

Η υδροπνευματική σε νέα πεδία εφαρμογών



(α)



(β)



(γ)



(δ)

Σχήμα 1. Υδραυλικά ελεγχόμενοι μηχανισμοί ως μέσο ψυχαγωγίας και διασκέδασης.
α - β: Εξομοιωτές surfing και αγώνων.
γ - δ: Εφαρμογές σε εικονική πραγματικότητα.

Τεχνολογία. Προηγμένες λύσεις σε χώρους ψυχαγωγίας (θεματικά πάρκα)

ΤΩΝ ΙΩΑΝΝΗ ΝΤΑΒΛΙΑΚΟΥ* & ΕΥΑΓΓΕΛΟΥ ΠΑΠΑΔΟΠΟΥΛΟΥ**

Σε προηγούμενο άρθρο [βλ. βιβλιογραφία α] είχαμε αναφερθεί στις βασικές αρχές λειτουργίας των υδραυλικών και πνευματικών αυτοματισμών. Η επιστήμη των υδροπνευματικών συστημάτων βασίζεται σε καλά ορισμένες αρχές, οι οποίες παρουσιάστηκαν με συστηματικό τρόπο περί τον 17ο αιώνα. Η ανάπτυξη της τεχνολογίας αυτού του εξειδικευμένου κλάδου της μηχανικής έχει να επιδείξει εντυπωσιακά αποτελέσματα τις τελευταίες δεκαετίες.

Πράγματι, η επιστήμη των υδροπνευματικών αυτοματισμών βρίσκει εφαρμογή σε ευρύτατα πεδία, όπως στην αυτοκινητοβιομηχανία, στις τηλεπικοινωνίες, στα ενεργειακά συστήματα, στην αεροναυπηγική και διαστημική τεχνολογία, στη βιομηχανία, στη βιοϊατρική, στη ρομποτική, στην ψυχαγωγία κτλ.

Στο άρθρο αυτό εστιάζουμε την προσοχή μας στις εφαρμογές της τεχνολογίας αυτής σε ειδικούς χώρους ψυχαγωγίας, όπως είναι τα θέατρα, οι κινηματογράφοι καθώς και τα λεγόμενα «ψυχαγωγικά θεματικά πάρκα».

Ως ψυχαγωγικό θεματικό πάρκο, σύμφωνα με το υπ' αριθμ. 16793/09 (ΦΕΚ 2086 Β/29-9-2009), ορίζεται μία εγκατάσταση ειδικής τουριστικής υποδομής, η οποία βρίσκεται σε

οριοθετημένη έκταση γης, μέσα ή έξω από κατοικημένες περιοχές (δηλ. εντός ή εκτός σχεδίου πόλης ή ορίων οικισμών), και στην οποία προσφέρονται ποικίλες ψυχαγωγικές υπηρεσίες στους επισκέπτες γύρω από έναν ή περισσότερους θεματικούς άξονες.

Τα τελευταία χρόνια τα θεματικά πάρκα σε αρκετές χώρες (π.χ. Αμερι-

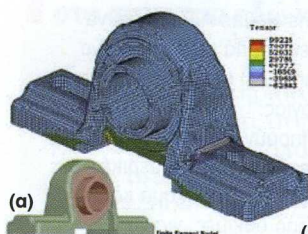
κονική πραγματικότητα (βλ. σχήμα 1), 3D αναπαραστάσεις, υδροψυχαγωγικές εγκαταστάσεις, υδραυλικοί αναβατήρες κτλ. βρίσκουν εφαρμογές σε ευρεία κλίμακα σε τέτοιους χώρους. Χαρακτηριστικά παραδείγματα αποτελούν η Disneyland (Καλιφόρνια, 1955) και η Euro Disney (Παρίσι, 1992). Στην Ελλάδα υπάρχουν αρκετά θεματικά πάρκα, μικρής και μεγάλης κλίμακας, κυρίως σε μεγάλα αστικά κέντρα (Αθήνα, Πειραιάς, Θεσσαλονίκη, Κρήτη κ.ά.).

Εφαρμογές

Η εργασία των μηχανικών που ειδικεύονται στο σχεδιασμό και στην κατασκευή θεματικών πάρκων προϋποθέτει μεγάλη εμπειρία, καθώς τα επίπεδα ασφαλείας και αξιοπιστίας που απαιτούνται σε τέτοιου είδους κατασκευές είναι ιδιαίτερα υψηλά. Άλλωστε, ο σημαντικότερος παράγο-

Τελευταία, οι νέες τεχνολογίες βρίσκουν εφαρμογή ευρείας κλίμακας στα θεματικά πάρκα

κή, Καναδάς, Ιαπωνία, Γαλλία, Γερμανία, Ισπανία κ.ά.) δεν αποτελούν απλά μόνο τουριστικούς και θεματικούς πόλους έλξης, αλλά παρουσιάζουν μεγάλο τεχνολογικό ενδιαφέρον, αφού οι νέες τεχνολογίες, όπως λ.χ. διαδραστικά περιβάλλοντα, ει-



(α)



(β)



(γ)

Σχήμα 2. α - β: Έδρανο από χυτοσίδηρο, το οποίο σχεδιάστηκε και κατασκευάστηκε για να παραλαμβάνει τάσεις από την κίνηση μηχανισμού έξι υδραυλικών εμβόλων σε παράλληλη διάταξη. γ: Μηχανισμός έξι υδραυλικών εμβόλων (courtesy of SimEx Inc., Moog Technology).

ντας που πρέπει να λαμβάνεται υπόψη κατά το σχεδιασμό ενός θεματικού πάρκου είναι η ασφάλεια των επισκεπτών.

Ο μηχανικός σχεδιασμού αφιερώνει πολύ χρόνο σε προσομοιώσεις χρησιμοποιώντας κατάλληλο λογισμικό [software] (βλ. σχήμα 2). Η τελική απόφαση για την κατασκευή απαιτεί μεγάλη ακρίβεια, υψηλό δείκτη ασφαλείας και λειτουργικότητα κατασκευής, παράγοντες που πρέπει να συνδυαστούν βέλτιστα με μία οικονομικά συμφέρουσα λύση.

Κάθε θεματικό πάρκο, χωροταξικά αλλά και από τεχνικής άποψης, χωρίζεται σε επιμέρους μηχανικά υποσυστήματα. Ένας μεγάλος αριθμός τέτοιων υποσυστημάτων περιλαμβάνει υδροπνευματικούς αυτοματισμούς, δηλαδή διατάξεις ή εγκαταστάσεις των οποίων τα βασικά δομικά συστατικά τους αποτελούνται από υδραυλικά ή πνευματικά συστήματα και οι μεταδόσεις κίνησης υλοποιούνται με υδραυλικό ή πνευματικό τρόπο.

Η εκτεταμένη χρήση υδροπνευματικών συστημάτων και ειδικότερα υδροπνευματικών αυτοματισμών στα θεματικά πάρκα επιβάλλεται για το λόγο ότι απαιτούνται ειδικά τεχνικά χαρακτηριστικά (όπως για παράδειγμα μεγάλος λόγος δύναμης προς βάρος ή ροπής προς αδράνεια), μεγάλες δυνάμεις και ροπές σε πεδία υψηλών συχνοτήτων, υψηλή στιβαρότητα και δυσκαμψία σε συνδυασμό με μεγάλη απόδοση και γρήγορη απόκριση συστήματος, λειτουργία συνεχής ή διακοπτόμενη, ή ακόμα και λειτουργία σε συνθήκες απώλειας στήριξης κλπ.

Ο συνδυασμός των παραπάνω χαρακτηριστικών, ειδικά για διατάξεις μεγάλης κλίμακας, πολλές φορές δεν είναι εφικτός με τη χρήση ηλεκτρομηχανικών διατάξεων, συστημάτων δηλαδή όπου η μετάδοση κίνησης υλοποιείται με μηχανικό ή ηλεκτρικό τρόπο. Για το λόγο αυτό τα υδροπνευματικά συστήματα αυτοματισμού υπερτερούν έναντι των ηλεκτρομηχανικών στους χώρους των θεματικών πάρκων.

Χαρακτηριστικά παραδείγματα υδροπνευματικών αυτοματισμών στα θεματικά πάρκα αποτελούν μηχανισμοί τετράποδων ή δίποδων πολύ μεγάλων διαστάσεων, όπως είναι π.χ. προϊστορικά τέρατα. Ο σερβοϋδραυλικός μηχανισμός του ρομποτικού δεινόσαυρου της σχετικής φωτογρα-



ΠΑΝΩ: Πανοραμική άποψη θεματικού πάρκου Euro Disney (Παρίσι).

ΔΕΞΙΑ: Μηχανισμός ρομποτικού δεινόσαυρου μεγάλων διαστάσεων ελεγχόμενος με υδραυλικό τρόπο (Walt Disney World Co.).



φίας περιλαμβάνει δέκα ηλεκτροϋδραυλικές αναλογικές βαλβίδες, οι οποίες είναι υπεύθυνες για τον έλεγχο των κινήσεων του συστήματος. Η βασική ιδιότητα των βαλβίδων αυτών είναι η μεγάλη ενίσχυση των σημάτων που δίνονται σε αυτές. Έτσι, ενώ η βαλβίδα λαμβάνει ηλεκτρικά σήματα πολύ μικρής ισχύος, αυτά "μεταφράζονται" σε μεταβολές υδραυλικών μεγεθών, δηλαδή σε παροχές και πιέσεις μεγάλης ισχύος.

Η σχεδίαση του μηχανισμού του ρομποτικού δεινόσαυρου έγινε με

ξής: δύο για τη βάση του (ένας υδραυλικός κινητήρας και ένα έμβολο διπλής ενέργειας), δύο για το τμήμα του κεφαλιού (ένας υδραυλικός κινητήρας και ένα έμβολο διπλής ενέργειας), δύο για τις αρθρώσεις του κυρίως κορμού (έμβολα διπλής ενέργειας) και από δύο για τις αρθρώσεις κάθε σειράς πτερυγίων (έμβολα διπλής ενέργειας).

Κάθε επενεργητής ενσωματώνει μαγνητοσυστολικό (magnetostriptive) αισθητήριο θέσης ή γωνίας, το οποίο ανατροφοδοτεί το σύστημα ελέγχου προκειμένου να επιτευχθεί η επιθυμητή κίνηση των υδραυλικών επενεργητών.

Τα φτερά είναι συντονισμένα ώστε να κινούνται προς τα εμπρός και προς τα πίσω με τον ίδιο ρυθμό. Ο εξοπλισμός τους (hardware) περιλαμβάνει δύο αυτόνομα συστήματα αυτοματισμού, τα οποία τρέχουν παράλληλα σε πραγματικό χρόνο. Για τη συγχρονισμένη κίνηση των φτερών οι μηχανικοί δεν χρησιμοποίησαν κάποιο πολύπλοκο σχήμα ελέγχου ή κάποιο εξειδικευμένο υδραυλικό κύκλωμα, αλλά ρύθμισαν εκ νέου τις κάρτες ελέγχου των βαλβίδων (tuning), ώστε να ελέγχεται η ροή του υδραυλικού μέσου που περνάει από τα ανοίγματα των βαλβίδων.

Στις επόμενες σελίδες δημοσιεύονται άλλες εφαρμογές υδροπνευματικών συστημάτων σε χώρους ψυχαγωγίας, καθώς και κατάλογος με τα κυριότερα πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα τέτοιου είδους συστημάτων.

*Ο κ. Ι. Νταβλιάκος είναι δρ. Μηχανικός ΕΜΠ (Εργαστήριο Αυτομάτου Ελέγχου, Σχολή Μηχανολόγων Μηχανικών ΕΜΠ).

** Ο κ. Ε. Παπαδόπουλος είναι καθηγητής ΕΜΠ (Εργαστήριο Αυτομάτου Ελέγχου, Σχολή Μηχανολόγων Μηχανικών ΕΜΠ).

Εκείνο που προέχει κατά το σχεδιασμό ενός θεματικού πάρκου είναι η ασφάλεια των επισκεπτών

στόχο το ρεαλισμό των κινήσεων του τέρατος. Για το λόγο αυτό, οι ταχύτητες του μηχανισμού παραμένουν σταθερές σε κάθε κύκλο εργασίας του, προκειμένου οι κινήσεις των υδραυλικών επενεργητών (κινητήρων και εμβόλων) να επιτυγχάνονται με ομαλό τρόπο.

Οι δέκα υδραυλικοί επενεργητές του μηχανισμού κατανέμονται ως ε-

Βιβλιογραφία

- a) Ι. Νταβλιάκος, Ε. Παπαδόπουλος, "Υδροπνευματικά Συστήματα Αυτοματισμού" Μετάδοση Ισχύος, Αφιέρωμα "Αυτοματισμός", Δεκέμβριος 2008, σελ. 22-32.
- b) Drachmann, A.G., Ktesibios, Philon, & Heron, a Study in Ancient Pneumatics, Swets & Zeitlinger, 1968.
- c) Papadopoulos, E., "Heron of Alexandria, "Chapter in Distinguished Figures in Mechanism and Machine Science, Their Contributions and Legacies, Book Series on History of Mechanism and Machine Science, (invited), Springer Verlag, 2007.



Με τον όρο «υδροπνευματικά συστήματα» εννοείται κάθε διάταξη ή εγκατάσταση της οποίας τα βασικά δομικά συστατικά αποτελούνται από υδραυλικά ή πνευματικά υποσυστήματα.

την εμφάνιση του λεγόμενου «από μηχανής θεού».

Σήμερα στην Αμερική, στην Ιαπωνία, αλλά και στην Ευρώπη (π.χ. Γερμανία, Ηνωμένο Βασίλειο) έχουν διαμορφωθεί ειδικές αίθουσες στις οποίες έχει τη δυνατότητα να συμμετέχει –τουλάχιστον με παθητικό ρόλο μέχρι τώρα– και το κοινό. Πρόκειται για διαδραστικούς χώρους εικονικής πραγματικότητας, οι οποίοι διαθέτουν μεγάλες κινούμενες πλατφόρμες, ελεγχόμενες με υδραυλικό τρόπο, πάνω στις οποίες κάθονται οι θεατές και "συμμετέχουν" στη δυναμική της ταινίας (βλ. σχήμα 1).

Οι συγκεκριμένες πλατφόρμες ελέγχονται μέσω ηλεκτρουδραυλικού σερβομηχανισμού, ο οποίος ουσιαστικά είναι ένας παράλληλος ρομποτικός μηχανισμός έξι ανεξάρτητων κινήσεων στο χώρο (έξι βαθμών ελευθερίας). Το όλο σύστημα αποτελείται από μία σταθερή βάση, μία κινούμενη πλατφόρμα και έξι πρισματικούς και μεταβαλλόμενου μήκους συνδέσμους (υδραυλικούς επενεργητές), οι οποίοι συνδέουν τη σταθερή βάση με την πλατφόρμα μέσω μηχανικών αρθρώσεων.

Ο μηχανισμός αυτός είναι ένα μη γραμμικό δυναμικό σύστημα με εσωτερικούς κινηματικούς περιορισμούς και υπάγεται στην ανάλυση των ρομποτικών μηχανισμών κλειστής κινηματικής αλυσίδας. Η συνδυασμένη κίνηση των έξι πρισματικών υδραυλικών συνδέσμων έχει σαν αποτέλεσμα την οδήγηση της κινούμενης πλατφόρμας στο χώρο (βλ. σχήμα 2).

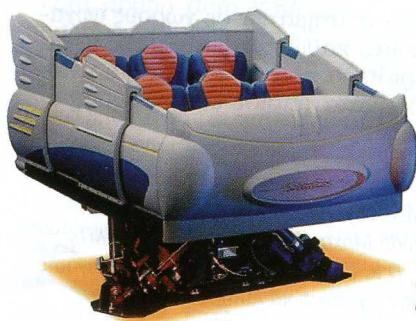
Η υδραυλική μονάδα του συστήματος αποτελείται από μία ηλεκτρουδραυλική μονάδα τροφοδοσίας η οποία περιλαμβάνει έναν ηλεκτροκινητήρα, μια ή περισσότερες υδραυλικές αντλίες σταθερής πίεσης, έναν υδραυλικό αποταμιευτή ενέργειας αδρανούς αερίου σταθερής πίεσης (συσσωρευτή), έναν εναλλάκτη θερμότητας και ένα ελαιοδοχείο, καθώς και άλλα υδραυλικά ή μηχανικά βοηθητικά εξαρτήματα, όπως είναι ασφαλιστικές και εκτονωτικές βαλβίδες, φίλτρα ελαίου, σωληνώσεις κτλ.

Ένας σύγχρονος «από μηχανής θεός»

Αυτοματισμός. Εφαρμογές υδροπνευματικών συστημάτων σε χώρους ψυχαγωγίας.

Τα υδροπνευματικά συστήματα αυτοματισμών αποτελούν μία από τις σημαντικότερες τεχνολογίες, η οποία έχει εφαρμογή ακόμα και σε χώρους ψυχαγωγίας και διασκέδασης, όπως είναι μεγάλοι χώροι συναυλιών και εκδηλώσεων, θέατρα, κινηματογράφοι κ.ά.

Οι λόγοι για τους οποίους η τεχνολογία αυτή έχει εισβάλει δυναμικά στους χώρους αυτούς τα τελευταία χρόνια είναι ο εντυπωσιασμός, η διαδραστικότητα, η συμμετοχή κοινού κτλ. Ακόμη και στα αρχαία ελληνικά θέατρα, άλλωστε, γινόταν χρήση τεχνολογικών συστημάτων για



Σχήμα 1. Διαδραστικοί εξομοιωτές οχημάτων πολλών θέσεων (courtesy of SimEx Inc., Moog Technology).

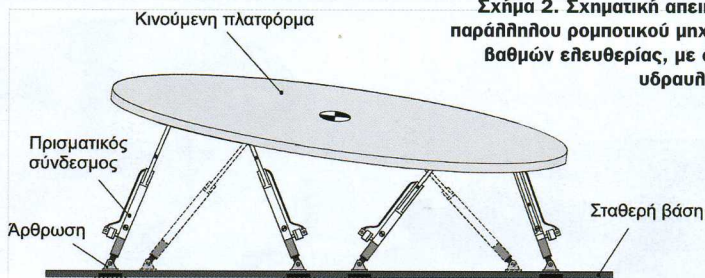


σμών επιτυγχάνονται με σερβοϋδραυλικά και όχι ηλεκτρομηχανικά (βλ. ηλεκτροκινητήρες) ελεγχόμενο τρόπο, πράγμα το οποίο δυσκολεύει σε μεγάλο βαθμό την εύρεση κατάλληλου ευέλικτου σχήματος νόμου ελέγχου για το σύστημα. Το κύριο πρόβλημα ελέγχου στην περίπτωση αυτή είναι ότι το σήμα ελέγχου αλλάζει τη διατομή της σερβοβαλβίδας και όχι τη δύναμη στο έμβολο. Για το λόγο αυτό, οι συνήθεις νόμοι ελέγχου για ρομποτικά συστήματα με ηλεκτρομηχανικούς επενεργητές δεν μπορούν να εφαρμοστούν με επιτυχία.

Πολύ σημαντικός παράγοντας κατά τη διερεύνηση του αυτοματισμού τέτοιου είδους υδραυλικών συστημάτων είναι το γεγονός ότι ο έλεγχος της απόκρισης των υδραυλικών επενεργητών πρέπει να υλοποιείται λαμβάνοντας υπόψη το ισοδύναμο αδρανειακό και βαρυντικό φορτίο που υφίσταται ο καθένας από αυτούς. Σε αντίθετη περίπτωση, το αποτέλεσμα θα ήταν να μη ληφθεί υπόψη στους υπολογισμούς η δυναμική του μηχανισμού, με άμεση συνέπεια την παρουσία χαμηλής πιστότητας εξομοίωσης σε θέσεις μακριά από την ονομαστική, καθώς και την αδυναμία εξομοίωσης περιβαλλόντων που υπόκεινται σε υψηλές επιταχύνσεις.

Βιβλιογραφία

1. Stewart, D., "A platform with six degrees of freedom," In Proceedings of the IMechE, Vol. 180, Pt. 1, No. 15, 1965-66, pp. 371-386.
2. H. E. Merritt, Hydraulic Control Systems, John Wiley, 1967.
3. Russell W. Henke, P.E., Fluid Power Systems & Circuits, Hydraulics & Pneumatics Magazine, 1983.
4. Ν. Β. Παναγιωτόπουλος, Υδροστατικές Μεταδόσεις Κίνησης, Εκδόσεις Ζήτη & Σία ΟΕ, 1985.



Σχήμα 2. Σχηματική απεικόνιση ενός παράλληλου ρομποτικού μηχανισμού έξι βαθμών ελευθερίας, με συνδέσμους υδραυλικά έμβολα.

Σε τέτοιες περιπτώσεις, η κινούμενη πλατφόρμα δεν είναι δυνατό να παρακολουθήσει τροχιές στον εξαδιάστατο χώρο (των έξι βαθμών ελευθερίας), αν αυτές οδηγούν την κινούμενη πλατφόρμα σχετικά μακριά από το σημείο ισορροπίας της ή αν είναι αρκετά γρήγορες, όπως για παράδειγμα στην περίπτωση εξο-

βίδες κτλ.), γεγονός το οποίο οδηγεί σε ασυμμετρίες της κίνησης των υδραυλικών επενεργητών.

Τέτοιου είδους προβλήματα επιλύονται παρεμβαίνοντας άμεσα στα υδραυλικά κυκλώματα του συστήματος. Οι πιο γνωστές μέθοδοι αντιμετώπισης των προβλημάτων αυτών είναι με χρήση: α) βαλβίδων ελέγχου ροής, β) βαλβίδων ελέγχου πίεσης, γ) τηλεσκοπικών υδραυλικών κυλίνδρων, δ) ελέγχου θέσης των υδραυλικών επενεργητών και στ) αναλογικών διανομέων ροής ή διαιρετών ροής. Η πιο ενδιαφέρουσα περίπτωση για την αντιμετώπιση των προβλημάτων συγχρονισμού πολλών υδραυλικών κυλίνδρων είναι η χρήση τηλεσκοπικών υδραυλικών εμβόλων (βλ. σχήμα 3). Με τους κυλίνδρους αυτούς επιτυγχάνεται διαδρομή του βάκτρου πολλαπλάσια του αρχικού μήκους του κυλίνδρου.

Στην περίπτωση που η πίεση και η παροχή του υδραυλικού μέσου τροφοδοσίας είναι σταθερές, η δύναμη που ασκεί το βάκτρο μειώνεται κατά βαθμίδες κάθε φορά που ένα έμβολο τερματίζει τη διαδρομή του, ενώ συγχρόνως αυξάνεται η ταχύτητα του βάκτρου. Αυτό συμβαίνει διότι οι διατομές των εμβόλων μειώνονται βαθμιαία. Στην περίπτωση που η δύναμη στο βάκτρο είναι σταθερή, η πίεση τροφοδοσίας του υδραυλικού μέσου θα αυξάνεται κατά βαθμίδες.

Οι χώροι ψυχαγωγίας αποτελούν σήμερα μέρος της ζωής μας. Πολλές από τις αξέχαστες εμπειρίες των επισκεπτών οφείλονται σε σερβοϋδραυλικά ή πνευματικά συστήματα που δρουν αθέατα κάτω από δάπεδα ή κρυμμένα σε σώματα ρομποτικών μηχανισμών, ανθρώπων ή ζώων. Λαμβάνοντας υπόψη ότι η βιομηχανία της διασκέδασης είναι παγκόσμια η πρώτη από οικονομική άποψη, καταλαβαίνει κανείς ότι αυτές οι τεχνολογικές εφαρμογές των υδροπνευματικών συστημάτων είναι όχι μόνο πολύ ενδιαφέρουσες αλλά και πολύ σημαντικές.

ΙΩΑΝΝΗΣ ΝΤΑΒΛΙΑΚΟΣ -
ΕΥΑΓΓΕΛΟΣ ΠΑΠΑΔΟΠΟΥΛΟΣ

Σερβοϋδραυλικά ή πνευματικά συστήματα δρουν αθέατα σε χώρους ψυχαγωγίας

μοίωσης κίνησης ελικοπτερόυ.

Άλλο ένα παράδειγμα υδραυλικού συστήματος μεγάλης ισχύος είναι ο συγχρονισμός πολλών υδραυλικών επενεργητών κατά την ανύψωση ή βύθιση μιας πλατφόρμας μεγάλων διαστάσεων. Εφαρμογές τέτοιων υδραυλικών σερβομηχανισμών απαντώνται στα θέατρα αλλά και σε μεγάλους υπαίθριους χώρους συναυλιών.

Η συνδυασμένη και συντονισμένη κίνηση πολλών υδραυλικών επενεργητών απαιτεί ιδιαίτερη προσοχή κατά τη μελέτη και το σχεδιασμό του συστήματος. Ένα από τα κυριότερα προβλήματα που συναντώνται σε τέτοια συστήματα κατά τη διάρκεια ενός κύκλου λειτουργίας τους είναι οι διαρροές του υδραυλικού μέσου εντός των υδραυλικών στοιχείων (υδραυλικοί επενεργητές, σερβοβαλ-



3 (α)



3 (β)

Σχήμα 3. α) Τηλεσκοπικοί υδραυλικοί κύλινδροι διπλής ενέργειας πέντε βαθμίδων. β) Τηλεσκοπικοί υδραυλικοί κύλινδροι κατά την ανύψωση πλατφόρμας.



Βαλβίδα
καθαρισμού
κατεύθυνσης
ροής σε
υδραυλικό
κύκλωμα.

Πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα

Εγχειρίδιο. Οι παράμετροι για τον σχεδιασμό ενός υδροπνευματικού συστήματος αυτοματισμού

Η τελική απόφαση που καλείται να λάβει ο μηχανικός για την υλοποίηση μιας κατασκευής σχετικά με το είδος της μετάδοσης κίνησης που θα χρησιμοποιηθεί στο σύστημά του έχει να κάνει με το βέλτιστο συνδυασμό τεχνικών και οικονομικών παραμέτρων. Στη συνέχεια παρατίθενται τα βασικότερα πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα των υδροπνευματικών συστημάτων αυτοματισμού, τα οποία ασφαλώς πρέπει να ληφθούν υπόψη στο σχεδιασμό τέτοιων συστημάτων.

Υδραυλικά συστήματα

Τα βασικότερα πλεονεκτήματα

- Παρουσιάζουν μεγάλη στιβαρότητα και δυσκαμψία κατά την κίνηση. Δηλαδή δρουν ως πηγή "θέσης".
- Έχουν την ικανότητα απόδοσης μεγάλης ισχύος.

■ Έχουν την ικανότητα εφαρμογής μεγάλων δυνάμεων και ροπών σε περιοχές υψηλών συχνοτήτων.

■ Έχουν την ικανότητα δημιουργίας μεγάλου λόγου δύναμης προς βάρος ή ροπής προς αδράνεια.

**Εγκατεστημένα μηχανήματα μπορούν εύκολα να μετατραπούν σε εργο-
μηχανές πνευματικού συστήματος**

■ Το υδραυλικό μέσο έχει ψυκτικές, λιπαντικές και αντιοξειδωτικές ιδιότητες.

■ Λειτουργούν σε συνεχείς και διακοπτόμενες χρήσεις και σε συνθήκες απώλειας στήριξης.

Μερικά από τα βασικότερα μειονεκτήματα

■ Εμφάνιση δυσκολίας κατά την α-

ποθήκευση και τη διαθεσιμότητα της ισχύος (ογκώδεις κατασκευές).

■ Τα υδραυλικά εξαρτήματα έχουν υψηλό κόστος.

■ Εμφάνιση του κινδύνου πυρκαγιάς (απαιτείται συνεχής έλεγχος των πιέσεων και των θερμοκρασιών του συστήματος).

■ Είναι επικίνδυνα σε περίπτωση διαρροής του υδραυλικού μέσου (λόγω των υψηλών πιέσεων και θερμοκρασιών).

■ Παράγοντα υψηλά επίπεδα ρύπανσης και θορύβου.

■ Υπάρχει δυσκολία στην εφαρμογή νόμων αυτομάτου ελέγχου λόγω της ενδογενούς μη γραμμικής φύσης των ρευστομηχανικών φαινομένων.

Πνευματικά συστήματα

Τα βασικότερα πλεονεκτήματα

■ Η ανεύρεση των εξαρτημάτων είναι εύκολη.

■ Η χρήση τους αποτελεί οικονομική λύση (φθηνά εξαρτήματα).

■ Ο πεπιεσμένος αέρας μπορεί να χρησιμοποιηθεί παράλληλα και για άλλες χρήσεις στις βιομηχανίες, εκτός της κυρίως εργασίας.

■ Η συντήρηση των εξαρτημάτων είναι εύκολη, χωρίς να χρειαστεί εκκένωση του συστήματος από το «εργαζόμενο» μέσο.

■ Δεν ρυπαίνουν το περιβάλλον και δεν εμφανίζουν τον κίνδυνο πυρκαγιάς.

■ Εγκατεστημένα μηχανήματα μπορούν εύκολα να μετατραπούν σε εργομηχανές πνευματικού συστήματος.

Μερικά από

τα βασικότερα μειονεκτήματα

■ Παρουσιάζουν υψηλό κόστος παραγωγής πεπιεσμένου αέρα.

■ Λόγω της συμπίεσής του αέρα δεν μπορεί να επιτευχθεί μεγάλη ακρίβεια στην ελεγχόμενη κίνηση, όπως συμβαίνει στα ηλεκτρικά και υδραυλικά συστήματα.

■ Η δημιουργία μεγάλων δυνάμεων και ροπών απαιτεί ογκώδεις και υψηλού κόστους πνευματικούς επενεργητές.

■ Το χαμηλό ιξώδες του αέρα γίνεται αιτία για κακή λίπανση στις τριβόμενες επιφάνειες (η λίπανση επιτυγχάνεται με τη χρήση λιπαντών, οι οποίοι ψεκάζουν τις τριβόμενες επιφάνειες).