγρό φρένων παγιδεύεται και οι γραμμές επιστροφής πίεσης κλείνουν
- plunger moving = κινούμενο έμβολο
- constant pressure plunger stationary = σταθερή πίεση του εμβόλου στάσιμη
- during release, brake line open to return line pressure line closed off= κατά τη διάρκεια της απελευθέρωσης, η γραμμή φρένων ανοίγει και η γραμμή επιστροφής και κλείνει η γραμμή πίεσης

Σχήμα 9.9: Βαλβίδα ελέγχου ισχύος φρένων με ολισθαίνοντα έμβολο

Κύλινδροι ελαττώσεως πίεσης φρένων

Οι κύλινδροι ελαττώσεως πίεσης φρένων χρησιμοποιούνται σε συνδυασμό με τις βαλβίδες ελέγχου ισχύος κυρίως σε αεροσκάφη εφοδιασμένα με υδραυλικά συστήματα υψηλής πίεσης και φρένα χαμηλής πίεσης. Το σύστημα αυτό ελαττώνει την πίεση προς τα φρένα και αυξάνει τον όγκο της ροής του υγρού. Έναν τέτοιο κύλινδρο μπορούμε να δούμε στο σχήμα 9.10 στο οποίο ο κύλινδρος αυτός είναι προσαρμοσμένος στον αποσβεστήρα του σκέλους στη γραμμή μεταξύ βαλβίδας ελέγχου και φρένων. Το σώμα του κυλίνδρου περιλαμβάνει ένα μικρό θάλαμο και ένα μεγάλο θάλαμο, ένα έμβολο με μία μικρή κεφαλή και μία μεγάλη, ένα ελατήριο επιστροφής του εμβόλου και μία σφαιρική βαλβίδα μη επιστροφής φορτισμένη με το ελατήριο.



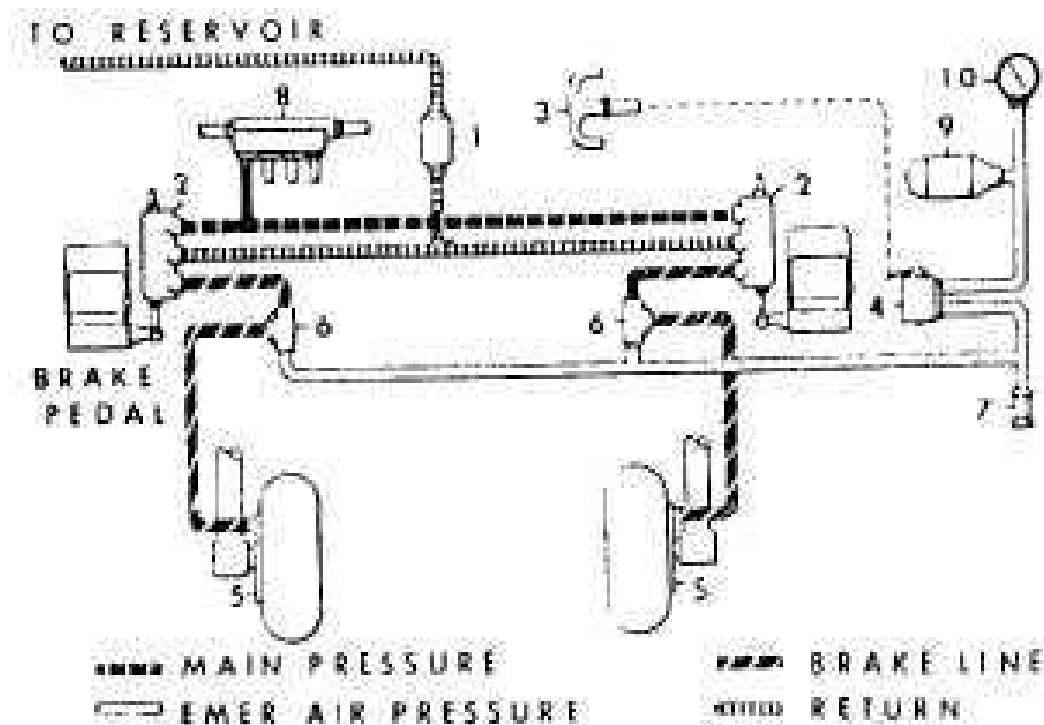
Σχήμα 9.10: Κύλινδρος ελαττώσεως πίεσης των φρένων

Η σφαιρική βαλβίδα αντεπιστροφής συγκρατείται στην έδρα της στη μικρή κεφαλή του εμβόλου με ένα ασθενές ελατήριο. Το υγρό από τη θερμική διαστολή στα συγκροτήματα των φρένων μπορεί να ωθήσει τη σφαιρική βαλβίδα αντεπιστροφής από την έδρα της για να διαφύγει μέσω του κυλίνδρου προς τη βαλβίδα ελέγχου ισχύος φρένων. Καθώς ασκείται η πέδηση το υγρό με πίεση εισέρχεται στο στόμιο εισόδου και ενεργεί το μικρό άκρο του εμβόλου. Η σφαιρική βαλβίδα δεν επιτρέπει την έξοδο του υγρού από τον άξονα και η δύναμη μεταβιβάζεται μέσω του μικρού

άκρου του εμβόλου προς το μεγάλο άκρο του εμβόλου καθώς το έμβολο κινείται μέσα στη θήκη δημιουργείται νέα ροή από το μεγάλο άκρο της θήκης στο στόμιο εξόδου προς τα φρένα. Η πίεση στο στόμιο εξόδου ελαττώνεται καθώς η δύναμη από τη μεγάλη κεφαλή του εμβόλου διανέμεται στη μεγαλύτερη επιφάνεια της μεγάλης κεφαλής του εμβόλου. Αν το έμβολο δεν συναντήσει αντίσταση έτσι ώστε να σταματήσει αφού το υγρό έχει απώλειες από τα φρένα θα κινείται προς τα κάτω μέχρι ο αναστολέας να απεδράσει την σφαιρική βαλβίδα στον κοίλο άξονα. Έτσι το υγρό για να αντικαταστήσει αυτό που χάθηκε θα περάσει από τις βαλβίδες ελέγχου στον άξονα του εμβόλου και θα ενεργήσει στην μεγάλη περιοχή του εμβόλου κινώντας το προς τα πάνω επιτρέποντας έτσι στη σφαιρική βαλβίδα να εδράσει όταν η πίεση φτάσει στα κανονικά της όρια. Καθώς σταματήσει να ασκεί πίεση στα πετάλια ο χειριστής, η πίεση από το στόμιο εισόδου αφαιρείται και το ελατήριο επιστροφής κινεί το έμβολο απότομα στην κορυφή του κυλίνδρου προκαλώντας έτσι αναρρόφηση στη γραμμή των φρένων ελευθερώνοντάς τα τάχιστα

Σύστημα πέδησης ενισχυμένης ισχύος

Το σύστημα πέδησης ενισχυμένης ισχύος όπως βλέπουμε στο σχήμα 9.11 χρησιμοποιείται κυρίως σε αεροσκάφη με αυξημένες ταχύτητες προσγείωσης και είναι ανεξάρτητο σύστημα. Γενικά αν συγκριθεί με τα άλλα δύο συστήματα έχει μεγαλύτερη απόδοση από το ανεξάρτητο σύστημα πέδησης και είναι ελαφρύτερο από το σύστημα πέδησης ισχύος κάτι που για τα αεροσκάφη είναι μεγάλο πλεονέκτημα. Συνδέεται με το κύριο υδραυλικό σύστημα του αεροσκάφους που η πίεση χρησιμοποιείται μόνο για την ενίσχυση των πεταλιών με την ενεργοποίηση των ενισχυτικών κυλίνδρων. Το σύστημα αυτό αποτελείται από μία δεξαμενή υδραυλικού υγρού, δύο κύριους ενισχυτικούς κυλίνδρους, ένα συγκρότημα φρένων σε κάθε κύριο τροχό και δύο διαχωριστικές βαλβίδες. Το υγρό κινείται από τους ενισχυτικούς κυλίνδρους μέσω των διαχωριστικών βαλβίδων στα φρένα με το πάτημα του εμπρόσθιου τμήματος των πεταλιών. Καθώς ο χειριστής απελευθερώνει τα πετάλια κλείνει το στόμιο πίεσης των ενισχυτικών κυλίνδρων και το υγρό που είχε μετακινηθεί προς τα φρένα επιστρέφει μέσω της γραμμής επιστροφής στη δεξαμενή του υγρού των φρένων. Η δεξαμενή του υγρού των φρένων συνδέεται με τη δεξαμενή υγρού του κύριου υδραυλικού συστήματος του αεροσκάφους.



- 1)brake reservoir =δεξαμενή φρένων
- 2)power boost master cylinder =αύξηση της ισχύος της αντλίας φρένων
- 3) emergency brake control= έλεγχος του φρένου έκτακτης ανάγκης
- 4) air release valve= βαλβίδα απελευθέρωσης αέρα
- 5)wheel brake = φρένα τροχών
- 6)shuttle valve =βαλβίδα μεταφοράς
- 7)air vent = εξαεριστήρας
- 8)main system pressure manifold= πολλαπλή πίεσης κύριου συστήματος
- 9)emergency air bottle= φιάλη αέρα έκτακτης ανάγκης
- 10)emergency air gauge= μετρητής αέρα έκτακτης ανάγκης

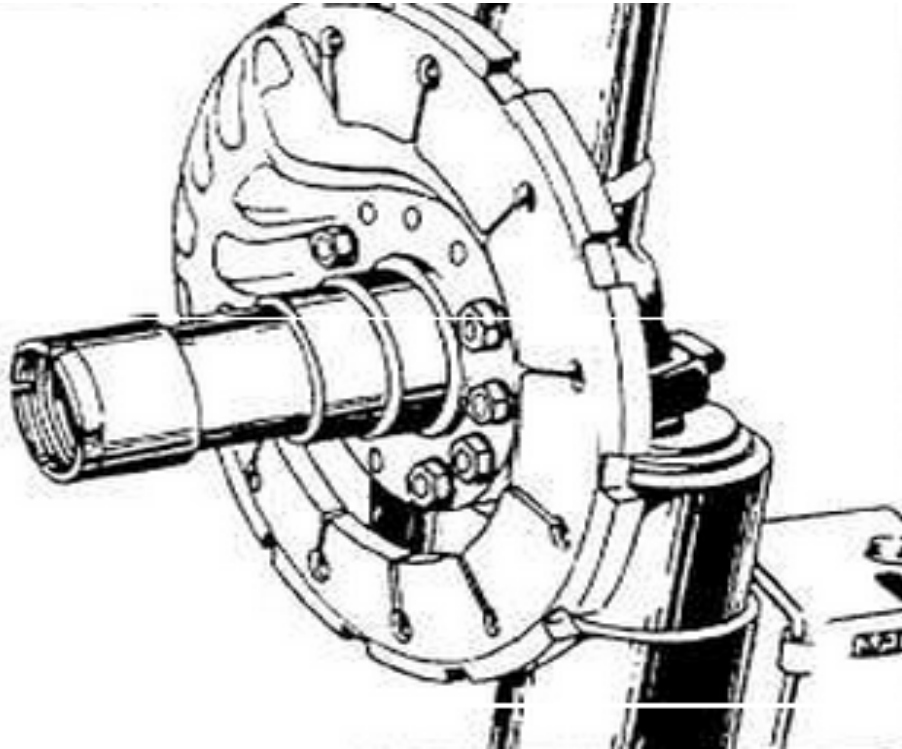
Σχήμα 9.11: Σύστημα φρένων με κύριο κύλινδρο ενισχυμένης ισχύος

Συγκρότημα φρένων

Το συγκρότημα φρένων με έναν ή δύο δίσκους χρησιμοποιούνται στα μικρά αεροσκάφη ενώ στα μεγάλα αεροσκάφη χρησιμοποιούνται συγκροτήματα φρένων πολλαπλών δίσκων. Ο αριθμός των δίσκων αυξάνεται με το αυξανόμενο μέγεθος, βάρος του αεροσκάφους και αυξανόμενη ταχύτητα προσγείωσης. Γενικά τα συγκροτήματα φρένων είναι με έναν ή περισσότερους δίσκους με τεμαχισμένα τακάκια στον περιστρεφόμενο δίσκο ή με σωλήνες που διαστέλλονται.

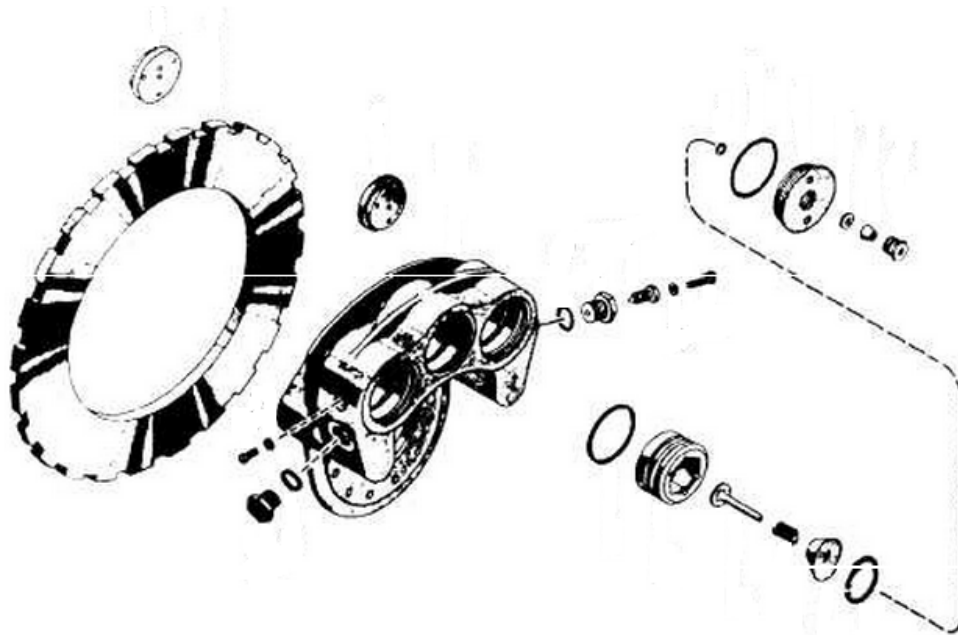
Φρένα ενός δίσκου

Στα φρένα ενός δίσκου η πέδηση επιτυγχάνεται με τριβή στις δύο πλευρές του περιστρεφόμενου δίσκου που βρίσκεται εγκατεστημένος στον τροχό του σκέλους. Με το πάτημα του πεταλίου η πίεση του συστήματος αυξάνεται και ωθεί το έμβολο και το δίσκο τριβής προς τον περιστρεφόμενο δίσκο. Με την απελευθέρωση του πεταλίου μειώνεται η πίεση του υγρού και το ελατήριο απομακρύνει το έμβολο και το δίσκο τριβής από τον περιστρεφόμενο δίσκο. Όπως βλέπουμε και στο σχήμα 9.12 το σώμα του φρένου είναι προσαρμοσμένο στο πέλμα του άξονα του τροχού του σκέλους.



Σχήμα 9.12: Φρένα ενός δίσκου

Στο σχήμα 9.13 μπορούμε να δούμε την αναλυτική όψη του παραπάνω συγκροτήματος. Το συγκρότημα αυτό με έναν δίσκο έχει σώμα με τρεις κυλίνδρους που ο κάθε κύλινδρός του περιλαμβάνει ένα έμβολο, ένα ελατήριο επιστροφής και ένα αυτορυθμιζόμενο πείρο. Στην εσωτερική επιφάνεια του δίσκου υπάρχουν τρεις δίσκοι τριβής (φερμουίτ-τακάκια) και άλλοι τρεις στην εξωτερική επιφάνεια του δίσκου. Οι εσωτερικοί δίσκοι είναι προσαρμοσμένοι στο σώμα των φρένων και είναι ακίνητοι ενώ οι εξωτερικοί δίσκοι τριβής προσαρμόζονται στα έμβολα και κινούνται μέσα στους τρεις κυλίνδρους κατά τη λειτουργία των φρένων.

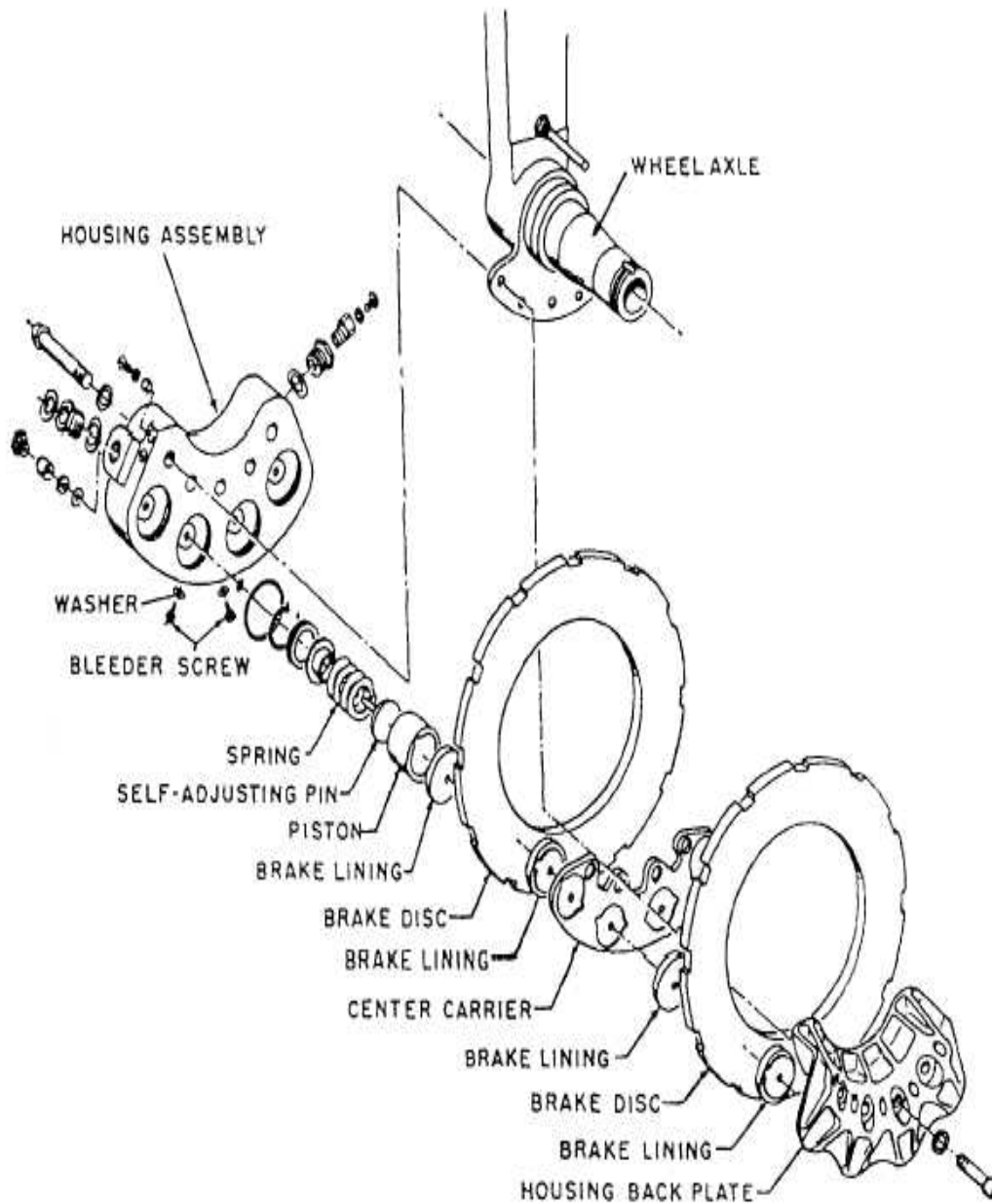


Σχήμα 9.13: Αναλυτική όψη συγκροτήματος φρένων ενός δίσκου

Καθώς εισέρχεται υδραυλική πίεση από τη μονάδα ελέγχου των φρένων στους κυλίνδρους και πιέζει τα έμβολα και τους δίσκους τριβής ενάντια στον περιστρεφόμενο δίσκο ο οποίος είναι προσαρμοσμένος στον τροχό πιέζεται για να έρθει σε επαφή με τους εσωτερικούς δίσκους για την ακινητοποίησή του. Όταν η πίεση πέδησης ελευθερωθεί τα ελατήρια επιστροφής θα ωθήσουν τα έμβολα προς τα πίσω αφήνοντας ένα διάκενο για την ελεύθερη περιστροφή του δίσκου. Το διάκενο αυτό είναι ανεξάρτητο από τη φθορά των δίσκων τριβής. Ακόμη υπάρχει και μία βαλβίδα εξαερισμού του συστήματος στο σώμα του φρένου για την συντήρησή του. Ο λειτουργικός έλεγχος γίνεται κατά την τροχοδρόμηση.

Φρένα δύο δίσκων

Τα φρένα δύο δίσκων όπως βλέπουμε και στο σχήμα 9.14 συνήθως χρησιμοποιούνται σε αεροσκάφη με μεγαλύτερη τριβή πέδησης αλλά είναι παρόμοια με τα φρένα ενός δίσκου με την μόνη διαφορά ότι χρησιμοποιούν δύο περιστρεφόμενους δίσκους αντί για έναν περιστρεφόμενο δίσκο.

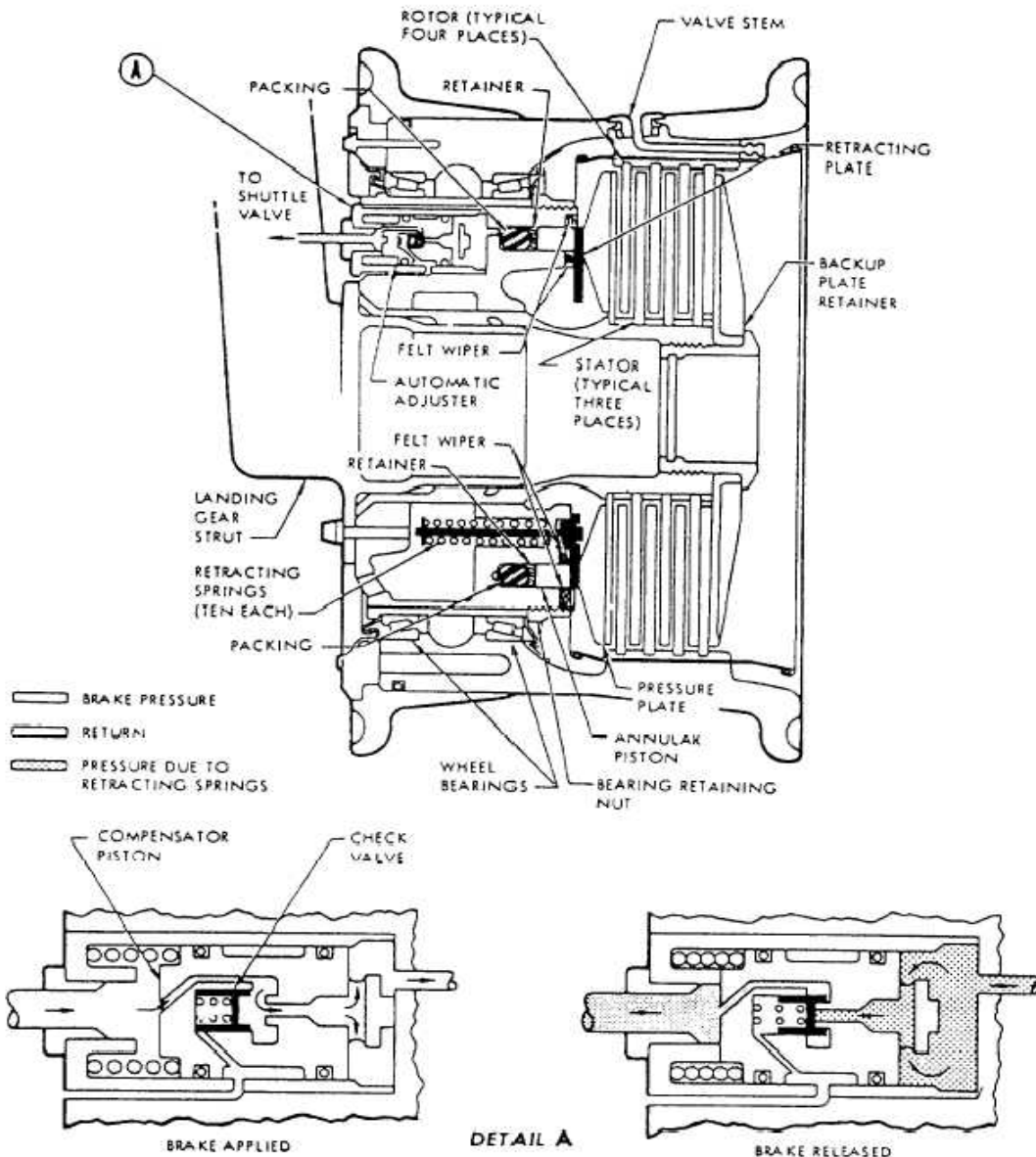


- housing assembly = συναρμολόγηση περιβλήματος
- washer= ροδέλα
- bleeder screw= βίδα εξαέρωσης
- spring =ελατήριο
- self-adjusting pin = πείρος αυτορυθμιζόμενος
- piston = έμβολο
- brake lining= φερμουίτ
- brake disc = δίσκος φρένου
- center carrier =μεταφορέας κέντρο
- housing back plate= πίσω πλάκα περιβλήματος
- wheel axle = άξονα του τροχού

Σχήμα 9.14: Αναλυτική όψη συγκροτήματος φρένων δύο δίσκων

Φρένα πολλαπλών δίσκων

Τα φρένα πολλαπλών δίσκων είναι βαριάς λειτουργίας και χρησιμοποιούνται σε συστήματα πέδησης ελέγχου ή ελεγχόμενης ισχύος. Τα συγκροτήματα φρένων πολλών δίσκων αποτελούνται από τέσσερις περιστρεφόμενους δίσκους ή αλλιώς τα στροφεία, ένα φορέα τριβέα, τους τρεις σταθερούς δίσκους ή αλλιώς τους στάτες, ένα δακτυλιοειδή κύλινδρο ενέργειας ένα αυτόματο ρυθμιστή αλλά και άλλα στοιχεία και παρεμβάσματα. Ο φορέας τριβέα είναι τοποθετημένος πάνω στον άξονα του τροχού του σκέλους και πάνω του είναι τοποθετημένος ο κύλινδρος ενέργειας. Καθώς ο χειριστής ασκεί πίεση στα πετάλια ο ρυθμιστής πίεσης παρέχει ρυθμισμένη πίεση στο θάλαμο του φορέα του τριβέα η οποία ενεργοποιεί τον κύλινδρο ενέργειας που με τη σειρά του συμπιέζει τους περιστρεφόμενους δίσκους οι οποίοι είναι προσαρμοσμένοι στον τροχό και στους σταθερούς δίσκους που βρίσκονται πάνω στον φορέα του τριβέα. Η απαραίτητη ενέργεια πέδησης παρέχεται από την τριβή των περιστρεφόμενων και των σταθερών δίσκων. Η πίεση και η δύναμη που ασκεί το έμβολο του κυλίνδρου ενέργειας μειώνεται με την ελευθέρωση των πεταλίων από το χειριστή. Έτσι το έμβολο οπισθοχωρεί στο θάλαμο του φορέα του τριβέα και ο αυτόματος ρυθμιστής διασφαλίζει ένα συγκεκριμένο διάκενο μεταξύ των περιστρεφόμενων και των σταθερών δίσκων. Η συντήρηση των φρένων πολλαπλών δίσκων περιλαμβάνει εξαερισμό έλεγχο φθοράς των δίσκων, αντικατάστασή τους και λειτουργικό έλεγχο. Παρακάτω στην εικόνα 9.15 μπορούμε να δούμε τη διατομή των φρένων πολλαπλών δίσκων.

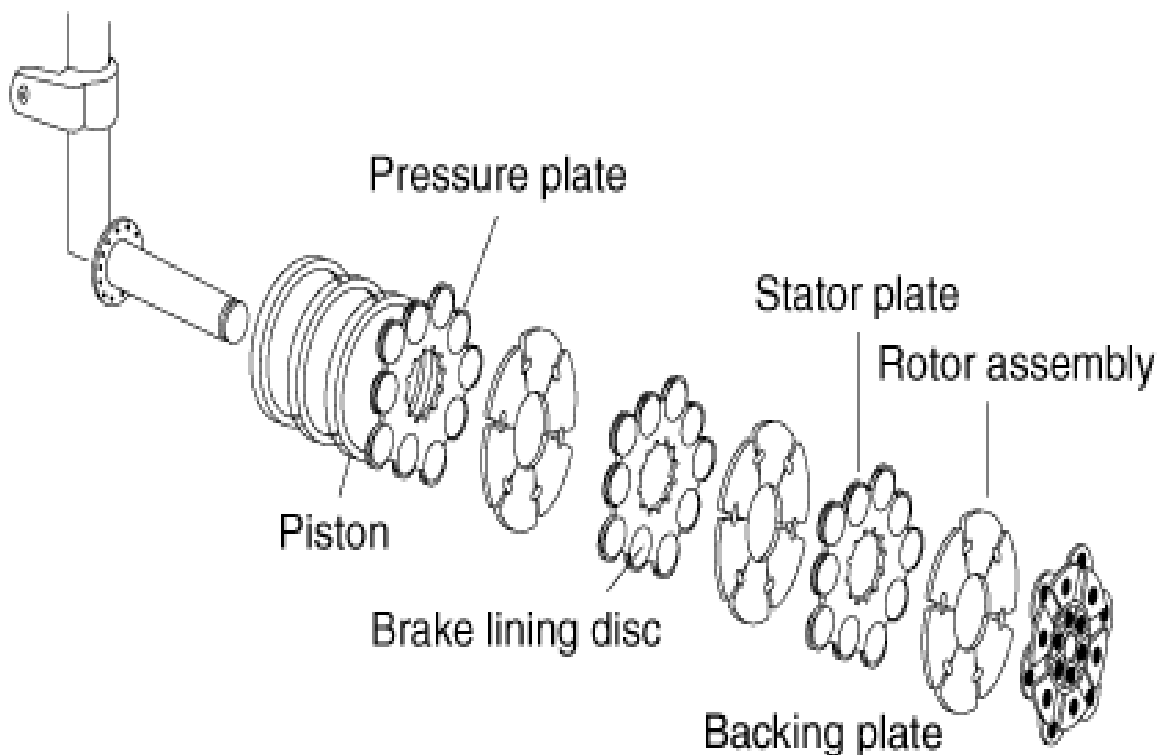


- rotor typical four places = τυπικό στροφέιο τεσσάρων θέσεων
- retracting plate = πλάκα επανατυλίξεως
- to shuttle valve = βαλβίδα μεταφοράς
- backup plate retainer = εφεδρική πλάκα συγκράτησης
- automatic adjuster = αυτόματος ρυθμιστής
- landing gear strut = στύλος του συστήματος προσγειώσεως
- felt wiper = παρέμβασμα καθαριστήρα
- retracting springs = επανατυλίξεως ελατήρια
- wheel bearings = ρουλεμάν τροχού
- bearing retaining nut = που φέρει το παξιμάδι συγκράτησης
- compensator piston = αντισταθμιστή εμβόλου
- brake applied = εφαρμογή πέδης (φρένα κλειστά)
- brake released = μη εφαρμογή πέδης (φρένα ανοιχτά)

Σχήμα 9.15: Διατομή του φρένου των πολλαπλών δίσκων

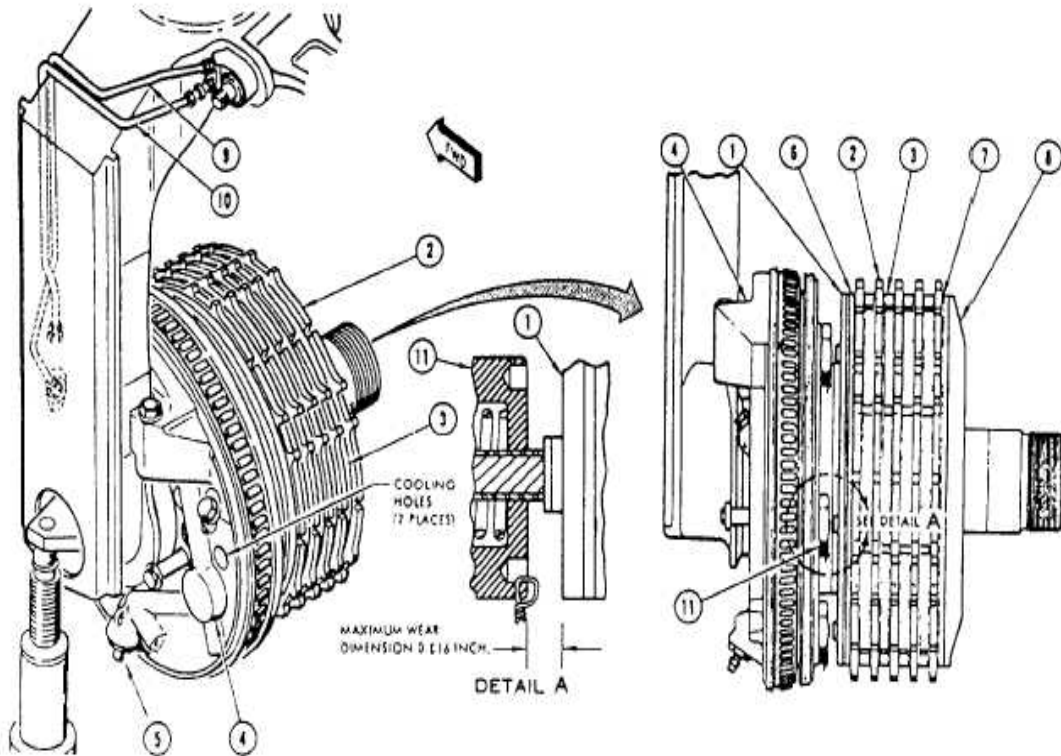
Φρένα τεμαχισμένου περιστρεφόμενου δίσκου

Τα φρένα τεμαχισμένου περιστρεφόμενου δίσκου που βλέπουμε και στο σχήμα 9.16 και 9.17 είναι γενικά βαριάς λειτουργίας και χρησιμοποιούνται σε υδραυλικά συστήματα με υψηλές πιέσεις, συστήματα πέδησης ελέγχου ή ελεγχόμενης ισχύος. Έχουν την ίδια αρχή λειτουργίας και είναι όμοια με τα φρένα πολλαπλών δίσκων. Η μόνη διαφορά τους είναι ότι οι περιστρεφόμενοι δίσκοι είναι τεμαχισμένοι και οι σταθεροί έχουν ενσωματωμένες επιφάνειες υλικού οι οποίες τρίβονται και στις δύο πλευρές τους. Το βασικό εξάρτημά τους είναι ο φορέας του τριβέα.



- piston = έμβολο
- pressure plate = πλάκα πίεσης
- brake lining disc = επένδυση δισκόφρενου
- stator plate = πλάκα στάτη
- rotor assembly = διάταξη ρότορα
- backing plate = ενισχυτική πλάκα

Σχήμα 9.16: Φρένα τεμαχισμένου περιστρεφόμενου δίσκου



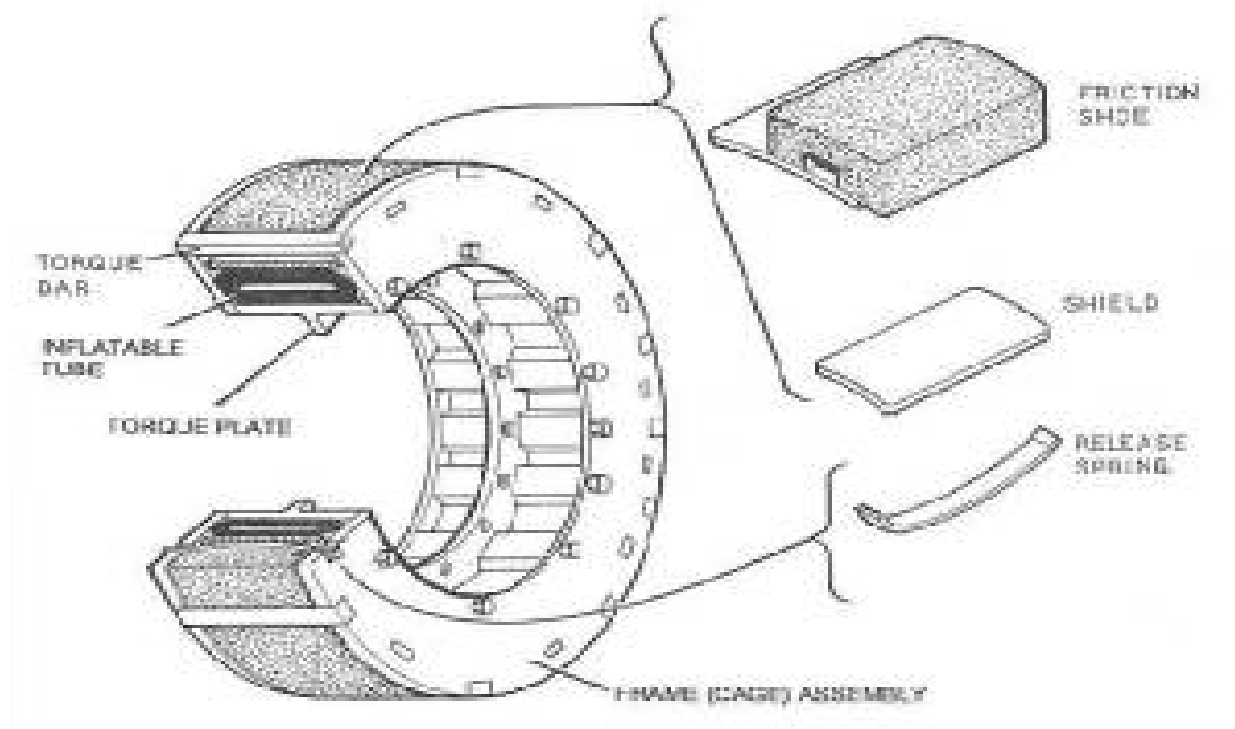
- 1.Primary disc assembly= Πρωτογενής συγκρότημα δίσκου
- 2. Rotors= ρότορες
- 3. Stators =στάτες
- 4. Power plate assembly= ισχύος πλάκα συναρμολόγησης
- 5.Bleed valve =βαλβίδα
- 6. Primary disc lining face=πρωτογενής επένδυση δίσκου
- 7.Secondary disc insulation=δευτερογενής μόνωση δίσκου
- 8.Secondary disc assembly = δευτερογενής συναρμολόγηση δίσκου
- 9.Pneumatic pressure line = Πνευματική γραμμή πίεσης
- 10. Hydraulic pressure line =υδραυλική γραμμή πίεσης
- 11. Screw thread insert = βίδα ενθέματος σπειρώματος

Σχήμα 9.17: Φρένα τεμαχισμένου περιστρεφόμενου δίσκου

Μεταξύ κάθε περιστρεφόμενης πλάκας είναι προσαρμοσμένη και μία σταθερή πλάκα η οποία δεν περιστρέφεται και έχει φερμουίτ και στις δύο πλευρές της. Η υδραυλική πίεση που απελευθερώνεται από τις μονάδες ελέγχου πεδήσεως εισέρχεται στους κυλίνδρους των φρένων και ενεργεί στα έμβολα αναγκάζοντας τα να κινηθούν ενάντια στην πλάκα στηρίξεως και να την ωθήσουν στη βοηθητική σταθερή πλάκα. Όταν όλες οι επιφάνειες πεδήσεως έρθουν σε επαφή, τα ακίνητα φερμουίτ έρχονται σε επαφή και αυτά με τα στρεφόμενα μέρη δημιουργώντας αρκετή τριβή για να ακινητοποιήσουν τους τροχούς. Όταν η πίεση εκτονωθεί τα ελατήρια επιστροφής αναγκάζουν τις πλάκες πίεσης να οπισθοχωρήσουν μέχρι να επικαθίσουν στο εξόγκωμα του ρυθμιστικού πείρου.

Φρένα διαστελλόμενων σωλήνων

Τα φρένα διαστελλόμενων σωλήνων όπως βλέπουμε και στο παρακάτω σχήμα 9.18 είναι χαμηλής πίεσης ελαφρά με λίγα κινούμενα μέρη με επιφάνεια πέδησης 360 μοίρες και χρησιμοποιούνται σε μικρά και μεγάλα αεροσκάφη. Τα φρένα αυτού του τύπου αποτελούνται από το πλαίσιο, το διαστελλόμενο σωλήνα τα πλακίδια τα ελατήρια επιστροφής και το ρυθμιστή διακένου. Το κύριο σώμα τους είναι χυτό και προσαρμόζεται στο σκέλος. Ο διαστελλόμενος σωλήνας είναι κατασκευασμένος από ενισχυμένο συνθετικό υλικό και περιβάλλει το πλαίσιο. Τα πλακίδια κατασκευάζονται από φερμουίτ και η επιφάνεια τριβής τους είναι ενισχυμένη με μέταλλο. Τα ελατήρια επιστροφής βρίσκονται στο διάκενο μεταξύ των πλακιδίων το οποίο ρυθμίζεται από το ρυθμιστή διακένου. Με το πάτημα των πεταλιών αυξάνεται η πίεση του υγρού στο εσωτερικό του διαστελλόμενου σωλήνα ο οποίος διαστέλλεται προς τα έξω μόνο. Τα πλακίδια έρχονται σε επαφή με το ταμπόρο του φρένου και τρίβονται. Ανάλογα με την αύξηση της πίεσης επηρεάζεται και η τριβή. Καθώς τα πετάλια ελευθερώνονται η πίεση του υγρού στο διαστελλόμενο σωλήνα μειώνεται και ο σωλήνας συστέλλεται και τα πλακίδια απομακρύνονται από το ταμπόρο.

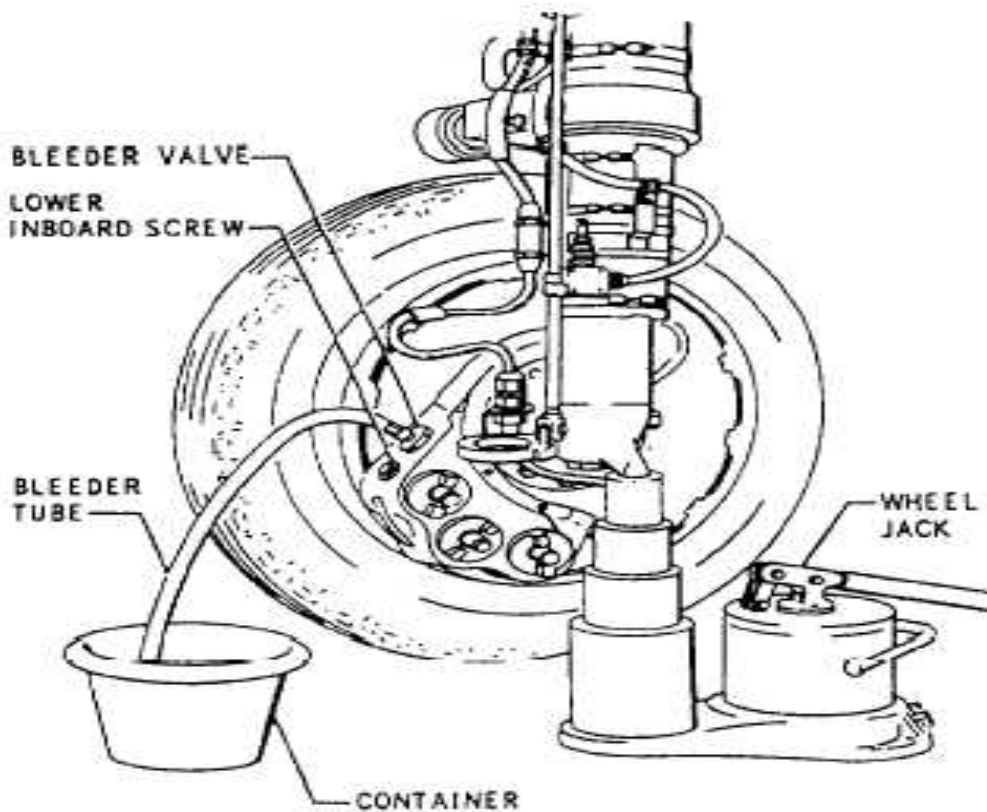


- torque bar =μπάρα ροπής στρέψης
- inflatable tube= φουσκωτός (διαστελλόμενος)σωλήνας
- torque plate = πλάκα ροπής στρέψης
- friction shoe = πέδιλο τριβής
- shield = θωράκιση
- release spring =ελατήριο απελευθέρωσης

Σχήμα 9.18: Φρένα διαστελλόμενων σωλήνων

9.3 ΕΠΙΘΕΩΡΗΣΗ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ ΠΕΔΗΣΗΣ ΚΑΙ ΣΥΝΤΗΡΗΣΗ

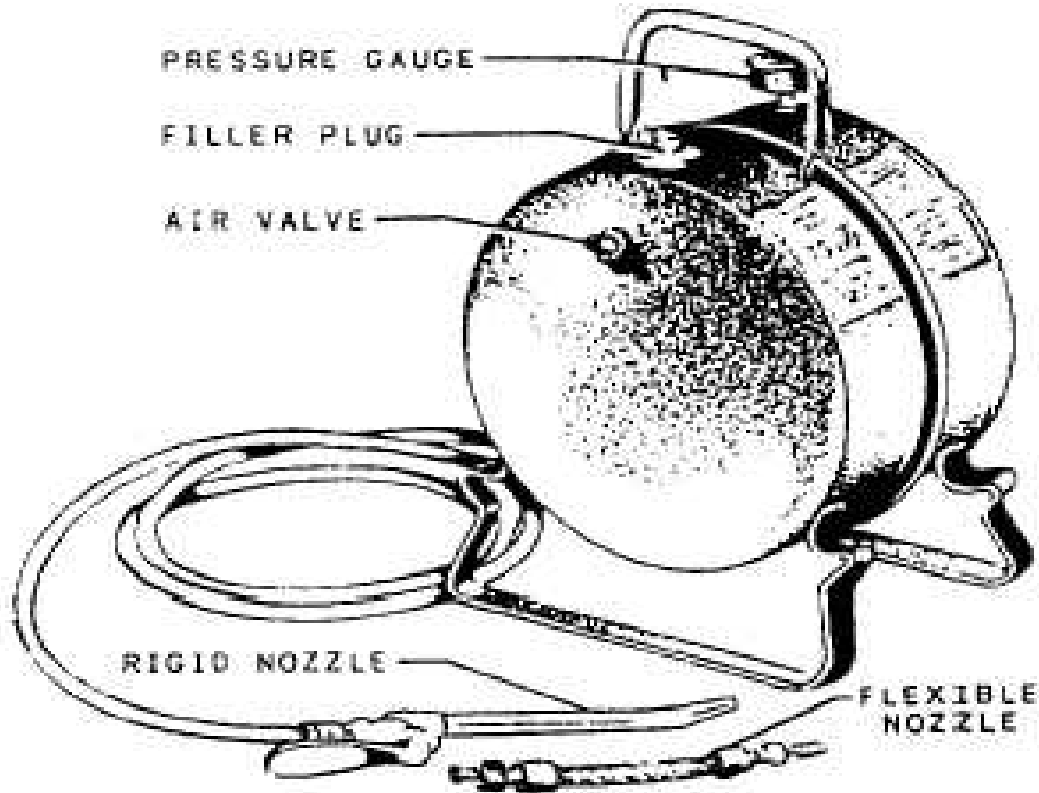
Το σύστημα πέδησης του αεροσκάφους είναι πολύ σημαντικό για την ασφάλεια του αεροσκάφους πρέπει να λειτουργεί άψογα χωρίς κάποιο πρόβλημα. Η λειτουργία των φρένων για να είναι άψογη χρειάζεται συντήρηση και επιθεωρήσεις σε μικρά χρονικά διαστήματα. Πρέπει να ελέγχονται οι εύκαμπτες σωληνώσεις για συστροφή, ρωγμές, διαρροές και κάθε ένδειξη φθοράς. Ακόμη πρέπει να ελέγχονται οι δίσκοι των φρένων, οι τροχοί για την αντικατάστασή τους και όποιο άλλο υποσύστημα αυτών χρειάζεται συντήρηση για την σωστή λειτουργία του. Δεν πρέπει να έχει αέρα το σύστημα και η στάθμη του υγρού να είναι στα κανονικά της όρια. Όταν το σύστημα έχει αέρα πρέπει να γίνεται εξαέρωση του συστήματος. Η εξαέρωση του συστήματος γίνεται με δύο τρόπους με εξαέρωση από πάνω προς τα κάτω με την βαρύτητα όπως βλέπουμε στο σχήμα 9.19 και με εξαέρωση από κάτω προς τα πάνω με πίεση όπως βλέπουμε στο σχήμα 9.20, ανάλογα με τον τύπο των φρένων που έχει το αεροσκάφος.



- bleeder valve = βαλβίδα εξαέρωσης
- lower inboard screw = κάτω εσωτερικός κοχλίας
- bleeder tube = σωλήνας εξαέρωσης
- wheel jack = υποδοχή τροχού
- container = δοχείο

Σχήμα 9.19: Μέθοδος εξαέρωσης από πάνω προς τα κάτω (με τη βαρύτητα)

Η εξαέρωση με αυτόν τον τρόπο που βλέπουμε στο σχήμα 9.19 γίνεται από μία από τις προβλεπόμενες βαλβίδες εξαερισμού του συστήματος. Αν το σύστημα φρένων είναι μέρος του κύριου υδραυλικού συστήματος χρησιμοποιείται υδραυλική συσκευή για την παροχή πίεσης. Ο αέρας εξέρχεται από το σύστημα με τη λειτουργία των φρένων.



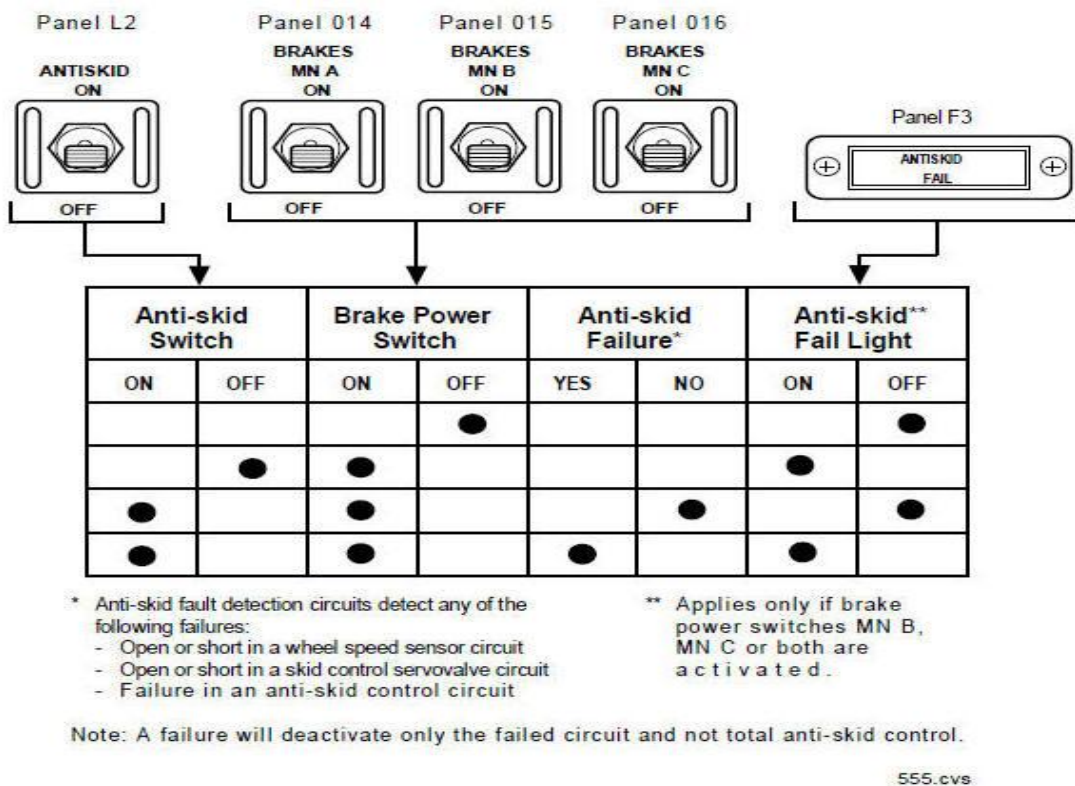
- pressure gauge =μανόμετρο
- filler plug =τάπα πλήρωσης
- air valve =βαλβίδα αέρος
- rigid nozzle =άκαμπτο ακροφύσιο
- flexible nozzle =εύκαμπτο ακροφύσιο

Σχήμα 9.20: Μέθοδος εξαέρωσης από κάτω προς τα πάνω (με πίεση)

Στην μέθοδο εξαέρωσης του σχήματος 9.20 με πίεση, ο αέρας εξέρχεται από τη δεξαμενή υγρού του συστήματος φρένων. Μία δεξαμενή εξαέρωσης η οποία περιέχει υδραυλικό υγρό με πίεση και βαλβίδα αέρα χρησιμοποιείται στο σύστημα για την εξαέρωσή του. Για την εξαέρωση πρέπει να λαμβάνονται υπόψη αρκετές προφυλάξεις όπως είναι η καθαριότητα και η πληρότητα των συσκευών με το υγρό που συνιστά ο κατασκευαστής, η εξαέρωση πρέπει να διακοπεί μόνο όταν αφαιρεθεί όλος ο αέρας από το σύστημα και αυτό θα γίνει αντιληπτό και από την αντίσταση των πεταλιών και μετά την εξαέρωση να γίνεται έλεγχος της στάθμης του υδραυλικού υγρού της δεξαμενής.

9.4 Λειτουργία συστήματος αντιολίσθησης φρένων

Το σύστημα αντιολίσθησης ελέγχει και ελαχιστοποιεί την ολίσθηση των τροχών και αποτελείται από δύο γεννήτριες ελέγχου ολίσθησης, ένα κιβώτιο ελέγχου ολίσθησης, ένα διακόπτη ελέγχου ολίσθησης, δύο βαλβίδες ελέγχου ολίσθησης, μία προειδοποιητική φωτεινή ένδειξη όπως βλέπουμε και στο σχήμα 9.21 και μία καλωδίωση. Το σύστημα αυτό εκτελεί τέσσερις λειτουργίες, η πρώτη λειτουργία του είναι να ελέγχει την ολίσθηση των τροχών σε κανονική λειτουργία (όταν περιστρέφονται), η δεύτερη είναι να ελέγχει την ολίσθηση των τροχών όταν είναι μπλοκαρισμένοι, η τρίτη λειτουργία του είναι η προστασία κατά την επαφή του τροχού στο διάδρομο κατά την προσγείωση και η τέταρτη λειτουργία του είναι η προστασία από αστοχία του συστήματος πέδησης.



Anti-Skid Fail Light Status

- anti-skid fault detection circuits any of the following failures =αντιολίσθησης κυκλώματα ανίχνευσης σφαλμάτων οποιασδήποτε από τις ακόλουθες αστοχίες:
- open or short in a wheel speed sensor circuit = ανοικτό κύκλωμα ή βραχυκύκλωμα σε ένα κύκλωμα του αισθητήρα ταχύτητας τροχού
- open or short in a skid control servovalve circuit = ανοικτό κύκλωμα ή βραχυκύκλωμα σε ένα κύκλωμα βαλβίδα ελέγχου ολίσθησης ελέγχου
- failure in an anti skid control circuit=αποτυχία στο κύκλωμα ελέγχου αντιολίσθησης
- a failure will deactivate only the failed circuit and not total anti-skid control= μια αποτυχία θα απενεργοποιήσει μόνο το ελαττωματικό κύκλωμα και όχι το σύνολο των ελέγχων αντιολίσθησης

Σχήμα 9.21: Έλεγχος της κατάστασης του συστήματος αντιολίσθησης

Έλεγχος ολίσθησης σε κανονική λειτουργία

Το σύστημα αντιολίσθησης επεμβαίνει όταν αρχίσει η ολίσθηση και πριν προλάβει ο τροχός να ολισθαίνει πλήρως. Όσο μεγαλύτερη είναι η ολίσθηση τόσο μεγαλύτερη είναι η μείωση πίεσης του υγρού. Η βαλβίδα ελέγχου έχει ως σκοπό την μείωση της πίεσης του υγρού στο σύστημα φρένων του τροχού ο οποίος μπορεί να περιστρέφεται πιο γρήγορα χωρίς να ολισθαίνει. Οι γεννήτριες ελέγχου ολίσθησης μετρούν τη ταχύτητα περιστροφής του τροχού και προσαρμόζονται στον άξονα κάθε τροχού και περιστρέφονται μαζί του και παράγουν μία τάση και ηλεκτρικό σήμα. Η ένταση του σήματος είναι ανάλογη της ταχύτητας περιστροφής του τροχού και μεταφέρεται στο κιβώτιο ελέγχου ολίσθησης. Από εκεί λαμβάνει τα σήματα από τις γεννήτριες μεταβάλλει την έντασή τους και στέλνει τα κατάλληλα σήματα στα σωληνοειδή πηνία των βαλβίδων ελέγχου ολίσθησης. Τα πηνία των βαλβίδων διεγείρονται με τη σειρά τους και μειώνουν την πίεση του υγρού ανάλογα με την ένταση του σήματος. Με το πάτημα των πεταλιών η πίεση αυξάνεται αφού αρχικά περνά από τις βαλβίδες ελέγχου όπου τα σωληνοειδή μειώνουν την πίεση στα φρένα. Το σύστημα αντιολίσθησης μπορεί να τεθεί εκτός λειτουργίας από τον χειριστή.

Έλεγχος ολίσθησης σε μπλοκαρισμένο τροχό

Το σύστημα αντιολίσθησης απελευθερώνει πλήρως τον τροχό σε περίπτωση εμπλοκής του για να αυξήσει την ταχύτητα περιστροφής του. Το σύστημα ολίσθησης για μπλοκαρισμένο τροχό είναι εκτός λειτουργίας για ταχύτητες μικρότερες από 25 έως 30 km/h.

Προστασία κατά την επαφή του τροχού στο διάδρομο προσγείωσης

Με το σύστημα αυτό προστατεύονται τα φρένα του συστήματος κατά την επαφή των τροχών με το διάδρομο προσγείωσης ακόμη και αν τα πετάλια είναι πατημένα. Το κιβώτιο ελέγχου ολίσθησης για να στείλει στις βαλβίδες ελέγχου ολίσθησης τα σωστά σήματα πρέπει να ικανοποιηθούν δύο προϋποθέσεις: ο διακόπτης ελέγχου του φορτίου να στείλει σήμα ότι οι τροχοί έχουν πάρει το πλήρες βάρος του αεροσκάφους και οι γεννήτριες ελέγχου ολίσθησης στέλνουν σήμα όταν η ταχύτητα του τροχού υπερβεί τα 25 έως 30 km/h.

Προστασία από αστοχία του συστήματος πέδησης

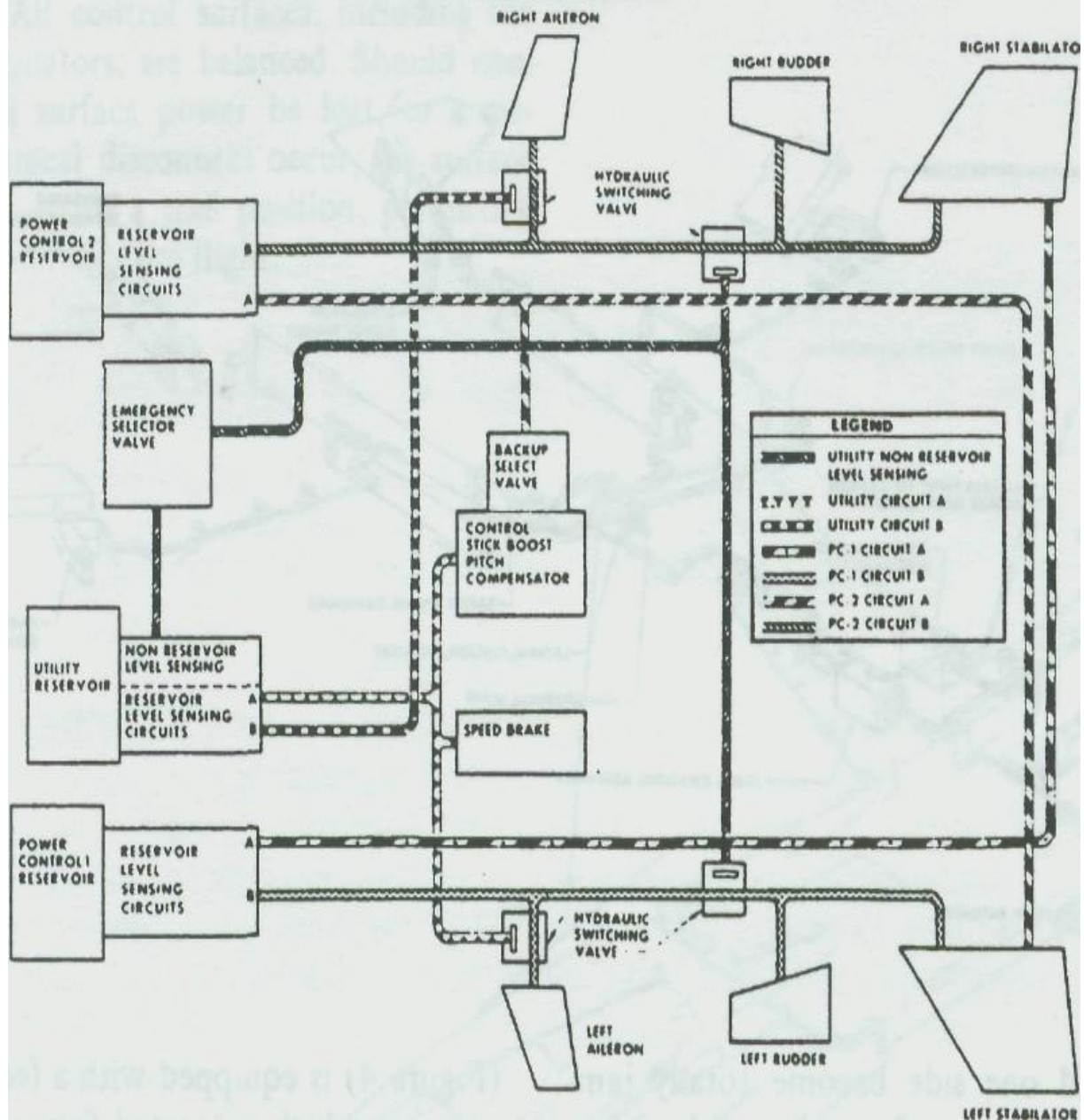
Ελέγχει τη λειτουργία του συστήματος αντιολίσθησης και σε περίπτωση αστοχίας το διακόπτει και το σύστημα λειτουργεί μόνο με την άσκηση πίεσης στα πετάλια από τον χειριστή.

10. ΕΠΙΦΑΝΕΙΕΣ ΕΛΕΓΧΟΥ ΠΤΗΣΕΩΣ

10.1 ΚΑΤΗΓΟΡΙΕΣ ΕΠΙΦΑΝΕΙΩΝ ΕΛΕΓΧΟΥ ΠΤΗΣΕΩΣ

Οι επιφάνειες ελέγχου πτήσεως αποτελούνται από διάφορα υδραυλικά συστήματα και μη τα οποία μας εξασφαλίζουν τον απόλυτο έλεγχο του αεροσκάφους εν πτήση. Οι επιφάνειες αυτές ευθύνονται για την απογείωση του αεροσκάφους, την προσγείωσή του, την βοήθεια της ελαχιστοποίησης της ταχύτητάς του με τα αερόφρενα και την ευελιξία του αεροσκάφους με διάφορους ελιγμούς που μπορεί να πραγματοποιήσει με τις επιφάνειες αυτές. Στα σύγχρονα αεροσκάφη οι εντολές στις επιφάνειες ελέγχου πραγματοποιούνται από ηλεκτρονικά κυκλώματα και η διατήρηση της ευστάθειας και της πτήσης του αεροσκάφους εξασφαλίζεται από αισθητήρες οι οποίοι είναι τοποθετημένοι στα διάφορα μέρη του αεροσκάφους. Οι αισθητήρες αυτοί ελέγχουν τις συνθήκες πτήσης και δίνουν πληροφορίες για διορθώσεις για την ασφαλή πτήση. Οι επιφάνειες ελέγχου είναι τα πτερύγια καμπυλότητας του αεροσκάφους, τα αερόφρενα, οι κύριες, οι βοηθητικές, οι μικτές και οι δευτερεύουσες επιφάνειες ελέγχου, τα πηδάλια κλίσεως, τα μικτά πηδάλια ανόδου – καθόδου διεύθυνσης και κλίσεως, ουραία πηδάλια κλίσεως και τα μικτά πτερύγια καμπυλότητας χείλους εκφυγής. Παλιότερα τα πηδάλια ελέγχου του αεροσκάφους κινούνταν από τον πιλότο με συρματόσκοινα και τροχαλίες ενώ σήμερα που τα αεροσκάφη είναι ταχύτερα και με μεγαλύτερες επιφάνειες αυτό είναι αδύνατον λόγω των μεγάλων δυνάμεων που αναπτύσσονται πάνω τους, έτσι πραγματοποιείται με βοηθητικά συστήματα (σερβομηχανικά υδραυλικά υποσυστήματα) για την μετάδοση της κίνησης. Ο χειριστής αντιλαμβάνεται έτσι μια μικρή αντίσταση στα χειριστήρια που του εξασφαλίζει μία αίσθηση της σωστής λειτουργίας τους. Σε μερικά αεροσκάφη υπάρχει και ένα εφεδρικό ανεξάρτητο σύστημα ελέγχου του αεροσκάφους που λειτουργεί σε περίπτωση βλάβης του κεντρικού συστήματος πτήσης. Στα παρακάτω σχήματα 10.1,10.2,10.3,10.4,10.5 μπορούμε να δούμε τις επιφάνειες ελέγχου πτήσεως του αεροσκάφους και τον τρόπο που είναι συνδεδεμένες και λειτουργούν. Το αεροσκάφος έχει τρεις άξονες το διαμήκη, τον εγκάρσιο και τον κάθετο άξονα που περιστρέφεται σε αυτούς ανάλογα με την εντολή που δίνει ο χειριστής του από τα χειριστήρια και πετάλια. Τα πηδάλια ανόδου και καθόδου ενεργοποιούνται από την κίνηση του χειριστηρίου προς τα εμπρός και προς τα πίσω, τα πηδάλια κλίσεως ενεργοποιούνται από την κίνηση του χειριστηρίου προς τα δεξιά και αριστερά και το πηδάλιο διεύθυνσης ενεργοποιείται με το πάτημα του δεξιού και του αριστερού πεταλιού. Ακόμη υπάρχουν και τα πτερύγια αντιστάθμισης τα οποία λειτουργούν με το εφεδρικό σύστημα σε περίπτωση αστοχίας του κύριου συστήματος ελέγχου.

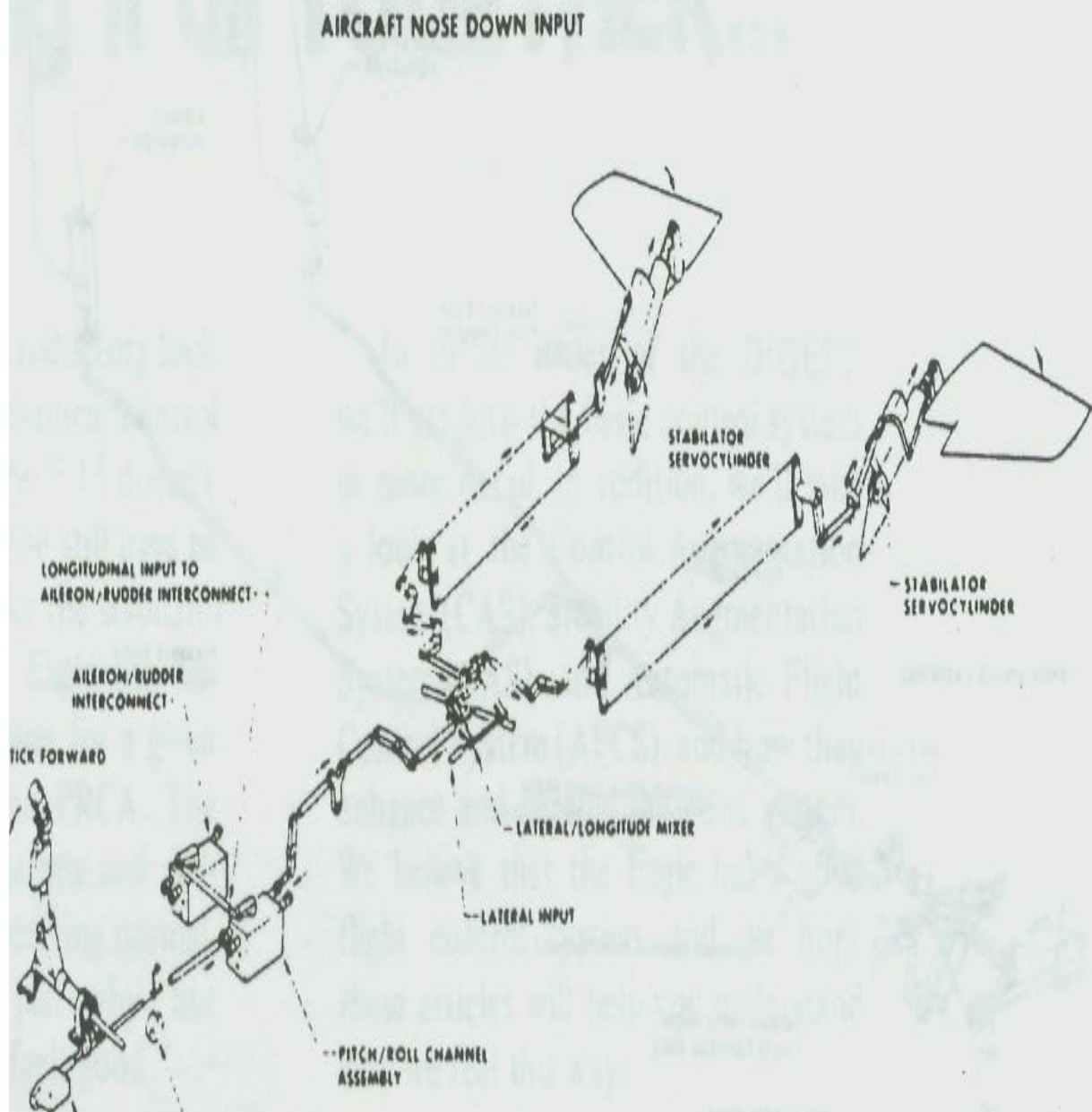
FIGURE 1 - FLIGHT CONTROL SYSTEM HYDRAULIC DIAGRAM



- power control reservoir = δεξαμενή ελέγχου ισχύος
- aileron = πηδάλιο κλίσεως αέρος
- rudder = πηδάλιο
- emergency selector valve = βαλβίδα επιλογής έκτακτης ανάγκης
- hydraulic switching valve = βαλβίδα μεταγωγής υδραυλικού
- control stick boost pitch compensator = έλεγχος του αντισταθμιστή
- speed brake = πέδηση (φρένα) ταχύτητας

Σχήμα 10.1: Διάγραμμα υδραυλικών συστημάτων ελέγχου πτήσης

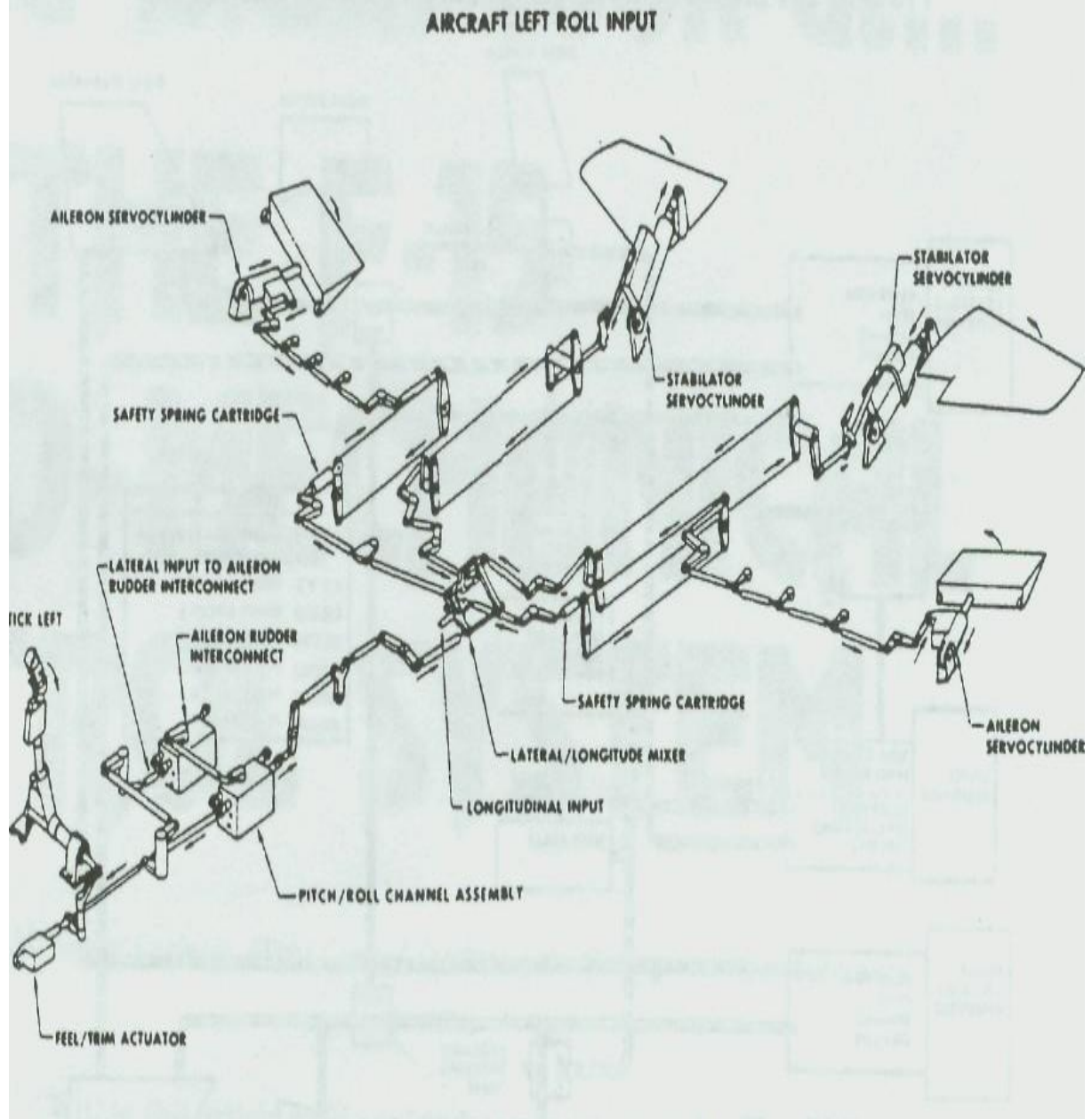
FIGURE 2 - FLIGHT CONTROL SYSTEM – LONGITUDINAL CONTROLS



- longitudinal input to aileron / rudder interconnect = διαμήκη είσοδος διασύνδεσης πηδάλιου και πηδάλιου κλίσεως
- lateral / longitude mixer= πλευρικής / γεωγραφικό μήκος αναμίκτη
- lateral input= πλευρική είσοδος

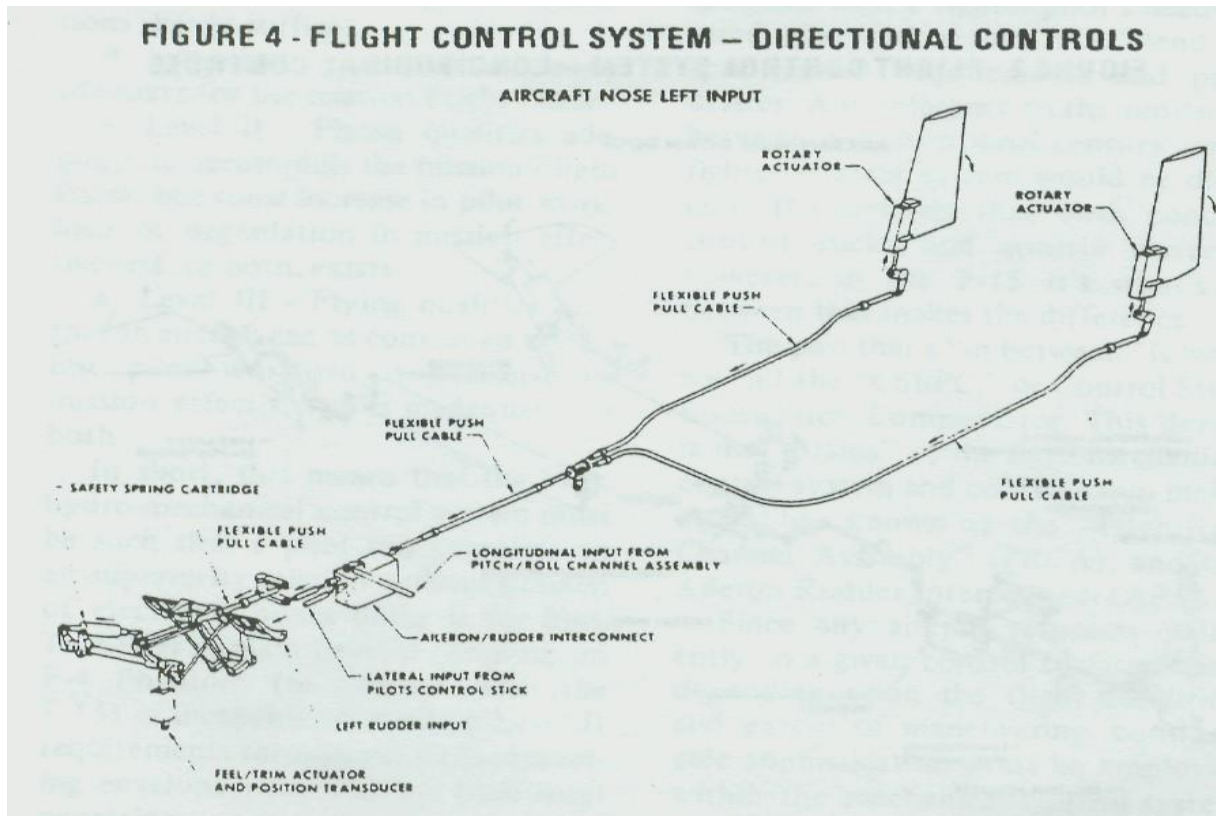
Σχήμα 10.2: Διαμήκεις έλεγχοι συστήματος

FIGURE 3 - FLIGHT CONTROL SYSTEM – LATERAL CONTROLS



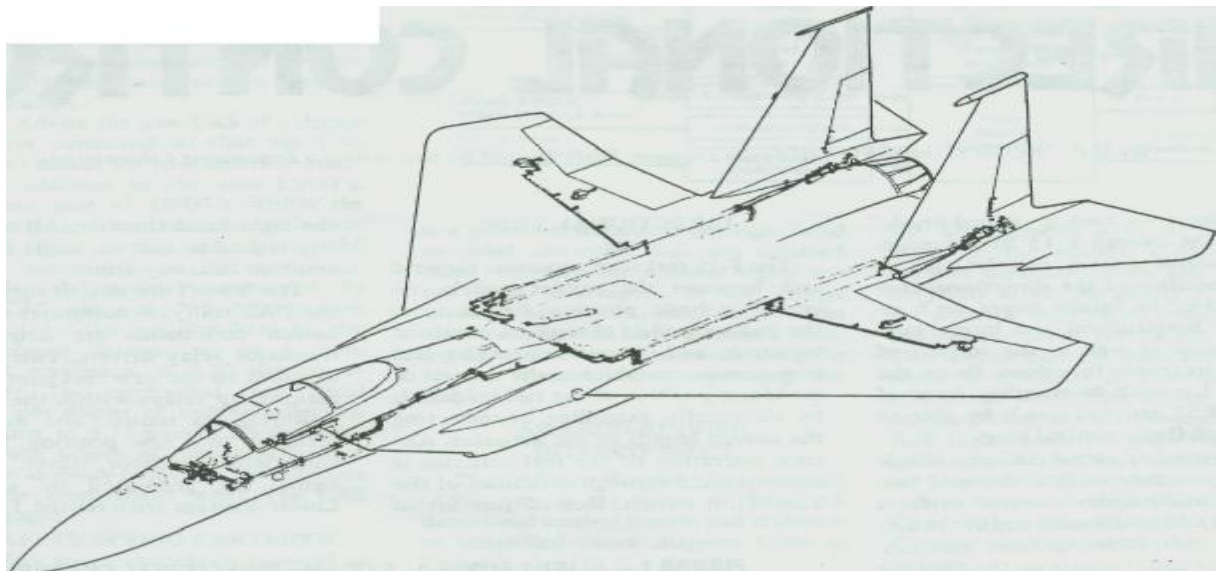
- safety springs cartridge = φυσίγγιο ελατηρίου ασφαλείας
- lateral / longitude mixer = πλευρικής / γεωγραφικό μήκος αναμίκτη
- lateral input to aileron / rudder interconnect = πλευρική είσοδος διασύνδεσης πηδάλιου και πηδάλιου κλίσεως

Σχήμα 10.3: πλευρικοί έλεγχοι συστήματος



- rotary actuator =περιστροφικό ενεργοποιητή
- flexible push pull cable= ευέλικτος σωλήνας ώθησης

Σχήμα 10.4: Έλεγχος κατεύθυνσης συστήματος



Σχήμα 10.5: Ολοκληρωμένη σύνδεση των παραπάνω συστημάτων επιφανειών ελέγχου πτήσης

11. ΣΩΛΗΝΩΣΕΙΣ ΥΔΡΑΥΛΙΚΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΚΑΙ ΠΡΟΛΗΨΗ ΔΙΑΡΡΟΩΝ

11.1 ΟΙ ΣΩΛΗΝΩΣΕΙΣ ΤΟΥ ΥΔΡΑΥΛΙΚΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ

Οι σωληνώσεις είναι όλες οι μορφές των αγωγών μέσω των οποίων διακινούνται τα υδραυλικά ρευστά μεταξύ των στοιχείων του υδραυλικού συστήματος. Οι αγωγοί αυτοί έχουν τη μορφή χαλυβδοσωλήνων με ραφή ή χωρίς ραφή, εύκαμπτων σωληνώσεων και διόδων σε συγκροτήματα πολλαπλών υποδοχών. Ακόμη γίνεται χρήση εύκαμπτων σωληνώσεων οι οποίες χρησιμοποιούνται σε διάφορα τμήματα όπου υπάρχουν κινούμενα μέρη, κραδασμοί, υδραυλικά πλήγματα και άλλα σημεία του αεροσκάφους που είναι δύσκολο να χρησιμοποιηθούν απλοί χαλυβδοσωλήνες. Οι εύκαμπτοι αυτοί σωλήνες απορροφούν ένα μέρος των κραδασμών χωρίς τον κίνδυνο ρωγμών ή σπασίματος και διακοπής της κυκλοφορίας του υδραυλικού υγρού. Το μειονέκτημα τους είναι ότι η ελαστικότητά τους μπορεί να μειώσει την ακρίβεια λεπτών ρυθμίσεων σε μηχανές μεγάλης ακρίβειας όπως είναι οι μηχανές που ελέγχονται από σερβοβαλβίδες. Οι υδραυλικοί δίοδοι συναντώνται σε συγκροτήματα διόδων πολλαπλών επιλογών. Η διάμετρος των σωληνώσεων επιλέγεται από νομογραφήματα που συνιστούν οι κατασκευαστές ανάλογα με την πίεση που απαιτείται την ταχύτητα του υδραυλικού υγρού αλλά και άλλων παραμέτρων του συστήματος. Συνήθως στις γραμμές πίεσεως η ταχύτητα του υδραυλικού υγρού κυμαίνεται από 3 έως 6 m/sec, στις γραμμές επιστροφής κυμαίνεται από 2 έως 4 m/sec και στις γραμμές αναρροφήσεως κυμαίνεται από 0,2 έως 1,2 m/sec

Χαλυβδοσωλήνες

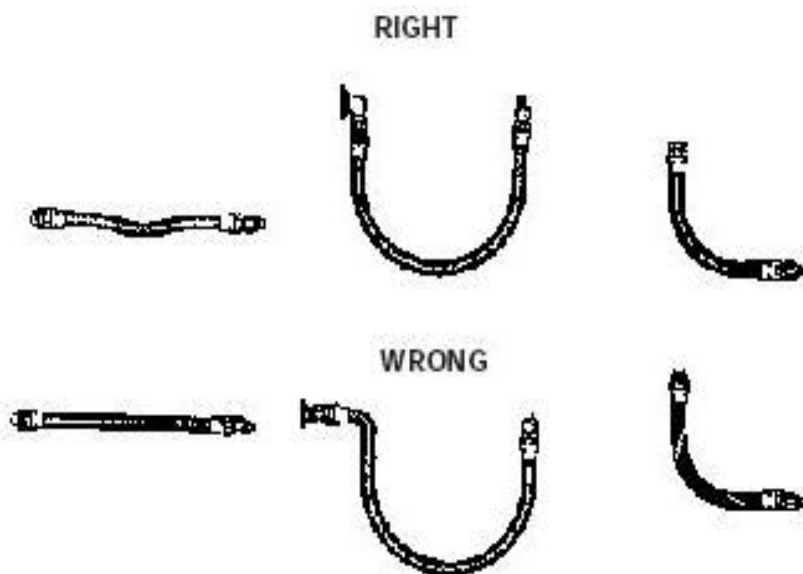
Οι χαλυβδοσωλήνες είναι κατασκευασμένοι από ανθρακούχο χάλυβα και διαφέρουν ως προς τη εσωτερική και εξωτερική διάμετρό τους, την διερχόμενη παροχή και την πίεση της λειτουργίας που αντέχουν. Οι σωλήνες στις γραμμές πίεσεως είναι χαλυβδοσωλήνες με ραφή οι οποίες έχουν υποστεί ειδική κατεργασία χημικού καθαρισμού. Κατά την επιλογή χαλυβδοσωλήνων απαραίτητη προϋπόθεση είναι η εσωτερική διάμετρος του σωλήνα για την διέλευση του υγρού (παροχή) αλλά και η εξωτερική διάμετρος του σωλήνα για την πίεση που αντέχει χωρίς να αστοχήσει. Η ένωση των χαλυβδοσωλήνων και οι διακλαδώσεις γίνονται με στεγανούς συνδέσμους που εξασφαλίζουν στεγανότητα και δυνατότητα εύκολης εγκατάστασης και αποσύνδεσης στο σύστημα (ταχυσύνδεσμοι).

Εύκαμπτοι σωλήνες

Οι εύκαμπτοι σωλήνες είναι κατασκευασμένοι από συνθετικό ελαστικό με αλλεπάλληλα στρώματα ενισχύσεως από πλαστικό ή χάλυβα όπως βλέπουμε στο σχήμα 11.1. Οι σωλήνες αυτοί χρησιμοποιούνται σε σημεία του συστήματος που υφίσταται κραδασμούς και κινήσεις. Η σύνδεση των σωλήνων αυτών με τους υπόλοιπους χαλυβδοσωλήνες γίνεται με μηχανικό τρόπο και με ειδικούς συνδέσμους. Ανάλογα με την περίπτωση της γραμμής πίεσεως χρησιμοποιούνται διάφοροι εύκαμπτοι σωλήνες όπως βλέπουμε στο σχήμα 11.2.



Σχήμα 11.1: Ελαστικοί σωλήνες



- right = σωστό
- wrong = λάθος

Σχήμα 11.2: Εύκαμπτοι σωλήνες

Συγκροτήματα διόδων

Τα συγκροτήματα διόδων είναι κατασκευασμένα από συμπαγή χάλυβα πάνω στα οποία ανοίγονται δίοδοι (διαμπερείς οπές) για την συνένωση και διακλάδωση των σωληνώσεων. Πάνω στο συγκρότημα αυτό τοποθετούνται και βαλβίδες. Τα συγκροτήματα των διόδων βοηθούν στις βαριές εγκαταστάσεις που δέχονται υψηλές πιέσεις για την ανθεκτικότητά τους αλλά και τη μείωση των διαρροών αντικαθιστώντας τις πολλές σωληνώσεις και τους πολλούς συνδέσμους που τοποθετούνται στο σύστημα.

11.2 ΕΙΔΙΚΕΣ ΦΡΟΝΤΙΔΕΣ ΔΙΑΦΟΡΩΝ ΣΗΜΕΙΩΝ ΤΟΥ ΥΔΡΑΥΛΙΚΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΚΑΙ ΠΡΟΛΗΨΗ ΣΤΕΓΑΝΟΤΗΤΑΣ ΚΑΙ ΔΙΑΡΡΟΩΝ

Λόγο των υψηλών πιέσεων μέσα στις σωληνώσεις και στα διάφορα εξαρτήματα του υδραυλικού συστήματος εμφανίζονται διαρροές στο σύστημα οι οποίες προκαλούν απώλεια ισχύος και κακό βαθμό στην απόδοση. Οι διαρροές σε ένα υδραυλικό σύστημα μπορεί να είναι εσωτερικές ή εξωτερικές διαρροές. Οι εσωτερικές διαρροές αυξάνουν με τη φθορά διάφορων εξαρτημάτων του συστήματος με τη μακροχρόνια χρήση και δημιουργούν εκτός από απώλεια ενέργειας και εσωτερικές ανωμαλίες του συστήματος οι οποίες μπορούν να οδηγήσουν σε προβλήματα στη ροή του υγρού. Συνήθως οι εσωτερικές διαρροές δεν φαίνονται εξωτερικά με το μάτι διότι το ρευστό ρέει προς την δεξαμενή του συστήματος. Οι εξωτερικές διαρροές είναι αυτές που διακρίνουμε εξωτερικά του συστήματος και έχουμε την ολική καταστροφή του υδραυλικού υγρού. Ο λόγος που δημιουργούνται οι εξωτερικές διαρροές είναι οι κραδασμοί που υπάρχουν στο σύστημα, η λανθασμένη εγκατάσταση των συνδέσμων καθώς και από τις υπερθερμάνσεις του ρευστού καταστρέφονται οι δακτύλιοι στεγανότητας

Προληπτικές ενέργειες κατά την εγκατάσταση των σωληνώσεων και των εξαρτημάτων του υδραυλικού συστήματος

Το υδραυλικό σύστημα είναι ένα απαιτητικό σύστημα του αεροσκάφους το οποίο χρειάζεται μεγάλη προσοχή και υπευθυνότητα κατά την εγκατάσταση των εξαρτημάτων, πόσο μάλλον την αρχική εγκατάσταση και τη μελέτη που πρέπει να πραγματοποιηθεί για την ομαλή επίτευξη του. Μία από τις ενέργειες που πρέπει να πραγματοποιηθούν είναι η αναρρόφηση της αντλίας να είναι μεγαλύτερης διαμέτρου από την κατάθλιψη της ώστε να διευκολύνει την τη ροή του ρευστού. Το μεγάλο μήκος των σωλήνων, οι γωνίες και οι πολλοί σύνδεσμοι δημιουργούν προβλήματα στην πτώση πίεσης κατά την αναρρόφηση λόγω τριβών της ροής του υγρού. Ένα άλλο πρόβλημα είναι η αναρρόφηση αέρα στο σύστημα από συνδέσμους και φλάντζες που δεν είναι σωστά σφιγμένοι στην περιοχή αναρρόφησης της αντλίας. Οι

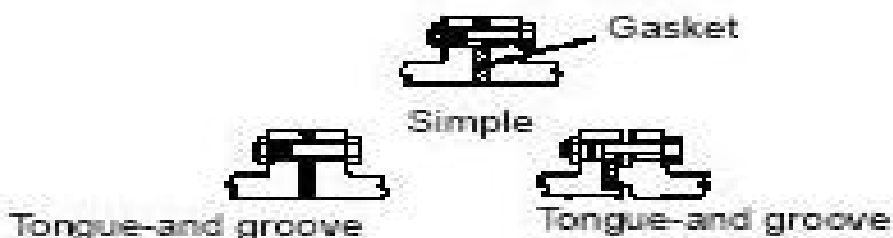
γραμμές πίεσεως και επιστροφής πρέπει να έχουν τις κατάλληλες διαστάσεις και μικρές αντιστάσεις για την αποφυγή των απωλειών ενέργειας λόγω τριβών.

Οι διάφορες μορφές στεγανότητας και οι περιοχές πιέσεων

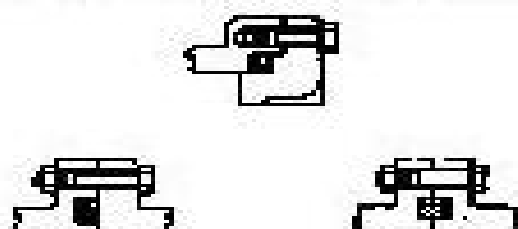
Η στεγανότητα στο υδραυλικό σύστημα έχει διάφορες μορφές και εξαρτάται από τον τρόπο στεγανότητας που μπορεί να είναι θετικής ή μη θετικής μορφής ακόμη εξαρτάται από την εφαρμογή της στεγανότητας αν είναι στατικής ή δυναμικής μορφής και τέλος εξαρτάται από την πίεση που απαιτείται για τη στεγανοποίηση. Η στεγανότητα θετικής μορφής επιτυγχάνεται με τους δακτυλίους που μπορεί να είναι κυκλικοί δακτύλιοι και διάφορες τσιμούχες και εμποδίζουν την οποιαδήποτε ποσότητα του ρευστού να διέλθει ενώ ένας μη θετικός τρόπος στεγανότητας επιτυγχάνεται με ολισθαίνον έμβολο το οποίο επιτρέπει μια μικρή ποσότητα διαρροής. Η στατική μορφή στεγανότητας δεν καταστρέφεται με τη λειτουργία του συστήματος αλλά παθαίνει μεγάλες φθορές από τις υπερθερμάνσεις του υγρού. Μια στατική μορφή στεγανότητας είναι η συμπίεση ενός στεγανοποιητικού μέσου φλάντζας μεταξύ των δύο σταθερών επιφανειών που πρόκειται να στεγανοποιηθούν όπως βλέπουμε στο σχήμα 11.3. Η δυναμική μορφή στεγανότητας χρησιμοποιείται όταν τα δύο τμήματα του υδραυλικού συστήματος κινούνται μεταξύ τους ή τουλάχιστον το ένα από αυτά διολισθαίνει στο στεγανοποιητικό μέσο και το φθείρει.

Οι περιοχές πιέσεων του ρευστού που λειτουργεί διαφέρουν από την εφαρμογή για την οποία προορίζονται. Οι περιοχές πιέσεων χωρίζονται σε τέσσερις κατηγορίες στην χαμηλή περιοχή που λειτουργούν οι εργαλειομηχανές γύρω στα 100 bar, η μέση περιοχή που είναι μέχρι 150 bar για χωματουργικά μηχανήματα και στα βιομηχανικά συστήματα και μέχρι 210 bar που είναι για την αεροπορία, την ναυτιλία και μερικά χωματουργικά μηχανήματα, στην υψηλή περιοχή πίεσης στα 350 bar που είναι για χωματουργικά μηχανήματα, βιομηχανικά συστήματα και στη ναυτιλία και η υπερύψηλη περιοχή μέχρι 1000 bar που είναι για πρέσες και ειδικές εφαρμογές που χρειάζεται η πίεση αυτή.

BASIC FLANGE JOINTS



METAL-TO-METAL JOINTS



- basic flange joints =βασική άρθρωση φλάντζας
- gasket =τσιμούχα-φλάντζα
- simple =απλή
- groove =εγκοπή
- metal to metal joints =άρθρωση μέταλλο με μέταλλο

Σχήμα 11.3: Φλάντζες - δακτύλιοι και διάφορα παρεμβάσματα

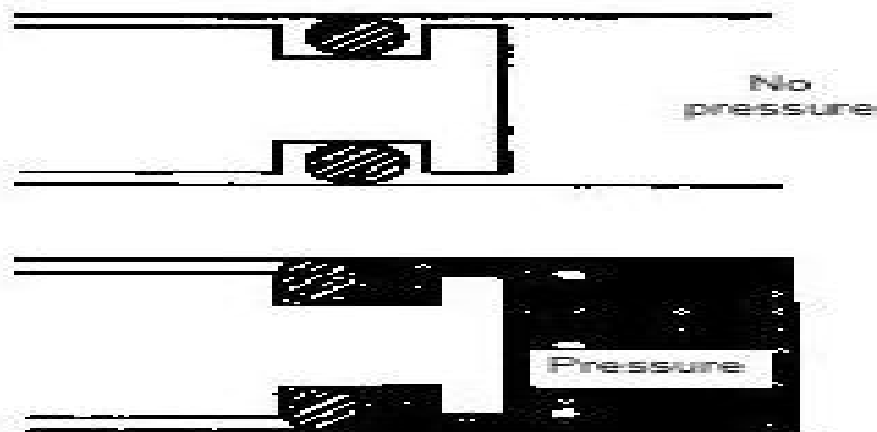
Διάφορες μορφές δακτυλίων στεγανότητας και κυκλικά παρεμβάσματα

Οι δακτύλιοι στεγανότητας μπορεί να είναι διαφόρων μορφών όπως κυκλικοί δακτύλιοι, δακτύλιοι διατομής T, δακτύλιοι με χείλη και δακτύλιοι εμβόλων και τα κυκλικά παρεμβάσματα που χρησιμοποιούνται για την στεγανοποίηση. Το υλικό που χρησιμοποιείται για την στεγανοποίηση είναι διάφορες μορφές συνθετικού ελαστικού όπως σιλικόνη, νιτρίλιο, νεοπρέν και τεφλόν. Χρησιμοποιούνται σε όλα τα συνηθισμένα ορυκτέλαια και έχουν την ικανότητα να διατηρούν τα χαρακτηριστικά τους στις διάφορες θερμοκρασίες που εκτίθενται.

Κυκλικοί δακτύλιοι και κυκλικά παρεμβάσματα

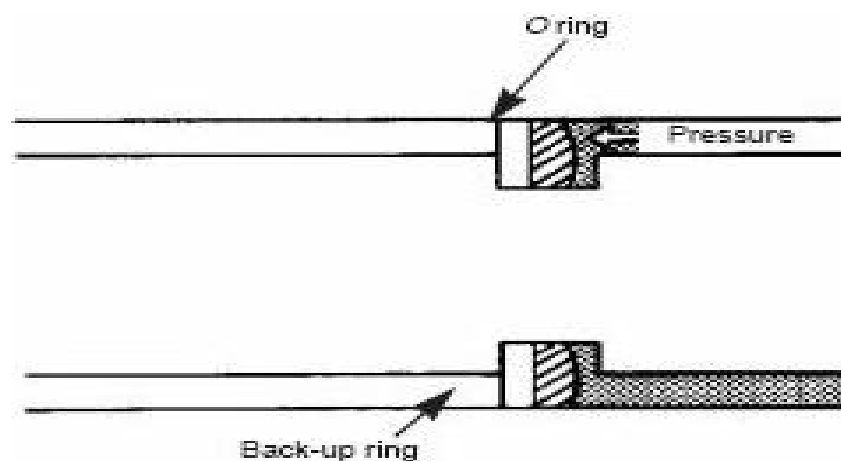
Οι κυκλικοί δακτύλιοι όπως βλέπουμε στο σχήμα 11.4 κατασκευάζονται από συνθετικό ελαστικό, έχουν κυκλική διατομή και είναι ο συνηθέστερος τύπος στεγανότητας που χρησιμοποιείται στα υδραυλικά συστήματα και εγκαθίσταται σε

κυκλικά αυλάκια υποδοχής σε ένα από τα δύο τμήματα που πρόκειται να στεγανοποιηθούν. Η στεγανοποίηση επιτυγχάνεται με την σύσφιξη των δύο τμημάτων και την πίεση του ρευστού. Οι δακτύλιοι αυτοί χρησιμοποιούνται σε στατική κατάσταση και πρέπει να είναι ικανοί να αντέχουν τις υψηλές θερμοκρασίες του ρευστού και να τοποθετούνται σωστά εφόσον έχει καθαριστεί σωστά η περιοχή. Επειδή οι κυκλικοί δακτύλιοι έχουν την τάση να συμπιέζονται ανάμεσα στα διάκενα των δύο επιφανειών και μερικές φορές να καταστρέφονται εγκαθίσταται στο σημείο αυτό κυκλικό παρέμβασμα όπως βλέπουμε στο σχήμα 11.5 διατομής παραλληλόγραμμου.



- pressure=με πίεση
- no pressure =χωρίς πίεση

Σχήμα 11.4: Κυκλικοί δακτύλιοι

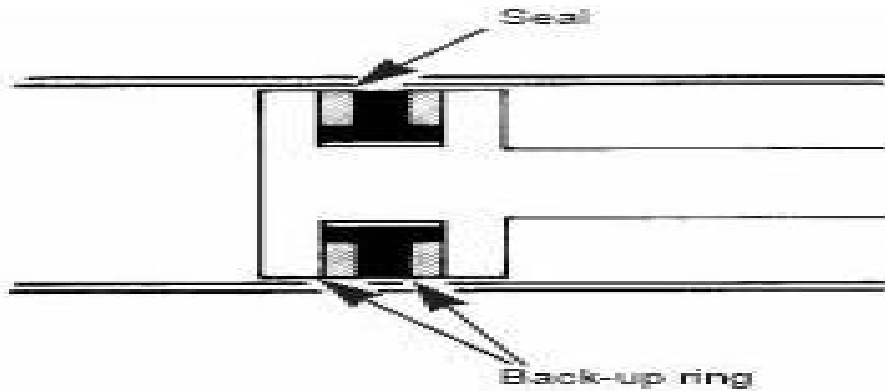


- o-ring = δακτύλιος τύπου ο (στεγανοποιητικός)
- back up ring = υποβοήθηση δακτυλίου

Σχήμα 11.5: Κυκλικά παρεμβάσματα

Δακτύλιοι διατομής T

Οι δακτύλιοι διατομής T όπως βλέπουμε στο σχήμα 11.6 είναι κατασκευασμένοι από συνθετικό ελαστικό και ενισχύονται από κυκλικά παρεμβάσματα και από τις δύο πλευρές χρησιμοποιούνται στους υδραυλικούς κυλίνδρους για την στεγανοποίηση των εμβόλων τους

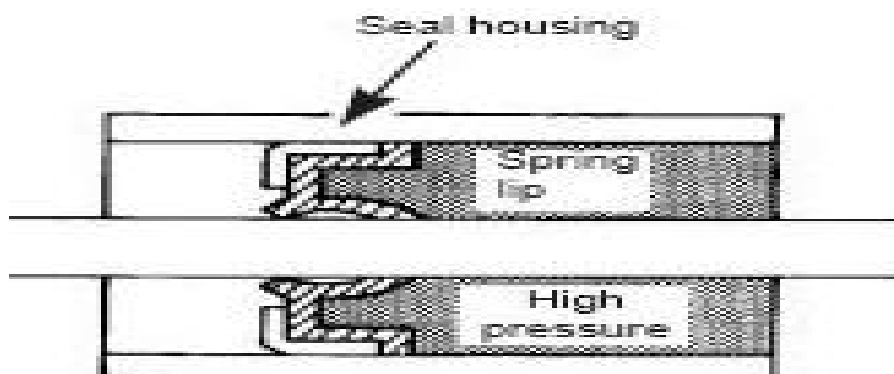


- seal = σφράγιση
- back up ring = υποβοήθηση δακτυλίου

Σχήμα 11.6: Δακτύλιοι διατομής T

Δακτύλιοι με χείλη

Οι δακτύλιοι αυτοί είναι από συνθετικό ελαστικό και αποτελούνται από μία βάση με χείλη που προσαρμόζονται στον περιστρεφόμενο άξονα με ένα ελατήριο που βρίσκεται στο εσωτερικό τους και συγκρατούνται όρθια όπως βλέπουμε στο σχήμα 11.7. Οι δακτύλιοι αυτοί είναι μέσα θετικής στεγανότητας και υπάρχουν διάφορες μορφές.

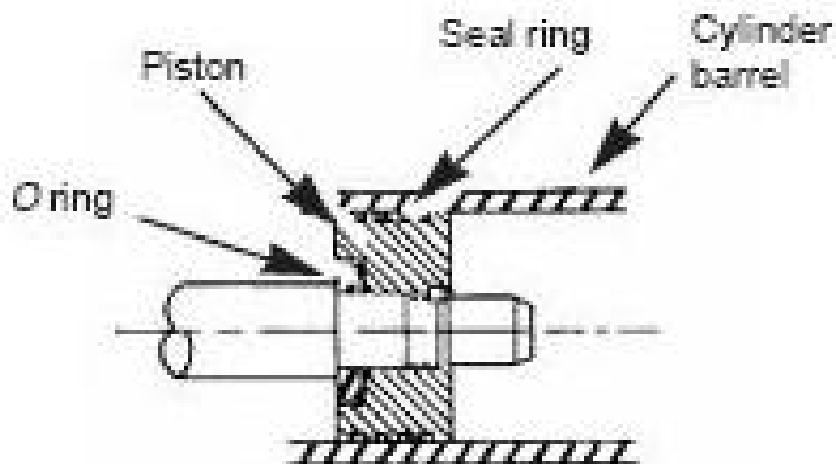


- seal housing= περίβλημα στεγανοποίησης
- spring lip =χείλος ελατηρίου
- high pressure = υψηλή πίεση

Σχήμα 11.7: Δακτύλιοι με χείλη

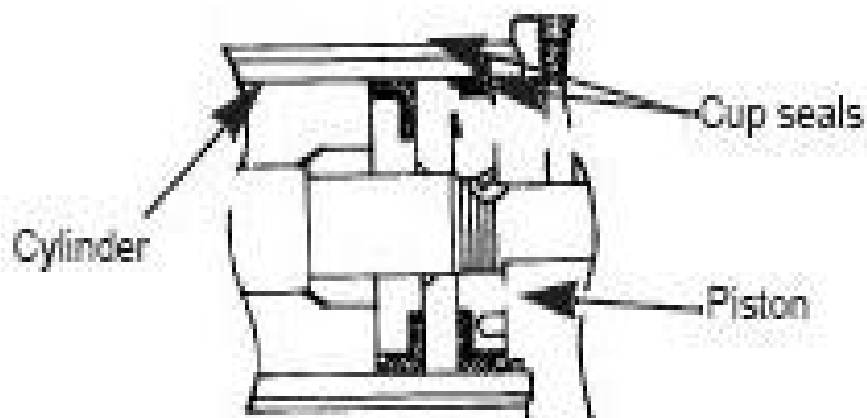
Δακτύλιοι εμβόλων

Οι δακτύλιοι εμβόλων όπως βλέπουμε στο σχήμα 11.8 και 11.9 είναι κατασκευασμένοι από χυτοσίδηρο ή από λειασμένο χάλυβα και στεγανοποιούν τα έμβολα των κυλίνδρων. Υπάρχουν διάφοροι δακτύλιοι εμβόλων για κάθε περίπτωση όπως σχήματος V,U,L και οι τριβές αντιστάσεως που παρουσιάζουν είναι πολύ λιγότερες από αυτές των συνθετικών δακτυλίων.



- cylinder barrel = βερέλι κυλίνδρου
- o-ring = δακτύλιος τύπου ο (στεγανοποιητικός)
- Seal ring = σφραγιστικός δακτύλιος ο

Σχήμα 11.8: Δακτύλιοι εμβόλων



- Cup seals =τσιμούχα

Σχήμα 11.9: Δακτύλιοι εμβόλων και στεγανοποιητικό παρέμβασμα

11.3 Η ΟΡΘΗ ΣΧΕΔΙΑΣΗ, ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΤΟΥ ΥΔΡΑΥΛΙΚΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΚΑΙ ΟΙ ΣΥΝΘΗΚΕΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ ΤΟΥ

Για την κατασκευή ενός υδραυλικού συστήματος ενός αεροσκάφους αλλά και οποιαδήποτε άλλη κατασκευή πρέπει να γίνει η κατάλληλη μελέτη. Βέβαια το υδραυλικό σύστημα του αεροσκάφους χρειάζεται ιδιαίτερη προσοχή στη σχεδίαση και τη μελέτη που θα έχει προηγηθεί. Στο υδραυλικό σύστημα του αεροσκάφους απαραίτητη προϋπόθεση είναι το σύστημα να μην γίνει πολύ βαρύ από τις πολλές σωληνώσεις και τους συνδέσμους που θα χρησιμοποιηθούν για τη ροή του υδραυλικού υγρού. Για το σκοπό αυτό έχουν κατασκευαστεί διάφορες βαλβίδες (ένθετες) οι οποίες εδράζονται σε κατάλληλη βάση απευθείας στα συγκροτήματα των πολλαπλών διόδων. Οι βαλβίδες αυτές δεν παρουσιάζουν εξωτερικές διαρροές αλλά μόνο ελάχιστες εσωτερικές. Όταν το υδραυλικό σύστημα σχεδιαστεί κατά την εγκατάστασή του στο αεροσκάφος πρέπει να δοθεί μεγάλη προσοχή στα στηρίγματα και στην σύσφιξη των συνδέσμων (στεγανοποιητικοί δακτύλιοι, παρεμβάσματα κ.α.) για την αποφυγή διαρροών με τους κραδασμούς. Ο χώρος που θα τοποθετηθούν οι σωλήνες και τα διάφορα εξαρτήματα πρέπει να είναι καθαρός. Κυρίαρχο ρόλο στην διάρκεια ζωής του υδραυλικού συστήματος παίζει εκτός από την ποιότητα των υλικών που θα χρησιμοποιηθούν και η καθαριότητά τους, η καταλληλότητα του ρευστού, η θερμοκρασία του, η δυνατότητα λίπανσης του και η πίεσή του για την αποφυγή της καταστροφής των δακτυλίων στεγανοποίησης. Αν ένα αεροσκάφος έχει διαρροές εξωτερικές εκτός από τις βλάβες που θα προκληθούν στο αεροσκάφος είναι και η ρύπανση του περιβάλλοντος για αυτό χρειάζεται η συνεχή επιθεώρηση και συντήρηση του αεροσκάφους από εξειδικευμένο προσωπικό και την ενημέρωσή του από τους χειριστές του αεροσκάφους για τυχόν βλάβες.

12. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Η εργασία αυτή αποτελεί ένα εγχειρίδιο για την εκμάθηση των υδραυλικών συστημάτων των πολεμικών αεροσκαφών . Με βάση την προσωπική εμπειρία μου την οποία απέκτησα μέσα από την υλοποίηση της πρακτικής μου άσκησης στην ελληνική αεροπορική βιομηχανία στο συνεργείο των πολεμικών αεροσκαφών τύπου *fandom f-4E* και την πολύτιμη βοήθεια του επιβλέποντα καθηγητή μου κ. Καλαράκη Αλέξανδρου και του κ. Σωτηρόπουλου Γεώργιου προϊστάμενου του συνεργείου μετά από συνεννόηση, δημιουργήσαμε ένα εγχειρίδιο στα πλαίσια πτυχιακής άσκησης . Το εγχειρίδιο αυτό παρέχει πληροφορίες στον αναγνώστη για τα υδραυλικά συστήματα των μαχητικών αεροσκαφών ,τον τρόπο λειτουργίας τους ,τις διαδικασίες της συντήρησής τους και του ελέγχου βάση διεθνών προδιαγραφών και της ελληνικής αεροπορικής βιομηχανίας ,οι οποίες μπορούν να φανούν χρήσιμες σε εργαζόμενους οι οποίοι προορίζονται για την συντήρηση των υδραυλικών συστημάτων .Τα υδραυλικά συστήματα των πολεμικών αεροσκαφών ήταν ένα βασικό κομμάτι στο οποίο ασχολήθηκα από την εκτέλεση της πρακτικής μου άσκησης το οποίο βρίσκεται σχεδόν σε όλο το αεροσκάφος και η χρησιμότητά του σε αυτό είναι πολύ μεγάλη. Το εγχειρίδιο αυτό κατά τη γνώμη μου μπορεί να δίνεται σε φοιτητές οι οποίοι θα υλοποιήσουν την πρακτική τους άσκηση πάνω στα υδραυλικά συστήματα των πολεμικών αεροσκαφών ή ακόμη μπορεί να δίνεται και από την εταιρία(π.χ. E.A.B)σε νέους εργαζόμενους οι οποίοι προορίζονται για την συντήρηση ή την τοποθέτηση των υδραυλικών συστημάτων των μαχητικών αεροσκαφών. Με αυτό τον τρόπο μπορεί να αναγνωρίσει ο αναγνώστης τον τρόπο που λειτουργούν τα υδραυλικά συστήματα στο αεροσκάφος ,τις απαιτήσεις που έχουν κατά την συντήρησή τους αλλά και η ιδιαίτερη προσοχή που πρέπει να δοθεί πάνω σε ορισμένα σημεία του συστήματος κατά την τοποθέτησή του ή την συντήρησή του. Έτσι οι γνώσεις που θα εξασφαλίσει ο νέος εργαζόμενος κατά την ανάγνωση του εγχειριδίου αυτού μπορούν να τον καθοδηγήσουν πάνω σε αυτό το αντικείμενο και να ελαχιστοποιήσουν τυχόν λάθη τα οποία μπορούν να οδηγήσουν σε μείωση της παραγωγικότητας του συνεργείου είτε για την λύση του προβλήματος που θα έχει δημιουργηθεί είτε για την εκμάθηση του εργαζόμενου . Όλα όσα περιγράφω και έχω αναλύσει στην πτυχιακή αυτή εργασία τα αντιμετωπίσα κατά την εκτέλεση της πρακτικής μου άσκησης και αναφέρω κατά τη γνώμη μου τις απαραίτητες γνώσεις τις οποίες πρέπει να έχει ένας νέος αργαζόμενος ο οποίος θα δουλέψει πάνω στα υδραυλικά συστήματα του πολεμικού αεροσκάφους για την εκπλήρωση των καθηκόντων του αλλά και την ασφάλεια του . Έτσι ο νέος εργαζόμενος θα είναι έτοιμος για αυτά που θα έχει να αντιμετωπίσει στα υδραυλικά συστήματα του αεροσκάφους και ικανός για την επίλυση κάθε είδους προβλήματος πάνω σε αυτά.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

ΚΑΡΑΚΙΟΖΟΓΛΟΥ Γ., Τεχνολογία αεροσκαφών I, οργανισμός εκδόσεων διδακτικών βιβλίων, Αθήνα 2007

ΜΑΥΡΙΔΗΣ Δ.Α., Εγχειρίδιο υδραυλικών συστημάτων, εκδόσεις βιομηχανική τεχνολογία, Αθήνα, 1987

ΜΙΧΑΛΑΣ Ε., Συντήρηση αεροσκαφών ,άλφα εκδοτική, Αθήνα, 2002

ΓΙΑΝΝΑΚΟΠΟΥΛΟΣ Κ., Υδραυλική ισχύς, εκδόσεις Σταμούλη Α.Ε., 1999

ΚΑΡΚΑΝΙΑΣ Κ., Τεχνολογία αεροσκαφών τόμος Α, άλφα εκδοτική , Αθήνα , 2003

ΚΑΡΚΑΝΙΑΣ Κ., Τεχνολογία αεροσκαφών τόμος Γ, άλφα εκδοτική, Αθήνα

PETER ROHNER, Industrial Hydraulic Control, εκδόσεις Prentice hall PTR, 1987

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ ΣΧΗΜΑΤΩΝ

ΚΕΦΑΛΑΙΟΥ 1

Σχήμα 1.1

<http://users.sch.gr/apouliassis/pasc.htm>

Σχήμα 1.2

<http://www.scribd.com/doc/100296201>

Σχήμα 1.3

<http://kogkalidis.blogspot.gr/2015/02/44.html>

ΚΕΦΑΛΑΙΟΥ 2

Σχήμα 2.1

http://enginemechanics.tpub.com/14105/css/14105_36.htm

ΚΕΦΑΛΑΙΟΥ 3

Σχήμα 3.1

http://www.globalspec.com/learnmore/fluid_power_components/hydraulic_equipment_components/hydraulic_filters

Σχήμα 3.2

http://www.pirate4x4.com/tech/billavista/PR-Hydro_Steering/index1.html

Σχήμα 3.3,3.4

<http://www.valvehydraulic.info/hydraulic-circuit-design/hydraulic-open-center-system.html>

Σχήμα 3.5

<http://armyaviation.tpub.com/AL0926/AL09260039.htm>

Σχήμα 3.6

http://aviationmiscmanuals.tpub.com/TM-1-1500-204-23-2/css/TM-1-1500-204-23-2_135.htm

Σχήμα 3.7

<http://www.pipingguide.net/2010/11/hydraulic-reservoirs-filters-pumps.html>

Σχήμα 3.8

http://code7700.com/q450_hydraulics_left.html

ΚΕΦΑΛΑΙΟΥ 4

Σχήμα 4.1

http://navyaviation.tpub.com/14018/css/14018_274.htm

Σχήμα 4.2

<http://aviamech.blogspot.gr/2011/12/spur-gear-pump.html>

Σχήμα 4.3

<http://www.tpub.com/fluid/ch1t.htm>

Σχήμα 4.4

<http://www.hydraulic-pump.info/hydraulic-engineering/hydraulic-pumps-and-pressure-regulation/hydraulic-piston-pumps-design.html>

Σχήμα 4.5

<http://st-consulting-online.net/books.html>

Σχήμα 4.6

<http://www.lytron.com/Tools-and-Technical-Reference/Application-Notes/Positive-Displacement-Pumps-Advantages-and-Operating-Principles>

Σχήμα 4.7, Σχήμα 4.9 και Σχήμα 4.10

<http://www.pipingguide.net/2010/11/hydraulic-reservoirs-filters-pumps.html>

Σχήμα 4.8

<http://www.industrialcorner.com/hydraulic-actuators/hydraulic-piston-motors.html>

Σχήμα 4.11

http://navyaviation.tpub.com/14018/css/14018_280.htm

Σχήμα 4.12

http://navyaviation.tpub.com/14018/css/14018_273.htm

ΚΕΦΑΛΑΙΟΥ 5

Σχήμα 5.2

<http://maritime.org/doc/fleetsub/hydr/chap1.htm>

Σχήμα 5.3

http://navyaviation.tpub.com/14018/css/14018_285.htm

Σχήμα 5.1, Σχήμα 5.4, Σχήμα 5.5, Σχήμα 5.6,

<http://www.slideshare.net/athzubet/basic-hydraulic-systemsandcomponents>

Σχήμα 5.7

http://constructionmanuals.tpub.com/14273/css/14273_111.htm

ΚΕΦΑΛΑΙΟΥ 6

Σχήμα 6.1

<http://navalfacilities.tpub.com/mo230/mo2300145.htm>

Σχήμα 6.2

http://navyaviation.tpub.com/14018/css/14018_293.htm

Σχήμα 6.3

http://www.boschrexroth.com/RDSearch/rd/r_51458/re51458_2013-11.pdf

Σχήμα 6.4

<http://www.grottofilters.com/p-selfcleaning.htm>

ΚΕΦΑΛΑΙΟΥ 7

Σχήμα 7.1, Σχήμα 7.2

<http://www.slideshare.net/athzubet/basic-hydraulic-systemsandcomponents>

Σχήμα 7.3

<http://www.starhyd.com/how-to-select-a-pump.html>

Σχήμα 7.4 και Σχήμα 7.5 και Σχήμα 7.6

http://www.pirate4x4.com/tech/billavista/PR-Hydro_Steering/index1.html

ΚΕΦΑΛΑΙΟΥ 8

Σχήμα 8.1

<http://www.zenithair.com/stolch801/cabin.html>

Σχήμα 8.2

<http://www.macross2.net/m3/macross7/vf-19custom/vf-19custom-fighter-landinggear.gif>

Σχήμα 8.3

http://www.ww2aircraft.net/forum/attachments/schematics/32304d1299767403t-healz-ww2-aircraft-36_main_landing_gear_down_drawing.gif

Σχήμα 8.4

<http://www.britmodeller.com/forums/index.php?/topic/234955035-c-5-galaxy-172nd-scale-x2-vacform-and-resin/page-2>

Σχήμα 8.5

http://aviationmiscmanuals.tpub.com/TM-1-1500-204-23-1/css/TM-1-1500-204-23-1_131.htm

Σχήμα 8.6 και Σχήμα 8.7

http://aviationmiscmanuals.tpub.com/TM-1-1500-204-23-1/css/TM-1-1500-204-23-1_132.htm

Σχήμα 8.8

http://apachehelicopter.tpub.com/TM-1-1520-238-23-2/css/TM-1-1520-238-23-2_936.htm

Σχήμα 8.9

http://navyaviation.tpub.com/14018/css/14018_449.htm

Σχήμα 8.10

<http://www.redspar.com/shuttle/geartext2.jpg>

Σχήμα 8.11 και Σχήμα 8.12

<http://www.f-15e.info/joomla/en/technology/57-miscellaneous/104-landing-gear>

Σχήμα 8.13

http://code7700.com/g450_landing_gear_position_warning.html

Σχήμα 8.14

http://navyaviation.tpub.com/14018/css/14018_446.htm

Σχήμα 8.15

http://navyaviation.tpub.com/14018/css/14018_447.htm

Σχήμα 8.16

http://aviationmiscmanuals.tpub.com/TM-1-1500-204-23-1/css/TM-1-1500-204-23-1_131.htm

Σχήμα 8.17

http://www.spaceshuttleguide.com/system/landingdeceleration_system.htm#Commander's_LANDING_GEAR_Controls_on_Panel_F6

Σχήμα 8.18

http://www.spaceshuttleguide.com/system/landingdeceleration_system.htm#Landing_Gear_Doors

Σχήμα 8.19

http://aviationmiscmanuals.tpub.com/TM-1-1500-204-23-2/css/TM-1-1500-204-23-2_191.htm

Σχήμα 8.20

http://aviationmiscmanuals.tpub.com/TM-1-1500-204-23-2/css/TM-1-1500-204-23-2_192.htm

ΚΕΦΑΛΑΙΟΥ 9

Σχήμα 9.1

http://www.spaceshuttleguide.com/system/landingdeceleration_system.htm#Panels_F2,_F3

Σχήμα 9.2

<http://okigihan.blogspot.gr/p/someaircraft-manufacturers-have.html>

Σχήμα 9.3

http://navyaviation.tpub.com/14018/css/14018_469.htm

Σχήμα 9.4

<http://www.voodoo-world.cz/falcon/of16rudderp.jpg>

Σχήμα 9.5

http://navyaviation.tpub.com/14018/css/14018_470.htm

Σχήμα 9.6

http://aviationmiscmanuals.tpub.com/TM-1-1500-204-23-2/css/TM-1-1500-204-23-2_177.htm

Σχήμα 9.7 και Σχήμα 9.8

http://navyaviation.tpub.com/14018/css/14018_472.htm

Σχήμα 9.9

http://navyaviation.tpub.com/14018/css/14018_473.htm

Σχήμα 9.10

http://navyaviation.tpub.com/14018/css/14018_474.htm

Σχήμα 9.11

http://navyaviation.tpub.com/14018/css/14018_471.htm

Σχήμα 9.12

http://navyaviation.tpub.com/14018/css/14018_475.htm

Σχήμα 9.13

http://navyaviation.tpub.com/14018/css/14018_476.htm

Σχήμα 9.14

http://navyaviation.tpub.com/14018/css/14018_477.htm

Σχήμα 9.15

http://navyaviation.tpub.com/14018/css/14018_478.htm

Σχήμα 9.16

http://aviation_dictionary.enacademic.com/6005/segmented-rotor_brake

Σχήμα 9.17

http://navyaviation.tpub.com/14018/css/14018_482.htm

Σχήμα 9.18

<http://napoleon130.tripod.com/id691.html>

Σχήμα 9.19

http://navyaviation.tpub.com/14018/css/14018_483.htm

Σχήμα 9.20

http://navyaviation.tpub.com/14018/css/14018_484.htm

Σχήμα 9.21

http://www.spaceshuttleguide.com/system/landingdeceleration_system.htm#ANTI_SKID_FAIL_Caution_and_Warning_Light_on_Panel_F3

ΚΕΦΑΛΑΙΟΥ 10

Σχήμα 10.1, Σχήμα 10.2, Σχήμα 10.3, Σχήμα 10.4, Σχήμα 10.5

http://www.f15sim.com/operation/f15_hydro_mech.html

ΚΕΦΑΛΑΙΟΥ 11

Σχήμα 11.1, Σχήμα 11.2, Σχήμα 11.3, Σχήμα 11.4, Σχήμα 11.5, Σχήμα 11.6, Σχήμα 11.7, Σχήμα 11.8, Σχήμα 11.9

<http://www.modernhydraulics.net/category/hydraulic-systems>