

**Sprawozdanie merytoryczne z wykonania projektu
rozwojowego 0031/R/T00/2008/05**

**„Opracowanie technologii programowania baz
danych urządzeń ostrzegających o opromieniowaniu
oraz wykorzystania urządzeń osłony pasywnej
statku powietrznego na bazie Laboratorium
Systemów Obrony Indywidualnej Statków
Powietrznych (LSOISP)”**

SPIS TREŚCI

1. Planowane zadania badawczo-rozwojowe	3
2. Opis uzyskanych wyników	5
2.1 Wprowadzenie	5
2.2 Realizacja zadań badawczych	6
Zadanie 1: Opracowanie koncepcji gromadzenia, przetwarzania i wymiany informacji na potrzeby bazy danych źródeł promieniowania elektromagnetycznego dla przykładowego urządzenia RWR	6
Zadanie 2: Opracowanie wymagań operacyjno – taktycznych na system baz danych dla urządzenia RWR wybranego statku powietrznego Sił Powietrznych	10
Zadanie 3A: Opracowanie wymagań operacyjno – taktycznych na system baz danych dla urządzeń przeciwdziałania w zakresie radarowym dla wybranego statku powietrznego Sił Powietrznych	14
Zadanie 3B: Analiza możliwości wykorzystania danych z rozpoznania elektronicznego urządzeń typu MSR-W, LENA-MD, PROCJON-3 oraz MZRiASR na potrzeby organizacji bazy danych źródeł promieniowania elektromagnetycznego	17
Zadanie 4A: Wykonanie stanowiska laboratoryjnego do realizacji zadań związanych z analizą zapisu rekordów, zawierających dane parametryczne sygnałów impulsowych, ich porównania z wzorcami sygnałów	23
Zadanie 4B: Opracowanie koncepcji protokołu transmisji danych zgodnego z STANAG 4633 dla urządzeń rozpoznania ELINT/ESM typu MSR-W, LENA-MD, PROCJON-3 oraz MZRiASR	30
Zadanie 5A: Wykonanie i próby badawczego stanowiska laboratoryjnego do programowania wybranych urządzeń klasy RWR i ich walidacja w oparciu o system generatora programowalnych zakłóceń	32
Zadanie 5B: Opracowanie protokołu komunikacyjnego detektora promieniowania laserowego LWR-H z wybranym systemem obrony własnej	36
Zadanie 6: Opracowanie technik przeciwdziałania zagrożeniom elektromagnetycznym dla wyrzutni naboju zakłócających	37
Zadanie 7: Opracowanie metod optymalizacji tworzenia baz danych źródeł promieniowania elektromagnetycznego dla wybranego statku powietrznego	41
3. Wykaz opracowań naukowych wykonanych w trakcie realizacji projektu	47

1. Planowane zadania badawczo-rozwojowe

W ramach pracy pt. „Opracowanie technologii programowania baz danych urządzeń ostrzegających o opromieniowaniu oraz wykorzystania urządzeń osłony pasywnej statku powietrznego na bazie Laboratorium Systemów Obrony Indywidualnej Statków Powietrznych (LSOISP)” należało rozwiązać szereg problemów związanych z identyfikacją potrzeb w zakresie programowania urządzeń ostrzegawczych będących w eksploatacji w lotnictwie SZ RP.

W związku ze zmianą kompletacji zaplanowanej do zakupu aparatury badawczej, konieczne było przewartościowanie niektórych zadań badawczych. Planowany początkowo nacisk na opracowanie technologii programowania baz danych urządzeń klasy RWR (pomimo wcześniejszych deklaracji dostawców urządzeń, zakup dedykowanej aparatury nie był możliwy w ramach środków finansowych przewidzianych w projekcie) został ostatecznie skierowany w kierunku budowy systemu nadrzędnego. Podobnie, z uwagi na brak możliwości zakupu (ówcześnie brak zgody na dostawę do Polski) systemu programowania i testowania dla wyrzutni przeciwdziałania w paśmie radarowym i podczerwieni dedykowanego dla typu AN/ALE-47, nie było możliwe wykonanie niektórych analiz w formacie odpowiadającym wprost założeniom przyjętym w harmonogramie projektu rozwojowego. Dokonany zakup urządzenia zaoferowanego przez firmę AMT Technologies nie jest przypadkowy i znajduje pełne merytoryczne uzasadnienie. Po pierwsze, znakomicie zastępuje tester AN/PLM-4 firmy ITT, po drugie dysponuje znacznie większymi możliwościami technicznymi niż dedykowany tylko do potrzeb programowania wyrzutni pułapek - tester firmy DRS.

W związku z powyższym, zmieniono zakres niektórych zadań badawczych, w ten sposób, aby uzyskane wyniki były kompatybilne z założonymi w projekcie, a także rozszerzono zakres prac analitycznych pod kątem opracowania systemu nadrzędnego w stosunku do pokładowych urządzeń wykrywania i przeciwdziałania.

Systemem nadrzędnym dla odbiorników RWR są urządzenia rozpoznania elektronicznego ELINT. Stanowią one zasadniczy element systemu gromadzenia informacji rozpoznawczej i wraz z oprogramowaniem specjalistycznym umożliwiają organizację bazy danych zagrożeń elektromagnetycznych szczebla operacyjnego.

Zakupiony Zestaw Akwizycji i Analizy Sygnałów Radarowych ELIAN (system klasy ELINT) wraz z opracowaną częścią programową umożliwia rozplatanie transmisji sygnałowych i przetwarzanie danych na postać plików pomiarowych, automatycznie wgrzywanych do formularza wzorca sygnałowego oraz wyposażony jest w efektywne mechanizmy obróbki informacji rozpoznawczej, umożliwiające analizę strumieni danych w trybie on-line. Co jest niezwykle istotne, urządzenie to zostało tak zaprojektowane, aby umożliwić wczytywanie plików pomiarowych z/do wszystkich eksploatowanych w SZ RP typów urządzeń rozpoznania elektronicznego – za wyjątkiem jedynie stacji BREŃ.

W konsekwencji, w realizowanym projekcie główny nacisk położono na analizę możliwości zasilania eksploatowanych w SZ RP odbiorników RWR przy wykorzystaniu zaprojektowanego systemu klasy ELINT. W tym celu poddano badaniom system planowania misji typu ARAMIS dedykowany do urządzenia EWR-99 oraz system planowania misji MLV dedykowany dla urządzenia ALR-300(V2).

W wyniku realizacji tego zadania określony został zestaw parametrów bazodanowych dla każdego z tych urządzeń z osobna. Ponadto wykonano analizę możliwości wykorzystania wykonanej bazy danych systemu ELIAN na potrzeby eksploatacji systemu AIDEWS samolotu F-16. Z uwagi na brak danych szczegółowych w odniesieniu do sposobu programowania systemu AIDEWS (do

chwili obecnej informacji te nie są dostarczone przez stronę amerykańską), podjęto próbę interpretacji kodów ćwiczebnych.

Podobnie, ze względu na brak stosownych porozumień pomiędzy stroną polską a dostawcą samolotu, dostęp do oprogramowania urządzenia RWR typu AN/ALR-69 jest zablokowany i nie mógł być przedmiotem analizy.

Ponieważ parametry techniczne części mikrofalowej systemu ELIAN są na znacznie wyższym poziomie niż w przypadku standardowych odbiorników RWR, stąd także opracowana baza danych zagrożeń ma charakter nadrzędny. Zaprojektowana i wykonana w pracy badawczej baza danych zagrożeń jest oparta o wymagania określone w Normie Obronnej NO-02-A058 (jej nowelizacji STANAG 6009 wersja 2) oraz na wykazie parametrów bazodanowych urządzenia RWR ALR-300V. W związku z tym, zgodnie z zaleceniami SACLANT¹ może stanowić zbiór danych źródłowych do zasilania innych systemów walki elektronicznej, w tym klasy RWR.

Urządzenie EWR-99 reprezentuje starą klasę urządzeń RWR, według posiadanych danych jego produkcja została kilkanaście lat temu zakończona – w ofercie firmy zastąpiło je nowe urządzenie – dlatego nie było ostatecznie wykładnią do projektowania.

Wykonane zadania badawcze potwierdzają, że zakupiony w ramach środków finansowych przewidzianych w aneksie nr 1 do umowy, Zestaw Akwizycji i Analizy Sygnałów Radarowych ELIAN w pełni odpowiada potrzebom zasilania systemów RWR zabudowanych na statkach powietrznych SZ RP w dane o zagrożeniach oraz zapewnia możliwość ich aktualizacji. Przyjęte rozwiązanie umożliwia ładowanie zdefiniowanych danych do pamięci urządzeń służących do bezpośredniego przenoszenia ich na pokłady statków powietrznych. Z uwagi na brak danych odnośnie systemów planowania misji dla samolotów F-16 oraz C-130E, jedyny możliwy transfer informacji z systemu bazodanowego zestawu ELIAN do urządzeń RWR odbywać się może w chwili obecnej z wykorzystaniem arkuszy informacyjnych.

W odniesieniu do zadań związanych z opracowaniem technik przeciwdziałania zagrożeniom elektromagnetycznym przy użyciu wyrzutni naboju zakłócających wykorzystano doświadczenia z realizacji programu GŁUSZEC, w ramach którego dokonano między innymi integracji systemu przeciwdziałania zagrożeniom elektromagnetycznym z komputerem misji. W tym celu dokonano między innymi kompleksowej modernizacji najpowszechniej stosowanej w SZ RP wyrzutni naboju zakłócających ASO-2 tak, że możliwa była jej integracja z systemami pokładowymi za pomocą szyny MIL-STD-1553B. W efekcie stary, analogowy system produkcji byłego ZSRR jest dziś wyposażony w pełni cyfrowy system sterowania (standardu NATO), a osadzone oprogramowanie użycia naboju zakłócających bazuje na wynikach ocenianej pracy badawczej. Uzyskano dzięki temu możliwość współpracy ze współczesnymi systemami samoobrony oraz programowe wystrzeliwanie pułapek (dotychczas było możliwe tylko ręczne odpalenie, co nie jest adekwatne do współczesnych zagrożeń). Algorytm oraz program strzelania naboju zakłócających jest autorskim rozwiązaniem zespołu, który uczestniczył w tym samym czasie w realizacji powyższej pracy badawczej. Funkcjonalność systemu przeciwdziałania została przetestowana w trakcie badań kwalifikacyjnych śmigłowca GŁUSZEC z wynikiem pozytywnym na poligonach ogniowych. Jednak z uwagi na swój charakter, materiały techniczne (zawierające sekwencje strzelania) nie mogły być załączone do sprawozdania z pracy badawczej o charakterze jawnym. Opracowany system może być wykorzystany do modernizacji innych śmigłowców i samolotów SZ RP, w tym śmigłowców Mi-8 oraz VIP.

Pomimo powstałych opóźnień w zakupie wyposażenia specjalistycznego, zadania wynikające z harmonogramu wykonania projektu badawczego zostały zrealizowane w całości.

¹ Ang – Supreme Allied Commander Atlantic
ZAŁĄCZNIK DO RAPORTU KOŃCOWEGO Z PROJEKTU ROZWOJOWEGO OR00003105

2. Opis uzyskanych wyników

2.1 Wprowadzenie

Każdy wojskowy statek powietrzny (w tym do przewozu najważniejszych osób w państwie -VIP) powinien być wyposażony w standardowe urządzenia wykrywania zagrożeń oraz przeciwdziałania elektronicznego. Do ich poprawnego działania niezbędne są aktualne bazy danych o zagrożeniach oraz po ich identyfikacji, informacje o sposobach przeciwdziałania tym zagrożeniom. Stąd każde wykryte i zidentyfikowane przez odbiornik RWR² zagrożenie powinno być neutralizowane w sposób automatyczny lub opcjonalnie ręczny przez system przeciwdziałania zagrożeniom. Oznacza to, że na określony typ zagrożenia musi być wyzwolona określona reakcja ze strony systemu przeciwdziałania, np. z wyrzutni flar i dipoli powinna być wystrzelona właściwa sekwencja zakłóceń, pozwalająca z największym możliwym prawdopodobieństwem zmylić radar bądź głowicę pocisku kierowanego na podczerwień.

Z uwagi na powstałe straty lotnictwa koalicyjnego w trakcie prowadzenia misji stabilizacyjnych w Iraku oraz Afganistanie, Konferencja Narodowych Dyrektorów ds. Uzbrojenia (CNAD) przy Kwaterze Głównej NATO podjęła inicjatywę realizacji zadań dotyczących budowy nowych zdolności sił NATO w oparciu o program DAT (Defence Against Terrorist). Inicjatywa ta przedkłada się między innymi na zadanie budowy systemu zasilania baz danych urządzeń ostrzegających o opromieniowaniu radarowym. Zatem celem przewodnim funkcjonowania NATO Emitter Data Base jest umożliwienie koalicyjnego zasilania baz danych odbiorników RWR, urządzeń wsparcia walki elektronicznej ESM oraz głowic pocisków klasy ARM. Z uwagi na niedoskonałość formuły technicznej wspomnianej koalicyjnej bazy danych, państwa NATO podjęły się realizacji zadania jej modyfikacji, a każdemu z koalicjantów poleciło budowanie własnej, narodowej bazy danych źródeł promieniowania radiolokacyjnego.

Zaprojektowane i wykonane stanowisko badawcze ELIAN stanowi zasadniczy i konieczny element w przygotowaniu wzorcowej narodowej bazy danych zagrożeń. Jest też głównym elementem systemu szkolenia dla kadry naukowo-badawczej laboratorium. Pozwala na analizę metod i środków wykorzystywanych do przeciwdziałania wykrytym zagrożeniom, jak również sformułowanie wniosków do opracowania narzędzi badawczych i metodyk dla pracowników Zakładu Awioniki ITWL. Ponadto umożliwia realizację celu szkoleniowego do edukacji pracowników przygotowujących się do obsługi systemów rozpoznania elektronicznego oraz celu demonstracyjnego – pokazów możliwości Zakładu Awioniki (oraz omówienia skali trudności) w zakresie tworzenia wzorców sygnałów elektromagnetycznych dla gości i decydentów przy zawieraniu ewentualnych umów.

W wyniku zrealizowanych zadań badawczych opracowano technologię syntezy zoptymalizowanych parametrów baz danych dla pokładowych urządzeń walki elektronicznej (definicji metryk źródeł promieniowania). Wykonywanie zakładanych prac wymagało wyposażenia laboratorium w urządzenie pozwalające na prowadzenie analiz (specjalistyczny zestaw komputerowy) w oparciu o dane pomiarowe pozyskane z systemów rozpoznania elektronicznego. Ponadto wymagane było, aby system ten umożliwiał rozplatanie transmisji sygnałowych i przetwarzanie danych na postać plików pomiarowych, automatycznie wgrywanych do formularza wzorca sygnałowego w formacie kompatybilnym z Normą Obronną NO-02A058. W tym celu zostały opracowane specjalistyczne aplikacje programowe umożliwiające akwizycję danych pomiarowych (aplikacja przetwarzania sygnałów radarowych - APSR), analizę sygnałów radarowych (aplikacja analizy wewnątrz

² Ang - Radar Warning Receiver

impulsowej sygnałów radarowych - AAWSR), tworzenie wzorców tych sygnałów (serwer bazy danych PostgreSQL wraz z biblioteką ekstraktora cech) oraz wizualizacji źródeł promieniowania (aplikacja obsługi mapy cyfrowej – AOMC). Przewiduje się ich implementację w systemie wsparcia eksploatacji aktualnie eksploatowanych systemów walki elektronicznej zabudowanych na statkach powietrznych SZ RP, jak również wykorzystanie w przyszłym narodowym programie śmigłowcowym.

Należy podkreślić, że uzyskany wymierny efekt zrealizowanej pracy jest zgodny z założeniami przedstawionymi w załączniku 3 do umowy na realizację pracy badawczej. Jest nim stworzenie systemu gromadzenia, przetwarzania, testowania i wymiany informacji na potrzeby funkcjonowania urządzeń osłony elektronicznej statków powietrznych SZ RP.

Programy zawierające algorytmy działania urządzeń służących do osłony statków powietrznych, podobnie jak Narodowa Baza Danych Źródeł Promieniowania Elektromagnetycznego muszą być strzeżone tajemnicą państwową.

2.2 Realizacja zadań badawczych

Zadanie 1: Opracowanie koncepcji gromadzenia, przetwarzania i wymiany informacji na potrzeby bazy danych źródeł promieniowania elektromagnetycznego dla przykładowego urządzenia RWR

Walka elektroniczna EW to działanie militarne polegające na identyfikacji źródeł emisji elektromagnetycznej jak również wykorzystaniu energii, włączając ukierunkowaną emisję DE do zredukowania lub przeciwdziałania użycia energii elektromagnetycznej przez przeciwnika. Głównym celem walki elektronicznej w lotnictwie jest zmniejszenie do minimum strat własnych statków powietrznych podczas ich przelotów i wykonywania zadań bojowych w strefach ognia środków obrony powietrznej przeciwnika. Aby cel ten osiągnąć niezbędne jest ścisłe współdziałanie pomiędzy środkami ogniowymi i środkami walki elektronicznej, niszczącymi i zakłócającymi stacje radiolokacyjne oraz sieci komunikacyjne przeciwnika jak również uzyskanie możliwie najpełniejszego obrazu sytuacji taktycznej w rejonie planowanych działań wskutek zastosowania systemu rozpoznania lotniczego. Pozwala to na podniesienie świadomości sytuacyjnej jak również budowę obrazu taktycznego pola walki EOB³.

Każdy wojskowy statek powietrzny oraz większe jednostki pływające NATO wyposażone są w standardowe wyposażenie przeciwdziałania elektronicznego. Głównym elementem takiego wyposażenia są urządzenia własnej osłony elektronicznej (self protection EW assets). Zapewniają one względne bezpieczeństwo wykonywania zadań bojowych na obszarach o małej gęstości środków radioelektronicznych przeciwnika. Zasadniczym składnikiem urządzeń walki elektronicznej jest baza danych emiterów EDB, dostarcza ona niezbędnych informacji o potencjalnych zagrożeniach w rejonach operacyjnego wykorzystania sił zbrojnych NATO (np. w trakcie realizacji misji np. SEAD⁴). Dane zawarte w bazie danych emiterów są również niezbędne do skutecznego wykorzystania środków bojowych, np. pocisków przeciw-radiolokacyjnych.

Celem zapewnienia warunków dla właściwej eksploatacji urządzeń walki elektronicznej eksploatowanych w Siłach Zbrojnych RP, konieczne jest poddawanie Narodowej Bazy Danych Emiterów ciągłej aktualizacji. Aktualizacja ta może być

³ Electronic Order of Battle

⁴ Suppression Enemy Air Defense

realizowana przy wykorzystaniu danych pomiarowych pozyskanych przez komponent naziemny - stacje ESM/SIGINT, komponent morski – stacje klasy ESM, komponent lotniczy – samoloty klasy ESM/ELINT/SIGINT jak również z bezpośrednich pomiarów poligonowych.

Analiza sygnałów radarowych jest jednym z głównych problemów współczesnego rozpoznania elektronicznego, którego celem finalnym jest identyfikacja źródeł emisji promieniowania elektromagnetycznego. Jest ona prowadzona w oparciu o pomierzone parametry sygnałów wyjściowych odbiornika lub zespołu odbiorników, będących istotną częścią składową każdego urządzenia rozpoznawczego. Współczesne pole sygnałów radarowych, w związku ze znaczącym rozwojem technik modulacji, charakteryzuje się dużą złożonością ich wewnętrznej struktury częstotliwościowej.

Jednym z kluczowych elementów funkcjonowania systemu osłony radioelektronicznej statku powietrznego (self protection) jest efektywny program wystrzeliwania flar i dipoli oraz skutecznego stosowania określonych rodzajów zakłóceń.

Każde wykryte i zidentyfikowane zagrożenie przez odbiornik RWR⁵ powinno być neutralizowane w sposób automatyczny lub opcjonalnie ręczny przez system przeciwdziałania zagrożeniom. Wynika stąd, że na określony typ zagrożenia musi być wyzwolona określona reakcja ze strony systemu przeciwdziałania, np. z wyrzutni flar i dipoli powinna być wystrzelona właściwa sekwencja zakłóceń, gwarantująca w największym stopniu zmylenie radaru bądź głowicy pocisku kierowanego na podczerwień.

Programy zawierające algorytmy działania urządzeń służących do osłony statków powietrznych oraz jednostek pływających są tworzone indywidualnie w każdym z państw NATO i podobnie jak Narodowa Baza Danych Emiterów strzeżone są tajemnicą państwową. Efektywność zastosowanego algorytmu użycia środków przeciwdziałania oceniana jest w warunkach laboratoriów walki elektronicznej (modelowanie) oraz na poligonach wojskowych (ostateczna weryfikacja).

Głównym celem utworzenia systemu bazy danych o źródłach promieniowania radiolokacyjnego jest uzyskanie zdolności do jednoznacznej identyfikacji przechwytywanych sygnałów radiolokacyjnych oraz powiązania ich z systemami lub platformami przenoszącymi środki radiolokacyjne. Jest to jeden z priorytetów walki elektronicznej.

Koncepcja gromadzenia, przetwarzania i wymiany informacji rozpoznawczej

Głównymi elementami klasycznego rozpoznania elektronicznego są:

- Poszukiwanie (search); przed każdym innym działaniem EW, konieczne jest wstępne przeszukanie obszaru operacyjnego celem wykrycia zdefiniowanych sygnałów elektromagnetycznych, będących przedmiotem zainteresowania.
- Wykrycie (intercept); sygnały będące przedmiotem zainteresowania, wstępnie zidentyfikowane w procesie poszukiwania są sprawdzane pod względem charakterystyk technicznych (np.: szerokość pasma, typ modulacji jak również ich zawartość), a następnie mogą być rejestrowane przez operatora bądź automatycznie.
- Namiar kierunkowy (direction finding DF); działanie polegające na lokalizacji źródeł emisji elektromagnetycznej, będące częścią procesu poszukiwania.
- Analiza (analysis); proces wspomagający pozostałe działania EW, umożliwiający wprowadzenie do sytuacji taktycznej we wskazanym rejonie (EOB), wykazujący elementy radioelektronicznej obrony przeciwnika oraz umożliwiającą podjęcie stosownych działań przez prowadzącego działania.

⁵ Radar Warning Receiver

Właściwie przeprowadzone pomiary powinny zapewniać uzyskanie skojarzonych i długich ciągów pomiarowych wartości chwilowych wielu parametrów oraz edycję danych pomiarowych zarówno w postaci tabelarycznej, jak i graficzne. Długości ciągów pomiarowych powinny być uzależnione od:

- 1) złożoności struktur częstotliwościowych i czasowych rozpoznawanego sygnału,
- 2) złożoności warunków (gęstości odbieranego strumienia sygnałów, warunków propagacji itp.),
- 3) zastosowanych metod pomiarowych i rodzaju miernika (mierników),
- 4) stopnia poznania danego sygnału.

Postać graficzna danych pomiarowych jest pomocna zarówno w realizacji procesu pomiarowego, jak również w kolejnych etapach przygotowania zbiorów bazodanowych. Jej charakterystyczne fragmenty mogą być dodatkowo gromadzone w Systemie.

Rejestrowane powinny być również zbiory danych dodatkowych (danych pomocniczych), które w zależności od sytuacji pomiarowej powinny zawierać:

- 1) aktualne wartości podstawowych parametrów odbiornika i miernika,
- 2) aktualne położenie urządzenia rozpoznawczego (jego nosiciela) oraz zamiar na stację radiolokacyjną, która generuje dany sygnał,
- 3) dane taktyczne i lokalizację danej stacji radiolokacyjnej (tylko w przypadku, gdy przywiązanie sygnału i stacji jest jednoznaczne),
- 4) inne istotne dane odnoszące się m.in. do warunków pomiaru, warunków propagacji, itp.

Zbiory danych pomiarowych i danych pomocniczych podlegają rejestracji. Zatem pierwszym istotnym problemem jest zapewnienie właściwej indeksacji tych zbiorów. Katalogi zbiorów danych pomiarowych i pomocniczych powinny być rejestrowane na nośnikach magnetycznych, przy zapewnieniu standardów pozwalających na ich powielanie i odtwarzanie.

Do tych zbiorów należy dołączać wydruki, na których zarejestrowane zostaną fragmenty zobrazowań graficznych danych pomiarowych z naniesionymi na nie oznaczeniami katalogów i plików oraz danymi pomocniczymi

Niezależnie od rejestracji kolejne zbiory danych pomiarowych powinny podlegać obróbce na bieżąco w czasie pracy urządzenia lub zaraz po zakończeniu danego cyklu pomiarowego. Do tego celu należy wykorzystywać instalowane w danym urządzeniu (zestawie) rozpoznawczym pakiety programowe przetwarzania danych pomiarowych. Wskazano jest, aby omawiany pakiet realizował wszechstronną i dokładną obróbkę wielu parametrów oraz zapewniał określanie parametrów wtórnych, które pozwalają ocenić pewne właściwości generującej sygnał stacji radiolokacyjnej.

Zestawy odbiorczo - pomiarowe, dostosowane do zadań związanych z tworzeniem i aktualizacją zbiorów danych dla potrzeb bazy danych, charakteryzują się szczególnymi właściwościami. Są one składowymi urządzeniami rozpoznania, które określa się mianem urządzeń klasy ELINT. Stosowane w tych zestawach odbiorniki powinny:

- 1) być zróżnicowane pod względem zastosowanych technik i wykorzystanych technologii, zapewniające możliwość szybkiej rekonfiguracji toru,
- 2) pokrywać całe pasmo generacji sygnałów radarowych, a jednocześnie zapewniać odpowiednią czułość i zakres dynamiczny,
- 3) posiadać dostępne dla operatora szerokie zakresy regulacji wielu parametrów, takich jak: pasmo, tłumienie, wzmocnienie itp.,
- 4) zapewniać zobrazowanie sygnałów wykrywanych w całym paśmie pracy odbiornika,
- 5) współpracować z antenami o dużym zysku charakterystyki kierunkowej, które odbierają sygnały bez względu na rodzaj ich polaryzacji.

Spełnienie łączne tych wymagań przez jeden rodzaj odbiornika jest bardzo trudne (w pewnych przypadkach są to wymagania wzajemnie sprzeczne). Dlatego do realizacji omawianych zadań należy konfigurować zestawy odbiorcze, których elementami składowymi powinny być: jedno, dwukanałowe lub wielokanałowe odbiorniki superheterodynowe o dwu lub kilku stopniach przemiany, odbiorniki akustooptyczne, odbiorniki superheterodynowe współpracujące z kompresyjnym analizatorem sygnału i/lub odbiorniki z urządzeniami zapewniającymi cyfryzację sygnału p.cz. oraz programową realizację takich funkcji, jak detekcja, filtracja, czy FFT.

Zróżnicowanie postaci i charakterystyk oraz złożoność współczesnych sygnałów radarowych stawiają wysokie wymagania również w stosunku do mierników (zestawów mierników) stosowanych w tych urządzeniach. Zastosowany zestaw mierników powinien:

- 1) wykorzystywać wszystkie postacie sygnałów dostępnych na wyjściach odbiorników,
- 2) zapewniać możliwość szybkiej rekonfiguracji,
- 3) zapewniać operatorowi szerokie zakresy regulacji parametrów mierników i zmiany warunków pomiaru oraz sterowanie jego przebiegiem,
- 4) dokonywać dygitalizacji odbieranych przebiegów analogowych m.cz. i p.cz.,
- 5) dokonywać pomiaru wielu parametrów sygnałów dla długich i bardzo długich serii impulsów, z zapewnieniem niskiego poziomu zakłóceń i dużej dokładności,
- 6) zapewniać zobrazowanie (graficzne i tabelaryczne) danych pomiarowych oraz ich selekcję,
- 7) zapewniać rejestrację dużych i bardzo dużych zbiorów danych pomiarowych (zarówno postaci cyfrowej sygnału, jak również wartości jego sygnału).

W zależności od miejsca lokalizacji w skład zestawu mierników mogą wchodzić: mierniki pomiaru parametrów czasowych (na wyjściu wizyjnym liniowego lub logarymicznego toru amplitudowego), miernik pomiaru parametrów częstotliwościowych na wyjściu wizyjnym toru FM o zadanym paśmie, akustooptyczny analizator widma lub kompresyjny analizator widma.

Wymiana informacji na potrzeby bazy danych źródeł promieniowania elektromagnetycznego dla wybranego urządzenia RWR, musi odbywać się zgodnie z zatwierdzoną koncepcją dystrybucji danych pomiędzy Ośrodkami Radioelektronicznymi oraz administratorem systemu wybranej bazy lotniczej, eksploatującej statki powietrzne z zabudowanymi przedmiotowymi urządzeniami ostrzegawczymi. Dystrybucja danych w ramach bazy lotniczej regulowana jest wewnętrznymi przepisami o ochronie informacji niejawnej i musi być realizowana z zachowaniem szczególnych warunków bezpieczeństwa. Jednym z przykładów funkcjonowania systemu dystrybucji danych jest amerykański system EDNA, oparty na przenoszeniu danych ze źródła (bazowego systemu) z wykorzystaniem przenośnego komputera przemysłowego oraz interfejsu elektrycznego bezpośrednio do pamięci pokładowego bloku przetwarzania systemu RWR.

Szczegółowe dane i wyniki przeprowadzonych prac zawarto w następującym opracowaniu:

1. Sprawozdanie z pracy nr 71/43/2009 pt.: „Opracowanie koncepcji gromadzenia, przetwarzania i wymiany informacji na potrzeby bazy danych źródeł promieniowania elektromagnetycznego dla przykładowego urządzenia RWR - Opracowania wewnętrzne”, nr BT 4962/50.

Zadanie 2: Opracowanie wymagań operacyjno – taktycznych na system baz danych dla urządzenia RWR wybranego statku powietrznego Sił Powietrznych

Urządzenia ostrzegające o opromieniowaniu to najważniejszy element osłony elektronicznej samolotu. Dotychczas stosowano dwa podstawowe rodzaje odbiorników:

- jeden bardzo czuły ale mało selektywny, w którym zjawisko rezonansu antenowego było zastępowane wielostopniowym wzmocnieniem. Wadą tych urządzeń był fakt niemożności pomiaru częstotliwości pracującej stacji radiolokacyjnej i konieczność rozpoznania jej typu na podstawie innych parametrów odbieranych impulsów;
- drugim typem urządzenia (obecnie szeroko jeszcze stosowany), jest wielokanałowy odbiornik superheterodynowy, automatycznie przeszukujący wybrane zakresy częstotliwości. W przypadku gdy jeden z kanałów odbiorczych zdetekuje źródło promieniowania, to zatrzymuje się na nim mierząc między innymi częstotliwość. W tym samym czasie pozostałe kanały odbiorcze kontynuują przeszukiwanie. Tego typu odbiorniki nie radzą sobie jednak z radarami pracującymi z przestrajaniem od impulsu do impulsu.

Obecnie wykorzystywany jest trzeci rodzaj odbiorników - odbiorniki cyfrowe (wykorzystujące np. procesory o zredukowanej liczbie poleceń - RISC), które wg specjalistów z grupy roboczej NATO podlegać będą ciągłym modyfikacjom.

Baza danych jest jednym z podstawowych ogniw skutecznego funkcjonowania systemu rozpoznania i walki elektronicznej, w tym urządzeń ostrzegających o opromieniowaniu przez radar (RWR). Zawiera informacje o parametrach istniejących radarów oraz innych źródeł emisji elektromagnetycznej. Powinna umożliwiać jak najwierniejszy opis danego typu radaru. W celu opracowania reprezentatywnego zbioru wzorców klas radarów dla potrzeb BD systemu rozpoznania należy dokonać:

- rejestracji, redukcji, selekcji i analizy mierzonych parametrów sygnałów radarowych otrzymywanych z różnych jednostek rozpoznania i EW w celu uzupełniania, aktualizacji lub modyfikacji wzorców klas w istniejącej BD;
- kojarzenia i weryfikacji informacji napływających z różnych podsystemów rozpoznania w celu zapewnienia poprawnej identyfikacji sygnałów;
- wymiany informacji dotyczącej EW z producentami sprzętu i jej użytkownikami;
- identyfikacji rezerwowych trybów pracy urządzeń radioelektronicznych oraz przesyłania zaktualizowanych informacji do jednostek operacyjnych.

Dla każdego obiektu powinny być zapamiętywane wszystkie znane i istotne informacje. Ogólnie główne charakterystyki radaru (takie jak np. częstotliwość nośna, czas trwania impulsu, okres powtarzania impulsów, okres obrotów anteny) powinny zawierać zakresy zmian tych parametrów w postaci minimalnych i maksymalnych wartości ich estymowanych przedziałów. Dodatkowo z każdym obiektem mogą być skojarzone inne tekstowe i nie-parametryczne informacje, np. zdjęcie systemu antenowego, specyficzny przebieg charakterystyki sygnałowej.

Informacje zgromadzone w BD o poszczególnych typach radarów noszą nazwę *metryki radaru (emitera)*. Metryka zawiera wszystkie możliwe dostępne informacje odnośnie wartości parametrów sygnału (mogą to być np. dane katalogowe), charakteru ich zmian, rodzajów pracy radaru, jego przeznaczenia, lokalizacji itp. Wśród urządzeń, jakie mogą się znaleźć w BD systemu rozpoznania, można wyróżnić radary lądowe, pokładowe, morskie oraz wiele innych źródeł emisji elektromagnetycznej, które mogą pracować w różnorodnym „środowisku” i z różnymi parametrami.

Podstawowym problemem pojawiającym się w czasie projektowania struktury BD dla systemu ostrzegania typu RWR jest podjęcie decyzji związanej z doбором informacji, którą będziemy przechowywać, skojarzenie tej informacji z określonymi

typami radarów i ich platform. W tym celu korzystnie jest pogrupować wszystkie dane podlegające przetwarzaniu w bloki o pewnych wspólnych cechach oraz powiązać te bloki odpowiednimi relacjami w celu otrzymania zwartej struktury.

Parametry opisujące radar, tworzące metrykę radaru w BD, można podzielić na następujące grupy:

- parametry techniczne;
- parametry mocowe;
- parametry opisujące typ skanowania (rodzaj przeszukiwania przestrzeni);
- parametry opisujące w sposób szczegółowy emitowane sygnały;
- wartości parametrów najczęściej obserwowanych na podstawie histogramu;
- parametry systemu antenowego związanego z danym emitorem;
- rodzaj platformy (opcjonalnie dla RWR), na której zainstalowany jest emiter;
- system uzbrojenia, z którym związany jest emiter lub określona platforma;
- kategoria (przeznaczenie) emitera.

Oprogramowanie powinno zapewnić realizację wszystkich funkcji niżej wymienionych i opisanych:

- a) Edycję i obsługę z zasobów Narodowej Bazy Danych w zakresie wymaganym przez oprogramowanie bazodanowe RWR.
- b) Możliwość edycji wzorców z obiektowej bazy modeli danych oraz drzew parametrycznych wg. różnych kategorii (np. wg. rodzaju emisji, parametrów nadajnika, zastosowanej techniki zakłóceń itp.).
- c) Modyfikację istniejących wzorców sygnałów pod kątem zgodności z najnowszymi danymi z rozpoznania elektronicznego. W tym celu wymagana jest zdolność do przeszukiwania zasobów bazy przy uwzględnieniu kryterium między innymi zgodności wybranych parametrów sygnału, typu platformy, obszaru geograficznego aktywności emisyjnej (w oparciu np. o rejestrację danych dokonywanych przez odbiornik w trakcie wykonywania zadania). Istotne są również możliwości procesora urządzenia ostrzegającego, im bardziej struktura RWR jest zbliżona do rozwiązania cyfrowego (cyfrowy odbiornik mikrofalowy) tym zakres wymaganych danych do wprowadzenia jest większy. Dotyczy to również przyjętego rozwiązania układu antenowego i zdolności detekcji źródeł promieniowania elektromagnetycznego.
- d) Archiwizację wykonanych wzorców na zabezpieczonym dysku twardym.
- e) Identyfikację oraz klasyfikację projektów wzorców sygnałów radiolokacyjnych zgodnie z wiedzą operacyjno-taktyczną.
- f) Możliwość edycji wybranych kategorii przeszukiwania.
- g) Możliwość przetwarzania danych w formacie zgodnym z Normą Obronną NO-02A058 „Baza Danych źródeł promieniowania radiolokacyjnego”.
- h) Do bazy danych odbiornika RWR konieczne jest zapewnienie dostępu do m.in. następujących informacji:
 - nazwy emitera / systemu uzbrojenia;
 - funkcji emitera (kontrola obszaru powietrznego /scanning/, wstępne poszukiwanie celu /acquisition/, śledzenie celu /tracking/, naprowadzanie rakiet /mg/, nieznana /unknown/);
 - częstotliwości nośnej / pracy RF.
 - typu okresu powtarzania impulsu PRI⁶ (ciąg stały /fixed/, przemienny /stager/, fluktuacyjny ciągły /jitter/, fala ciągła /CW/, fala ciągła modulowana /complex/, nieznany);
 - szerokości impulsu PW⁷;

⁶ Pulse Repetition Interval

⁷ Pulse Width

- rodzaju skanowania ARP (dookólne /circular/, sektorowe /sectorial/, rastrowe /rastrer/, stożkowe /conical/, śrubowe /helical/, nieznane);
- amplitudy sygnału PA⁸.
- priorytetu zagrożenia, informacja ta jest zmienna w zależności od rozwiązania technicznego odbiornika.
- korelacji z bazą danych systemu przeciwdziałania, tj. np. konkretnego typu generatorem zakłóceń radarowych lub wyrzutnią dipoli.

Zasadne jest określenie formatu (protokołu transmisyjnego) oraz treści (danych), tzw. zdefiniowanego pakietu danych z wzorcowej bazy danych zagrożeń (dla odbiorników RWR różnych wytwórców jest to różniący się zestaw parametrów – w tym obszarze nie ma standaryzacji) do wybranego odbiornika RWR. Ponadto, do każdego zestawu parametrycznego (odpowiadającego jednemu zdefiniowanemu zagrożeniu) konieczne jest przypisanie odpowiadającej (zoptymalizowanej w laboratorium, bądź na poligonie ogniowym) sekwencji przeciwdziałania. W istocie są to dwie skorelowane bazy danych – zagrożeń i przeciwdziałania. Sposób ich opracowania i zastosowania z wykorzystaniem zasobów systemu rozpoznania elektronicznego jest określony w pracy nazwą: technologia.

Wymagania techniczne oraz operacyjno taktyczne pod kątem zasilania bazy danych nowego typu odbiornika RWR:

A. W zakresie parametrów technicznych odbiornika RWR wymagane jest przekazywanie pakietu danych mieszczących się w następujących charakterystykach (dane liczbowe mają charakter niejawny):

1) Częstotliwość:

- zakres częstotliwości pracy: $F1 \div F2$ [GHz];
- dyskryminacja w częstotliwości : ΔF [MHz].

Z uwagi na to, że radary impulsowo-dopplerowskie używają ciągów impulsów o stałej częstotliwości, to wystarczającą dokładność można byłoby uzyskać nawet przy rozdzielczości ΔF [MHz]. Jednak w zakładanym scenariuszu wykorzystania statku powietrznego należy uwzględnić możliwość operowania kilku bądź kilkunastu radarów i wówczas może się okazać, że przesunięcia międzyimpulsowe w badanym widmie sygnału mogą być nieznaczne. Stąd założenie, że dwa impulsy nie występują na częstotliwościach bliższych sobie niż ΔF [MHz] nie jest wtedy prawdziwe. Pożądane jest uzyskanie częstotliwości próbkowania rzędu ξ [MHz]. Za pomocą analizy częstotliwościowej RWR może dokonywać filtracji częstotliwościowej, identyfikacji zagrożeń i uszeregowania zagrożeń. Obecnie nowoczesne radary na fali ciągłej używają wyrafinowanej techniki kodowania. Klasyczny pomiar widma sygnału może przynieść zbyt małą rozdzielczość określoną w MHz. Dla skutecznego zakłócania radaru pracującego na fali ciągłej, szerokość pasma sygnału zakłócającego musi być bardzo mała. Nowoczesne radary pracujące z falą ciągłą wykorzystują zaawansowane techniki kodowania. W celu zakłócenia tych radarów wymagana szerokość widma sygnału zakłócającego musi być bardzo mała, stąd wymagana jest duża dokładność wyboru częstotliwości pracy.

2) Okres powtarzania impulsów PRI:

- zakres: $T1$ [μs] \div $T2$ [μs];
- rozdzielczość: ΔT [μs];
- poziom tętnień: $\pm 25\%$ w stosunku do PRI.

Teoretycznie jest możliwość namiaru urządzenia znajdującego się w odległości nawet 3750 km. PRI jest obliczana na podstawie przeliczeń czasu odbioru ToA impulsu. Możliwe jest dokładniejsze określenie czasu

⁸ Pulse Amplitude

odbioru, tzn. poniżej $T3$ [μs], jednak jest to niecelowe z uwagi na możliwość wejścia w zakres występowania zjawiska oscylacji impulsowej (tzw. jitter).

3) Szerokość impulsu:

- zakres: $t4 \div t5$ [μs];
- rozdzielczość: Δt [μs].

Radary wykorzystujące kompresję impulsu umożliwiają uzyskanie szerokości impulsów rzędu $T4$ [μs]. Radary małej mocy wykorzystywane w systemach ogniowych wykorzystują impulsy o szerokościach osiągających maksymalnie T [μs].

4) Amplituda:

- dokładność: $A1$ [dB];
- wykorzystanie: do pomiarów odległości w przypadku nie zastosowania interferometru.

Zakres amplitudowy powinien odpowiadać zakresowi dynamicznemu odbiornika. Pomiar amplitudy umożliwia pomiar odległości do źródła promieniowania. Określenie zasięgu za pomocą analizy poziomu amplitudy jest metodą zgrubnej estymacji (często obciążonej błędem 50%). Wynika to z faktu, że moc nadajnika może być regulowana. Ważna jest jednak zdolność odbiornika RWR do wyróżniania różnicy poziomu amplitudy sygnału źródła celem zastosowania właściwej porcji sygnału zakłócającego.

5) Typ skanowania:

- wszystkie typy: (kołowe, stożkowe, TWS, ETWS, z przełączaniem listków itp);

Skanowanie inne niż kołowe, sektorowe lub stożkowe jest trudne do zidentyfikowania z uwagi na brak możliwości dostatecznie długiej obserwacji sygnału. Okres skanowania może wynosić nawet $T5$ [s] (tj. „n” obrotów/min).

6) Pomiar polaryzacji:

- typ: V/H liniowa (pionowa/pozioma), lewoskrętnie, prawoskrętnie kołowa. Wykorzystywana do identyfikacji zagrożenia.

7) Gęstość impulsowa:

- szerokopasmowa gęstość impulsowa, zależna od scenariusza (pożądane „m1” mln impulsów na sekundę);
- wąskopasmowa gęstość impulsowa, zależna od scenariusza (pożądane „m2” mln impulsów na sekundę).

8) Pojemność biblioteki źródeł promieniowania elektromagnetycznego:

- zakładana pojemność biblioteki danych powinna wynosić co najmniej „k” rodzajów nadajników (źródeł promieniowania).

System zarządzania bazą danych źródeł promieniowania elektromagnetycznego w aplikacji dla odbiornika RWR powinien zapewniać niejawnosć danych na poziomie fizycznym. Niejawnosć ta powinna być zapewniona przez wewnętrzne mechanizmy systemu zarządzania lub też przez specjalnie zaprojektowane procedury, np. szyfracji i deszyfracji. BD powinna składać się - na poziomie fizycznym - z plików danych, które tworzone są na dysku, natomiast na poziomie logicznym - elementami BD powinny być tablice złożone z pól reprezentujących informacje, którymi posługują się użytkownicy. Dostępność do danych, to możliwość uzyskania wszystkich potrzebnych informacji w jak najkrótszym czasie. Problem dostępności do danych należy ujmować wieloaspektowo.

Po pierwsze - istotny jest **czas i miejsce dostępu do zbiorów informacji**. W BD dla RWR należy zapewnić do nich wielopoziomowy dostęp.

Po drugie - należy uwzględnić, przy uzyskanym już dostępie do BD dla RWR, czas dostępu (zobrazowania, szukania) **do określonego rodzaju informacji**. Czas ten uzależniony jest jakością łącz transmisyjnych i bywa niekiedy bardzo długi.

Po trzecie - ważny jest dostęp **pod względem objętości informacji**, tzn. czy użytkownik ma możliwość jednoczesnego dostępu do wszystkich dostępnych informacji, czy zmieszczą się one na ekranie monitora lub czy rozdzielczość urządzeń wyjściowych umożliwi zobrazowanie wszystkich szczegółów.

Bazy danych na odbiornikach RWR powinny charakteryzować się dużą wiarygodnością informacji oraz odpowiednią jej ochroną przed ujawnieniem, zmianą lub zniszczeniem, tj. odpowiednim bezpieczeństwem. Oprogramowanie BD powinno mieć wbudowane możliwości przetwarzania informacji o wielu poziomach klasyfikacji jawności. Wszystkie elementy tego systemu, takie jak sprzęt, katalogi zbiorów, elementy danych muszą posiadać swoje etykiety bezpieczeństwa/ochrony danych. Ponadto w projektowanych bazach danych RWR należy uwzględnić jednolitość wprowadzania oznaczeń opisujących poszczególne parametry radaru.

Struktura bazy danych RWR powinna być tak zorganizowana, aby zapewnić i umożliwić wykonywanie podstawowych operacji i funkcji na rekordach takich jak: przeglądanie danych, sortowanie filtrowanie, wyszukiwanie, dodawanie i usuwanie rekordów, drukowanie itp.

Oprogramowanie serwera źródłowego bazy danych emiterów powinno składać się z:

- oprogramowania systemowego;
- aplikacji użytkowych.

Oprogramowanie systemowe

- Zaleca się wykorzystanie oprogramowania systemowego czasu rzeczywistego.
- Aplikacje użytkowe komputera powinny zapewniać realizację w.w. wymagań;
- Należy zapewnić możliwość instalacji oprogramowania z nośników zewnętrznych.
- Sposób instalowania oprogramowania powinien być opisany w dokumentacji eksploatacyjnej.

Aplikacje użytkowe

Aplikacje użytkowe powinny być tworzone wyłącznie w oparciu o licencjonowane oprogramowanie technologiczne.

Aplikacje użytkowe powinny zapewnić możliwość wprowadzania danych (informacji rozpoznawczych) według określonego szablonu (przedstawionym w sprawozdaniu z pracy).

Szczegółowe dane i wyniki przeprowadzonych prac zawarto w następującym opracowaniu:

1. Sprawozdanie z pracy nr 72/43/2009 pt.: „Opracowanie Wymagań Operacyjno-Taktycznych na system baz danych dla urządzenia RWR wybranego statku powietrznego Sił Powietrznych - Opracowania wewnętrzne”, nr BT 4963/50.

Zadanie 3A: Opracowanie wymagań operacyjno – taktycznych na system baz danych dla urządzeń przeciwdziałania w zakresie radarowym dla wybranego statku powietrznego Sił Powietrznych

Jednym z kluczowych elementów funkcjonowania systemu osłony radioelektronicznej statku powietrznego oraz wybranych jednostek pływających jest efektywny program wystrzeliwania flar i dipoli oraz skutecznego stosowania określonych rodzajów zakłóceń. Funkcję oceny efektywności systemu przeciwdziałania w zależności od przyjętego programu działania na etapie planowania misji oraz przewidywanych zagrożeń elektromagnetycznych (scenariuszy EW) realizować należy przy wykorzystaniu stacji testującej (np. automatycznego symulatora emisji radarowych).

Ukompletowanie systemu przeciwdziałania w zakresie radarowym dla wybranego statku powietrznego Sił Powietrznych:

- 1) System ostrzegania o opromieniowaniu radarem : Indra ALR 300(V2)R;
- 2) System ostrzegania o odpaleniu rakiety: EADS AN/AAR-60;
- 3) System odpalania środków przeciwdziałania CMDS⁹: BAE Systems ALE-47.

Powyższe elementy są zintegrowane i sterowane przez komputer, tworząc razem System Środków Obronnych (Defensive Aids System – DAS), zapewniają załodze samolotu automatyczne wykrywanie, klasyfikację i przeciwdziałanie potencjalnym zagrożeniom.

Wymagania operacyjno-taktyczne dotyczące systemu baz danych elementów systemu przeciwdziałania dla wybranego statku powietrznego

Wyrzutnia flar i dipoli powinna służyć do wystrzeliwania naboji termicznych w celu obrony samolotu przed pociskami klasy "powietrze-powietrze" i przeciwlotniczymi pociskami z głowicami naprowadzanymi na podczerwień. Możliwe powinno być też odpalenie pocisków przeciwradiolokacyjnych.

Komplet urządzenia powinny stanowić belki ze zdejmowanymi kasetami i elementy sterowania. Każdą kasetę należy załadować nabojami standardu NATO. Organy sterowania urządzeniem powinny być rozmieszczone w łatwo dostępnych miejscach na tablicach przyrządowych w kabinie samolotu.

Programowanie sekwencji odpalania dipoli oraz flar powinno być realizowane z wykorzystaniem specjalistycznego oprogramowania dostarczonego przez producenta systemu (przykładowe okno programu narzędziowego przedstawione jest na rys.1). W czasie przygotowania do lotu wszystkie kasetki urządzenia systemu wystrzeliwania flar oraz dipoli zakłócających powinny być załadowane nabojami. Pilot przed wylotem powinien sprawdzić na podstawie np. świecenia lampki sygnalizacyjnej systemu dyspensera bądź wyników sprawdzenia (autotestu) – pole komunikatu na zintegrowanym wyświetlaczu systemu ostrzegania. Naboje zakłócające należy używać, uwzględniając ugrupowanie bojowe samolotów pokonujących strefę zagrożenia i wysokość lotu.

Lot pary, np. w ugrupowaniu bojowym "schody" na odległości nie większej jak L1 [m], w większości przypadków zapewnia wzajemną obronę samolotów. Manewr wykonuje się na komendę prowadzącego, naboje wystrzeliwać należy tylko z jednego samolotu (zazwyczaj tylko w trybie ręcznym).

Przy większych odległościach między samolotami, powyżej L1 [m], w połączeniu z manewrem należy wystrzeliwać naboje z obu samolotów pary na komendę prowadzącego (w trybie ręcznym lub półautomatycznym). Przy pokonywaniu przeciwdziałania ze strony lotnictwa: przełącznik dyspensera należy ustawić w położenie AUTO, kierunek atakującego samolotu nieprzyjaciela i fazę uniku należy określać na podstawie świetlnej i dźwiękowej sygnalizacji systemu ostrzegania RWR.

Po dostrzeżeniu sygnalizacji o opromieniowaniu przez radar pokładowy samolotu, uzbrojonego w pociski z głowicą naprowadzaną radiolokacyjnie, pracujący na zakresie autonomicznego śledzenia, należy rozpocząć energiczny manewr przeciwraкетowy (w stronę słońca lub oświetlonych słońcem chmur tylko w odniesieniu do rakiet naprowadzanych na podczerwień).

Po T1 – T2 [s] od rozpoczęcia manewru, system powinien wystrzelić serię naboji zakłócających. Gdy wzrokowo dostrzeżony jest start pocisku, powyższe czynności należy wykonać natychmiast (w trybie MANUAL), niezależnie od sygnalizacji urządzenia RWR.

Ze względu na ograniczony zapas naboji w kasetach wyrzutnika zaleca się ich użycie w rejonach ześrodkowania środków OPL, zarówno w strefie taktycznej jak i na większych głębokościach oraz podczas pokonywania stref zagrożenia.

⁹ Countermeasures Dispensing System

Lot w rejonach z planowanym użyciem naboju zakłócających należy wykonywać na maksymalnej możliwej prędkości. Na zaznaczonej rubieży można rozpocząć manewr przeciwrakietowy z jednokrotnym naciśnięciem przycisku uruchomienia dyspensera (w trybie MANUAL). Manewr należy wykonywać do czasu wyjścia ze strefy rażenia środków ogniowych. Jeżeli czas wystrzelenia serii naboju jest krótszy od czasu lotu samolotu w strefie rażenia, należy sekwencję strzelania powtórzyć.

Rys.1. Przykładowa strona programatora, umożliwiająca deklarację parametrów sygnału zagrożenia

Początek strzelania naboju zakłócających określa się przed dolotem do granicy rażenia środków OPL. Kolejne wystrzały system przeciwdziałania powinien wykonywać średnio co każde $T6 \div T7$ [s] na wysokościach lotu $H2 \div H3$ [m] i co $T8 \div T9$ [s] na wysokościach średnich. Celowe jest łączenie strzelania dipoli z manewrem. Gdy obrona obiektu jest mieszana i w składzie jej znajdują się środki posiadające SRL pracujące impulsowo, celowym jest stosować naboje przeciwradiolokacyjne (dipole) oraz flary. Wzajemną obronę samolotów pary zapewnia się przy zachowaniu parametrów ugrupowania: odległość $L2$ [m], przewyższenie LH [m]. Zmianę wysokości lotu do przelotu nad obłokiem z optymalnym przewyższeniem należy wykonać w czasie nie większym jak $T10$ [s] od początku strzelania przeciwradiolokacyjnych pocisków.

W czasie przygotowania do lotu należy określić w planie misji strefy działania (zasięgi systemów ogniowych zagrożeń) jak również lotnictwa.

W czasie lotu należy analizować sytuację powietrzną na podstawie informacji z stanowiska dowodzenia oraz sygnalizacji odbiornika RWR. Przy dolocie do strefy działania lotnictwa nieprzyjaciela należy wzmocnić obserwację przestrzeni powietrznej i sygnalizacji odbiornika/ów ostrzegawczych.

Typ samolotu zagrażającego i fazę ataku należy określać według sygnalizacji świetlnej i dźwiękowej RWR i/lub według sygnalizacji optycznej wskaźnika odbiornika MWS¹⁰. Po zaświeceniu znacznika/symbolu "przechwycenie" na wskaźniku RWR oraz usłyszeniu ciągłego sygnału wysokiego tonu w słuchawkach, system powinien w trybie automatycznym wystrzelić dipole przeciwradiolokacyjne. Analogicznie powinien postąpić system MWS w odniesieniu do flar.

W czasie odpalania przeciwradiolokacyjnych dipoli odległość do samolotu atakującego z przedniej półsfery powinna być nie mniejsza jak $L3$ [km] a do

¹⁰ Missile Warning System

atakującego z tylnej półsfery - nie mniejsza jak L4 [km]. Wówczas samolot zdąży przelecieć nad obłokiem odbijaczy dipolowych, następnie w ciągu T11 [s] pilot powinien wykonać manewr zanim pocisk odpalony z samolotu atakującego równocześnie z wystrzeleniem przeciwradiolokacyjnych pocisków, osiągnie obliczony punkt spotkania z celem. Zerwanie śledzenia atakującego środka należy kontrolować wg wskaźnika stacji RWR. Po zerwaniu śledzenia, pilot statku powietrznego może wrócić na planowany kurs lotu. Jeśli użyciem pocisków przeciwradiolokacyjnych i manewrem nie uda się zerwać automatycznego śledzenia pokładowej SRL, należy wykorzystać manewrowość samolotu.

Sekwencję strzelania dobiera się indywidualnie do rodzaju zagrożenia (np. typu systemu ogniowego – wiedza w tym zakresie powinna znajdować się w bazie danych systemu przeciwdziałania). Realizacja procedury strzelania naboju zakłócających winna być realizowana w korelacji z bazą danych systemu ostrzegania.

Procedura taka obowiązuje w odniesieniu do urządzeń zakłócania radiolokacyjnego (RWR), w przypadku innych zakresów fal elektromagnetycznych stosowane są inne procedury. Aktualnie nie ma możliwości utworzenia analogicznej bazy danych dla urządzeń klasy MWS oraz LWS (odbiornik ostrzegający przed opromieniowaniem przez wiązkę laserową). Niektóre państwa pracują nad utworzeniem bazy danych w odniesieniu do systemów klasy MAWS, tj. aktywnych systemów ostrzegawczych przed zbliżaniem pocisku, wykorzystując dane o powierzchni skutecznej odbicia (RCS) konkretnych pocisków raketowych. Zasadniczo urządzenia klasy MWS oraz LWS wykorzystują firmowe rozwiązania detekcji określonych rodzajów pracy systemów ogniowych. Możliwe jest np. określenie trybu działania systemu ogniowego, tj. wstępnego oświetlenia, a następnie startu pocisku.

Baza danych systemu przeciwdziałania jest najpilniej strzeżoną częścią systemu walki elektronicznej na całym świecie. Doświadczenia wyniesione ze współpracy ITWL z NATO w tym obszarze będą stanowić jeden z zasadniczych użytecznych wyników pracy powstającego w ramach projektu laboratorium.

Szczegółowe informacje dotyczące opracowania wymagań na system baz danych dla urządzeń przeciwdziałania nie mogą być przedstawione w sprawozdaniu o charakterze jawnym.

Szczegółowe dane i wyniki przeprowadzonych prac zawarto w następującym opracowaniu:

1. Sprawozdanie z pracy nr 123/43/2009 pt.: „Opracowanie Wymagań Operacyjno-Taktycznych na system baz danych dla urządzeń przeciwdziałania w zakresie radarowym dla wybranego statku powietrznego Sił Powietrznych - Opracowania wewnętrzne”, nr BT 5563/50.

Zadanie 3B: Analiza możliwości wykorzystania danych z rozpoznania elektronicznego urządzeń typu MSR-W, LENA-MD, PROCJON-3 oraz MZRiASR na potrzeby organizacji bazy danych źródeł promieniowania elektromagnetycznego

Siły Zbrojne RP realizują szereg zadań wynikających z członkostwa w NATO, w tym również zadań z obszaru rozpoznania elektronicznego i WE. Partnerzy z NATO podkreślają, że jednym z podstawowych zadań prowadzonego w czasie pokoju rozpoznania stacji i systemów radiolokacyjnych jest ciągła realizacja procesu zbierania i przetwarzania danych technicznych o tych środkach. Jest to zadanie szczególne, które w efekcie zapewnia gromadzenie zasobów baz danych oraz ciągłe ich uzupełnianie oraz aktualizację. Posiadanie Bazy Danych, która zawiera dokładne i kompletne zasoby danych technicznych i taktycznych o przeciwniku, jest jednym z warunków skuteczności działań bojowych.

Stacje rozpoznania systemów radiolokacyjnych są jednym z podstawowych źródeł danych i informacji dla Bazy Danych. Dostarczają one przede wszystkim informacji o generowanych przez stacje sygnałach, ich cechach (rodzaju, strukturze, formach modulacji wewnątrz i międzyimpulsowej) oraz wartościach parametrów technicznych. Procesy wykrywania sygnałów oraz pomiaru ich parametrów są złożone. Rozwój współczesnych urządzeń radiolokacyjnych wnosi istotne zmiany do struktury ich sygnałów. Zatem sygnały radiolokacyjne są zróżnicowane. Ich kształt i parametry oraz sposoby ich propagacji w przestrzeni wynikają z funkcji i przeznaczenia stacji radiolokacyjnych oraz własności (rozwiązań technicznych) zastosowanych w nich zespołów. Należy zaznaczyć, że pozyskiwanie danych rozpoznawczych odbywa się w warunkach dynamicznych, które charakteryzują się następującymi właściwościami: rodzaj odbieranych sygnałów jest nieznany, nieznana jest odległość od wykrywanej stacji radiolokacyjnej, występuje duża dynamika zmian amplitudy sygnału, odbierane sygnały ulegają zniekształceniom wprowadzonym przez ośrodek propagacyjny i odbiornik. Wymienione warunki wprowadzają do struktury danych pomiarowych zakłócenia i zniekształcenia. Ponadto kolejnym utrudnieniem jest fakt konieczności poprawnego rozpoznawania sygnałów, generowanych przez radary produkowane w różnych technologiach, zarówno tych sprzed pięćdziesięciu lat, jak też współczesnych.

Naziemna ruchoma stacja rozpoznania systemów radiolokacyjnych LENA-MD

Na przełomie XX i XXI wieku w Wojskowych Zakładach Elektronicznych dla potrzeb Sił Powietrznych opracowano stację rozpoznania systemów radiolokacyjnych pk. LENA-MD. Z założenia stacja ta była bardzo głęboką modernizacją, wykonanej w technologii analogowej stacji LENA-3M.

Omawiana modernizacja zapewniła zwiększenie efektywności pracy stacji poprzez poprawienie parametrów taktycznych.

Naziemna ruchoma stacja rozpoznania systemów radiolokacyjnych LENA-MD jest przeznaczona do:

- zautomatyzowanego wykrywania sygnałów impulsowych źródeł emisji: w rozszerzonym zakresie częstotliwości,
 - automatycznego pomiaru dla każdego z impulsów wykrytego sygnału następujących jego parametrów : częstotliwości nośnej, czasu odbioru impulsu, amplitudy średniej impulsu, czasu trwania impulsu, okresu powtarzania impulsów (częstotliwości powtarzania impulsów),
 - automatycznego rozpoznawania wykrytych sygnałów i źródeł ich emisji, zautomatyzowanego określania kierunku (namierzania) na pracujące źródła emisji w rozszerzonym zakresie częstotliwości,
 - śledzenia w częstotliwości źródeł emisji wykrytych w standardowym zakresie częstotliwości,
 - gromadzenia wyników rozpoznania (zasobów bazy danych) i danych pomiarowych oraz ich edycji,
 - przekazywania łączem cyfrowym lub fonicznym informacji z rozpoznania do wybranego systemu dowodzenia (do podsystemu kierowania zestawem stacji).
- Wykorzystanie informacji rozpoznawczych przekazywanych ze stacji LENA-MD umożliwia realizację kolejnych zadań rozpoznawczych:
- kojarzenia informacji ze stacji bazowych LENA-MD,
 - lokalizacji źródeł emisji na podstawie azymutów pomierzonych przez stacje systemu (pomierzonych synchronicznie w ramach współdziałania stacji systemu rozpoznania),
 - śledzenia tras obiektów powietrznych z aktywnymi źródłami emisji,
 - integracji informacji z rozpoznania radioelektronicznego z informacją z systemu radarowego,
 - sterowania i zarządzanie systemem stacji LENA-MD.

Oprogramowanie specjalistyczne umożliwia:

- współpracę z urządzeniami pomiarowymi dostarczającymi dane do analizy,
- współpracę z komputerem zespołu namierzania,
- wszechstronne graficzne i tabelaryczne zobrazowanie danych pomiarowych,
- szeroką analizę danych pomiarowych,
- graficzną i tabelaryczną formę prezentacji uzyskanych wyników rozpoznania,
- archiwizację danych pomiarowych oraz wyników przetwarzania,
- edycję wzorców sygnałów w bazie danych.

Procedury przetwarzania danych pomiarowych realizują następujące funkcje: filtrację, rozplatanie, estymację parametrów sygnałów, grupowanie, identyfikację źródła emisji oraz opis źródła sygnałów.

W wyniku przetworzenia zbioru danych pomiarowych powstaje informacja o parametrach technicznych sygnału, zawarta w wektorze sygnałowym WS.

Proces grupowania zapewnia sprawdzenie według określonych reguł, czy dany sygnał (źródło emisji) był już wcześniej w trakcie tego seansu pracy przetwarzany.

Identyfikacja wykrytego źródła emisji polega na porównaniu parametrów identyfikowanego radaru z parametrami znanych źródeł emisji dostępnych w bazie wzorców systemu. Opis źródła sygnałów polega na graficznym i tabelarycznym przedstawieniu wyników przetwarzania i rozpoznawania sygnałów radiolokacyjnych.

Efekt procedur przetwarzania jest raport o wykrytym źródle emisji, który jest zobrazowany w postaci tabelarycznej na ekranie monitora oraz zapisany na dysku w formie pliku. Raport dotyczący identyfikowanego źródła emisji zawiera m.in. następujące informacje:

- numer identyfikacyjny (numer wektora sygnałowego),
- identyfikator źródła (z bazy wzorców),
- kierunek na źródło emisji,
- częstotliwość środkową i dziewięć częstotliwości,
- wartość średnią okresu powtarzania impulsów,
- czas trwania impulsu,
- czas początku odbioru i czas zakończenia odbioru.

Archiwizacja danych pomiarowych realizowana jest w sposób automatyczny i obejmuje w uzasadnionych przypadkach rejestrację:

- plików pomiarowych,
- zobrazowań graficznych,
- wyników procedur przetwarzania i rozpoznawania raportów.

Baza danych jest zorganizowana w postaci odpowiednich tabel (baza relacyjna) zawierających: parametry cech mierzalnych sygnałów radiolokacyjnych, parametry wtórne sygnałów radiolokacyjnych, opis dodatkowy sygnału radiolokacyjnego, parametry techniczne i taktyczne oraz opis dodatkowy źródła emisji.

Oprogramowanie bazy danych BD udostępnia edytor, dający możliwość przeglądania już opracowanych Bibliotek Źródeł Emisji oraz ich zapisu na dysku w postaci plików niezbędnych dla aplikacji użytkowej jak i aplikacji BD. Odpowiednio opracowana biblioteka (plik danych) jest dołączana jako bank wzorców dla potrzeb procedur grupowania i identyfikacji. Proces grupowania zapewnia sprawdzenie według określonych reguł i oznaczenie sygnałów (źródeł emisji), które występowały w trakcie aktualnego seansu pracy. Identyfikacja wykrytego źródła emisji umożliwia porównanie parametrów zawartych w WS z parametrami znanych źródeł emisji dostępnych w bazie wzorców systemu (BD). **Raport urządzenia LENA-MD jest podstawym plikiem, który znajduje zastosowanie w systemie nadrzędnym, tj. w źródłowej bazie danych źródeł promieniowania elektromagnetycznego (z uwagi na fakt, że system ELIAN rozpoznaje format zapisu pliku).**

Stacja rozpoznawania lotniczych systemów radiolokacyjnych MSR-W służy do zautomatyzowanego rozpoznawania radarów, które generują sygnały impulsowe w standardowym zakresie częstotliwości. Stacja zapewnia:

- zautomatyzowane wykrywanie sygnałów impulsowych źródeł emisji umieszczonych na pokładach statków powietrznych i morskich oraz platformach naziemnych, pracujących w standardowym paśmie częstotliwości,
- automatyczny lub zautomatyzowany pomiar dla każdego z impulsów wykrytego sygnału następujących jego parametrów: częstotliwości nośnej, czasu odbioru impulsu, amplitudy średniej impulsu, czasu trwania impulsu, okresu powtarzania impulsów (częstotliwości powtarzania impulsów),
- automatyczne rozpoznawanie wykrytych sygnałów i źródeł ich emisji,
- zautomatyzowane określanie kąta odbioru sygnału (namiaru na pracujące źródła emisji) w standardowym paśmie częstotliwości,
- śledzenie w częstotliwości i w kierunku wykrytych źródeł emisji,
- gromadzenie wyników rozpoznania (zasobów bazy danych) oraz ich edycji,
- przekazywanie łączem cyfrowym lub fonicznym informacji wybranego stanowiska dowodzenia.

Zbiór cząstkowych zadań rozpoznawczych został pogrupowany w kilka podzbiorów, które umownie zostały nazwane funkcjami podstawowymi.

Funkcja WYKRYWANIE zapewnia zautomatyzowaną realizację:

- procesu wykrywania sygnałów,
- procesu pomiaru parametrów sygnałów,
- procedur przetwarzania zbiorów danych pomiarowych (filtracja i redukcja danych, estymacja wartości parametrów sygnałów, definiowanie wektorów sygnałowych wykrywania),
- klasyfikację sygnału i identyfikację źródła emisji.

Proces tworzenia histogramu od wektora PDW jest podobny do tworzenia samego wektora PDW. Analogicznie określane są czas przyścia impulsu, jego szerokość, amplituda i częstotliwość średnia oraz czas zakończenia. Jako kąt przyścia impulsu AOA przyjęty jest kąt pojawienia się impulsu (dla czasu TOA). W procesie tworzenia histogramu od strumienia wejściowego do aktualnej wartości kąta przypisywana jest maksymalna wartość amplitudy sygnału zarejestrowana na danym kącie. W przypadku pojawienia się wielu impulsów na danym kącie, wybierana jest wartość maksymalna z tych amplitud. Czas realizacji jednego histogramu określony jest przez czas jednego obrotu anteny, a czas trwania pomiaru - przez operatora.

Dla sygnałów o skomplikowanej strukturze parametrów czasowych i/lub częstotliwościowych proces rozplatania danych powoduje rozszczepienie danych o tym sygnale na wiele podzbiorów. Istnieje zatem potrzeba kojarzenia danych o takich sygnałach. W tym celu stosuje się procedury kojarzenia zbiorów danych pomiarowych, które zapewniają selekcjonowanie (grupowanie) zbiorów danych pomiarowych, opisujących dany sygnał. Procedury selekcji (filtracji) danych są realizowane sprzętowo lub programowo i mają na celu wydzielenie ze zbioru danych pomiarowych wg określonego kryterium nowego zbioru danych.

Opis źródła sygnałów polega na graficznym i tabelarycznym przedstawieniu wyników przetwarzania i rozpoznawania. Pole zobrazowań tabelarycznych powinno zapewniać wyświetlanie danych pomiarowych oraz danych zawierających wyniki przetwarzania i rozpoznawania sygnałów radiolokacyjnych. W wyniku realizacji procedur przetwarzania danych, rozplatania, filtracji oraz estymacji parametrów dla każdego wykrytego sygnału radiolokacyjnego określony zostaje wektor sygnałowy WS. Każdy wektor WS jest następnie poddawany procedurom rozpoznawania, czyli jego porównania wg reguł funkcji decyzyjnej z zapisanymi w bazie danych wzorcami sygnałów. Analiza funkcji, które stacja powinna realizować, narzuca konieczność stosowania dwóch rodzajów wzorców sygnałów: wzorców stałych (dotyczą sygnałów

znanych i wielokrotnie rozpoznawanych) oraz wzorców zmiennych (dotyczą sygnałów nowo wykrytych). Baza danych jest zorganizowana w postaci odpowiednich tabel (baza relacyjna) zawierających: parametry cech mierzalnych sygnałów radiolokacyjnych, parametry wtórne sygnałów radiolokacyjnych, opis dodatkowy sygnału radiolokacyjnego, parametry techniczne i taktyczne oraz opis dodatkowy źródła emisji.

Oprogramowanie bazy danych BD udostępnia edytor, dający możliwość przeglądania już opracowanych Bibliotek Źródeł Emisji oraz ich zapisu na dysku w postaci plików niezbędnych dla aplikacji użytkowej jak i aplikacji BD. Odpowiednio opracowana biblioteka (plik danych) jest dołączana jako bank wzorców dla potrzeb procedur.

Procedury przetwarzania danych pomiarowych realizują następujące funkcje:

- wyznaczania rozkładu amplitudy odebranego sygnału w funkcji azymutu oraz ekstrapolacji tych rozkładów,
- estymacji kąтового położenia źródeł emisji,
- estymacji parametrów sygnałów,
- identyfikacji źródła emisji,
- opisu źródeł emisji (w tym opisu tras ruchu źródeł emisji).

Wektory WS (w zależności od potrzeb i posiadanych danych) mogą zostać wzbogacone o dane taktyczne jego źródła: rodzaj radaru, typ radaru, jego przeznaczenie, rodzaj systemu, w którym pracuje oraz współrzędne geograficzne jego lokacji, dane odnoszące się do rodzaju pracy i parametrów toru odbiorczo-pomiarowego, np. pasmo odbiornika, tłumienie w odbiorniku, rodzaj pracy miernika, rodzaj prognozy pomiarowego.

Efekt procedur przetwarzania jest raport o wykrytym źródle emisji, który powinien zostać zobrazowany w postaci tabelarycznej na ekranie monitora oraz zapisany na dysku w formie pliku.

Raport urządzenia MSR-W jest podobnie, jak w przypadku urządzenia wcześniej analizowanego, podstawym plikiem, który znajduje zastosowanie w systemie nadrzędnym, tj. w źródłowej bazie danych zagrożeń elektromagnetycznych.

W ramach zadania badawczego zrealizowana została dodatkowo analiza wykrywacza promieniowania laserowego LWR-H, nie związana bezpośrednio z treścią zadania badawczego. Dokument ten stanowi jednak istotny element planowanego opracowania pokładowego systemu walki elektronicznej, którego sens wykorzystania determinowany jest rozwiązaniem problemu zasilania we wzorcowe dane z rozpoznania elektromagnetycznego (stanowiącego meritum pracy badawczej).

Wykrywacz promieniowania laserowego LWR-H przeznaczony jest do identyfikowania opromieniowania laserowego urządzeń technicznych przeciwnika wyposażonych w dalmierze lub oświetlacze laserowe. LWR-H (Laser Warning Receiver for Helicopters) umożliwia pilotowi odpowiednie wczesne wykonanie efektywnego przeciwdziałania w postaci manewru śmigłowcem, np. obniżenia pułapu lotu i ukrycia się za przeszkodami terenowymi na kierunku oświetlenia. Wykrywacz LWR-H może działać samodzielnie z informacją wyprowadzaną na własny wyświetlacz i na słuchawki pilota lub współdziałać z innym urządzeniem np. z RWR i komputerem pokładowym śmigłowca w systemie POI (Podsystem Ochrony Indywidualnej). W tym celu został on wyposażony w wyjście szeregowe RS 422, którym mogą być dodatkowo wyprowadzone dane o opromieniowaniu. LWR-H może być wykorzystywane również w celu ochrony innych niż śmigłowiec obiektów latających, nawodnych i naziemnych: ruchomych lub stacjonarnych. Może to być jednak związane ze zmianą kształtu i ilości głowic detekcyjnych.

W bloku wyświetlacza LWR-H znajduje się procesor, który jest nadrzędny w stosunku do pozostałych elementów systemu. Komunikacja wewnątrz systemu odbywa się za pomocą interfejsu RS485 z szybkością V1 kbs bez bitu parzystości z jednym bitem stop. Włączenie systemu powoduje uruchomienie auto-testu urządzenia i zobrazowanie informacji testowych na wyświetlaczu. Na wyświetlaczu alfanumerycznym bloku zobrazowania pojawiają się komunikaty o błędach i usterkach systemu. Jeśli wszystkie parametry są poprawne wyświetlany jest napis TEST OK., a LED'y kierunków świecą. Po skontrolowaniu przez użytkownika, czy wszystkie LED'y kierunków świecą, naciśnięcie przycisku KASUJ powoduje przejście do normalnej pracy systemu. Przycisk KASUJ w trakcie wykonywania testu pozwala potwierdzać i akceptować wyświetlaną informację. Urządzenie po opromieniowaniu zapala określone diody LED wyznaczające sektor w azymucie, z którego zostało opromieniowane oraz na wyświetlaczu alfanumerycznym jedną z trzech stref w elewacji. Jednocześnie na wyświetlaczu alfanumerycznym odliczany jest czas (w sekundach) upływający od momentu opromieniowania. W chwili wystąpienia opromieniowania wystawiany jest sygnał alarmu dźwiękowego.

Zobrazowanie można skasować naciskając przycisk KASUJ. Urządzenie rozróżnia, czy zostało opromieniowane przez dalmierz lub oświetlacz. Odbywa się to poprzez pulsowanie znaku elewacji na wyświetlaczu alfanumerycznym (oświetlacz) lub wyświetlanie stałe (dalmierz). Urządzenie rejestruje swój całkowity czas pracy. Informację tą można uzyskać na wyświetlaczu alfanumerycznym trzymając wciśnięty przycisk KASUJ przez czas dłuższy niż 5s.

Głowica detekcyjna urządzenia LWR-H składa się z sześciu zespołów detektora oraz zespołu cyfrowego przetwarzania sygnałów. Z zespołu detektora wychodzą dwa sygnały informacyjne określające jego położenie w głowicy (detektor dolny, detektor górny). Na podstawie tych sygnałów w układzie CPLD określone są parametry sygnału przesyłane przez zespół detektora. Dane z układu CPLD są przekazywane do mikroprocesora, gdzie po wstępnym przetworzeniu za pomocą interfejsu RS485 przekazywane są poprzez blok sterowania do Bloku Wyświetlacza (lub do komputera sterującego pracą urządzenia LWR-H). W skład głowicy detekcyjnej wykrywacza promieniowania laserowego wchodzi sześć niezależnych zespołów detekcyjnych umożliwiających detekcję promieniowania z różnych przedziałów kątowych.

Blok sterowania integruje poszczególne sygnały oraz rozprowadza zasilanie. Blok wyposażony jest w układy elektroniczne umożliwiające podgląd pracy systemu z wykorzystaniem styku RS 485 oraz integrację systemu LWR-H z innymi systemami wykorzystując styk RS 422 (w przypadku integracji urządzenia LWR-H z innymi systemami obrony własnej komunikacja pomiędzy Blokiem Sterowania, a komputerem pokładowym śmigłowca odbywałaby się za pomocą interfejsu RS 485). Na bloku sterowania znajdują się gniazda głowic, nie są one przypisane do określonej głowicy, rozpoznanie miejsca położenia głowicy następuje na drodze elektronicznej i jest związane z odpowiednim krosem gniazda głowicy detekcyjnej znajdującego się na kadłubie śmigłowca. Blok sterowania wyposażony jest w gniazdo zasilania systemu oraz gniazdo sygnału dźwiękowego.

Szczegółowe dane i wyniki przeprowadzonych prac zawarto w następujących opracowaniach:

1. Sprawozdanie z pracy nr 70/43/2009 pt.: „ Analiza możliwości wykorzystania danych z rozpoznania elektronicznego urządzeń typu MSR - W, LENA-MD, PROCJON-3 oraz MZRIASR na potrzeby organizacji bazy danych źródeł promieniowania elektromagnetycznego” – Opracowanie zewnętrzne, nr BT4960/50.

Opracowanie dodatkowe:

2. Sprawozdanie z pracy nr 173/43/2009 pt.: „Koncepcja dla interfejsu elektrycznego detektora promieniowania laserowego LWR-H z wybranym systemem obrony własnej – Opracowanie zewnętrzne”, nr BT 5572/51.

Zadanie 4A: Wykonanie stanowiska laboratoryjnego do realizacji zadań związanych z analizą zapisu rekordów, zawierających dane parametryczne sygnałów impulsowych, ich porównania z wzorcami sygnałów

Założenia techniczne dla realizacji zadania projektowego stanowiska laboratoryjnego

Rozpoznanie systemów radiolokacyjnych jest zaliczane do najbardziej skutecznych, a jednocześnie najmniej ryzykownych sposobów zdobywania informacji o przeciwniku, jego aktywności, ugrupowaniu, zamiarach, zagrożeniu i aktualnym stanie rozwoju jego technologii mikrofalowej. Zasadniczym celem tego systemu jest zbieranie danych o emitowanych sygnałach i na ich podstawie śledzenie pracy wykrytych i rozpoznanych ZE, podnoszenie alarmu o grożącym niebezpieczeństwie, planowanie odpowiednich działań, związanych z zagrożeniem wynikającym z aktywności wybranych rodzajów systemów radiolokacyjnych.

Podstawowe źródło dostarczające informacji o technicznych i operacyjnych cechach rozpoznawczych stacji i systemów radiolokacyjnych, stanowią generowane przez nie sygnały. Przy rozpoznawaniu stacji i systemów radiolokacyjnych technicznych cech rozpoznawczych sygnałów radiolokacyjnych należy uwzględnić:

- a) częstotliwość nośną - jest cechą charakteryzującą stacje radiolokacyjne pod względem przeznaczenia i przydziału do danego państwa. Parametr ten pozwala na określenie stacji radiolokacyjnej, nawet co do egzemplarza;
- b) czas trwania impulsu - parametr ten charakteryzuje stacje radiolokacyjne pod względem zasięgu, dokładności oraz rozróżnialności obiektów;
- c) okres powtarzania impulsów - zajmuje w rozpoznaniu sygnałów radiolokacyjnych szczególne miejsce ze względu na dużą informatywność i możliwość uzyskania jego dokładnego pomiaru. Od charakteru zmian i wartości tego parametru zależą charakterystyki techniczne poszczególnych stacji radiolokacyjnych. Parametr ten pozwala na oszacowanie maksymalnego zasięgu stacji;
 - okres powtarzania serii - można określić przeznaczenie stacji radiolokacyjnej;
 - prędkość obrotową anteny - pozwala na określenie przeznaczenia stacji radiolokacyjnej;
 - amplitudę - dostarcza informacji o właściwościach energetycznych stacji radiolokacyjnych.

Ponadto w projektowanym stanowisku laboratoryjnym należy uwzględnić konieczność rozpoznawania m.in. następujących cech stacji i systemów radiolokacyjnych:

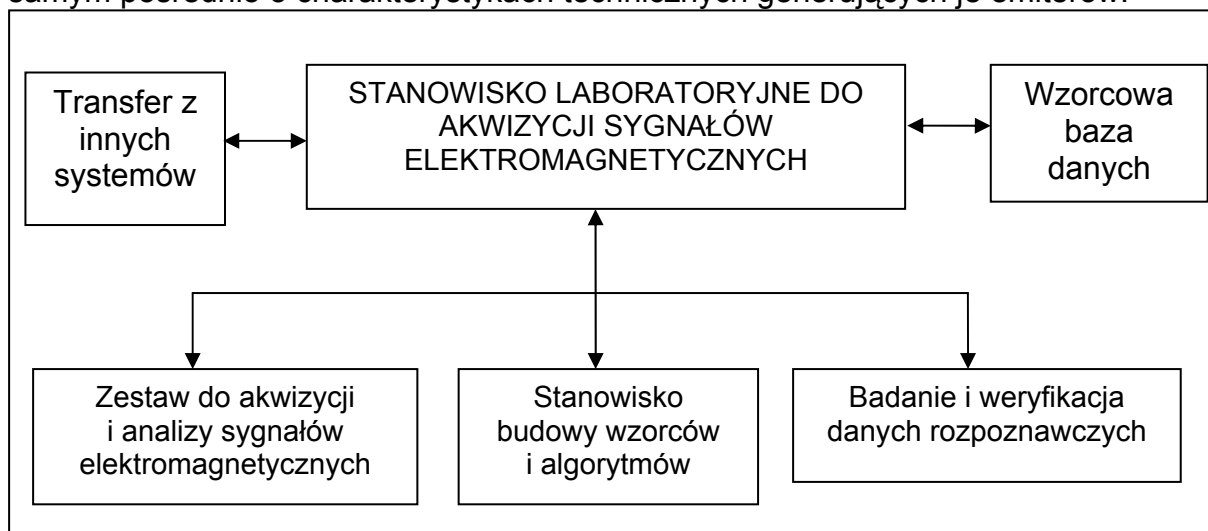
- rodzaj stacji radiolokacyjnej (radaru) - radar nieznany, radar lądowy, radar morski (na pokładach jednostek pływających), radar lotniczy (na pokładach statków powietrznych);
- przeznaczenie stacji radiolokacyjnej (radaru), np.: trójwspółrzędny (3D) radar wykrywania obiektów powietrznych, dwuwspółrzędny (2D) radar wykrywania obiektów nawodnych, radar wielofunkcyjny, radar śledzenia obiektów, radar kierowania ogniem, radar naprowadzania i kierowania rakiet;
- rodzaj platformy (rodzaj nosiciela) - np. wśród platform morskich wyróżnia się m.in.: kuter raketowy, kuter torpedowy, fregatę, itp..

Proces zbierania i przetwarzania danych technicznych o środkach radiolokacyjnych jest złożony i w odniesieniu do projektowanego stanowiska laboratoryjnego musi

obejmować szereg przedsięwzięć o charakterze technicznym prowadzonych w sposób ciągły. Proces ten można podzielić na następujące etapy:

- a) pomiary parametrów sygnałów wybranych źródeł promieniowania;
- b) gromadzenie, zestawianie oraz wstępna obróbka danych pomiarowych własnych oraz pozyskanych z innych źródeł rozpoznania (innych urządzeń współpracujących w ramach narodowego systemu rozpoznania elektrycznego);
- c) analiza i przetwarzanie zgromadzonych zbiorów danych pomiarowych i innych danych rozpoznawczych pochodzących z innych systemów rozpoznania;
- d) definiowanie wzorców sygnałowych i metryk stacji radiolokacyjnych.

W celu wyeliminowania sytuacji przypadkowych w trakcie opracowywania zbiorów danych na stanowisku laboratoryjnym (np. analizy parametrów sygnałów stacji niesprawnych lub pomiarów wykonanych w warunkach silnych zakłóceń) czynności objęte etapami od a) do c) należy powtarzać wielokrotnie. Pomiary parametrów technicznych w każdym z rodzajów urządzeń rozpoznania są podstawowym sposobem pozyskiwania danych o charakterystykach rzeczywistych sygnałów, a tym samym pośrednio o charakterystykach technicznych generujących je emiterów.



Rys.2. Struktura funkcjonalna stanowiska laboratoryjnego do akwizycji i analizy sygnałów elektromagnetycznych

Podczas opracowania koncepcji wykorzystano doświadczenia Wojskowych Zakładów Elektronicznych S.A. przy realizacji stacji rozpoznania takich jak: LENA-MD, MSR-W, PROCJON, REGULUS, nowo-opracowywanych rozwiązań, doświadczeń ITWL oraz AMT Technologies - twórcy większości aplikacji narzędziowych dla systemów klasy ELINT stosowanych w SZ RP.

Zgodnie z projektem koncepcyjnym stanowiska laboratoryjnego możliwe będzie gromadzenie informacji pozyskiwanych z różnych źródeł (sensorów) oraz stworzenie wzorców sygnałowych charakteryzujących różne stacje i systemy radiolokacyjne (źródła emisji elektromagnetycznej).

Gromadzone przez Sensory Systemu dane rozpoznawcze będą posiadały formę, nazewnictwo i zawartość zgodne z wymaganiami Normy Obronnej NO-02-A058 oraz wymaganiami eksploatowanych w SZ RP odbiorników ostrzegania radarowego.

System Wykrywania, Gromadzenia i Wstępnej Analizy Sygnałów Elektromagnetycznych zwany dalej Systemem powinien umożliwiać realizację zadań właściwego rozpoznania elektronicznego typu ELINT.

System może składać się z zespołu sensorów jednego, bądź kilku rodzajów, z których każdy winien zapewniać rejestrację i analizę sygnałów radiolokacyjnych pracujących źródeł emisji, umieszczonych na platformach naziemnych oraz na pokładach statków powietrznych w podstawowym zakresie częstotliwości. Możliwości pojedynczego sensora ograniczone są jedynie jego zasięgiem działania. Każdy

Sensor Systemu powinien posiadać możliwość samodzielnego wykonywania następujących zadań rozpoznawczych:

- zautomatyzowanego poszukiwania i wykrywania w podstawowym zakresie częstotliwości sygnałów systemów radiolokacyjnych, umieszczonych przede wszystkim na platformach naziemnych, ale również na pokładach statków powietrznych,
- automatycznych pomiarów parametrów wykrywanych sygnałów,
- przetwarzania wstępnego (selekcję oraz redukcję) i archiwizowania zbiorów danych pomiarowych,
- przetwarzania zasadniczych zbiorów danych pomiarowych, a w tym ekstrakcję cech sygnałów, analizę międzyimpulsową parametrów sygnałów oraz estymację wartości podstawowych parametrów sygnałów,
- szczegółowego rozpoznawania wykrytych emisji,
- opracowania wzorców sygnałów oraz edycję ich cech reprezentatywnych,
- zobrazowania i archiwizacji: sygnałów, zbiorów danych pomiarowych, wyników rozpoznania oraz innych danych rozpoznawczych,
- analizy i syntezy danych z rozpoznania elektronicznego pozyskanych od wielu źródeł promieniowania i z wielu misji rozpoznawczych,
- analizy międzyimpulsowej parametrów sygnałów radiolokacyjnych,
- szczegółowego rozpoznania wykrytych emisji,
- automatycznego dowiązywania systemu do terenu oraz znakowanie tymi danymi archiwizowanych sygnałów, zbiorów danych pomiarowych, wyników rozpoznania oraz innych danych rozpoznawczych,
- zobrazowania na mapie cyfrowej wyników rozpoznania.

Sensor Systemu powinien składać się z aparatury specjalistycznej oraz systemów i urządzeń wspomagających zintegrowanych mechanicznie i dających się zabudować na naziemnej platformie ruchomej, bądź też mieć możliwość pracy w warunkach wyniesienia aparatury podstawowej do warunków pracy stacjonarnej. Aparatura specjalistyczna Sensora powinna składać się z:

- anteny dookólnej pracującej w wymaganym paśmie pracy systemu zintegrowanej z zespołem wzmacniacza szerokopasmowego wraz z kablem sygnałowym.
- odbiornika mikrofalowego integrującego w jednym bloku: tuner mikrofalowy, zespół demodulatorów, dygityzer, miernik oraz zespół procesorów sygnałowych,
- komputera przemysłowego wraz z klawiaturą i myszką (manipulatorem),
- monitora LCD,
- odbiornika GPS wraz z anteną,
- oprogramowania systemowego i specjalistycznego.

Aparatura specjalistyczna Sensora będzie zapewniać pomiar m.in. następujących parametrów wykrytych sygnałów:

częstotliwości nośnej (RF), czasu przyścia impulsu (ToA), amplitudy średniej impulsu (A), czasu trwania impulsu (PW), okresu powtarzania impulsów (PRI), szerokości widma sygnału (FMOP).

Oprogramowanie specjalistyczne będzie zapewniać ekstrakcję cech sygnału elektromagnetycznego generowanego przez źródła emisji radarowych, a w tym:

- rodzaju sygnału,
- rodzaju i parametrów modulacji międzyimpulsowej częstotliwości sygnału,
- rodzaju i parametrów modulacji międzyimpulsowej okresu powtarzania impulsów.

Oprogramowanie specjalistyczne będzie zapewniać rozpoznawanie źródeł emisji oraz obsługę bazy danych.

Projektowany System będzie mógł realizować trzy następujące zasadnicze rodzaje pracy:

- Wykrywanie sygnałów i pomiar ich parametrów;

- Przetwarzanie i akwizycję sygnałów;
- Syntezę danych rozpoznawczych.

Poszukiwanie i wykrywanie sygnału

Proces ten będzie się odbywał w sposób zautomatyzowany. Odbiornik będzie „skanował” zadane pasmo częstotliwości, a operator śledził zobrazowanie. W przypadku pojawiania się w kolejnych cyklach przestrajania odbiornika „prążka” sygnału operator wskaże jego położenie na skali częstotliwości. Obserwując zobrazowanie sygnału operator dokona korekcji nastaw odbiornika, w celu zapewnienia optymalnych warunków do pomiaru parametrów sygnału.

Pomiar parametrów sygnału będzie dokonywany automatycznie, po ustawieniu przez operatora parametrów pomiaru (między innymi poziomów progów pomiarowych, czasu trwania pomiaru) oraz uruchomieniu pracy odbiornika na zadanej częstotliwości. Równolegle realizowane będą dwa rodzaje pomiaru:

- typu wektory PDW - pomiar dla każdego impulsu: czasu jego odbioru, czasu trwania, częstotliwości nośnej, dewiacji częstotliwości, okresu powtarzania impulsu oraz określenie cech odnoszących się do rodzaju sygnału (impulsowy/ciągły) i kształtu przebiegów AM i FM. Pomiar będzie realizowany dla długich serii impulsów. Będzie to pomiar podstawowy. Dane pomiarowe umożliwią określenie cech i właściwości sygnału oraz wyznaczenie statystycznych ocen wartości parametrów mierzalnych i wtórnych;
- typu strumień oscyloskopu cyfrowego - wyjścia demodulatorów AM i FM odczytywane będą przez podwójny szybki przetwornik analogowo-cyfrowy ADC z zegarem 100MHz i automatycznie tworzony będzie strumień oscyloskopu cyfrowego. Będzie to pomiar pomocniczy. Obserwacja zarejestrowanych kształtów impulsów AM i FM umożliwi określenie rodzaju modulacji wewnątrz impulsowej, częstotliwości nośnej oraz ocenę jej parametrów.

Pomiar parametrów sygnału będzie procesem losowym. Charakter losowy pomiaru będzie wynikał głównie z:

- występowania niestabilności i zakłóceń w torze nadawczym radaru i kanale propagacyjnym;
- wielodrogowości sygnału radiolokacyjnego;
- właściwości torów odbiorczych urządzeń rozpoznawczych.

Zakłócenia pomiarowe to wartości pomiarowe parametrów sygnału, które wprowadzają „zaburzenia” w strukturze częstotliwościowej i czasowej odebranego sygnału. Eliminacja zakłóceń pomiarowych będzie obejmowała realizację procedur programowych, które zapewniają:

- detekcję (filtrację) zakłóceń pomiarowych w strukturze odstępów czasowych pomiędzy impulsami;
- eliminację ze zbioru danych „zakłóconych” wektorów pomiarowych;
- „rekonstrukcję” zbioru danych.

Wstępne przetwarzanie zbioru danych pomiarowych obejmie procedury selekcji i/lub redukcji danych pomiarowych. Będzie ono stosowane tylko wówczas, gdy poziom zakłóceń danych pomiarowych będzie wysoki, a powtórne pomiary tego sygnału będą niemożliwe.

Selekcja jest procedurą wydzielenia ze zbioru danych nowego zbioru wg określonego kryterium (np.: kryterium podziału czasu, kryterium filtru częstotliwościowego, kryterium wyboru parametru).

Redukcja ma na celu eliminowanie ze zbioru danych tych podzbiorów wektorów pomiarowych, co do których wyniki wstępnej analizy wskazują, że charakteryzują się:

- wysokim poziomem zakłóceń pomiarowych;
- zawierają wyniki pomiaru parametrów innego sygnału;
- są nadmiarowe z uwagi na potrzeby przetwarzania.

W czasie akwizycji zbioru danych pomiarowych będzie następowało jego znakowanie czasem i datą oraz pozycją Sensora w trakcie wykrycia i pomiaru sygnału. Znakowane będzie umożliwiło rozróżnianie typu zbioru pomiarowego oraz kojarzenie do danego sygnału wszystkich zbiorów typu PDW i typu strumień oscyloskopu cyfrowego. Możliwe będzie dopisanie dodatkowych komentarzy.

Przetwarzanie i akwizycja sygnałów

Przetwarzanie i akwizycja sygnałów będzie mogła być realizowana:

- w warunkach laboratoryjnych (stacjonarnych) z wykorzystaniem sprzętu informatycznego i oprogramowania specjalistycznego oraz uprzednio zarejestrowanych zbiorów pomiarowych typu PDW (oraz odpowiadających zbiorów danych typu strumień oscyloskopu cyfrowego). Przetwarzanie w tym przypadku będzie elementem składowym procesu opracowywania nowych wzorców sygnałów.

Wymienione procedury realizowane będą z aktywnym udziałem operatora:

- zasadniczego przetwarzania danych pomiarowych - zapewniającego: określanie cech sygnału, określanie rodzaju modulacji, estymacji parametrów podstawowych i dodatkowych (modulacji) sygnału, formowania wektora sygnałowego.
- rozpoznawania - zapewniającego porównanie, wg zasad zawartych w funkcji decyzyjnej, zawartości wektora sygnałowego z wzorca sygnałów (stała i zmienna) zapisanymi w bazie danych.

Przetwarzanie danych pomiarowych będzie realizował moduł ekstraktora sygnałów. Ekstraktor sygnałów będzie zapewniał:

- eliminację zakłóceń pomiarowych;
- estymację wartości podstawowych parametrów sygnałów;
- ekstrakcję cech sygnałów oraz rodzaju modulacji częstotliwości nośnej i okresu powtarzania impulsu;
- definiowanie wektora cech sygnału i parametrów podstawowych;
- definiowanie wektorów dodatkowych (uzupełniających), dla określonych dla danego sygnału rodzajów modulacji częstotliwości nośnej, okresu powtarzania impulsu i czasu trwania impulsu;
- definiowanie wektora sygnałowego WS.

Procedura rozpoznawania sygnałów będzie realizowana dla każdego wektora sygnałowego. Wektor sygnałowy będzie porównywany wg reguł tej procedury do istniejących wzorców.

Oprogramowanie specjalistyczne powinno zapewniać dla każdego sygnału bardzo szeroką akwizycję odpowiednio oznakowanych: zbiorów danych pomiarowych, wektorów sygnałowych, wyników rozpoznania, danych pomocniczych oraz komentarzy.

Synteza danych rozpoznawczych

Proponuje się, aby syntezę danych rozpoznawczych realizować w warunkach laboratoryjnych (stacjonarnych) z wykorzystaniem sprzętu informatycznego i oprogramowania specjalistycznego omawianego zestawu oraz uprzednio rejestrowanych w długim przedziale czasu dla każdego z wykrywanych sygnałów zbiorów:

- danych pomiarowych typu wektory PDW,
- danych pomiarowych typu strumień oscyloskopu cyfrowego,
- wektorów sygnałowych,
- wzorców zmiennych,
- danych rozpoznawczych pozyskanych od innych źródeł rozpoznania.

Podstawowym zadaniem syntezy danych rozpoznawczych jest opracowywanie nowych wzorców sygnałów radiolokacyjnych oraz potwierdzanie poprawności i modyfikowanie wzorców wcześniej założonych.

Przy wykonywaniu tego zadania będą wykorzystywane:

- narzędzia programowe stosowane w procesie przetwarzania i akwizycji sygnałów,
- dodatkowe narzędzia programowe, które będą umożliwiały realizację procedur przetwarzania w sposób zautomatyzowany,
- oprogramowanie procedury rozpoznawania, umożliwiające zakładanie wzorców sygnałów,
- narzędzia programowe, które będą umożliwiały kojarzenie oraz archiwizację danych i informacji o każdym z sygnałów,
- oprogramowanie bazy danych wzorców sygnałów radiolokacyjnych.

W czasie realizacji procedury rozpoznawania sygnałów wektor sygnałowy jest porównywalny wg reguł tzw. funkcji decyzyjnej do stałych wzorców, zapisanych w zasobach bazy danych wzorców sygnałów radiolokacyjnych. W Systemie zastosowana będzie funkcja stosująca dwa rodzaje reguł porównania:

- potwierdzanie zgodności wybranych cech sygnału;
- określania stopnia przenikania się przedziałów zmian wybranych parametrów sygnału.

Oprogramowanie źródłowej bazy danych wzorców sygnałów radiolokacyjnych będzie zapewniało:

- zakładanie nowego wzorca w sposób ręczny,
- nakładanie nowego wzorca w sposób automatyczny,
- modyfikację zasobów wzorca,
- kasowanie wzorca.

Oprogramowanie Systemu powinno składać się z:

- systemu operacyjnego;
- warstwy komunikacyjnej i sterowników urządzeń;
- warstwy oprogramowania specjalistycznego.

Oprogramowanie specjalistyczne Systemu zapewniać powinno realizację przez operatora wszystkich zadań rozpoznawczych. Zakres zadań realizowanych przez oprogramowanie specjalistyczne obejmie m.in.:

- zautomatyzowany odbiór i wykrywanie sygnałów radiolokacyjnych;
- pomiar parametrów sygnałów radiolokacyjnych;
- automatyczne przetwarzanie danych pomiarowych, a w tym ekstrakcję cech sygnałów, analizę międzyimpulsową parametrów sygnałów oraz estymację wartości podstawowych parametrów sygnałów;
- automatyczną realizację procedur rozpoznawania sygnałów i ich źródeł;
- zautomatyzowane przetwarzanie zarchiwizowanych zbiorów danych pomiarowych (przy stosowaniu różnych procedur przetwarzania);
- opracowywanie wzorców sygnałów radiolokacyjnych oraz edycję ich cech reprezentatywnych;
- obsługę bazy danych;
- analizę i syntezę danych rozpoznania elektronicznego pozyskanych od wielu źródeł promieniowania;
- archiwizację danych pomiarowych oraz wyników rozpoznania i analizy.

Oprogramowanie specjalistyczne zainstalowane na komputerze zasadniczym (stacjonarnym) będzie składać się z dwóch podstawowych części:

- oprogramowanie odbioru, przetwarzania wstępnego i akwizycji sygnałów,
- oprogramowanie analizy i syntezy danych rozpoznawczych.

Oprogramowanie do odbioru, przetwarzania wstępnego i akwizycji sygnałów

Oprogramowanie do odbioru, przetwarzania wstępnego i akwizycji sygnałów powinno umożliwiać operatorowi zestawu wykonywanie zadań rozpoznawczych realizowanych w czasie korzystania z nw. rodzajów pracy:

- wykrywanie sygnałów i pomiar ich parametrów,
- przetwarzanie i akwizycja sygnałów.

Oprogramowanie do analizy i syntezy danych rozpoznawczych będzie stanowił interfejs programowy analizy i syntezy danych pozyskanych zarówno w Sensorze Systemu jak również innych urządzeń rozpoznania elektronicznego. Powinno ono umożliwiać operatorowi wykonywanie zadań rozpoznawczych w czasie realizowania rodzaju pracy Systemu - synteza danych rozpoznawczych. Synteza danych rozpoznawczych będzie tylko w warunkach laboratoryjnych (stacjonarnych). Podstawowym zadaniem danych rozpoznawczych będzie opracowywanie nowych wzorców sygnałów radiolokacyjnych oraz potwierdzanie poprawności i modyfikowanie wzorców wcześniej założonych na podstawie uprzednio rejestrowanych w długim przedziale czasu dla każdego i wykrywanych sygnałów zbiorów:

- danych pomiarowych typu PDW oraz typu strumień oscyloskopu cyfrowego,
- wektorów sygnałowych,
- wzorców zmiennych,
- danych rozpoznawczych pozyskanych od innych źródeł rozpoznania.

Oprogramowanie do analizy i syntezy danych rozpoznawczych będzie zapewniało realizację zadań:

1) zautomatyzowaną cyfrową filtrację (selekcja i redukcja) danych w zgromadzonych pomiarowych pozyskanych z wielu misji pomiarowych oraz z różnorodnych urządzeń rozpoznawczych, a w tym m.in. import zbiorów pomiarowych pozyskiwanych z różnorodnych typów urządzeń rozpoznania elektronicznego stosowanych w SZ RP oraz eksport zbiorów z zestawu do wyżej wymienionych urządzeń,

2) zastosowanie w omawianym oprogramowaniu algorytmy wielopoziomowego przetwarzania danych pomiarowych będą zapewniały określenie charakterystyk technicznych źródła emisji i jego sygnału.

3) szczegółową analizę wewnątrz oraz międzyimpulsową cech wykrytych sygnałów radiolokacyjnych,

4) opracowanie i uaktualnianie zasobów dla baz danych,

5) archiwizację zbiorów dla poszczególnych sygnałów (źródeł emisji): danych pomiarowych, wyników i przetworzeń, wzorców, a w tym min.:

- tworzenie sformalizowanych raportów wyników analizy i zapisywanie ich w pliku (opcjonalnie z możliwością drukowania),
- zapisywanie przetworzonych zbiorów danych rozpoznawczych.

Proponowane oprogramowanie Map Cyfrowych byłoby oprogramowaniem pomocniczym zainstalowanym zarówno na stanowisku pomiarowym jak i na stanowisku analizy (laptop). Powinno ono służyć do przedstawienia na tle cyfrowego zobrazowania mapy informacji pochodzącej z rozpoznania elektronicznego (z oprogramowania do odbioru, przetwarzania wstępnego i akwizycji sygnałów) oraz przedstawienia aktualnej jak i archiwalnych pozycji Systemu.

Wszystkie dane wyświetlane na mapie będą pobierane z Bazy Danych. Połączenie z bazą danych zasobów oraz wzorców odbywać się będzie za pomocą specjalnego interfejsu poprzez zdefiniowane w systemie operacyjnym źródła. Interfejsy graficzne do obsługi bazy zasobów oraz bazy wzorców są wspólne dla wszystkich aplikacji. Struktury Bazy Danych służących uporządkowanemu składowaniu wszystkich uzyskiwanych w procesie wykrywania danych o źródłach promieniowania radiolokacyjnego powinny spełniać wymagania, które stawia przed nimi STANAG 6009 edycja 2 oraz wymagania określone w trakcie analizy struktur sprzętowych baz danych (RWR).

Głównym zadaniem operatora będzie opracowywanie nowych wzorców sygnałów na podstawie danych pomiarowych pochodzących ze stanowiska pomiarowego Sensora Systemu lub z innych urządzeń rozpoznania elektronicznego. Dlatego też niezbędna jest znajomość procesów synchronizowania zasobów poszczególnych BD,

zakładania wzorców wektorów sygnałowych oraz wzorców sygnału, platform, radarów i sygnatur.

Synchronizacja zasobów bazy danych polegać powinna na wymianie danych zgromadzonych w BD między stanowiskami analizy i stanowiskami pomiarowymi oraz między poszczególnymi stanowiskami analizy. Ma to na celu dostarczanie do stanowisk analizy plików z danymi pomiarowymi ze stanowisk pomiarowych oraz wzorców sygnałów ze stanowisk analizy do stanowisk pomiarowych, tak aby możliwa była klasyfikacja wykrytych sygnałów. Synchronizacja będzie inicjowana zawsze na stanowisku analizy z oprogramowania wstępnego przetwarzania i akwizycji sygnałów radiolokacyjnych.

Projektowanym głównym zadaniem użytkownika programu będzie tworzenie nowych wzorców sygnałowych na podstawie opracowanych danych pomiarowych i dedykowanych dla potrzeb zasilania sprzętowych baz danych (w tym przypadku RWR).

Szczegółowe dane i wyniki przeprowadzonych prac zawarto w następujących opracowaniach:

1. Sprawozdanie z pracy nr 177/43/2009 pt.: „Wykonanie stanowiska laboratoryjnego do realizacji zadań związanych z analizą zapisu rekordów, zawierających dane parametryczne sygnałów impulsowych, ich porównania z wzorcami sygnałów - Opracowania wewnętrzne”, nr BT 5096/50.

Dodatkowo opracowano:

2. Sprawozdanie z pracy nr 165/43/2009 pt.: „Opracowanie koncepcji latającego stanowiska do realizacji zadań związanych z akwizycją, analizą danych parametrycznych sygnałów impulsowych oraz ich porównania z wzorcami sygnałów - Opracowania wewnętrzne”, nr BT 5200/50
3. Sprawozdanie z pracy nr 36/43/2010 pt.: „Projekt koncepcyjny systemu do wykrywania, gromadzenia i wstępnej analizy sygnałów elektromagnetycznych”. Opracowanie zewnętrzne”, nr PK-WZE-000.2128.

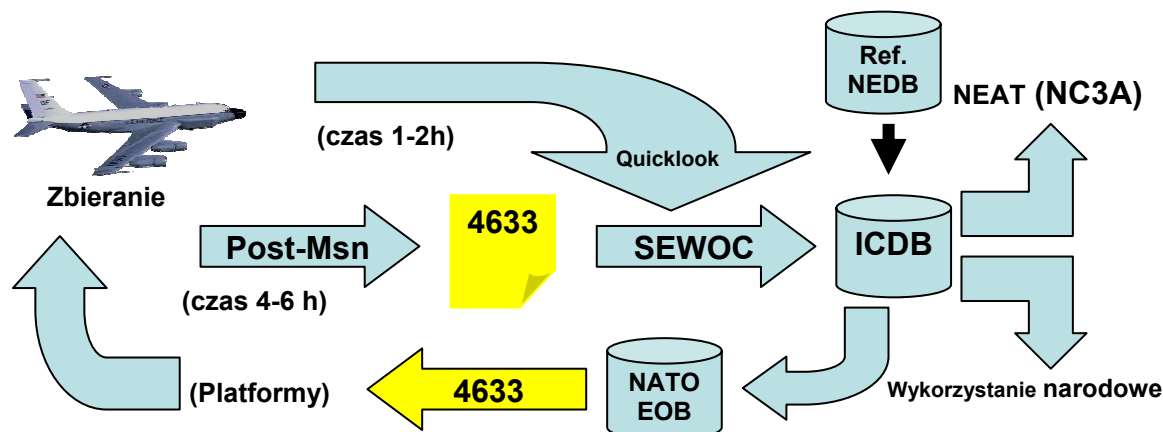
Zadanie 4B: Opracowanie koncepcji protokołu transmisji danych zgodnego z STANAG 4633 dla urządzeń rozpoznania ELINT/ESM typu MSR-W, LENA-MD, PROCJON-3 oraz MZRiASR

STANAG 4633 został przyjęty przez NATO jako rozwiązanie dla komunikacji pomiędzy narodowymi ośrodkami zbierania oraz analizy informacji z rozpoznania elektronicznego, a głównym ośrodkiem zbierania oraz przetwarzania danych w NATO – SEWOC. SEWOC odpowiada za koordynację działań sił NATO w zakresie realizacji misji rozpoznania elektronicznego oraz przygotowanie rozpoznania pola walki (Intelligence Preparation of the Battlespace – IPB). Rezultatem tej domeny jest przygotowanie elektronicznego obrazu pola walki EOB w postaci mapy wybranego teatru działań wraz z naniesionymi pozycjami wszystkich zidentyfikowanych źródeł promieniowania elektromagnetycznego. Każde źródło ma przypisaną identyfikację (swoj, wrogi, nieznan) oraz klasę zagrożenia (bezpieczny, niebezpieczny, najbardziej niebezpieczny-„kill”). Oczywiście każdy z tych emiterów jest również w pełni opisany parametrycznie, co wymagane jest do aktualizacji baz danych urządzeń klasy RWR oraz programowania pocisków klasy ARM (samonaprowadzających się na źródło promieniowania).

Implementacja standardu określonego w STANAG-4633 (NCERF- NATO Common ELINT Reporting Format) miała miejsce podczas Trial Hammer w 2005r. Wyróżniono

trzy możliwe warianty implementacji, zależnie od możliwości danej platformy (np. statku powietrznego).

Pierwszy wariant – basic level - B (podstawowy) zawierał elementarny pakiet parametrów technicznych uzyskanych z rozpoznania elektronicznego. Drugi wariant - detailed level - D (szczegółowy) zawierał dodatkowe parametry techniczne w stosunku do wariantu basic. Trzeci, najbardziej rozbudowany wariant - expanded level, możliwy do zrealizowania tylko przez specjalistyczną aparaturę ELINT. Opis wariantów przedstawiony jest w przedmiotowym sprawozdaniu z pracy.



Rys.3. Schemat struktury funkcjonalnej systemu rozpoznania elektronicznego umożliwiającego transmisję danych w formacie NCERF

Podstawą implementacji będzie format transmisji opisany w STANAG 4633, bazujący na rozwiązaniu opisanym w dyrektywie USSD 352 (US SECRET).

Celem porozumienia STANAG 4633 (NCERF) jest umożliwienie wymiany danych zgodnie z określonym formatem, celem zapewnienia możliwości dostępu do informacji uzyskanej przez różne (narodowe) platformy realizujące zadania ELINT oraz ESM (Electronic Support Measures). Standard ten umożliwia raportowanie w ramach odprawy po realizacji zadania (post-mission), rozszerzenie dostępu do bazy danych, wysoką jakość zestawień parametrycznych dla wykrytych sygnałów (identyczny system rejestracji danych, znormalizowany format zapisu danych). Jest to zarazem jednolity standard, przewidziany dla wszystkich typów platform, wykorzystywanych przez siły lądowe, powietrzne i morskie dla większości państw NATO. Prawdopodobne jest wykorzystanie już istniejącego narzędzia, typu NEAT, SCOPE lub WITS. Zakłada się, że implementacja standardu doprowadzi do konieczności rewizji doktryny realizacji zadań w ramach ELINT. Przyjęto ponadto, że dokument będzie opatrzony klauzulą NATO SECRET.

Odnosnie raportów pomisyjnych (debriefing) ustalone są dwa sposoby przekazywania informacji:

- dane z codziennego debifingu;
- dane zawarte w kwestionariuszu (Unit Rep Questionnaire).

Przedstawiciel jednostki (Unit Rep) powinien w sposób ciągły aktualizować informacje pochodzące z własnej platformy rozpoznawczej celem wypełnienia kwestionariusza Unit Questionnaire oraz celem przygotowania ostatecznej jego wersji dla Tech Eval Staff. Projekt narzędzia programowego umożliwiający zapis danych dla formatu transmisji danych z rozpoznania elektronicznego ELINT, zgodny z ustaleniami porozumienia standaryzacyjnego, STANAG 4633- NCERF został opracowany w formacie Microsoft Excel (wersja kompatybilna z 97,98,2000 + Millenium).

Podstawowym źródłem informacji dla Tech Eval Section jest PEOB (początkowa/startowa wersja elektronicznego obrazu sytuacji taktycznej na polu działań -EOB) oraz właściwa EOB.

Zasadnicza kompozycja PEOB opisana jest w sprawozdaniu.

Pełne rozwinięcie zadania badawczego nie mogło być wykonane w formie dokumentu jawnego, wskutek decyzji Stanów Zjednoczonych o zachowaniu klauzuli tajności wobec dokumentu źródłowego, jakim jest dyrektywa USSD 352. W wyniku tego państwa NATO na posiedzeniu zespołu AHWG SIGINT/ESM w Ryge (Norwegia) podjęły decyzję o zastosowaniu klauzuli tajności wobec draftu porozumienia standaryzacyjnego STANAG-4633 (NCERF- NATO Common ELINT Reporting Format).

NCERF jest propozycją rozwiązania problemu przesyłania danych pomiędzy elementami systemu rozpoznania eksploatowanego w SZ RP. Uniwersalność stosowanych pól w narzędziu programistycznym umożliwia implementację urządzeń klasy ELINT/ESM o różnym poziomie technologiczności (w tym MSR-W, LENA-MD, PROCJON, MZRiASR).

Różnice te mogą być deklarowane w formularzu poprzez zastosowanie odpowiedniego poziomu udokładnienia (cztery poziomy z tym, że poziom I jest elementarny). Jeśli system ELINT nie dysponuje właściwym narzędziem programistycznym klasy HMI, wówczas wypełnienie formularza może następować ręcznie. Zaletą stosowania nazewnictwa UNIFORM *Universal Reporting Format* jest zapewnienie interoperacyjności i kompatybilności z innymi systemami rozpoznania eksploatowanymi w ramach sojuszu NATO.

Szczegółowe dane i wyniki przeprowadzonych prac zawarto w następującym opracowaniu:

1. Sprawozdanie z pracy nr 176/43/2009 pt.: „Opracowanie koncepcji protokołu transmisji danych zgodnego z STANAG 4633 dla urządzeń rozpoznania ELINT/ESM typu MSR-W, LENA-MD, PROCJON-3 oraz MZRiASR - Opracowania wewnętrzne”, nr BT 4961/50.

Zadanie 5A: Wykonanie i próby badawczego stanowiska laboratoryjnego do programowania wybranych urządzeń klasy RWR i ich walidacja w oparciu o system generatora programowalnych zakłóceń

Każdy odbiorczy system radioelektroniczny w procedurach badań czy testów wymaga stosowania sygnałów zewnętrznych o znanych i mierzalnych parametrach. Realizując procedury monitoringu przestrzeni elektromagnetycznej w celu tworzenia określonych wzorców sygnałów elektromagnetycznych konieczne jest również zapewnienie możliwości testowania tych wzorców poprzez odpowiednie procedury walidacji. Wymaganiem rozwiązaniem jest zastosowanie symulatora emisji radarowych. Symulator taki powinien mieć możliwość generowania rzeczywistych sygnałów radiokomunikacyjnych oraz impulsowych w przedziale częstotliwości 250kHz - 20GHz.

System symulacji sygnałów zagrożeń powinien zapewniać realizację następujących funkcji:

- walidację bibliotek emiterów odbiorników ESM/RWR;
- walidację funkcjonalną odbiorników ESM/RWR;
- walidację poprawności działania odbiorników ESM/RWR.

Przykładowe emisje radiokomunikacyjne: <ul style="list-style-type: none">– PSK– OQPSK– p/4-DQPSK	Przykładowe szerokopasmowe emisje impulsowe: <ul style="list-style-type: none">– skokowa AM– wielopoziomowa FM
--	---

<ul style="list-style-type: none"> - 16PSK - MSK - FSK - QAM - definiowane przez użytkownika cyfrowe mapy sygnału I-Q 	<ul style="list-style-type: none"> - LFM - kod Barkera (2-13 segmentów) - definiowane przez użytkownika dowolne cyfrowe mapy sygnału I-Q - modulacja emisji obwiednią charakterystyki kierunkowej anteny radaru - jednoczesna generacja np. do 8 źródeł impulsowych
<p>Funkcje dodatkowe:</p> <ul style="list-style-type: none"> - obserwacja tła sygnałowego w oparciu o wbudowany odbiornik sygnałów radarowych; - określenie współrzędnych geograficznych symulatora w warunkach polowych. 	

Pomiar może być interpretowany jako proces zbierania, transportu i wstępnego przetwarzania informacji. Pozwala to traktować aparaturę pomiarową jako tor przesyłu informacji i korzystać przy jego optymalizacji ze zdobyczy dziedziny wiedzy zwanej teorią informacji. Jak wiadomo informacja może być przekazywana wyłącznie w postaci tzw. sygnału. Sygnał powstaje przez odpowiednie modulowanie informacji nośnika energetycznego. Minimalizacja błędów pomiarowych sprowadza się do zapobiegania zniekształceniom sygnału w aparaturze pomiarowej.

W opracowanej aplikacji sterowania generatorem zakłóceń (GENZAK), w Panelu Wykresów systemu ELIAN może być wyświetlanych jednocześnie do „n” typów zobrazowań parametrów sygnału. Lista wybranych typów wykresów:

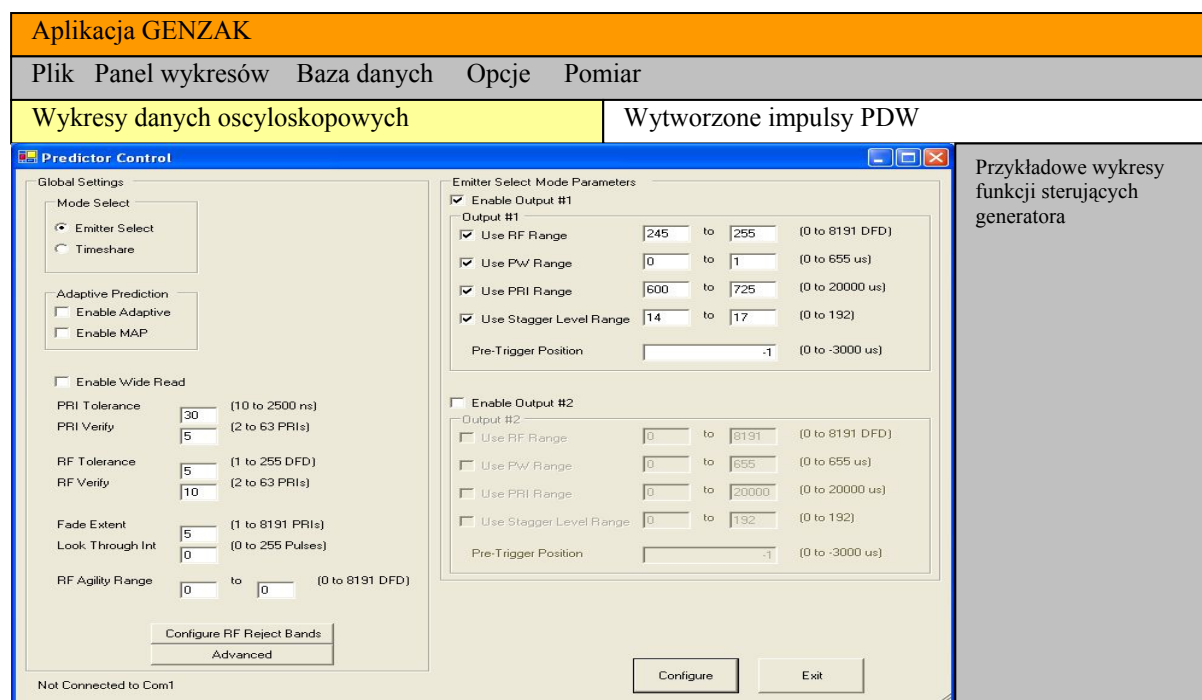
- a) okres powtarzania impulsów (PRI) w funkcji kolejnego numeru impulsu;
- b) czas trwania impulsu (PD) w funkcji kolejnego numeru impulsu;
- c) częstotliwość minimalna impulsu (RF_{Min}) w funkcji kolejnego numeru impulsu;
- d) częstotliwość średnia impulsu (RF_{Med}) w funkcji kolejnego numeru impulsu;
- e) częstotliwość maksymalna impulsu (RF_{Max}) w funkcji kolejnego numeru impulsu;
- f) amplituda impulsów (AMP) w funkcji kolejnego numeru impulsu;
- g) okres powtarzania impulsów (PRI) w funkcji czasu odbioru impulsu (TOA);
- h) czas trwania impulsu (PD) w funkcji czasu odbioru impulsu (TOA).

Aplikacja jest źródłem danych dla sterowania łączem standardu GPIB, służącego do wysterowania zewnętrznego generatora sygnałowego. Dla każdej grupy danych, która wyświetlana jest w tabeli pola Grupy Danych, operator może wyświetlić zobrazowanie pomocnicze, na którym może zdefiniować wyświetlenie histogramów wybranych parametrów sygnałów oraz wykresu przekrojowego (parametr tworzący pierwszy histogram w funkcji parametru tworzącego drugi histogram). Aplikacja wchodząca w skład oprogramowania stanowiska laboratoryjnego umożliwia użytkownikowi wykonywanie wszystkich zadań rozpoznawczych i funkcjonalności, a przede wszystkim w stosunku do programowanego generatora:

- prezentację graficzną sygnałów (strumienia oscyloskopowego);
- prezentację graficzną widma zarejestrowanego sygnału;
- budowanie struktury PDW na podstawie zarejestrowanych próbek emisji;
- nakładanie i porównywanie struktury wewnętrznej impulsów;
- określanie rodzaju modulacji wewnętrznej w odebranych impulsach;
- wyznaczanie parametrów modulacji wewnętrznej impulsów;
- możliwość synchronizacji zasobów dotyczących rejestracji oscyloskopowych we współpracy z aplikacją generatora zakłóceń;
- możliwość tworzenia sygnatur zagrożeń na bazie przechowywanych wzorców w systemie (źródłowej bazie danych), dostosowanych parametrycznie i liczbowo do możliwości określonego typu odbiornika RWR;
- odtworzenie wzorca zarejestrowanego sygnału poprzez uruchomienie aplikacji generatora zakłóceń GENZAK.

Równoległe użytkownik może między innymi :

- zapisywać wybrane dane pomiarowe do formatu wybranego systemu wykorzystywanego w SZ RP.



Rys.4. Przykładowy obraz prezentacji próbek pojedynczego impulsu w aplikacji GENZAK

Opracowana aplikacja narzędziowa do przetwarzania sygnałów radarowych (ANPSR) wchodząca w skład oprogramowania stanowiska laboratoryjnego umożliwia:

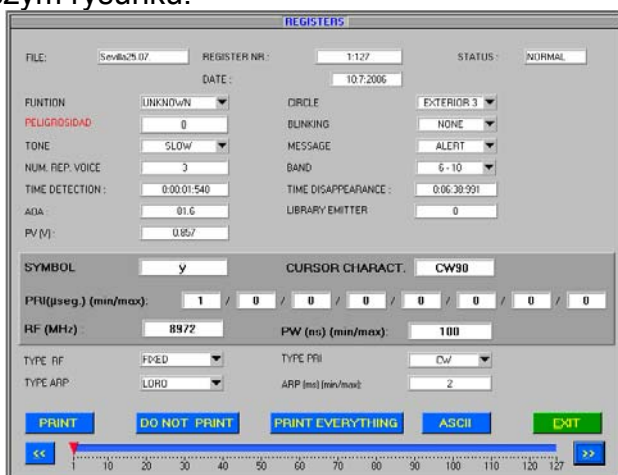
- 1) korzystanie z narzędzi graficznych służących do przeglądania, skalowania, mierzenia i analizowania zarchiwizowanych danych pomiarowych, zarejestrowanych w czasie pracy zestawu stanowiska laboratoryjnego;
- 2) korzystanie z narzędzi graficznych służących do przeglądania, skalowania, mierzenia i analizowania danych pomiarowych przesyłanych przez sieć ETHERNET ze stanowiska pomiarowego zestawu stanowiska laboratoryjnego;
- 3) współpracę z serwerem bazy danych (BD) w zakresie tworzenie wzorców sygnałowych na podstawie analizowanych danych pomiarowych oraz w zakresie identyfikacji sygnałów na podstawie zasobów BD;
- 4) eksport/import danych pomiarowych do/z standardów wybranych systemów i urządzeń rozpoznania;
- 5) import danych oscyloskopowych wybranych urządzeń rozpoznania.

Praca z ANPSR przebiega następująco: użytkownik otwiera plik zawierający dane pomiarowe lub otrzymuje taki plik ze stanowiska pomiarowego zestawu stanowiska laboratoryjnego (po wcześniejszym zsynchronizowaniu zasobów), po czym przeglądając impulsy/grupy impulsów i analizując wstępnie estymowane parametry otrzymane z ekstraktora cech wydziela odpowiednie grupy impulsów tworząc nowe grupy danych i na ich podstawie zleca założenie nowego wzorca w BD, ewentualnie zleca wykonanie identyfikacji na podstawie zasobów bazy danych (BD).

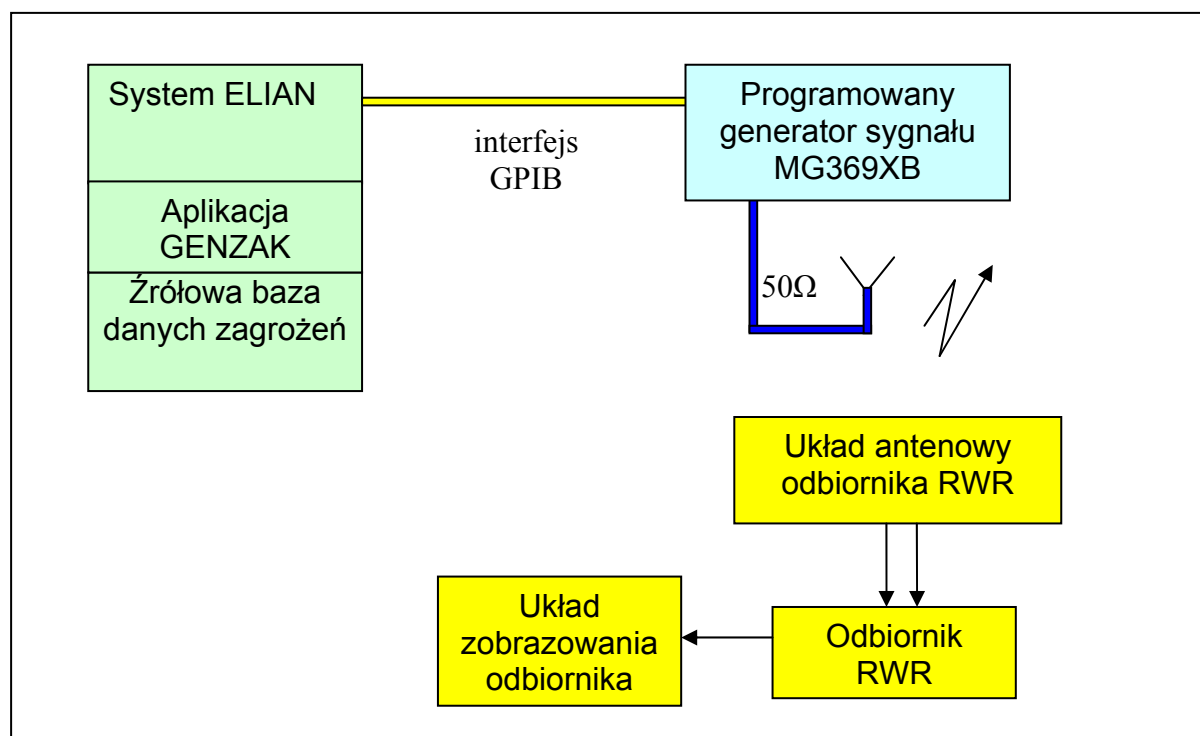
Równolegle użytkownik dysponuje możliwością:

- 1) przeglądania danych pomiarowych oraz oscyloskopowych innych wybranych systemów;
- 2) zapisywania wybranych danych pomiarowych do formatu wybranego systemu aktualnie eksploatowanego w SZ RP.

Przykładowa strona przedstawiająca wybrane elementy programowania wybranego urządzenia RWR z wykorzystaniem danych pochodzących z zasobów źródłowej bazy danych zagrożeń badawczego stanowiska laboratoryjnego przedstawiona jest na poniższym rysunku.



Schemat systemu do walidacji odbiorników RWR przedstawiony jest na poniższym rysunku.



W oparciu o zasoby źródłowej bazy danych systemu ELIAN możliwe jest wprowadzenie wybranych parametrów technicznych do następujących pól interfejsu systemu programowania odbiornika RWR, poniżej przedstawione są wybrane:

- RF [MHz] – Częstotliwość sygnału;
- PRI [μs] – Odstęp pomiędzy impulsami;
- PW [ns] – Szerokość impulsu;
- AOA (ang. Angle Of Arrival) – Kąt odbioru sygnału (od osi wzdluznej statku powietrznego w prawo) w chwili rejestracji sygnału;
- PV – Moc sygnału;
- Type RF – Rodzaj odbieranej częstotliwości;
- Type PRI – Struktura odbieranego sygnału;
- ARP – Czas przeszukiwania (prędkość obrotu anteny);
- Type ARP – Rodzaj skanowania;
- FILE – nazwa pliku w którym zagrożenie jest zapisane;

- FUNCTION - typ radaru;
- DANGER (zakres np. 0÷15).

Walidacja odbiornika RWR wybranego typu odbywać się może z wykorzystaniem zasobów bazy danych stanowiska laboratoryjnego (ELIAN), wbudowanej aplikacji GENZAK, interfejsu GPIB, syntezy generatora sygnałów MG369XB (Anritsu) oraz falowodowego toru antenowego. Sterowanie generatora realizowane jest zgodnie ze standardem IEEE-488, dane wprowadzone powinny być zgodne (parametry wyzwalnia serii impulsów, w tym np. modulacja amplitudy, częstotliwości lub fazy impulsu) z podstawowymi parametrami wzorca sygnału. Idea sprawdzenia polega na uruchomieniu sygnalizacji przez odbiornik ostrzegawczy wskutek emisji sygnału mikrofalowego (poziom sygnału może być dobierany z zakresu 21dBm ÷ -8dBm) oraz weryfikacji poprawności detekcji właściwego zagrożenia.

Szczegółowe dane i wyniki przeprowadzonych prac zawarto w następujących opracowaniach:

1. Sprawozdanie z pracy nr 136/43/2010 pt.: „Wykonanie i próby badawcze stanowiska laboratoryjnego do programowania wybranych urządzeń klasy RWR i ich walidacja w oparciu o system generatora programowalnych zakłóceń – Tom I - Opracowanie wewnętrzne”, BT 5549/50.
2. Sprawozdanie z pracy nr 136/43/2010 pt.: „Wykonanie i próby badawcze stanowiska laboratoryjnego do programowania wybranych urządzeń klasy RWR i ich walidacja w oparciu o system generatora programowalnych zakłóceń – Tom II - Opracowanie wewnętrzne”, BT 5601/50.

Zadanie 5B: Opracowanie protokołu komunikacyjnego detektora promieniowania laserowego LWR-H z wybranym systemem obrony własnej

Protokół urządzenia LWR-H został specjalnie opracowany do zastosowania w komunikacji pomiędzy detektorem, a komputerem misji zintegrowanego systemu ochrony własnej. Składa się on z identyfikatora ramki oraz części przesyłającej dane. Słowa wysyłane z odbiornika urządzenia LWR-H mają postać 2 bajtowa. Wiadomość składa się z Identyfikatora wiadomości, Danych prognozy pierwszego oraz Danych prognozy drugiego. Komunikacja odbywa się za pomocą interfejsu RS485 z szybkością „V1” kbs bez bitu parzystości z jednym bitem stopu. Szybkość transmisji „V2”bd zdeterminowana jest koniecznością wykrywania (analizy przez wyświetlacz LWR-H oraz procesor) sygnałów opromieniowania przez dalmierz oraz oświetlacz (sygnał o częstotliwości poniżej F1[Hz] dla dalmierza, powyżej F1 [Hz] dla oświetlacza).

Komendy wysyłane z pulpitu sterowania (wyświetlacz LWR-H) mają również postać 2 bajtowa. Komenda zawarta jest w jednym bajcie dwukrotnie powtórzonym. Na młodszej części bajtu znajduje się numer głowicy na starszej kod komendy. Komunikacja odbywa się za pomocą interfejsu RS485 z szybkością „V1” kbs bez bitu parzystości z jednym bitem stopu.

Zapewnienie załozce statku powietrznego pełnej wiedzy na temat pola walki i zagrożeń podczas wykonywania misji zwiększa szansę na powodzenie wykonania misji bojowej bądź ratunkowej. Zintegrowanie kilku systemów obrony własnej za pomocą jednego spójnego oprogramowania specjalistycznego zapewniłoby pilotowi szczegółową wiedzę o aktualnych zagrożeniach pola walki.

W przedstawionej w sprawozdaniu z pracy koncepcji omówiono metodę integracji trzech systemów obrony własnej na szczeblu programowym. Do realizacji zaproponowano metodę bezpośredniego podłączenia systemów obrony własnej do komputera pokładowego. Opisano protokół transmisji wykorzystywany w komunikacji z systemem LWR-H oraz przedstawiono proponowany sposób połączenia systemu

LWR-H z komputerem. Zaproponowane rozwiązanie pozwala na szybką integrację systemu LWR-H z komputerem pokładowym przy wykorzystaniu interfejsu RS-485. Dodatkowym plusem jest prostota protokołu wykorzystywanego w komunikacji. Brak elementu pośredniczącego (modułu tłumaczącego) wpłynie także na poprawienie niezawodności systemu.

Szczegółowe dane i wyniki przeprowadzonych prac zawarto w następującym opracowaniu:

1. Sprawozdanie z pracy nr 35/43/2010 pt.: „Protokół komunikacyjny detektora promieniowania laserowego LWR-H z systemem obrony własnej”, Opracowanie zewnętrzne”PK-WZE-000.2148.

Zadanie 6: Opracowanie technik przeciwdziałania zagrożeniom elektromagnetycznym dla wyrzutni naboju zakłócających

Walka elektroniczna powinna być prowadzona przeciwko wszystkim typom urządzeń radioelektronicznych stosowanym na współczesnym polu walki, takim jak: środki łączności, stacje radiolokacyjne wczesnego wykrywania, śledzenia i kierowania przeciwlotniczych pocisków raketowych, układy kierowania bomb lotniczych i zapalniki zbliżeniowe. Środki te pracują w szerokim zakresie widma elektromagnetycznego. Natomiast podstawowym zadaniem lotniczych środków WE jest obezwładnianie urządzeń radioelektronicznych przeciwnika, pracujących w systemach obrony powietrznej i przeciwlotniczej. Ma to na celu efektywną dezorganizację pracy środków i systemów radioelektronicznych przeciwnika wykorzystywanych do celów rozpoznania, kierowania środkami obrony przeciwlotniczej, dowodzenia, nawigacji i naprowadzania lotnictwa.

Zadaniem pokładowych środków WE jest osłona elektroniczna samolotów lub śmigłowców. Celem tej osłony jest utrudnianie lub uniemożliwianie przeciwnikowi wykrywania i śledzenia środkami radioelektronicznymi samolotów lub śmigłowców oraz zmniejszenie skuteczności działania rakiet, artylerii przeciwlotniczej i lotnictwa myśliwskiego.

Urządzenie przeciwdziałania oparte o wyrzutnie miotających ładunków zakłóceń zalicza się do pasywnych mylących środków przeciwdziałania elektronicznego. Zasada pracy sprowadza się do wytwarzania w pobliżu samolotu lub śmigłowca fałszywych celów, które „ściągają na siebie” układy kierowania pocisków naprowadzanych na podczerwień. Należy przy tym pamiętać, że siła promieniowania ładunku maleje wraz ze wzrostem prędkości i wysokości lotu. Czas i sposób odpalenia powinien być wypracowany przez komputer - układ zarządzający systemem. Elementarne w systemie przeciwdziałania dipole radiolokacyjne wystrzeliwane są z pokładowych wyrzutni na podobnej zasadzie jak flary termiczne. Wykonane są najczęściej z bardzo cienkich pasków folii metalowej lub włókien szklanych powlekanych aluminium o średnicy ~ 0.025 mm. Dipole odbijają wiązki promieniowania urządzeń radiolokacyjnych, tworząc na ich wskaźnikach fałszywe cele. W ten sposób mogą maskować śledzone obiekty albo imitować obiekty nie istniejące, utrudniając lub wręcz uniemożliwiając wykrycie i śledzenie celów rzeczywistych. U podstaw zastosowania dipoli radiolokacyjnych w systemach EW leży teoria anteny dipolowej, której wyjściowy port jest zwarty. Stwierdzono, że największe możliwości refleksyjne (odbiciowe) fal elektromagnetycznych występują przy zastosowaniu dipoli o długości $0,46 \div 0,48$ długości fali (λ). Z kolei liczba elementarnych dipoli radiolokacyjnych jest kombinacją matematyczną, która ma zapewnić powstanie obłoku radiolokacyjnego (o określonej RCS) w przestrzeni otaczającej osłaniany statek powietrzny. Chmura taka najskuteczniej absorbuje promieniowanie elektromagnetyczne w zadanym paśmie częstotliwości, jeśli odległości pomiędzy dipolami są wielokrotnością dwóch długości fali.

Podstawowy wzór do wyliczenia pozornej RCS jest nast.:

$$\Sigma(RCS) = 0,15 \times N \times \lambda^2, \text{ gdzie: } N - \text{liczba dipoli.}$$

Szerokość pasma elementarnego obwodu (dipola) jest funkcją współczynnika λ/d , gdzie: d-średnica dipola.

Typową szerokość pasma rzędu 15% częstotliwości środkowej uzyskuje się dla współczynnika $\lambda/d = „X”$.

Dla zapewnienia osłony elektronicznej obiektu należy zastosować ładunki zawierające dipole o różnych długościach, tak aby pokryły one standardowe pasmo częstotliwości.

Efektywność chmury radiacyjnej utworzonej z dipoli jest funkcją RCS, czasu wytwarzania (bloom time) oraz czasu trwania. W tym ujęciu, powierzchnia skuteczna odbicia RCS imitowana przez dipol jest równa lub większa dwukrotnie od rzeczywistej RCS osłanianego obiektu, w odniesieniu do tych samych warunków szacowania (np. kąt widzenia celu przez radar). Czas wytworzenia chmury/obłoku radiacyjnego (bloom time) oraz czas jej trwania muszą uwzględniać obliczenia realizowane przy szacowaniu RCS, oraz warunki wymagane na wyjście osłanianego obiektu z bramki odległości lub przechwycenia radaru. Tego typu osłona jest często nieskuteczna w stosunku do radarów impulsowo-dopplerowskich, w których mierzona jest różnica częstotliwości, jaka występuje pomiędzy sygnałem wysyłanym a odbitym od poruszającego się celu. Paski metalizowanej folii bądź metalizowane włókna szklane poruszają się jedynie z wiatrem, stale opadając na ziemię. W przypadku zastosowania filtra dopplerowskiego możliwa jest eliminacja sygnałów, przy których ta różnica częstotliwości powstaje. W ten sposób z ekranu radiolokatora systemu ogniowego można wyeliminować cele pozorne tworzone przez dipole radiacyjne.

Najczęściej system wyrzucania dipoli składa się z zespołu zasobników do odpalania ładunków, zespołu sterowania (bloku elektroniki), pulpitu wyboru z licznikiem (w kabinie) oraz zespołu programatora lub interfejsu, zapewniającego połączenie z komputerem pokładowym. Program steruje operacją odpalania ładunków, regulując liczbę odpalanych środków, liczbę salw oraz czas przerw między kolejnymi odpaleniami. Program odpalania, zależny od rodzaju misji, może być zadany na ziemi przed lotem statku powietrznego lub wypracowany przez komputer pokładowy EW, w zależności od typu zagrożenia i parametrów lotu. Wskaźniki w kabinie na bieżąco informują o sposobie odpalania (programie) oraz liczbie ładunków pozostałych do wykorzystania.

Flary termiczne nadal pozostają najprostszym i najtańszym sposobem zakłócania w podczerwieni. Podstawowym zadaniem flary jest wytworzenie źródła promieniowania cieplnego o energii wyższej od osłanianego obiektu. Najbardziej rozpowszechnione są w dalszym ciągu flary pirotechniczne. Wśród nich stosowane są flary z mieszkankami paliwowymi (magnez, aluminium), utleniaczami (teflon, azotan sodowy, tlenek żelazowy) oraz zapalnikiem elektrycznym. Aktualnie stosowane flary odpalone ze statku powietrznego zapewniają energię niemal zaraz po odstrzale współmierną do promieniowania silnika i w miarę zmniejszania prędkości (opadania), energia ta zwiększa się 3 lub 4-krotnie.

Użycie ich na współczesnym polu walki staje się coraz bardziej nieefektywne, co doświadczyło w szczególności lotnictwo byłego ZSRR w czasie wojny w Afganistanie.

Ważnym wymaganiem w odniesieniu do flary jest jej czas inicjacji (spalania) po wystrzeleniu. Istotnym jest aby moment ten został zainicjowany przed jej wejściem w pole widzenia głowicy (FOV). Problemem w rozwiązaniach klasycznych pozostaje fakt szybkiego opadania flary.

Zakłada się, że w nowych rozwiązaniach, flary będą podążać za osłanianym obiektem, co podniesie efektywność ich użycia jak również sygnatura ich rozbłysku będzie dostosowana do sygnatury cieplnej osłanianego obiektu. Flary nowej

generacji będą rozwijane pod kątem zapewnienia długiego czasu spalania ładunku, wysokiej temperatury spalania (na bazie fosforu), krótkim czasem inicjacji zapłonu (poniżej 0,5 sek.), zapewnienia osłony wielospektralnej (przed głowicami pocisków IR/NUV i IR/UV) oraz poprawieniem kinematyki.

Zakłada się jednak, że następna generacja pocisków raketowych będzie na tyle precyzyjna, że nawet najnowocześniejsze flary (z dopasowaniem widmowym i nową jakością kinematyki) będą dysponować bardzo krótkim czasem odpowiedzi. Podstawowym problemem jest wybór odpowiedniego momentu odpalenia flar (bardzo krótki czas spalania), liczby flar i sekwencji odpaleń. Pilot statku powietrznego może tylko w przypadkowy sposób, wykonując zadany manewr zgodnie z taktyką walki powietrznej, trafić we właściwy moment odpalenia flar. Użyciu pasywnych środków zakłócających powinien towarzyszyć manewr, co stanowi niezbędny warunek zerwania śledzenia. Znaczna część uzbrojenia obrony przeciwlotniczej jest naprowadzana w podczerwieni. W celu uniknięcia rażenia pociskami raketowymi naprowadzanymi na źródło promieniowania ciepła należy pamiętać, że urządzenie samonaprowadzające w głowicy pocisku raketowego będzie go kierowało w stronę intensywniejszego emitowania ciepła. Dlatego w celu zerwania naprowadzania należy wykorzystywać naboje na podczerwień, a następnie wykonywać manewr w kierunku słońca, ogniska pożaru, obłoku podświetlanego słońcem lub wejść w chmury. Przeciw rakietom małego zasięgu samonaprowadzającym się na podczerwień celowe jest odpalenie naboju termicznych z przerwami $T1 \div T2$ [s], ponieważ czas lotu pocisku raketowego na odległość efektywną wynosi 5-10 sekund.

Wymagania w zastosowaniu do flar termicznych

- intensywność : wymagana jest minimalnie większa od sygnatury IR osłanianego obiektu;
- sygnatura UV: minimalna sygnatura UV flary;
- czas inicjacji: $\sim 0,5s$;
- czas palenia : zależny od misji;
 - * krótki dla małych poziomów wysokości: $\pm T3[s]$;
 - * długi dla dużych poziomów wysokości: $\pm T4[s]$.

Naboje przeciwradiolokacyjne powinny być użyte w przewidywanych strefach rażenia środków naprowadzanych radiolokacyjnie.

W dotychczasowych wojnach i konfliktach lokalnych wypracowano wiele koncepcji prowadzenia walki radioelektronicznej podczas pokonywania systemu obrony powietrznej przeciwnika.

Pewne zasady należy jednak uznać za stałe:

1. Działania powinny odbywać się pod przykryciem samolotów walki elektronicznej.
2. Należy dążyć do zerwania radiolokacyjnego śledzenia przez stosowanie aktywnych i pasywnych zakłóceń za pomocą środków WE osłony indywidualnej. Użycie pasywnych środków WE powinno być połączone z manewrem samolotu.
3. Należy dążyć do skracania czasu przebywania statku powietrznego w strefach rażenia aktywnych środków obrony przeciwlotniczej oraz w strefach wykrywania ich stacji radiolokacyjnych.
4. W celu zamaskowania działań, czas rozpoczęcia i trwania zakłóceń powinien być dokładnie określony.
5. Do skutecznego i racjonalnego obezwładniania środków radioelektronicznych obrony przeciwlotniczej przeciwnika niezbędna jest znajomość ich parametrów technicznych oraz dyslokacji.

Przykładem możliwości poprawy własności eksploatacyjnych śmigłowca oddziałujących bezpośrednio na polepszenie żywotności ogólnej jest wykorzystanie doświadczeń w trakcie opracowania systemu przeciwdziałania zagrożeniom z przeznaczeniem dla śmigłowca *W-3PL*.

W ramach wspomnianego wyżej podsystemu przeciwdziałania wchodzi:

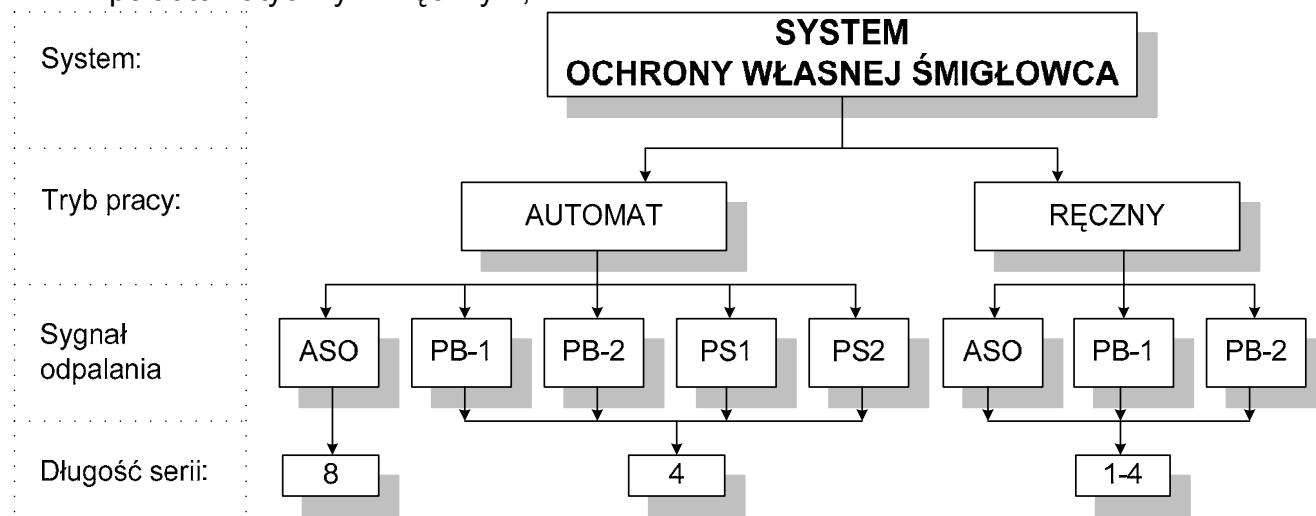
- 1) zespół wyrzutników flar i dipoli ASO-2W-ME (do odpalania standardowych flar użytkowanych na śmigłowcach SZ RP);
- 2) przełącznik P_{ASO} „AUTO-RĘCZ-WYŁ” i przycisk ASO na pulpicie uzbrojenia PU-1;
- 3) przyciski bojowe pilota (PB-1) i operatora (PB-2);
- 4) przyciski odpalania ASO zamontowane w kabinie pasażerskiej – PS1 i PS2;
- 5) przełącznik ASO [L – (L+P) – P] na tabliczce uzbrojenia;
- 6) Stacja zakłócająca i myląca w podczerwieni typu „ADROS”.

W ramach projektu badawczego opracowano algorytm odpalania flar dedykowany dla wyrzutni ASO-2W-ME z uwzględnieniem sterowania z poziomu komputera misji KM-1 śmigłowca „GŁUSZEC” oraz założeń technicznych do integracji odbiornika TDS-H z pokładem śmigłowca.

W związku z tym, zadanie wytwarzania zakłóceń realizowane jest poprzez programowe odpalenie ładunków zakłócających, po otrzymaniu odpowiednich sygnałów. Współpraca wyrzutników flar i dipoli ASO-2W-ME z zintegrowanym systemem awionicznym realizowana jest przy wykorzystaniu szyny MIL-STD-1553B. Załoga jest informowana o pozostałości naboju zakłócających i pracy stacji zakłócającej.

Zmodernizowane wyrzutnie (w komplecie są dwie, umieszczone odpowiednio na lewej i prawej stronie śmigłowca) przy współpracy z odpowiednim oprogramowaniem komputera misji KM-1 zintegrowanego systemu awionicznego zapewniają:

- 1) wymianę informacji między komputerem misji KM-1 a wyrzutnią ASO-2W-ME za pomocą szyny MIL-STD-1553B;
- 2) realizację programu przeciwdziałania w trybach: automatycznym, półautomatycznym i ręcznym;



Rys. 5. Schemat ideowy pracy podsystemu przeciwdziałania

Skuteczność i efektywność opracowanej aplikacji wystrzeliwania pułapek oceniono w trakcie badań kwalifikacyjnych partii próbnej śmigłowca W-3PL na poligonach ogniowych w 2009r. Wyniki badań systemu przeciwdziałania zostały ocenione pozytywnie i w konsekwencji uznane przez Komisję badań.

Szczegółowe dane i wyniki przeprowadzonych prac zawarto w następującym opracowaniu:

1. Sprawozdanie z pracy nr 45/43/2010 pt.: „Opracowanie koncepcji przeciwdziałania zagrożeniom elektromagnetycznym na bazie wyrzutni naboju zakłócających”, BT 5660/50.

Zadanie 7: Opracowanie metod optymalizacji tworzenia baz danych źródeł promieniowania elektromagnetycznego dla wybranego statku powietrznego

Istotą zadania była optymalizacja działania wielomodelowego i wielojęzykowego interfejsu obiektowo zorientowanego (WWIOZ) z kompleksowym zestawem danych dla odbiornika RWR oraz skorelowanego z nim systemu przeciwdziałania zagrożeniom (CMDS) wybranego samolotu.

System samoobrony samolotu stworzono aby odciążyć pilotów, pozwalając im skoncentrować się na celu zadania. Wykrywanie i zakłócanie systemów zagrożeń pracujących w zakresie radarowym spełnia m.in. zintegrowany system ochrony własnej. Podstawowe funkcje wymienionego systemu obejmują wykrywanie, identyfikację zagrożeń, ich lokalizację oraz zakłócanie. Zintegrowany system ochrony własnej wybranego statku powietrznego składa się z trzech głównych urządzeń: RWR (Radar Warning Receiver)- odbiornik ostrzegawczo – rozpoznawczy typu ALQ-211(V)4 z aktywnym systemem ochrony (generator zakłóceń); CMDS – system wyrzutni pułapek termicznych oraz pułapek radiolokacyjnych.

System CMDS przeznaczony jest do zapewnienia ochrony samolotu przeciwko rakietom sterowanym wiązką radarową oraz rakietom kierującym się na silnik samolotu. Odpowiedź systemu może być realizowana zarówno w automatycznym jak i ręcznym trybie pracy. System ten współpracuje z systemem RWR wykorzystując jego dane o wykrytych zagrożeniach. CMDS, zgodnie z wczytaną biblioteką zagrożeń oraz programem określającym funkcjonowanie systemu podczas misji (Mission Data File) wyrzuca środki przeciwdziałania (flary, dipole) wymagane do wyeliminowania zagrożenia. Inną alternatywną metodą przeciwdziałania zagrożeniom jest włączenie generatora zakłóceń aktywnych.

Każde wykryte i zidentyfikowane zagrożenie przez odbiornik RWR powinno być neutralizowane w sposób automatyczny lub opcjonalnie ręczny przez system przeciwdziałania zagrożeniom. Wynika stąd, że na określony typ zagrożenia musi być wyzwolona określona reakcja ze strony systemu przeciwdziałania, np. z wyrzutni flar i dipoli powinna być wystrzelona właściwa sekwencja zakłóceń gwarantująca w największym stopniu zmylenie radaru bądź głowicy pocisku kierowanego na podczerwień.

Funkcja oceny efektywności systemu przeciwdziałania systemu ochrony własnej statku powietrznego w zależności od przyjętego programu zadania na etapie planowania misji (mission planning) oraz przewidywanych zagrożeń elektromagnetycznych (scenariuszy EW) realizowana jest zazwyczaj przy wykorzystaniu stacji testującej (Jammer Analysis Work Station- JAWS). Stanowisko testowe JAWS umożliwia wirtualne sprawdzenie skuteczności systemu przeciwdziałania CMDS (wyrzutnia flar i dipoli) w oparciu o informację o zdefiniowanym zagrożeniu oraz elementy planowania misji (między innymi: program lotu/trasę przejścia, przewidywane zagrożenia, wysokość i prędkość lotu).

Parametry ładunków termicznych powinny być dobierane odpowiednio do zakresu ich wykorzystania. Na przykład, siła promieniowania określonego ładunku pocisku z systemu CMDS, odpalonego na prędkości okołoświekowej w locie bez włączonego dopalacza, niemal zaraz po odstrzale jest współmierna do promieniowania silnika i w miarę zmniejszania prędkości ładunku pozorującego zwiększa się 3 lub 4-krotnie. Czas świecenia przekracza 5 sekund.

Baza danych odbiornika (BDO) RWR stanowić musi źródło informacji na temat parametrów technicznych i trybów działania niekomunikacyjnych (radarowych) nadajników oraz powiązanych z tym systemów dla zintegrowanego systemu walki elektronicznej samolotu. Biblioteka BDO powinna zapewnić dostęp do starszych oraz aktualnych źródeł informacji dotyczących reprogramowalnych elektronicznych

systemów walki. BDO powinna zawierać dane na temat parametrów radarów, urządzeń zakłócających, pomocy nawigacyjnych i pozostałych nadajników emisji elektromagnetycznej. Projekt biblioteki BDO został wykonany jako testowa aplikacja danych z zaimplementowanymi mechanizmami obiektowo zorientowanej biblioteki danych. Ten sposób realizacji projektu jest podyktowany następującymi argumentami. Po pierwsze, obiektowo zorientowana biblioteka danych jest często używaną aplikacją MLV zawierającą odpowiedni i wystarczający zestaw danych do oceny różnorodności i unikalności obiektowo zorientowanego interfejsu (odbiornika ostrzegawczego klasy RWR). Po drugie, posiada właściwości dogodne dla orientacji obiektowej. Właściwości te zawierają łatwo identyfikowalne obiekty i relacje między obiektami. Użytkownicy eksploatowanych bibliotek MLV w innych państwach NATO są zgodni w ocenie, że obecny hierarchiczny model danych wymaga od użytkownika zrozumienia relacji między danymi, z których wiele nie jest jasno przedstawione w modelu danych. W dodatku do ubożego modelowania danych, format biblioteki danych zagrożeń jest trudny do zinterpretowania. Wynika to z faktu, że kody nie są standaryzowane dla wszystkich rodzajów rekordów. Zgodnie z zasadami optymalizacji funkcjonowania systemu ochrony pasywnej samolotu, zasoby bazy danych zagrożeń powinny być skonfigurowane zgodnie z następującą metodyką postępowania:

1. Struktura bazy danych powinna być wystarczająco uniwersalna, by istniała możliwość przechowywania informacji istotnej z punktu widzenia innych eksploatowanych w Siłach Powietrznych odbiorników RWR;
2. Model danych powinien opisywać wszystkie obiekty, będące przedmiotem zainteresowania z punktu widzenia realizowanych zadań wykrywania i przeciwdziałania;
3. Obiekt, będący przedmiotem zainteresowania powinien być opisywany cechami charakterystycznymi dla swojej klasy lub typu, ale ich wartości powinny być specyficzne dla danej instalacji;
4. Powinna istnieć możliwość dodania obiektowi jego położenia oraz znaku graficznego będącego reprezentacją obiektu;
5. Obiekty powinny mieć możliwość nadawania różnych statusów;
6. Model musi umożliwiać definicję związków pomiędzy typami obiektu (encje);
7. Wskazane jest przechowywanie związków pomiędzy parami obiektów;
8. Wszystkie obiekty powinny być przechowywane w ten sam sposób, niezależnie od ich przynależności państwowej;
9. Dodatkowo powinna istnieć możliwość przechowywania danych o źródle informacji, realnych i raportowanych czasach oraz ważności obiektu;
10. Nie jest wskazane posługiwanie się tekstem niesformalizowanym, chyba, że będzie używany system dystrybucji, który będzie miał możliwość jego interpretacji i przetworzenia do potrzeb modelu.

Niektóre z istotnych ograniczeń modelu nie mogą być zapisane przy pomocy standardów modelowania. Celem nadrzędnym jest określenie niezbędnego minimalnego zestawu danych przeznaczonych do wymiany w ramach wspólnych działań. Każdy użytkownik bazy danych musi mieć prawo do rozszerzania swojego własnego słownika danych, ale tylko w przypadku wykorzystywania go w ramach własnego systemu. Każde rozszerzenie, które ma być używane globalnie, musi zostać zgłoszone jako propozycja zmian modelu i może być uznane za obowiązujące dopiero po zaakceptowaniu i od następnej wersji modelu.

Podstawową jednostką modelu danych w zastosowaniu do odbiornika RWR jest encja, element opisowy odzwierciedlający typ grupy obiektów rzeczywistych o podobnych cechach, jak np.: radar, lokalizacja, tryb pracy itp. Właściwości encji określane są jako atrybuty (ang. attributes) wyrażające ich charakterystyczne cechy. Do systemu bazodanowego RWR będą pośrednio poprzez żądania zmian

wprowadzane dane, które są wynikami prowadzonych badań i pomiarów z wykorzystaniem systemów i stacji rozpoznania klasy SIGINT lub ELINT. Nie można zakładać bezpośredniej współpracy z tymi systemami, gdyż dostarczają one danych taktycznych na znacznie wyższym poziomie i dopiero po uogólnieniu oraz sprawdzeniu (optymalizacji) mogą być danymi źródłowymi dla sprzętowej bazy danych. Dane z systemów nadrzędnych (co najmniej klasy ELINT) po analizie i ewentualnych badaniach będą podstawą wypełnienia formularza metryki emitera lub żądania zmian w bazie danych (w wersji papierowej lub elektronicznej). Dane między systemami mogą być w początkowym okresie eksploatacji przenoszone manualnie w oparciu o wycinkowe raporty systemów.

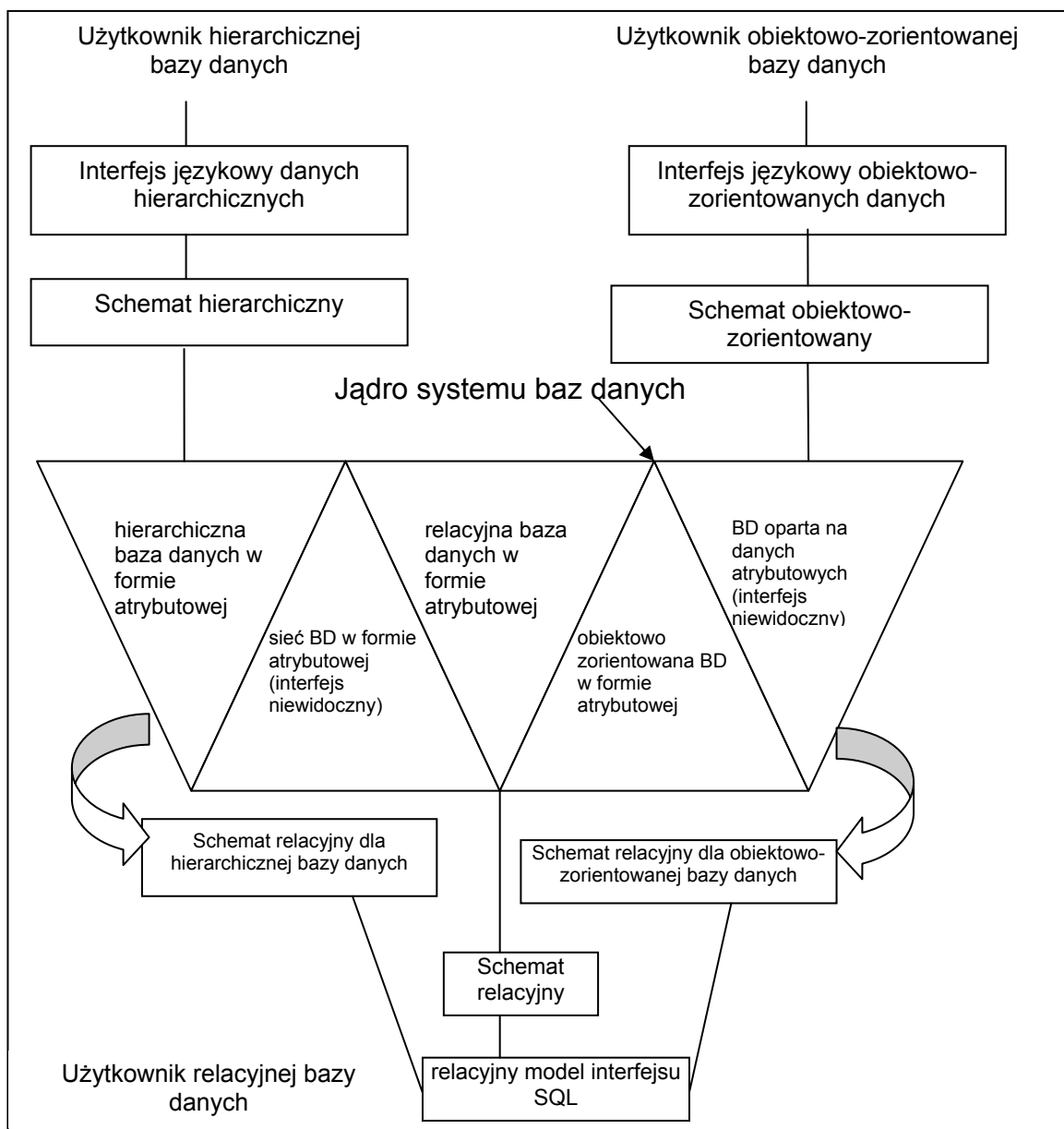
Generalnie zaleca się, żeby przenoszenie danych w systemie zasilania odbiorników RWR i poza system odbywało się za pośrednictwem zapisów czytelnych i zrozumiałych dla personelu obsługującego i interfejsów maszynowych (formatów danych skompilowanych z użyciem właściwych programów narzędziowych). Podstawowym elementem modelu zmian jest abstrakcyjny obiekt zmian, z czterema obiektami pochodnymi (problem, żądanie, nakaz, powiadomienie). Obiekt ten może podlegać kategoryzacji, np. adaptacja - do innego środowiska, poprawa, udoskonalenie - dodanie funkcjonalności, prewencja - udoskonalenie obsługi. Istnieje możliwość rozpatrywania innych kategorii. Problem zmian to identyfikacja i gromadzenie problemów z wielu źródeł (w tym z innych zmian). Problem może powodować żądanie jednej lub wielu zmian. Problemy mogą być filtrowane ze względu na źródło i treść. Potwierdzenie zmiany (powiadomienie) dotyczy zarówno uczestników, jak i innych obiektów. Opisuje część lub wszystkie wprowadzone zmiany względem obiektu zmian. Normalną praktyką jest dostarczanie informacji o efektywności nakazu zmiany. Nakaz zmian jest dyrektywą (zarządcy) wprowadzenia zatwierdzonego żądania zmiany. Określa on wymagane elementy dostawy. Żądanie zmiany wyraża potrzebę zmian jednego lub wielu obiektów w bazie odbiornika RWR. Zazwyczaj jest tworzone po ocenie jednego lub wielu problemów zmian wymagających rozpatrzenia i formalnego potraktowania, może grupować i priorytetować żądania. Wprowadza się mechanizm zależności między elementami zmian, który umożliwia np. określenie nakazu zmian wynikającego z żądań zmian, czy wynikających z niego potwierdzeń zmian. Opis zmiany obejmuje związek nakazu zmian z potwierdzeniami zmian. Zbiór potwierdzeń zmian winien w pełni opisywać wszystkie wprowadzane przez nakaz zmiany. Zakłada się, że problem lub żądanie są generowane przez jednego użytkownika bazy danych odbiornika RWR. Zmiany mają wpływ tylko na obiekty, które mogą podlegać zmianom. Użytkownik może nie wiedzieć, jakiego obiektu dotyczy dany problem (np. trudno zmieniać dane o emiterze, który nie leży w jego kompetencji). Dyspozycja może zawierać polecenie usunięcia, zmiany, dopisania elementu charakterystyki emitera. Informację o zmianie i jej potwierdzenie otrzymują wszyscy z listy wskazanych użytkowników.

Korzystając ze specyfikacji projektowanej biblioteki zagrożeń BDO, zaimplementowane obiektowe klasy powinny być łatwo rozpoznawalne przez odbiornik RWR. Obiektowo zorientowany interfejs MLV odbiornika RWR wymaga dokładnego formatowania zgodnie ze schematem definicji. W obiektowo zorientowanej specyfikacji istniejącej biblioteki danych nie ma ograniczeń w zakresie formatowania klas i atrybutów, ponieważ ich specyfikacja nie jest powiązana z obiektowo zorientowanym interfejsem.

Zasadniczym elementem odpowiadającym za funkcjonalność systemu CMDS jest aplikacja narzędziowa MVL uruchomiona na laptopie z wyjściem RS, służącym do komunikacji z pokładową częścią systemu ochrony własnej. MLV odpowiada za realizację zleceń wewnętrznych w systemie CMDS poprzez zasilanie aplikacji Countermeasure Response Optimization (CRO).

Kiedy odbiornik RWR wykryje zagrożenie oraz w oparciu o zasoby bazy danych ustali parametry zagrożenia, wówczas przekazuje do systemu CMDS z wykorzystaniem magistrali BUS wiadomość TrackFile HandOff (TFHO). Wiadomość ta umożliwia programowe odpalenie flar bądź dipoli.

Tak jak przedstawiono na rysunku 6 projekt modelu danych i danych językowych został określony jako jądro biblioteki danych. Jądro WWIOZ używa par atrybut - wartość jako elementarne jednostki danych.



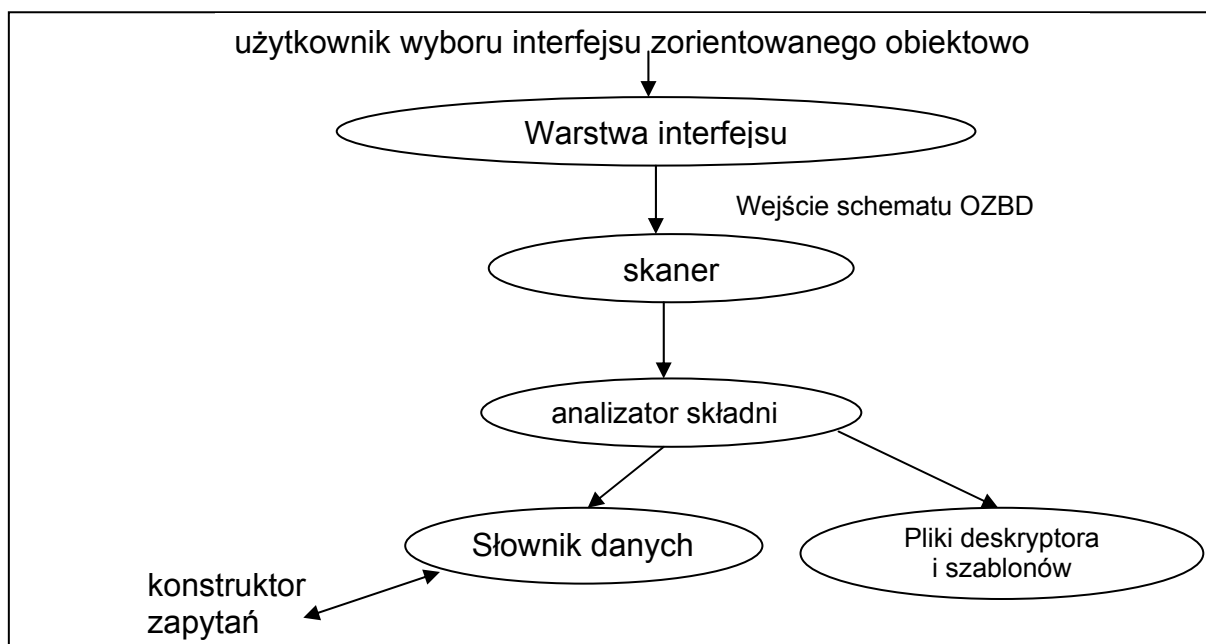
Rys.6. Schemat projektu modelu relacyjnego użytkownika bazy danych odbiornika RWR

Para atrybut - wartość składa się z systemowo wygenerowanego identyfikatora obiektu (atrybutu) oraz odpowiadającej mu wartości. Do rozróżnienia raz określonego jądra biblioteki danych od innych baz w ramach systemu WWIOZ używa się odpowiednich schematów. Schemat biblioteki danych jest definicją atrybutów i relacji zawartych w bazie. WWIOZ zawiera następujące schematy: relacyjne, hierarchiczne, sieciowe, funkcjonalne oraz nowopowstałe obiektowo zorientowane. Użytkownik biblioteki danych nie musi posiadać wiedzy na temat tego, jak system przekształca dane na format jądra. Dodatkowo system jądra i schematy WWIOZ pozwalają translacjom pojawiać się pomiędzy różnymi bibliotekami wewnątrz systemu. Dla przykładu, relacyjny użytkownik może mieć

dostęp do informacji pochodzących z obiektowo zorientowanej biblioteki danych poprzez relacyjny język zapytań. Relacyjny schemat obiektowo zorientowanej biblioteki danych będzie przekształcał obiektowo zorientowane dane w ich relacyjne odpowiedniki. Ponieważ fizyczne dane umieszczone są w jądrze, obiektowo zorientowany model danych (OZMD) musi być odwzorowany do odpowiadającego mu modelu danych bazujących na atrybutach bazowych (ABDM¹¹). Odwzorowanie polega na przekształceniu jednych danych w inne. Odwzorowanie z obiektowo zorientowanego modelu do modelu danych atrybutów bazowych odbywa się z wykorzystaniem języka definicji danych obiektowo zorientowanych (Object-Oriented Data Definition Language – O-ODDL).

Kompilator O-ODDL sprawdza poprawność za pomocą skanera i analizatora składni (parser). Skaner sprawdza składnię zdania O-ODDL w czasie, gdy analizator składni sprawdza poprawność gramatyczną i językową zdania. Kompilator generuje słownik danych do użytku przez konstruktora zapytań. Kompilator deskryptora i szablony plików są obiektowo zorientowaną specyfikacją w tożsamej bazie danych z jądrem. Rysunek 7 przedstawia schemat i proces definicji danych.

Język definicji danych obiektowo zorientowanych zapewnia konstrukcje przydatne w tworzeniu nowego schematu biblioteki danych. Poszczególne specyfikacje języka definicji danych obiektowo zorientowanych są stosowane przez obiektowo zorientowany interfejs w celu tworzenia schematów dla obiektowo zorientowanej biblioteki danych. Dane sygnałowe formują zbiór i istotę danych parametrycznych biblioteki dla przeciwdziałania CMDS. Kontrola spektrum elektromagnetycznego wymaga właściwej wiedzy na temat charakterystyk sygnałów wytwarzanych przez obce nadajniki.



Rys.7. Schemat procesu definicji danych

Dane parametryczne zagrożeń zostały stworzone w celu przekazywania nadajnikowi sygnału informacyjnego, który kształtuje swojego rodzaju identyfikator nadajnika. Decydując jak zredukować dane sygnałowe do rozmiaru implementowanego, skupiamy się przede wszystkim na najbardziej użytecznych informacjach. Drugim ważnym krokiem jest zatrzymanie kilku złożonych relacji danych. Sygnał danych biblioteki dla przeciwdziałania zawiera wielopoziomowe dziedziczenie i relacje typu 1:1 (np. typ relacji 1:1 pomiędzy *signal* a *constant power*

¹¹ Attribute-based Data Model

i *non-constant power*). Ta zmiana w stosunku do oryginalnej specyfikacji została wprowadzona aby uniknąć nieosiągalnych specyfikacji klas.

Mimo że, większość klas nie jest zaimplementowana w nowej bazie dla przeciwdziałania CMDS, główny sens sygnałów danych jest zachowany. Sygnał RF, moc, szybkość i struktura są zawarte w nowej bazie. Zachowane klasy posiadają odpowiednią strukturę i zawartość do oceny obiektowo zorientowanej implementacji. Odbiornik, tak jak antena, jest podstawowym składnikiem nadajnika zakłóceń. Jeden nadajnik może posiadać wiele odbiorników, a relacja nadajnik-odbiornik jest typu 1:N. Parametry odbiornika ujawniają zdolność nadajników do oceny nadchodzących sygnałów. Ta umiejętność jest głównym determinanem w ustawieniach nadajników.

Odbiornik jest głównie skoncentrowany na przetwarzaniu sygnałów. Zatem, w implementacji nowej biblioteki dla przeciwdziałania zawarte jest sygnałowe przetwarzanie klas. Zachowane klasy i atrybuty bazują na najczęściej używanych danych w podsekcji odbiornika. Wiele emiterów posiada specjalne tryby (Rezerwowy Tryb Walki - WARM), które są używane tylko podczas wojny. Głównym celem jest stworzenie zamieszania w zasobach walki elektronicznej EW aby zdobyć przewagę nad przeciwnikiem. Biblioteka danych zagrożeń wyszukuje dostępne nadajniki danych WARM. WARM jest elementem centralnym i funkcjonuje, jako uogólnienie klasy wszystkich gałęzi. Nowa biblioteka dla przeciwdziałania CMDS zachowuje jedynie klasę RF ECCM¹² jako jedną ze specjalizacji dziedziczenia. Pojedyncza specjalizacja odpowiednio reprezentuje cel i strukturę WARM w nowej obiektowo zorientowanej specyfikacji. Klasy danych parametrycznych w nowej bazie dla przeciwdziałania CMDS są zasadniczo składowymi logicznie powiązanych danych parametrycznych EW. Parametryczne dane klas w tej części są głównie częścią powiązań typu 1:1, wraz ze specjalizacją klas ważnych podsekcji. Tylko w kierunku od specjalizacji do ogółu dostępnej informacji w obiektowo zorientowanym interfejsie możliwe jest osiągnięcie wszystkich klas.

Wnioski:

1. Podstawowy problem przy optymalizacji aplikacji narzędziowej bazy danych źródeł promieniowania elektromagnetycznego dla samolotu F-16 polega na wyborze kryteriów jakości, które możliwie dobrze oceniają różne aspekty zjawiska. Celem dokonania właściwego wyboru danych źródła elektromagnetycznego pod kątem optymalizacji działania systemu przeciwdziałania elektronicznego, należy więc rozpatrywać tylko te kryteria jakości parametrów, którym można przyporządkować wartości liczbowe w całym zakresie zmienności zmiennych sterujących (w związku z możliwością zmian trybów pracy źródła promieniowania).

2. Kryterium optymalizacji uzyskuje się poprzez wybór wartości wag o jednakowych wartościach lub wartościach zadanych oraz określeniu tzw. warunków brzegowych (wartości koniecznych). Przyjęcie wartości współczynnika jakości (zmiennej sterującej) i współczynnika wagi z przedziału $0 \div 1$ jako wartości maksymalnej zapewnia, że obliczona wartość funkcji optymalizacji dla danego parametru będzie znormalizowana tj. przyjmie też wartość w przedziale $0 \div 1$. Ostatecznym kryterium wyboru jest przyjęcie rozwiązania (np. sekwencji zakłóceń) gwarantującego uzyskanie wybranych zmiennych sterujących odpowiadających za tzw. przykrycie elektromagnetyczne (jak również zmylenie celu) o wartościach przyjmowanych z zakresu $0,9 \div 1$.

3. Wartości zadane (wartości zmiennych sterujących) określone są przez wybrane parametry, stanowiące rdzeń dla bazy danych zagrożeń, dobierane liczbowo w tym przypadku przez aplikację narzędziową lub udział człowieka w formułowaniu sprzętowej bazy danych zagrożeń. Parametry danych wprowadzane przez aplikację narzędziową są najbardziej zbliżone do wartości koniecznych, wymaganych przez stanowisko do optymalizacji bazy danych. W stosunku do tego rozwiązania będą

¹² Przeciwdziałanie przeciwdziałaniu elektronicznemu
ZAŁĄCZNIK DO RAPORTU KOŃCOWEGO Z PROJEKTU ROZWOJOWEGO OR00003105

oceniane kryteria jakości (np. parametry techniczne) innych wybranych aplikacji narzędziowych, umożliwiających obsługę systemów walki elektronicznej na innych samolotach Sił Powietrznych (C-130 Hercules oraz C-295M CASA).

4. Podstawowym błędem popełnianym przez wielu niedoświadczonych projektantów baz danych jest wrzucenie wszystkich danych do jednej tabeli. Dodatkową możliwością dostępną w bazach danych (MySQL od wersji 5.0, PostgreSQL, MS SQL, Oracle) jest możliwość pisania procedur i funkcji, które są przechowywane i wykonywane w bazie danych. Dzięki temu można osiągnąć dalszy wzrost wydajności, gdyż taka procedura (lub funkcja) będzie mieć bezpośredni dostęp do danych, zatem wyeliminowane zostaną opóźnienia związane z przesyłaniem danych poza źródłową bazę danych (do sprzętowej bazy danych).

5. W przypadku dużych baz danych na których wykonywana jest ogromna ilość zapytań, warto pomyśleć o częściowej denormalizacji, aby zwiększyć wydajność. Można tego dokonać na dwa podstawowe sposoby:

- poprzez zapis w bazie danych wartości wyliczonych na podstawie innych danych z bazy;
- poprzez zapis klucza obcego nie tylko w bezpośrednio powiązanej tabeli, ale także w "sąsiednich" tabelach.

Warto przeanalizować dane i zapytania, aby znaleźć takie wartości, które są często obliczane, a obliczenia nie są trywialne. Są to potencjalni kandydaci do optymalizacji tą metodą. Co prawda baza zajmie więcej miejsca na dysku oraz jej modyfikacje będą wolniejsze, ale są też zalety: jeżeli większość zapytań tylko odczytuje dane, to zapisany gotowy wynik pozwoli zaoszczędzić czas który wcześniej był poświęcany na obliczenia. Drugą metodą optymalizacji przez denormalizację jest dodanie dodatkowych kluczy obcych. Ułatwiają one nawigację w systemie wprowadzania danych do aplikacji narzędziowej odpowiedzialnej np. za sterowanie sekwenserem (element systemu CMDS), jak również szybkie wyszukiwanie wybranych linii (długość serii, czas trwania zapłonu ładunku, nominalnej częstotliwości zakłócania elektronicznego, czasu przerwy między odpaleniami, ilości odpaleń) dla zbliżonych parametrycznie zagrożeń zidentyfikowanych przez RWR.

Szczegółowe dane i wyniki przeprowadzonych prac zawarto w następujących opracowaniach:

1. Sprawozdanie z pracy nr 74/43/2010 pt.: „Optymalizacja bazy danych źródeł promieniowania elektromagnetycznego dla samolotu F-16”, BT 5757/50.

Dodatkowo wykonano:

2. Sprawozdanie z pracy nr 111/43/2010 pt.: „Optymalizacja bazy danych źródeł promieniowania elektromagnetycznego dla samolotu C-295M”, BT 5864/50.

3. Wykaz opracowań naukowych wykonanych w trakcie realizacji projektu

Otrzymane wyniki opublikowano w następujących materiałach naukowych:

1.	Żywotność śmigłowca i urządzeń przeciwdziałania zagrożeniom	ITWL, Problemy Badań i Eksploatacji Techniki Lotniczej T VII, Warszawa - 16 stron, praca w przygotowaniu	2010r.	publikacja książkowa
2.	Zintegrowany pokładowy system WE śmigłowca i zwiększenie żywotności	ITWL, Problemy Badań i Eksploatacji Techniki Lotniczej T VII, Warszawa - 16 stron,	2010r.	publikacja książkowa

	bojowej	praca w przygotowaniu		
3.	Walka elektroniczna jako zasadniczy element zmniejszenia porażalności statku powietrznego	VI Konferencja Awioniki, "AWIONIKA'2010" Rzeszów, Bezmiechowa, 11 stron	2010r.	referat
4.	Zagadnienia porażalności SP w aspekcie Walki Elektronicznej	VIII Konferencja Naukowo-Techniczna – Systemy Rozpoznania i Walki Elektronicznej KNTWE Pisz, 10 stron	2010r.	referat

OPRACOWAŁ:

mjr mgr inż. Mariusz MASIEWICZ

KIEROWNIK PROJEKTU

ppłk dr inż. Henryk KOWALCZYK