

## Metrologiczne narzędzia kontroli serwera komunikacyjnego na pokładzie śmigłowca wojskowego

**Streszczenie.** W referacie przedstawiono narzędzia badawcze wykorzystywane w Instytucie Technicznym Wojsk Lotniczych (ITWL) do budowy, uruchomienia, testowania zintegrowanego systemu łączności, którego głównym elementem jest serwer komunikacyjny. Omówiono wybrane zadania realizowane za pomocą serwera komunikacyjnego oraz problemy pojawiające się podczas jego funkcjonowania i niezawodnej pracy w bieżącej eksploatacji. Przedstawiono także aparaturę kontrolno-pomiarową wykorzystywaną do pomiaru parametrów technicznych zintegrowanego systemu łączności (ZSŁ), która umożliwia m.in. wprowadzanie i testowanie oprogramowania serwera komunikacyjnego oraz poszczególnych radiostacji pokładowych na pokładzie śmigłowca wojskowego.

**Abstract.** What has been presented in the paper is research/testing tools used in the Air Force Institute of Technology to build, actuate, measurement, test, and unify integrated communication systems as far as both a set of devices the system is composed of and the applied software are concerned. Particular attention has been paid to the communication computer and unify communication systems integrated on the basis of digital data. Some selected tasks performed with this equipment have been discussed. Also, problems arising while actuating and testing the software developed to integrate communication devices/systems including digitally controlled radio stations and computer communication. Presented are also additional monitoring and measuring systems used to test this software the ZDZSŁ laptop computer used to diagnose the communication systems integrated on board the military aircraft. (**Metrology tools of computer communication control on board the military aircraft**).

**Słowa kluczowe:** serwer komunikacyjny, zintegrowany system łączności, aparatura kontrolno – pomiarowa.

**Keywords:** integrated communication systems, measuring systems, research/testing.

### Wstęp

Śmigłowiec jest jednym z najbardziej uniwersalnych narzędzi współczesnego pola walki. Wykonuje zadania ogniowe, zwalczając nieprzyjaciela, rozpoznaje, patroluje oraz zabezpiecza działania własne, wśród których są min.: desant, osłona i ewakuacja wojsk. Tylko kilka tych grup zadań pokazuje jak istotny jest wpływ śmigłowca na działania współczesnej armii. Wiąże się to z koniecznością wprowadzenia na jego pokład nowoczesnych systemów awionicznych, którego jednym z elementów jest łączność radiowa.

Łączność lotnicza jest jednym z głównych narzędzi na pokładzie każdego statku powietrznego, a zasadnicze wymagania wobec niej są niezmiennie od wielu lat (tj. pewność i skrytość). Współcześnie oznacza to zabezpieczenie transmisji radiowej przed przechwyceniem oraz rozszyfrowaniem korespondencji radiowej przez przeciwnika. Wychodząc naprzeciw tym wymaganiom oraz w celu poprawy tzw. świadomości sytuacyjnej i taktycznej pilota/załóg w zakresie łączności radiowej Zakład Awioniki ITWL opracował i wdrożył do eksploatacji Zintegrowany System Łączności (ZSŁ). Głównym elementem zintegrowanego systemu łączności jest serwer komunikacyjny, który zarządza całym systemem łączności radiowej na pokładzie śmigłowca. Serwer składa się z pakietów sterujących i zarządzających, które są odpowiednio oprogramowane. Załoga śmigłowca steruje poprzez pulpity sterowania łącznością (monitory wielofunkcyjne) elementami zintegrowanego systemu łączności. W zależności od przeznaczenia śmigłowca i stopnia komplikacji do serwera komunikacyjnego przekazywane są parametry z poszczególnych radiostacji oraz dane radionawigacyjne. Jest on typowym przykładem obiektu technicznego, od którego wymaga się realizacji skomplikowanych funkcji w trudnych warunkach, z zachowaniem wysokich wskaźników niezawodności oraz możliwie jak najniższych kosztów eksploatacji. Jest to możliwe poprzez racjonalne wykorzystanie gromadzonej w procesie eksploatacji informacji diagnostycznej. Pomiar parametrów z poszczególnych elementów składowych zintegrowanego systemu łączności, przetwarzanie (prognozowanie, generowanie, odnawianie, ocenianie stanu technicznego systemu) informacji diagnostycznej, jest realizowane przez specjalne do tych celów budowane

systemy diagnostyczne, obejmujące środki i metody dokonywania pomiarów. Zastosowanie aparatury kontrolnej pozwala racjonalnie wykorzystywać uzyskiwane podczas badań obsługowo – diagnostycznych duże zbiory wyników z przeprowadzonych pomiarów, które dzięki ich przetwarzaniu mogą być przeliczane na wymagane zmiany wartości nastaw regulacyjnych diagnozowanych radiostacji pokładowych, dane dotyczące lokalizacji uszkodzeń, a także prognozę stanu technicznego urządzeń wchodzących w skład zintegrowanego systemu łączności. Obecnie wszystkie współczesne zintegrowane systemy awioniczne wyposażone są w systemy kontrolno – pomiarowe [1].

### Charakterystyka zintegrowanego systemu łączności na pokładzie śmigłowca wojskowego

W celu dostosowania do potrzeb współczesnego pola walki polskich śmigłowców wojskowych podczas modyfikacji zabudowano na ich pokład zintegrowany system łączności (ZSŁ), który zapewnia komunikację pomiędzy śmigłowcami a systemami naziemnymi i stanowiskami kontroli przestrzeni powietrznej. Pozwala pilotowi/załodze na wybór dowolnej radiostacji lub abonenta w prowadzeniu korespondencji wewnętrznej i zewnętrznej. System łączności radiowej na pokładzie śmigłowca zabezpiecza komunikację jawną i niejawną z wykorzystaniem kodowania częstotliwości oraz szyfrowania mowy i danych. Zakres pasma częstotliwości został dostosowany do potrzeb zamawiającego oraz wybranych radiostacji, które zostały poddane integracji. Połączenia realizowane są z wyznaczonych stanowisk łączności bez konieczności zamiany zestawu słuchawkowo - mikrofonowego niezależnie od rodzaju łączności.

W skład systemu łączności wewnętrznej wchodzi stanowiska łączności wyposażone w pulpity sterowania łącznością oraz tabliczki abonenckie. System łączności wewnętrznej zapewnia załodze odsłuch sygnałów specjalnych (pochodzących od systemów IFF, RW), głosowych oraz sygnałów od urządzeń nawigacyjnych (VOR/LOC, TACAN, MARKER, ARK).

Zintegrowany system łączności odpowiada za zapewnienie korespondencji zewnętrznej poprzez radiostacje pokładowe, w tym umożliwia wybór odpowiedniej radiostacji (sieci, częstotliwości, itp.), oraz

łączność wewnętrzną na pokładzie śmigłowca w tym wybór właściwego abonenta, odpowiednie ustawienie poziomów głośności systemu, zachowanie priorytetów, generowanie ostrzeżeń głosowych na podstawie danych z innych instalacji pokładowych śmigłowca. Na rysunku 1 przedstawiono przykład zabudowy zintegrowanego systemu łączności dla śmigłowca wojskowego *Mi-17*.



Rys.1. Widok kabiny śmigłowca *Mi-17* z elementami ZSŁ

Zastosowany zestaw radiostacji zapewnia zdolność działania w cywilnej przestrzeni powietrznej oraz w ramach wojskowych działań międzynarodowych (w tym standardów NATO). Zintegrowany system łączności jest w pełni niezależny od innych systemów śmigłowca, posiada architekturę otwartą i może być zabudowany na dowolnym śmigłowcu wojskowym na świecie [2].

Na rysunku 2 przedstawiono przykład zabudowy zintegrowanego systemu awionicznego dla śmigłowca wojskowego *W-3PL* „*Głuszec*”, którego jednym z podsystemów jest system łączności.



Rys.2. Widok kabiny śmigłowca *W-3PL* z elementami ZSŁ

### **Serwer Komunikacyjny Zintegrowanego Systemu Łączności**

Serwer komunikacyjny SK-1 jest złożonym obiektem technicznym, którego układ i rozwój jest określony wieloma różnorodnymi czynnikami. Cechy charakterystyczne jego konstrukcji wynikają między innymi ze specyfiki eksploatacji, której najważniejszym wymaganiem jest zapewnienie łączności zewnętrznej i wewnętrznej oraz bezpieczeństwa lotu na pokładzie śmigłowca wojskowego.

Spełnienie tego wymagania nie należy do zadań łatwych, ponieważ serwer komunikacyjny pracuje w szybko zmieniających się warunkach atmosferycznych min. temperatura, zapylenie. W bloku serwera komunikacyjnego osadzone jest odpowiednie oprogramowanie sterujące i zarządzające radiostacjami poprzez zestaw pakietów komunikacyjnych.

Na rysunku 3 przedstawiono serwer komunikacyjny z widocznymi jego elementami składowymi.



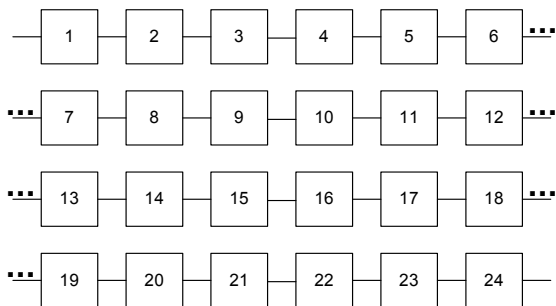
Rys.3. Widok serwera komunikacyjnego SK-1

W przypadku uszkodzenia serwera komunikacyjnego, pulpitów sterowania łącznością (monitorów wielofunkcyjnych), załoga/pilot może prowadzić korespondencję ze stanowiskami kontroli ruchu lotniczego poprzez radiostacje rezerwową. Na pokładzie śmigłowca zapewniona jest łączność wewnętrzna w trybie ciągłym, a pozostała część załogi słyszy jego korespondencję zewnętrzną [3].

### **Serwer Komunikacyjny – zapewnienie niezawodności w jego eksploatacji**

Problem zapewnienia odpowiedniego poziomu niezawodności wojskowych urządzeń technicznych powinien być przedmiotem uwagi projektanta, wytwórcy i osób eksploatujących na każdym etapie: opracowywania, konstruowania, produkcji i eksploatacji. Na etapie opracowywania struktury niezawodnościowej serwera, projektant musi mieć na względzie nie tylko funkcje, jakie serwer powinien realizować, ale również przewidzieć możliwości doskonalenia tych funkcji w celu zwiększenia jego niezawodnej pracy. Podział serwera na określoną liczbę bloków niezawodnościowo autonomicznych gwarantuje odpowiednio dużą niezawodność funkcjonalną. Możliwe staje się dublowanie niektórych elementów układu w celu zwiększenia jego niezawodności i trwałości. Na etapie konstruowania serwera szczególną uwagę zwrócono na problem niezawodności elementów, a także racjonalne rozmieszczenie podzespołów i wiązek połączeń, zapewniające optymalne warunki: zasilania elektrycznego, klimatyczne, mechaniczne oraz ergonomiczne. Wykonanie modeli poszczególnych bloków funkcjonalnych systemu łączności pozwoliło na udoskonalenie warunków ergonomicznych konstrukcji serwera komunikacyjnego oraz zwiększyło wiarygodność obliczeń niezawodnościowych, a także obciążeń mechanicznych działających na poszczególne składowe jego elementów [4].

Na rysunku 4 przedstawiono strukturę szeregową serwera komunikacyjnego zintegrowanego systemu łączności.



Rys.4. Przykład blokowej struktury szeregowy serwera komunikacyjnego

Awaria któregokolwiek z bloków (1...24) jest równoznaczna z uszkodzeniem serwera, zatem czas zdatności serwera  $\tau$  spełnia warunek:

$$(1) \quad \tau = \min\{\tau_1 \dots \tau_{24}\}$$

gdzie:  $\tau_k = (1...24)$  jest zmienną losową oznaczającą czas zdatności  $k$ -tego bloku.

Parametry czasowe dotyczące nieuszkodzalności podatność na przechowywanie i/lub transport powinny być dla każdego z elementów składowych serwera nie niższe niż dla całego urządzenia. Prawdopodobieństwo przetrwania serwera bez awarii przez okres  $(0...t)$ , jeśli nie uszkodzi się w tym czasie żaden z elementów (1...24) wynosi:

$$(2) \quad P(\tau \geq t) = P(\tau_1 \geq t) \cdot P(\tau_2 \geq t) \cdot \dots \cdot P(\tau_{24} \geq t)$$

Prawdopodobieństwo jako funkcja niezawodności  $R(t)$  serwera w czasie  $(0...t)$ , wynosi:

$$(3) \quad R(t) = \prod_{k=1}^{24} R_k(t) \text{ dla } t \geq 0$$

gdzie:  $R(t)$  oznacza niezawodność  $k$ -tego elementu.

Zakładając, że zmienne losowe  $\{\tau_1 \dots \tau_{24}\}$ , mają rozkład wykładniczy o parametrach odpowiednio równych, wtedy funkcja gęstości prawdopodobieństwa zmiennej losowej  $\tau_k$  ma postać:

$$(4) \quad f(t) = \lambda_k \cdot e^{-\lambda_k \cdot t} \text{ dla } t \geq 0$$

gdzie:  $\lambda_k$  - intensywność uszkodzeń ( $\lambda_k = const.$ ).

Prawdopodobieństwo bezawaryjnej pracy zespołu elementów (1...24) w czasie  $(0...t)$ , określa w tym przypadku funkcja niezawodności w postaci:

$$(5) \quad R(t) = e^{-\lambda_z \cdot t} \text{ dla } t \geq 0$$

gdzie:  $\lambda_z$  - intensywność uszkodzeń zespołu elementów.

Oczekiwany czas poprawnej pracy między uszkodzeniami zespołu elementów (1...24),  $T_m$  jest odwrotnością intensywności uszkodzeń (na mocy wykładniczego prawa niezawodności):

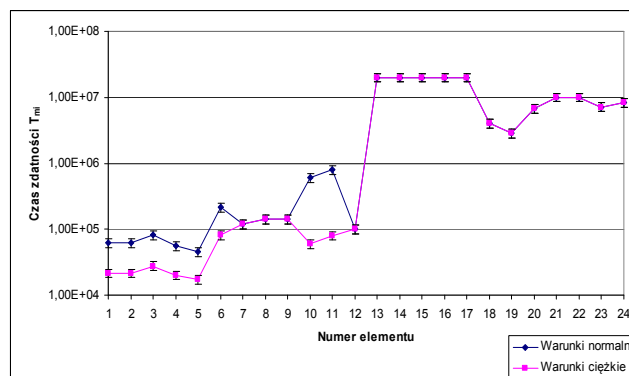
$$(6) \quad T_m = \frac{1}{\lambda_z} = \frac{1}{\prod_{k=1}^{24} \lambda_k} \text{ lub } T_m = \frac{1}{\prod_{k=1}^{24} \frac{1}{T_{mk}}}$$

gdzie:  $T_{mk} = 1/\lambda_k$  - jest oczekiwanym czasem poprawnej pracy między uszkodzeniami dla  $k$ -tego elementu.

Wartość oczekiwana czasu poprawnej pracy między uszkodzeniami  $T_m$  dla całego urządzenia złożonego z szeregowo połączonych zespołów (1...24) jest równa:

$$(7) \quad T_m = \frac{1}{\prod_{k=1}^{24} \frac{1}{T_{mk}}} = 3211 \text{ [h]}.$$

Na rysunku 5 przedstawiono wartości czasów zdatności  $T_{mi}$  poszczególnych elementów serwera komunikacyjnego w warunkach pracy normalnej i ciężkiej.



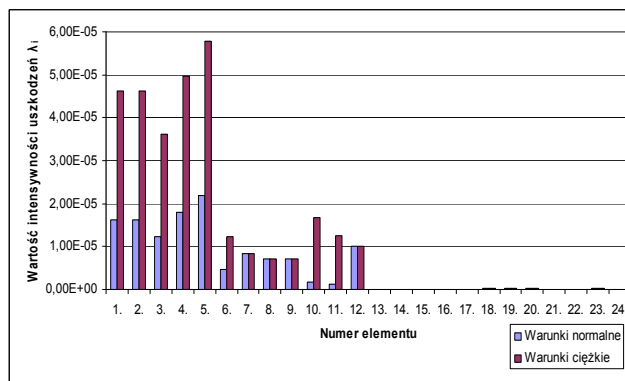
Rys.5. Wartości czasu zdatności pracy  $T_{mi}$  poszczególnych elementów serwera komunikacyjnego SK-1

Do wyznaczenia intensywności  $\lambda_j$  uszkodzeń serwera komunikacyjnego, uwzględniając przy tym wpływ parametrów obciążenia, narażenia klimatyczne oraz narażenia mechaniczne wykorzystano zależność:

$$(8) \quad \lambda_j = \lambda_0 \cdot a_k$$

gdzie:  $\lambda_j$  - eksploatacyjna wartość intensywności uszkodzeń,  $\lambda_0$  - nominalna intensywność uszkodzeń,  $a_k$  - współczynnik intensywności uszkodzeń,

Na rysunku 6 pokazano przykład intensywności uszkodzeń  $\lambda_j$  dla poszczególnych elementów serwera komunikacyjnego dla warunków normalnych i warunków ciężkich.

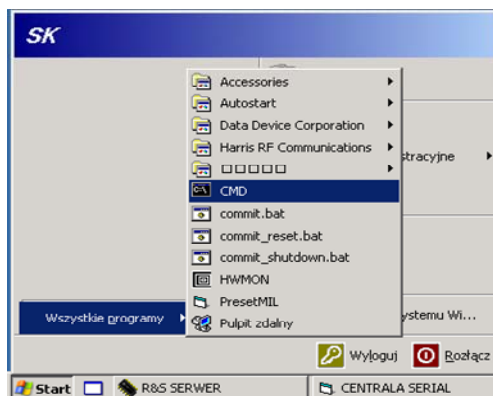


Rys.6. Wartości intensywności uszkodzeń  $\lambda_j$  dla poszczególnych elementów serwera komunikacyjnego SK-1



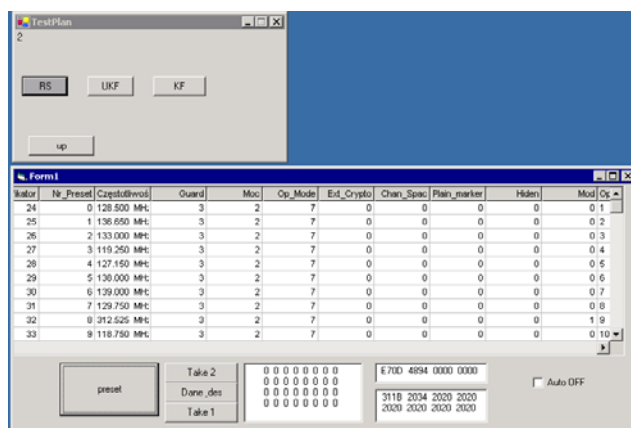
## Narzędzia i metody wykorzystywane do pomiaru parametrów technicznych serwera komunikacyjnego i elementów składowych zintegrowanego systemu łączności

Do badań prawidłowego funkcjonowania oprogramowania i pomiarów parametrów technicznych serwera komunikacyjnego i radiostacji pokładowych wchodzących w skład zintegrowanego systemu łączności służy zestaw aparatury kontrolno – pomiarowej typu ZDZSŁ-1. Umożliwia ona m.in. wprowadzanie i testowanie oprogramowania poszczególnych radiostacji, serwera komunikacyjnego oraz pomiaru i kontroli parametrów technicznych poszczególnych elementów składowych systemu. Aparatura kontrolno – pomiarowa może być wykorzystywana zarówno na stanowisku integracyjnym jak i na pokładzie każdego śmigłowca, który ma zabudowany zintegrowany system łączności. W warstwie programowej serwera komunikacyjnego wykorzystywany jest zmodyfikowany system operacyjny typu Windows XP, umożliwiający obsługę pakietów radiokomunikacyjnych i interfejsów zintegrowanych urządzeń. Standardowo integrowane w systemie ZSŁ radiostacje pokładowe posiadają tzw. testy wewnętrzne, umożliwiające kontrolę stanu technicznego poszczególnych jego elementów składowych. Zastosowanie tego typu aparatury kontrolnej – pomiarowej pozwala na ciągłe monitorowanie pracy serwera komunikacyjnego oraz poszczególnych radiostacji. AKP typu ZDZSŁ-1 umożliwia w każdej chwili odczyt powstałych błędów na dyskach serwera oraz plikach systemowych, dzięki czemu możemy usunąć niesprawność i zapewnić optymalne warunki jego prawidłowego działania. Realizacja wymienionych wyżej funkcji możliwa jest poprzez uruchomienie wybranej aplikacji narzędziowej. 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. Dokonywanie pomiarów parametrów technicznych, tworzenie i programowanie tzw. planu łączności radiowej dla poszczególnych typów radiostacji zintegrowanego systemu łączności może być prowadzone w czasie rzeczywistym. Zbieranie, rejestrowanie i przetwarzanie różnorodnych informacji otrzymywanych z dokonanych pomiarów może odbywać się bezpośrednio na śmigłowcu przed lotem, jak i po wykonaniu zadania lotniczego. W przypadku nieprawidłowej pracy serwera lub niepowodzenia podczas wgrывania planu łączności radiowej należy sprawdzić czy przyczyną nie są błędy odczytu z dysku D. Na rysunku 7 pokazano aplikację programu „chkdsk” do naprawy dysku „D” serwera komunikacyjnego SK-1.



Rys.7. Połączenie AKP typu ZDZSŁ-1 z serwerem SK za pomocą aplikacji programu „chkdsk”

Na rysunku 8 pokazano przykład planszy programowania i testowania poszczególnych radiostacji pokładowych poprzez wykorzystanie aplikacji tzw. TestPlan [5].



Rys.8. Przykład programowania radiostacji RS

Wykorzystane narzędzia i metody umożliwiają badanie różnych funkcji i formatów wymiany, przetwarzania i zobrazowania informacji, a także symulacji urządzeń systemów łączności dla ich wybranej architektury. Zastosowana metoda jednostopniowa dla ustalonej liczby uszkodzeń struktury szeregowej serwera komunikacyjnego pozwoliła na określenie racjonalnej strategii dalszej eksploatacji zintegrowanego systemu łączności zabudowanego na śmigłowcach wojskowych RP.

## LITERATURA

- [1] Kowalczyk H., Zintegrowany system łączności dla śmigłowców, *Lotnictwo*, (2007), nr.11, 24-27
- [2] Kowalczyk H., Nowe życie śmigłowców rodziny Mi-8/17 oraz Mi-24, *Technika Wojskowa*, (2010), nr.9, 166-168
- [3] Michalak S., Opis techniczny i instrukcja eksploatacji serwera komunikacyjnego SK-1, (2007), 1-53
- [4] Pazar A., Badanie niezawodności systemów łączności w oparciu o specjalizowany serwer komunikacyjny, (2010), 76-95
- [5] Pazar A., Stępień G., Instrukcja obsługi zestawu aparatury kontrolno – pomiarowej do zintegrowanego systemu łączności ZDZSŁ-1, (2009), 1-135

**Autorzy:** dr inż. Andrzej Pazar, E-mail: [andrzej.pazar@itwl.pl](mailto:andrzej.pazar@itwl.pl),  
dr inż. Sławomir Michalak, E-mail: [slawomir.michalak@itwl.pl](mailto:slawomir.michalak@itwl.pl),  
dr inż. Henryk Kowalczyk, E-mail: [henryk.kowalczyk@itwl.pl](mailto:henryk.kowalczyk@itwl.pl),  
dr inż. Andrzej Cieślak, E-mail: [andrzej.cieslik@itwl.pl](mailto:andrzej.cieslik@itwl.pl), Instytut Techniczny Wojsk Lotniczych, ul. Księcia Bolesława 6, 01-494 Warszawa