

Tadeusz STUPAK¹
Ryszard WAWRUCH²

ANALIZA MOŻLIWOŚCI DETEKCJI RADARU CW- FM I IMPULSOWEGO

W artykule porównano możliwości detekcji radaru impulsowego przeznaczonego na statki morskie Raytheon NSC 34 i wykorzystującego technikę CW-FM prototypowego urządzenia Przemysłowego Instytutu Teletechniki oznaczonego CRM 200, oraz dwa urządzenia radarowe przeznaczone na małe statki: Raytheon R20XX i Northstar M 121.

DETECTION POSSIBILITY OF IMPULSE AND CW- FM RADAR ANALYSIS

In the article detection possibilities four radar were compared. Two of the radars use impulse technique. They are Raytheon NSC 34 mounted on marine ships and the next one R 20XX for small ships. The last two radars use continues wave frequency modulation (CW- FM) technique. They are CRM 200 constructed by Telecommunication Research Institute Ltd. for marine ships and Northstar M 121for small boats.

1. WSTĘP

Obecnie wprowadzane są radary wykorzystujące modulację częstotliwości sygnału generowanego na fali ciągłej (FM –CW). W Akademii Morskiej w Gdyni są te radary obecnie badane. Radary te emitują sygnał o małej amplitudzie i obecnie są oferowane na małe jednostki oraz statki prowadzące żeglugę śródlądową. Prowadzone są również badania (również w Akademii Morskiej w Gdyni) nad prototypami przeznaczonymi na statki morskie. W niniejszym opracowaniu zostaną porównane te urządzenia z używanymi obecnie radarami impulsowymi.

2. ZASADA DZIAŁANIA RADARU PRACUJĄCEGO NA FALI CIĄGŁEJ

Radary nawigacyjny pracujący impulsowo wysyła sygnał o bardzo wysokiej amplitudzie, który niekorzystnie wpływa na organizmy i może też zakłócać inne systemy radiokomunikacyjne. Dlatego szuka się nowych rozwiązań. Jednym z nich jest stosowanie

¹Akademia Morska w Gdyni, Wydział Nawigacyjny 81 345 Gdynia, Al. Jana Pawła II 3 tel.: tel:+48 58 69 01 135, e-mail: stupak@klif.am.gdynia.pl

²²Akademia Morska w Gdyni, Wydział Nawigacyjny 81 345 Gdynia, Al. Jana Pawła II 3 tel.: tel:+48 58 69 01 127, e-mail: wawruch@am.gdynia.pl

techniki przestrajania częstotliwościowego fali ciągłej (CW-FM). Taki radar pracuje w cyklach przestrajania o okresie 1 ms. W tym czasie nadajnik jest przestrajany częstotliwościowo, a odległość do obiektu jest określana poprzez pomiar różnic częstotliwości sygnału wysyłanego i odbieranego. Sygnał różnicowy ta jest całkowana przez cały okres pracy.

Radar pracujący na fali ciągłej skonstruowany przez Przemysłowy Instytut Teletechniki CRM 200 ma możliwość regulacji mocy wyjściowej sygnału nadajnika, automatycznego poziomu wzmocnienia ARW, regulacji integracji i korelacji sygnału. Poziom generowanej mocy w badanym egzemplarzu może być zmieniany skokowo i przyjmować następujące wartości: 1 mW, 10 mW, 100 mW, 2 W. Poziom wzmocnienia toru odbiorczego można zmieniać według umownej skali od 1 do 25.

Reguła integracji polega na porównaniu czy w kolejnych cyklach sygnał w danej odległości od anteny przekracza założony poziom zerowy w wymaganej liczbie cykli. Reguła integracji jest podawana jako ułamek, w którym mianownik określa liczbę kolejnych cykli porównywanych ze sobą, a licznik wymaganą liczbę zarejestrowanych sygnałów. Maksymalna liczba zapisywanych w pamięci przebiegów wynosi 16.

Opisany wyżej sposób analizy sygnału i budowy obrazu ma wady, gdyż obiekt jest oświetlany, jeżeli znajduje się na kierunku głównego promieniowania, a im jest dalej od niego, to sygnał odbierany jest słabszy, w związku, z czym liczba kolejnych sygnałów odbieranych po odbiciu od obiektu zależy od kąтового wymiaru tego obiektu i amplitudy odbitego sygnału. Powoduje to zmniejszenie zasięgu wykrywania w stosunku do klasycznego radaru. Ustawienie w liczniku niskiej wartości wymaganych jedynek powoduje możliwość detekcji zakłóceń, a z kolei ustawienie wysokiej wartości powoduje przesunięcie echa obiektu zgodnie z kierunkiem ruchu anteny, ponieważ sygnał jest generowany dopiero po uzyskaniu wymaganej liczby powtórzeń i jest pokazany na kierunku ostatniego zarejestrowanego sygnału. Liczba impulsów oświetlających obiekt w czasie jednego obrotu anteny zależy od jej prędkości obrotowej, szerokości charakterystyki promieniowania i wymiaru obiektu.

W tym radarze można regulować prędkość obrotową i to do niej automatycznie dostosowywana jest liczba integrowanych przebiegów; jednak operator może ją zmieniać. Korelacja to w tym urządzeniu porównanie przebiegów na tym samym kierunku w dwóch kolejnych obrotach anteny. Układ ten pozwala zmniejszyć liczbę rejestrowanych odbić od powierzchni morza.

3. BADANE URZĄDZENIA

Radar Northstar M121 jest zintegrowanym mostkiem nawigacyjnym przeznaczonym na małe jednostki, głównie zajmujące się połowami. Oprócz urządzenia radarowego, ma wbudowany 12 kanałowy odbiornik GPS, oprogramowanie map elektronicznych, oraz oprogramowanie do analizy sygnałów z echosondy i sonaru i integracji ich z mapą.



Rys. 1 Badane radary na małe jednostki (z lewej R20XX, z prawej M121)

Tab. 1. Parametry radaru Northstar M121

Szerokość charakterystyki (pozioma/ pionowa)	5,2°/ 30°
Częstotliwość pracy	Pasmo X (9,3 – 9,4GHz)
Moc	100mW
Zasilanie	9V
Zużycie mocy podczas pracy	17W
Zużycie mocy w trybie gotowości	1,6W

Bibliografia [3]

Radary produkowane przez firmę Raytheon typ R20XX jest przeznaczony na małe jednostki i pozwala na automatyczne wprowadzanie informacji o kursie, oraz oprócz obrazu radarowego może prezentować mapy elektroniczne NSC.

Tab. 2. Parametry radaru Raytheon R20XX

Szerokość charakterystyki (pozioma/ pionowa)	4°/ 25°
Częstotliwość pracy	Pasmo X (9410+/-30 MHz)
Moc impulsu	4 kW

Bibliografia [2]

Radary Raytheon NSC 34 jest przeznaczony na statki morskie i umożliwia prezentację oprócz obrazu radarowego również informacje z AIS. Producent miał zapewnić prezentację map elektronicznych na ekranie radaru (a nie radaru na ECDIS), ale ta opcja do tej pory nie została uruchomiona.

Tab. 3. Parametry radaru Raytheon NSC 34

Moc szczytowa [kW]	25	
Częstotliwość [MHz]	9410	
Długość impulsu (μs)	0,06	0,25
Szerokość charakterystyki (pozioma/ pionowa)	1,0°/23°	

Bibliografia [4]

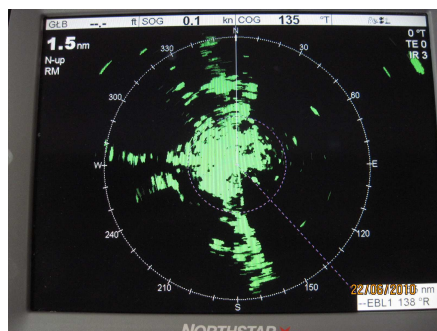
Tab. 4. Parametry radaru CRM 200

Okres przestrajania	1 ms
Szerokość charakterystyki (pozioma/ pionowa)	1,2° x 25°
Moc	1 mW do 2 W
Modulacja	Liniowa FMCW, 1 kHz
Dewiacja częstotliwości	Do 54 MHz
Pasma p.cz.	500 kHz

Bibliografia [1]

4. WYNIKI OBSERWACJI

Radary przeznaczone na małe jednostki powinny mieć mały pobór energii i niewielkie wymiary anten, co powoduje, że szerokość listka głównego wynosi kilka stopni. Na rys 2 i 3 zaprezentowano obraz zarejestrowany na zakresie 1,5 Mm, podczas słonecznej pogody, bez opadów przy stanie morza 2. Wzmocnienie radarów było ustawione na poziomie około 50%, rozróżniak i zasięgowa regulacja wzmocnienia były wyłączone.



Rys.2 Obraz radaru FM –CW Northstar M121 na zakresie 1,5 Mm

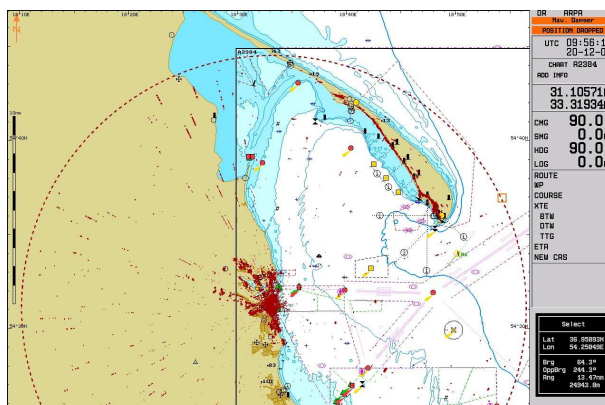
Obraz znacznie pogorszony: wszystkie elementy linii brzegowej niemalże „zlały się” w jedno skupisko, możliwość identyfikacji poszczególnych ech od statków kotwiczących na redzie gdyńskiego portu. Obraz zyska lepszą rozróżnialność po użyciu rozróżniaka.



Rys. 3 Obraz radaru impulsowego na zakresie 1,5 Mm

Zauważalne także na ekranie są widoczne echa takich obiektów jak falochron wejściowy, basen portowy, oraz budynki wokół portu, występują problemy, a raczej brak wykrycia ech od jednostek znajdujących się na morzu (sektor między namiarami ok. 020 oraz 170). Możliwość detekcji tego radaru są mniejsze niż pracującego na fali ciągłej. Składa się na to również wiek urządzenia, które wyprodukowano w latach pięćdziesiątych ubiegłego wieku.

Na rys.4 pokazano obraz radaru impulsowego NSC 34 na zakresie 12 Mm prezentowany na monitorze ECDIS. Ta projekcja pozwala na szybką i poprawną interpretację obrazu, ale konieczna jest właściwa korekta obrazu, co w praktyce nie zawsze jest możliwe. Na obrazie widoczne są również zakłócenia interferencyjne.



Rys. 4 Obraz radaru NSC 34 na ECDIS

Na rys 5 i 6 pokazano obraz radarowy prezentowany na radarach przeznaczonych do instalowania na statkach konwencyjnych i zarejestrowany podczas intensywnych opadów deszczu w listopadzie 2009 na Zatoce Gdańskiej.



Rys. 5 Opady atmosferyczne na radarze impulsowym NSC 34

Na rys.5 echa od opadów zajmują cały obszar Zatoki Gdańskiej od Gdyni do kotwiczowiska Portu Północnego i dalej w kierunku północno – wschodnim. Przy pomocy układu rozróżniacza można znacznie ograniczyć poziom i zasięg tych zakłóceń, ale równocześnie poziom sygnału uzyskanego od statków i oznakowania nawigacyjnego jest bardzo mały i trudno jest te echa wykryć. Widoczne niewielkie echa od opadów uniemożliwiają tych miejscach obserwacje. Dzięki zastosowaniu układów analizy sygnału w radarze



Rys. 6 Obraz Zatoki Gdańskiej na radarze CRM 200

testowanym przez PIT zakłócenia spowodowane przez opady mają minimalny wpływ na obraz prezentowany na ekranie. Echa oznakowania nawigacyjnego portu w Gdańsku i Gdyni są widoczne, echa statków na kotwiczowisku Gdyni i Gdańska, oraz linia brzegowa są dobrze widoczne i łatwe do identyfikacji.

3. WNIOSKI

Istnieje kilka sposobów sprawdzenia poprawności wyświetlanych danych na ekranie radaru, a tym samym sprawdzenie dokładności pozycji echa stałego. Jednym z nich jest porównanie danych z mapy ECDIS z obrazem radarowym po uprzednim poprawnym ustawieniu parametrów ech radarowych obiektów stałych na mapie, co nie zawsze jest możliwe. Wówczas interpretacja i identyfikacja ech radarowych jest łatwa i jednoznaczna, w innych wypadkach mogą powstać duże błędy.

Porównując obrazy radarów jachtowych M 121 jak i R 20XX należy stwierdzić, że obrazy te szczególnie przy małych zakresach są przejrzyste i czytelne, jak również posiadają te urządzenia dodatkowo wiele pomocnych funkcji. Zasięg wykrycia tych radarów jest mniejszy niż radarów statkowych.

Nowy radar pracujący na fali ciągłej ma znacznie lepsze parametry niż starszy radar impulsowy, ale nie tyle wynika to z zastosowanej techniki nadawczej, co jest wynikiem ogromnego postępu analizy sygnałów, jaki obserwujemy w ostatnich latach.

Projektowany przez Przemysłowy Instytut Teletechniki radar na fali swoje zalety w stosunku do radaru impulsowego pokazuje szczególnie podczas trudnych warunków hydro meteorologicznych.

4. BIBLIOGRAFIA

- [1] Wawruch R., Stupak T.: *Charakterystyka radaru na falę ciągłą*, Prace Wydziału Nawigacyjnego AM w Gdyni Zeszyt 21 s 120 – 130, Gdynia 2008
- [2] <http://www.retrepo.com/support/Raymarine-R20XX-manual>
- [3] <http://www.northstarnav.com/Products/Broadband-Radar>
- [4] <http://www.raytheon-anschuetz.com>