

mjr dr inż. Rafał BAZELA
dr inż. Piotr BRZOZOWSKI
mgr inż. Józef JARZEMSKI
mjr dr inż. Zbigniew LEWANDOWSKI
ppłk dr inż. Mariusz MAGIER
Wojskowy Instytut Techniczny Uzbrojenia

BADANIA LABORATORYJNE RADIOWEGO ZAPALNIKA ZBLIŻENIOWEGO

Streszczenie. W pracy przedstawiono wyniki badań laboratoryjnych radiowego zapalnika zbliżeniowego do amunicji moździerzowej, który wykonano i przebadano w Zakładzie Uzbrojenia Artyleryjskiego w ramach realizacji projektu badawczego rozwojowego nr R00 0001 06.

LABORATORY TESTS OF THE LASER PROXIMITY FUSES FOR MORTAR AMMUNITION

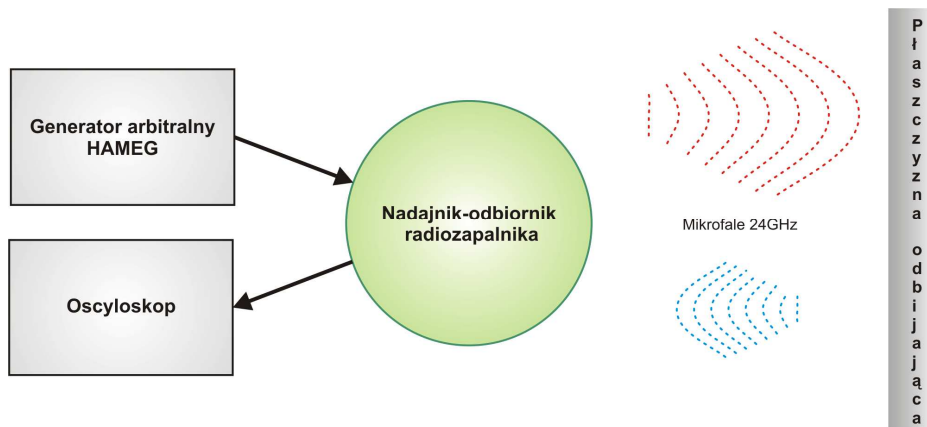
Abstract. In this paper we present the laboratory tests of the radar proximity fuze for mortar ammunition.

1. Wstęp

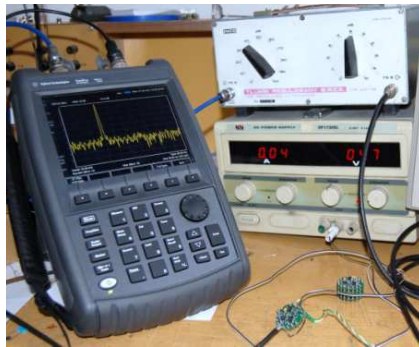
Badania laboratoryjne sensora zbliżeniowego radiowego wykonywano na dwóch stanowiskach. Jedno ze stanowisk zestawiono z aparatury przewidzianej do zakupu na rzecz niniejszego projektu (patrz fotografia 2). Jego zadaniem było imitowanie realnych warunków z zakłóceniami i bez, dla sensora zbliżeniowego. Stanowisko to odegrało bardzo istotną rolę w trakcie prac związanych z projektowaniem zestawu anten: nadawczej oraz odbiorczej. Dzięki niemu zminimalizowano negatywny wpływ sygnału anteny nadawczej na odbiorczą.

2. Pomiary parametrów toru odbiorczego

W radarze sensora zastosowano podwójny tor odbiornika. Ze względu na specyfikę sygnału podczas nadawania sygnału służącego pomiarowi prędkości pocisku podczas zbliżania się do ziemi, zastosowano wąskopasmowy filtr częstotliwości wyjściowej z mieszacza. Ze względu na zakładany możliwy przedział spodziewanych prędkości pasmo filtru ustanowiono na przedział 17 – 24kHz. Do badania pasma filtrów zbudowano układ przedstawiony na Rys.2. Z uwagi na możliwe fluktuacje sygnału nadawczego, parametry filtrów sprawdzano z użyciem rzeczywistego sygnału nadawczego z zakresu pasma 24GHz.

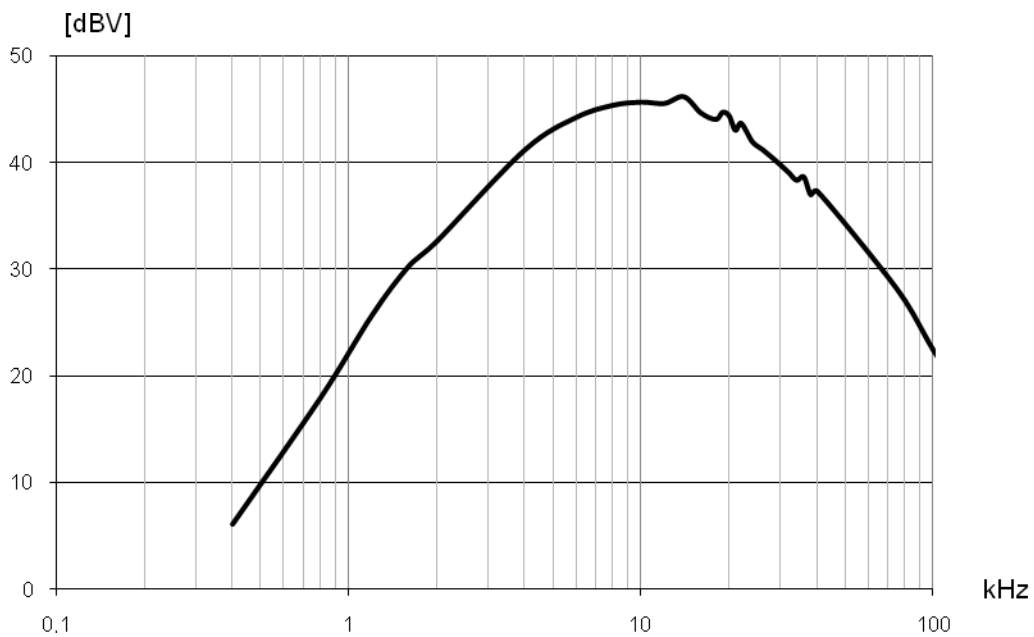


Rys.1. Schemat stanowiska do badań pasma filtrów m.cz.



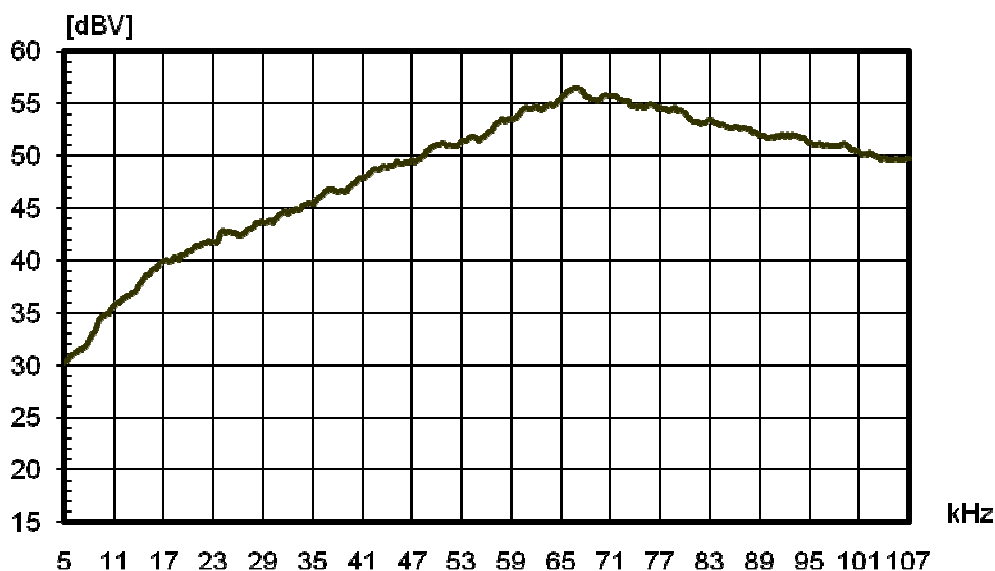
Fot. 1. Stanowisko do testowania filtrów małej częstotliwości.

Charakterystykę filtra pomiaru prędkości Doppler'a w badanym układzie przedstawiono na rysunku 2.



Rys. 2. Charakterystyka filtra pomiaru prędkości Doppler'a badanego w badanym układzie.

Analogicznie, podczas pomiaru odległości przez sensor, modulowano sygnał radaru przebiegiem piłokształtnym. Tor odbiorczy jest wtedy przełączany na charakterystykę filtra dostosowaną do specyfiki sygnału w tym trybie pracy. Na rysunku 3 przedstawiono charakterystykę filtra. Ze względu na założoną charakterystykę filtra uwzględniającą narastanie wzmocnienia w paśmie przenoszenia z nachyleniem $\sim 6\text{dB/oktawę}$, wykres przedstawiono w skali liniowo-logarytmicznej

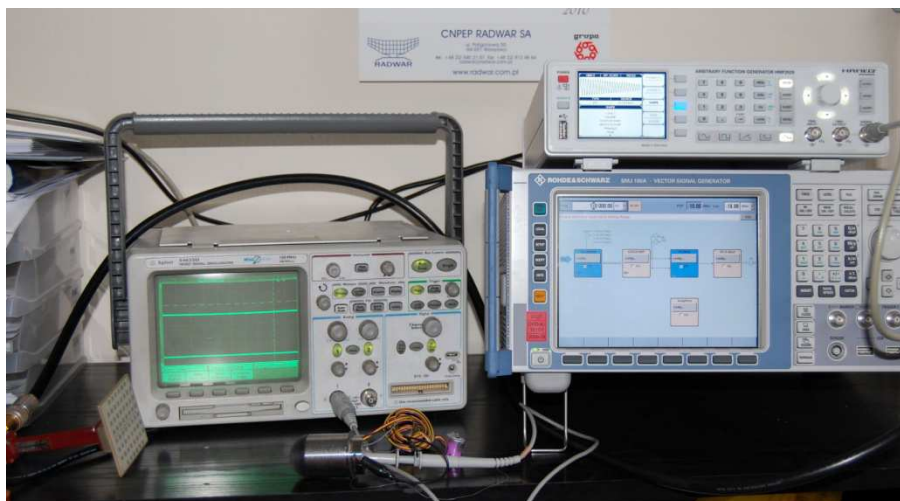


Rys. 3. Charakterystyka filtra w trybie pracy pomiaru odległości.

3. Układ testowania poprawności pracy sensora radarowego z wykorzystaniem imitacji sygnału rzeczywistego

Ze względu na fakt, że uzyskanie rzeczywistych warunków pracy układu jest niemożliwe w warunkach laboratoryjnych (wymagana prędkość poruszania się badanego obiektu $\approx 100\text{m/s}$), do testowania rozwiązań układowych i weryfikacji poprawności przyjętych założeń wykorzystywano stanowisko badawcze imitujące sygnał rzeczywisty. Na fotografii 2 pokazano widok stanowiska do testowania sensora w warunkach laboratoryjnych, odzwierciedlających warunki rzeczywiste. Jako element wykonawczy zastosowany został imitator obiektu ruchomego, oparty o mikrofalowy odbiciowy modulator fazy podłączony do anteny.

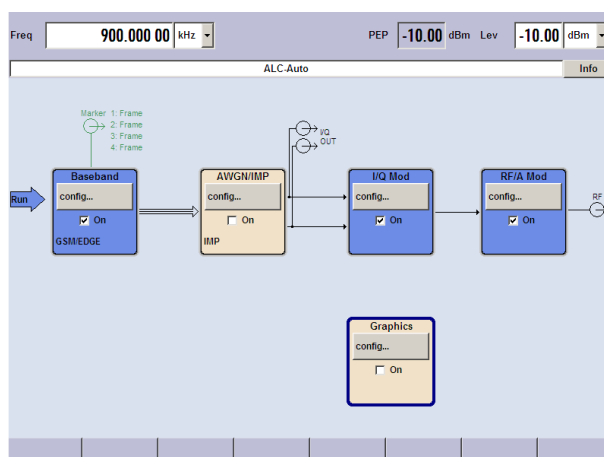
Ze względu na złożoność sygnału echa radiolokacyjnego, do modulatora dostarczany był sygnał z generatora arbitralnego HMF2525, umożliwiający wytworzenie zarówno "czystego", stabilnego jak i zakłóconego przebiegu modulującego imitującego rzeczywisty sygnał. Ponieważ zasada działania radarowego sensora zbliżeniowego oparta jest o pomiar różnic częstotliwości sygnałów wysłanych w przestrzeń i powracających, odbitych od celu, to poprzez modulację fazy sygnału odbitego można uzyskać efekt symulujący wzajemne przemieszczanie się źródła sygnału i celu, w tym przypadku pocisku i powierzchni ziemi.



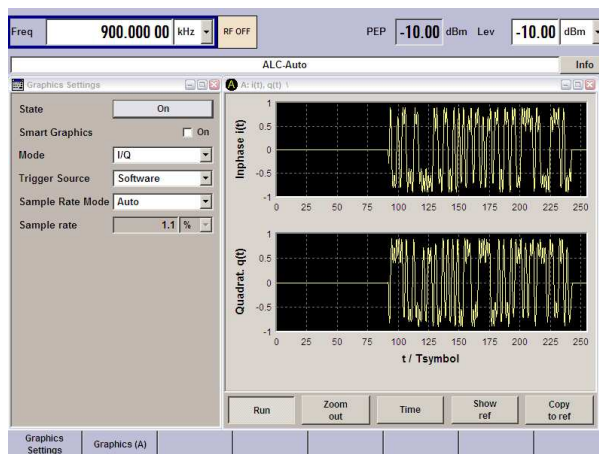
Fot. 2 Zestaw pomiarowy do imitacji realnych warunków dla sensora zbliżeniowego. Po prawej widoczny zakupiony generator wektorowy SMJ100A. Powyżej generator arbitralny HMF2525.

4. Wpływ czynników zakłócających na działanie układu sensora radarowego

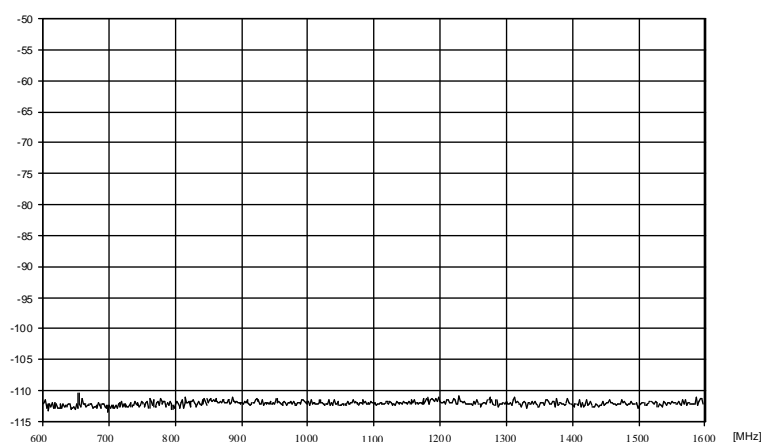
Układ sensora radarowego poddano szeregowi testów mających na celu sprawdzenie poprawności działania w warunkach zakłóceń celowych i przypadkowych. Poniżej przedstawiono badania wpływu sygnału telefonii komórkowej pracującej w paśmie 900MHz na działanie układu sensora radarowego. Celem separacji wpływu zakłóceń, badania wykonywano w komorze semibezodbiwojowej. Do imitacji sygnału wykorzystano generator wektorowy SMJ 100A. Na rysunkach 4 i 5 przedstawiono konfigurację generatora do wytwarzania wymaganego sygnału.



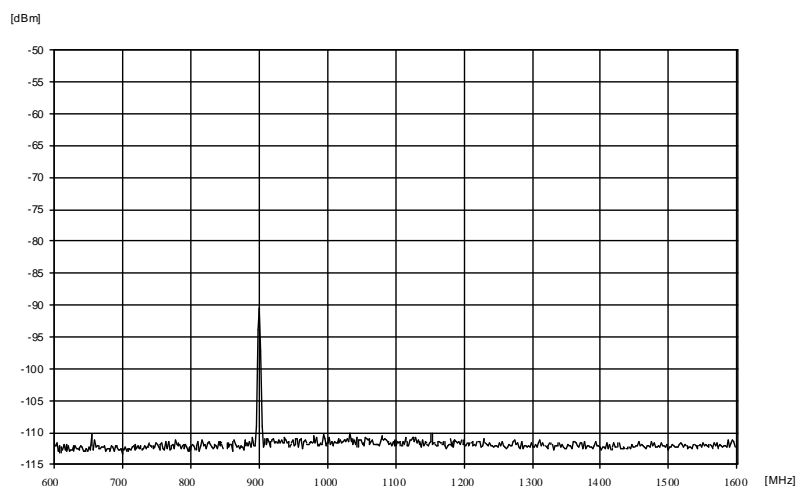
Rys. 4. Konfiguracja generatora do badań wpływu zakłóceń na sensor radarowy.



Rys. 5. Konfiguracja generatora do badań wpływu zakłóceń na sensor radarowy.



Rys. 6. Rozkład widma sygnału w komórce semibezodbiowej przed włączeniem sygnału zakłócającego.



Rys. 7. Rozkład widma sygnału w komórce semibezodbiowej po włączeniu sygnału zakłócającego.

Jednocześnie widmo emitowanego sygnału monitorowane było za pomocą analizatora widma typu FieldFox N9912A. Rysunki 6 i 7 przedstawiają rozkład widma sygnału w komórce

semibezodbiowej zarejestrowany przez analizator, odpowiednio przed i po włączeniu sygnału zakłócającego.

Podczas szeregu prób z wykorzystaniem różnych typów sygnałów, w różnych pasmach częstotliwości i o różnym poziomie mocy, nie zaobserwowano nieprawidłowego działania układu sensora radarowego.

5. Badanie odporności zapalnika na narażenia mechaniczne.

W ramach wstępnych testów odporności zapalnika radiowego na przeciążenia wykonano badania przy wykorzystaniu młota Masseta (stanowisko w WITU). Badanie polegało na poddawaniu wybranego w pełni zmontowanego zapalnika udarom o zadanej wartości przeciążenia. Przez zmontowany zapalnik rozumie się tutaj zapalnik z pakietem elektroniki po zalaniu samoutwardzalnym tworzywem. Zapalnik taki jest nierozbieralny. Do badań wytypowano przeciążenia o wartościach odpowiednio 1000g, 2000g oraz 4000g. Po udarze, każdorazowo zapalnik poddawano oględzinom pod kątem zewnętrznych uszkodzeń mechanicznych oraz przeprowadzano test sprawności elektrycznej zapalnika. Test ten polegał na sprawdzeniu czy zapalnik odpowiada na komendy programatora. W każdym badanym przypadku zapalnik nie wykazał oznak uszkodzenia mechanicznego oraz utrzymywał prawidłowo komunikację z programatorem.

W kolejnej publikacji zostanie przedstawiony opis badań poligonowych modelu konstrukcji radiowego zapalnika zbliżeniowego.

Praca naukowa finansowana ze środków Ministerstwa Nauki i Szkolnictwa Wyższego w latach 2008-2010 jako projekt badawczy rozwojowy nr R00 0001 06.