BADANIA PŁYNOWSKAZÓW PRZEZNACZONYCH DO UKŁADÓW HYDRAULICZNYCH Z ZAAWANSOWANĄ DIAGNOSTYKĄ

Tests of liquid dispensers intended for hydraulic systems with advanced diagnostics

Stanisław KOZIOŁ, Tomasz SAMBORSKI, Andrzej ZBROWSKI, Zbigniew ZIENOWICZ

S t r e s z c z e n i e: Podstawową funkcją płynowskazu jest wizualizacja poziomu cieczy znajdującej się w zamkniętym zbiorniku. W miarę rozwoju technik automatycznej regulacji, diagnostyki oraz inteligentnych zabezpieczeń, płynowskazy spełniają coraz więcej funkcji dzięki wbudowywanym układom pomiaru lub identyfikacji granicznych wartości wybranych parametrów cieczy znajdującej się w zbiorniku. Koncentracja kilku wariantowo realizowanych funkcji w jednym elemencie o sparametryzowanych, stałych warunkach zabudowy jest korzystna głównie ze względu na możliwość uproszczenia i standaryzacji konstrukcji zbiorników i instalacji hydraulicznych. W pracy opisano przebieg i rezultaty prac badawczo-rozwojowych, których efektem jest opracowanie i wdrażanie kolejnych rozwiązań składających się na typoszereg wielofunkcyjnych płynowskazów przeznaczonych do zaawansowanych układów hydrauliki siłowej. Przedmiotem opisanych prac są płynowskazy z elektryczną sygnalizacją poziomu cieczy oraz przekroczenia dopuszczalnej wartości temperatury. Zadaniem autorów było opracowanie konstrukcji, technologii wykonania oraz przeprowadzenie badań szczelności i działania elektrycznych układów sygnalizacyjnych.

S ł o w a k l u c z o w e: płynowskaz, bezpieczeństwo układu hydraulicznego, szczelność, badania środowiskowe

A b s t r a c t: The basic function of the liquid level indicator is to visualize the liquid level in a closed container. As the techniques of automatic regulation, diagnostics, and intelligent protection have developed liquid level indicators to meet more and more functions, thanks to builtin measurement systems or the identification of limit values of selected parameters of liquid contained in the tank. Concentration of several variant functions in one element with parameterized, fixed building conditions is beneficial mainly due to the possibility of the simplification and standardization of the construction of tanks and hydraulic installations. The work describes the course and results of research and development works, the effect of which is the development and implementation of further solutions that make up the series of multifunction liquid level gauges designed for advanced power hydraulic systems. The task of the authors was to develop the construction, manufacturing technology, and the operation of electrical signalling systems and to conduct leak tests.

K e y w o r d s: liquid level indicator, hydraulic system safety, tightness, environmental tests

Wprowadzenie

Podstawową funkcją płynowskazu jest wizualizacja poziomu cieczy znajdującej się w zamkniętym zbiorniku. Informacja taka jest niezbędna m.in. do oceny poprawności przebiegu niektórych procesów przemysłowych lub zapewnienia bezpieczeństwa układów pracujących z cieczami, np. zasilaczy hydraulicznych [3, 6]. W podstawowym wykonaniu płynowskazy mają postać przezroczystej pionowej rurki połączonej na końcach ze zbiornikiem, w której poziom cieczy jest identyczny jak w kontrolowanym naczyniu. W miarę rozwoju technik automatycznej regulacji, diagnostyki oraz zabezpieczeń tworzących inteligentne systemy bezpieczeństwa maszyn [4], płynowskazy spełniają coraz więcej funkcji dzięki wbudowywanym układom pomiaru lub identyfikacji granicznych wartości wybranych parametrów. Koncentracja kilku wariantowo realizowanych funkcji w jednym elemencie o zunifikowanych, stałych warunkach zabudowy jest korzystna głównie ze względu na możliwość uproszczenia i standaryzacji konstrukcji zbiorników i instalacji. Innym kierunkiem rozwoju płynowskazów jest identyfikacja poziomu cieczy niebezpiecznych (toksycznych, żrących, łatwopalnych), znajdujących się pod ciśnieniem lub o wysokiej temperaturze, gdzie obserwowane medium musi być zamknięte w szczelnym, odpornym na uszkodzenie zbiorniku, z układem wizualizacji poziomu cieczy. Elementy automatyki pomiarowej zintegrowane w konstrukcji płynowskazu umożliwią aplikację układów hydraulicznych w urządzeniach autonomicznych i bezzałogowych [7], w których systemy sterowania funkcjonują z wykorzystaniem autodiagno-styki.

Zakład Konstrukcji Prototypów Instytutu Technologii – PIB w Radomiu, korzystając z doświadczenia zdobytego w trakcie prac badawczo-rozwojowych w dziedzinie hydrauliki [5], we współpracy z firmą HYDROMEGA z Gdyni – jednym z krajowych producentów układów hydrauliki siłowej – realizuje zadania, których efektem jest rozwój i wdrażanie kolejnych rozwiązań składających się na typoszereg wielofunkcyjnych płynowskazów przeznaczonych głównie do zaawansowanych układów hydrauliki siłowej. Przedmiotem opisanych prac są płynowskazy z elektryczną detekcją osiągania skrajnych poziomów cieczy oraz przekroczenia dopuszczalnych wartości temperatury. Sygnalizacja poziomu cieczy odbywa się za pomocą pływaka z wbudowanym magnesem trwałym powodującym zwarcie styków kontaktronu zamocowanego na stałe w obudowie płynowskazu. Przekroczenie temperatury jest sygnalizowane przez zmianę stanu styków elektrycznych wyłącznika termicznego, umieszczonego w korpusie specjalnego łącznika śrubowego przeznaczonego do montażu płynowskazu na zbiorniku.

Zadaniem zespołu ITeE-PIB było opracowanie konstrukcji, technologii wykonania oraz przeprowadzenie badań szczelności i działania prototypowych układów sygnalizujących przekroczenie określonej wartości temperatury i poziomu cieczy [8].

Układ sygnalizacji poziomu cieczy

Jakość poziomowskazu pływakowego zależy od konstrukcji i materiału komory pływakowej oraz od projektu pływaka i dopasowania jego cech do wszystkich parametrów późniejszej pracy ciężaru właściwego czynnika, jego ciśnienia i temperatury.

W opracowanym układzie sygnalizacji poziomu cieczy zastosowano pływak z magnesem trwałym oraz kontaktron zamocowany na stałe na obudowie płynowskazu (rys. 1).

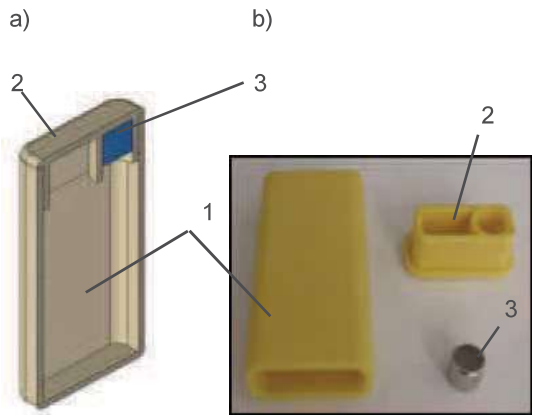
Rys. 1. Płynowskaz z sygnalizacją poziomu cieczy: 1 – pływak z magnesem, 2 – kontaktron, 3 – złącze elektryczne
Fig. 1. Liquid level indicator with liquid level signalling: 1 – float with magnet, 2 – reed switch, 3 – electrical connector

Położenie pływaka w przezroczystej rurce płynowskazu, zależne bezpośrednio od poziomu lustra cieczy w nadzorowanym zbiorniku, pozwala na wzrokową obserwację jego napełnienia. Magnes trwały umieszczony w pływaku, kiedy znajdzie się w pobliżu kontaktronu, powoduje jego przełączenie. Pozwala to na wytworzenie sygnału elektrycznego sygnalizującego osiągnięcie krytycznego poziomu cieczy w zbiorniku, np. dopuszczalnego minimalnego ze względu na bezpieczeństwo układu hydraulicznego [1, 2]. Zainstalowanie w płynowskazie kilku kontaktronów na różnych poziomach pozwala na elektryczną sygnalizację wybranych poziomów cieczy istotnych dla diagnostyki układu hydraulicznego.

Celem prac autorów była modyfikacja dotychczas stosowanego pływaka, którego wadą była utrata szczelności i – w konsekwencji – zatopienie po pewnym czasie eksploatacji. Pierwotnie prostopadłościenny pływak składał się z dwóch wyprasek z tworzywa sztucznego klejonych w płaszczyźnie symetrii równoległej do jego największej ściany (rys. 2). W przypadku wzrostu temperatury oleju, powodującego nadciśnienie powietrza znajdującego się we wnętrzu pływaka, następowało roz szczelnienie połączenia. Połączenie klejone narażone na rozciąganie cechowało się znaczną długością i małym polem powierzchni, a więc niewielką wytrzymałością

Rys. 2. Konstrukcja pływaka z podziałem komory w płaszczyźnie symetrii
Fig. 2. Float construction with the division of the chamber in the plane of symmetry

Autorzy publikacji opracowali nową konstrukcję pływaka (rys. 3), w której połączenie klejowe komponentów (korpus, pokrywa) cechuje się dużą powierzchnią. Ponadto, w przypadku wzrostu temperatury powodującego występowanie nadciśnienia w pływaku, połączenie pracuje na ścinanie, a nie na rozciąganie jak w rozwiązaniu pierwotnym, co dodatkowo zapewnia uzyskanie większej wytrzymałości spoiny.



Rys. 3. Konstrukcja pływaka ze zwiększoną powierzchnią połącznia klejowego komory pływakowej: *1* – korpus, *2* – pokrywa, *3* – magnes, a) przekrój poprzeczny modelu wirtualnego, b) prototyp
Fig. 3. The construction of the float with the increased surface of the glue float chamber connection: *1* – body, *2* – cover, *3* magnet – a) cross-section of the virtual model, b) prototype

Opracowaną konstrukcję oraz technologię wykonania pływaka metodą wtryskową z poliamidu poddano weryfikacji w trakcie opracowanych testów sprawdzających opisanych w dalszej części artykułu.

Zabezpieczenie termiczne wbudowane w płynowskazie

W opracowanej konstrukcji zabezpieczenie termiczne cieczy w układzie hydraulicznym realizowane jest za pomocą wyłącznika termicznego lub czujnika temperatury.

Elementy pomiaru temperatury umieszczone są w specjalnie zbudo-wanym łączniku przeznaczonym do montażu płynowskazu na zbiorniku cieczy (rys. 4).

a)

b)

Rys. 4. Wyłącznik termiczny do płynowskazów typu PGA: a) model wirtualny: *1* – element termoczuły AM01, *2* – osłona stalowa, *3* – śruba, *4* – uszczelnienie, *5* – złącze elektryczne, b) fotografia prototypu płynowskazu z zamontowanym wyłącznikiem termicznym (bez złącza elektrycznego)
Fig. 4. Thermal switch for PGA type liquid level gauges: a) virtual model: *1* – AM01 thermosensitive element, *2* – steel shield, *3* – screw, *4* – seal, *5* – electrical connector, b) prototype photography of liquid level indicator with mounted thermal switch (without electrical connector)

Wyłącznik termiczny o odpowiednio dobranej temperaturze zadziałania lub czujnik temperatury 1 (rys. 4a) jest umieszczony w stalowej osłonie 2, która jest połączona szczelnie ze śrubą 3 służącą do przykręcenia płynowskazu do ściany zbiornika. Przez osiowy otwór śruby poprowadzono przewody wyłącznika do złącza elektrycznego 5. Płaskie ścię-cia na gwintowanej części śruby służą do doprowadzenia cieczy do rurki płynowskazu. Zastosowanie takiego rozwiązania do połączenia dolnego końca płynowskazu ze zbiornikiem powoduje, że element termoczuły wraz z otaczającą go osłoną pozostaje zanurzony w cieczy i reaguje na zmianę jej temperatury. Układ spełnia funkcję zabezpieczenia termicznego sygnalizującego np. nadmierny wzrost temperatury cieczy przez wytwarzanie sygnału elektrycznego.Zastosowanie czujnika temperatury (np. Pt100) pozwala natomiast na ciągły monitoring temperatury cieczy w zbiorniku.

Stosowanie wyłączników termicznych i czujników temperatury w zbiornikach cieczy jest rozwiązaniem znanym. Innowacją opracowanego rozwiązania jest instalacja takiego elementu w płynowskazie w sposób zintegrowany, bez konieczności wykonywania dodatkowych otworów, gniazd czy przyłączy hydraulicznych.

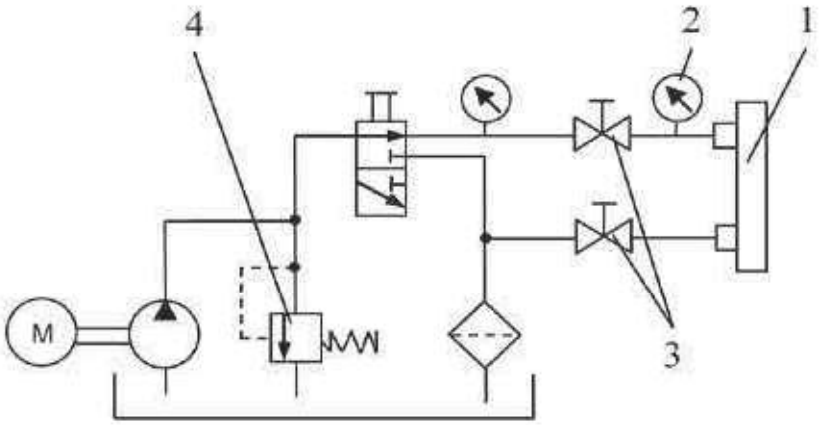
Badania szczelności zmodernizowanych płynowskazów

Do badań szczelności zmodernizowanych płynowskazów zastosowano metodykę i układ hydrauliczny wykorzystywany do tego celu przez producenta. Parametry prób szczelności przedstawiono w tab. I

Tabela I: Parametry prób szczelności płynowskazów
Table I.: Tightness test parameters of the liquid level indicator

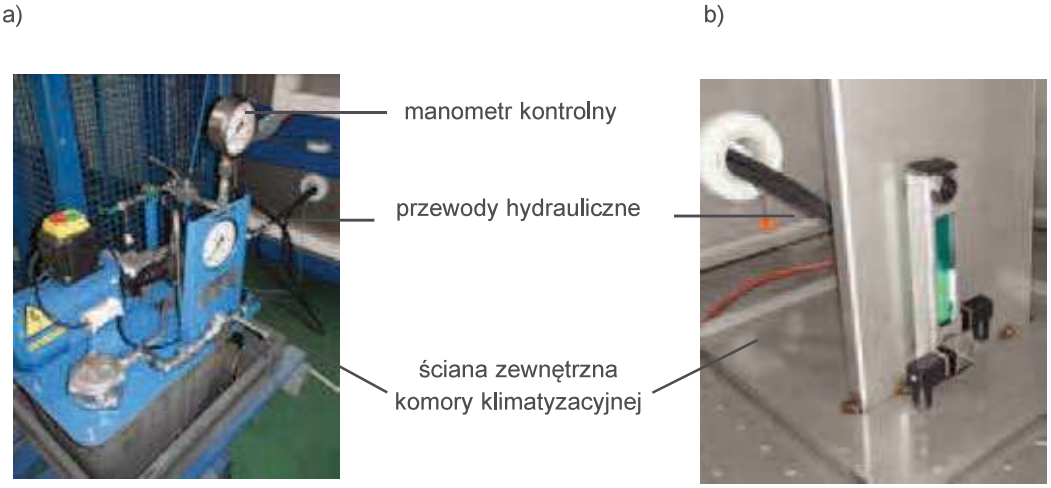
Rodzaj próby	Temperatura [K]	Ciśnienie [MPa]	Czas próby [min]
Próba w niskiej temperaturze	248	0,3	120
Próba w podwyższonej temperaturze	363	0,3	120

Z uwagi na konieczność weryfikacji opracowanych rozwiązań prototypowych w ekstremalnie niekorzystnych warunkach pracy, parametry prób zostały rozszerzone przez zwiększenie ciśnienia do 0,5 MPa, wydłużenie czasu do 72 godzin oraz wprowadzenie próby cyklicznej zmiany temperatury w zakresie od 248 K do 363 K. Próby szczelności zostały przeprowadzone z wykorzystaniem kontrolnego układu hydraulicznego, którego schemat przedstawiono na rys. 5.



Rys. 5. Schemat hydraulicznego układu kontrolnego do sprawdzania szczelności płynowskazów: *1* – badany płynowskaz, *2* – manometr kontrolny, *3* – zawory odcinające, *4* – zawór regulacji ciśnienia w układzie
Fig. 5. Diagram of a hydraulic control system for checking the tightness of liquid level gauges: *1* – tested liquid level gauge, *2* – control manometer, *3* – isolating valves, *4* – pressure control valve in the system

Badany płynowskaz 1 jest przyłączany do układu hydraulicznego dwoma przewodami z zaworami odcinającymi 3. Przy otwartych zaworach 3 i włączonej pompie hydraulicznej następuje napełnienie płynowskazu olejem i jego odpowietrzenie. Po zamknięciu dolnego zaworu 3 ciśnienie w układzie jest zwiększane do wartości przewidzianej w teście, przez zmianę nastawy zaworu 4. Po osiągnięciu zadanej wartości ciśnienia zamykany jest górny zawór 3. W takim stanie układ funkcjonuje przez przewidziany czas próby. Ciśnienie w płynowskazie jest sprawdzane za pomocą manometru 2. Miarą nieszczelności jest spadek ciśnienia w układzie. W przypadku badania w niskiej lub podwyższonej temperaturze płynowskaz umieszczany jest w komorze klimatyzacyjnej. Na rys. 6 przedstawiono fotografie układu hydraulicznego oraz płynowskazu umieszczonego w komorze klimatyzacyjnej podczas badań. Badania szczelności



Rys. 6. Widok stanowiska badawczego: a) hydrauliczny układu kontrolny do sprawdzania szczelności płynowskazów na zewnątrz komory klimatyzacyjnej, b) płynowskaz zainstalowany we wnętrzu komory klimatyzacyjnej podczas badań
Fig. 6. View of the test stand: a) hydraulic control system for checking the tightness of liquid level gauges outside the air-conditioning cham-ber, b) liquid level indicator installed inside the air-conditioning chamber during testing

płynowskazów były realizowane w celu opracowania technologii klejenia zmodernizowanego pływaka oraz sprawdzenia skuteczności uszczelnienia osłony wyłącznika termicznego.

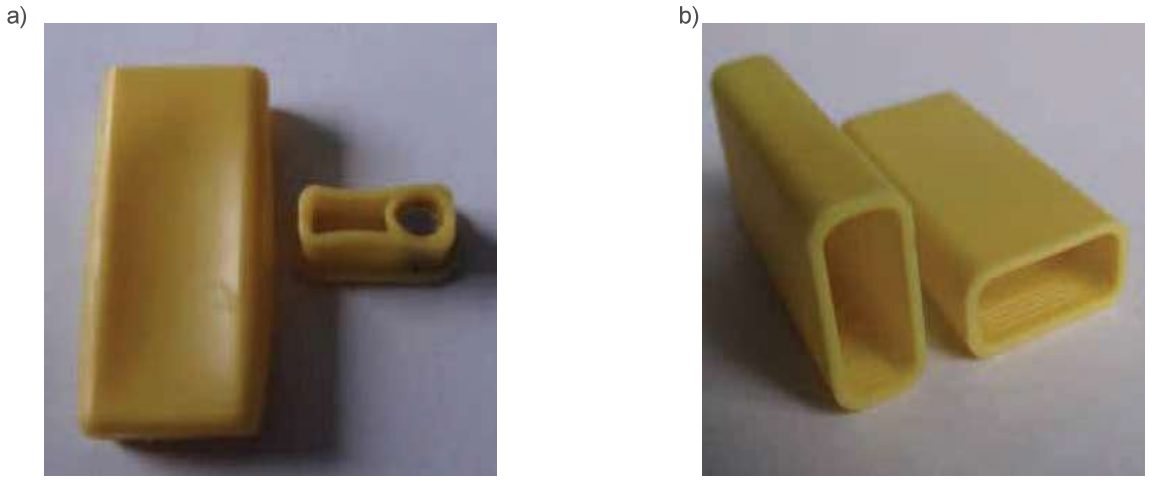
Jak wspomniano na wstępie, powodem wprowadzenia zmian konstrukcyjnych pływaka były problemy z zachowaniem szczelności poprzedniego rozwiązania. Z tego powodu poświęcono bardzo wiele uwagi opracowaniu technologii klejenia zmienionej konstrukcji (rys. 3). Testy szczelności przeprowadzono dla trzech różnych klejów:

- klej cyjanoakrylowy RIKU,
- przemysłowy klej epoksydowy Loctite Hysol 9455,
- klej cyjanoakrylowy AL-FIX.

Ze względu na cenę pierwsze próby łączenia wykonano za pomocą kleju RIKU. Próby szczelności przeprowadzone w podwyższonej temperaturze, przy ciśnieniu zwiększonym do 0,5 MPa, oraz próby wielokrotnej cyklicznej zmiany temperatury wykazały niewystarczającą wytrzymałość połączenia klejowego. Zanotowano następujące wyniki badań dyskwalifikujące przyjętą technologię klejenia: pływak

ulegał rozszczelnieniu pod wpływem cyklicznej zmiany temperatury,

- na powierzchni uszkodzonego połączenia klejowego stwierdzono, że podczas montażu wieczka pływaka następuje mechaniczne zgarnianie kleju, a zatem znaczne zmniejszenie pola powierzchni połączenia,
- zidentyfikowano mechanizm niszczenia i zatapiania pływaka powodowany deformacją wywoływaną różnicami ciśnienia wewnętrznego komory podczas nagrzewania i chłodzenia oleju (rys. 7a). Nagrzewanie powodowało wzrost ciśnienia i usuwanie nadmiaru powietrza nieszczelnym połączeniem klejowym. W wyniku usunięcia części powietrza z komory w stanie „gorącym", spadek temperatury wywoływał powstanie podciśnienia. Występujący układ sił deformował pływak, co zmniejszało objętość, wyporność i skutkowało zatopieniem obiektu w rurce poziomowskazu.



Rys. 7. Widok elementów konstrukcyjnych pływaka: a) deformacje pod wpływem podwyższonego ciśnienia powstałego w temperaturze 363 K, b) korpus pływaka z karbami zapobiegającymi zgarnianiu kleju
Fig. 7. View of the float's structural elements: a) deformations under the influence of the elevated pressure created at 363 K, b) body of the float with notches to remove the glue

Zmodyfikowano konstrukcję korpusu pływaka przez wprowadzenie na powierzchni połączenia klejowego poprzecznych karbów zapobiegających zgarnianiu kleju (rys. 7b). Dobrano dwa przemysłowe kleje przeznaczone do łączenia poliamidów (Loctite Hysol 9455 i AL-FIX) oraz przeprowadzono próby szczelności płynowskazów z pływakami zmontowanymi z ich zastosowaniem. Całkowitą szczelnością w długotrwałych badaniach wykazały się pływaki łączone klejem cyjanoakrylowym AL-FIX. Takie rozwiązanie przyjęto też w serii próbnej, a następnie wdrożono do produkcji.

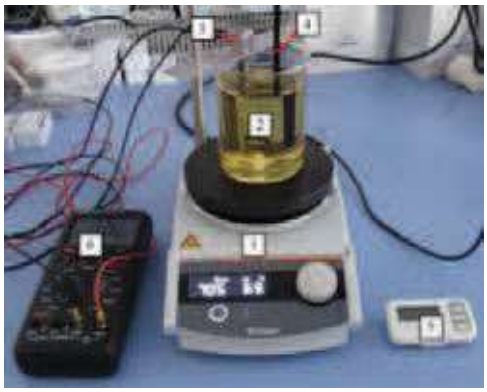
W tych samych warunkach przeprowadzono kontrolę szczelności obudowy wyłącznika termicznego (rys. 4). W badaniach zwrócono uwagę nie tylko na stabilność ciśnienia oleju podczas próby, ale obserwowano również wyjście kanału przewodów elektrycznych, w którym w przypadku nieszczelności pojawiłyby się wycieki. Uszczelnienie za pomocą pierścienia typu o-ring, zbudowane zgodnie z zaleceniami producenta uszczelki, okazało się skuteczne i niezawodne.

Badania histerezy wyłączników termicznych

Do budowy zabezpieczeń termicznych montowanych w płynowskazach zastosowano wyłączniki termiczne AM01 (rys. 4a, poz. 1) o następujących parametrach technicznych deklarowanych przez producenta:

- napięcie znamionowe 250 V AC,
- zakres znamionowych temperatur działania 338 ÷ 423K,
- tolerancja temperatury działania ±5 K,
- strefa histerezy 30±15 K,
- szybkość zmian temperatury przy wyznaczaniu temp. działania 0,5 ÷ 1 K/min.
- szybkość zmian temperatury przy wyznaczaniu temp. działania 0,5 ÷ 1 K/min.

Ze względu na zabudowę wyłącznika termicznego w szczelnej obudowie oraz występujące bariery ograniczające przepływ ciepła pomiędzy cieczą, w której zanurzony jest wyłącznik termiczny, a elementem termoczułym (osłona stalowa, powietrze), mogą występować różnice między znamionowymi a rzeczywistymi temperaturami zadziałania. Badania temperatury zmiany stanu wyłącznika i jego histerezy termicznej przeprowadzono na stanowisku przedstawionym na rys. 8. Badania przeprowadzono dla wyłączników o znamionowej temperaturze działania równej 338 K i 343 K.



Rys. 8. Stanowisko do badania histerezy wyłącznika termicznego: *1* – badany wyłącznik termiczny, *2* – naczynie wypełnione olejem, *3* – mieszadło magnetyczne z funkcją grzania i chłodzenia, *4* – sonda miernika temperatury, *5* – czasomierz, *6* – omomierz
Fig. 8. Stand for testing the thermal switch hysteresis: *1* – tested thermal switch, *2* – oil filled vessel, *3* – magnetic stirrer with heating and cooling function, *4* – temperature meter probe, *5* – timer, *6* – ohmmeter

Badany wyłącznik termiczny był zanurzany w oleju (rys. 8) w temperaturze otoczenia. Następnie olej podgrzewano z szybkością zmian temperatury równą ok. 1 K/min. W temperaturze 323 K rozpoczęto rejestrację zmian temperatury w funkcji czasu. Podgrzewanie kontynuowano do uzyskania zmiany stanu styków wyłącznika rejestrowanej przez omomierz. Następnie zmieniano funkcję mieszadła z grzania na chłodzenie i ochładzano również z szybkością około 1 K/min do uzyskania ponownej zmiany stanu styków wyłącznika. Przebiegi zmienności temperatury oleju w czasie oraz wartości temperatury, przy których nastąpiły zmiany stanu wyłączników, przedstawiono na wykresach (rys. 9).

Rys. 9. Przykładowy przebieg zmienności temperatury oleju w czasie z zaznaczonymi wartościami, przy których nastąpiły zmiany stanu badanego wyłącznika termicznego o nominalnej temperaturze działania 338 K
Fig. 9. An example of the course of oil temperature variability over time with the values indicated at which the state of the therma switch under testing has changed with a nominal operating temperature of 338 K

Tabela II. Wyniki badań wyłącznika termicznego o temperaturze działania równej 338 K
Table II.: Test results of the thermal switch with an operating temperature 338 K

Nr wyłącznika	Nominalna temperatura działania [K]	Nominalny zakres temperatury działania [K]	Temperatura przełączenia O → Z (podgrzewanie) [K]	Temperatura przełączenia Z → O (chłodzenie) [K]	Histereza deklarowana przez producenta elementu termoczułego [K]	Histereza zmierzona kompletnego wyłącznika [K]
1	338	333 ÷ 343	72	43	30±15	29
2			74	48		26
3				50		22

Rys. 10. Przykładowy przebieg zmienności temperatury oleju w czasie z zaznaczonymi wartościami, przy których nastąpiły zmiany stanu badanego wyłącznika termicznego o nominalnej temperaturze działania 343 K
Fig. 10. An example of the course of oil temperature variability over time with the values indicated at which the state of the thermal switch under testing has changed with a nominal operating temperature of 343 K

Tabela III. Wyniki badań wyłącznika termicznego o temperaturze działania równej 343 K
Table III.: Test results of the thermal switch with an operating temperature 343 K

Nr wyłącznika	Nominalna temperatura działania [K]	Nominalny zakres temperatury działania [K]	Temperatura przełączenia O → Z (podgrzewanie) [K]	Temperatura przełączenia Z → O (chłodzenie) [K]	Histereza deklarowana przez producenta elementu termoczułego [K]	Histereza zmierzona kompletnego wyłącznika [K]
1	338	333 ÷ 343	345	316	30±15	29
2			347	321		26
3			345	323		22

Analiza wyników przeprowadzonych badań pozwala na sformułowanie następujących wniosków:

- podczas ogrzewania wyłącznika termicznego z szybkością zmian około 1 K/min jego zadziałanie (zmiana stanu styków) następuje w temperaturze oleju do 4 K wyższej od wartości deklarowanej przez producenta elementu termoczułego. Jest to spowodowane następującymi czynnikami:
  – znaczną szybkością zmian temperatury (wyższą niż w układach zasilaczy hydraulicznych),
  – przekazywaniem ciepła między osłoną wyłącznika AM01 a jego korpusem przez powietrze, które stanowi barierę izolacyjną,
  – sposobem ogrzewania wyłącznika odmiennym
  – od zabudowy w zbiorniku cieczy hydraulicznej,
  – gdzie ogrzewaniu podlega cały stalowy korpus,
  – a nie jego zanurzona część.
- w rzeczywistych warunkach eksploatacyjnych stwierdzona różnica deklarowanej i rzeczywistej temperatury działania wyłącznika powinna być mniejsza.
- zmierzona histereza temperaturowa działania wyłącznika mieści się w przedziale histerezy deklarowanej przez producenta elementu termoczułego.

Podsumowanie

W ramach opisanego zadania zostały opracowane rozwiązania, których zastosowanie pozwala na wykorzystanie płynowskazu do rozszerzonej automatycznej diagnostyki układu hydraulicznego. Bez zmiany konstrukcji podstawowych, typowych elementów płynowskazu i zunifikowanego sposobu montażu na zbiorniku cieczy hydraulicznej, w nowym rozwiązaniu wprowadzono magnetyczny układ kontroli i elektrycznej sygnalizacji wybranych poziomów oraz elektryczny układ sygnalizacji przekroczenia dopuszczalnej temperatury cieczy.

Układ sygnalizacji poziomu cieczy składający się z magnetycznego pływaka i kontaktronów pozwala na identyfikację kilku wybranych poziomów cieczy odpowiadających rozmieszczeniu kontaktronów.

Opracowano zmodernizowaną konstrukcję pływaka, technologię jego wykonania i na podstawie przeprowadzonych badań szczelności dobrano klej do łączenia jego części składowych. W wyniku badań prototypu zidentyfikowano mechanizm uszkodzenia i zatapiania pływaka spowodowany zmianami ciśnienia wewnętrznego na skutek różnicy temperatur cieczy hydraulicznej.

Opracowano konstrukcję, przeprowadzono badania szczelności i histerezy temperaturowej wyłącznika termicznego, sygnalizującego przekroczenie wybranej wartości temperatury cieczy w zbiorniku. W wyniku przeprowadzonych badań stwierdzono, że zastosowane rozwiązanie cechuje się histerezą i niezgodnością rzeczywistej temperatury zadziałania z deklarowaną przez producenta elementu termoczułego dopuszczalną dla układów hydrauliki siłowej. W przypadku potrzeby zapewnienia mniejszej histerezy termicznej działania wyłącznika niezbędne jest zastosowanie do jego budowy innego elementu termoczułego, o mniejszej histerezie własnej.

LITERATURA

[1] Bezpieczeństwo maszyn – Wymagania bezpieczeństwa dotyczące układów hydraulicznych i pneumatycznych i ich elementów – Hydraulika PN-EN 988. Polski Komitet Normalizacyjny, 1998 - 23.
[2] Gałąź R. 2010. „Problemy bezpieczeństwa układów hydraulicznych". Napędy i Sterowanie, 4: 94 – 98.
[3] Garbacik A. 1997. Studium projektowania układów hydraulicznych Wrocław – Warszawa – Kraków: Zakład Narodowy im. Ossolińskich.
[4] Kusiak M., Kowalewski S. 2008. „Bezpieczeństwo układów sterowania maszyn". Służby Utrzymania Ruchu (13) 5: 6 – 9.
[5] Matecki K., Samborski T., Kozioł S. 2008. „Zastosowanie techniki proporcjonalnej w hydraulicznych układach obciążających aparatury badawczej". Problemy Eksploatacji 4: 113 – 122.
[6] Osiecki A. 1998. Hydrostatyczny napęd maszyn. Warszawa: WNT.
[7] Zbrowski A., Jóźwik W. 2013. „Badania dynamiczne bezzałogowego pojazdu ratowniczego". TTS Technika Transportu Szynowego 10:s. 907 – 912.
[8] Zbrowski A. 2016. Metodyka badań prototypów i jednostkowych urządzeń technicznych. PIB, Radom: Wydawnictwo Naukowe ITeE.

Praca naukowa sfinansowana w ramach umowy z firmą Hydromega

dr inż. Stanisław Kozioł -
Instytut Technologii Eksploatacji – PIB
ul. Pułaskiego 6/10, 26-600 Radom
e-mail: stanislaw.koziol@itee.radom.pl

dr inż. Tomasz Samborski -
Instytut Technologii Eksploatacji – PIB, Radom
ul. Pułaskiego 6/10, 26-600 Radom
e-mail: tomasz.samborski@itee.radom.pl

dr hab. inż. Andrzej Zbrowski, prof. nadzw. -
Instytut Technologii Eksploatacji – PIB,
ul. Pułaskiego 6/10, 26-600 Radom
e-mail: andrzej.zbrowski@itee.radom.pl

Zbigniew Zienowicz -
Hydromega sp. z o.o.,
ul. Czechosłowacka 3
81-969 Gdynia

przemysł chemiczny

Najstarsze, liczące ponad 100 lat, polskie czasopismo chemiczne notowane na liście filadelfijskiej, adresowane do menadżerów, inżynierów i technologów w przemyśle

- 12 wydań w roku
- Baza ponad 6700 publikacji naukowych
- 3500 bezpłatnych publikacji z lat 1986-2010 i wybranych z lat 2010-2018 dostępnych na www.sigma-not.pl

Kontakt: www.przemchem.pl
tel./fax: 22 818 51 71
tel. 22 818 72 86
Redakcja: przemyslchemiczny@sigma-not.pl
Prenumerata: prenumerata@sigma-not.pl
Reklama: reklama@sigma-not.pl