

Andrzej PAZUR<sup>1</sup>  
Andrzej SZELMANOWSKI  
Sławomir MICHALAK

### **DIAGNOZOWANIE KOMPUTEROWO ZINTEGROWANYCH SYSTEMÓW ŁĄCZNOŚCI W LOTNICZYCH SYSTEMACH TRANSPORTOWYCH**

*W referacie przedstawiono narzędzia badawcze wykorzystywane w Instytucie Technicznym Wojsk Lotniczych (ITWL) do budowy, uruchomienia, testowania i unifikacji zintegrowanych systemów łączności w zakresie składu urządzeń oraz funkcji wykorzystywanego w nich oprogramowania. Szczególną uwagę poświęcono tzw. stanowisku integracyjnemu (zbudowanemu w ITWL w ramach realizacji tematu modernizacji śmigłowców Mi-8, Mi-17 i Mi-24) przeznaczonemu do uruchamiania radiostacji pokładowych integrowanych na bazie cyfrowych szyn danych (m.in. wg standardu MIL-1553B) oraz mobilnemu zestawowi aparatury kontrolno - pomiarowej typu ZDZSŁ-1 przeznaczonej do ich obsługi i diagnozowania. Posiadanie takiego stanowiska oraz zestawu obsługowo – diagnostycznego pozwoliło ITWL integrować nowe urządzenia, przygotowywać i przenosić na pokłady śmigłowców nowe plany łączności radiowej oraz diagnozować elementy zintegrowanego systemu. Przykładem tego jest zrealizowana modernizacja śmigłowca W-3PL „Głuszc” na potrzeby Sił Zbrojnych RP oraz projekt systemu dla samolotu TS-11F „Iskra”. Omówiono wybrane zadania realizowane za pomocą tego stanowiska oraz problemy pojawiające się podczas uruchamiania i testowania opracowanego oprogramowania integrującego urządzenia łączności w zakresie unifikacji jego funkcjonalności i niezawodności działania. Przedstawiono także aparaturę kontrolno-pomiarową wykorzystywaną do testowania tego oprogramowania m.in. komputer przemysłowy typu M230 w zakresie diagnozowania zintegrowanego systemu łączności. Umożliwia on m.in. wprowadzanie i testowanie oprogramowania poszczególnych radiostacji, serwera komunikacyjnego oraz przygotowanie planów łączności radiowej.*

### **THE DIAGNOSING OF COMPUTER INTEGRATED COMMUNICATION SYSTEMS IN AIR TRANSPORTATION SYSTEMS**

*The paper has been intended to present research/testing tools used in the Air Force Institute of Technology (AFIT) to build integrated communication systems and test operation thereof, as far as both devices that compose the system and the applied*

---

<sup>1</sup>Air Force Institute of Technology, POLAND;  
Warsaw 01-494, Księcia Bolesława 6. Phone: +48 22 685-10-43, 685-12-03, Fax: +48 22 685-10-43  
E-mail: andrzej.pazur@itwl.pl

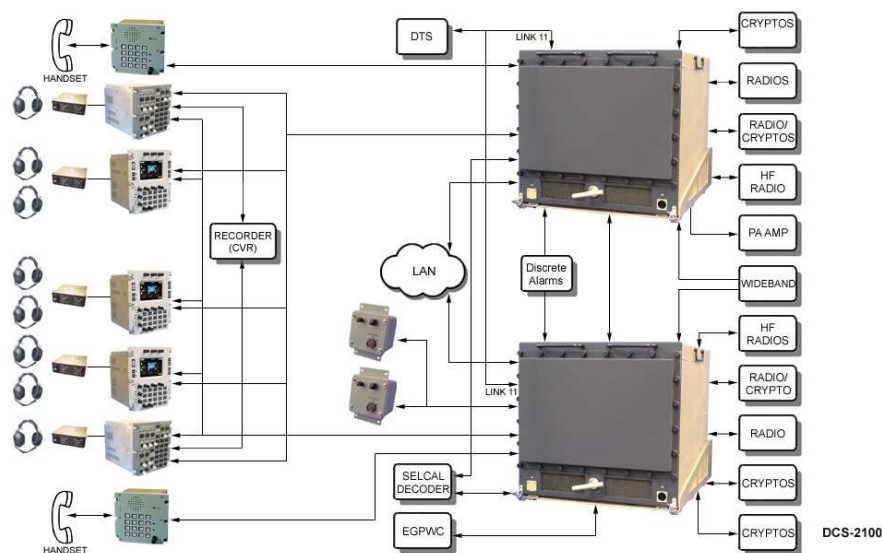
*software are concerned. Particular attention has been paid to the so-called integration station (built under the Mi-8, Mi-17, Mi-24 modernisation project), intended to activate communication systems integrated on the basis of digital data buses (following the MIL-1553B standard, among other ones). Also, the mobile servicing and control set ZDZSŁ-1 to service and diagnose these systems has been discussed in details. Such equipment has allowed AFIT to gain the-state-of-the-art capabilities presented by western companies in the field of integrating new communication devices/systems, the already accomplished modernisation of the W-3PL helicopter ("Głuszec" /"Capercaillie") that satisfies the needs of the Polish Armed Forces, and a project of such a system for the TS-11F "Iskra" ("Spark") being perfect examples. Some selected tasks performed with this testing station engaged have been discussed. Also, problems arising while activating and testing the developed software to integrate communication devices/systems have been given consideration in the scope of the software functionality and reliability. Presented are also additional monitoring and measuring systems used to test this software, just to mention the M230 rugged laptop computer used to diagnose the system and prepare plans of the radio communication.*

## **1. WPROWADZENIE**

Architektury tzw. zintegrowanych systemów łączności aktualnie zabudowywanych na współczesnych statkach powietrznych wykorzystują dużą liczbę różnego typu połączeń cyfrowych w zależności od rodzaju ich zadań i wyposażenia. Jednym z nich jest cyfrowa szyna danych MIL-1553B. Standard MIL-STD-1553B jest szeroko stosowany z uwagi na posiadane możliwości (m.in. częstotliwości i tryby pracy) w zakresie integracji urządzeń awionicznych oraz zapewnienia informacji z nich otrzymywanej. W najnowszych rozwiązaniach zapewnia też wymianę danych w sieciach znanych jako DATA LINK. Ze względu na wysokie koszty tworzenia takiej sieci, w tym niezależne od urządzeń na pokładzie statku powietrznego takie jak infrastruktura naziemna (stacje bazowe, systemy kryptograficzne, zabezpieczenie, itp.), wiele państw świata wprowadza takie systemy bardzo powoli. Dotyczy to także wielu państw NATO.

Rozwój technologii informatycznej i radiokomunikacyjnej, a stąd parametrów funkcjonalnych współczesnych radiostacji pokładowych w zakresie ich częstotliwości, zasięgu, przekazywania sygnałów dodatkowych (m.in. specjalnych i nawigacyjnych) oraz sposobu komunikacji (np. przy wykorzystaniu specjalizowanych serwerów komunikacyjnych i pulpitów sterowania łącznością) spowodował powstawanie nowych koncepcji i możliwości ich organizacji na pokładzie statku powietrznego. Przykładem może być propozycja firmy Palomar Products, Inc. (rys. 1.), której to zintegrowane systemy łączności zabudowane są m.in. na samolotach Awacs, AC-130 Hercules oraz śmigłowcach wojskowych Black Hawk.

W celu poprawy tzw. świadomości sytuacyjnej załóg w zakresie łączności radiowej na pokładzie śmigłowca wojskowego [1] w Zakładzie Awioniki ITWL opracowano zintegrowany system łączności, który stanowi informatyczny zestaw radiostacji lotniczych i taktycznych niezbędny do realizacji zadania bojowego. Dzięki temu załoga ma przez cały czas lotu zapewnioną łączność zewnętrzną i wewnętrzną na pokładzie śmigłowca.



Rys. 1. System radiokomunikacyjny wykorzystywany w lotnictwie wojskowym NATO

Do sterowania zintegrowanym systemem łączności na śmigłowcach *Mi-8*, *Mi-17* i *Mi-24* piloci wykorzystują pulpity sterowania typu PŚL-1, które umożliwiają m.in. wybór radiostacji i zmianę ustawień parametrów ich pracy. Pulpit sterowania PŚL-1 zawiera kolorowy wyświetlacz ciekłokrystaliczny z odpowiednim własnym oprogramowaniem. Na ekranie pulpitu są zobrazowane m.in. stany połączeń zewnętrznych i wewnętrznych, rodzaj łączności oraz parametry pracy radiostacji. Pilot ma możliwość wybierania abonenta wewnętrznego lub radiostacji poprzez pulpit sterowania, a realizacją połączenia zajmuje się serwer komunikacyjny. Na śmigłowcu *W-3PL* funkcje sterowania systemem łączności pełnią monitory wielofunkcyjne typu MW-1, które stanowią wyświetlacz o dużej jasności i rozdzielczości. Dzięki temu załoga ma zdolność do działania w każdych warunkach atmosferycznych, w dzień i w nocy (przy różnorodnych warunkach oświetlenia kabiny) oraz przy użyciu gogli noktowizyjnych.

Serwer komunikacyjny zarządza łącznością zewnętrzną i wewnętrzną na pokładzie śmigłowca wojskowego. Na serwerze komunikacyjnym osadzone jest odpowiednie oprogramowanie sterujące i zarządzające [2].

Serwer komunikacyjny wyposażony jest w złącza i pakiety sygnałów. Cechy charakterystyczne konstrukcji serwera komunikacyjnego, jego elementów i instalacji są także następstwem określonych osobliwości, a mianowicie: w procesie funkcjonowania serwer komunikacyjny zawsze realizuje wiele zadań, z których część na skutek obiektywnych i subiektywnych przyczyn jest ze sobą sprzeczna i zmieniająca się w czasie. Na proces funkcjonowania serwera komunikacyjnego z zasady duży wpływ wywiera człowiek.

Końcowym zadaniem w procesie budowy zintegrowanego systemu łączności (przed jego zabudową na pokład śmigłowca wojskowego) jest jego optymalizacja, która umożliwi wyznaczenie spośród przyjętych propozycji systemu rozwiązania najlepszego, spełniającego kryteria wynikające z wymagań użytkownika. Elementem wspomagającym ten proces jest tzw. stanowisko integracyjne [3] oraz aparatura kontrolno – pomiarowa typu ZDZSŁ-1, której zadaniem jest testowanie opracowanych w ITWL wersji projektów oprogramowania systemów łączności w zakresie ich organizacji, szczegółowego zarządzania poszczególnymi trybami pracy oraz ich diagnozowania. Posiadanie takiego stanowiska oraz zestawu obsługowo – diagnostycznego pozwoliło ITWL integrować nowe urządzenia, przygotowywać i przynosić na pokłady śmigłowców *Mi-8*, *Mi-17*, *Mi-24* nowe plany łączności radiowej oraz diagnozować elementy zintegrowanego systemu także przy modernizacji śmigłowca *W-3PL*.

## **2. ZINTEGROWANY SYSTEM ŁĄCZNOŚCI ZSŁ PRZEZNACZONY DLA ŚMIGŁOWCÓW WOJSKOWYCH**

W celu dostosowania do potrzeb współczesnego pola walki polskich śmigłowców wojskowych (m.in. śmigłowce *Mi-8*, *Mi-17*, *Mi-24* oraz *W-3PL*) podczas modernizacji zabudowano na ich pokładzie zintegrowany system łączności typu ZSŁ, który zapewnia komunikację pomiędzy śmigłowcami a systemami naziemnymi i stanowiskami kontroli przestrzeni powietrznej. Pozwala on załodze na wybór dowolnej radiostacji lub abonenta w prowadzeniu korespondencji wewnętrznej i zewnętrznej.

System łączności radiowej na pokładzie śmigłowca wojskowego zabezpiecza także komunikację jawną i niejawną z wykorzystaniem kodowania częstotliwości (tzw. TRANSEC) oraz szyfrowania mowy i danych (tzw. COMSEC). Zakres pasma częstotliwości został dostosowany do potrzeb zamawiającego oraz wybranych radiostacji, które zostały poddane integracji na pokładzie śmigłowca wojskowego. W celu określenia cech szczególnych takiego systemu, do analizy wybrano opracowany przez ITWL zintegrowany system łączności, który został zabudowany na ww. śmigłowcach eksploatowanych w Wojskach Lądowych.

Cechą charakterystyczną tego systemu jest wielofunkcyjność co powoduje, że zarówno pilot-dowódca jak i pilot-operator ma możliwość jednoczesnego korzystania z systemu łączności radiowej oraz wyboru trybu pracy urządzeń radionawigacyjnych w zakresie tzw. sygnałów nawigacyjnych pozyskiwanych od systemów VOR, ARK, TACAN [2].

Przykładem jest śmigłowiec *W-3PL*, na pokładzie którego zabudowano zintegrowany system awioniczny (tzw. makrosystem), a jednym z jego elementów składowych jest właśnie zintegrowany system łączności [4].

System ten jest najbardziej „rozbudowaną” wersją ZSŁ zabudowaną na śmigłowcu wojskowym eksploatowanym w Wojskach Lądowych.

Swoim składem obejmuje on m.in. cyfrowo sterowane radiostacje typu RRC, Harris i MR 6000 oraz trzy monitory wielofunkcyjne typu MW-1 (pilota-dowódcy, pilota-operatora oraz dowódcy przedziału desantowego).

W kabinie śmigłowca *W-3PL* (rys. 2) zabudowano dwa monitory wielofunkcyjne MW-1, które sterują systemem łączności, informują o stanie pracy poszczególnych radiostacji i sprawności pozostałych elementów zintegrowanego systemu awionicznego. Wybór trybu pracy zależy od decyzji załogi. Każdy z członów załogi dysponuje własnym

monitorem, na którym ma zobrazowany komplet danych niezbędnych do realizacji zadania. Zobrazowania na każdym z trzech monitorów wielofunkcyjnych są w pełni niezależne.



Rys. 2. Widok kabiny z elementami zintegrowanego systemu łączności ZSŁ opracowanego przez ITWL i zabudowanego na śmigłowcu W-3PL

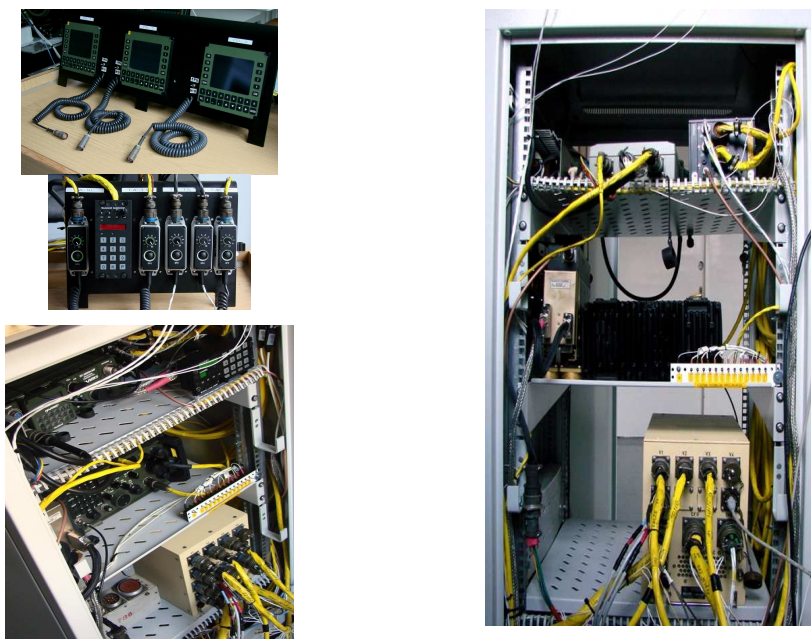
Serwer komunikacyjny zapewnia nadzór i zarządzanie pokładową siecią łączności. Steruje systemem łączności wewnętrznej i zewnętrznej w obwodzie załogi i w obwodzie dowódcy desantu poprzez monitory wielofunkcyjne MW-1. Dostarcza załodze śmigłowca sygnały specjalne, w tym odłączalne sygnały nawigacyjne (np. ARK) i nieodłączalne – ostrzegawcze (np. niebezpieczna wysokość lotu).

Elementem wspomagającym poprawne działanie zintegrowanych systemów łączności jest diagnozowanie komputerowe. Jego zadaniem jest m.in. wykrywanie niesprawności poszczególnych radiostacji pokładowych, zmiana parametrów – ustawień fabrycznych, testowanie ich oprogramowania oraz tworzenie nowych planów łączności radiowej.

### 3. NARZĘDZIA BADAWCZE WYKORZYSTYWANE W DIAGNOZOWANIU STANU TECHNICZNEGO SYSTEMU ZSŁ

W ITWL do budowy i testowania pracy zintegrowanego systemu łączności w zakresie urządzeń i zaimplementowanego w nich oprogramowania wykorzystywane są różne narzędzia badawcze. Szczególną rolę odgrywa tzw. stanowisko integracyjne (rys. 3.), zbudowane w ITWL w ramach realizacji tematu modernizacji śmigłowców *Mi-8*, *Mi-17* i *Mi-24*. Przeznaczone do uruchamiania i optymalizacji systemów łączności na bazie serwera komunikacyjnego (wyposażonego w odpowiednie interfejsy stanowiące karty szyny wymiany danych wg przyjętego standardu np. MIL-STD-1553B). Stanowisko takie jest konieczne do testowania opracowywanych „aplikacji” obsługi urządzeń systemów łączności, a poprzez to do ich integracji w jeden spójny system pokładowy [3].

Istotną zaletą tak zbudowanego stanowiska jest możliwość symulacji wybranych radiostacji wchodzących w skład systemu łączności radiowej, koniecznej przy braku danego urządzenia w czasie opracowywania oprogramowania integrującego cały system.



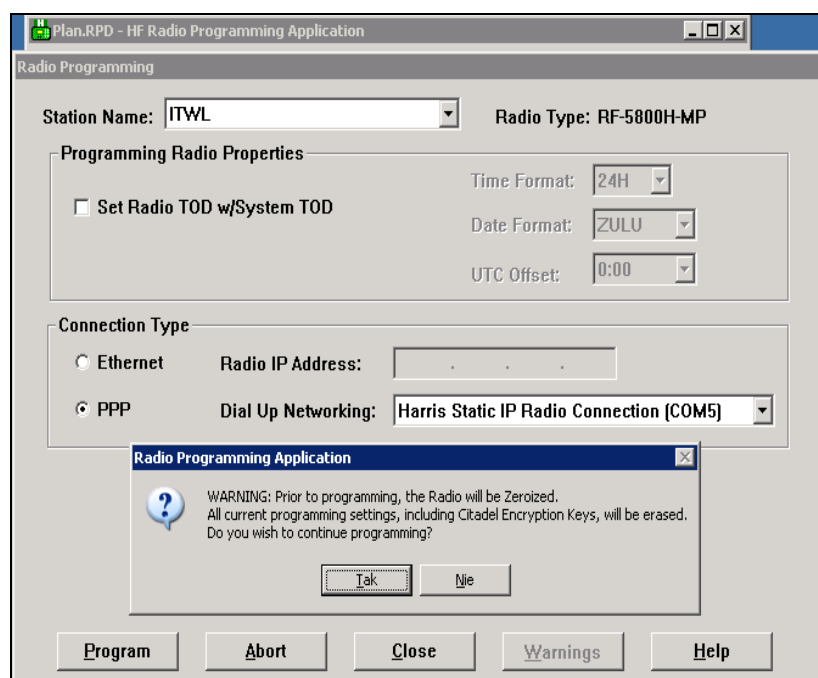
Rys. 3. Widok stanowiska z elementami systemu łączności (po lewej) i elementami sterowania (po prawej) opracowanego i zbudowanego w Zakładzie Awioniki ITWL

Na stanowisku zabudowany jest także komputer przemysłowy typu laptop M230, który służy do diagnozowania serwera komunikacyjnego i radiostacji pokładowych wchodzących w skład zintegrowanego systemu łączności [5]. Umożliwia on m.in. wprowadzanie i testowanie oprogramowania poszczególnych radiostacji, serwera komunikacyjnego oraz przygotowanie planów łączności radiowej. W warstwie programowej stanowisko wykorzystuje także zmodyfikowany system operacyjny typu Windows XP zaimplementowany w serwerze komunikacyjnym, umożliwiający obsługę pakietów i interfejsów zintegrowanych urządzeń. Standardowo integrowane w systemie ZSŁ radiostacje pokładowe posiadają tzw. testy wewnętrzne, umożliwiające kontrolę stanu technicznego jako oddzielnych elementów składowych.

Celem tego trybu sprawdzenia jest bieżący monitoring prawidłowości funkcjonowania wielozakresowego nadajnika/odbiornika, dzięki czemu zapewnione są optymalne warunki pracy radiostacji. Natomiast w ramach części diagnostycznej całego zintegrowanego

systemu łączności stanowisko badawcze ITWL umożliwia realizację obsługi testowej poszczególnych radiostacji pokładowych.

Realizacja wymienionych wyżej funkcji możliwa jest poprzez uruchomienie wybranej aplikacji narzędziowej (rys. 4). Aplikacje narzędziowe zostały opracowane na bazie środowiska WINDOWS XP z wykorzystaniem zestawu baz danych programu Office Access 2007 oraz klasycznego systemu interfejsów użytkownika i aplikacji dostarczonej przez firmę Harris RF (protokół RPA).



Rys. 4. Widok planszy programowania radiostacji RF za pomocą aplikacji opracowanej w Zakładzie Awioniki ITWL.

Dodatkowo stanowisko to umożliwia tworzenie i instalację tzw. planu łączności dla poszczególnych typów radiostacji pokładowych wykorzystywanych w zintegrowanym systemie łączności (w tym radiostacji typu MR 6000, RRC oraz RF). Przykładowo, oprogramowanie o nazwie PLAN R&S służy do kompleksowego przygotowania planu łączności dla radiostacji RHODE&SCHWARZ, a w szczególności wykorzystywane jest do tworzenia pliku bazy danych umożliwiającego programowanie radiostacji w trybie pracy FIX [6].

Oprogramowanie umożliwia tworzenie pełnej bazy danych radiowych zawierających parametry pracy radiostacji przyporządkowane dla kolejnych kanałów, m.in. numery presetów kolejnych kanałów, wartości częstotliwości poszczególnych stacji radiowych, ich nazwy opisowe, odstępów międzykanałowe, rodzaj modulacji. Pozwala na wygenerowanie

dowolnej ilości sieci radiowych, które zapisywane są w postaci pliku danych o zadawanej nazwie z odpowiednim rozszerzeniem.

Po skopiowaniu tych danych na nośnik elektroniczny, przygotowane plany łączności mogą być rozesłane do poszczególnych korespondentów radiowych. Podstawową jednak rolę w utrzymaniu wymaganej niezawodności działania systemu ZSŁ w tzw. terenie (np. w PKW Afganistan) odgrywa mobilny zestaw obsługowo-kontrolny typu ZDZSŁ-1 (rys. 5.), który przeznaczony jest do jego obsługi i diagnozowania.



Rys. 5. Widok zobrazowania mobilnego zestawu obsługowo-kontrolnego ZDZSŁ-1

Zastosowanie tego typu aparatury kontrolnej pozwala na:

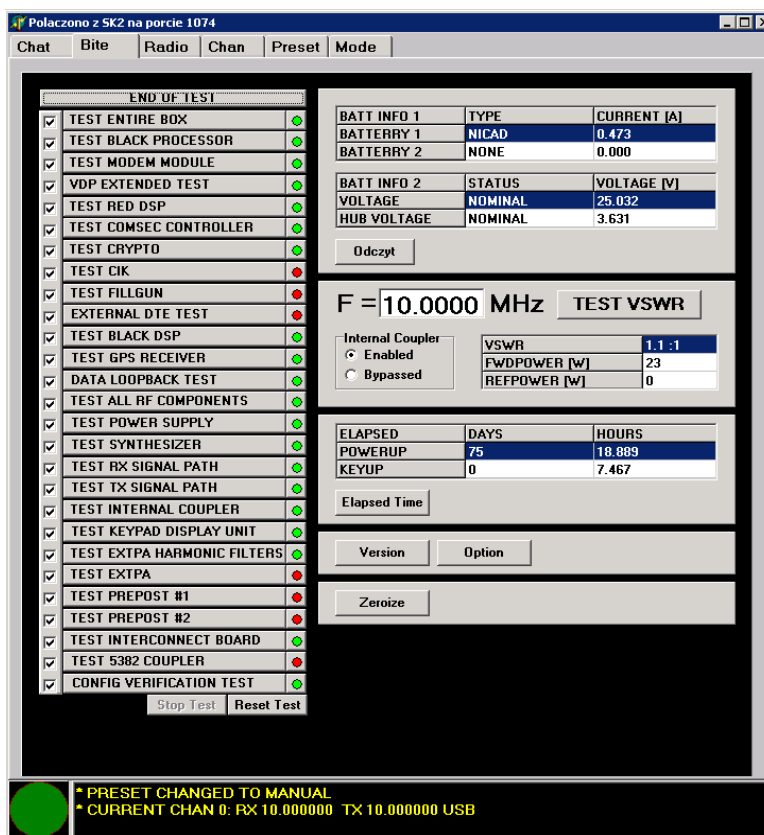
- przeprowadzenie testu pojedynczych modułów radiostacji;
- sprawdzenie stanu źródła zasilania radiostacji oraz baterii podtrzymującej;
- przeprowadzenie testu VSWR;
- sprawdzenie czasu dotychczasowej pracy radiostacji;
- wyświetlenie informacji o dostępnych opcjach radiostacji;
- wyświetlenie szczegółowych informacji na temat wersji oprogramowania.

Wśród wielu problemów pojawiających się podczas uruchamiania i testowania oprogramowania integrującego urządzenia łączności (w tym cyfrowo sterowanych radiostacji typu RF i MR 6000 oraz pulpitów sterowania łącznością typu PSL-1) występują niesprawności w zakresie jego funkcjonalności i niezawodności działania. Przykładem tego



jest przeprowadzenie testu na żądanie i informacja o ewentualnych usterkach radiostacji taktycznej RF firmy Harris (rys. 6.) gdzie wyniki testu będą sygnalizowane kolorem kontrolki (kolor zielony – pozytywny wynik testu; kolor czerwony – negatywny wynik testu).

Jeżeli wynik testu jest negatywny można dowiedzieć się więcej o błędzie np. lokalizacja niesprawności z dokładności do modułu funkcjonalnego radiostacji). W tym celu należy najechać kursorem na czerwoną kontrolkę po prawej stronie przycisku - pokaże się wtedy podpowiedź dotycząca błędu.



Rys. 6. Widok testowania radiostacji za pomocą zestawu obsługowo-kontrolnego ZDZSŁ-1

Celem okresowych obsługa serwisowych i testowych jest zapewnienie użytkownikowi pracy na sprawnym i niezawodnym sprzęcie wyposażonym w najnowsze, prawidłowo skonfigurowane oprogramowanie. Sprawdzenia obejmują m.in.: kopiowanie plików pomiędzy serwerem komunikacyjnym a laptopem poprzez sieć, pracę przy pomocy zdalnego pulpitu, działanie oprogramowania do testowania radiostacji oraz działanie oprogramowania do programowania ww. radiostacji.

#### 4. PODSUMOWANIE

Każdy śmigłowiec starszej generacji, po zabudowie współczesnego systemu łączności poszerza swoje możliwości użytkowe o zastosowania dotychczas dla niego nieosiągalne, takie jak wielofunkcyjność oraz zdolność do działania w mocno rozwijającym się tzw. środowisku sieciocentrycznym. Budowa takiego systemu od strony tzw. hardware czyli zakupu urządzeń nie stwarza obecnie większego problemu, za to dużym wyzwaniem jest opracowanie odpowiedniego, skutecznego i niezawodnego oprogramowania, spełniającego wymagania w celu zapewnienia łączności zewnętrznej i wewnętrznej na pokładzie śmigłowca wojskowego. Takiego zadania podjął się Zakład Awioniki ITWL, który jako pierwszy w Polsce dokonał integracji systemu łączności na modernizowanych śmigłowcach Dowództwa Wojsk Lądowych (*Mi-8*, *Mi-17* i *Mi-24*). Dzięki „ucyfrowieniu” i wprowadzeniu na pokłady ww. śmigłowców zintegrowanego systemu łączności, zmodernizowane śmigłowce będą pomostem pomiędzy śmigłowcami ze „starą techniką analogową”, a planowanymi do wprowadzenia śmigłowcami nowego typu.

Jednym z ważniejszych elementów w zapewnieniu wymaganego obecnie poziomu bezpieczeństwa lotu i wykonania zadania bojowego przez pilota użytkującego zbudowany zintegrowany system łączności typu ZSŁ jest stanowisko badawcze (kontrolno-diagnostyczne). Posiadanie takiego stanowiska pozwoliło ITWL uzyskać możliwości firm zachodnich w zakresie integrowania nowych urządzeń łączności na współczesnym poziomie technologicznym, czego przykładem jest zrealizowana modernizacja śmigłowców min. śmigłowca *W-3PL* „Głuszc” oraz projekt systemu dla samolotu *TS-11F* „Iskra” z przeznaczeniem na potrzeby Sił Zbrojnych RP. Zaproponowany przez ITWL mobilny system obsługowo-kontrolny typu ZDZSŁ-1 wspomaga proces diagnozowania i testowania nowych urządzeń i stanowi bazę do dalszego rozwoju zintegrowanych systemów łączności w ramach przemysłu krajowego, w tym realizowanego z powodzeniem wyposażania w ten system śmigłowców wojskowych użytkowanych PKW Afganistan.

#### 5. BIBLIOGRAFIA

- [1] Endsley M.R.: *Flight Crews & Modern Aircraft in Search of Situation Awareness*. Materiały konferencyjne Royal Aeronautical Society, Londyn, 2000.
- [2] Michalak S. i inni: *Opracowanie technologii wykonywania obsługi serwisowej zintegrowanego systemu łączności śmigłowca Mi-8, Mi-17, (Mi-17-1V), Mi-24 co 2 lata eksploatacji*. Praca zbiorowa, Warszawa, BT ITWL 2008.
- [3] Michalak S. i inni: *Stanowisko integracyjne systemów awionicznych na bazie cyfrowych szyn danych*. Sprawozdanie z pracy. Warszawa, BT ITWL 2004.
- [4] Michalak S. i inni: *Opracowanie programu lotu próbnego doświadczalnego śmigłowca W-3PL w zakresie zintegrowanego systemu łączności*. Praca zbiorowa, Warszawa, BT ITWL 2008.
- [5] Michalak S. i inni: *Opracowanie technologii oraz stanowiska do optymalizacji zintegrowanego systemu awionicznego na pokłady statków powietrznych*. Praca zbiorowa, Warszawa, BT ITWL 2008.
- [6] Michalak S. i inni: *Instrukcja obsługi nr 148/43/2009 zestawu aparatury kontrolno-pomiarowej do zintegrowanego systemu łączności ZDZSŁ-1*, Praca zbiorowa, Warszawa, BT ITWL 2008.