

*system diagnostyczny, system informatyczny, samolot, silnik,  
awionika, niesprawność, sygnał, analiza,  
dane, parametr, rejestracja*

Andrzej LEŚNICZAK<sup>1</sup>

**SYSTEM INFORMATYCZNY CIĄGŁEJ OCENY STANU TECHNICZNEGO  
SAMOLOTU CASA C-295M NA PODSTAWIE SYGNAŁÓW  
Z POKŁADOWYCH SYSTEMÓW DIAGNOSTYCZNYCH  
ZESPOŁU NAPĘDOWEGO I AWIONIKI**

*W opracowaniu przedstawiono krótką charakterystykę pokładowych systemów diagnostycznych samolotu CASA C-295 i systemu informatycznego umożliwiającego archiwizowanie i analizę sygnałów zarejestrowanych w tych systemach. Omówiono zasady wprowadzania i weryfikacji danych oraz możliwości ich wykorzystania do ciągłej oceny stanu technicznego zespołu napędowego i awioniki pojedynczych samolotów i całej ich populacji na podstawie łącznej analizy wszystkich parametrów diagnostycznych i danych o czasie pracy i liczbie wykonanych lotów.*

**THE COMPUTER SYSTEM OF EVALUATION OF THE CASA C-295M  
HEALTH WITH ON-BOARD POWER PLANT AND AVIONIC  
DIAGNOSTIC SYSTEMS ENGAGED**

*The author presents short profiles of on-board diagnostic systems of the CASA C-295 and a computer system that enables archiving and analyses of signals recorded in these systems. Discussed are principles that underlie data collection and verification, and capabilities to use the data for continuous analysis of health of power plants and avionics of both individual airplanes and the whole population thereof on the basis of joint analysis of all diagnostic parameters and data on the total flying hours and the number of flights.*

**1. WSTĘP**

Samolot transportowy CASA C-295M jest pierwszym użytkowanym w Polskich Siłach Powietrznych samolotem wyposażonym w cyfrowe pokładowe systemy diagnostyczne - zespołu napędowego IEDS (Integrated Engine Display System) i systemów awionicznych CDS (Centralized Diagnostic System). Informują one w czasie lotu o wystąpieniu niesprawności (rys. 1) i rejestrują sygnały o niesprawności

---

<sup>1</sup> Instytut Techniczny Wojsk Lotniczych, 01-494 Warszawa, ul. Księcia Bolesława 6  
tel. + 48 22 685 10 48, Fax: + 48 22 685 11 05, e-mail: andrzej.lesniczak@itwl.pl

w pamięciach komputerów pokładowych. Sygnalizacja niesprawności w czasie lotu pozwala załodze podjąć właściwą decyzję do jego bezpiecznego zakończenia, a ich rejestracja pozwala na analizę danych po locie przez personel obsługi technicznej w celu ustalenia przyczyn ich wystąpienia oraz podjęcia właściwych działań profilaktycznych. Z analizy zakresu informacyjnego sygnałów wynika, że można je również wykorzystywać do ciągłej oceny stanu technicznego samolotów oraz oceny poziomu ich niezawodności bezpieczeństwa lotów.



Rys.1. Widok kabiny z wyświetlaczami systemów IEDS i CDS oraz lampkami ostrzegawczymi

## 2. CHARAKTERYSTYKA POKŁADOWYCH SYSTEMÓW DIAGNOSTYCZNYCH ZESPOŁU NAPĘDOWEGO I AWIONIKI

### 2.1 System diagnostyczny IEDS zespołu napędowego

System diagnostyczny zespołu napędowego IEDS realizuje dwa zasadnicze zadania:

- informuje w czasie lotu i prób na ziemi o wartościach parametrów pracy zespołu napędowego oraz sygnalizuje o nieprawidłowej pracy wyposażenia samolotu (rys. 2a),
- zapisuje informacje o nieprawidłowej pracy zespołu napędowego oraz umożliwia ich przegląd po locie i przeniesienie do komputera naziemnego.

Wszystkie funkcje systemu wyświetlane są na dwóch ekranach wyświetlacza usytuowanego w centralnej części tablicy przyrządów pokładowych (rys. 1 i 2). W czasie lotu na ekranie górnym wyświetlane są wartości podstawowych parametrów pracy obu silników [4]. Skala pionowa przedstawiająca wartości parametrów jest podzielona na trzy przedziały określające wartości prawidłowe (kolor zielony), zbliżone do wartości dopuszczalnej (żółty), oraz przekraczające wartości dopuszczalne (czerwony). Wartości parametrów przekraczające wartości dopuszczalne są rejestrowane w pamięci systemu.

Dolny ekran wyświetlacza w czasie lotu pokazuje dwie oddzielne strefy. W strefie dolnej wyświetlane są wartości pozostałych parametrów. Strefa górna służy jako ekran do wyświetlania komunikatów o nieprawidłowej pracy silników oraz

zespołów i instalacji pokładowych samolotu (w tym również nie kontrolowanych przez system IEDS), sygnalizujących możliwość zagrożenia (kolor żółty) oraz wystąpienie zagrożenia bezpieczeństwa lotów (kolor czerwony). Pojawianie się komunikatów jest sprzężone z pulsowaniem żółtych lub czerwonych świateł sygnalizacyjnych w kabinie (rys.1), a w przypadku sygnałów zagrożenia – również z sygnałem dźwiękowym. Wszystkie komunikaty są również rejestrowane w pokładowym rejestratorze parametrów lotu FDR (tzw. „czarna skrzynka”). Na ziemi dolny ekran jest wykorzystywany do obsługi systemu IEDS.

System IEDS umożliwia przegląd informacji na obu ekranach wyświetlaczach po zakończeniu lotu oraz przenoszenie danych do komputerów naziemnych.

#### Parametry pracy silników:

TQ – moment obrotowy (%)

ITT – temperatura gazów między turbinami ( $^{\circ}\text{C}$ )

NP – obroty śmigła (%)

NH – obroty wirnika wysokiego ciśnienia (%)

Strefa komunikatów ostrzegających



widok w czasie lotu    menu obsługi na ziemi

Rys.2. – Widok wyświetlacza systemu IEDS

## 2.2 System diagnostyczny CDS awioniki

Zcentralizowany system diagnostyczny CDS jest przeznaczony do testowania stanu urządzeń systemów awionicznych po ich zamontowaniu na samolocie i w czasie wykonywania standardowych procedur obsługowych oraz sygnalizowania i rejestrowania niesprawności w czasie lotu. Operacje testowania oraz przeglądania wyników testów i sygnałów nieprawidłowego działania urządzeń zarejestrowanych w czasie lotów wykonuje się na wyświetlaczach wielofunkcyjnych MCDU usytuowanych w kabinie załogi (rys. 1). System diagnozuje 24 typy urządzeń przeznaczenia ogólnego i 6 typów urządzeń o przeznaczeniu wojskowym [3]. W systemie rejestrowane są kody wszystkich niesprawności, które powodują konieczność wymiany urządzenia albo utratę co najmniej jednej jego funkcji. W pamięci systemu może być zarejestrowanych 500 sygnałów o niesprawnościach z ostatnich 50 lotów. Informacje o niesprawnościach są rejestrowane w czasie rzeczywistym, równocześnie z sygnalizowaniem o ich wystąpieniu w kabinie załogi. Po zakończeniu lotu można obejrzeć raport o niesprawnościach awioniki (Flight Fault Report) zawierający nazwę urządzenia, kod niesprawności i dokładny czas jej

rejestracji. Zarejestrowane w CDS sygnały o niesprawnościach podlegają analizie zgodnie z procedurami opracowanymi przez producenta każdego sygnału.

### **3. CHARAKTERYSTYKA SYSTEMU INFORMATYCZNEGO CIĄGŁEJ OCENY STANU TECHNICZNEGO SAMOLOTU CASA C-295M NA PODSTAWIE SYGNAŁÓW Z SYSTEMÓW DIAGNOSTYCZNYCH**

System informatyczny ciągłej oceny stanu technicznego samolotu CASA C-295M, o nazwie KRAKUS, został opracowany w ITWL we współpracy z eskadrą lotnictwa transportowego z Krakowa w ramach projektu badawczego. Jest on przystosowany do współpracy z funkcjonującym w Siłach Zbrojnych systemem analizy i oceny procesu eksploatacji wojskowych statków powietrznych SAMANTA, w którym rejestrowane są nw. informacje o przebiegu eksploatacji każdego wojskowego statku powietrznego, w tym również samolotów CASA:

- podstawowe dane ewidencyjno-eksploatacyjne każdego statku powietrznego i silnika lotniczego;
- dane o pracy każdego statku powietrznego i silnika – czas pracy w powietrzu (nalot) i na ziemi, liczba lądowań, liczba uruchomień silnika, liczba cykli,
- dane o uszkodzeniach wykrytych w czasie lotu i na ziemi,
- dane o wykonanych remontach, obsługach technicznych i biuletynach,
- stany eksploatacyjne każdego statku powietrznego w każdym dniu eksploatacji.

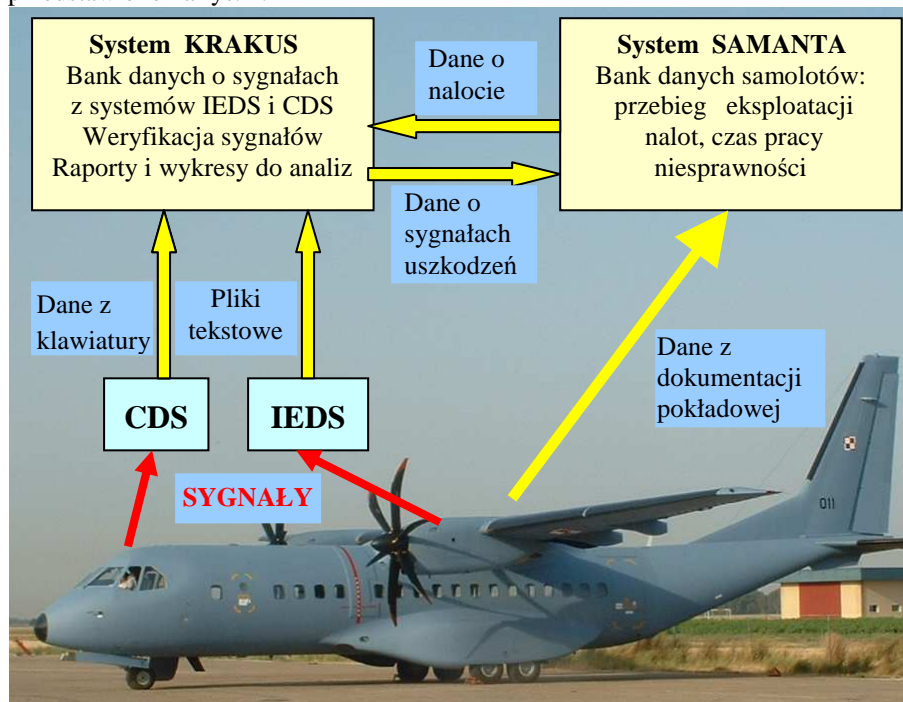
System KRAKUS umożliwia wykonywanie nw. operacji:

- wprowadzanie stałych danych słownikowych opisujących strukturę sygnałów rejestrowanych w systemach EDS i CDS,
- wprowadzanie i weryfikację danych o sygnałach rejestrowanych w systemach IEDS i CDS w procesie eksploatacji samolotów CASA,
- wprowadzanie danych o nalocie i liczbie lądowań każdego samolotu CASA generowane w systemie SAMANTA,
- generowanie raportów umożliwiających bieżącą analizę i ocenę danych o sygnałach rejestrowanych w systemach IEDS i CDS,
- generowanie plików z danymi o uszkodzeniach sygnalizowanych w systemach IEDS i CDS umożliwiających ich ewidencję w systemie SAMANTA,

Współpraca systemów KRAKUS i SAMANTA umożliwia wszechstronną analizę niezawodności samolotów CASA z wykorzystaniem informacji z pokładowych systemów diagnostycznych poprzez:

- w systemie KRAKUS – analizę przebiegu zmian wskaźników charakteryzujących sygnały z pokładowych systemów diagnostycznych w oparciu o dane o nalocie i liczbie lądowań samolotów generowane w systemie SAMANTA,
- w systemie SAMANTA – analizę niezawodności samolotów CASA, ich silników i wyposażenia i porównanie wskaźników niezawodności na tle innych typów statków powietrznych z wykorzystaniem informacji o uszkodzeniach sygnalizowanych przez pokładowe systemy zweryfikowanych i przetworzonych w systemie KRAKUS.

Schemat obiegu informacji w systemie oceny stanu technicznego samolotu przedstawiono na rys. 2.



Rys. 2. Obieg informacji w systemie ciągłej oceny stanu technicznego samolotów CASA C-295M

### 3.1 Wprowadzanie i weryfikacja danych z systemów IEDS i CDS

Do bazy danych sygnałów diagnostycznych systemu KRAKUS mogą być wprowadzane wszystkie dane przenoszone z systemu IEDS poszczególnych samolotów do komputera naziemnego w postaci plików tekstowych w następujących grupach funkcjonalnych, oznaczonych literami:

- A – Engine exceedances – dane o przekroczeniach dopuszczalnych wartości parametrów pracy silników;
- B – IEDS revision – faults – dane o procesorach systemu i ich uszkodzeniach;
- C – EEC faults history – dane o uszkodzeniach elektronicznych bloków sterowania silnikami EEC;
- D – Engine trend monitoring - wartości podstawowych parametrów pracy zespołu napędowego oraz prędkości i wysokości lotu rejestrowane przez załogę na ustalonych zakresach pracy silników;
- E – Maintenance - dane o intensywności pracy silników takich jak: liczba godzin pracy i wykonanych lotów oraz liczby udanych, przerwanych i samoczynnych uruchomień,

F – EPC faults history – dane o uszkodzeniach elektronicznych bloków sterowania śmigłami EPC.

Dane rejestrowane w systemie CDS mogą być wprowadzane do systemu KRAKUS z klawiatury, ponieważ producent nie wyposażył systemu CDS w oprogramowanie umożliwiające ich przenoszenie do komputera naziemnego. Dane te są spisywane przez specjalistów awioniki po wykonanych lotach bezpośrednio z ekranów wyświetlających informacje zarejestrowane w czasie ostatniego lotu. Do systemu KRAKUS można je wprowadzić po wybraniu z menu: numeru samolotu, nazwy systemu afinicznego i nazwy urządzenia a następnie kodu uszkodzenia spisanego z ekranu systemu CDS.

Wprowadzone dane mogą zawierać błędy zapisu powstałe podczas rejestracji sygnałów w systemie IEDS lub w czasie przenoszenia z samolotu do komputera naziemnego. Sygnały z systemu CDS mogą być błędnie wprowadzone przez operatora. Błędy te mogą dotyczyć:

- nieprawidłowego opisu daty i czasu wystąpienia sygnału,
- nieprawidłowego opisu wartości parametru lub czasu trwania sygnału,
- niezgodności wartości sygnału z określonym dla niego zakresem lub czasu jego trwania z określonym kryterium.

W celu umożliwienia prawidłowego przetwarzania danych, w module KRAKUS wprowadzono klasyfikację sygnałów poprzez nadawanie im nw. klasyfikatorów:

- klasyfikator „0” – sygnał nie sklasyfikowany,
- klasyfikator „1” – sygnalizujący uszkodzenie,
- klasyfikator „2” – sygnalizujący zjawisko dopuszczalne w procesie użytkowania,
- klasyfikator „3” – sygnał nieprawidłowo zarejestrowany w systemie.

Klasyfikacja może być przeprowadzana ręcznie i automatycznie. Klasyfikacja automatyczna umożliwia wyselekcjonowanie błędnie zapisanych rekordów spełniających kryteria błędów i nadanie im klasyfikatora „3”. W czasie wykonywania tej operacji, pozostałe sygnały mają nadawany klasyfikator „2”.

Po wykonaniu klasyfikacji automatycznej, operator może dokonać w sposób manualny klasyfikacji każdego sygnału poprzez nadanie mu właściwego klasyfikatora, jeżeli klasyfikator nadany automatycznie jest nieprawidłowy. Dotyczy to przede wszystkim wyodrębnienia z grupy sygnałów prawidłowych, którym program nadał klasyfikator „2”, sygnałów związanych z uszkodzeniami silników poprzez zmianę klasyfikatora na „1”. Możliwe jest również przeklasyfikowanie sygnałów nieprawidłowo zarejestrowanych (klasyfikator „3”) do innej kategorii.

Niezależnie od danych z systemów IEDS i CDS, do systemu KRAKUS mogą być w dowolnym czasie wprowadzane dane o nalocie i liczbie lądowań samolotów z plików tekstowych generowanych w systemie SAMANTA;

Dla wszystkich sygnałów, którym nadano ręcznie klasyfikator „1” sygnalizujący uszkodzenie możliwe jest generowanie plików dla potrzeb systemu SAMANTA.

Dane z wszystkich grup funkcjonalnych mogą być kopiowane do innych dysków lub nośników danych w postaci plików tekstowych umożliwiającą ich przedstawianie w programie Access lub arkuszu kalkulacyjnym Excel.

### 3.2 Przegląd i analiza danych o sygnałach z systemów IEDS i CDS

Dane o sygnałach z systemów IEDS i CDS wprowadzone do systemu KRAKUS i zweryfikowane podczas ich klasyfikacji automatycznej i ręcznej są przeznaczone do wykonywania analiz o stanie technicznym i niezawodności silników PW-127G oraz systemów i urządzeń awionicznych eksploatowanych na samolotach CASA. W tym celu w systemie KRAKUS mogą być generowane raporty umożliwiające prowadzenie takich analiz.

Raporty o sygnałach zarejestrowanych w systemie IEDS zawierają następujące grupy informacji o wprowadzonych sygnałach:

- historia występowania sygnałów przekroczeń dopuszczalnych wartości parametrów pracy każdego silnika w poszczególnych dniach lotów;
- dane o parametrach lotu i pracy silników rejestrowane przez załogi w ustalonych warunkach;
- dane o intensywności pracy każdego silnika;
- dane o sygnałach nieprawidłowo zarejestrowanych w systemie IEDS – oddzielnie dla każdej grupy funkcjonalnej sygnałów;
- klasyfikacja sygnałów przekroczeń dopuszczalnych wartości parametrów pracy silników – ogółem dla wszystkich samolotów lub indywidualnie dla pojedynczego samolotu;
- dane przekrojowe o sygnałach przekroczeń dopuszczalnych wartości parametrów pracy – z uwagi na możliwości określania bardzo dużo różnorodnych przekrojów danych, w systemie generowane są tylko niektóre zestawienia przekrojowe ustalone jako najbardziej przydatne do bieżących analiz:

dla silników pojedynczego samolotu:

- liczba wystąpień poszczególnych sygnałów w kolejnych dniach lotów,
- wskaźniki oceny sygnałów w poszczególnych dniach lotów,
- daty pierwszych wystąpień poszczególnych sygnałów,
- dane o wszystkich sygnałach zarejestrowanych na obu silnikach,

dla dowolnie wybranej grupy samolotów:

- nalot i liczba wystąpień wszystkich sygnałów w dniu lotów i od początku eksploatacji,
- daty wystąpień poszczególnych sygnałów,

Dane o sygnałach zarejestrowanych w systemie CDS można przedstawiać oddzielnie dla każdego samolotu lub ogółem dla dowolnej grupy samolotów w następujących grupach raportów:

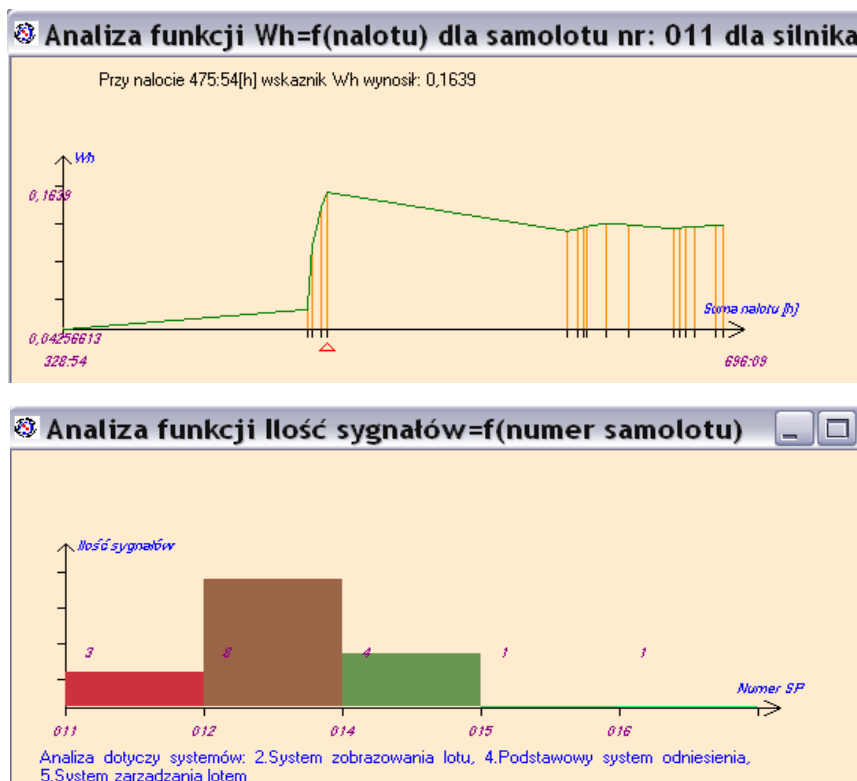
- dane o klasyfikacji sygnałów dla pojedynczego samolotu lub dowolnej grupy samolotów,
- wykazy kodów sygnałów uszkodzeń poszczególnych systemów i urządzeń awionicznych zarejestrowanych w wybranym przedziale czasu,
- liczby sygnałów zarejestrowanych w poszczególnych dniach lotów lub miesiącach wybranego przedziału czasu oraz od daty zarejestrowania pierwszego sygnału,
- daty pierwszych wystąpień poszczególnych sygnałów.

Dla sygnałów z obu systemów mogą być generowane wykresy przedstawiające przebiegi zmian wartości wskaźników charakteryzujących wybrane sygnały przekroczeń dopuszczalnych wartości parametrów pracy silników i uszkodzeń urządzeń awionicznych – sygnały są charakteryzowane następującymi miarami pozwalającymi na analizę ich wpływu na bezpieczeństwo lotów i niezawodność:

- liczba wystąpień sygnałów w poszczególnych lotach;
- liczba wystąpień sygnałów od początku eksploatacji silnika;
- wskaźniki liczby wystąpień sygnałów przypadającą na 1 godzinę lotu lub 1 lot (ładowanie) samolotów;

W systemie mogą być generowane wykresy przebiegu zmian ww. miar opisujących sygnały dla każdego samolotu lub silnika oddzielnie oraz na łącznie dla wszystkich silników i urządzeń awionicznych dowolnie wybranej grupy samolotów w następujących funkcjach (przykłady przedstawiono na rys. 3):

- czasu kalendarzowego od początku eksploatacji silników,
- nalotu rozpatrywanej grupy samolotów od początku ich eksploatacji (rejestrowanego w systemie SAMANTA),
- liczby lądowań wykonanych przez rozpatrywaną grupę samolotów od początku ich eksploatacji (rejestrowanych w systemie SAMANTA).



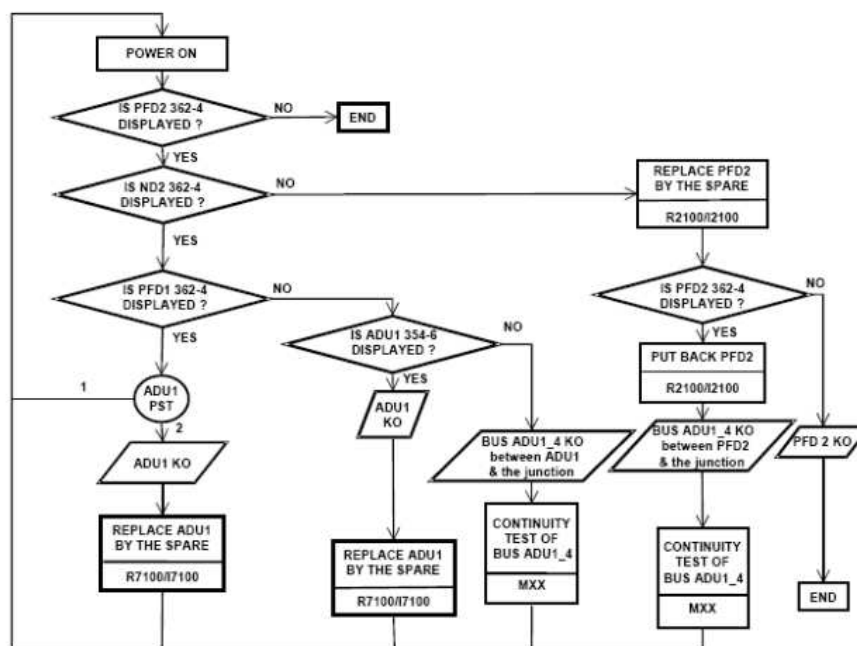
Rys. 3. Przykład wykresów zmian wartości wskaźnika niezawodności



W przypadku wystąpienia sygnałów nieprawidłowego działania silnika lub urządzenia awioniki stosowane są procedury postępowania, które zostały wprowadzone do systemu KRAKUS ( przykład przedstawiono na rys. 4).

### Procedura T 2204

Urządzenie: PFD2    Kod: 362 4    Opis sygnału: ADU1 bus failed



Rys.4. Przykład procedury postępowania po zarejestrowaniu sygnału uszkodzenia

System KRAKUS jest systemem otwartym i pozwala m.in. na:

- automatyzację wprowadzania danych o sygnałach z systemu CDS po modernizacji jego oprogramowania umożliwiającą przenoszenie danych z samolotu do komputerów naziemnych;
- przystosowanie do wprowadzania innych sygnałów diagnostycznych generowanych przez urządzenia zabudowane na samolotach nowszych wersji lub w czasie modernizacji wyposażenia samolotów starszych wersji;
- rozszerzenie możliwości generowania zestawień i wykresów stosownie do zwiększających się potrzeb użytkownika w zakresie analiz niezawodności i bezpieczeństwa lotów;
- wprowadzenie opcji umożliwiających automatyczną ocenę tendencji zmian wskaźników charakteryzujących zbiór sygnałów diagnostycznych. w oparciu o wprowadzone kryteria.

System KRAKUS został przetestowany na danych rzeczywistych zarejestrowanych w systemach diagnostycznych IEDS i CDS w procesie eksploatacji samolotów CASA C-295M oraz danych o nalocie i liczbie lądowań samolotów zarejestrowanych w systemie SAMANTA. Z weryfikacji sygnałów przekroczeń dopuszczalnych parametrów pracy zespołu napędowego wynika, że wiele z nich zostało zarejestrowanych z błędami, co świadczy o niedoskonałości systemu IEDS w zakresie poprawności rejestracji sygnałów. Dużą grupę stanowią sygnały, których wystąpienie było prawidłowe i dopuszczalne w danych warunkach pracy. Dotychczas nie zarejestrowano jeszcze sygnałów uszkodzeń elektronicznych bloków sterowania silnikami i śmigłami oraz procesorów systemu IEDS. W systemie CDS zarejestrowano sygnały uszkodzeń niektórych urządzeń awioniki, ale ich udział w ogólnej liczbie uszkodzeń jest niewielki. Z tego powodu system KRAKUS nie został wdrożony do użytku w procesie eksploatacji samolotów CASA C-295M.

#### 4. WNIOSKI

- 1) System informatyczny KRAKUS ciągłej oceny stanu technicznego samolotu CASA C-295M umożliwia archiwizację danych o sygnałach z pokładowych systemów diagnostycznych zespołu napędowego i awioniki oraz generowanie zestawień i wykresów do analiz niezawodności i bezpieczeństwa lotów zgodnie z potrzebami użytkownika.
- 2) Samoloty CASA C-295M w dotychczasowej eksploatacji posiadają dużą niezawodność, co skutkuje małą liczbą sygnałów uszkodzeń rejestrowanych w pokładowych systemach diagnostycznych IEDS i CDS.
- 3) System KRAKUS może być przydatne użytkownikom w procesie eksploatacji samolotów CASA C-295M po spełnieniu przez producenta n.w. warunków:
  - wyeliminowaniu przyczyn błędnego rejestrowania w systemie IEDS sygnałów przekroczeń dopuszczalnych wartości parametrów pracy silników;
  - modyfikacji oprogramowania systemu CDS umożliwiającej przenoszenie danych o zarejestrowanych sygnałach do komputerów naziemnych;
- 4) Na obecnym etapie eksploatacji samolotów CASA C-295M celowe jest archiwizowanie danych o sygnałach rejestrowanych w systemach IEDS i CDS, co pozwoli w przyszłości na analizy danych od początku eksploatacji.

#### 5. BIBLIOGRAFIA

- [1] C-295 Aircraft – Maintenance Manual, EADS CASA 2003
- [2] PW127G Engine – Maintenance Manual, Pratt&Whitney Canada 2002
- [3] Data for F.I.M. Section of the Topdeck Avionics System for CASA C295/CN235, Thales 2001
- [4] Integrated Engine Display System (I.E.D.S) – Training Notes, San Pablo Training Center 2001
- [5] Andrzej Leśniczak – Ocena stanu technicznego samolotu CASA C-295M w aspekcie możliwości wykorzystania pokładowych systemów diagnostycznych - materiały konferencyjne AIRDIAG - 2005, ITWL 2005 r.