

Marek MŁYNARCZYK¹
Zbigniew MROTEK²
Józef MAŁUJ³

POKŁADOWY SYSTEM MONITOROWANIA STANU LOTNICZEGO PŁYNU HYDRAULICZNEGO

Rosnące wymagania użytkowników statków powietrznych dotyczące zwiększenia niezawodności oraz obniżenia kosztów eksploatacji poprzez eliminowanie nieplanowanych konserwacji i obsług sprawiają, że konstruktorzy coraz powszechniej wdrażają zintegrowane systemy monitorujące stan możliwie dużej liczby elementów samolotu. W opracowaniu przedstawiono główne cele i założenia pokładowego, inteligentnego systemu monitorowania stanu płynu hydraulicznego na przykładzie projektu zrealizowanego w ramach Europejskiego VI Programu Ramowego. Syntetycznie omówiono rolę systemu hydraulicznego samolotu, właściwości płynów hydraulicznych i metody kontroli stanu ich zużycia. Zaprezentowano ogólne wymagania na system, jego strukturę, parametry płynów hydraulicznych, opracowane i zastosowane czujniki pomiarowe. Na zakończenie przedstawiono wybrane wyniki badań przeprowadzonych w rzeczywistym systemie hydraulicznym.

Słowa kluczowe: pokładowy system monitorowania, statek powietrzny, system hydrauliczny samolotu

1. Wprowadzenie

Według wizji przedstawionej w wydany przez KE raporcie „European Aeronautics: a Vision for 2020” [1] środki transportu lotniczego muszą spełniać stale rosnące wymagania odnośnie obniżenia kosztów podróży, bezpieczeństwa i wpływu na środowisko naturalne. Coraz powszechniejsze stosowanie zintegrowanych systemów monitorujących stan elementów statku powietrznego ma na celu wyeliminowanie wypadków przez zmniejszenie obciążenia załogi i pomoc w podjęciu właściwych decyzji. Zastosowanie inteligentnych systemów monitoringu wpływa na zwiększenie niezawodności i umożliwia usunięcie przy-

¹ Autor do korespondencji/corresponding author: Marek Młynarczyk, Instytut Lotnictwa, al. Krakowska 110/114, 02-256 Warszawa, tel. (22) 8460011, e-mail: marek.mlynarczyk@ilot.edu.pl

² Zbigniew Mrotek, e-mail: zbigniew.mrotek@ilot.edu.pl

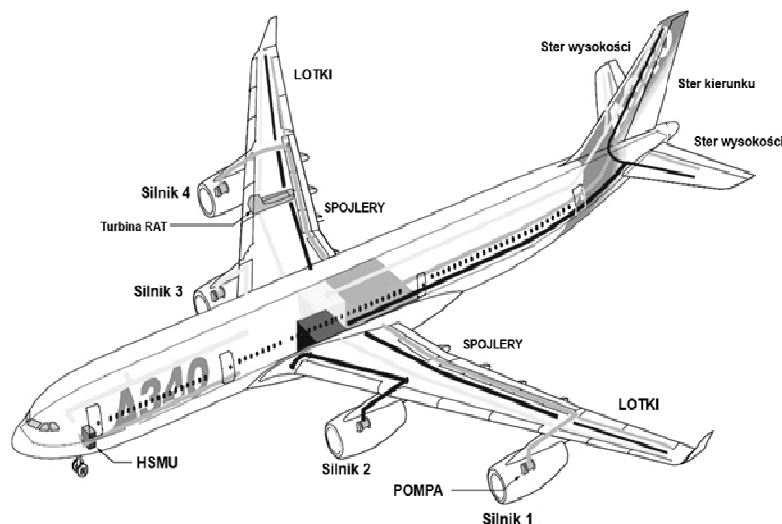
³ Józef Małuj, e-mail: jozef.maluj@ilot.edu.pl

czyn nieplanowanych konserwacji i obsług, obniżając tym samym koszty eksploatacji samolotu.

2. System hydrauliczny samolotu

Działanie współczesnych samolotów pasażerskich opiera się na niezawodnej i płynnej pracy systemu hydraulicznego, zapewniającego ich sterowność (rys. 1.) [2, 3]. Za pomocą jego elementów (siłowniki, zawory, pompy itp.) oraz wypełniającego go pod ciśnieniem płynu hydraulicznego odbywa się kontrola i sterowanie m.in. położeniem lotek, sterów, klap umieszczonych w skrzydłach i usterzeniu, pozycją podwozia, systemem hamulców oraz wieloma innymi elementami samolotu. Są one sterowane za pomocą złożonego systemu hydraulicznego, który zwykle tworzą trzy niezależne podsystemy, każdy zasilany z osobnego zbiornika, co pozwala na niezależne zadawanie ciśnienia do różnych obwodów. W przypadku utraty ciśnienia specjalny system pomp umożliwia jego utrzymanie w newralgicznych (krytycznych) układach wykonawczych. Ze względu na wymagane kryteria bezpieczeństwa samolotu system hydrauliczny pełni kluczową rolę. Wszystkie elementy w każdym z obwodów są połączone z centralnym zbiornikiem płynu układem metalowych rurek wysokociśnieniowych. Dla utrzymania stałego ciśnienia nad powierzchnią płynu zbiornik jest połączony z otaczającą go atmosferą. Ponieważ stosowane płyny hydrauliczne na bazie estrów fosforanowych wykazują znaczną higroskopijność, powietrze pobrane ze środowiska zewnętrznego jest nieuchronnym źródłem wilgoci oraz innych zanieczyszczeń wprowadzanych do płynu hydraulicznego.

Jeśli istotą działania systemu hydraulicznego we współczesnych samolotach pasażerskich jest przenoszenie znacznych sił za pośrednictwem medium, tj. płynu hydraulicznego, to bardzo ważna jest zarówno właściwa czystość płynu, jak i czynności obsługowe związane z kontrolą jego właściwości i utrzymaniem w odpowiednim stanie. Są one zwykle częścią normalnych, planowanych cyklicznie obsług samolotu. Kontrola stanu i utrzymywanie zdolności płynu hydraulicznego wykonywane w trakcie przeglądów okresowych są czasochłonne i kosztowne. Obecnie monitorowanie i ocena stanu płynu hydraulicznego odbywa się przez okresowe pobieranie próbek z instalacji. Następnie są one przesyłane do specjalistycznych laboratoriów w celu przeprowadzenia analizy ich składu chemicznego. W zależności od wyników są podejmowane dalsze akcje (płukanie, częściowa lub całkowita wymiana płynu). W celu uniknięcia bardzo kosztownej, całkowitej wymiany płynu na samolocie są często stosowane środki alternatywne, obejmujące wymianę częściową lub regenerację płynu polegającą na przepuszczeniu go przez specjalny naziemny system oczyszczający. Problemem jest również fakt, że czas potrzebny na przeprowadzenie laboratoryjnej analizy próbek waha się od 2 do 10 dni, co często opóźnia i wstrzymuje podjęcie decyzji odnośnie innych sprawdzeń i obsług.



Rys. 1. System hydrauliczny samolotu AIRBUS A340, opracowano na podstawie www.exxpertsystems.de/

Fig. 1. The hydraulic system of AIRBUS A340 aircraft, according to www.exxpertsystems.de/

Najpowszechniej stosowanymi przez największych producentów cywilnych statków powietrznych, takich jak Airbus czy Boeing, płynami w lotniczych systemach hydraulicznych są płyny na bazie estrów kwasu fosforowego. Obecnie są stosowane:

- Skydrol 500B-4,
- HyJet IV A PLUS,
- Skydrol LD-4,
- HyJet V.

Podstawowe cechy wyróżniające wymienione płyny to wysoka ognioodporność, wydłużony czas stosowania, stabilność parametrów w funkcji temperatury i zapobieganie erozji i korozji elementów systemu hydraulicznego. Największe ich wady to duża higroskopijność (ich „czas życia” w systemie hydraulicznym jest trudny do przewidzenia) oraz agresywność dla środowiska (atakuje powszechnie stosowane farby, kleje, izolacje i materiały uszczelniające). Problemy związane z zanieczyszczeniami płynu w lotniczych systemach hydraulicznych można podzielić na kilka głównych kategorii:

- cząstki stałe (obecność obcych ciał stałych w płynie hydraulicznym),
- woda (zarówno w postaci roztworu, jak i w postaci wytrąconej),
- powietrze lub inne gazy (w postaci rozpuszczonej lub pęcherzyków),
- zanieczyszczenia chemiczne (wywołane czynnikami zewnętrznymi lub degradacją).

Cząstki stałe powodują przyspieszone zużycie elementów systemu i ich uszkodzenie, zatykanie dysz i zaworów, zużycie cierne części ruchomych, krawędzi i powierzchni.

Woda powoduje wzrost korozji oraz reakcje chemiczne poprzez działanie galwaniczne, wywołując zużycie i degradację powierzchni i zużywanie się (zmęczenie) łożysk.

Powietrze w formie pęcherzyków powoduje zmiany ciśnienia wywołane kompresją, co wpływa na utratę przenoszonej mocy, utlenianie się części metalowych i ich przedwczesne zużycie, wzrost temperatury, hałasu oraz zmiany chemiczne i degradację płynu.

Zanieczyszczenia chemiczne wywołane najczęściej dodatkami niekompatybilnych płynów, pozostałością środków czyszczących lub reakcjami z elementami systemu obniżają wytrzymałość temperaturową i niepalność, powodują pogorszenie działania dodatków uszlachetniających oraz zmiany lepkości, gęstości i przewodności elektrycznej.

3. Wymagania na pokładowy system monitoringu

Pomysłem na nowatorskie rozwiązanie tych problemów było opracowanie pokładowego, inteligentnego systemu, którego jednym z zadań miało być monitorowanie za pomocą wielu czujników krytycznych parametrów lotniczego płynu hydraulicznego oraz ocena stanu jego zanieczyszczenia i zużycia. Projekt o nazwie SUPERSKYSENSE był realizowany w ramach VI Programu Ramowego Unii Europejskiej przez konsorcjum międzynarodowe, w ramach którego autorzy pracy uczestniczyli aktywnie w opracowaniu specyfikacji technicznej systemu i programu badań, opracowali i wykonali trzy prototypy czujnika właściwości elektrycznych płynu hydraulicznego oraz uczestniczyli w badaniach funkcjonalnych i prowadzili badania środowiskowe kompletnego prototypu systemu. Zadaniem systemu monitoringu SSK miała być optymalizacja obsługi układu hydraulicznego samolotu przez testowanie na bieżąco i w sposób możliwie ciągły stopnia zużycia płynu, pozwalająca na przewidywanie skutków pogorszenia jego stanu i zaplanowanie działań naprawczych. Narzędziem do jego realizacji był monitoring najważniejszych właściwości płynu hydraulicznego, a kontrolowanych dotąd za pomocą badań laboratoryjnych. Na podstawie wieloletnich doświadczeń do monitorowania wybrano te parametry, które mają największy związek z zanieczyszczeniami i utratą efektywności systemu hydraulicznego, tj.:

- zawartość cząstek stałych (klasa czystości) – wymaganie: klasa ≤ 7 ,
- kwasowość – wymaganie: indeks kwasowości $AI \leq 0,15$ mgKOH/g,
- zawartość wody – wymaganie: zawartość procentowa masy $\leq 0,2\%$,
- zawartość rozpuszczonych gazów (dotychczas niemierzona),
- właściwości elektryczne – wymaganie: konduktywność elektryczna $\gamma \geq 0,3$ $\mu\text{S/cm}$.

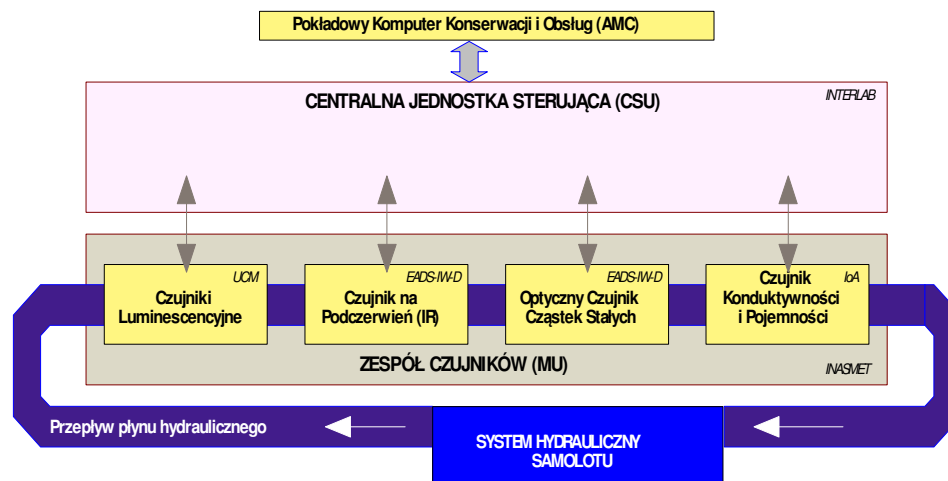
Podstawowym założeniem była zasada, zgodnie z którą system będzie elementem wyposażenia pokładowego samolotu, a informacje o mierzonych parametrach będą jak najbliższe uzyskiwanym dotychczasowymi metodami. Przyjęto, że system monitoringu (w szczególności jego czujniki) powinien działać w warunkach środowiskowych, jakie panują w systemach hydraulicznych samolotów, których podstawowe parametry to:

- ciśnienie w układzie hydraulicznym 3000 PSI (207 bar) lub 5000 PSI (345 bar) – w części wysokociśnieniowej systemu przy szybkości przepływu do 5 l/min,
- temperatura pracy systemu – normalna $[-15^{\circ}\text{C}, +85^{\circ}\text{C}]$, podwyższona $[-15^{\circ}\text{C}, +94^{\circ}\text{C}]$, przetrwania $[-60^{\circ}\text{C}, +120^{\circ}\text{C}]$,
- zasilanie z sieci pokładowej +28V.

Parametry systemu powinny być zgodne z wymaganiami normy środowiskowej EUROCAE ED14/ R.T.C.A D0160 E oraz wymaganiami Airbus ABD0100 (części 0, 1 i 2).

System monitoringu SSK (rys. 2.) opracowany w ramach projektu SUPER-SKYSENSE tworzyły dwa podstawowe bloki funkcjonalne:

- zespół czujników (MU) przetwarzających wybrane chemiczne i fizyczne parametry płynu w instalacji hydraulicznej samolotu na standardowe sygnały elektryczne,
- centralna jednostka sterująca (CSU) kontrolująca pracę czujników, zbierająca dane pomiarowe dotyczące poszczególnych monitorowanych parametrów i zapewniająca komunikację z innymi systemami zainstalowanymi na samolocie.



Rys. 2. Schemat blokowy systemu monitoringu

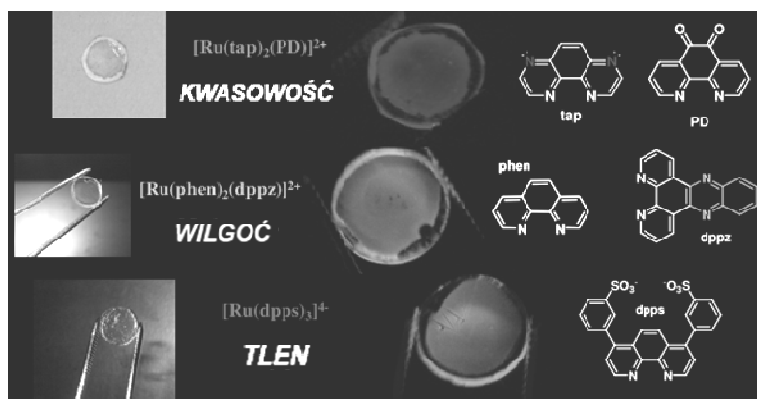
Fig. 2. The block diagram of the monitoring system

Ze względu na zastosowaną metodę pomiarową czujniki wykorzystywane do pomiaru parametrów płynów hydraulicznych można podzielić na cztery podstawowe grupy:

- 1) czujniki luminescencyjne (opracowane przez Universidad Complutense de Madrid),
- 2) czujnik na podczerwień (opracowany przez EADS Innovation Works Germany),
- 3) optyczny czujnik cząstek stałych (opracowany również przez EADS Innovation Works Germany),
- 4) pojemnościowy czujnik właściwości elektrycznych (opracowany przez autorów z Instytutu Lotnictwa w Warszawie).

Wysokociśnieniowe elementy mechaniczne zespołu czujników MU były opracowane przy udziale firmy INASMET z Hiszpanii.

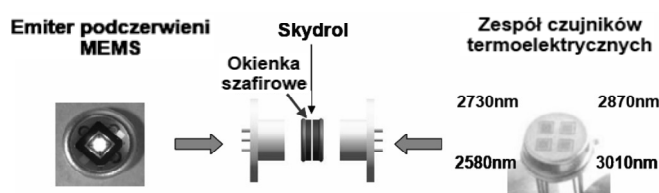
Zasada pracy czujników luminescencyjnych polegała na wykrywaniu zmiany emitowanego sygnału luminescencyjnego, powodowanej przez zanieczyszczenia chemiczne, poprzez użycie odpowiednio zabarwionych filtrów luminescencyjnych. W celu uniknięcia rozpuszczenia przez płyn hydrauliczny cienka warstwa (folia) polimeru o grubości $20\div30\text{ }\mu\text{m}$ i odpowiedniej barwie była chemicznie nanoszona na specjalne okno szklane (rys. 3.). Mierzonym parametrem był czas życia (zaniku) luminescencji następującej po chwilowym wzbudzeniu luminoforu przez błysk światła. Do pomiaru parametrów chemicznych zastosowano okno luminescencyjne na podstawie barwy pomarańczowo-czerwonej o stężeniu barwnika dobranym i specjalnie zoptymalizowanym dla każdego z mierzonych parametrów: zawartości kwasów, wody i powietrza.



Rys. 3. Filtry czujników luminescencyjnych zaprojektowane i wykonane przez Universidad Complutense de Madrid, na podstawie [4]

Fig. 3. Filters of the luminescent sensors designed and build Universidad Complutense de Madrid, according to [4]

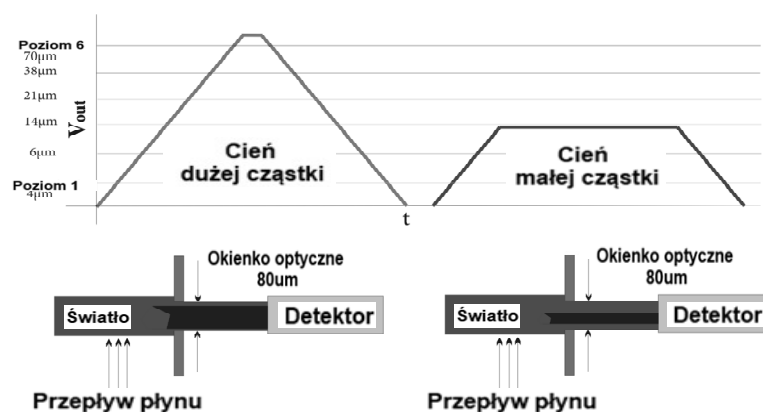
Czujnik zanieczyszczeń chemicznych oparty na metodzie podczerwieni służył do pomiaru dwóch parametrów: zawartości wody (kanał 2870 nm) i kwasów (kanały 2730 nm i 3010 nm). Oba parametry można było mierzyć przez pomiar zmian emisji podczerwieni przez badany płyn hydrauliczny. Przykładowo, zmiana zawartości wody powoduje wzrost absorpcji promieniowania podczerwonego w długości fali ok. 3500 cm^{-1} (lub 2870 nm). Współczynnik absorpcji podczerwieni jest w przybliżeniu symetryczny względem tej wartości i symetria ta jest zaburzana w momencie pojawienia się zanieczyszczeń. Zasadę pracy i strukturę czujnika pokazano na rys. 4.



Rys. 4. Zasada pracy czujnika opartego na emisji podczerwieni (EADS-IW-D), na podstawie [4]

Fig. 4. Principle of operating of the sensor based on the infrared emission (EADS-IW-D), according to [4]

Czujnik zawartości cząstek stałych w płynie hydraulicznym oparto również na metodzie optycznej; jego zasadę pracy i budowę zilustrowano na rys. 5. Praca czujnika polegała na zliczaniu zdarzeń polegających na rzutowaniu cieni cząstek przepływających przez wąską szczelinę i oświetlanych przez światło emitowane



Rys. 5. Zasada pracy optycznego czujnika cząstek stałych (EADS-IW-D), na podstawie [4]

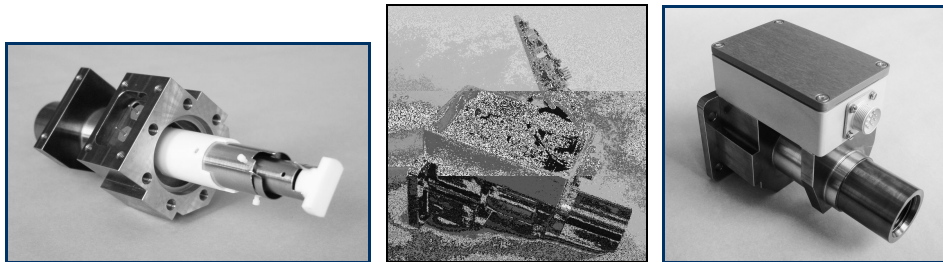
Fig. 5. Principle of operating of the particulate filter sensor (EADS-IW-D), according to [4]

przez diodę laserową. Wielkość sygnału wyjściowego była zależna od rozmiaru cienia wytwarzanego przez cząstkę przemieszczającą się w wiązce światła, a tym samym od jej wielkości.

Czujnik właściwości elektrycznych płynu hydraulicznego (rys. 6.) opierał się na metodzie pojemnościowej i służył do pomiaru konduktywności i stałej dielektrycznej (poprzez pomiar pojemności). Podstawowym elementem pomiarowym był współosiowy kondensator cylindryczny zanurzony na stałe w przepływającym płynie hydraulicznym. Zasadę pomiaru oparto na zależnościach określających pojemność C i konduktywność g czujnika cylindrycznego.

$$C = C_o \cdot \varepsilon_r = \frac{\varepsilon_r \cdot \varepsilon_o \cdot 2\pi L}{\ln(D2/D1)},$$

$$g = \frac{\ln(D2/D1)}{2\pi LR}.$$



Rys. 6. Czujnik parametrów elektrycznych płynu hydraulicznego, Instytut Lotnictwa

Fig. 6. The sensor of electric parameters of hydraulic fluid, Institute of Aviation

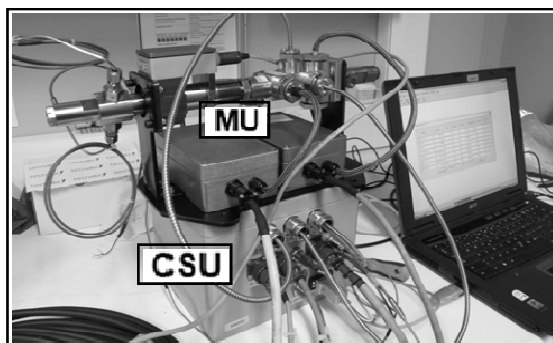
Ponieważ wymiary kondensatora pomiarowego ($D1$, $D2$ i L) są stałe i w obu przypadkach identyczne, pomiar stałej dielektrycznej ε_o sprowadza się do pomiaru pojemności C , a pomiar konduktywności g do pomiaru odwrotności rezystancji czujnika R . Stała dielektryczna dotychczas nie była parametrem mierzonym w celu oceny stanu jego zanieczyszczenia. W trakcie badań płynów hydraulicznych przeprowadzonych w ramach projektu stwierdzono jednak prawie liniową zależność tego parametru w funkcji zawartości wody i zdecydowano się na dodatkowe jego monitorowanie.

Zadaniem centralnej jednostki sterującej (CSU) systemu SSK opracowanej przez koordynatora projektu firmę INTERLAB z Hiszpanii było: zapewnienie analogowego interfejsu pomiędzy czujnikami a cyfrowym blokiem przetwarzania danych; sterowanie pracą czujników optycznych; zbieranie, analiza, przetwarzanie i gromadzenie danych o stanie poszczególnych mierzonych parametrów oraz zapewnienie interfejsu cyfrowego do komunikacji z zewnętrznym kompute-

rem bądź pokładowym systemem konserwacji i obsługi. Modułową konstrukcję CSU systemu wraz z przykładowym oknem programu odczytującego na bieżąco wartości poszczególnych mierzonych paramentów przedstawiono na rys. 7.

Rys. 7. Kompletny prototyp systemu SSK

Fig. 7. Complete prototype of system SSK



4. Badania prototypów

Badania prototypów mają zawsze kluczowe znaczenie w ocenie przydatności projektowanych systemów. Głównym celem projektu było wiarygodne wykazanie funkcjonalności systemu SSK w rzeczywistych warunkach pracy. Aby sprawdzić, czy jego wszystkie elementy będą w stanie wytrzymać rzeczywiste narażenia bez uszkodzeń i czy bezpiecznie mogą być poddane próbom funkcjonalnym, przeprowadzono próby vibracyjne trwałościowe i zmęczeniowe. Wykonano trzy prototypy, każdy przeznaczony do innego rodzaju testów. Rzeczywistym celem prób vibracji przypadkowych przeprowadzonych w Instytucie Lotnictwa w Warszawie było sprawdzenie, czy konstrukcja prototypu pozwala na bezpieczne przeprowadzenie testów funkcjonalnych. Testy przeprowadzono dla trzech osi, zwiększając narażenia aż do najwyższego poziomu D1 określonego w normie RTCA/DO-160E. Próbom poddano zespół czujników (MU) napełniony płynem hydraulicznym. W celu stwierdzenia, że system jest zdolny do bezpiecznego przeprowadzenia prób funkcjonalnych prototyp poddano testom w firmie CESA w Madrycie, takim jak:

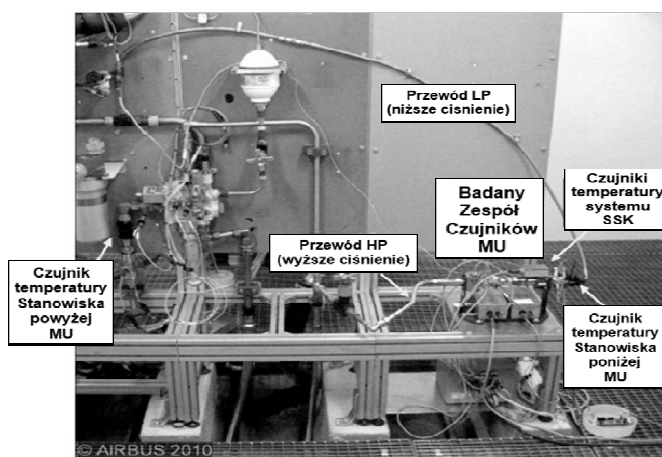
- próba trwałościowa – 5000 cykli ciśnienia 209 barów oraz załączania elektroniki,
- próba zmęczeniowa – 55000 cykli ciśnienia 87,5 barów.

W wyniku prób trwałościowych i zmęczeniowych stwierdzono, że prototyp systemu może być bezpiecznie poddany próbom funkcjonalnym.

Przeprowadzenie i wyniki prób funkcjonalnych były najbardziej istotnym elementem badania prototypu systemu monitoringu. Głównym celem tych prób była ocena, czy system jest w stanie prawidłowo mierzyć parametry płynu w warunkach rzeczywistych, tj. przy roboczych wartościach ciśnienia i przepły-

wu płynu oraz dla różnych zawartości wody i klasy czystości płynów hydraulicznych oraz różnych wartości temperatury.

Testy funkcjonalne zostały przeprowadzone na unikatowym stanowisku hydraulicznym AIRBUS ESTER 3000 PSI (rys. 8.) w Tuluzie. Obecność na stanowisku elementów systemu hydraulicznego (np. siłowników) odzwierciedlała rzeczywiste warunki w systemie hydraulicznym samolotu. Aby przeprowadzić testy systemu SSK, opracowano specjalny program umożliwiający komputerową zmianę parametrów płynu hydraulicznego, kontrolę jego parametrów, przecieków instalacji oraz symulacje różnych stanów działania systemu hydraulicznego. Umożliwiał on również odczytywanie i rejestrację danych z badanego systemu SSK oraz utrzymywanie stałej temperatury i przepływu płynu hydraulicznego. Zasadnicze testy przeprowadzono w różnych temperaturach. W celu porównania wyników pomiarów z wynikami dotychczas stosowanych badań przed każdą zmianą stopnia zanieczyszczenia płynu pobierano próbki, które były następnie poddawane badaniom konwencjonalnymi metodami laboratoryjnymi. Uzyskane wyniki pomiarów zawartości kwasów i powietrza czujnikami luminescencyjnymi i na podczerwień potwierdziły słuszność koncepcji oraz metod pomiarowych. Dokładne porównanie wyników badań zawartości powietrza było utrudnione, gdyż proces pobierania i transportu próbek do laboratorium miał wpływ na ich czystość. W przypadku optycznego czujnika cząstek stałych potwierdzono jedynie ich wykrywanie w pełnym zakresie pomiarowym. Jednak wyniki zliczania wykazały znaczne odstępstwa od wyników laboratoryjnych z powodu sklejaniania się i wzajemnego przesłaniania cząstek przepływających przez wąską szczelinę pomiarową, co wymagałoby modyfikacji konstrukcji czujnika (np. wymuszenie mieszania cząstek). Wyniki pomiaru konduktywności wykazały bardzo wysoką



Rys. 8. System SSK badany na stanowisku firmy AIRBUS, na podstawie [4]

Fig. 8. SSK system tested on the AIRBUS stand, according to [4]

zbieżność z wynikami pomiarów laboratoryjnych oraz dobrą kompensację wpływu zmian temperatury. Pomimo stwierdzenia liniowej zależności zmian stałej dielektrycznej płynu hydraulicznego od zawartości wody ich zakres nie pozwolił na uzyskanie zadowalających wyników pomiarowych w warunkach, gdy płyny hydrauliczne mogą być mieszane w dowolnych proporcjach. Wynikło to ze znacznych różnic stałych dielektrycznych stosowanych płynów.

5. Uwagi końcowe

Na podstawie doświadczeń z obsługą i eksploatacji wielu firm lotniczych można stwierdzić, że najbardziej krytycznymi parametrami płynów hydraulicznych są obecność **cząstek stałych**, zawartość **wody** i nadmierna **kwasowość**. Mimo że projekt jest znacznym krokiem naprzód w kierunku zastąpienia dotychczas stosowanych metod kontroli pokładowym systemem monitoringu w pełni zintegrowanym z systemami samolotu, nie uzyskano zapewnienia kontroli wszystkich wymaganych parametrów. W szczególności w zakresie pomiaru zawartości cząstek stałych nie uzyskano satysfakcjonujących rezultatów ze względu na złożoną naturę fizyczną tego parametru. Do niezawodnej oceny pomiaru krytycznych właściwości płynu hydraulicznego pozostają zatem dwa parametry: zawartość wody i kwasów. Na ich podstawie oraz pomiarze temperatury płynu można otrzymać podstawowe informacje na temat stanu jego zużycia. W systemach hydraulicznych nowych samolotów, gdzie temperatura płynu jest mierzona ze znacznie większą dokładnością, uzyskane wyniki pomiarów wilgotności i kwasowości mogą być bardziej użyteczne.

Linie lotnicze prowadzące obsługę swych samolotów są zainteresowane również alternatywnym rozwiązaniem, jakim byłoby zastosowanie opracowanej w ramach projektu jednostki monitorującej do pomiarów w trakcie obsługi naziemnej. W ramach tego pośredniego kroku system monitoringu SSK mógłby zastąpić większość pomiarów laboratoryjnych. Jedną z istotnych zalet takiego rozwiązania można byłby uznać fakt, że tego typu system naziemny nie musiałby spełniać rygorystycznych wymagań środowiskowych i niezawodnościowych dla pokładowego systemu hydraulicznego. Już samo wyeliminowanie konieczności pobierania próbek płynu z systemu samolotu oraz możliwość podjęcia natychmiastowej decyzji i działań podczas jego obsługi bez konieczności wielodniowego oczekiwania na wyniki badań laboratoryjnych miałyby duże znaczenie dla użytkowników przez znaczny wpływ na obniżenie kosztów eksploatacji samolotu.

Literatura

- [1] Praca zespołowa: European aeronautics: A vision for 2020, Published by the European Commission, January 2001.

- [2] Specyfikacja techniczna NSA307110, Fluid – Hydraulic Phosphate Ester – Base Fire Resistant, Airbus France, March 2004.
- [3] Neese W.A.: Aircraft hydraulic systems. Krieger Pub Co., February 1991.
- [4] SuperSkysense Final Publishable Executive Summary – M42: Hydraulic fluid health monitoring and reconditioning system, June 2010.

ON-BOARD AVIATION HYDRAULIC FLUID HEALTH MONITORING SYSTEM

Abstract

Growing demands of aircrafts operators to increase the reliability and reduce operating costs by eliminating unscheduled maintenance make designers implement more widely integrated systems monitoring the status of the largest possible number of onboard components. The paper presents the main goals and objectives of the project concerning optimized maintenance concept for aviation hydraulic fluids based on an onboard smart system capable of monitoring fluid condition, developed under the VI European Framework Program. The role of the hydraulic system on the aircraft, the phosphate based hydraulic fluids properties and current methods of controlling their health were briefly described. After presenting the general requirements for the system the main monitoring parameters of the fluids and the implemented sensors were described. At the end the basic results of the functional tests performed in the real hydraulic system were presented.

Keywords: on-board monitoring system, aircraft, aircraft hydraulic system

DOI:10.7862/rm.2013.44

Otrzymano/received: 15.09.2013 r.

Zaakceptowano/accepted: 22.11.2013 r.