

BEZSTYKOWY SYSTEM PROGRAMOWANIA ELEKTRONICZNYCH ZAPALNIKÓW CZASOWYCH DLA POCISKÓW ARTYLERII RAKIETOWEJ

W artykule znajdują się informacje na temat kontynuacji prac nad systemem bezstykowego programowania elektronicznych zapalników czasowych dla pocisków artylerii raketowej.

1. Wstęp

Prace koncepcyjne i badania laboratoryjne rozwiązań układów bezstykowego systemu programowania elektronicznych zapalników czasowych dla pocisków artylerii raketowej, opisane we wcześniejszym artykule (PTU Nr 4/2006), doprowadziły do powstania modelu takiego systemu. Wykonana została dokumentacja konstrukcyjna, w oparciu o którą powstały modele zapalników, model cewki programującej oraz model programatora i rozdzielacza. Zespoły te tworzą funkcjonalną całość systemu. Tak zestawiony model poddany został wszechstronnym badaniom laboratoryjnym, w celu weryfikacji koncepcji pod względem możliwości jego aplikacji.

2. Dokumentacja konstrukcyjna

W ramach prowadzonych prac wykonana została dokumentacja konstrukcyjna zapalnika oraz układu nadawczego do programowania. W oparciu o dokumentację wykonano modele zapalnika i układu nadawczego, w celu przeprowadzenia badań w warunkach zbliżonych do rzeczywistych. Wykonano kompletne modele dwu wariantów cewek nadawczych, w celu sprawdzenia ich odporności na oddziaływanie gazów wylotowych z dysz rakiet oraz możliwości umieszczenia na wyrzutni BM-21 bez konieczności jej demontażu. Ponadto przygotowane zostało stanowisko badawcze zawierające pozostałe elementy systemu, symulujące rzeczywiste warunki w jakich powinien działać system.

Programator i rozdzielacz wykonany został poprzez modyfikację stanowiska badawczego do systemu programowania stykowego zapalników na wyrzutni. W rezultacie powstało stanowisko badawcze do kompleksowego badania zapalników w systemie.

3. Stanowisko badawcze

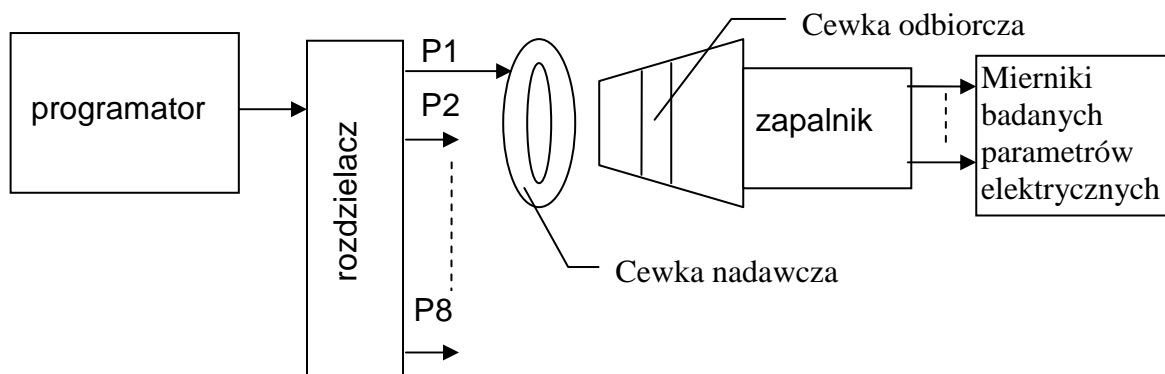
W skład stanowiska badawczego wchodzi:

- a) Programator;
- b) Rozdzielacz;
- c) Prowadnicę rakiet (o zmniejszonej długości w stosunku do rzeczywistej);
- d) Przewody do programowania zapalników w metalowych osłonach, ze złączami.

Na prowadnicy umieszczono cewkę nadawczą programatora wraz z docelową osłoną.

Wewnątrz przewodnicy umieszczona została atrapa głowicy pocisku raketowego, do której wkręcany jest badany zapalnik. Z zapalnika wyprowadzono wiązkę przewodów, pozwalającą na przeprowadzanie niezbędnych pomiarów w najważniejszych punktach układu elektronicznego zapalnika.

Schemat funkcjonalny stanowiska przedstawiono na rysunku 1.



Rysunek 1. Schemat funkcjonalny stanowiska badawczego

Zastosowanie w stanowisku badawczym fragmentów oryginalnych zespołów wyrzutni i rakiety pozwala na dokładne określenie zasięgu w jakim jest możliwe poprawne zaprogramowanie zapalnika.



Foto 1. Widok kompletnej cewki nadawczej na przewodnicy stanowiska badawczego.
Źródło: opracowanie własne.

4. Zapalnik

Zapalnik wykonany został według opracowanej dokumentacji konstrukcyjnej i jest w maksymalnym stopniu zunifikowany z istniejącym zapalnikiem CEZAR-1000M programowanym stykowo. Unifikacja polega na niemal pełnym wykorzystaniu elementów mechanicznych i pirotechnicznych z CEZARA-100M. Jedyną zmianą to mechaniczne zastąpienie pierścieni stykowych przez cewkę odbiorczą.

Zmianie uległy natomiast moduły elektroniczne ze względu na konieczności dostosowania układów wejściowych do współpracy z cewką odbiorczą. Przy programowaniu bezstykowym nie można bowiem określić ściśle wszystkich parametrów elektrycznych ciągu programującego odbieranego z cewki odbiorczej. Wynika to z konieczności programowania zapalnika będącego w ruchu, co powoduje, że sprzężenie magnetyczne między cewką nadawczą a odbiorczą jest wartością zmienną. Ponadto aby uniknąć problemów z dokładnym dostrajaniem do rezonansu obwodu wejściowego, założono że będzie on posiadał pewien rozrzut parametrów, wynikający z rozrzutu wartości parametrów elementów tworzących ten obwód.

Zmiana konstrukcji podzespołów elektronicznych wynika także z odmiennej metody przesyłania danych do programowania. Ze względu na ograniczony czas przebywania zapalnika w strefie, w której może nastąpić jego zaprogramowanie, zmieniony został protokół transmisji danych, w celu minimalizacji czasu transmisji. W rezultacie czas niezbędny do prawidłowego zaprogramowania zapalnika zredukowany został do 10ms. W tym czasie zapalnik powinien odebrać trzykrotnie kompletny ciąg programujący.

Widok zapalnika przedstawia fotografia 1. Na fotografii pokazana jest też cewka odbiorcza jako półprodukt, przed zalaniem zalewą.



Foto 2. Widok kompletnego zapalnika oraz cewki odbiorczej
Źródło: opracowanie własne.

5. Programator

Programator jest to urządzenie, którego zadaniem jest przekształcenie wprowadzonej nastawy odległości zadziałania zapalnika na odpowiedni ciąg informacyjny (programujący) i wysłanie go do zapalnika. Elementem pośredniczącym w przekazywaniu ciągu jest cewka nadawcza.

Przekształcanie nastawy w ciąg programujący odbywa się w mikroprocesorze. Następnie sygnał kierowany jest do odpowiedniej cewki nadawczej. Kierowanie sygnału (ciągu programującego) do odpowiedniej cewki nadawczej realizowane jest w podzespole zwanym rozdzielaczem, stanowiącym integralną część programatora.

Ponieważ sprzężenie magnetyczne między cewkami nadawczymi (na przewodnicach wyrzutni) a cewkami odbiorczymi (w zapalnikach) jest słabe, a ponadto zmienia się w zależności od chwilowego położenia cewek względem siebie w czasie startu rakiety, energia doprowadzana do cewek nadawczych musi mieć znaczną wartość. Moc sygnału wychodzącego bezpośrednio z procesora jest zbyt mała, dlatego zastosowane zostały wzmacniacze mocy, oddzielne dla każdej prowadnicy. W rezultacie każda z cewek nadawczych jest zasilana sygnałem o napięciu 20V, przy poborze prądu rzędu 200mA, co daje moc sygnału ok. 4W.

Widok programatora przedstawia fotografia 3. Na fotografii 4 pokazane zostało wnętrze programatora z układami elektronicznymi.



Foto 3. Widok kompletnego programatora
Źródło: opracowanie własne.

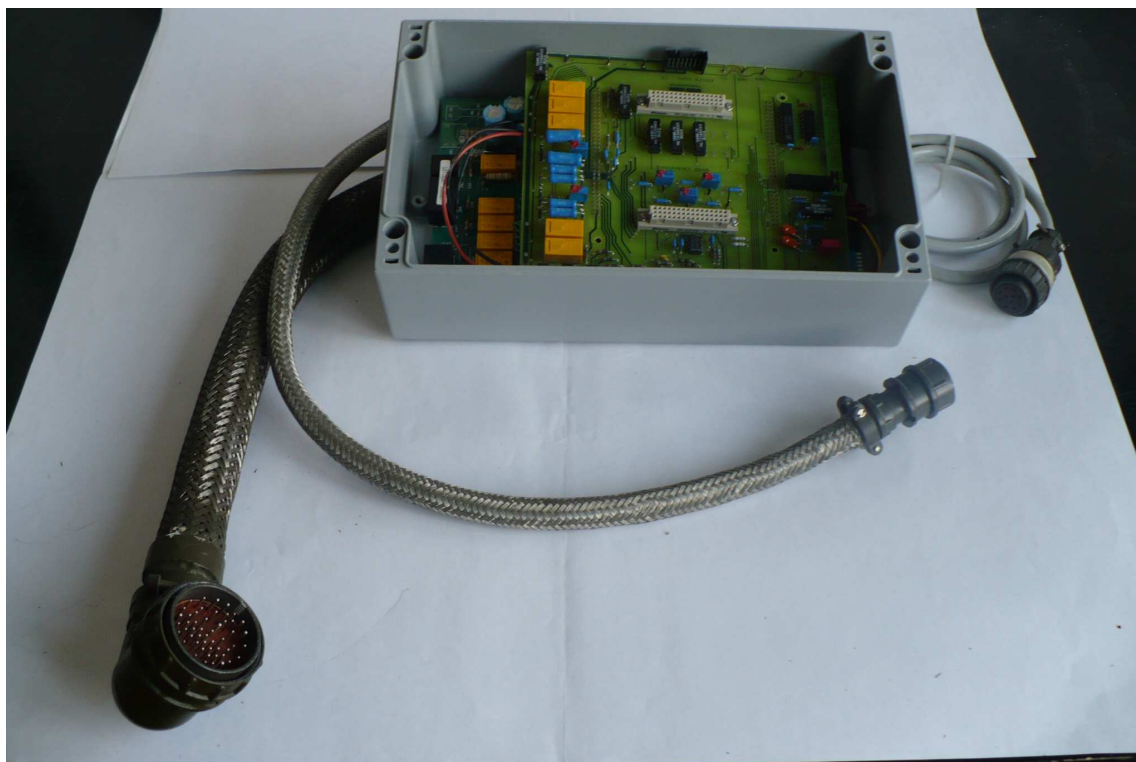


Foto 4. Widok wnętrza programatora
Źródło: opracowanie własne.

6. Badania laboratoryjne modelu

Badania prowadzone były na stanowisku badawczym pokazanym na rysunku 1. Sprawdzana była przede wszystkim zależność wartości sygnału programującego od położenia zapalnika względem prowadnicy (cewki nadawczej). W efekcie określona została strefa, to jest zakres odległości między cewkami nadawczą i odbiorczą, w której możliwe jest prawidłowe zaprogramowanie zapalnika. W wyniku tego określony został przedział czasowy, w jakim zapalnik znajduje się w strefie poprawnego programowania podczas startu pocisku. Na tej podstawie obliczona została wymagana szybkość transmisji sygnału programującego. Przyjęto przy tym założenie, że w czasie przebywania zapalnika w strefie poprawnego programowania powinny do niego dotrzeć przynajmniej 3 ciągi programujące. Przy ośmiobajtowym ciągu programującym szybkość transmisji powinna być nie mniejsza niż 7,2 kilobajta na sekundę.

Badaniom poddano też podstawowe parametry pracy zapalnika, w tym przede wszystkim dokładność odmierzania zaprogramowanego czasu. Dla układu elektronicznego wykorzystującego jako zegar generator kwarcowy, dokładność odmierzania czasu w całym zakresie przewidywanych czasów pracy była nie niższa niż 40 ms.

Badania prowadzone były przy parametrach sygnału programującego jak podano w opisie programatora. W zapalniku mierzona była:

- częstotliwość generatora taktującego (zegara),
- poziom sygnału przychodzącego z cewki odbiorczej.

Badano także:

- wpływ poziomu sygnału z cewki odbiorczej na parametry sygnału po standaryzacji,
- wpływ poziomu sygnału z cewki odbiorczej na dokładność odmierzania czasu.

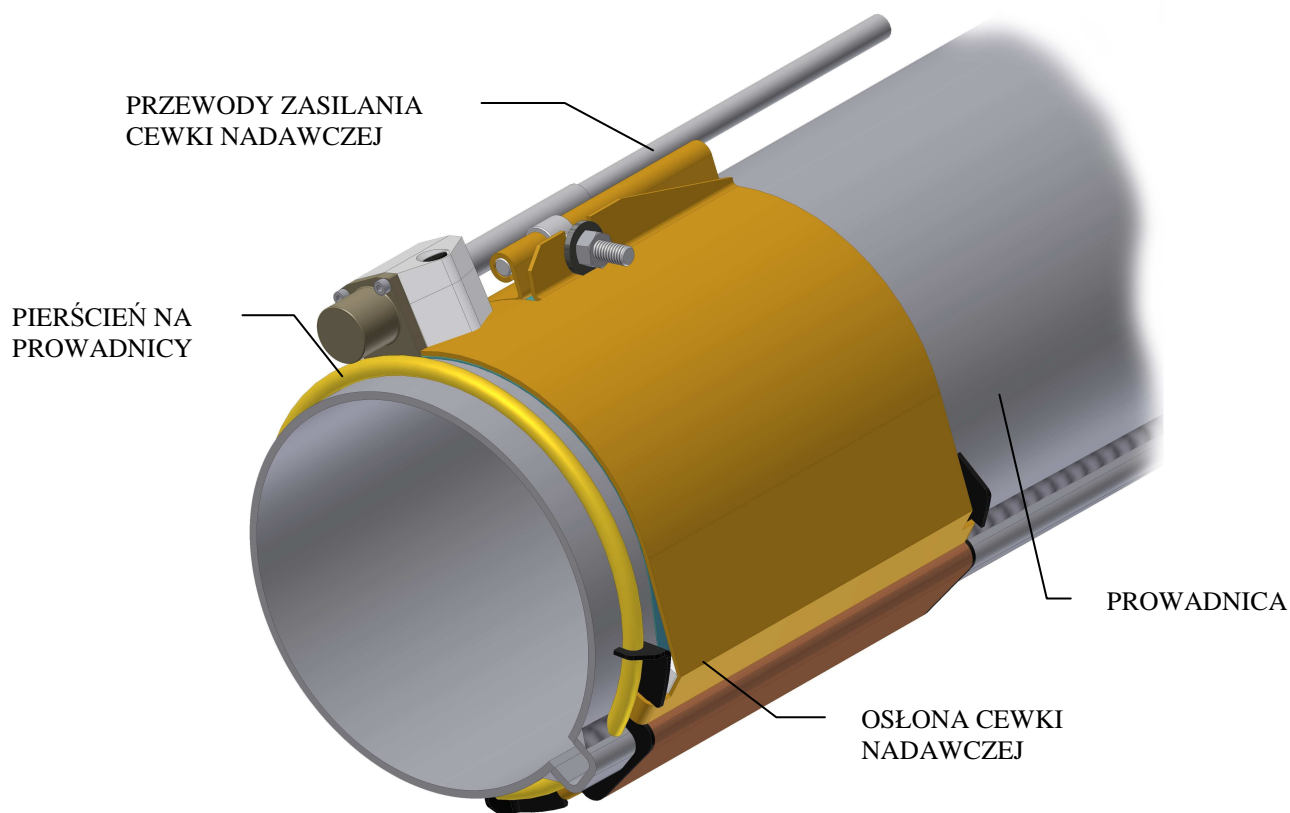
Badania takie przeprowadzono także w warunkach skrajnych temperatur pracy przewidywanych dla zapalnika. Podana wyżej dokładność odmierzenia czasu dotyczy całego zakresu temperatur, przy czym stwierdzono, że wpływ temperatury na częstotliwość generatora taktującego i na dokładność odmierzenia czasu jest pomijalnie mały.

W trakcie badań sprawdzono też prawidłowość konstrukcji cewki nadawczej. Badano dopasowanie jej osłony do prowadnicy oraz zabezpieczenie cewki przed wpływem gazów wylotowych silnika pocisku. Sprawdzono możliwość zamontowania cewki z osłoną na prowadnicach wyrzutni, bez konieczności demontażu prowadnic.

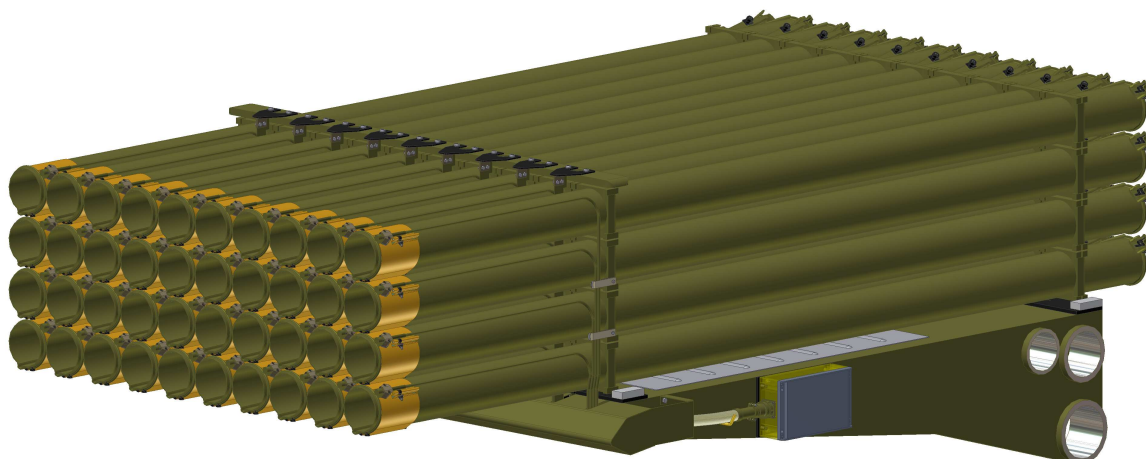
W wyniku tych sprawdzeń wprowadzono drobne poprawki w konstrukcji osłony, co pozwoliło na spełnienie założonych wymagań.

6. Ocena możliwości realizacji systemu bezstykowego programowania zapalników czasowych

Cykl badań, jakim poddano elementy systemu, pozwala na weryfikację koncepcji rozmieszczenia jego elementów na wyrzutni BM-21. Projekt zakłada rozmieszczenie elementów w sposób minimalizujący niekorzystny wpływ gazów wylotowych, powstających w momencie startu pocisku, na całość systemu. Jednocześnie wymagana jest optymalizacja długości połączeń w okablowaniu wyrzutni. W wyniku kompromisu przyjęto rozmieszczenie poszczególnych elementów w sposób zobrazowany na rysunku 2. Rysunek 3 obrazuje natomiast sposób rozmieszczenia kompletu cewek nadawczych na prowadnicach.



Rys. 2. Model cewki nadawczej umieszczony na lufie wyrzutni artyleryjskiej BM-21
Źródło: opracowanie własne



Rys 3. Sposób rozmieszczenia kompletu cewek nadawczych na prowadnicach wyrzutni BM-21
Źródło: opracowanie własne

Badania potwierdziły słusność przyjętej koncepcji bezstykowego programowania zapalników. W ich świetle realizacja przedstawionej koncepcji jest całkowicie realna. Jednakże niewielkie zainteresowanie decydentów wprowadzaniem do uzbrojenia wojsk stawia realizację tego projektu pod znakiem zapytania.