

# Υδραυλικά Συστήματα Νερού

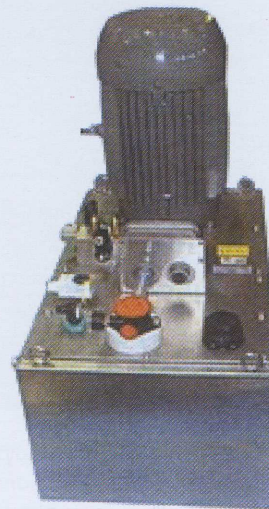
## Πιο αποδοτικά, πιο λειτουργικά και περισσότερο ασφαλή

**Η** υδραυλική τεχνολογία είναι μία από τις πρώτες που αναπτύχθηκαν κατά τη διαδρομή του ανθρώπινου πολιτισμού και συνέβαλλαν σε μεγάλο βαθμό σε πολλά σύγχρονα τεχνολογικά επιτεύγματα. Οι απαιτήσεις της σύγχρονης εποχής, και ιδίως των τριάντα περίπου τελευταίων ετών, έχουν επιβάλει ραγδαίους ρυθμούς στην ανάπτυξη της τεχνολογίας στην περιοχή των υδραυλικών συστημάτων (π.χ. ηλεκτροϋδραυλικοί σερβομηχανισμοί κ.ά.). Ειδικότερα, οι επιτακτικές ανάγκες για αποδοτικότερα, πιο λειτουργικά, αθιλά και περισσότερο ασφαλή συστήματα οδήγησαν τον τομέα αυτό πολλές φορές στην ανάπτυξη καινοτόμων εφαρμογών διαφορετικής φιλοσοφίας. Στο παρόν άρθρο, παρουσιάζεται μία διαφορετική προσέγγιση της λειτουργίας των υδραυλικών συστημάτων και διαπιστώνονται οι σύγχρονες τάσεις σε αυτό το πεδίο της επιστήμης. Συγκεκριμένα, επιχειρείται να αναδειχθεί η χρησιμότητα και τα

πλεονεκτήματα των εφαρμογών υδραυλικών συστημάτων που χρησιμοποιούν ως υδραυλικό μέσο το νερό αντί του υδραυλικού λαδιού, το οποίο χρησιμοποιείται κυρίως στα πλέον διαδεδομένα υδραυλικά συστήματα.

### Γιατί υδραυλικά συστήματα με νερό;

Τα υδραυλικά συστήματα νερού (water hydraulics), ή γενικότερα ρευστού χαμηλού ιξώδους, είναι συστήματα υψηλής πίεσης που χρησιμοποιούν ως υδραυλικό μέσο το νερό (ή το ρευστό χαμηλού ιξώδους) για τη μετάδοση ωφέλιμης ισχύος ή ενέργειας. Το υδραυλικό λάδι κατέχει μέχρι σήμερα τα πρωτεία ως υδραυλικό μέσο των υδραυλικών συστημάτων, για τους λόγους που περιγράφονται εκτενώς στις βασικές αρχές της Υδραυλικής [1-2]. Ωστόσο, η αντικατάσταση του υδραυλικού λαδιού από το νερό σε υδραυλικά κυκλώματα, κυρίως τα τελευταία χρόνια, έχει αρχίσει να διαδίδεται με ταχύτατους



**Σχ. 1.** Μονάδα τροφοδοσίας ισχύος σε εγκατάσταση υδραυλικού συστήματος νερού (Preston Hydraulics).

ρυθμούς. Η «νέα» τεχνολογία των υδραυλικών με νερό αποτελεί μία τάση την οποία αποδέχονται και υιοθετούν ολοένα και περισσότερο οι σχεδιαστές υδραυλικών συστημάτων κυρίως σε ΗΠΑ, Καναδά και Ευρώπη. Απαντάται σε εφαρμογές της θαλάσσιας τεχνολογίας, σε εργαλειομηχανές υψηλής απόδοσης, σε ερευνητικά συστήματα, κ.ά. [2]. Για ποιό λόγο όμως η χρήση του νερού ως υδραυλικού μέσου εξαπλώνεται ολοένα και περισσότερο; Μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε όλες τις εφαρμογές; Οι απαντήσεις στις ερωτήσεις αυτές μπορούν να δοθούν εξετάζοντας, καταρχάς, τα πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα της χρήσης του νερού στα υδραυλικά συστήματα.

### Πλεονεκτήματα της χρήσης νερού ως υδραυλικό μέσο

Τα κυριότερα πλεονεκτήματα της χρήσης νερού σε εφαρμογές υδραυλικών συστημάτων παρουσιάζονται συνοπτικά στη συνέχεια.

- Το νερό κοστίζει λιγότερο. Ως αγαθό το νερό είναι άμεσα διαθέσιμο και κοστίζει πολύ λιγότερο από οποιοδήποτε άλλο υδραυλικό μέσο της αγοράς. Επιπλέον, το λειτουργικό κόστος του είναι μηδαμινό καθώς η μεταφορά και η αποθήκευσή του δεν



**Σχ. 2.** Μικρών διαστάσεων σερβοϋδραυλικά οδηγούμενος εκσκαφέας, με υδραυλικό μέσο το νερό (Fluid Power Laboratory, Institute of Machine Design, University of Technology, Κρακοβία, Πολωνία).



επιβαρύνουν οικονομικά καθόλου την εγκατάσταση.

- Χαμηλό κόστος ασφάλισης. Τα οικονομικά οφέλη δεν περιορίζονται μόνο στη χρήση του νερού, αλλά και στα βιομηχανικά ασφάλιστρα. Πράγματι, οι ασφαλιστικές εισφορές για μία επιχείρηση μειώνονται σημαντικά, αφού στο μακρύ κατάλογο ασφαλιστρών δεν χρειάζεται να συμπεριληφθούν οι πιθανότητες πυρκαγιάς και τοξικότητας από το εργαζόμενο μέσο (νερό).

- Εύκολη και άμεση διαθεσιμότητα. Το νερό μπορεί να διατεθεί άμεσα και γρήγορα σε ένα υδραυλικό σύστημα, κάτι το οποίο δεν ισχύει με τα υπόλοιπα συμβατικά υδραυλικά υγρά του εμπορίου, αφού η διάθεση και τοποθέτησή τους σε μία υδραυλική μονάδα πολλές φορές απαιτεί εξειδικευμένο προσωπικό.

- Μείωση κινδύνων ασφάλειας. Οι ιδιότητες του νερού (π.χ. μη αναφλέξιμη, μη τοξική και μη πτητική ένωση) το καθιστούν φιλικότερο στη χρήση, αφού δεν αναδύονται επιβλαβείς για τον ανθρώπινο οργανισμό αναθυμιάσεις ή ατμοί (π.χ. μηδαμινά προβλήματα από έκθεση στο δέρμα και στα μάτια).

- Φιλικό προς το περιβάλλον. Η αυστηρή νομοθεσία ως προς το θέμα αυτό έχει συμμορφώσει πολλές επιχειρήσεις. Άλλωστε η ροπή προς τις λεγόμενες «πράσινες» κατευθύνσεις γίνεται ολοένα και πιο έντονη, ειδικότερα στις χώρες της Ευρωπαϊκής Ένωσης. Υδραυλικά συστήματα με νερό προκρίνονται σε αυτές τις περιπτώσεις καθώς το νερό κατατάσσεται στην κατηγορία των βιοδιασπώμενων και μη τοξικών ουσιών.

- Εξοικονόμηση ενέργειας συστήματος. Το χαμηλό ιξώδες του νερού έχει σαν αποτέλεσμα τη μείωση της υδραυλικής αντίστασης στα εξαρτήματα του συστήματος, γεγονός το οποίο οδηγεί τελικά σε μείωση της παραγωγής θερμότητας και κατ'επέκταση στον περιορισμό των απωλειών ενέργειας στο υδραυλικό κύκλωμα.

### Μειονεκτήματα της χρήσης νερού ως υδραυλικό μέσο

Ασφαλώς, η εφαρμογή μίας νέας προσέγγισης στην υδραυλική

τεχνολογία δεν μπορεί να έχει μόνο θετικές πλευρές. Έτσι, μερικά από τα πιο σημαντικά μειονεκτήματα της χρήσης νερού σε εφαρμογές υδραυλικών συστημάτων αναλύονται παρακάτω.

- Διαρροές. Το χαμηλό ιξώδες του νερού δυσχεραίνει τον έλεγχο των εσωτερικών και εξωτερικών διαρροών μιας υδραυλικής εγκατάστασης νερού. Με την εισαγωγή κατάλληλων υλικών, όπως π.χ. κεραμικών και πολυμερών, τα διάκενα μπορούν να μειωθούν με αποτέλεσμα τον περιορισμό των διαρροών αυτών.

- Διάβρωση από φυσικές ιδιότητες. Το νερό μπορεί να αποκτήσει μεγάλες

τη χημική αντίδραση του οξυγόνου με αυτά, φαινόμενο που μπορεί να αντιμετωπιστεί με χρήση άλλων υλικών (π.χ. κεραμικά, PVC), τα οποία έχουν την ιδιότητα να μη διαβρώνονται.

- Θερμοκρασία. Οι θερμοκρασίες λειτουργίας του νερού στα υδραυλικά συστήματα πρέπει να κυμαίνονται στο εύρος 2 – 50 °C (προς αποφυγή στερεοποίησης ή ατμοποίησης του). Ο περιορισμός αυτός είναι μία από τις κύριες αιτίες που θα αποθαρρύνει κάποιον να χρησιμοποιήσει υδραυλική εγκατάσταση νερού. Σε τέτοιες περιπτώσεις κρίνεται απαραίτητη η εγκατάσταση κατάλληλων συστημάτων απαγωγής θερμότητας υψηλής



Σχ. 3. Απορριμματοφόρο που χρησιμοποιεί το νερό ως υδραυλικό μέσο για τη λειτουργία του, εξοικονομώντας 12.000 λίτρα λαδιού ετησίως (Γκέτεμποργκ, Σουηδία, Sorensen 1998).

ανεπιθύμητες ταχύτητες κατά τη διαδρομή του μέσα στις σωληνώσεις και τις βαλβίδες ενός συστήματος, λόγω του μεγαλύτερου ειδικού βάρους του, αλλά και του χαμηλού ιξώδους του. Αυτό οδηγεί σε τυρβώδη ροή του νερού, η οποία εάν αφαιρεθεί ανεξέλεγκτη, γίνεται συνήθως υπεύθυνη για τη διάβρωση των μεταλλικών επιφανειών. Η αντιμετώπιση τέτοιων φαινομένων επιτυγχάνεται με επεμβάσεις πάνω στα εξαρτήματα του συστήματος (π.χ. δημιουργία εγκοπών, οπών ή σχισμών σε κατάλληλα σημεία, τοποθέτηση επιχρισμάτων πάνω στις επιφάνειες κ.ά.).

- Διάβρωση από χημικές ιδιότητες. Διάβρωση των μεταλλικών εξαρτημάτων μπορεί να συμβεί και από

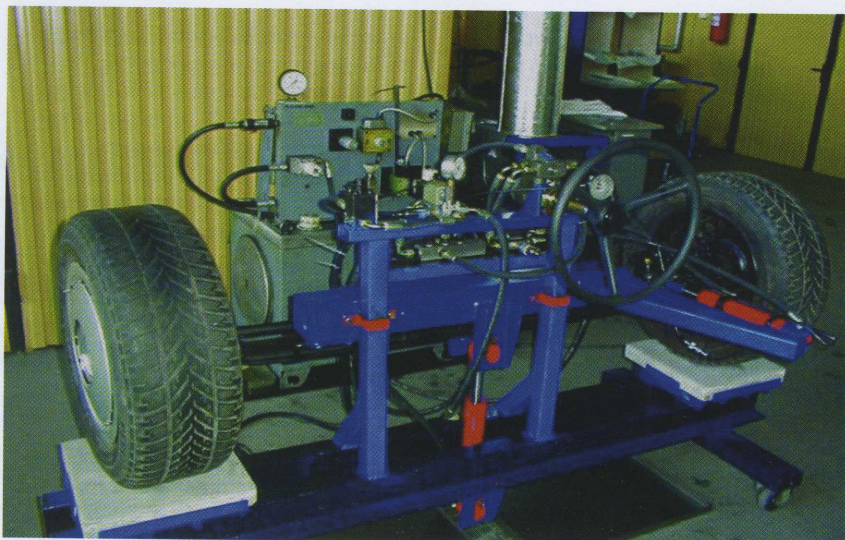
απόδοσης.

- Βακτηριακή ανάπτυξη. Σε ανοικτές δεξαμενές νερού είναι έντονο το φαινόμενο ανάπτυξης ανεπιθύμητων μικροβιακών και μικροοργανισμών. Αυτό έχει σαν αποτέλεσμα το φράξιμο των φίλτρων, αλλά και τη δημιουργία έντονων και δυσάρεστων οσμών. Τέτοια προβλήματα αντιμετωπίζονται με διάφορους τρόπους, όπως π.χ. με την έκθεση του νερού σε υπεριώδη ακτινοβολία, την παστερίωση του νερού, τη χρήση βιοκτόνων, τη διήθηση κ.ά.

### Σχεδιασμός υδραυλικών συστημάτων με νερό

Ο σχεδιασμός των υδραυλικών συστημάτων νερού απαιτεί εξειδίκευση και εμπειρία. Ένας σωστός σχεδιασμός





Σχ. 4. Εφαρμογή συστήματος αυτομάτου ελέγχου σε τροχούς οχήματος, με χρήση νερού στο υδραυλικό υποκύκλωμα (Fluid Power Laboratory, Institute of Machine Design, University of Technology, Κρακοβία, Πολωνία).

επιφέρει μακροπρόθεσμα οφέλη, όπως π.χ. τη βέλτιστη απόδοση, την αξιοπιστία και το χαμηλό λειτουργικό κόστος. Ο σχεδιασμός πρέπει να επικεντρωθεί κυρίως στις ιδιότητες του νερού, οι οποίες είναι και ο βασικός παράγοντας διαφοροποίησης τέτοιων συστημάτων από τα αντίστοιχα με λάδι. Τέτοιες είναι π.χ. το χαμηλό ιξώδες του νερού (κίνδυνος διάβρωσης, βλ. παραπάνω), η συμπίεσιμότητα του νερού (είναι περίπου η μισή από αυτή του λαδιού), οι υψηλές τιμές της ειδικής θερμότητας και θερμικής αγωγιμότητας του νερού, η υψηλότερη πίεση ατμού (π.χ. κίνδυνοι σπληαίωσης), η υψηλή ηλεκτρική αγωγιμότητα (κίνδυνοι ηλεκτροπληξίας). Ανάλογα με την εφαρμογή πρέπει να επιλέγεται και ο σωστός τύπος νερού. Υπάρχουν τρεις βασικοί τύποι νερού που χρησιμοποιούνται: το μεταλλικό νερό, το απεσταγμένο/αποιονισμένο νερό και το θαλασσινό νερό (υπάρχει και η περίπτωση του νερού με πρόσθετα, που χρησιμοποιείται σε ειδικές περιπτώσεις, π.χ. γαλάκτωμα ελαίου σε νερό κ.ά.). Τέλος, κατά το σχεδιασμό, πρέπει να λαμβάνονται υπόψη και δύο βασικές οικονομικές παράμετροι. Αφενός ότι το κόστος των εξαρτημάτων ενός υδραυλικού συστήματος νερού είναι μεγαλύτερο από το αντίστοιχο ενός συστήματος με λάδι και αφετέρου ότι το συνολικό κόστος συντήρησης και λειτουργίας

μειώνεται αισθητά, συγκριτικά με τα συστήματα λαδιού.

### Εφαρμογές

Υπάρχουν συστήματα και μηχανισμοί (π.χ. αυτοματισμοί), οι οποίοι απαιτούν χαρακτηριστικά όπως μεγάλες ταχύτητες και επιταχύνσεις, μεγάλο λόγο ροπής ή δύναμης επεξεργασίας προς αδράνεια φορτίου, απότομες μεταβολές συνθηκών λειτουργίας κ.ά. [3]. Τέτοιες απαιτήσεις ως επί το πλείστον μπορούν να καλυφθούν μόνο από τις υδραυλικές (και ενίοτε από τις πνευματικές) μεταδόσεις κίνησης. Τα υδραυλικά συστήματα νερού εντάσσονται σε αυτή την κατηγορία και χρησιμοποιούνται ήδη σε συστήματα όπως π.χ. σε απαιτητικές εφαρμογές υψηλών συχνοτήτων (π.χ. ρομποτική, προσομοιωτές πτήσης, πάρκα ψυχαγωγίας), σε εφαρμογές στη βιομηχανία (π.χ. πιεστήρια ή ελασματοεργασία για επεξεργασία μετάλλων, κοπή σκληρών μετάλλων), σε εφαρμογές αυτομάτου ελέγχου (ηλεκτροϋδραυλικά σερβοσυστήματα, βλ. Σχ. 2), σε εφαρμογές στα ορυχεία, αθλήματα και στις εφαρμοσμένες επιστήμες (π.χ. για τον αντισεισμικό σχεδιασμό προστασίας κτηρίων, ανυψωτικές μηχανές, γεωργικά μηχανήματα, οχήματα κτλ., βλ. Σχ. 3, 4), [4]. Δεδομένου ότι η ζήτηση στα υδραυλικά συστήματα νερού αυξάνεται σταδιακά,

το αρχικό κόστος τέτοιων συστημάτων αναμένεται να ελαττωθεί. Επιπλέον, η διαρκώς αυξανόμενη ανησυχία για περιβαλλοντικά θέματα σε συνδυασμό με τα θετικά εγγενή χαρακτηριστικά του νερού (καθαρότητα, μη αναφλέξιμο, μη τοξικό κ.τ.λ.) καθιστούν το νερό ένα βιώσιμο υδραυλικό μέσο, ενώ τα υδραυλικά συστήματα νερού περισσότερο εφαρμόσιμα. Ήδη, δεν είναι τυχαίο ότι την τελευταία δεκαετία η επιστήμη των υδραυλικών έχει στραφεί συστηματικά στην ανάπτυξη υδραυλικών εξαρτημάτων και συστημάτων αποκλειστικά για χρήση νερού (υλικά στεγάνωσης, βαλβίδες ελέγχου ροής και πίεσης, αντλίες κ.ά.), ενώ παράλληλα οι κατασκευαστές υδραυλικών νερού κάνουν προσπάθειες μείωσης του κόστους παραγωγής τους. Εν κατακλείδι, θα μπορούσε να ισχυριστεί κάποιος ότι προϊόντος του χρόνου, τα υδραυλικά συστήματα νερού κερδίζουν ορισμένα και περισσότερο έδαφος έναντι των συστημάτων λαδιού και ότι μελλοντικά τα συστήματα αυτά θα κατέχουν πρωταρχικό ρόλο σε εγκαταστάσεις υδραυλικής ισχύος.

### Βιβλιογραφία

1. Ν. Β. Παναγιωτόπουλος, Υδροστατικές Μεταδόσεις Κίνησης, Εκδόσεις Ζήτη & Σία ΟΕ, 1985.
2. National Fluid Power Association Staff, Modern Water Hydraulics - Your Choice for the Future, National Fluid Power Association, 1995.
3. H. E. Merritt, Hydraulic Control Systems, John Wiley, 1967.
4. Gary, W. Krutz, Patric S. K. Chua, "Water Hydraulics - Theory and Applications 2004", Workshop on Water Hydraulics, Agricultural Equipment Technology Conf. (AETC '04), Feb. 8-10, 2004, Louisville, Kentucky.

**Συγγραφείς:** α) Ιωάννης Ναβηλιάκος, Δρ. Μηχανολόγος Μηχανικός, Εργαστήριο Αυτομάτου Ελέγχου, Σχολή Μηχανολόγων Μηχανικών ΕΜΠ. β) Ευάγγελος Παπαδόπουλος, Καθηγητής, Εργαστήριο Αυτομάτου Ελέγχου, Σχολή Μηχανολόγων Μηχανικών ΕΜΠ.