

# **BEZSTYKOWY SYSTEM PROGRAMOWANIA ELEKTRONICZNYCH ZAPALNIKÓW CZASOWYCH DLA ARTYLERII RAKIETOWEJ**

*W artykule znajdują się informacje na temat prac nad systemem bezstykowego programowania elektronicznych zapalników czasowych dla artylerii raketowej. Ponadto przedstawiono koncepcje takiego zapalnika wraz z układem programowania.*

## **1. Wstęp**

Aktualnie Wojsko Polskie posiada elektroniczne zapalniki czasowe dla artylerii raketowej programowane stykowo. Pociąga to za sobą konieczność wykonania dodatkowych czynności obsługowych, jak programowanie pojedynczych zapalników przed załadowaniem rakiet do luf wyrzutni BM-21 i RM-70 lub łączenia każdego zapalnika z okablowaniem systemu programowania w przypadku wyrzutni BM-21M, co znacznie wydłuża czas przygotowania wyrzutni do otwarcia ognia.

Ponadto okablowanie zapalników narażone jest na oddziaływanie czynników fizycznych i chemicznych podczas startów rakiet z sąsiednich prowadnic wyrzutni. Wymaga to stosowania specjalnych materiałów na powłoki kabli, gwarantujących odporność na duże siły rozrywające oraz na wysoką temperaturę i agresywne składniki gazów wylotowych silnika raketowego. Pociąga to za sobą zwiększenie kosztów oraz gabarytów zapalników.

Powyższe wady można zminimalizować poprzez opracowanie bezstykowego systemu programowania elektronicznych zapalników czasowych dla artylerii raketowej.

Doposażenie posiadanych przez WP raketowych wyrzutni artyleryjskich w amunicję z elektronicznymi zapalnikami czasowymi programowanymi bezstykowo uprości czynności obsługowe, skróci czas uzyskania gotowości do wykonania zadania bojowego, co jest istotne przy dynamice działań na współczesnym polu walki. Podniesie także komfort pracy i bezpieczeństwo obsługi w całym procesie eksploatacji.

## **2. Założenia techniczne na bezstykowy układ programowania zapalników**

Podstawowym założeniem przy opracowywaniu koncepcji bezstykowego układu programowania zapalników było maksymalne wykorzystanie elementów i podzespołów z systemu programowania stykowego oraz minimalizacja prac adaptacyjnych przy samej wyrzutni BM-21. Ponadto niezbędnym stało się uwzględnienie oddziaływania gazów wylotowych z dysz rakiet, to jest ich energii, temperatury oraz właściwości korodujących substancji w nich zawartych. Oddziaływanie to unaoczniono się już w trakcie badań układu programowania stykowego.

Uzależnienia te niejako automatycznie wyeliminowały z kręgu zainteresowania optyczne i akustyczne metody transmisji sygnałów programujących, pozostawiając do dyspozycji transmisję na drodze elektromagnetycznej.

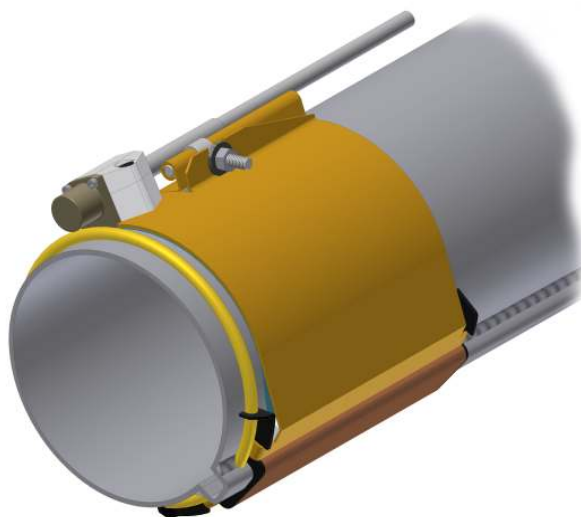
Rozważane było rozwiązanie polegające na zastosowaniu w każdej wyrzutni swoistej, prostej w konstrukcji radiostacji. Zaletą takiego rozwiązania byłaby możliwość programowania zapalnika już w trakcie lotu rakiety. Dawałoby to możliwość uwzględnienia w programie na przykład faktycznej prędkości początkowej pocisku. Jednak rozwiązanie takie obarczone było zbyt dużymi wadami, stawiającymi pod znakiem zapytania pewność działania systemu. Przede wszystkim zgrupowanie na stanowisku ogniowym większej ilości wyrzutni wymagałoby precyzyjnego przydziału częstotliwości roboczej dla każdej z nich, aby wyeliminować wzajemne zakłócenia. Ponadto system taki byłby mało odporny na zakłócenia zewnętrzne, a także przedwcześnie i w sposób jednoznaczny powodowałby demaskowanie położenia stanowiska ogniowego.

Biorąc to pod uwagę, przy opracowaniu koncepcji przyjęte zostało rozwiązanie polegające na umieszczeniu na każdej prowadnic indywidualnej cewki nadawczej. Z kolei każdy z zapalników wyposażony został w cewkę odbiorczą, dołączoną na wejście układu elektronicznego. Transmisja sygnałów programujących realizowana jest poprzez sprzężenia magnetyczne między tymi cewkami. Rozwiązanie takie posiada szereg zalet, do których można zaliczyć między innymi:

- prostota konstrukcji;
- duża odporność na zakłócenia zewnętrzne;
- mała wymagana moc układu nadawczego;
- niski poziom sygnału promieniowanego na zewnątrz układu (demaskującego położenie stanowiska ogniowego);

Ponadto, przy odpowiedniej konstrukcji cewki nadawczej istnieje możliwość zamontowania i zdemontowania całego systemu na wyrzutni bez konieczności demontażu zespołu prowadnic. Daje to duży współczynnik podatności naprawczej.

Konstrukcja cewek nadawczych pozwala na niemal całkowite uodpornienie ich na oddziaływanie gazów wylotowych z dysz rakiet.



**Źródło: opracowanie własne.**

**Foto. Model cewki nadawczej umieszczonej na lufie wyrzutni artyleryjskiej BM-21**

Zastosowane rozwiązania cewek odbiorczych, znajdujących się w zapalnikach, pozwalają na wykorzystanie podzespołów mechanicznych zapalników stosowanych dotychczas, bez konieczności dokonywania jakichkolwiek zmian w ich konstrukcji. W efekcie daje to minimalizację kosztów wdrażania zapalnika nowej konstrukcji.

### 3. Badania laboratoryjne modelu

W celu sprawdzenia koncepcji należało przeprowadzić szereg badań laboratoryjnych. W pierwszym rzędzie należało sprawdzić, czy możliwa jest taka konstrukcja cewki nadawczej, która przy spełnieniu wymagań co do jej odporności na oddziaływanie gazów wylotowych z dysz raket, dałaby się zamontować na wyrzutni BM-21 bez konieczności jej demontażu. W tym celu opracowano dokumentację i wykonano kompletne modele dwu wariantów cewek nadawczych. Po sprawdzeniu jeden z wariantów w pełni odpowiadał tym wymaganiom. Przy wykorzystaniu kompletnego modelu cewki nadawczej oraz cewki odbiorczej przystąpiono do sprawdzania transmisji sygnałów programujących.

Cewkę nadawczą zasilano napięciem sinusoidalnym o amplitudzie 20V, z generatora o rezystancji wyjściowej 50Ω. Napięcie indukowane w cewce odbiorczej mierzono za pomocą oscyloskopu cyfrowego.

Badania wykazały, że współczynnik sprzężenia między cewkami jest zbyt mały i nie gwarantuje jednoznaczności odbieranego sygnału. Sytuację radykalnie poprawiło wykorzystanie cewki odbiorczej w obwodzie rezonansowym i dostrojenie sygnału nadawczego do częstotliwości rezonansu. W rezultacie tych zabiegów, na wyjściu obwodu rezonansowego, obciążonego dodatkowo rezystancją wejściową wzmacniacza (100kΩ) uzyskano nie zniekształconą amplitudę odbieranego sygnału rzędu 400mV, co jest wartością w pełni satysfakcjonującą.

W trakcie badań wykonano i przebadano inną cewkę, o zwiększonej liczbie zwojów, sprawdzając wpływ przekładni (stosunku zwojów cewki nadawczej i odbiorczej) na napięcie wyjściowe. Zabieg ten nie przyniósł zadowalających efektów. Dołączenie kondensatora identycznego jak w przypadku cewki zasadniczej spowodowało podobny efekt, z tym że częstotliwość rezonansu uległa obniżeniu (zgodnie z zależnością od indukcyjności cewki).

Wyniki pomiarów zobrazowano na wykresach 1 i 2.

Z przedstawionych wykresów jednoznacznie wynika rezonansowy charakter pracy obwodów odbiorczych, przy czym stworzone obwody rezonansowe wykazują się dość wysoką dobrocią. Powoduje to wyraźne podwyższenie poziomu odbieranego sygnału przy częstotliwościach zbliżonych do rezonansu. Jednocześnie pasmo przenoszenia jest wystarczająco szerokie, aby uniknąć konieczności ich strojenia. Zastosowanie kondensatora o stosunkowo dużej pojemności (220pF) powoduje minimalizację wpływu pojemności własnej cewki oraz pojemności rozproszonych obwodu odbiorczego na częstotliwość rezonansową. Dzięki temu dołączenie kondensatora o tolerancji  $\pm 5\%$  powoduje automatycznie powstanie rezonansu na takiej częstotliwości, w wyniku której przyjęta częstotliwość nadawcza mieści się w paśmie przenoszenia powstałego obwodu rezonansowego.

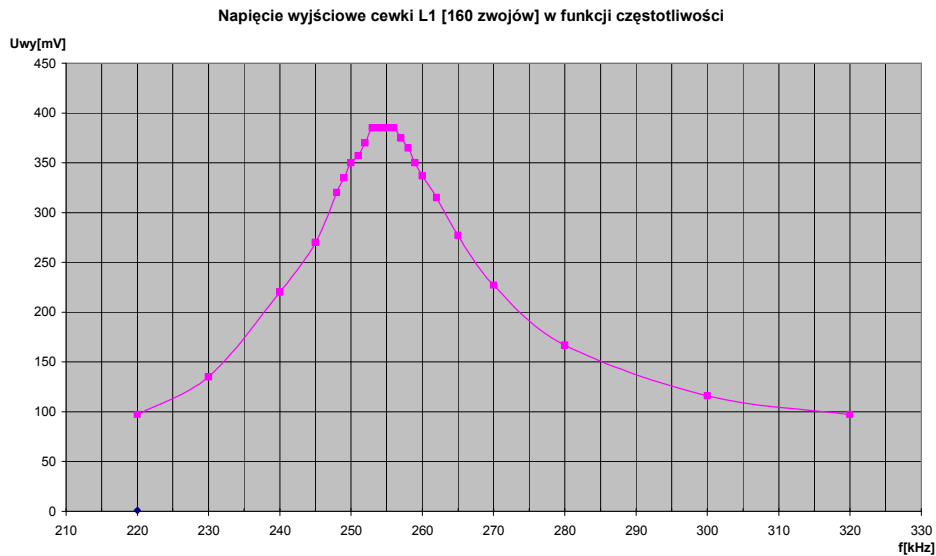
Przyjęte rozwiązanie, dzięki jednoznaczności odbieranego sygnału i możliwości jego dowolnego kształtowania umożliwia dostosowanie go w stosunkowo prosty sposób do standardów stosowanych w innych zapalnikach, programowanych kontaktowo. Zmianie należałoby poddać tylko obwody wejściowe zapalnika. Zasadniczo należałoby dodać tylko wzmacniacz wejściowy sygnału i jego wyjście dołączyć do standardowego wejścia istniejących zapalników.

Zastosowanie sprzężenia indukcyjnego powoduje pełną izolację obwodów elektronicznych zapalnika od otoczenia. Daje to skutki uboczne, oddziałujące na zapalnik w sposób pozytywny. Brak jakichkolwiek punktów układu elektronicznego na zewnątrz zapalnika eliminuje praktycznie możliwość jego uszkodzenia na skutek oddziaływania elektrostatycznego. Poza tym obwód rezonansowy minimalizuje wpływ zakłóceń elektromagnetycznych, szczególnie impulsów o krótkim czasie trwania. W efekcie daje to pozytywny wpływ na trwałość i niezawodność całego zapalnika.

## Wykres 1

Badanie układu cewek programujących wykonanych zgodnie z dokumentacją warunki badania:

- cewka 160 zwojów DNE 0,40mm,
- dołączony kondensator równoległy 220 pF i rezystor 100 k $\Omega$ ,
- koniec zestawu na wysokości wylotu lufy
- poziom sygnału nadawczego 20V

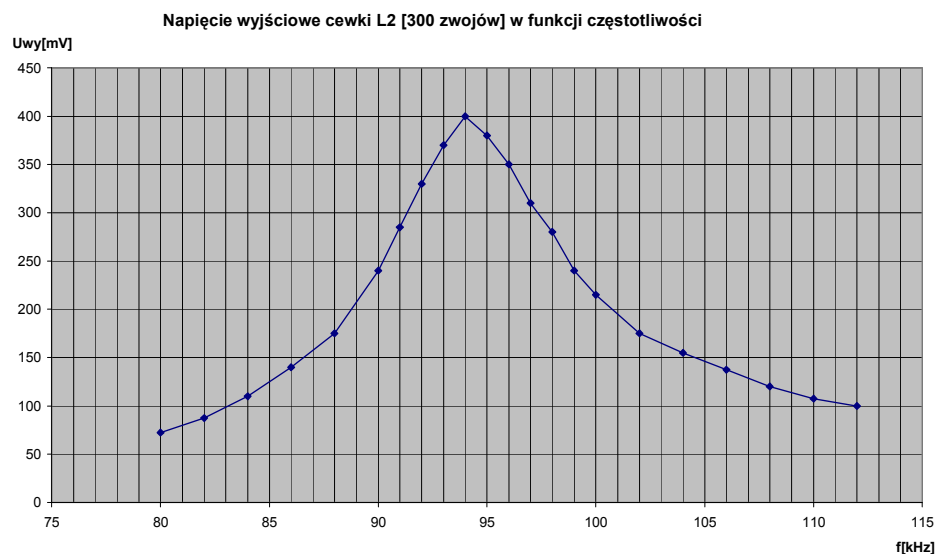


## WYKRES 2

Badanie układu cewek programujących kontrolnych

warunki badania:

- cewka 300 zwojów DNE 0,23mm,
- dołączony kondensator równoległy 220 pF i rezystor 100 k $\Omega$ ,
- koniec zestawu na wysokości wylotu lufy
- poziom sygnału nadawczego 20V



## 4. Podsumowanie

Z przeprowadzonych badań wynika, że przyjęta koncepcja bezstykowego programowania zapalników była słuszna. Istnieją realne szanse na stworzenie takiego systemu. Jednak wrażliwość układu na wpływ czynników zewnętrznych wymaga szeregu dalszych badań. Przede wszystkim należy sprawdzić wpływ całego zestawu prowadnic na jakość transmisji, poziom promieniowania elektromagnetycznego na zewnątrz układu oraz poziom sygnału indukowanego w cewce odbiorczej przez cewki nadawcze z sąsiednich prowadnic.

Celowym także byłoby uzyskanie możliwości komunikacji zwrotnej od zapalnika do programatora. Problem ten brany jest pod uwagę, jednak na razie jedynie od strony teoretycznej. Niemniej, celowym byłby przeprowadzenie badań nad możliwością wprowadzenia takiej opcji do systemu. Zwiększyłyby to precyzję programowania i pewność działania całego systemu.