

**ΔΙΑΓΝΩΣΤΙΚΗ ΣΥΣΚΕΥΗ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗΣ ΤΗΣ  
ΤΕΧΝΙΚΗΣ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ ΤΗΣ ΑΝΤΛΙΑΣ  
ΥΔΡΑΥΛΙΚΟΥ ΤΩΝ ΓΕΩΡΓΙΚΩΝ ΕΛΚΥΣΤΗΡΩΝ**

**Ι. ΓΡΑΒΑΛΟΣ, Ι. ΡΑΠΤΗΣ, Δ. ΚΑΤΕΡΗΣ,  
Ι. ΒΕΛΙΩΤΗΣ, Γ. ΣΕΡΑΦΕΙΜ**

Τεχνολογικό Εκπαιδευτικό Ίδρυμα Λάρισας, Σχολή Τεχνολογίας Γεωπονίας,  
Τμήμα Γεωργικών Μηχανών και Αρδεύσεων, Τ.Κ. 411 10, Λάρισα.

**ΠΕΡΙΛΗΨΗ**

Η απώλεια υδραυλικής ισχύος είναι από τις σημαντικότερες βλάβες του υδραυλικού συστήματος, που οφείλεται στη φθορά των επιμέρους εξαρτημάτων της αντλίας. Για το λόγο αυτό αναπτύχθηκε μία συσκευή μέτρησης τεχνικών παραμέτρων όπως είναι η πραγματική παροχή της αντλίας, η πίεση και η θερμοκρασία του λαδιού. Η συσκευή αυτή αποτελείται από έναν υδραυλικό κινητήρα, μία ταχομετρική γεννήτρια και μία σειρά άλλων συμπληρωματικών εξαρτημάτων, που επιτρέπουν την απευθείας σύνδεσή της με το εξωτερικό υδραυλικό κύκλωμα του ελκυστήρα. Πρόκειται για μία μη επεμβατική, απλή, γρήγορη και αξιόπιστη μέθοδο αξιολόγησης της τεχνικής κατάστασης της αντλίας του υδραυλικού συστήματος των γεωργικών ελκυστήρων.

**A DIAGNOSIS DEVICE FOR APPRECIATING THE  
TECHNICAL CONDITION OF THE HYDRAULIC  
PUMP OF AGRICULTURAL TRACTORS**

**I. GRAVALOS, I. RAPTIS, D. KATERIS  
I. VELIOTIS, G. SERAFIM**

Technological Educational Institute of Larissa, Faculty of Agricultural Technology,  
Department of Agricultural Machinery & Irrigation, 41110, Larissa, Greece.

**ABSTRACT**

The hydraulic power loss is one of the significant failures of the hydraulic system, caused by the ware of pump components. For this reason a measuring device of the technical parameters such as pump delivery, oil pressure and temperature, has been developed. This device is composed by a hydraulic motor, a tachogenerator and other complementary components and is connected to the external hydraulic circuit of the tractor. It is a non-contact, simple, quick and reliable method for appreciating the technical condition of the hydraulic pump of agricultural tractors.

## 1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Οι βλάβες του υδραυλικού συστήματος είναι από τις πλέον συνηθισμένες βλάβες των γεωργικών ελκυστήρων. Βλάβη του υδραυλικού συστήματος είναι κάθε συμβάν που έχει σαν αποτέλεσμα τη δυσλειτουργία του. Σύμφωνα με τους Μαυρίδη [1] και Kerper et al. [2], η ανεύρεση των βλαβών θα πρέπει να βασίζεται σε μία λογική ανάλυση, που να οδηγεί σε χρήσιμα και γρήγορα συμπεράσματα.

Οι κατασκευαστές γεωργικών ελκυστήρων, για να βοηθήσουν στην ανεύρεση των βλαβών, συμπεριλαμβάνουν διαγνωστικούς πίνακες στα εγχειρίδια επισκευών τους [3], [4]. Η κωδικοποίηση των βλαβών γίνεται συνήθως με τον ακόλουθο τρόπο:

➤ Ακίνητοποίηση της ανάρτησης τριών σημείων. Πιθανά αίτια, η ύπαρξη ξένων σωματιδίων στη βαλβίδα κατευθύνσεως ή εμπλοκή του συστήματος αυτόματης ρύθμισης.

➤ Το υδραυλικό κύκλωμα δε διασφαλίζει την απαιτούμενη ταχύτητα στους βραχίονες ανύψωσης. Πιθανά αίτια, η φθορά της αντλίας ή κακή στεγανότητα του κυκλώματος.

➤ Η ανυψωτική ικανότητα είναι μικρότερη της προβλεπόμενης. Πιθανά αίτια, η μειωμένη απόδοση της αντλίας ή εσφαλμένη ρύθμιση της βαλβίδας ανακουφίσεως.

Ένα δεύτερο βοήθημα για τον εντοπισμό των βλαβών αποτελούν οι διαγνωστικοί αλγόριθμοι [5], [6], [7]. Στο ολοκληρωμένο διάγραμμα ροής της ακολουθούμενης διαγνωστικής διαδικασίας για το υδραυλικό κύκλωμα των γεωργικών ελκυστήρων περιλαμβάνονται: τα βήματα (1, 2), με τα οποία ελέγχεται η κατάσταση του υδραυλικού ρευστού, τα βήματα (3 ÷ 7), με τα οποία γίνεται έλεγχος και αποκαθίστανται τα φθαρμένα μηχανικά στοιχεία, τα βήματα (8 ÷ 14), με τα οποία πραγματοποιείται έλεγχος του υδραυλικού κυκλώματος και το βήμα (15), με το οποίο γίνεται ο τελικός έλεγχος της λειτουργίας του συστήματος ανάρτησης τριών σημείων. Πρόκειται για την κωδικοποίηση λογικών ενεργειών που απαιτούνται στην ανεύρεση των βλαβών [8], [9].

Τα τελευταία χρόνια, για την ανεύρεση των βλαβών, χρησιμοποιήθηκαν έμπειρα συστήματα (expert systems) [10], [11]. Τα έμπειρα συστήματα αποτελούν ένα πολύτιμο εργαλείο γρήγορων και αποτελεσματικών αποφάσεων για την επίλυση τεχνικών προβλημάτων, που μειώνουν σημαντικά το κόστος των επισκευών. Η δημιουργία βάσης γνώσης είναι μία σύνθετη διαδικασία, που βασίζεται στη συλλογή γνώσεων από ειδικούς και την κωδικοποίησή τους ώστε να μπορούν να χρησιμοποιηθούν από το έμπειρο σύστημα. Ένα έμπειρο σύστημα ανεύρεσης βλαβών του υδραυλικού συστήματος των γεωργικών ελκυστήρων παρουσιάζεται από τους Gaultney et al. [12], του οποίου η βάση γνώσης υλοποιήθηκε σύμφωνα με τα τεχνικά εγχειρίδια του κατασκευαστή, ως μία ακολουθία από 56 διαγνωστικά βήματα.

Τα ανωτέρω βοήθημα απευθύνονται κυρίως σε εξειδικευμένους μηχανικούς. Για το λόγο αυτό στην πράξη η συνηθέστερη μέθοδος που συναντά κάποιος είναι η αντικατάσταση των ύποπτων στοιχείων του υδραυλικού συστήματος και η εκτέλεση δοκιμών έως ότου εντοπιστεί η πραγματική αιτία του προβλήματος [13], [1].

Στην παρούσα εργασία, για την ασφαλή εξαγωγή συμπερασμάτων που να αφορούν την τεχνική κατάσταση του υδραυλικού συστήματος των γεωργικών ελκυστήρων, προτείνεται η μέτρηση βασικών παραμέτρων του, όπως είναι: η παροχή της αντλίας  $Q$  [ $\text{dm}^3 \cdot \text{min}^{-1}$ ], η πίεση του υδραυλικού ρευστού  $p$  [MPa], η θερμοκρασία του υδραυλικού ρευστού  $T$  [ $^{\circ}\text{C}$ ] και η ανυψωτική ικανότητα  $F_z$  [N]. Για το σκοπό αυτό αναπτύχθηκε μία συσκευή μέτρησης της πραγματικής παροχής της αντλίας, της πίεσης και της θερμοκρασίας του υδραυλικού ρευστού. Πρόκειται για μία μη επεμβατική, απλή, γρήγορη και αξιόπιστη διαγνωστική μέθοδο αξιολόγησης της τεχνικής κατάστασης της αντλίας, η οποία σε συνδυασμό με ένα δυναμόμετρο μέτρησης της ανυψωτικής δύναμης

θα μπορούσε να δώσει μία συνολική εικόνα της κατάστασης του υδραυλικού συστήματος των γεωργικών ελκυστήρων.

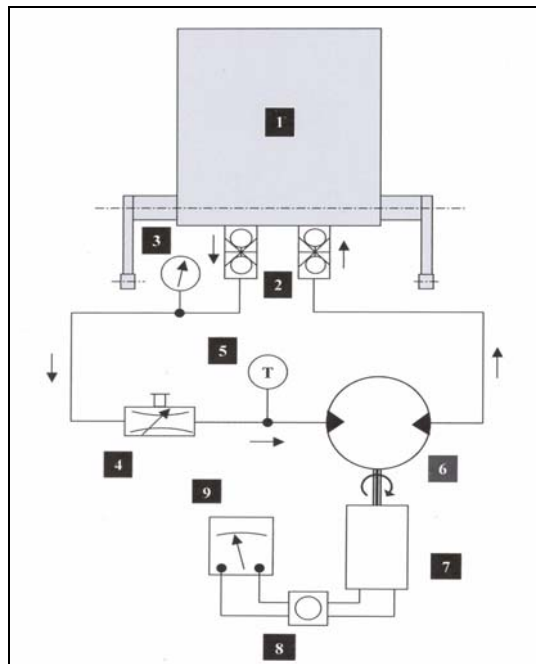
## 2. ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ

Η απώλεια υδραυλικής ισχύος είναι από τις σημαντικότερες βλάβες του υδραυλικού συστήματος, που οφείλεται στη φθορά των επιμέρους εξαρτημάτων της αντλίας. Με την προϋπόθεση ότι η βαλβίδα κατευθύνσεως του υδραυλικού κυκλώματος είναι εντελώς ανοιχτή, ο όγκος του λαδιού στη μονάδα του χρόνου θα πρέπει να ισούται με τη θεωρητική παροχή και επομένως είναι δυνατόν να προσδιοριστεί η απώλεια υδραυλικής ισχύος της αντλίας, από τη σχέση:

$$P_c = p \cdot (Q_t - Q) \quad \{1\}$$

Όπου:  $P_c$  – είναι η απώλεια υδραυλικής ισχύος της αντλίας [W]. Η τιμή  $P_c$  είναι ένα διαγνωστικό σήμα διά του οποίου μπορούμε να αξιολογήσουμε την τεχνική κατάσταση της αντλίας.  $p$  – είναι η πίεση του υδραυλικού ρευστού [Pa].  $Q_t$  – είναι η θεωρητική παροχή της αντλίας [ $m^3 \cdot s^{-1}$ ].  $Q$  – είναι η πραγματική παροχή της αντλίας [ $m^3 \cdot s^{-1}$ ].

Συνήθως για τη μέτρηση της παροχής χρησιμοποιούνται διάφορα ροόμετρα, που παρεμβάλλονται στη γραμμή ροής την οποία θέλουμε να μετρήσουμε. Όμως, πρόκειται για μία επίπονη και χρονοβόρα διαδικασία. Για το λόγο αυτό αναπτύχθηκε μία συσκευή μέτρησης της πραγματικής παροχής της αντλίας, της πίεσης και της θερμοκρασίας του υδραυλικού ρευστού, η οποία παρουσιάζεται στο σχήμα 1. Η συσκευή αυτή συνδέεται απευθείας στο εξωτερικό κύκλωμα του υδραυλικού συστήματος (1) του γεωργικού ελκυστήρα με τη βοήθεια ταχυσυνδέσμων (2). Πριν την είσοδο του ρευστού μέσου στον υδραυλικό κινητήρα, παρεμβάλλεται μία μεταβλητή στένωση (4), η οποία χρησιμοποιείται για τη ρύθμιση της πίεσης του ρευστού μέσου. Ο υδραυλικός κινητήρας (6) της Riva Calzoni αποτελεί το κυριότερο στοιχείο της συσκευής και συνδέεται διαμέσου ενός μηχανικού συνδέσμου με μία ταχομετρική γεννήτρια (7) της Atlas Elektromotory. Τα δύο αυτά στοιχεία συγκροτούν ουσιαστικά ένα μετατροπέα της υδραυλικής ισχύος σε ηλεκτρικό σήμα. Για την καταγραφή του σήματος χρησιμοποιήθηκε ένα αμπερόμετρο (9) και για να αυξηθεί η περιοχή μέτρησης του βασικού οργάνου συνδέθηκε παράλληλα μία αντίσταση διακλάδωσης (8). Επειδή η υδραυλική ισχύς της αντλίας δεν εξαρτάται μόνο από τη φθορά των εξαρτημάτων της, αλλά σε ένα βαθμό από τη θερμοκρασία και το ιξώδες του ρευστού μέσου, συνδέθηκε στο κύκλωμα ένα θερμόμετρο (5). Η έξοδος της συσκευής δεν δίνει απευθείας την παροχή του λαδιού σε [ $dm^3 \cdot min^{-1}$ ] αλλά σε [ $\mu A$ ] και για το λόγο αυτό έγινε βαθμονόμησή της με τη βοήθεια ενός ογκομετρικού δοχείου. Η σχέση ανάμεσα στα [ $\mu A$ ] και την παροχή λαδιού δίνεται με τη χαρακτηριστική καμπύλη του σχήματος 2. Κατά τη διαδικασία μέτρησης παροχής της αντλίας, η πίεση του λαδιού στο υδραυλικό κύκλωμα θα πρέπει να είναι σταθερή περίπου στα 12 MPa και η θερμοκρασία να κυμαίνεται από 40 έως 60 °C. Η μέτρηση θα πρέπει να αρχίζει από τις χαμηλές στροφές του κινητήρα ( $600 min^{-1}$ ) και να επεκτείνεται σταδιακά έως τις ονομαστικές ( $2350 min^{-1}$ ).



Σχήμα 1. Διαγνωστική συσκευή αξιολόγησης της κατάστασης του υδραυλικού συστήματος.



Σχήμα 2. Το διάγραμμα της σχέσεως μεταξύ παροχής λαδιού και ενδείξεων αμπερόμετρου.

### 3. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΚΑΙ ΣΥΖΗΤΗΣΗ

Τα υδραυλικά συστήματα που χρησιμοποιούνται στα αυτοκινούμενα γεωργικά μηχανήματα είναι παρόμοια με τα συστήματα των βιομηχανικών εφαρμογών, όμως δεν πρέπει να αγνοούμε ορισμένες ιδιαιτερότητές τους, που είναι κατασκευαστικής μορφής. Οι ιδιαιτερότητες αυτές επιβάλλονται από τις ειδικές συνθήκες εργασίας των γεωργικών μηχανημάτων. Οι αντλίες που χρησιμοποιούνται στα γεωργικά μηχανήματα, λόγω των συνθηκών λειτουργίας, απαιτούν αντοχή σε αυξομειώσεις της πίεσεως, αντοχή στα κρουστικά κύματα και αντοχή στη ρύπανση. Οι στροφές λειτουργίας των αντλιών στα γεωργικά μηχανήματα ποικίλουν από  $500 \div 600 \text{ [min}^{-1}\text{]}$  έως  $2500 \div 3000 \text{ [min}^{-1}\text{]}$ , ενώ οι πιέσεις συχνά φθάνουν τα  $18 \div 20 \text{ MPa}$ . Πρόκειται για υδραυλικές αντλίες οδοντωτού τύπου, που η αρχή λειτουργίας τους βασίζεται στη μεταφορά του ρευστού μέσω δύο οδοντωτών τροχών. Ο ένας από τους δύο οδοντωτούς τροχούς συνδέεται με τον κινητήριο άξονα. Οι χώροι καταθλίψεως που δημιουργούνται μεταξύ των δοντιών περικλείονται από το σώμα της αντλίας. Η αντλία οδοντωτού τύπου είναι αντλία κυρίως μικρών και μεσαίων παροχών. Η ικανότητά της να παρουσιάζει ανοχή σε ρευστό μέσο που δεν είναι απόλυτα καθαρό και σε συνδυασμό με το χαμηλό κόστος την καθιστούν ιδανική για τα γεωργικά μηχανήματα.

Για την πειραματική επαλήθευση της διαγνωστικής συσκευής χρησιμοποιήθηκαν 20 γεωργικοί ελκυστήρες του οίκου Same Deutz-Fahr Group. Ο καθένας από τους ελκυστήρες αυτούς είχε διαφορετικές ώρες λειτουργίας, κάτω από διαφορετικές συνθήκες εργασίας. Πρόκειται για ελκυστήρες Lamborghini 674-70 και 774-80 της σειράς Grand Prix με τελική ισχύ 51.4 και 58.8 kW αντιστοίχως. Και οι δύο τύποι ελκυστήρων διαθέτουν υδραυλικό σύστημα με αντλία οδοντωτού τύπου του οίκου Bosch, με μέγιστη παροχή λαδιού  $33 \text{ dm}^3 \cdot \text{min}^{-1}$ , ανυψωτική ικανότητα 2944 και 3080 kg αντιστοίχως και ανάρτηση τριών σημείων κατηγορίας II. Κατά τη διάρκεια πραγματοποίησης διαγνωστικού ελέγχου σε ένα υδραυλικό σύστημα θα πρέπει να έχουμε υπόψιν μας τις τεχνικές παραμέτρους του κατασκευαστή. Οι τιμές των παραμέτρων του συγκεκριμένου υδραυλικού κυκλώματος δίνονται στον πίνακα 1.

Πίνακας 1: Τεχνικοί παράμετροι υδραυλικού κυκλώματος.

Τεχνικοί παράμετροι υδραυλικής αντλίας					Βαλβίδες ανακούφισης	
Στροφές Κινητήρ. $[\text{min}^{-1}]$	Στροφές Αντλίας $[\text{min}^{-1}]$	Παροχή Λαδιού $[\text{dm}^3/\text{min}]$	Πίεση Λαδιού $[\text{MPa}]$	Θερμοκρ. Λαδιού $[\text{°C}]$	Υδραυλ. Αντλίας $[\text{MPa}]$	Υδραυλ. Κινητήρ. $[\text{MPa}]$
600	550	6	12	40	17.5	18
2350	1920	33	12	40	17.5	18

Στη συνέχεια, στον πίνακα 2 δίνονται τα αποτελέσματα των δοκιμών της διαγνωστικής συσκευής. Σύμφωνα με τα στοιχεία του πίνακα, γίνεται φανερό ότι η παροχή της αντλίας, ανάλογα με το μέγεθος της φθοράς που παρουσιάζει, κυμαίνεται στις χαμηλές στροφές του κινητήρα από 3.8 έως 6  $\text{dm}^3 \cdot \text{min}^{-1}$  ενώ στις ονομαστικές στροφές από 24.7 έως 33  $\text{dm}^3 \cdot \text{min}^{-1}$ . Επίσης, η θερμοκρασία του λαδιού αυξάνεται καθώς αυξάνονται οι απώλειες της αντλίας σε ισχύ. Μεγαλύτερες φθορές στη αντλία του υδραυλικού συστήματος παρουσιάζονται κυρίως στους γεωργικούς ελκυστήρες, που εκτελούν εργασίες μηχανικής κατεργασίας του εδάφους. Στην περίπτωση του γεωργικού ελκυστήρα με αύξοντα αριθμό (6), που χρησιμοποιήθηκε κατά κύριο λόγο στη μεταφορά αγροτικών προϊόντων, η αντλία δεν παρουσιάζει απώλειες.

Τα στοιχεία του πίνακα 2, παρουσιάζουν την απόκλιση της παροχής από τις επιθυμητές τιμές, στις χαμηλές και ονομαστικές στροφές. Όμως, για να έχουμε μία ολοκληρωμένη εικόνα της τεχνικής κατάστασης της αντλίας, θα πρέπει με τη βοήθεια της διαγνωστικής συσκευής, να κατασκευάσουμε το διάγραμμα με τις χαρακτηριστικές καμπύλες παροχής της αντλίας. Στο σχήμα 3 παρουσιάζεται η σύγκριση των χαρακτηριστικών μεταξύ της θεωρητικής και πραγματικής παροχής της αντλίας, για το γεωργικό ελκυστήρα με αύξοντα αριθμό (19), κάτω από σταθερή πίεση 12 MPa του υδραυλικού κυκλώματος. Η τιμή της διαφοράς  $\Delta Q$  εάν τοποθετηθεί στην ανωτέρω σχέση {1}, δίνει την απώλεια υδραυλικής ισχύος της αντλίας στις ονομαστικές στροφές του κινητήρα.. Είναι λοιπόν φανερό ότι η υδραυλική αντλία του συγκεκριμένου ελκυστήρα παρουσιάζει σημαντική απώλεια ισχύος και για το λόγο αυτό θα πρέπει σύντομα να αντικατασταθεί.

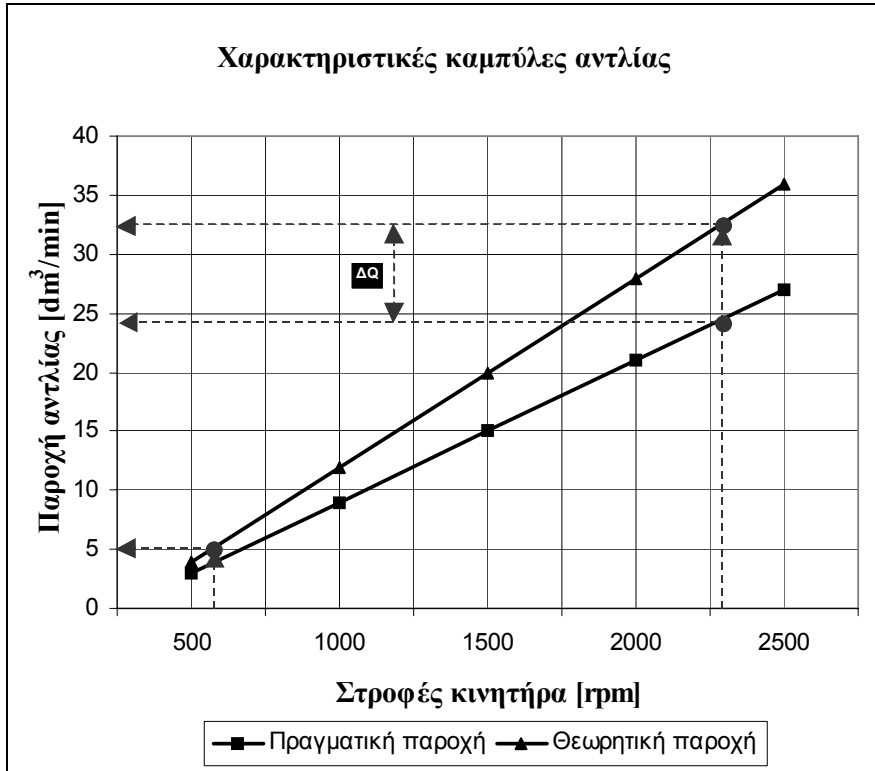
Ο αντικειμενικός σκοπός μας είναι η δημιουργία μίας διαγνωστικής συσκευής, η οποία να είναι όσο το δυνατόν πιο φιλική προς το χρήστη. Γι' αυτό λοιπόν αποφασίστηκε η αντικατάσταση του αρχικού υδραυλικού κινητήρα της Riva Calzoni με έναν άλλο κινητήρα της εταιρείας EATON, ο οποίος προσφέρει τη δυνατότητα της απευθείας προσαρμογής στο σώμα του ενός αισθητήρα ανίχνευσης της ταχύτητας περιστροφής (speed sensor). Ο συγκεκριμένος αισθητήρας είναι απόλυτα συμβατός με το ηλεκτρικό σύστημα των αυτοκινούμενων οχημάτων και δίνει στην έξοδό του μία παλμοσειρά. Επομένως, είναι αρκετά εύκολο με τη βοήθεια ενός απεικονιστή να μετρηθεί ο αριθμός των παλμών (I) για προκαθορισμένο χρονικό διάστημα. Εφόσον είναι γνωστός ο γεωμετρικός όγκος του υδραυλικού κινητήρα (V), δύναται να υπολογιστεί με ακρίβεια η πραγματική παροχή (Q) του, από την ακόλουθη σχέση:

$$Q=I \cdot V \quad \{2\}$$

Τέλος, με τη βοήθεια κατάλληλων ηλεκτρονικών διατάξεων, παρέχεται η δυνατότητα στο χρήστη να διαβάσει απευθείας, από το στοιχείο απεικόνισης, την απώλεια υδραυλικής ισχύος της αντλίας. Η απώλεια υδραυλικής ισχύος αποτελεί σημαντικό διαγνωστικό σήμα για την αξιολόγηση της τεχνικής κατάστασης της αντλίας του υδραυλικού συστήματος των γεωργικών ελκυστήρων.

Πίνακας 2: Αποτελέσματα δοκιμών διαγνωστικής συσκευής.

Α/Α	Τύπος Ελακυστ.	Ωρες Λειτουργ. [mth]	Παροχή λαδιού [dm <sup>3</sup> /min]		Πίεση Λειτουργ. [MPa]	Θερμ. Λαδ. [°C]	Παρατηρ.
			Στροφές κιν. [min <sup>-1</sup> ]				
			600	2350			
1	L 674-70	558	6	33	12	42	Καινούργ. ελκ.
2	L 674-70	1553	5.9	33	12	42	Σχετικ. Καινούργ. ελκ.
3	L 674-70	2155	5.7	32.5	12	43	Διάφ. εργασ.
4	L 674-70	2640	5.0	28	12	46	Εργασ. κατεργ. εδάφ.
5	L 674-70	2948	5.7	32	12	43	Διάφ. εργασ.
6	L 674-70	3124	5.9	33	12	42	Μεταφ. αγρ. προϊόντων
7	L 674-70	3825	5.2	28.5	12	45	Εργασ. κατεργ. εδάφ.
8	L 674-70	4220	5.5	31	12	43	Διάφ. εργασ.
9	L 674-70	4757	5.1	28	12	45	Εργασ. κατεργ. εδάφ.
10	L 674-70	5329	5.5	31.5	12	43	Διάφ. εργασ.
11	L 774-80	1123	5.9	32.5	12	42	Σχετικ. Καινούργ. ελκ.
12	L 774-80	1689	5.8	32	12	42	Σχετικ. Καινούργ. ελκ.
13	L 774-80	2235	5.6	31.5	12	43	Διάφ. εργασ.
14	L 774-80	2586	5.7	32	12	42	Διάφ. εργασ.
15	L 774-80	3421	5.5	31	12	44	Διάφ. εργασ.
16	L 774-80	3647	5.1	28	12	46	Διάφ. εργασ.
17	L 774-80	4562	5.3	29	12	45	Διάφ. εργασ.
18	L 774-80	4758	5.3	29.5	12	45	Διάφ. εργασ.
19	L 774-80	5315	3.8	24.7	12	50	Εργασ. κατεργ. Εδάφ.
20	L 774-80	7945	5.8	32	12	42	Η αντλία είχε αντικατ.



Σχήμα 3. Σύγκριση των χαρακτηριστικών μεταξύ θεωρητικής και πραγματικής παροχής της αντλίας, του γεωργικού ελκυστήρα με αύξοντα αριθμό (19).

#### 4. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

1. Οι αντλίες είναι το σπουδαιότερο στοιχείο ενός υδραυλικού συστήματος, το πιο ευαίσθητο και το πιο ακριβό. Μία υδραυλική αντλία καταθλίβει θεωρητικώς το μέγιστο ποσό ρευστού, όταν η βαλβίδα κατευθύνσεως είναι εντελώς ανοιχτή. Όμως, στην πραγματικότητα, η παροχή της αντλίας περιορίζεται λόγω φθοράς των επιμέρους στοιχείων της.
2. Η κωδικοποίηση των ενεργειών, που απαιτούνται για την ανεύρεση των διαφόρων βλαβών σε ένα υδραυλικό σύστημα, στην πράξη είναι αρκετά δύσκολη. Οι κατασκευάστριες εταιρείες προτείνουν τη χρήση διαγνωστικών πινάκων και αλγορίθμων. Τα τελευταία χρόνια, για την επίλυση πολύπλοκων τεχνικών προβλημάτων, χρησιμοποιούνται έμπειρα συστήματα, ως ένα εργαλείο γρήγορων και αποτελεσματικών αποφάσεων.
3. Επειδή τα ανωτέρω βοηθήματα απευθύνονται κυρίως σε εξειδικευμένους μηχανικούς, για την ασφαλή εξαγωγή συμπερασμάτων, που να αφορούν την τεχνική κατάσταση της αντλίας του υδραυλικού συστήματος των γεωργικών ελκυστήρων, προτείνεται μία συσκευή μέτρησης της πραγματικής παροχής, της



πίεσης και της θερμοκρασίας του υδραυλικού ρευστού. Πρόκειται για μία μη επεμβατική, απλή, γρήγορη και αξιόπιστη διαγνωστική μέθοδο.

4. Για την πειραματική επαλήθευση αυτής της διαγνωστικής συσκευής χρησιμοποιήθηκαν 20 γεωργικοί ελκυστήρες. Ο καθένας από τους ελκυστήρες αυτούς είχε διαφορετικές ώρες λειτουργίας, κάτω από διαφορετικές συνθήκες εργασίας. Σύμφωνα με τα αποτελέσματα των δοκιμών, γίνεται φανερό ότι η παροχή της αντλίας, ανάλογα με το μέγεθος της φθοράς που παρουσιάζει, κυμαίνεται στις χαμηλές στροφές του κινητήρα από 3.8 έως 6  $\text{dm}^3 \cdot \text{min}^{-1}$  ενώ στις ονομαστικές στροφές από 24.7 έως 33  $\text{dm}^3 \cdot \text{min}^{-1}$ .
5. Για να έχουμε μία ολοκληρωμένη εικόνα της τεχνικής κατάστασης της αντλίας, θα πρέπει με τη βοήθεια της διαγνωστικής συσκευής, να κατασκευάσουμε το διάγραμμα με τις χαρακτηριστικές καμπύλες παροχής της αντλίας. Η τιμή της διαφοράς ( $\Delta Q$ ) μεταξύ θεωρητικής και πραγματικής παροχής, επιτρέπει τον προσδιορισμό της απώλειας υδραυλικής ισχύος της αντλίας στις εκάστοτε στροφές του κινητήρα.

#### **ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ**

1. Μαυρίδης, Δ., Α., 1987. *Εγχειρίδιο υδραυλικών συστημάτων. Επισκόπηση μίας νέας τεχνολογίας*. Βιομηχανική Τεχνολογία Α.Ε., Αθήνα.
2. Kepner, R., A., Bainer, R., Barger, E., L., 2000. *Principles of Farm Machinery*. CBS Publishers and Distributors. New Delhi.
3. Vickers Systems, 1976. *Trouble Shooting Algorithm*. Havant.
4. Trattori Lamborghini S.p.A., 1992. *Hydraulic Lift System*. Technical Service Literature.
5. Keller, G., 1978. *Hydraulic system analysis*. Cleveland.
6. Janousek, I., Kozak, J., Taraba, O., a kol., 1988. *Technicka Diagnostika*. Nakladatelstvi Technicke Literatury, Praha.
7. Sachenbacher, M., Struss, P., 1997. Fault Isolation in the Hydraulic Circuit of an ABS: A Real-World Reference Problem for Diagnosis. *8<sup>th</sup> International Workshop on Principles of Diagnosis (DX-97)*. France.
8. Harms, H., H., 1980. Energiesparung durch Systemwahl in der Mobilhydraulik. *VDI-Zeitschrift*, 122/30.
9. Αυγερινός, Γ., 1996. *Υδραυλικό σύστημα και αυτοματισμοί υψηλής πίεσης*. Εκδόσεις Φούντας. Αθήνα.
10. Dressler, O., 1996. On-line Diagnosis and Monitoring of Dynamic Systems based on Qualitative Models and Dependency-based Diagnosis Engines. *In Proceedings of the European Conference on Artificial Intelligence (ECAI-96)*. Budapest.
11. Angeli, C., 1999. *An on-line expert system for fault diagnosis in hydraulic systems*. Expert Systems, Vol. 16, Issue 2, p: 115-123.
12. Gaultney, L., D., Harlow, S., D., Ooms, W., 1989. An expert system for troubleshooting tractor hydraulic systems. *Computers and Electronics in Agriculture*, Vol. 3, p: 177-187.
13. Havlicek, J., a kol., 1983. *Provozni spolehlivost stroju*. Statni zemedelske nakladatelstvi, Praha.