



AKADEMIA SZTABU GENERALNEGO

IM. GENERAŁA BRONI
KAROLA ŚWIERCZEWSKIEGO

GPR4

ol. v. z.



~~do użytku~~
~~biurowego~~
~~BOUFNE~~
Egz. nr 2

Ppłk mgr inż. Ryszard PAWLIKOWSKI

Operacyjne wykorzystanie
łączności satelitarnej
z uwzględnieniem aspektów
organizacyjno-technicznych

Rozprawa doktorska

Część I



11805

WARSZAWA 1978

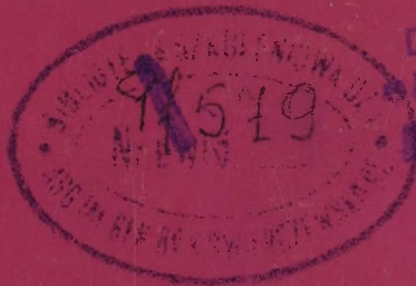


6084



**AKADEMIA
SZTABU GENERALNEGO**
IM. GENERAŁA BRONI
KAROLA ŚWIERCZEWSKIEGO

ol. v. z.



~~Do użytku
biurowego~~

BOUENE

Egz. nr 2

Pplk mgr inż. Ryszard PAWLIKOWSKI

Operacyjne wykorzystanie
łączności satelitarnej
z uwzględnieniem aspektów
organizacyjno-technicznych

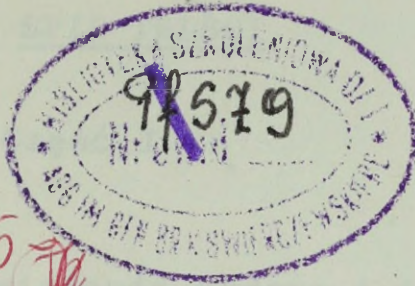
Rozprawa doktorska

Część I



11805

~~Do użytku~~
~~Biuro~~
Egz.nr..... 2



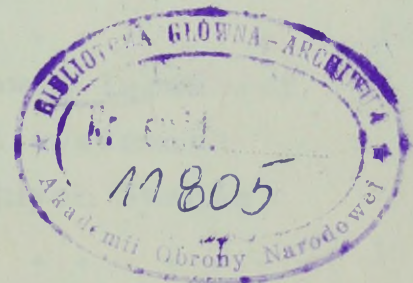
*Przekł. Prof.
320/21.03.95*

ppłk mgr inż. Ryszard Pawlikowski

OPERACYJNE WYKORZYSTANIE ŁĄCZNOŚCI SATELITARNEJ
Z UWZGLĘDNIENIEM ASPEKTÓW ORGANIZACYJNO-TECHNICZNYCH

Część I

Rozprawa doktorska



Praca napisana pod kierownictwem naukowym
płka doc.dra inż. Władysława KOŁOSOWSKIEGO

W A R S Z A W A

1978 r.

SPIS TREŚCI

Str.

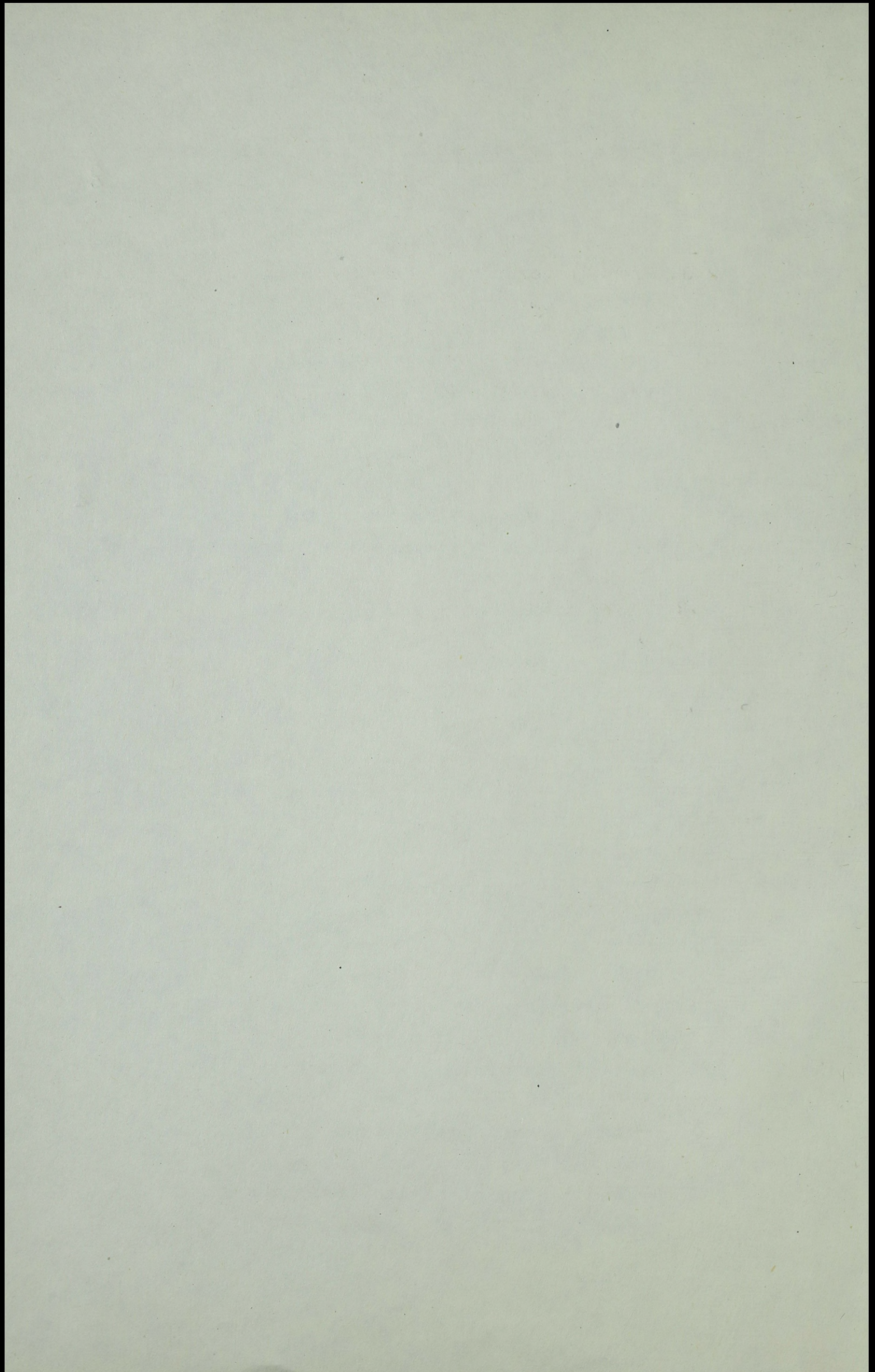
Część I

W S T - P

1. Współczesne działania bojowe i ich implikacje w dziedzinie łączności	6
1.1. Dowodzenie wojskami w warunkach współczesnych działań bojowych	6
1.2. Systemy łączności w procesie zabezpieczenia dowodzenia wojskami	14
1.3. Łączność radiowa w kontekście jej wykorzystania na współczesnym polu walki . .	16
1.3.1. Zakres fal radiowych i ich właściwości	16
1.3.2. Linie radiowe	27

Rozdział I

SYSTEMY WOJSKOWEJ ŁĄCZNOŚCI SATELITARNEJ PAŃSTW NATO - ICH ANALIZA Z PUNKTU WIDZIEŃ OPERACYJNEGO I TECHNICZNEGO	31
1. Miejsce i zadania systemów wojskowej łączności satelitarnej MILSATCOM w głównych systemach dowodzenia i kierowania sił zbrojnych Stanów Zjednoczonych	31
2. Wojskowe systemy łączności satelitarnej . . .	36
2.1. Wojskowy system łączności satelitarnej DSCS i jego analiza	40
2.2. Taktyczny system łączności satelitarnej TACSATCOM i jego analiza	45
2.3. System łączności satelitarnej Wielkiej Brytanii i jego analiza	48
2.4. System łączności satelitarnej NATO i jego analiza	49
2.5. System łączności satelitarnej marynarki wojennej FLTSATCOM	52



2.6. System łączności satelitarnej sił lotniczych AFSATCOM	53
2.7. Żywotny rozwojowy projekt łączności satelitarnej SURVSATCOM	54
2.8. Projekt rozwojowy łączności satelitarnej dla ruchomych stacji naziemnych	54
2.9. Zagadnienia dostępu wielokrotnego do satelity	55
3. Wnioski	70
Rozdział II - KONCEPCJA SYSTEMU ŁĄCZNOŚCI SATELITARNEJ NA EUROPEJSKIM TDW	
1. Zagadnienia wstępne	71
1.1. Obszar europejskiego teatru wojny /ETW/	71
1.2. Analiza europejskiego teatru wojny /ETW/ pod względem zabezpieczenia wojsk w system łączności radiowej	72
2. Wymagania dla systemu łączności satelitarnej na europejskim teatrze wojny /ETW/	74
2.1. Założenia operacyjno-techniczne systemu	74
2.1.1. Segment kosmiczny	75
2.1.1.1. Wybór orbity satelity	75
2.1.1.2. Wiązka promieniowania satelity	76
2.1.1.3. Wybór zakresów częstotliwości	79
2.1.1.4. Wybór dostępu wielokrotnego do satelity	80
2.1.2. Segment naziemny	80
3. Zastosowanie łączności satelitarnej w działaniach bojowych	82
3.1. Sposoby organizacji łączności satelitarnej	82
3.2. Założenia dla przykładowego systemu łączności satelitarnej	83

	Str.
Rozdział III - SYMULACJA SYSTEMU NAZIEMNEJ ŁĄCZNOŚCI RADIOWEJ I ŁĄCZNOŚCI SATELITARNEJ.....	86
1. Wstęp	86
2. Sformułowanie zagadnienia.....	87
3. Model systemu łączności radiowej.....	87
4. Zaprogramowanie modelu na maszynę cyfrową.....	89
4.1. Język programu	89
4.2. System kompilacyjny	89
4.3. Opis programu	90
5. Dane przyjęte do obliczeń oraz uzasadnienie ich wyboru.....	103
6. Analiza wyników	106
7. Wnioski	109
WNIOSKI KOŃCOWE	110
ZAKOŃCZENIE.....	112
BIBLIOGRAFIA	113
ZAŁĄCZNIKI /Część II/	
1. Podstawowe dane techniczne i eksploatacyjne wojskowych satelitów łączności państw NATO	
2. Podstawowe dane techniczne i eksploatacyjne wojskowych stacji naziemnych łączności sate- litarnej państw NATO	
3. Satelitarny system łączności NATO	
4. Pokrycie europejskiego teatru wojny przez sa- telitę łączności o wiązce promieniowania $\Phi = 3^\circ$	
5. Propozycje zastosowania łączności satelitarnej w Siłach Zbrojnych PRL	
6. Program /w języku FORTRAN do kompilacji w XDC3/	
7. Program /w języku CSL/	
8. Dane oraz wyniki obliczeń	

W S T Ę P

Zapewnienie niezawodnej łączności wojskom we współczesnych działaniach bojowych jest jednym z podstawowych wymagań niezbędnych dla sprawnego dowodzenia i kierowania nimi na polu walki. Rosnące systematycznie zapotrzebowanie na nowe łącza, konieczność zabezpieczenia odpowiednio wysokiej niezawodności jest rezultatem ciągłych poszukiwań nowych rodzajów łączności, przede wszystkim bezprzewodowej.

W okresie ostatnich kilku lat coraz większa uwaga zwrócona jest w kierunku wykorzystania łączności satelitarnej do zapewnienia łączności wojskom we współczesnych działaniach bojowych.

1. Współczesne działania bojowe i ich implikacje w dziedzinie łączności

1.1. Dowodzenie wojskami w warunkach współczesnych działań bojowych

Według panujących poglądów należy się liczyć ze znacznymi zmianami w porównaniu do ubiegłej wojny światowej, charakteru walki jej sposobów i form. Przyszłe działania bojowe będą się wyróżniały masowym użyciem nie tylko konwencjonalnych środków walki, lecz także broni raketowo-jądrowej, użytej z dużym rozmachem przestrzennym. Wzrośnie gwałtownie zasięg działań bojowych, głębokość rażenia, ruchliwość wojsk, zużycie środków materiałowych, straty w sile żywej i technice.

Nastąpi w związku z tym znaczne rozśrodkowanie pododdziałów, oddziałów i związków taktycznych na polu walki, a manewr mimo trudności jego wykonania ze względu na wzrost siły ognia przeciwnika, stanie się podstawą działań bojowych wojsk.

Jednocześnie wzrosną szerokości pasów, w których będą działać pododdziały, oddziały i związki taktyczne, np. dywizja USA podczas II wojny światowej nacierała w pasie 2-4 km, a obecnie w pasie 15-20 km.

Przewiduje się również szybkie i nagłe zmiany sytuacji, powodujące z całą pewnością konieczność niezwłocznego przechodzenia od jednego rodzaju walki do drugiego, którymi będą walki zaczepne /natarcie, pościg, bój spotkaniowy/, obronne i odwrotowe.

Poprzez walkę będą realizowane konkretne zadania taktyczne, stanowiące w sumie o wykonaniu zadań operacyjnych.

Współczesne operacje mogą być wykonywane przez jeden rodzaj sił zbrojnych lub połączonym wysiłkiem wojsk lądowych, marynarki wojennej, lotnictwa i wojsk obrony powietrznej kraju. Ważną rolę będzie wówczas miało ścisłe współdziałanie na polu walki i bitwy wszystkich rodzajów wojsk i sił zbrojnych, na lądowych i morskich teatrach działań wojennych, a także w powietrzu i w przestrzeni kosmicznej. Szczęólnego znaczenia nabiera obecnie ścisła jedność działania na zewnętrznym froncie wojny i wewnętrznym froncie obrony.

Wszystkie te złożone procesy muszą być właściwie koordynowane i przebiegać w miarę możliwości bez zakłóceń. W tych warunkach organizatorska i kierownicza rola dowódców i sztabów wszystkich szczebli w przygotowaniu i prowadzeniu działań bojowych wojsk posiada pierwszorzędne znaczenie. Realizuje się to przez dowodzenie, które sprawowane jest przez dowódców przy pomocy sztabów, szefów rodzajów wojsk i służb oraz oficerów aparatu politycznego. Ogólnym i końcowym celem dowodzenia wojskami przez dowódców wszystkich szczebli, który wynika z samej istoty walki, jest zapewnienie rozbicia przeciwnika siłami podległych wojsk w jak najkrótszym czasie oraz przy jak najmniejszych stratach własnych i minimalnym zużyciu środków materiałowych.

Wszystko to odróżnia cele i warunki dowodzenia wojskami w walce, od kierowania w każdej innej /pokojowej/ dziedzinie życia społecznego. Istotne różnice w walce występują przede wszystkim w dziedzinie wykorzystania technicznych środków dowodzenia. Środki te w zasadzie pracują w ruchu, poruszając się po trudnym terenie, w huku uderzeń jądrowych i wybuchów pocisków artyleryjskich, przy silnym skażeniu promieniotwórczym

terenu oraz w warunkach zakłóceń radioelektronicznych stosowanych przez przeciwnika. W takiej sytuacji należy spodziewać się, że nawet najbardziej niezawodne środki techniczne mogą ulec uszkodzeniu.

Z analizy treści dowodzenia wynika, że jest ona złożona i wielostronna, co jest rezultatem złożoności struktury wojsk i charakteru działań bojowych.^{/1/} Dowodzenie wojskami wymaga dużej liczby przedsięwzięć, które są wykonywane przez dowódców i organy dowodzenia. Przedsięwzięcia te można podzielić według czasu ich realizacji na dwie grupy /rys. 1/:

- przedsięwzięcia w zakresie przygotowywania działań bojowych wojsk /w statyce/ oraz
- przedsięwzięcia w zakresie kierowania wojskami w toku działań bojowych /w dynamice/.

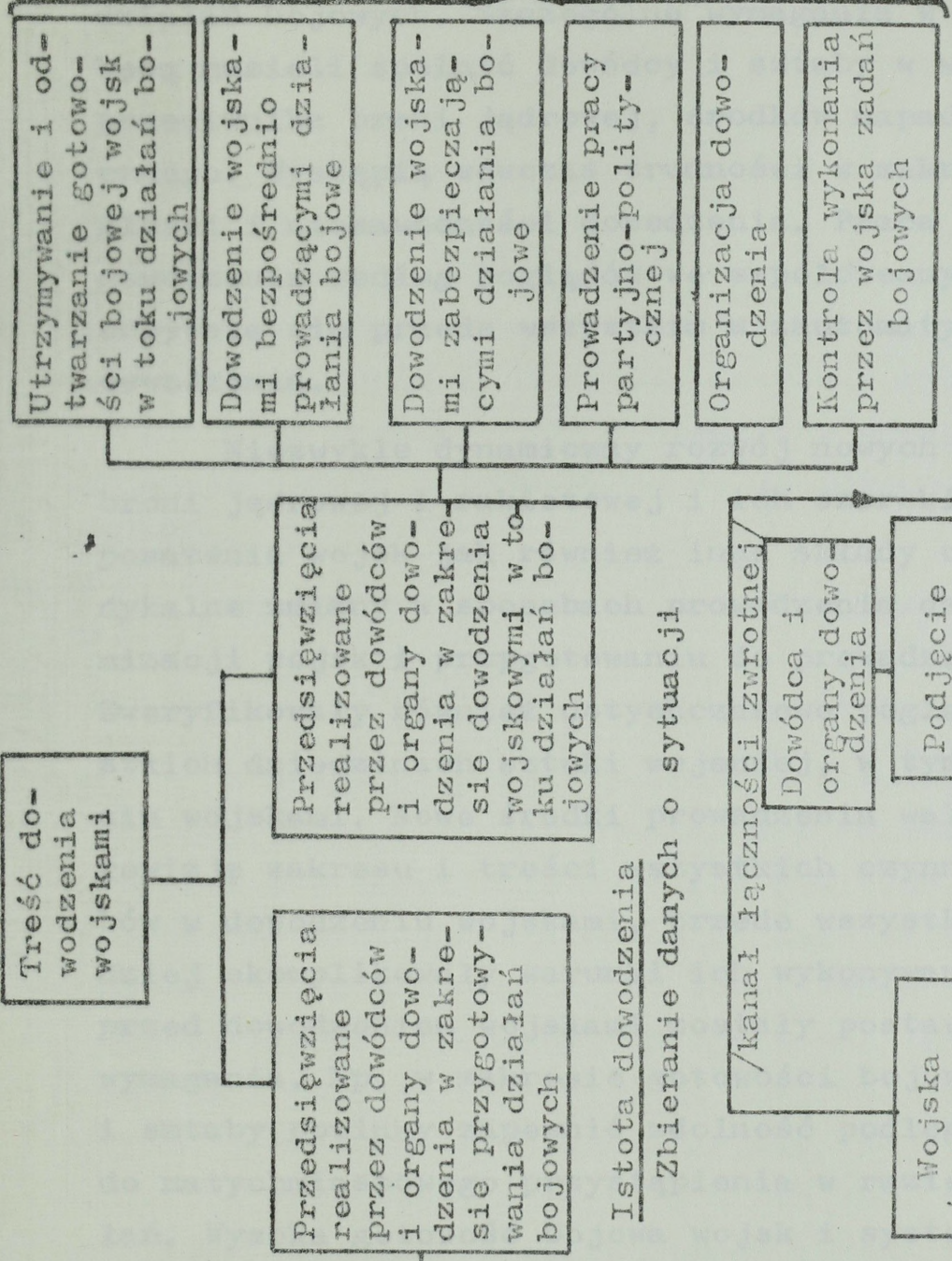
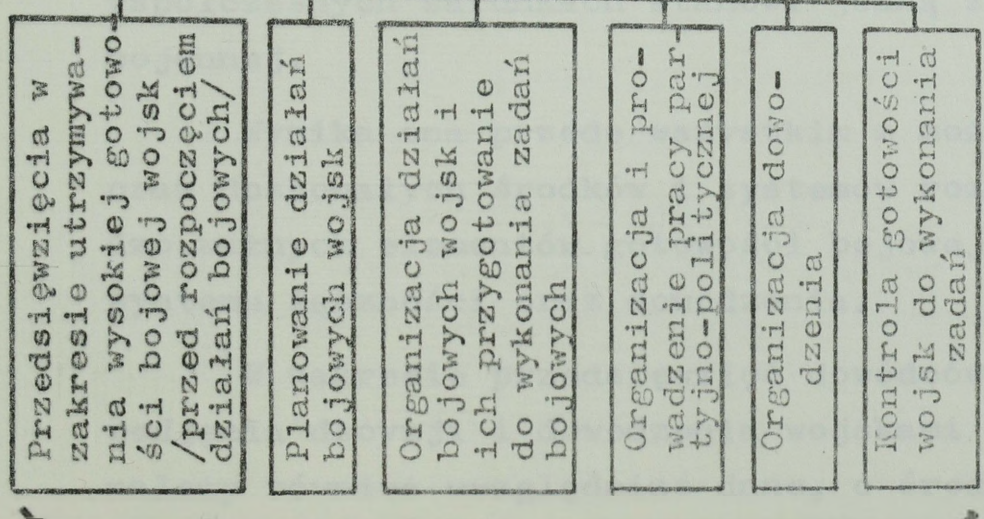
Taki podział przedsięwzięć dowodzenia jest w dużym stopniu umowny i przyjmujemy go tylko w celu lepszego wyjaśnienia ich realizacji w czasie. W rzeczywistości zaś przedsięwzięcia obu grup są bardzo zbieżne. W wielu wypadkach są one realizowane jednocześnie, bowiem wojska wykonując uprzednio otrzymane zadanie bojowe, mogą się jednocześnie przygotowywać do wykonywania nowego zadania.

Przedsięwzięcia w zakresie przygotowania do działań bojowych obejmują takie funkcje dowódcy i organów dowodzenia jak: zabezpieczenie stałej gotowości bojowej wojsk, planowanie i organizacja działań bojowych, przygotowanie wojsk do wykonania otrzymanego zadania bojowego, organizacja i prowadzenie pracy partyjno-politycznej, organizacja wszechstronnego zabezpieczenia działań bojowych i dowodzenia oraz kontrola gotowości wojsk do wykonania swoich zadań z udzieleniem im niezbędnej pomocy.

Niektóre przedsięwzięcia wykonywane w ramach pierwszej grupy zachowują również swoją funkcję w drugiej grupie przedsięwzięć dotyczących kierowania wojskami w toku działań bojowych.

Dowodzenie wojskami bezpośrednio prowadzącymi działania bojowe jak również zabezpieczającymi te działania wymaga ciągłego zbierania informacji o sytuacji i korygowania uprzednio podjętej decyzji oraz stawianiu wojskom nowych zadań.

Zbieranie i studiowanie danych o sytuacji powstaje przed rozpoczęciem działań bojowych, podjęcie decyzji w odniesieniu do każdego z wymienionych przedsięwzięć oraz postawienie zadań wykonawcom



Zbieranie i studiowanie danych o sytuacji powstaje w toku działań bojowych, podjęcie /skorygowanie/ decyzji i przekazanie nowych /skorygowanych/ zadań wykonawcom

Rys. 1. Istota i treść dowodzenia wojskami

Uzyskane informacje na polu walki będą się szybko dezaktualizowały w wyniku wysokiej dynamiczności współczesnych działań bojowych. Szczególne wymagania w zakresie dowodzenia będą musieli spełnić dowódcy i sztaby w warunkach użycia przez przeciwnika broni jądrowej, środków napadu powietrznego i kosmicznego. Wystąpią wówczas trudności w zakresie utrzymania ciągłości i niezawodności dowodzenia. Praca technicznych środków dowodzenia według poglądów we współczesnych armiach będzie odbywała się przede wszystkim w zautomatyzowanych systemach dowodzenia.

Niezwykłe dynamiczny rozwój nowych środków walki, głównie broni jądrowej i raketowej i ich szerokie wprowadzenie do wyposażenia wojsk jak również inne składy osobowe spowodowały radykalne zmiany w sposobach prowadzenia działań bojowych, w organizacji wojsk i przygotowaniu do prowadzenia walki zbrojnej. Zweryfikowały również dotychczasowe poglądy i zasady we wszystkich dziedzinach sztuki wojennej, w tym również w dowodzeniu wojskami. Nowe środki prowadzenia walki zbrojnej wprowadziły rewizję zakresu i treści wszystkich czynności dowódców i sztabów w dowodzeniu wojskami, przede wszystkim skróciły czas i bardziej skomplikowały warunki ich wykonywania. W konsekwencji przed dowodzeniem wojskami zostały postawione nowe i większe wymagania. Np. w zakresie gotowości bojowej wojsk, dowódcy i sztaby powinny zapewnić zdolność podległych im pododdziałów do natychmiastowego przystąpienia w razie konieczności do działań. Wysoka gotowość bojowa wojsk i systemu obrony państwa we współczesnych warunkach stanowi jedną z głównych zasad sztuki wojennej.

Wynika ona przede wszystkim z możliwości broni jądrowej oraz doskonałych środków i systemów rozpoznania. Jednym z bardzo ważnych elementów gotowości bojowej jest wysoka sprawność systemu łączności oraz dowodzenia.

W zakresie przedsięwzięć dowódców i sztabów dotyczących podjęcia decyzji i dowodzenia wojskami w toku działań bojowych należy również uwzględniać dane, o środkach masowego rażenia przeciwnika, o możliwościach własnych pododdziałów w wykorzystywaniu skutków uderzeń ogniowych i jądrowych wykonywanych

w myśl decyzji wyższego przełożonego, o sytuacji skażeń i zakażeń, o strefach zniszczeń w terenie po uderzeniach jądrowych, jak również o wpływie użycia przez przeciwnika broni masowego rażenia nie tylko na fizyczny, lecz również moralno-psychologiczny stan wojsk. W wyniku znacznego wzrostu zasięgu oddziaływania środków rażenia, poszerzenia pasów działań bojowych i zwiększenia głębokości zadań bojowych jednostek zwiększył się średnio trzy-, czterokrotnie obszar, z którego trzeba zbierać dane o sytuacji. Wzrosła jednocześnie liczba źródeł uzyskiwanych przez dowódców i sztaby danych o sytuacji wskutek powstania nowych pododdziałów i elementów ugrupowania bojowego. W konsekwencji doprowadziło to do znacznego zwiększenia kanałów informacji.

Bardzo ważne znaczenie mają również także przedsięwzięcia dowódcy jak: podejmowanie decyzji, planowanie działań bojowych, przekazywanie wojskom zadań i organizacja współdziałania.

Z uwagi na wzrost zakresu i jakościowymi zmianami treści przedsięwzięć dowódców i sztabów w zakresie dowodzenia wojskami skrócił się radykalnie czas ich realizacji. Jest to wynikiem znacznego zmniejszenia czasu na przygotowanie wojsk do działań bojowych, wzrostu tempa ich prowadzenia oraz zwiększenia się częstotliwości występowania znacznych zmian w sytuacji. Doświadczenia z ćwiczeń wskazują, że dowódcy i sztaby mają zaledwie kilka godzin na organizację działań bojowych. Nie wyklucza się również możliwości niewystępowania tzw. okresu przygotowywania działań bojowych, w wyniku czego wojska będą zmuszone wchodzić z marszu do walki. W takim wypadku dowództwa i sztaby będą musiały podejmować decyzję, stawiać zadania wykonawcom i organizować współdziałanie wojsk w ruchu lub na krótkich postojach.

Czynnik czasu posiada obecnie decydujące znaczenie. Np. w wypadku znacznie opóźnionego uzyskiwania danych rozpoznawczych obiekty bardzo ruchliwe i manewrowe, mogą zmienić swoje położenie, nasze wojska mogą się również przesunąć na znaczną odległość i w rezultacie nasze uderzenia mogą być wykonane w próżnię lub nawet na własne wojska. Należy stąd wnosić, że jednym z ważniejszych wymagań w stosunku do dowodzenia wojskami w warunkach współczesnych jest wysoka operatywność pracy

dowódców i sztabów wszystkich szczebli, a głównym kryterium jej oceny jest czas realizacji przedsięwzięć związanych z dowodzeniem. W związku z tym szczególnie ważne jest osiągnięcie przez dowódców oraz oficerów sztabów operatywności, sprawności i dokładności pracy przy umiejętnym wykorzystaniu najnowszych technicznych środków dowodzenia.

Zmieniająca się szybko sytuacja na polu walki wymaga wprowadzania w toku realizacji decyzji podjętej przez dowódcę poprawek stosownie do zaistniałej sytuacji. Przejawia się to w elastyczności dowodzenia, polegającego na umiejętności dowódcy i sztabu skorygowania uprzednio podjętej decyzji, postawienia wojskom nowych zadań oraz ustalenia najodpowiedniejszych sposobów działania.

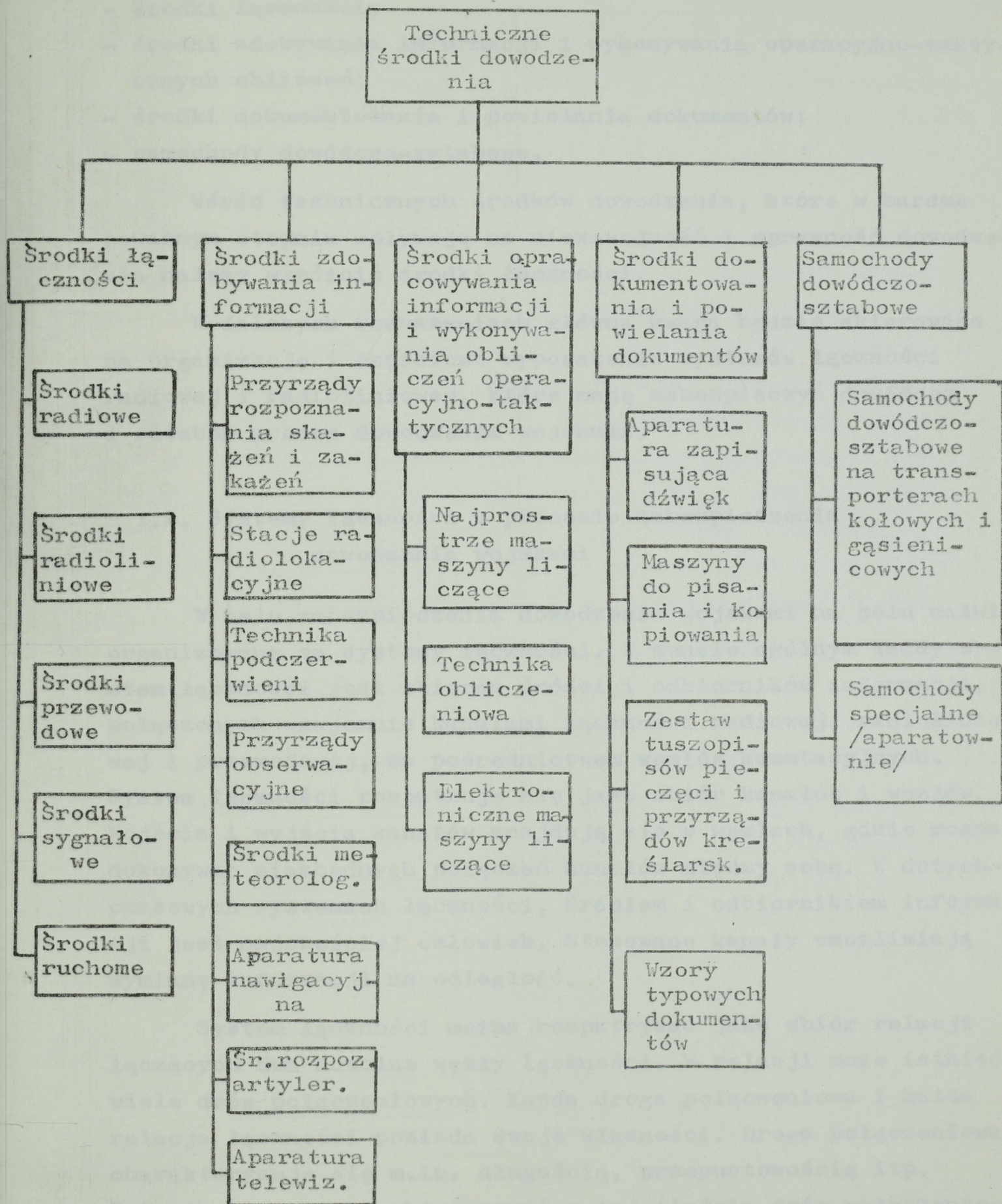
Dlatego też istotnego znaczenia i nowej treści nabrało takie wymaganie wobec dowodzenia jak ciągłość. Zasada ta wynika z ciągłości działań wojsk na współczesnym polu walki. Przez ciągłość dowodzenia rozumie się stałość i żywotność systemu dowodzenia do szybkiego przystosowania się do pozostałych zmian i zapewnienia nieprzerwanej łączności z wojskami oraz znajomość przez dowódców i sztaby aktualnej sytuacji i możliwości własnego oddziaływania na przebieg działań bojowych.

Ze względu na posiadanie przez przeciwnika broni jądrowej jak również zwielokrotnienie możliwości rozpoznawczych duże znaczenie posiada wymaganie co do skrytości dowodzenia. W przypadku nie przestrzegania zasad skrytości dowodzenia, treść naszych informacji może być przechwycona, nasz zamiar działań rozszyfrowany, stanowisko dowodzenia wykryte a następnie zniszczone.

W świetle powyższego w celu spełnienia nowych wymagań w odniesieniu do dowodzenia wojskami wskazanym jest:

- wyposażenie organów dowodzenia w nowe, w tym również zautomatyzowane techniczne środki dowodzenia;
- doskonalenie metod pracy dowódców i sztabów;
- ulepszanie struktury organów dowodzenia i systemu stanowisk dowodzenia.

Techniczne środki dowodzenia można podzielić ze względu na przeznaczenie i charakter ich pracy na następujące grupy
/rys. 2/:



Rys. 2. Klasyfikacja współczesnych technicznych środków dowodzenia

- środki łączności;
- środki zdobywania informacji i wykonywania operacyjno-taktycznych obliczeń;
- środki dokumentowania i powielania dokumentów;
- samochody dowódczo-sztabowe.

Wśród technicznych środków dowodzenia, które w bardzo poważnym stopniu wpływają na niezawodność i sprawność dowodzenia należy wyróżnić środki łączności.

W dalszych rozważaniach główna uwaga będzie skierowana na organizację i częściowo wyposażenie systemów łączności radiowej i radioliniowej, które mają zabezpieczyć dowódcom i sztabom proces dowodzenia wojskami.

1.2. Systemy łączności w procesie zabezpieczenia dowodzenia wojskami

W celu zabezpieczenia dowodzenia wojskami na polu walki organizowane są systemy łączności. W sensie ogólnym każdy system łączności jest zbiorem źródeł i odbiorników informacji, połączonych wzajemnie kanałami łączności radiowej, radioliniowej i przewodowej, za pośrednictwem węzłów komutacyjnych. System łączności rozpatruje się jako zbiór kanałów i węzłów. Wejścia i wyjścia kanałów znajdują się w węzłach, gdzie można dokonywać niezbędnych połączeń kanałów między sobą. W dotychczasowych systemach łączności, źródłem i odbiornikiem informacji jest najczęściej człowiek. Stosowane kanały umożliwiają wymianę informacji na odległość.

System łączności można rozpatrywać jako zbiór relacji łączących dwa dowolne węzły łączności. W relacji może istnieć wiele dróg połączeniowych. Każda droga połączeniowa i każda relacja łączności posiada swoje własności. Droga połączeniowa charakteryzuje się m.in. długością, przepustowością itp. Relację można scharakteryzować m.in. ilością dróg połączeniowych, pojemnością itp. Wielkości charakteryzujące relacje i drogi połączeniowe zależą od natężenia ruchu i wymagań sprawności.

Środowiskiem systemu łączności nazywamy zbiór wszystkich elementów nie należących do systemu, których własności oddziałują na system. Jednym z istotnych składników środowiska systemu łączności jest środowisko elektromagnetyczne, które oddziałuje w zasadniczy sposób systemy łączności radiowej i radioliniowej.

Podstawowym zadaniem systemu łączności jest zapewnienie abonentom dróg przekazywania wiadomości, zgodnie z adresem i założonymi wymaganiami na jakość obsługi /szybkość, wiarygodność, niezawodność połączeń itp./. Każdy system łączności ma w pełni określone zadania, których celem jest największa efektywność. Jest ona miarą celowości zastosowania danego systemu łączności w określonych warunkach eksploatacji. Istotnym czynnikiem określającym efektywność systemu łączności jest jego niezawodność. Efektywność i niezawodność są jednymi z najważniejszych charakterystyk jakości systemu łączności, przy czym efektywność jest pojęciem znacznie szerszym od pojęcia niezawodności.

Niezawodność - wg określenia przyjętego przez CEI /Międzynarodową Komisję Elektroniczną/ jest to zdolność systemu łączności do wykonywania określonych /swoich/ funkcji w założonym czasie i w założonych warunkach eksploatacyjnych.

Z uwagi na zakres zainteresowań niniejszej pracy, rozpatrywane będą systemy łączności, których elementem środowiska jest środowisko elektromagnetyczne. Są to, systemy łączności radiowej i radioliniowej. Systemy powyższe odgrywają obecnie główną rolę w zabezpieczeniu dowodzenia wojskami, szczególnie podczas dynamiki działań bojowych.

Ze względu na zakres rozpatrywanych problemów, w pracy przyjęto pod pojęciem "systemy łączności radiowej", rozumieć również systemy łączności radioliniowej, których anteny mają szeroką wiązkę promieniowania.

1.3. łączność radiowa w kontekście jej wykorzystania na współczesnym polu walki

W systemach łączności wojskowej na szczególną uwagę zasługują systemy łączności radiowej ze względu na swoją specyfikę.

Do głównych zalet powyższych systemów można zaliczyć m.in.

- możliwość utrzymywania łączności w ruchu;
- dużą elastyczność pozwalającą na utrzymywanie łączności bez znajomości miejsca postoju korespondenta;
- możliwość przesyłania dużych strumieni informacji, ze względu na szeroki zakres wykorzystywanych częstotliwości.

Do głównych wad systemów łączności radiowej można zaliczyć m.in.:

- łatwość przechwytu przez przeciwnika przesyłanych informacji;
- dużą wrażliwość na zakłócenia /w porównaniu z systemami łączności przewodowej/ przeciwnika, jak również atmosferyczne i przemysłowe;
- wpływ wybuchów jądrowych na łączność, na niektórych zakresach częstotliwości.

Współczesne pole walki charakteryzujące się przede wszystkim dużą manewrowością sił i środków, zasięgiem działania oraz operacjami wykonywanymi w większości przez kilka rodzajów sił zbrojnych /wojska lądowe, marynarka wojenna, lotnictwo i wojska obrony powietrznej kraju/, wymaga to posiadania niezawodnej i ciągłej łączności. Zapewnienie współdziałania na polu walki wszystkim rodzajom wojsk i sił zbrojnych na lądowych i morskich teatrach działań wojennych, a także w powietrzu i w przestrzeni kosmicznej jest możliwe tylko przez wykorzystanie systemów łączności radiowej.

1.3.1. Właściwości propagacji fal wykorzystywanych w wojskowej łączności radiowej

Podstawowym wymaganiem stawianym łączności radiowej w wojsku jest zapewnienie łączności w ruchu. Przy czym środki techniczne stanowiące wyposażenie systemów łączności radiowej powinny charakteryzować się mobilnością dorównującą mobilności typowych środków bojowych. Z tego względu środki radiowe wykorzystywane zwłaszcza na niższych szczeblach dowodzenia są przenośne lub instalowane na wozach bojowych, śmigłowcach itp.

Specyfika wykorzystania środków łączności radiowej w połączeniu z właściwościami propagacji fal radiowych i możliwościami techniki antenowej rzutuje na wybór zakresów częstotliwości radiowych do łączności wojskowej.

Wyniki prac naukowo-badawczych w tym zakresie i doświadczenia uzyskane na polu walki i poligonach zdecydowały o wykorzystaniu do wojskowej łączności radiowej zakresów fal krótkich i ultrakrótkich.

Właściwości rozchodzenia się fal radiowych krótkich

Wykorzystywanie przyziemnych krótkich fal /KF/ radiowych jest dość ograniczone z powodu ich małego zasięgu działania, dochodzącego do kilkudziesięciu kilometrów dla typowych mocy nadajników stosowanych w tym zakresie.

W obecnych warunkach zakres fal krótkich /10-100 m/ wykorzystuje się głównie dla systemów dalekiej /b.dalekiej/ łączności, radionawigacji i radiofonii. W rozchodzeniu się fal krótkich na dalekie odległości decydującą rolę odgrywa jonosfera, która powodując odbicie fal radiowych umożliwia uzyskanie zasięgów rzędu tysięcy kilometrów przy bardzo małych mocach nadajników.

W celu właściwego odbioru jonosferycznych fal krótkich na dalekich i b.dalekich odległościach należy znać częstotliwościową zależność warunków rozchodzenia się i odbicia fal od jonosfery. W zależności od częstotliwości i stanu jonosfery odbiór radiowy może być prowadzony za pomocą odbicia od warstwy F lub E, lub też od obu warstw.

Do obliczenia linii radiowej na falach krótkich i określenia optymalnej częstotliwości roboczej uprzednio określa się dobową wartość maksymalnych częstotliwości użytkowych i najmniejszych częstotliwości użytkowych. Na tej podstawie dokonuje się wyboru częstotliwości roboczych: dziennych, nocnych i ewentualnie przejściowych.

Krzywizna Ziemi ogranicza odległość jednokrotnego odbicia fal jonosferycznych /odległość skoku/, która wynosi przy odbiciu od warstwy E i F odpowiednio 2000 i 4000 km. Rozchodzenie się fal krótkich w znacznej mierze ma charakter wielopromieniowy /wielokrotne odbicia od różnych warstw jonosfery i od powierzchni Ziemi/. Wynikające wskutek wielokrotnego odbicia i efektu Faradaya zaniki interferencyjne i polaryzacyjne, oraz towarzyszące im zniekształcenia sygnału znacznie obniżają niezawodność i zdolność przenoszenia krótkofalowych linii radiowych. Pasmo przenoszenia tych linii jest niewielkie /jednostki, dziesiątki kHz/, zaś poziom odbieranych sygnałów znacznie zmienia się zależnie od stanu jonosfery. Trudność skonstruowania anten wąskokierunkowych pracujących w tym zakresie wyjaśnia stosunkowo małą skrytość nadawania. Poza tym uzyskanie dużych zysków kierunkowych wymaga anten o dużych wymiarach, co uniemożliwia ich stosowanie do łączności ruchowej.

Pomimo tych istotnych braków łączności krótkofalowej, oraz pomyślnemu wdrażaniu systemów troposferycznych i satelitarnych linii łączności w zakresie UKF, fale krótkie dzięki dalekiemu rozchodzeniu się i małym kosztom aparatury są powszechnie wykorzystywane w systemach łączności, radiofonii i nawigacji.

Innym sposobem rozchodzenia się fal krótkich na duże odległości jest rozchodzenie się poprzez rozproszenie w jonosferze. Odbite od jonosfery fale krótkie przy padaniu na Ziemię częściowo rozpraszają się, przy czym niektóre części rozproszonej energii ponownie powracają do jonosfery i po odbiciu od niej wracają do źródła promieniowania gdzie mogą być zarejestrowane. Wracająca odbito-rozproszona energia rozchodzi się tak samo jak bezpośrednia, ale w przeciwnym kierunku. Zjawisko to nosi nazwę efektu Kabanowa.

W oparciu o ten efekt zaczęto szeroko stosować ukośno-powrotne sondowanie jonosfery w celu otrzymania danych o warunkach przejścia fal radiowych na długiej trasie i określenia częstotliwości maksymalnych służących wyborowi i korekty częstotliwości roboczych. Sygnały rozproszenia powrotnego odbite od Ziemi odbiera się w odległości 5000-6000 km.

Należy zaznaczyć, że obecnie wykorzystuje się fale jonosferyczne wysyłane pod dużymi kątami elewacji do łączności ruchomej na małe odległości.

Właściwości rozchodzenia się fal radiowych w zakresie ultrakrótkofalowym

Fale ultrakrótkie /UKF/ /0,1 mm - 10 m/ w zależności od zakresu częstotliwości rozchodzą się różnymi sposobami:
- nad powierzchnią Ziemi w zakresie widoczności bezpośredniej;

- przez rozproszenie fal radiowych w troposferze;
- przez rozproszenie fal radiowych w jonosferze;
- jako fale bezpośrednie, wykorzystywane do łączności między Ziemią i obiektami kosmicznymi oraz do łączności satelitarnej.

Można wyszczególnić następujące podstawowe zalety fal ultrakrótkich:

- bardzo duży zakres częstotliwości /od 30 MHz do 3000 GHz/, przewyższający tysiące razy zakresy fal bardzo długich, długich, średnich i krótkich razem wziętych;
- możliwość nadawania dużej objętości informacji przez wykorzystanie wielu kanałów szerokoczęstotliwościowych;
- niski poziom zakłóceń atmosferycznych i przemysłowych, pozwalający na wykorzystanie urządzeń odbiorczych o wysokiej czułości a tym samym zwiększenie zasięgu odbioru;
- mały wpływ stacyjnych zakłóceń wskutek ograniczonego promienia działania;
- możliwość budowy niedużych anten o wąskiej charakterystyce, kierunkowości pozwalających na realizację łączności radiowej za pomocą urządzeń nadawczych o stosunkowo małej mocy.

Rozchodzenie się fal ultrakrótkich w zakresie bezpośredniej widoczności

Na małe odległości fale UKF rozchodzą się w postaci fal przyziemnych. Przy czym fale przyziemne powierzchniowe mają bardzo mały zasięg ze względu na duże tłumienie powierzchniowych warstw Ziemi i słabo zaznaczającą się dyfrakcją.

Przy rozchodzeniu się fal ultrakrótkich obserwuje się refrakcję fal radiowych - skrzywienie trajektorii fali, co nieznacznie zwiększa ich odległość rozchodzenia się. Jedynie

w przypadku wystąpienia superrefrakcji zasięg UKF może znacznie przekroczyć odległość horyzontu radiowego. Jest to jednak zjawisko rzadko występujące regularnie i w związku z tym nie należy na nim bazować w zmiennych warunkach łączności.

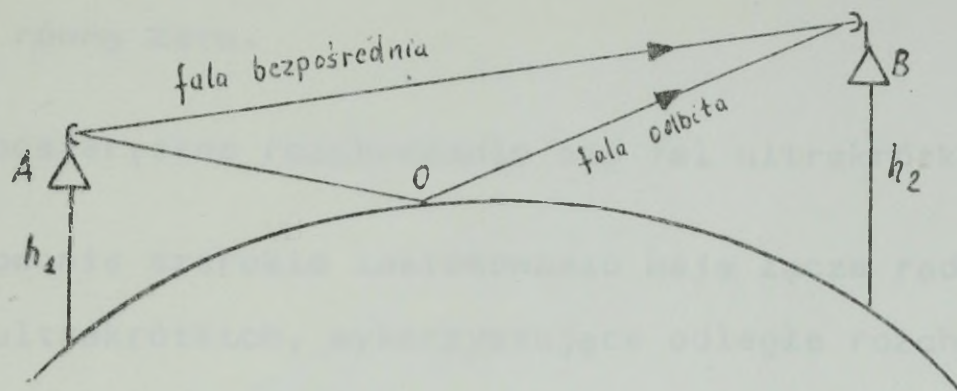
Na falach centymetrowych ze wzrostem częstotliwości znacznie zwiększa się molekularne tłumienie fal przez pary wody i tlenu. Jest to przyczyną ograniczającą wykorzystanie do celów łączności naziemnej fal ultrakrótkich o częstotliwościach większych od 10 GHz.

W większości przypadków fale ultrakrótkie rozchodzą się nad lądem przy małych kątach nachylenia czoła fali, ponieważ zwykle odległość pomiędzy nadajnikiem i odbiornikiem jest wiele razy większa od wysokości ich anten.

Zasięg fal ultrakrótkich przy bezpośredniej widoczności między antenami nadawczymi i odbiorczymi o wysokościach odpowiednio h_1 i h_2 umieszczonych nad kulistą powierzchnią Ziemi i bez uwzględnienia wpływu refrakcji wynosi:

$$r \text{ /km/} = 3,57 [h_1 \text{ /m/} + h_2 \text{ /m/}]$$

Uwzględnienie wpływu refrakcji dokonuje się przez zmianę współczynnika liczbowego na 4,12 przy refrakcji normalnej. Jeżeli radiostacja z anteną jest wysoko podniesiona nad ziemią, na przykład na samolocie, to łączność realizuje się na fali bezpośredniej. Zasięg łączności w tym przypadku wzrasta, tak jak przy rozchodzeniu się fal w wolnej przestrzeni /bez tłumienia spowodowanego powierzchnią Ziemi/.



Rys.3. Łączność za pomocą fali przyziemnej przy antenach podniesionych

Fale radiowe, padające na powierzchnię Ziemi, mogą ulec częściowemu tłumieniu i odbiciu. Dlatego w przypadku łączności na bliskich odległościach, kiedy obie anteny są dostatecznie wysoko nad powierzchnią Ziemi, należy uwzględnić falę bezpośrednią i odbitą. Fala odbita różni się od bezpośredniej nie tylko amplitudą, ale również fazą. Od podstawowych parametrów fali odbitej, a także od właściwości gleby zależą kształty charakterystyk kierunkowości anten odbiorczych i nadawczych, umieszczonych na określonej wysokości nad powierzchnią Ziemi.

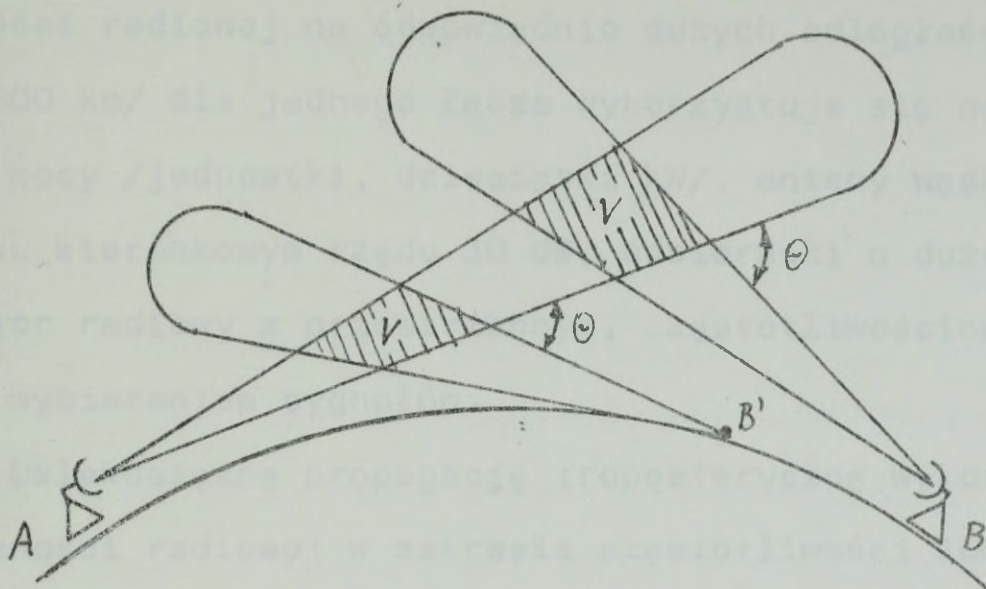
Wypadkowe pole elektromagnetyczne w miejscu odbioru jest wytworzone przez falę bezpośrednią i odbitą oraz zależy od ich stosunków amplitudowych i falowych. W zależności od rodzaju miejsca, kąta nachylenia czoła fali, jej polaryzacji, częstotliwości roboczej i wysokości anten przesunięcie faz między falą bezpośrednią i odbitą może zmieniać się od 0 do 180° , czemu odpowiada zmiana natężenia pola w punkcie odbioru od wartości najmniejszej do największej. Kiedy fala bezpośrednia i odbita są w fazie, natężenie pola w punkcie odbioru posiada maksymalną wartość i może osiągać dwukrotną wartość pola w wolnej przestrzeni. Odwrotnie zaś, kiedy fala bezpośrednia i odbita są w przeciwfazie natężenie pola będzie miało wartość minimalną

a nawet równą zeru.

Troposferyczne rozchodzenie się fal ultrakrótkich

Obecnie szerokie zastosowanie mają łącza radioliniowe na falach ultrakrótkich, wykorzystujące odległe rozchodzenie się troposferyczne. Duży zasięg tych łączy uzyskuje się w wyniku rozproszenia energii elektromagnetycznej fal ultrakrótkich na niejednorodnościach przenikalności dielektrycznej troposfery, wynikających z turbulencyjnych /wirowych/ ruchów powietrznych prądów i zmian temperatury, wilgotności i ciśnienia atmosfery. Przy realizacji dalekiej łączności troposferycznej anteny nadawcze i odbiorcze należy orientować w taki sposób, aby ich charakterystyki kierunkowe znajdowały się w wspólnej płaszczyźnie pionowej i krzyżowały się, co w rezultacie powoduje wyodrębnienie pewnej wspólnej objętości atmosfery V , znajdującej się w obrębie krzyżowania się charakterystyk kierunkowości. Rozproszenie fal radiowych od niejednorodności znajdujących się w tej objętości decyduje o wartości natężenia pola sygnału odbiorczego. Rozmiary objętości V , uczestniczącej w rozproszeniu troposferycznym, posiadają duży wpływ na intensywność pola rozpraszania i przede wszystkim zależą od szerokości charakterystyki kierunkowości anten i długości trasy radiowej.

Największą część energii wypromieniowuje się w kierunku ruchu fali podstawowej /pierwotnej/. Jednakże niewielka część energii rozprasza się w różnych kierunkach, w tym i w kierunku do korespondenta, co pozwala na nawiązanie łączności.



Rys.4. Schemat propagacyjny łącza troposferycznego na falach ultrakrótkich

Natężenie pola rozproszenia w punkcie odbioru jest tym mniejsze im większy jest kąt Θ /rys.4/ nazywany kątem rozpraszania. Jak widać z rysunku, im wyżej znajduje się objętość rozpraszania tym dalej rozchodzą się fale radiowe $/AB > AB' /$. Jednakże na dużych wysokościach intensywność procesów turbulencyjnych i efekt troposferycznego rozproszenia zmniejsza się. Tym wyjaśnia się istotny spadek natężenia pola w punkcie odbioru ze wzrostem długości trasy.

Natężenie pola sygnału odbieranego w łączach troposferycznych ulega nieuporządkowanym i częściowym zanikom wywołanym przez interferencję promieni, dochodzących z różnych części rozpraszającej objętości i mających przypadkowe fazy i amplitudy. Okres zaników zawiera się od kilku sekund do dziesiątek sekund i rośnie ze wzrostem długości fali.

Wskutek dużych strat energii przy rozpraszaniu /w zakresie 60-120 dB/ i zaników poziom sygnału w miejscu odbioru jest stosunkowo niski. Dlatego dla zapewnienia niezawodnej ciągłej

łączności radiowej na odpowiednio dużych odległościach /150-800 km/ dla jednego łącza wykorzystuje się nadajniki o dużej mocy /jednostki, dziesiątki kW/, anteny wąskokierunkowe o zysku kierunkowym rzędu 30 dB, odbiorniki o dużej czułości i odbiór radiowy z przestrzennym, częstotliwościowym lub czasowym wybieraniem sygnałów.

Dalekosiężną propagację troposferyczną wykorzystuje się w łączności radiowej w zakresie częstotliwości 100-10000 MHz. Częstotliwości 400-1200 MHz znajdują szerokie zastosowanie w wielokanałowych radioliniach telefonicznych i telegraficznych a częstotliwości 300-5000 MHz - w radioliniach szerokopasmowych, w tej liczbie i w telewizji.

Natężenie pola zależy od częstotliwości i długości trasy: im większa odległość i większa częstotliwość, tym mniejsze natężenie pola w punkcie odbioru. Na poziom sygnału mają także wpływ warunki klimatyczne. Na przykład, morski klimat oddziałuje dodatnio, a kontynentalny ujemnie. Odległość i niezawodność troposferycznej łączności radiowej w dużym stopniu zależy od właściwego rozmieszczenia i orientacji anten nadawczych i odbiorczych. Ukształtowanie miejscowości i charakter wzniesienia, gdzie znajdują się anteny radiolinii troposferycznej, głównie określają intensywność odbieranego sygnału.

Jonosferyczne rozchodzenie się fal UKF

Odbicie rozproszone fal radiowych w jonosferze zachodzi na wysokości 70-90 km, co warunkuje minimalny i maksymalny zasięg fali radiowej. Na zasięg łącza wpływa też znacznie orientacja anteny nadawczej i odbiorczej w płaszczyźnie pionowej /wybór kąta rozpraszania/. Przy rozpraszaniu jonosferycznym wysokość rozpraszającej objętości nie zależy od długości trasy.

Dlatego wskutek zmniejszania odległości kąt rozpraszania rośnie, co doprowadza do gwałtownego spadku poziomu sygnału odbieranego na odległościach mniejszych niż 800-1000 km. Górną granicę zasięgu fali określa odległość jednego skoku fali przy odbiciu od danej warstwy jonosferycznej.

Przy rozpraszaniu jonosferycznym w porównaniu z troposferycznym istnieje znacznie większa zależność natężenia pola sygnału od częstotliwości roboczej, przejawiającą się w postaci zmniejszania się natężenia pola ze wzrostem częstotliwości. Tłumaczy się to tym, że ze wzrostem częstotliwości ekwiwalentna przenikalność dielektryczna niejednorodności zbliża się szybko do jedności. Na częstotliwościach mniejszych od 30 MHz możliwe jest odbicie od regularnych warstw jonosferycznych. Warunkuje to zakres częstotliwości roboczych 30-60 MHz, które można wykorzystywać do utrzymywania wielokanałowej telefonicznej i telegraficznej łączności radiowej przy pomocy fal jonosferycznych rozproszonych.

Dalekosiężna jonosferyczna łączność radiowa w zakresie UKF narażona jest na silne zaniki wskutek propagacji wielopromieniowej. Szybkim zanikiem i fluktuacjom sygnału towarzyszą dodatkowe zakłócenia spowodowane odbiorem opóźnionych sygnałów pochodzących od rozpraszania meteorytowego i odbicia od sporadycznej warstwy E_s . Walka z zanikami sygnału wymaga zastosowania odbioru zbiorczego.

Natężenie pola sygnału zmienia się również w zależności od pory doby, roku i szerokości geograficznej. Przy tym natężenie pola uzyskuje maksymalną wartość w letni dzień, zaś minimalną wieczorem i nocą. Na łączach, których trasy przechodzą w okolicach podbiegunowych uwidacznia się silne oddziaływanie zaburzeń jonosferycznych, jak np. zorzy polarnej, burz

magnetycznych. Ten rodzaj łączności radiowej wymaga stosowania rozbudowanej aparatury, nadajników o mocy kilkudziesięciu kW, złożonych anten wąskokierunkowych o zysku 20-25 dB i urządzeń odbiorczych o wysokiej czułości. Z powodu stosunkowo niewysokiej zdolności przepustowej kanałów radiowych i konieczności stosowania skomplikowanego sprzętu dalekosiężna jonosferyczna łączność radiowa na falach ultrakrótkich jest wykorzystywana w mniejszym stopniu aniżeli łączność troposferyczna.

1.3.2. Linie radiowe

Liniami radiowymi nazywa się linie telekomunikacyjne, umożliwiające przesyłanie informacji w postaci określonych sygnałów /np. telefonicznych, telewizyjnych, radiofonicznych itp./ między dwoma punktami w przestrzeni za pomocą energii fal elektromagnetycznych skupianej przez anteny kierunkowe. Linie radiowe obejmują zarówno tory jak i stacje teletransmisyjne wraz z wyposażeniem i urządzeniami, aż do krotnic /urządzeń wielokrotniających/ włącznie oraz z wszelkimi akcesoriami konstrukcyjnymi, jak wieże, maszty itp.

Tory radiowe najłatwiej jest tworzyć w zakresie fal ultrakrótkich.

Przyjęcie zakresu UKF dla linii radiowych wynika z szeregu zalet tych zakresów częstotliwości, które są przedstawione poniżej.

1. Możliwość przesyłania dużej ilości informacji /np. łatwość uzyskania dużej liczby kanałów telefonicznych/ lub informacji o widmie zawartym w szerokim paśmie częstotliwości /np. telewizja/.

Przyjmując zakres częstotliwości fal krótkich od 3 do 30 MHz i ultrakrótkich od 30 do 300 MHz można przeprowadzić następujące rozumowanie:

Zakładając, że dla przesłania sygnału rozmównego /telefonii/ potrzebne jest pasmo 5 kHz /włącznie z odstępami na odfiltrowanie itp./ i że dla każdego kierunku transmisji radiowej trzeba użyć innego pasma, ponadto przyjmując, że dla zrealizowania kanałów częstotliwościowych /typowe w radiokomunikacji/ będziemy stosować modulację amplitudową dwuwstęgową to stwierdzimy, że dla przesłania rozmowy w jednym kierunku potrzebne jest pasmo $2 \cdot 5 = 10$ kHz, a w obu kierunkach - 20 kHz. W takiej sytuacji można zrealizować w zakresie fal krótkich następującą ilość kanałów częstotliwościowych:

$$\frac{(30 - 3) \cdot 10^3}{20} = 1350$$

natomiast tylko w zakresie fal ultrakrótkich metrowych otrzymamy:

$$\frac{(300 - 30) \cdot 10^3}{20} = 13500$$

2. Łatwość uzyskiwania kierunkowego działania anten przy stosunkowo małych wymiarach tych anten, a więc innymi słowy - łatwość tworzenia torów radiowych, w których z kolei możemy realizować dużą ilość kanałów przestrzennych. Kanał przestrzenny, jest to kanał w którym energia sygnału jest zawarta, praktycznie biorąc wewnątrz umyślonego walca, o określonym promieniu R , zwanym promieniem koncentracji energii.

Kierunkowe promieniowanie energii wnosi nową cechę do łączności radiowej - jest nią selektywność przestrzenna. Jest to zdolność do odbioru sygnałów ze ściśle określonego kierunku,

przez co zmniejsza się możliwość wzajemnych zakłóceń radiowych, pracujących na tych samych lub pobliskich częstotliwościach. Dzięki temu również oddziaływanie zakłóceń zewnętrznych /celowych - stosowanych przez nieprzyjaciela i ewentualnie - w pewnych zakresach częstotliwości przemysłowych oraz meteorologicznych/ na odbiorniki jest osłabione na tyle, że praktycznie głównym źródłem zakłóceń są wewnętrzne szумы odbiornika. Dzięki możliwości skoncentrowania promieniowanej energii w wąską wiązkę można otrzymać na wejściu odbiornika wystarczająco wysoki poziom mocy sygnału przy niewielkich mocach nadajnika. Stopień koncentracji energii można scharakteryzować za pomocą współczynnika zysku antenowego i charakterystyki promieniowania anteny.

Kierunkowe promieniowanie energii ma bardzo ważne znaczenie w warunkach wojskowych. Tak zjawisko selektywności przestrzennej jak i praca nadajników z małą mocą w znacznym stopniu utrudnia nieprzyjacielowi prowadzenie podsłuchu oraz wykrywanie i zakłócanie pracy stacji radioliniowych.

3. Duża stabilność łączności, czyli stały poziom sygnału w punkcie odbioru, który w tym zakresie jest prawie niezależny od pory roku i zupełnie niezależny od pory doby. Właściwości rozchodzenia się fal w zakresie ultrakrótkofalowym mają decydujący wpływ na system projektowania i budowy linii radiowych. W zależności od tych właściwości rozróżniamy:

- linie radiowe o zasięgu optycznym /horyzontowe/;
 - linie radiowe o zasięgu pozahoryzontowym /pozahoryzontowe/.
- Linie satelitarne zaliczamy do retransmisyjnych pozahoryzontowych linii radiowych. Linie te nie posiadają wad, którymi są

obarczone pozostałe linie radiowe. Bardziej dokładnie zagadnienia te są poruszone w dalszych rozdziałach.

Na współczesnym polu walki do łączności są wykorzystywane różne zakresy częstotliwości, w szczególności zakresy fal krótkich, ultrakrótkich i mikrofałe.

Rosnące zapotrzebowanie na kanały łączności powoduje przechodzenie na coraz wyższe zakresy częstotliwości. Z tego powodu dużą uwagę zwraca się na linie radiowe, szczególnie zaś na satelitarne linie radiowe, które dla obecnie bardzo dynamicznego pola walki mają bardzo ważne znaczenie.

R o z d z i a ł I

SYSTEMY WOJSKOWEJ ŁĄCZNOŚCI SATELITARNEJ PAŃSTW NATO -
ICH ANALIZA Z PUNKTU WIDZENIA OPERACYJNEGO I TECHNICZNEGO

1. Miejsce i zadania systemów wojskowej łączności MILSATCOM
w głównych systemach dowodzenia i kierowania sił zbroj-
nych Stanów Zjednoczonych

Systemem scalającym istniejące systemy dowodzenia poszczególnych rodzajów sił zbrojnych Stanów Zjednoczonych jest narodowy wojskowy system dowodzenia NMCS /National Military Command System/. Zadaniem systemu jest zapewnienie kierownictwu obrony narodowej z prezydentem i sekretarzem na czele, sprawowania /poprzez komitet szefów sztabów połączonych sił zbrojnych/ strategicznego i szeroko pojętego operacyjnego kierownictwa wszystkimi siłami zbrojnymi na kontynencie Stanów Zjednoczonych i poza jego granicami.

Do głównych elementów narodowego wojskowego systemu dowodzenia NMCS /Rys.5/ należą:

- narodowy wojskowy ośrodek dowodzenia NMCC /National Military Command Center/,
- niestaly /zapasowy/ narodowy wojskowy ośrodek dowodzenia ANMCC /Alternate National Military Command Center/,
- zapasowe narodowe stanowisko dowodzenia na samolotach NEACP /National Emergency Airborne Command Post/,
- zapasowe narodowe stanowisko dowodzenia na okrętach NECPA /National Emergency Command Post Afloat/,
- narodowy system łączności NCS /National Communications System/. Narodowy system łączności NCS skupia w sobie telekomunikacyjne systemy wszystkich resortów administracji USA i całą sieć łączności wszelkiego rodzaju agencji federalnych.

W 1960 roku utworzono w Stanach Zjednoczonych agencję łączności wojskowej DCA /Defense Communications Agency/. Jedną z jej podstawowych funkcji jest zapewnienie stałej

i niezawodnej łączności między:

- prezydentem, sekretarzem obrony i komitetem połączonych szefów sztabów;
- sekretarzem obrony i poszczególnymi służbami i agencjami wojskowymi;
- komitetem połączonych szefów sztabów i dowództwami sił połączonych i specjalnych, a poprzez nie z podległymi im dowództwami sił interwencyjnych.

Agencja DCA podlega sekretarzowi obrony USA poprzez komitet połączonych szefów sztabów. Natomiast agencji łączności wojskowej DCA podlegają: system łączności wojskowej DCS /Defense Communications System/ i narodowy system łączności NCS /National Communications System/.

W 1962 roku agencja łączności wojskowej DCA otrzymała dwa zadania:

- 1/ kierowanie i nadzór nad technicznym wyposażeniem w odpowiedni sprzęt łączności narodowego wojskowego systemu dowodzenia NMCS oraz
- 2/ daleko idącego udziału w rozwoju satelitarnego systemu łączności wojskowej.

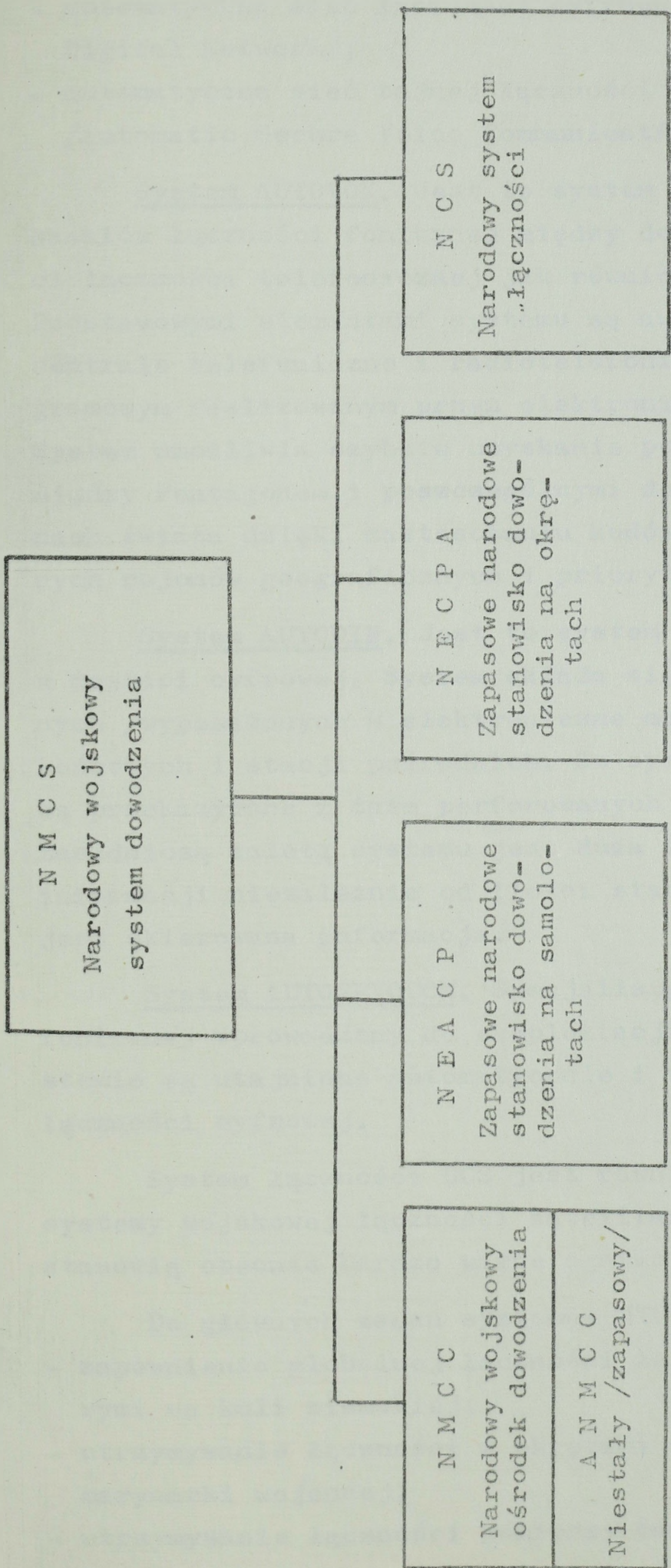
W 1969 roku zapoczątkowano realizację globalnego wojskowego systemu dowodzenia i kierowania pod nazwą WW MCCA /World Wide Military Command and Control System/. W ramach tego systemu rozpoczęto modernizację w kierunku standaryzacji systemów elektronicznej techniki obliczeniowej.

Do systemu WWMCCA /Rys.6/ należą:

- systemy poszczególnych dowództw sił połączonych i specjalnych oraz szefostw służb;
- wojskowy system wsparcia atomowego /DASS /Defense Atomic Support System/,
- system wojskowej agencji wywiadowczej DIA /Defense Intelligence Agency/,
- system agencji łączności wojskowej DCA /Defense Communications Agency/.

Na uwagę zasługuje wojskowy system łączności DCS. W ramach tego systemu działają trzy podstawowe sieci łączności:

- automatyczna sieć łączności fonicznej AUTOVCN /Automatic Voice Network/;



Rys. 5. System dowodzenia i kierowania w Stanach Zjednoczonych

- automatyczna sieć łączności cyfrowej AUTODIN /Automatic Digital Network/;
- automatyczna sieć tajnej łączności fonicznej AUTOSEVOCOM /Automatic Secure Voice Communications/.

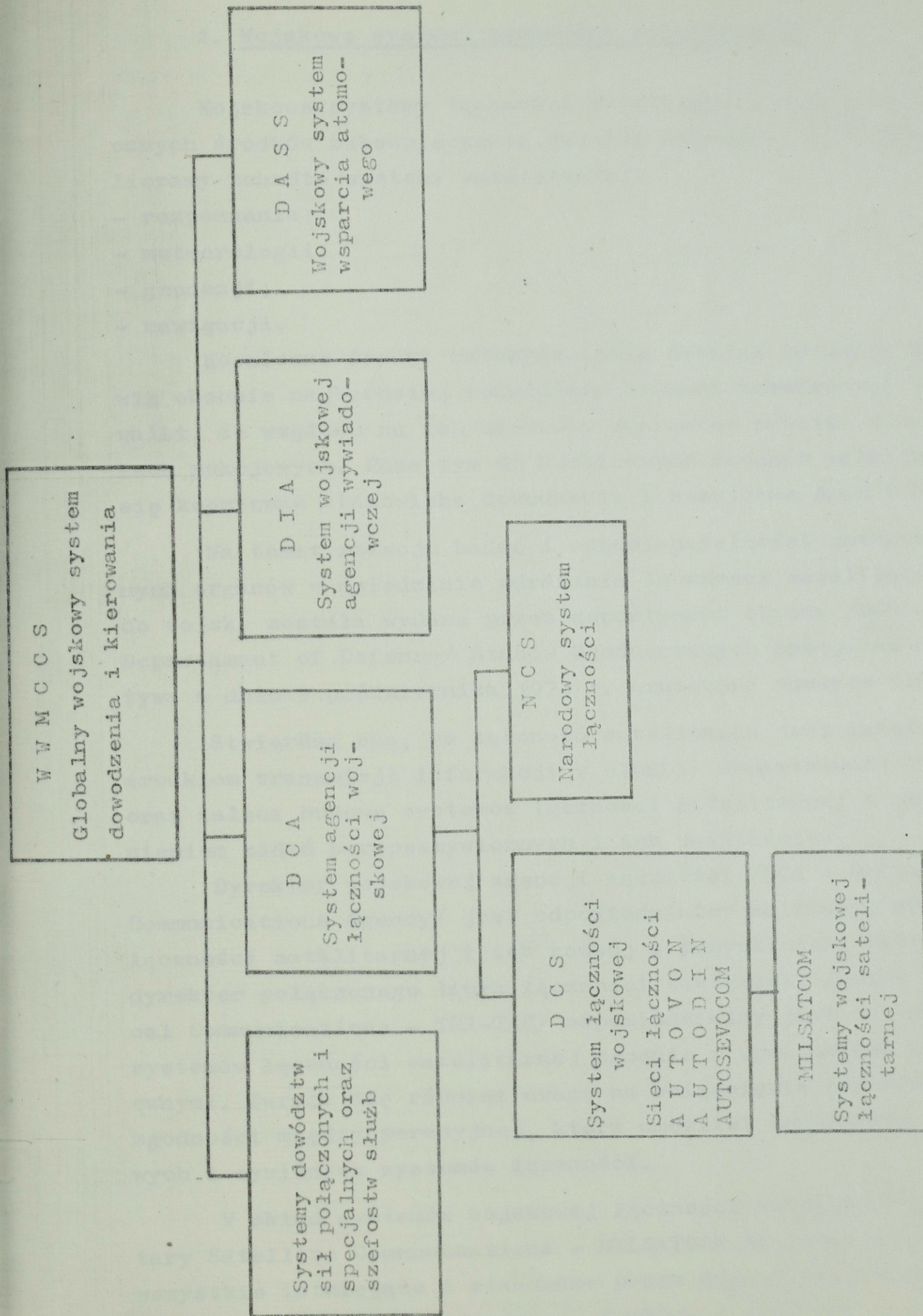
System AUTOVCN. Jest to system automatycznego łączenia kanałów łączności fonicznej między dowolnymi abonentami w sieci łączności telefonicznej jak również radiotelefonicznej. Podstawowymi elementami systemu są automatyczne elektroniczne centrale telefoniczne i radiotelefoniczne, ze sterowaniem programowym realizowanym przez elektroniczne maszyny liczące. System umożliwia szybkie uzyskanie połączeń telefonicznych między Pentagonem i poszczególnymi dowódcami w różnych rejonach świata dzięki zastosowaniu kodów adresowych poszczególnych rejonów geograficznych i priorytetów rozmów.

System AUTODIN. Jest to system przekazywania informacji w postaci cyfrowej. System składa się z sieci zautomatyzowanych /wyposażonych w elektroniczne maszyny liczące/ stacji końcowych i stacji pośrednich. Do systemu informacje cyfrowe są przekazywane z taśm perforowanych lub taśm magnetycznych. Zasadniczą zaletą systemu jest duża szybkość przekazywania informacji niezależnie od ilości stacji końcowych, do których jest skierowana informacja.

System AUTOSEVOCOM. Specjalistyczny system łączności fonicznej wprowadzony do eksploatacji w 1966 r. Rozmowy w systemie są utajnione automatycznie i transmitowane w sieci łączności cyfrowej.

System łączności DCS jest również obsługiwany przez systemy wojskowej łączności satelitarnej MILSATCOM, które stanowią obecnie bardzo ważne ogniwo łączności.

- Do głównych zadań systemów MILSATCOM można zaliczyć m.in.
- zapewnienie globalnej łączności ze wszystkimi bazami wojskowymi na kuli ziemskiej;
 - utrzymywanie łączności z okrętami i łodziami podwodnymi marynarki wojennej;
 - utrzymywanie łączności pomiędzy bazami i samolotami sił lotniczych.



Rys.6. Globalny wojskowy system dowodzenia i kierowania

2. Wojskowe systemy łączności satelitarnej

Wojskowe systemy łączności satelitarnej należą do kosmicznych środków zabezpieczenia działań bojowych, do których zaliczamy ponadto systemy satelitarne:

- rozpoznania;
- meteorologii;
- geodezji;
- nawigacji.

Kosmiczne środki zabezpieczenia działań bojowych stanowią obecnie najbardziej rozwinięty element kosmicznych środków walki, ze względu na ich użytkowy charakter również w warunkach pokojowych. Poza tym do kosmicznych środków walki zalicza się kosmiczne stanowiska dowodzenia i kosmiczne środki bojowe.

Na temat rozwoju badań i odpowiedzialności poszczególnych organów w dziedzinie wdrażania łączności satelitarnej do wojsk, została wydana przez departament obrony /DOD - Department of Defense/ Stanów Zjednoczonych specjalna dyrektywa w dniu 9 października 1973 r. oznaczona numerem 5105.44.

Stwierdza ona, że łączność satelitarna jest istotnym środkiem transmisji informacji w służbie departamentu obrony oraz zaleca budowę systemów łączności satelitarnej z uwzględnieniem zadań perspektywicznych i ich unifikację.

Dyrektor wojskowej agencji łączności /DCA - Defense Communications Agency/ jest odpowiedzialny za budowę systemów łączności satelitarnej i ich rozwój w przyszłości. Natomiast dyrektor połączonego biura łączności taktycznej /Joint Tactical Communications - TRI-TAC/ odpowiedzialny jest za budowę systemów łączności satelitarnej zgodnie z wymaganiami taktycznymi. Zwraca się również uwagę na osiągnięcie odpowiedniej zgodności międzyoperacyjnej, która umożliwi współpracę wojskowych i cywilnych systemów łączności.

W skład systemów wojskowej łączności satelitarnej /Military Satellite Communications - MILSATCOM Systems/ wchodzi wszystkie istniejące i planowane przez departament obrony systemy łączności satelitarnej. Funkcję kierowania systemem MILSATCOM spełnia biuro wojskowych systemów łączności sate-

litarnej MSO /Military Satellite Communications - MILSATCOM Systems Office/, które powołuje dyrektor wojskowej agencji łączności DCA.

System łączności satelitarnej obejmuje:^{x/}

- segment kosmiczny;
- segment naziemny;
- urządzenia do współpracy z innymi systemami łączności.

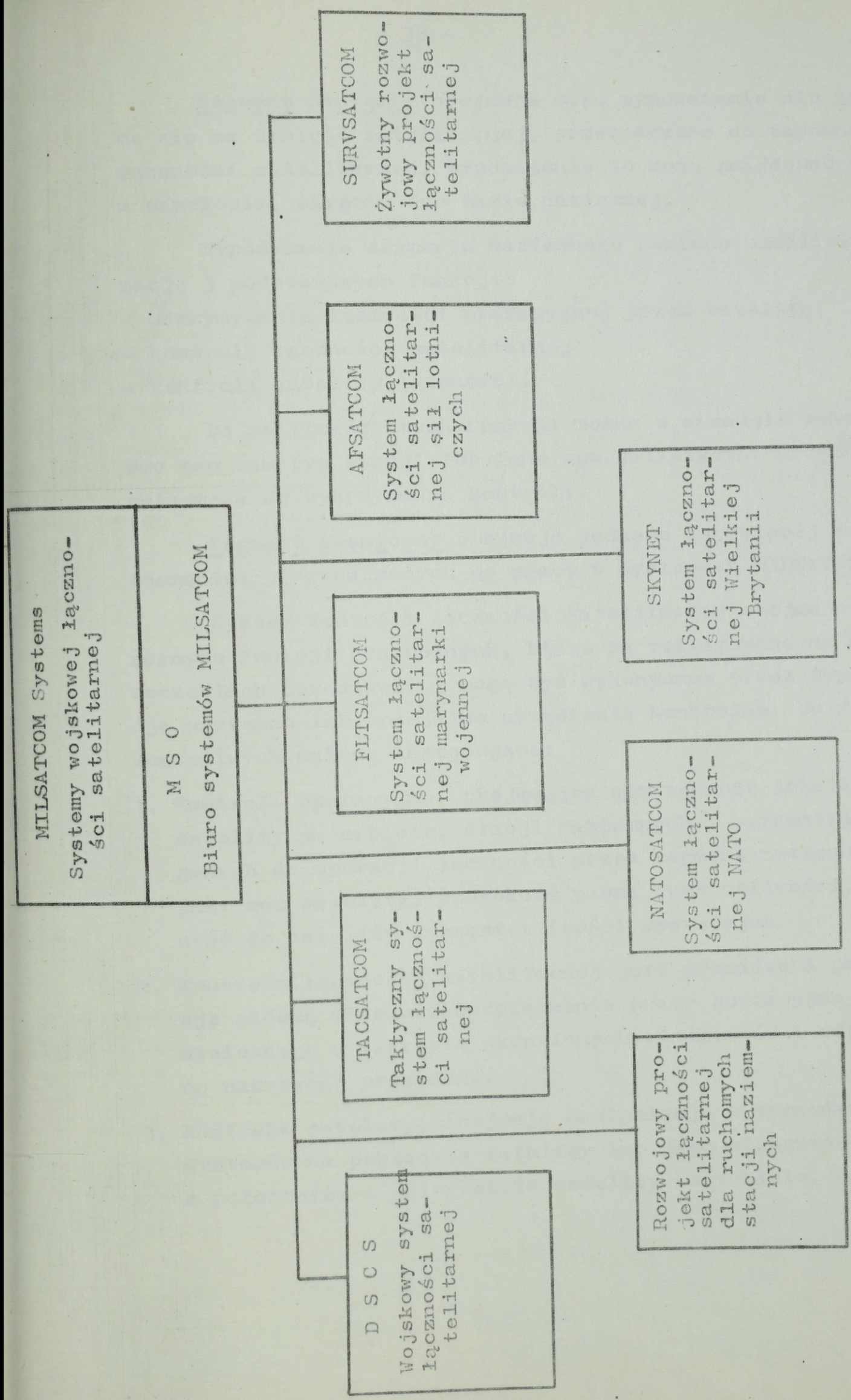
W skład systemu nie wchodzi środki sił lotniczych /US Air Force/ przeznaczone do kontroli i śledzenia obiektów kosmicznych, jak również doświadczalnych programów satelitarnych nie będących integralną częścią lub podsystemem w systemie MILSATCOM. W skład MILSATCOM wchodzi /Rys.7/:

1. Wojskowy system łączności satelitarnej DSCS /Defense Satellite Communications System/.
2. Taktyczny system łączności satelitarnej TACSATCOM /Tactical Satellite Communications System/.
3. System łączności satelitarnej marynarki wojennej FLTSATCOM /Fleet Satellite Communications System/.
4. System łączności satelitarnej sił lotniczych AFSATCOM /Air Force Satellite Communications System/.
5. Żywy rozwojowy projekt łączności satelitarnej SURVSATCOM /Survivable Satellite Communications Development Project/.
6. Rozwojowy projekt łączności satelitarnej dla ruchomych stacji naziemnych /Ground Mobile Forces Satellite Communications Development Project/.

Do nieamerykańskich systemów łączności satelitarnej wykorzystywanych w ramach umowy w systemach MILSATCOM należą:

7. System łączności satelitarnej NATO /NATO Satellite Communications System/.
8. System łączności satelitarnej Wielkiej Brytanii SKYNET /United Kingdom Defence Satellite Communications System - SKYNET/.

x/ Szczegółowe dane dotyczące segmentów kosmicznego i naziemnego znajdują się w załącznikach 1 i 2.



Rys. 7. Systemy wojskowej łączności satelitarnej

Segment naziemny obejmuje całe wyposażenie nie znajdujące się na orbicie satelitarnej, przeznaczone do zapewnienia łączności satelitarnej. Wyposażenie to może znajdować się np. w samolocie, okręcie lub bazie naziemnej.

Wyposażenie segmentu naziemnego powinno umożliwić realizację 3 podstawowych funkcji:

- utrzymywania łączności operacyjnej przez satelitę;
- kontroli łączności satelitarnej;
- kontroli satelity łączności.

Do realizacji tych funkcji można w zasadzie wykorzystywać ten sam typ stacji lub inne specjalistyczne urządzenia zwłaszcza do wykonywania kontroli.

Segment kosmiczny obejmuje jednego lub więcej satelitów łączności przeznaczonych do pracy w systemach MILSATCOM.

System kontroli łączności satelitarnej obejmuje kilka różnych funkcji kontrolnych, które są realizowane na różnych szczeblach dowodzenia i mogą być wykonywane przez typowe stacje naziemne lub specjalne urządzenia kontrolne. Do funkcji kontrolnych należą następujące:

1. Kontrola operacyjna, obejmująca sprawdzenie lokalizacji satelity na orbicie, stacji naziemnych i parametrów wymaganych do operacji łączności przez segment naziemny, takich jak: moc satelity, szerokość pasma częstotliwości, dostępność do satelity i częstotliwości operacyjne.
2. Kontrola łączności satelitarnej jest prowadzona przez stację główną w celu zabezpieczenia pracy operacyjnej segmentu naziemnego w zakresie określonych parametrów i odpowiednio do nakazanej procedury.
3. Kontrola satelity, obejmuje manipulacje i sprawdzanie podsystemów na pokładzie satelity lub jego elementów, włącznie z położeniem i odległością satelity na orbicie.

2.1. Wojskowy system łączności satelitarnej DSCS i jego analiza

Realizacja wojskowego systemu łączności satelitarnej DSCS została rozpoczęta w 1966 r. i podzielona na trzy fazy:

- pierwsza DSCS 1, znana początkowo pod nazwą IDCSP /Initial Defense Communications Satellite Program/, określana również jako Program 572;
- druga DSCS 2, określana również jako Program 777;
- trzecia DSCS 3.

System łączności satelitarnej DSCS przeznaczony jest do utrzymywania niezawodnej i ciągłej łączności na szczeblu strategicznym, a mianowicie organom rządowym i wyższemu dowództwu Stanów Zjednoczonych z wszystkimi rejonami na powierzchni Ziemi, na których stacjonują wojska amerykańskie lub znajdują się inne instytucje.

System DSCS 1

Pierwsze próby z systemem DSCS 1 /IDCSP/ rozpoczęto w 1966 roku. Segment kosmiczny systemu obejmował ogółem 26 satelitów łączności, które zostały wysłane na zbliżone do kołowych synchroniczne orbity równikowe, w latach 1966-1968 w czterech seriach:

- 1/ siedem satelitów w czerwcu 1966 r.
- 2/ osiem satelitów w styczniu 1967 r.
- 3/ trzy satelity w lipcu 1967 r.
- 4/ osiem satelitów w czerwcu 1968 r.

Okres obiegu satelitów wokół Ziemi wahał się w granicach 21 do 22 godzin, w związku z tym satelity dryfowały na orbicie przesuając się w stosunku do Ziemi ze wschodu na zachód w ciągu doby o około 30° w ciągu dnia. Satelita znajdował się w polu widzenia stacji naziemnej w ciągu około 4,5 dnia. Satelity na orbicie wokółziemskiej były rozmieszczane równomiernie w wyniku czego zawsze w polu widzenia stacji naziemnej znajdowały się nie mniej jak dwa satelity. Należy jednak podkreślić, że satelity te umożliwiały w zasadzie łączność przy położeniu stacji naziemnej na obszarach mieszczących się między 60° szerokości

geograficznej północnej i południowej. Przy położeniu stacji naziemnej na obszarach powyżej 60° szerokości geograficznej północnej i południowej. Przy położeniu stacji naziemnej na obszarach powyżej 60° szerokości geograficznej północnej lub południowej utrzymywanie łączności z satelitą napotykało na trudności ze względu na mały kąt elewacji anteny stacji naziemnej oraz zakłócenia lub przesłonięcie przez obiekty naziemne.

W ramach systemu DSCS 1 pracowały stacje naziemne różnych typów.

System DSCS 2

Realizacja drugiej fazy systemu DSCS została rozpoczęta w 1971 r. podczas operacyjnego wykorzystywania systemu DSCS 1. Wynikała zatem konieczność dokonania pewnych modyfikacji zwłaszcza stacji naziemnych systemu DSCS 1 w celu umożliwienia im współpracy z systemem DSCS 2. Segment kosmiczny systemu DSCS 2 obejmuje 6 satelitów łączności w tym dwa zapasowe umieszczone na orbicie zbliżonej do geostacjonarnej.

Pierwsza para satelitów DSCS 2 /DSCS 2-1 i DSCS 2-2/ została wysłana na orbitę geostacjonarną 3 listopada 1971 r. Satelity te nie znajdują się już w eksploatacji, pierwszy przestał pracować wskutek awarii źródeł zasilania we wrześniu 1972 r. drugi został uszkodzony przez burzę geomagnetyczną w czerwcu 1973 r.

Druga para satelitów DSCS 2 /DSCS 2-3 i DSCS 2-4/ została umieszczona na orbicie zbliżonej do geostacjonarnej /kąt nachylenia orbity $2,49^{\circ}$ / 13 grudnia 1973 r. przy pomocy jednej rakiety nośnej Titan III-C wystrzelonej z przylądka

Canaveral. Satelity te posiadały szereg ulepszeń w porównaniu z pierwszą parą satelitów, a mianowicie:

- wszystkie zewnętrzne elementy zostały zabezpieczone przed wpływami burz geomagnetycznych;
- system zasilania został przystosowany do bardziej niezawodnej pracy;
- elementy elektroniczne w satelicie rozmieszczono bardziej symetrycznie w celu zwiększenia jego stabilności na orbicie.

W początkowym okresie w skład segmentu naziemnego wchodziły zmodyfikowane stacje naziemne systemu DSCS 1 /36 stacji naziemnych/ oraz około 30 nowych stacji, rozmieszczonych na lądzie, okrętach, śmigłowcach i samolotach. W budowie znajdowało się 9 nowych typów przewoźnych stacji naziemnych. Będą one mogły rozpocząć pracę po 20 minutach od momentu przybycia na nowe miejsce dyslokacji. Stacje miały pracować w zakresie częstotliwości X/5,2-10,9 GHz/.

W systemie DSCS 2 prowadzono również badania nad zastosowaniem wielokrotnego dostępu czasowego TDMA/Time Division Multiple Access/ do satelity oraz zastosowania modulacji kodowo-impulsowej PCM/Pulse Code Modulation/.

System DSCS 3

Realizacja trzeciej fazy systemu DSCS została rozpoczęta w 1975 roku. Satelity systemu DSCS będą posiadały większą liczbę kanałów, większą odporność na zakłócenia, dłuższy czas aktywnego działania /do siedmiu lat/ i zapewniać łączność pomiędzy różnymi użytkownikami wojsk lądowych, marynarki wojennej oraz służb dyplomatycznych. Przewiduje się, że system DSCS 3 powinien spełniać wymagania sił zbrojnych na lata 1985-90. W systemie pracować będą cztery satelity - po jednym: nad Oceanem Atlantyckim, zachodnią częścią Oceanu Spokojnego, wschodnią częścią Oceanu Spokojnego oraz jeden zapasowy nad Oceanem Indyjskim.

Satelita DSCS 3 będzie posiadać 6-7 oddzielnych translacji /DSCS 2 posiada 4 translacje/.

Nowy system będzie wykorzystywał wielokrotny dostęp czasowy TDMA w odróżnieniu do wielokrotnego dostępu częstotliwościowego stosowanego w systemie DSCS 2.

Analiza systemu łączności satelitarnej DSCS

1. Z technicznego punktu widzenia:

Satelity systemu DSCS 1 wykorzystywane w ramach pierwszej fazy realizacji systemu posiadały małe rozmiary /kształt dwudziestoczterościanu symetrycznego o wysokości 80 cm i śred-

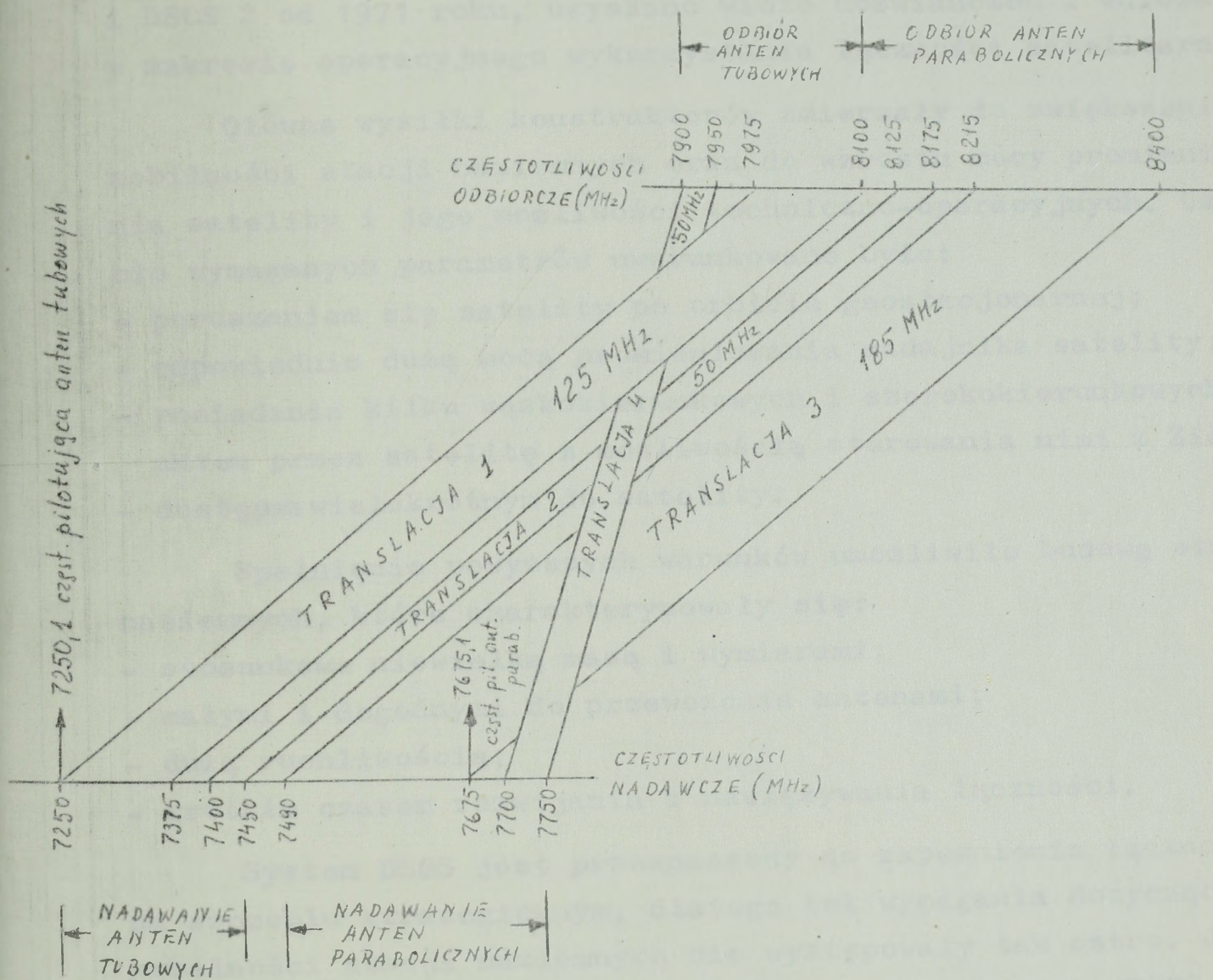
nicy 91 cm/. Masa ich wynosiła ok. 45 kg. W związku z powyższym parametry elektryczne satelity były ograniczone zarówno pod względem mocy nadajnika, pasma przenoszonych częstotliwości jak również charakterystyki promieniowania anteny.

Z satelitami DSCS 1 współpracowały stacje naziemne łączności satelitarnej stacjonarne, ruchome, przewoźne i okrętowe. Mała moc promieniowania satelity i mały zysk promieniowania jego anteny wymagał aby stacje naziemne posiadały stosunkowo duże anteny o dużym zysku, i odbiornik wysokiej czułości. Moc promieniowania nadajnika stacji naziemnej była rzędu kilku kW. Ponieważ satelita był ruchomy względem stacji, istniała w związku z tym konieczność jego śledzenia. Czynniki te spowodowały, że stacje naziemne posiadały dużą masę kilku ton i więcej.

Znacznie większymi możliwościami dysponowały satelity i stacje naziemne drugiej fazy DSCS 2. Satelity były wprowadzane na orbity geostacjonarne, wyposażone w 4 anteny w tym: dwie paraboliczne o wąskiej wiązce promieniowania, które mogły być sterowane z Ziemi, i dwie rogowe o szerokiej wiązce promieniowania. Moc nadajnika satelity była dziesięciokrotnie większa jak satelity DSCS-1 i wynosiła 20 W. W kierunku satelita-Ziemia praca odbywała się w zakresie częstotliwości 7250-7750 MHz, a w kierunku Ziemia-satelita 7900-8400 MHz. Satelita był wyposażony w 4 translacje, każda o innej szerokości pasma przenoszenia /Rys.8/:

- 1 translacja, pasmo przenoszenia 125 MHz wykorzystująca anteny rogowe;
- 2 translacja, pasmo przenoszenia 50 MHz, wykorzystująca anteny paraboliczne;
- 3 translacja, pasmo przenoszenia 185 MHz, wykorzystująca anteny paraboliczne;
- 4 translacja, pasmo przenoszenia 50 MHz, wykorzystująca anteny rogowe.

Ogółem cztery translacje pracowały w paśmie 410 MHz, w którym możliwa była praca w 1300 dupleksowych kanałach fonicznych lub przesyłanie informacji cyfrowej z prędkością 100 Mbit/sek.



Rys.8. Plan rozdziału częstotliwości satelity DSCS 2

W wyniku szeregu ulepszeń satelitów DSCS 2, stacje naziemne ulec mogły pewnemu uproszczeniu, do których można zaliczyć:

- wyeliminowanie urządzeń przeznaczonych do śledzenia ruchu satelity z uwagi na ich stałe położenie na orbicie;
- zmniejszenie średnic anten parabolicznych 2,4; 1,8 i 1,2 m z powodu wzrostu mocy promieniowanej przez satelitę;
- uproszczenie urządzeń odbiorczych;
- zmniejszenie mocy nadajnika, która wahała się od 100 W do 1000 W.

2. Z operacyjnego punktu widzenia:

W wyniku eksploatacji systemu DSCS 1 w latach 1966-1971 i DSCS 2 od 1971 roku, uzyskano wiele doświadczeń i wniosków w zakresie operacyjnego wykorzystania łączności satelitarnej.

Główne wysiłki konstruktorów zmierzały do zwiększenia mobilności stacji naziemnych oraz do wzrostu mocy promieniowania satelity i jego możliwości techniczno-operacyjnych. Osiągnięcie wymaganych parametrów uwarunkowane było:

- poruszaniem się satelity po orbicie geostacjonarnej;
- odpowiednio dużą mocą promieniowania nadajnika satelity;
- posiadania kilku wąskokierunkowych i szerokokierunkowych anten przez satelitę z możliwością sterowania nimi z Ziemi;
- dostępem wielokrotnym do satelity.

Spełnienie powyższych warunków umożliwiło budowę stacji naziemnych, które charakteryzowały się:

- stosunkowo niewielką masą i wymiarami;
- małymi i dogodnymi do przewożenia antenami;
- dużą ruchliwością;
- krótkim czasem rozwijania i nawiązywania łączności.

System DSCS jest przeznaczony do zapewnienia łączności na szczeblu strategicznym, dlatego też wymagania dotyczące mobilności stacji naziemnych nie występowały tak ostro. Jednakże istotną sprawą była możliwość włączenia się systemu DSCS do satelitarnego systemu faktycznego.

Planowanie trzeciej fazy DSCS 3 utwierdza w przekonaniu, że uzyskano pozytywne rezultaty w wojskowej łączności satelitarnej.

2.2. Taktyczny system łączności satelitarnej TACSATCOM i jego analiza

Pierwsze próby z taktycznym systemem łączności satelitarnej rozpoczęto w Stanach Zjednoczonych w 1965 roku. Dotychczas znane są trzy generacje stacji naziemnych do taktycznej łączności satelitarnej.

Pierwsza generacja jest znana pod nazwą EASTT /Experimental Army Satellite Tactical Terminals - wojskowe doświad-

czalne stacje naziemne do taktycznej łączności satelitarnej/.
Ogółem zbudowano 5 typów stacji naziemnych:

- 1/ EASTT 1 stacja naziemna z anteną o średnicy 7,8 m;
- 2/ EASTT 2 i 3 stacje naziemne kontenerowe o masie około 3/4 t.;
- 3/ EASTT 4 i 5 dwa typy stacji samochodowych o masie około 1/4 t

Do utrzymywania łączności wykorzystywano satelitę LES 5 /Lincoln Experimental Satellite/, który został wysłany w przestrzeń kosmiczną 1 lipca 1967 roku i eksploatowany do początku 1971 roku.

System EAST /Experimental Army Satellite Tactical/ był przeznaczony do badania możliwości wykorzystania satelitów do łączności na szczeblu taktycznym. Oprócz Stanów Zjednoczonych do badań systemu przystąpiły państwa NATO /Belgia, Kanada, RFN, Włochy, Holandia i Wielka Brytania/. Porozumienie w tej sprawie zostało podpisane w 1967 r. w Bonn. W późniejszym okresie do badań przyłączyła się także Norwegia.

Stacje naziemne pracujące w systemie były wykorzystywane w warunkach polowych we wszystkich rejonach kuli ziemskiej. W oparciu o uzyskane doświadczenia przy eksploatacji systemu EAST wprowadzono niezbędne zmiany w budowie stacji naziemnych i rozpoczęto ich produkcję na skalę przemysłową. Stacje te znane są jako stacje naziemne drugiej generacji.

Eksploatację systemu TACSATCOM rozpoczęto w 1968 roku. Na orbicie wokółziemskiej umieszczono dwa następne satelity łączności LES-6 i TACSAT-1.

Satelita LES-6 został wysłany na orbitę wokółziemską zbliżoną do geostacjonarnej w dniu 26 września 1968 roku.

Satelita TACSAT-1 został wysłany na geostacjonarną orbitę wokółziemską 9 lutego 1969 roku. Satelita TACSAT-1 działał aktywnie do lutego 1973 roku.

Analiza taktycznego systemu łączności satelitarnej TACSATCOM

1. Z technicznego punktu widzenia:

Satelita TACSAT-1, który pracował w systemie taktycznej łączności satelitarnej spełniał wymagania konieczne do współpracy z małymi przenośnymi i przewoźnymi stacjami naziemnymi.

Wyposażony w system anten pracujących w zakresie ultrawielkich i superwielkich częstotliwości, posiadał 10 tys. kanałów telefonicznych.

Stacje naziemne łączności były w zasadzie wyposażone w dwa kanały łączności. Jeden kanał telefoniczny analogowy i jeden kanał telefoniczny lub dalekopisowy cyfrowy, jednocześnie możliwe było nadawanie i odbiór sygnałów ostrzegania. Niektóre stacje posiadały również urządzenia utajniające. Obsługa stacji składała się z 1 do 3 ludzi.

2. Z operacyjnego punktu widzenia:

System taktycznej łączności satelitarnej był przeznaczony do dowodzenia pododdziałami wojsk lądowych do grup składających się z 2-3 ludzi włącznie, samolotami, okrętami i łodziami podwodnymi. Dla lotnictwa był wykorzystywany zakres ultrawielkich częstotliwości.

Badania rozpoczęto w lipcu 1967 r. z satelitą LES-5 a następnie LES-6. Program badań nabrał szczególnych rozmiarów po umieszczeniu na orbicie w lutym 1969 r. satelity TACSAT-1, który działał do lutego 1973 r.

System taktycznej łączności satelitarnej jest bardzo atrakcyjny dla wszystkich rodzajów sił zbrojnych, ponieważ spełnia wymagania w zakresie łączności pod względem:

- niezawodności na odległość do 10 tys. km;
- szybkości rozwijania stacji i nawiązywania łączności;
- zdolności transmisji w szerokim paśmie częstotliwości;
- transmisji analogowej lub cyfrowej;
- odporności na zakłócenia i warunki atmosferyczne;
- niezależności od ukształtowania terenu;
- małej ilości ludzi do obsługi.

Zaawansowanie prac ze stacjami pracującymi w ruchu zabezpieczenia potrzeby wielu oddziałów i pododdziałów, dla których utrzymanie łączności w ruchu odgrywa bardzo ważną rolę. Przyszle projektowane systemy ELTSATCOM, AFSATCOM, SURVSATCOM i łączności dla ruchomych stacji naziemnych mają bardzo duże perspektywy rozwoju.

2.3. System łączności satelitarnej Wielkiej Brytanii i jego analiza

Budowę systemu rozpoczęto w 1967 roku, eksploatację natomiast w 1969 roku. System SKYNET umożliwia współpracę z systemem DSCS oraz systemem łączności satelitarnej NATO. System ten jest przeznaczony do utrzymywania łączności między ministerstwem obrony Wielkiej Brytanii i brytyjskimi dowództwami rozmieszczonymi na Środkowym i Dalekim Wschodzie.

Dotychczas wysłano trzy satelity typu SKYNET:

- 1/ SKYNET-1, w dniu 22.11.1969 r. na zbliżoną do geostacjonarnej orbitę;
- 2/ SKYNET-2, w dniu 19.8.1970 r. na orbitę o wysokości 270/36041 km satelita wskutek awarii silnika nie osiągnął orbity geostacjonarnej;
- 3/ SKYNET-3, w dniu 23 listopada 1974 r.

Do pracy w systemie zaplanowano 9 stacji naziemnych, w tym:

- jedną stację główną stacjonarną /Typ I/ na terenie Wielkiej Brytanii, która została zlokalizowana w Oakhanger /Hampshire/;
- cztery stacje przewoźne /Typ II/ zlokalizowane w bazach na Cyprze, w Singapurze, w Bahrein /Półwysep Arabski/ i na wyspie Gan /na Oceanie Indyjskim/;
- dwie stacje /Typ III/ na okrętach desantowych HMS "Interpid" i HMS "Fearless";
- dwie stacje ruchome /Typ IV/ w odwodzie strategicznym.

W systemie przewidziano również stację pomiarową, która znajduje się w Christchurch /Wielka Brytania/.

Analiza systemu łączności satelitarnej SKYNET

1. Z technicznego punktu widzenia:

Parametry techniczne satelitów i stacji naziemnych systemu SKYNET są podobne jak systemu DSCS, z którym jest zapewniona ścisła współpraca. System SKYNET posiada jednak znacznie ograniczone możliwości ze względu na jego mniejszy zasięg i zakres wykorzystania.

2. Z operacyjnego punktu widzenia:

System SKYNET zbudowany i eksploatowany przez Wielką Brytanię operacyjnie wchodzi w skład amerykańskiego systemu DSCS i w zasadzie nie funkcjonuje samodzielnie.

2.4. System łączności satelitarnej NATO i jego analiza

W latach 1966-67 powstała w NATO koncepcja unowocześnienia systemu łączności. Znana ona jest pod nazwą "Zintegrowany system łączności NATO" /Integrated Communications System - NICS/, której koszt wynosił około 500 mln dolarów. Każde z państw NATO /za wyjątkiem Francji/ partycypowało w kosztach w stosunku odpowiednim do udziału w NATO. Wszystkie przedsięwzięcia podejmowane w ramach koncepcji prowadzone są przez Agencję Kierowniczą Zintegrowanego Systemu Łączności NATO /NATO Integrated Communications System Management Agency - NICCSMA/, która jest organem wykonawczym powołanej 17 marca 1971 r. przez Radę Paktu Północno-Atlantyckiego "Organizacji Zintegrowanego Systemu Łączności NATO" /NATO Integrated Communications System Organization - NICSO/.

W ramach NICSO działa również Połączony Komitet Łączności i Elektroniki NATO /NATO Joint Communications-Electronics Committee - NJCEC/ odpowiedzialny za planowanie przed Komitetem Planowania Obronnego /Defense Planning Committee/.

Modernizacja systemu łączności NATO ma być zakończona do 1980 roku. Plany zakładają automatyzację połączeń, scalenie różnych sieci wykorzystujących istniejące środki transmisji, a mianowicie: sieci troposferyczne, mikrofalowe, satelitarne i pewne narodowe środki łączności. Jednym z ważnych kierunków rozwoju zintegrowanego systemu łączności NATO jest budowa systemu łączności satelitarnej.

System łączności satelitarnej NATO SATCOM jest realizowany w 3 etapach.

Pierwszy etap realizacji systemu został rozpoczęty w 1966r. w ramach którego zainstalowano dwie ruchome stacje naziemne

typu Mascot z antenami parabolicznymi o średnicy 4,5 m, jedną przy dowództwie NATO w Casteau /Belgia/ a drugą przy dowództwie południowo-europejskiego TDW w Neapolu /Włochy/. Obie stacje naziemne pracowały w amerykańskim systemie DSCS 1 jako stacje doświadczalne i do szkolenia personelu. Stacje naziemne były wyprodukowane przez firmę Philco Corporation.

W ramach drugiego etapu realizacji systemu:

- wystrzelono dwa satelity, NATO 1 w dniu 20.3.1970 r. i NATO 2 w dniu 3.2.1971 r. na orbity zbliżone do geostacjonarnych;
- zbudowano 12 stacji naziemnych do łączności satelitarnej w tym: 6 stacji z antenami o średnicy 12,8 m, które pracowały na terenie Wielkiej Brytanii, Stanów Zjednoczonych, RFN, Norwegii, Włoch i Turcji; 6 stacji z antenami o średni 6 m, które pracowały na terenie Danii, Grecji, Portugalii, Holandii, Kanady i Stanów Zjednoczonych.

Głównym wykonawcą stacji naziemnych była firma zachodnioniemiecka Standard Elektrik Lorenz A.G.

Etap realizacji systemu, który zakończony w 1975 roku, obejmuje trzy typy stacji naziemnych:

- duże stacjonarne stacje naziemne do łączności na większe odległości;
- ruchome stacje dla wojsk lądowych;
- stacje dla okrętów marynarki wojennej.

Każdy węzłowy punkt w sieci łączności satelitarnej będzie automatycznie przełączany przez centrum komputerowe, którego zadaniem będzie również kontrola wszystkich połączeń, stan sieci, jej obciążenie i lokalizacja użytkowników.

Koszta związane z realizacją dwóch pierwszych etapów wynoszą 180 mln marek zachodnioniemieckich, z czego na satelity przeznaczono 36 mln marek /łącznie z raketami nośnymi/, pozostałą część na budowę stacji naziemnych.

Realizacja trzeciego etapu łączności satelitarnej NATO rozpoczęła się w 1975 roku w oparciu o przedsięwzięcia wykonane w ramach drugiego etapu. Wszystkimi pracami kieruje Organizacja Systemów Raketowych i Kosmicznych Sił Lotniczych Stanów Zjednoczonych /USAF s Space and Missile Organization - SAMSO/, która

współpracuje z 12 firmami zachodnimi. W ramach tego etapu przewiduje się wystrzelenie dwóch satelitów na orbitę geostacjonarną nad Oceanem Atlantyckim, z których jeden będzie zapasowy.

Satelity będą wyposażone w 3 anteny tubowe, z których dwie przeznaczone są do łączności z wszystkimi państwami NATO a trzecia będzie obejmowała tylko obszar Europy Zachodniej. Będą one również dysponowały m.in. szerszym pasmem częstotliwości, większą ilością kanałów i zapewniać łączność ruchomym stacjom na ziemi¹ na morzu jak również stacjonarnym. Plan przewiduje budowę 36 stacjonarnych stacji naziemnych i około 200 ruchomych. Stacje stacjonarne będą dysponowały antenami o średnicy od 6 do 13 m oraz od 72 do 96 kanałami telefonicznymi. Stacje ruchome będą wyposażone w anteny o średnicy 1,8 m i posiadać 24 kanały telefoniczne. Przewiduje się również wyposażenie 26 okrętów i 2 samolotów w stacje łączności satelitarnej.

Ogólna pojemność każdego satelity wynosi 742 kanały, z czego:

- 450 kanałów przeznaczono dla stacjonarnych stacji naziemnych na europejskim obszarze NATO;
- 130 kanałów przeznaczono dla stacjonarnych stacji naziemnych w północnej Ameryce i na obszarze Atlantyku;
- 27 kanałów przeznaczono dla ruchomych stacji na europejskim obszarze NATO /odpowiada to 162 kanałom stacjonarnych stacji naziemnych/.

Analiza systemu łączności satelitarnej NATO

1. Z technicznego punktu widzenia:

System łączności satelitarnej obejmujący wszystkie państwa NATO, posiada zbliżone parametry techniczne do pozostałych systemów łączności satelitarnej i przeznaczony jest również do ścisłej współpracy z tymi systemami. System jest budowany głównie w oparciu o opracowania amerykańskie, dlatego też wiele rozwiązań jest takich samych jak w systemie DSCS i TACSATCOM.

2. Z operacyjnego punktu widzenia:

System łączności satelitarnej NATO stanowi szczególny przedmiot zainteresowania, z uwagi na obszar jaki on obejmuje. Jego operacyjne wykorzystanie i możliwości będą omawiane w dalszej części pracy. Załącznik 3 przedstawia satelitarny system łączności obsługujący stacjonarne węzły łączności państw NATO.

2.5. System łączności satelitarnej marynarki wojennej
FLTSATCOM

System łączności satelitarnej marynarki wojennej jest przeznaczony do zapewnienia łączności okrętom na morzu, okrętom podwodnym i samolotom patrolowym. System ma pracować głównie w zakresie ultrawielkich częstotliwości UHF, w mniejszym natomiast stopniu w zakresie superwielkich częstotliwości SHF. Satelita będzie posiadał również transpondery dla systemu łączności satelitarnej sił lotniczych AFSATCOM.

W skład systemu AFSATCOM w zakresie częstotliwości UHF wchodzić będą 3 podsystemy:

- 1/ satelitarny cyfrowy podsystem łączności marynarki wojennej /FSB - Digital Fleet Satellite Broadcast/;
- 2/ cyfrowy podsystem wymiany informacji /IXS - Digital Information Exchange Subsystem/;
- 3/ cyfrowy foniczny podsystem łączności utajnionej /SVC - Digital Secure Voice Communications Subsystem/.

Satelitarny cyfrowy podsystem marynarki wojennej FSB jest przeznaczony do zabezpieczenia łączności na dużym obszarze, bardziej niezawodnej, wydajniejszej i skuteczniejszej aniżeli obecnie wykorzystywany system pracujący w zakresie fal krótkich / $f=3-30$ MHz/.

Zadaniem cyfrowego podsystemu wymiany informacji IXS jest zapewnienie łączności w relacji okręt-ląd-okręt.

Cyfrowy foniczny podsystem łączności utajnionej SVC obejmuje utajnioną sieć foniczną wyższego dowództwa /HICOM -

Secure High Command Voice Network/ i utajnioną ogólną sieć foniczną marynarki /FLTCOM - Secure Fleet Common Voice Network/. Sieć HICOM przeznaczona jest głównie do kierowania flotą przez dowództwo znajdujące się na lądzie. Ogólna sieć foniczna marynarki przeznaczona jest dla wszystkich jednostek do wymiany informacji taktycznej pomiędzy wszystkimi stacjami wchodzącymi w skład FLTSATCOM.

Zakres superwielkich częstotliwości będzie wykorzystywany do współpracy z systemami DSCS.

Pierwszy satelita FLTSATCOM ma być wystrzelony na orbitę geostacjonarną na początku 1977 roku. Następne trzy satelity przewiduje się umieszczać na orbitach w odstępach 90 dniowych. Wówczas zostanie zapewniona globalna łączność.

Przedtem zostaną przeprowadzone próby w ramach projektu MARISAT, które rozpoczęły się w 1975 roku.

2.6. System łączności satelitarnej sił lotniczych AFSATCOM

System jest opracowywany dla potrzeb globalnego wojskowego systemu dowodzenia i kierowania WW MCCS i sił lotniczych Stanów Zjednoczonych. AFSATCOM będzie posiadał również swój udział w systemie FLTSATCOM w części przeznaczonej dla łączności z lotnictwem. System ma również zapewniać łączność dla lotnictwa w rejonie biegunów, jak również współpracę z systemem DSCS.

System AFSATCOM ma zapewnić łączność o wysokim stopniu niezawodności w zakresie ultrawielkich częstotliwości UHF /225-400 MHz/ głównie dla bombowców strategicznych, powietrznych stanowisk dowodzenia, samolotów rozpoznawczych i innych wybranych elementów sił strategicznych do 1990 roku.

W skład systemu ma wchodzić również system satelitarnego przesyłania danych SDS /Satellite Data System/.

2.7. Żywotny rozwojowy projekt łączności satelitarnej SURVSATCOM

Badania w ramach tego projektu są kierowane przez siły lotnicze. Projekt ma być przeznaczony do zapewnienia łączności o wysokim stopniu niezawodności w bardziej krytycznych momentach wojny. Do prób będą wykorzystywane satelity łączności LES-8 i 9. Wyniki badań będą wykorzystywane podczas realizacji systemu AFSATCOM.

2.8. Projekt rozwojowy łączności satelitarnej dla ruchomych stacji naziemnych

Badania mają na celu wykorzystanie w przyszłości zakresu częstotliwości SHF razem z obecnie używanym zakresem UHF. Ponieważ zakres UHF jest stosunkowo wąski i w przyszłości użytkownicy będą chcieli wykorzystywać szersze pasmo częstotliwości i większy poziom mocy do przesyłania sygnałów cyfrowych i utajnionych wynika stąd, że potencjalnie możliwości posiada zakres SHF. W tym celu są prowadzone badania ze stacjami naziemnymi znajdującymi się w ruchu w zakresie częstotliwości SHF. W Stanach Zjednoczonych zbudowano stabilizowaną żyroskopowo antenę paraboliczną o średnicy 91,44 cm i stację naziemną, które są zamontowane na 3/4 tonowym samochodzie terenowym. Antena znajduje się wewnątrz stacji w celu jej ochrony przed wpływami atmosferycznymi i wiatrem. Podstawa anteny jest stabilizowana na płaszczyźnie żyroskopowej dla zapewnienia dokładnej orientacji w kierunku satelity.

Gdy stacja jest w ruchu antena jest stabilizowana żyroskopowo automatycznie w pionie i w poziomie. Kiedy do anteny nie dociera chwilowo sygnał od satelity wówczas jej płaszczyzna będzie zachowywać nadal właściwy kąt do czasu ponownego nawiązania łączności.

Okazuje się, że zasada stabilizacji żyroskopowej anten do łączności satelitarnej nadaje się również do zastosowania w samolotach.

2.9. Zagadnienia dostępu wielokrotnego do satelity

Celem różnych systemów dostępu wielokrotnego do satelity jest wykorzystanie tego samego urządzenia retransmisyjnego satelity przez kilka lub nawet kilkadziesiąt stacji naziemnych jednocześnie. Satelity łączności geostacjonarne dają możliwość budowy linii satelitarnych między stacjami naziemnymi rozmieszczonymi na obszarze o średnicy około jednej trzeciej obwodu równika. Wynika stąd, że liczba stacji naziemnych, które znajdują się w polu widzenia satelity geostacjonarnego, może być duża.

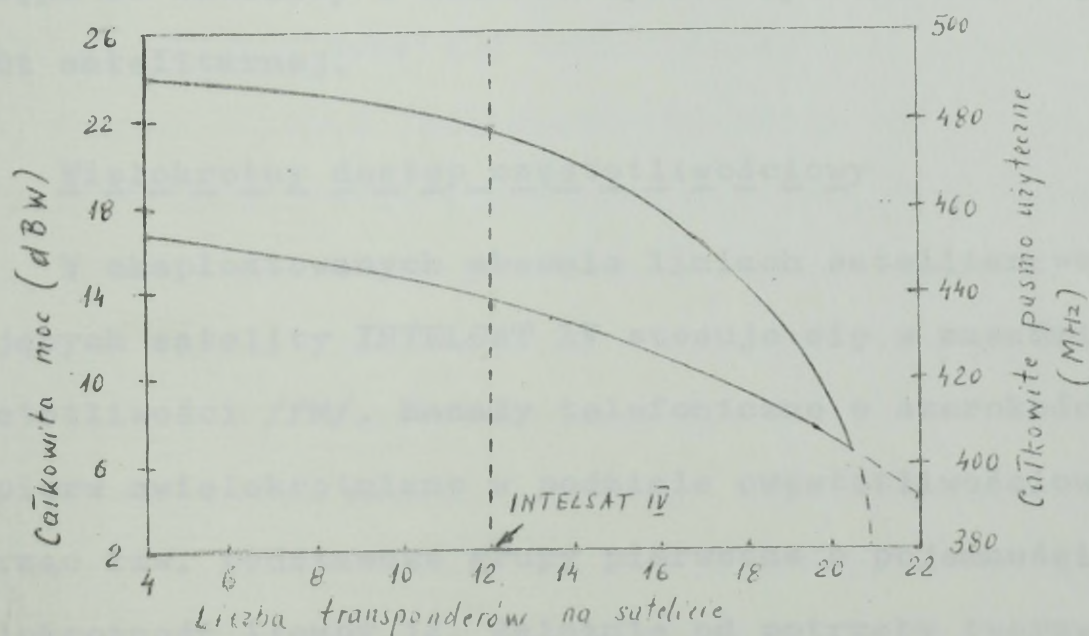
Powstaje więc problem charakterystyczny dla łączności satelitarnej, a mianowicie, jak należy rozwiązać zagadnienie równoczesnego wykorzystania aparatury retransmisyjnej, umieszczonej na pokładzie satelity przez wiele stacji naziemnych jednocześnie. W wojskowej łączności satelitarnej sprawa ta posiada szczególnie ważne znaczenie.

Przy takim rozwiązaniu, zachodzi niebezpieczeństwo wzajemnych szkodliwych wpływów poszczególnych linii satelitarnych. Dlatego też obecnie dąży się do umieszczenia na pokładzie satelity możliwie dużej liczby niezależnych urządzeń retransmisyjnych. Wyboru liczby tych urządzeń dokonuje się kompromisowo biorąc pod uwagę:

- 1/ uzyskiwaną całkowitą pojemność aparatury retransmisyjnej /wyrażoną np. liczbą kanałów telefonicznych/,

- 2/ wykorzystanie przydzielonego pasma częstotliwości;
- 3/ wykorzystanie mocy promieniowanej z pokładu satelity;
- 4/ możliwość dowolnego kierowania retransmitowanego ruchu, czyli tzw. trafiku;
- 5/ możliwość łatwego przechodzenia z jednego trafiku na inny, np. z telefonii na telewizję;
- 6/ możliwość rozmieszczenia sieci, tzn. objęcia nią nowych stacji naziemnych;
- 7/ efektywność ekonomiczną przyjętych rozwiązań.

Na przykład dla satelitów geostacjonarnych typu INTELSAT IV ciężar i moc zasilania aparatury retransmisyjnej są z góry określone możliwościami istniejącymi na pokładzie satelity. Jeśli więc wyjść z pełnego wykorzystania tych możliwości i rozpatrzyć jak będzie się zmieniać całkowita moc promieniowania z pokładu satelity i całkowita pojemność uzyskiwana w funkcji liczby niezależnych wzmacniaczy retransmisyjnych, czyli tzw. transponderów, to otrzyma się przebiegi pokazane na rys. 9.



Rys. 9. Całkowita moc promieniowania z pokładu satelity w funkcji liczby transponderów.

Jak wynika z rys. 9 nie jest korzystne szczególnie ze względu na spadek całkowitej pojemności retransmisyjnej, powiększanie liczby transponderów powyżej 12. Z tego powodu liczba niezależnych torów retransmisyjnych na pokładzie satelity INTELSAT IV została ograniczona do 12, każdy tor o szerokości 36 MHz, łączna szerokość retransmitowanego pasma wynosi więc 430 MHz.

Z ekonomicznego punktu widzenia i efektywnego wykorzystania pełnej pojemności toru retransmisyjnego, problem wielokrotnego dostępu do satelity sprowadza się obecnie w zasadzie do właściwego wykorzystania pojemności pojedynczego toru retransmisyjnego przez wiele stacji naziemnych o stosunkowo małym trafiku. Tego rodzaju sytuacja występuje przede wszystkim w systemach wojskowej łączności satelitarnej. Na polu walki znajdować się będzie duża ilość małych ruchomych stacji naziemnych o stosunkowo niewielkim ruchu. Warto w związku z tym rozpatrzyć stosowane obecnie w cywilnej łączności satelitarnej, systemy wielokrotnego dostępu do satelity i dokonać wyboru systemu dla wojskowej łączności satelitarnej.

Wielokrotny dostęp częstotliwościowy

W eksploatowanych obecnie liniach satelitarnych, wykorzystujących satelity INTELSAT IV stosuje się w zasadzie modulację częstotliwości /FM/. Kanały telefoniczne o szerokości 4 kHz są najpierw zwielokrotniane w podziale częstotliwościowym "FDM"^{1/}, tworząc tzw. podstawowe grupy pierwotne o pojemności stanowiącej wielokrotność liczby 12. Zależnie od potrzeby tworzy się zwykle standardowe grupy 24-, 60- lub 132 kanałowe.

1/ z angielskiego "Frequency Division Multiplex"

Sygnały grupy pierwotnej modulują następnie częstotliwość /FM/ pośrednią, która wynosi zwykle 70 MHz. Stosuje się przy tym dużą dewiację częstotliwości /w porównaniu z dewiacją stosowaną w liniach radiowych/ wobec czego uzyskuje się następujące szerokości pasma: dla grupy 24-kanalowej - 2,5 MHz, zaś dla grupy 60- i 132-kanalowej, odpowiednio 5 i 10 MHz. Szerokopasmowe sygnały są następnie przenoszone na przydzieloną odpowiednią częstotliwość środkową w okolicy 6 GHz. Ten proces przemiany częstotliwości decyduje o podziale pasma retransmisyjnego przez aparaturę pokładową, a więc o "dostępie" do satelity, oznacza się go jako FDMA.^{1/} Pełny ciąg operacji przeprowadzanych nad sygnałem charakteryzującym wielokrotny dostęp częstotliwości jest więc oznaczany jako FDM-FM-FDMA.

Charakterystyczną cechą systemu wielokrotnego dostępu jest to, iż kanały telefoniczne jednokierunkowe nadawane przez daną stację naziemną do różnych stacji grupuje się w jednej grupie pierwotnej, która zależnie od pojemności zajmuje pasmo wielkiej częstotliwości o odpowiedniej szerokości. Szerokość tego pasma, a także jego częstotliwość środkowa /zwana zwykle częstotliwością nośną/, jest przydzielona danej stacji naziemnej

Kanały odbierane przez daną stację z różnych stacji znajdują się więc w tym przypadku w różnych pasmach, przydzielonych odpowiednio tym różnym stacjom.

Dana stacja naziemna emituje więc stosunkowo wąskie pasmo, o szerokości dostosowanej do potrzeb, odbiera natomiast pasmo szerokie, obejmujące wszystkie pasma emitowane przez stacje, z którymi utrzymuje łączność, a więc praktycznie pasmo retransmitowane przez aparaturę pokładową satelity.

1/ z angielskiego "Frequency Division Multiple Acces"

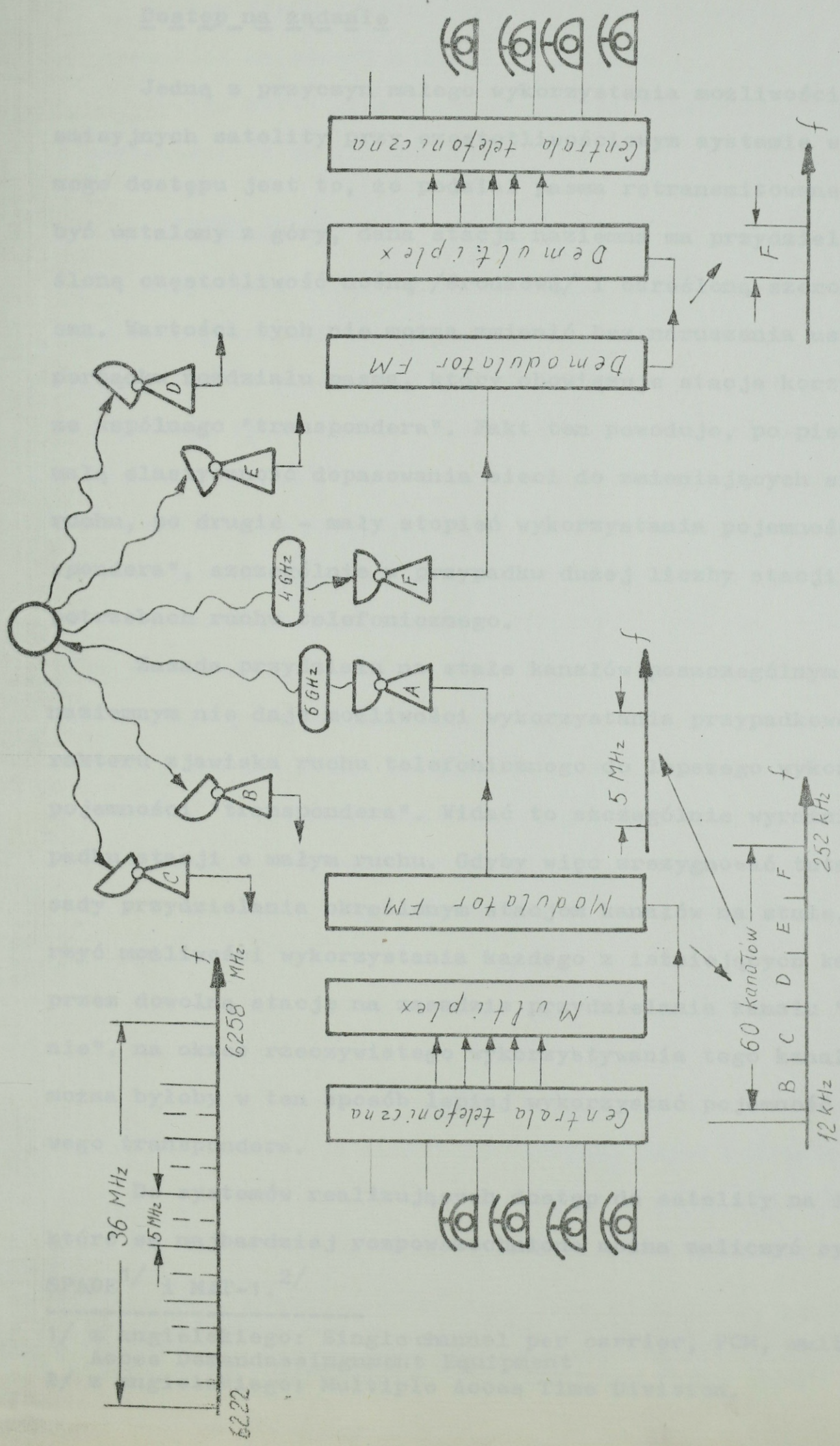
Ideowy schemat systemu FDM-FM-FDMA jest przedstawiony na rys. 10. Dla uproszczenia założono, że linie satelitarne łączą sobą 6 jednakowych /pod względem pojemności trafiku/ stacji naziemnych A, B, C, D, E, F. Każda z nich dysponuje pojemnością 60 kanałów telefonicznych, podzieloną równomiernie, po 12 kanałów na każdą z 5-ciu pozostałych stacji. Każdej ze stacji przydzielono pasmo o szerokości 5 MHz i odpowiednią częstotliwość środkową tego pasma $f_A, f_B, f_C, f_D, f_E, f_F$. Kanały nadawane na każdej stacji są najpierw zwielokrotniane do grupy podstawowej 60 kanałowej, a odpowiadające tej grupie pasmo o szerokości 5 MHz - jest emitowane w kierunku satelity na przydzielonej częstotliwości środkowej leżącej w okolicy 6 GHz.

Na pokładzie satelity następuje wzmocnienie i retransmisja poszczególnych pasm w kierunku Ziemi, przy czym częstotliwości środkowe ulegają odpowiedniemu przesunięciu w okolicę 4 GHz.

Kanały odbierane na każdej ze stacji uzyskuje się w sposób następujący. Na każdej ze stacji odbierane są wszystkie pasma retransmitowane przez tor satelitarny, na każdej uzyskuje się w ten sposób do dyspozycji pełne grupy 60-kanałowe, pochodzące z innych stacji. Z każdej z tych grup wybiera się ostatecznie tylko 12 kanałów przeznaczonych dla danej stacji.

Opisany system wielokrotnego dostępu częstotliwościowego jest obecnie szeroko wykorzystywany, ponieważ jest łatwy w eksploatacji i daje bardzo dobrą jakość transmisji. System ten posiada także duże wady, a mianowicie jest mało elastyczny w eksploatacji i mało efektywny jeśli chodzi o wykorzystanie pasma retransmitowanego i mocy promieniowanej z pokładu satelity.

INTELSAT IV



Rys. 10. Ideowy schemat sieci satelitarnej opartej na systemie wielokrotnego dostępu częstotliwościowego.

Dostęp na żądanie

Jedną z przyczyn małego wykorzystania możliwości retransmisyjnych satelity przy częstotliwościowym systemie wielokrotnego dostępu jest to, że podział pasma retransmitowanego musi być ustalony z góry, dana stacja naziemna ma przydzieloną określoną częstotliwość nośną /środkową/ i określoną szerokość pasma. Wartości tych nie można zmienić bez naruszenia ustalonego porządku rozdziału pasma, który obowiązuje stacje korzystające ze wspólnego "transpondera". Fakt ten powoduje, po pierwsze - małą elastyczność dopasowania sieci do zmieniających się potrzeb ruchu, po drugie - mały stopień wykorzystania pojemności "transpondera", szczególnie w przypadku dużej liczby stacji o małych potrzebach ruchu telefonicznego.

Zasada przydziału na stałe kanałów poszczególnym stacjom naziemnym nie daje możliwości wykorzystania przypadkowego charakteru zjawiska ruchu telefonicznego do lepszego wykorzystania pojemności "transpondera". Widać to szczególnie wyraźnie w przypadku stacji o małym ruchu. Gdyby więc zrezygnować tutaj z zasady przydzielania określonym stacjom kanałów na stałe, a stworzyć możliwości wykorzystania każdego z istniejących kanałów przez dowolną stację na zasadzie przydzielania kanału "na żądanie", na okres rzeczywistego wykorzystywania tego kanału, to można byłoby w ten sposób lepiej wykorzystać pojemność pokładowego transpondera.

Do systemów realizujących dostęp do satelity na żądanie, które są najbardziej rozpowszechnione można zaliczyć systemy

SPADE^{1/} i MAT-1.^{2/}

1/ z angielskiego: Single channel per carrier, PCM, multiple Acces Demandassignment Equipment

2/ z angielskiego: Multiple Acces Time Division.

System SPADE przeznaczony jest do stosowania w liniach o pojemności mniejszej aniżeli 12 kanałów.

System MAT-1 przeznaczony jest do stosowania w liniach o pojemności 12 do 120 kanałów.

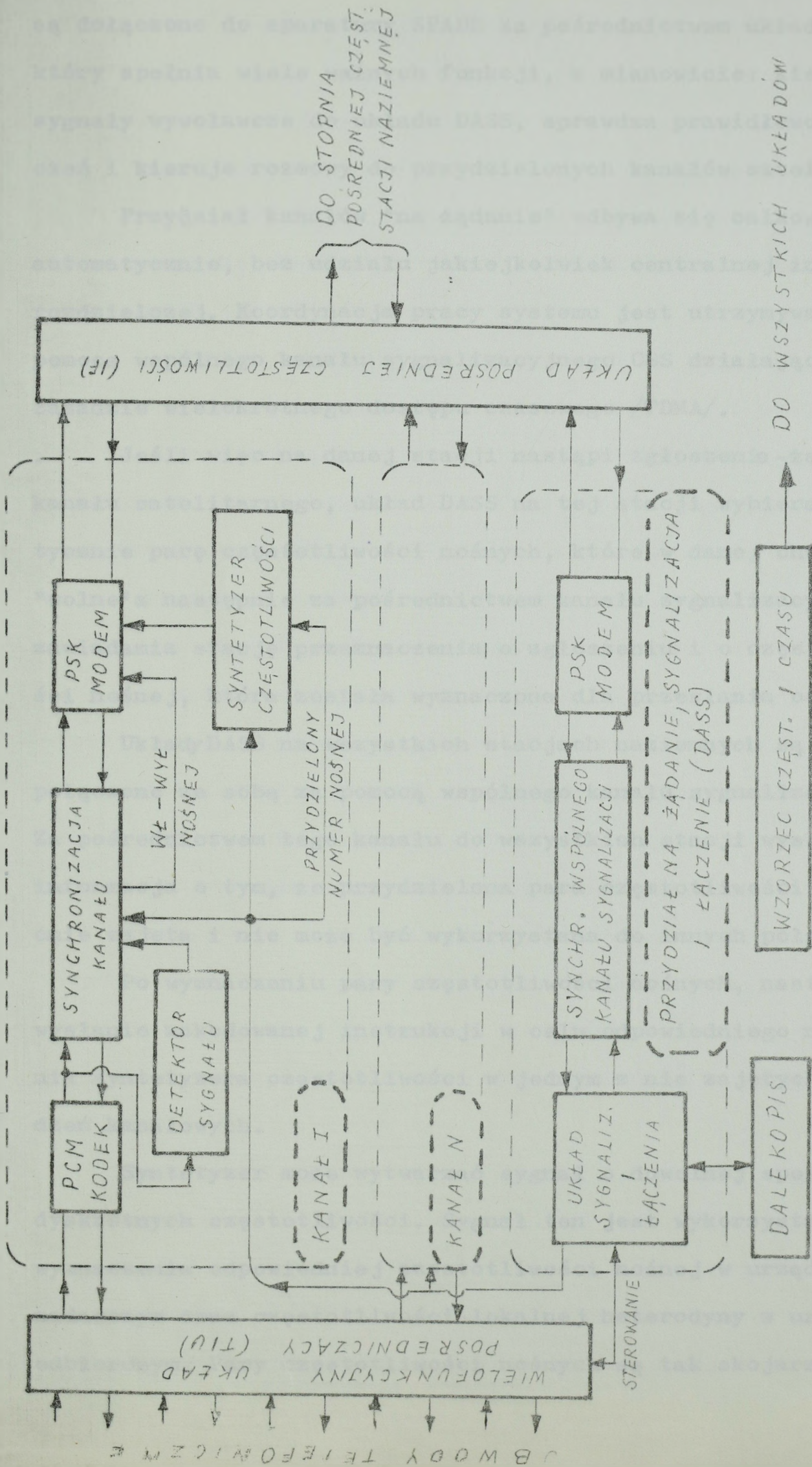
SYSTEM SPADE

W systemie SPADE, pasmo wielkiej częstotliwości retransmitowane przez aparaturę pokładową satelity dzieli się na stosunkowo wąskie pasemka, o szerokości niezbędnej do przeniesienia jednego tylko kanału telefonicznego. Zastosowany tu system modulacji PCM-PSK^{1/} oraz konieczność zapewnienia rozdziału częstotliwościowego poszczególnych kanałów, zdecydowały o wyborze pasemka o szerokości 45 kHz. W paśmie "przenoszonym" przez pojedynczy transponder satelity INTELSAT IV /36 MHz/ mieści się więc 800 jednokierunkowych kanałów telefonicznych. Żaden z tych kanałów nie jest przydzielony na stałe żadnej ze stacji naziemnych, są one natomiast skojarzone parami /tak, aby odstęp częstotliwości był równy częstotliwości pośredniej odbiornika/ i przydzielane "na żądanie" danej parze stacji naziemnych, w celu zrealizowania dwukierunkowego /duplex/ połączenia telefonicznego.

Uproszczony układ blokowy aparatury SPADE jest przedstawiony na rys. 11.

Aparatura zawiera wielofunkcyjny układ pośredniczący TIU, określoną liczbę N urządzeń kanałowych, układ rozrzędu częstotliwości nośnych DASS i pomocniczy układ częstotliwości pośredniej IF. Obwody telefoniczne z lokalnej centrali międzymiastowej

1/ Analogowa postać sygnału mowy jest tu najpierw zamieniona na postać numeryczną za pośrednictwem modulacji impulsowo-kodowej /PCM/. Sygnał numeryczny moduluje nośną za pośrednictwem cztero-fazowego koherentnego przesuwu fazy /PSK/.



Rys. 11. Uproszczony układ blokowy aparatury SPADE

są dołączone do aparatury SPADE za pośrednictwem układu TIU, który spełnia wiele ważnych funkcji, a mianowicie: kieruje sygnały wywoławcze do układu DASS, sprawdza prawidłowość połączeń i kieruje rozmowy do przydzielonych kanałów satelitarnych.

Przydział kanałów "na żądanie" odbywa się całkowicie automatycznie, bez udziału jakiegokolwiek centralnej instytucji rozdzielczej. Koordynacja pracy systemu jest utrzymywana za pomocą wspólnego kanału sygnalizacyjnego CSS działającego na zasadzie wielokrotnego dostępu czasowego /TDMA/.

Jeśli więc na danej stacji nastąpi zgłoszenie-żądania kanału satelitarnego, układ DASS na tej stacji wybiera automatycznie parę częstotliwości nośnych, które w danej chwili są "wolne" a następnie za pośrednictwem kanału sygnalizacyjnego - zawiadamia stację przeznaczenia o zgłoszeniu i o częstotliwości nośnej, która została wyznaczona dla przesłania odpowiedzi.

Układy DASS na wszystkich stacjach naziemnych są stale połączone ze sobą za pomocą wspólnego kanału sygnalizacyjnego. Za pośrednictwem tego kanału do wszystkich stacji wysłana jest informacja o tym, że przydzielona para częstotliwości jest obecnie zajęta i nie może być wykorzystana do innych połączeń.

Po wyznaczeniu pary częstotliwości nośnych, następuje wysłanie zakodowanej instrukcji w celu odpowiedniego nastawienia syntetyzera częstotliwości w jednym z nie zajętych urządzeń kanałowych.

Syntetyzer może wytwarzać sygnał o dowolnej spośród 800 dyskretnych częstotliwości. Sygnał ten jest wykorzystany do wyznaczenia odpowiedniej częstotliwości nośnej w urządzeniu nadawczym oraz częstotliwości lokalnej heterodyny w urządzeniu odbiorczym. Pary częstotliwości nośnych są tak skojarzone, aby

sygnał uzyskiwany z syntetyzera spełniał oba wymienione warunki.

Po uruchomieniu syntetyzera następuje włączenie modemu PSK i sprawdzenie ciągłości kanału satelitarnego łączącego obie stacje. Gdy tylko czynności połączeniowe zostaną pomyślnie zakończone, następuje otwarcie kanału dla obustronnego przesyłania sygnałów mowy.

Na każdej z obu stacji połączonych ze sobą za pośrednictwem kanału telefonicznego SPADE, sygnał mowy o postaci analogowej, przychodzący od abonenta lokalnego, zostaje najpierw poddany procesowi kodowania. Odbywa się to w urządzeniu kodująco-dekodującym /kodek PCM/. Urządzenie to służy także do zmiany sygnału o postaci numerycznej, odbieranego z odległej stacji, na sygnał analogowy przesyłany abonentowi lokalnemu.

Do zacisków wyjściowych kodeka jest dołączony detektor sygnału mowy. Napięcie wyjściowe tego detektora służy do włączania i wyłączania nośnej, stosownie do toku rozmowy. Sposób ten daje w efekcie znaczną oszczędność mocy urządzenia retransmisyjnego, znajdującego się na pokładzie satelity.

Sygnał mowy o postaci numerycznej, po przejściu przez układ synchronizacji, moduluje przydzieloną nośną w urządzeniu modulacji fazy - modem PSK. Urządzenie to służy także do koherentnej demodulacji fazy nośnej odebranej z odległej stacji.

Zmodulowany fazowo sygnał podlega następnie odpowiedniemu przesunięciu częstotliwości w urządzeniu IF, w zakres częstotliwości pośredniej /70 MHz/. Także w tym urządzeniu sygnał o częstotliwości pośredniej /70 MHz/ z odbiornika stacji jest przesuwany na właściwą częstotliwość nośną danego kanału.

Sygnal o częstotliwości 70 MHz jest przesyłany do urządzeń nadawczych stacji naziemnej, ulegając tam wzmocnieniu i odpowiedniemu przesunięciu częstotliwości w zakres 6 GHz. Analogicznie sygnały odebrane z satelity, w zakresie 4 GHz, są wzmocnione w zakres 70 MHz i przesłane do urządzenia IF w aparaturze SPADE.

Wielokrotny dostęp czasowy

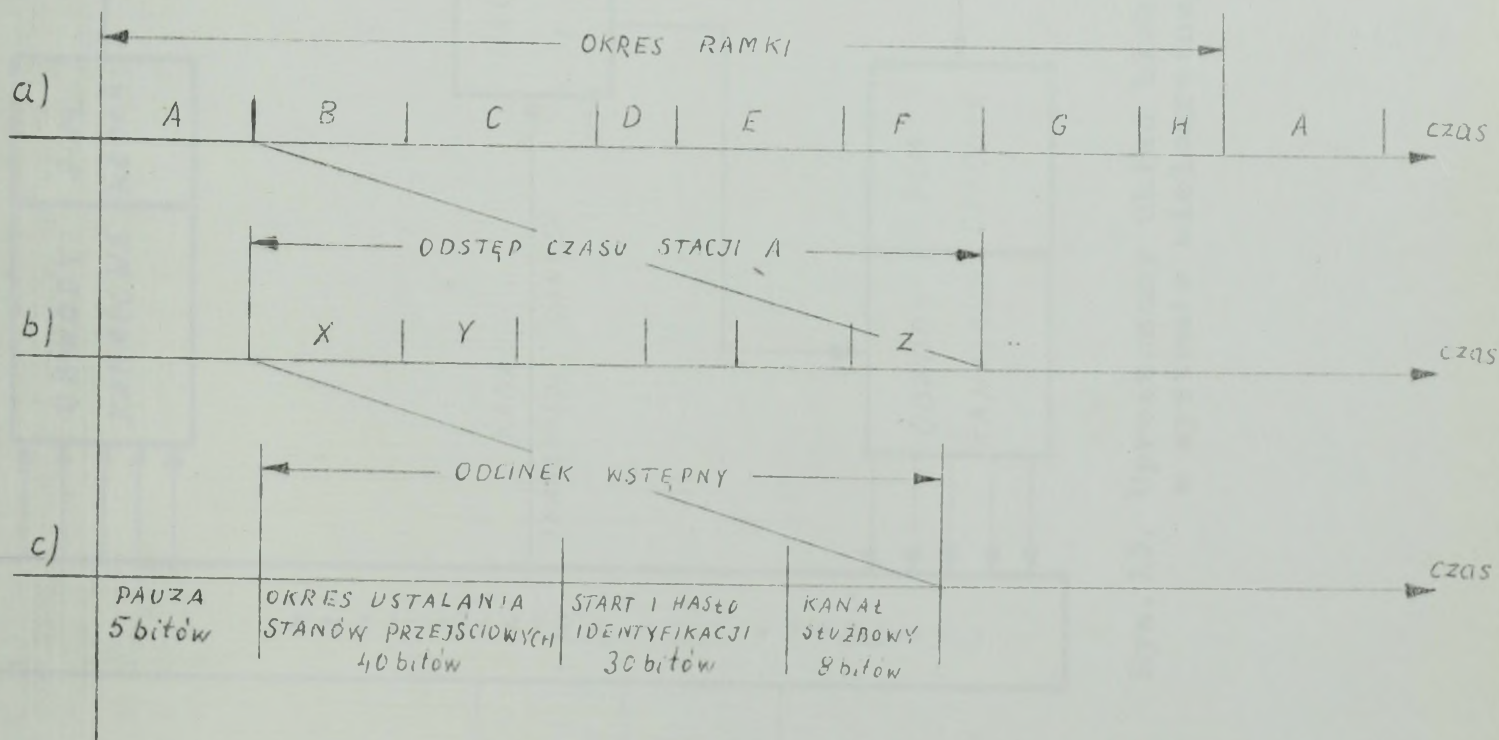
Trudności jakie wynikają wskutek wykorzystywania tego samego transpondera na pokładzie satelity przez różne linie satelitarne w tym samym czasie, mogą być zmniejszone, jeśli zamiast równoczesnego oddziaływania wielu sygnałów różnych stacji na transponder, zostanie wprowadzona zasada podziału czasu jego pracy w taki sposób, aby w każdej chwili był retransmitowany sygnał tylko jednej stacji. Przy takim systemie nie mogą w zasadzie wystąpić wzajemne oddziaływania poszczególnych linii satelitarnych, których źródłem są nieliniowości charakterystyk transpondera.

System taki zwany wielokrotnym dostępem czasowym do satelity /TDMA/, wymaga, aby sygnał nadawany przez każdą z poszczególnych stacji podlegał odpowiedniej kompresji w czasie, ten warunek jest w naturalny sposób spełniony, jeśli stosuje się postać numeryczną sygnałów transmitowanych przez linię satelitarną.

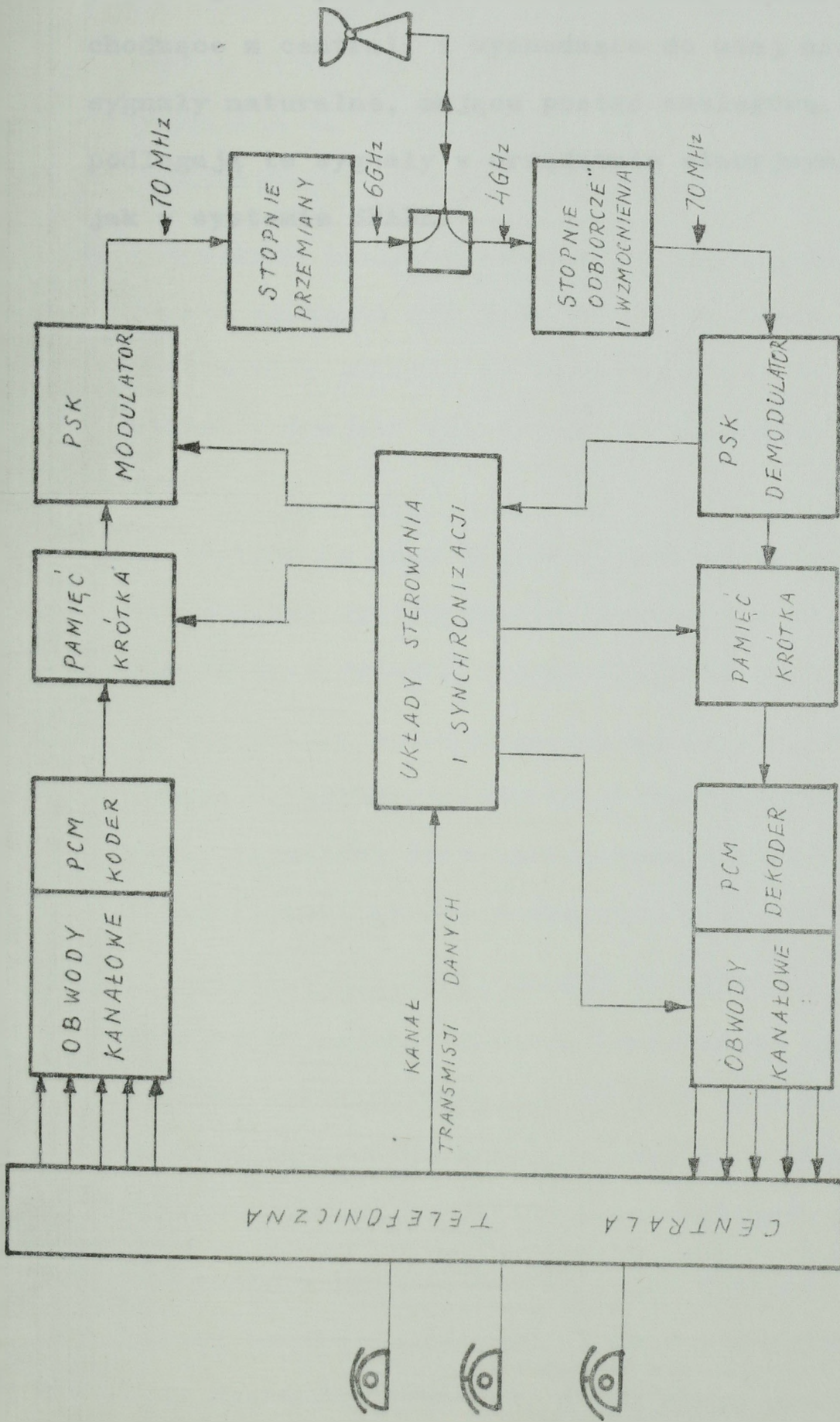
Na rys. 12 przedstawiono schematycznie podział czasu dostępu do transpondera w systemie TDMA. W tym przypadku okres powtarzania ramki trwa 125 μ sek, co odpowiada międzynarodowo przyjętej wartości okresu próbkowania w systemie PCM. Okres ramki jak widać z rys. 12 a, może być rozdzielony nierówno-

miernie między poszczególne stacje naziemne A,B,C,...H, korzystające z dostępu do satelity. Okoliczność ta jest jedną z zalet stanowiących o elastyczności systemu TDMA. Odstęp bowiem czasu przeznaczony dla danej stacji może mieć wartość dopasowaną do jej potrzeb. Można w tym systemie także łatwo zrealizować dostęp na żądanie, podobnie jak to osiągnięto w systemie SPADE.

Na rys. 12b pokazany jest schematycznie typowy podział odstępu czasu przeznaczonych dla danej stacji. Początkowy wstępny odcinek tego odstępu czasu jest przeznaczony na dokonanie wszelkich czynności synchronizacyjnych systemu, jak na przykład czynności pokazane schematycznie na rys. 12 c. Następnie odcinki czasu są przeznaczone do przesyłania informacji do poszczególnych współpracujących stacji.



Rys. 12. Schemat podziału czasu w systemach wielokrotnego dostępu czasowego do satelity.



Rys. 13. Uproszczony układ blokowy stacji naziemnej działającej w systemie wielokrotnego dostępu czasowego do satelity.

Na rys. 13 przedstawiono układ blokowy stacji naziemnej działającej w systemie TDMA. W przedstawionym rozwiązaniu podobnie jak w przypadku układu SPADE, kanały telefoniczne przychodzące z centrali i wychodzące do niej niosą jednokierunkowe sygnały naturalne, mające postać analogową. Procesy, jakim podlegają te sygnały w urządzeniu stacyjnym, są analogiczne jak w systemie SPADE.

3. Wnioski

1. Przedstawione systemy wojskowej łączności satelitarnej państw NATO, ich stan faktyczny oraz perspektywy rozwoju, pozwalają na stwierdzenie, że systemy te wejdą na stałe do eksploatacji przez siły zbrojne.
2. Z krótkich analiz dokonanych z technicznego i operacyjnego punktu widzenia systemów wojskowej łączności satelitarnej państw NATO wynika, że będą one miały zastosowanie we wszystkich rodzajach sił zbrojnych i każdym działaniach bojowych.
3. Ze względu na nasz zakres zainteresowań, szczególne znaczenie posiada wykorzystanie łączności satelitarnej na zachodnim teatrze działań wojennych przez państwa NATO.
4. Aktualny stan rozwoju łączności satelitarnej państw NATO wymaga, ciągłego śledzenia i studiowania tej nowej dziedziny łączności oraz opracowywania skutecznych metod zakłócania i ewentualnego przechwytytu przesyłanych informacji.
5. Niewątpliwe zalety łączności satelitarnej w wielu rodzajach działań bojowych stwarzają konieczność opracowania koncepcji jej wykorzystania jak również ustalenia kierunków prac naukowo-badawczych w tej dziedzinie w siłach zbrojnych państw uczestników Układu Warszawskiego.
6. Wdrożenie w przyszłości do wojsk systemów łączności satelitarnej będzie dodatkowym elementem zwiększającym niezawodność systemów łączności, a tym samym umożliwi lepsze dowodzenie siłami zbrojnymi.

R o z d z i a ł I I

KONCEPCJA SYSTEMU ŁĄCZNOŚCI SATELITARNEJ NA EUROPEJSKIM TEATRZE WOJNY /ETW/

1. Zagadnienia wstępne

1.1. Obszar europejskiego teatru wojny

Na podstawie założeń przyjętych przez siły zbrojne Układu Warszawskiego, Europa dzieli się na trzy teatry działań wojennych: północno-zachodni, zachodni i południowo-zachodni /załącznik 4/. Teatry powyższe stanowią europejski teatr wojny /ETW, obejmują one terytoria własne i przeciwnika /lub neutralne/.

Północno-zachodni TDW obejmuje północne obszary Europy zachodniej i Skandynawię. Na obszarze tym znajduje się jedno z dużych wzniesień Europy - Góry Skandynawskie. Największą wysokość góry osiągają w części południowej ok. 2450 m npm. Góry Skandynawskie posiadają asymetrię stoków, zachodnie opadają stromo wzdłuż linii uskoków ku oceanowi, wschodnie bardziej łagodnie ku Morzu Bałtyckiemu.

Obszarami dogodnymi do prowadzenia działań bojowych na tym TDW są: Półwysep Jutlandzki, wyspy duńskie i południowa część Półwyspu Skandynawskiego. Na wschodnich wybrzeżach wysp duńskich występuje wiele dogodnych odcinków do wysadzenia desantów morskich. Teatr posiada charakter lądowo-morski, stwarzający możliwość współdziałania sił lądowych i powietrznych z siłami morskimi i wojskami powietrzno-desantowymi.

Zachodni TDW obejmuje właściwy trzon kontynentu europejskiego. Obszar ZTDW wyróżnia się pasowym układem form terenowych.

Wzdłuż wybrzeży Morza Bałtyckiego i Północnego rozciąga się wielki Niz Środkowoeuropejski z ciągami wzgórz morenowych, między którymi znajdują się pasma jezior, obszary podmokłe lub bagienne, pocięte gęstą siecią rzek i kanałów żeglowych.

Na południe od Nizu znajduje się pas starszych gór i basenów Europy zachodniej.

Południowy pas ZTDW położony jest w obrębie łańcucha Alp. Wysokość gór jest duża, głównie w ich zachodniej części.

Na zachodnich krańcach Europy znajduje się Półwysep Pirenejski, na północy którego usytuowane są nieprzystępne góry Pireneje.

Mozna przyjąć, że dwie trzecie powierzchni teatru stanowi ląd, a jedną trzecią - obszary wodne, co decyduje o jego lądowo-morskim charakterze.

Południowo-zachodni TDW obejmuje południowo-wschodnie obszary Europy, zachodnią część Turcji z przyległymi wyspami. Na teatrze tym znajdują się półwyspy: Bałkański, Apeniński i Azji Mniejszej, na których położone są pasma górskie. Duży zbiornik wodny stanowi Morze Śródziemne. Teatr powyższy posiada charakter lądowo-morski.

1.2. Analiza europejskiego teatru wojny /ETW/ pod względem zabezpieczenia wojsk w systemy łączności radiowej

Na podstawie przytoczonego powyżej krótkiego opisu europejskiego teatru wojny wynika, że posiada on charakter lądowo-morski. Sytuacja powyższa pozwala przewidywać, że działania wojenne na europejskim teatrze wojny będą prowadzone przez wojska lądowe, marynarkę wojenną i lotnictwo. Poza tym dogodne odcinki

do wysadzania desantów morskich, jak również desantów lądowych pozwalają przypuszczać, że tego rodzaju operacje będą stosowane.

W świetle powyższego szczególne znaczenie będzie miało zapewnienie różnym rodzajom wojsk i ich ewentualnym desantom łączności dowodzenia i współdziałania.

Duży rozmach operacji, niejednokrotnie na całym teatrze wymagać będzie zapewnienia łączności na bardzo duże odległości.

Współczesne systemy łączności radiowej w tej sytuacji, nie w każdych warunkach, będą mogły zapewnić odpowiednią jakość i niezawodność łączności.

Duża ilość łańcuchów górskich w poważnym stopniu ograniczy łączność radiową w ultrakrótkofalowym zakresie fal, w którym nie będą wykorzystywane czynne retranslatory znajdujące się na odpowiedniej wysokości.

Łączność radiowa wykorzystująca zakres fal krótkich, z uwagi na zaburzenia w jonosferze wywołane przez powietrzne wybuchy jądrowe, nie zawsze będzie w stanie zapewnić wymaganą jakość łączności.

Nie wnikając w szczegóły, staje się oczywistym, że najbardziej pożądane byłoby wykorzystywanie ultrakrótkofalowego zakresu fal z czynnymi retranslatorami umieszczonymi na określonej wysokości. Główną zaletą ultrakrótkofalowego zakresu częstotliwości jest szerokie pasmo częstotliwości. Jako czynny retranslator można wykorzystać sztucznego satelitę Ziemi, na pokładzie którego będzie znajdowała się odpowiednia aparatura radioelektroniczna.

4. Wymagania dla systemu łączności satelitarnej na europejskim teatrze wojny /ETW/

2.1. Założenia operacyjno-techniczne systemu

Zdolność do wykonania postawionych zadań oraz operacyjna efektywność jednostek walczących zależy przede wszystkim od ruchliwości ich pododdziałów i oddziałów polowych i ich dowództw.

Wynikają stąd szczególne zadania dla systemów łączności, przede wszystkim w zakresie zapewnienia łączności dowodzenia dla najbardziej ruchliwych jednostek, których urządzenia łączności muszą pracować z nieprzygotowanych i niezbadanych miejsc na polu walki.

W ciągu ostatnich kilku lat zaistniała realna możliwość wykorzystania łączności satelitarnej dla wojsk na polu walki. Umieszczenie w przestrzeni kosmicznej dużych satelitów o stosunkowo dużej mocy promieniowania i dysponujących wąskokierunkowymi antenami stworzyło warunki do budowy małych, o niewielkiej mocy ruchomych i przenośnych stacji naziemnych.

Interesujące jest wykorzystanie łączności satelitarnej na szczeblach taktyczno-operacyjnych. Jako typową można przyjąć sytuację, w której wojska walczące działają na określonej powierzchni geograficznej. W rejonie tym łączność satelitarna może być zapewniona przez satelitę wyposażonego w anteny o wąskiej wiązce promieniowania i dużym zysku, obsługującego sieć składającą się z wielu małych przenośnych ruchomych lub przewoźnych stacji naziemnych. Ten rodzaj łączności może być wykorzystywany przez wojska lądowe, lotnicze, marynarkę wojenną i oddziały rozpoznawcze działające na dużych odległościach jak również do współdziałania między różnymi rodzajami wojsk. Jeżeli przyjmie

się geograficzną powierzchnię operacji, na której ma być zapewniona łączność satelitarna, jako powierzchnię o średnicy około 2000 km, to wówczas uzyska się pokrycie dla prawie całego europejskiego teatru wojny /ETW/.

Jest oczywiste, że łączność satelitarna nie wyeliminuje innych rodzajów łączności radiowej, które będą nadal wykorzystywane, ale dla niektórych rodzajów działań będzie ona posiadała szczególne znaczenie. Duża pojemność satelity pozwala zapewnić łączność wielu stacjom naziemnym o wysokim priorytecie ruchu, która nie może być zrealizowana innymi środkami, na przykład: przekazywanie danych z rozpoznania prowadzonego przez niskolegający samolot na odległość kilkuset km; utrzymywanie łączności przez dowództwo z jednostkami znajdującymi się w terenie górzystym lub lesistym w przypadku gdy zasięg innych środków jest niewystarczający.

2.1.1. Segment kosmiczny

2.1.1.1. Wybór orbity satelity jest uzależniony w istotnym stopniu od stacji naziemnych, które mają utrzymywać łączność przy jego pomocy. Z uwagi na maksymalną prostotę stacji naziemnych nie można wykorzystywać anten, które śledziłyby ruch satelity po orbicie. Dlatego też w takim wypadku najkorzystniejsza jest orbita geostacjonarna. Satelita znajdujący się na takiej orbicie dla stacji naziemnej jest zawsze w tym samym położeniu, nie zachodzi w związku z tym potrzeba śledzenia jego ruchu, co ma miejsce przy każdej innej orbicie. Odległość orbity geostacjonarnej od powierzchni Ziemi oblicza się z trzeciego prawa Keplera:

$$T = \frac{2\pi \sqrt{R^3}}{\sqrt{GM}}$$

gdzie: T - okres obiegu /godz./

GM - stała grawitacyjna razy masa Ziemi = $5,17 \cdot 10^{12} \frac{\text{km}^3}{\text{godz.}^2}$

R = $R_z + h$; gdzie R_z - promień Ziemi /6376 km/

h - wysokość orbity w km

Wstawiając T = 23 godz. 56,1 min. otrzymujemy h = 35 860 km.

Dodatkowo do zalet orbity geostacjonarnej można zaliczyć:

- jednakową moc sygnału na całym obszarze obsługiwany przez satelitę;
- brak przerw w łączności, które mają miejsce przy wykorzystywaniu wielu satelitów na niskich orbitach;
- brak dopplerowskich przesunięć częstotliwości, które mają miejsce przy innych orbitach, pozwala to na zmniejszenie szerokości pasma odbiorników a zarazem zmniejszenie szumów, jak również można zmniejszyć odległość między kanałami.

Duża odległość satelity od powierzchni Ziemi powoduje opóźnienie przy przesyłaniu sygnału w relacji stacja naziemna - satelita - stacja naziemna, która wynosi od 234 do 280 ms, średnio przyjmuje się 250 ms. Opóźnienie powyższe należy uwzględnić przy projektowaniu stacji naziemnych.

2.1.1.2. Wiązka promieniowania satelity.

Przyjmując geograficzną powierzchnię operacji, na której ma być zapewniona łączność jako obszar o średnicy około 2 000 km oblicza się szerokość wiązki promieniowania przez satelitę.

Wielkość powyższą można obliczyć ze wzoru:

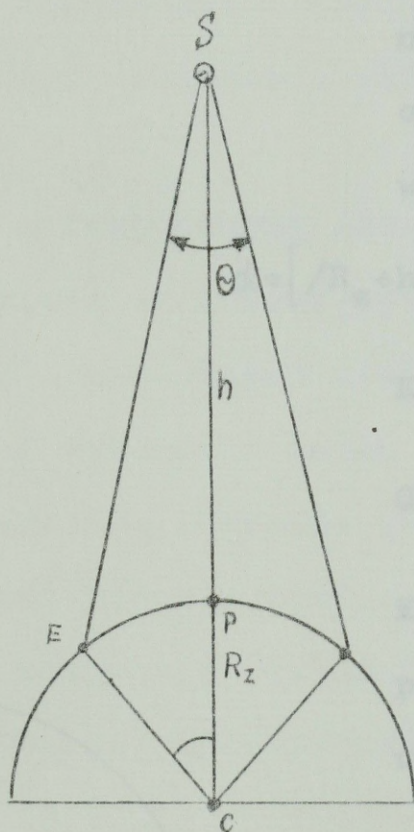
$$\Theta = 2 \cot^{-1} \left[\csc \beta / \frac{R_Z + h}{R_Z - \cos \beta} \right]$$

gdzie: Θ - szerokość wiązki promieniowania

β - promień kąta widzenia

R_Z - promień Ziemi /6376 km/

h - wysokość satelity /35860 km/



Rys.14. Wielkości występujące we wzorze;

S - satelita

P - punkt podsatelitarny

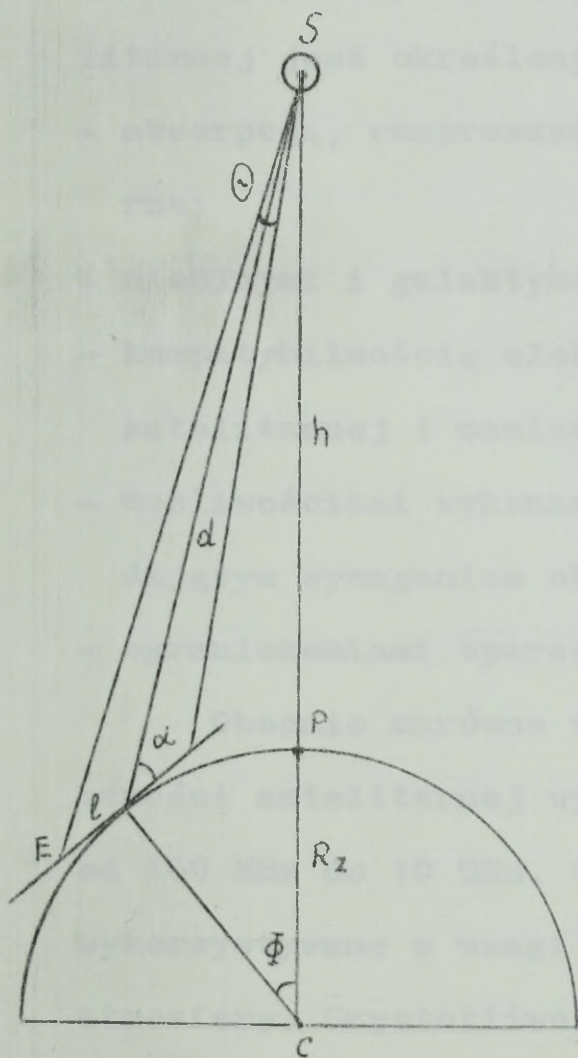
C - środek Ziemi

E - punkt ograniczający zasięg promieniowania

Po podstawieniu założonych wielkości do wzoru otrzymujemy wiązkę promieniowania satelity $\Theta = 3^{\circ}12'$. Praktycznie do planowania wykorzystuje się wartość $\Theta = 3^{\circ}$.

Powierzchnia, którą opromieniowuje antena satelity jest kołem tylko na równiku, na innych szerokościach geograficznych przechodzi ona w elipsę.

Z uwagi na to, że większość stacji naziemnych nie znajduje się na równiku, to wówczas celowa jest znajomość odległości od satelity do stacji naziemnej $/d/$ oraz kąta elewacji $/\alpha/$ dla anteny stacji naziemnej, które to wielkości są zależne od szerokości geograficznej położenia stacji naziemnej $/\Phi/$.



Odległość od satelity do stacji naziemnej d wzdłuż centrum pasma określa się za pomocą poniższego wzoru:

$$d = \left[\frac{R_z + h}{2} + R_z^2 - 2R_z \frac{R_z + h}{2} \cos \Phi \right]^{\frac{1}{2}}$$

Kąt elewacji α określa się:

$$\alpha = \cos^{-1} \frac{R_z + h}{d} \sin \Phi$$

Końcowa długość półosi w północno-południowym kierunku jest dane w przybliżeniu:

$$l = \frac{d \sin \frac{\theta}{2}}{\sin \alpha - \frac{\theta}{2}}$$

Rys.15. Wielkości występujące we wzorze

Przyjmując szerokość geograficzną $\Phi = 50^\circ$ dla europejskiego teatru wojny /ETW/, szerokość wiązki promieniowania przez antenę satelity $\theta = 3^\circ$ otrzymamy opromieniowywaną powierzchnię na Ziemi w kształcie elipsy. Oś mniejsza elipsy

ze wschodu na zachód wynosi 2000 km, oś większa elipsy /północ-południe/ wynosi 4000 km /dokładniej 3852 km/. Odległość satelity od stacji naziemnej d wynosi około 38 450 km. Kąt elewacji $\alpha = 32^{\circ}42' \approx 33^{\circ}$. Obszar powyższy jest przedstawiony na mapie /załącznik 4/.

2.1.1.3. Wybór zakresów częstotliwości

Optymalny zakres częstotliwości dla celów łączności satelitarnej jest określony:

- absorpcją, rozproszeniem i refrakcją fal radiowych w atmosferze;
- ciepłymi i galaktycznymi szumami atmosfery;
- kompatybilnością elektromagnetyczną systemów radiokomunikacji satelitarnej i naziemnych systemów radiotechnicznych;
- możliwościami wykonania anten o zysku energetycznym odpowiadającym wymaganiom obszarów obsługiwanych;
- ograniczeniami operacyjnymi.

Obecnie zarówno w cywilnych jak i wojskowych systemach łączności satelitarnej wykorzystuje się częstotliwości w zakresie od 100 MHz do 10 GHz. Częstotliwości poniżej 100 MHz nie są wykorzystywane z uwagi na dużą absorpcję fal radiowych przez atmosferę. Częstotliwości około 10 GHz są silnie tłumione przez tlen i parę wodną. Prowadzi się obecnie badania nad wykorzystaniem częstotliwości w zakresie od 10 GHz do 100 GHz do łączności satelitarnej.

Wybór odpowiedniego pasma częstotliwości uwarunkowany jest również przez postanowienia Międzynarodowej Unii Telekomunikacyjnej /ITU/.

2.1.1.4. Wybór systemu wielokrotnego do satelity

Wojskowe systemy łączności charakteryzują się m.in. przede wszystkim nierównomiernym zapotrzebowaniem na łącza. Dlatego też wybór odpowiedniego systemu wielokrotnego do satelity ma w tym przypadku istotne znaczenie. System dostępu wielokrotnego do satelity dla łączności wojskowej powinien być bardzo elastyczny oraz zapewniać połączenia zarówno dużym jak i małym stacjom naziemnym.

Wymagania te częściowo spełniają istniejące obecnie systemy dostępu wielokrotnego do satelity, a mianowicie system dostępu na żądanie i system dostępu czasowego. Wspomniane wyżej systemy są dostosowane do pracy w służbach cywilnych i zastosowanie ich do potrzeb wojska wymagałoby z pewnością pewnych zmian.

2.1.2. Segment naziemny

W skład segmentu naziemnego wchodzi stacje naziemne łączności satelitarnej, stacje kontrolne i inne zabezpieczające właściwe funkcjonowanie systemu łączności satelitarnej.

Stacje naziemne w zależności od szereblu, na którym mają być zastosowane, powinny spełniać postawione przed nimi

wymagania. Do głównych należy zaliczyć:

- manewrowość;
- możliwie mała masa i wymiary;
- krótki czas rozwijania;
- stosunkowo prosta obsługa;
- szybkie nawiązywanie łączności itp.

Manewrowość stacji naziemnych osiąga się przez budowę różnych typów stacji w zależności od szczebla. Rozważa się budowę następujących typów: przenośne /przez jednego człowieka lub kilku ludzi/, przewoźne na samochodach lub montowane w kontenerach, samolotowe. Prowadzi się również badania nad zastosowaniem stacji naziemnej, która będzie mogła utrzymywać łączność w ruchu.

Mała masa i wymiary stacji uzyskiwane są za pomocą zastosowania nowoczesnej techniki elektronicznej.

Krótki czas rozwijania stacji, prosta obsługa i szybkie nawiązywanie łączności osiąga się przez przeniesienie bardziej skomplikowanych czynności na segment kosmiczny. Istnieje bowiem tendencja aby maksymalnie uprościć stacje naziemne a elementy wymagające skomplikowanych urządzeń zlokalizować w segmencie kosmicznym.

Przewiduje się, że stacje naziemne łączności satelitarnej w zależności od typu powinny umożliwiać takie rodzaje pracy jak: przesyłanie sygnałów ostrzegania, fonii cyfrowej, sygnałów telegraficznych i transmisji danych.

3. Zastosowanie łączności satelitarnej w działaniach bojowych

Współczesne pole walki charakteryzujące się m.in.: dużą ruchliwością wojsk a w związku z tym częstą zmianą stanowisk dowodzenia, udziałem w walce różnych rodzajów sił zbrojnych, dużym rozmachem działań, wymaga to zwrócenia szczególnej uwagi na zabezpieczenie niezawodnej łączności.

Środkiem zwiększającym niezawodność łączności może być łączność satelitarna, która z uwagi na to, że istnieje stosunkowo niedawno jest najbardziej nowoczesnym środkiem łączności.

3.1. Sposoby organizacji łączności satelitarnej

Duże możliwości łączności satelitarnej zwłaszcza:

- zdolność zapewnienia łączności na duże i bardzo duże odległości;
- zapewnienie łączności pomiędzy różnymi rodzajami sił zbrojnych;
- zapewnienie łączności z desantami powietrznymi i morskimi wysadzonymi w zasadzie w dowolnym terenie i odległości,

pozwalają na stwierdzenie, że łączność satelitarna powinna być organizowana niezależnie od innych rodzajów łączności.

Dysponując łącznością satelitarną, proponuje się wykorzystywać ją, przynajmniej w początkowym okresie po jej wprowadzeniu do zabezpieczenia szczególnie ważnych relacji łączności potrzebnych w toku działań. Takie zastosowanie łączności satelitarnej pozwoliłoby na bardziej racjonalne jej wykorzystanie. Kanały łączności i stacje naziemne mogłyby być przydzielane różnym rodzajom wojsk lub pojedynczym oddziałom w zależności od rozwoju sytuacji na polu walki.

Wydaje się bardzo celowe zastosowanie łączności satelitarnej do przekazywania sygnałów powiadamiania o zagrożeniu z kosmosu, powietrza, skażeniach promieniotwórczych oraz zakazaniach chemicznych i bakteriologicznych.

W zależności od przyjętych rozwiązań technicznych można przyjąć różne sposoby organizacji łączności satelitarnej. Stosunkowo duża ilość fal roboczych wynikająca z wykorzystywania wysokich częstotliwości w zakresie GHz pozwala na organizowanie łączności głównie na kierunkach. Przekazywanie sygnałów powiadamiania powinno odbywać się na podobnej zasadzie jak w radiodifuzji satelitarnej.

Na szczególne podkreślenie zasługuje możliwość wykorzystania w przyszłości łączności satelitarnej w zautomatyzowanych systemach dowodzenia.

Sposób organizacji łączności satelitarnej uzależniony jest w zasadniczym stopniu od przyjętego systemu dostępu wielokrotnego do satelity. Z uwagi na nieracjonalne rozwiązanie wielokrotny dostęp częstotliwościowy nie może być rozważany. W przytoczonym poniżej przykładzie przyjmuje się system dostępu na żądanie.

3.2. Założenia dla przykładowego systemu łączności satelitarnej

Segment kosmiczny

Podstawowe dane techniczno-eksploatacyjne:

- 1/ orbita satelity - geostacjonarna;
- 2/ wiązka promieniowania satelity $\theta = 3^\circ$;
- 3/ pasmo częstotliwości - 500 MHz;
- 4/ system dostępu do satelity - na żądanie;

5/ ilość oddzielnych translacji o różnych pasmach przenoszenia - 4 szt.:

- 1 translacja - 10 kanałów dwukanałowych;
- 2 translacja - 50 kanałów dwukanałowych;
- 3 translacja - 100 kanałów dwukanałowych;
- 4 translacja - 1000 kanałów dwukanałowych.

Segment naziemny

W zależności od przeznaczenia stacji naziemnych przyjmuje się 4 typy stacji:

- 1/ stacja przenośna o pojemności 10 kanałów dwukanałowych;
- 2/ stacja przesyłowa o pojemności 50 kanałów dwukanałowych;
- 3/ stacja przesyłowa o pojemności 100 kanałów dwukanałowych;
- 4/ stacja przesyłowa o pojemności 1000 kanałów dwukanałowych.

Przewiduje się również kontrolne stacje naziemne, które prowadzić będą stałą kontrolę pracy satelity oraz posiadać pełną informację o stanie wykorzystywania jego kanałów jak również dysponować danymi o aktualnych rezerwach kanałów łączności i stacjach naziemnych pracujących w systemie.

Wszystkie stacje naziemne powinny posiadać urządzenia utajniające, które uniemożliwią ujawnienie treści przekazywanych informacji w przypadku przechwycenia sygnałów przez nieprzyjaciela.

Nawiązywanie łączności

Stacja naziemna pracująca w systemie łączności satelitarnej powinna posiadać swój numer identyfikacyjny. Jeżeli zaistniałaby potrzeba, wskazana jest możliwość wprowadzenia pewnych priorytetów w połączeniach dla niektórych stacji naziemnych.

Stacja naziemna, która znalazła się w polu widzenia objętym wiązką promieniowania satelity, po rozwinięciu i uzyskaniu sygnału od urządzeń satelity o gotowości dokonania połączeń, składa zapotrzebowanie na połączenie z odpowiednią stacją naziemną i wybranym na niej abonentem. Urządzenia na satelicie dokonują wymagane połączenia przez wykonanie niezbędnych operacji i kontrolują je do czasu zakończenia. Po seansie łączności kanał jest ponownie gotowy do eksploatacji przez inne stacje naziemne.

W przypadku zajętości żądanego abonenta lub braku wolnego kanału łączności stacja naziemna otrzymuje sygnał oczekiwania i czeka na połączenie w kolejności zgłoszeń.

System łączności satelitarnej powinien być tak zorganizowany, aby w razie potrzeby każda ze stacji naziemnej mogła uzyskać połączenie z dowolną stacją naziemną pracującą w systemie. Takie rozwiązanie systemu łączności satelitarnej pozwoli na praktyczne dokonywanie połączeń poprzez różne szczeble dowodzenia.

R o z d z i a ł I I I

SYMULACJA SYSTEMU NAZIEMNEJ ŁĄCZNOŚCI RADIOWEJ I ŁĄCZNOŚCI SATELITARNEJ

1. W s t ę p

Symulacja przy użyciu maszyn cyfrowych jest coraz częściej stosowaną metodą badania systemów w różnych dziedzinach nauki, techniki i zarządzania. Symulacja systemów jest to technika rozwiązywania problemów, polegająca na śledzeniu w czasie zmian zachodzących w dynamicznym modelu systemu. Bardzo często bowiem eksperymentowanie na systemie istniejącym może okazać się niemożliwe lub niepraktyczne. Jeszcze większe trudności występują wówczas, kiedy system znajduje się w sferze projektu. W takich przypadkach badania systemów wykonywane są głównie na modelach. Najczęściej rozpatrywanie wszystkich szczegółów systemu nie jest konieczne, a model nie tylko zastępuje system, lecz stanowi również jego uproszczenie. W związku z tym model można zdefiniować jako zbiór informacji o systemie, zebranych w celu jego zbadania. Ponieważ rodzaj zebranej informacji określany jest przez cel badania, wynika stąd, że dla żadnego systemu nie istnieje model określony jednoznacznie. Modele tworzy się zależnie od rozwiązywanego problemu, lub też w miarę jak zmienia się wiedza o badanym systemie.

W dalszej części rozdziału zostaną przedstawione kolejne etapy badań symulacyjnych oraz wynikające z nich wnioski.

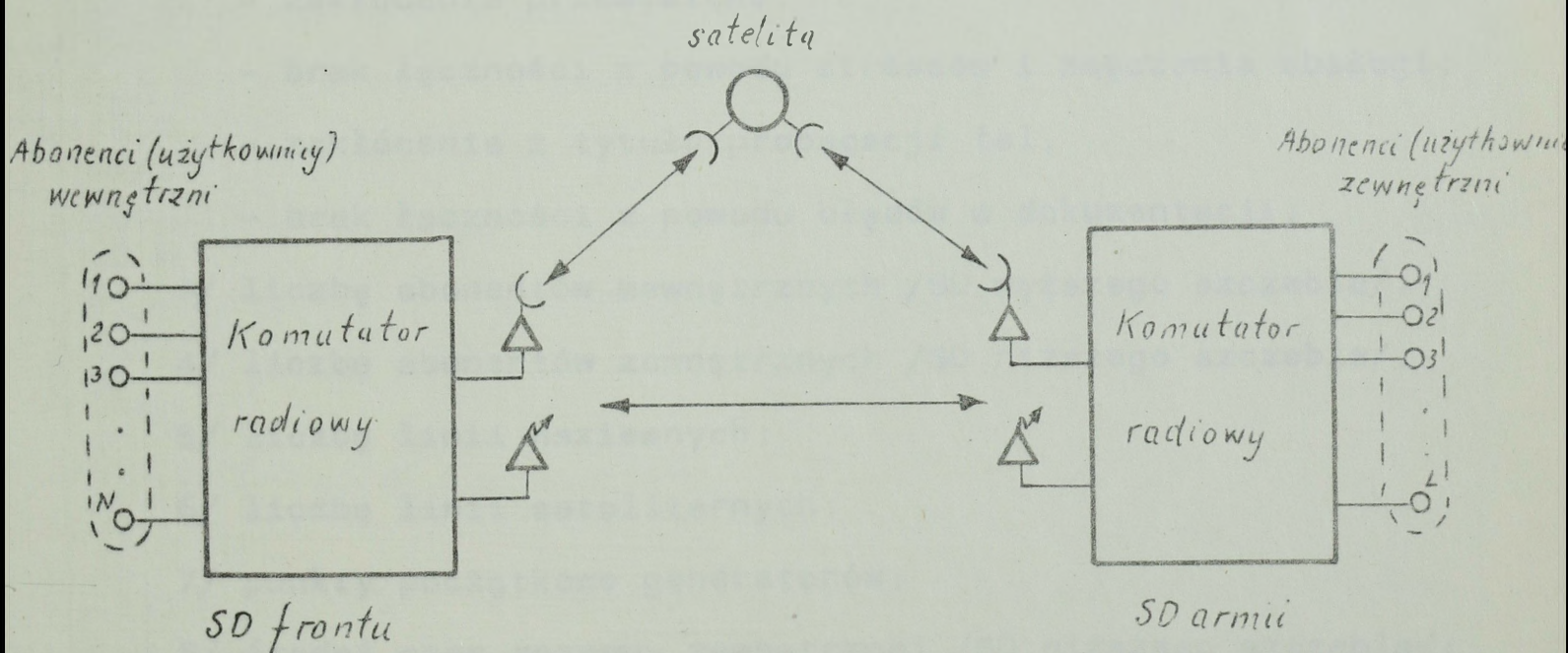
2. Sformułowanie zażądania

Przedmiotem badań symulacyjnych są: system naziemnej łączności radiowej pracującej w zakresie fal krótkich oraz system łączności satelitarnej wykorzystującej zakres fal ultrakrótkich.

Celem badań jest przedstawienie metody oraz wybór optymalnego systemu łączności przez obserwację jego zachowań podczas działania różnych wymuszeń określonych w programie.

3. Model systemu łączności radiowej

Zgodnie z celem badań przyjęto ogólnodostępny schemat systemu naziemnej łączności radiowej oraz równoległe pracujący z nim system łączności satelitarnej.



Rys.16 Schemat symulowanego ogólnodostępnego systemu naziemnej łączności radiowej oraz systemu łączności satelitarnej

W badanym ogólnodostępnym systemie naziemnej łączności radiowej oraz równoległe pracującym z nim systemie łączności satelitarnej, które w dalszych rozważaniach będą nazywane systemem łączności radiowej, przyjęto zasadę nieprzydzielania na stałe żadnemu z abonentów linii radiowej. Abonenci składają zapotrzebowanie na połączenie z innym dowolnym abonentem do komutatora radiowego, który dokonuje połączeń między nimi w kolejności dokonanych zgłoszeń.

Do badań przyjęto następujące dane charakteryzujące system łączności radiowej:

- 1/ rozkład zgłoszeń abonentów;
- 2/ rozkład zakłóceń, w skład których wchodzi:
 - zakłócenia nieprzyjaciela,
 - brak łączności z tytułu rozregulowania aparatury,
 - zakłócenia przemysłowe,
 - brak łączności z powodu stressów i zmęczenia obsługi;
 - zakłócenia z tytułu propagacji fal,
 - brak łączności z powodu błędów w dokumentacji;
- 3/ liczbę abonentów wewnętrznych /SD wyższego szczebla/;
- 4/ liczbę abonentów zewnętrznych /SD niższego szczebla/;
- 5/ liczbę linii naziemnych;
- 6/ liczbę linii satelitarnych;
- 7/ punkty początkowe generatorów;
- 8/ średni czas rozmowy zewnętrznej /SD niższego szczebla/;
- 9/ średni czas rozmowy wewnętrznej /SD wyższego szczebla/;
- 10/ średni czas rozregulowania aparatury;
- 11/ odchylenie standardowe dla zakłóceń przemysłowych;

- 12/ odchylenie standardowe dla zmian propagacji fal;
- 13/ wartość średnia dla zmian propagacji fal;
- 14/ odchylenie standardowe czasu opóźnienia rozmowy;
- 15/ wartość średnia czasu opóźnienia rozmowy;
- 16/ czas niesprawności linii z powodu błędów w dokumentacji;
- 17/ maksymalny czas zakłóceń nieprzyjaciela.

4. Zaprogramowanie modelu na maszynę cyfrową

4.1. Język programu

Program zrealizowany jest w języku CSL przeznaczonym do symulacji zachowań obiektów złożonych. Zawarty w programie model posiada zestawy zmiennych, które opisują sieć radiową. Zmienne przyjmują wartości dyskretne, które są przenoszone jako informacja numeryczna.

Upływ czasu, jaki jest realizowany w języku CSL odbywa się skokowo o taką wartość, w której ma nastąpić najbliższa zmiana w modelu. Zakłada się, że model pomiędzy kolejnymi skokami czasu nie ulega zmianom. Czas modelowy przyjmuje wartości dyskretne i przesuwany jest zawsze do najbliższej chwili czasowej, w której ma nastąpić jakościowa lub ilościowa zmiana modelu.

4.2. System kompilacyjny

Program zrealizowany jest w systemie oprogramowania ODRA-1304 i w tym zestawie użytkowany.

System kompilacyjny języka CSL wykorzystuje język programowania FORTRAN i tłumaczy wszystkie swoje instrukcje na ten język. W wyniku kompilacji programu napisanego w języku CSL otrzymujemy program wynikowy składający się z wyrażen

FORTRANU. Ta pośrednia forma podlega powtórnej kompilacji już w systemie kompilacyjnym FORTRANU, w wyniku czego otrzymujemy postać ostateczną nadającą się do realizacji na maszynie cyfrowej.

Tak więc każdy program napisany w języku CSL musi być podwójnie kompilowany najpierw za pomocą kompilatora XDC-3 a następnie kompilatora FORTRANU-XFAM. Po wykonaniu kompilacji postać binarna może być wyskładowana na taśmę papierową lub magnetyczną i wielokrotnie używana do obliczeń.

Program źródłowy wykonany na kartach perforowanych poddany został kompilacji przy pomocy kompilatora XDC-3, a jego wynikowa postać zapisana na taśmie magnetycznej o nazwie TM-PROG-KOST. Następnie program skompilowany został kompilatorem XFAM a jego postać wynikowa wyskładowana na taśmę magnetyczną oraz papierową.

4.3. Opis programu

Program jest przeznaczony do symulacji systemu łączności radiowej o dwu rodzajach kanałów, naziemnej łączności krótkofalowej i satelitarnej. Umożliwia on porównywanie jakości systemów łączności radiowej naziemnej i satelitarnej. Program realizuje model obsługi użytkowników /abonentów/, w którym obie grupy użytkowników zewnętrznych i wewnętrznych mają ten sam priorytet w przydziale kanałów łączności. Maksymalna liczba użytkowników w opracowanym programie dla każdej z grup może wynosić 100. Natomiast maksymalna liczba kanałów wynosi 50.

Przychodzące od użytkowników zgłoszenia na przydział kanałów łączności obu grup są umieszczane w dwóch kolejkach i realizowane w zależności od ich zajętości. Użytkownicy znajdujący się w kolejkach obsługiwani są na zasadzie: pierwszy

zgłoszony - pierwszy obsłużony.

Program pozwala na otrzymanie danych o prawdopodobieństwie uzyskania łączności w symulowanym systemie, czasach oczekiwania na połączenie, współczynnikach wykorzystania i przestoju całego systemu jak również poszczególnych kanałów łączności.

Przez sterowanie danymi wejściowymi można uzyskać informacje o modelowanym systemie.

Program składa się z bloków pełniących odrębne funkcje logiczne.

Blok 1 - Wprowadzenie danych

Dane do realizacji programu wprowadza się z siedmiu kart perforowanych. Poniżej zostaną przedstawione dane jakie są zawarte na każdej karcie w takim porządku w jakim są czytane przez program.

Zawartość karty nr_1

TS - czas symulacji w minutach /max. 9999 minut/

LOSW - liczba użytkowników wewnętrznych /max. 100/

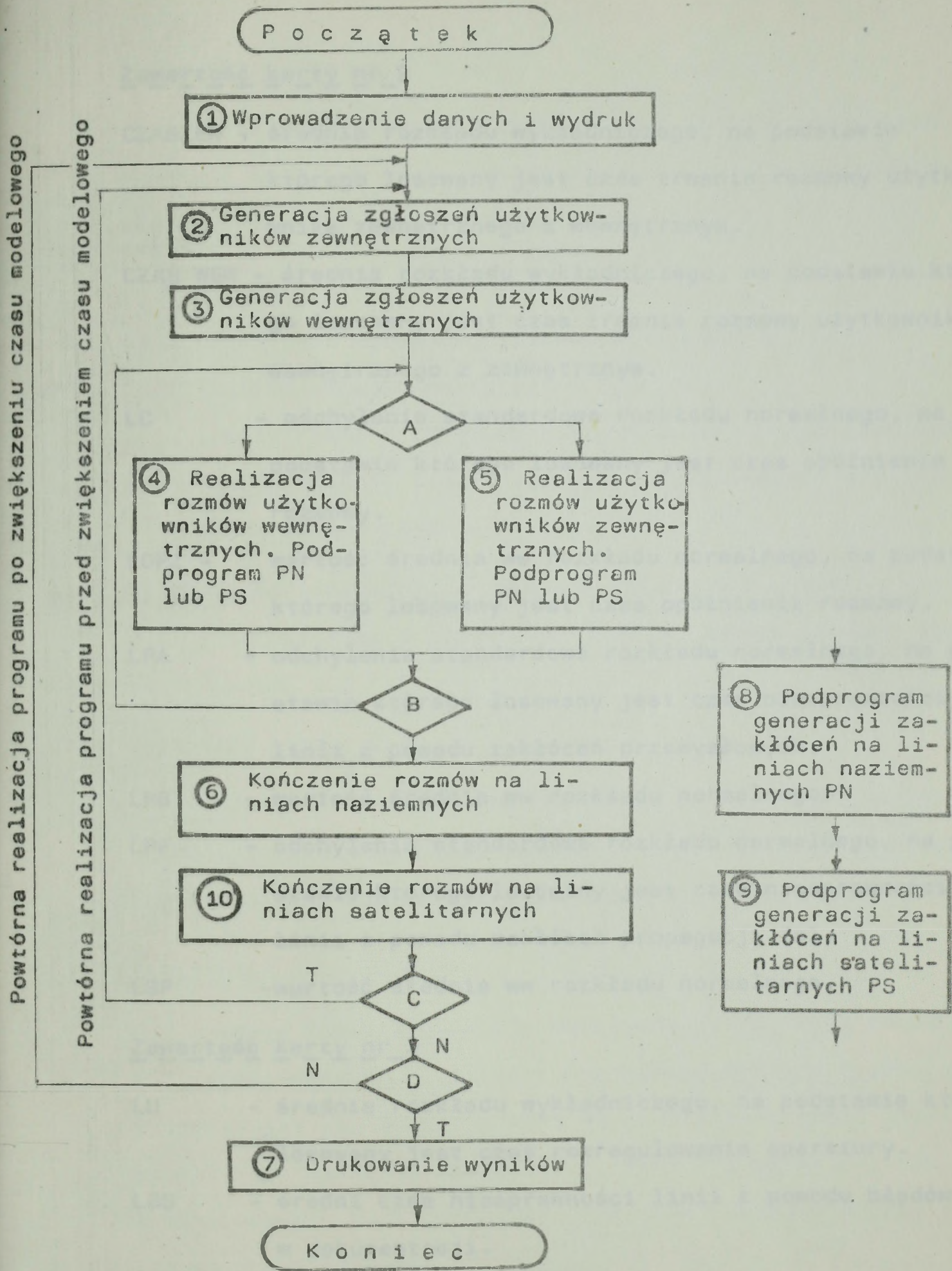
LOSZ - liczba użytkowników zewnętrznych /max. 100/

Określenie użytkownicy wewnętrzni i zewnętrzni przyjęto dla wyróżnienia każdej z dwóch grup użytkowników występującej w modelu.

LMAX - liczba kanałów łączności naziemnej

LSAT - liczba kanałów łączności satelitarnej

LG - dowolna liczba pierwsza, jest ona punktem początkowym dla generatorów liczb pseudolosowych.



Rys.17. Ogólny algorytm działania programu

Zawartość karty nr_2

- CZASZEW - średnia rozkładu wykładniczego, na podstawie którego losowany jest czas trwania rozmowy użytkownika zewnętrznego z wewnętrznym.
- CZAS WEW - średnia rozkładu wykładniczego, na podstawie którego losowany jest czas trwania rozmowy użytkownika wewnętrznego z zewnętrznym.
- LC - odchylenie standardowe rozkładu normalnego, na podstawie którego losowany jest czas opóźnienia rozmowy.
- LOPZ - wartość średnia w rozkładu normalnego, na podstawie którego losowany jest czas opóźnienia rozmowy.
- LPA - odchylenie standardowe rozkładu normalnego, na podstawie którego losowany jest czas niesprawności linii z powodu zakłóceń przemysłowych.
- LPB - wartość średnia w rozkładu normalnego.
- LPF - odchylenie standardowe rozkładu normalnego, na podstawie którego losowany jest czas niesprawności linii z powodu zakłóceń propagacji fal.
- LSF - wartość średnia w rozkładu normalnego.

Zawartość karty nr_3

- LU - średnia rozkładu wykładniczego, na podstawie którego losowany jest czas rozregulowania aparatury.
- LBS - średni czas niesprawności linii z powodu błędów w dokumentacji.
- TNPL - średni czas niesprawności linii z powodu zakłóceń nieprzyjaciela.

Zawartość karty nr 4

Karta powyższa zawiera ciąg liczb określający procentową częstość zgłoszeń użytkowników wewnętrznych dla określonych odstępów czasowych w postaci:

$$\sum_i n_i; 1, n_1, a_1, n_2, a_2, \dots, n_i, a_i$$

n_i - procentowo wyrażona częstość występowania zgłoszeń użytkowników wewnętrznych w a_i minut

i - liczba różnych odstępów czasowych między zgłoszeniami

a_i - odstęp czasowy między kolejnymi zgłoszeniami użytkowników wewnętrznych

$\sum_i n_i$ - suma kontrolna, z uwagi na to, że wyrażenia n_i przyjęto określać w procentach to $\sum_i n_i$ zawsze powinna wynosić 100.

Zawartość karty nr 5

Karta jest identyczna jak karta nr 4, z tym, że zawiera dane dotyczące procentowo wyrażonej częstości zgłoszeń użytkowników zewnętrznych dla wyróżnionych odstępów czasowych.

Zawartość karty nr 6

Karta zawiera dane dla empirycznego rozkładu zakłóceń ETZ, występujących na liniach naziemnego systemu łączności. Podobnie jak dla danych z kart nr 4 i 5 pierwsza liczba wynosi 100. Następna zawsze jest równa 7 i określa liczbę wyróżnionych w modelu rodzajów zakłóceń. Kolejne liczby są parami określającymi:

- pierwsza liczba w parze oznacza procentową częstość występowania danego zakłócenia oddziałującego na system łączności w czasie jego działania,

- druga liczba w parze oznacza numer zakłócenia; jest to liczba z przedziału 1-7.

Poniżej podanym numerom przyporządkowano następujące typy zakłóceń występujących w naziemnym systemie łączności:

- 1 - zakłócenia nieprzyjaciela,
- 2 - niesprawności z powodu rozregulowania aparatury,
- 3 - zakłócenia przemysłowe,
- 4 - stresy i zmęczenie załogi,
- 5 - zakłócenia w propagacji fal,
- 6 - błędy w dokumentacji,
- 7 - łączność bez zakłóceń.

Zawartość karty nr 7

Karta posiada taki sam format jak karta nr 6, z tym, że dane zawarte na niej dotyczą rozkładu zakłóceń występujących na liniach satelitarnego systemu łączności.

Blok 2 - Generacja zgłoszeń użytkowników zewnętrznych

W bloku tym są generowane według rozkładu CZEW zgłoszenia użytkowników zewnętrznych i umieszczane w kolejce czekających na rozmowę. Gdy wszyscy użytkownicy są w kolejce generator pracuje "na pusto", a generowane zgłoszenia są tylko odnotowywane przez program. Podając w danych rozkład CZEW wpływamy na gęstość zgłoszeń użytkowników w czasie modelowym.

Blok 3 - Generacja zgłoszeń użytkowników wewnętrznych

Blok pracuje analogicznie, generując zgłoszenia według rozkładu CWEW, który może być różny od rozkładu CZEW.

Blok 4 - Realizacja rozmów użytkowników wewnętrznych

Blok 4 może być realizowany przed lub po bloku 5, ponieważ założono dla obu grup użytkowników jednakowy priorytet w przydziale kanałów łączności. W celu uzyskania równomiernego dostępu obu bloków do puli kanałów łączności losowana jest liczba według rozkładu prostokątnego z przedziału 1-101. Gdy liczba jest mniejsza lub równa 50 $/z \leq 50/$ realizowany jest blok 4, następnie blok 5, natomiast kiedy liczba jest większa od 50 $/z > 50/$ realizowany jest blok 5 następnie blok 4. Fakt ten symbolizuje warunek A. Jeżeli warunek A jest spełniony $/Z \leq 50/$ wówczas w bloku 4 jest wybierany z kolejki pierwszy z czekających na połączenie użytkownik wewnętrzny oraz jest wyszukiwana wolna linia naziemna. W przypadku nie znalezienia wolnej linii naziemnej wybierana jest w następnej kolejności wolna linia satelitarna.

Po wybraniu wolnej linii naziemnej lub linii satelitarnej realizowany jest podprogram zakłóceń odpowiednio naziemnych PN dla linii naziemnych i satelitarnych PS dla linii satelitarnych oraz czas trwania zakłócenia.

Jeżeli zostanie wylosowane zakłócenie wówczas linia jest wyłączona z użytkowania na określony czas i jest realizowany blok 5, gdy jest spełniony warunek B. Warunek B można przedstawić pytaniem "czy są jeszcze czekający użytkownicy i wolne linie".

W przypadku gdy podprogramy PN i PS nie wylosują żadnego zakłócenia wówczas wybierany jest abonent po drugiej stronie linii oraz jest losowany czas opóźnienia rozmowy /według rozkładu normalnego o odchyleniu standardowym LC i średniej

LOPZ/ oraz czas trwania rozmowy /według rozkładu wykładniczego o średniej CZASWEW/. Suma czasu opóźnienia rozmowy i czasu trwania rozmowy określa czas w jakim będzie linia wykorzystywana przez obu abonentów. Po zrealizowaniu połączenia badany jest warunek B, gdy nie jest on spełniony realizowane są procesy w blokach 6 lub 10.:

Blok 5 - Realizacja rozmów użytkowników zewnętrznych

Blok ten jest realizowany przed blokiem 4, gdy warunek A nie jest spełniony $/z > 50/$ i po bloku 4, gdy warunek A jest spełniony $/A \leq 50/$. Blok 5 działa w sposób analogiczny jak blok 4 z tym, że wybiera użytkowników zewnętrznych z kolejki oczekujących na połączenie. Blok powyższy wykorzystuje również podprogramy PN i PS.

Blok 6 - Kończenie rozmów na liniach naziemnych

W bloku prowadzone jest kontrola, czy w danej chwili czasu modelowego kończą się jakiegokolwiek rozmowy na liniach naziemnych. Jeżeli tak, to wówczas zwalnia się linie łączności naziemnej oraz użytkowników. Warunek C następujący po bloku oznacza "czy blok zwolnił jakąkolwiek linię". Jeżeli tak to program realizowany jest od bloku 2 bez przesuwania czasu modelowego.

W przypadku nie spełnienia warunku C, to znaczy, że blok 6 nie zwolnił żadnej linii, wówczas jest sprawdzany warunek czasu trwania symulacji D. Jeżeli czas modelowy CLOCK jest mniejszy od założonego czasu trwania symulacji TS, to program jest nadal realizowany od bloku 2 z tym, że czas modelowy ulega przesunięciu do następnej istotnej dla modelu chwili

czasowej. Gdy czas modelowy CLOCK jest większy lub równy czasowi trwania symulacji TS, program kończy symulację i przystępuje do wyliczania i wydruku parametrów modelu.

Blok 10 - Kończenie rozmów na liniach satelitarnych

Blok spełnia takie same zadania jak blok 6 z tym, że dla linii satelitarnych.

Blok 7 - Drukowanie wyników

Na tabulogramie są drukowane następujące wyniki:

1/ Liczba zgłoszeń zewnętrznych i wewnętrznych z podziałem na zgłoszenia:

wygenerowane, czekające i zrealizowane.

Pozycja "zgłoszenia wygenerowane" ma znaczenie kontrolne, przy sprawdzaniu czy założona gęstość strumienia zgłoszeń /określona rozkładami CWEW i CZEW/ nie jest za duża. Gdy zgłoszeń wygenerowanych jest znacznie więcej niż czekających oznacza to, że ilość użytkowników przyjęta w danych jest za mała. Należy tak dobierać dane, aby liczby zgłoszeń wygenerowanych i czekających były zbliżone.

2/ Współczynniki wykorzystania linii:

- naziemnych W_1 obliczane ze wzoru:

$$W_1 = \frac{t_{wi}}{TS}$$

gdzie: t_{wi} - czas, przez który linia i była bezawaryjnie wykorzystywana przez użytkowników

TS - czas trwania symulacji

- satelitarnych W_{sj} obliczane ze wzoru:

$$W_{sj} = \frac{t_{wsj}}{TS}$$

gdzie: t_{wsj} - czas, przez który linia j była bezawaryjnie wykorzystana przez użytkowników

3/ Współczynniki zakłóceń linii:

- naziemnych Z_i obliczane ze wzoru:

$$Z_i = \frac{t_{zi}}{TS}$$

gdzie: t_{zi} - łączny czas zakłóceń na linii i

- satelitarnych Z_{sj} obliczane ze wzoru:

$$Z_{sj} = \frac{t_{zsj}}{TS}$$

gdzie: t_{zsj} - łączny czas zakłóceń na linii j

4/ Współczynnik przestoju linii:

- naziemnych P_i obliczane ze wzoru:

$$P_i = 1 - /W_i + Z_i/$$

- satelitarnych obliczane ze wzoru:

$$P_{sj} = 1 /W_{sj} + Z_{sj}/$$

5/ Współczynniki wykorzystania systemów:

- naziemnego WS obliczanego ze wzoru:

$$WS = \frac{\sum_i W_i}{LMAX}$$

gdzie: LMAX - liczba linii naziemnych

- satelitarnego WSRS obliczanego ze wzoru:

$$WSRS = \frac{\sum_j W_{sj}}{LSAT}$$

gdzie: LSAT - liczba linii satelitarnych.

6/ Współczynniki zakłóceń systemów

- naziemnego, obliczanego ze wzoru:

$$WZL = \frac{\sum_i z_i}{LMAX}$$

- satelitarnego, obliczanego ze wzoru:

$$WZLS = \frac{\sum_j z_{sj}}{LSAT}$$

7/ Współczynniki przestoju systemów

- naziemnego, obliczanego ze wzoru:

$$WZP = \frac{\sum_i p_i}{LMAX}$$

- satelitarnego, obliczanego ze wzoru:

$$WZPS = \frac{\sum_j p_{sj}}{LSAT}$$

8/ Współczynnik wykorzystania całego systemu

$$WWC = \frac{\sum_i W_i + \sum_j W_{sj}}{LMAX + LSAT}$$

9/ Współczynnik zakłóceń całego systemu

$$WZC = \frac{\sum_i z_i + \sum_j z_{sj}}{LMAX + LSAT}$$

10/ Współczynnik przestoju całego systemu

$$WPC = 1 - /WWC + WZC/$$

11/ Prawdopodobieństwo uzyskania połączenia przez użytkownika zewnętrznego

Obliczane ze wzoru:

$$PZ = \frac{\text{liczba zgłoszeń zewnętrznych zrealizowanych}}{\text{liczba zgłoszeń zewnętrznych oczekujących}}$$

12/ Prawdopodobieństwo uzyskania połączenia przez użytkownika wewnętrznego

Obliczane ze wzoru:

$$PW = \frac{\text{liczba zgłoszeń wewnętrznych zrealizowanych}}{\text{liczba zgłoszeń wewnętrznych czekających}}$$

13/ Histogramy oczekiwania użytkowników wewnętrznych i zewnętrznych

Histogramy podają ilości użytkowników, które oczekiwały na połączenie 0,1,2... 49 minut.

14/ Podprogramy zakłóceń

- Podprogram zakłóceń na liniach naziemnych PN jest używany wspólnie przez bloki 4 i 5. Każdy z bloków po znalezieniu wolnej linii odwołuje się do podprogramu PN lub PS, w zależności od tego czy jest to linia naziemna czy też satelitarna. Następnie odbywa się losowanie rodzaju zakłócenia według zadanego rozkładu ETZ dla linii naziemnych lub rozkładu ETS dla linii satelitarnych. Jeżeli zostanie wylosowana łączność bez zakłóceń, sterowanie wraca do bloku 4 lub 5 i nawiązywana jest łączność. Natomiast jeżeli wylosowane zostanie zakłócenie, to wówczas w zależności od jego typu następuje losowanie czasu trwania zakłócenia.
- Jeżeli są to zakłócenia nieprzyjaciela, to czas niesprawności linii jest losowany z rozkładu prostokątnego o parametrach 1-TNPL, gdzie TNPL jest maksymalnym czasem zakłóceń skutecznych.
- Jeżeli są to zakłócenia związane z rozregulowaniem aparatury, to czas niesprawności linii jest losowany z rozkładu wykładniczego o średniej LU.

- Jeżeli są to zakłócenia związane z propagacją fal, to czas niesprawności linii jest losowany z rozkładu normalnego o odchyleniu standardowym LPF i średniej LSF.
- Jeżeli są to zakłócenia przemysłowe, to czas niesprawności linii jest losowany z rozkładu normalnego o odchyleniu standardowym LPA i średniej LPB.
- Jeżeli są to zakłócenia wynikające z błędów w dokumentacji, to czas niesprawności linii wynosi wówczas LBS.

Po każdym z wyżej wymienionych działań sterowanie wraca z podprogramu PN lub PS do bloku z którego wyszło /bloków 4 lub 5/.

5. Dane przyjęte do obliczeń oraz uzasadnienie ich wyboru

Karta nr 1

- Czas symulacji TS = 180 min.

W oparciu o wykonane eksperymenty okazało się, że przyjęcie czasu symulacji 180 min. wystarcza na otrzymanie wiarygodnych wyników o zachowaniu się systemu.

- Liczba użytkowników wewnętrznych LOSW = 10.

- Liczba użytkowników zewnętrznych LOSZ = 50.

Do eksperymentu przyjęto umownie jako użytkowników wewnętrznych liczbę 10 abonentów, mającą reprezentować ważniejsze szczeble dowodzenia i kierowania SD frontu, natomiast jako użytkowników zewnętrznych liczbę 50 abonentów mającą reprezentować ważniejsze szczeble dowodzenia i kierowania SD kilku armii.

- Liczba kanałów łączności naziemnej LMAX.

- Liczba kanałów łączności satelitarnej LSAT.

W przeprowadzonych obliczeniach liczba kanałów łączności naziemnej jak również satelitarnej jest zmienna. Ma to na celu uzyskanie informacji o optymalnym wyborze liczby kanałów łączności naziemnej i satelitarnej.

- Punkt początkowy dla generatorów liczb pseudolosowych LG. Jest to dowolna liczba pierwsza.

Karta nr 2

- Czas trwania rozmowy użytkownika zewnętrznego z wewnętrznym CZAS ZEW = 5 min. Czas ten jest średnią rozkładu wykładniczego.

- Czas trwania rozmowy użytkownika wewnętrznego z zewnętrznym CZAS WEW = 5 min., czas ten jest średnią rozkładu wykładniczego.

- Odchylenie standardowe rozkładu normalnego czasu opóźnienia rozmowy LC - 2 min.

- Wartość średnia rozkładu normalnego czasu opóźnienia rozmowy LOPZ = 1 min.
- Odchylenie standardowe rozkładu normalnego czasu niesprawności linii z powodu zakłóceń przemysłowych LPA = 2 min.
- Wartość średnia rozkładu normalnego czasu niesprawności linii z powodu zakłóceń przemysłowych LPB = 3 min.
- Odchylenie standardowe rozkładu normalnego czasu niesprawności linii z powodu zakłóceń propagacji fal LPF = 3 min.
- Wartość średnia rozkładu normalnego czasu niesprawności linii z powodu zakłóceń propagacji fal LSF = 2 min.

Karta nr 3

- Czas rozregulowania aparatury LU = 5 min., czas ten jest średnią rozkładu wykładniczego.
- Średni czas niesprawności linii z powodu błędów w dokumentacji LBS = 15 min.
- Średni czas niesprawności linii z powodu zakłóceń nieprzyjaciela TNPL = 10 min.

Karta nr 4

- Rozkład odstępów czasowych między zgłoszeniami.
Do obliczeń przyjęto, że użytkownicy wewnętrzni będą reprezentować mniejszą częstość zgłoszeń z uwagi na specyfikę swej działalności związaną z kierowaniem i dowodzeniem. Rozkład odstępów czasowych między zgłoszeniami użytkowników wewnętrznych przedstawia się następująco:
30% zgłoszeń co 11 min., 25% co 10 min., 20% co 9 min., 10% co 8 min., 5% co 7 min., 4% co 6 min., 3% co 5 min., 1% co 4 min., 1% co 3 min., 1% co 2 min.

Karta nr 5

Użytkownicy wewnętrzni natomiast będą reprezentować większą częstość zgłoszeń ze względu na ciągle zmieniającą się sytuację operacyjno-taktyczną. Rozkład odstępów czasowych między zgłoszeniami użytkowników zewnętrznych przedstawia się następująco: 30% zgłoszeń co 2 min., 25% co 3 min., 20% co 4 min., 10% co 5 min., 5% co 6 min., 4% co 7 min., 3% co 8 min., 1% co 9 min., 1% co 10 min., 1% co 11 min.

Karta nr 6

W przeprowadzonych obliczeniach dla linii naziemnych przyjęto rozkłady zakłóceń, które są z dużym prawdopodobieństwem przewidywane w przyszłych działaniach bojowych.

- Zakłócenia nieprzyjaciela.

W oparciu o istniejące obecnie poglądy ocenia się, że w przyszłych działaniach bojowych, przy wykorzystaniu środków zakłócających, zakłóceniami nieprzyjaciela zostanie objęte ponad 50% kanałów naziemnej łączności krótkofalowej. Do obliczeń przyjęto wielkość 50% zakłóceń nieprzyjaciela.

- Niesprawność linii z powodu rozregulowania aparatury.

Do obliczeń przyjęto wielkość 5%, wynikającą z rozregulowania aparatury wskutek usterek technicznych.

- Zakłócenia przemysłowe.

Największe natężenie zakłóceń przemysłowych występuje w zakresie częstotliwości od 1 MHz do 1000 MHz. Do obliczeń przyjęto wielkość 5% zakłóceń przemysłowych.

- Niesprawność linii z powodu stressów i zmęczenia załogi.

Współczesne działania bojowe ze względu na swoją dynamikę i ciągłość będą wymagały od załogi dużego napięcia sił fizycznych i psychicznych, przy małych możliwościach ich regeneracji. Do obliczeń przyjęto wielkość 5%.

- Zakłócenia w propagacji fal.

Duży wpływ na wzrost zakłóceń z tego tytułu mają wybuchy jądrowe. Do obliczeń przyjęto wielkość 5%.

- **Niesprawność linii z powodu błędów w dokumentacji.**
Błędy mogą wynikać z uwagi na szybko zmieniającą się sytuację bojową i dezaktualizację wcześniej przygotowanych dokumentów. Do obliczeń przyjęto wielkość 5%.
Ogółem przyjmuje się całość zakłóceń 75%, a 25% połączeń nie jest zakłócana.

Karta nr 7

Posiada podobny rozkład zakłóceń dla linii satelitarnych. Do obliczeń przyjęto dwie wielkości zakłóceń nieprzyjaciela 30% i 50%. Zmniejszono do 1% zakłócenia łączności satelitarnej, przemysłowe i w propagacji fal. Zakłócenia przemysłowe mogą występować tylko w przypadku małych kątów podniesienia anten stacji naziemnych, jeżeli znajdują się ona na szerokości geograficznej większej jak 60° .

Zakłócenia z tytułu propagacji fal dla łączności satelitarnej są również niewielkie z powodu wykorzystywania zakresu ultrakrótkofalowego.

Podczas obrad 15 sesji NATO w 1974 r. stwierdzono /²⁷/, że "najtrudniejszym problemem do rozwiązania jest zakłócanie naziemnych stacji linii łączności satelitarnej". Można stąd wnosić, że obiektem przeciwdziałania na liniach łączności satelitarnej będzie aparatura odbiorcza satelity, którą można zakłócać z Ziemi, wymaga to jednak urządzeń nadawczych dużej mocy.

6. Analiza wyników

Celem badań było przedstawienie metody oraz wybranie optymalnego systemu łączności przez obserwację jego działania podczas zastosowania różnych wymuszeń.

Wyniki obliczeń są przedstawione w tabeli 1. Obejmują one podstawowe wielkości charakteryzujące system łączności radiowej podczas zmieniających się wartości zakłóceń oraz różnej ilości linii łączności naziemnej i satelitarnej. Jako główne

SYMULACJA SYSTEMU ŁACZNOŚCI RADIOWEJ
DLA RÓŻNYCH WARTOŚCI ZAKŁÓCEŃ I LINII

Liczba abonentów wewnętrznych - 10

Liczba abonentów zewnętrznych - 50

Pozycja obliczeń		1	2	3	4	5	6	
Zakłócenia [%]	nieprzyjacieli	linie naziemne	50	50	50	50	50	50
		linie satelit.	30	50	30	50	30	50
	inne	linie naziemne	25	25	25	25	25	25
		linie satelit.	17	17	17	17	17	17
	bez zakłóceń	linie naziemne	25	25	25	25	25	25
		linie satelit.	53	33	53	33	53	33
Liczba linii naziemnych		2	2	5	5	10	10	
Liczba linii satelitarnych		3	3	10	10	15	15	
Współczynnik wykorzystania systemu	naziemnego	0,3417	0,2639	0,1689	0,1633	0,1594	0,1472	
	satelitarnego	0,4796	0,3370	0,2467	0,2167	0,1107	0,0889	
Współczynnik zakłóceń systemu	naziemnego	0,6472	0,7250	0,6556	0,6678	0,5133	0,6289	
	satelitarnego	0,4815	0,6333	0,3672	0,4906	0,1574	0,3656	
Współczynnik przestoju systemu	naziemnego	0,0111	0,0111	0,1756	0,1689	0,3272	0,2239	
	satelitarnego	0,0389	0,0296	0,3861	0,2928	0,7319	0,5456	
Współczynnik wykorzystania całego systemu		0,4244	0,3078	0,2207	0,1989	0,1302	0,1122	
Współczynnik zakłóceń całego systemu		0,5478	0,6700	0,4633	0,5496	0,2998	0,4709	
Współczynnik przestoju całego systemu		0,0278	0,0222	0,3159	0,2515	0,5700	0,4169	
Prawdopodobieństwo uzyskania połączenia przez użytkownika	zewnętrznego	0,5918	0,5000	0,9804	0,9792	0,9804	0,9787	
	wewnętrznego	0,8947	0,6316	1,0000	1,0000	1,0000	0,8889	
Liczba wygenerowanych zgłoszeń	zewnętrznych	49	52	51	48	51	47	
	wewnętrznych	19	19	19	18	20	18	
Liczba zrealizowanych połączeń dla użytkowników	zewnętrznych	29	26	50	47	50	46	
	w tym:							
	naziemnych	14	8	14	12	24	19	
	satelitarnych	15	18	36	35	26	27	
	wewnętrznych	17	12	19	18	20	16	
	w tym:							
naziemnych	3	4	5	5	7	12		
satelitarnych	14	8	14	13	13	4		

kryterium jakości systemu łączności radiowej przyjęto prawdopodobieństwo uzyskania połączenia przez użytkownika zewnętrznego i wewnętrznego. W oparciu o dokonane obliczenia wynika, że dla 10 abonentów wewnętrznych i 50 abonentów zewnętrznych i zadanej wielkości zakłóceń należy przewidzieć 5 linii naziemnych i 10 linii satelitarnych. W takim przypadku prawdopodobieństwo uzyskania połączenia przez użytkownika zewnętrznego będzie wynosiło 0,9804, a dla użytkownika wewnętrznego 1,0000 /3 pozycja obliczeń w tabeli 1/.

Ten sam przypadek przy mniejszej ilości linii naziemnych i satelitarnych odpowiednio: 2 i 3, powoduje znaczne pogorszenie się prawdopodobieństwa uzyskania połączenia przez użytkownika zewnętrznego na 0,5918 a użytkownika wewnętrznego 0,8947 /1 pozycja obliczeń w tabeli 1/.

Zwiększenie ilości linii naziemnych i satelitarnych nie zwiększa prawdopodobieństwa uzyskania połączenia przez użytkownika zewnętrznego i wewnętrznego /5 pozycja obliczeń tabeli 1/.

Wzrost zakłóceń dla opisanych wyżej trzech przypadków /2,4,6 pozycje obliczeń tabeli 1/ zmniejsza prawdopodobieństwo uzyskania połączenia przez użytkownika zewnętrznego i wewnętrznego przy tej samej ilości linii naziemnych i satelitarnych.

Współczynnik wykorzystania systemu naziemnego i satelitarnego ze wzrostem ilości linii maleje np. z 0,3417 dla 2 linii naziemnych /1 pozycja obliczeń tabeli 1/, do 0,1594 /5 pozycja obliczeń tabeli 1/ dla 10 linii naziemnych. Podobnie dla systemu satelitarnego odpowiednio z 0,4796 do 0,1107.

Na podstawie przedstawionych w tabeli obliczeń można stwierdzić, że współczynnik wykorzystania systemu satelitarnego jest większy aniżeli współczynnik wykorzystania systemu naziemnego.

Współczynniki zakłóceń systemu ze wzrostem ilości linii maleją w niewielkim stopniu.

Ze wzrostem ilości linii natomiast rosną współczynniki przestoju systemu naziemnego i satelitarnego. Jest to zjawisko, którego nie da się uniknąć chcąc zabezpieczyć możliwie jak największe prawdopodobieństwo uzyskania połączenia.

Pozostałe wyniki przedstawione w tabeli nie będą omawiane z uwagi na to, że są one wykorzystywane do obliczeń współczynników już wyżej omówionych.

Należy podkreślić, że uzyskane z obliczeń dane pozwalają na dokonywanie analiz z różnych punktów widzenia w zależności od postawionego zadania.

W pracy niniejszej analizy nie są dokonywane z uwzględnieniem tak wielu aspektów z uwagi na to, że celem jej jest przedstawienie metody badawczej.

7. Wnioski

1. Przedstawiona metoda symulacji systemu naziemnej łączności radiowej i łączności satelitarnej wykazała, że współpraca tych dwóch systemów naziemnego i satelitarnego z całą pewnością poprawi jakość łączności i przyczyni się do ich bardziej racjonalnego wykorzystania.
2. Zakłócenie całego omawianego systemu łączności radiowej przez nieprzyjaciela jest w poważnym stopniu utrudnione, a w sprzyjających okolicznościach wręcz niemożliwe.
3. Nieprzydzielanie na stałe abonentom linii łączności daje szersze możliwości wykorzystywania systemu przez znacznie większą ilość użytkowników, np. tych którzy tylko w sporadycznych sytuacjach muszą uzyskać połączenie.
4. System łączności radiowej stwarza potencjalne możliwości nawiązywania łączności z abonentami różnych szczebli dowodzenia.
5. Optymalny wybór ilości linii łączności naziemnej i satelitarnej pozwala na uniwersalność jego zastosowania dla różnych szczebli dowodzenia jak również zabezpiecza utrzymanie łączności w zmieniających się warunkach pola walki.

WNIOSKI KOŃCOWE

1. Intensywnie rozwijane prace oraz w coraz szerszym zakresie wykorzystywanie systemów łączności satelitarnej w państwach NATO na szczeblach strategicznych, operacyjnych i taktycznych, pozwalają na stwierdzenie, że systemy te ogrywają już obecnie ważną rolę w zapewnieniu łączności a w przyszłości, przy zwiększającym się udziale środków dowodzenia i bojowych będących w przestrzeni kosmicznej, będą niejednokrotnie jedynym rodzajem łączności zdolnym do jej zabezpieczenia w tak skomplikowanej sytuacji obejmującej teatry: lądowy, morski, powietrzny i kosmiczny.
2. Na podstawie dostępnych źródeł oraz prognoz zastosowania łączności satelitarnej dla potrzeb sił zbrojnych ocenia się, że zachodzi konieczność posiadania niezbędnych informacji i opracowań z tego zakresu jak również określonej koncepcji jej użycia co w przyszłości w istotnym stopniu przyczyni się do prawidłowego i racjonalnego wykorzystania tego nowego środka łączności na polu walki.
3. Wykorzystanie badań symulacyjnych pozwala na kompleksowe przeanalizowanie systemów łączności satelitarnej w zależności od potrzeb, śledzenie ich zmian w czasie, bez prowadzenia nawet częściowych badań na rzeczywistych systemach. Tego rodzaju badania umożliwiła przedstawiona w niniejszej pracy metoda, która wydaje się zasługuje na uwagę ze względu na jej oryginalny charakter.
4. Kontynuowanie badań i prac w zakresie łączności satelitarnej w celu zabezpieczenia łączności dla wojsk wymaga prowadzenia

ich zarówno z operacyjnego jak i technicznego punktu widzenia, jednakże w ścisłym powiązaniu z dotychczasowymi systemami łączności.

5. Z uwagi na brak dotychczas koncepcji w dziedzinie zakłócania i przeciwdziałania łączności satelitarnej oraz znacznie lepszego jej maskowania ze względu na nisko umieszczone anteny /w sprzyjających warunkach nawet bezpośrednio na ziemi/ jest ona szczególnie atrakcyjna dla sił zbrojnych.
6. Warto zauważyć, że przedstawione w niniejszej pracy propozycje dotyczące wykorzystania łączności satelitarnej do celów wojskowych, są zgodne z referatem na temat: "Główne kierunki rozwoju systemów i sprzętu łączności", który został wygłoszony przez zastępcę szefa Wojsk łączności Armii Radzieckiej gen.lejtn. Łomanowa na posiedzeniu tymczasowej grupy roboczej Komitetu Technicznego Zjednoczonych Sił Zbrojnych, odbytego w Warnie w dniach od 18 do 22.10.1976 roku.

Z A K O Ń C Z E N I E

Praca niniejsza stanowi próbę naukowego uzasadnienia przydatności łączności satelitarnej w zapewnieniu dowodzenia i kierowania wojskami nie tylko na szczeblach strategicznych, ale również operacyjno-taktycznych.

Przedstawiony w niej program symulacyjny pozwala przy użyciu elektronicznych maszyn cyfrowych na badanie systemu łączności satelitarnej w powiązaniu z innymi systemami łączności pod wieloma aspektami w zależności od potrzeb.

Obszerność i złożoność problemów systemów łączności oraz ograniczone możliwości warsztatu badawczego spowodowało skoncentrowanie się na najważniejszych sprawach.

Dlatego też uznanie tej pracy za częściowo użyteczną w pełni mnie usatysfakcjonuje.

W zakończeniu wyrażam serdeczne podziękowanie i głęboką wdzięczność Promotorowi Obywatelowi płk doc.dr Władysławowi KOŁOSOWSKIEMU za kierowanie niniejszą pracą oraz udzielanie mi wielu cennych rad i wskazówek podczas jej wykonywania.

Dziękuję również tym Oficerom, którzy swoją życzliwością przyczynili się do zapewnienia jak najlepszych warunków podczas opracowywania rozprawy doktorskiej.

13. Korzunskij L.N. - Rasprostranenie radioelektr. pri svjazi s iskusztvennymi sputnikami zemi - Sovetskoe Radio, Moskwa 1971.

16. Krocinar G.H., Michaels D.W. - Wskazówki w sprawie komunikacji w siatce wojskowej swjazi - Swjazi, Moskwa 1967.

17. Nozko K. - Zagadnienia współczesnej sztuki wojennej, wyd. MON, 1973.

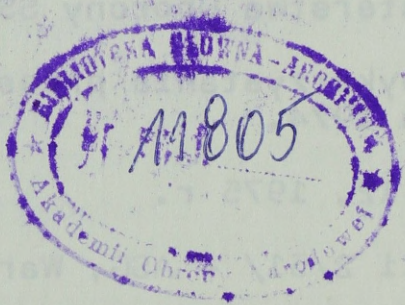
18. Organizacja łączności artil. w podstawowych rodzajach operacji - ASG, Warszawa 1975.

B I B L I O G R A F I A

1. A guide to satellite communications - Unesco, Paris 1972.
2. Biuletyn Informacyjny Nr 2/107/ - MON, Warszawa 1972.
3. Chanes Abram - Satellite broadcasting - Oxford University Press, London 1973.
4. Charakter współczesnej wojny oraz operacje strategiczne na europejskim TW według poglądów NATO - wyd. MON Szt.Gen.539/71 Warszawa 1971.
5. Communications satellite systems - Ed.by P.L.Bargellini, MIT Press, London 1974.
6. Diaczenko W.F., Kazariew W.G., Sawwin G.G. - Sterowanie sieci telekomunikacyjnych - WKiŁ, Warszawa 1970.
7. Dubonosow S.P., Drabkin A.G. - Lazarnye kanaly v kosmiceskoj svjazi, Radioelektronika i Svjaz, Moskwa 1975.
8. Fortuszenko A.D. i inni - Osnovy techniceskovo proektirowanija sistem svjazi ceres ISZ.
9. Główne kierunki rozwoju systemów i sprzętu łączności - Referat zastępcy szefa Wojsk Łączności Armii Radzieckiej, Komitet Techniczny Zjednoczonych Sił Zbrojnych, Warna 1976 r.
10. Gmurman W.J. - Rachunek prawdopodobieństwa i statystyka matematyczna - Wyd.Naukowo-Techniczne, Warszawa 1975.
11. Gordon Geoffrey - Symulacja systemów - Wyd.Naukowo-Techniczne, Warszawa 1974.
12. International Conference on satellite systems for mobile communications an surveillance 13-15 march 1973.
13. Iwanow D.A., Sawiejew W.P., Szemanski P.W. - Zasady dowodzenia wojskami, wyd. MON 1973.
14. Kalita H. - Systemy łączności satelitarnej dla celów telekomunikacji międzynarodowej i krajowej w komunikacji międzynarodowej i krajowej. Analiza i synteza kierunków prac doświadczalnych i osiągnięć w przodujących krajach świata -Instytut Łączności, Warszawa 1972.
15. Korsunskij L.N. - Rasprostranenie radiovoln pri svjazi s iskusstvennymi sputnikami zemli - Sovetskoe Radio, Moskwa 1971.
16. Kressner G.N., Michaels D.W. - Wwiedienie v sistemy kosmiceskoj svjazi - Svjaz, Moskwa 1967.
17. Nożko K. - Zagadnienia współczesnej sztuki wojennej, wyd. MON, 1973.
18. Organizacja łączności armii w podstawowych rodzajach operacji - ASG, Warszawa 1975.

19. Pawlikowski R. - Techniczne aspekty telewizji satelitarnej w Japonii - Materiały konferencji naukowo-teoretycznej, Kazimierz Dolny 1971.
20. Ploman Edward W. - Kommunikation durch Satelliten-Hase und Kochler Verlag, Mainz 1974.
21. Rupp H. - Technika łączności satelitarnej jako uzupełnienie dotychczasowej techniki teletransmisji /tłum. H.Kalita/, Instytut Łączności, Warszawa 1969.
22. Sochal Cz., Wierciński L. - Rozpoznanie wojskowe - wyd. MON, Warszawa 1975.
23. Sołowiew W.I. - Swijaż wojenno-morskowo flota, Moskwa 1971.
24. Staniewski E., Pawlikowski R. - 15 lat podboju Kosmosu 1957-1972 - wyd. MON, Warszawa 1974.
25. Tepljakow I.M., Kalasnikov I.D., Roscin B.V. - Radiolinii kosmiceckich sistem peredaci informacii - Sovetskoe Radio, Moskwa 1975.
26. The application of space technology to development - Unitet Nations, New York 1973.
27. Tischer Frederich J. - Basic theory of space communications - D.Van Nostrand, New York 1965.
28. Wartanesjan W.A. - Radioelektronnaja razwiedka - Wojennoje Izdatielstwo Ministerstwa Oborony SSSR Moskwa 1975.
29. Wojskowe aspekty wykorzystania przestrzeni kosmicznej - wyd. MON, Warszawa 1974.
30. Wojennaja Myśl nr 12, 1975 r.
31. Zbiór prac akademii 2/51/ - ASG, Warszawa 1971.

- 19. Pawlikowski R. - Techniczne aspekty teorii satelitów -
nał w Japonii - Materiały konferencji naukowo-technicz-
nej, Książka Główna 1971.
- 20. Plosser Edward W. - Kommunikation durch Satelliten-Hase
und Kochler Verlag, Mainz 1974.
- 21. Rupp H. - Technika łączności satelitarnej jako uzupełnie-
nie dotychczasowej techniki teletransmisji / tłum. H. Kajt-
Instytut łączności, Warszawa 1969.
- 22. Sochał G., Wierciński L. - Rozpoznania wojskowe - wyd. M.
Warszawa 1975.
- 23. Sołowiew W.I. - Świat wojenno-awionosny / tłum. Moskwa
1971.
- 24. Stanawski E., Pawlikowski R. - 15 lat podroży kosmosu
1957-1972 - wyd. MON, Warszawa 1974.
- 25. Teptjakow I.M., Kalaenikow I.O., Roscin B.V. - Radioliny
kosmicznych stacji przekaźnikowej - Sovetskoe Radio
Moskwa 1975.
- 26. The application of space technology to development -
United Nations, New York 1973.
- 27. Tischer Frederick G. - Basic theory of space communica-
tion - D. Van Nostrand, New York 1965.
- 28. Wernersztajn W.A. - Radioliny kosmiczne - Warszawa
Instytut łączności, Warszawa 1975.
- 29. Wojskowe aspekty - wyd. MON, Warszawa
- 30. Wojennymy mysl -
- 31. Zbiór prac ekpedycji - Warszawa 1971.



Pow. Z. I S.G. Nr 11805 14 7 1978

Pow. Z. I S.G. Nr 11805 197