



ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ
ΣΧΟΛΗ ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ

ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΣΤΟΙΧΕΙΩΝ ΜΗΧΑΝΩΝ

*Αναβάθμιση της διάταξης Herion με προσθήκη
αναλογικής βαλβίδας και συγκριτική πειραματική
αποτίμηση της λειτουργίας της*

Διπλωματική Εργασία

ΓΕΩΡΓΙΟΣ ΗΛΙΑΣ

Επιβλέπων : Αναπληρωτής Καθ. Β. Σπιτάς

ΑΘΗΝΑ 2016

Στο σημείο αυτό θα ήθελα να ευχαριστήσω θερμά τον καθηγητή μου κύριο Σπιτά ο οποίος μου εμπιστεύθηκε την εκπόνηση του συγκεκριμένου θέματος .Επίσης θα ήθελα να ευχαριστήσω το διδάκτορα κύριο Παύλο Αθανασάτο ο οποίος με επέβλεπε καθόλη τη διάρκεια της διπλωματικής μου εργασίας καθώς και τον υποψήφιο διδάκτορα Στράτο Τσολάκη.Τέλος θα ήθελα να ευχαριστήσω τους γονείς μου που με στήριξαν καθόλη τη διάρκεια εκπόνησης της εργασίας όπως επίσης και την εταιρεία «Α.ΣΚΟΥΡΑ Α.Ε. (SKOURA HYDRAULICS)-Υδραυλικά συστήματα λαδιού» η οποία ανέλαβε την αναβάθμιση.

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Στην παρούσα διπλωματική εργασία αναπτύσσεται και περιγράφεται η διαδικασία αναβάθμισης του υδραυλικού κυκλώματος της μηχανής HERION με την εγκατάσταση μιας αναλογικής βαλβίδας σε αυτή. Η μελέτη αυτή εκπονήθηκε για το Εργαστήριο Στοιχείων Μηχανών της Σχολής Μηχανολόγων Μηχανικών του Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου. Στόχος της ήταν η ανάδειξη των συγκριτικών πλεονεκτημάτων της αναλογικής βαλβίδας σε σχέση με την προϋπάρχουσα συμβατική βαλβίδα ελέγχου κατεύθυνσης (4/2). Ως εκ τούτου, αφού επιλέχθηκε η αναλογική βαλβίδα που να πληροί τις προδιαγραφές και τις ανάγκες του συστήματος έγινε η εγκατάσταση αυτής στη μηχανή. Έπειτα πραγματοποιήθηκαν μετρήσεις με τον ήδη εγκατεστημένο μετρητικό εξοπλισμό. Τέλος παρατίθενται τα συμπεράσματα που προέκυψαν από αυτήν τη διαδικασία και προτείνονται σχέδια για περαιτέρω μελλοντική αναβάθμιση της μηχανής.

ABSTRACT

The current thesis is concerned with the development and description of the process of upgrading the hydraulic circuit of HERION machine with the installation of a proportional valve.

The study was conducted for the Mechanical Components Laboratory of the School of Mechanical Engineering of the National Technical University of Athens.

The aim of this study was to investigate the comparative advantages of a proportional valve over the preexisting directional control valve. To this end, a proportional valve that satisfied the requirements and needs of the system was selected and subsequently installed in the machine.

There followed measurements using the pre-installed measuring equipment. The conclusions of this process are described at the end of this thesis, along with plans for further future upgrades of the machine.

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

1.Υδραυλικά Συστήματα Υψηλής Πίεσης	σελ.13
1.1 Σκοπός Διπλωματικής	
1.2 Υδραυλικά Συστήματα	
1.3 Εφαρμογές Υδραυλικών Συστημάτων	
1.4 Υδραυλικά έναντι άλλων Συστημάτων Μετάδοσης Ισχύος.	
1.5 Αρχή Λειτουργίας	
1.5.1. Αρχή του Pascal	
1.5.2 Υδραυλικό Πιεστήριο και Διατήρηση Ενέργειας	
1.6 Δομικά Στοιχεία Υδραυλικών Συστημάτων	
1.6.1 Αντλίες	
1.6.2 Βαλβίδες	
1.6.2.1 -σε σχέση με το σκοπό λειτουργίας τους	
1.6.2.2 -σε σχέση με τον τρόπο ελέγχου τους	
1.6.2.3 -σε σχέση με τον τρόπο λειτουργίας τους και την σχέση παροχής-εντολής	
1.6.2.4 Συσχετισμός των παραπάνω κατηγοριών δημιουργεί υποομάδες βαλβίδων	
1.6.3 Υδραυλικοί Κινητήρες	
1.6.4 Υδραυλικοί Κύλινδροι	
1.6.5 Υδραυλικοί Συσσωρευτές Πίεσης	
1.6.6 Υδραυλικά Φίλτρα	
1.6.7 Εναλλάκτες Θερμότητας	
1.6.8 Σωληνώσεις και εξαρτήματα αυτών	
1.6.9 Όργανα και Συσκευές Ελέγχου	
1.6.10 Επιπλέον Εξοπλισμός	
1.7 Παραδείγματα Υδραυλικού Συστήματος	
1.7.1 Κύλινδρος Διπλής Ενέργειας	
1.7.2 Κύλινδρος Διπλής Ενέργειας με Meter Out βαλβίδα	
2 .Αναλογικές Βαλβίδες	σελ.36

- 2.1 Εισαγωγή
- 2.2 Βασικές Αρχές Λειτουργίας και Χαρακτηριστικά
 - 2.2.1 Ηλεκτρομαγνητικές Βαλβίδες
 - 2.2.2 Λειτουργία Ηλεκτρομαγνητικών Βαλβίδων
- 2.3 Εφαρμογές Αναλογικών Βαλβίδων
 - 2.3.1 Αναλογική Βαλβίδα Ελέγχου Παροχής
 - 2.3.2 Αναλογική Βαλβίδα Ελέγχου Κατεύθυνσης
 - 2.3.3 Αναλογική Βαλβίδα Ελέγχου Πίεσης

3. Αναβάθμιση της Υδραυλικής Εγκατάστασης HERION με την αναλογική βαλβίδα PVG32 **σελ.53**

- 3.1 Εισαγωγή
- 3.2 Τροποποίηση Κυκλώματος HERION
 - 3.2.1 Πρότερη Λειτουργία
 - 3.2.2 Νέο Κύκλωμα
 - 3.2.3 Φάσεις Λειτουργίας
- 3.3 PVG 32
 - 3.3.1 Γενική Περιγραφή
 - 3.3.1.1 Γενικά χαρακτηριστικά PVG32
 - 3.3.1.2 PVG στοιχεία-αποτελούμενα μέρη (modules)
 - 3.3.1.2.1 PVP
 - 3.3.1.2.2 PVB
 - 3.3.1.2.3 PVBS
 - 3.3.1.2.4 Ενεργοποιητές
 - 3.3.1.2.5 Τηλεχειριστήρια
- 3.4 Επιλογή των καταλληλότερων module - συναρμολόγηση του PVG 32
 - 3.4.1.Επιλογή των module με βάση τις προδιαγραφές του συστήματος
 - 3.4.2. Συναρμολόγηση των module
- 3.5 Ηλεκτρικό τηλεχειριστήριο PVRES
- 3.6 Κρουνός επιλογής
- 3.7 Εγκατάσταση του PVG 32 στη HERION
- 3.8 Μετρήσεις Λειτουργίας

4.Μετρήσεις **σελ.91**

- 4.1 Σκοπός Διαδικασίας

- 4.2 Απλούστερο Κύκλωμα
- 4.3 Δυναμικός Έλεγχος της Ταχύτητας
- 4.4 Μικρομετρικός Έλεγχος Ταχύτητας
- 4.5 Εξοικονόμηση Ενέργειας (Συγκριτική μέτρηση κατανάλωσης ισχύος)
 - 4.5.1 Πρώτη μέτρηση –Πρότερο Κύκλωμα (Βαλβίδα 11)
 - 4.5.1.1.Προσεγγιστικοί Υπολογισμοί
 - 4.5.2 Δεύτερη μέτρηση –Νέο Κύκλωμα (Βαλβίδα PVG)
 - 4.5.2.1. Προσεγγιστικοί Υπολογισμοί
- 4.6 Εκπόνηση Κοστολογικής Μελέτης
- 4.7 Χαμηλότερο Κόστος έναντι Σερβοβαλβίδων

5.Συμπεράσματα **σελ.115**

- 5.1 Συγκριτικά Οφέλη
- 5.2 Προτάσεις Μελλοντικής Αναβάθμισης του Κυκλώματος

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ **σελ.119**

Π1.PVG32

Π1.1.Τύποι κυκλωμάτων

- Π1.1.1 PVG 32 με PVP ανοιχτού κέντρου (αντλία σταθερής παροχής + PVB με σύρτη PVBS αναλογικής παροχής)

Π1.1.2 PVG 32 με PVP κλειστού κέντρου (αντλία μεταβαλλόμενης παροχής)
+ PVB με σύρτη PVBS αναλογικής παροχής)

Π1.1.3. Αίσθηση φορτίου LS για αντλίες μεταβαλλόμενης παροχής.

Π1.2. Ασφάλεια λειτουργίας

Π1.2.1 FMEA – IEC EN 61508)

Π1.2.2 Hazard and Risk Analysis ISO 12100-1 / 14121

Π1.2.3 Παράδειγμα: Σύστημα ελέγχου αναβατορίου προσωπικού

Π1.3 Λειτουργία..σελ.110

Π1.3.1 Έλεγχος αίσθησης φορτίου LS (Load Sensing)

Π1.3.1.1 Ολοκληρωμένη λειτουργία PC (Pressure Control)

Π1.3.1.2 Χαρακτηριστικά συστήματος LS :

Π1.3.2 Εξ αποστάσεως έλεγχος πίεσης PC

Π1.3.2.1 Χαρακτηριστικά τηλεχειρισμού πίεσης συστήματος PC

Π1.3.2.2 Τυπικές εφαρμογές για συστήματα PC με εξ αποστάσεως
ρύθμιση της πίεσης

Π1.3.3 Συνεργασία PC αντλίας με PVG32

Π1.3.3.1 Χαρακτηριστικά συστήματος ισοστάθμισης πίεσης (Pressure
compensated system)

Π1.3.3.2 Τυπικές εφαρμογές συστήματος ισοστάθμισης πίεσης

Π1.3.4 PVMR – στοιχείο με μηχανική συγκράτηση (PVM Rigid)

Π1.3.5 PVMF – στοιχείο με εκούσιο κλείδωμα μηχανικού κραδασμού (PVM
Float)

Π1.3.6 PVBS – σύρτης στοιχείου βάσης (PVB Spool)

Π1.3.6.1 Για έλεγχο παροχής FC (Flow Control)

Π1.3.6.2. Για έλεγχο παροχής με γραμμικά χαρακτηριστικά

Π1.3.6.3 Για έλεγχο πίεσης PC (Pressure Control)

Π1.3.6.3.1. Αρχή Λειτουργίας

Π1.3.6.3.2 Εφαρμογές

Π1.3.6.3.3 Υπολογισμός μεγέθους σύρτη

Π1.3.6.3.4 Περιορισμοί

Π1.3.7 PVPX – ηλεκτρική βαλβίδα αποφόρτισης LS

Π1.4 Ηλεκτρική Ενεργοποίηση

Π1.4.1 Ηλεκτρικός έλεγχος του PVG

Π1.4.2 Έλεγχος κλειστού βρόχου

Π1.4.3 PVEO

Π1.4.4 PVEM

Π1.4.5 PVEA, PVEH, PVES, PVEU

Π1.4.6 PVEP

- Π1.4.7 PVED-CC και PVED-CX
- Π1.4.8 PVHC
- Π1.5 Συνθήκες Λειτουργίας
 - Π1.5.1 Λάδι
 - Π1.5.2 Περιεκτικότητα σωματιδίων και φιλτράρισμα
 - Π1.5.2.1 Βιοδιασπώμενα λάδια
 - Π1.5.2.2 Φιλτράρισμα
 - Π1.5.2.2.1 Φίλτρα συστήματος
 - Π1.5.2.2.2 Εσωτερικό φίλτρο
 - Π1.5.3 Διαστάσεις-Σχέδιο
 - Π1.5.4 Επιφανειακή επεξεργασία
- Π2.Τεχνικά δεδομένα
 - Π2.1 PVH – υδραυλική ενεργοποίηση
 - Π2.2 PVM – μηχανική ενεργοποίηση
 - Π2.3 PVE – ηλεκτρική ενεργοποίηση
 - Π2.4 VVPX – ηλεκτρική LS βαλβίδα αποφόρτισης
- Π3. Τεχνικά χαρακτηριστικά στοιχείων
 - Π3.1 PVP, στοιχείο εισόδου από αντλία
 - Π3.2 PVB, στοιχείο βάσης
 - Π3.2.1 PVB με αντιστάθμιση σε ανοιχτού ή κλειστού τύπου PVP
 - Π3.2.2 PVB χωρίς αντιστάθμιση σε ανοιχτού κέντρου PVP
 - Π3.2.3 PVB χωρίς αντιστάθμιση σε κλειστού κέντρου PVP
 - Π3.2.4 Διαγράμματα παροχής για PVB
 - Π3.3 Βαλβίδα PVLP και PVLA
 - Π3.4 Σύρτες PVBS
 - Π3.4.1 Διαγράμματα παροχής – πίεσης σε σύρτες ελέγχου πίεσης
 - Π3.4.2 Διαγράμματα παροχής – πίεσης σε σύρτες float
- Π4. Υδραυλικά Κυκλώματα
 - Π4.1 PVG32 με μηχανικό χειρισμό και αντλία σταθερής παροχής
 - Π4.2 PVG32 με ηλεκτρικό χειρισμό και αντλία μεταβαλλόμενης παροχής

6.Βιβλιογραφία

σελ.179

1. ΥΔΡΑΥΛΙΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΥΨΗΛΗΣ ΠΙΕΣΗΣ

1.1. Σκοπός διπλωματικής

Ο σκοπός της συγκεκριμένης εργασίας είναι να αναδειχτούν, μέσω της εκτέλεσης μετρήσεων κατά τις διάφορες φάσεις λειτουργίας, τα πλεονεκτήματα της χρήσης μιας αναλογικής ηλεκτρομαγνητικής βαλβίδας σε σύγκριση με μια συμβατική βαλβίδα on-off. Η αναβάθμιση της μηχανής HERION έγινε σε συνεργασία με την εταιρεία “Α.ΣΚΟΥΡΑ Α.Ε Υδραυλικά συστήματα λαδιού” και η μηχανή μεταφέρθηκε στο μηχανουργείο για την πραγματοποίηση των σχετικών εργασιών. Εγκαταστάθηκε παράλληλα στο προϋπάρχον, ένα νέο ανεξάρτητο κύκλωμα το οποίο λειτουργεί με group ηλεκτροαναλογικής βαλβίδας (PVG). Η αναβάθμιση περιλαμβάνει εγκατάσταση PVG32 (group ηλεκτροαναλογικής βαλβίδας) με πηνίο και τηλεχειριστήριο καθώς και παρεμβάσεις και κατάλληλη τροποποίηση του υφιστάμενου υδραυλικού κυκλώματος.

Επιλέχτηκε το PVG 32 για τους παρακάτω λόγους :

- 1) Ευελιξία στη συναρμολόγησή του. Περιέχει τις απαραίτητες βαλβίδες και δεν χρειάζεται η κατασκευή επιπλέον τάκων προσαρμογής.
- 2) Ευκολία στην εγκατάσταση.
- 3) Εύκολη σύνδεση με τηλεχειριστήριο.

4) Το μέγεθος (32) επιλέχτηκε με βάση τις απαιτήσεις του συστήματός μας σε πίεση και παροχή . (βλέπε κεφάλαιο 3)

Στο παρόν κεφάλαιο γίνεται λόγος γενικότερα για τα υδραυλικά κυκλώματα και τα συγκριτικά πλεονεκτήματά τους έναντι άλλων συστημάτων μετάδοσης ισχύος. Στο δεύτερο κεφάλαιο γίνεται λόγος για την αρχή λειτουργίας και τα διάφορα είδη αναλογικών βαλβίδων. Στο τρίτο κεφάλαιο περιγράφονται οι αλλαγές οι οποίες έγιναν και ο σχεδιασμός του νέου κυκλώματος καθώς και η περιγραφή του PVG 32 και των επιμέρους στοιχείων (module) που το αποτελούν.

Επίσης καταγράφονται αναλυτικά οι διεργασίες που εκτελέστηκαν στο μηχανουργείο με την έκθεση του αντίστοιχου φωτογραφικού υλικού.

Τέλος, στο τέταρτο και πέμπτο κεφάλαιο εκτελούνται διάφορες δοκιμές λειτουργίας και καταγράφονται τα μεταβαλλόμενα μεγέθη πίεσης και παροχής σε κάθε φάση και σε σύγκριση με τις αντίστοιχες μεταβολές στο αρχικό υφιστάμενο κύκλωμα. Εξάγονται και καταγράφονται χρήσιμα συμπεράσματα καθώς και τα συγκριτικά οφέλη σε κόστος και εξοικονόμηση ενέργειας σε σχέση με την πρότερη λειτουργία της μηχανής. Φυσικά στο τέλος της εργασίας παρατίθεται εκτενές παράρτημα με αναλυτική περιγραφή του σχεδιασμού και του τρόπου λειτουργίας του PVG32.

1.2. Υδραυλικά συστήματα

Ως υδραυλικά συστήματα ορίζονται τα συστήματα που χρησιμοποιούν ως εργαζόμενο μέσο συμπιεσμένο υδραυλικό υγρό για τη μεταφορά ισχύος από την κινητήρια προς την κινούμενη μηχανή (εργομηχανή).

Χαρακτηριστικά παραδείγματα αξιοποίησης της ενέργειας των ρευστών από αρχαιοτάτων χρόνων είναι η κίνηση ανεμόμυλων και υδροτροχών.

Στη σύγχρονη εποχή η ισχύς των κινούμενων ρευστών χρησιμοποιείται σε δύο κατηγορίες υδραυλικών συστημάτων.

- Στα **υδραυλικά συστήματα υψηλής πίεσης**, τα οποία χρησιμοποιούνται σε εφαρμογές όπου απαιτείται υψηλή ακρίβεια ελέγχου κίνησης, πρωτεύοντα ρόλο έχει η δυναμική ενέργεια (στατική πίεση) του ρευστού. Οι πιέσεις που συναντώνται σε αυτά τα συστήματα είναι χαρακτηριστικά υψηλές και μπορεί να φτάσουν μέχρι και τα 500 bar.
- Στα **υδροδυναμικά συστήματα** όπου πρωτεύοντα ρόλο έχει η κινητική ενέργεια του ρευστού.

Επίσης κατηγοριοποιούνται σε:

- Αυτά που χρησιμοποιούνται σε **στατικές μηχανές** (stationary), όπως είναι π.χ. υδραυλικοί ανελκυστήρες ,υδραυλικές πρέσες κλπ.



Εικόνα 1.1 Υδραυλική πρέσα

- Και αυτά που χρησιμοποιούνται σε **μηχανές – οχήματα** (mobile), όπως είναι π.χ . μηχανήματα έργων, συστήματα αεροπλάνου κλπ.



Εικόνα 1.2 Γερανόχημα



Εικόνα 1.3 Υδραυλικοί κύλινδροι σε γερανό και εκσκαφέα

1.2. Εφαρμογές υδραυλικών συστημάτων

Τα υδραυλικά συστήματα υψηλής πίεσης χρησιμοποιούνται με αυξανόμενους ρυθμούς σε πολλούς κλάδους της σύγχρονης βιομηχανίας.

α)Αγροτική βιομηχανία –αλιεία

Σε θεριζοαλωνιστικές μηχανές για τη συγκομιδή και σε μηχανότρατες για τη μεταφορά της ψαριάς στη στεριά.



Εικόνα 1.4 Θεριζοαλωνιστικό όχημα

β)Κατασκευαστική βιομηχανία

Σε μηχανές χωματοργίας,εξόρυξης,ανέλκυσης και ανύψωσης καθώς και σε βαρέος τύπου οχήματα .

Χαρακτηριστικά παραδείγματα τέτοιων οχημάτων είναι :

- ο ελαστικοφόροι αρθρωτοί φορτωτές (*wheel loaders*),
- ο ερπυστριοφόροι εκσκαφείς (*crawler excavators*),

- ελαστικοφόροι εκσκαφείς τσάπες (*wheel excavators*),
- διαμορφωτές γαιών (*graders*),
- αρθρωτά χωματουργικά ανατρεπόμενα φορτηγά (*dumper*),
- χωματουργικοί οδοστρωτήρες,
- ασφαλτικοί οδοστρωτήρες,
- υδραυλικοί γερανοί .



Εικόνα 1.5 Διαμορφωτής γαιών (*grader*)

γ)Βιομηχανικές μονάδες

Τα υδραυλικά συστήματα επίσης χρησιμοποιούνται σε ένα μεγάλο εύρος βιομηχανιών όπου απαιτείται η άσκηση μεγάλων δυνάμεων και η απόδοση ακρίβειας στις κατασκευαστικές προδιαγραφές .

Χαρακτηριστικά παραδείγματα είναι :

- η μεταλλοβιομηχανία (π.χ πρέσες),
- η βιομηχανία εργαλείων
- και εργαλειομηχανών .

Επίσης, υδραυλικά συστήματα συναντάμε σε μεγάλες γραμμές παραγωγής και συναρμολόγησης στην αυτοκινητοβιομηχανία.



Εικόνα 1.6 Γραμμή παραγωγής σε αυτοκινητοβιομηχανία

δ)Αεροναυπηγική και ναυπηγική

Χαρακτηριστικά παραδείγματα μηχανισμών οι οποίοι ενεργοποιούνται από υδραυλικά συστήματα ,σε αεροπλάνα ή άλλα αεριωθούμενα ,είναι :

- το άνοιγμα και το κλείσιμο των θυρών ,
- η λειτουργία των τροχών προσγείωσης ,
- ο έλεγχος των κινήσεων των επιφανειών ελέγχου στα φτερά ,
- ο αυτόματος πιλότος ,
- οι μηχανισμοί των φρένων
- και τα συστήματα απορρόφησης των κραδασμών.

Υδραυλικά συστήματα χρησιμοποιούνται πλέον ευρέως και στα υποβρύχια για ποικίλες δραστηριότητες όπως :

- την ενεργοποίηση των τορπιλών ,
- την πηδαλιούχηση ,
- και γενικά τον έλεγχο των διεργασιών.



Εικόνα 1.7 Υδραυλικά συστήματα σε τροχούς αεροπλάνου

1.3. Υδραυλικά έναντι άλλων συστημάτων μετάδοσης ισχύος

Παρακάτω παρουσιάζονται συνοπτικά τα πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα των υδραυλικών, έναντι των μηχανικών και ηλεκτρικών, συστημάτων μετάδοσης ισχύος.

Πλεονεκτήματα

- Υψηλή πυκνότητα ισχύος δηλαδή υψηλός λόγος δύναμης προς το βάρος της κατασκευής (μικρός όγκος)
- Ικανότητα ακαριαίας αντιστροφής της περιστροφικής ή της γραμμικής κίνησης
- Ευελιξία στο σχεδιασμό του κυκλώματος.
- Μεταβλητή ταχύτητα με μεγάλη ακρίβεια και άμεση απόκριση.

- Δυνατότητα ακαριαίας στάσης-παύσης λειτουργίας.
- Ικανότητα ελέγχου μεγάλων φορτίων.
- Προστασία από υπερβολικό φορτίο.
- Μεγάλη ποικιλία ελέγχων.
- Απλούστερη εγκατάσταση λόγω της ταυτόχρονης χρήσης του υδραυλικού μέσου (λάδι) ως ψυκτικό ,καθαριστικό και λιπαντικό μέσο.

Μειονεκτήματα

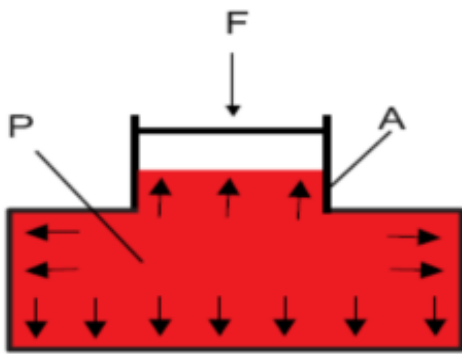
- Υψηλό κόστος λόγω της προαπαιτούμενης συμμόρφωσης σε αυστηρούς κανονισμούς για τον θόρυβο και την ασφάλεια.
- Μικρές μηχανουργικές ανοχές που οδηγούν σε αυξημένα κόστη συντήρησης και κατασκευής.
- Υπολογιστικές δυσκολίες (έλλειψη πρότυπων υπολογιστικών μέσων για τη σχεδίαση όπως για παράδειγμα η ύπαρξη των νόμων Ohm/Kirchhof στα ηλεκτρικά συστήματα)
- Περιβαλλοντικά : Σε περίπτωση διαρροής λαδιού είναι πιθανή η τοπική περιβαλλοντική ρύπανση. Γι'αυτό τον λόγο συνιστάται η χρήση ελαίων τα οποία είναι ευκόλως απορροφώμενα και διαλυόμενα στο περιβάλλον.Επίσης σε ειδικές εφαρμογές συνιστάται η χρήση πυρίμαχων ορυκτελαίων προς αποφυγή πυρκαγιάς λόγω ανάφλεξης.

Πίνακας 1.1 Πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα υδραυλικών συστημάτων υψηλής πίεσης

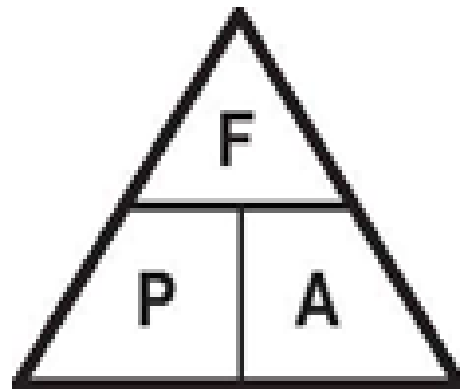
1.5. Αρχή λειτουργίας

1.5.1. Αρχή του Pascal

Ο νόμος του Pascal για ένα υγρό σε ηρεμία λέει ότι η δύναμη η οποία επιδρά επί ακίνητου υγρού δημιουργεί πίεση σε όλο τον όγκο του υγρού σε κάθετη κατεύθυνση προς όλες τις εξωτερικές επιφάνειες που περικλείουν το υγρό (βλ.Εικόνα 1.8). Ο νόμος του Pascal αναφέρεται στη σχέση μεταξύ της δύναμης, πίεσης και επιφάνειας και αφορά υγρά που είναι στατικά και ακίνητα. Ένα υγρό πρέπει με κάποιο τρόπο να προωθηθεί, ώστε να μετακινηθεί μέσα σε έναν αγωγό, και για να γίνει αυτό πρέπει να υπάρξει διαφορά πίεσης μεταξύ των δύο άκρων του αγωγού.



Εικόνα 1.8 Νόμος του Pascal



Εικόνα 1.9 Μνημονικό τρίγωνο νόμου Pascal

Ισχύει

$F = P \times A$ όπου A η επιφάνεια, F η δύναμη και P η πίεση .

Σε οποιαδήποτε άλλη θέση του ρευστού (σε απόσταση h από τη βρεχόμενη πλευρά) λόγω υψομετρικής διαφοράς θα:

- Ασκείται το βάρος του υπερκείμενου ρευστού :

$$G = P \times V \times g = \rho \times A \times h \times g$$

- Λόγω του βάρους αναπτύσσεται υδροστατική πίεση :

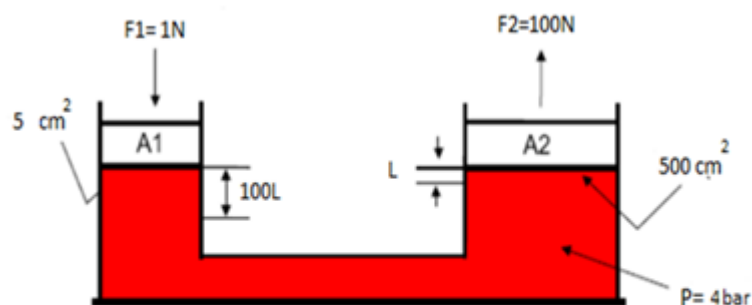
$$P_{υδρ} = G \div A = \rho \times h \times g$$

Τελικά η στατική πίεση είναι : $P = P_0 + \rho \times h \times g$

Σε αυτό το σημείο θα πρέπει να σημειώσουμε ότι για μια πρώτη εκτίμηση των υδραυλικών συστημάτων υψηλής πίεσης, η υδροστατική πίεση αμελείται και δεν υπάρχει διαχωρισμός μεταξύ των πιέσεων P και P_0 διότι αφενός μεν η στατική πίεση λειτουργίας είναι πολύ μεγάλη, αφετέρου δε οι υψομετρικές διαφορές των υδραυλικών εγκαταστάσεων δεν ξεπερνούν ορισμένα μέτρα. Επίσης, η ταχύτητα του εργαζόμενου μέσου δεν υπερβαίνει τα $6m/sec$. Για τον λόγο αυτό λαμβάνεται ως αμελητέα και η δυναμική πίεση του ρευστού.

1.5.2. Υδραυλικό πιεστήριο και διατήρηση ενέργειας

Το υδραυλικό πιεστήριο εφευρέθηκε από τον Βρετανό μηχανικό Joseph Bramah στις αρχές της βιομηχανικής επανάστασης. Στην προκειμένη περίπτωση μπόρεσε να εφαρμόσει στην πράξη το νόμο του Pascal και να αξιοποιήσει όλες τις δυνατότητες που υπήρχαν από τη θεωρητική αυτή διατύπωση.



Εικόνα 1.10 Κλειστό υδραυλικό κύκλωμα

Ο J. Bramah διαπίστωσε ότι αμελουμένων των υδροστατικών πιέσεων, σε ένα κλειστό υδραυλικό κύκλωμα (βλ.εικόνα 1.10), αν εφαρμοστεί μια δύναμη,για παράδειγμα, $F_1=1N$ στην επιφάνεια του μικρού εμβόλου, η δύναμη αυτή πολλαπλασιάζεται σε δύναμη $F_2=100N$ στο μεγάλο έμβολο. Ακόμα σύμφωνα με την αρχή διατήρησης της ενέργειας γνωρίζουμε ότι η ενέργεια ούτε καταστρέφεται ούτε δημιουργείται. Έτσι, ο πολλαπλασιασμός της δύναμης που επιτυγχάνεται έχει ως αποτέλεσμα μικρή μετατόπιση, καθώς η κίνηση του μεγάλου εμβόλου επιτυγχάνεται μόνο από τη μετατόπιση του ρευστού που προκαλεί η κίνηση του μικρού εμβόλου. Επομένως οι αποστάσεις που διανύουν τα δύο έμβολα είναι αντιστρόφως ανάλογες.

Επίσης ,

- Θεωρώντας αμελητέες τις απώλειες των τριβών έχουμε :

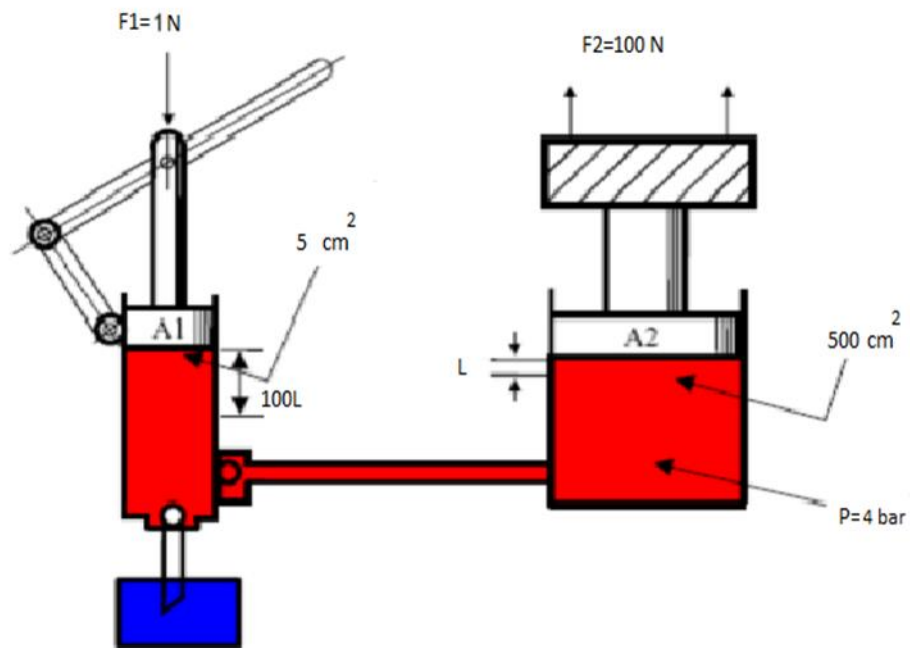
$$W_1 = W_2 \text{ και } F_1 \times L_1 = F_2 \times L_2$$

όπου W το παραγόμενο έργο

$$\text{και } L_1 = 100 \times L_2$$

- Αναλυτικά ,προκύπτει από τον νόμο του Pascal :

$$F_2 \div F_1 = A_2 \div A_1 = L_1 \div L_2$$



Εικόνα 1.11 Υδραυλικός μηχανισμός

Στην εικόνα 1.11 το A1 είναι τώρα μία χειραντλία και το A2 είναι ένας ανυψωτικός μηχανισμός και συνδέονται μεταξύ τους μέσω υδραυλικού αγωγού. Για κάθε διαδρομή $100L$ της χειραντλίας A1 έχουμε ανύψωση κατά L της τράπεζας του ανυψωτικού A2. Για την ανύψωση φορτίου $F_2 = 100 \text{ N}$ η αντλία πρέπει να δημιουργήσει πίεση 40 bar εφαρμόζοντας δύναμη 1 N στην επιφάνεια A1 (5 cm^2).

1.6. Δομικά στοιχεία υδραυλικών συστημάτων

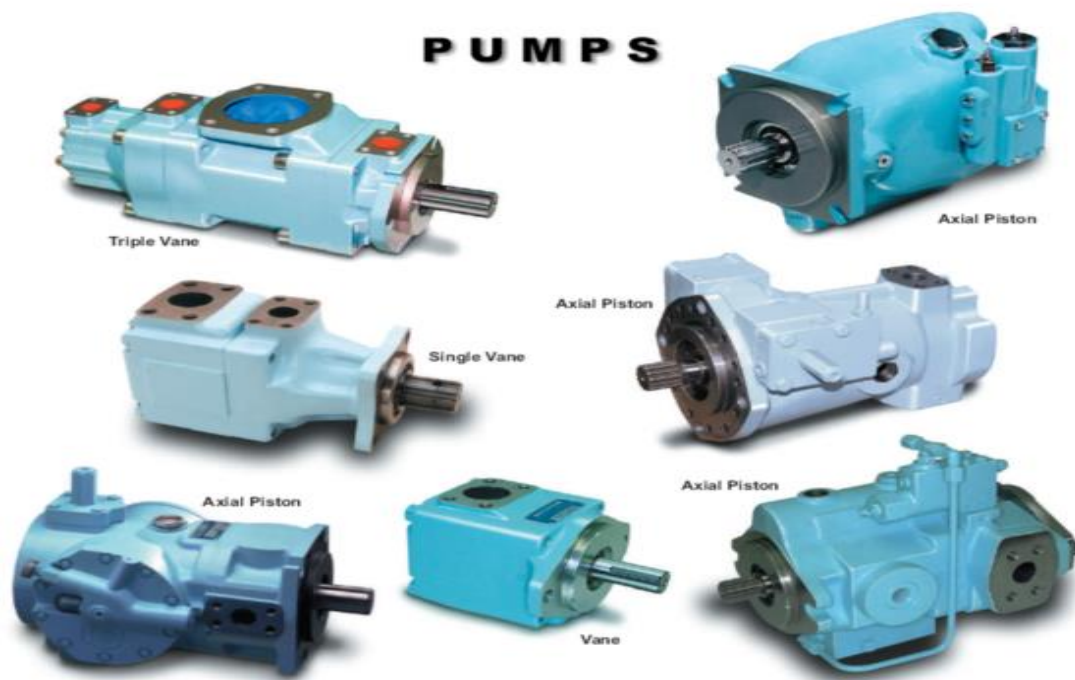
Προκειμένου να κατασκευαστεί ένα υδραυλικό κύκλωμα, απαιτείται η μελέτη , ο σχεδιασμός και η επιλογή των απαραίτητων στοιχείων του συστήματος.

Τα στοιχεία που επιλέγονται πρέπει να πληρούν ειδικές προδιαγραφές αντοχής σε σχέση με την πίεση του συστήματος, μεγέθους σε σχέση με τη ροή του λαδιού και να είναι ειδικά σχεδιασμένα για τη χρήση τους σε υδραυλικές εφαρμογές υψηλής πίεσης λαδιού.

Τα βασικότερα στοιχεία διακρίνονται ανάλογα με τον τρόπο λειτουργίας και κατασκευής τους στα παρακάτω.

1.6.1. Αντλίες

- Χειραντλίες
- Αντλίες γραναζωτές
- Αντλίες πτερυγιοφόρες
- Αντλίες εμβολοφόρες σταθερής παροχής
- Αντλίες εμβολοφόρες μεταβλητής παροχής ανοικτού κυκλώματος
- Αντλίες εμβολοφόρες μεταβλητής παροχής κλειστού κυκλώματος
- Συνδυασμός αντλιών (διπλές, τριπλές, πολλαπλές)



Εικόνα 1.12 Αντλίες

1.6.2. Βαλβίδες

Οι βαλβίδες μπορούν να κατηγοριοποιηθούν στις παρακάτω υποκατηγορίες:

1.6.2.1. σε σχέση με τον σκοπό λειτουργίας τους

- Βαλβίδες κατεύθυνσης (direction control valves)
- Βαλβίδες ανακούφισης πίεσης (relief)
- Βαλβίδες εκφόρτισης πίεσης (unloading)
- Βαλβίδες διαδοχικής πίεσης- σειράς (sequence)
- Βαλβίδες μειωτές πίεσης (reducing)
- Βαλβίδες αντεπιστροφής (direct check valves)
- Βαλβίδες αντεπιστροφής με πιλότο (pilot check valves)
- Βαλβίδες ελέγχου ροής (flow control)



Εικόνα 1.13 Βαλβίδες ελέγχου πίεσης

1.6.2.2. σε σχέση με τον τρόπο ελέγχου τους

- Βαλβίδες μηχανικές
- Βαλβίδες με ηλεκτρική εντολή
- Βαλβίδες με υδραυλική εντολή (pilot operated valves)
- Βαλβίδες με πνευματική εντολή (air operated valves)

1.6.2.3. σε σχέση με τον τρόπο λειτουργίας τους και τη σχέση παροχής-εντολής

- Βαλβίδες αναλογικές (proportional valves)
- Βαλβίδες on-off
- Σερβοβαλβίδες (servo valves)

1.6.2.4. Συσχετισμός των παραπάνω κατηγοριών δημιουργεί υποομάδες βαλβίδων

- Βαλβίδες κατεύθυνσης μηχανικές (χειριστήρια)
- Βαλβίδες κατεύθυνσης με ηλεκτρική εντολή (ηλεκτροβαλβίδες)
- Βαλβίδες κατεύθυνσης με υδραυλική εντολή (pilot operated directional valves)
- Βαλβίδες κατεύθυνσης με πνευματική εντολή (air operated directional valves)
- Βαλβίδες κατεύθυνσης αναλογικές (proportional)
- Βαλβίδες ελέγχου πίεσης ή ροής, με ηλεκτρική, υδραυλική ή πνευματική εντολή, αναλογικές κ.ο.κ.
- Σε πιο περίπλοκα κυκλώματα συχνά απαιτείται συνδυασμός των παραπάνω βαλβίδων σε συμπλέγματα σε έναν ή περισσότερους τάκους (valve blocks).

1.6.3. Υδραυλικοί κινητήρες

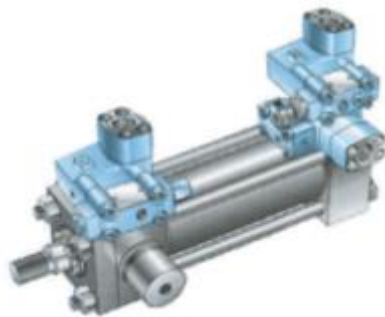
- Κινητήρες γραναζωτοί
- Κινητήρες πτερυγιοφόροι
- Κινητήρες εμβολοφόροι σταθερού κυβισμού
- Κινητήρες εμβολοφόροι μεταβλητού κυβισμού



Εικόνα 1.14 Εμβολοφόρος κινητήρας

1.6.4. Υδραυλικοί κύλινδροι

- Κύλινδροι μονής ενέργειας
- Κύλινδροι διπλής ενέργειας
- Κύλινδροι πολλαπλασιαστές πίεσης



Εικόνα 1.15 Υδραυλικοί κύλινδροι

1.6.5. Υδραυλικοί συσσωρευτές πίεσης (accumulators)

- Συσσωρευτές με θύλακα αερίου (με "σάκο")
- Συσσωρευτές με μεμβράνη
- Συσσωρευτές με κύλινδρο και ελατήριο

1.6.6. Υδραυλικά φίλτρα

- Φίλτρα αναρρόφησης εμβαπτιζόμενα
- Φίλτρα αναρρόφησης γραμμής (εξωτερικά)
- Φίλτρα πίεσης
- Φίλτρα γραμμής επιστροφής
- Φίλτρα εξαερισμού και αναπνοής ελαιοδοχείου

1.6.7. Εναλλάκτες Θερμότητας (ψυγεία)

- Λαδιού - Αέρα
- Λαδιού – Νερού

1.6.8. Σωληνώσεις και εξαρτήματα αυτών

- Σιδηροσωλήνες άνευ ραφής, εξαρτήματα σύνδεσης και στεγανότητας (ermeto)
- Εύκαμπτοι σωλήνες και εξαρτήματα αυτών
- Ταχυσύνδεσμοι
- Κρουνοί, διακόπτες

1.6.9. Όργανα και συσκευές ελέγχου

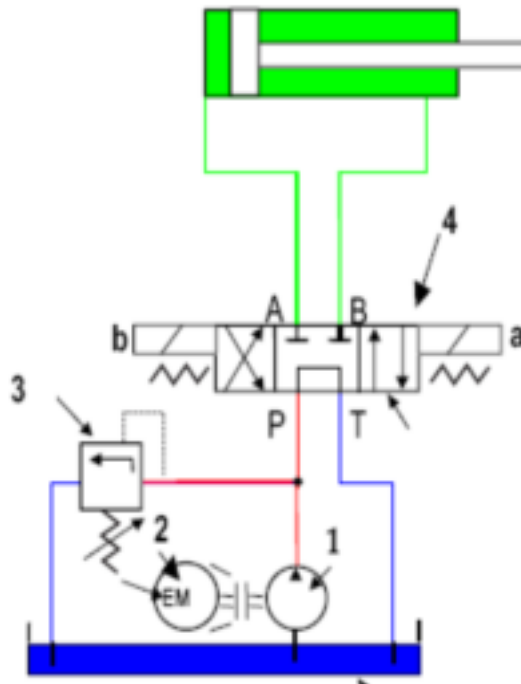
- Μανόμετρα και πιεσοστάτες
- Θερμόμετρα και θερμοστάτες
- Παροχόμετρα
- Δείκτες στάθμης
- Δείκτες καθαρότητας λαδιού και φίλτρων

1.6.10. Επιπλέον εξοπλισμός

- Κινητήρες αντλιών (ηλεκτρικοί, βενζινοκίνητοι, ντιζελοκίνητοι)
- Καμπάνες στήριξης και συστήματα σύμπλεξης (κόμπλερ, συμπλέκτες κιβώτια αντλιών)
- Μειωτήρες στροφών – πολλαπλασιαστές ροπής (πλανητικοί, πηνίο-κορώνα)
- Ελαιοδεξαμενές (tank)
- Ηλεκτρικοί πίνακες, συστήματα αυτομάτου ελέγχου (ΣΑΕ,PLC), ηλεκτρονικοί υπολογιστές, συστήματα λήψης δεδομένων κλπ.

1.7. Παραδείγματα υδραυλικού συστήματος

1.7.1. Κύλινδρος διπλής ενέργειας



Εικόνα 1.16 Ανοιχτό υδραυλικό κύκλωμα με βαλβίδα ανακουφίσεως (ασφαλιστικό)

1. Αντλία
2. Ηλεκτροκινητήρας
3. Ασφαλιστική βαλβίδα
4. Βαλβίδα κατεύθυνσης
5. Υδραυλικός κύλινδρος

Για τον πλήρη έλεγχο της κίνησης απαιτείται μία βαλβίδα κατεύθυνσης καθώς και μία βαλβίδα ελέγχου της μέγιστης τιμής πίεσης (ασφαλιστικό). Το σύστημα διαμορφώνεται όπως φαίνεται στο υδραυλικό διάγραμμα της εικόνας 1.16 αποτελούμενο από την περιστροφική αντλία (1), τον

κινητήρα (2) , τη βαλβίδα ασφαλείας (3), τη βαλβίδα κατεύθυνσης (4) και τον υδραυλικό κύλινδρο.

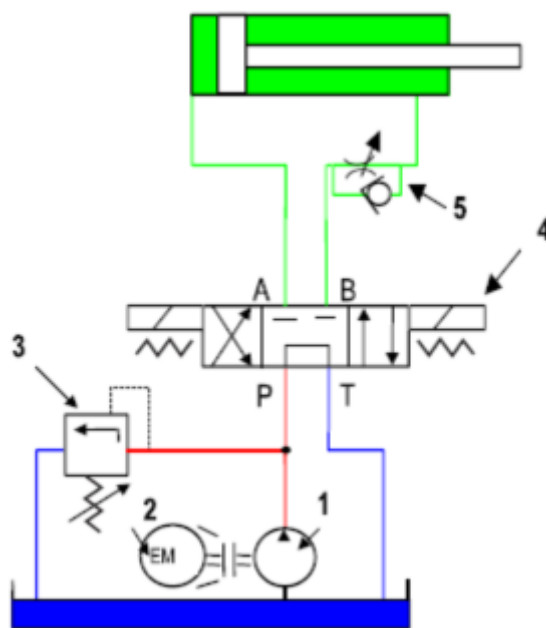
Όταν ενεργοποιείται το πηνίο **a** (ON), το έμβολο της βαλβίδας ωθείται αριστερά συνδέοντας τη θυρίδα **P** (pump) με τη θυρίδα **A** και παρέχοντας λάδι στο αριστερό μέρος του κυλίνδρου, το πιστόνι κινείται προς τα έξω και το λάδι στη μεριά του βάκτρου επιστρέφει από τις θυρίδες **B** και **T** στην ελαιοδεξαμενή.

Όταν ενεργοποιείται το πηνίο **b**, η βαλβίδα παρέχει λάδι αντιστρόφως και το πιστόνι επιστρέφει.

Όταν και τα δύο πηνία είναι απενεργοποιημένα (OFF) τα ελατήρια επαναφέρουν τον σύρτη στην κεντρική θέση. Στη συγκεκριμένη βαλβίδα οι θυρίδες **A** και **B** είναι κλειστές ασφαρίζοντας τον κύλινδρο στη θέση που βρίσκεται, ενώ η αντλία εκφορτίζει από το **P** στο **T** προς την ελαιοδεξαμενή.

Εάν η πίεση του συστήματος φθάσει στην τιμή όπου έχει προοργανωθεί η βαλβίδα ασφαλείας, τότε η βαλβίδα ανοίγει και η αντλία εκφορτίζεται προς την ελαιοδεξαμενή .

1.7.2.2. Κύλινδρος διπλής ενέργειας με meter out βαλβίδα



Εικόνα 1.17 Ανοιχτό υδραυλικό κύκλωμα με βαλβίδα ρύθμισης της παροχής (meter out)

1. Αντλία
2. Ηλεκτροκινητήρας
3. Ασφαλιστική βαλβίδα
4. Βαλβίδα κατεύθυνσης
5. Ρυθμιστής ροής
6. Υδραυλικός κύλινδρος

Έχοντας εξασφαλίσει τον πλήρη έλεγχο της πίεσης του συστήματος και την κατεύθυνση της ροής, το επόμενο βήμα είναι ο έλεγχος της ταχύτητας.

Στην εικόνα 1.17 έχει προστεθεί μία βαλβίδα ρύθμισης της παροχής (5), προκειμένου να ελεγχθεί η ταχύτητα του κυλίνδρου. Ο ρυθμιστής παροχής περιλαμβάνει μία ρυθμιζόμενη βαλβίδα στραγγαλισμού, η οποία περιορίζει ανάλογα την παροχή του λαδιού από το κύλινδρο προς τη βαλβίδα κατεύθυνσης, και είναι παράλληλα συνδεδεμένη με μία βαλβίδα αντεπιστροφής η οποία κατά την ανάστροφη ροή του λαδιού

επιτρέπει την ελεύθερη ροή από τη βαλβίδα κατεύθυνσης προς τον κύλινδρο. Σημαντικό είναι ότι η βαλβίδα ρύθμισης έχει τοποθετηθεί στην γραμμή εξόδου της ροής από το κύλινδρο. Με αυτό τον τρόπο επιτυγχάνεται καλύτερος έλεγχος της ταχύτητας, ιδιαίτερα όταν ο κύλινδρος επενεργεί κάτω από σημαντικές εξωτερικές μηχανικές δυνάμεις. Ο τρόπος αυτός ελέγχου της ροής είναι γνωστός σαν **Meter Out control** και συναντάται στα περισσότερα κυκλώματα ελέγχου παροχής.

Για να υπολογισθεί η γραμμική ταχύτητα του κυλίνδρου, είναι αναγκαίο να γνωρίζουμε και τις δύο επιφάνειες του πιστονιού του κυλίνδρου καθώς και την παροχή της ροής εισόδου του λαδιού.

2. ΑΝΑΛΟΓΙΚΕΣ ΒΑΛΒΙΔΕΣ

2.1. Εισαγωγή

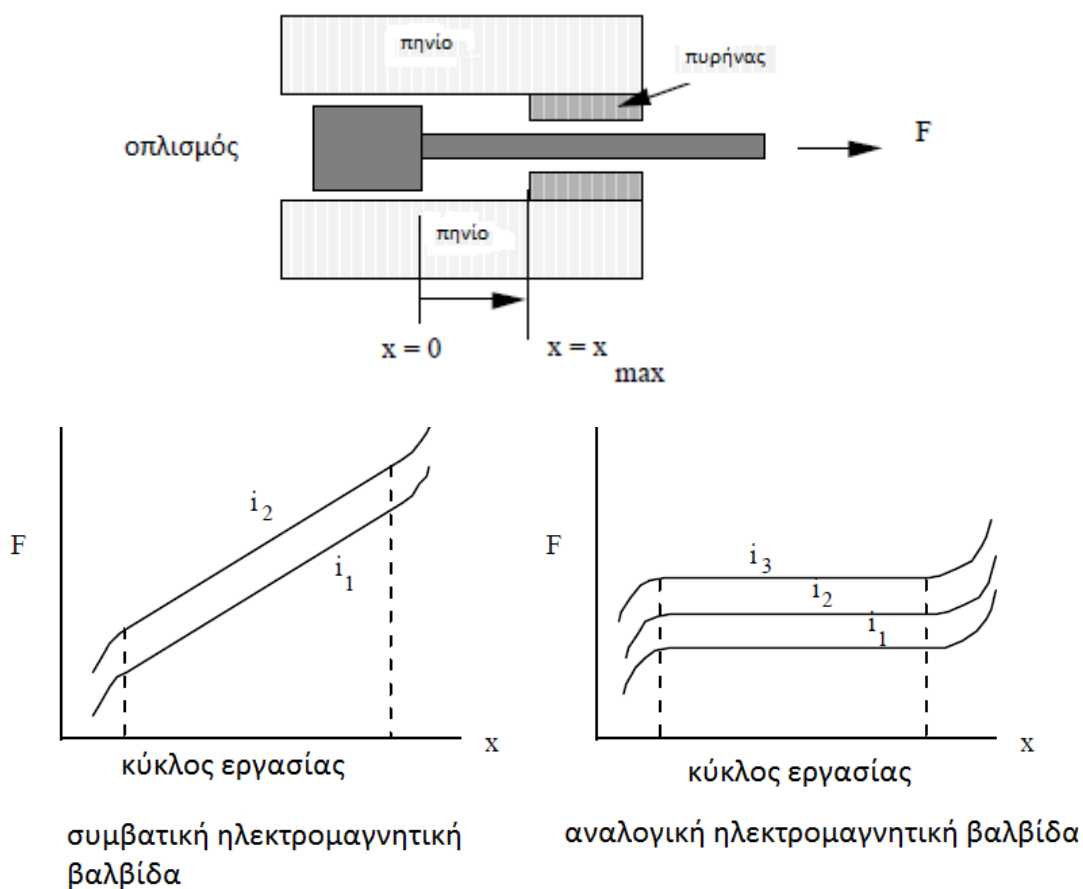
Στα υδραυλικά συστήματα, με τον όρο **αναλογική βαλβίδα** εννοούμε μια ενεργοποιούμενη βαλβίδα με πολύ συγκεκριμένα χαρακτηριστικά λειτουργίας. Οι αναλογικές βαλβίδες χρησιμοποιούνται σε εφαρμογές όπου η παροχή θέλουμε να μεταβάλλεται αναλογικά σε μια ηλεκτρική είσοδο. Γενικά οι αναλογικές βαλβίδες εφαρμόζονται ως επί το πλείστον σε καταστάσεις ανοικτού βρόχου όπου η πίεση και η παροχή είναι απαραίτητο να αλλάζουν συνεχώς, όπου οι πολλαπλές βαλβίδες σταθερής παροχής και πίεσης μπορούν να αντικατασταθούν από μια μόνον βαλβίδα και όπου απαιτείται η υπό έλεγχο επιτάχυνση και επιβράδυνση του επενεργητή.

Στις ενότητες που ακολουθούν, θα αναφερθούμε στις βασικές αρχές λειτουργίας της αναλογικής βαλβίδας, στα χαρακτηριστικά της, στη χρήση της για τον έλεγχο πίεσης, παροχής και κατεύθυνσης και σε κάποιες εφαρμογές της.

2.2. Βασικές Αρχές Λειτουργίας και Χαρακτηριστικά

Γνωρίζουμε από τη βασική μας γνώση για τα ηλεκτρονικά, ότι όταν δίνουμε ρεύμα σε ένα πηνίο, δημιουργείται ένα μαγνητικό πεδίο το οποίο, όταν περάσει μέσω ενός κατάλληλου υλικού - **πυρήνα**, μπορεί να οδηγήσει σε **μαγνητική δύναμη**. Η δύναμη αυτή, όταν εφαρμόζεται σε έναν κινητό σπλισμό, οδηγεί σε κίνησή του προς τον πυρήνα (η βασική ιδέα της ηλεκτρομαγνητικής βαλβίδας). Στις παραδοσιακές

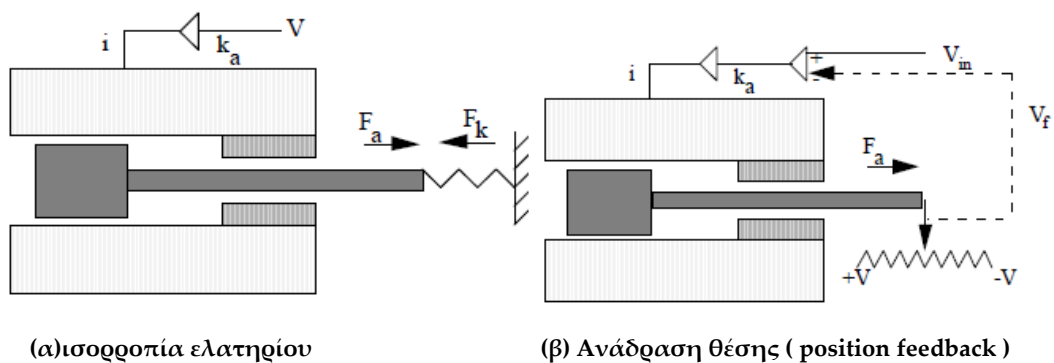
ηλεκτρομαγνητικές βαλβίδες η δύναμη της έλξης αυξάνει με τη μείωση του κενού μεταξύ του σπλισμού και του πυρήνα. Ωστόσο, οι αναλογικές ηλεκτρομαγνητικές βαλβίδες, αποτελούμενες από σπλισμό, πηνίο και πυρήνα, σχεδιάζονται έτσι ώστε η δύναμη έλξης να είναι σχετικά σταθερή κατά τη διάρκεια της διαδρομής. Αυτό απεικονίζεται σχηματικά στο Σχήμα 2.1.



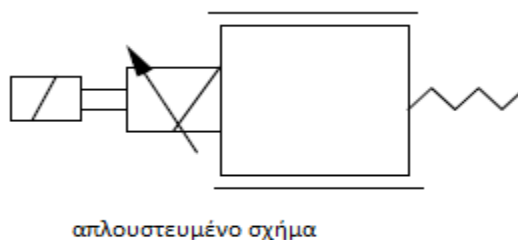
Σχήμα 2.1 Αναλογική ηλεκτρομαγνητική βαλβίδα

Αυτό σημαίνει ότι εάν το i (ρεύμα) διατηρείται σταθερό, η δύναμη έλξης είναι περίπου σταθερή κατά τη διαδρομή εργασίας. Συνεπώς, $F = ki i$. (Εξ ου και η ονομασία αναλογική ηλεκτρομαγνητική βαλβίδα).

Η αναλογική ηλεκτρομαγνητική βαλβίδα, όπως φαίνεται στη διάταξη του σχήματος 2.1, είναι μη λειτουργική. Ο οπλισμός θα επιταχύνει ανεξέλεγκτα μέχρις ότου να χτυπήσει τον πυρήνα. Προκειμένου ο οπλισμός να λάβει κάποια συγκεκριμένη και σταθερή θέση, χρειάζεται να τον εξισορροπήσει κάποια εξωτερική δύναμη, ειδάλλως χρειάζεται το ρεύμα να πάει στο μηδέν. Σύμφωνα με το σχήμα 2.2 (α), μπορούμε να εξισορροπήσουμε τη δύναμη οπλισμού μιας ηλεκτρομαγνητικής βαλβίδας με ένα εξωτερικό σπειροειδές ελατήριο. Το σπειροειδές αυτό ελατήριο θα συμπιεστεί μέχρις ότου η δύναμη του ελατηρίου να γίνει ίση με τη δύναμη του οπλισμού. Η αύξηση του ρεύματος αυξάνει τη δύναμη του οπλισμού, με αποτέλεσμα να προκύπτει μια ανισορροπία δύναμης στο ελατήριο, η οποία συμπιέζει το ελατήριο μέχρις ότου να αποκατασταθεί η ισορροπία.



Σχήμα 2.2 Έλεγχος της θέσης του οπλισμού



Σχήμα 2.3 Συμβολισμός αναλογικών βαλβίδων

2.2.1. Ηλεκτρομαγνητικές βαλβίδες

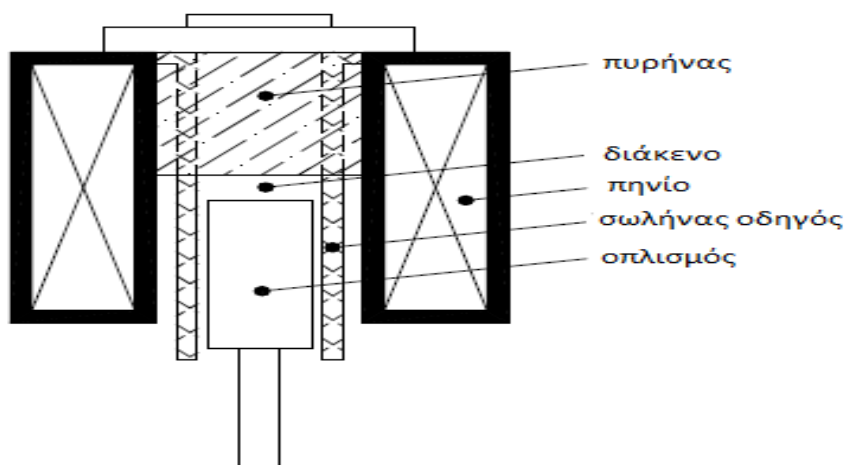
Οι ηλεκτρομαγνητικές βαλβίδες είναι συσκευές ηλεκτρομηχανικής διεπαφής που μετατρέπουν την ηλεκτρική ισχύ σε μια εφαρμοζόμενη δύναμη. Οι υδραυλικές βαλβίδες χρησιμοποιούν αυτή την αρχή προκειμένου να μετατοπίσουν ένα εσωτερικό εξάρτημα (έμβολο), μεταβάλλοντας ως εκ τούτου την παροχή ή την κατεύθυνση σε ένα φορτίο (φορά κίνησης του επενεργητή). Υπάρχουν δύο παραλλαγές ηλεκτρομαγνητικών βαλβίδων που διατίθενται σήμερα στην αγορά: οι *on/off* και οι αναλογικές. Οι ηλεκτροϋδραυλικές βαλβίδες τύπου *on/off* χρησιμοποιούν ένα ηλεκτρομαγνητικό πηνίο προκειμένου να μετακινήσουν το έμβολο της βαλβίδας από μία θέση (θέση *off* ή καθόλου παροχής) σε μία άλλη θέση (θέση *on* ή μέγιστης παροχής). Ένα μηχανικό σπειροειδές ελατήριο αντιστέκεται στην κίνηση του εμβόλου και επιστρέφει το έμβολο στην αντίθετη θέση μόλις αφαιρεθεί η ηλεκτρική ενέργεια από την ηλεκτρομαγνητική βαλβίδα. Η λειτουργία αυτή μπορεί να χαρακτηριστεί ως *ψηφιακή*, δεδομένου ότι οι διαδρομές παροχής μπορούν να βρίσκονται σε μόνο μία από τις δύο καταστάσεις. Από την άλλη πλευρά, οι ηλεκτροϋδραυλικές ηλεκτρομαγνητικές βαλβίδες *αναλογικού* τύπου μπορούν να τοποθετήσουν το έμβολο σε έναν άπειρο αριθμό θέσεων μεταξύ των θέσεων έναρξης και κατάληξης. Το μηχανικό σπειροειδές ελατήριο που χρησιμοποιείται σε αυτή την εφαρμογή παρέχει τόσο τη διαδικασία για την αναλογικότητα, όσο και για την επιστροφή του εμβόλου που επιστρέφει στη θέση εκκίνησης, όταν δεν παρέχεται ηλεκτρική ισχύς. Κατά συνέπεια, οι αναλογικές ηλεκτρομαγνητικές βαλβίδες μπορούν να ταξινομηθούν ως *αναλογικές* συσκευές, οι οποίες παρέχουν μεγαλύτερη λειτουργικότητα και περισσότερες δυνατότητες στον τομέα των ηλεκτροϋδραυλικών συστημάτων.

2.2.2. Λειτουργία ηλεκτρομαγνητικών βαλβίδων

Τόσο οι *on/off* τύπου όσο και οι *αναλογικές* ηλεκτρομαγνητικές βαλβίδες έχουν την ίδια βασική κατασκευή: ένα πηνίο σύρματος περιβάλλει έναν σιδηρομαγνητικό πυρήνα με έναν παραμαγνητικό σωλήνα οδηγό (Σχήμα 2.4). Ένας σιδηρομαγνητικός οπλισμός αφήνεται να κινηθεί γραμμικά εντός του σωλήνα οδηγού. Όταν το ηλεκτρικό ρεύμα παρέχεται στο πηνίο, ένα μαγνητικό πεδίο τέμνει τον πυρήνα και ο οπλισμός ενεργοποιείται. Το πηνίο δημιουργεί δύο μαγνητικούς πόλους στα αντίθετα άκρα του μήκους του, όπου κυκλοφορούν οι διαδρομές ροής. Αυτές οι μαγνητικές διαδρομές ροής δημιουργούν μια γραμμική δύναμη που προσπαθεί να κεντράρει τον οπλισμό εντός του μήκους του πηνίου (ανάμεσα στους ηλεκτρομαγνητικούς πόλους). Η μαγνητική δύναμη μίας *on/off* ηλεκτρομαγνητικής βαλβίδας αυξάνεται καθώς μειώνεται το κενό μεταξύ του πυρήνα και του οπλισμού, επειδή μειώνεται η αντίσταση του κυκλώματος μαγνητικής ροής. Η βασική κατασκευαστική διαφορά μεταξύ των *on/off* και των *αναλογικών* ηλεκτρομαγνητικών βαλβίδων είναι το σχήμα και ο προσανατολισμός του πυρήνα και του οπλισμού. Η αναλογική ηλεκτρομαγνητική βαλβίδα κατασκευάζεται με τέτοιο τρόπο, ώστε το διάκενο να είναι κάθετο προς την κατεύθυνση της κίνησης του οπλισμού και επομένως ανεξάρτητο από τη θέση του οπλισμού. Κατά συνέπεια, για ένα δεδομένο ρεύμα μέσω του πηνίου δημιουργείται μια σταθερή δύναμη σε όλο το εύρος εργασίας της κίνησης του οπλισμού. Η εξέταση της εξίσωσης για τη δύναμη που παράγεται είτε από μία *on/off* είτε από μία *αναλογική* ηλεκτρομαγνητική βαλβίδα δείχνει την αρχή αυτή:

$$F_M = \frac{\mu_0 A}{2f} \left(\frac{I-I_0}{x+l_e} \right)^2 n^2 \quad (1)$$

όπου: μ_0 = διαπερατότητα ελεύθερου χώρου [W / A m],
 A =εμβαδόν διατομής του κενού [m^2],
 f = συντελεστής για τη διαρροή ροής και αντικατάσταση περιοχής [άνευ διαστάσεων],
 I =ρεύμα εισόδου [A],
 I_0 =αρχικό ρεύμα της ηλεκτρομαγνητικής βαλβίδας [A] (συνήθως 4-7% του συνεχόμενου ρεύματος),
 x = το γραμμικό κενό μεταξύ οπλισμού και πυρήνα[m],
 l_e = μήκος αντίστοιχης αντίστασης [m], και
 n = αριθμός των σπειρών του πηνίου.



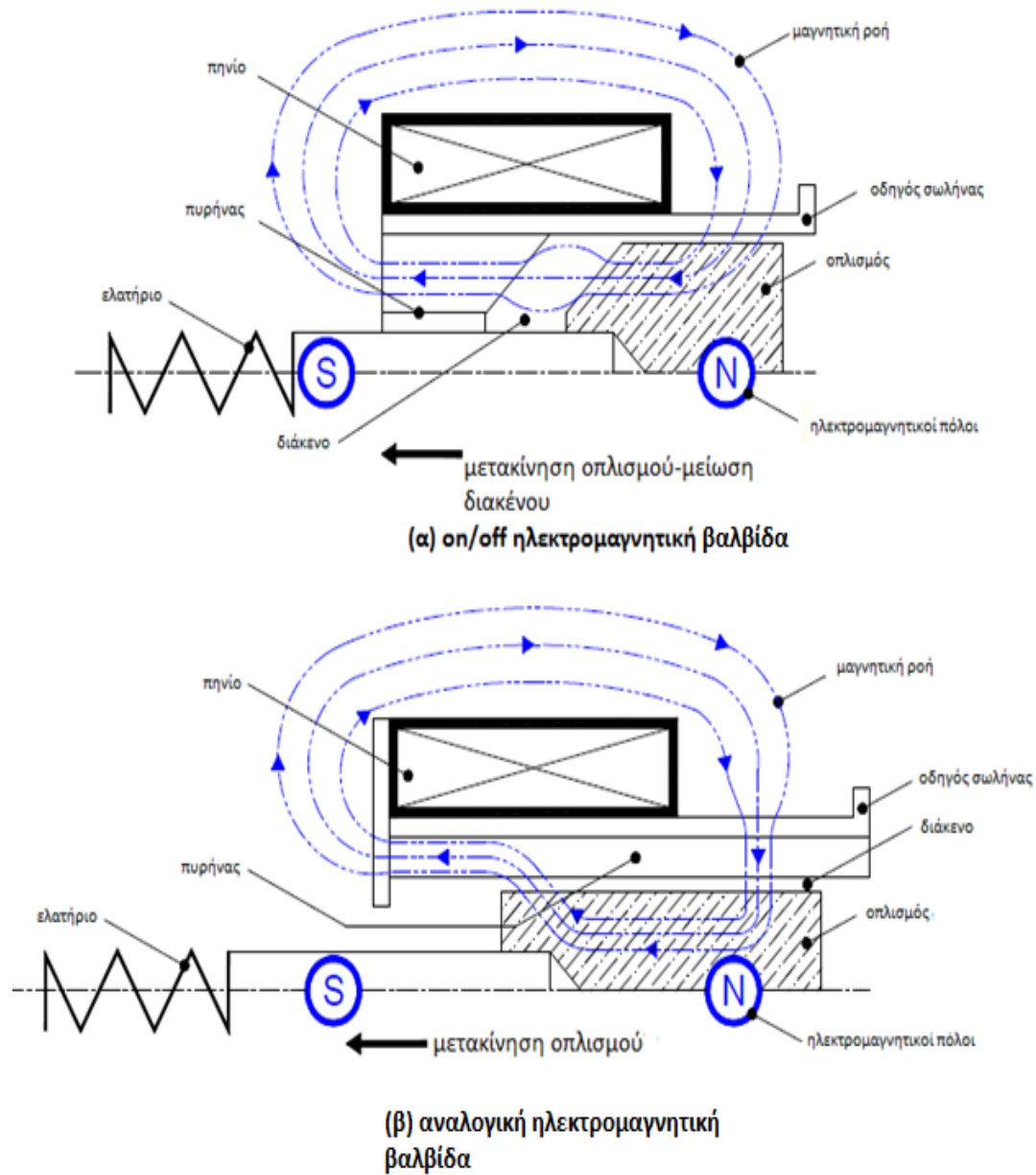
Σχήμα 2.4 Κατασκευή ηλεκτρομαγνητικής βαλβίδας

Με παραμέληση της επιρροής των δυνάμεων αντίδρασης ροής μπορεί να αποδειχθεί, χρησιμοποιώντας τον πρώτο Νόμο της Κίνησης του Newton, ότι οι δυνάμεις που επιδρούν επί του οπλισμού σε σταθερή κατάσταση είναι (Σχήμα 2.6):

$$\Sigma F = 0 \quad (2)$$

$$F_M = F_s$$

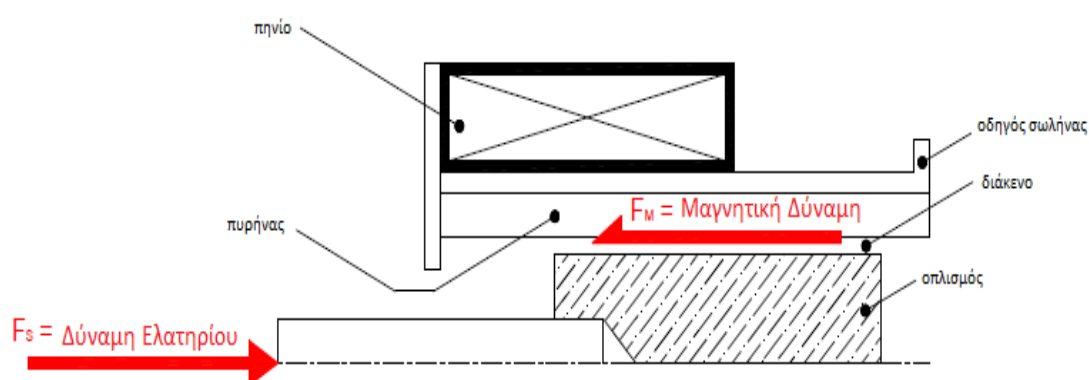
όπου: F_s = δύναμη που εφαρμόζεται από μηχανικό ελατήριο.



Σχήμα 2.5 Ρόλος διακένου σε on/off και σε αναλογική ηλεκτρομαγνητική βαλβίδα

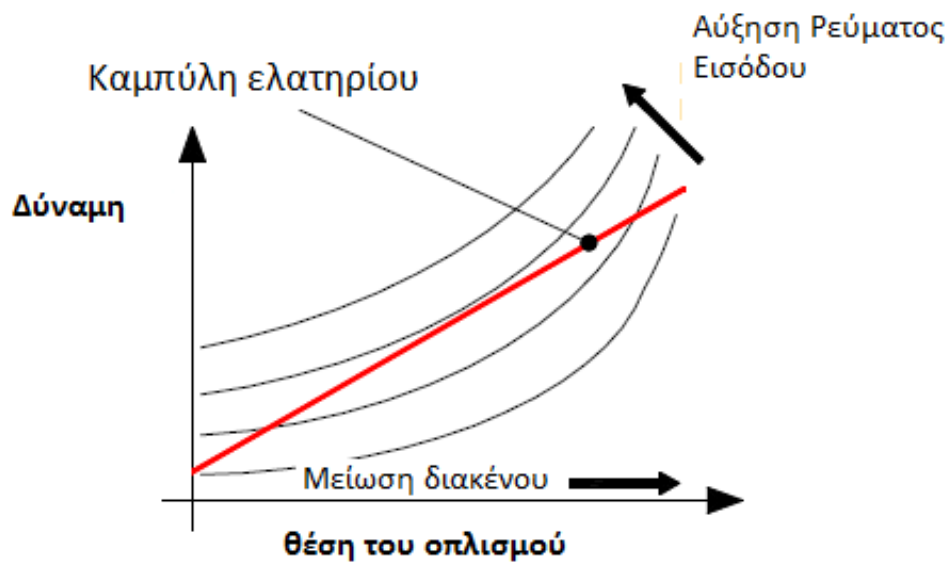
Με τη χρήση οικογενειών δύναμης της εξίσωσης (1) έναντι της θέσης του σπλισμού (έμβολο εργασίας) παράγονται καμπύλες για διάφορα ρεύματα εισόδου τόσο για τις on/off όσο και για τις αναλογικές ηλεκτρομαγνητικές βαλβίδες (Εικόνα 2.5). Για μία on/off ηλεκτρομαγνητική βαλβίδα η δύναμη που παράγεται αυξάνεται όσο το x (γραμμικό διάκενο) μειώνεται. Με την υπέρθεση της καμπύλης του σπειροειδούς ελατηρίου επαναφοράς σε αυτήν την οικογένεια καμπυλών ηλεκτρομαγνητικών βαλβίδων

αποδεικνύεται ότι υπάρχει ένας περιορισμένος αριθμός σημείων τομής όπου η δύναμη του σπειροειδούς ελατηρίου και η δύναμη της ηλεκτρομαγνητικής βαλβίδας θα είναι σε ισορροπία. Οι on/off ηλεκτρομαγνητικές βαλβίδες σχεδιάζονται για συστήματα τροφοδοσίας μονοφασικού ρεύματος, όπου το ρεύμα εισόδου δημιουργεί μια αρκετά μεγάλη δύναμη, ώστε να υπερβεί τη δύναμη του σπειροειδούς ελατηρίου σε όλες τις θέσεις, μετακινώντας το πηνίο στη μέγιστη μετατόπισή του.

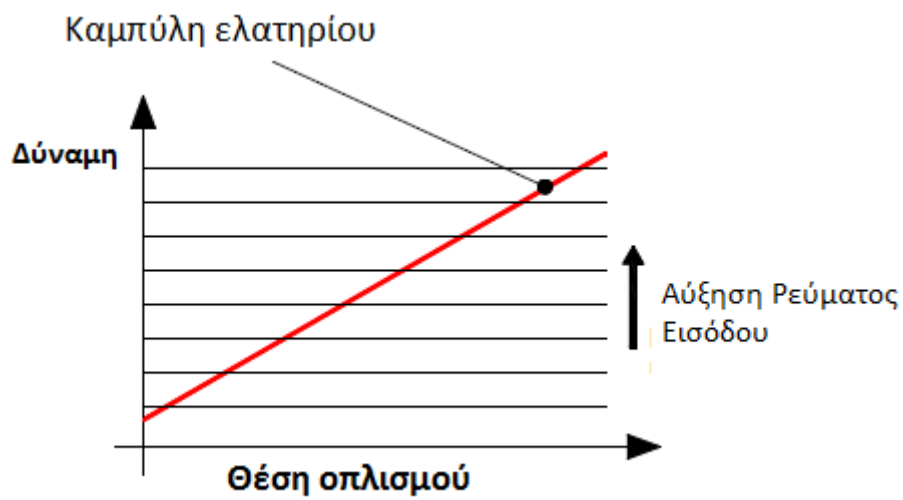


Σχήμα 2.6 Δυνάμεις που επιδρούν επί του σπλισμού

Με την αναλογική ηλεκτρομαγνητική βαλβίδα, το διάκενο είναι σταθερό καθ' όλη τη διαδρομή του εμβόλου εργασίας. Συνεπώς, όταν η καμπύλη του σπειροειδούς ελατηρίου επιστροφής υπερτίθεται επί της οικογένειας καμπυλών του ρεύματος εισόδου των αναλογικών ηλεκτρομαγνητικών βαλβίδων, ανακαλύπτουμε πολλά σημεία τομής (ισορροπία). Με τη χρήση μεταβλητής παροχής ρεύματος προκειμένου να αλλάξουμε την είσοδο του ρεύματος, μπορούν να δημιουργηθούν πολλές θέσεις εμβόλου. Έτσι η θέση του εμβόλου είναι ανάλογη με το ρεύμα εισόδου.



(α) on/off ηλεκτρομαγνητική βαλβίδα



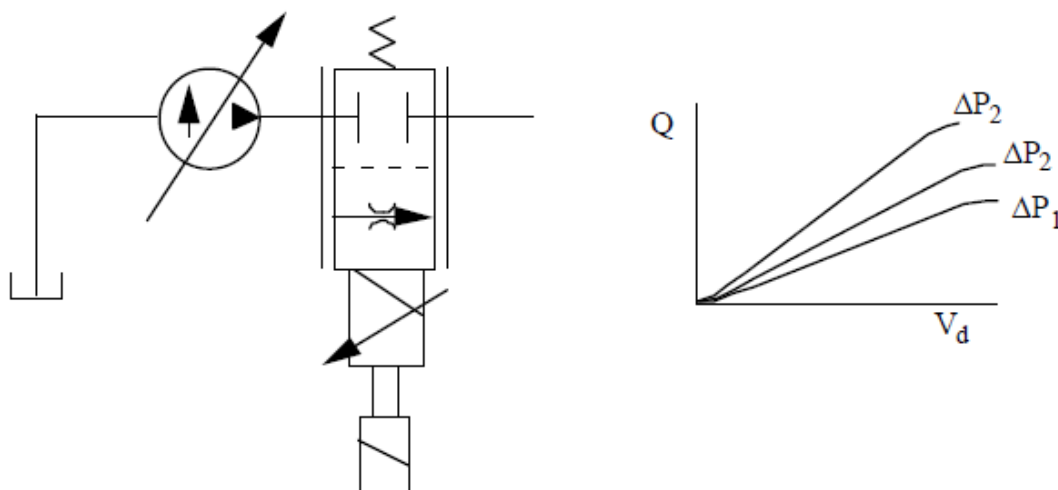
(β) αναλογική ηλεκτρομαγνητική βαλβίδα

Σχήμα 2.7 Δύναμη ηλεκτρομαγνητικής βαλβίδας έναντι θέσης σπλισμού - on/off και αναλογικές ηλεκτρομαγνητικές βαλβίδες

2.3. Εφαρμογές αναλογικών βαλβίδων

2.3.1. Αναλογική βαλβίδα ελέγχου παροχής

Η απλούστερη εφαρμογή μίας αναλογικής ηλεκτρομαγνητικής βαλβίδας είναι εκείνη ως βαλβίδα ελέγχου παροχής. Η βαλβίδα ελέγχου παροχής δημιουργεί ένα μεταβλητό στόμιο σε μια γραμμή. Η παροχή (Q) διαμέσου της βαλβίδας είναι ανάλογη προς το γινόμενο του εμβαδού του στομίου ($Ao(x)$) και την πτώση πίεσης (ΔP) κατά μήκος της βαλβίδας, δηλαδή $Q = k \times Ao(x) \times \sqrt{\Delta P}$. Για κάθε ΔP , μπορούμε να αλλάξουμε την παροχή (και κατά συνέπεια την ταχύτητα του επενεργητή), αλλάζοντας το εμβαδό του στομίου. Η ρύθμιση της παροχής γίνεται μόνο προς τη μία κατεύθυνση και δεν ελέγχεται (επειδή η πτώση πίεσης ΔP δεν εξαρτάται μόνο από την επιφάνεια του στομίου $Ao(x)$ αλλά και από τη πίεση του συστήματος).



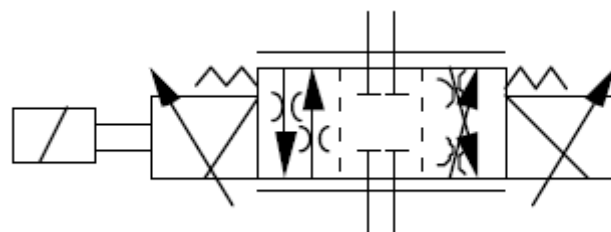
Σχήμα 2.8 Εφαρμογή βαλβίδας ελέγχου παροχής

Θεωρητικά, το Q θα πρέπει να είναι ανάλογο προς την τάση εισόδου για ένα σταθερό ΔP . Ωστόσο, λόγω της νεκρής ζώνης (βλέπε παρακάτω) και απωλειών στο εσωτερικό της βαλβίδας, τα χαρακτηριστικά παροχής παρουσιάζονται ως μη γραμμικά, όπως φαίνεται στην Εικόνα 2.8.

Στις αναλογικές βαλβίδες συναντάται μια “νεκρή ζώνη” (deadband) όπου το έμβολο κινείται, αλλά δεν προκύπτει ροή-παροχή. Ως γνωστόν το σήμα για τον έλεγχο των ηλεκτρικών βαλβίδων προέρχεται και ελέγχεται από ειδικούς ενισχυτές (amplifiers) σήματος που είναι εγκατεστημένοι σε ολοκληρωμένα ηλεκτρονικά κυκλώματα, κάρτες, PLC, ηλεκτρονικούς υπολογιστές κλπ. Ωστόσο, οι περισσότεροι από τους αναλογικούς ενισχυτές που διατίθενται στην αγορά έχουν ενσωματωμένους εξισορροπητικούς βρόχους οι οποίοι παρέχουν ένα σήμα **πόλωσης** στο $x = 0$, προκειμένου να απομακρυνθεί γρήγορα το έμβολο από το σημείο νεκρής ζώνης. Η γραμμικότητα, παρόλα αυτά, δεν αποκαθίσταται ποτέ και έτσι τα χαρακτηριστικά παροχής θα είναι πάντα ελαφρώς μη ιδανικά.

2.3.2. Αναλογική βαλβίδα ελέγχου κατεύθυνσης

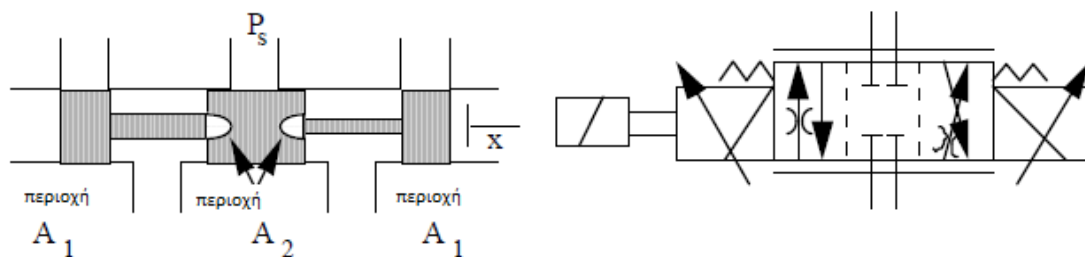
Η λογική της αναλογικής βαλβίδας ελέγχου παροχής χρησιμοποιείται και στην αναλογική βαλβίδα ελέγχου κατεύθυνσης. Μια σχηματική παράσταση παρουσιάζεται στην Εικόνα 2.9.



Σχήμα 2.9 Αναλογική βαλβίδα ελέγχου κατεύθυνσης

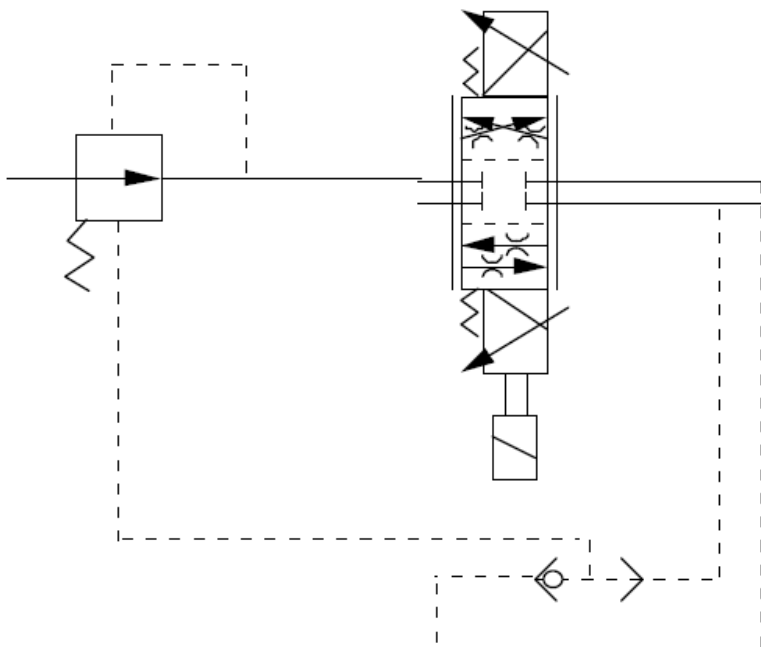
Το έμβολο έχει συμμετρικά στόμια και δύο αναλογικά ηλεκτρομαγνητικά πηνία (ένα για κάθε κατεύθυνση). Οι ενισχυτές γνωρίζουν ποια από τα δύο ηλεκτρομαγνητικά πηνία χρειάζεται να ενεργοποιούν μέσω των μετατροπέων θέσεως (feedback).

Οι ενισχυτές είναι σχεδιασμένοι έτσι ώστε να μειώνουν τη νεκρή ζώνη στο 5% περίπου της πλήρους διαδρομής (σε σύγκριση με το 15,25% που λαμβάνουμε χωρίς την αντιστάθμιση). Αλλάζοντας το σχήμα των στομιών (metering-orifices) , είναι δυνατόν να έχουμε διαφορετικές αντιστάσεις στα διάφορα μέρη (Σχήμα 2.10).



Σχήμα 2.10 Διαφορετικά στόμια metering

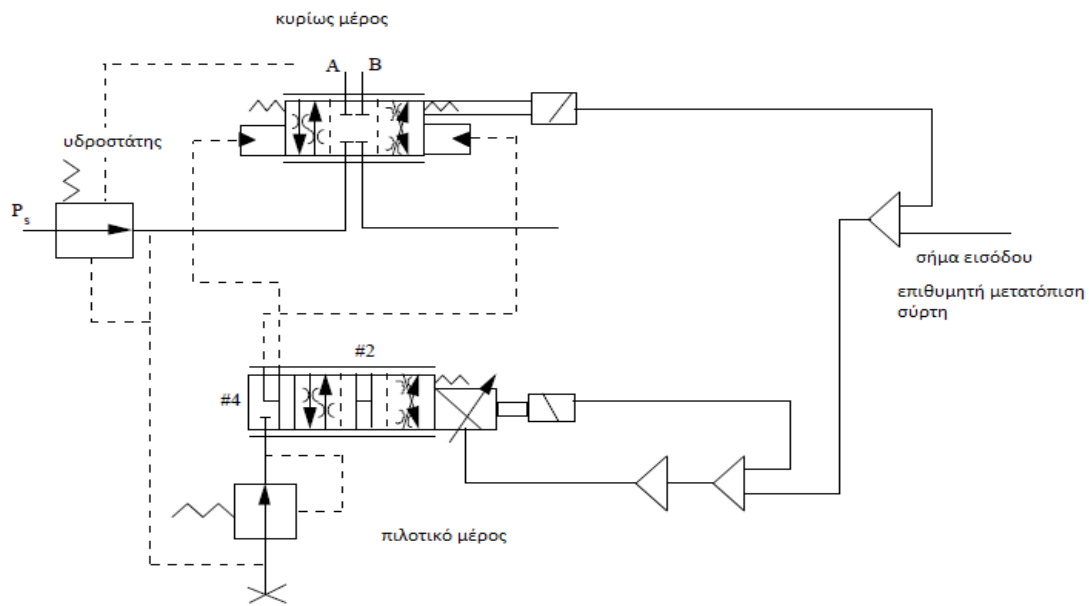
Η αναλογική βαλβίδα ελέγχου κατεύθυνσης μπορεί να μετατραπεί σε βαλβίδα ελέγχου παροχής με ισοσταθμισμένη πίεση με την τοποθέτηση μίας βαλβίδας αντιστάθμισης και μίας βαλβίδας επιλογής, όπως παρουσιάζεται στο Σχήμα 2.11.



Σχήμα 2.11 (Αναλογική) βαλβίδα ελέγχου παροχής αντιστάθμισης της πίεσης

Για τη διαχείριση μεγάλων παροχών προτιμώνται οι αναλογικές βαλβίδες ελέγχου παροχής που λειτουργούν με πιλότο. Το πιλοτικό έμβολο είναι κάπως διαφορετικό από το κανονικό, καθώς έχει τέσσερις θέσεις, όπως φαίνεται στο Σχήμα 2.12 (χρησιμοποιείται μόνο ένα ηλεκτρομαγνητικό πηνίο, επειδή οι παροχές του πιλότου είναι πολύ μικρές). Η τέταρτη θέση (# 4 στο Σχήμα 2.12) χρησιμοποιείται ως θέση ασφαλείας σε περίπτωση κατά την οποία προκύψει απώλεια ισχύος. Το σπειροειδές ελατήριο ωθεί το έμβολο σε αυτή τη θέση. Τα δύο **άκρα** του πρωτεύοντος εμβόλου συνδέονται μεταξύ τους και τους επιτρέπεται να αποστραγγίσουν στη δεξαμενή. Όταν συμβαίνει αυτό, το πρωτεύον έμβολο κεντράζεται μέσω των δύο σπειροειδών ελατηρίων κεντραρίσματος. Οι θύρες φορτίου είναι είτε κλειδωμένες είτε βραχυκυκλωμένες, όπως υπαγορεύεται από την κεντρική θέση. Επιστρέφοντας στη βαλβίδα πιλότο, οι τρεις θέσεις που βρίσκονται στη δεξιά πλευρά αποτελούν τις κανονικές περιοχές λειτουργίας όταν ενεργοποιείται το ηλεκτρομαγνητικό πηνίο. Η κανονική μηδενική θέση είναι η # 2 (κλειστό ή ανοιχτό κέντρο). Οφείλουμε να σημειώσουμε ότι το ρεύμα δεν είναι μηδέν σε αυτό το σημείο. (Εάν ήταν, το έμβολο θα μετέβαινε στη θέση # 4). Για να περιορίσουμε την πίεση στη βαλβίδα πιλότο και να καταστήσουμε τη λειτουργία της λιγότερο ευαίσθητη στις διακυμάνσεις της πίεσης στο καθοδικό φορτίο, συχνά ενσωματώνεται μια βαλβίδα μείωσης της πίεσης στη γραμμή παροχής πίεσης (πιλότος).

Μια βαλβίδα αντιστάθμισης περιλαμβάνεται πριν από τη κύρια βαλβίδα για την αντιστάθμιση της πίεσης. Μια ειδική εσωτερική διάτρηση στο κυρίως έμβολο επιτρέπει την ανοδική πίεση από τον επενεργητή να ανιχνεύεται σε οποιαδήποτε κατεύθυνση. Αυτό το είδος βαλβίδας δύο βαθμίδων μπορεί να χρησιμοποιηθεί για τον έλεγχο μεγάλων παροχών με εύλογη ακρίβεια.



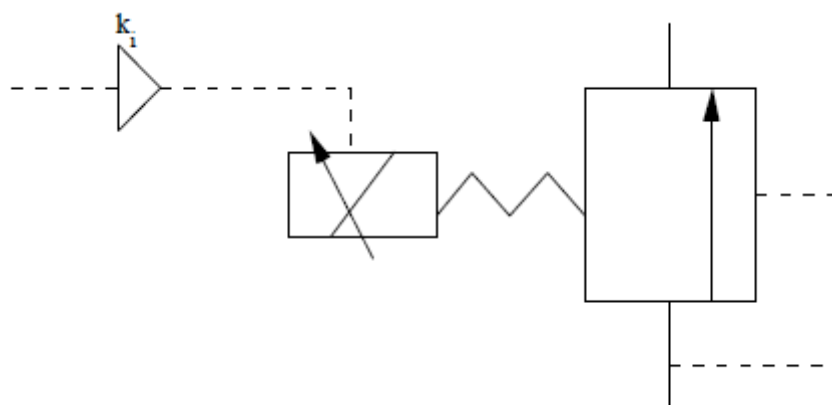
Σχήμα 2.12 Αναλογικός έλεγχος ροής αντιστάθμισης πίεσης που λειτουργεί με πιλότο

Θα πρέπει να σημειωθεί ότι συνήθως χρησιμοποιούνται δύο ανατροφοδοτήσεις (feedback) σε αυτές τις βαλβίδες δύο βαθμίδων. Η πρώτη ανατροφοδότηση χρησιμοποιείται για να διασφαλίσει ότι το έμβολο πιλότος οδηγείται στη θέση μηδέν (#2), όταν το σήμα σφάλματος εισόδου τού δίνει εντολή να συμπεριφερθεί με αυτόν τον τρόπο. Η δεύτερη ανατροφοδότηση μετατροπέα χρησιμοποιείται στο πρωτεύον έμβολο. Εάν εξετάσουμε το διάγραμμα ελέγχου που παρουσιάζεται στο Σχήμα 2.12, καθίσταται προφανές ότι το σήμα σφάλματος (η διαφορά μεταξύ της θέσης κύριας βαθμίδας και της επιθυμητής θέσης) χρησιμοποιείται για την καθοδήγηση της πιλοτικής βαθμίδας. Θα πρέπει επίσης να ισχύει ότι ο ενισχυτής που καθοδηγεί την πιλοτική βαθμίδα πρέπει να έχει μια πολικότητα, προκειμένου να διασφαλιστεί ότι η θέση #2 (μηδέν) επιτυγχάνεται, όταν το σήμα σφάλματος είναι μηδέν (αλλιώς, όπως προαναφέρθηκε, το σπειροειδές ελατήριο σφάλματος θα ωθήσει το πηνίο ξανά στη θέση #4). Ο κύριος λόγος που χρησιμοποιούμε ανατροφοδότηση

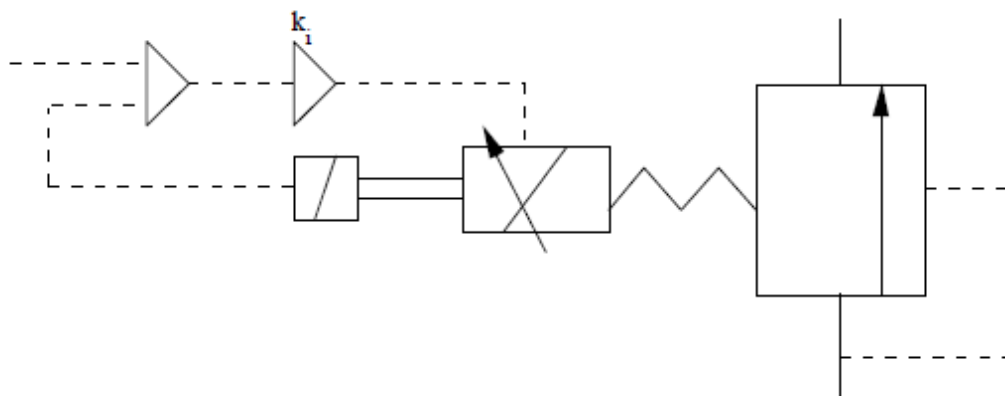
στο πιλοτικό μέρος σε αυτή την περίπτωση είναι να διασφαλίσουμε ότι οι δυνάμεις τριβής κλπ. μπορούν να ξεπεραστούν όταν χρειάζεται.

2.3.3. Αναλογική βαλβίδα ελέγχου πίεσης

Για να ρυθμιστεί η πίεση μιας βαλβίδας εκτόνωσης, μιας βαλβίδας μείωσης, μιας αντιστάθμισης πίεσης κλπ., το μόνο που χρειάζεται είναι να ρυθμιστεί ο προεντατήρας του σπειροειδούς ελατηρίου πιέζοντας το ελατήριο μέσω κάποιου **ρυθμιστή**. Χρησιμοποιείται, λοιπόν, μία ηλεκτρομαγνητική βαλβίδα για να συμπιεστεί το σπειροειδές ελατήριο εξ αποστάσεως. Μια τέτοια σχηματική αναπαράσταση απεικονίζεται στο Σχήμα 2.13. Αυτή η βαλβίδα είναι μια βαλβίδα εκτόνωσης ενός σταδίου άμεσης λειτουργίας, όπου η ηλεκτρομαγνητική βαλβίδα χρησιμοποιείται για να συμπιέσει το επιστόμιο του ελατηρίου της βαλβίδας, προκειμένου να λάβουμε την απαιτούμενη πίεση εκτόνωσης.



(α) χωρίς ανάδραση



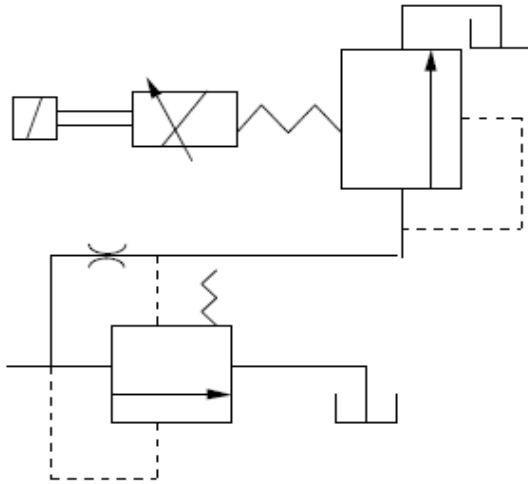
(β) με ανάδραση

Σχήμα 2.13 Αναλογική βαλβίδα εκτόνωσης ενός σταδίου

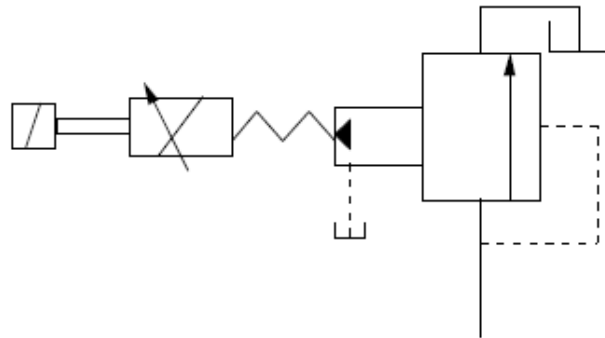
Προκειμένου να υπάρχει καλύτερος έλεγχος, χρησιμοποιείται μία θέση ανάδρασης όπως δείχνει το Σχήμα 2.13 (β). Αυτό το είδος της βαλβίδας είναι πραγματικά καλό μόνον ως ένας πιλότος βαθμίδας (χαμηλές ροές < 3 lpm) και θα πρέπει να ενσωματωθεί σε μια κεντρική βαθμίδα για να διαμορφωθεί μια αναλογική βαλβίδα πίεσεως δύο βαθμίδων.

Η σχηματική παράσταση μιας βαλβίδας εκτόνωσης δύο βαθμίδων παρουσιάζεται στο Σχήμα 2.14 (α) με μια απλουστευμένη εκδοχή να απεικονίζεται στο Σχήμα 2.14 (β).

Μεταβάλλοντας το σημείο όπου η πίεση γίνεται αισθητή ή μεταβάλλοντας την κανονικά ανοικτή ή κλειστή θέση της κύριας βαθμίδας, μπορούμε να διαχειριστούμε όλους τους τύπους των ελέγχων πίεσης συμπεριλαμβανομένης της μείωσης της πίεσης, της αντλίας αντιστάθμισης πίεσης, του αντίβαρου κ.λπ.



(α) Βαλβίδα εκτόνωσης πίεσης που λειτουργεί με πιλότο



(β) Απλοποιημένο σύμβολο

Σχήμα 2.14 Αναλογική βαλβίδα εκτόνωσης που λειτουργεί με πιλότο

3. ΠΡΟΣΘΗΚΗ ΑΝΑΛΟΓΙΚΗΣ ΒΑΛΒΙΔΑΣ ΣΤΗ ΔΙΑΤΑΞΗ HERION

3.1. Εισαγωγή

Η μηχανή Herion μεταφέρθηκε από το εργαστήριο Στοιχείων Μηχανών του Ε.Μ.Π. στις εγκαταστάσεις εργασίας της εταιρείας "ΣΚΟΥΡΑ Α.Ε – Υδραυλικά συστήματα λαδιού", για να πραγματοποιηθούν όλες οι απαραίτητες διεργασίες για την εγκατάσταση του PVG32 και την απαραίτητη τροποποίηση του υφιστάμενου κυκλώματος.

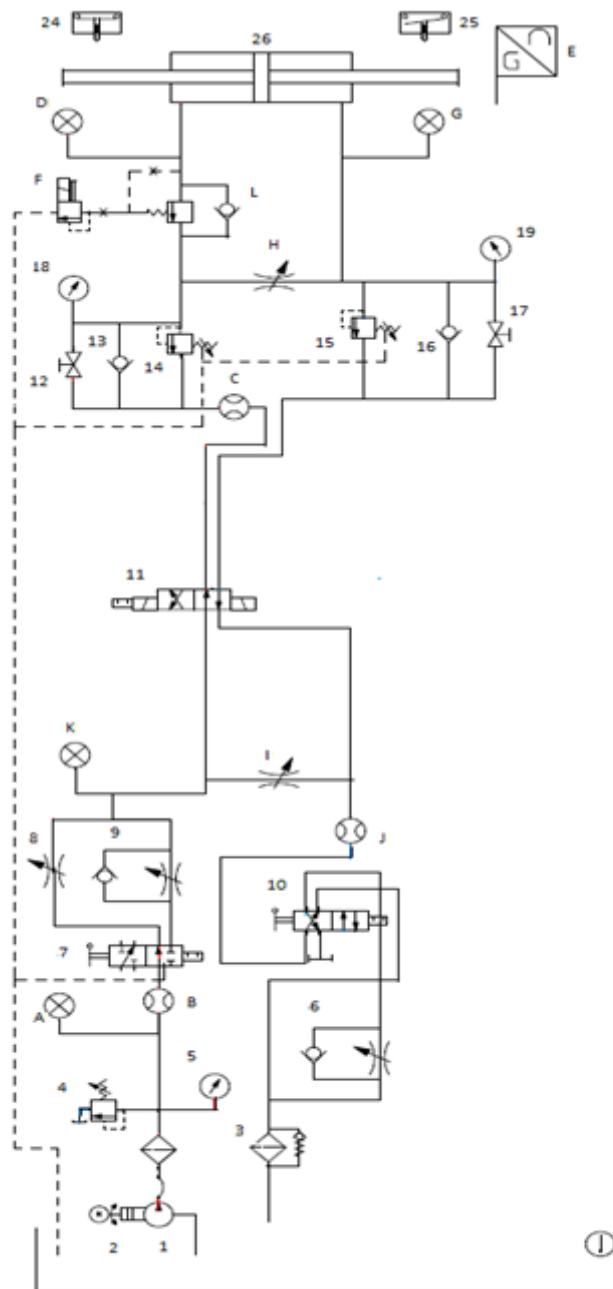
3.2. Τροποποίηση κυκλώματος HERION

3.2.1. Πρότερη λειτουργία

Το λάδι αναρροφάται από τη δεξαμενή από την αντλία (1) ,η οποία παίρνει κίνηση από τον ηλεκτροκινητήρα (2) μέσω ελαστικού συνδέσμου. Στη συνέχεια, εξωθείται από τη γραμμή υψηλής πίεσης (γραμμή κατάθλιψης) . Κοντά στην έξοδο της αντλίας είναι συνδεδεμένο το κύριο ασφαλιστικό του κυκλώματος (4) και ένα μανόμετρο (5) . Στη συνέχεια , η παροχή λαδιού περνάει από μία βαλβίδα ρύθμισης κατεύθυνσης 4/2 (7) , η οποία και την κατευθύνει σε μία από τις δύο βαλβίδες ρύθμισης παροχής (8 ή 9), οι οποίες ρυθμίζουν και την ταχύτητα κίνησης του υδραυλικού κυλίνδρου. Εν συνεχεία , το λάδι περνάει από τη βαλβίδα ρύθμισης κατεύθυνσης 4/2 (11) η οποία και το κατευθύνει προς ένα από

τα δύο μπλοκ εξαρτημάτων (12 , 13 , 14 , 18 και 15, 16 , 17 , 19 αντίστοιχα) . Στη γραμμή κατάθλιψης , το λάδι περνάει είτε μέσα από τον συνδυασμό βάνας και αντεπίστροφης βαλβίδας (12-13 και 16-17 αντίστοιχα) ,είτε μόνο μέσα από τις αντεπίστροφες βαλβίδες , στην περίπτωση που οι βάνες είναι κλειστές. Στη συνέχεια, το λάδι καταλήγει σε έναν από τους δύο θαλάμους του υδραυλικού κυλίνδρου, κινώντας το έμβολο με το βάκτρο είτε δεξιά είτε αριστερά.

Από τον υδραυλικό κύλινδρο, το λάδι εξωθείται προς τη γραμμή της επιστροφής. Αρχικά , περνάει πάλι μέσα από ένα από τα δύο μπλοκ εξαρτημάτων (12 ,13, 14 ,18 και 15, 16, 17 , 19 αντίστοιχα) , μόνο που σε αυτή την περίπτωση περνάει μέσα από τον συνδυασμό βάνας – ασφαλιστικού (12-14 και 17-15) αντίστοιχα. Εάν οι βάνες είναι ανοικτές, περνάει μέσα από αυτές ,ενώ αν είναι κλειστές , τότε ανοίγει το αντίστοιχο ασφαλιστικό και περνάει μέσα από αυτό. Εξυπακούεται ότι, για να γίνει αυτό , η πίεση ανοίγματος του αντίστοιχου ασφαλιστικού (14 και 15 αντίστοιχα) πρέπει να είναι αρκετά μικρότερη από την πίεση ανοίγματος του κύριου ασφαλιστικού (4) , αλλιώς ο κύλινδρος ακινητοποιείται. Στη συνέχεια , το λάδι περνάει από τη βαλβίδα ρύθμισης κατευθύνσεως (10) ,μέσω της οποίας μπορεί να επιστρέψει απευθείας στη δεξαμενή είτε να περάσει πρώτα από τη βαλβίδα ρύθμισης παροχής (6) . Εάν περάσει μέσα από αυτή , η βαλβίδα λειτουργεί ως meter – out επιτρέποντας τη ρύθμιση της ταχύτητας κίνησης του υδραυλικού κυλίνδρου. Και στις δύο περιπτώσεις ,στη συνέχεια το λάδι περνάει μέσα από το φίλτρο της γραμμής επιστροφής και επιστρέφει στη δεξαμενή. Παρατίθεται το μονογραμμικό σχέδιο του πρότερου κυκλώματος.



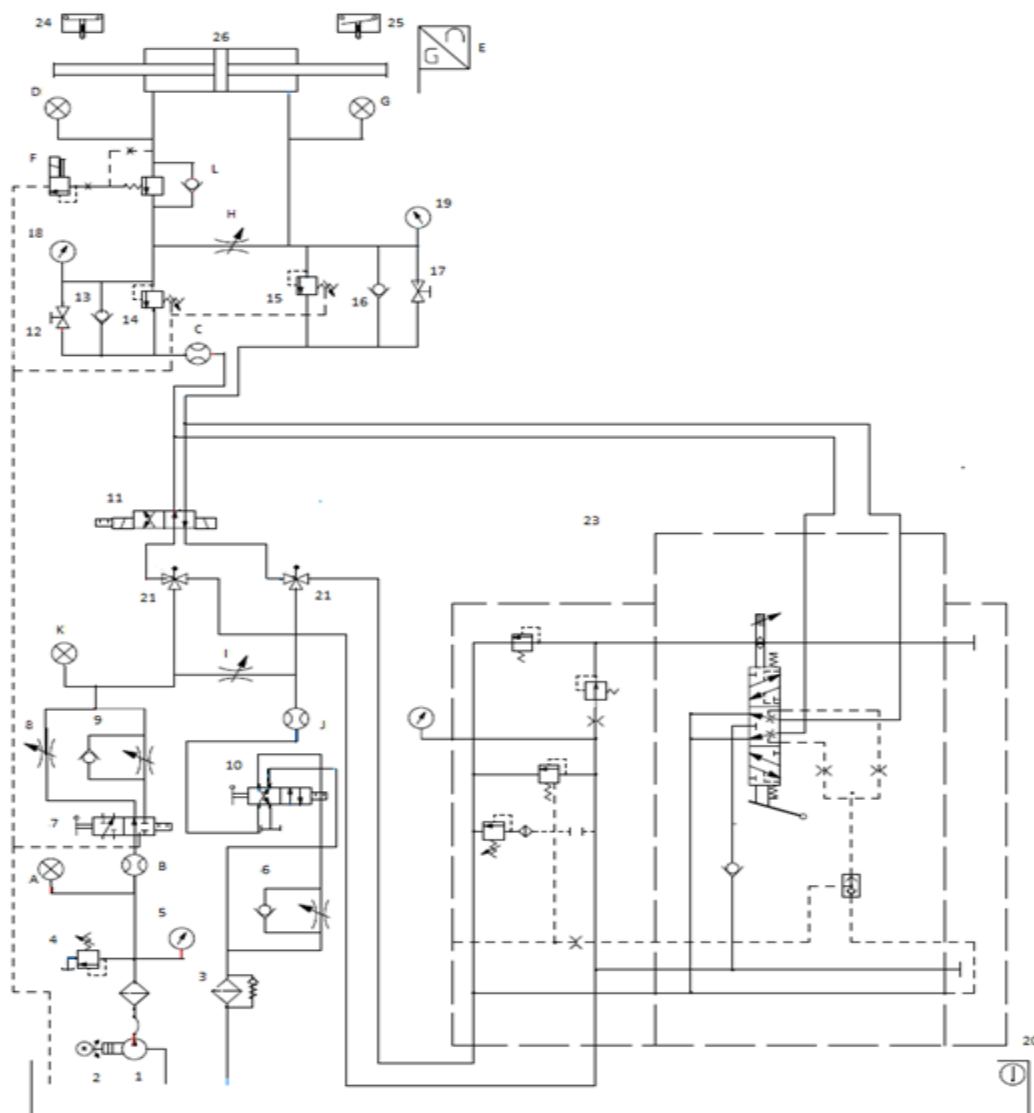
Σχήμα 3.1 Μονογραμμικό διάγραμμα πρότερου συστήματος

3.2.2. Νέο κύκλωμα

Στο υπάρχον σύστημα (σχήμα 3.1) τοποθετήθηκαν τρεις βασικοί μηχανισμοί καθώς και οι απαραίτητες σωληνώσεις και εξαρτήματα για την σύνδεση και τη συνεργασία με τη νέα αναλογική βαλβίδα (PVG 32). Οι βασικοί μηχανισμοί που προστέθηκαν είναι :

- 1) Το γκρουπ βαλβίδων PVG32.
- 2) Το τηλεχειριστήριο PVRES.
- 3) Η εξάστομη βάνα (κρουνός). Τοποθετήθηκε κρουνός επιλογής (βάνα (21)) από όπου επιλέγεται από τον χρήστη η λειτουργία της μηχανής με το PVG32 ή όχι.

Παρατίθεται το μονογραμμικό διάγραμμα του νέου συστήματος που προέκυψε.



Σχήμα 3.2 Μονογραμμικό διάγραμμα νέου συστήματος

1. πτερυγιοφόρος αντλία σταθερής παροχής (PD 2-14)
2. ηλεκτροκινητήρας (B3/B5-100Lx2,2x1500)
3. φίλτρο λαδιού γραμμής επιστροφής (FJ/HR 2A1)
4. βαλβίδα περιορισμού πίεσης (DB 10 LG 61)
- 18 . μανόμετρο γλυκερίνης (MG6-160)
- 5,19. μανόμετρο (M100 B100 m)
- 6,9. βαλβίδα ρυθμίσεως παροχής (MR10 HG52)
7. βαλβίδα 4/2 διόδων (S10 H021 9011)
- 8 . βαλβίδα λεπτού στραγγαλισμού (FD 1094-2)
10. βαλβίδα 4/2 διόδων (S10 H23 9011)
11. βαλβίδα 4/2 διόδων με μανδάλωση (S10 G01 G023 9011)
- 12,17. διακόπτης παροχής (94-134 BB 1212)
- 13,16. βαλβίδα αντεπιστροφής (R HD 15-L)
20. θερμόμετρο (K 120/0)
- 24,25. τερματικός διακόπτης (ESB 111-1)
26. υδραυλικός κύλινδρος (9076/00017)
- 14,15. βαλβίδα προπίεσεως (A 447.01)
21. τρίστομη βάνα (V0920)
23. PVG 32

**Εντός παρενθέσεων αναγράφονται οι τύποι του κάθε εξαρτήματος.*

- A. μεταλλάκτης πίεσης (SEN-3349/1 A115)
- B. Παροχόμετρο (VKM-6210)
- C. Παροχόμετρο (VKM-6210)
- D. μεταλλάκτης πίεσης (SEN-3349/1 A115)
- E. ενδείκτης θέσεως (linear encoder)
- F. ηλεκτρικά ρυθμιζόμενη βαλβίδα επιβολής φορτίου (load control valve) [(RBAP-MDN(pilot) ,RSDC-8DN(main)]
- G. μεταλλάκτης πίεσης (SEN-3349/1 A115)
- H. Στραγγαλιστική βαλβίδα για προσορμίσωση εσωτερικής διαρροής υδραυλικού

κυλίνδρου (9N800S)

I. Στραγγαλιστική βαλβίδα για προσομοίωση εσωτερικής διαρροής βαλβίδας 4/2

J. Παροχόμετρο (VKM-6210)

K. μεταλλάκτης πίεσης (9N800S)

L. Ανεπίστροφη βαλβίδα

Πίνακας 3.1 Εξαρτήματα υδραυλικού κυκλώματος και αριθμός τους στα μονογραμμικά διαγράμματα.

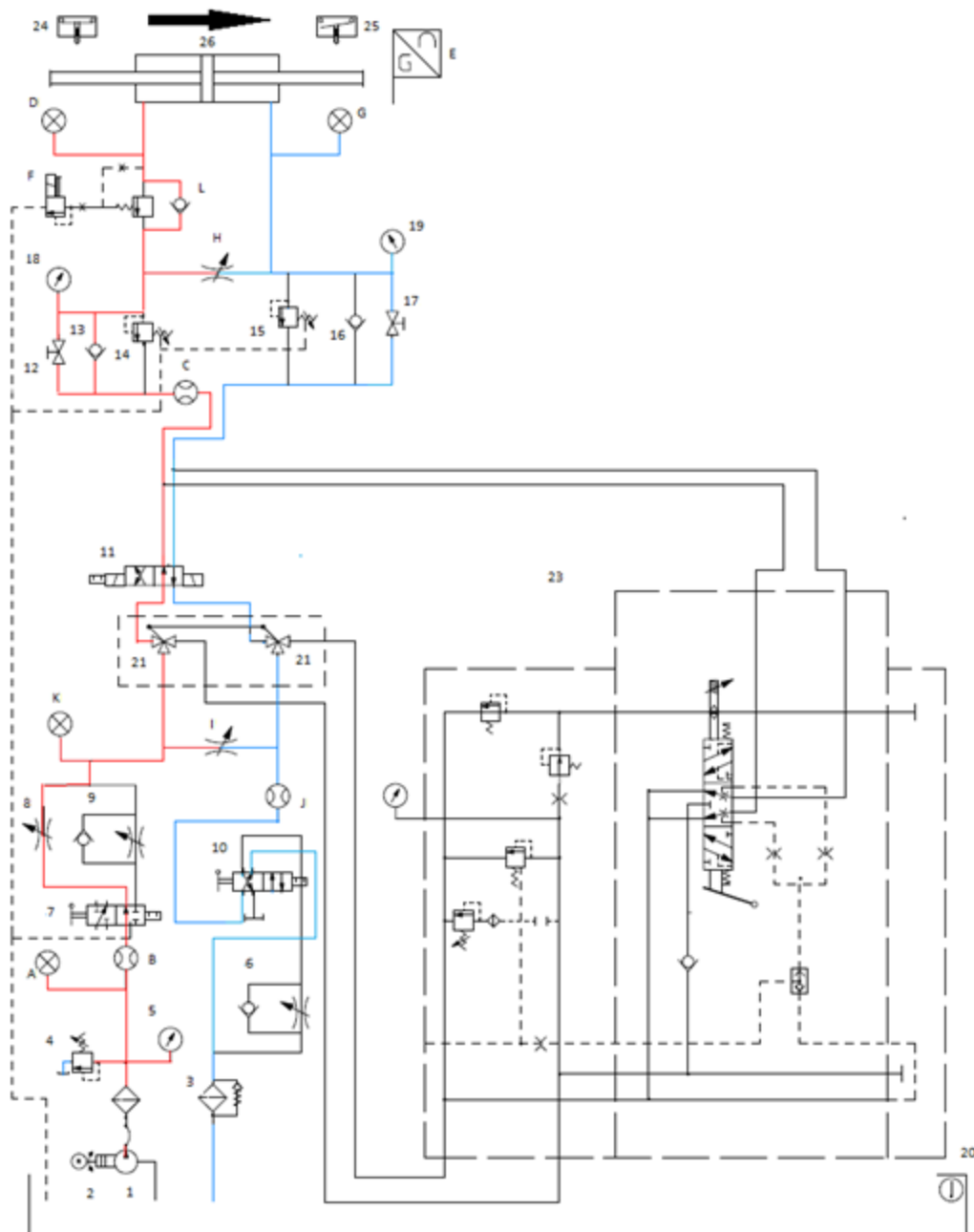
3.2.3. Φάσεις λειτουργίας

Η μηχανή εκτελεί διάφορες φάσεις εργασίας επιλέγοντας είτε τη χρήση του PVG32 είτε όχι (χρησιμοποιώντας δηλαδή τη βαλβίδα κατεύθυνσης 4/2 (11 στο μονογραμμικό διάγραμμα)), είτε ακόμα έχοντας ανοικτές ή κλειστές τις βάνες 12,17. Κάνοντας διάφορους συνδυασμούς των παραπάνω επιλογών προκύπτουν διάφορες φάσεις εργασίας.

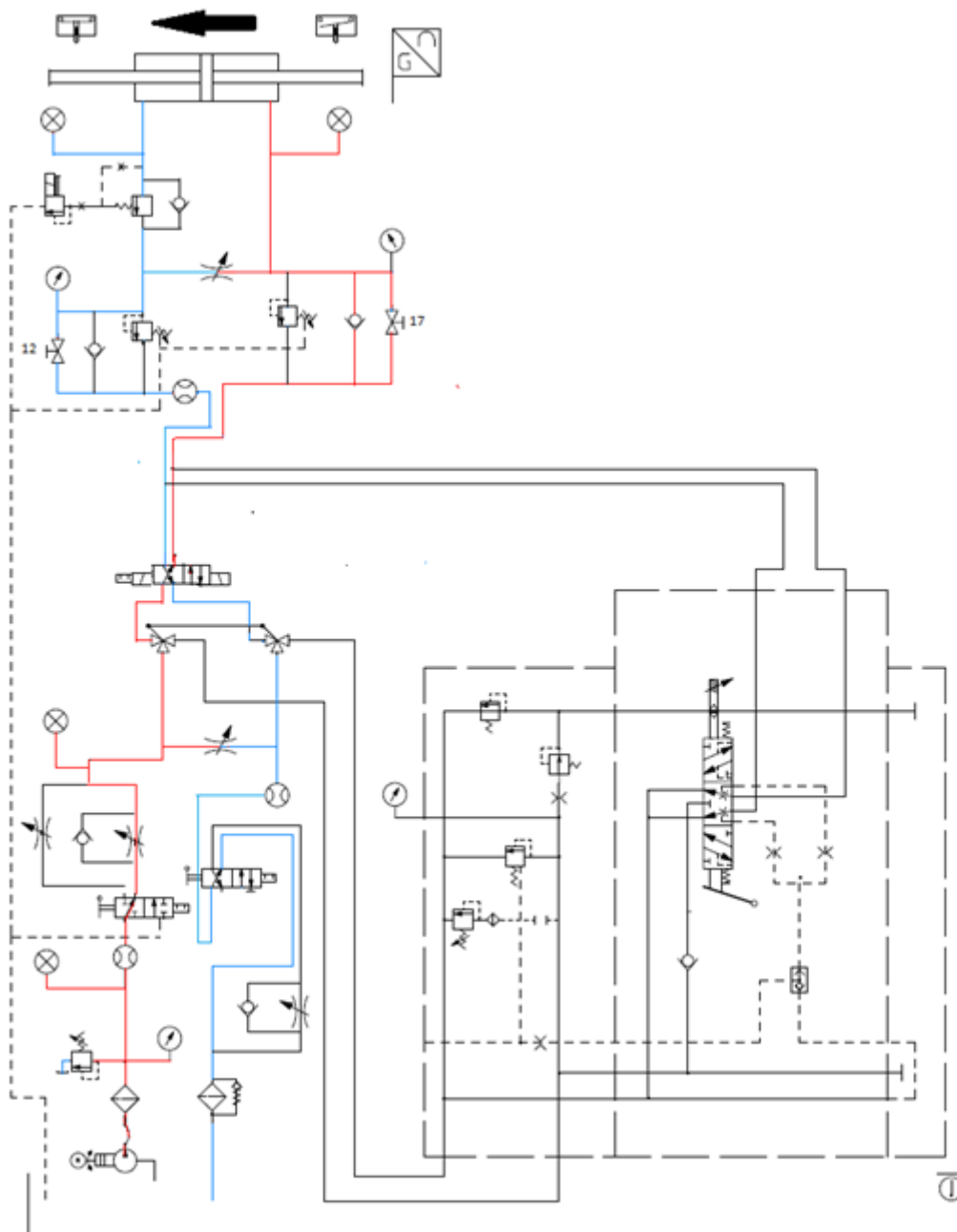
Σημαντική Σημείωση : Όταν επιλέγεται η λειτουργία με το PVG, πρέπει η βαλβίδα ρύθμισης παροχής (6) να είναι ανοιχτή (να επιτρέπει την ελεύθερη ροή-παροχή του λαδιού) ή διαφορετικά η βαλβίδα (10) 4/2 διόδων να βρίσκεται στη θέση(θέση X) στην οποία αποτρέπει τη δημιουργία πίεσης στη γραμμή της επιστροφής. Η τήρηση μίας εκ των δύο παραπάνω προϋποθέσεων κρίνεται απαραίτητη και αναγκαία συνθήκη για την εύρυθμη λειτουργία του συστήματος, διότι η πίεση στη γραμμή T (γραμμή επιστροφής) του PVG32 δεν πρέπει να υπερβαίνει τα 25 BAR.

Παρατίθενται παρακάτω τα μονογραμμικά διαγράμματα των διάφορων φάσεων λειτουργίας του εκάστοτε κυκλώματος.

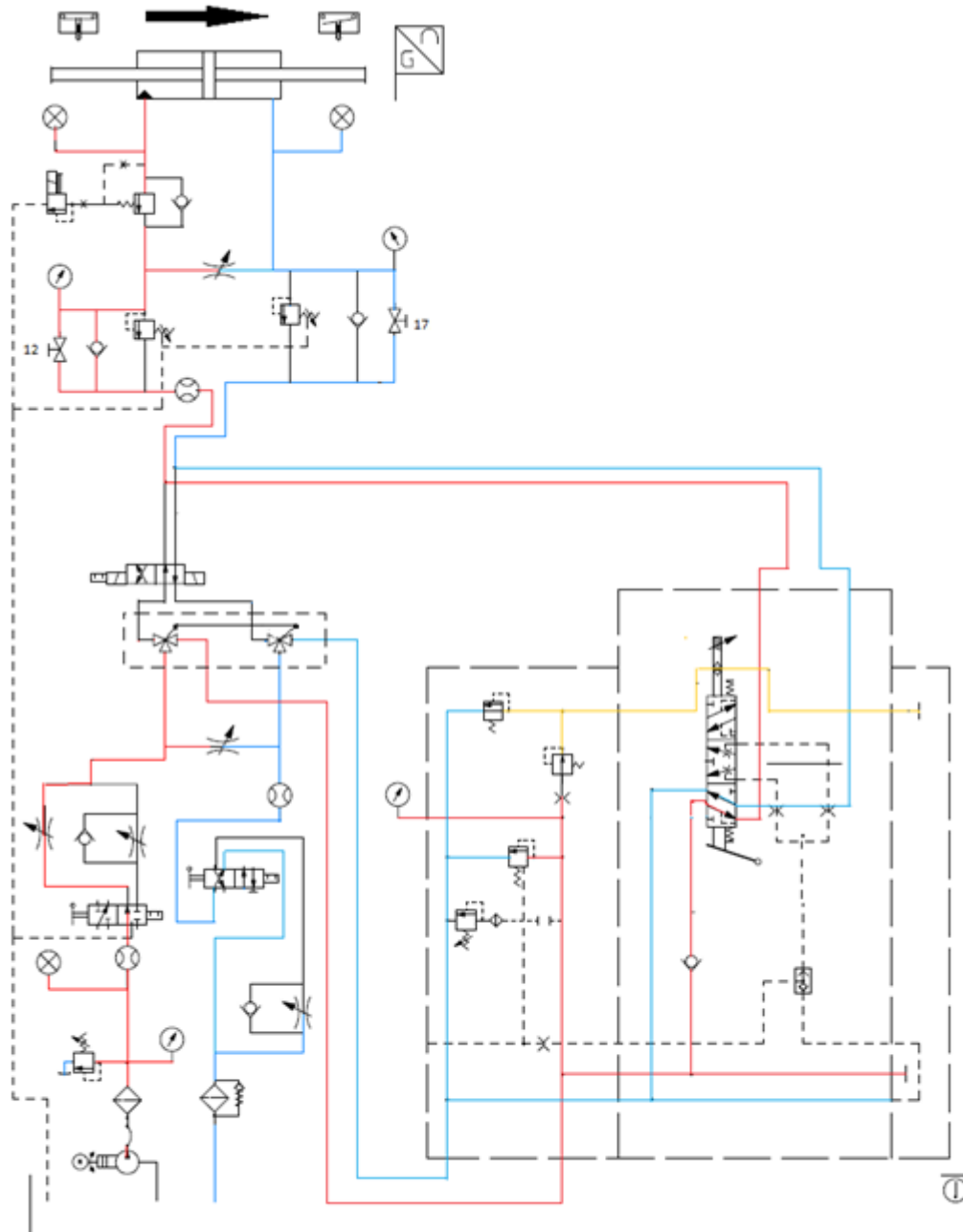
Α) με ανοιχτές τις βάνες 12 και 17.



Σχήμα 3.3 με χρήση της 4/2 (11) για κίνηση του κυλίνδρου προς τα δεξιά.

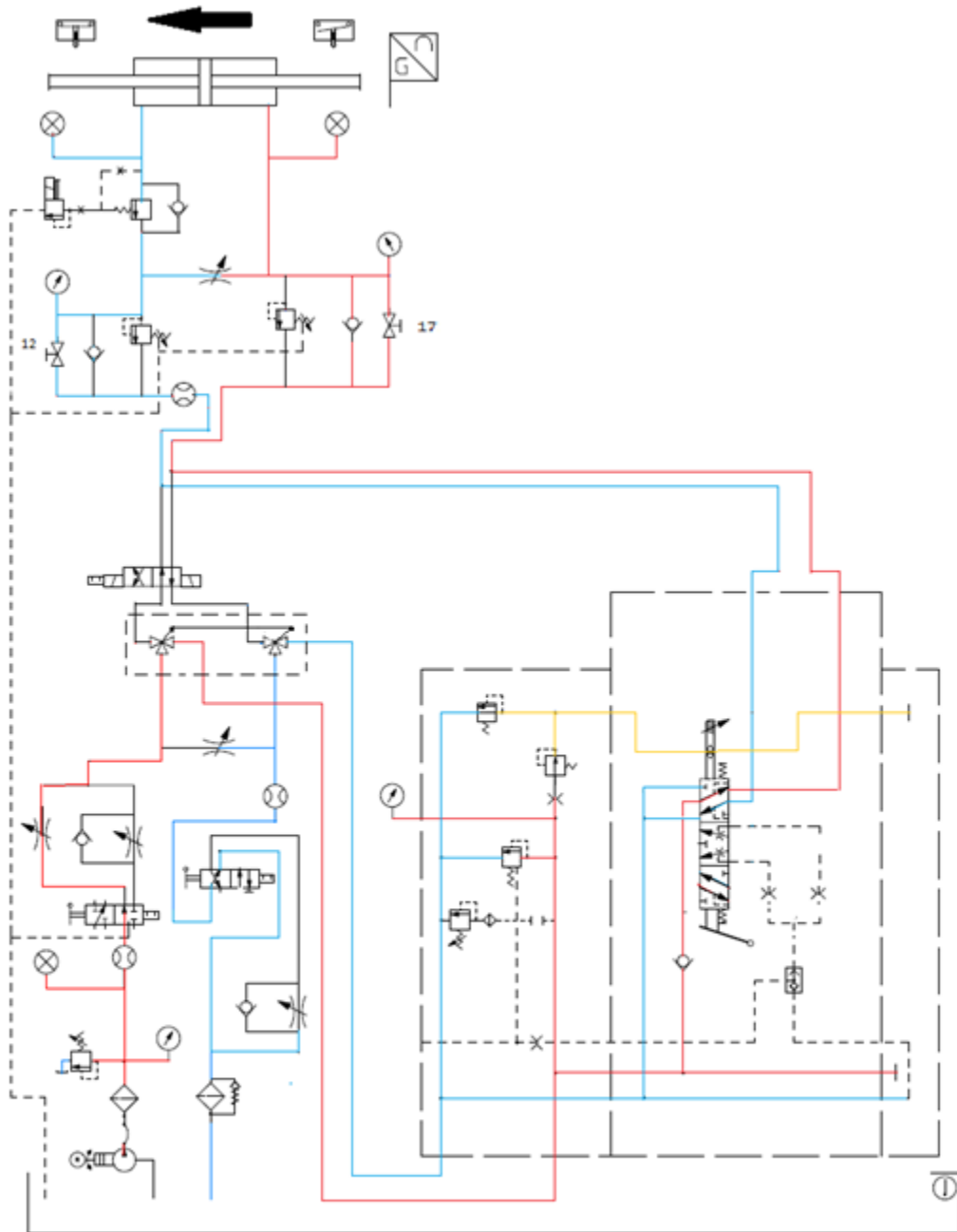


Σχήμα 3.4 με χρήση της 4/2 (11) για κίνηση του κυλίνδρου προς τα αριστερά.



* Η κίτρινη είναι η stand by πίεση.

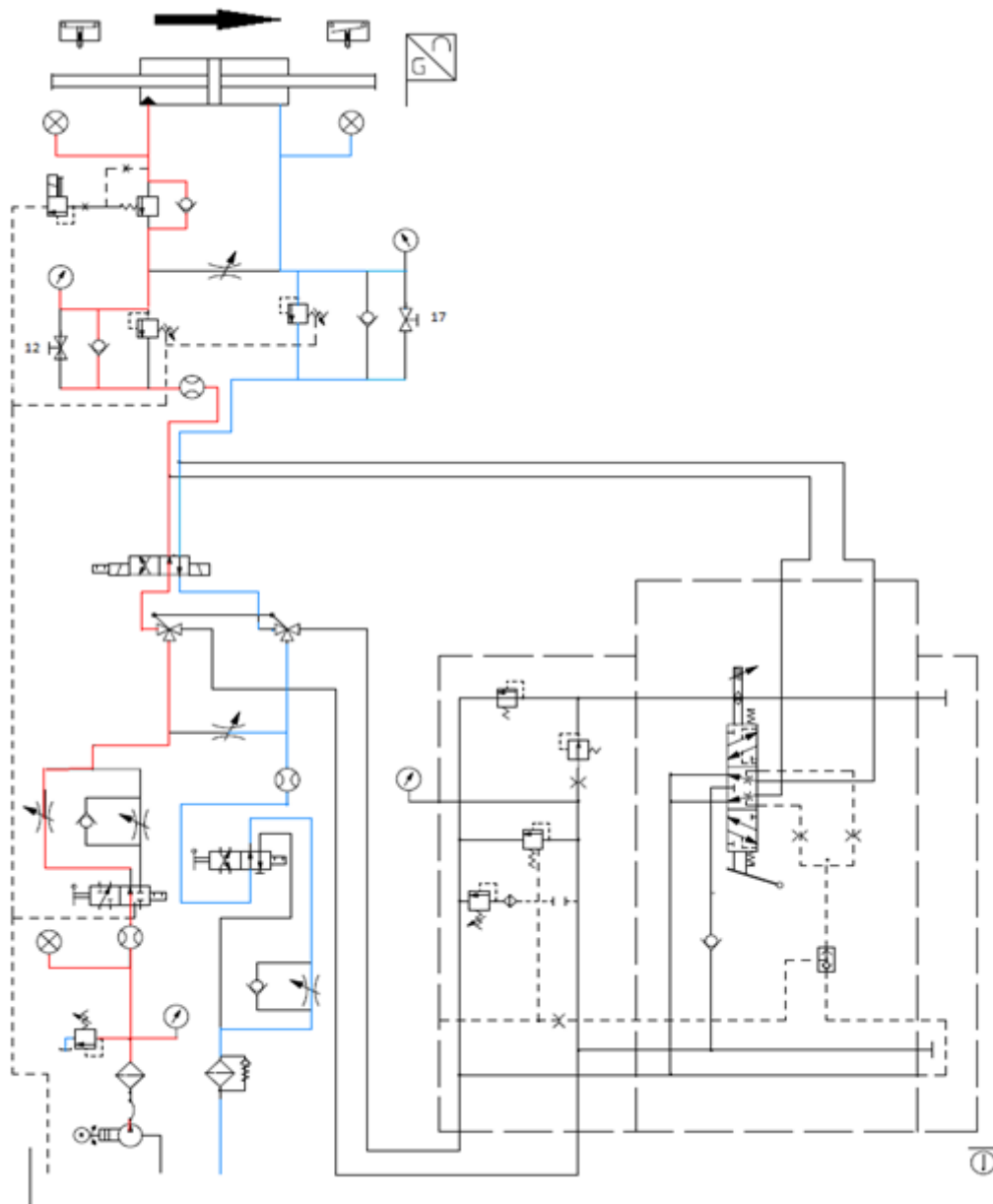
Σχήμα 3.5 με χρήση του PVG32 για κίνηση του κυλίνδρου προς τα δεξιά.



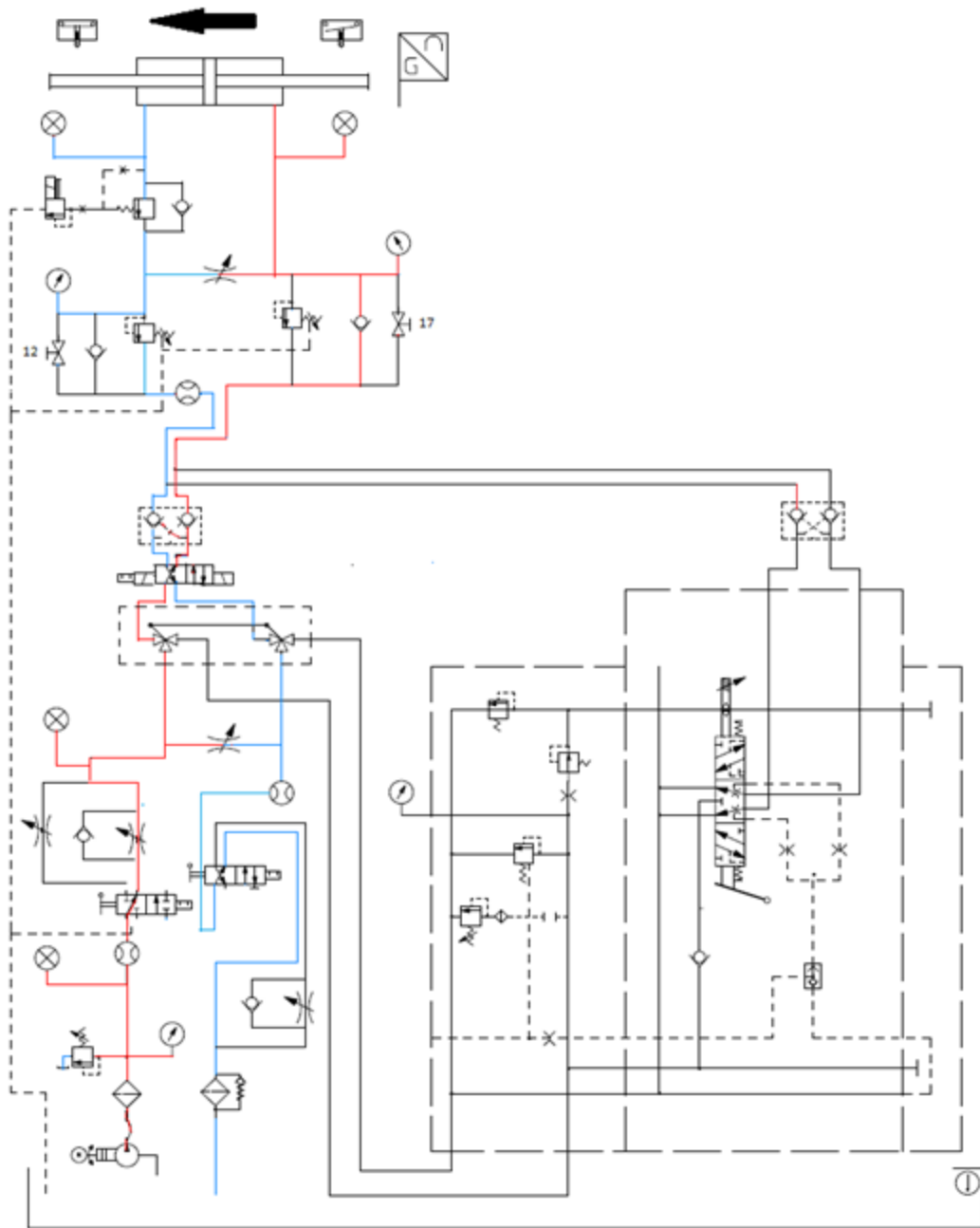
* Η κίτρινη είναι η stand by πίεση.

Σχήμα 3.6 με χρήση του PVG32 για κίνηση του κυλίνδρου προς τα αριστερά.

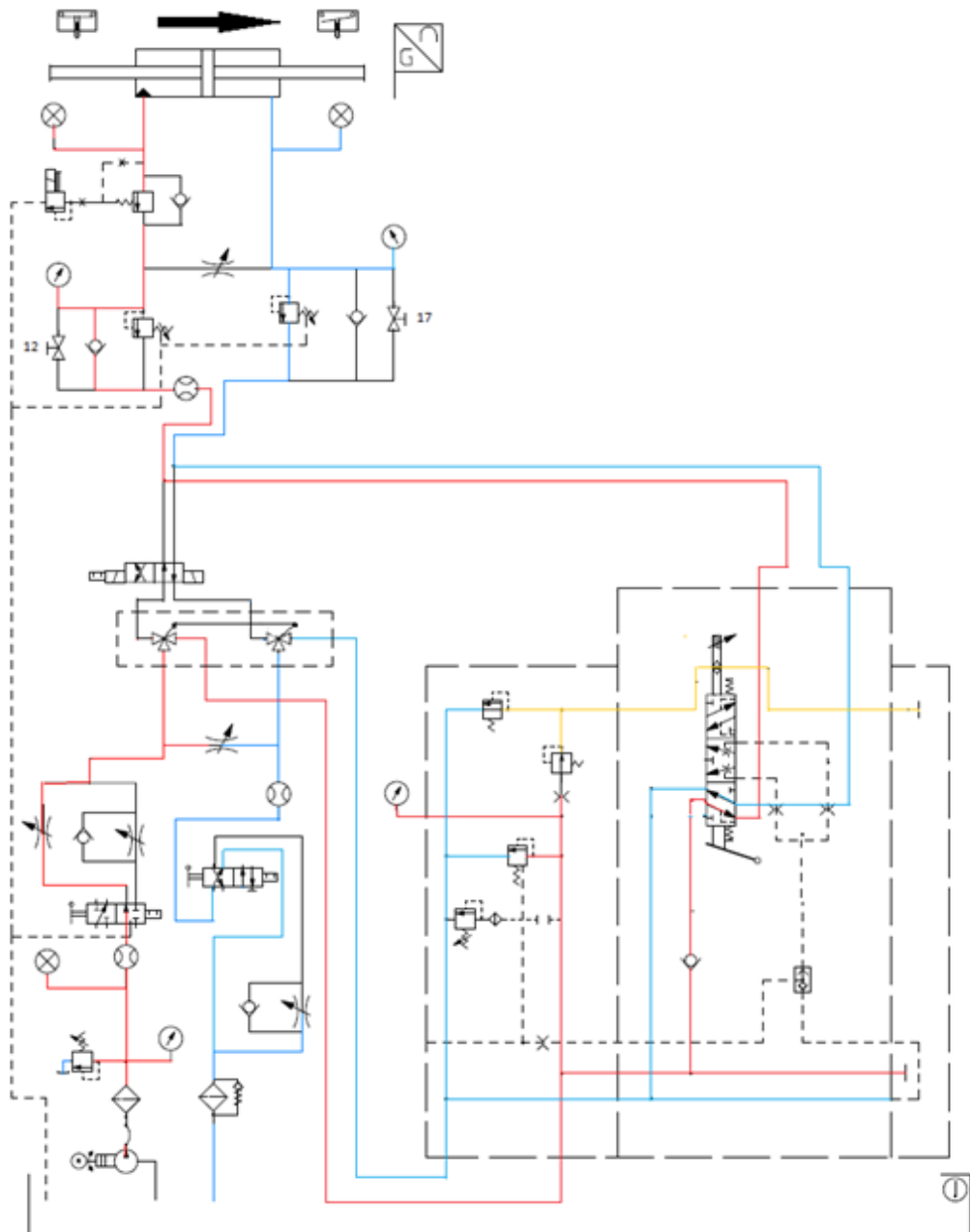
Β) με κλειστές τις βάνες 12 και 17.



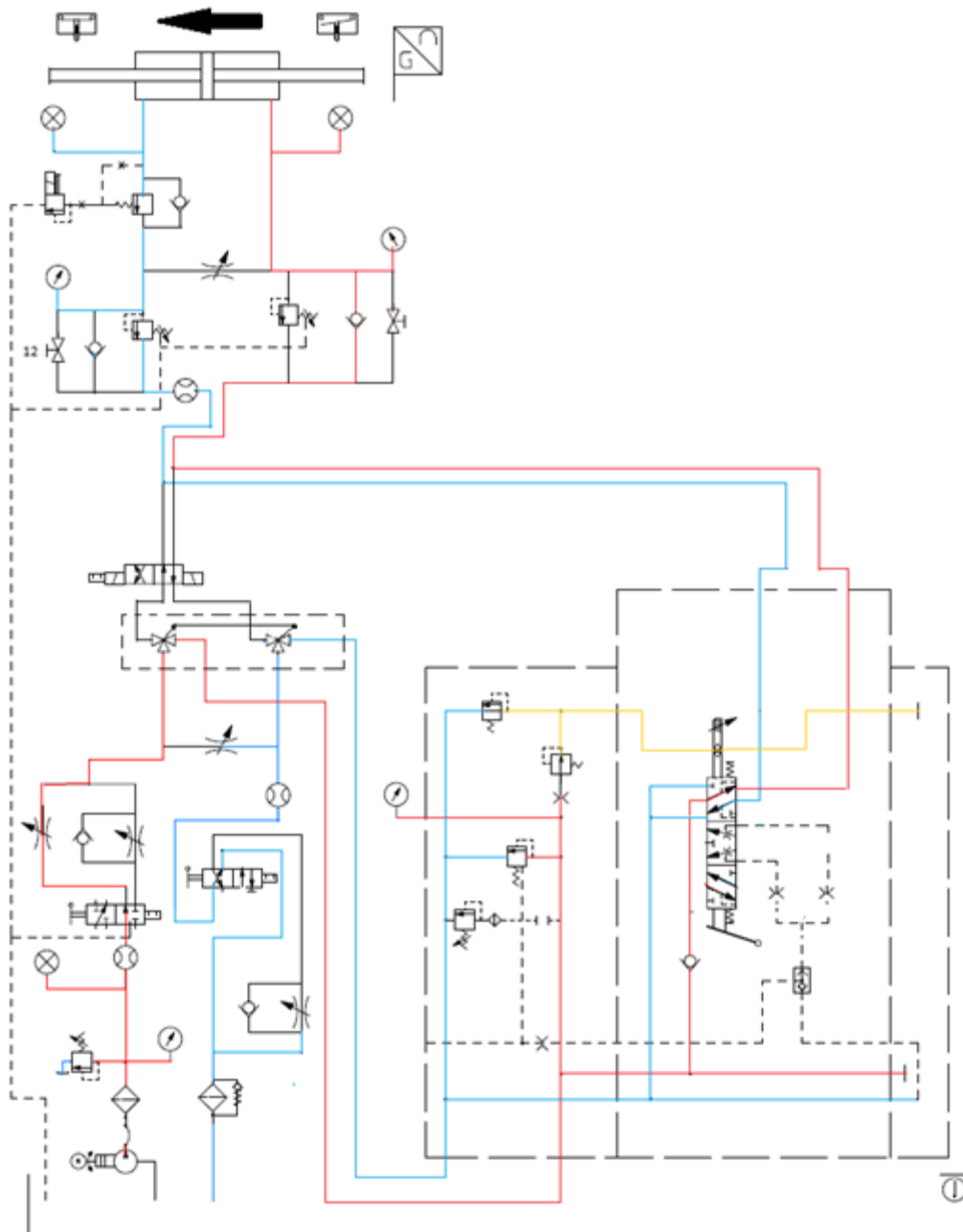
Σχήμα 3.7 με χρήση της 4/2(11) για κίνηση του κυλίνδρου προς τα δεξιά.



Σχήμα 3.8 με χρήση της 4/2(11) για κίνηση του κυλίνδρου προς τα αριστερά.



Σχήμα 3.9 με χρήση του PVG32 για κίνηση του κυλίνδρου προς τα δεξιά



* Η κίτρινη είναι η stand by πίεση.

Σχήμα 3.10 με χρήση του PVG32 για κίνηση του κυλίνδρου προς τα αριστερά.

3.3. PVG 32

3.3.1. Γενική περιγραφή

PVG (**Proportional Valve Group**) είναι το εμπορικό όνομα μίας διάταξης υδραυλικών βαλβίδων της εταιρείας Danfoss που παρέχει ελεγχόμενη από αίσθηση φορτίου LS (**Load Sensing**) αναλογική κίνηση.

Η ευκολία και η ευελιξία επιλογής των υλικών του Group, μέσα από ένα ευρύ σύνολο ειδικών στοιχείων (**modules**), παρέχει τη δυνατότητα σχεδιασμού και κατασκευής της συστοιχίας βαλβίδων, σε σύντομο διάστημα, με το λιγότερο κόστος κατασκευής και σε συνδυασμό μεγάλου εύρους δυνατοτήτων και χαρακτηριστικών. Έτσι το PVG μπορεί να συνδυάζει τόσο τα χαρακτηριστικά τα οποία έχει μια πολύ απλή βαλβίδα κατεύθυνσης, όσο και ό,τι απαιτείται και χαρακτηρίζει μια πλήρως εξελιγμένη, ηλεκτρικά ελεγχόμενη, ανεξαρτήτου φορτίου αναλογική βαλβίδα.

Τα χαρακτηριστικά του PVG καθιστούν δυνατή την κατασκευή μιας συστοιχίας βαλβίδων ικανής να πληροί επακριβώς τις οποιοσδήποτε απαιτήσεις στον έλεγχο πίεσης - φορτίου και παροχής - ταχύτητας.

(Στη συνέχεια της εργασίας το δίψηφο **PV** αντιστοιχεί στα αρχικά των λέξεων **Proportional Valve**, το **PVG** αντιστοιχεί στα αρχικά των λέξεων **Proportional Valve Group**, κοκ).

Το PVG σχεδιάστηκε και παράγεται από το 1990 σε διάφορες σειρές, ανάλογα με το μέγεθος και τον τρόπο λειτουργίας, από τον οίκο DANFOSS της Δανίας.

3.3.1.1. Γενικά χαρακτηριστικά PVG32

- Έλεγχος παροχής ανεξαρτήτως φορτίου, που σημαίνει ότι :

- Η μεταβολή του φορτίου, άρα και της πίεσης που εφαρμόζεται σε κάθε μία ξεχωριστή κίνηση , δεν επηρεάζει τη παροχή στη συγκεκριμένη κίνηση.
 - Η παροχή λαδιού σε μία κίνηση είναι ανεξάρτητη του φορτίου πίεσης των άλλων κινήσεων. Με άλλα λόγια τα μεγέθη παροχή και πίεση σε κάθε μία κίνηση είναι τελείως ανεξάρτητα από τα αντίστοιχα των άλλων κινήσεων.
- Δυνατότητα συνδυασμού αναλογικών βαλβίδων παροχής και πίεσης στο ίδιο group.
 - Ευκολία και αξιοπιστία στη ρύθμιση.
 - Εξοικονόμηση ενέργειας.
 - Κινήσεις σε μεγάλο αριθμό επενεργητών (μέχρι και 12) ανά ομάδα βαλβίδων.
 - Δυνατότητα επιλογής διαφόρων τύπων σπειρωμάτων σύνδεσης.
 - Χαμηλή αναλογία βάρους όγκου σε σχέση με τις δυνατότητες του συστήματος.
 - Ευκολία συναρμολόγησης των βαλβίδων χωρίς μηχανουργική επεξεργασία με αποτέλεσμα την ευκολία στο σχεδιασμό και στην εγκατάσταση.



Εικόνα 3.11 PVG με 8 συναρμολογημένες επιμέρους βαλβίδες

3.3.1.2. PVG στοιχεία - αποτελούμενα μέρη (modules)

3.3.1.2.1. PVP – στοιχείο σύνδεσης με αντλία (PV Pump)

Αποτελεί το πρώτο στοιχείο του group στο οποίο γίνεται η σύνδεση της παροχής από την αντλία και της επιστροφής προς την ελαιοδεξαμενή.

Επιπλέον χαρακτηριστικά :

- Ενσωματωμένη ασφαλιστική βαλβίδα εκτόνωσης της πίεσης.
- Υποδοχή για μανόμετρο.
- Έκδοση Ανοιχτού τύπου για συστήματα με αντλίες σταθερής παροχής.
- Έκδοση Κλειστού τύπου για συστήματα με αντλίες μεταβαλλόμενης παροχής.
- Ενσωματωμένη βαλβίδα-μειωτή πίεσης λαδιού του βοηθητικού κυκλώματος για την οδήγηση στους ηλεκτρικούς επενεργητές ή για την υδραυλική οδήγηση του κεντρικού σύρτη της βαλβίδας.
- Ειδικές εκδόσεις για ηλεκτρική ή υδραυλική εντολή αποφόρτισης της ασφαλιστικής βαλβίδας (PVPX).

3.3.1.2.2 . PVB – στοιχείο βάσης (PV Basic)

- Ποικιλία στοιχείων βάσης, πλήρως εναλλάξιμων μεταξύ τους προς αποφυγήν επιπλέον μηχανουργικών μετατροπών.
- Ανάλογα με τις απαιτήσεις το βασικό στοιχείο μπορεί να εφοδιαστεί επιπλέον με:
 - Ενσωματωμένη βαλβίδα ρύθμισης πίεσης στο κανάλι P.
 - Βαλβίδα ελέγχου αίσθησης φορτίου (Load Sensing) στο κανάλι P.

- Βαλβίδες αντικραδασμού - ξαφνικού πλήγματος (shock valve)/ αναρρόφησης για τις πύλες Α και Β .
- Βαλβίδες με αίσθηση φορτίου (Load Sensing) για ανεξάρτητα ρυθμιζόμενη μέγιστη πίεση λειτουργίας σε καθένα από τα κανάλια Α και Β .

3.3.1.2.3. PVBS – σύρτης στοιχείου βάσης (PVB Spool)

- Σύρτες κατεύθυνσης ροής σε μεγάλη ποικιλία ανάλογα με τη λειτουργία τους και ανάλογα με το εύρος της επιθυμητής παροχής, πλήρως εναλλάξιμων μεταξύ τους.
- Σύρτες αναλογικής ρύθμισης παροχής.
- Σύρτες αναλογικής ρύθμισης πίεσης.

3.3.1.2.4. Ενεργοποιητές

Όλες οι εκδόσεις είναι κατάλληλες για μηχανική, υδραυλική και ηλεκτρική ενεργοποίηση.

Το βασικό στοιχείο βάσης (PVB) είναι πάντα εξοπλισμένο με μηχανικό ενεργοποιητή PVM για τη χειροκίνητη λειτουργία της βαλβίδας, που συνδυάζεται με τα παρακάτω στοιχεία όταν και όπως απαιτείται:

- **PVMD** – στοιχείο με επαναφορά μέσω ελατηρίου.
- **PVMR** – στοιχείο με μηχανική συγκράτηση (PVM Rigid).
- **PVMF** – στοιχείο με επιλογή εκουσίου μηχανικού κραδασμού (PVM Float).
- **PVH** – στοιχείο για σύνδεση υδραυλικής ενεργοποίησης (PV Hydraulic).

- **PVE**– Ηλεκτρικός ενεργοποιητής (**PV Electrical**):

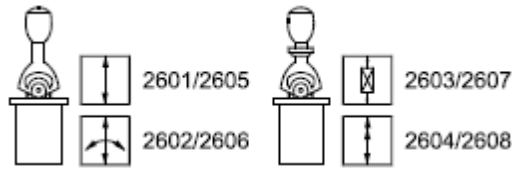
-Ηλεκτρικά πηνία , On-Off, αναλογικά , ψηφιακά, σε διάφορες τάσεις και με ποικιλία ειδικών χαρακτηριστικών.

- PVEO – ON/OFF (**PVE On-off**).
- PVEM – αναλογικό, μέτρια απόδοση (**PVE Medium**).
- PVEH – αναλογικό, υψηλή απόδοση (**PVE High**).
- PVES – αναλογικό, super απόδοση (**PVE Super**).
- PVEH-F – αναλογικό, υψηλή απόδοση, κίνηση εκούσιου μηχανικού κραδασμού (**PVEH Float**).
- PVEA – αναλογικό χαμηλή υστέρηση (**PVE Analog**).
- PVEP – PWM έλεγχος τάσης , 11 – 32 V.
- PVEU – αναλογικό, έλεγχος τάσης , 0 – 10 V.
- PVED-CC – αναλογικό ψηφιακό, CAN έλεγχος J1939/ISOBUS (**PVE Digital Can Controlled**).
- PVED-CX – ψηφιακό Digital CAN έλεγχος (**PVE Digital Can X-tra safety**).
- PVHC –ενεργοποιητής υψηλού ρεύματος για PVG.

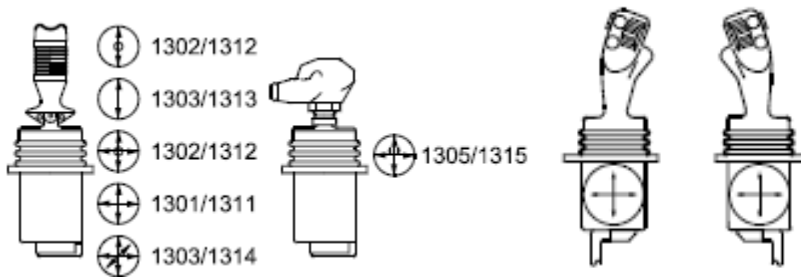
3.3.1.2.5. Τηλεχειριστήρια

PVRE – ηλεκτρικά τηλεχειριστήρια (**PV Remote Electrical**)

Ενσύρματα τηλεχειριστήρια για την οδήγηση των πηνίων, σε διάφορες σειρές , ανάλογα με το μέγεθος, τον τρόπο χρήσης, με ποικιλία δυνατοτήτων και χειρισμών.



Σχήμα 3.12 PVRE PVRES 155B26xx

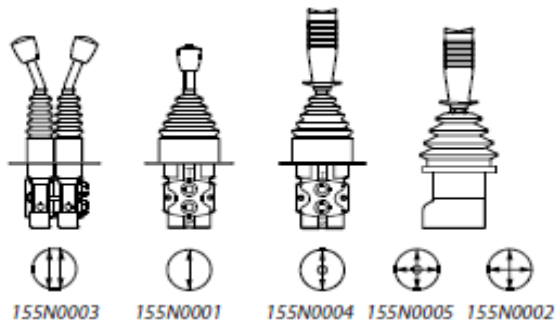


Σχήμα 3.13 PVRE, PVRET 155B13xx

Σχήμα 3.14 PROF1, PROF1 CIP 162F

PVRH – υδραυλικά τηλεχειριστήρια (**PV Remote Hydraulic**)

- PVRHH



Σχήμα 3.15 PVRHH

ΑΣΥΡΜΑΤΑ – τηλεχειριστήρια που μέσω ηλεκτρικών συχνοτήτων και ειδικού αποδέκτη σήματος ενεργοποιούν το PVE.

3.4. Επιλογή των καταλληλότερων module - συναρμολόγηση του PVG 32

Όπως έχει προαναφερθεί το PVG32 είναι ένα group επί μέρους εξαρτημάτων (modules) τα οποία επιλέγονται με βάση τις απαιτήσεις του συστήματος και εν συνεχεία συναρμολογούνται. Με βάση τις προδιαγραφές του συστήματος και τις ανάγκες λειτουργίας έγινε η επιλογή των επί μέρους εξαρτημάτων.

3.4.1. Επιλογή των module με βάση τις προδιαγραφές του συστήματος

Οι απαιτήσεις- προδιαγραφές του συστήματός μας είναι οι εξής:

Παροχή αντλίας: 24 lt/min ,1450 rpm

Ισχύς ηλεκτροκινητήρα: 2,7 KW,1440 rpm

Μέγιστη πίεση στην έξοδο της αντλίας (γραμμή P): 100 bar

Πίεση ανοίγματος κύριου ασφαλιστικού: 60 bar (ρυθμιζόμενο)

Πίνακας 3.2 απαιτήσεις- προδιαγραφές του συστήματος

Επιλογή των module του PVG.

PVP

Η HERION αποτελεί προσομοίωση ανοικτού υδραυλικού κυκλώματος. Επίσης στην αναλογική βαλβίδα που θα εγκατασταθεί πρόκειται να τοποθετηθεί και ηλεκτρικό πηνίο PVE. Με βάση αυτά τα κριτήρια επιλέχθηκε το module PVP: 157B5110. Το στοιχείο αυτό περιέχει τις πύλες

εισόδου εξόδου του PVG ,την κεντρική ασφαλιστική βαλβίδα και τη βαλβίδα – μειωτή πίεσης για τη διατήρηση της απαραίτητης stand by πίεσης για την ενεργοποίηση του PVE.

PVB

Επειδή στο σύστημα εκτελείται μία μόνο λειτουργία (η μετατόπιση του κυλίνδρου), δεν απαιτείται ισοστάθμιση πίεσης ούτε επιπλέον ρυθμίσεις πίεσης και γι' αυτό επιλέχθηκε μια απλή μορφή βάσης PVB(157B6100), στην οποία περιέχεται μόνο μια βαλβίδα αντεπιστροφής (check valve).

PVBS

Με βάση την παροχή του συστήματος (σταθερή 24 lt/min), καταλληλότερο κρίνεται το μέγεθος size C που ενδείκνυται για ρύθμιση παροχής απο 0 – 25 lt /min. Επιλέγεται σύρτης διπλής ενεργείας που στη θέση ηρεμίας οι πύλες A και B είναι κλειστές (κλειστού κέντρου). Τέλος πρέπει να υπάρχει η δυνατότητα ο σύρτης να ρυθμίζει τη ροή επομένως σύμφωνα με όλα τα παραπάνω κριτήρια επιλέγεται από σχετικό πίνακα το PVBS (157B7001).

PVE

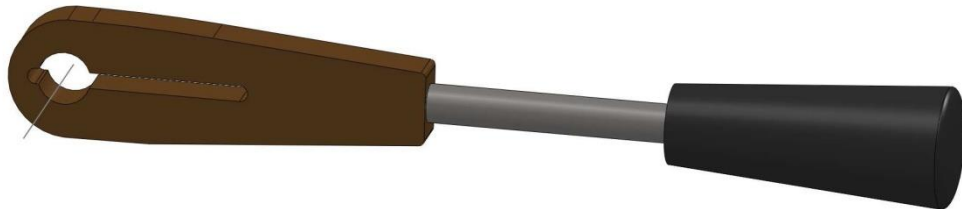
Επιλέγεται το αναλογικό πηνίο PVEA(157B4734) που ρυθμίζει από 9 – 32 V.



Εικόνα 3.16 PVE

Επιπλέον απαραίτητα module είναι :

1) PVM (1573171) ο μηχανικός χειρισμός του PVG.



Εικόνα 3.17 Μηχανικό χειριστήριο PVM

2) PVS (157B2000) καπάκι του PVG.

3) PVAS (157B8001) Κιτ σύνδεσης του PVG.



Εικόνα 3.18 Επιλογή των κατάλληλων module (PVB,PVP,PVRES...).

3.4.2. Συναρμολόγηση των modules

Στη συνέχεια έγινε η συναρμολόγηση των επιμέρους εξαρτημάτων (modules).



Εικόνα 3.19 ασυναρμολόγητα modules και PVRES



Εικόνα 3.20 συναρμολογημένο (compact) PVG32 και PVRES.



Εικόνα 3.21 ασυναρμολόγητα modules και PVRES



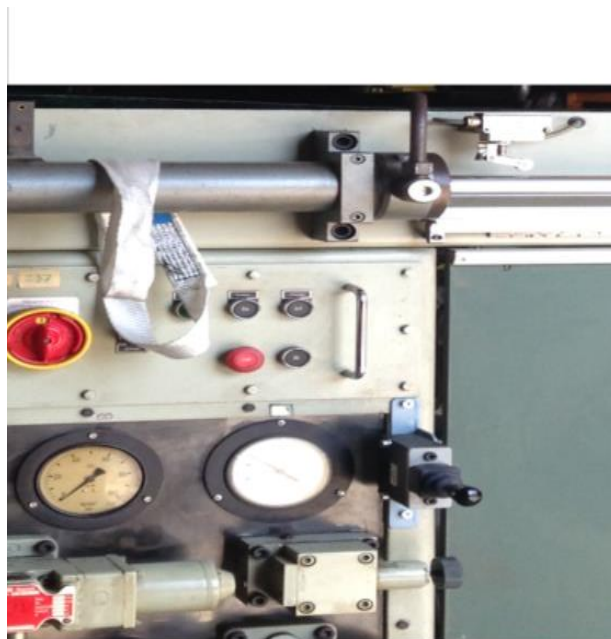
Εικ 3.22 compact PVG32 και PVRES

3.5. Ηλεκτρικό τηλεχειριστήριο PVRES

Επιλέγεται τηλεχειριστήριο για τη ρύθμιση αναλογικής κίνησης ελαφρού τύπου (PVRES) με κωδικό 155B4210. Το PVRES μέσω καλωδίου ενεργοποιεί το αναλογικό πηνίο PVE της βαλβίδας (PVG). Για τη σύνδεση με το PVE απαιτείται ειδικό βύσμα τύπου 157B4992.



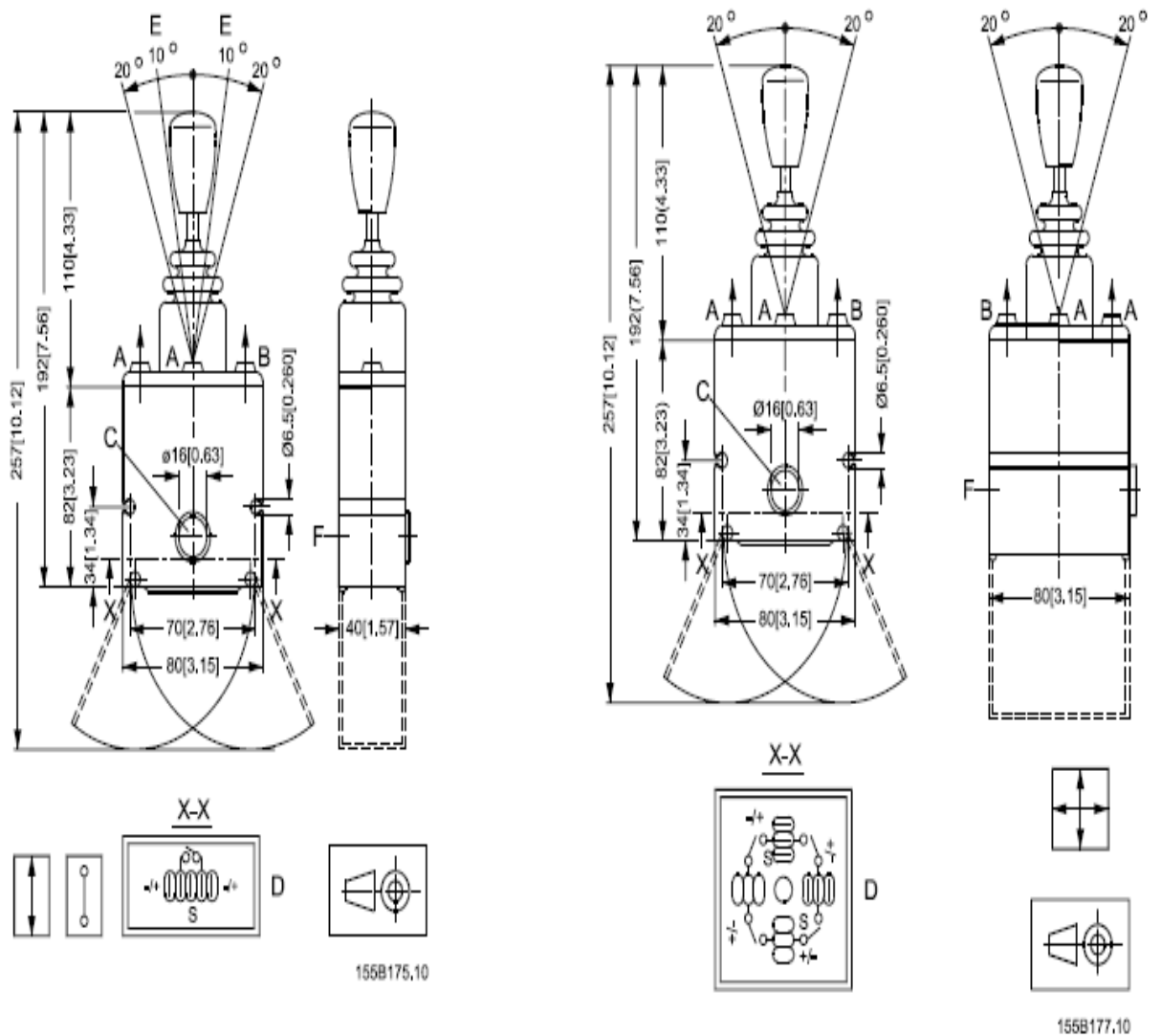
Εικ 3.23 PVRES



Εικ 3.24 Εγκατεστημένο PVRES στη HERION

PVRES joystick

Σχέδιο



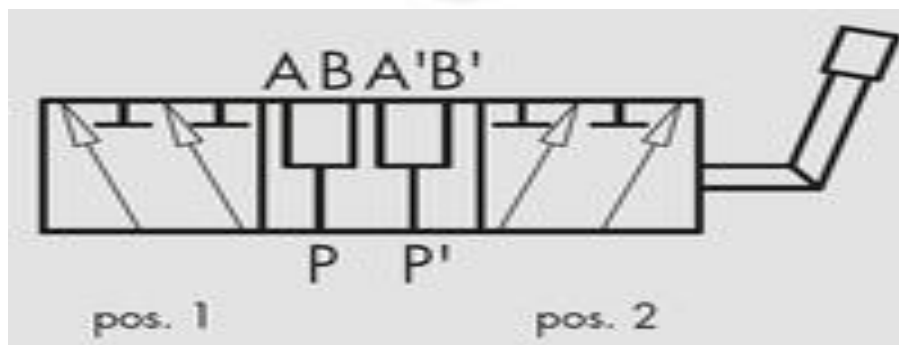
- A, B Ρύθμιση παροχής λαδιού
- C Πλάκα εκτροπής
- D Βίμα A 6.3 - 0.8
- E Μέγιστη διαδρομή για on-off-on έκδοση
- F $\varnothing 17$ σπή για καλώδιο PG 11

Εικόνα 3.25 Σχέδιο-Διαστάσεις PVRES

3.6. Κρουνός επιλογής

Τοποθετήθηκε κρουνός επιλογής (εξάστομη βάνα (21)) από όπου επιλέγεται από τον χρήστη η λειτουργία της μηχανής με το PVG32 ή όχι. Η εξάστομη βάνα στην ουσία είναι δύο τρίστομες βάνες τοποθετημένες σε κοινό άξονα έτσι, ώστε να μετακινούνται ταυτόχρονα προς αποφυγήν σφάλματος λειτουργίας.

Η βάνα είναι της εταιρείας «Oleodinamica Marchesini» ,κωδικός : V0920 και μέγεθος πύλης $G 3/8''$.



Σχήμα 3.26 Εξάστομος κρουνός επιλογής

3.7. Εγκατάσταση του PVG 32 στη HERION

Αφού επιλεχθούν τα καταλληλότερα στοιχεία (modules) και

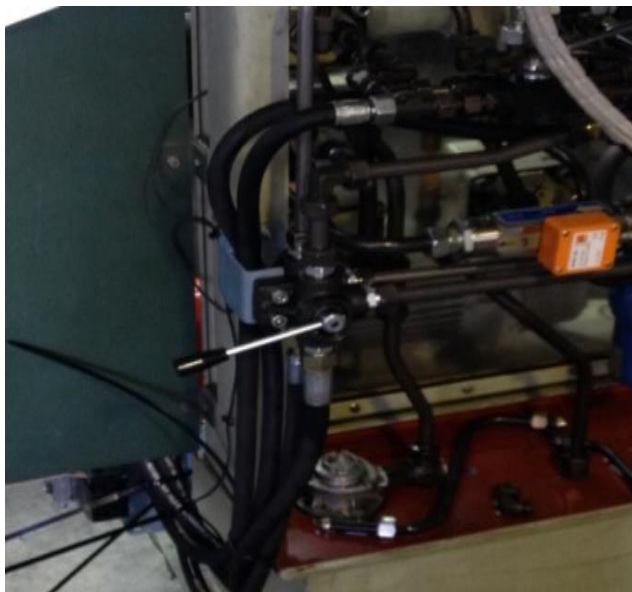


Εικόνα 3.27 βιδωτές βάσεις



Εικόνα 3.28 εγκατεστημένο PVG 32 στη HERION

συναρμολογηθούν σε μία ενιαία διάταξη, το PVG32 τοποθετείται πάνω στη HERION σε βιδωτές βάσεις



Εικόνα 3.29 εγκατεστημένο PVG 32 στη HERION

δίπλα στον κινητήρα. Για τη σύνδεση του PVG 32 με το υπόλοιπο κύκλωμα, χρησιμοποιήθηκαν αντί για σιδηροσωλήνες, ελαστικοί σωλήνες. Επιλέχθηκαν ελαστικοί σωλήνες γιατί είναι ευκολότερη η τοποθέτησή τους (ευκολότερη διαμόρφωση της γραμμής). Επίσης είναι ελαφρύτεροι και έχουμε

λιγότερους κραδασμούς. Για τη σύνδεση των υπόλοιπων νέων γραμμών επιλέχθηκαν σιδηροσωλήνες άνευ ραφής κατά DIN2391, ίδιας διατομής με τους προϋπάρχοντες.



Εικόνα 3.30 HERION με εγκατεστημένο το PVG32



Εικόνα 3.31 Μετακίνηση της HERION με γερανογέφυρα μετά την ολοκλήρωση των εργασιών.



Εικόνα 3.32 Πίσω όψη HERION κατά τις διεργασίες

3.8. Μετρήσεις Λειτουργίας

Με την ολοκλήρωση των διεργασιών εγκατάστασης πραγματοποιήθηκαν με τη χρήση του κατάλληλου προϋπάρχοντος τεχνικού και λογισμικού εξοπλισμού, μετρήσεις στη μετατόπιση του κυλίνδρου, πιέσεις σε τέσσερα διαφορετικά σημεία του κυκλώματος (A,K,D,G) από τους τέσσερις εγκατεστημένους μεταλλάκτες πίεσης, και παροχές σε τρία διαφορετικά σημεία του κυκλώματος (B,C, J).

Τα 8 αισθητήρια όργανα που χρησιμοποιήθηκαν καθώς και ο τύπος τους καταγράφονται στον παρακάτω πίνακα .

Περιγραφή	Κατασκευαστής	Κωδικός Διαγράμματος	Κωδικός Κατασκευαστή
Μεταλλάκτης Πίεσης	KOBOLD Messring Gmbhh	A,K,D,G	SEN 8601/2 A115
Παροχόμετρο	KOBOLD Messring Gmbhh	B	VKM- 61100VR200R
Παροχόμετρο	KOBOLD Messring Gmbhh	C,J	VKM- 61100VR200R
Γραμμικός Αισθητήρας Θέσης	MTS Sensors	E	GPV0600MD601V0

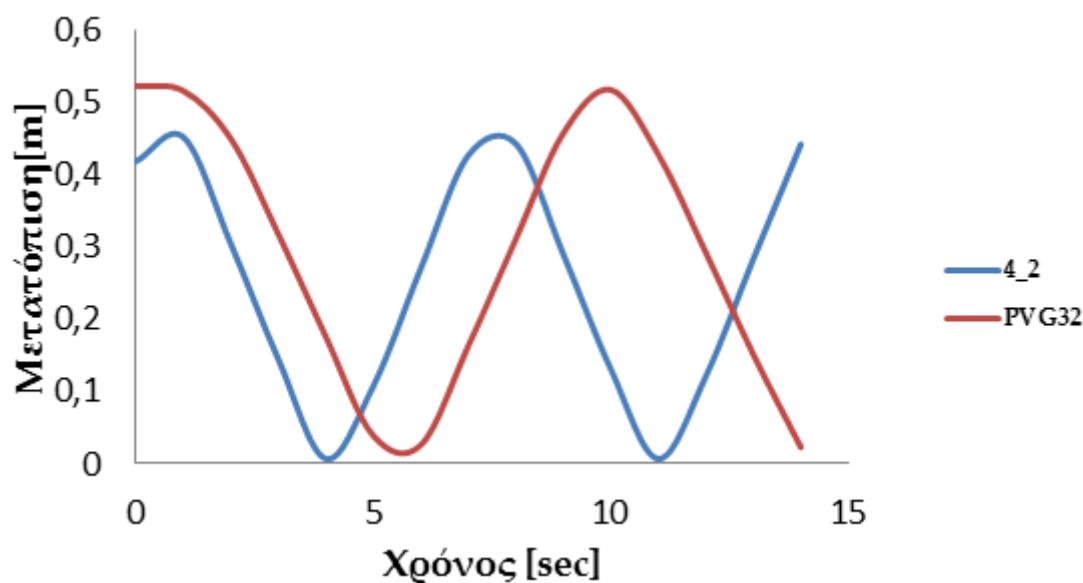
Πίνακας 3.3 Συνοπτικός Πίνακας των μετρητικών οργάνων

Οι μετρήσεις των φυσικών μεγεθών (πίεση, παροχή, μετατόπιση) καταγράφηκαν ως ηλεκτρικά σήματα από μια συσκευή DAQ, η οποία συνδέθηκε μέσω θύρας usb με ηλεκτρονικό υπολογιστή. Στη συνέχεια έγινε η μετατροπή των σημάτων τάσης [Volt] στα αντίστοιχα φυσικά μεγέθη [bar, m ..]. Τέλος έγινε η διαφόριση του σήματος της μετατόπισης για την εύρεση της ταχύτητας του επενεργητή-κυλίνδρου.

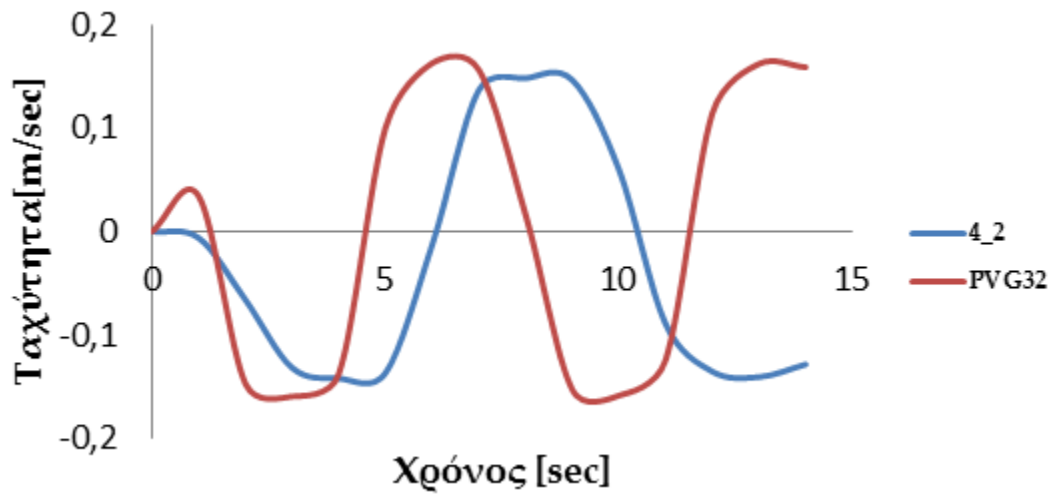
Έτσι σε λειτουργία του κυκλώματος χωρίς φορτίο (ανοιχτές βάνες 12 και 17) καταγράφηκαν τα παρακάτω διαγράμματα λειτουργίας.

Διευκρινίζεται στο σημείο αυτό πως στη χωρίς φορτίο λειτουργία στην πραγματικότητα φυσικά και υπάρχει φορτίο το οποίο είναι η αδράνεια του επενεργητή – κυλίνδρου και γιαυτό άλλωστε αναπτύσσονται και πιέσεις. Στη δεύτερη περίπτωση (με φορτίο λειτουργία) πέραν της αδράνειας του επενεργητή υπάρχει και το επιπλέον υδραυλικό φορτίο, που προσδίδουμε με το κλείσιμο των βανών και τους στραγγαλισμούς που προκαλούμε.

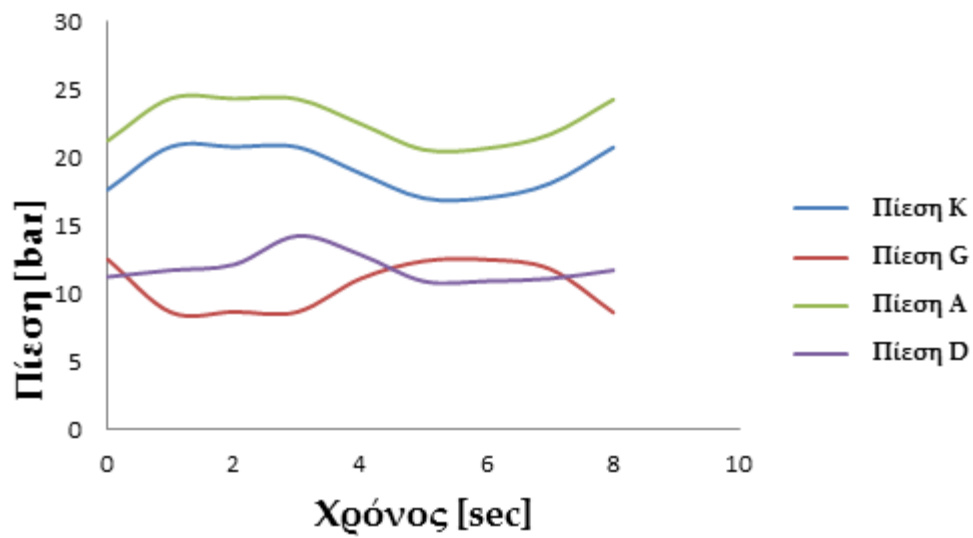
Ο κύλινδρος εκτελεί κίνηση από το άκρο δεξιό σημείο της διαδρομής του προς τα αριστερά και τούμπαλιν. Το 0 του άξονα μετατόπισης βρίσκεται στο άκρο αριστερό σημείο της διαδρομής του κυλίνδρου. Να σημειωθεί πως η οριζόντια διάταξη κίνησης του επενεργητή έχει μήκος 60 cm με σημείο 0 το άκρο αριστερό. Στη λειτουργία με τη βαλβίδα 4/2 (11) όμως, λόγω των τερματικών διακοπών που υπάρχουν συμμετρικά στο τέλος της κάθε διαδρομής, ο επενεργητής τερματίζει κάποια εκατοστά νωρίτερα (στα 47 cm).



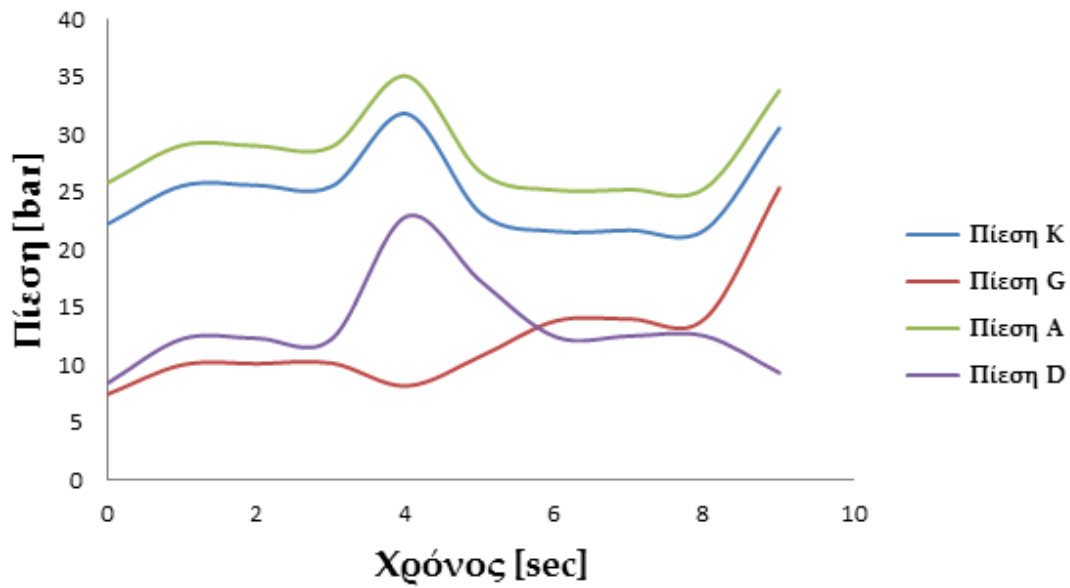
Εικόνα 3.33 Διάγραμμα Μετατόπισης-Χρόνου με τη βαλβίδα 4/2 και με την PVG32.



Εικόνα 3.34 Διάγραμμα Ταχύτητας-Χρόνου με τη βαλβίδα 4/2 και μετρη PVG32.



Εικόνα 3.35 Διάγραμμα Πίεσεων-Χρόνου με τη βαλβίδα 11.



Εικόνα 3.36 Διάγραμμα Πίεσεων-Χρόνου με τη βαλβίδα PVG.

Θυμίζω πως : (βλ. Μονογραμμικό)

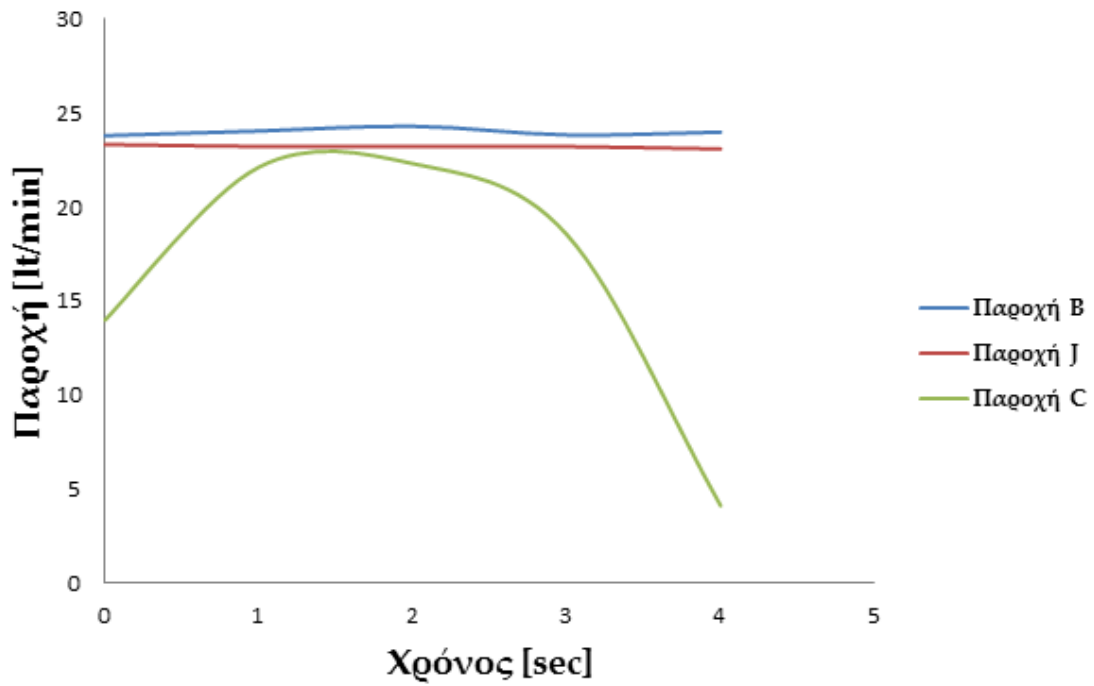
Πίεση Κ: η πίεση πριν τη βαλβίδα 11.

Πίεση Γ: η πίεση δεξιά του κυλίνδρου.

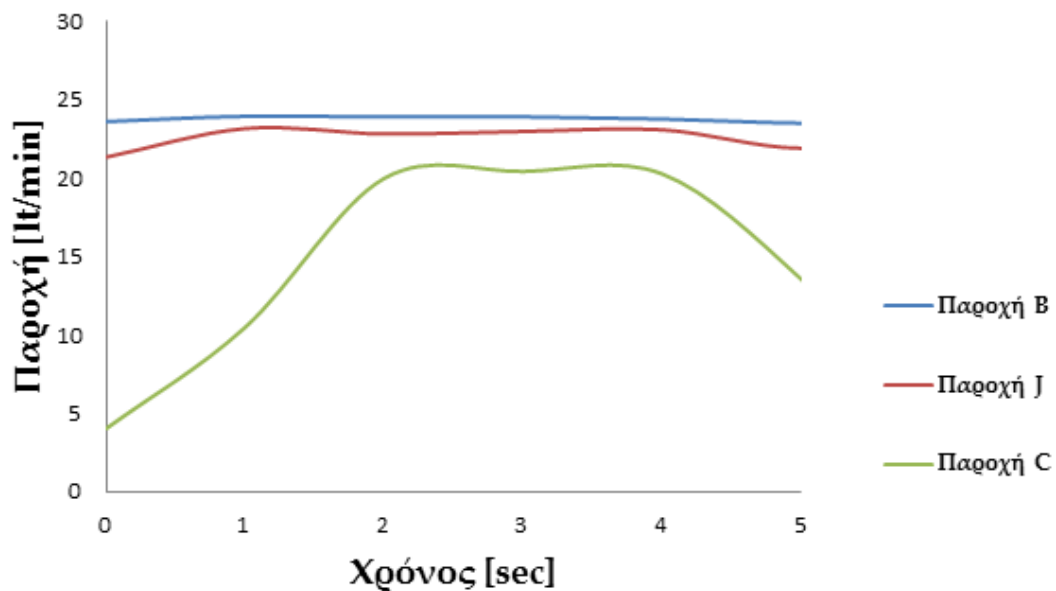
Πίεση Α: η πίεση μετά την έξοδο της αντλίας.

Πίεση Δ: η πίεση αριστερά του κυλίνδρου.

Άρα όπως είναι λογικό ισχύει $\text{Πίεση Α} > \text{Πίεση Κ} > \text{Πίεση Γ και Πίεση Δ}$ αφού έχουμε απώλειες Δp .



Εικόνα 3.37 Διάγραμμα Παροχών-Χρόνου με τη βαλβίδα 4/2.



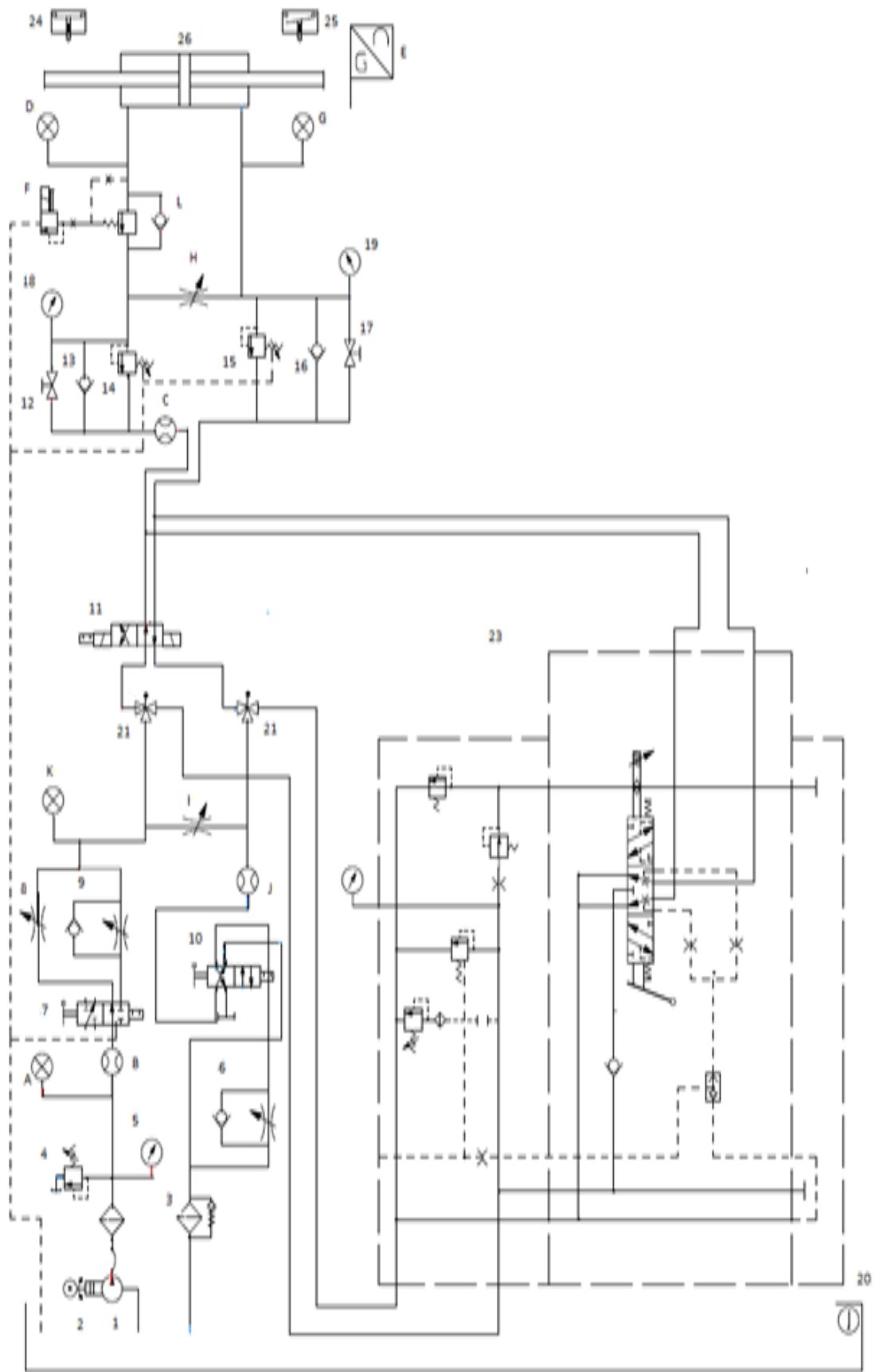
Εικόνα 3.38 Διάγραμμα Παροχών-Χρόνου με τη βαλβίδα PVG.

Παρατηρείται πως επειδή αρχικά ο κυλινδρος κινείται προς τα αριστερά, η παροχή στο C που είναι η παροχή αριστερά πριν τον κύλινδρο(βλ.μονογραμμικό σελ.90)είναι μηδενική (η μη απολύτως

μηδενική ένδειξη οφείλεται στο σφάλμα του μετρητή) και αυξάνει όταν ο κύλινδρος αλλάζει φορά (μετά τα 4 sec) . Προσοχή αυτό δε σημαίνει πως δεν υπάρχει επιστροφή λαδιού και από τη γραμμή αυτή, αλλά αυτή είναι αδύνατο να καταγραφεί με το υπάρχον παροχόμετρο διότι δεν είναι παροχόμετρο αμφίδρομης καταμέτρησης. Η παροχή J είναι η παροχή στην γραμμή επιστροφής και παραμένει σταθερή και στις δύο περιπτώσεις . Η παροχή B είναι η παροχή που καταγράφεται μετά την έξοδο της αντλίας και παραμένει σταθερή. Παρατηρείται μια μικρή διαφορά μεταξύ παροχής B και J λόγω του φαινομένου του στροβιλισμού του λαδιού μέσα στη βαλβίδα κατά τον στραγγαλισμό του. Στη λειτουργία με τη βαλβίδα 4/2 παρατηρείται ένα peak παροχής (B) στην έξοδο της αντλίας κατί που δεν καταγράφεται στο PVG λόγω του αποτελεσματικού δικτύου διόδων του λαδιού (orifices) .

Όπως φαίνεται από τα παραπάνω, η PVG εγκαταστάθηκε ομαλά στο σύστημα χωρίς να επιβαρύνει κάποιες από τις παραμέτρους λειτουργίας του.

Στο επόμενο κεφάλαιο γίνεται ανάλυση των συγκεκριμένων μετρήσεων αλλά και άλλων που πραγματοποιήθηκαν με σκοπό την αναδειξη των προτερημάτων της αντικατάστασης της απλής βαλβίδας κατεύθυνσης 4/2 με το γκρουπ ηλεκτροαναλογικών βαλβίδων PVG32.



Σχήμα 3.39 Μονογραμμικό νέου συστήματος

4. ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ

4.1. Σκοπός διαδικασίας

Η εκτέλεση των μετρήσεων είχε ως στόχο την ανάδειξη των προτερημάτων που προσδίδει στο σύστημα η χρήση του PVG. Αυτά εν συντομία είναι τα εξής.

- 1) Απλούστερο Κύκλωμα.
- 2) Δυναμικός Έλεγχος της ταχύτητας του επενεργητή.
- 3) Μικρομετρικός Έλεγχος της ταχύτητας του επενεργητή.
- 4) Εξοικονόμηση Ενέργειας (Συγκριτική Μέτρηση Κατανάλωσης Ισχύος μεταξύ των δύο κυκλωμάτων) .

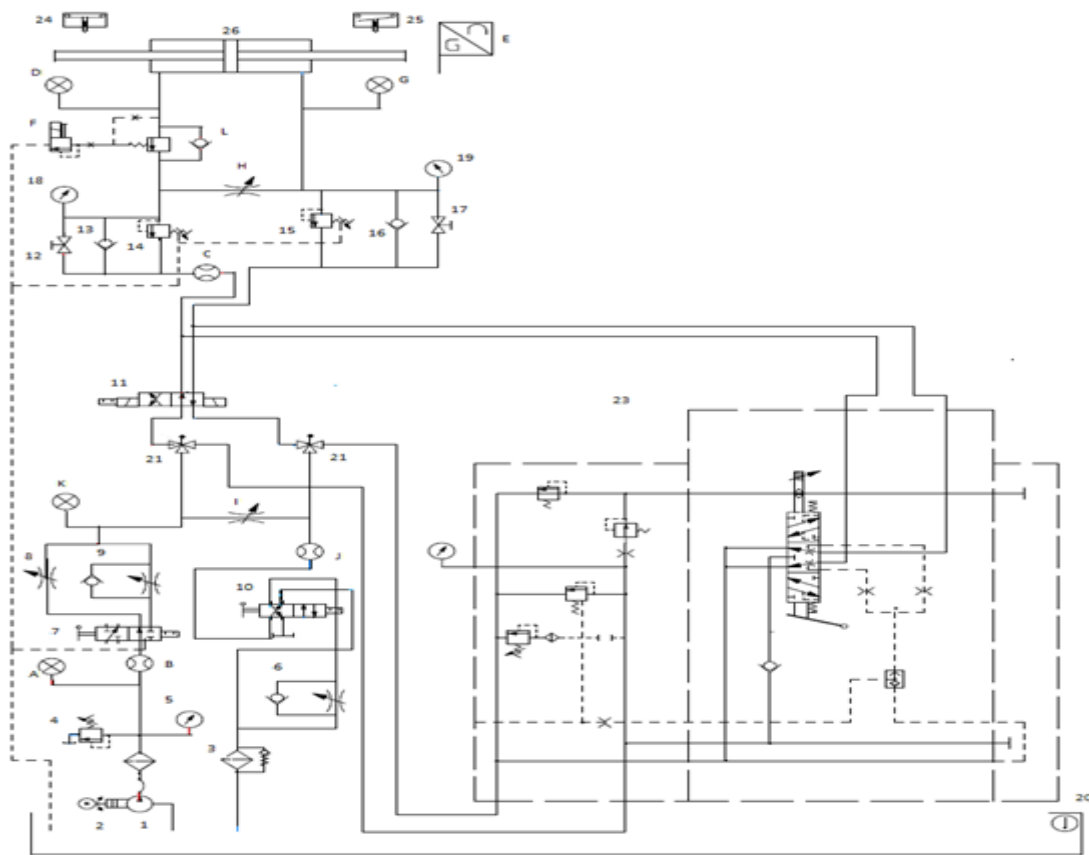
4.2. Απλούστερο κύκλωμα

Η τυποποίηση των module του PVG απλοποιεί τη διαδικασία σύνδεσης τόσο από άποψη υλικών αλλά κυρίως από άποψη χώρου και χρόνου κατασκευής.

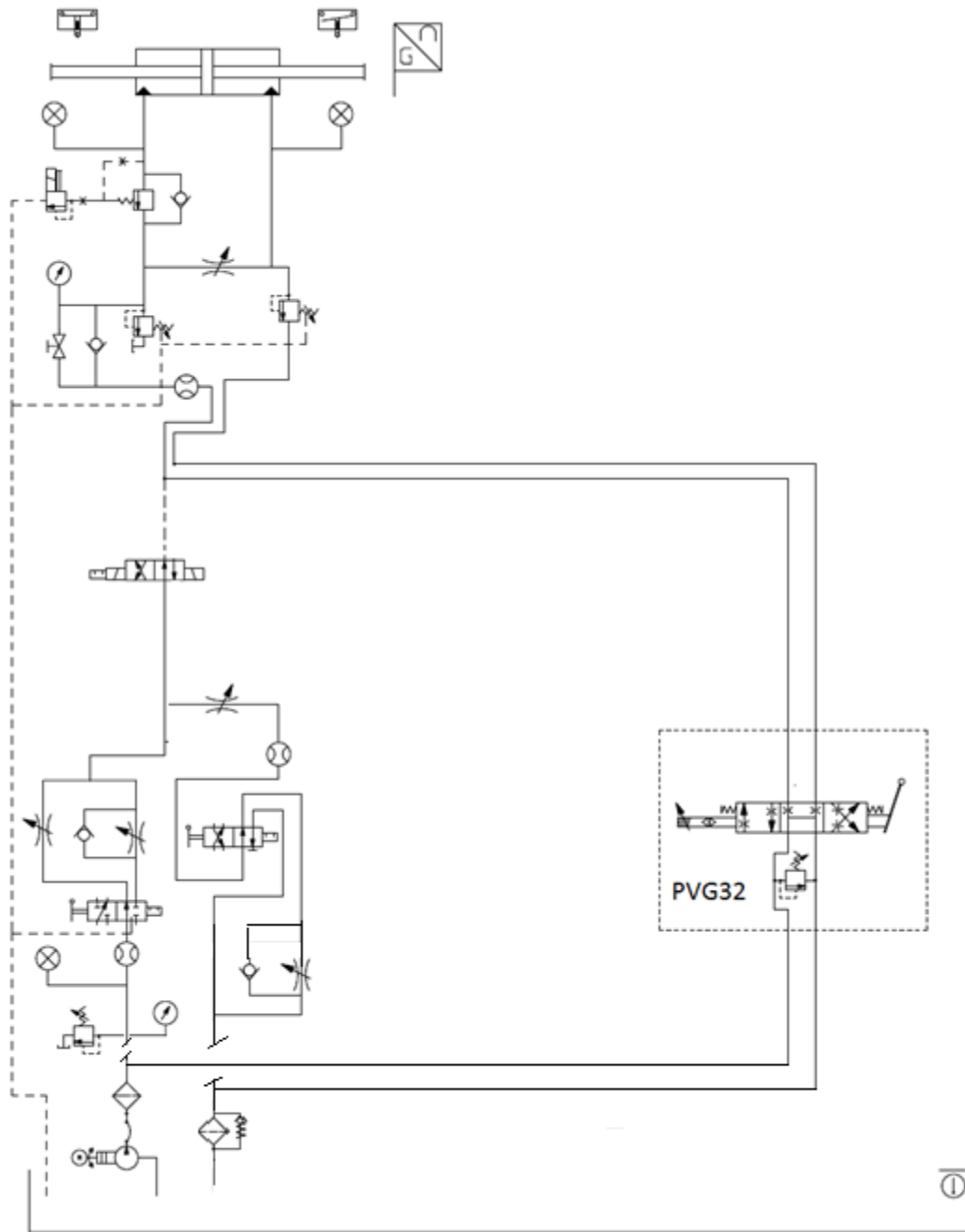


Εικόνα 4.1 PVG με 9 επιμέρους συναρμολογημένες βαλβίδες

Ένα βασικό πλεονέκτημα είναι ότι το PVG έχει τη δυνατότητα πλήρους ελέγχου της παροχής, της πίεσης και της κατεύθυνσης του λαδιού. Υποκαθιστά δηλαδή από μόνο του την ανάγκη ύπαρξης όλων των στραγγαλιστικών – ρυθμιστών ταχύτητας-παροχής (8,9) καθώς και του κεντρικού ασφαλιστικού (4) (βλ.μονογραμμικό διάγραμμα εικ.4.2) εάν εγκατασταθεί στο κατάλληλο σημείο του κυκλώματος . Έτσι το κύκλωμα καθίσταται οικονομικότερο, πιο εύχρηστο και πολύ πιο ευκόλως εναλλάξιμο. Στην προκειμένη περίπτωση το εν λόγω σημείο θα ήταν ακριβώς μετά την έξοδο της αντλίας πριν το ασφαλιστικό 4. Αυτό γιατί το PVG έχει δικό του ενσωματωμένο ρυθμιζόμενο ασφαλιστικό.



Εικόνα 4.2 α)Μονογραμμικό διάγραμμα αναβαθμισμένου κυκλώματος



Εικόνα 4.2 β) Μονογραμμικό διάγραμμα απλουστευμένου κυκλώματος

Μπορεί να παρακαμφθεί επομένως όλο το προϋπάρχον κύκλωμα.

4.3. Δυναμικός έλεγχος της ταχύτητας

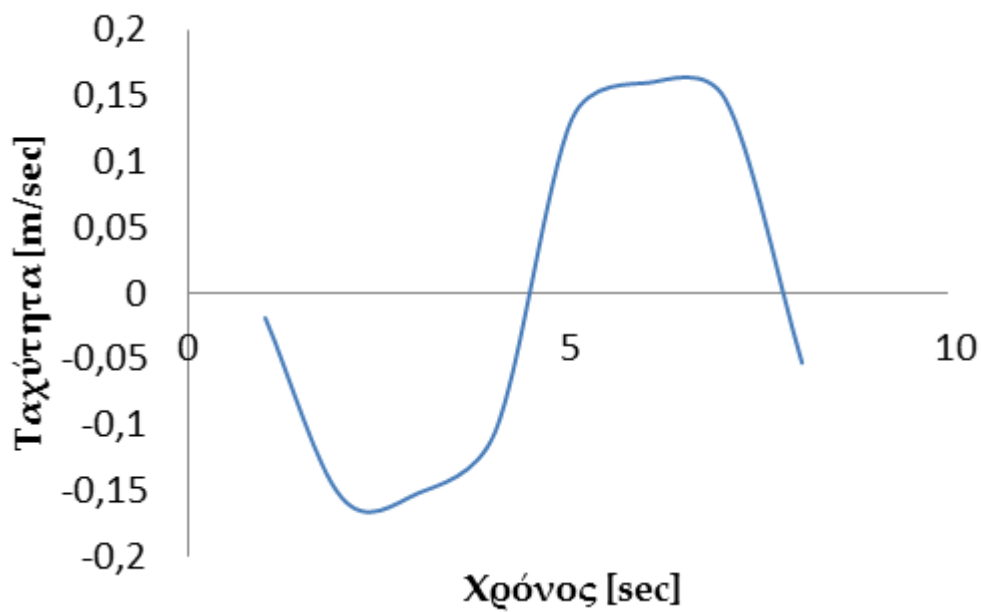
Ως Δυναμικός Έλεγχος ορίζεται η δυνατότητα να μεταβάλλεται το μέτρο και η φορά της ταχύτητας του επενεργητή μέσω του joystick με την κίνηση απλά του δακτύλου του χρήστη , με μεγάλη δηλαδή ευχέρια.

Για την ανάδειξη αυτού του στοιχείου πραγματοποιήθηκαν μετρήσεις σε δύο φάσεις λειτουργίας χωρίς φορτίο στον επενεργητή μας.

Στην πρώτη φάση η μηχανή εκτελεί έναν κύκλο εργασίας με την προϋπάρχουσα βαλβίδα κατεύθυνσης 4/2 (11) ενώ στη δεύτερη φάση εκτελείται ακριβώς η ίδια κίνηση χρησιμοποιώντας το PVG 32 .

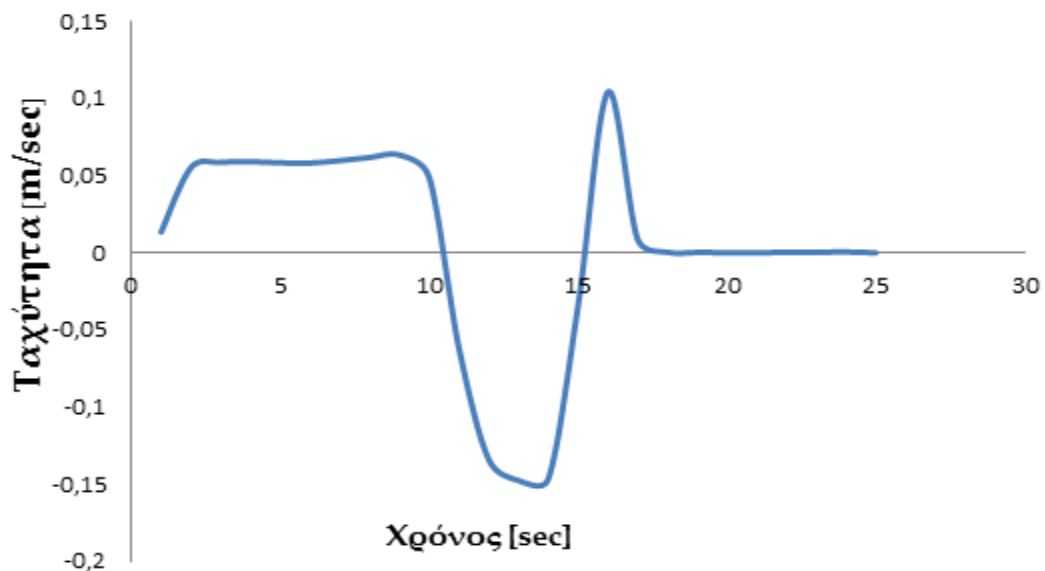
Υποσημείωση: Λέγοντας κύκλο εργασίας εννοείται η κίνηση του κυλίνδρου από το σημείο εκκίνησής του στην οριζόντια διάταξη της διαδρομής του μέχρι την επιστροφή του στο σημείο αυτό.

Έτσι λειτουργώντας τη μηχανή με τη βαλβίδα κατεύθυνσης 4/2 (11) λαμβάνονται τα παρακάτω διαγράμματα ταχύτητας συναρτήσεως του χρόνου για έναν κύκλο εργασίας.



Σχήμα 4.3 Διάγραμμα ταχύτητας – χρόνου στο αρχικό κύκλωμα (4/2 βαλβίδα)

Αντίστοιχα παρατίθενται και το διάγραμμα ταχύτητας-χρόνου στη περίπτωση λειτουργίας με τη PVG 32 για ένα κύκλο εργασίας.



Σχήμα 4.4 Διάγραμμα ταχύτητας – χρόνου στο νέο κύκλωμα (PVG βαλβίδα)

Αυτό που πρέπει να παρατηρηθεί από τις συγκεκριμένες μετρήσεις είναι πως μέσα σε έναν κύκλο εργασίας με το PVG υπάρχει η δυνατότητα να

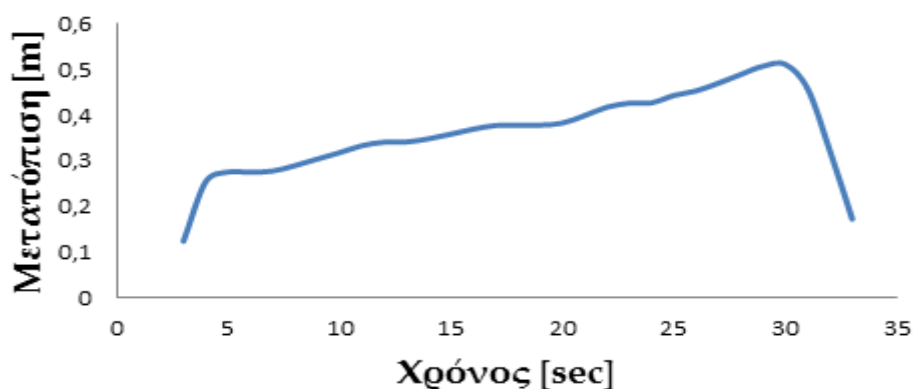
μεταβληθεί απεριόριστες φορές το μέτρο και η φορά της ταχύτητας του επενεργητή με την κίνηση απλά του δακτύλου του χρήστη στο τηλεχειριστήριο (joystick). Αυτό γίνεται φανερό από το διάγραμμα ταχύτητας- χρόνου της PVG λειτουργίας (βλ.σχήμα 4.4) εν συγκρίσει με το διάγραμμα ταχύτητας-χρόνου της αρχικής λειτουργίας του κυκλώματος (βλ. Σχήμα 4.3). Παρατηρούμε πιο συγκεκριμένα πως ο επενεργητής ξεκινά κινούμενος με 5cm/sec προς τα δεξιά του άξονα μετατόπισης (θυμίζουμε το 0 είναι στο αριστερό άκρο του άξονα μετατόπισης), ύστερα τερματίζει (δεξιό άκρο ημιάξονα) και στη συνέχεια επιταχύνει προς τα αριστερά μέχρι να πιάσει τριπλάσια ταχύτητα (15 cm/sec) όπου και πάλι τερματίζει αυτή τη φορά στο αριστερό άκρο του ημιάξονα ολοκληρώνοντας τον κύκλο εργασίας και τελικά επιστρέφει κινούμενος προς τα δεξιά με ταχύτητα 10 cm/sec.

4.4. Μικρομετρικός έλεγχος της ταχύτητας

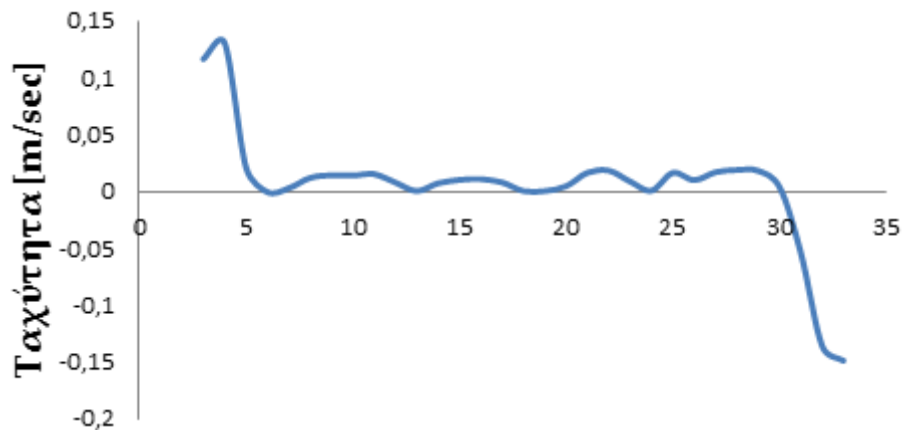
Ως Μικρομετρικός Έλεγχος ορίζεται η δυνατότητα για μεγάλη ακρίβεια στον έλεγχο του μέτρου της ταχύτητας του επενεργητή μέσω του τηλεχειριστηρίου. Με τον τρόπο αυτό δίνεται η ευχέρια στον χρήστη να επενεργεί με διαφορετικές ταχύτητες στον κύκλο εργασίας ανάλογα με τις ανάγκες του. Δηλαδή ,για παράδειγμα, μπορεί να επιλέξει μια ταχύτητα γρήγορης μεταφοράς του επενεργητή και στη συνέχεια, στο τέλος της διαδρομής του, μια αργή ταχύτητα προσέγγισης . Αυτό θα ήταν πολύ δύσκολο ως πρακτικά αδύνατο στο πρότερο κύκλωμα, διότι η μεταβολή της ταχύτητας επιτυγχάνονταν μόνο με τη ρύθμιση των βαλβίδων ρύθμισης της παροχής (8, 9) η οποία καθίσταται αδύνατη στο χρονικό πλαίσιο ενός κύκλου εργασίας. Παρέχεται δηλαδή η δυνατότητα μεταβολής της ταχύτητας του επενεργητή, κατά το δοκούν ,κατά τη διάρκεια του κύκλου εργασίας. Έτσι λύνονται τα χέρια σε εφαρμογές και

εργασίες όπου απαιτείται μεγάλη ακρίβεια στον χειρισμό όπως για παράδειγμα στην υδραυλική πλοήγηση ρομποτικών βραχιόνων. Πραγματοποιήθηκαν δύο μετρήσεις με τη νέα PVG βαλβίδα, μία χωρίς φορτίο και μία με υδραυλικό φορτίο που δημιουργήθηκε από το κλείσιμο της βάνας 17 και τη ρύθμιση του ασφαλιστικού 15 για τη δεξιά κίνηση του επενεργητή, και της βάνας 12 και του ασφαλιστικού 14 για την αριστερή κίνηση του επενεργητή. Υπενθυμίζεται στο σημείο αυτό πως στη χωρίς φορτίο, λειτουργία στην πραγματικότητα φυσικά και υπάρχει φορτίο το οποίο είναι η αδράνεια του επενεργητή – κυλίνδρου και γι' αυτό άλλωστε αναπτύσσονται και πιέσεις. Στη δεύτερη περίπτωση (με φορτίο λειτουργία) πέραν της αδράνειας του επενεργητή υπάρχει και το επιπλέον υδραυλικό φορτίο που προσδίδουμε με το κλείσιμο των βανών και τους στραγγαλισμούς που προκαλούμε.

ΧΩΡΙΣ ΦΟΡΤΙΟ

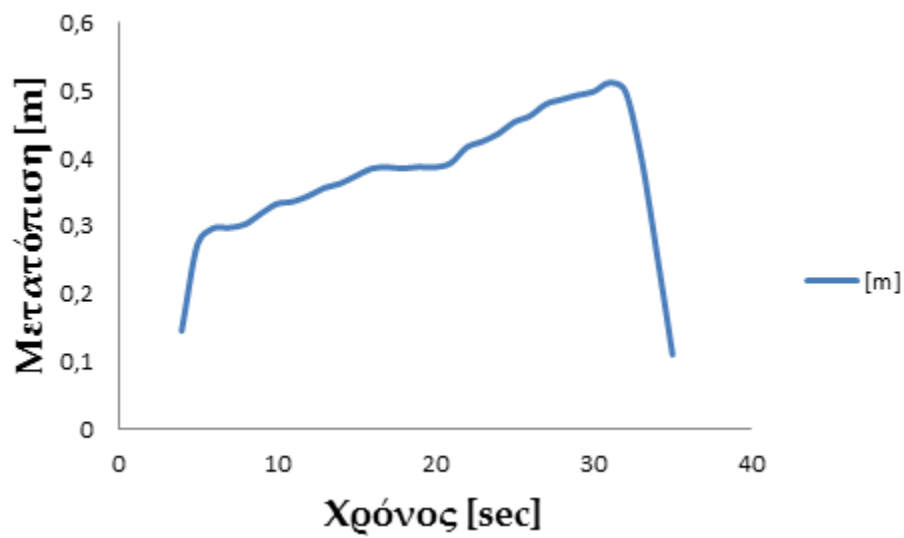


Σχήμα 4.5 Διάγραμμα μετατόπισης – χρόνου στο νέο κύκλωμα χωρίς φορτίο (PVG βαλβίδα)

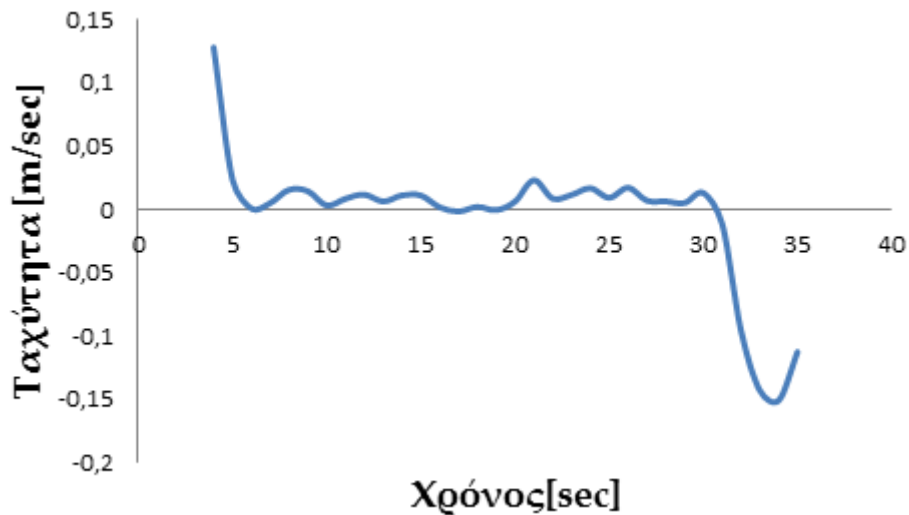


Σχήμα 4.6 Διάγραμμα ταχύτητας – χρόνου στο νέο κύκλωμα χωρίς φορτίο (PVG βαλβίδα)

ΜΕ ΦΟΡΤΙΟ

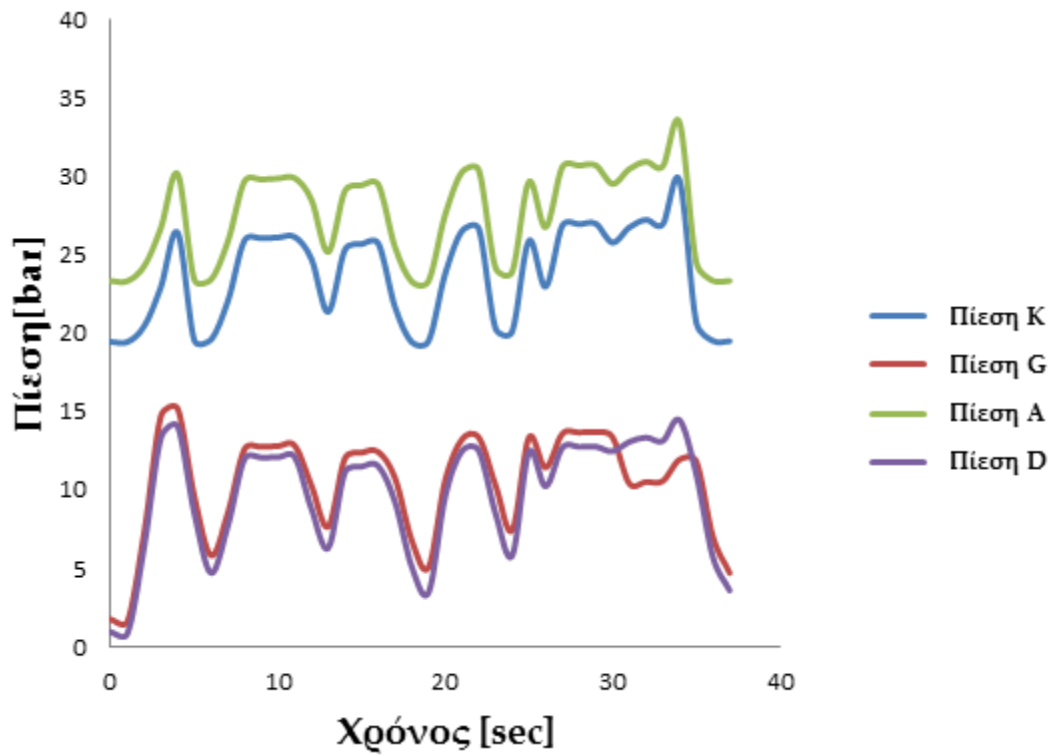


Σχήμα 4.7 Διάγραμμα μετατόπισης – χρόνου στο νέο κύκλωμα με φορτίο (PVG βαλβίδα)

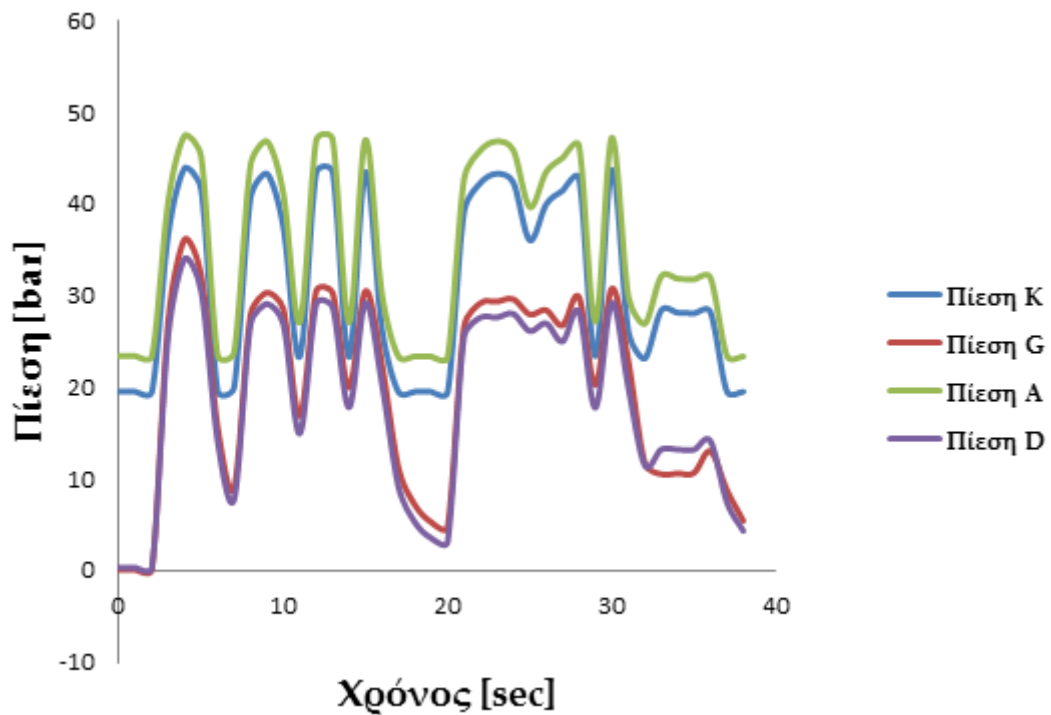


Σχήμα 4.8 Διάγραμμα ταχύτητας – χρόνου στο νέο κύκλωμα με φορτίο (PVG βαλβίδα)

Από τα παραπάνω διαγράμματα ταχύτητας παρατηρείται στην αρχή του κύκλου εργασία μια μια μεγάλη ταχύτητα (μεταφοράς) του επενεργητή στο τελικο σημείο δράσης περί τα 13 cm/sec. Εκεί η ταχύτητα μειώνεται εκούσια σε μία αργή ταχύτητα προσέγγισης (από τα 6 sec μέχρι και τα 31 sec) περί το 1cm/sec. Στη συνέχεια ο επενεργητής κινείται προς την αντίθετη φορά (απομακρύνεται) με ταχύτητα περί τα 14 cm/sec Αυτό καθίσταται φυσικά δυνατό και στις δύο περιπτώσεις λειτουργίας ,είτε με φορτίο δηλαδή είτε χωρίς.Παρατηρείται πως το φορτίο δεν επηρεάζει την ταχύτητα του επενεργητή. Παρακάτω παρατίθενται τα διαγράμματα πιέσεων και στις δύο περιπτώσεις (χωρίς και με φορτίο). Υπενθυμίζεται πως το μανόμετρο A βρίσκεται στην έξοδο της αντλίας, το G δεξιά του κυλίνδρου- επενεργητή ,το D αριστερά του και το K πριν τη βαλβίδα ρύθμισης κατεύθυνσης 11.



Σχήμα 4.9 Διαγράμματα πιέσεων - χρόνου στο νέο κύκλωμα χωρίς φορτίο (PVG βαλβίδα)



Σχήμα 4.10 Διαγράμματα πιέσεων - χρόνου με φορτίο (PVG βαλβίδα)

Και εδώ, όπως είναι λογικό, ισχύει $\text{Πίεση A} > \text{Πίεση K} > \text{Πίεση G} \ \& \ \text{Πίεση D}$ αφού έχουμε απώλειες (Δp). Επιπλέον στη λειτουργία

με φορτίο, όπως είναι λογικό, αναπτύσσονται και καταγράφονται μεγαλύτερες πιέσεις.

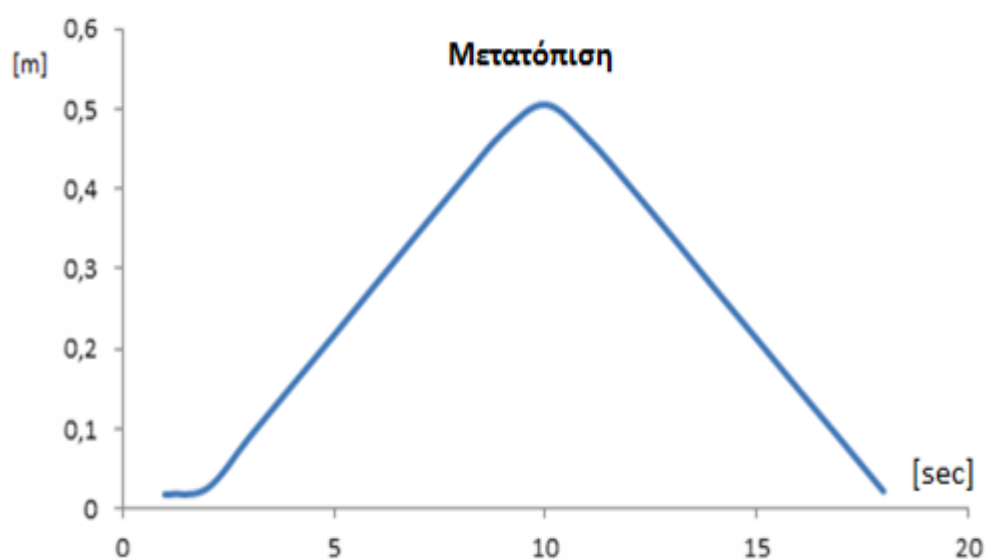
4.5. Εξοικονόμηση ενέργειας (συγκριτική μέτρηση κατανάλωσης ισχύος).

Πραγματοποιούνται δύο μετρήσεις.

4.5.1. Πρώτη μέτρηση –πρότερο κύκλωμα (βαλβίδα4/2 (11))

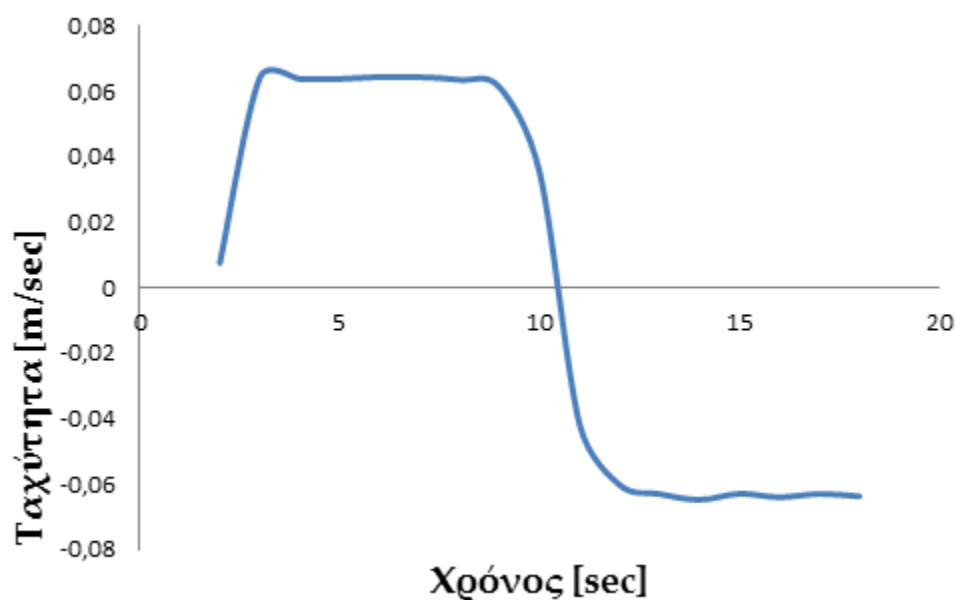
Λειτουργώντας το πρότερο κύκλωμα και εκτελώντας ένα κύκλο εργασίας με συγκεκριμένη ταχύτητα $6,4 \text{ cm/sec}$ που ρυθμίζεται από τις βαλβίδες ρύθμισης παροχής 8 και 9.

Καταγράφονται τα διαγράμματα μετατόπισης-χρόνου, ταχύτητας-χρόνου, παροχής-χρόνου και πίεσης-χρόνου. Παροχή και πίεση καταγράφονται στην έξοδο της αντλίας δηλαδή από το παροχόμετρο Β και μανόμετρο Α αντίστοιχα, για κάθε περίπτωση ξεχωριστά. Επίσης καταγράφονται η ένταση και η τάση του ρεύματος σε κάθε περίπτωση κατά τη φάση εκτέλεσης του έργου καθώς και η καταναλισκόμενη ηλεκτρική ισχύς.



Σχήμα 4.11 Διάγραμμα μετατόπισης – χρόνου στο παλιό κύκλωμα (βαλβίδα 4/2 (11))

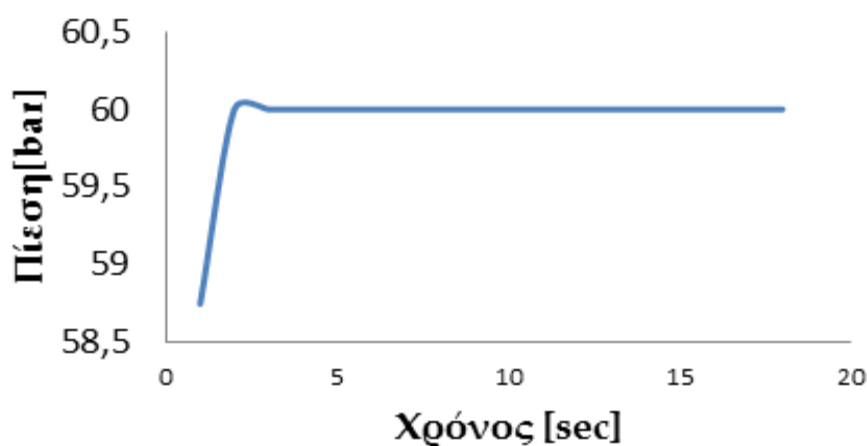
Παρατηρείται πως ο κύκλος εργασίας είναι 18 sec.



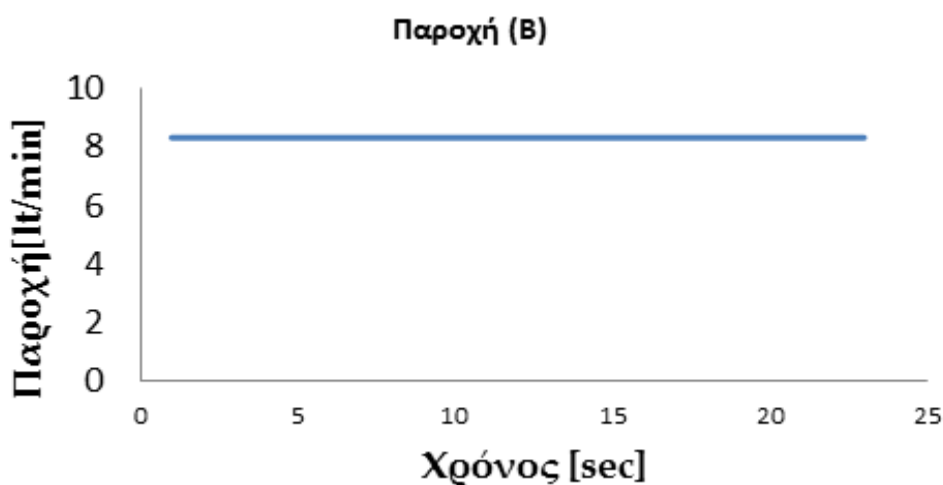
Σχήμα 4.12 Διάγραμμα ταχύτητας – χρόνου στο παλιό κύκλωμα (βαλβίδα 4/2 (11))

Παρατηρείται πως στην επιστροφή του επενεργητή (αριστερή κίνηση) έχουμε ταχύτητα ίση με τη δεξιά κίνηση (6,4 cm/sec) .Είναι λογικό, καθώς

με το πρότερο σύστημα δεν δύναται η αλλαγή της ταχύτητας ευχερώς κατά τη διάρκεια λειτουργίας της μηχανής, και γιαυτό τον λόγο δεν μεταβάλλεται από το χρήστη η ταχύτητα κατά τη διάρκεια ενός κύκλου εργασίας. Παρακάτω παρατίθενται τα διαγράμματα πίεσης-χρόνου και παροχής –χρόνου.



Σχήμα 4.13 Διάγραμμα πίεσης-χρόνου στο παλιό κύκλωμα (βαλβίδα 4/2 (11)).



Σχήμα 4.14 Διάγραμμα παροχής-χρόνου στο παλιό κύκλωμα (βαλβίδα 4/2 (11))

Καταγράφεται η τιμή της παροχής στα 0,14 lt/sec και της πίεσης 60 bar στην έξοδο της αντλίας. Η παροχή είναι σταθερή εφόσον έχουμε αντλία σταθερής παροχής. Καταγράφηκαν επίσης : Τάση ρεύματος =400 Volts ένταση 6,8 A και καταναλισκόμενη ηλεκτρική ισχύς 2,7 KW (Βλέπε εικόνα 4.15)



Εικόνα 4.15 Ενδείξεις ηλεκτρικών μεγεθών στο παλιό κύκλωμα (βαλβίδα 11)

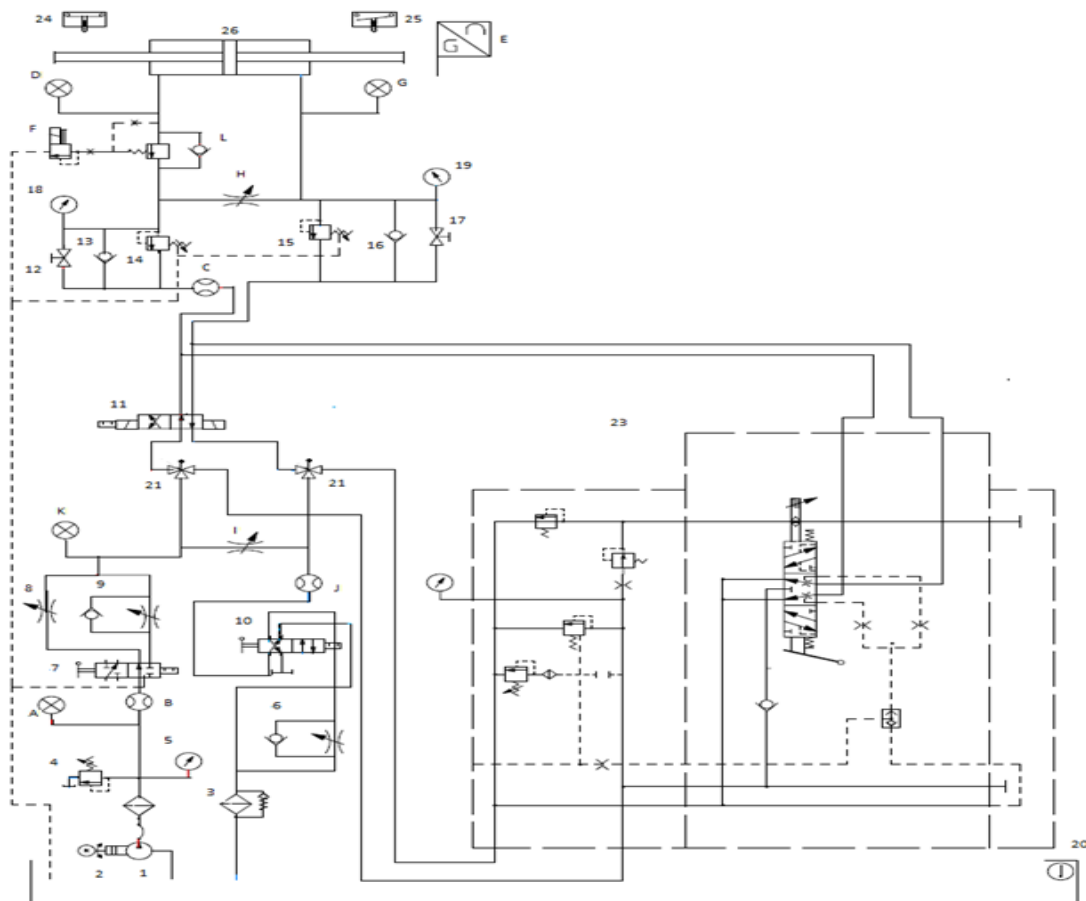
Πρότερο κύκλωμα (βαλβίδα 11)

Κύκλος εργασίας (Δt 1)	18 sec
Πίεση (P 1)	60 bar
Παροχή (Q 1)	0,14 lt/sec (8,4 lt/min)
Ένταση ρεύματος (I 1)	6,8 A
Τάση ρεύματος (V 1)	400 Volts
Ηλεκτρική ισχύς (N ηλ1)	2720 Watt (2,72 kW)
Ταχύτητα επενεργητή (u 1)	0,064 m/sec (6,4 cm/sec)

Πίνακας 4.1 Τιμές μεγεθών στο παλιό κύκλωμα (βαλβίδα 11)

Παρατηρείται πως ενώ το παροχόμετρο είναι τοποθετημένο μετά την έξοδο της αντλίας καταγράφονται απώλειες παροχής ίσες με 15,72 lt/min. (Εφόσον η αντλία είναι σταθερής παροχής 24 lt/min). Αυτό συμβαίνει διότι το κεντρικό ασφαλιστικό (4) ,το οποίο παρεμβάλλεται (βλ. μονογραμμικό διάγραμμα εικ.4.16), ανοίγει λόγω του ότι η τιμή της πίεσης φτάνει τα 60 bar στα οποία είναι ρυθμισμένο. Αυτό συμβαίνει

λόγω του στραγγαλισμού που υφίσταται το λάδι μεσω των βαλβίδων ρύθμισης παροχής (8 και 9), με τις οποίες ρυθμίζεται η ταχύτητα του επενεργητή.



Εικόνα 4.16 Μονογραμμικό διάγραμμα αναβαθμισμένου κυκλώματος.

4.5.1.1. Προσεγγιστικοί Υπολογισμοί

Υπολογισμός της μέσης υδραυλικής Ισχύος ($N_{υδρ1}$)

$$N_{υδρ1} = Q_1 \times P_1 = 0,000138 \times 60 \times 10^5 = 828 \text{ Watt}$$

Υπολογισμός του μέσου υδραυλικού έργου ($W_{υδρ1}$)

$$W_{υδρ1} = N_{υδρ1} \times \Delta t_1 = 828 \text{ Watt} \times 18 \text{ sec} = 14.904 \text{ Joule} = 14,9 \text{ kJ}$$

Υπολογισμός της μέσης καταναλισκόμενης ηλεκτρικής Ισχύος ($N_{\eta\lambda 1}$)

$$N_{\eta\lambda 1} = V_1 \times I_1 = 400\text{Volt} \times 6,8\text{ Ampere} = 2.720\text{ Watt} = 2,72\text{ kW}$$

(επαληθεύεται και η ένδειξη του πολύμετρου)

Υπολογισμός του μέσου ηλεκτρικού έργου ($W_{\eta\lambda 1}$)

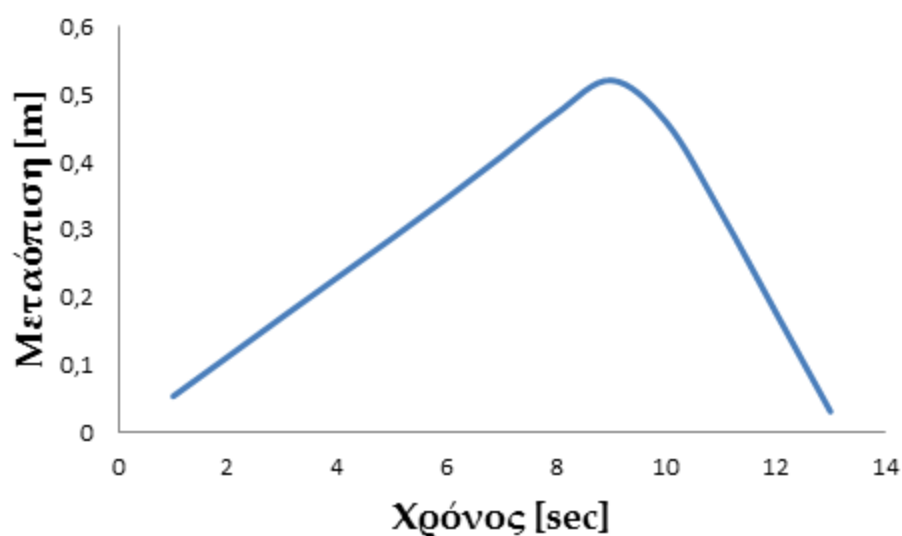
$$W_{\eta\lambda 1} = N_{\eta\lambda} \times \Delta t = 2720\text{ Joule} \times 18\text{ sec} = 48.960\text{ Joule} = 48,96\text{ kJ}$$

4.5.2. Δεύτερη μέτρηση – νέο κύκλωμα (βαλβίδα PVG)

Πραγματοποιούνται οι ίδιες μετρήσεις λειτουργώντας τη μηχανή με το PVG σε κύκλο εργασίας αποτελούμενο από 2 φάσεις :

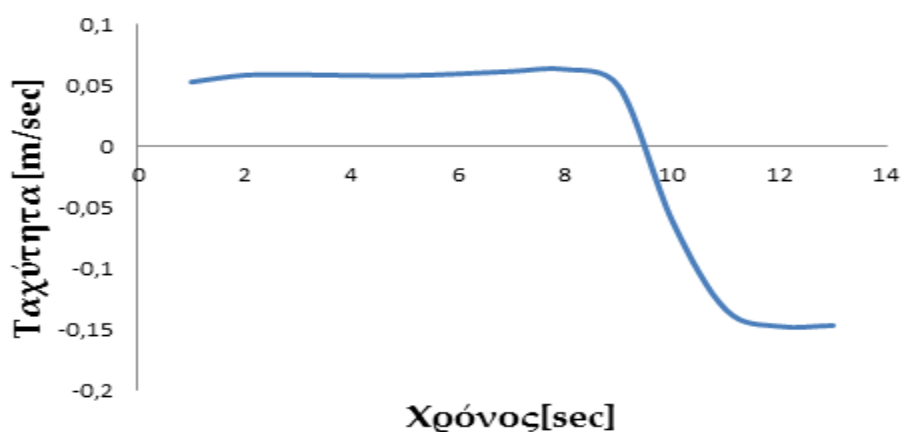
1^η Φάση : Με ελεγχόμενη ταχύτητα ίση σε μέτρο με αυτήν της πρώτης μέτρησης και

2^η Φάση : Με τη μέγιστη δυνατή ταχύτητα που παρέχεται από το joystick για την επιστροφή του επενεργητή στην αρχική του θέση.



Σχήμα 4.17 Διάγραμμα μετατόπισης – χρόνου στο νέο κύκλωμα (βαλβίδα PVG)

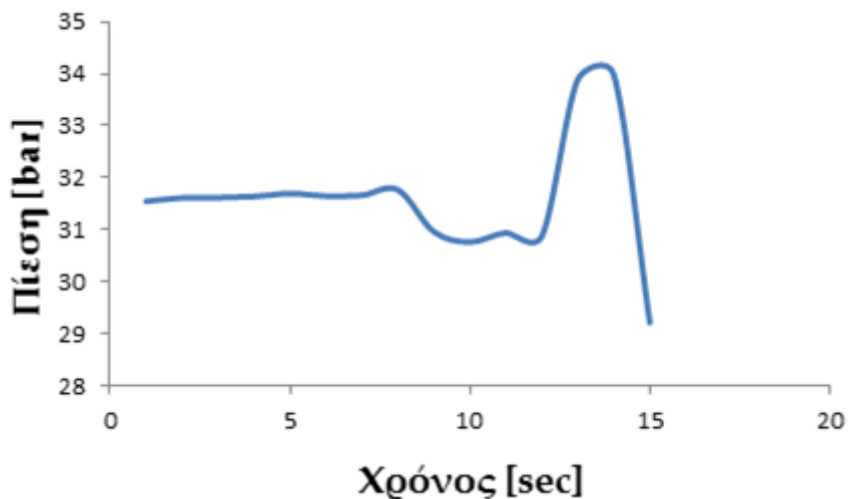
Εδώ ο κύκλος εργασίας είναι 13 sec , μικρότερος δηλαδή από την προηγούμενη περίπτωση (18 sec). Αυτό συμβαίνει διότι η κίνηση της επιστροφής του επενεργητή στην αρχική του θέση πραγματοποιείται με τη μέγιστη δυνατή ταχύτητα που παρέχεται από την αντλία ($14,8\text{ cm/sec}$). Γι' αυτό τον λόγο και η κλίση της γραφικής παράστασης της θέσης του επενεργητή είναι μεγαλύτερη μετά τα 9 sec όπου αλλάζουμε και τη φορά κίνησης, εν συγκρίσει με την κλίση από $0 - 9\text{ sec}$.



Σχήμα 4.18 Διάγραμμα ταχύτητας - χρόνου στο νέο κύκλωμα (βαλβίδα PVG)

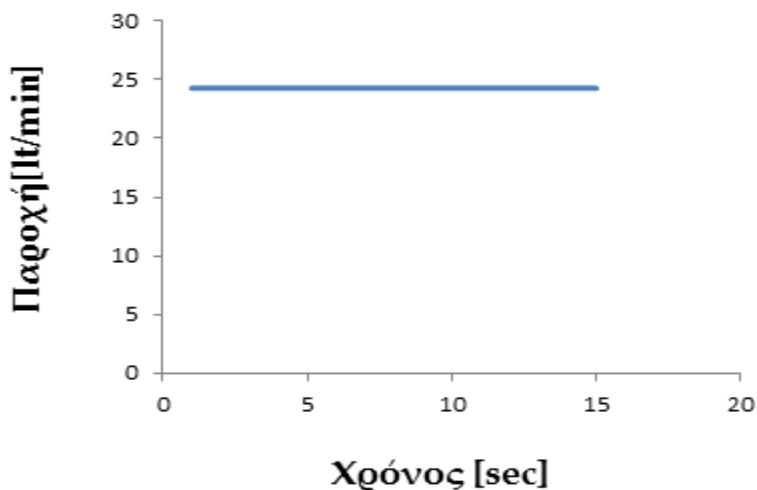
Ο επενεργητής ξεκινάει την κίνηση με μία ταχύτητα που είναι ίση με την ταχύτητα της πρώτης μέτρησης ($6,4\text{ cm/sec}$) (αργή κίνηση-ταχύτητα προσέγγισης), και στη συνέχεια αυξάνει ταχύτητα, εφόσον παρέχεται πλέον αυτή η δυνατότητα μέσω του joystick (τηλεχειριστηρίου). Έτσι επιστρέφει με ταχύτητα $14,8\text{ cm/sec}$ (ταχύτητα μεταφοράς). Αυτή η δυνατότητα δεν υπήρχε, προφανώς, στην πρότερη λειτουργία της μηχανής.

Στη συνέχεια όπως και στην προηγούμενη περίπτωση καταγράφονται τα μεγέθη πίεση και παροχή, όπως αυτά μετρώνται στην έξοδο της αντλίας.



Σχήμα 4.19 Διάγραμμα πίεσης – χρόνου στο νέο κύκλωμα (βαλβίδα PVG).

Παρατηρείται πως υπάρχει ένα μικρό μεταβατικό φαινόμενο λόγω της αλλαγής της κατεύθυνσης του επενεργητή λίγο μετά τα 9 sec και ένα δεύτερο με ένα peak πίεσης στα 34 bar, τη στιγμή ακριβώς που απομακρύνεται το δάκτυλό του χρήστη από το joystick του PVG και σταματάει η κίνηση.



Σχήμα 4.20 Διάγραμμα παροχής – χρόνου στο νέο κύκλωμα (βαλβίδα PVG).

Η παροχή παραμένει σταθερή και δεν μεταβάλλεται καθώς η αντλία είναι σταθερής παροχής. Αυτό που αξίζει να σημειωθεί εδώ είναι πως η

παροχή που καταγράφεται στον μετρητή μου είναι 24 λίτρα/min δηλαδή όλη η παροχή της αντλίας. Λογικό αφού πλέον η πίεση στην έξοδο της αντλίας είναι στα 31,6 bar και έτσι δεν ανοίγει το κεντρικό ασφαλιστικό (4) όπως στην προηγούμενη περίπτωση.

Καταγράφοντας τέλος και τις αντίστοιχες τιμές των ηλεκτρικών μεγεθών τάση (V_2), ένταση (I_2) και ισχύς ($N_{ηλ2}$) του ηλεκτρικού ρεύματος (βλ. Εικόνα 4.21) κατά τη λειτουργία της μηχανής προκύπτει ο παρακάτω πίνακας φυσικών μεγεθών (βλ. Πίνακα 4.2)



Εικόνα 4.21 Ενδείξεις ηλεκτρικών μεγεθών στο νέο κύκλωμα (βαλβίδα PVG)

Νέο κύκλωμα (βαλβίδα PVG)

Κύκλος εργασίας (Δt_2)	13 sec
Πίεση (P_2)	31,6 bar
Παροχή (Q_2)	0,4 lt/sec(24 lt/min)

Ένταση ρεύματος (I_2)	4 A
Τάση ρεύματος (V_2)	400 Volts
Ηλεκτρική ισχύς ($W_{\eta\lambda 2}$)	1,6 kW
Ταχύτητα επενεργητή : 1 ^η φάση (u_2)	0,063 m/sec (6,3 cm/sec)
2 ^η φάση (u_2')	0,148 m/sec (14,8 cm/sec)

Πίνακας 4.2 Τιμές μεγεθών στο νέο κύκλωμα (βαλβίδα PVG)

4.5.2.1. Προσεγγιστικοί υπολογισμοί

Υπολογισμός της μέσης υδραυλικής Ισχύος ($N_{υδρ}$)

$$N_{υδρ2} = Q_2 \times P_2 = 0,0004 \times 31,6 \times 10^5 = 1264 \text{ Watt}$$

Υπολογισμός του μέσου υδραυλικού έργου ($W_{υδρ}$)

$$W_{υδρ2} = N_{υδρ2} \times \Delta t_2 = 1264 \text{ Watt} \times 13 \text{ sec} = 16.432 \text{ Joule} = 16,4 \text{ kJ}$$

Υπολογισμός της μέσης καταναλισκόμενης ηλεκτρικής Ισχύος ($N_{\eta\lambda}$)

$N_{\eta\lambda 2} = V_2 \times I_2 = 400 \text{ Volt} \times 4 \text{ Ampere} = 1.600 \text{ Watt} = 1,6 \text{ kW}$ (επαληθεύεται και η ένδειξη του πολύμετρου)

Υπολογισμός του μέσου ηλεκτρικού έργου ($W_{\eta\lambda}$)

$$W_{\eta\lambda 2} = N_{\eta\lambda 2} \times \Delta t_2 = 1600 \text{ Joule} \times 13 \text{ sec} = 20800 \text{ Joule} = 20,8 \text{ kJ}$$

4.6. Εκπόνηση κοστολογικής μελέτης

Με βάση τα παραπάνω στοιχεία γίνεται η παρακάτω μελέτη.

Με βάση έρευνα που έγινε για την τιμή της κιλοβατώρας από τρεις μεγάλες εταιρείες –παρόχους ενέργειας επιλέχθηκε με βάση τις ώρες λειτουργίας της μηχανής η τιμή της κιλοβατώρας προσεγγιστικά στα 0,20 ευρώ.

A)Εξοικονόμηση χρόνου

$$N1 = \frac{3600 \text{ sec/h}}{18 \text{ sec}} = 200 \frac{\text{κύκλοι}}{h}$$

Και αντίστοιχα για τη λειτουργία με το PVG

$$N2 = \frac{3600 \text{ sec/h}}{13 \text{ sec}} = 276,9 \frac{\text{κύκλοι}}{h}$$

Επομένως για να ολοκληρωθούν για παράδειγμα 1000 κύκλοι εργασίας με το πρότερο κύκλωμα (βαλβίδα 4/2 (11)) απαιτούνται :

$$T1 = \frac{1000}{N1} = \frac{1000}{200} = 5 \text{ h (ώρες)}$$

ενώ με το νέο κύκλωμα (PVG) απαιτούνται:

$$T2 = \frac{1000}{N2} = \frac{1000}{276,9} = 3,61 \text{ h (ώρες)}$$

Άρα η παραγωγικότητα της μηχανής αυξάνεται κατά 28%.

B)Εξοικονόμηση ενέργειας

Επίσης $N\eta\lambda1 = 2,72 \text{ kWh/h}$ και $N\eta\lambda2 = 1,6 \text{ kWh/h}$

Και άρα το έργο για την εκτέλεση των 1000 κύκλων σε κάθε περίπτωση θα είναι για την πρώτη περίπτωση :

$$W1 = N\eta\lambda1 \times T1 = 2,72 \frac{kWh}{h} \times 5h = 13,6 kWh$$

Ενώ για τη δεύτερη θα είναι αντίστοιχα :

$$W2 = N\eta\lambda2 \times T2 = 1,6 \frac{kWh}{h} \times 3,61h = 5,776 kWh$$

Οπότε το κόστος θα είναι αντίστοιχα :

$$K1 = \frac{0,20\text{ευρώ}}{kWh} \times W1 = \frac{0,20\text{ευρώ}}{kWh} \times 13,6kWh = 2,72 \text{ ευρώ}/1000\text{κύκλους} =$$

$$2,72\text{cent}/\text{κύκλο} = 0,00272 \text{ ευρώ}/\text{κύκλο}$$

και

$$K2 = \frac{0,20\text{ευρώ}}{kWh} \times W2 = \frac{0,20\text{ευρώ}}{kWh} \times 5,776 Wh = 1,155 \frac{\text{ευρώ}}{1000\text{κύκλους}} =$$

$$1,16\text{cent}/\text{κύκλο} = 0,00116 \text{ ευρώ}/\text{κύκλο}$$

Επομένως η εξοικονόμηση είναι:

$$\text{Profit} = K1 - K2 = 0,00272 \frac{\text{ευρώ}}{\text{κύκλο}} - 0,00116 \frac{\text{ευρώ}}{\text{κύκλο}} = 0,00156 \frac{\text{ευρώ}}{\text{κύκλο}}$$

Υπάρχει μεγάλη πτώση του κόστους λειτουργίας κατά 57% επί της αρχικής του τιμής λόγω της εξοικονόμησης ηλεκτρικής ισχύος.

Υπολογισμός απόσβεσης κόστους αναβάθμισης του συστήματος.

Το εκτιμώμενο συνολικό κόστος της αναβάθμισης είναι περί τα 2500 ευρώ. Συνυπολογίζοντας και τα κόστη των αντικατασθέντων εξαρτημάτων και αφαιρώντας τα από το συνολικό κόστος προκύπτει πως

$$\Sigma K = 2500 - 700 = 1800 \text{ ευρώ}$$

και η εξοικονόμηση ανά ώρα είναι :

$$\text{Profh} = \text{Profit} \times N2 = 0,00156 \frac{\text{ευρώ}}{\text{κύκλο}} \times 276,9\text{κύκλοι}/h = 0,432 \frac{\text{ευρώ}}{h}$$

Άρα ο χρόνος απόσβεσης είναι :

$$X = \Sigma K / \text{Proh} = \frac{1800 \text{ευρώ}}{0,432 \text{ευρώ/h}} = 4167 \text{ h(ώρες)}$$

Αν υποτεθεί πως η μηχανή δουλεύει 8 ώρες τη μέρα για 5 μέρες την εβδομάδα τότε $X = \frac{4167h}{8h/d} = 521 \text{ d(ημέρες)} \approx 104 \text{ weeks} \approx 2 \text{ χρόνια}$. Αυτή είναι η απόσβεση που θα επιτυγχανόταν μόνο από τη λιγότερη κατανάλωση ηλεκτρικής ισχύος. Πρέπει να συνυπολογιστεί όμως και η εξοικονόμηση χρόνου. Έχοντας πλέον μία μηχανή κατα 28% παραγωγικότερη, η απόσβεση θα γίνει σε περίπου $A = 2 \times 0,72 = 1,44 \text{ χρόνια}$. Άρα σε λιγότερο από ενάμιση χρόνο.

Με δεδομένο πως αποδεκτός χρόνος απόσβεσης για πάγιες κινητές εγκαταστάσεις είναι τα 5 χρόνια, διαπιστώνει κανείς πως ο εκτιμώμενος χρόνος απόσβεσης είναι άκρως ικανοποιητικός.

4.7. Χαμηλότερο κόστος έναντι σερβοβαλβίδων

Ενα ακόμα βασικό πλεονέκτημα είναι το χαμηλότερο κόστος του PVG έναντι άλλων τύπων αναλογικών βαλβίδων, όπως για παράδειγμα οι σερβοβαλβίδες.

Σε περίπτωση αντικατάστασης του PVG 32 με μια σερβοβαλβίδα αντίστοιχου μεγέθους, το κόστος μόνο της σερβοβαλβίδας θα ήταν περί τα 3000 Ευρώ.

Και επιπροσθέτως θα απαιτούνταν μια ασφαλιστική βαλβίδα, ένας τάκος έδρασης των βαλβίδων και ηλεκτρονική κάρτα οδήγησης της βαλβίδας. Επομένως το συνολικό κόστος θα προσέγγιζε τα 5000 Ευρώ .

Επιπλέον σε περίπτωση που απαιτούνταν η ταυτόχρονη (load independent) κίνηση περισσότερων επενεργητών, θα χρειάζονταν και άλλες σερβοβαλβίδες, καθώς και επιπρόσθετοι ισοσταθμιστές πίεσης, και

η συνδεσμολογία όλων αυτών θα καθιστούσε το κόστος σαφώς πολύ υψηλότερο.

5. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

5.1. Συγκριτικά οφέλη

Η εκτέλεση των μετρήσεων είχε ως στόχο την ανάδειξη των προτερημάτων που προσδίδει στο σύστημα η χρήση του PVG .Εν συντομία είναι τα εξής :

1)Απλούστερο κύκλωμα

Το PVG από μόνο του υποκαθιστά την ανάγκη ύπαρξης όλων των στραγγαλιστικών – ρυθμιστών ταχύτητας-παροχής (8,9) ακόμα και του κεντρικού ασφαλιστικού (4) εάν εγκατασταθεί στο κατάλληλο σημείο του κυκλώματος . Έτσι το κύκλωμα καθίσταται οικονομικότερο,πιο εύχρηστο και πολύ πιο εύκολα εναλλάξιμο.

2) Δυναμικός Έλεγχος

Το PVG εξασφαλίζει τη δυνατότητα ευχερέστατης (με την κίνηση απλά του δακτύλου) μεταβολής του μέτρου και της φοράς της ταχύτητας του επενεργητή.

3)Μικρομετρικός Έλεγχος

Το PVG επιτρέπει υψηλή ακρίβεια στον έλεγχο του μέτρου της ταχύτητας του επενεργητή και εύκολη εναλλαγή του μέτρου της κατά τη διάρκεια του κύκλου εργασίας του επενεργητή.

4)Εξοικονόμηση Ενέργειας και αύξηση της παραγωγικότητας της μηχανής

Όπως είδαμε η εξοικονόμηση ηλεκτρικής ισχύος που επιτυγχάνεται με το PVG και η αύξηση της παραγωγικότητας της μηχανής (κατά 28%) οδηγεί σε μια εκτιμώμενη απόσβεση του κόστους της αναβάθμισης της μηχανής μέσα σε λιγότερο από ενάμιση χρόνο. Σε όλα τα παραπάνω πρέπει να συνυπολογιστεί και το χαμηλότερο κόστος συγκριτικά με μία ,αντίστοιχων προδιαγραφών, σερβοβαλβίδα.

Όλα τα παραπάνω στοιχεία αναδεικνύουν τα συνολικά συγκριτικά οφέλη της εγκατάστασης του PVG 32 στη HERION.

5.2 Προτάσεις μελλοντικής αναβάθμισης του κυκλώματος

Το μεγάλο πλεονέκτημα των PVG είναι οι, ανεξαρτήτου φορτίου (load independent), κινήσεις πολλών επενεργητών. Έτσι επιτυγχάνονται ,υπό τις κατάλληλες συνθήκες, από την ίδια αντλία ,πολλές ταυτόχρονες κινήσεις, χωρίς να επηρεάζεται η κάθε μία λειτουργία από την πίεση – παροχή των υπόλοιπων λειτουργιών. Γι'αυτό τον λόγο ως μελλοντική αναβάθμιση προτείνεται η εγκατάσταση ενός δεύτερου επενεργητή (πχ. ενός υδραυλικού κινητήρα) στο σύστημα έτσι ώστε, μέσω των μετρήσεων, να γίνει αντιληπτό το γεγονός αυτό.

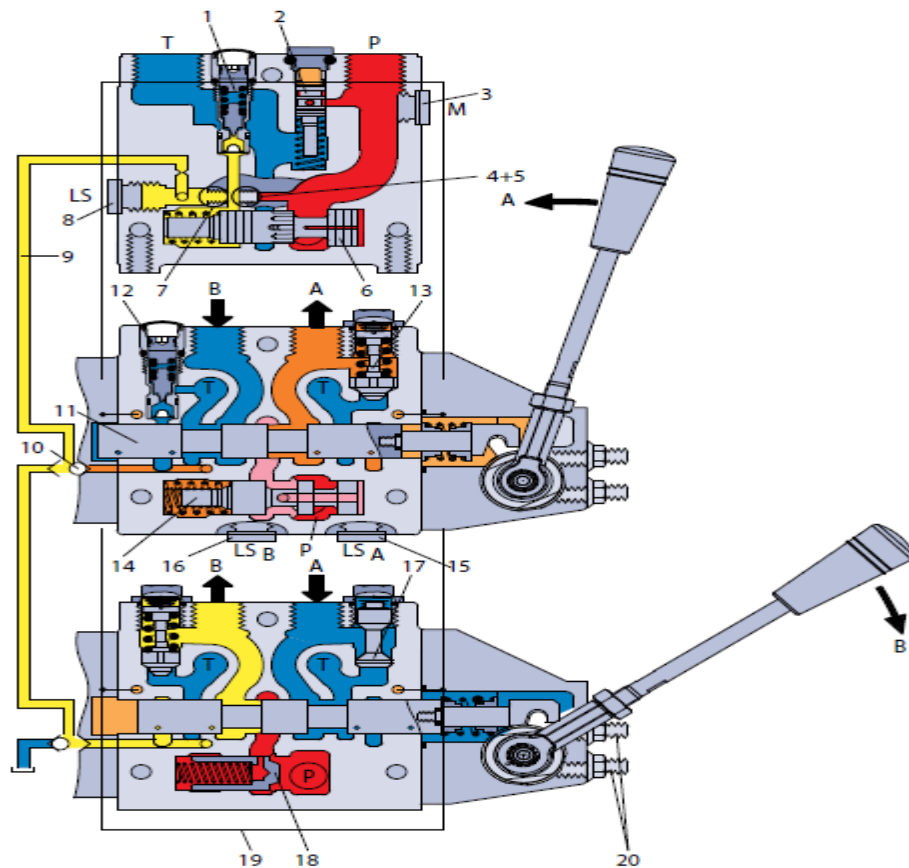
Τέλος μια άλλη πρόταση θα ήταν η εγκατάσταση στο μέλλον μιας αντλίας μεταβλητής παροχής, όπου σε αυτή την περίπτωση θα επιτυγχάνεται ακόμα μεγαλύτερη εξοικονόμηση ενέργειας και περιορισμός του κόστους.

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ

Π1. PVG32

Π1.1. Τύποι κυκλωμάτων

Π1.1.1 PVG 32 με PVP ανοιχτού κέντρου (αντλία σταθερής παροχής) + PVB με σύρτη PVBS αναλογικής παροχής



Σχήμα Π.1 PVG32 όψη τομής.

Όταν η αντλία μπαίνει σε λειτουργία και οι βασικοί σύρτες (11) σε καθένα από τα στοιχεία είναι στην ουδέτερη θέση, το λάδι ρέει από την αντλία, διαμέσου της σύνδεσης P, κατά μήκος του εμβόλου ρύθμισης πίεσης (6) προς τη δεξαμενή. Η παροχή λαδιού μέσω της βαλβίδας ρύθμισης πίεσης καθορίζει τη πίεση της αντλίας (stand-by πίεση).

Όταν ένας ή περισσότεροι από τους σύρτες ενεργοποιούνται, το μέγιστο φορτίο πίεσης διοχετεύεται, διαμέσου του κυκλώματος της βαλβίδας επιλογής (10), στο θόλο που βρίσκεται το ελατήριο πίσω από το έμβολο ρύθμισης πίεσης (6), και κλείνει εν μέρει ή και εντελώς τη σύνδεση προς τη γραμμή επιστροφής για να διατηρηθεί σταθερή η πίεση στο κύκλωμα.

Η πίεση της αντλίας εφαρμόζεται στη δεξιά πλευρά του εμβόλου ρύθμισης της πίεσης (6).

Η βαλβίδα ανακούφισης (1) θα ανοίξει μόλις η πίεση φορτίου υπερβεί τη προρρυθμισμένη τιμή, εκτρέποντας τη παροχή της αντλίας πίσω προς τη δεξαμενή.

Σε ένα βασικό στοιχείο PVB με ισοστάθμιση πίεσης, ο ισοσταθμιστής (14) διατηρεί σταθερή την πτώση πίεσης κατά μήκος του βασικού σύρτη, και όταν το φορτίο πίεσης σε αυτό το στοιχείο μεταβάλλεται, αλλά και όταν ένα άλλο στοιχείο με υψηλότερο φορτίο ενεργοποιείται.

Σε ένα βασικό στοιχείο PVB χωρίς ισοστάθμιση πίεσης, ενσωματώνεται μια βαλβίδα αντεπιστροφής (18) στο κανάλι P του PVB, που δεν επιτρέπει αφενός την πτώση φορτίου, αφετέρου την ανάστροφη πορεία της ροής του λαδιού προς τα πίσω.

Το βασικό στοιχείο PVB μπορεί να παρέχεται και χωρίς τη βαλβίδα αντεπιστροφής (18), σε περίπτωση λειτουργίας με βαλβίδες συγκράτησης φορτίου (overcenter valves).

Οι βαλβίδες πλήγματος PVLP (13) με σταθερή ρύθμιση και οι βαλβίδες αναρρόφησης PVLA (17) στις πύλες A και B χρησιμοποιούνται για τη προστασία κάθε λειτουργίας από την υπερφόρτωση και τη σπηλαίωση.

Μια ρυθμιζόμενη βαλβίδα (12) ελέγχου πίεσης φορτίου LS (Load Sensing) μπορεί να τοποθετηθεί στις πύλες A και B των, ισοσταθμισμένης πίεσης, στοιχείων PVB για να περιορίσει την πίεση σε κάθε μία λειτουργία ξεχωριστά.

Οι LS βαλβίδες περιορισμού πίεσης εξοικονομούν ενέργεια σε σύγκριση με τις βαλβίδες πλήγματος PVLP:

- με τις PVLP βαλβίδες, όταν η πίεση λειτουργίας υπερβεί την προρυθμισμένη στην PVLP τιμή, όλη η παροχή λαδιού θα εκτονωθεί μέσω της βαλβίδας πλήγματος προς την πύλη της επιστροφής προς τη δεξαμενή.
- με τις LS βαλβίδες μια παροχή λαδιού περίπου της τάξεως μόλις των 2 l/min θα εκτονωθεί προς τη δεξαμενή , μόλις η πίεση ξεπεράσει τη ρύθμιση της βαλβίδας LS.

**Π1.1.2. PVG 32 με PVP κλειστού κέντρου (αντλία
μεταβαλλόμενης παροχής)
+ PVB με σύρτη PVBS αναλογικής παροχής**

Στου κλειστού κέντρου έκδοση του PVP ένα στένωμα (5) και μία τάπα (7) έχουν αντικαταστήσει την τάπα (4).

Αυτό σημαίνει πως το έμβολο ρύθμισης πίεσης (6) θα ανοίξει προς τη δεξαμενή μόνο όταν η πίεση στο κανάλι P ξεπεράσει τη ρυθμισμένη τιμή της βαλβίδας ανακούφισης (1).

Στα συστήματα με αίσθηση φορτίου LS , το φορτίο πίεσης οδηγείται στο κοντρόλ μεταβολής της αντλίας μέσω της LS σύνδεσης (8).

Στην ουδέτερη θέση ο έλεγχος αίσθησης φορτίου της αντλίας ρυθμίζει την παροχή έτσι ,ώστε η διαρροή στο σύστημα να είναι ισοσταθμισμένη, διατηρώντας σταθερή τη stand by πίεση του συστήματος. Όταν ένας σύρτης του PVG ενεργοποιείται, το κοντρόλ της αίσθησης φορτίου θα προσαρμόσει την παροχή έτσι, ώστε η διαφορά πίεσης (margin) μεταξύ P και LS να διατηρείται σταθερή.

Η βαλβίδα ανακούφισης πίεσης (1) στο PVP πρέπει να ρυθμιστεί σε πίεση περίπου 30 bar παραπάνω από τη μέγιστη πίεση του συστήματος (ρύθμιση στην αντλία ή σε εξωτερική βαλβίδα ανακούφισης)

1: βαλβίδα ανακούφισης

2: βαλβίδα μειωτής πίεσης και σίτα φίλτρου

3: θέση για μανόμετρο

4: τάπα

5: στένωμα (orifice)

6: έμβολο ρύθμισης πίεσης

7: τάπα

8: LS σύνδεση (θυρίδα)

9: γραμμή LS

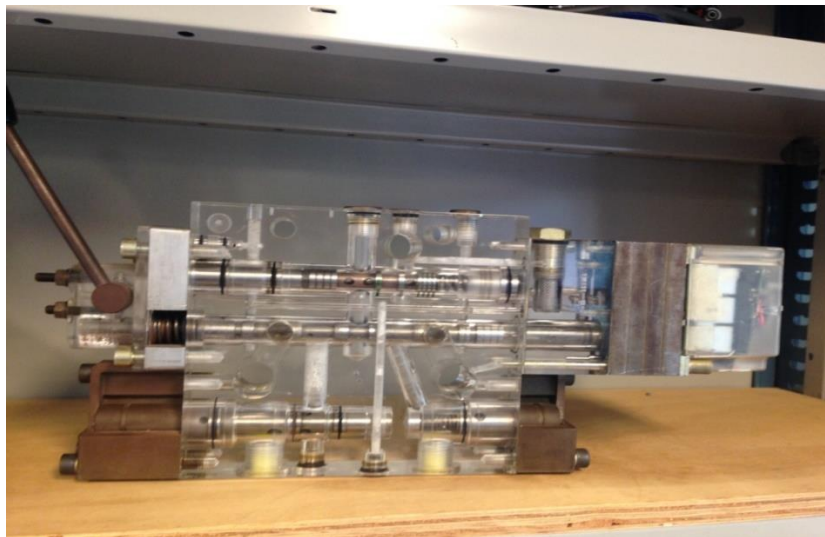
10: βαλβίδα επιλογής

11: βασικός σύρτης

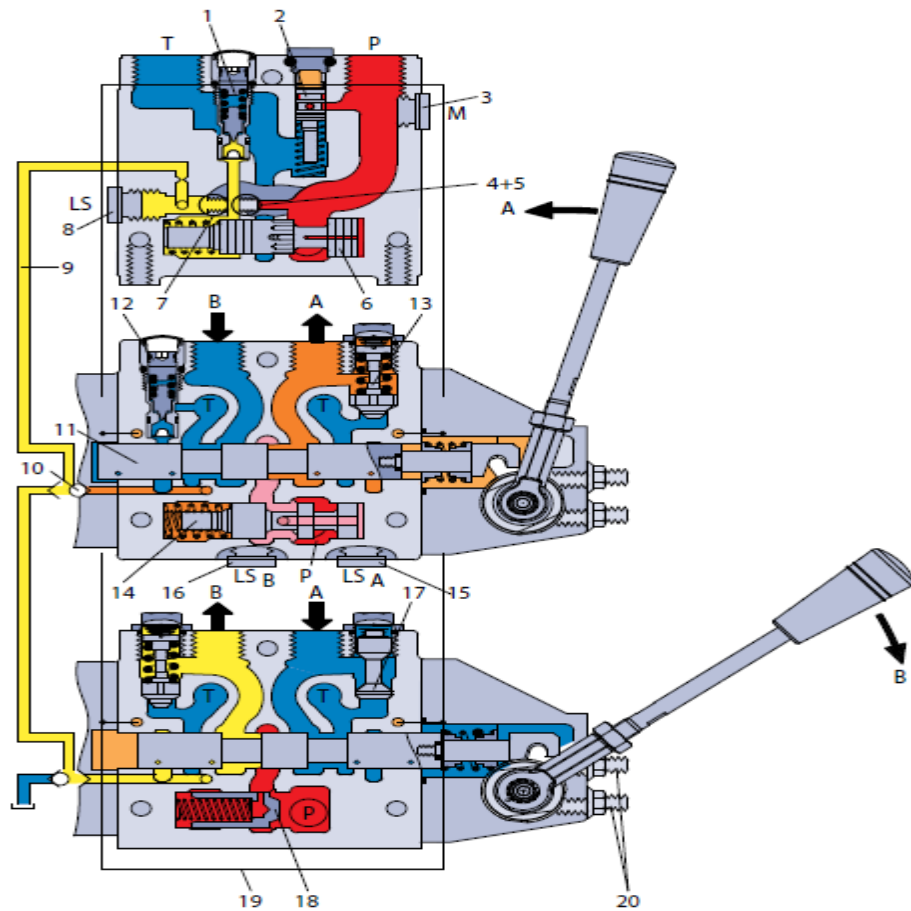
12: ρυθμιζόμενη βαλβίδα ελέγχου πίεσης φορτίου LS (Load Sensing)

-
- 13: βαλβίδα πλήγματος PVLP (shock valve)
 - 14: βαλβίδα αντιστάθμισης /ισοσταθμιστής πίεσης
 - 15: παροχή LS (A)
 - 16: παροχή LS (B)
 - 17: βαλβίδα αναρρόφησης PVLA
 - 18:βαλβίδα αντεπιστροφής
 - 19:καπάκι (PVS)
 - 20:τερματικοί ρυθμιστές της διαδρομής του σύρτη
-

Πίνακας 3.1 Εξαρτήματα PVG 32



Εικόνα Π.2 Διαφανής πρόσοψη PVG



Σχήμα Π.3 PVG32 όψη τομής

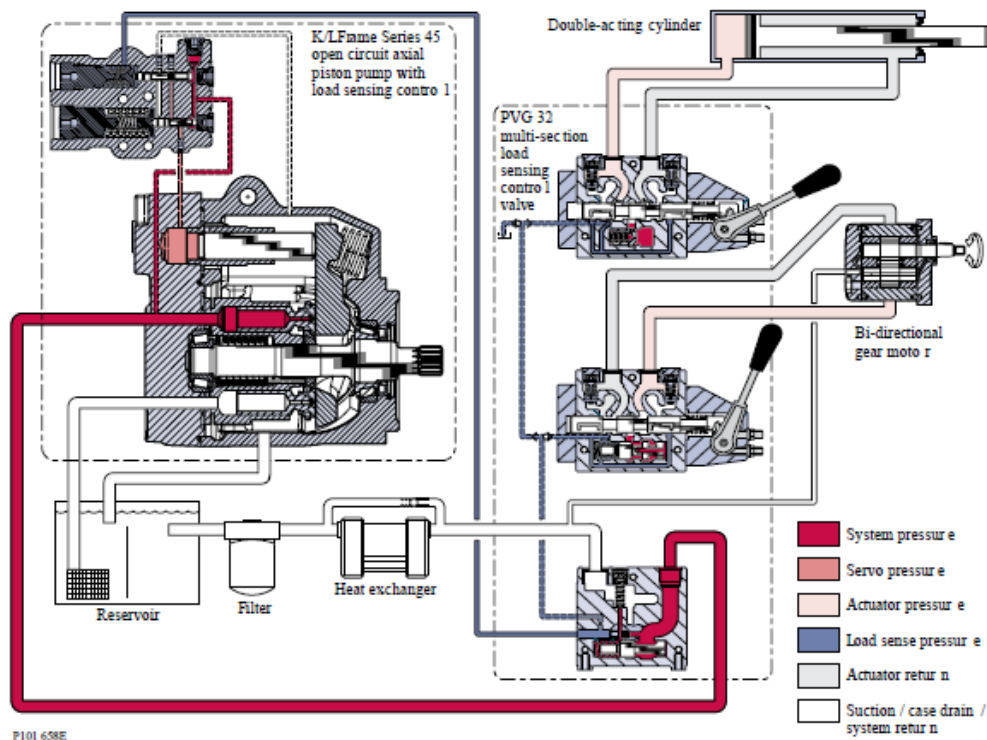
Π.1.1.3. Αίσθηση φορτίου LS για αντλίες μεταβαλλόμενης παροχής

Περιγραφή διαδικασίας:

- Η αντλία υποδέχεται το ρευστό από τη δεξαμενή μέσω της γραμμής αναρρόφησης.
- Ένα φίλτρο αναρρόφησης προστατεύει από την είσοδο στην αντλία ανεπιθύμητων σωματιδίων.
- Η γραμμή κατάθλιψης της αντλίας τροφοδοτεί τις βαλβίδες ελέγχου κατεύθυνσης, όπως είναι και το PVG32, συστήματα βαλβίδων

εφαρμοσμένων πάνω σε μπλοκ (manifold) ή και άλλους τύπους βαλβίδων ελέγχου.

- Το PVG32 κατευθύνει και ελέγχει την παροχή της αντλίας προς τους επενεργητές (κινητήρες ή κυλίνδρους) καθώς και σε άλλα συστήματα.
- Ένας εναλλάκτης θερμότητας ψύχει το ρευστό που επιστρέφει από τη βαλβίδα.
- Ένα φίλτρο επιστροφής καθαρίζει το ρευστό πριν την είσοδό του στη δεξαμενή.
- Η παροχή στο κύκλωμα καθορίζει την ταχύτητα των επενεργητών.
- Η θέση του σύρτη PVBS του PVG καθορίζει τις απαιτήσεις για παροχή.
- Ένα σήμα υδραυλικής πίεσης στέλνει την απαίτηση στο κοντρόλ της αντλίας.
- Το κοντρόλ της αντλίας παρακολουθεί τη διαφορά πίεσης μεταξύ της εξόδου της αντλίας και της πίεσης LS, και ρυθμίζει την πίεση που ελέγχει τη γωνία κλίσης της πλάκας της αντλίας.
- Η γωνία κλίσης της πλάκας καθορίζει την παροχή της αντλίας.
- Το φορτίο του επενεργητή καθορίζει τη πίεση του συστήματος.
- Το κοντρόλ της αντλίας παρακολουθεί τη πίεση του συστήματος και θα μειώσει τη γωνία κλίσης της πλάκας για να μειωθεί ανάλογα και η παροχή, μόλις η πίεση του συστήματος φθάσει στο σημείο ρύθμισης πίεσης στο κοντρόλ της αντλίας.
- Η ανακουφιστική βαλβίδα στο PVG επενεργεί σαν επιπλέον ασφάλεια για τον έλεγχο της πίεσης του συστήματος.



Σχήμα Π.4 Κύκλωμα Αίσθησης Φορτίου (LS)

Π1.2. Ασφάλεια λειτουργίας

Όλοι οι τύποι των βαλβίδων, ακόμα και οι αναλογικές βαλβίδες μπορούν να εμφανίσουν βλάβες, γι' αυτό όλη η απαραίτητη προστασία απέναντι στις όποιες σοβαρές επιπτώσεις μιας λειτουργικής βλάβης πρέπει να προβλέπεται από τη κατασκευή του συστήματος. Για κάθε εφαρμογή πρέπει να γίνεται μία εκτίμηση από τις συνέπειες που θα προκύψουν, από μια απρόσμενη πτώση πίεσης, μια παύση κίνησης ή μια ανεξέλεγκτη λειτουργία των επενεργητών.

Για να αποφασίσουμε το βαθμό της προστασίας που απαιτείται στην εγκατάσταση, υπάρχουν εργαλεία ασφάλειας συστήματος, όπως το FMEA (Failure Mode and Effect Analysis), το Hazard και το Risk Analysis που μπορούν να χρησιμοποιηθούν.

Π1.2.1. FMEA – IEC EN 61508

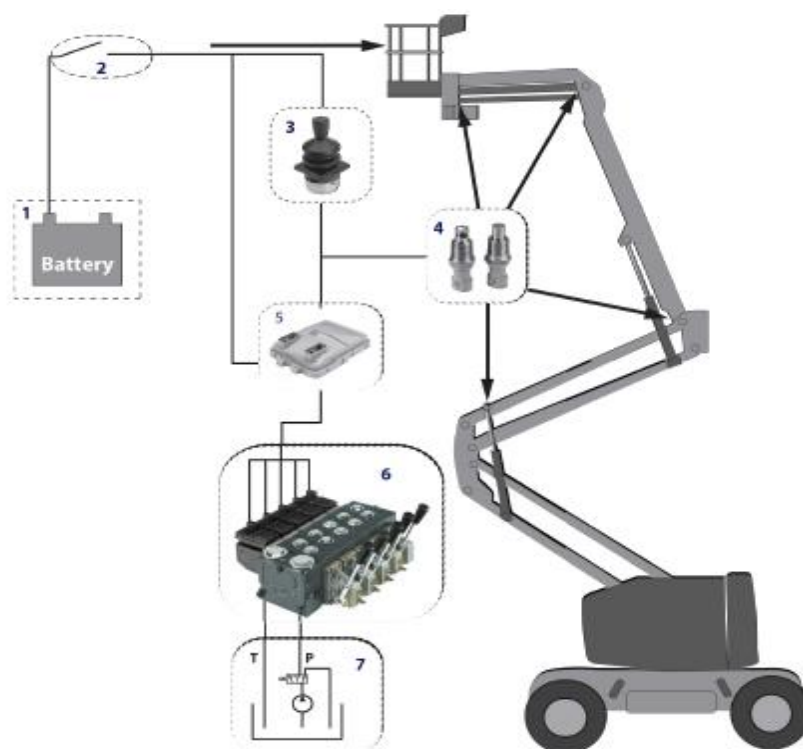
Ο κανονισμός FMEA είναι μία διαδικασία ελέγχου που απαιτείται για την ανάλυση των πιθανών τεχνικών σφαλμάτων των συστημάτων. Αυτή η αναλυτική τεχνική χρησιμοποιείται για να ορίσει, να προσδιορίσει και να περιορίσει γνωστά ή αναμενόμενα σφάλματα ενός δεδομένου συστήματος ή προϊόντος, πριν αυτό προχωρήσει σε παραγωγή (Σχετ. οδηγία IEC FMEA Standard 61508).

Π1.2.2. Hazard and Risk Analysis ISO 12100-1 / 14121

Αυτή η ανάλυση είναι μια μέθοδος που χρησιμοποιείται σε νέες εφαρμογές και επισημαίνει αν πρέπει να τηρηθούν ειδικές προϋποθέσεις ασφαλείας του συστήματος ή της μηχανής, σύμφωνα με την τεχνική οδηγία EN 13849. Ανάλογα με τα προκαθορισμένα επίπεδα συμβατότητας, η ανάλυση αυτή θα καθορίσει τις όποιες επιπλέον προσεγγίσεις ή βελτιώσεις απαιτούνται στον σχεδιασμό, την διαδικασία ανάπτυξης, παραγωγής, και εγκατάστασης και συντήρησης του προϊόντος. (Επίπεδα θορύβου, χρόνος ζωής, περιβάλλον κ.α.)

Π1.2.3. Παράδειγμα: Σύστημα ελέγχου αναβατορίου προσωπικού.

Ο συνδυασμός του PVG και των επενεργητών PVE (6) , του τηλεχειριστηρίου (3), των αισθητήρων θέσης - κίνησης (4), της κεντρικής ηλεκτρονικής κάρτας ελέγχου PLUS+1 (5) σε συνεργασία με εσωτερικά σήματα παρακολούθησης και διόρθωσης σφάλματος και σήματα από εξωτερικούς αισθητήρες, εξασφαλίζουν αφενός την επιθυμητή κίνηση του αναβατορίου, αφετέρου την ομαλή και ασφαλή λειτουργία (π.χ. συνεχής οριζόντια θέση της καμπίνας).



Σχήμα Π.5 Σύστημα ελέγχου αναβατορίου προσωπικού

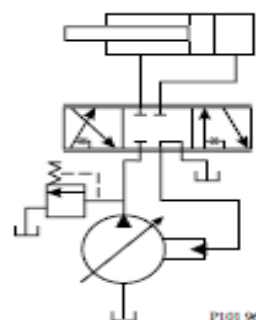
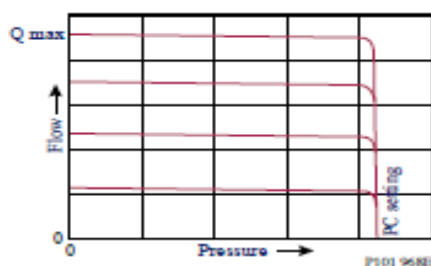
- 1 Πηγή ηλεκτρικής ενέργειας
- 2 Διακόπτης ασφαλείας
- 3 Τηλεχειριστήριο
- 4 Αισθητήρες θέσης - κίνησης
- 5 Κάρτα ελέγχου PLUS+1

- 6 Γκρουπ βαλβίδων PVG
- 7 Μονάδα Υδραυλικής Παροχής

Π1.3. Λειτουργία

Π1.3.1. Έλεγχος αίσθησης φορτίου LS (Load Sensing)

Ο έλεγχος αίσθησης φορτίου LS ικανοποιεί τις απαιτήσεις του συστήματος τόσο για την πίεση όσο και για την παροχή σε ένα κύκλωμα ανεξάρτητα από τη πίεση λειτουργίας. Σε συνδυασμό με μια βαλβίδα κλειστού κέντρου, η αντλία παραμένει σε κατάσταση χαμηλής παραμονεύουσας πίεσης SbP (low Stand-by Pressure mode) με μηδενική παροχή μέχρι να ανοίξει η βαλβίδα. Η ρύθμιση του LS καθορίζει την SbP πίεση.



Σχήμα Π.6 Ανεξαρτήτως P η Q παραμένει σταθερή Σχήμα Π.7 σχήμα LS

Τα περισσότερα συστήματα LS χρησιμοποιούν παράλληλες, κλειστού κέντρου βαλβίδες ελέγχου με ειδικές πύλες που επιτρέπουν τη μέγιστη πίεση λειτουργίας (LS signal) να ανατροφοδοτήσει το LS κοντρόλ της αντλίας.

Τη διαφορά μεταξύ της πίεσης του συστήματος και της πίεσης σήματος του LS την ονομάζουμε περιθωριακή πίεση MrP (Margin Pressure). Το LS κοντρόλ παρακολουθεί την πίεση MrP για να διαβάσει την απαίτηση του συστήματος. Μία πτώση της MrP σημαίνει ότι το σύστημα χρειάζεται περισσότερη παροχή. Μία άνοδος της MrP επιβάλλει στο LS κοντρόλ να μειώσει τη παροχή.

Π1.3.1.1. Ολοκληρωμένη λειτουργία PC (Pressure Control)

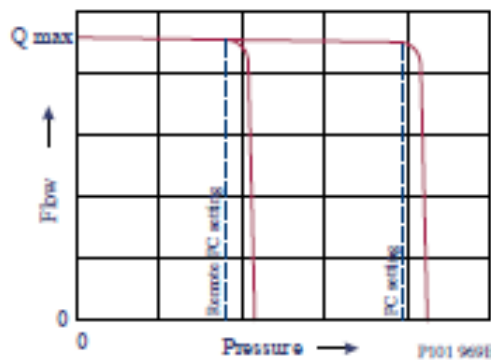
Το LS κοντρόλ της αντλίας μπορεί να λειτουργήσει και ως κοντρόλ ελέγχου πίεσης PC (Pressure Control), μειώνοντας τη παροχή της αντλίας όταν η πίεση του συστήματος φτάσει στη προρυθμισμένη τιμή πίεσης της αντλίας. Η ρύθμιση πίεσης έχει προτεραιότητα έναντι της λειτουργίας αίσθησης φορτίου. Για περαιτέρω προστασία του συστήματος, τοποθετείται επιπλέον εξωτερική βαλβίδα ανακούφισης στη γραμμή κατάθλιψης της αντλίας.

Π1.3.1.2. Χαρακτηριστικά συστήματος LS

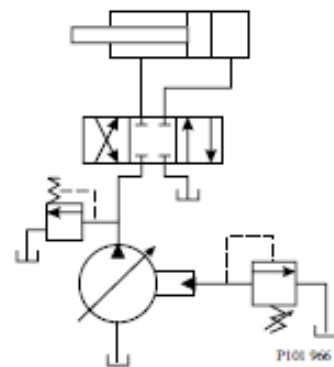
- Μεταβαλλόμενη πίεση και παροχή.
- Χαμηλή SbP πίεση όταν δεν υπάρχουν απαιτήσεις παροχής από το σύστημα.
- Ρυθμιζόμενη παροχή έτσι ώστε να ικανοποιεί τις απαιτήσεις του συστήματος.
- Μικρότερη απαίτηση ροπής κατά την εκκίνηση της μηχανής.
- Μια μόνο αντλία μπορεί να δίνει ταυτόχρονα παροχή και ρυθμιζόμενη πίεση σε πολλά κυκλώματα.
- Γρήγορη απόκριση στις απαιτήσεις παροχής και πίεσης του συστήματος.

Π1.3.2. Εξ αποστάσεως έλεγχος πίεσης PC

Ο εξ αποστάσεως έλεγχος της πίεσης της αντλίας PC είναι δύο σταδίων κοντρόλ που επιτρέπει πολλαπλές ρυθμίσεις πίεσης. Χρησιμοποιείται συνήθως σε εφαρμογές που απαιτούν και χαμηλή αλλά και υψηλή πίεση λειτουργίας.



Σχήμα Π.8 έλεγχος προρυθμισμένης πίεσης (PC setting)



Σχήμα Π.9 βαλβίδα ελέγχου πίεσης

Ο εξ αποστάσεως έλεγχος της πίεσης της αντλίας PC χρησιμοποιεί μια πιλοτική γραμμή συνδεδεμένη με μια εξωτερική υδραυλική βαλβίδα. Η εξωτερική βαλβίδα αλλάζει τη πίεση στη πιλοτική γραμμή, υποχρεώνοντας το PC κοντρόλ να λειτουργεί σε χαμηλότερη πίεση. Όταν η πιλοτική γραμμή ανακουφίζεται προς τη δεξαμενή, η αντλία διατηρεί τη πίεση της στη τιμή της ρύθμισης του LS.

Όταν η πιλοτική παροχή ενεργοποιείται, η αντλία διατηρεί τη πίεση της στη τιμή της ρύθμισης του PC. Μία βαλβίδα on-off μπορεί να χρησιμοποιηθεί στη πιλοτική γραμμή για να διατηρήσει μια κατάσταση χαμηλής SbP πίεσης. Μια αναλογική ηλεκτροβαλβίδα πίεσης, σε συνδυασμό με ένα μικροεπεξεργαστή (κάρτα οδήγησης), μπορεί να παράγει ένα άπειρο εύρος τιμών πίεσης λειτουργίας μεταξύ της ρυθμισμένης χαμηλής SbP πίεσης και της ρύθμισης του κοντρόλ PC.

Π1.3.2.1. Χαρακτηριστικά τηλεχειρισμού πίεσης συστήματος(PC)

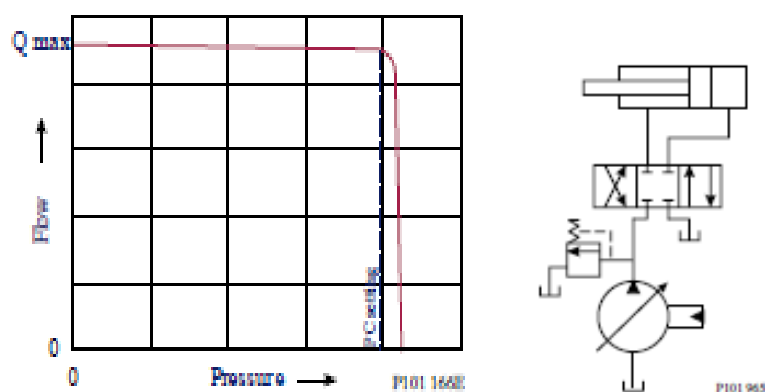
- Σταθερή πίεση και μεταβαλλόμενη παροχή.
- Χαμηλή S_bP πίεση όταν δεν υπάρχουν απαιτήσεις παροχής από το σύστημα.
- Ρυθμιζόμενη παροχή έτσι ώστε να ικανοποιεί τις απαιτήσεις του συστήματος.
- Μία μόνο αντλία μπορεί να δίνει παροχή σε πολλαπλές δράσεις.
- Γρήγορη απόκριση στις απαιτήσεις παροχής και πίεσης του συστήματος.

Π1.3.2.2. Τυπικές εφαρμογές για συστήματα PC με εξ αποστάσεως ρύθμιση της πίεσης

- Υδραυλικοί ανεμιστήρες ψυγείων .
- Ανεξάρτητη κίνηση με ανάδραση στροφών κινητήρα.
- Βοήθεια πρώτου τροχού.
- Οδοστρωτήρες.
- Θεριζοαλωνιστικές μηχανές.
- Υλοτομικά μηχανήματα.

Π1.3.3. Συνεργασία PC αντλίας με PVG32

Το PC control διατηρεί τη πίεση του συστήματος σταθερή μεταβάλλοντας την παροχή στην έξοδο της αντλίας. Σε συνδυασμό με βαλβίδες κλειστού κέντρου σε θέση ηρεμίας, η αντλία παραμένει σε κατάσταση υψηλής S_bP πίεσης στη τιμή ρύθμισης του PC, με μηδενική παροχή. Όταν η βαλβίδα κλειστού κέντρου ενεργοποιηθεί, η P_p πίεση (Pilot pressure) στο PC υποχωρεί, ανοίγει η παροχή της αντλίας και ενεργοποιείται η αντίστοιχη δράση λειτουργίας.



Σχήμα Π.10 Q-P σε αντλία PC

Όταν η βαλβίδα κλειστού κέντρου ανοίξει, το PC control αντιλαμβάνεται την άμεση πτώση πίεσης του συστήματος και αυξάνει την παροχή της αντλίας μεταβάλλοντας τη γωνία κλίσης της πλάκας της αντλίας. Η αντλία συνεχίζει να αυξάνει τη παροχή μέχρι το σύστημα να πιάσει την τιμή ρύθμισης της πίεσης στο PC. Αν το σύστημα ξεπεράσει τη τιμή ρύθμισης στο PC, το PC control μειώνει τη γωνία κλίσης της πλάκας της αντλίας, για να διατηρήσει τη πίεση του συστήματος σταθερή μειώνοντας τη παροχή. Το PC control συνεχίζει να παρακολουθεί τη πίεση του συστήματος και αλλάζει τη γωνία κλίσης της πλάκας ανάλογα με τις

απαιτήσεις σε παροχή της δράσης λειτουργίας. Αν η απαίτηση για παροχή ξεπερνάει την ικανότητα της αντλίας, το PC control κατευθύνει την αντλία στην απόδοση της μέγιστης δυνατής παροχής. Σε αυτή την περίπτωση, η ενεργή πίεση του συστήματος εξαρτάται από το φορτίο του επενεργητή.

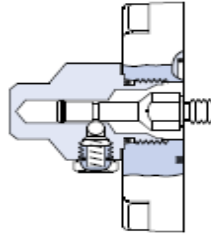
Π1.3.3.1. Χαρακτηριστικά συστήματος ισοστάθμισης πίεσης (Pressure compensated system)

- Σταθερή πίεση και μεταβαλλόμενη παροχή.
- Υψηλή SbP πίεση όταν δεν υπάρχουν απαιτήσεις παροχής.
- Ρυθμιζόμενη παροχή ανάλογα με τις απαιτήσεις του συστήματος.
- Μία μόνο αντλία μπορεί να δίνει παροχή σε πολλαπλές δράσεις.
- Γρήγορη απόκριση στις απαιτήσεις παροχής και πίεσης του συστήματος.

Π1.3.3.2. Τυπικές εφαρμογές συστήματος ισοστάθμισης πίεσης

- Κύλινδροι σταθερής δύναμης (συμπιεστές, απορριμματοφόρα).
- Ανεμιστήρες.
- Γεωτρύπανα.
- Σκούπες.
- Εκσκαφείς.

Π1.3.4. PVMR – στοιχείο με μηχανική συγκράτηση (PVM Rigid)



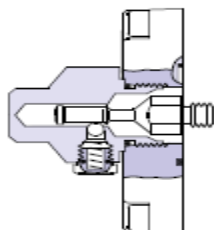
Σχήμα Π.11 PVMR

Επιτρέπει στο σύρτη κατεύθυνσης να συγκρατείται σε οποιαδήποτε επιθυμητή θέση, με αποτέλεσμα να επιτυγχάνεται απεριόριστα μεταβαλλόμενη, αναστρέψιμη και ισοσταθμισμένης πίεσης ,παροχή.

Αυτό μπορεί να διατηρείται επ' αόριστον χωρίς να χρειάζεται να συνεχίζουμε να κρατάμε το μηχανικό χειριστήριο (λεβιέ).

Η θέση του σύρτη μπορεί να επηρεαστεί από δυνάμεις που προκαλούνται λόγω μεγάλης διαφοράς παροχής, καθώς και από δονήσεις που μπορεί να προκληθούν στο σύστημα ως αποτέλεσμα της μείωσης της παροχής στη φάση λειτουργίας.

Π1.3.5. PVMF – στοιχείο με εκούσιο κλείδωμα μηχανικού κραδασμού (PVM Float)



Σχήμα Π.12 PVMF

Επιτρέπει στον σύρτη εκούσιου μηχανικού κραδασμού να κρατηθεί στη θέση float ύστερα από την ελευθέρωση του μηχανικού χειριστηρίου (λεβιέ).

Π1.3.6. PVBS – σύρτης στοιχείου βάσης (PVB Spool)

Π1.3.6.1. Για έλεγχο παροχής FC (Flow Control)

Όταν χρησιμοποιούνται οι standard σύρτες ελέγχου παροχής FC, η πίεση της αντλίας καθορίζεται από το υψηλότερο φορτίο πίεσης. Αυτό συμβαίνει είτε μέσω του εμβόλου ρύθμισης πίεσης στα ανοιχτού τύπου PVP (αντλίες σταθερής παροχής) είτε μέσω του έλεγχου της αντλίας (αντλίες μεταβλητής παροχής).

Με αυτό τον τρόπο η πίεση της αντλίας πάντα θα αλληλεπιδρά με το φορτίο πίεσης συν την stand-by πίεση της βαλβίδας ασφαλείας του PVG ή του PC κοντρόλ της αντλίας. Έτσι πετυχαίνεται η βέλτιστη και σταθερή ρύθμιση της παροχής.

Π1.3.6.2. Για έλεγχο παροχής με γραμμικά χαρακτηριστικά

Οι εν λόγω σύρτες έχουν μικρότερη ουδέτερη ζώνη, πάνω από την οποία υφίσταται μια γραμμική αναλογία μεταξύ του σήματος έλεγχου και της παροχής. PVBS με γραμμικά χαρακτηριστικά δε πρέπει ποτέ να χρησιμοποιούνται μαζί με PVEM ηλεκτρικούς επενεργητές.

Η αλληλεπίδραση μεταξύ της μικρής ουδέτερης ζώνης του σύρτη και της υστέρησης του επενεργητή PVEM κατά 20%, αυξάνει το ρίσκο δημιουργίας LS πίεσης στην ουδέτερη ζώνη.

Σε μερικά συστήματα η πίεση αίσθησης φορτίου της αντλίας μπορεί να έχει ως αποτέλεσμα την ασταθή ρύθμιση της παροχής λαδιού και συνεπώς μερική απορύθμιση της ομαλής λειτουργίας του συστήματος.

Αυτό μπορεί να είναι το πρόβλημα σε λειτουργίες που έχουν μεγάλη ροπή αδράνειας ή σε βαλβίδες συγκράτησης φορτίου. Σε τέτοια συστήματα πλεονεκτεί η χρήση σύρτη για έλεγχο πίεσης.

Π1.3.6.3. Για έλεγχο πίεσης PC (Pressure Control)

Ο σύρτης είναι σχεδιασμένος με τέτοιο τρόπο ώστε η πίεση της αντλίας να ελέγχεται από τη διαδρομή του σύρτη. Ο σύρτης πρέπει να μετακινείται μέχρι η πίεση της αντλίας να ξεπεράσει μόλις τη πίεση φορτίου, ακριβώς πριν τη φάση λειτουργίας. Αν ο σύρτης κρατηθεί σε αυτή τη θέση, η πίεση της αντλίας θα παραμείνει σταθερή ακόμα και αν η πίεση φορτίου αλλάξει, προσφέροντας σταθερότητα στο σύστημα.

Η χρήση σύρτη για έλεγχο πίεσης **PC** επιπλέον σημαίνει ότι:

- Η παροχή λαδιού εξαρτάται από το φορτίο.

- Η πίεση της αντλίας μπορεί να είναι υψηλότερη από το σύνηθες φορτίο.
- Η πτώση πίεσης καταμήκος του κυρίως σύρτη ποικίλει (κατανάλωση ενέργειας).

Λόγω αυτών των παραγόντων προτείνεται η χρήση σύρτη PC μόνο όταν είναι βέβαιο ότι θα προκύψουν προβλήματα σταθερότητας και σε εφαρμογές όπου απαιτείται σταθερή πίεση.

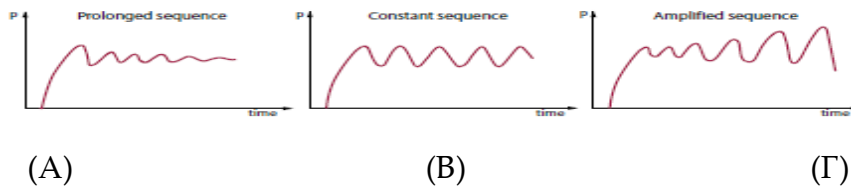
Αστάθεια σε συστήματα ελέγχου φορτίου σε ορισμένες εφαρμογές με ταλαντώσεις της τάξεως $0,5 - 2 \text{ Hz}$ μπορεί να προκαλέσει σοβαρά προβλήματα αστάθειας κατά τον έλεγχο των κινήσεων σε μία εγκατάσταση.

Κρίσιμες εφαρμογές συνήθως σχετίζονται με κινήσεις με σημαντική ροπή αδράνειας και κινήσεις με δευτερεύοντα εξοπλισμό προορρυθμισμένης πίεσης, όπως για παράδειγμα βαλβίδες συγκράτησης φορτίου.

Παραδείγματα :

- περιστροφική κίνηση μπούμας.
- κυρίως λειτουργία γερανού, ανύψωση – βύθιση φορτίου.

Το πρόβλημα συνήθως εμφανίζεται σε παρατεταμένα φαινόμενα ταλάντωσης (εικ.Π13Α), σε σχετικά σταθερή αλληλουχία ταλαντώσεων (εικ.Π.13Β) ή στη χειρότερη των περιπτώσεων σε μία ενισχυμένη αλληλουχία ταλαντώσεων (εικ.Π13Γ).

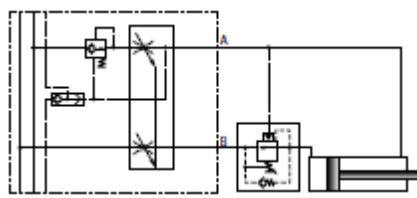


Εικόνα Π.13 Φαινόμενα Ταλάντωσης

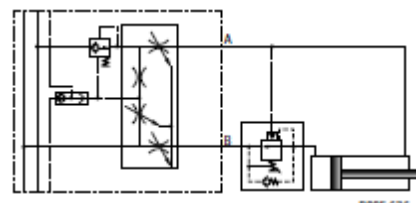
Για τον έλεγχο των φαινομένων ταλάντωσης αναπτύχθηκε ο σύρτης ελέγχου πίεσης (pressure control spool) που είναι ένα πρωτοποριακό σύστημα το οποίο μπορεί να ελαχιστοποιήσει τα περισσότερα από τα προβλήματα που δημιουργούνται εξ αιτίας της ταλάντωσης.

Π1.3.6.3.1. Αρχή Λειτουργίας

Η ιδέα ήταν να δημιουργηθεί ένα σύστημα, το οποίο θα λειτουργεί ανεξάρτητα από ένα σταθερά μεταβαλλόμενο φορτίο πίεσης. Γι' αυτόν τον λόγο εξελίχτηκε η ευρέως γνωστή αρχή λειτουργίας του συστήματος ελέγχου φορτίου LS (εικ.Π.14), έτσι ώστε η ισοσταθμισμένη πίεση της αντλίας να είναι μέρος του LS συστήματος (εικ.Π.15) μετά τον ισοσταθμιστή πίεσης και πριν την διαδικασία σταδιακής μεταβολής της παροχής στον κυρίως σύρτη. Κατά την ενεργοποίηση του σύρτη η ροή θα οδηγηθεί μέσα από δύο στενωπούς, μιας σταθερής και μιας μεταβαλλόμενης διατομής.



Εικόνα Π.14



Εικόνα Π.15

Το άνοιγμα της μεταβαλλόμενης στενωπού ευρίσκεται στο μέγιστο εύρος της στο αρχικό στάδιο της ενεργοποίησης του σύρτη και μηδενίζεται στη πλήρη διαδρομή του σύρτη. Στη συνέχεια η πίεση που δημιουργείται μεταξύ των δύο στενωπών οδηγείται στο σύστημα LS με το συνήθη τρόπο. Με αυτό το τρόπο η πίεση της αντλίας διαμορφώνεται ανάλογα με τη διαδρομή του σύρτη, έτσι ο σύρτης στη συνέχεια θα πρέπει να μετακινηθεί σε μία θέση όπου η πίεση της αντλίας να είναι υψηλότερη από το ενεργό φορτίο πίεσης, για να κάνει το λάδι να περάσει από το P στο A ή στο B αντίστοιχα. Όταν το φορτίο αλλάξει για μια προορισμένη θέση του σύρτη, θα αλλάξει ανάλογα και η παροχή προς την αντίστοιχη κίνηση. Η βαλβίδα είναι τώρα μια εξαρτώμενη από το φορτίο βαλβίδα, αλλά εξασφαλίζει μια σταθερή πίεση της αντλίας, γεγονός το οποίο είναι και το σημαντικότερο για τη διασφάλιση σταθερής λειτουργίας.

Π1.3.6.3.2. Εφαρμογές

Σύρτες PC πρέπει να χρησιμοποιούνται, όπως προαναφέρθηκε μόνο όταν υπάρχουν προβλήματα σταθερότητας.

Τυπικές εφαρμογές σε ένα γερανό:

- Κίνηση ανύψωσης - κατάβασης του φορτίου
- Περιστροφική κίνηση μέσω υδραυλικών κυλίνδρων
- Για την κύρια κίνηση ανύψωσης - κατάβασης του φορτίου σε ένα γερανό συνιστάται να χρησιμοποιηθεί ένας μικτός σύρτης. Αυτό σημαίνει ότι ο σύρτης είναι σχεδιασμένος με κανονικό έλεγχο παροχής FC στη θέση ανύψωσης και με έλεγχο πίεσης PC στη θέση κατάβασης, όπου συγχρόνως επενεργεί η πιλοτική εντολή στη βαλβίδα συγκράτησης. Με το τρόπο αυτό θα παραμείνει η ανυψωτική κίνηση ανεξάρτητη φορτίου

κατά την άνοδο και θα επιτευχθεί μια σταθερή αλλά εξαρτημένη φορτίου καθοδική κίνηση.

- Καθώς η πίεση φορτίου στις περιστροφικές κινήσεις είναι συνήθως σταθερή, ανεξάρτητα αν ο γερανός είναι φορτωμένος ή όχι, είναι προφανές το πλεονέκτημα για τη χρήση ενός πλήρους PC σύρτη για αμφότερες τις πύλες A και B.

Και στις δύο περιπτώσεις συνιστάται η χρήση βαλβίδας βάσης (PVB) με ισοσταθμιστή πίεσης. Η ισοστάθμιση της πίεσης θα διασφαλίσει ανεξαρτησία φορτίου ξεχωριστά σε κάθε μία των βαλβίδων βάσης.

Συνιστάται επιπλέον να χρησιμοποιούνται οι LS βαλβίδες ανακούφισης όχι μόνο επειδή θα διασφαλίσουν ξεχωριστό περιορισμό της πίεσης αλλά και γιατί θα κάνουν δυνατή τη ρύθμιση της μέγιστης παροχής στη κίνηση.

Δεν συνιστάται η χρήση βαλβίδων πλήγματος σαν βαλβίδες περιορισμού πίεσης όταν απαιτείται η χρήση σύρτη PC.

Π1.3.6.3.3. Υπολογισμός μεγέθους σύρτη

Το μέγεθος του μικτού σύρτη (π.χ. : $P \rightarrow A =$ έλεγχος παροχής FC, $P \rightarrow B$ έλεγχος πίεσης PC) καθορίζεται με βάση τη μέγιστη απαίτηση παροχής στη πύλη ανύψωσης. Αν για παράδειγμα η μέγιστη παροχή ρυθμισμένης πίεσης είναι 65 l/min , επιλέγεται ένας σύρτης μεγέθους 65 l/min (size D). Τα χαρακτηριστικά εύρους παροχής έχουν έτσι ένα συγκεκριμένο μέγεθος.

Για να περιοριστεί η δύναμη ώσης που εφαρμόζεται από την μπούμα του γερανού κατά τη καθοδική κίνηση, συχνά απαιτείται η χρήση και του συστήματος LS για τον περιορισμό της πίεσης. Από τις σχετικές χαρακτηριστικές φαίνεται ποια είναι η συνέπεια που έχει μια μείωση της πίεσης PLS, στο μέγιστο της παροχής στη πύλη καθόδου.

Το μέγεθος ενός πλήρους PC σύρτη καθορίζεται με βάση το γνωστό φορτίο πίεσης, τη μέγιστη τιμή PLS και την απαιτούμενη μέγιστη παροχή.

Από τις σχετικές χαρακτηριστικές φαίνεται ότι αν το φορτίο PLS είναι χαμηλό και η πίεση της αντλίας P είναι υψηλή, ως αποτέλεσμα της μέγιστης μετακίνησης του σύρτη θα πάρουμε μεγάλη παροχή.

Αν η PLS πλησιάζει τη PLS max, η παροχή θα μειωθεί και η νεκρή ζώνη (dead band) θα αυξηθεί. Η μέγιστη παροχή μπορεί να μειωθεί περίπου κατά 50% χωρίς να μειωθεί η μέγιστη πίεση.

Η μείωση επιτυγχάνεται περιορίζοντας τη διαδρομή του σύρτη από τα 7 mm στα 5.5 mm.

Π1.3.6.3.4. Περιορισμοί

Εάν ένας σύρτης PC επιλεγθεί για λόγους ευστάθειας πρέπει να δοθεί προσοχή στα χαρακτηριστικά που σχετίζονται με την αρχή λειτουργίας του ελέγχου πίεσης.

Η νεκρή ζώνη θα αλλάξει ανάλογα με τις συνθήκες φόρτισης, η βαλβίδα θα γίνει εξαρτημένου φορτίου και η πίεση της αντλίας μπορεί να υπερβεί τη πίεση φορτίου.

Συνεπώς ένας σύρτης PC θα ελαχιστοποιήσει τη ταλάντωση και θα προσφέρει μια σταθερή λειτουργία που θα μπορεί να ελέγχεται απαλά και με ακρίβεια.

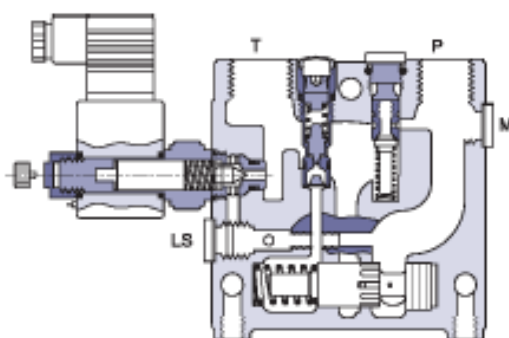
Π1.3.7. PVPX – ηλεκτρική βαλβίδα αποφόρτισης LS

Το PVPX είναι μία ηλεκτροβαλβίδα On –Off, ενσωματωμένη στο PVP και επιτρέπει ή αποτρέπει τη σύνδεση μεταξύ του LS και της γραμμής επιστροφής.

Έτσι το υδραυλικό σήμα του LS, μπορεί να απελευθερωθεί στη δεξαμενή μέσω ενός ηλεκτρικού σήματος.

Για ένα PVP ανοιχτού κέντρου η δίοδος στη δεξαμενή του LS σήματος σημαίνει πως η πίεση στο σύστημα περιορίζεται στο άθροισμα της πίεσης της γραμμής επιστροφής (tank port) συν την πίεση παροχής για το PVP στη θέση ηρεμίας.

Για ένα PVP κλειστού κέντρου η ανακούφιση στη δεξαμενή του LS σήματος σημαίνει πως η πίεση μειώνεται στο άθροισμα της πίεσης της γραμμής επιστροφής στο PVP συν την SbP πίεση της αντλίας.



Εικόνα Π.16 Βαλβίδα PVPX

Π1.4. Ηλεκτρική ενεργοποίηση

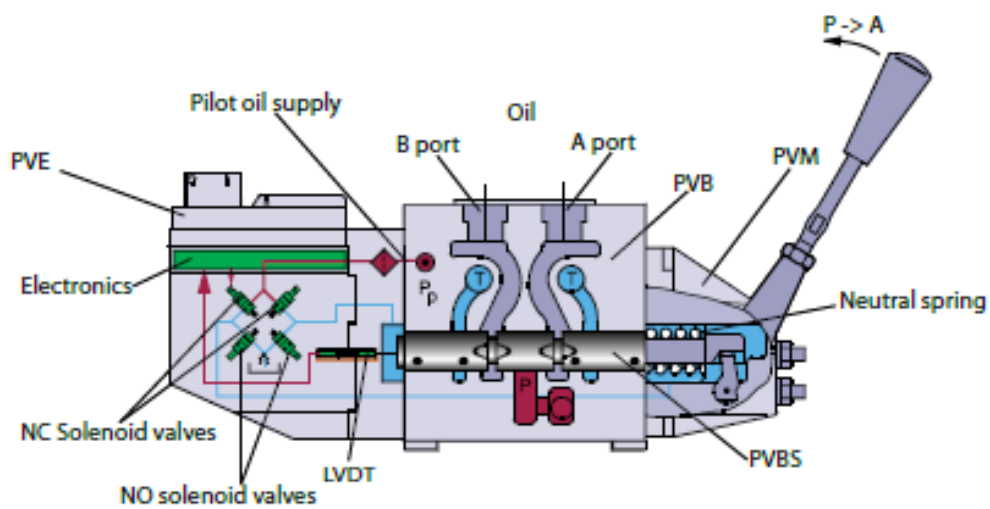
Π1.4.1. Ηλεκτρικός έλεγχος του PVG

Η ενεργοποίηση της βαλβίδας μπορεί να ελέγχεται απευθείας μέσω τηλεχειριστηρίου, από ηλεκτρονική κάρτα προγραμματισμού ή και από ένα μεγάλο εύρος ελεγκτών και αισθητήρων. Ο επενεργητής ελέγχει τον σύρτη δημιουργώντας πιλοτική πίεση στο τέλος του σύρτη. Για το PVE η πιλοτική

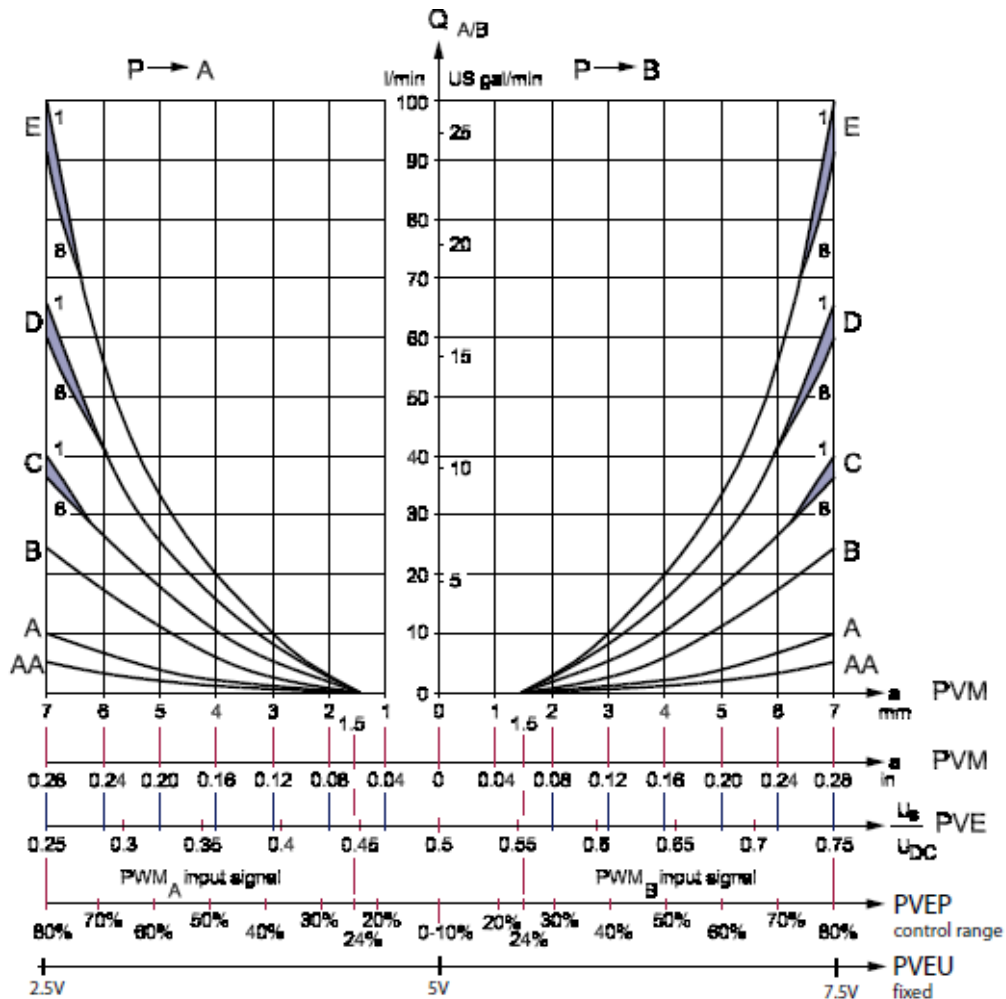
πίεση που χρησιμοποιείται είναι μεταξύ 10 και 15 bar. Για το PVHC χρησιμοποιείται πιλοτική πίεση λαδιού μεταξύ 20 – 25 bar.



Εικόνα Π.17 PVG με PVE



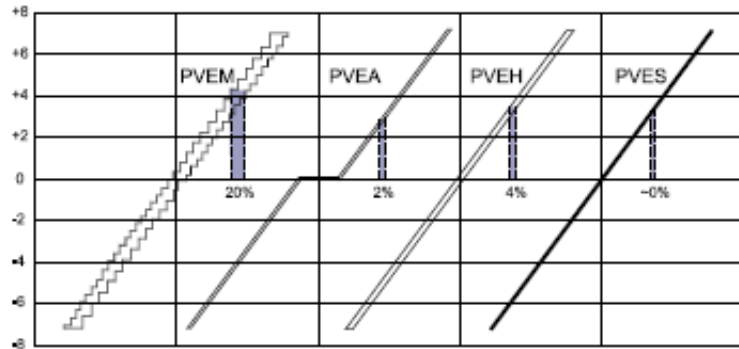
Εικόνα Π.18 Τομή πλήρους βαλβίδας στα στοιχεία PVE, PVB, PVPS, PVM.



Εικόνα Π.19 Χαρακτηριστικές διάφορων PVE σε σχέση με το σήμα

Π1.4.2. Έλεγχος κλειστού βρόχου

Τα διάφορα είδη PVE όπως είναι τα PVEA/H/M/S/U/P και το PVED-CC/-CX έχουν ένα κλειστού κυκλώματος έλεγχο υποστηριζόμενο από ένα αισθητήρα θέσης στο σύρτη που διασφαλίζει ακεραιότητα απέναντι στην αντίσταση της ροής και του ιξώδους του λαδιού.



Εικόνα Π.20 Διάγραμμα θέσης σύρτη -παροχής για τα διάφορα PVE.

Υστέρηση για τα είδη PVE

Η υστέρηση ορίζεται ως ο λόγος του ηλεκτρικού σήματος προς τη διαδρομή του σύρτη, και αναφέρεται στη τρέχουσα τάση και συχνότητα $f = 0,02 \text{ Hz}$ για ένα κύκλο

(ένας κύκλος = ουδέτερη θέση \rightarrow πλήρες A \rightarrow πλήρες B \rightarrow ουδέτερη θέση)

Τα στάνταρ PVE's είναι αναλογικά ενεργοποιούμενα πηνία εκτός από το PVEO που είναι ON/OFF. Τα PVEs έχουν σύστημα παρακολούθησης σφάλματος .

- PVEU είναι διαθέσιμο με PVEH και PVES υστέρηση
- PVEP, PVED-CC και PVED-CX είναι διαθέσιμα με PVES υστέρηση

Π1.4.3. PVEO

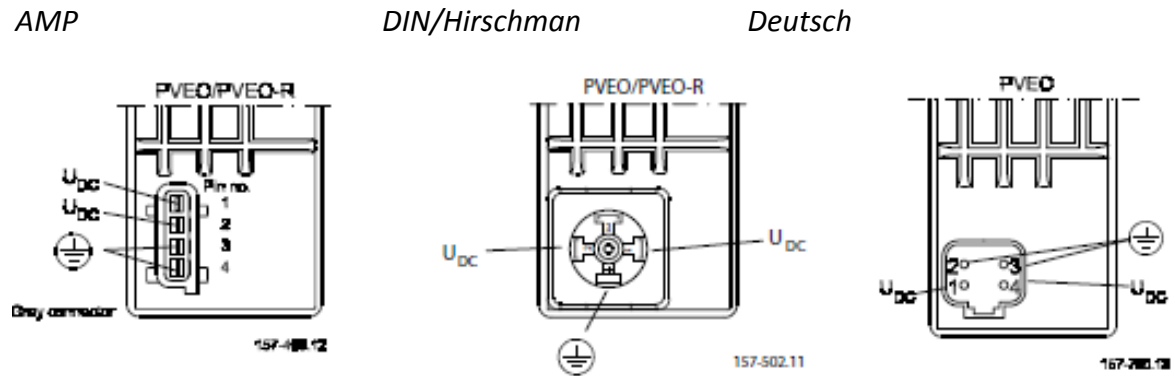
Το PVEO είναι ένα on/off πηνίο.

Το PVEO δεν έχει σύστημα παρακολούθησης σφαλμάτων.

Χαρακτηριστικά:

- PVEO-R με ράμπα καθυστέρησης
- PVEO-DI με ανατροφοδότηση κατεύθυνσης

- Ανοδιωμένο μπλοκ αλουμινίου
- ATEX πιστοποίηση
- Πηγή ηλεκτρικής παροχής: 12 V , 24 V
- Συνδεσμολογία (AMP,DIN/Hirschman ,Deutsch)



Εικόνα Π.21 PVEO διάφορης συνδεσμολογίας

Π1.4.4. PVEM

Το PVEM είναι ένα αναλογικό πηνίο.

Το PVEM δεν έχει σύστημα παρακολούθησης σφαλμάτων.

Χαρακτηριστικά:

- PVEM-R με ράμπα καθυστέρησης
- PVEM-F με εκούσιο μηχανικό κραδασμό στη θέση B, max παροχή στα 4.8mm
- Ανοδιωμένο μπλοκ αλουμινίου
- ATEX πιστοποίηση
- Πηγή ηλεκτρικής παροχής: 12 V , 24 V
- Συνδεσμολογία (AMP , DIN/Hirschman , Deutsch)

Π1.4.5. PVEA, PVEH, PVES, PVEU

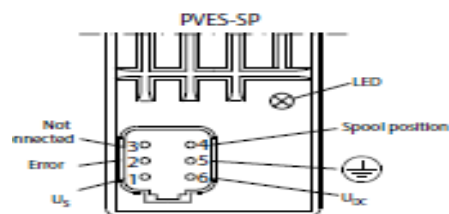
Χαρακτηριστικά:

- -F με εκούσιο μηχανικό κραδασμό στη θέση B, max παροχή στα 4.8mm
- -F με εκούσιο μηχανικό κραδασμό στη θέση A, max παροχή στα 5.5mm
- PVES-SP με ανάδραση θέσης σύρτη
- Έλεγχος με ξεχωριστά σήματα ελέγχου PWM από την A προς τη B κατεύθυνση
- Υστέρηση
- Ανοδιωμένο μπλοκ αλουμινίου
- ATEX πιστοποίηση
- Πηγή ηλεκτρικής παροχής: 11 – 32 V
- Συνδεσμολογία (AMP, DIN/Hirschman, Deutsch)

Π1.4.6. PVEP

Χαρακτηριστικά:

- Έλεγχος με ξεχωριστά σήματα ελέγχου PWM από την A προς τη B κατεύθυνση
- Υστέρηση
- Σύστημα παρακολούθησης σφάλματος
- Πηγή ηλεκτρικής παροχής: 11 – 32 V
- Συνδεσμολογία: Deutsch

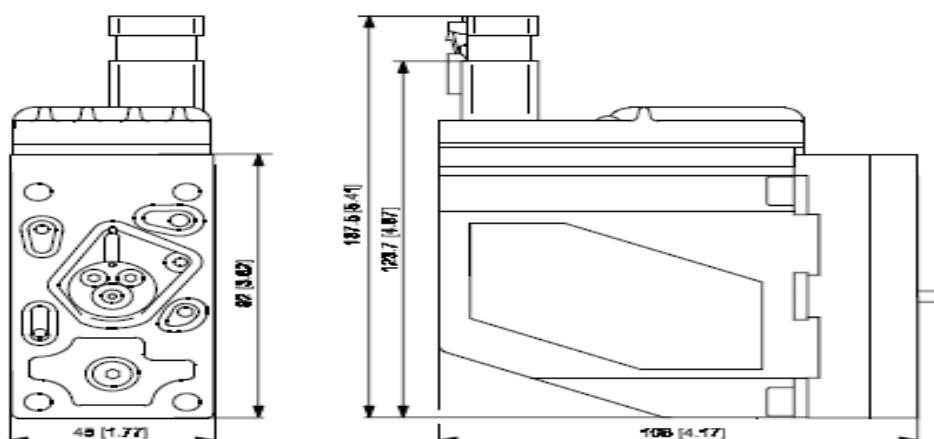


Εικόνα Π.22 PVES-SP

Π1.4.7. PVED-CC και PVED-CX

Τα από CAN ελεγχόμενα PVE με ενσωματωμένους μικροελεγκτές υποστηρίζουν την ίδια υψηλή ικανότητα ελέγχου του σύρτη όπως το PVES

- Ανάδραση υψηλής ποιότητας
- Παρακολούθηση ασφάλειας λειτουργίας
- Λεπτομερή διαγνωστικά
- Ψηφιακή δυνατότητα επικοινωνίας, που επιτρέπει ένα μεγάλο εύρος ανάδρασης
- Σημείο ρύθμισης
- Προσαρμογείς υψηλής πιστότητας
- Σειριακή δυνατότητα επικοινωνίας του CAN bus κάνει τη καλωδίωση πολύ ευκολότερη. Μόνο ένα καλώδιο για κάθε PVG.
- Πηγή ηλεκτρικής παροχής: 11 – 32 V
- Συνδεσμολογία: Deutsch (PVED-CC) , AMP (PVED-CC and PVED-CX)



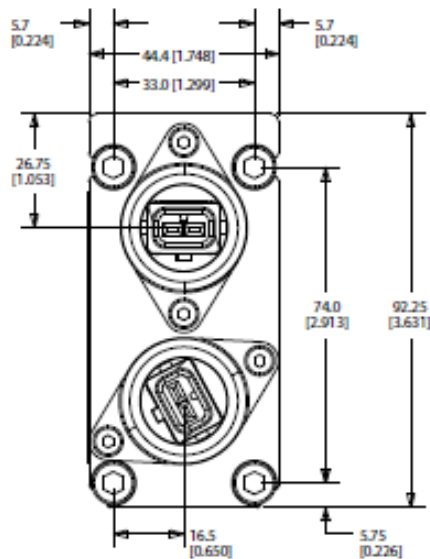
Εικόνα Π.23 PVE με Deutsch σύνδεση και θηλυκό βίσμα

Π1.4.8. PVHC

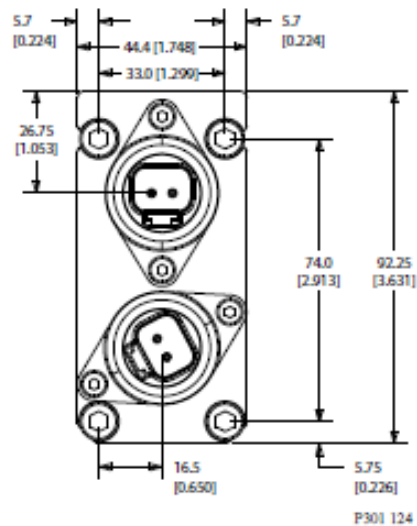
Για τα PVG που ελέγχονται από PVHC, η υστέρηση επηρεάζεται από το λεβιέ (PVM). Ο PVHC έλεγχος πραγματοποιείται μέσω ενός διπλού σήματος ελέγχου, διαμορφωμένου εύρους παλμών **PWM** (**P**ulse **W**idth **M**odulated) παροχής υψηλού ρεύματος 100 – 400 Hz. Το PVHC δεν έχει ούτε σύστημα παρακολούθησης σφαλμάτων ούτε εσωτερικό έλεγχο κλειστού βρόχου του σύρτη .

Πηγή ηλεκτρικής παροχής: • 12 V • 24 V

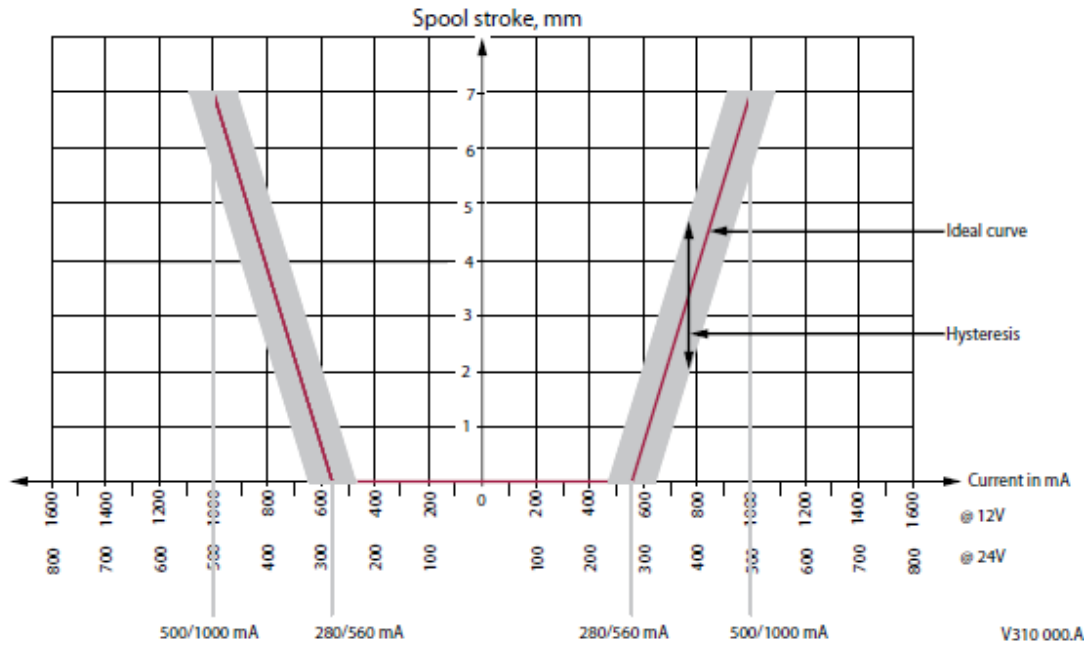
Συνδεσμολογία: • Deutsch • AMP



Εικόνα Π.24 PVHC με σύνδεση AMP



Εικόνα Π.25 PVHC με σύνδεση Deutsch



Εικόνα Π.26 PVHC χαρακτηριστική καμπύλη: Διαδρομή σύρτη – ένταση ρεύματος

Αντίδραση και υστέρηση ρεύματος PVHC σε πιλοτική πίεση $P_p = 25 \text{ bar}$, 21 ctS , $25 \text{ }^\circ\text{C}$.

Η ιδανική καμπύλη καθορίζεται από το ελατήριο ουδέτερης θέσης του κυρίως σύρτη.

Το PVHC έχει υψηλή υστέρηση.

Η υστέρηση επηρεάζεται από το ιξώδες, τη τριβή, τις δυνάμεις της ροής, και τις συχνότητες πρόσμειξης και διαφοροποίησης. Η θέση του σύρτη θα μεταβληθεί όταν οι συνθήκες αλλάξουν πχ σε αλλαγή θερμοκρασίας .

Π1.5. Συνθήκες λειτουργίας

Π1.5.1. Λάδι

Το κύριο έργο του λαδιού σε ένα υδραυλικό σύστημα είναι να μεταφέρει ενέργεια. Πρέπει ακόμα να λιπαίνει τα κινούμενα μέρη στα υδραυλικά εξαρτήματα, να τα προστατεύει από τη διάβρωση, να απομακρύνει τα

σωματίδια ρύπων και να ψύχει το κύκλωμα. Γι αυτό είναι σημαντικό να επιλέγεται το σωστό λάδι με τα σωστά πρόσθετα. Αυτό προσφέρει κανονική λειτουργία και μεγάλο χρόνο εργασίας .

Ορυκτέλαια

Για συστήματα με βαλίδες PVG 32 η Danfoss συνιστά τη χρήση υδραυλικού ορυκτελαίου με πρόσθετα : τύπος HLP (DIN 51524) ή HM (ISO 6743/4).

Μη εύφλεκτο υδραυλικό λάδι

Φωσφορικά-εστέρες (HFDR fluids) μπορούν να χρησιμοποιηθούν χωρίς ειδικές προφυλάξεις. Παρόλα αυτά, οι τσιμούχες NBR θα πρέπει να αντικατασταθούν με τσιμούχες FMP (Viton).

Π1.5.2. Περιεκτικότητα σωματιδίων και φιλτράρισμα

Π1.5.2.1. Βιοδιασπώμενα λάδια

Σε κυκλώματα με PVG 32 μπορεί να χρησιμοποιηθεί κραμβέλαιο. Η χρήση του κραμβελαίου πρέπει να ακολουθεί τις παρακάτω συνθήκες

- Συμμόρφωση με τις απαιτήσεις του ιξώδους, τη περιεκτικότητα σε νερό, τη θερμοκρασία, το φιλτράρισμα κτλ.
- Προσαρμογή των συνθηκών λειτουργίας στις υποδείξεις του προμηθευτού λαδιού.

Το φιλτράρισμα του λαδιού πρέπει να αποτρέπει την περιεκτικότητα των σωματιδίων να υπερβεί ένα επιτρεπόμενο όριο, δηλαδή για το PVG32 η μέγιστη επιτρεπόμενη περιεκτικότητα είναι 23/19/16 (βλέπε ISO 4406).

Η εμπειρία έχει δείξει ότι ο βαθμός φιλτραρίσματος της τάξεως 23/19/16 μπορεί να επιτευχθεί με τη χρήση φίλτρων της τάξεως 10 – 20 μm .

Για περισσότερες πληροφορίες στην βιβλιογραφία Danfoss:

- Design Guidelines for Hydraulic Fluid Cleanliness Technical Information, 520L0467
- Hydraulic Fluids and Lubricants Technical Information, 521L0463
- Experience with Biodegradable Hydraulic Fluids Technical Information, 521L0465.

Π1.5.2.2. Φιλτράρισμα

Το αποτελεσματικό φιλτράρισμα είναι η σημαντικότερη προϋπόθεση για να διασφαλιστεί πως το υδραυλικό σύστημα (κύκλωμα) θα λειτουργεί αξιόπιστα και θα έχει μακρά διάρκεια ζωής. Είναι σημαντικό να ακολουθούνται οι οδηγίες και οι συμβουλές που δίνουν οι κατασκευαστές των φίλτρων.

Π1.5.2.2.1. Φίλτρα συστήματος

Όπου οι απαιτήσεις για ασφάλεια και αξιοπιστία είναι πολύ υψηλές, συνιστάται η χρήση φίλτρου με βαλβίδα ανακούφισης και δείκτη καθαρότητας. Εμπειρικά γνωρίζουμε πως ένα φίλτρο με ονομαστική λεπτότητα 10 μm έως 20 μm (ή και λεπτότερο) λεπτότητα είναι απολύτως κατάλληλο. Επίσης γνωρίζουμε πως ένα φίλτρο επιστροφής είναι επαρκές για ένα αμιγώς μηχανικής λειτουργίας (χωρίς ηλεκτρικά πηνία) σύστημα βαλβίδων.

Η λεπτότητα ενός φίλτρου πίεσης πρέπει να επιλέγεται, όπως αναφέρθηκε, από τον κατασκευαστή έτσι ώστε να μην υπερβαίνεται το όριο 23/19/16. Στο φίλτρο πρέπει να τοποθετηθεί μετρητής πίεσης ή δείκτης μόλυνσης για να

επιτυγχάνεται ο έλεγχος της κατάστασης του φίλτρου. Σε συστήματα με διαφορικούς κυλίνδρους ή συσσωρευτές το φίλτρο επιστροφής πρέπει να επιλεχτεί σωστά , έτσι ώστε να επιτρέπεται η μέγιστη παροχή (λαδιού) επιστροφής. Τα φίλτρα γραμμής πίεσης πρέπει να επιλέγονται έτσι ώστε να επιτρέπουν τη μέγιστη παροχή της αντλίας.

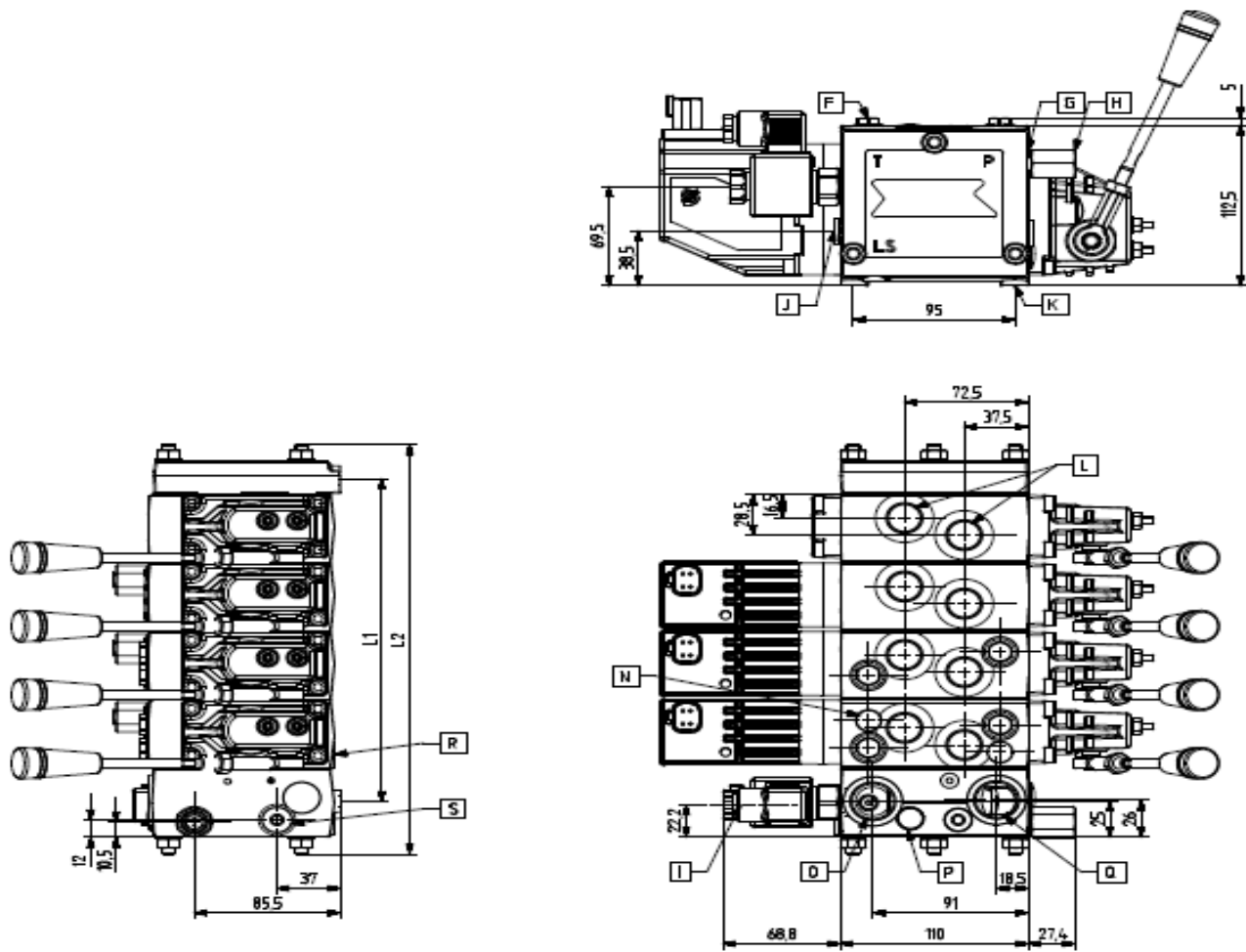
Π1.5.2.2.2. Εσωτερικό φίλτρο

Στο εσωτερικό των PVP και στην είσοδο των πηνίων PVE, έχουν τοποθετηθεί μηχανικά φίλτρα – σίτες, με προορισμό να προστατεύουν τα σημαντικά σημεία των PVG από τυχαία ύπαρξη απροσδόκητων σωματιδίων. Τέτοια σωματίδια μπορούν να εμφανιστούν σε ένα σύστημα (κύκλωμα) σαν αποτέλεσμα κάποιας φθοράς της αντλίας, καταστροφής φίλτρου, φθορά σωληνώσεων ή ενδιάμεσων εξαρτημάτων.

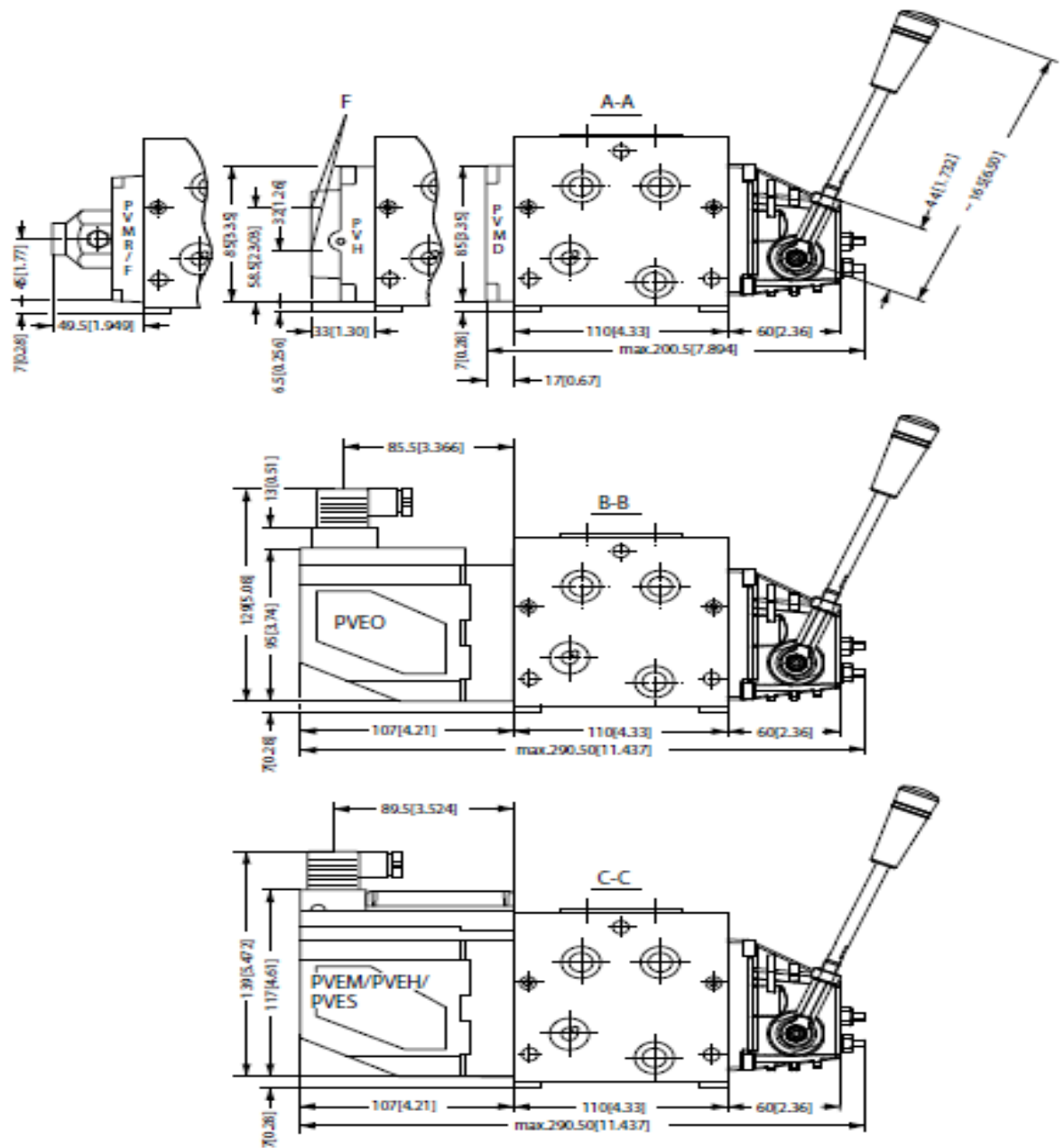
Το φίλτρο στο PVE που προστατεύει τα πηνία έχει πλέγμα λεπτότητας 150 μm .

Η πτώση πίεσης στα εσωτερικά φίλτρα των PVE είναι της τάξεως των 25 *bar*.

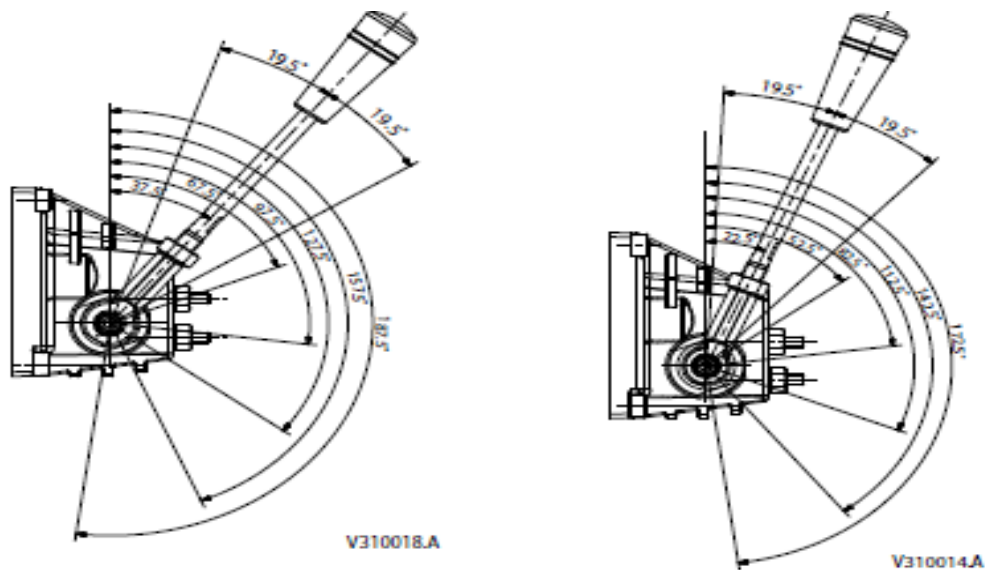
Π1.5.3 Διαστάσεις-Σχέδιο



Εικόνα Π.27 Διαστάσεις-Σχέδιο PVG 32 με 4 φέτες-βαλβίδες (PVBs)



Εικόνα Π.28 PVM, μηχανικός χειρισμός



Εικόνα Π.29 PVM, μηχανικός χειρισμός

Η γωνία του μηχανικού χειρισμού καθορίζεται από το ποιά πλευρά του χειριστηρίου βρίσκεται ο χρήστης.

Αν χρειάζεται μία γωνία 22,5° η “τελεία” του χειριστηρίου δεν είναι ορατή.

Αν χρειάζεται 37,5° τότε η τελεία θα πρέπει να είναι ορατή .

Π1.5.4. Επιφανειακή επεξεργασία

Η βαλβίδα PVG έχει ως στάνταρ μία μη επεξεργασμένη επιφάνεια. Σε ορισμένες εφαρμογές, παράγοντες όπως : άλατα στο περιβάλλον, μεγάλες θερμοκρασιακές αλλαγές και υψηλή υγρασία μπορούν να συντελέσουν στην εμφάνιση σκουριάς στην επιφάνεια. Αυτό δεν θα επηρεάσει την λειτουργία του PVG. Για να προστατέψουμε από την σκουριά, συνιστάται το PVG να βάφεται. Η σκουριά στην επιφάνεια δεν έχει καταγραφεί ως σοβαρός λόγος κακής λειτουργίας, ούτε σε βαμμένα ούτε σε μη βαμμένα PVG.

Π2. ΤΕΧΝΙΚΑ ΔΕΔΟΜΕΝΑ

Τα παρακάτω τεχνικά χαρακτηριστικά είναι αποτέλεσμα τυπικών δοκιμών.

Στο υδραυλικό σύστημα του πειράματος χρησιμοποιήθηκε ορυκτέλαιο με ιξώδες $21 \text{ mm}^2/\text{s}$ σε θερμοκρασία 50°C .

Μέγιστη πίεση	Πύλη P, A, B συνεχής*	350 bar	5075 psi
	Πύλη P, μικρή διάρκεια	400 bar	5800 psi
	Πύλη A, B μικρή διάρκεια	420 bar	6090 psi
	Πύλη T, στατική/δυναμική	25/40 bar	365/580 psi
Παροχή λαδιού	Πύλη P	140/230l/min	37/61 USg/m
	Πύλη A, B με ισοστάθμιση	100 l/min	26.4 USg/m
	Πύλη A, B χωρίς ισοστάθμιση	125 l/min	33 USg/m
Διαδρομή σύρτη		$\pm 7 \text{ mm}$	$\pm 0.28 \text{ in}$
Διαδρομή σύρτη με float	Αναλογική διαδρομή	$\pm 4.8 \text{ mm}$	$\pm 0.19 \text{ in}$
	Κατάσταση float	$\pm 8 \text{ mm}$	$\pm 0.32 \text{ in}$
Νεκρή ζώνη, FC σύρτες	Standard	$\pm 1.5 \text{ mm}$	$\pm 0.06 \text{ in}$
	Γραμμική διαδρομή	$\pm 0.8 \text{ mm}$	$\pm 0.03 \text{ in}$
Μέγιστη εσωτ. διαρροή Σε 100 bar και σε $21 \text{ mm}^2/\text{s}$	A/B→T χωρίς βαλβ πλήγματος	$20 \text{ cm}^3/\text{min}$	$1.85 \text{ in}^3/\text{min}$
	A/B→T με βαλβίδα πλήγματος	$25 \text{ cm}^3/\text{min}$	$2.15 \text{ in}^3/\text{min}$
Θερμοκρασία λαδιού	Προτεινόμενη θερμοκρασία	$30 \rightarrow 60^\circ \text{C}$	$86 \rightarrow 140^\circ \text{F}$
(θερμοκρασία εισόδου)	Ελάχιστη θερμοκρασία	-30°C	-22°F
	Μέγιστη θερμοκρασία	$+90^\circ \text{C}$	194°F
Θερμοκρασία περιβάλλοντος		$-30 \rightarrow 60^\circ \text{C}$	$-22 \rightarrow 140^\circ \text{F}$
Ιξώδες λαδιού	Κανονικές συνθήκες	$12-75 \text{ mm}^2/\text{s}$	65-347 SUS
	Ελάχιστο ιξώδες	$4 \text{ mm}^2/\text{s}$	39 SUS
	Μέγιστο ιξώδες	$460 \text{ mm}^2/\text{s}$	2128 SUS

Φιλτράρισμα/ μόλυνση σύμφωνα με ISO 4406	23/19/16	
Πιλοτική παροχή σε βαλβίδα μείωσης πίεσης	0.5 l/min	0.13 USg/m

*Με τελική πλάκα PVSI. Με τελική πλάκα PVS max. 300 bar (4351 psi).

Πίνακας Π.1 Τεχνικά Χαρακτηριστικά

Π2.1. PVH – υδραυλική ενεργοποίηση

Τεχνικά χαρακτηριστικά PVH

Εύρος πίεσης ελέγχου	5- 15 bar (75-220- psi)
Μέγιστη πιλοτική πίεση	30 bar (435 psi)
Μέγιστη πίεση πύλης T. Το υδραυλικό τηλεχειριστήριο πρέπει να συνδέεται απευθείας με την δεξαμενή.	10 bar (145 psi)

Πίνακας Π.2 Τεχνικά χαρακτηριστικά PVH

Π2.2 . PVM – μηχανική ενεργοποίηση

Ροπή λειτουργίας PVM

Παροχή σύρτη	Ροπή λειτουργίας Nm				
	PVM+PVMII	PVM+PVE	PVM+PVH	PVM+PVM	PVM+PVM
Από την ουδέτερη θέση	2.2±0.2	2.2±0.2	2.5±0.2	17	22
Σε max διαδρομή σύρτη	2.8±0.2	2.8±0.2	6.9±0.2		
Μέσα σε θέση float					60

Έξω από θέση float					28
Σε κάθε άλλη θέση				8.5	

Εύρος γωνίας λεβιέ	±19.5°
Αναλογικό εύρος γωνίας λεβιέ	±13.4°
Εύρος γωνίας λεβιέ σε θέση float	22.3°

Πίνακας Π.3 Τεχνικά Χαρακτηριστικά PVM

Π2.3. PVE – ηλεκτρική ενεργοποίηση

Τεχνικά χαρακτηριστικά PVEO και PVEM

Τάση παροχής UDC	ονομαστική	12VDC	24VDC
	εύρος	11V – 15V	22V–30V
	μέγιστη απόκλιση	5%	
Κατανάλωση ρεύματος στη τάση λειτουργίας		0.65 A	0.33 A
Τάση σήματος PVEM	Ουδέτερη θέση	0.5 X UDC	
	A πύλη ↔ B πύλη	0.25 X UDC έως 0.75 X UDC	
Ένταση σήματος PVEM		0.25mA	0.50mA
Αντίσταση εισόδου σε σχέση με 0.5 X UDC		12KΩ	
Κατανάλωση ισχύος		8W	

Πίνακας Π.4 Τεχνικά χαρακτηριστικά PVEO και PVEM

Τεχνικά χαρακτηριστικά PVEA, PVEH και PVES

Τάση παροχής UDC	ονομαστική	11V – 32V
------------------	------------	-----------

	εύρος		
	μέγιστη απόκλιση	5%	
Κατανάλωση ρεύματος στη τάση λειτουργίας		PVEH/PVES	0.57A (12V) 0.3A (24V)
		PVEA	33A (12V) 17A (24V)
Τάση σήματος	Ουδέτερη θέση	0.5 X UDC	
	A πύλη \longleftrightarrow B πύλη	0.25 X UDC έως 0.75 X UDC	
Ένταση σήματος		0.25mA έως 0.70mA	
Αντίσταση εισόδου σε σχέση με 0.5 X UDC		12KΩ	
Χωρητικότητα εισόδου		100 nF	
Κατανάλωση ισχύος		PVEH/PVES (PVEA)	7W (3.5 W)
PVEH/PVES		Μέγιστο φορτίο	100 mA 60 mA
	Ενεργητικό	Χρόνος αντίδρασης	500 ms (PVEA : 750 ms)
	Παθητικό	Χρόνος αντίδρασης	250 ms (PVEA : 750 ms)

Πίνακας Π.5 Τεχνικά χαρακτηριστικά PVEA, PVEH και PVES

Χρόνος αντίδρασης για PVEO και PVEM

Τάση Παροχής	Λειτουργία		PVEO On/Off	PVEO-R On/Off	PVEM Prop Med
Διακόπτης σε ουδέτερη Θέση	Χρόνος αντίδρασης από ουδέτερη θέση έως τη πλήρη διαδρομή	max	0.235 s	0.410 s	0.700 s
		ονομ	0.180 s	0.350 s	0.450 s
		min	0.120 s	0.250 s	0.230 s
Διακόπτης σε ουδέτερη Θέση	Χρόνος αντίδρασης από max διαδρομή έως τη ουδέτερη θέση	max	0.175 s	0.330 s	0.175 s
		ονομ	0.090 s	0.270 s	0.090 s
		min	0.065 s	0.250 s	0.065 s
Σταθερή τάση	Χρόνος αντίδρασης από ουδέτερη θέση έως τη πλήρη διαδρομή	max			0.700 s
		ονομ			0.450 s
		min			0.230 s

Σταθερή τάση	Χρόνος αντίδρασης από max διαδρομή έως τη ουδέτερη θέση	max			0.700 s
		ονομ			0.450 s
		min			0.230 s
Υστέρηση *		ονομ			20%

Πίνακας Π.6 Χρόνος αντίδρασης για PVEO και PVEM

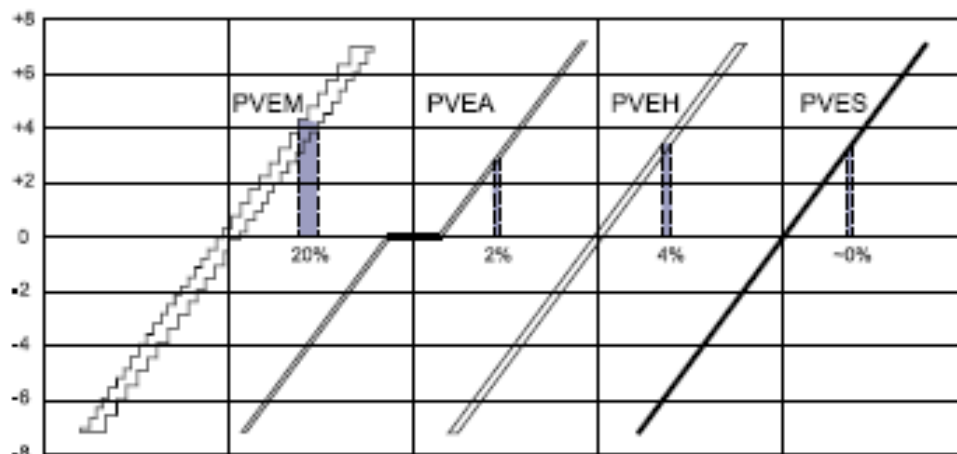
Χρόνος αντίδρασης για PVEA, PVEH και PVES

Τάση Παροχής	Λειτουργία		PVEA Prop fin	PVEH Prop high	PVES Prop super
Διακόπτης σε ουδέτερη Θέση	Χρόνος αντίδρασης από ουδέτερη θέση έως τη πλήρη διαδρομή	max	0.500 s	0.230 s	0.230 s
		ονομ	0.320 s	0.150 s	0.150 s
		min	0.250 s	0.120 s	0.120 s
Διακόπτης σε ουδέτερη Θέση	Χρόνος αντίδρασης από max διαδρομή έως τη ουδέτερη θέση	max	0.550 s	0.175 s	0.175 s
		ονομ	0.400 s	0.090 s	0.090 s
		min	0.300 s	0.065 s	0.065 s
Σταθερή τάση	Χρόνος αντίδρασης από ουδέτερη θέση έως τη πλήρη διαδρομή	max	0.500 s	0.200 s	0.200 s
		ονομ	0.320 s	0.120 s	0.120 s
		min	0.250 s	0.050 s	0.050 s
Σταθερή τάση	Χρόνος αντίδρασης από max διαδρομή έως τη ουδέτερη θέση	max	0.250 s	0.010 s	0.010 s
		ονομ	0.200 s	0.090 s	0.090 s
		min	0.150 s	0.065 s	0.065 s
Υστέρηση *		ονομ	2%	4%	~ 0%

Πίνακας Π.7 Χρόνος αντίδρασης για PVEA, PVEH και PVES.

Τα παρακάτω τεχνικά χαρακτηριστικά είναι αποτέλεσμα τυπικών δοκιμών.

Στο υδραυλικό σύστημα του πειράματος χρησιμοποιήθηκε ορυκτέλαιο με ιξώδες $21 \text{ mm}^2/\text{s}$ σε θερμοκρασία 50° C .



Πίνακας Π.8 Υστέρηση

*Η υστέρηση ορίζεται ως ο λόγος σήμα/διαδρομή σύρτη, στην ονομαστική τάση και σε συχνότητα $f = 0.02 \text{ Hz}$ για ένα κύκλο λειτουργίας.

(Κύκλος = ουδέτερη θέση → full A → full B → ουδέτερη θέση)

Πιλοτική παροχή λαδιού για PVEA, PVEH, PVES, PVEO και PVEM

Ενέργεια	PVEA Prop fine	PVEH Prop high	PVES Prop super	PVEO On/Off	PVEM Prop Med
Ουδέτερη χωρίς Τάση	0	0	0.3 l/min	0	0
Κλειδωμένη με Τάση	0.4 l/min	0.1 l/min	0.3 l/min	0.1 l/min	0.1 l/min
Συνεχείς ενέργειες με τάση	1 l/min	0.7 l/min	0.8 l/min	0.7 l/min	0.5 l/min
Μία ενέργεια	2 cm ³				

Ουδέτερη → max με τάση	
---------------------------	--

Πίνακας Π.9 Πιλοτική παροχή λαδιού για PVEA, PVEH, PVES, PVEO και PVEM

Χαρακτηριστικά λαδιού

Ιξώδες λαδιού	Προτεινόμενο εύρος	12-75 mm ² /s
	ελάχιστο	4 mm ² /s
	μέγιστο	460 mm ² /s
Θερμοκρασία λαδιού	Προτεινόμενο εύρος	30-60° C
	ελάχιστη	-30° C
	μέγιστη	90° C
Προτεινόμενη θερμοκρασία περιβάλλοντος		-30° → 60° C
Καθαρότητα στο υδραυλικό σύστημα	Μέγιστος επιτρεπόμενος βαθμός μόλυνσης 23/19/16 (ISO 4406)	

Πίνακας Π.10 Χαρακτηριστικά λαδιού

Π2.4. PVPX – ηλεκτρική LS βαλβίδα αποφόρτισης

Τεχνικά χαρακτηριστικά PVPX

Μέγιστη πίεση λειτουργίας	350 bar	
Εισαγωγή στο IEC 529	IP65	
Μέγιστη πτώση πίεσης σε παροχή 0.1 l/min	2 bar	
Θερμοκρασία λαδιού - είσοδος	Προτεινόμενο εύρος	30-60° C
	ελάχιστη	-30° C
	μέγιστη	90° C
Μέγιστη θερμοκρασία στην επιφάνεια του πηνίου	155° C	
Θερμοκρασία περιβάλλοντος	-30° → 60° C	

Ιξώδες λαδιού	Προτεινόμενο εύρος	12-75 mm ² /s	
	ελάχιστο	4 mm ² /s	
	μέγιστο	460 mm ² /s	
Χρόνος αντίδρασης για βαλβίδα ανακούφισης LS		300 ms	
Ονομαστική τάση		12 V	24 V
Μεγίστη επιτρεπόμενη απόκλιση τάσης		±10 %	
Κατανάλωση ρεύματος στην ονομαστική τάση	Σε θερμοκρασία πηνίου 22° C	1.55 A	0.78 A
	Σε θερμοκρασία πηνίου 110°	1 A	0.5 A
Κατανάλωση ισχύος	Σε θερμοκρασία πηνίου 22° C	19 W	
	Σε θερμοκρασία πηνίου 110°	12 W	

Πίνακας Π.11 Τεχνικά χαρακτηριστικά PVPX.

Π3. ΤΕΧΝΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ

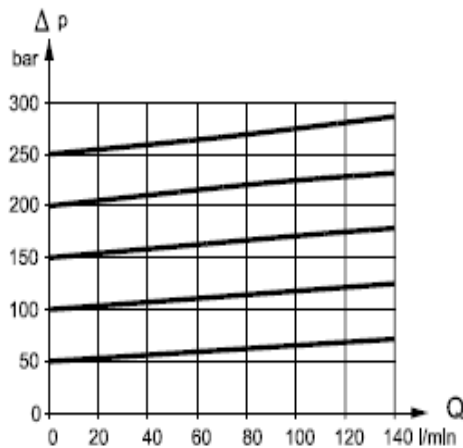
ΣΤΟΙΧΕΙΩΝ

Π3.1. PVP, στοιχείο εισόδου από αντλία

Χαρακτηριστική καμπύλη ανακουφιστικής βαλβίδας του PVP

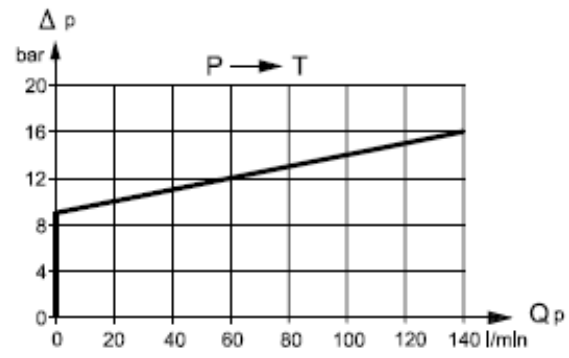
Περιοχή ρύθμισης:

- 30 με 350 bar με τελική πλάκα PVSΙ (μαντεμένια)
- 30 με 300 bar με τελική πλάκα PVS (αλουμινένια)



Π.12

Διάγραμμα Π.12 Καμπύλη ανακουφιστικής $\Delta p - Q$



Π.13

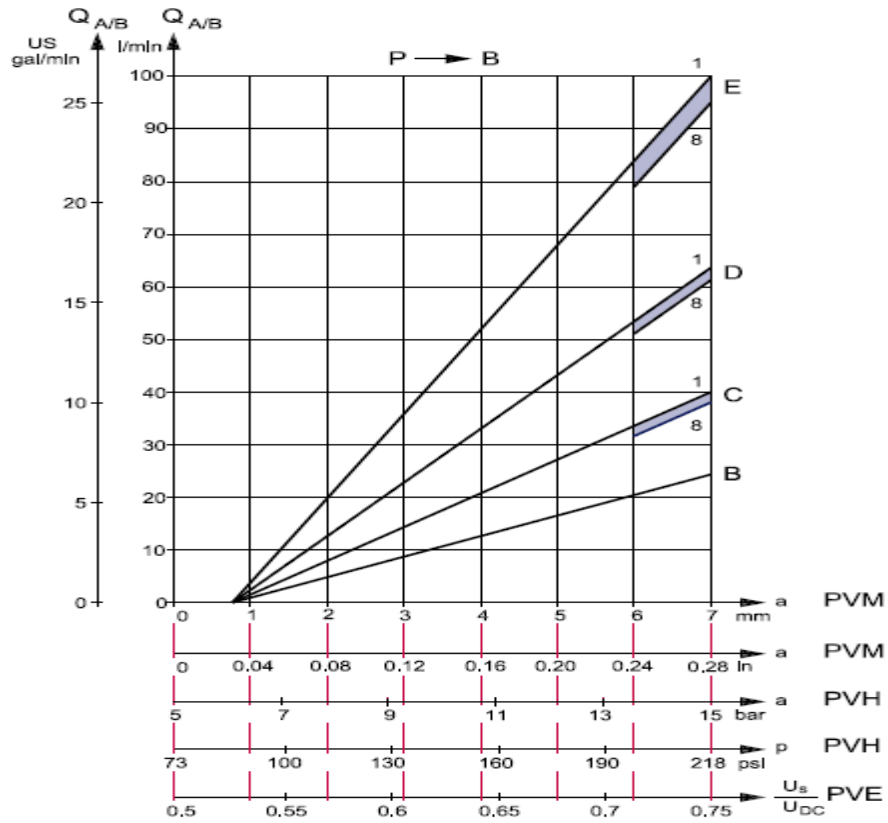
Διάγραμμα Π.13 Καμπύλη by-pass πίεση PVP Ανοικτού κέντρου

Π3.2. PVB, στοιχείο βάσης

Χαρακτηριστικά παροχής λαδιού βασικής βαλβίδας

Η παροχή του κάθε σύρτη εξαρτάται από

- τύπο του σύρτη PVBS (με ή χωρίς αντιστάθμιση)
- τύπο της αντλίας (σταθερής ή μεταβαλλόμενης παροχής)



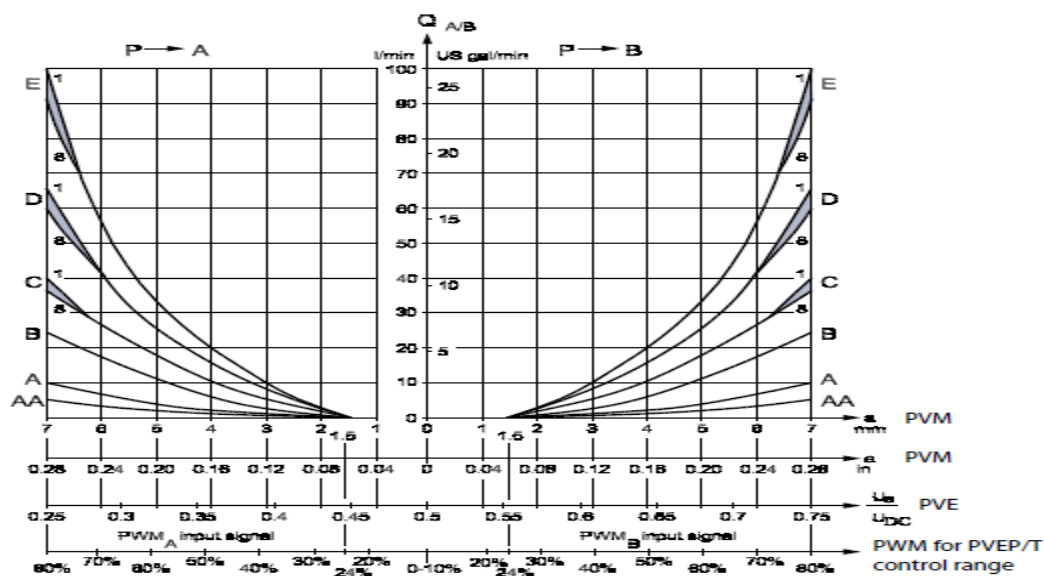
US = Τάση σήματος, UDC = Τάση πηγής, 1 = 1° PVB μετά το PVP, 8 = 8° PVB μετά το PVP

Διάγραμμα Π.14 Παροχή λαδιού Q_{AB} – τύπος σύρτη γραμμικής μεταβολής

Π3.2.1. PVB με αντιστάθμιση σε ανοιχτού ή κλειστού τύπου PVP

Η παροχή του λαδιού εξαρτάται από τη παροχή της αντλίας. Η καμπύλη αντιστοιχεί στη παροχή της αντλίας QP σε σχέση με τη μέγιστη παροχή στον σύρτη QN.

Η αύξηση της παροχής του λαδιού στο $1,4 \times QN$ θα δώσει την ίδια παροχή λαδιού τόσο στην όγδοη όσο και στη πρώτη βασική βαλβίδα. Τα γράμματα AA, A,B... υποδηλώνουν τύπους συρτών, ως προς την επιτρεπόμενη ποσότητα του λαδιού. Η παρακάτω πρώτη καμπύλη δείχνει τη σχέση παροχής – διαδρομής και προς τις δύο κατευθύνσεις του σύρτη, ενώ οι επόμενες αντιστοιχούν στη σχέση παροχής – διαδρομής μόνο στη μία κατεύθυνση.



US = Τάση σήματος, UDC = Τάση πηγής, 1 = 1° PVB μετά το PVP, 8 = 8° PVB μετά το PVP

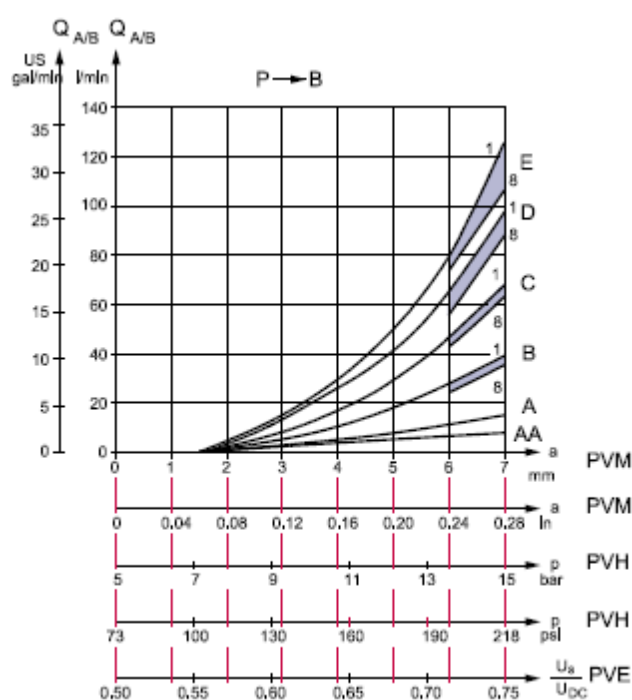
Διάγραμμα Π.15 Προοδευτική αύξηση της παροχής του λαδιού σε σχέση με το τύπο και τη διαδρομή του σύρτη.

Π3.2.2. PVB χωρίς αντιστάθμιση σε ανοιχτού κέντρου PVP

Η παροχή στο σύρτη εξαρτάται από τη παροχή της αντλίας QP.

Οι χαρακτηριστικές αναφέρονται σε παροχή λαδιού από την αντλία ίση με 130 l/min, και αποδίδουν τη συνάρτηση της παροχής του σύρτη σε σχέση με το μέγεθος και την επιβαλλόμενη τάση σήματος, άρα συνεκδοχικά και με τη διαδρομή του σύρτη.

Αν διάφοροι σύρτες ενεργοποιηθούν ταυτόχρονα, η χαρακτηριστική εξαρτάται από το φορτίο πίεσης των ενεργοποιημένων βασικών βαλβίδων.



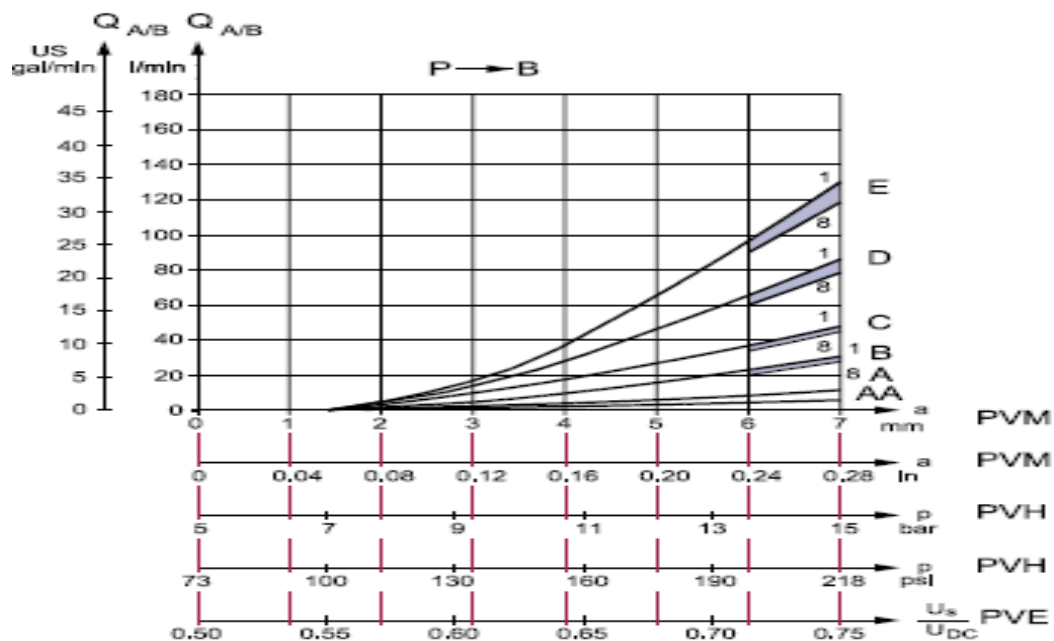
Διάγραμμα Π.16 Παροχή λαδιού σε σχέση με τη διαδρομή του σύρτη

Π3.2.3. PVB χωρίς αντιστάθμιση σε κλειστού κέντρου PVP

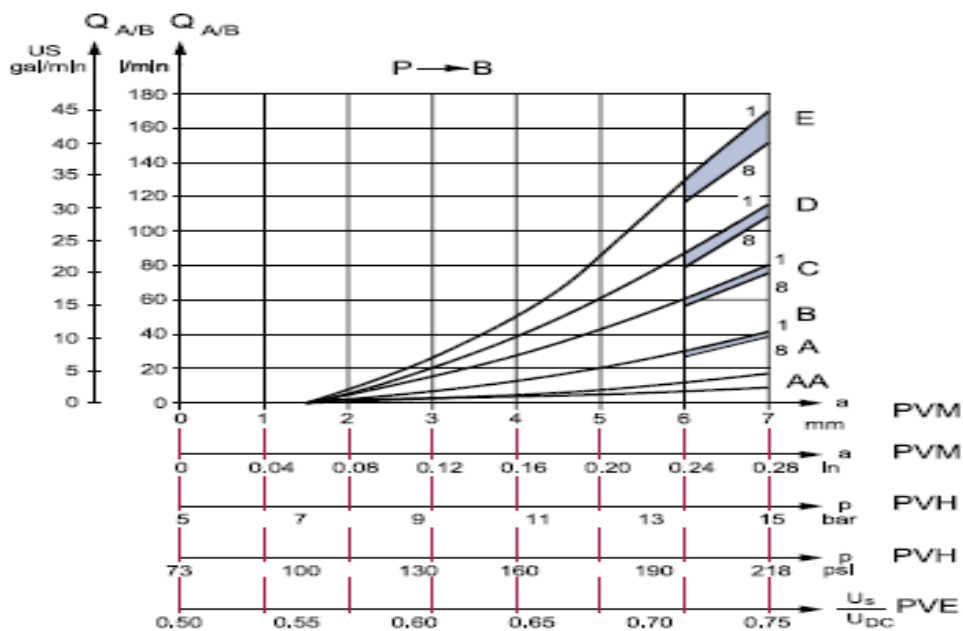
Η παροχή στο σύρτη εξαρτάται από τη παροχή της αντλίας QP.

Οι χαρακτηριστικές αναφέρονται σε παροχή λαδιού από την αντλία ίση με 130 l/min, και αποδίδουν τη συνάρτηση της παροχής του σύρτη σε σχέση με το μέγεθος και την επιβαλλόμενη τάση σήματος, άρα συνεκδοχικά και με τη διαδρομή του σύρτη.

Αν διάφοροι σύρτες ενεργοποιηθούν ταυτόχρονα, η χαρακτηριστική εξαρτάται από το φορτίο πίεσης των ενεργοποιημένων βασικών βαλβίδων.



Διάγραμμα Π.17 Παροχή λαδιού σε σχέση με τη διαδρομή του σύρτη

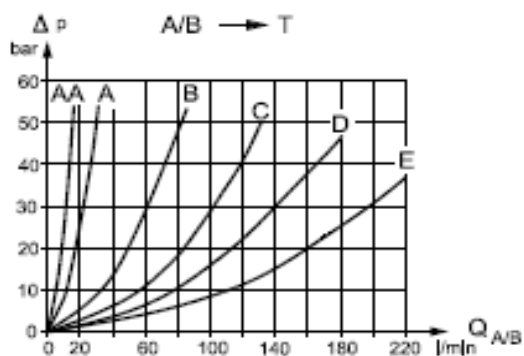


Διάγραμμα Π.18 Διαφορά πίεσης μεταξύ πίεσης αντλίας και σήματος LS = 10 bar.

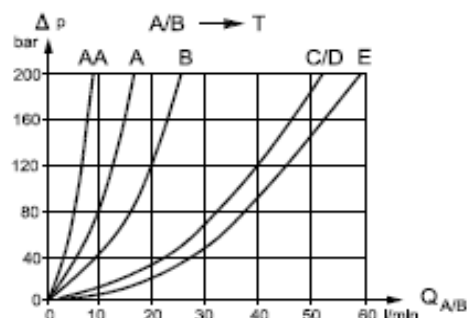
Η παροχή λαδιού εξαρτάται από τη διαφορά πίεσης μεταξύ πίεσης της αντλίας και του LS σήματος. Συνήθως η διαφορά πίεσης ρυθμίζεται πάνω στον ρυθμιστή του LS στο κοντρόλ της αντλίας. Επίσης πρέπει να ληφθεί υπόψη και

η πτώση πίεσης από την αντλία μέχρι το PVG (π.χ. λόγω σωληνώσεων, εξαρτημάτων, φίλτρων, οργάνων κλπ).

Π3.2.4. Διαγράμματα παροχής για PVB σε σχέση:



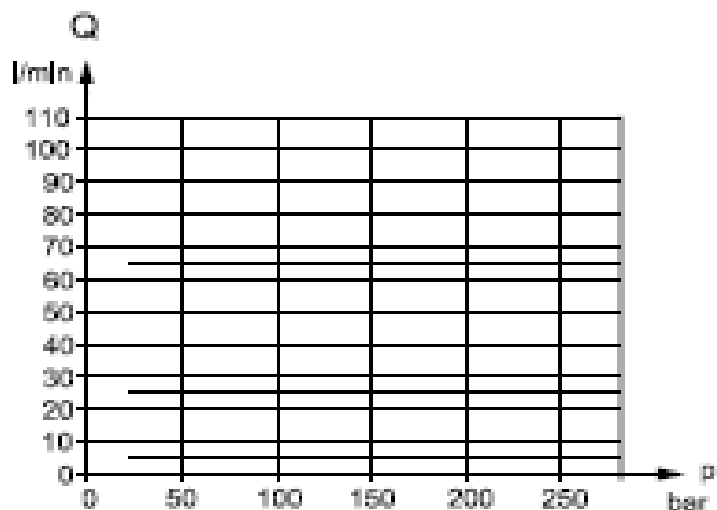
Π.19



Π.20

Διάγραμμα Π.19 με πτώση πίεσης στη μέγιστη διαδρομή

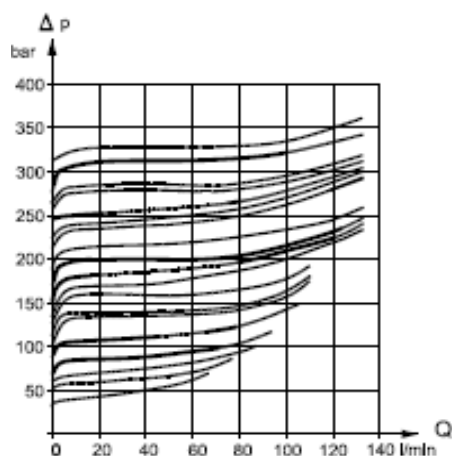
Διάγρ. Π.20 με πτώση πίεσης σε ανοιχτό τύπου σύρτη στη θέση ηρεμίας



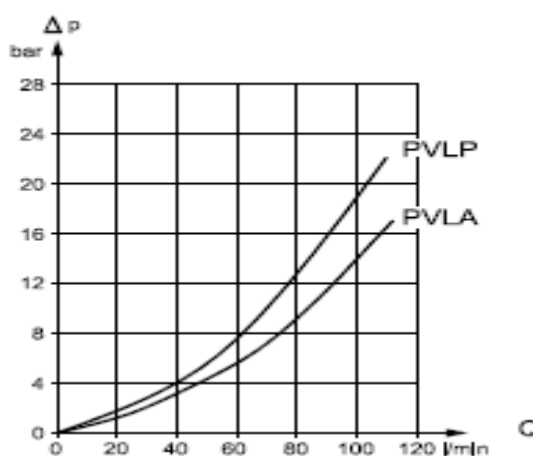
Διάγραμμα Π.21 Με ισοστάθμιση πίεσης - ανεξάρτητου φορτίου

Π3.3 . Βαλβίδα PVLP και PVLA :

Οι βαλβίδες πλήγματος PVLP είναι προρυθμισμένες στην επιθυμητή πίεση με παροχή λαδιού 10 l/min. Οι βαλβίδες PVLP είναι σχεδιασμένες για να αποσβένουν ανεπιθύμητα πλήγματα του δικτύου. Συνεπώς, δεν πρέπει να χρησιμοποιούνται σαν ασφαλιστικές βαλβίδες. Αν το κύκλωμα στη συγκεκριμένη ενέργεια απαιτεί επιπλέον ασφάλεια, τότε χρησιμοποιείται PVB στοιχείο με ενσωματωμένες βαλβίδες περιορισμού της LS πίεσης.



Διάγραμμα Π.22 PVLP Πίεση - Παροχή

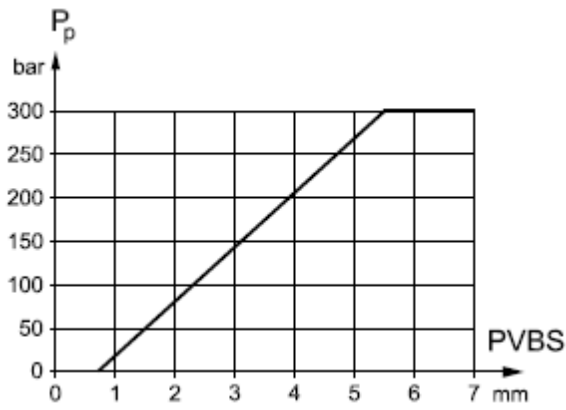


Εικόνα Π.23 PVLA Πίεση - παροχή

Π3.4. Σύρτες PVBS

Παραγόμενη πίεση σε σύρτες ελέγχου πίεσης

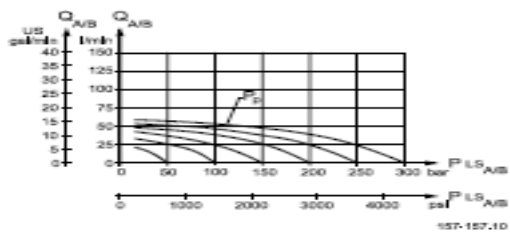
Η μέγιστη παροχή μπορεί να μειωθεί περίπου κατά 50% χωρίς να μειωθεί η μέγιστη πίεση, περιορίζοντας τη διαδρομή του σύρτη από τα 7 mm στα 5mm.



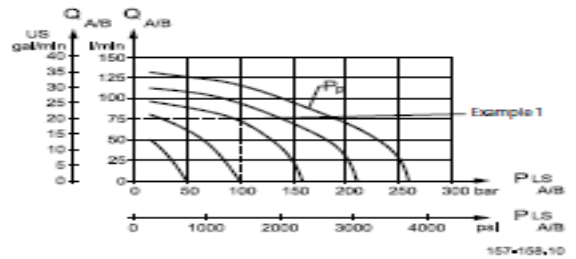
Διάγραμμα Π.24 Παραγόμενη πίεση σε σύρτες ελέγχου πίεσης

Π3.4.1. Διαγράμματα παροχής – πίεσης σε σύρτες ελέγχου πίεσης

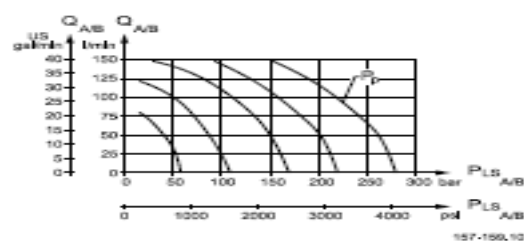
Size A:



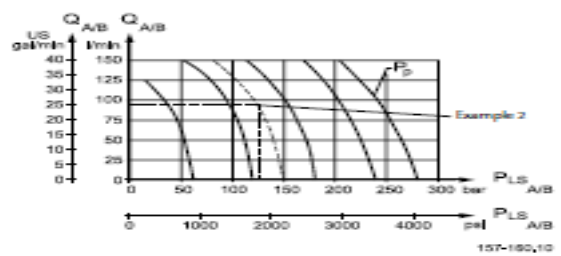
Size B:



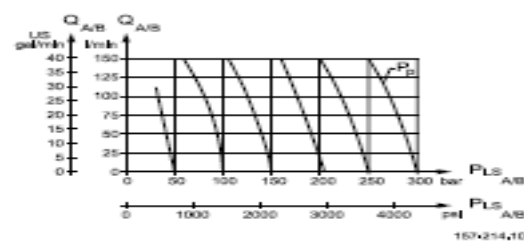
Size C:



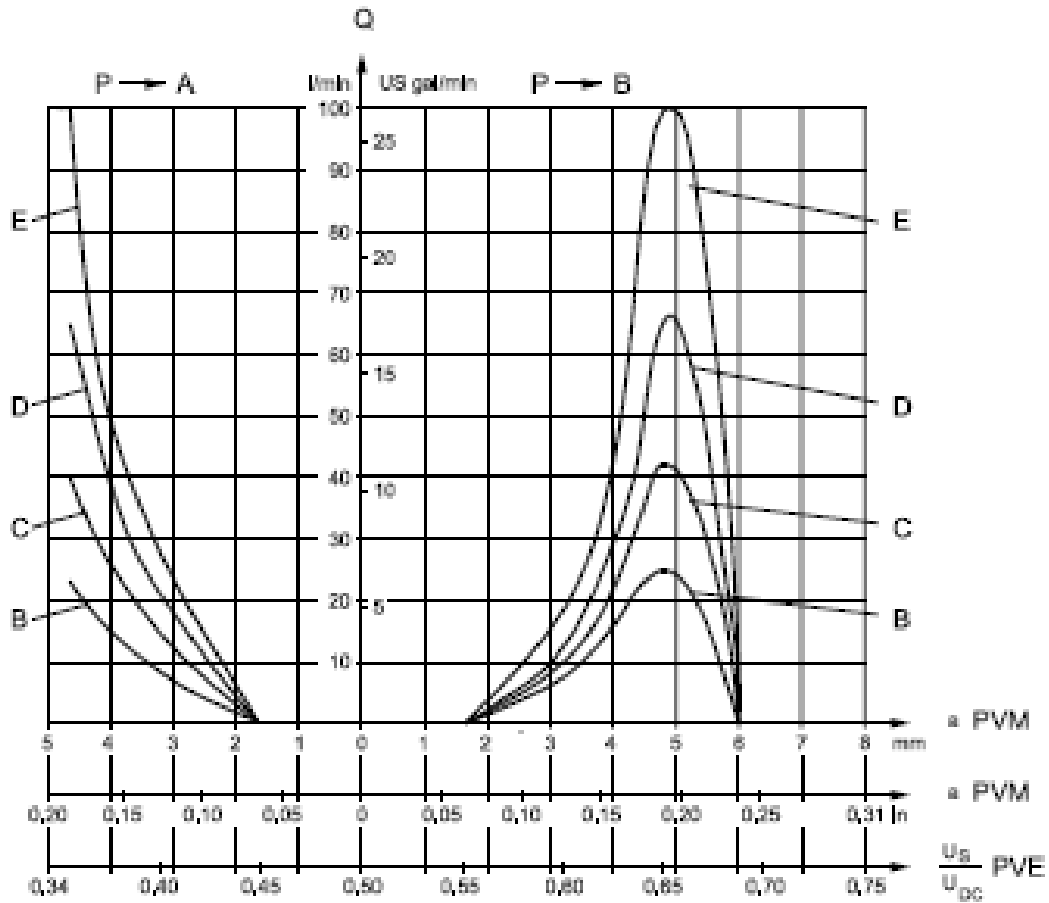
Size D:



Size E:

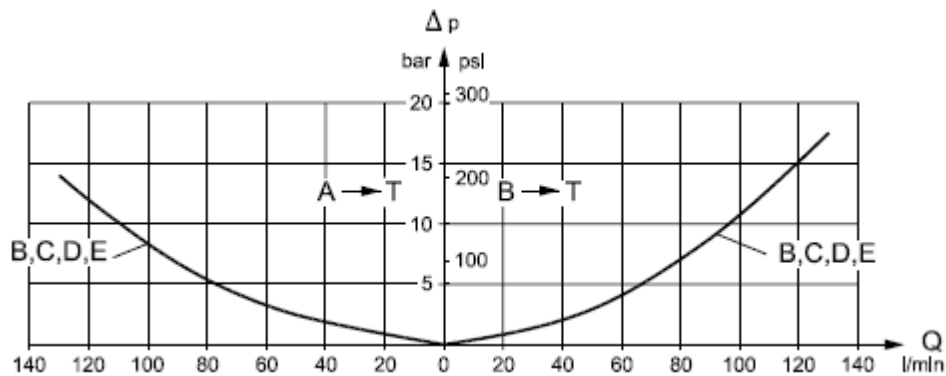
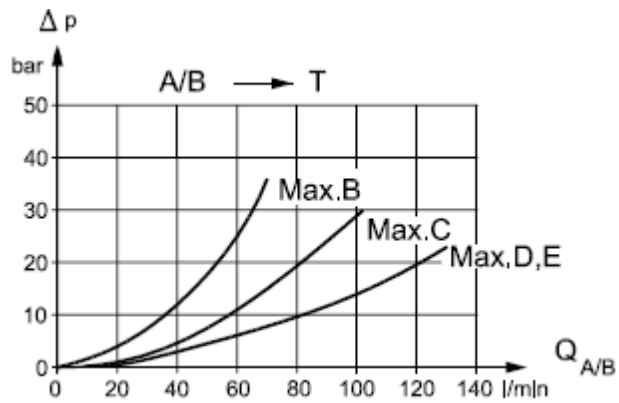


Π3.4.2. Διαγράμματα παροχής – πίεσης σε σύρτες float



8 mm διαδρομή στο σύρτη στη κατεύθυνση A , αποδίδει τη μέγιστη παροχή στο A

8 mm διαδρομή στο σύρτη στη κατεύθυνση B , αποδίδει τη μέγιστη παροχή στο B

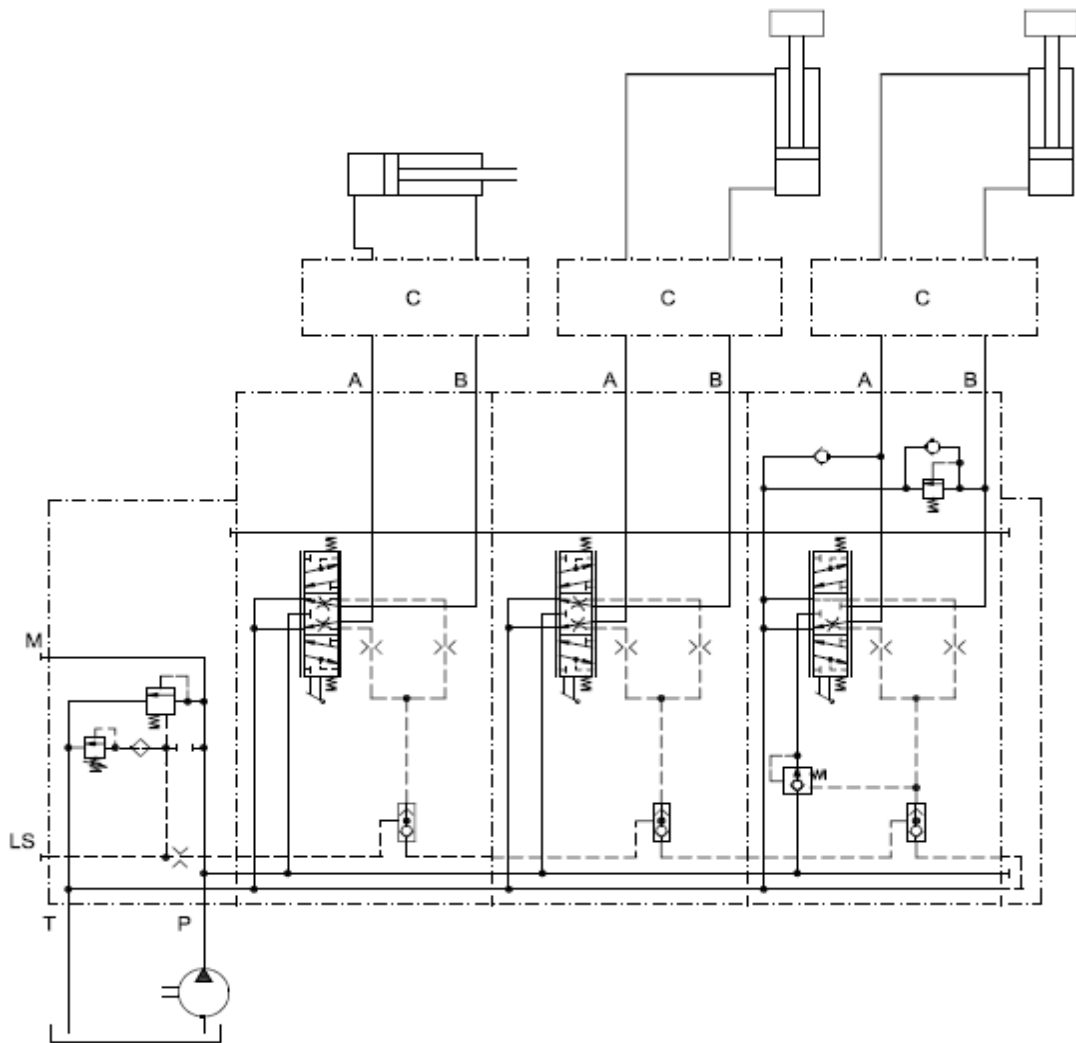


Διάγραμματα Π.25 ΔP-Q

Οι σύρτες D και E έχουν την ίδια περιοχή ανοίγματος (ίδιο άνοιγμα) για την παροχή προς τα μπρος αλλά και τη προς τα πίσω. Ο σύρτης E μπορεί να δώσει αντισταθμισμένης πίεσης παροχή λαδιού 100 l/min λόγω μίας υψηλότερης πτώσης πίεσης κατά μήκος του σύρτη E. Αυτό συμβαίνει μόνο κατά την ενεργοποίηση του σύρτη.

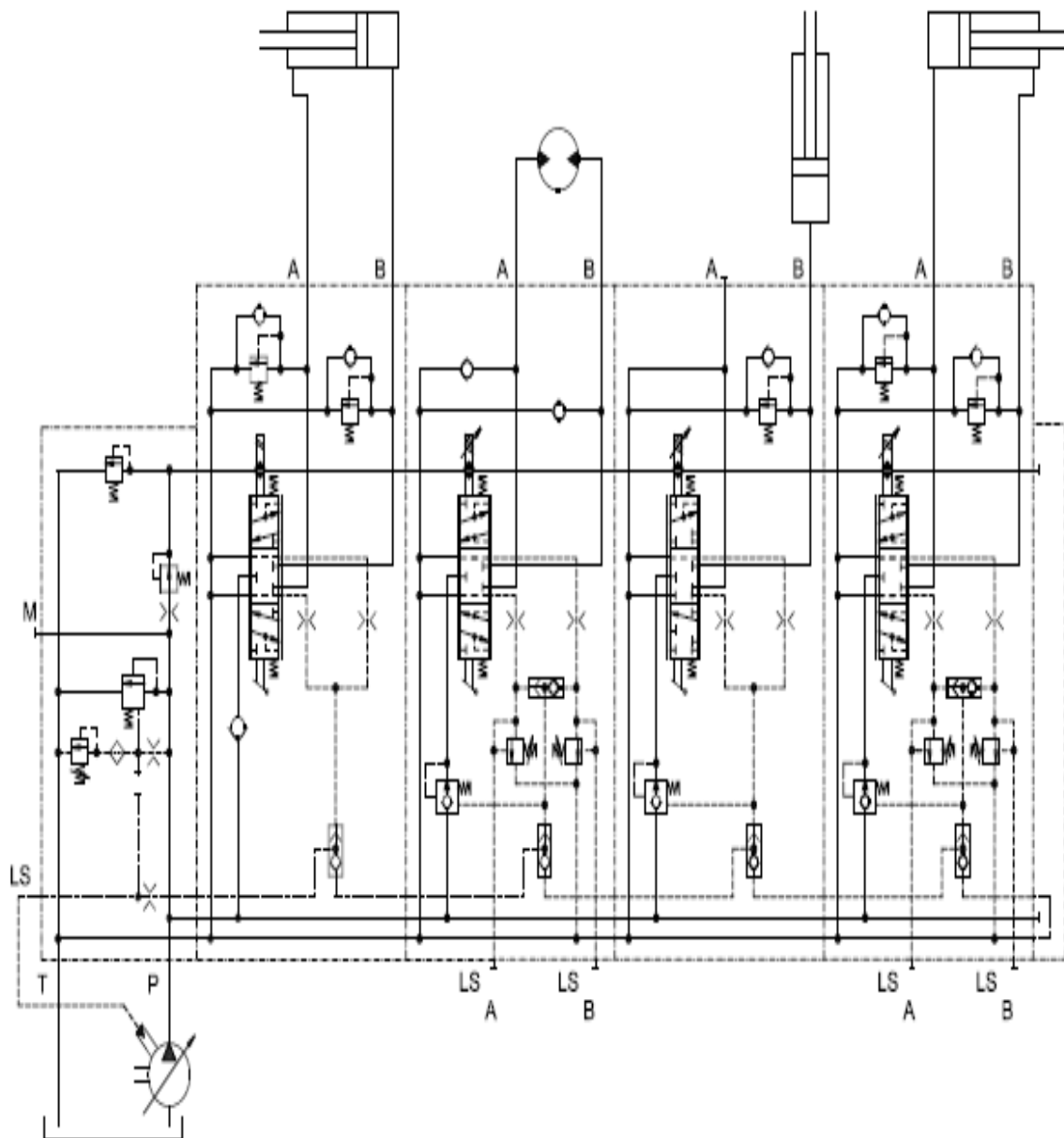
Π4. ΥΔΡΑΥΛΙΚΑ ΚΥΚΛΩΜΑΤΑ

Π4.1. PVG32 με μηχανικό χειρισμό και αντλία σταθερής παροχής



Εικόνα Π.30 PVG32 με μηχανικό χειρισμό και αντλία σταθερής παροχής.

Π4.2. PVG32 με ηλεκτρικό χειρισμό και αντλία μεταβαλλόμενης παροχής



Εικόνα Π.31 PVG32 με ηλεκτρικό χειρισμό και αντλία σταθερής παροχής

6. Βιβλιογραφία

- [1]Κωστόπουλος Θ.Ν., Υδραυλικά και Πνευματικά Συστήματα. Αθήνα: Εκδόσεις Συμεών.(2009)
- [2]Eaton Corporation Training.Industrial Hydraulics Manual. USA (2001)
- [3]Hardwick, D.R. “Understanding Proportional Solenoids.” (*Κατανοώντας τις Αναλογικές Ηλεκτρομαγνητικές Βαλβίδες*) Hydraulics & Pneumatics, v.37 n.8 (1984)
- [4]Χυ, M and Tang, X “Time Constant and Magnetic Force of an Electrohydraulic Seat Valve Solenoid.” (*Η Σταθερά του Χρόνου και η Μαγνητική Δύναμη της Ηλεκτροϋδραυλικής Θέσης των Ηλεκτρομαγνητικών Βαλβίδων*) Third Triennial international Symposium on Fluid Control, Measurement, and Visualization (1991)
- [5]Vaughan, N.D. and Gamble, JB “The Modeling and Simulation of a Proportional Solenoid Valve.” (*Η Μοντελοποίηση και Προσομοίωση Αναλογικών Ηλεκτρομαγνητικών Βαλβίδων*) Journal of Dynamic Systems, Measurement, and Control v.118 (1996)
- [6]Hydraulic Valves Industrial Standard. Parker
- [7]Proportional Valve Group PVG32 Technical Information. Danfoss

Ιστοσελίδες:

- [1] <http://www.ydraulikakiklomataladiou.gr> (Ιστοσελίδα εταιρείας «Α.ΣΚΟΥΡΑ Α.Ε Υδραυλικά συστήματα λαδιού»)
- [2]http://www.engineeringtoolbox.com/hydraulic-pumps-d_1628.
- [3] <https://www.controleng.com/connect/apps-for-engineers.html>
- [4]<http://www.sunhydraulics.com/models/cartridges/electro-proportional/flow-control>
- [5]<http://powersolutions.danfoss.com/Home/>

[6]<http://www.oleodinamicamarchesini.com/prodotto.php?catProd=16>

[7]<http://www.energymfg.com/>

[8]<http://hydraulicspneumatics.com/other-technologies/book-2-chapter-14-proportional-control-valves>