

CHARAKTERYSTYKI DYNAMICZNE UKŁADU HYDRAULICZNEGO JAKO NOŚNIK INFORMACJI DIAGNOSTYCZNEJ O STANIE NIEZDATNOŚCI JEGO ELEMENTÓW

Arkadiusz RYCHLIK

Katedra Budowy, Eksploatacji Pojazdów i Maszyn, Wydział Nauk Technicznych, UWM w Olsztynie,
ul. Oczipowskiego 11, 10-719 Olsztyn, e-mail: rychter@uwm.edu.pl

Streszczenie

W pracy zaproponowano metodę identyfikacji stanu technicznego układu hydraulicznego na podstawie analizy charakterystyk dynamicznych pozyskanych w kanale tłocznym pompy oleju. Jako uogólniony parametr stanu technicznego badanego układu hydraulicznego przyjęto zmianę: ciśnień i jego amplitud zarejestrowanych podczas ruchów roboczych układu, czasu ruchu roboczego tłoczyska siłownika oraz temperatury czynnika roboczego.

Słowa kluczowe: układ hydrauliczny, charakterystyka dynamiczna, identyfikacja uszkodzeń.

DYNAMIC CHARACTERISTICS OF HYDRAULIC SYSTEM AS DIAGNOSTIC KNOWLEDGE ON NON-OPERATIONAL STATE OF ITS ELEMENTS

Summary

The method of identification of the technical state of the hydraulic system on the base of the analysis of dynamic characteristics acquired in the pumping conduit of the oil pump was presented in the paper. As a generalized parameter of the technical state of the investigated hydraulic system there was assumed the change of: pressures and their amplitudes recorded during activity of the system, activity time of the piston rod of the hydraulic cylinder, temperature of the working fluid.

Keywords: hydraulic system, dynamic characteristic, damage identification.

1. WPROWADZENIE

Układy hydrauliczne są powszechnie wykorzystywane w maszynach roboczych wszędzie tam, gdzie niezbędne jest przemieszczanie ciężkich ładunków lub uzyskanie dużej siły użytecznej. Nawet z pozoru drobne uszkodzenie jakim jest wyciek zewnętrzny czy zapowietrzenie się układu, niezidentyfikowane w odpowiednim czasie, może doprowadzić do nieodwracalnych uszkodzeń elementów układu hydraulicznego, zatrzymania procesu roboczego czy zanieczyszczenia środowiska naturalnego.

W ostatnich latach obserwuje się wzrost zainteresowania na metody i środki diagnostyczne służące do identyfikacji stanu niezdatności układów hydraulicznych. Jest to spowodowane zapotrzebowaniem na coraz to bardziej sprawne, wydajniejsze i bezpieczne układy hydrauliczne. Rozwój tego typu układów nie pociągnął za sobą tak dynamicznego rozwoju nowych metod diagnostycznych umożliwiających identyfikację ich stanu technicznego.

Układy hydrauliczne charakteryzują się dużą wrażliwością na przecieki zarówno wewnętrzne występujące w elementach układu jak i wycieki zewnętrzne z układu. Jest to szczególnie widoczne na charakterystykach dynamicznych ilustrujących

dynamiczne zmiany ciśnienia w punktach charakterystycznych układu [3, 5].

W literaturze problemu można odnaleźć wiele prób identyfikacji stanu technicznego układu hydraulicznego na podstawie zmiany ciśnienia oleju w układzie. W pracy [1] przedstawiono metodę identyfikacji stanu technicznego układu hydraulicznego składającego się z pompy oleju i silnika hydraulicznego. Jako uogólniony parametr stanu technicznego tego układu zaproponowano zmianę ciśnienia oleju w kanale tłocznym pompy i zmianę prędkości kątowej wałka silnika hydraulicznego. Na podstawie takiego modelu zaproponowano identyfikacje stanu technicznego pompy, silnika hydraulicznego i szczelności układu.

Zmiana ciśnienia w kanale tłoczny pompy i prędkości przemieszczania się tłoczyska siłownika w układzie jako parametr diagnostyczny, zaproponowano w pracy [2]. Zdaniem autorów na podstawie tych cech sygnału diagnostycznego można identyfikować takie stany niezdatności jak: wyciek zewnętrzny, przeciek wewnętrzny, spadek sprawności pompy, przeciążenie mechanizmów układu itd..

Złożoność układów, powszechność występowania jak i wysokie ciśnienia występujące we współczesnych układach hydraulicznych,

wymusza konieczność identyfikacji wiedzy diagnostycznej na potrzeby automatycznych systemów diagnostycznych, które umożliwiałyby identyfikację stanu niezdatności oraz lokalizację uszkodzenia na podstawie analizy zmiany ciśnienia w układzie hydraulicznym maszyn roboczych.

2. BADANIA EKSPERYMENTALNE UKŁADU HYDRAULICZNEGO

Prowadzenie badań eksperymentalnych na obiekcie rzeczywistym podczas jego funkcjonowania, ze względu na duże nakłady, brak możliwości ingerencji w układ hydrauliczny (podczas jego użytkowania) oraz ograniczony zbiór stanów niezdatności które można zaprogramować w eksperymencie biernym, powoduje konieczność budowy stanowisk laboratoryjnych odwzorowujących rzeczywisty proces ich funkcjonowania.

Na potrzeby pozyskania charakterystyk dynamicznych typowych układów hydraulicznych w kontekście stanu niezdatności, przygotowano laboratoryjne stanowisko układu hydraulicznego składającego się z: pompy zębatej, rozdzielacza, zaworu zwrotnego i siłownika hydraulicznego jednostronnego działania.

Schemat funkcjonalny laboratoryjnego stanowiska przedstawiono na rys. 1. W położeniu neutralnym dźwigni rozdzielacza (2) i zamkniętym jego zaworze bezpieczeństwa, olej tłoczony przez pompę (1) przepływa przez filtr (5) do zbiornika (9). Przerzutowanie dźwigni rozdzielacza z położenia neutralnego w położenie – „podnoszenie” powoduje przepływ oleju przez rozdzielacz, zawór zwrotny rozdzielacza i dławik (8) do siłownika (3), którego tłoczek jest obciążony siłą Q , a wysokość podnoszenia tłoczyska siłownika określana jest poprzez czujnik przemieszczenia (12).

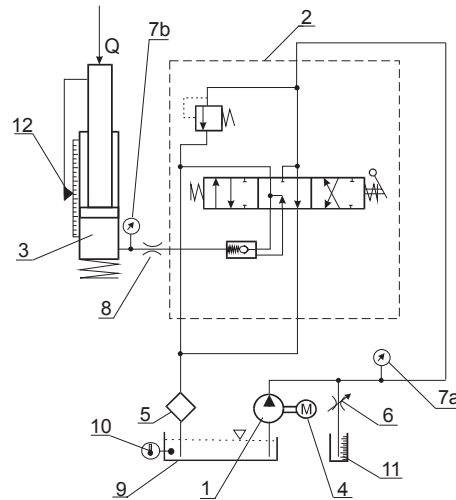
Układ hydrauliczny napełniono olejem hydraulicznym HL 46, badania realizowano gdy temperatura oleju wahała się w granicach $35 \div 45^\circ\text{C}$, a tłoczek siłownika obciążono siłą $Q=5960\text{ N}$ i podnoszono na wysokość $L=600\text{ mm}$.

Wycieki zewnętrzne z układu realizowano poprzez kontrolowane upuszczanie czynnika roboczego poprzez zawór (6) do naczynia pomiarowego (11) na odcinku pomiędzy pompą (1), a rozdzielaczem (2). Wyciek zewnętrzny (W_j) zdefiniowano jako: objętość wycieku zewnętrznego oleju z układu w czasie którego, cały wydatek pompy kierowany był do zbiornika (9) z pominięciem odbiorników (pozycja neutralna rozdzielacza).

Badania przeprowadzono metodą eksperymentu czynnego, w którym jako uogólniony parametr stanu układu hydraulicznego przyjęto: wyciek zewnętrzny oleju z układu (odwzorowujący uszkodzenie lub zużycie pompy hydraulicznej), błędy montażowe (dławik) oraz uszkodzenie

zaworu zwrotnego, także sekcji rozdzielacza i jego zaworu bezpieczeństwa.

Podczas badań rejestrowano zmiany ciśnienia (charakterystyki dynamiczne) w kanale tłocznym pompy na podstawie którego określano czas trwania ruchu roboczego (podnoszenie wózka obciążającego tłoczek) oraz zmianę temperatury oleju hydraulicznego.



Rys. 1. Schemat funkcjonalny laboratoryjnego stanowiska do badań układu hydraulicznego wraz z czujnikami pomiarowymi. 1 – pompa oleju, 2 – rozdzielacz hydrauliczny, 3 – siłownik hydrauliczny, 4 – silnik elektryczny, 5 – filtr oleju, 6 – zawór do realizacji wycieków zewnętrznych, 7a, 7b – czujniki ciśnienia oleju w układzie, 8 – dławik, 9 – zbiornik oleju, 10 – czujnik temperatury czynnika roboczego, 11 – naczynie pomiarowe wartości wycieków zewnętrznych z układu, 12 – czujnik liniowy przemieszczenia tłoczyska siłownika, Q – siła obciążająca tłoczek siłownika

W celu identyfikacji parametrów sygnałów diagnostycznych w postaci zmian ciśnień w rozpatrywanych punktach układu hydraulicznego, przeprowadzono 11 różnych wariantów pomiarów zaś liczbę powtórzeń ustalono na 10. Warianty pomiarów zestawiono w tabeli 1.

Jako wzorzec charakteryzujący nominalny stan zdatności badanego układu, przyjęto wariant 1, dla wycieku zewnętrznego ($W_j=0\text{ dm}^3/\text{min}$) i zastosowaniu w układzie dławika o średnicy otworu przelotowego $\varnothing 2,5\text{ mm}$. Rozdzielacz i jego elementy (zawór bezpieczeństwa ($p_{zb}=15\text{ MPa}$), zawór zwrotny, suwak rozdzielacza) były w stanie zdatności, wyregulowane wg danych fabrycznych.

Do rejestracji i archiwizacji badań wykorzystano analizator diagnostyczny KSD-400, z którym współpracował komputer typu „notebook” wraz z multipleksowaną szesnastowiejsiową kartą przetwornika analogowo-cyfrowego w standardzie PCMCIA, DAQCard™ 6024E firmy National Instruments.

Tabela 1. Warianty pomiarów zmian ciśnień (charakterystyk dynamicznych) układu hydraulicznego

Wariant pomiarów	Realizowane stany
Wariant 1	Elementy układu w stanie zdatności
Wariant 2	Układ z uszkodzonym grzybkiem zaworu zwrotnego rozdzielacza, (grzybek o zużyciu ściernym rysa o wymiarach 0,25x0,4 mm głębokość x szerokość)
Wariant 3	Układ z uszkodzonym grzybkiem zaworu zwrotnego rozdzielacza, (grzybek o zużyciu ściernym – rysa o wymiarach 0,4x0,4 mm głębokość x szerokość)
Wariant 4	Układ z uszkodzoną (pękniętą) sprężyną zaworu zwrotnego rozdzielacza.
Wariant 5	Układ z nadmiernie napiętą (przez zamontowanie podkładki o grubości 2 mm) sprężyną zaworu zwrotnego rozdzielacza
Wariant 6	Układ z nadmiernie napiętą (przez zamontowanie podkładki o grubości 5 mm) sprężyną zaworu zwrotnego rozdzielacza
Wariant 7	Układ z luźno zamontowanym dławikiem nominalnym ($\phi=2,5$ mm)
Wariant 8	Układ z zamontowanym dławikiem o średnicy otworu przelotowego $\phi=1$ mm
Wariant 9	Układ ze zmianą nastaw zaworu bezpieczeństwa, 15-6 MPa, (zmniejszono wartość ciśnienie otwarcia)
Wariant 10	Układ z uszkodzonym suwakiem rozdzielacza (zużycie ściernie powierzchni walcowej ϕ 22 mm powodujące przeciek wewnętrzny pomiędzy przegrodami rozdzielacza), wysokość ubytku – 0,8 mm
Wariant 11	Elementy układu w stanie zdatności i o nastawach nominalnych z kontrolowanym wyciekami zewnętrznym W_j ($0 \div 1,1$ dm ³ /min), krok $\approx 0,15$ dm ³ /min

3. ANALIZA WYNIKÓW BADAŃ

W rezultacie przeprowadzenia eksperymentu opartego na ww. wariantach pomiarów, uzyskano wyniki które można podzielić na dwie grupy: charakterystyki statyczne oraz dynamiczne. Ze względu na ograniczenia objętościowe oraz tematykę niniejszego artykułu charakterystyki statyczne nie zostaną przedstawione. Wyniki oraz ich analizę można odnaleźć w pracach [4, 5].

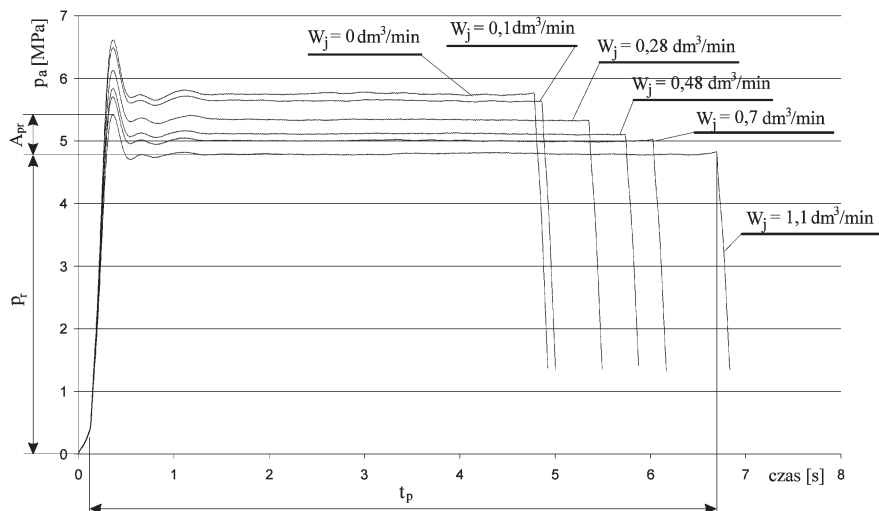
Na podstawie wykonanej obróbki statystycznej wartości obserwowanych (przebiegów czasowych zmiany ciśnienia, czasu podnoszenia układu i zmiany temperatury czynnika) stwierdzono, że dla ustalonych warunków badań określone wartości obserwowane są sygnałami stacjonarnymi i powtarzalnymi [5].

Na rys. 2 przedstawiono wybrane przebiegi czasowe zmiany ciśnienia oleju w rozpatrywanym układzie hydraulicznym zarejestrowane w kanale tłocznym pompy oleju, pozyskane w wyniku realizacji wariantu 11. Przebiegi czasowe zmiany ciśnienia w układzie hydraulicznym nazwano charakterystykami dynamicznymi.

Na podstawie analizy krzywych przedstawiających dynamiczne zmiany ciśnienia oleju w rozpatrywanym układzie hydraulicznym

można stwierdzić, że wraz ze wzrostem wartości wycieku zewnętrznego z układu (W_j) maleje wartość amplitudy impulsu (A_{pr}) ciśnienia rozruchu oraz ciśnienia roboczego (p_r) oleju podczas rozruchu układu, przy jednoczesnym wydłużeniu się czasu realizacji zadania przez układ (t_p) (tzn. czasu podniesienia masy obciążającej tłocznik silownika). Dla małych wartości wycieków zewnętrznych jest to niezauważalne w postaci zmiany czasu podnoszenia, lecz po przekroczeniu wartości granicznej, czas realizacji procesu znacznie się wydłuża. Dla rozpatrywanego układu wartość graniczną określono na poziomie 0,2 dm³/min.

Na podstawie prezentowanej charakterystyki dynamicznej można identyfikować takie stany niezdatności jak: wyciek zewnętrzny z układu i spadek wydajności pompy oleju (w wyniku uszkodzenia pompy lub jej napędu). Rozróżnienie tych dwóch stanów niezdatności może odbywać się poprzez rejestrację dodatkowym czujnikiem (np. czujnik wycieku oleju z układu, czujnik prędkości obrotowej wałka pompy oleju) lub przez ocenę organoleptyczną wykonaną przez diagnostę.

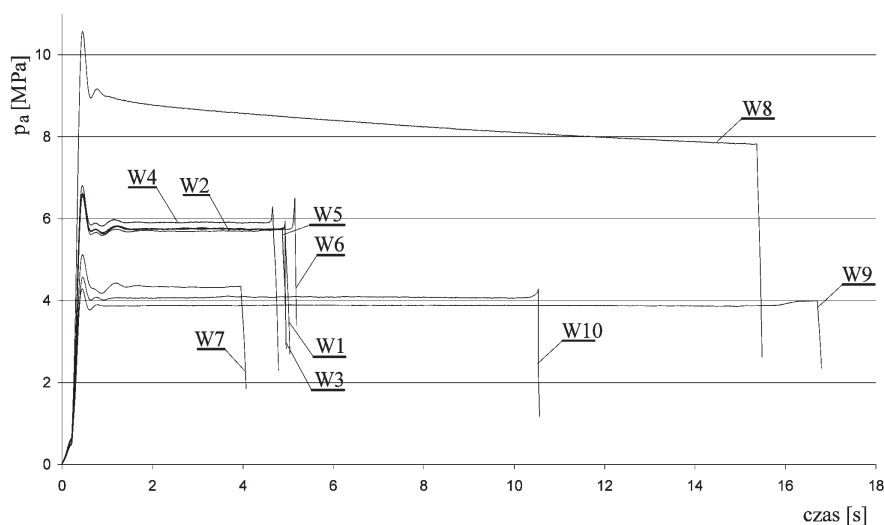


Rys. 2. Charakterystyki dynamiczne zmiany ciśnienia uzyskane w wyniku realizacji wariantu 11, z oznaczeniem identyfikowanych cech dla przebiegu w którym realizowano wyciek zewnętrzny $W_j=1,1 \text{ dm}^3/\text{min}$, oznaczenia: p_r – ciśnienie robocze, t_p – czas podnoszenia układu, A_{pr} – amplituda ciśnienia rozruchu

Na rys. 3 przedstawiono przebiegi czasowe zmiany ciśnienia oleju w rozpatrywanym układzie dla realizowanych 10 różnych wariantów stanów niezdatności. Na rys. 3 krzywa odzwierciedlająca przebieg czasowy ciśnienia w wariantcie 9 odpowiada stanom, w którym zawór bezpieczeństwa został wyregulowany na wartość $p_{zb}=4 \text{ MPa}$.

Na podstawie analizy przebiegów czasowych zmiany ciśnienia przedstawionych na rys. 3 można wyróżnić trzy grupy krzywych które charakteryzują się podobnym przebiegiem. Pierwsza grupa to krzywa (W8) odzwierciedlająca przebieg zmiany ciśnienia w wariantcie 8, w którym zmniejszono

pole przepływu w układzie poprzez montaż dławika. Wariant ten odzwierciedlał stan niezdatności polegający na zanieczyszczeniu lub braku drożności układu hydraulicznego. Jak wynika z rys. 3, taki stan niezdatności skutkuje wzrostem amplitudy impulsu ciśnienia rozruchu (A_{pr}) jak także ciśnienia roboczego (p_r) oraz czasu podnoszenia układu (t_p). Podobny przebieg charakterystyki dynamicznej uzyskuje się w przypadku przeciążenia lub zaklinowania się układu mechanicznego. Do rozróżnienia tych dwóch stanów niezbędna jest ocena organoleptyczna mechanizmów przez diagnostę.



Rys 3. Zestawienie charakterystyk dynamicznych zmiany ciśnienia w kanale tłocznym pompy w wariantach pomiarów 1-10

Druga grupa krzywych w których możemy wyróżnić przebiegi czasowe z wariantu: W1, W2, W3, W4, W5 i W6 interpretuje układ w stanie zdatności (W1) oraz stany niezdatności odpowiadające uszkodzeniu zaworu zwrotnego. Na podstawie przeprowadzonych badań i analizy pozyskanych przebiegów nie można rozróżnić stanów niezdatności reprezentowane przez ww. warianty, zarówno po kształcie krzywych jak i czasie podnoszenia układu. Stan niezdatności spowodowany uszkodzeniem zaworu zwrotnego należy identyfikować poprzez pomiar szczelności wewnętrznej układu, np. poprzez pomiar czasu samoczynnego opadania masy obciążającej tłoczącego siłownika.

Ostatnia grupa krzywych reprezentowana przez przebiegi uzyskane w wyniku realizacji wariantów W7, W10 i W9 związane są ze stanem technicznym elementów układu. Ta grupa stanów niezdatności reprezentowana jest przez: błędny montaż dławika w układzie (W7), utrata szczelności rozdzielacza (przeciek wewnętrzny w rozdzielaczu - W10) i błędną regulację zaworu bezpieczeństwa (W9). Wszystkie te stany niezdatności charakteryzują się zdecydowanym obniżeniem wartości amplitudy impulsu ciśnienia rozruchu układu (A_{pr}), z jednoczesnym spadkiem ciśnienia roboczego (p_r) w porównaniu do przebiegów nominalnych. Spadek ciśnienia roboczego powoduje wyraźną zmianę czasu trwania ruchu roboczego (t_p) mechanizmu układu. Powiększenie drożności układu hydraulicznego (W7) odpowiada spadkowi

ciśnienia roboczego z jednoczesnym wyraźnym skróceniem czasu trwania ruchów roboczych w porównaniu do krzywych pozyskanych dla układu w stanie zdatności. Wydłużenie się czasu trwania ruchu roboczego mechanizmów układu z jednoczesnym obniżeniem się wartości ciśnienia roboczego odpowiada stanowi niezdatności identyfikowanego jako utrata szczelności wewnętrznej rozdzielacza. Podobny symptom diagnostyczny jak w przypadku wariantu 10 uzyskuje się przy realizacji wariantu 9. W przypadku wystąpienia któregośkolwiek z tych stanów towarzyszy im jednocześnie wyraźnie zauważalny wzrost temperatury czynnika roboczego. Jest to spowodowane tym, że oba stany niezdatności odzwierciedlają przecieki wewnętrzne w układzie. Rozróżnienie tych stanów niezdatności jest możliwe w wyniku przeprowadzenia „próby dławienia układu” w celu oceny stanu zaworu bezpieczeństwa. Czynność ta winna być przeprowadzona zawsze, przed rozpoczęciem badań diagnostycznych układu hydraulicznego.

Relacje diagnostyczne zidentyfikowane podczas przeprowadzonych badań eksperymentalnych zostały przedstawione w tabeli 2. Jako cechy sygnału diagnostycznego przyjęto: t_p – zmianę czasu trwania ruchu roboczego układu (podnoszenia), p_r – zmianę ciśnienia roboczego występująca podczas realizacji procesu, T – zmianę temperatury czynnika roboczego, A_{pr} – zmianę amplitudy ciśnienia rozruchu.

Tabela 2. Diagram zmiany cech sygnału diagnostycznego dla określonych stanów niezdatności układu hydraulicznego

Stan niezdatności	Cecha sygnału diagnostycznego				Uwagi
	p_r ciśnienie robocze	t_p czas ruchu roboczego	A_{pr} amplituda ciśnienia rozruchu	T temperatura czynnika	
uszkodzenie sekcji rozdzielacza	↓	↑	↔ lub ↓	↑	-
uszkodzenie bądź źle wyregulowany zawór bezpieczeństwa	↓	↑	↓	↑	sprawdź prawidłowość regulacji zaworu
bak drożności w układzie hydraulicznym	↑	↑	↑	↑	-
przeciążenie układu lub zakleszczenie elementów mechanicznych	↑	↑	↑	↑	sprawdź charakter użytkowania lub stan elementów mechanicznych
nadmierna drożność lub błędna regulacja dławika w układzie	↓	↓	↓	↔	-
nieszczelność- wyciek zewnętrzny w układzie	↓	↑	↓	↔	sprawdź szczelność układu

Oznaczenia: ↑ - wzrost wartości cechy sygnału, ↓ - spadek wartości cechy sygnału, ↔ - brak zmiany wartości cechy sygnału.

Uwaga: zmianę cech sygnału należy odnosić do wartości nominalnych pozyskanych dla układu w stanie zdatności i o nastawach nominalnych jego zespołów.

Reasumując przeprowadzone badania i analizę charakterystyk dynamicznych układu hydraulicznego należy stwierdzić, że:

- analiza przebiegów czasowych zmiany ciśnienia w kanale tłocznym pompy może być pomocna w identyfikacji takich stanów niezdatności jak: spadek wydajności pompy oleju, utratę szczelności i przeciążenie układu, stany niezdatności jego elementów oraz ogólny stan układu hydraulicznego;
- na podstawie charakterystyk dynamicznych pozyskanych z kanału tłocznego pompy oleju nie można identyfikować stanów niezdatności związanych z zaworem zwrotnym. Do identyfikacji tego typu stanów niezdatności należy wykorzystać sygnał zmiany ciśnienia pochodzący z innego punktu pomiarowego układu hydraulicznego;
- charakterystyki dynamiczne układu hydraulicznego reprezentowane w postaci przebiegów czasowych zmiany ciśnienia w określonych punktach układu hydraulicznego, są cennymi i łatwymi do pozyskania źródłami informacji diagnostycznej.

4. PODSUMOWANIE

Charakterystyki dynamiczne opisujące badany układ podczas stanów przejściowych, transmitują dużą ilość informacji diagnostycznej umożliwiającej ocenę stanu technicznego układu hydraulicznego, zwłaszcza z punktu widzenia bezpieczeństwa eksploatacji. Na dzień dzisiejszy nie jesteśmy w stanie opracować uniwersalnego algorytmu identyfikacji stanu niezdatności układu hydraulicznego na podstawie charakterystyki dynamicznej. Jest to spowodowane koniecznością indywidualnego podejścia do identyfikowanego układu, jak także trudnością w uzyskaniu takich samych warunków obciążenia podczas badań diagnostycznych w warunkach rzeczywistych. Pomimo tych problemów takie podejście do diagnozowania pozwala na identyfikację pewnych stanów niezdatności lub anomalii w funkcjonowaniu mechanizmów hydraulicznych, których detekcja tradycyjnymi metodami i środkami diagnostycznymi jest niemożliwa.

W pracy zaproponowano metodę identyfikacji stanu technicznego układu hydraulicznego na podstawie analizy charakterystyk dynamicznych pozyskanych w kanale tłocznym pompy oleju. Jako uogólniony parametr stanu technicznego badanego

układu hydraulicznego przyjęto zmianę: ciśnień i jego amplitudy zarejestrowane podczas ruchów roboczych układu, czasu ruchu roboczego tłocznika siłownika oraz temperatury czynnika roboczego.

Wykazano przydatność opracowanej metody do identyfikacji stanów niezdatności takich jak: wyciek zewnętrzny z układu, przecieki wewnętrzne w elementach układu, błędna regulacja lub uszkodzenie zaworu bezpieczeństwa.

LITERATURA

- [1] Angeli Chr., Chatzinikolaou A.: *Fault Prediction and Compensation Functions in a Diagnostic Knowledge-Based System for Hydraulic Systems*. Journal of Intelligent and Robotic Systems 25, s. 153–165, 1999.
- [2] Khan H., Abou Seraphin C., Sepehri N.: *Nonlinear observer-based fault servo-positioning systems*. Mechatronics 15/2005, s. 1037–59, 2005.
- [3] Kollek W., Palczak E.: *Badania dynamiczne mechanizmów roboczych maszyn i urządzeń*. Prace naukowe Instytutu Konstrukcji i Eksploatacji Maszyn Politechniki Wrocławskiej. Nr 78/1995.
- [4] Rychlik A.: *Metoda diagnozowania układu hydraulicznego maszyny roboczej na przykładzie kombajnu do zbioru zbóż Bizon Z058*. Diagnostyka Nr 1(37)/2006, s. 61-68.
- [5] Rychlik A.: *Wykorzystanie Hybrydowego Systemu Ekspertowego w diagnostyce wybranych maszyn samojezdnych*. Rozprawa doktorska. Politechnika Warszawska, Wydział Budownictwa, Mechaniki i Petrochemii. Płock, 2005.



Dr inż. **Arkadiusz RYCHLIK** absolwent Wydziału Mechanicznego ART w Olsztynie. Obecnie jest adiunktem w Katedrze Budowy, Eksploatacji Pojazdów i Maszyn na Wydziale Nauk Technicznych, UWM w Olsztynie.

Jest kierownikiem Laboratorium Dydaktyczno Usługowego Diagnostyki Pojazdów. W pracy zajmuje się zagadnieniami eksploatacji i diagnostyki pojazdów i maszyn.