

Koncepcja zapewniania niezawodności eksploatacyjnej podsystemu monitorowania procesu strzelań z przeciwlotniczych zestawów raketowych

The concept of assurance the operating dependability of launching process monitoring subsystem for surface-to-air missile systems

GRZEGORZ SAWICKI
KAMIL WACŁAWIK*

DOI: <https://doi.org/10.17814/mechanik.2019.8-9.77>

W artykule opisano zadania i tryby pracy podsystemu monitorowania procesu strzelań z przeciwlotniczych zestawów raketowych. Zaprezentowano struktury niezawodnościowe podsystemu. Scharakteryzowano wybrane zagadnienia niezawodności i obsługiwalności podsystemu monitorowania.

SŁOWA KLUCZOWE: eksploatacja, niezawodność, przeciwlotniczy zestaw raketowy

The article discusses the tasks and modes of operation the launching process monitoring subsystem for surface-to-air missile systems. The dependability structures of monitoring subsystem are presented. Selected issues of monitoring subsystem reliability and maintainability are characterized.

KEYWORDS: operation, dependability, surface-to-air missile system

Wprowadzenie

Opracowanie koncepcji zapewnienia niezawodności eksploatacyjnej złożonych systemów technicznych jest zagadnieniem trudnym, zwłaszcza na etapie wdrażania nowatorskich rozwiązań, dla których nie są dostępne dane eksploatacyjne. Przykładem takiego skomplikowanego obiektu jest rozpatrywany podsystem monitorowania procesu strzelań z przeciwlotniczych zestawów raketowych (PZR). W tym przypadku konieczne są: dogłębna analiza działania podsystemu, pozyskiwanie danych eksploatacyjnych już na etapie badań laboratoryjnych oraz analizy innych obiektów technicznych, podobnych pod względem konstrukcyjnym.

Podsystem monitorowania procesu strzelania z PZR

Obiektem rozważań w niniejszym artykule jest – w kontekście koncepcji zapewnienia niezawodności eksploatacyjnej – podsystem monitorowania procesu strzelań z przeciwlotniczych zestawów raketowych, będący częścią składową Systemu Bezpieczeństwa Lądowego, zrealizowanego na Centralnym Poligonie Sił Powietrznych (CPSP) w Ustce [5]. Podsystem monitorowania procesu strzelań z zestawu raketowego ma umożliwić przesyłanie danych do stanowiska bezpieczeństwa z wykorzystaniem sieci teletechnicznej oraz ich zobrazowanie i archiwizowanie. Dane uzyskane z PZR powinny być wystarczające do pełnej analizy zdarzeń zachodzących w trakcie realizacji zadań ogniowych oraz do dokonania obiektywnej oceny poziomu wyszkolenia załogi [3].

Podsystem monitorowania ma zwłaszcza realizować następujące zadania [4]:

- zapewnić przesyłanie w czasie rzeczywistym do stanowiska bezpieczeństwa danych dokumentujących pracę zestawu bojowego i czynności osób funkcyjnych załogi, a także rejestrowanie i archiwizację tych danych;
- zapewnić dwustronną sztywną komunikację pomiędzy stanowiskiem bezpieczeństwa a ćwiczącą załogą oraz dać osobom nadzorującym możliwość kontroli nad działaniami ćwiczącej załogi;
- zapewnić możliwość przeprowadzenia weryfikacji funkcjonowania podsystemów akwizycji danych zainstalowanych w PZR;
- zapewnić możliwość jednoczesnego wyświetlania danych na stanowisku bezpieczeństwa (SD) oraz na stanowisku dowodzenia ćwiczących wojsk (SDCW) i w punkcie dowódczo-obszernym (PDO).

Rozpatrywany podsystem monitorowania strzelań składa się z zasadniczych, funkcjonalnie wydzielonych części (z uwzględnieniem dyslokacji na terenie CPSP):

- podsystemów monitorowania umieszczonych w PZR (do 20 sztuk) na stanowiskach ogniowych (SO);
- podsystemu zobrazowania i sterowania, umieszczonego na SD;
- podsystemu archiwizacji, umieszczonego na SD;
- podsystemu zobrazowania i sterowania na SDCW;
- podsystemu zobrazowania na PDO;
- podsystemu transmisji danych i sygnałów sterujących.

Schemat funkcjonalny rozważanego podsystemu monitorowania przedstawiono na rys. 1.

Znajomość sposobów i warunków pracy stanowi podstawę do określania niezawodności i obsługiwalności oraz planowania badań i analiz niezawodnościowych.

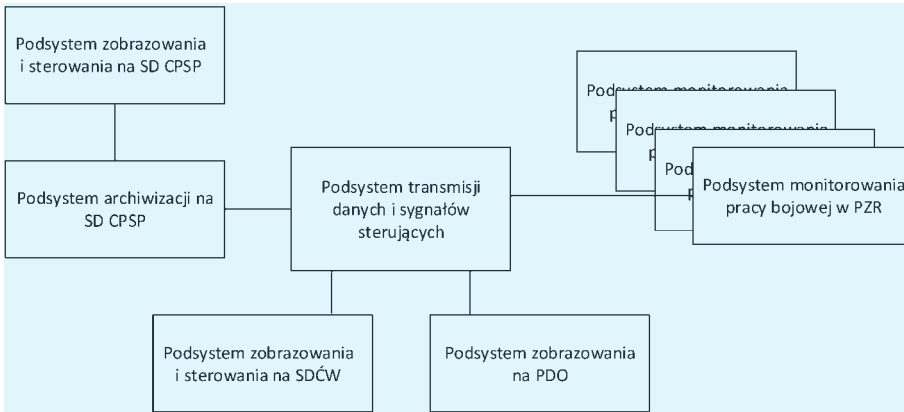
Tryby pracy i struktury podsystemu

W zależności od zapotrzebowania użytkowników podsystemu, warunków działania oraz zdatności poszczególnych elementów podsystemu zdefiniowano odmienne tryby jego działania.

Tryb zobrazowania i archiwizacji na wszystkich punktach odbioru zobrazowania

W tym trybie wszystkie elementy systemu są zdatne do działania. Podsystem transmisji danych rozprawdza informacje do wszystkich wymaganych punktów odbioru zobrazowań. Uruchomiony jest podsystem na PDO, SDCW i w minimum jednym PZR. Serwer główny, urządzenia aktywne i sieć teletechniczna (podsystem archiwizacji), znajdujące się na SD CPSP, są sprawne i archiwizują nagrania w czasie rzeczywistym.

* Dr inż. Grzegorz Sawicki, grzegorz.sawicki@wat.edu.pl, <https://orcid.org/0000-0001-5444-2240> – Wojskowa Akademia Techniczna im. Jarosława Dąbrowskiego, Warszawa, Polska
Mgr inż. Kamil Wacławik, kamil.waclawik@wat.edu.pl, <https://orcid.org/0000-0002-0919-2390> – Wojskowa Akademia Techniczna im. Jarosława Dąbrowskiego, Warszawa, Polska



Rys. 1. Uproszczony schemat funkcjonalny rozważanego podsystemu monitorowania

Tryb obrazowania i archiwizacji na wszystkich punktach odbioru obrazowania

W tym trybie wszystkie elementy systemu są zdolne do działania. Podsystem transmisji danych rozprowadza informacje do wszystkich wymaganych punktów odbioru obrazowań. Uruchomiony jest podsystem na PDO, SDĆW i w minimum jednym PZR. Serwer główny, urządzenia aktywne i sieć teletechniczna (podsystem archiwizacji), znajdujące się na SD CPSP, są sprawne i archiwizują nagrania w czasie rzeczywistym.

Tryb obrazowania i archiwizacji na SD CPSP i PDO

W tym trybie wszystkie elementy systemu są zdolne do działania, aczkolwiek nie ma potrzeby transmisji obrazowań na SDĆW. Podsystem transmisji danych rozprowadza informacje do wszystkich wymaganych punktów odbioru obrazowań z wyłączeniem SDĆW.

Tryb obrazowania i archiwizacji na SD CPSP i SDĆW

W tym trybie wszystkie elementy systemu są zdolne do działania, aczkolwiek nie ma potrzeby realizacji transmisji obrazowań na PDO (brak obserwatorów na PDO), lub podsystem na PDO jest niesprawny. Podsystem transmisji danych rozprowadza informacje do wszystkich wymaganych punktów odbioru obrazowań poza PDO.

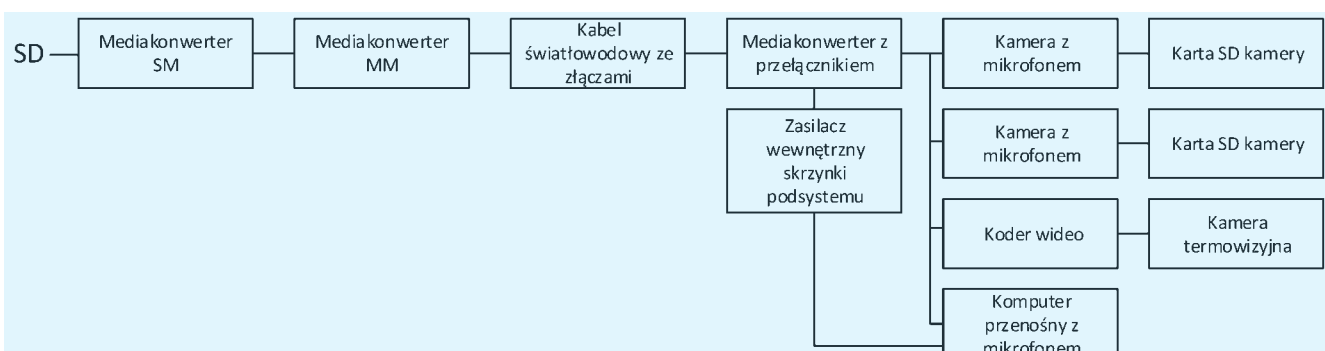
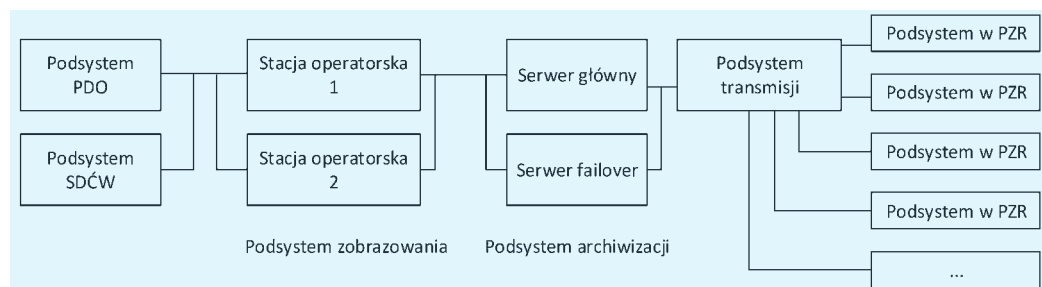
Tryb obrazowania i archiwizacji na SD CPSP awaryjny

W tym trybie serwer główny uległ awarii. Jego pracę przejmuje serwer awaryjny (failover). Podsystem transmisji danych rozprowadza informacje do wszystkich wymaganych punktów odbioru obrazowań. Uruchomiony jest podsystem na PDO, SDĆW i w minimum jednym PZR. Serwer zapasowy failover (podsystem archiwizacji), znajdujący się na SD CPSP, jest sprawny i archiwizuje nagrania w czasie rzeczywistym. W przypadku podłączenia więcej niż 10 kamer podsystemu konieczne jest zmniejszenie strumieni danych (rozdzielczości) ze względu na ograniczenia możliwości zapisu przez serwer zapasowy.

Tryb archiwizacji w wewnętrznym podsystemie PZR awaryjny

W tym trybie podsystem transmisji danych uległ awarii lub nie jest wykorzystywany. Podsystem monitorowania dokonuje archiwizacji na wewnętrznych nośnikach danych (kartach SD w kamerach). Brak transmisji obrazowań na SD, PDO, SDĆW. Operator podsystemu obrazowania i sterowania nie może sterować pracą podsystemu. Ponadto w tym trybie nie ma możliwości transmisji w czasie rzeczywistym. Nagrania można odtworzyć dopiero po zakończeniu realizacji zadań. Nie jest też możliwa sztywna łączność między SD i PZR.

Rys. 2. Przykład struktury podsystemu w trybie obrazowania na wszystkich punktach



Rys. 3. Struktura niezawodnościowa podsystemu znajdującego się w PZR

Określone w ten sposób struktury funkcjonalne stanowią podstawę do zidentyfikowania struktury niezawodnościowej obiektu, czyli określenia, w jaki sposób stany niezawodnościowe elementów wpływają na stan niezawodnościowy systemu.

Przykładową strukturę niezawodnościową, uwzględniającą główne elementy podsystemu, w trybie zobrazowania i archiwizacji na wszystkich punktach odbioru zobrazowania przedstawiono na rys. 2, a na rys. 3 – strukturę niezawodnościową podsystemu monitorowania w PZR.

Zdefiniowana struktura jest niezbędna do wyznaczenia wskaźników niezawodności, charakteryzujących właściwości eksploatacyjne rozważanego podsystemu monitorowania strzelań.

Analiza procesu eksploatacji podsystemu monitorowania w PZR

Ze względu na występowanie kilku źródeł informacji podsystem w PZR może funkcjonować w ograniczony sposób w przypadku niesprawności jednego z elementów, np. kamery.

Dodatkowo w przypadku awarii głównego toru transmisji niektóre ze źródeł mają możliwość zapisu na wewnętrznych nośnikach danych do późniejszego wykorzystania. Podsystem jest wtedy częściowo sprawny, jednak w sensie transmisji w czasie rzeczywistym (w szerszym ujęciu) nie jest zdolny do realizacji oczekiwanych zadań.

Istotne z punktu widzenia zapewnienia niezawodności podsystemu jest zdefiniowanie jego najważniejszych właściwości niezawodnościowych, do których zalicza się niezawodność i obsługiwalność [2].

Miarą niezawodności są wskaźniki, np.:

- prawdopodobieństwo poprawnej pracy,
- średni czas poprawnej pracy do uszkodzenia,
- średni czas poprawnej pracy między uszkodzeniami,
- prawdopodobieństwo naprawy w określonym czasie,
- średni czas naprawy.

Podstawą do ich wyznaczenia jest analiza założeń taktyczno-technicznych oraz zastosowanie właściwych metod [1].

Opracowując koncepcję zapewnienia niezawodności podsystemu monitorowania w zakresie obsługiwalności, należy się odnieść do dwóch zagadnień: zapewnienia podatności na prace obsługowe konstrukcji obiektu oraz zaplanowania środków obsługi [7].

Podsystem monitorowania strzelań jest wykonany w sposób gwarantujący możliwość szybkiej wymiany niesprawnych urządzeń. Konstrukcja większości urządzeń jest modułowa, a naprawa z reguły polega na wymianie wadliwego podzespołu na wybrany z zestawu części zamiennych (ZCzZ), znajdującego się w magazynie zlokalizowanym na terenie CPSP.

Kluczowe podsystemy w liczbie 20 sztuk (z reguły jednocześnie wykorzystuje się nie więcej niż 10 sztuk), znajdujące się w PZR, zapewniają zamienność w razie awarii. Podsystem w ramach dotychczasowej eksploatacji ulegał drobnym awariom, natomiast jego zasadnicze elementy – np. serwer oprogramowania, podsystemy na SO, monitory wielkoformatowe – do tej pory nie ulegały uszkodzeniom [6]. Można prognozować, że obecne środki obsługi (ZCzZ i zaplanowane obsługiwania bieżące) zapewnią sprawność podsystemu przez co najmniej kilka lat.

Na obecnym etapie realizacji podsystemu monitorowania strzelań może się pojawić problem z dostępnością danych niezbędnych do przeprowadzenia analiz. Ich źródło

stanowią np.: badania laboratoryjne w trakcie prac projektowych i wdrażania, testy sprzętu w warunkach zbliżonych do docelowych, badania laboratoryjne podobnych obiektów oraz bazy danych wykonawcy podsystemu monitorowania lub zamawiającego. Ważne staje się zorganizowanie systemu pozyskiwania i gromadzenia danych eksploatacyjnych dotyczących niezawodności i obsługiwalności podsystemu.

Weryfikację niezawodności można przeprowadzić z zastosowaniem analiz bazujących na wynikach badań laboratoryjnych i testów wdrożeniowych modeli elementów podsystemu oraz analizy charakterystyk niezawodnościowych na podstawie danych eksploatacyjnych.

Podsumowanie

W pracy opisano zadania i tryby pracy podsystemu monitorowania procesu strzelań z przeciwlotniczych zestawów raketowych. Szczególną uwagę zwrócono na sposoby zobrazowania i archiwizacji informacji w różnych punktach odbioru zobrazowania. Na tej podstawie opracowano strukturę niezawodnościową. Są one pochodną wymagań dotyczących zadań wykonywanych przez podsystem i z reguły mają postać mieszaną (szeregowo-równoległą).

Wyznaczone struktury umożliwiają określenie wskaźników niezawodności, charakteryzujących właściwości eksploatacyjne podsystemu monitorowania strzelań. Istotne z perspektywy użytkownika są zwłaszcza niezawodność i obsługiwalność. W przypadku nowatorskich rozwiązań, do których można zaliczyć rozpatrywany podsystem, trudności stanowi pozyskanie danych do estymacji wskaźników niezawodności. Bardzo ważne są tu: dotychczasowe doświadczenia autorów podobnych rozwiązań, zgromadzone przez nich dane niezawodnościowe z kolejnych faz cyklu życia urządzeń oraz stosowanie metod eksperckich w szacowaniu niezawodności eksploatacyjnej konstruowanych obiektów.

Praca finansowana ze środków na naukę jako projekt badawczy statutowy PBS 884, realizowany w 2019 r.

LITERATURA

- [1] Sawicki G. „Określenie wymagań niezawodnościowych dla uzbrojenia i sprzętu wojskowego”. *Mechanik*. 7 (2010).
- [2] Sawicki G., Sienicki K. „Wybrane aspekty zapewnienia funkcjonalności i niezawodności przeciwlotniczego zestawu raketowego”. *Mechanik*. 7 (2014): 281–288.
- [3] „Założenia taktyczno-techniczne na system bezpieczeństwa lądowego na Centralnym Poligonie Sił Powietrznych w Ustce”.
- [4] Waclawik K., Sienicki K., Motyl K., Rodzik D. „Komputerowy system obiektywnej kontroli pracy bojowej zestawów raketowych, z uwzględnieniem specyficznych warunków ergonomii środowiska pracy”. *Mechanik*. 7 (2014): 703–712.
- [5] Waclawik K., Sienicki K., Motyl K., Rodzik D. „Integracja i metodyka badań komputerowego systemu obiektywnej kontroli pracy bojowej zestawów raketowych”. *Mechanik*. 7 (2016).
- [6] Sawicki G., Waclawik K., Sienicki K. „Eksploatacja systemu monitorowania procesu strzelań z przeciwlotniczych zestawów raketowych”. *Problemy Mechatroniki*. 8 (2017).
- [7] PN-EN 62308:2007E Niezawodność urządzeń – Metody oceny niezawodności. ■