

PRZENOŚNY RADAR RWO-1

W artykule zaprezentowano przenośny radar RWO-1, który może być wykorzystany do celów cywilnych i wojskowych, jako jeden z elementów systemu dozoru określonego obszaru lub urządzenie wykrywające – ostrzegające, sygnalizujące pojawienie się w nadzorowanym obszarze ruchomych obiektów.

Radar to skrót od angielskiego sformułowania „Radio Detection and Ranging”, oznaczającego detekcję (wykrycie) i określenia odległości przy pomocy sygnałów radiowych, wykorzystujący przy tym odbijanie się fal radiowych (mikrofalowych) od wykrywanego obiektu. Zjawisko odbijania znane było już w XIX wieku. W 1885 roku Tomasz Edison zgłosił patent na wykorzystanie fal radiowych do celów unikania kolizji na morzu. Krystian Halsmeyer’a w 1904 roku zademonstrował działające urządzenie pracujące na częstotliwości 600 MHz. W 1992 roku Amerykanie A. Taylor i C. Young stwierdzili zakłócenia łączności radiowej między nadajnikiem i odbiornikiem, które ustawione były na przeciwległych brzegach rzeki, kiedy przepływały statki. To odkrycie podsunęło im pomysł wykorzystania fal radiowych do wykrywania poruszających się przedmiotów. Jednak to nie oni byli pierwszymi, którzy zrealizowali ten pomysł. W 1935 roku Robert Watson zademonstrował urządzenie, za pomocą którego można było wykryć statek powietrzny z odległości 50 km. Dało to początek zastosowania radaru do celów praktycznych, a dokładniej do celów militarnych. Już w 1935 roku, w Anglii, przystąpiono do budowy nabrzeżnego systemu radarowego pracującego na długości fali 25 m, pozwalającego na wykrycie statku powietrzego z odległości 90 km. Po pierwszych doświadczeniach zaprojektowano i zbudowano następne urządzenia, doskonalsze i mniej zawodne. W wielkiej tajemnicy na wybrzeżu angielskim zainstalowano system radarowy składający się z radarów wstępnego wykrywania pracujących na fali 12 m i radarów pracujących na fali 1,5 m, służących do wykrywania samolotów lecących na małych wysokościach. Co to jest radar i jakie są jego możliwości pokazała bitwa o Anglię. Wczesne wykrycie przeciwnika dawało czas na podjęcie odpowiednich decyzji oraz zwiększało prawdopodobieństwo zwalczania wrogiego celu.

Oczywiście radar znalazł również zastosowanie dla celów cywilnych, jednak tak w latach trzydziestych, jak i obecnie głównym „motorem” napędowym rozwoju tego typu urządzeń są jego zastosowanie militarne i funkcje, jakie mają realizować. Zgodnie z jednym z opracowań (np. „Electronic Warfare Handbook. Radar and ELINT”), określenia „zastosowanie i funkcje” są jednymi z głównych czynników będących podstawą klasyfikacji radarów. Biorąc powyższe pod uwagę radary można klasyfikować na podstawie:

- zastosowań: wojskowe, cywilne;
- środowiska w jakich pracuje: powietrzne, morskie i lądowe;

- funkcji: wykrywania, obserwacji pola walki, śledzenia, nawigacji, kierowania ogniem, sterowania pociskami;
- rodzaju modulacji: impulsowe, impulsowo-doplerowskie, z falą ciągłą, z modulacją wewnątrzimpulsową, zmienne częstotliwościowo;
- pasma częstotliwości.

Jeżeli weźmie się pod uwagę zastosowania wojskowe i cywilne radaru, to można wyróżnić m.in. następujące klasy zastosowania:

- wykrywania i śledzenia w obronie przeciwlotniczej;
- wczesnego ostrzegania przed pociskami balistycznymi;
- kontroli ruch powietrznego;
- sterowania pociskami raketowymi i naprowadzania;
- kierowania środkami walki;
- identyfikacji „swój-obcy”
- nawigacji powietrznej i morskiej;
- kierowania podejściem do lądowania;
- wykrywania środków ogniowych;
- metrologiczne;
- pomiaru prędkości pojazdów przez policję drogową;
- obserwacji pola walki itd.

Zaprojektowany i wykonany w Wojskowym Instytucie Technicznym Uzbrojenia model użytkowy urządzenia, zgodnie z powyższą klasyfikacją można zaliczyć do radarów zastosowań wojskowych i cywilnych, radar wykrywania i ostrzegania lub obserwacji pola walki, pracujący z falą ciągłą z liniową modulacją częstotliwości FMCW (*Frequency Modulation Continuous Wave*).

Pomysł opracowania radaru wykrywająco-ostrzegawczego był efektem analizy istniejącej sytuacji w zakresie wykorzystania radarów rozpoznania pola walki do celów cywilnych, a w szczególności do ochrony granic. Na świecie, jak i w kraju eksploatuje się wiele radarów umożliwiających prowadzenie rozpoznania i obserwacji otaczającego terenu, np.: AN/PPS-5C, MSTAR – firmy Thorn EMI, SQUIRE – Signaal, BOR-A550 – SEL czy też RPW-10 produkcji Przemysłowego Instytutu Telekomunikacji (rys. 1).



Rys. 1 Radar pola walki RPW-10.

Wymienione urządzenia są przeznaczone do określonych zastosowań, są rozbudowane, wyposażone w wiele różnych funkcji, o parametrach znacznie przewyższających możliwość ich praktycznego wykorzystania w zastosowaniach tylko i wyłącznie przy wykrywaniu i ostrzeganiu. Powstała, zatem sytuacja taka, że są dostępne funkcjonalnie rozbudowane radary o bardzo dobrych parametrach, a brak jest urządzeń o małych gabarytach, przenośnych i prostych w obsłudze. Można powiedzieć, że istnieje „luka asortymentowa”. W związku z tym w Instytucie podjęto prace zmierzające do zaprojektowania prostego w obsłudze urządzenia, wspomagającego obserwację chronionego

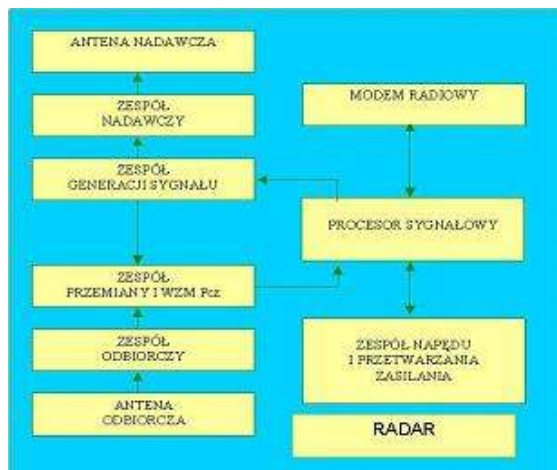
obszaru, niewymagającego specjalnych środków transportu, możliwego do wykorzystania przez piechura w trudnych warunkach terenowych. Starano się przy tym zachować rozsądny kompromis pomiędzy wymaganiami na parametry taktyczne, techniczne i ekonomiczne. Z punktu widzenia użytkownika najlepiej byłoby, aby urządzenie było bardzo lekkie, pracujące w trudnych i bardzo trudnych warunkach, o dużym zasięgu, wykrywające małe a nawet bardzo małe poruszające się objekty, pracujące bez wspomagania zewnętrznego z wewnętrznych akumulatorów przez kilka godzin, a przy tym bardzo tanie. Niestety w większości wymagania wykluczają się.



Rys. 2 Radar wykrywająco-ostrzegawczy RWO-1.

Po konsultacjach z potencjalnym użytkownikiem oraz po analizie możliwości techniczno-konstrukcyjnych przyjęto następujące założenia:

- zasięg wykrywania do 4 km;
 - moc nadajnika do 4W;
 - częstotliwość pracy pasmo K;
 - ciągła, dookólna praca radaru z możliwością włączania i regulacji dwóch sektorów promieniowania mocy;
 - praca radaru z zatrzymaną anteną;
- ustawiana prędkości obrotów anteny w zakresie od 0 do 20 obr/min.;
 - wyświetlana zgrubna i dokładna siatka „azymut-odległość” do określenia położenia wykrytych obiektów;
 - ustawiany zakres odległości wykrywania: 600, 1200, 2400 i 4000 m;
 - syntetyczne zobrazowanie wykrytych ruchomych obiektów z „historią” ich ruchu;
 - łączność radiowa pomiędzy radarem a pulpitem sterującym powyżej 50 m;
 - wszystkie nastawy i regulacje ustawiane zdalnie z wynośnego pulpitu, w tym: podzakres odległości, sektor obserwacji, próg detekcji, zasięg „historii” ruchu. Menu funkcjonalne pulpitu wynośnego rozwijane interaktywnie w zależności od aktualnie wykonywanych operacji;
 - regulowany poziom sygnalizacji dźwiękowej wykrytych obiektów;
 - czas pracy z jednego zestawu akumulatorów – do 4 h, z dodatkowymi – do 8 h;
 - masa – ok. 6 kg dla radaru zasadniczego z akumulatorem i wskaźnikiem wynośnym i 2 kg dla elementów dodatkowych (torba, akumulator, dodatkowy);
 - zasilanie prądem stałym +10 ÷ +30V lub zmiennym 230V 50Hz.



Rys. 3 Schemat blokowy radaru wykrywająco-ostrzegawczego RWO-1.

Funkcjonalnie wykonane urządzenie składa

się z dwóch bloków: radaru podstawowego oraz zespołu zobrazowania i sterowania (rys.3). W skład radaru podstawowego wchodzi: tor nadawczy i odbiorczy, układy zasilania i napędu oraz modem radiowy. Przetwarzanie sygnału odbywa się w pakiecie DSP (*Digital Signal Processing*) umieszczonym w obudowie radaru.



Rys. 4. Zdjęcie pakietu DSP.

Pakiet DSP (rys. 4) jest wykonany dla potrzeb radaru RWO-1 w oparciu o procesor sygnałowy TMS. Jest to zmiennoprzecinkowy procesor taktowany zegarem o częstotliwości 150 MHz, posiadający bogatą i uniwersalną architekturę, w skład której wchodzi między innymi: wydajna 32-bitowa jednostka centralna (CPU), układ bezpośredniego dostępu do pamięci (DMA), dwa programowalne synchroniczne porty szeregowo, dwa 32 bitowe zegary-liczniki, bank szybkiej pamięci wewnętrznej oraz bank podręcznej pamięci (CASH). Moc obliczeniowa procesora wynosi 900 MFLOPS i 1200 MIPS (milionów zmiennie i stało przecinkowych operacji na sekundę). Pakiet ten jest wydajnym, w pełni reprogramowalnym systemem procesorowym, pozwalającym na realizację większości zadań z dziedziny cyfrowej obróbki sygnałów oraz sterowania w czasie rzeczywistym. Metoda przetwarzania sygnału radiolokacyjnego polega na analizie częstotliwościowej echa sygnału z liniową modulacją fali nośnej FMCW. Metoda ta pozwala na wykrycie i oszacowanie odległości do obiektu lub obiektów znajdujących się w wiązce radaru. W praktyce polega to na wyodrębnieniu z widma echa tych prążków, których amplituda przekracza pewien założony próg detekcji. Położenie prążka na osi częstotliwości jest wprost proporcjonalne do odległości między obiektem a radarem.

W skład toru nadawczego RWO-1 wchodzi: płaska łutowa antena, układy wzmacniaczy mocy wraz z układem chłodzenia i stabilizacji mocy, filtr i zespół generacji sygnału CW/FM stabilizowany temperaturowo. W zależności od wybranego

rodzaju pracy i zasięgu, procesor odpowiednio steruje parametrami generowanego sygnału.

W skład toru odbiorczy wchodzi: płaska łatowa antena, wzmacniacz niskoszumny, mieszacz i przedwzmacniacz pośredniej częstotliwości o charakterystyce przenoszenia $k(f) = a \cdot f^2$.

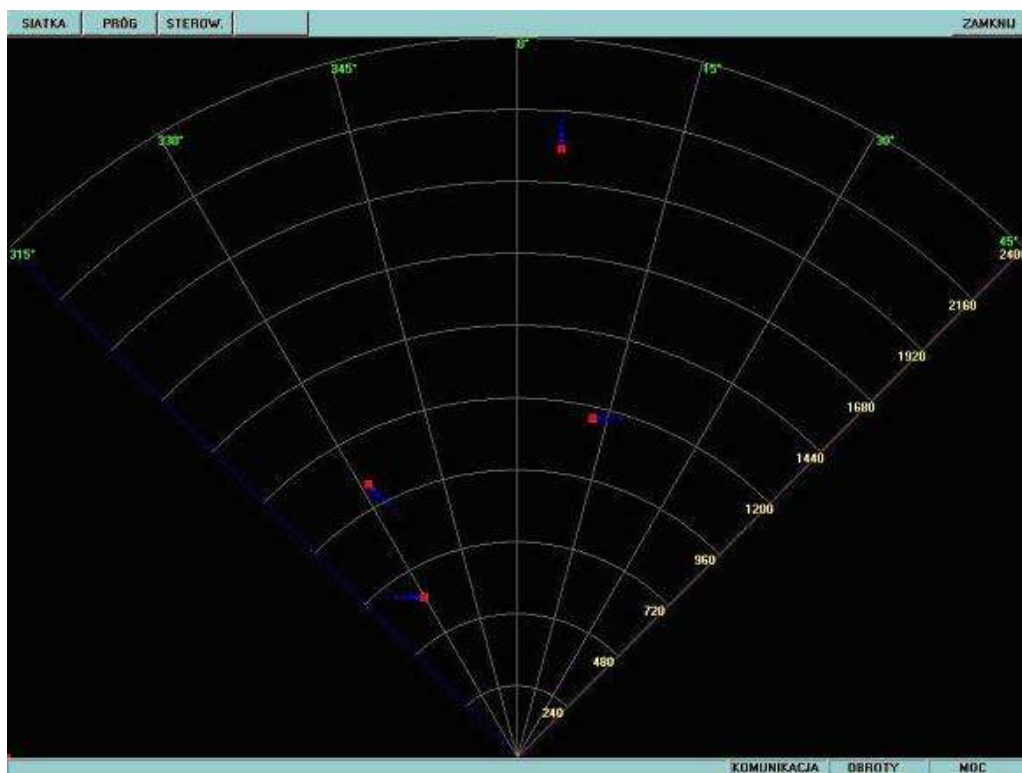
Zespół napędu i przetwarzania zasilania wytwarza napięcia niezbędne do zasilania poszczególnych modułów radaru oraz realizuje ruch obrotowy, w zależności od sygnałów sterujących z procesora.

Zgodnie z wymaganiami radar jest sterowany poprzez wyspecjalizowany wynośny terminal, który będzie jednocześnie przetwarzał przychodzące z radaru dane

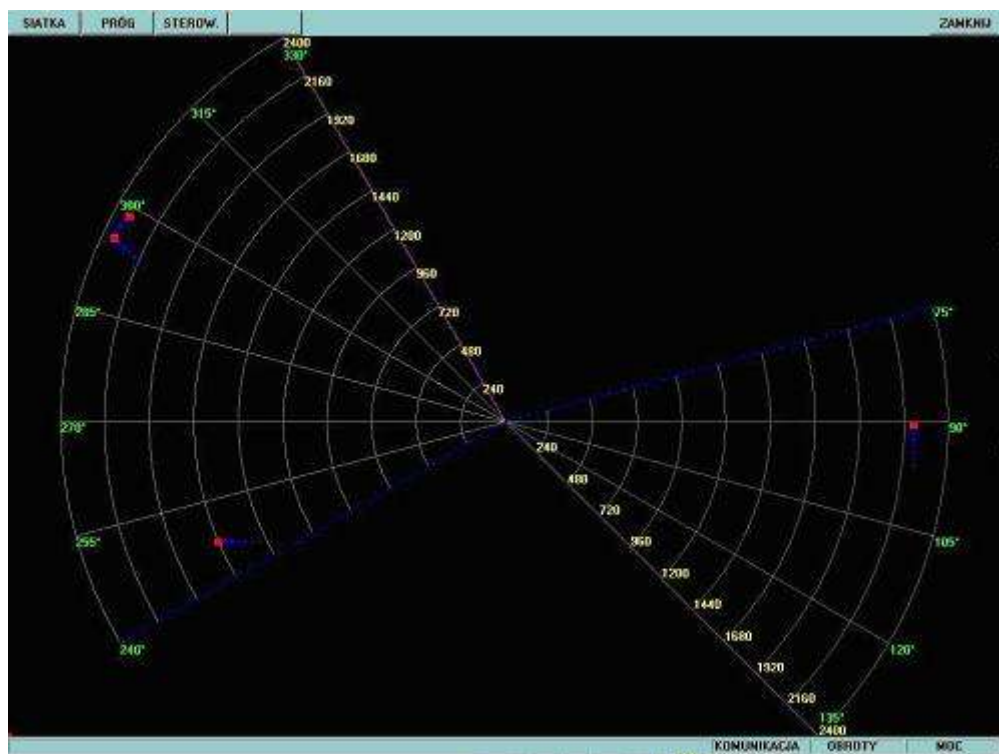
o śledzonym obiekcie oraz w sposób graficzny ilustrował wymagane przez użytkownika dane wyjściowe. Jako terminal zastosowano komputer typu tablet PC z procesorem Pentium III, wyposażony dodatkowo w modem radiowy. Komputer ma zaimplementowane oprogramowanie obsługujące urządzenie wykrywająco – ostrzegawcze i ze względu na potrzebę uniemożliwienia przypadkowego zniszczenia oprogramowania, zablokowany dostęp do systemu operacyjnego. Aplikacja przeznaczona jest do pracy w systemie operacyjnym Windows 9x, NT, 2000, XP. Jest to interaktywne, graficzne środowisko, które pozwala użytkownikowi na:

- zobrazowanie sytuacji taktycznej w polu obserwacji radaru,
- sterowanie pracą radaru,
- wyświetlanie informacji o poprawności i gotowości do pracy torów funkcjonalnych radaru,
- zapis dostępnych dla użytkownika informacji na lokalnym dysku twardym.

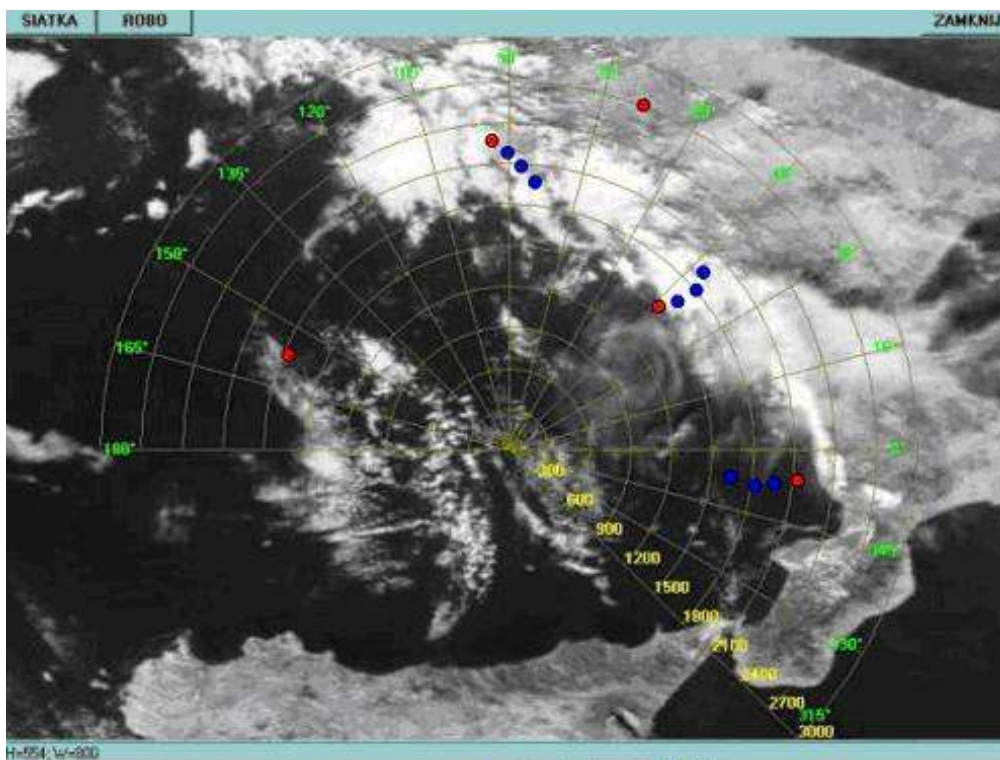
Wymiana informacji w systemie (między terminalem użytkownika a radarem) oparta jest na asynchronicznej transmisji szeregowej za pomocą interfejsu RS232. Zastosowanie urządzeń opartych na technologii 'bluetooth' pozwoliło na zastąpienie tradycyjnego kabla typu 'null-modem', torem radiowym o zasięgu do 100 m. Moduł obsługi interfejsu RS232 zaprojektowano w oparciu o Windows API (Application Programmer Interface). Jest to obszerna biblioteka, wbudowana w system operacyjny Windows, która pozwala na projektowanie aplikacji dla Windows. W związku z ograniczoną przepustowością kanału transmisyjnego (115200 bps) w protokole wymiany informacji znajdują się głównie dane dotyczące zmian sytuacji taktycznej w polu obserwacji radaru (rys. 5, 6). Innymi słowy oprogramowanie radaru 'uczulone' jest na detekcję i obserwację obiektów ruchomych. Takie podejście pozwala jednocześnie na eliminację nadmiernej ilości informacji wyświetlanej na terminalu użytkownika. W perspektywie dalszych prac prowadzących do rozbudowy systemu przewidziano możliwość wgrania mapy terenu (rys. 7).



Rys. 5 Widok ekranu pulpitu wynośnego przy pracy radaru z jednym sektorem. Kolorem czerwonym zaznaczone są aktualne położenia wykrytych obiektów, a kolorem niebieskim „historia” ruchu.



Rys. 6 Widok ekranu pulpitu wynośnego przy pracy radaru z dwoma sektorami. Kolorem czerwonym zaznaczone są aktualne położenia wykrytych obiektów, a kolorem niebieskim „historia” ruchu.



Rys. 7 Widok ekranu pulpitu wynośnego przy pracy radaru z jednym sektorem i przykładowym podkładem mapowym.

Filozofia wizualizacji i funkcjonalności oprogramowania terminala polega na wyświetlaniu tylko takich informacji, które są w danej chwili przydatne użytkownikowi. Selekcja ilości dostarczanej informacji jest obecnie trendem szeroko stosowanym w sprzęcie wojskowym i specjalnego przeznaczenia. Interaktywne menu pozwala na stopniowe wgłębianie się w niezbędne opcje i zakładki, co w istotny sposób ułatwia naukę obsługi systemu.

Należy podkreślić, że w Wojskowym Instytucie Technicznym Uzbrojenia, w wyniku podjętych prac projektowo-konstrukcyjnych powstało urządzenie opracowane i wykonane przez polskich konstruktorów: proste w obsłudze, możliwe do wykorzystania tak w sektorze militarnym, jak cywilnym wspomagające obserwację chronionych obszarów, niewymagające specjalnych środków transportu, o wysokim stopniu podatności na modernizację.