



# AKADEMIA SZTABU GENERALNEGO WP

~~50~~

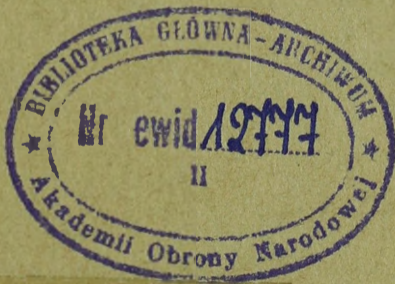
ASG WP wewn. 3800/84

Do użytku służbowego

Płk mgr inż. Kazimierz PATKOWSKI

## ŁĄCZNOŚĆ SATELITARNA

Skrypt



Biblioteka Główna  
Akademii Obrony Narodowej  
S/337

05-001131-001-0

WARSZAWA

1984

12777



# AKADEMIA SZTABU GENERALNEGO WP

~~50~~

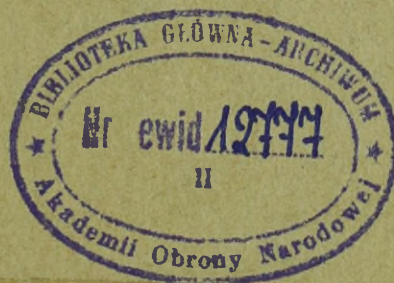
ASG WP wewn. 3800/84

Do użytku służbowego

Płk mgr inż. Kazimierz PATKOWSKI

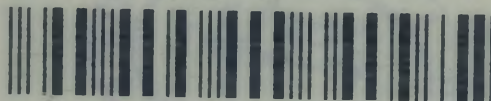
**ŁĄCZNOŚĆ SATELITARNA**

Skrypt



Biblioteka Główna  
Akademii Obrony Narodowej

S/337



05-001131-001-0

WARSZAWA

1984

12777

ASG WP wewn.3800/84

Do użyciu służbowego



LĄCZNOŚĆ SATELITARNA

plk mgr inż. Kazimierz PATKOWSKI

/ SKRYPT /



---

WARSZAWA

1984 r.

S P I S   T R E Ś C I

I. W s t ę p .....	str. 3
II. Ogólna charakterystyka sieci radiokomunikacji satelitarnej .....	str. 5
III. Charakterystyka wybranych rozwiązań optymalizu- jących wykorzystanie łączności satelitarnej .....	str. 9
IV. Wybór częstotliwości wykorzystywanych na potrzeby łączności satelitarnej .....	str. 16
V. Opis stacji naziemnych /okrętowych/ wykorzystywa- nych w stałej oraz ruchomej radiokomunikacji satelitarnej .....	str. 18
VI. Charakterystyka urządzeń retransmisyjnych członu kosmicznego .....	str. 38
VII. Wykorzystanie satelitarnych stacji naziemnych zainstalowanych w PSARACH /koło KIELC/ w sie- ciach INTERSPUTNIK i INTELSAT .....	str. 43
VIII. Telewizyjna radiodyfuzja satelitarna .....	str. 49
IX. Załączniki od 1 do 27 .....	str. 54-82

## I. W S T U P

Krę wykorzystania kosmosu zapoczątkował Związek Radziecki, umieszczając w 1957 r. na orbicie okołoziemskiej sztucznego satelitę typu "SPUTNIK".

Od tego wydarzenia, to jest w ciągu ćwierćwiecza, technika satelitarna rozwinęła się i jest z powodzeniem wykorzystywana w wielu użytkowych dziedzinach, między innymi dla potrzeb:

- obserwacji środowiska, prowadzonego w celu prognozowania pogody, analizowania zanieczyszczeń atmosferycznych i wód, badania kosmosu, penetracji bogactw naturalnych oraz rozpoznania wojskowego;
- nawigacji, umożliwiającej określenie z dużą dokładnością pozycji statków i okrętów wojennych na morzu, samolotów w powietrzu oraz zdalne sterowanie raketami balistycznymi i pociskami latającymi dużego zasięgu;
- miernictwa realizowanego dla geodezji i kartografii;
- radiokomunikacji, zapewniającej łączność pomiędzy obiektami naziemnymi, na wodnych i powietrznych. Wykorzystywany w sieciach satelita radiokomunikacyjny spełnia funkcje stacji retransmisyjnej, umożliwiającej nawiązanie i utrzymanie łączności pomiędzy stacjami naziemnymi. W odróżnieniu od stacji retransmisyjnych łączności naziemnej, przystosowanymi do współpracy tylko z dwiema stacjami końcowymi /lub pośrednimi/, satelitarne stacje retransmisyjne wykorzystywane są do jednoczesnej współpracy z dużą liczbą naziemnych stacji końcowych. Tak więc szczególną cechą radiokomunikacji satelitarnej jest wielokrotny dostęp stacji naziemnych do jednego satelity radiokomunikacyjnego. Uwzględniając znaczne koszty satelity radiokomunikacyjnego i umieszczenia go na orbicie, zapewnienie wielokrotnego /jednoczesnego/ dostępu do satelity licznym stacjom naziemnym stanowiło warunek zastosowania łączności satelitarnej /załącznik nr 1/;
- radiodyfuzji, wykorzystywanej do rozpowszechniania programów telewizyjnych za pomocą satelitów. Satelita radiodyfuzyjny spełnia funkcję telewizyjnej stacji nadawczej o ogromnym zasięgu, umożliwiając dystrybucję programu telewizyjnego na obszarze jednego lub kilku krajów /załącznik nr 2/.

W skrypcie opisano dwa rodzaje zastosowań satelitów ziemi, to jest w radiokomunikacji i radiodyfuzji.

Radiokomunikacja i radiodyfuzja satelitarna wywołała prawdziwą rewolucję w łączności, umożliwiając:

- organizację sieci łączności i emisję programów telewizyjnych, obejmujących swoim zasięgiem ogromne obszary, w tym kontynenty lub akweny oceaniczne;
- poprawę sytuacji w gospodarce częstotliwościami radiowymi. Rozwój naziemnej radiokomunikacji i radiodyfuzji, ograniczony deficytem częstotliwości w niższych zakresach, można było przezwyciężyć, uruchamiając relacje łączności i radiodyfuzji satelitarnej, które z powodzeniem wykorzystują bardzo wielkie częstotliwości /załącznik nr 3/;
- uzyskanie prawdopodobieństwa ciągłości łączności w granicach 99%, przy wymaganej jakości transmisji i dużej przepustowości /do kilku tysięcy łączy/. Należy przy tym podkreślić, że firmy produkujące urządzenia satelitarne udzielają gwarancji na 10-letnią eksploatację satelity radiokomunikacyjnego względnie radiodyfuzyjnego na orbicie;
- uzyskanie wysokiej efektywności ekonomicznej. Uruchomienie rozległych sieci satelitarnych jest realizowane kosztem wysoce konkurencyjnym w stosunku do nakładów materiałowo-finansowych ponoszonych przy budowie tożsamyh systemów konwencjonalnych. Aktualnie koszt satelity radiokomunikacyjnego i jego umieszczenia na odpowiedniej orbicie za pomocą wielostopniowych rakiet balistycznych ocenia się na 25-50 milionów dolarów. Wykorzystanie promów kosmicznych do umieszczania satelitów radiokomunikacyjnych na orbicie obniży koszty tego przedsięwzięcia. Natomiast koszt dużej stacji naziemnej kształtuje się w granicach do 5 milionów dolarów. W porównaniu z przedstawionymi kosztami, wydatki związane z budową konwencjonalnych sieci są niewspółmiernie wyższe.

x

x

x

Pełne naświetlenie problematyki ujętej w skrypcie zawarte jest w pracy zbiorczej, opracowanej pod kierunkiem prof.dr inż. Leonarda KNOCHA pt.: "SYSTEMY RADIOKOMUNIKACJI SATELITARNEJ" - wydawnictwa Komunikacji i Łączności Warszawa 1980 r.

## II. OGÓLNA CHARAKTERYSTYKA SIECI RADIOKOMUNIKACJI SATELITARNEJ

Eksplloatowane lub eksperymentalnie uruchomione sieci radiokomunikacji satelitarnej można podzielić na cztery podstawowe grupy /załącznik nr 4/:

- cywilne sieci radiokomunikacji satelitarnej o zasięgu globalnym;
- cywilne sieci radiokomunikacji satelitarnej o zasięgu regionalnym;
- specjalistyczne sieci radiokomunikacji satelitarnej;
- wojskowe sieci radiokomunikacji satelitarnej.

Do pierwszej grupy zaliczane są globalne sieci radiokomunikacji satelitarnej o nazwach "INTERSPUTNIK" i "INTELSAT".

Porozumienie w sprawie zorganizowania międzynarodowego systemu łączności satelitarnej "INTERSPUTNIK" podpisało w 1971 r. dziewięć państw socjalistycznych /Bułgaria, Czechosłowacja, Kuba, Mongolia, NRD, Polska, Rumunia, Węgry i ZSRR/.

Porozumienie w sprawie zorganizowania międzynarodowego systemu łączności "INTELSAT" podpisało w 1964 r. początkowo 14 państw zachodnich, a następnie do porozumienia przystąpiły inne państwa /łącznie ponad 100 krajów/.

Systemy "INTERSPUTNIK" i "INTELSAT" przeznaczone są do zapewnienia łączności telefonicznej, telegraficznej, telekopiowej, teleinformatycznej w relacjach międzynarodowych, a także do transmisji sygnałów radiofonicznych i telewizyjnych pomiędzy centralnymi ośrodkami radiowo-telewizyjnymi poszczególnych państw.

W obydwu organizacjach państwa członkowskie finansują budowę oraz ponoszą koszty umieszczenia na orbicie segmentów kosmicznych, których są następnie współwłaścicielami. Natomiast stacje naziemne instalowane są na koszt państwa - członka porozumienia i stanowią jego własność. Warunkiem dopuszczenia do eksploatacji instalowanych przez poszczególne państwa stacji naziemnych jest spełnienie przez nie uzgodnionych norm techniczno-eksploatacyjnych.

Naziemne stacje satelitarne obu systemów sprzęgane są z naziemnymi sieciami telekomunikacyjnymi poszczególnych państw w celu udostępnienia łączności satelitarnej dowolnym abonentom sieci krajowych /w tym ośrodkom radiowo-telewizyjnym/.

W systemie "INTERSPUTNIK" aktualnie wykorzystuje się 10 stacji naziemnych oraz dwie satelitarne, natomiast w systemie "INTELSAT" eksploatowanych jest ponad 100 stacji naziemnych i siedem stacji satelitarnych.

Polska jest członkiem obu porozumień. W PSARACH koło KIELC zainstalowane są stacje naziemne pracujące w obu systemach, umożliwiając uzyskanie łączności i wymianę programów telewizyjnych w relacjach międzynarodowych z szeregiem państw.

Podobnie wykorzystywane są cywilne sieci radiokomunikacji satelitarnej o zasięgu regionalnym, z tym, że zapewniają one łączność wewnątrz-krajową, to jest na obszarach ograniczonych potrzebami jednego lub grupy sąsiadujących ze sobą krajów.

Regionalnymi sieciami radiokomunikacji satelitarnej, przeznaczonymi do zapewnienia łączności wewnątrz-krajowej, dysponuje obecnie nieznana liczba krajów, tj.:

- USA /systemy eksperymentalne WESTAR, SATCOM, COMSTAR/;
- ZSRR /system ORBITA/;
- Kanada /system TELESAT /;
- Indonezja /system PALAPA/.

Regionalne sieci radiokomunikacji satelitarnej rozbudowują przede wszystkim te państwa, w granicach których występują znaczne obszary o małej gęstości zaludnienia i słabo rozwiniętej infrastrukturze łączności. Obliczenia wykazały, że doprowadzenie konwencjonalnych sieci łączności do takich regionów jest, z ekonomicznego punktu widzenia, przedsięwzięciem nieopłacalnie kosztownym. Natomiast wykorzystanie w tych przypadkach radiokomunikacji satelitarnej jest w pełni realne i możliwe. W regionalnych sieciach radiokomunikacji satelitarnej eksploatowane są stacje naziemne o różnych standartach /możliwościach/.

W najbliższej przyszłości regionalne systemy radiokomunikacji satelitarnej planuje uruchomić szereg krajów lub grup sąsiadujących państw, między innymi: grupa krajów arabskich, Japonia, RPA, Australia, a także RFN i Francja.

Niektóre państwa /np. Argentyna, Brazylia, Chile, Hiszpania, Malezja, Norwegia, Uganda i inne/ planują uruchomienie regionalnych systemów radiokomunikacji satelitarnej stosując dzierżawę urządzeń retransmisyjnych satelitów radiokomunikacyjnych, należących do systemu "INTELSAT". Oznacza to, że do globalnego systemu "INTELSAT" podłączone będą regionalne systemy radiokomunikacji, satelitarnej poszczególnych państw. Wymienione kraje planują rozwinąć na swoim terytorium określoną ilość stacji naziemnych, które przez satelitę sieci "INTELSAT" zabezpieczą będą usługi telekomunikacyjne zarówno w relacjach międzynarodowych, jak i wewnątrz-krajowych.

Do trzeciej grupy zaliczane są specjalistyczne sieci radiokomunikacji satelitarnej, głównie morskie.

Niedomagania radiowej łączności krótkofalowej wykorzystywanej do utrzymania łączności brzeg - statek /pogłębiające się w związku z narastaniem ruchu radiokomunikacyjnego w skali przekraczającej pojemność

Wyznaczonego krótkofalowego pasma częstotliwości/ spowodowały, że zwrócono uwagę na wykorzystanie łączności satelitarnej w radiokomunikacji morskiej.

W 1979 r. rozpoczęto organizowanie międzynarodowej morskiej sieci radiokomunikacji satelitarnej INMARSAT, której użytkownikiem jest również Polska z wkładem inwestycyjnym 1,5% kosztów /USA-17%, ZSRR - 12%, W. Brytania - 11%, Norwegia - 9,5% itp./.

Powinien on w pełni zabezpieczyć scenę łączności w relacjach brzeg - statek i między statkami dla potrzeb poszczególnych państw - członków INMARSAT w akwenach oceanów Atlantyckiego, Spokojnego i Indyjskiego.

W 1976 r. podjęła pracę amerykańska sieć morskiej radiokomunikacji satelitarnej MARISAT, zapewniająca łączność w relacjach brzeg - statek na 24 dwuplexowych częstotliwościach roboczych /nazywanych kanałami/, obejmująca swoim zasięgiem światowe akweny oceaniczno-morskie.

W niedługim czasie europejska agencja specjalna planuje uruchomienie eksperymentalnej morskiej i lotniczej sieci łączności satelitarnej MAROTS, obejmującej swoim zasięgiem część oceanu Atlantyckiego z przyległymi morzami europejskimi oraz ocean Indyjski. Sieć MAROTS jest przygotowana do pracy za pomocą 40 dwuplexowych częstotliwości roboczych, a ponadto dysponować będzie wydzielonym podzakresem częstotliwości dla potrzeb lotnictwa.

W latach 1965-67 zapoczątkowano uruchomienie wojskowych sieci radiokomunikacji satelitarnej. W skrypcie scharakteryzowane zostaną sieci radiokomunikacji satelitarnej armii zachodnich, tj. Stanów Zjednoczonych, NATO i Wielkiej Brytanii.

Aktualnie siły zbrojne Stanów Zjednoczonych wykorzystują operacyjnie lub eksperymentalnie cztery systemy, tj.:

- wojskowy system łączności satelitarnej DSCS, przeznaczony do zapewnienia łączności na szczeblach strategicznych organom rządowym i naczelnemu dowództwu z dowództwami wojsk lądowych, lotniczych i marynarki wojennej oraz ważnymi placówkami dyplomatycznymi, stacjonującymi /lub rozmieszczonymi/ w różnych częściach świata. Ocenia się, że w tym systemie wykorzystywanych może być do 100 stacji naziemnych oraz co najmniej 4 satelity radiokomunikacyjne;
- taktyczny system łączności satelitarnej TACSATCOM, przeznaczony do zapewnienia dowodzenia wszystkim rodzajom wojsk do szczebla pododdziału /pojedynczego samolotu i okrętu/ włącznie. W systemie TACSATCOM wykorzystywane są przenośne i przewoźne satelitarne stacje naziemne /odpowiednio okrętowe i samolotowe/, przystosowane do utrzy-

mywania łączności w ruchu. Satelitarne stacje naziemne /okrętowe i samolotowe/ umożliwiają zapewnienie łączności w dwóch kanałach: telefonicznym /analogowym/ i teleinformatycznym /cyfrowym/. W systemie TACSATCOM zastosowano najnowsze metody modulacji, odporne na zakłócenia i podsłuch;

- system łączności marynarki wojennej FLTSATCOM, przeznaczony do zapewnienia łączności w relacjach brzeg - okręt - samoloty rozpoznawcze. Satelity radiokomunikacyjne systemu FLTSATCOM są współużytkowane przez system cywilny MARISAT;
- system łączności satelitarnej sił lotniczych AFSATCOM, przeznaczony do zapewnienia łączności z samolotami lotnictwa strategicznego i rozpoznawczego oraz z powietrznymi stanowiskami dowodzenia.

Poza siłami zbrojnymi Stanów Zjednoczonych wojskowymi systemami łączności satelitarnej dysponują siły Zbrojne NATO /system o nazwie SATCOM/ oraz Wielkiej Brytanii/ system o nazwie SKYNET/.

W systemie SATCOM przewiduje się wykorzystanie łącznie: 36 stacjonarnych, 200 ruchomych stacji naziemnych, 26 okrętowych i 2 samolotowe stacje łączności satelitarnej, utrzymujących łączność za pomocą dwóch satelitów.

Ograniczonymi możliwościami dysponuje natomiast system SKYNET, przeznaczony do zapewnienia łączności dowództwu wojskowemu Wielkiej Brytanii ze strefą Morza Śródziemnego i Oceanu Indyjskiego. W systemie SKYNET aktualnie wykorzystywanych jest łącznie 10 stacji naziemnych /okrętowych/ i jeden satelita radiokomunikacyjny.

Rozmieszczenie stacji naziemnych /okrętowych/ jest następujące:

- w Wielkiej Brytanii - 4 stacje /w tym dwie przewoźne będące w odwodzie/;
- na Cyprze, w Bahrein, na Guam i w Singapurze po jednej stacji naziemnej;
- oraz dwie stacje zainstalowane na okrętach desantowych.

Przedstawiony przegląd operacyjnie wykorzystywanych lub wdrażanych do eksploatacji satelitarnych sieci łączności wskazuje, że przewyżczone zostały trudności organizacyjne, eksploatacyjne i techniczne, które w początkowej fazie ograniczały powszechne zastosowanie łączności satelitarnej. Przemysły radioelektroniczny Związku Radzieckiego i Stanów Zjednoczonych, a także częściowo Japonii, RFN i Francji uporały się z opanowaniem seryjnej produkcji satelitarnych urządzeń łączności. Zastosowane w praktyce rozwiązania pozwoliły uznać łączność satelitarną za całkowicie konkurencyjną wobec systemów konwencjonalnych, a pod wieloma względami przewyższającą je.

### III. CHARAKTERYSTYKA WYBRANYCH ROZWIĄZAŃ OPTIMALIZUJĄCYCH WYKORZYSTANIE ŁACZNOŚCI SATELITARNEJ

Rozwiązania usprawniające wykorzystanie łączności satelitarnej dotyczą następujących podstawowych zagadnień:

- wyboru orbit dla satelitów radiokomunikacyjnych ;
- zasilania urządzeń zainstalowanych na satelicie ;
- stabilizacji położenia i orientacji satelity na orbicie ;
- zapewnienia jednoczesnego dostępu do satelity dużej ilości stacji naziemnych.

Z nieograniczonej liczby możliwych orbit, w radiokomunikacji satelitarnej wykorzystuje się głównie dwa rodzaje orbit /załącznik nr 5/ :

- orbitę geostacjonarną - jako podstawową ;
- nachyloną /kąt nachylenia  $63,4^{\circ}$ / eliptyczną orbitę pod-synchroniczną /okres obiegu kuli ziemskiej - 12 godzin/, przeznaczoną do zapewnienia łączności w strefach podbiegunowych.

Przy umieszczeniu satelity na wysokości 35810 km nad równikiem i nadaniu mu w płaszczyźnie równika ruchu zgodnego z kierunkiem obrotu ziemi, okres obiegu satelity po orbicie równikowej jest równy okresowi dobowemu obrotu planety wokół swojej osi. Taką orbitę przyjęto nazywać geostacjonarną, ze względu na fakt, że szybkości kątowne obrotu ziemi oraz satelity są identyczne i położenie jego jest stałe w stosunku do stacji naziemnych. Nie muszą one śledzić zmieniającego położenie satelity i stale ukierunkowane są na określony punkt w przestrzeni. Ze względu na występujące zjawisko dryfowania satelitów na orbitach, stacje naziemne /okrętowe/ wyposażone są jedynie w układy automatycznie lub ręcznie korygujące ustawienie osi anteny.

Orbita geostacjonarna stwarza dogodne warunki do zapewnienia łączności na ogromnych obszarach, zawartych w stosunku do położenia satelity w przedziałach :

- $\pm 75^{\circ}$  długości geograficznej /łącznie  $150^{\circ}$  długości geograficznej/ ;
- $\pm 75^{\circ}$  szerokości geograficznej /łącznie  $150^{\circ}$  szerokości geograficznej/.

Oznacza to, że wykorzystanie trzech satelitów geostacjonarnych umożliwia zapewnienie łączności na podstawowych kontynentach i akwenach morskich kuli ziemskiej /załącznik nr 6/.

Przedstawione zalety orbity geostacjonarnej sprawiły, że większość sieci radiokomunikacji satelitarnej wykorzystuje ten typ orbity /załączniki 7, 8 i 9/.

Ujemną natomiast cechą wymienionej orbity jest jej ograniczona pojemność. Przy obecnych metodach wynoszenia satelitów na orbitę geostacjonarną /przy pomocy wielostopniowych rakiet balistycznych/ oraz z szeregu innych powodów dopuszczalne jest umieszczenie na niej nie więcej jak 100 satelitów, w odstępach co  $3,6^{\circ}$ . Ochronę orbity geostacjonarnej regulują ustalenia Międzynarodowego Związku Telekomunikacyjnego, które respektowane są przez wszystkie państwa. Między innymi przewidują one, że satelitarny układ odrzutu masy /silnik odrzutowy/ powinien zapewnić wyjście uszkodzonego satelity z orbity geostacjonarnej w przestrzeń kosmiczną na sygnał przekazany z ziemi /ze specjalnej stacji nadzorującej funkcjonowanie satelity/.

Brak możliwości zapewnienia łączności w strefach podbiegunowych /powyżej  $75^{\circ}$  szerokości geograficznej północnej i południowej/ jest drugą podstawową ujemną cechą orbity geostacjonarnej. Łączność satelitarna w strefach podbiegunowych może być realizowana przez wykorzystanie nachylonych eliptycznych orbit podsynchronicznych. Ruch satelity na orbitach eliptycznych jest nierównomierny. Zgodnie z prawem Keplera, prędkość chwilowa satelity eliptycznego w apogeum jest tyle razy mniejsza od prędkości w perigeum ile razy mierzona od środka ziemi odległość apogeum jest większa od odległości perigeum. Tak więc w czasie ruchu satelity w pobliżu apogeum prędkość jego zmniejsza się i jest on widoczny przez stacje naziemne w ciągu 9-10 godzin, realizując w tym okresie funkcję stacji retransmisyjnej. Natomiast w pobliżu perigeum, kiedy satelita jest niewidoczny dla stacji naziemnych i nie spełnia funkcji stacji retransmisyjnej, szybkość przemieszczania się satelity wzrasta. Pokonuje on tę część orbity w czasie znacznie krótszym, tj. w ciągu 2-3 godzin. Przy wykorzystaniu orbit eliptycznych stacje naziemne muszą śledzić lot satelity i w ciągu 8 godzin korzystają z jego pośrednictwa.

Po tym czasie anteny stacji naziemnych należy przełączyć na kolejnego satelitę eliptycznego, znajdującego się w polu widzenia stacji naziemnych. Stacje naziemne wskutek obrotu ziemi wychodzą z pola "oświetlenia" jednego satelity, wchodząc w pole widzenia kolejnego satelity. Aby zapewnić łączność w ciągu całej doby, zachodzi potrzeba wykorzystania trzech satelitów eliptycznych, odpowiednio usytuowanych na orbitach /tj.przesuniętych między sobą o  $120^{\circ}$  długości geograficznej/.

Zapewnienie ciągłego zasilania urządzeń pokładowych satelity stanowi kolejny warunek eksploatacji łączności satelitarnej. Uwzględniając, że żywotność satelitów radiokomunikacyjnych osadzonych na orbitach oblicza się obecnie na 7 do 10 lat, zapewnienie stałego zasilania urządzeń satelity limituje ciągłość łączności satelitarnej. Takimi źródłami energii, które mogą zapewnić zasilanie w tak znacznym czasie, mogą być baterie fotoelektryczne, nazywane słonecznymi, lub baterie jądrowe. Ze względu na zagrożenie napromieniowania półprzewodnikowych podzespołów pokładowych urządzeń łączności z jądrowych źródeł prądu /pod wpływem napromieniowania podzespoły urządzeń łączności zmieniają strukturę chemiczną i w związku z tym właściwości elektryczne/, w satelitach radiokomunikacyjnych wykorzystuje się baterie słoneczne o sprawności 1 KW mocy odbieranej z powierzchni około  $5 \text{ m}^2$ .

Na przykład satelita radiokomunikacyjny typu INTELSAT IV o przepustowości 4000 łączy wykorzystuje do zasilania baterię słoneczną zbudowaną z 45000 ogniw /rozmoszczonych na korpusie satelity o powierzchni  $22 \text{ m}^2$ /.

Satelita geostacjonarny /podobnie jak eliptyczny/ podlega w ciągu roku 80 zaćmieniom słońca przez ziemię. Najdłuższe zaćmienia trwają do 72 minut. Aby w tych okresach zagwarantować zasilanie, satelita radiokomunikacyjny wyposażony jest dodatkowo w baterie akumulatorów kadmowo-niklowych, włączonych buforowo w układ zasilania. Na przykład satelita radiokomunikacyjny INTELSAT IV wyposażony jest w baterię akumulatorów kadmowo-niklowych o pojemności 36 Ah.

Satelita nie może zajmować przypadkowego położenia na orbicie, lecz winien znajdować się w ściśle określonej pozycji /np. satelita geostacjonarny nie może zbliżyć się do sąsiedniego satelity, ponieważ mogłoby to wywołać wzajemne zakłócenie systemów

satelitarnych / i posiadać odpowiednią orientację, tzn.:

- baterie powinny być stale napromieniowane energią słoneczną /zwrócone w stronę słońca/ ;

- anteny powinny mieć odpowiednie ukierunkowanie na określone punkty ziemne.

Jednorazowe przyjęcie przez satelitę pożądanego położenia na orbicie nie wyczerpuje problemu jego stabilizacji. Wskutek oddziaływania szeregu czynników, a przede wszystkim pola grawitacyjnego i magnetycznego, ośnienia promieniowania słonecznego oraz nieskompensowanych ruchów urządzeń pokładowych /np. powstających w wyniku przeorientowania anteny na inny kierunek/, ulega zmianom położenie satelity /dryfowanie/ i jego orientacja /zmiana kierunku osi anteny w stosunku do ustalonych punktów ziemnych/. W związku z tym, proces stabilizowania satelity na orbicie musi być realizowany w sposób ciągły.

Stabilizowanie położenia i orientacji satelity uzyskuje się przez wykorzystanie zainstalowanych na jego pokładzie układów stabilizujących, sterowanych przez specjalną stację naziemną, nadzorującą położenie satelity oraz przez pokładowe czujniki orientacji. Sygnały orientacji satelity wytwarzane są przez pokładowe czujniki podczerwieni, które wymuszają przy pomocy układów orientujących takie ustawienie jego w przestrzeni, aby receptory podczerwieni ukierunkowane były odpowiednio na "gorącą" ziemię i "zimne" niebo. Powszechnie stosowanymi wykonawczymi układami stabilizującymi są silniczki odrzutowe /odrzut masy/ oraz koło zamachowe, zamontowane przegubowo i wirujące z różnymi prędkościami i pod różnymi kątami /przegubowe przechyły koła zamachowego/ odpowiednio do nadchodzących sygnałów sterowania z nadzorującej funkcjonowanie satelity stacji naziemnej i pokładowych czujników podczerwieni.

Istotne jest także zapewnienie stacjom naziemnym /okrętowym i samolotowym/ warunków jednoczesnego dostępu do satelity.

Jednoczesne pośrednictwo satelity pomiędzy dużą ilością stacji naziemnych należy rozpatrywać w dwóch płaszczyznach :

- ruchowej, określającej sposoby organizacji łączności pomiędzy stacjami naziemnymi przez satelitę radiokomunikacyjnego ;

- teletransmisyjnej, determinującej pod względem technicznym bezkonfliktowość dostępu dużej ilości stacji naziemnych do satelity.

Z punktu widzenia potrzeb ruchowo-eksploatacyjnych łączność pomiędzy stacjami naziemnymi może być realizowana trzema sposobami :

- szytywne pośrednictwo satelity, przy którym ruch radiokomunikacyjny realizowany jest według ustalonego grafiku przepływu wiadomości, tzn. na łączach zestawianych w stałych relacjach pomiędzy stacjami naziemnymi. Ten sposób organizacji łączności wykorzystywany jest np. w sieci INTERSPUTNIK ;

- elastyczne pośrednictwo satelity, zakładające możliwość łączenia się za pomocą określonej liczby łączy wszystkim stacjom naziemnym między sobą "każda z każdą", stosownie do kształtujących się potrzeb wymiany wiadomości. Ten sposób organizacji ruchu radiokomunikacyjnego wykorzystywany jest np. w sieci TACSATCOM ;

- mieszane pośrednictwo satelity, umożliwiające równoczesne wykorzystanie ruchu szytwnego oraz ruchu elastycznego. Ten sposób organizacji ruchu radiokomunikacyjnego jest wykorzystywany np. w sieci INTELSAT.

Wielokrotny dostęp stacji naziemnych do satelity wiąże się również z rozstrzygnięciem istotnych problemów teletransmisyjnych, warunkujących bezkonfliktowe funkcjonowanie systemów łączności satelitarnej. Ten dylemat rozwiązany został w wyniku zastosowania ściśle określonych metod wielokrotnego dostępu stacji naziemnych do satelity. W systemach łączności satelitarnej stosowane są następujące metody wielokrotnego dostępu stacji naziemnych do stacji satelitarnej:

- częstotliwościowa, polegająca na podziale częstotliwościowym pasma retransmitowanego przez satelitę na części i odpowiednim rozdysponowaniu ich do eksploatacji przez poszczególne stacje naziemne. Każda ze stacji naziemnych emituje sygnały przesyłane do różnych adresatów /szeregu stacji naziemnych/ tylko w ściśle ograniczonej części pasma częstotliwości retransmitowanego przez satelitę. Odbierane przez satelitę sygnały od poszczególnych stacji naziemnych, mieszczące się w wąskich zakresach częstotliwości, tworzą łącznie pasmo przez niego retransmitowane. Po odpowiednim przetworzeniu sygnałów, satelita emituje całe retransmitowane pasmo częstotliwości w kierunku ziemi. Stacje naziemne, odbierając sygnały z satelity, dokonują detekcji tylko tych sygnałów, które są dla nich przeznaczone.

Przedstawiona metoda wielokrotnego dostępu do satelity stacji naziemnych przez podział częstotliwościowego pasma retransmitowanego /oznacza skrótem FDMA/ wykorzystywana jest przede wszystkim w cywilnych sieciach łączności satelitarnej o zasięgu globalnym i regionalnym /załącznik nr 10/;

- czasowa, polegająca na kolejnym dostępie w czasie stacji naziemnych do całego pasma częstotliwości retransmitowanego przez satelitę. W poszczególnych odcinkach czasu satelita retransmituje sygnał przechodzący tylko od jednej stacji naziemnej, a następnie w kolejnych odcinkach czasu od innych stacji naziemnych. Cykle przekazywania sygnałów przez stacje naziemne powtarzają się okresowo. Następujące po sobie "przesyłki" sygnałów od poszczególnych stacji naziemnych tworzą ogólny sygnał grupowy sieci, który retransmitowany jest przez satelitę w kierunku ziemi. Każda "przesyłka" sygnałów składa się z wielu kanałów czasowych, którymi odbywa się wymiana wiadomości pomiędzy abonentami stacji naziemnych. Zasadę pracy systemów z wielokrotnym dostępem przez podział czasowy /oznaczonej skrótem TDMA /ilustruje załącznik 11. Czasowa metoda dostępu stacji naziemnych do satelity zastosowana została na przykład w wojskowej sieci łączności satelitarnej DSCS, wykorzystywanej do dowodzenia na szczeblach strategicznych w Siłach Zbrojnych Stanów Zjednoczonych ;

- wspólnego widma, stanowiąca jakoby zaprzeczenie poprzednio omówionych metod. O ile w wypadku stosowania dostępu metodą częstotliwościową zadbano, aby każda stacja naziemna przekazywała sygnały w odmiennym zakresie częstotliwości, a w wypadku stosowania dostępu metodą czasową zapewniono warunki przekazywania sygnałów przez kolejne stacje naziemne w różnych odcinkach czasu, o tyle w omawianej metodzie wszystkie stacje naziemne generują jednocześnie sygnały o wspólnym widmie, a w toku retransmisji przez satelitę są one sumowane i w tej postaci przekazywane do odbiorników stacji naziemnych. Metoda ta jest szokująca z tego powodu, że jest całkowicie przeciwna w stosunku do zakorzenionych poglądów z zakresu kompatybilności elektromagnetycznej. Może wydawać się, że w powyższej metodzie pracy stacje sieci radiokomunikacji satelitarnej wzajemnie zakłócają się. Jest to jednak ocena powierzchowna. Teoretyczną podstawę systemów, stosujących sygnały o wspólnym widmie celowo rozpraszanych w szerokim zakresie częstotliwości, stano-

wią prace z zakresu teorii informacji uozonych - amerykańskiego SHANNONA i radzieckiego KOTIELNIKOWA. Okazało się, że w przypadku znacznego rozszerzenia pasma transmisji w stosunku do niezbędnego /determinowanego nadawanym sygnałem/ zapewnia się około 1000-krotne zwiększenie odporności systemu na zakłócenia, co jest równoznaczne z możliwością zapewnienia poprawnego odbioru sygnałów przy poziomie zakłóceń znacznie przewyższających sygnał użyteczny. Celowe rozproszenie energii sygnałów w szerokim paśmie częstotliwości uzyskuje się poprzez dodatkowe modulowanie lub kluczkowanie sygnałów bardzo wielkiej częstotliwości generatorami adresowymi, wytwarzającymi ciągi kodowe maksymalnej długości <sup>x/</sup>. Synchroniczne funkcjonowanie generatorów adresowych w stacjach nadawczych i odbiorczych umożliwia wydzielanie pożądaných sygnałów tylko u adresata wiadomości. Omówiona metoda wielokrotnego dostępu /oznaczona skrótami CSMA lub SSMA/ uznana została jako "przeciwzakłócenkowa" i "przeciwpodśluchowa". Ta bardzo nowoczesna metoda dostępu do satelity zastosowana została w taktycznej sieci łączności satelitarnej TACSATCOM Sił Zbrojnych Stanów Zjednoczonych.

-----  
x/ W stacjach naziemnych z wielokrotnym dostępem do satelity za pomocą sygnałów o wspólnym widmie realizowana jest dodatkowa modulacja /kluczkowanie/ bardzo wielkiej częstotliwości z generatora adresowego, niezależnie od modulacji /kluczkowania/ związanej z nałożeniem sygnału użytecznego na przebieg nośny.

#### IV. WYBÓR CZĘSTOTLIWOŚCI WYKORZYSTYWANYCH NA POTRZEBY ŁĄCZNOŚCI SATELITARNEJ

Trasy propagacji fal radiowych, stosowanych w łączności satelitarnej, są znacznie dłuższe od wykorzystywanych w łączności naziemnej /na falach przyziemnych, troposferycznych i jonosferycznych/. Cechą charakterystyczną omawianej propagacji fal jest fakt dwukrotnego /od stacji naziemnych do satelity i od satelity do stacji naziemnych/ pokonywania przez nie całej grubości atmosfery, tj. troposfery i jonosfery, osłabiających na poszczególnych częstotliwościach w różnej skali moc fali. Tłumienie fal radiowych w troposferze powodowane jest przez gazy oraz zawiesiny drobinek wodnych. Absorpcja tlenu powoduje znaczne tłumienie fal w przedziale częstotliwości 50-70 GHz oraz na częstotliwości 119 GHz, natomiast absorpcja pary wodnej występuje w pasmach częstotliwości 22 i 200 GHz. Również opady deszczu wywołują wzrost tłumienia fal radiowych na częstotliwościach powyżej 5 GHz.

Absorpcja jonosfery jest odwrotnie proporcjonalna do kwadratu wykorzystywanej częstotliwości radiowej i praktycznie odczuwalna jest na mniejszych częstotliwościach, tj.:

- w okresie najniższej aktywności słonecznej jonosfera osłabia fale radiowe o częstotliwościach do około 100 MHz ;
- w okresie zwiększonej aktywności słonecznej jonosfera osłabia fale radiowe o częstotliwościach do około 1 GHz.

Reasumując można przyjąć, że dolna granica zakresu częstotliwości dogodnych do łączności satelitarnej limitowana jest oddziaływaniem jonosfery i wynosi około  $0,1 \frac{1}{2}$  GHz. Oddziaływanie troposfery ogranicza wykorzystanie dla potrzeb łączności satelitarnej wyższych częstotliwości tj. w pasmach 22 GHz, 50-70 GHz, 119 GHz i 200 GHz.

Postanowieniami Międzynarodowego Związku Telekomunikacyjnego wyznaczono dla potrzeb łączności satelitarnej /w tym radiodifuzji/ pasmo fal zawarte między 1-10 GHz /jest to tak zwane "II okno kosmiczne". Ze względu na duże wykorzystanie tego zakresu częstotliwości również do innych celów, kolejne ustalenia Związku zakładają wykorzystanie w uruchamianych sieciach radiokomunikacji satelitarnej częstotliwości większych od 10 GHz, tj. sięgających do 275 GHz.

-

W 1963 r postanowieniami genewskiej konferencji Międzynarodowego Związku Telekomunikacyjnego przydzielono satelitarnej służbie stałej pięć zakresów częstotliwości o łącznej szerokości 2,8 GHz w paśmie 3,4-8,4 GHz. Całość zagadnień dotyczących łączności satelitarnej ponownie rozpatrzono podczas Światowej Administracyjnej Konferencji Telekomunikacji Kosmicznej w GENEWIE w 1971 r, zwłaszcza w aspekcie rosnącego zapotrzebowania różnych służb satelitarnych na pasma częstotliwości. W tym celu rozdysponowano pasma częstotliwości do 275 GHz, wyznaczając szereg nowych zakresów do wyłącznego użytku służb satelitarnych lub współużytkowanych ze służbami naziemnymi. Ustalono też szereg warunków, zapewniających kompatybilną współpracę sieci naziemnych i przyszłych sieci satelitarnych we współużytkowanych pasmach. Między innymi przewidziano również pasma dla ruchomej radiokomunikacji satelitarnej /morskiej/ na niższych częstotliwościach, tj. w paśmie 400 MHz oraz 1535-1542,5 MHz /dla kierunku satelita-statek/ oraz 1636,5-1644 MHz /dla kierunku statek-satelita/.

Ustalenia omawianej światowej konferencji z 1971 r. uznały również, że pozostałe "okna kosmiczne" położone na bardzo małych częstotliwościach - rzędu kiloherców /I okno kosmiczne/ oraz w paśmie widzialnym i podozerwonym /III okno kosmiczne/ są obecnie nieprzydatne do łączności satelitarnej.

V. OPIS STACJI NAZIEMNYCH /OKRĘTOWYCH/ WYKORZYSTYWANYCH W STALEJ  
ORAZ RUCHOMEJ RADIOKOMUNIKACJI SATELITARNEJ

Zadaniem stacji naziemnej /okrętowej/ jest odebranie i wzmoocnienie sygnałów nadawanych przez nadajnik pokładowy satelity, emitowanie sygnałów przeznaczonych do odbioru przez pokładowe urządzenia odbiorcze satelity, oraz zapewnienie warunków technicznych umożliwiających wykorzystanie łączności satelitarnej przez bezpośrednich abonentów stacji naziemnych lub abonentów pośrednich tj. telekomunikacyjnych sieci naziemnych. Za pośrednictwem stacji naziemnych mogą być nadawane i odbierane sygnały : telefoniczne, telegraficzne, telekopiowe, teleinformatyczne, radiofoniczne lub telewizyjne.

V.1. Charakterystyka urządzeń antenowych.

Antena stanowi ważne ogniwo stacji naziemnej decydujące o wielokanałowości sieci radiokomunikacji satelitarnej oraz możliwości wykorzystania łączności satelitarnej odpowiednio w prostych lub złożonych łańcuchach telekomunikacyjnych /tj. obejmujących dwóch abonentów i jedno łącze dalekosiężne zestawiane za pomocą środków łączności satelitarnej, lub dwóch abonentów połączonych większą ilością szeregowo sprzężonych dalekosiężnych łączy satelitarnych i naziemnych/. W przypadku wykorzystania anten o bardzo dużym zysku energetycznym /znaczna torowość transmisji/ można zapewnić wielokanałową łączność satelitarną w złożonych łańcuchach telekomunikacyjnych. Natomiast za pomocą anten o mniejszym zysku energetycznym /niższa torowość transmisji/ można zapewnić małokanałową łączność satelitarną w prostych łańcuchach telekomunikacyjnych.

Koszt anteny, zapewniającej najwyższy standard teletransmisyjny, może dochodzić do 40 % globalnej wartości stacji naziemnej, a jej waga do 300 ton. Anteny o dużym zysku energetycznym pozwalają uzyskać zastępczą moc promieniowania izotropowego w granicach 100-1000 MW /tj. odpowiadającej mocy nadajnika 100-1000 MW, emitującego fale radiowe w wolnej przestrzeni za pomocą anteny dookólnej/.

Antena stacji naziemnej /okrętowej/ przeznaczona jest do emitowania sygnałów w kierunku satelity oraz odbioru sygnałów emitowanych przez satelitę. Jako urządzenie nadawczo-odbiorcze antena przystosowana jest do pracy w szerokim zakresie częstotliwości, tj. w pasmach nadawczym i odbiorczym, między którymi odstęp częstotliwości może wynosić kilka gigaherców. Nadawanie i odbiór fal radiowych anteny mogą realizować z różną polaryzacją /np. kołową prawo- i lewo-skrętną/.

W stałych sieciach łączności satelitarnej wykorzystywane są przede wszystkim anteny typu "dwurefleksorowy układ CASSEGRAINA", składające się z głównego reflektora parabolicznego i pomocniczego reflektora hiperbolicznego. Średnica reflektora pomocniczego jest około 10-krotnie mniejsza od średnicy reflektora głównego /załącznik nr 12/. Osiągane przez nią zyski energetyczne i szerokości głównej wiązki promieniowania w zależności od różnych średnic reflektora głównego dla częstotliwości odbiorczej 4 GHz i nadawczej 6 GHz, przedstawia tablica :

Średnica reflektora głównego /m/	Częstotliwość : odbiorcza nadawcza /GHz/	Zysk energetyczny /dB/	Szerokość głównej wiązki pro- mieniowania
2,5	4	38,5	2,06 <sup>o</sup>
	6	42,0	1,37 <sup>o</sup>
12	4	52,1	0,43 <sup>o</sup>
	6	55,6	0,28 <sup>o</sup>
30	4	60,1	0,17 <sup>o</sup>
	6	63,6	0,11 <sup>o</sup>

W ruchomych stacjach naziemnych /okrętowych/ stosowane są anteny o mniejszych gabarytach, między innymi anteny : paraboliczne, pojedyncze i wieloelementowe "SRUBOWE", "SHORT"BACKFIRE" oraz "YAGI" /załącznik nr 13/. Parametry wybranych anten wykorzystywanych w stacjach okrętowych ruchomej radiokomunikacji satelitarnej w paśmie częstotliwości 1,5 GHz przedstawia tablica :

R o d z a j   a n t e n	Zysk w stosunku do anteny izotropowej /dB/	Szerokość wiązki między punktami połowy mocy
Antena paraboliczna :		
- o średnicy 1 m	18	12°
Antena śrubowa :		
- w zestawie po 4	16	20°
- pojedyncza	6	60°
Antena "SHORT BACKFIRE" :		
- w zestawie po 4	18	24°
- pojedyncza	14	34°

Anteny stacji naziemnych wyposażone są w układy sterowania, umożliwiające ustawianie anten w pożądanym azymucie i elewacji. Układy sterowania anten mogą być ręczne lub automatyczne.

Ręczne sterowanie anten wykorzystywane jest w stacjach o najniższym standardzie oraz w stacjach o wyższym standardzie w charakterze sterowania awaryjnego, tj. w przypadku uszkodzenia układów automatycznego sterowania anteny. Automatyczne sterowanie anteny wykorzystywane jest w stacjach naziemnych o wyższym standardzie. Do automatycznego sterowania anteny wykorzystywane są mikroprocesory /specjalizowane EMC/, które analizując moc sygnału odbieranego z satelity wymuszają na układach sterowania anteny także jej ustawienie, aby maksimum głównego listka promieniowania anteny stale był skierowany na satelitę.

Układy sterowania anteny stacji naziemnych /ręczne lub automatyczne/ zapewniają korekcie orientacji anteny stosownie do występujących zmian położenia satelity. Zmiany położenia satelity mogą następować w związku z jego dryfowaniem na orbicie geostacjonarnej lub z tytułu jego przemieszczania się po wydłużonej orbicie eliptycznej. Dzięki zastosowaniu automatycznych układów sterowania, anteny stacji naziemnych mogą śledzić ruchy satelity z dokładnością do dwóch minut /2'.

Satelitarna radiokomunikacja morska charakteryzuje się dodatkową specyfiką, wynikającą z faktu, że statek jest obiektem ruchomym. W pojęciu ruchu należy uwzględnić po pierwsze kołysanie się statku i po drugie jego przemieszczenie. Największy wpływ na stabilność łączności ma boczne kołysanie się statku, występujące z dużą szybkością /co kilka sekund/ i w drugiej kolejności wzdłużne. Amplituda kołysania bocznego może dochodzić do  $\pm 25^{\circ}$ , natomiast kołysania wzdłużnego do  $\pm 10^{\circ}$ . Przeciwdziałanie wpływowi kołysania się statku na orientację anteny osiąga się poprzez stosowanie :

- anten o szerokich wiązках promieniowania /ok.  $50^{\circ}$ / wykorzystywanych w wypadku, gdy anteny pozbawione są układu stabilizującego. Podczas kołysania statku anteny o szerokich wiązках promieniowania umożliwiają utrzymanie linii łączącej satelitę z anteną stacji okrętowej wewnątrz wiązki głównej anteny. Wadą podanego rozwiązania są ograniczone możliwości zbilansowania tłumienia fali radiowej w atmosferze ze względu na mały zysk anteny. Stacje okrętowe pozbawione stabilizacji anteny stosowane są na najmniejszych jednostkach pływających i zapewniają jedynie jednokanałową łączność telegraficzną ;

- anten o średnich szerokościach wiązki promieniowania / $20-30^{\circ}$ /, wykorzystywanych w wypadku, gdy anteny wyposażone są w układ częściowej stabilizacji kołysania się statku. Częściowa stabilizacja anteny może być realizowana jedną z dwóch metod : mechaniczną lub elektryczną. Mechaniczną stabilizację anteny uzyskuje się w wyniku zastosowania tzw. zawieszenia "CARDANA" z przeciwwagą w postaci odpowiedniego balastu /podobnego do stosowanych w kompasach morskich/. Elektryczną stabilizację zapewnia się przez wyposażenie anten w zespół elementarnych źródeł promieniowania /promienników/. Wartościami prądów wielkiej częstotliwości, zasilających poszczególne elementarne promienniki, steruje odpowiedni układ ozujników reagujących na kołysanie się statku w ten sposób, że wychylenia głównej wiązki promieniowania następuje w kierunkach przeciwnych do przechyłów statku. W efekcie przestrzenna orientacja głównej wiązki promieniowania anteny okrętowej pozostaje stała. Opisane układy charakteryzują się jednak określoną bezwładnością co powoduje, że stabilizacja nie jest pełna, a tylko częściowa. Wyposaża się w nie jednostki pływające średniej wielkości /ok. 5000 GRT/. Częściowa stabilizacja umożliwia zastosowanie anten

o średnim zysku energetycznym /o średniej szerokości wiązki promieniowania/. Dzięki takim antenom uzyskuje się korzystniejsze warunki zbilansowania tłumienia fali w atmosferze w porównaniu z osiąganymi w przypadku wykorzystania anten pozbawionych stabilizacji. W konsekwencji za pomocą stacji okrętowych wyposażonych w anteny o średnich szerokościach wiązki promieniowania można zapewnić łączność w kanałach telegraficznym i telefonicznym ;

- anten o małej szerokości wiązki promieniowania /ok.10<sup>0</sup>/, wykorzystywanych w przypadku wyposażenia anten w układ pełnej stabilizacji kołysania się statku. Pełną stabilizację uzyskuje się przy pomocy żyrostatów /przrzędów o bardzo dużym momencie pędu/, zapewniających natychmiastową stabilizację anteny /orientację głównej wiązki promieniowania w pożądanym azymucie/. Anteny wyposażone w wysoce kosztowne układy pełnej stabilizacji kołysania się statku stosowane są na jednostkach pływających dużej wielkości /powyżej 10 000 GRT/. Wykorzystuje się je również na stacjach samolotowych /np. w sieci AFSATCOM/. Zastosowanie anten o pełnej stabilizacji i znacznym zysku energetycznym /najpełniejsze zbilansowanie tłumienia fali radiowej w atmosferze/ umożliwia zapewnienie łączności w kanałach : telefonicznych, telegraficznych i teleinformatycznym /teledatacyjnym/ o przepływności 56 kbit/sek.

Przy przemieszczeniu się statku ulega zmianie kąt elewacji satelity. Biorąc pod uwagę fakt, że w satelitarnej radiokomunikacji morskiej zakłada się stosowanie anten o stosunkowo szerokich wiązkach promieniowania /powyżej 10<sup>0</sup>/, zmianę kąta elewacji satelity w czasie rejsu wystarczy uwzględniać okresowo /oo kilka godzin przez korekcie kąta wzniesienia anteny stacji okrętowej/. Na statkach /okrętach/ małej i średniej wyporności śledzenie satelity przez anteny stacji okrętowych realizowane jest ręcznie przez obsługę w oparciu o specjalną instrukcję, zawierającą dane o kątach elewacji na poszczególnych szerokościach i długościach geograficznych. W kosztowne układy automatycznego śledzenia satelity wyposaża się stacje okrętowe instalowane na dużych jednostkach pływających /większych od 10 000 GRT/, a także stacje samolotowe.

W radiokomunikacji satelitarnej ogromne znaczenie ma rozmieszczenie anten stacji naziemnych /okrętowych/. Anteny stacji naziemnych wykorzystywanych w stałej łączności satelitarnej rozmieszcza się przeważnie na rozległych, płaskich dolinach otoczonych

wzniesieniami, tworzącymi naturalną osłonę od zakłóceń przemysłowych i interferencyjnych, pochodzących od różnego rodzaju urządzeń energetycznych /np.linii wysokiego napięcia/ i radioelektronicznych służb naziemnych /np.linii radiowych, urządzeń radiolokacyjnych itp./. Teren wybrany do rozmieszczenia stacji powinien być położony z dala od lotnisk, tras przelotu samolotów i dużych ośrodków przemysłowych.

Aby uniknąć odbicia fal od nadbudówek statku, należy rozmieszczać anteny stacji okrętowych w miejscu w pełni odsłoniętym. Drugim istotnym warunkiem wyboru lokalizacji anteny stacji okrętowej jest umieszczenie jej blisko krzyżowania się osi przechyłów bocznych i wzdłużnych, aby zminimalizować wpływ kołysania się statku na orientację anteny.

Zależności pomiędzy możliwościami świadczenia usług radiokomunikacyjnych i standardami anten stosowanych w naziemnych /okrętowych/ stacjach łączności satelitarnej przedstawia tablica :

Rodzaje stacji naziemnych /okrętowych/	Rodzaje anten	Sposób ustawiania anten w kierunku satelity	Sposób śledzenia dryfu satelity	Możliwości eksploatacyjne stacji
1	2	3	4	5
Naziemne-stacjonarne	Antena typu CASSEGRAINA	<u>Ręczne</u> w wypadku satelity geostacjonarnego i <u>programowane</u> w wypadku satelitów krążących po nachylonych orbitach eliptycznych	<u>Automatyczne</u> za pomocą mikroprocesora analizującego natężenie sygnałów satelity	Pełny zakres usług telekomunikacyjnych /wielokanałowa transmisja telefoniczna, telegraficzna, telekopiiowa, teleinformatyczna, a także telewizyjna/
Naziemne-ruchome /prze-woźne/	Antena paraboliczna	<u>Ręczne</u> -przy wykorzystaniu satelity geostacjonarnego	<u>Ręczne</u>	Łączność telefoniczna i telegraficzna o niskiej jakości

1	2	3	4	5
			<u>Automatyczne</u> za pomocą mikroprocesora analizującego sygnały satelity.	Łączność telefoniczna, telegraficzna, telekopiowa i teleinformatyczna o średniej jakości
Okrętowe	Anteny o szerokich wiązkaach promieniowania /ok. 50°/np. YAGI i SRUBOWE pozbawione stabilizacji	<u>Ręczne</u>	Nie stosuje się	Tylko łączność telegraficzna o niskiej jakości
	Anteny o średniej szerokości wiązki promieniowania /ok. 20-30°/, np. SHORT BACKFIRE, dysponujące układem ciężarowej stabilizacji mechanicznej lub elektrycznej	<u>Ręczne</u>	Nie stosuje się	Łączność telefoniczna i telegraficzna o niskiej jakości
	Anteny o małej szerokości wiązki promieniowania /ok. 10°/, np. paraboliczne, dysponujące układem pełnej stabilizacji żyroskopowej	<u>Programowane</u> za pomocą EMC, sprzężonej z żyroskopem	<u>Automatyczne</u> za pomocą mikroprocesora analizującego sygnałów satelity	Łączność telefoniczna, telegraficzna i teleinformatyczna o średniej jakości

Energia z nadajnika do anteny i z anteny do odbiornika może być przenoszona przy pomocy :

- systemu zwierciadeł energetycznych /tworzących promieniowód/, zapewniających najmniejsze straty energii w torze zasilania anteny. Promieniowody stosowane są przede wszystkim w stacjonarnych stacjach naziemnych ;

- falowodu, wnoszącego większe straty energii ;

- kabla współosiowego, wnoszonego największe straty energii w torze zasilania anteny. Kable współosiowe stosowane są przede wszystkim w ruchomych stacjach naziemnych i okrętowych.

Wykorzystanie wspólnej anteny przez nadajnik i odbiornik stacji naziemnej /okrętowej/ umożliwia duplekser, którego zadaniem jest odpowiednie kierowanie sygnałów /tj.nadawczego do anteny natomiast odbieranego z satelity z anteny do odbiornika/, a także ograniczenie oddziaływania sygnału nadawczego na odbiornik. Jakkolwiek sygnały nadawcze i odbiorcze transmitowane są w różnych pasmach częstotliwości, wymagania stawiane duplekserowi są znaczne. Wynika to z faktu występowania znacznych różnic między poziomami sygnału nadawczego i odbiorczego.

## V.2. Ogólna charakterystyka zespołu nadawczo-odbiorczego stacji naziemnej /okrętowej/

W stacji naziemnej /okrętowej/ można wyróżnić tor : nadawczy i odbiorczy, wykorzystujące poprzez duplekser wspólną antenę.

W skład toru nadawczego wchodzi nadajnik wraz z modulatorem i wzmacniacz mocy. W nadajniku i modulatorze realizowane są odpowiednie procesy generacji i modulacji częstotliwości nośnej. Zadaniem wzmacniacza mocy jest zapewnienie właściwego poziomu mocy sygnału nadawczego.

W celu zmniejszenia strat energii w promieniowodzie lub kablu współosiowym, sprzęgającym tor nadawczy stacji z anteną, duplekser i wzmacniacz mocy montowane są w bezpośredniej bliskości anteny. Natomiast nadajnik z modulatorem umieszczone są od anteny w pewnej odległości /na przykład w pomieszczeniach stacyjnych lub pod pokładem statku/. Aby zmniejszyć straty energii w kablu współosiowym łączącym nadajnik ze wzmacniaczem mocy, w większości rozwiązań nadajnik generuje sygnały modulowane na niższych często-

tlowościach /pośrednich/. Przemiana sygnału pośredniej częstotliwości, wytworzonego w nadajniku, na sygnał bardzo wielkiej częstotliwości realizowana jest w konwerterze. Żeby przeciwdziałać przedostawaniu się do wzmacniacza mocy pasożytniczych przebiegów wytwarzanych w konwerterze, sygnały bardzo wielkiej częstotliwości przekazywane są do wzmacniacza mocy przez filtr pasmowy. Reasumując, tor nadawczy może obejmować dwie składowe :

- nadajnik z modulatorem, instalowany w pomieszczeniach odległych od anteny ;

- wzmacniacz mocy z konwerterem "w górę" i filtrem pasmowym, montowanymi bezpośrednio przy antenie i duplekserze.

Tor odbiorczy może obejmować również dwie składowe :

- wzmacniacz słabych sygnałów odbieranych z satelity, montowany bezpośrednio przy antenie /sprzężany z duplekserem i przez falowód eliptyczny z odbiornikiem /;

- odbiornik z demodulatorem, instalowany w pomieszczeniach stacyjnych.

Stacje naziemne /okrętowe/ ponadto wyposażone są w krotnice, zwielokrotniające tor bardzo wielkiej częstotliwości oraz w urządzenia sprzęgające, zapewniające połączenie stacji z naziemną siecią telekomunikacyjną.

Schemat blokowy zespołu nadawczo-odbiorczego stacji naziemnej przedstawia załącznik nr 14.

Wzmacniacz mocy toru nadawczego, w zależności od warunków pracy stacji /standardu świadczonych usług, zysku energetycznego anteny itp./, powinien zapewnić moc wyjściową w granicach około 1-10 W na jeden kanał telefoniczny i rzędu 500 W lub więcej na jeden kanał telewizyjny. Przy obecnym rozwoju techniki wzmacniacze mocy mogą być montowane na bazie :

- lamp z falą bieżącą w przypadku przenoszenia szerokiego pasma częstotliwości w granicach do 500 MHz ;

- klistronu, w przypadku przenoszenia ograniczonego pasma częstotliwości w granicach do 50 MHz.

Lampa fali bieżącej i klistron /załącznik nr 15/ przeznaczone są do wzmocnienia przebiegów elektrycznych o częstotliwościach powyżej 1 GHz. Wytworzona w wyrzutni elektronowej lampy fali bieżącej lub klistronu wiązka elektronów zdąża do kolektora, przechodząc przez linię opóźniającą lub rezonatory. Doprowadzone

do wejścia linii opóźniającej lub do pierwszego rezonatora przebiegi podlegające wzmocnieniu powodują ogniskowanie się elektronów. Zbliżające do kolektora zogniskowane elektrony przekazują  $10^2$ - $10^3$ -krotnie większą energię na wyjściu linii opóźniającej lub w rezonatorze wyjściowym, zapewniając pożądaną moc nadajnika.

Moc sygnałów odbieranych z satelity jest bardzo mała i może wynosić dziesiątą część pikowata, tj. odpowiadać wartościom mocy szumów własnych układów wejściowych toru odbiorczego. W celu obniżenia szumów własnych w układzie wejściowym toru odbiorczego i zapewnienia wzmocnienia użytecznych sygnałów bardzo małej mocy /z wymaganym odstępem poziomów pomiędzy sygnałem użytecznym i szumami/ na wejściu toru odbiorczego wykorzystuje się specjalne wzmacniacze wstępne o minimalnych szumach własnych. Zmniejszenie szumów własnych układów wejściowych można osiągnąć w wyniku znacznego obniżenia ich temperatury. W niskich temperaturach następuje spadek wartości natężenia prądów cieplnych w podzespołach układów wejściowych toru odbiorczego tj. zmniejsza się poziom szumów własnych układu. Jako wzmacniacze słabych sygnałów wykorzystywane są :

- masery ohłodzone ciekłym helem, zapewniające temperaturę szumową w granicach  $4^{\circ} - 10^{\circ}K$  /od  $-269^{\circ}C$  do  $-263^{\circ}C$ /. Istotną wadą wzmacniaczy maserowych jest możliwość wzmacniania sygnałów o stosunkowo wąskim paśmie częstotliwości /do 50 MHz/. Maser jest wzmacniaczem kwantowym, pracujący w temperaturze ciekłego helu  $-270^{\circ}C$ /. Atomy kryształu /np. rubinu/ pochłaniają energię z tak zwanej pompy /generatora bardzo wielkiej częstotliwości/, wywołującej wzbudzenie kryształu /atomy kryształu uzyskują wyższy poziom energetyczny/. Stan wzbudzenia utrzymany jest przez magnesy i niską temperaturę wytworzoną ciekłym helem. Pod wpływem sygnału podlegającego wzmocnieniu zachodzi w kryształach wymuszona emisja, polegająca na przechodzeniu atomów kryształu do niższego poziomu energetycznego. Emisja kryształu zapewnia około 20-krotne wzmocnienie bardzo słabych sygnałów. Opisany układ wzmacniacza /załącznik nr 16/ maserowego wykorzystywany jest nie tylko w sprzęcie łączności, ale również /oczywiście odpowiednio zmodyfikowany/ stanowi podstawowe ogniwo broni laserowej, a w perspektywie układu napędowego rakiet fotonowych o ciągu 300 000 km/sek.;

- wielostopniowe wzmacniacze parametryczne ohłodzone gazem helu, zapewniające temperaturę szumową w granicach  $12^{\circ} - 20^{\circ}K$

/od  $-261^{\circ}\text{C}$  do  $-253^{\circ}\text{C}$ /, lub rzadziej ochłodzone ciekłym azotem, zapewniające temperaturę szumową w granicach  $80^{\circ}\text{K}$  / $-193^{\circ}\text{C}$ /. Zaletą ochłodzonych wielostopniowych wzmacniaczy parametrycznych jest możliwość wzmożenia sygnałów w szerokim paśmie częstotliwości /500 MHz/. W charakterze wzmacniaczy parametrycznych wykorzystuje się układy, których elementami czynnymi są diody pompowane przez klistronowe generatory o częstotliwości 30-40 GHz, tj. o wyższej częstotliwości od częstotliwości wzmacnianych sygnałów. Zadaniem radiokomunikacji satelitarnej jest przekazywanie różnych sygnałów: telefonicznych, telegraficznych, telekopiowych, teleinformatycznych, radiofonicznych i telewizyjnych. Aby wymienione zadanie mogło być realizowane zachodzi potrzeba dokonywania odpowiednich przekształceń sygnałów generowanych przez abonentów. W stacjach naziemnych /okrętowych/ przekształcanie sygnałów polega na ich przeniesieniu do znacznie wyższego zakresu częstotliwości. W torze nadawczym proces przekształcania sygnałów nazywa się modulacją, podczas której jeden lub więcej parametrów przebiegu nośnego zostają uzależnione od przekazywanego sygnału użytecznego. W procesie demodulacji w torze odbiorczym z przebiegu zmodulowanego wydzielany jest sygnał użyteczny.

W stacjach naziemnych /okrętowych/ proces modulacji realizowany jest w celu :

- po pierwsze - uzyskania wielokanałowej łączności ;
- po drugie - nałożenia sygnału przesłanego z urządzeń zwielokrotniających na przebieg nośny, tj. na sygnał bardzo wielkiej częstotliwości ;
- po trzecie - zapewnienia stacjom naziemnym wielokrotnego dostępu do satelity.

Wymóg ekonomicznego wykorzystania toru wielkiej częstotliwości przesądził o stosowaniu urządzeń zwielokrotniających w sieciach radiokomunikacji satelitarnej. W krotnicach mogą być wykorzystywane następujące rodzaje podziału kanałów :

- czasowy - umożliwiający transmisję sygnałów od poszczególnych użytkowników łączności satelitarnej w kolejnych, następujących po sobie, ściśle określonych przedziałach czasowych /tj. przy ograniczeniu czasowym kanałów/. Użytkownicy łączności satelitarnej w toku wymiany wiadomości łączeni są cyklicznie, a nie w sposób ciągły. W czasowych urządzeniach zwielokrotniających o modula-

oju ziarnistej - zwanych cyfrowymi sygnały transmitowane przez użytkowników są próbkowane, a kodowanie próbek realizowane jest za pomocą dwójkowych sygnałów elementarnych /sygnałów dwustanowych zero-jedynkowych lub ujemnych i dodatnich/ ;

- częstotliwościowy - polegający na podziale toru wielkiej częstotliwości na wąskie pasma - tworzące kanały, za pomocą których poszczególni użytkownicy łączności uzyskują połączenia. Przy wykorzystaniu podziału częstotliwościowego toru /częstotliwościowe ograniczenie kanałów/ wiadomości przekazywane są przez transmisję pełnych przebiegów. Krotnice zwielokrotniające o podziale częstotliwościowym zaliczane są do grupy urządzeń analogowych.

W cyfrowych krotnicach telefonicznych stosowane są przede wszystkim dwa rodzaje modulacji, umożliwiające wielokrotne wykorzystanie torów wielkiej częstotliwości stacji naziemnych /okrętowych/, a mianowicie :

- modulacja impulsowo-kodowa /PCM/, przy pomocy której sygnały przenoszące wiadomości od poszczególnych użytkowników są cyklicznie próbkowane w odpowiednich odstępach czasowych /zazwyczaj częstotliwość próbkowania sygnału wynosi 8 KHz/ i kodowane za pomocą ciągów elementarnych impulsów dwustanowych /np. zero-jedynkowych/, formowanych odpowiednio do przeprowadzonej oceny poziomu sygnału w momencie jego próbkowania. O ile próbka sygnału kodowana jest za pomocą kombinacji 8-miu dwustanowych impulsów elementarnych, wówczas można zakodować 256 różnych poziomów sygnału / $n = 2^8$ /. Zwielokrotnienie impulsowo-kodowe polega na czasowym zwielokrotnieniu pochodzących od różnych abonentów sygnałów w jeden sumaryczny sygnał grupowy. Im wyższą krotność wykorzystuje się do zwielokrotnienia toru wielkiej częstotliwości tym krótszy jest czas trwania impulsu elementarnego/np. w urządzeniach 24-krotnej telefonii czas trwania impulsu elementarnego wynosi 0,65 mikrosekund, natomiast w systemach 132-krotnej telefonii wynosi około 0,12 mikrosekund/ ;

- modulacja delty /DM/, przy której sygnał jest próbkowany i kodowany przy pomocy dwustanowych impulsów elementarnych, formowanych w zależności od przeprowadzonej cyklicznie oceny wzrostu lub spadku poziomu sygnału generowanego przez urządzenie przetwórcze /końcowe/. Zaletą modulacji delta w stosunku do modulacji impulsowo-kodowej jest to, że zajmuje ona czterokrotnie węższe pasmo częstotliwości w torze wielkiej częstotliwości. Szerokość pasma przenoszenia krotno telefonicznych wykorzystujących modulację delta wynosi:

$f_{DM} = 16 N$  w kHz /gdzie N-krotność krotnicy telefonicznej/. Natomiast szerokość przenoszenia krotnic telefonicznych z modulacją impulsowo-kodową /8-mio elementową/ wynosi  $f_{PCM} = 64N$  w kHz.

Ogólne zasady modulacji impulsowo-kodowej /PCM/ i modulacji delta /DM/ przedstawia załącznik nr 17.

W analogowych krotnicach telefonicznych stosowana jest głównie jedno-wstęgowa modulacja amplitudowa /AM-SSB/.

Plan przemiany częstotliwości w analogowych krotnicach telefonicznych ilustruje załącznik nr 18.

Krotnice z modulacją cyfrową /PCM lub DM/ wykazują pewne zalety w stosunku do krotnic z modulacją analogową /AM-SSB/. Są one przede wszystkim odporniejsze na wewnątrzkanałowe zakłócenia i w związku z tym zapewniają zadowalającą pracę przy niższym stosunku sygnału do szumu. Należy przyjąć, że nowe systemy satelitarne wykorzystywać będą zwielokrotnienie cyfrowe, umożliwiające stosowanie nadajników o mniejszych mocach. Zaletą krotnic z modulacją analogową jest przenoszenie sygnałów w kilkakrotnie węższym paśmie częstotliwości w porównaniu z krotnicami cyfrowymi. Uwzględniając jednak, że radiokomunikacja satelitarna wykorzystuje zakresy częstotliwości o bardzo szerokich pasmach, przedstawiona zaleta krotnic analogowych staje się bezprzedmiotowa.

Szerokość pasma częstotliwości zajmowanego przez sygnały telefoniczne przy poszczególnych rodzajach modulacji stosowanych w krotnicach ilustruje tablica :

Rodzaj krotnicy	Rodzaj modulacji	Szerokość pasma częstotliwości zajmowanego przez jeden kanał telefoniczny	Szerokość pasma częstotliwości zajmowanego przez 12-kanałową krotnicę telefoniczną
cyfrowa	PCM /kod 8-elementowy/	64 kHz	768 kHz
	DM	16 kHz	192 kHz
analogowa	AM-SSB	4 kHz	48 kHz

Nałożenie na przebieg nośny sygnału grupowego przesłanego z urządzenia zwielokrotniającego do nadajnika realizowane jest w modulatorze. Natomiast odtworzenie sygnału pierwotnego przesłanego przez tor radiokomunikacji satelitarnej dokonywane jest w demodulatorze odbiornika, a następnie w urządzeniach zwielokrotniających.

W wyniku modulacji realizowanej w modulatorze nadajnika, widmo sygnału wytworzonego w urządzeniach zwielokrotniających, w kolejnym procesie modulatoryjnym przeniesione zostaje do znacznie wyższego zakresu częstotliwości /tj. do pasma częstotliwości pośredniej w nadajnikach wyposażonych w konwertery lub bezpośrednio do pasma bardzo wielkiej częstotliwości w nadajnikach pozbawionych konwerterów/. Kolejna /druga/ modulacja niezbędna jest z tego względu, że tylko na bardzo wielkich częstotliwościach uzyskuje się wymaganą niezawodność łączności satelitarnej, limitowaną między innymi właściwościami transatomosferycznej propagacji fal radiowych. W nadajnikach stacji naziemnych /okrętowych/ wykorzystywane są przeważnie następujące rodzaje modulacji :

- modulacja częstotliwości /FM/, która może być stosowana do współpracy toru nadawczego z krotnicami cyfrowymi i analogowymi;
- dwustanowe lub czterestanowe kluczkowanie fazy /PSK lub QPSK/, które stosowane są do współpracy toru nadawczego z krotnicami cyfrowymi.

W toku modulacji częstotliwości /FM/ sygnał modulujący doprowadzony do modulatora z krotnicy oddziałuje na częstotliwość sygnału nośnego nadajnika. Sygnał nośny zmodulowany częstotliwościowo jest przebiegiem złożonym, obejmującym sygnały o częstotliwości nośnej oraz o częstotliwościach kombinowanych /  $f_k^n$  /, określonych z zależności /załącznik nr 19/ :

$$f_k^n = f_{\text{nośna}} \pm n F_{\text{modulująca}}$$

gdzie :  $f_{\text{nośna}}$  - częstotliwość sygnału nośnego nadajnika ;

$F_{\text{modulująca}}$  - częstotliwość sygnału modulującego doprowadzone z krotnicy do modulatora ;

$n$  - numery harmonicznych sygnału modulującego /F/.

Odporność sieci łączności na zakłócenia wewnątrzkanalowe, wykorzystujących modulację częstotliwości /FM/, jest tym większa, im szersze pasmo częstotliwości zajmują sygnały zmodulowane  $\Delta f$  w stosunku do szerokości pasma częstotliwości sygnału modulującego  $\Delta F$ . W zależności od wartości indeksu modulacji  $\beta = \frac{\Delta f}{\Delta F}$  /rozdziela się wąskopasmową  $\beta \approx 1$  / i szerokopasmową  $\beta > 1$  / modulację częstotliwości. W stacjach naziemnych radiokomunikacji satelitarnej wykorzystywana jest szerokopasmowa modulacja częstotliwości.

Kluczowanie fazy /PSK lub QPSK/ jest szczególną odmianą modulacji fazowej /PM/. W toku modulacji fazowej /PM/ faza zmodulowanego sygnału nośnego /wielkiej częstotliwości/ pod wpływem sygnału modulującego /przekazywanego z krotnicy/ zmienia się liniarnie /stosownie do wartości chwilowych sygnału modulującego/. W przypadku wykorzystania w nadajniku modulacji typu "kluczowanie fazy" poszczególnym wartościom sygnału cyfrowego, doprowadzonego z krotnicy do modulatora, przyporządkowane zostają w toku modulacji ściśle określone wartości fazy zmodulowanego sygnału nośnego /emitowanego przez nadajnik/. Tak więc, przy zastosowaniu modulacji fazowej typu "kluczowanie fazy", faza zmodulowanego sygnału nośnego zmienia się skokowo, w zależności od biegunowości doprowadzonych z krotnicy cyfrowej impulsów binarnych /załącznik nr 20/. Zmiany skokowe fazy zmodulowanego sygnału nośnego mogą osiągać różne wartości, na przykład :

- przy wykorzystaniu dwustanowego kluczowania fazy /PSK/, w zależności od nadchodzących z krotnicy cyfrowej do modulatora dodatnich /prądowych/ oraz ujemnych /beźprądowych/ impulsów, zmiany skokowe fazy zmodulowanego sygnału nośnego mogą wynosić odpowiednio:  $+\frac{1}{2}\tilde{\pi}$  oraz  $-\frac{1}{2}\tilde{\pi}$  /załącznik nr 20A/ ;

- przy wykorzystaniu czterostanowego kluczowania fazy /QPSK/, w zależności od nadchodzących z krotnicy cyfrowej do modulatora kombinacji dwóch kolejnych impulsów /załącznik nr 20B/, zmiany skokowe fazy zmodulowanego sygnału nośnego mogą uzyskiwać wartości przedstawione w tabelicy :

Rodzaje kombinacji dwóch kolejnych impulsów doprowadzonych do modulatora z krotnicy	Wartości zmiany skokowej fazy zmodulowanego sygnału nośnego emitowanego przez nadajnik
11- dwa kolejne impulsy dodatnie /prądowe/	$+ \frac{1}{4} \tilde{\pi}$
10- kolejne impulsy dodatni /prądowy/ i ujemny /bezprądowy/	$- \frac{1}{4} \tilde{\pi}$
01 - kolejne impulsy ujemny /bezprądowy/ i dodatni /prądowy/	$+ \frac{3}{4} \tilde{\pi}$
00 - dwa kolejne impulsy ujemne /bezprądowe/	$- \frac{3}{4} \tilde{\pi}$

W radiokomunikacji satelitarnej istotne jest również zapewnienie bezkonfliktowego dostępu stacjom naziemnym do satelity radiokomunikacyjnego /do urządzeń retransmisyjnych/. Wielokrotny dostęp stacji naziemnych do satelity uzyskuje się przez :

1/ podział częstotliwościowy pasma częstotliwości retransmitowanego przez satelitę pomiędzy poszczególne stacje naziemne /FDMA/. Przy podanej metodzie wielokrotnego dostępu /załącznik nr 10/ stacje naziemne emitują sygnały w ściśle określonych przedziałach pasma częstotliwości retransmitowanego przez satelitę i dokonują detekcji tylko tych sygnałów odebranych z satelity, które są dla niej przeznaczone. W stacjach naziemnych, funkcjonujących w oparciu o metodę wielokrotnego dostępu przez podział pasma częstotliwości retransmitowanego przez satelitę radiokomunikacyjnego, stosowane są przede wszystkim następujące rodzaje modulacji: w krotnicach - jednowstęgowa modulacja amplitudy /AM-SSB/, a w nadajniku - modulacja częstotliwości /FM/ ;

2/ podział czasu wykorzystania przez stacje naziemne urządzeń retransmisyjnych satelity radiokomunikacyjnego /TDMA/. Przy podanej metodzie wielokrotnego dostępu /załącznik nr 11/ poszczególne stacje naziemne uzyskują dostęp do całego pasma częstotliwości retransmitowanego przez satelitę w ściśle określonych przedziałach czasowych. W celu zapewnienia prawidłowego działania tego rodzaju sieci radiokomunikacji satelitarnej niezbędna jest synchro-

nizacja pracy wszystkich stacji naziemnych. Od poprawnej synchronizacji sieci zależy właściwe wykorzystanie przez stacje naziemne "przedziałek czasowych" dostępu do satelity. Synchronizację pracy stacji naziemnych można osiągnąć przez wykorzystanie w sieci sygnału wzorcowego, generowanego na przykład przez wybraną stację naziemną. Poszczególne stacje naziemne na podstawie odebranego sygnału wzorcowego dokonują niezbędnej korekcyj odpowiednich generatorów /tj.generatorów ramki i kanałowych/. Sygnały wzorcowe od wybranej stacji naziemnej pozostałe stacje uzyskują przez satelitę. W stacjach naziemnych, funkcjonujących w oparciu o metodę czasowego dostępu do satelity, stosowane są przede wszystkim następujące rodzaje modulacji : w krotnicach - impulsowo-kodowa /PCM/, a w nadajniku - dwustanowe lub czterostanowe kluczkowanie fazy /PSK lub QPSK/ ;

3/ wykorzystanie sygnałów o wspólnym widmie /CSMA lub SSMA/. W odróżnieniu od poprzednio omawianych metod wielokrotnego dostępu stacji naziemnych do satelity, w danej metodzie nie stosuje się częstotliwościowej lub czasowej korelacji funkcyjowania sieci radiokomunikacji satelitarnej. Kompatybilną pracę sieci uzyskuje się w wyniku zastosowania dotychczasowej operacji przemiany sygnałów emitowanych przez nadajniki stacji naziemnych, polegającej na rozproszeniu sygnałów wszystkich stacji w szerokim paśmie częstotliwości /tj.w całym paśmie retransmitowanym przez satelitę/. Rozpraszanie sygnałów w szerokim paśmie częstotliwości /nadajniki w kolejnych przesyłkach emitują wciąż inną częstotliwość/ osiąga się poprzez oddziaływanie na zmodulowany sygnał nośny przebiegami generowanymi przez specjalny układ adresowo-kodowy. Układ /generator/ adresowo-kodowy wytwarza odpowiedni ciąg sygnałów o maksymalnej długości, które oddziaływując na przebieg nośny powodują, że nadajniki generują sygnały w bardzo szerokim paśmie o różnych częstotliwościach /sprawiające wrażenie sygnałów zakłócających/. Aby po stronie odbiorczej istniała możliwość odtworzenia nadawanego sygnału użytecznego niezbędna jest znajomość stosowanych przez nadawcę ciągów adresowo-kodowych i zasady oddziaływania nimi na odpowiednie układy nadajnika. Oznacza to, że przy zastosowaniu metody dostępu do satelity sygnałami o wspólnym widmie, nadajnik i odbiornik stacji naziemnych należy wyposażyć w dodatkowy układ,

tj. generatory adresowo-kodowe /załącznik nr 21/. O ile zastosowane ciągi kodowo-adresowe są maksymalnie długie, wówczas jak by przy okazji uzyskuje się oprócz rozproszenia sygnałów, utajnianie przekazywanych wiadomości z dużą mocą kryptograficzną. W związku z tym, tego rodzaju sieci radiokomunikacyjne nazywane są "przeciw-podsłuchowymi". Sygnały rozproszone w paśmie retransmitowanym przez satelitę stacje naziemne emitują do satelity. Odebrane przez odbiornik satelity sygnały od poszczególnych stacji są sumowane i po wzmocnieniu przez nadajnik satelity nadawane są w postaci sygnału grupowego do stacji naziemnych. Każda ze stacji naziemnych odbiera cały sygnał grupowy, dokonując detekcji tylko fragmentu sygnału grupowego przeznaczonego dla danej stacji naziemnej. Wydzielenie pożądanego sygnału umożliwia generator kodowo-adresowy odbiornika wytwarzający ciągi analogiczne do wykorzystywanych w nadajniku. Pojawia się jednak pytanie, czy sieć funkcyjna zgodnie z opisaną zasadą jest dostatecznie odporna na wzajemne zakłócenia, tzn., czy nie zawodzi w przypadkach jej przeciążenia /maksymalnej wymiany wiadomości między wszystkimi stacjami naziemnymi/. Sieci radiokomunikacyjne, wykorzystujące dostęp do satelity sygnałami o wspólnym widmie, charakteryzują się właściwością "samoregulacji". Gdy liczba czynnych abonentów staje się tak duża, że jakość transmisji spada poniżej dopuszczalnej wartości, część użytkowników "samorzutnie" rezygnuje z łączności, co z kolei poprawia sytuację pozostałych. Tak więc, kolejną charakterystyczną właściwością eksploatacyjną omawianych sieci radiokomunikacji satelitarnej jest występowanie tzw. "progu przeciążenia". W związku z tym należy ustalić warunki, w których występuje przeciążenie sieci. Celowe rozpraszanie sygnałów w szerokim paśmie częstotliwości, znacznie przekraczającym wielkość niezbędną, pozwala uzyskać odporność sieci na zakłócenia /zarówno wewnątrzsieciowe jak i wytwarzane celowo/. Podaną cechę sieci można ocenić z zależności określającej zysk przetwarzania, nazywanego również marginesem zakłóceńnym :

$$G = 10 \lg \frac{\Delta f}{\Delta F}$$

gdzie : G - zysk przetwarzania /margines zakłóceńny/ w dB ;

$\Delta f$  - szerokość pasma celowo rozproszonych częstotliwości /odpowiadającego szerokości pasma retransmitowanego przez satelitę/ w Hz ;

$\Delta F$  - szerokość pasma sygnału na wejściu detektora odbiornika stacji naziemnej w Hz.

Z przedstawionej zależności można wysnuć wniosek, że uzyskiwany zysk przetwarzania będzie tym większy im w szerszym paśmie częstotliwości będą rozproszone sygnały przenoszące wiadomości. Jako ilustrację osiągniętych zysków przetwarzania można przedstawić obliczenia odniesione do eksperymentalnej sieci radiokomunikacji satelitarnej ATS-1 /USA/, która charakteryzuje się następującymi wielkościami :  $\Delta f = 30$  MHz i  $\Delta F = 30$  kHz. Przy podanych parametrach zysk przetwarzania sieci ATS-1 wynosi :

$$G = 10 \lg \frac{30 \cdot 10^6}{30 \cdot 10^3} = \underline{\underline{30 \text{ dB}}}$$

Zakładając, że na wejściu detektora odbiornika stacji naziemnej stosunek poziomów sygnału /S/ do zakłóceń /Z/ powinien wynosić 10:1, stosunek poziomu sygnału do zakłóceń na wejściu odbiornika stacji naziemnej sieci ATS-1 może wynosić :

$$10 \lg \left( \frac{S}{Z} \right)_{\text{wejście odbiornika}} = 10 \lg \left( \frac{S}{Z} \right)_{\text{wejście detektora}} - G$$

$$10 \lg \left( \frac{S}{Z} \right)_{\text{wejście odbiornika}} = 10 \lg \left( \frac{10}{1} \right) - 30 = 10 - 30 = \underline{\underline{-20 \text{ dB}}}$$

Oznacza to, że przy zysku przetwarzania wynoszącym 30 dB sygnały zakłócające /celowe lub wzajemne/ na wejściu odbiornika stacji naziemnej mogą przewyższać sygnał użyteczny o 20 dB /tj. 100-krotnie/. O ile poziom zakłóceń w stosunku do poziomu sygnału użytecznego wzrośnie ponad wartość 20 dB /100-krotną/ jakość transmisji ulegać będzie pogorszeniu, tj. nastąpi zjawisko przeciążenia sieci. Współczesne rozwiązania techniczne umożliwiają zapewnienie zysku przetwarzania rzędu 60 dB. Przy podanym zysku zakłócenia mogą przewyższać do 100 tysięcy razy poziom sygnału użytecznego na wejściu odbiornika. Przedstawione względy sprawiły, że sieci radiokomunikacyjne posługujące się dostępem do satelity sygnałami o wspólnym widmie nazywane są "przeciwzakłóceniovymi".

Oddziaływanie ciągami adresowo-kodowymi na sygnał nośny w celu jego rozproszenia w szerokim paśmie częstotliwości może być

realizowane różnymi technikami /załączniki nr 22, 23 i 24/, tj. poprzez :

- kluczowanie częstotliwości sygnału nośnego /FH/ ;
- kluczowanie fazy sygnału nośnego /DS lub PS/ ;
- stosowanie metod kombinowanych, na przykład w wyniku wykorzystania częstotliwościowo-czasowej metody matrycowej /PAMA lub RADA/.

Zastosowanie poszczególnych rodzajów modulacji i wielokrotnego dostępu stacji naziemnych do satelity w wykorzystywanych sieciach radiokomunikacji satelitarnej ilustruje załącznik nr 25.

## VI. CHARAKTERYSTYKA URZĄDZEŃ RETRANSMISYJNYCH CZŁONU KOSMICZNEGO

Ważnym składnikiem sieci radiokomunikacji satelitarnej jest człon kosmiczny. Zadaniem urządzeń retransmisyjnych członu kosmicznego jest dokonywanie odbioru sygnałów nadawanych przez stacje naziemne, ich wzmocnienie i zwrotne wyemitowanie do stacji naziemnych. Satelita radiokomunikacyjny spełnia więc zadania analogiczne jak stacje retransmisyjne łączności radioliniowej. Występuje jednak określona różnica w spełnieniu omówionych funkcji retransmisyjnych. Są one następujące :

- po pierwsze, odległości pomiędzy stacjami naziemnymi i satelitą radiokomunikacyjnym są nieporównywalnie większe od odległości występujących między stacjami radioliniowymi końcowymi i retransmisyjnymi. W horyzontalnej i pozahoryzontalnej /troposferycznej/ łączności radioliniowej omawiane odległości wahają się w granicach 40-200 km. Natomiast w sieciach radiokomunikacji satelitarnej odległości między stacjami naziemnymi i satelitą radiokomunikacyjnym dochodzą do 40 tysięcy kilometrów. Fala elektromagnetyczna skierowywana do i od satelity jest dwukrotnie tłumiona przez atmosferę ziemską /troposferę i jonosferę/ ;

- po drugie, występują zasadnicze różnice w tak zwanym wielokrotnym dostępie do urządzeń retransmisyjnych łączności radioliniowej i satelitarnej. O ile stacja retransmisyjna łączności radioliniowej współpracuje tylko z dwiema sąsiednimi stacjami /końcowymi lub pośrednimi/, o tyle jeden satelita radiokomunikacyjny spełnia funkcje retransmisyjne w odniesieniu do dużej ilości stacji naziemnych ;

- po trzecie, odmienne są również warunki eksploatacyjne. W toku eksploatacji stacje łączności radioliniowej /końcowe i pośrednie/ nie zmieniają położenia, natomiast stacje naziemne /okrętowe i samolotowe/ łączności satelitarnej i satelita radiokomunikacyjnego zmieniają położenie. Powyższa okoliczność powoduje, że anteny wykorzystywane w łączności satelitarnej powinny dysponować układami sterowania, umożliwiającymi śledzenie dryfów satelity geostacjonarnej oraz ruchu satelity przemieszczającego się po wydłużonej orbicie eliptycznej, a także ich reorientację niezbędną z tytułu kołysania się statków /okrętów/ i przechyłów samolotów, ich przemieszczania się w przestrzeni itp.

W początkowym okresie rozwoju eksperymentalnej radiokomunikacji satelitarnej używano pasywnych satelitów radiokomunikacyjnych. Działają one na zasadzie reflektorów, odbijających w kierunku powierzchni ziemi fale elektromagnetyczne, wypromieniowane przez stacje naziemne. Znane są dwa rodzaje satelitów pasywnych :

- skupione, w postaci na przykład balonów o metalizowanych powierzchniach ;
- rozproszone, formowane z ogromnej ilości igieł metalowych lub metalizowanych, tworzących obłok lub pas w przestrzeni okołoziemskiej.

Ze względu na niekorzystny bilans energetyczny /nie skompensowane dwukrotne tłumienie energii fali elektromagnetycznej przez atmosferę ziemi/ zaniechano stosowania satelitów pasywnych.

Sieci z satelitami aktywnymi realizowane są jako systemy wysokoorbitowe. Uwzględniając, że w systemach wysokoorbitowych odległości między stacjami naziemnymi i satelitą radiokomunikacyjnym są bardzo duże /około 40 tysięcy kilometrów/, w systemach tych występuje zjawisko opóźnienia czasu transmisji.

Opóźnienie czasu transmisji pojedynczego kierunku transmisji /stacja naziemna - satelita - stacja naziemna/ wynosi 275 milisekund, a zatem w przypadku łączności dwukierunkowej /np. telefonicznej/ opóźnienie transmisji osiąga wartość 550 milisekund. Normy CCITT /Międzynarodowego Komitetu Doradczego do spraw Telefonii i Telegrafii/ dopuszczają opóźnienie czasu transmisji do 50 milisekund. Oznacza to, że sieci radiokomunikacji satelitarnej nie spełniają tej istotnej normy teletransmisyjnej. W praktyce zjawisku znacznego opóźnienia czasu transmisji przeciwdziała się w ten sposób, że uprzedza się z o nim abonentów korzystających z łączności satelitarnej. Opóźnienie czasu transmisji utrudnia wymianę wiadomości w dwukierunkowych relacjach łączności /np. telefonicznych/ i jest nieodczuwalne w przypadku jednokierunkowej transmisji sygnałów /np. telewizyjnych, danych cyfrowych itp./.

Człon kosmiczny wyposażony jest w anteny kierunkowe i odbiorczonadawcze urządzenia retransmisyjne. Na satelicie wykorzystywane są anteny różnego przeznaczenia /załącznik nr 26/, a mianowicie :

- globalne, o szerokości wiązki promieniowania  $17,3^{\circ}$  /kąt szerokości wiązki promieniowania anteny mierzony na poziomie połowy mocy tj. - 3dB/. W charakterze anten globalnych stosowane są przede

wszystkim anteny tubowe o wymiarach apertury conajmniej czterech długości wykorzystywanych fal. Anteny tubowe satelitów zapewniają łączność ze stacjami naziemnymi rozmieszczonymi na powierzchni kuli ziemskiej w granicach  $\pm 75^\circ$  długości i szerokości geograficznej w stosunku do punktu zawieszenia satelity ;

- półkolowe, obejmujące swoim zasięgiem połowę obszarów ogarnianych antenami tubowymi ;

- strefowe i punktowe, o małych szerokościach wiązek promieniowania wynoszących kilka stopni lub mniej, wykorzystywanych do "oświetlenia" wybranych obszarów powierzchni ziemi, na których występuje zagęszczenie stacji naziemnych, prowadzących znaczną wymianę wiadomości.

Stosując anteny o dostatecznie wąskich wiązkach można "oświetlać" nimi z satelity odpowiednie fragmenty powierzchni ziemi tj. stosować wielokrotny dostęp stacji naziemnych do satelity poprzez podział przestrzenny /SDMA/.

W charakterze anten półkolowych, strefowych i punktowych wykorzystywane są zazwyczaj anteny paraboliczne wyposażone w pobudzenie, umożliwiające formowanie pożądanej charakterystyki wiązki promieniowania.

Urządzenia retransmisyjne satelity składają się z zespołu odbiorczego, zespołu nadawczego oraz układu sprzęgającego.

Zespół odbiorczy obejmuje odbiorniki szerokopasmowe, sprzężone z antenami przeznaczonymi do odbioru sygnałów. W członie kosmicznym instaluje się kilka odbiorników /np. cztery/, z których jeden jest odbiornikiem roboczym, a pozostałe stanowią rezerwę uruchamianą w przypadku awarii odbiornika roboczego.

W charakterze roboczych odbiorników /i odpowiednio nadajników/ mogą być również wykorzystywane dwa odbiorniki o ile stosowany jest przestrzenny dostęp stacji naziemnych do satelity /SDMA/. W omawianym wariantcie organizacji sieci radiokomunikacji satelitarnej każdy z odbiorników roboczych /a także nadajników/ wykorzystywany jest do retransmisji sygnałów, pomiędzy stacjami rozmieszczonymi w wybranych obszarach. Przemiana pasma częstotliwości odbieranego od stacji naziemnych na pasmo częstotliwości nadawane z satelity do stacji naziemnych realizowana jest w mieszaczu zespołu odbiorczego.

Zespół nadawczy obejmuje również kilka nadajników /roboczych i rezerwowych/, sprzężonych z antenami przeznaczonymi

do nadawania sygnałów. Wykorzystanie w satelitach oddzielnych anten do nadawania i odbioru sygnałów oraz przemiany pasm częstotliwości /odbiorczego na nadawczy/ znakomicie upraszcza zapewnienie kompatybilnej pracy urządzeń ozłonu kosmicznego.

Układ sprzęgający wykorzystywany jest do sprzęgania zespołu odbiorczego z nadawczym oraz anten z wymienionymi zespołami, a także do wyłączenia z toru teletransmisyjnego zespołów uszkodzonych i włączanie sprawnych.

Urządzenia retransmisyjne satelity, w zależności od wykorzystywanej metody wielokrotnego dostępu stacji naziemnych do satelity, realizują następujące zadania :

1/ w przypadku dostępu stacji naziemnych do satelity przez podział częstotliwości /FDMA/ - urządzenia retransmisyjne satelity odbierają sygnały od stacji naziemnych emitowane na różnych częstotliwościach nośnych /mieszających się w paśmie odbiorczym satelity/, przesuwiają je na nowe pozycje, tj. do pasma nadawczego i po wzmoocnieniu wypromieniowują je w kierunku ziemi. Przy częstotliwościowym dostępie do satelity występuje niepożądane zjawisko intermodulacji /pojawienie się w procesie przemiany w mieszaoczu dodatkowych składowych sygnałów/, powodujące przesłuchy międzykanałowe i wzrost szumów. W celu przeciwdziałania zjawisku intermodulacji tor wzmoocnienia nadajnika dzielony jest za pomocą zespołów filtrów na kilka oddzielnych kanałów szerokopasmowych, nazywanych transponderami ;

2/ w przypadku dostępu stacji naziemnych do satelity przez podział czasowy /TDMA/ - urządzenia retransmisyjne satelity odbierają przesyłki sygnałów kolejnych stacji naziemnych w ściśle określonych przedziałach czasowych, przesuwiąc je na nowe pozycje, tj. do pasma nadawczego i po wzmoocnieniu wypromieniowują je w kierunku ziemi. Ponieważ urządzenia retransmisyjne wzmacniają w każdej przedziałce czasowej sygnały pochodzące tylko od jednej stacji naziemnej /w mieszaoczu dokonywana jest przemiana sygnału z jedną tylko częstotliwością nośną/, w sieciach radiokomunikacji satelitarnej typu TDMA nie występuje zjawisko intermodulacji w takiej skali jak w sieciach FDMA. Zachodzi potrzeba natomiast synchronizacji pracy wszystkich stacji naziemnych. Synchronizacja pracy stacji naziemnych osiągnana jest poprzez dystrybuocję wzorcowego sygnału odniesienia. Wzorcowy sygnał odniesienia może być generowany przez układ zainstalowany w ozłonie kosmicznym, lub w wybranej stacji

naziemnej. Wzorcowy sygnał odniesienia poprzez satelitę doprowadzony jest do wszystkich stacji naziemnych w celu oddziaływania na odpowiednie zegary czasowe stacji naziemnych ;

3/ w przypadku dostępu stacji naziemnych do satelity za pomocą sygnałów o wspólnym widmie /CSMA lub SSMA/ - urządzenia retransmisyjne satelity odbierają sygnały nadawane przez wszystkie stacje naziemne w całym paśmie odbiorczym satelity, przesuwiają je na nowe pozycje, tj. do pasma nadawczego i po wzmooczeniu sfornowanego sygnału zbiorczego emitują je w kierunku ziemi. Stacje naziemne z sygnału zbiorczego wyodrębniają sygnały przeznaczone dla poszczególnych stacji naziemnych przy pomocy układów adresowo-kodowych. Korelacyjna metoda odbioru sygnałów w stacjach naziemnych zapewnia wyodrębnienie pożądaných elementów sygnału z sygnału zbiorczego i sumujących się w nim zakłóceń.

VII. WYKORZYSTANIE SATELITARNYCH STACJI NAZIEMNYCH ZAINSTALOWANYCH  
W PSARACH /koło KIELC/ W SIECIACH INTERSPUTNIK I INTELSAT

Z spośród ośmiu wariantów lokalizacyjnych wybrano w 1972 r optymalny rejon rozmieszczenia stacji, tj. w kotlinie WILKOWSKIEJ o powierzchni 30 ha /w górach ŚWIETOKRZYSKICH/. Na tym terenie zbudowano budynek techniczny i energetyczny, pomieszczenia usługowe oraz wieże horyzontalnych stacji radioliniowych. Doprowadzono również podziemne dalekosiężne linie kablowe. Za pomocą kierunków radioliniowych i kablowych sprzężono stację naziemną radiokomunikacji satelitarnej z państwową siecią telekomunikacyjną użytku publicznego. Wymienione sprzężenie umożliwiło uzyskanie przez dowolnych abonentów końcowych sieci telekomunikacyjnej użytku publicznego i studia radiowo-telewizyjne "Polskiego Radia i Telewizji" odpowiednio łączności telefonicznej, telegraficznej, teledacyjnej, wizyjnej i radiofonicznej w relacjach międzynarodowych.

Podstawowym obiektem krajowej stacji naziemnej radiokomunikacji satelitarnej jest budynek techniczny, w którym zainstalowane są obydwie stacje naziemne, tj. sieci INTERSPUTNIK i INTELSAT.

Budynek dysponuje dwoma platformami nośnymi, o wzmoconej konstrukcji, na których zainstalowano anteny nadawczo-odbiorcze typu CASSEGRAINA :

- o średnicy 12,5 m do pracy w sieci INTERSPUTNIK /waga anteny - 55 ton/. Antenę można ukierunkować w azymucie i elewacji. Zakres obrotu anteny w azymucie wynosi  $\pm 270^{\circ}$ , natomiast w elewacji  $0-90^{\circ}$ . Antena jest sterowana przez wyspecjalizowaną maszynę cyfrową, która zapewnia dokładność naprowadzania anteny na satelitę z błędem wynoszącym nie więcej jak dwie minuty  $/2''/$ . Szerokość głównej wiązki promieniowania wynosi około  $0,30^{\circ}$  ;

- średnicy 30 m do pracy w sieci INTELSAT /waga anteny 300 ton/. Układ napędowy zapewnia obrót anteny w płaszczyznach elewacji i azymutu. Antena jest sterowana przez wyspecjalizowaną maszynę cyfrową i układ serwo mechanizmów, umożliwiających śledzenie satelity z dokładnością do  $1,5''$ . Szerokość głównej wiązki promieniowania wynosi około  $0,15^{\circ}$ .

Obydwie stacje współpracują z satelitami geostacjonarnymi, umieszczonymi :

- sieci INTERSPUTNIK nad Oceanem INDYJSKIM - na długości geograficznej wschodniej około  $58^{\circ}$  ;

- sieci INTELSAT nad Oceanem ATLANTYCKIM - na długości geograficznej zachodniej około  $25^{\circ}$ .

Stacja naziemna w PSARACH sieci INTERSPUTNIK współpracuje z satelitą typu RADUGA, którego transpondery wykorzystywane są również dla potrzeb radzieckiej sieci radiokomunikacji regionalnej ORBITA. Satelita RADUGA dysponuje sześcioma transponderami, każdy o szerokości pasma przenoszenia 34 MHz. Łączna szerokość toru przenoszenia urządzeń retransmisyjnych satelity RADUGA wynosi 250 MHz. W najbliższym okresie zakłada się wykorzystanie w sieci INTERSPUTNIK oddzielnych satelitów. Aktualnie dla potrzeb sieci INTERSPUTNIK wykorzystano dwa z sześciu transponderów satelity RADUGA. Umożliwiają one zapewnienie następujących rodzajów łączności między stacjami naziemnymi :

- jednokierunkową transmisję jednego programu telewizji monochromatycznej /czarno-białej/ lub barwnej /systemu SECAM-IIIb/ wraz z jednym towarzyszącym kanałem dźwiękowym wysokiej jakości /o szerokości pasma przenoszenia 10 kHz/ lub dwoma kanałami dźwiękowymi o obniżonej jakości /2 x 6 kHz/;

- jednokierunkową transmisję jednego programu radiofoniznego ;

- 100 dwukierunkowych połączeń telefonicznych ;

- połączenia służbowe.

Transmisję sygnałów telegraficznych, fototelegraficznych i telekodowych zapewnia się poprzez wtórne zwielokrotnienie /lub wykorzystanie/ kanałów telefonicznych.

Na podstawie bieżąco uzgadnianych trafików pracy stacja naziemna w PSARACH sieci INTERSPUTNIK umożliwia odbiór lub nadawanie programów telewizyjnych i radiofonicznych.

Sygnał wizyjny /o szerokości pasma częstotliwości 6 MHz/ i sygnał radiofoniczny /o szerokości pasma częstotliwości 12 kHz/ moduluja częstotliwość nośną /modulacja częstotliwości - FM/ z dewiacją wynoszącą odpowiednio 15 MHz i 100 kHz.

Łączność telefoniczna realizowana jest w stałych relacjach łączności, za pomocą łączy zestawionych "na sztywno" pomiędzy Polską, Związkiem Radzieckim i innymi krajami socjalistycznymi, łącza telefoniczne uzyskuje się w wyniku bezpośredniej modulacji oddzielnych częstotliwości nośnych /SCPC/ nadajnika, wyznaczonych dla każdego kanału telefonicznego z odstępem oo 160 kHz. Sygnały telefoniczne o szeroko-

ści pasma częstotliwości 0,3 - 3,4 kHz bezpośrednio modulują poszczególne częstotliwości nośne z dewlacją pasma zmodulowanego wielkiej częstotliwości wynoszącą 45 kHz. Ten rodzaj modulacji częstotliwości przyjęto oznaczać SCPS - FM.

Kompatybilny dostęp naziemnych stacji do satelity w sieci INTERSPUTNIK zrealizowano w wyniku podziału częstotliwości pasma retransmitowanego przez satelitę /FDMA/ pomiędzy stacje naziemne. Poszczególne stacje naziemne sieci emitują sygnały na różnych częstotliwościach nośnych.

Reasumując, zainstalowana w PSARACH stacja naziemna sieci INTERSPUTNIK realizuje łączność satelitarną przez wykorzystanie :

- wielokrotnego dostępu stacji naziemnych do satelity metodą podziału częstotliwości pasma retransmitowanego przez satelitę, tj. FDMA ;
- modulacji częstotliwości /FM/ realizowanej w modulatorze nadajnika. Sygnały telefoniczne przekazywane przez poszczególnych abonentów oraz sygnały wizyjne i radiofoniczne transmitowane ze studiów radiowo-telewizyjnych modulują ściśle wyznaczone częstotliwości nośne/SCPC/ z pominięciem krotno.

Systemy takie oznaczone są zapisem : SCPC - FM - FDMA.

Stacja naziemna w PSARACH sieci INTELSAT współpracuje z satelitą INTELSAT-V /piąta generacja/.

Satelita INTELSAT-V, pracujący w dwóch zakresach częstotliwości 4/6 i 11/14 GHz /dwuzakresowy/, dysponuje 24 transponderami, każdy o szerokości pasma częstotliwości 36 MHz. Urządzenia nadawczo-odbiorcze satelity pracują w paśmie częstotliwości o łącznej szerokości wynoszącej 1 GHz, tj :

- 12 transponderów wykorzystuje niższy zakres częstotliwości. Zakres odbiorczy satelity /odpowiadający zakresowi nadawczemu stacji naziemnych/ zawiera się w przedziale : 5,925 ÷ 6,425 GHz i zakres nadawczy satelity /odpowiadający zakresowi odbiorczemu stacji naziemnych/ zawiera się w przedziale : 3,7 ÷ 4,2 GHz ;

- 12 transponderów wykorzystuje wyższy zakres częstotliwości. Zakres odbiorczy satelity /odpowiadający nadawczemu stacji naziemnych /zawiera się w przedziale : 14 ÷ 14,5 GHz i zakres nadawczy satelity /odpowiadający odbiorczemu stacji naziemnych/ zawiera się w dwóch przedziałach : 10,95 ÷ 11,2 GHz i 11,45 ÷ 11,7 GHz.

Poszczególne transpondery satelity INTELSAT-V wykorzystywane są w różny sposób :

1. określone transpondery /np.o numerze 12-tym w zakresie 4/6 GHz i 11/14 GHz/ przeznaczone są do retransmisji dwóch sygnałów wizyjnych /odnosi się do pojedynczego transpondera/ wraz z towarzyszącym dźwiękiem, a także 24 kanałów telefoniczno-komentatorskich i służbowych.

Omówione sygnały stacje naziemne nadają do satelity jako emisje zmodulowane częstotliwościowo /FM/. Stacja naziemna w PSARACH przystosowana została do odbioru i nadawania programów telewizyjnych ;

2. większość transponderów przeznaczonych jest do retransmisji sygnałów telefonicznych wykorzystywanych do zapewnienia łączności w stałych relacjach między stacjami naziemnymi, tj. "na sztywno". Łączność telefoniczna zestawiona "na sztywno" wykorzystywana jest między stacjami naziemnymi na kierunkach, na których występuje duże natężenie rozmów telefonicznych. Sygnały telefoniczne, przeznaczone do pracy w stałych relacjach łączności, stacje naziemne nadają do satelity jako emisje zmodulowane częstotliwościowo /FM/. Częstotliwości nośne stacji naziemnych modulowane są sygnałem grupowym, wytwarzanym w krotnościach analogowych z jednowstęgową modulacją amplitudy /AM-SSB/. Częstotliwości nośne stacji naziemnych w zależności od zapotrzebowania eksploatacyjnego /niezbędnej ilości łączy telefonicznych/ mogą być modulowane za pomocą urządzeń zwielokrotniających różnej krotności np: 12-kanałowych /modulujących sygnał grupowy w paśmie 12 ÷ 60 kHz/, 24-kanałowych /modulujących sygnał grupowy w paśmie 12 ÷ 108 kHz/, 60-kanałowych /modulujący sygnał grupowy w paśmie 12 ÷ 252 kHz/, 972-kanałowych /modulujący sygnał grupowy w paśmie 12 ÷ 4028 kHz/. Ten rodzaj emisji nadajnika przyjęto oznaczać : SSB - FM /lub FDM - FM/. Oznaczenie systemu wywodzi się stąd, że w stacjach nadawczych w pierwszej kolejności wytwarza się wielokanałowy sygnał grupowy w krotnościach z jednowstęgową modulacją amplitudy /SSB/, a następnie tym sygnałem moduluje się częstotliwościowo falę nośną /FM/. Poszczególne stacje naziemne mogą utrzymywać łączność w stałych relacjach z kilkoma stacjami. W danym przypadku emitują one sygnały na kilku częstotliwościach nośnych, zmodulowanych sygnałami grupowymi krotnie. W zależności od kształtujących się potrzeb ruchu telefonicznego, wykorzystywane w stacji krotnie na

poszczególnych kierunkach mogą dysponować różną ilością kanałów. Stacja naziemna sieci INTELSAT w PSARACH wykorzystuje krotnice małokanałowe do utrzymania stałej łączności z kontynentem amerykańskim na dwóch kierunkach, tj. ze stacjami naziemnymi w KANADZIE i USA. Zastosowana w sieci INTELSAT modulacja częstotliwości sygnału nośnego z wykorzystaniem krotno /SSB - FM/ umożliwiła kilkukrotne zwiększenie przepustowości systemu w stosunku do osiąganego w systemach z bezpośrednią modulacją częstotliwości przebiegu nośnego sygnałami akustycznymi /SCPC - FM/. Należy jednak podkreślić, że omawiany zysk występuje tylko w tych przypadkach gdy transponder retransmituje sygnały nadawane przez małą ilość stacji /w danym przypadku można zastosować krotnice wielokanałowe/. O ile transponder retransmituje dużą ilość sygnałów od stacji naziemnych wielokrotnionych krotnościami małokanałowymi, wówczas przepustowość transpondera zmniejsza się o 50 % i więcej. Spadek przepustowości transpondera wywołany jest koniecznością zachowania odpowiednich odstępów częstotliwościowych między zmodulowanymi sygnałami emitowanymi przez poszczególne stacje naziemne, tj. z powodu nieefektywnego wykorzystania pasma przenoszenia satelity ;

3. określone transpondery przeznaczone są do retransmisji sygnałów telefonicznych, wykorzystywanych do zapewnienia łączności w ruchu elastycznym. Ruch elastyczny, nazywany również swobodnym dostępem, wykorzystywany jest do łączności pomiędzy stacjami naziemnymi /każdą z każdą/ o małym natężeniu ruchu telefonicznego. W przypadku wykorzystania swobodnego dostępu stacji naziemnych do sieci /ruchu elastycznego/, stacje naziemne emitują do satelity sygnały zmodulowane metodą kluczowania fazy przebiegu nośnego /PSK/. Sygnałem modulującym w danym przypadku są przebiegi wytworzone w krotnicy cyfrowej z modulacją impulsowo-kodową /PCM/. System swobodnego dostępu z wykorzystaniem krotno z modulacją impulsowo-kodową /PCM/ i kluczowania fazy częstotliwości nośnej /PSK/ znany jest pod nazwą SPADE. Umożliwia on uzyskanie dużej przepustowości /800 kanałów jednokierunkowych, lub 400 kanałów dwukierunkowych/ bliskiej do systemu SSB - FM i znacznie większego od uzyskiwanego w systemie SCPC - FM. Częstotliwości nośne dla poszczególnych kanałów są rozmieszczone w odstępach tylko 45 kHz. Dla uzyskania dwukierunkowej łączności telefonicznej stacja naziemna wykorzystuje

dwie z 800 częstotliwości nośnych. Żadna częstotliwość nośna nie jest przydzielona na stałe stacjom naziemnym. Są one natomiast przydzielane parami na żądanie stacji naziemnych. System ten jest dogodny do pracy przy małym natężeniu ruchu telefonicznego pomiędzy dużą liczbą naziemnych stacji. Stacja naziemna w PSARACH wyposażona jest w system SPADE i ma możliwość zestawienia połączeń telefonicznych pomiędzy abonentami krajowymi i dowolnymi abonentami zagranicznymi, przyłączonymi do stacji naziemnych INTELSAT.

W sieci INTELSAT, podobnie jak w sieci INTERSPUTNIK, stacje naziemne mają zapewniony wielokanałowy dostęp do satelity poprzez podział częstotliwości pasma retransmitowanego przez satelitę między stacje naziemne /FDMA/.

Przedstawiona charakterystyka stacji naziemnej w PSARACH sieci INTELSAT wskazuje, że stanowi ona złożony system, zapewniający łączność za pomocą dwóch rodzajów krotnie, tj. analogowych i cyfrowych. System taki może być oznaczony zapisem : SSB-FM-FDMA oraz PCM-PSK-FDMA.

## VIII. TELEWIZYJNA RADIODYFUZJA SATELITARNA

Radiodyfuzja satelitarna jest nową, atrakcyjną metodą dystrybucji programów telewizyjnych, umożliwiającą 100 % pokrycie emisją znacznych obszarów. Pokrycie programem telewizyjnym obszaru kraju lub grupy krajów metodą klasyczną polega na budowie określonej liczby naziemnych stacji nadawczych, sprzęgniętych ze studiami łączami telewizyjnymi /radioliniowymi lub przewodowymi/. Wypełnienie obszarów nie objętych zasięgiem głównych stacji nadawczych uzupełnia się retransmisyjnymi stacjami nadawczymi małej mocy. Ten klasyczny sposób rozbudowy sieci telewizyjnej jest kosztowny i czasochłonny. Nowoczesne rozwiązanie polega na doprowadzeniu programu telewizyjnego ze studia do radiodyfuzyjnego satelity geostacjonarnego, który zwrotnie retransmituje program w kierunku ziemi /załącznik nr 2/, zapewniając pokrycie emisją wybrany obszar jednego lub grupy krajów. Radiodyfuzja satelitarna obejmuje następujące składniki :

- naziemną stację nadawczą doprowadzającą program ze studia telewizyjnego do satelity ;
- geostacjonarnego satelity radiodyfuzyjnego, retransmitującego sygnały w kierunku ziemi ;
- odbiorników emisji satelity.

Odbiór sygnałów przekazywanych z satelity na ziemię może być realizowany następującymi metodami /załącznik nr 27/ :

- pośrednią, polegającą na odbiorze sygnałów z satelity przez specjalną stację odbiorczą i następnie retransmisję ich poprzez lokalne naziemne stacje nadawcze lub linie kablowe. W danym przypadku abonenci indywidualni odbierają sygnały transmitowane przez nadajniki naziemne lub linie kablowe. Pośrednią metodę uznano jako nieperspektywiczną i w zasadzie wykorzystywana jest w w eksperymentalnych sieciach radiofuzji satelitarnej ;

- bezpośrednią, polegającą na odbiorze sygnałów z satelity za pomocą odbiorników telewizyjnych indywidualnych abonentów. Odbiór bezpośredni sygnałów z satelity może być realizowany za pomocą standardowych odbiorników telewizyjnych wyposażonych w przystawki, umożliwiające odbiór sygnałów w zakresie fal centymetrowych, lub specjalnych odbiorników szerokozakresowych przystosowanych do odbioru programów telewizyjnych w zakresie fal metrowych, decymetro-

wych. Bezpośredni odbiór programów telewizyjnych z satelity realizowany jest przy pomocy zbiorczych /zainstalowanych na dużych budynkach/ lub indywidualnych /instalowanych w małych budynkach/ anten o prostej konstrukcji. Docelowy rozwój radiodifuzji satelitarnej zmierza do powszechnego stosowania bezpośredniego odbioru programów telewizyjnych z satelity przez indywidualnych abonentów.

Rozwojem radiodifuzji satelitarnej zainteresowane są kraje rozwinięte i rozwijające się, o dużej i małej gęstości zaludnienia oraz o wysokim stopniu urbanizacji i nieurbanizowane.

Kraje rozwinięte o dużej gęstości zaludnienia i urbanizacji rozwijają radiodifuzję satelitarną z powodu całkowitego zagospodarowania pasm telewizyjnych w zakresie fal metrowych i decymetrowych oraz nieprzydatności fal centymetrowych do rozwoju naziemnej sieci telewizyjnej /ze względu na ograniczony jej zasięg/. Jediną alternatywą stało się dla nich wykorzystanie fal centymetrowych w systemach radiodifuzji satelitarnej.

Dążność do przyspieszonego podniesienia poziomu oświaty i kultury społeczeństw państw rozwijających się spowodowała, że w krajach tych uznano za możliwe przezwyciężenie zacofania w wyniku upowszechnienia telewizji. Uwzględniając, że rozbudowa telewizyjnych sieci naziemnych jest czasochłonna, skierowano wysiłki na wdrożenie do eksploatacji telewizyjnej radiodifuzji satelitarnej.

Radiodifuzja satelitarna wykorzystywana jest również do doprowadzenia programów telewizyjnych na obszary o małej gęstości zaludnienia i całkowicie nieurbanizowane, pozbawionych infrastruktury komunikacyjnej /w tym telekomunikacyjnej/.

Polska w latach 90-tych stanie przed problemem wymiany wyeksploatowanych urządzeń naziemnej sieci telewizyjnej, tj. stacji nadawczych, telewizyjnych linii radiowych itp. Rozwiązanie tego zadania może być zrealizowane w sposób konwencjonalny lub przez wdrożenie radiodifuzji satelitarnej.

Aktualnie szereg krajów wykorzystuje radiodifuzję satelitarną, stosując odbiór bezpośredni lub pośredni. W tabelicy przedstawiono wykorzystywanie wybranych sieci radiodifuzji satelitarnej eksploatowanych od kilku lat :

Nazwa sieci	Przynależność państwowa	Rok wdrożenia do eksploatacji
	a/ <u>odbiór bezpośredni</u>	
CTS	KANADA i USA /eksperymentalny/	1976
BSE	JAPONIA /eksperymentalny/	1978
H-SAT	EUROPA /eksperymentalny/	1981
IRANŃSKI	I R A N /operacyjny/	1981
NORDSAT	KRAJE SKANDYNAWSKIE /operacyjny/	1982
	b/ <u>odbiór pośredni</u>	
ATS-6	USA /eksperymentalny/	1974
EKRAN	ZSRR /operacyjny/	1976
INSAT	INDIE /operacyjny/	1981
ARABSKI	KRAJE ARABSKIE /operacyjny/	1981

Zgodnie z ustaleniami Światowej Radiokomunikacyjnej Konferencji Administracyjnej d/s Radiokomunikacji Satelitarnej /WARS-ST/, przeprowadzonej w 1971 r w GENEWIE, do emisji programów telewizyjnych w relacji satelita - ziemia przydzielono pasmo częstotliwości w zakresie 11,7 ÷ 12,5 GHz, w którym rozmieszczono 40 kanałów telewizyjnych o szerokości 27 MHz każdy. Kolejne numery kanałów i ich częstotliwości nośne przedstawia tablica :

Nr kanału	Częstotliwości nośne /MHz/	Nr kanału	Częstotliwości nośne /MHz/
1	2	3	4
1	<u>11727,48</u>	21	12111,08
2	11746,66	22	12130,26
3	11765,84	23	12149,44
4	11785,02	24	12168,62
5	<u>11804,20</u>	25	12187,80
6	11823,38	26	12206,98
7	11842,56	27	12226,16
8	11861,74	28	12245,34
9	<u>11880,92</u>	29	12264,52
10	11900,10	30	12283,70
11	11919,28	31	12302,88
12	11938,46	32	12322,06
13	<u>11957,64</u>	33	12341,24
14	11976,82	34	12360,42
15	11996,00	35	12379,60
16	12015,18	36	12398,78
17	<u>12034,36</u>	37	12417,96
18	12053,54	38	12437,14
19	12072,72	39	12456,32
20	12091,90	40	12475,50

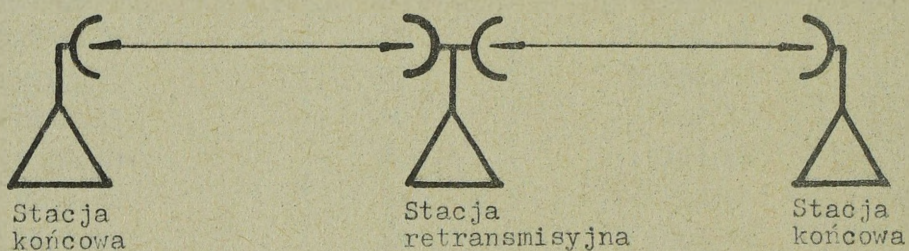
Dla kierunków ziemia-satelita, przeznaczonych do przekazywania programów telewizyjnych ze studiów do satelity, wytypowano na wyżej wymienionej konferencji pasmo częstotliwości w zakresie 14 - 14,5 GHz. Normy wynikające z bilansu energetycznego zakładają, że moc nadajników satelitarnych przy odpowiednim zysku anteny, powinna wynosić około 500 W.

Na powyższej konferencji Polsce przydzielono pięć kanałów telewizyjnych /1,5,9,13 i 17/, a dla satelity radiodifuzyjnego zarezerwowano na orbicie geostacjonarnej 1<sup>o</sup> długości geograficznej zachodniej. Wyznaczono również oś promieniowania anteny nadawczej satelity, która powinna być skierowana na punkt ziemny koło ŁODZI /19,3<sup>o</sup>

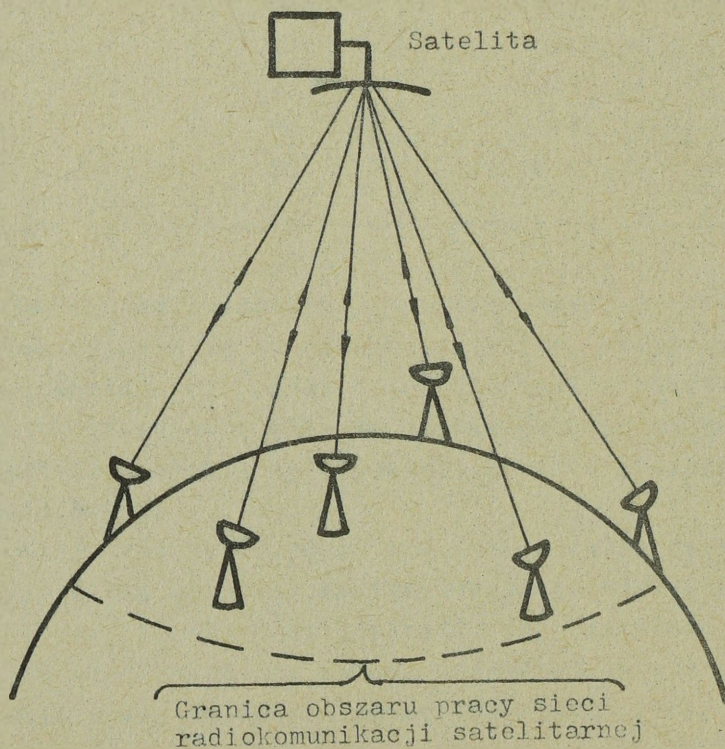
długości geograficznej wschodniej i  $51,8^{\circ}$  szerokości geograficznej północnej/, a także eliptyczny przekrój wiązki promieniowania anteny o szerokościach kątów połowy mocy promieniowania, wynoszącymi odpowiednio  $0,64^{\circ}$  i  $1,46^{\circ}$ .

DOSTĘP DO RETRANSMISYJNYCH  
STACJI PAZIEMNYCH I SATELITARNYCH

A/ Łączność naziemna

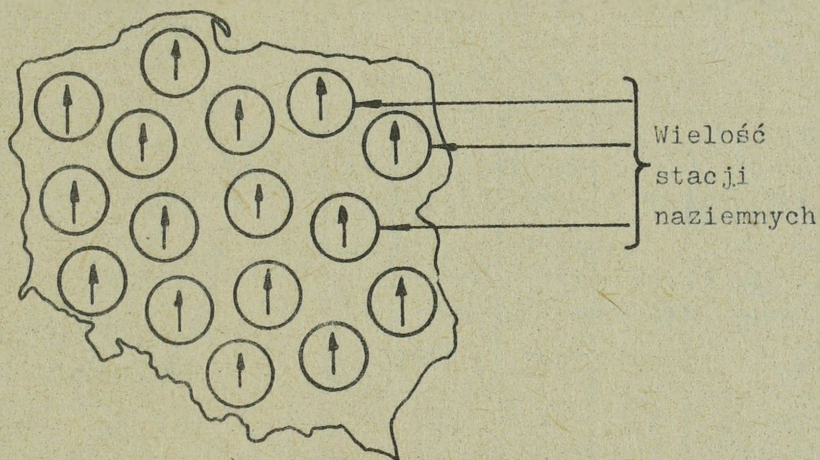


B/ Łączność satelitarna

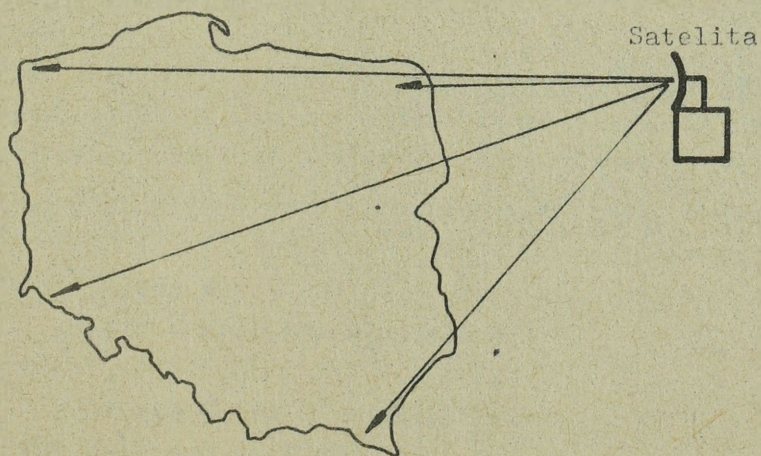


DYSTRYBUCJA PROGRAMU TELEWIZYJNEGO  
ZA POMOCĄ NADAWCZYCH STACJI TELEWIZYJNYCH  
NAZIEMNYCH I SATELITARNYCH

A/ Wykorzystanie naziemnych stacji nadawczych



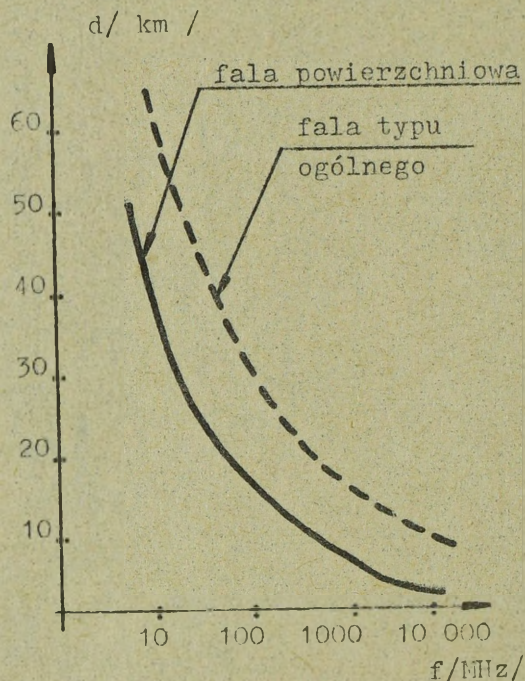
B/ Wykorzystanie satelitarnej stacji nadawczej



ZASIĘGI ŁĄCZNOŚCI NAZIEMNEJ I SATELITARNEJ  
NA FALACH ULTRAKRÓTKICH

A/ Zasięg łączności naziemnej na falach przyziemnych i różnych częstotliwościach zakresu UKF nie przekracza 60 km i maleje ze wzrostem częstotliwości :

RODZAJ FALI	ZASIĘG W KM /d/		
	27 MHz	64 MHz	512 MHz
FALA POWIERZCHNIOWA  $d = \sqrt[3]{\frac{300000}{f}} / \text{MHz}$	26	20	10
FALA TYPU OGÓLNEGO /zasięg około dwa razy większy jak na fali powierzchniowej/	60	40	20



B/ Zasięg łączności satelitarnej między obiektami naziemnymi na bardzo wielkich częstotliwościach /w zakresie centymetrowym/ dochodzi do kilkunastu tysięcy kilometrów.

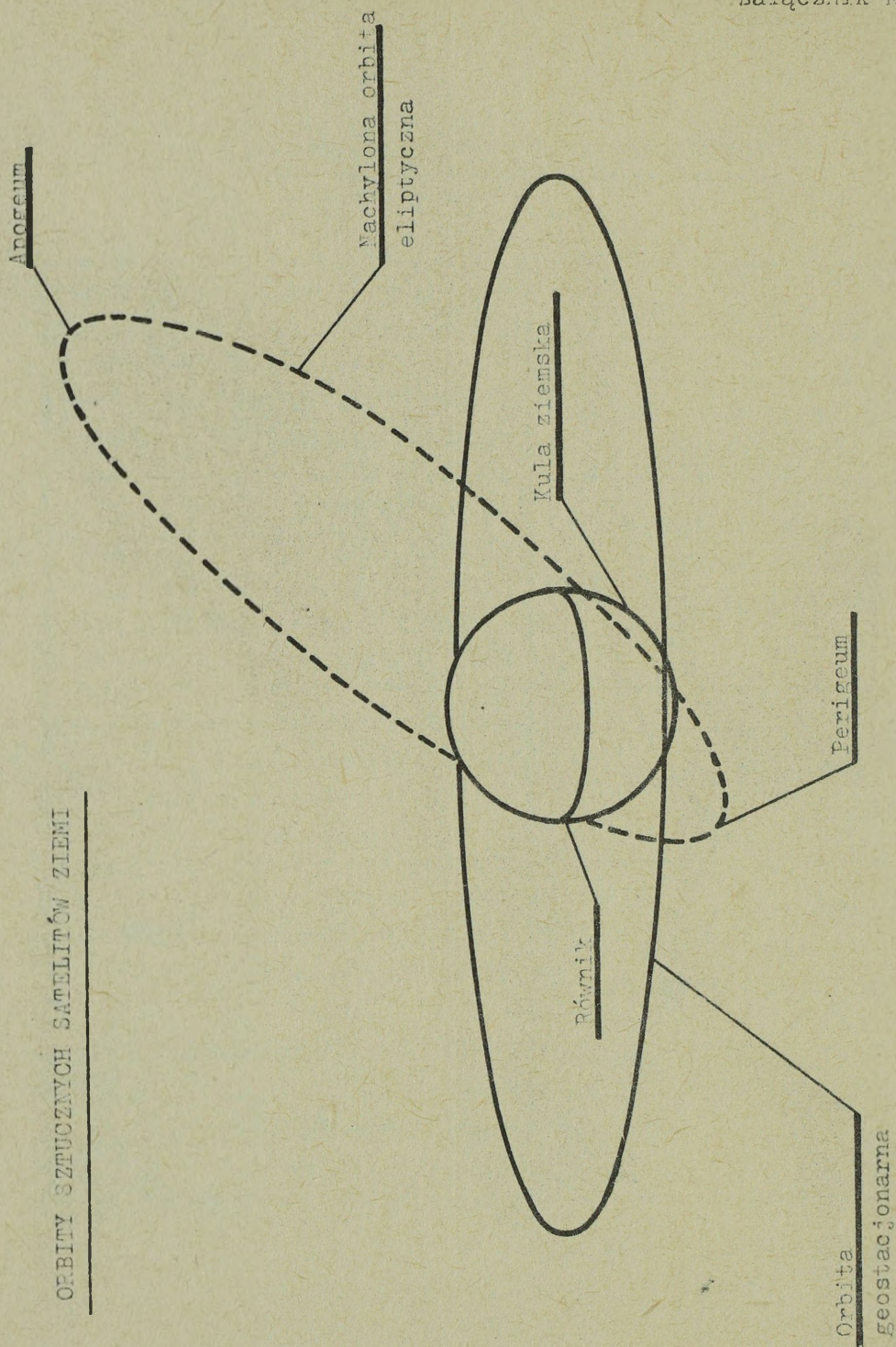
NIKTÓRE PASMA CZĘSTOTLIWOŚCI WYKORZYSTYWANE W ŁĄCZNOŚCI SATELITARNEJ :

- \* naziemnej:
  - dla kierunku satelita - Ziemia
  - 3,7 - 4,2 GHz i 10,9 - 11,7 GHz
  - dla kierunku Ziemia - satelita
  - 5,9 - 6,4 GHz i 14,0 - 14,5 GHz
- \*\* morskiej: 1,5-1,6 GHz

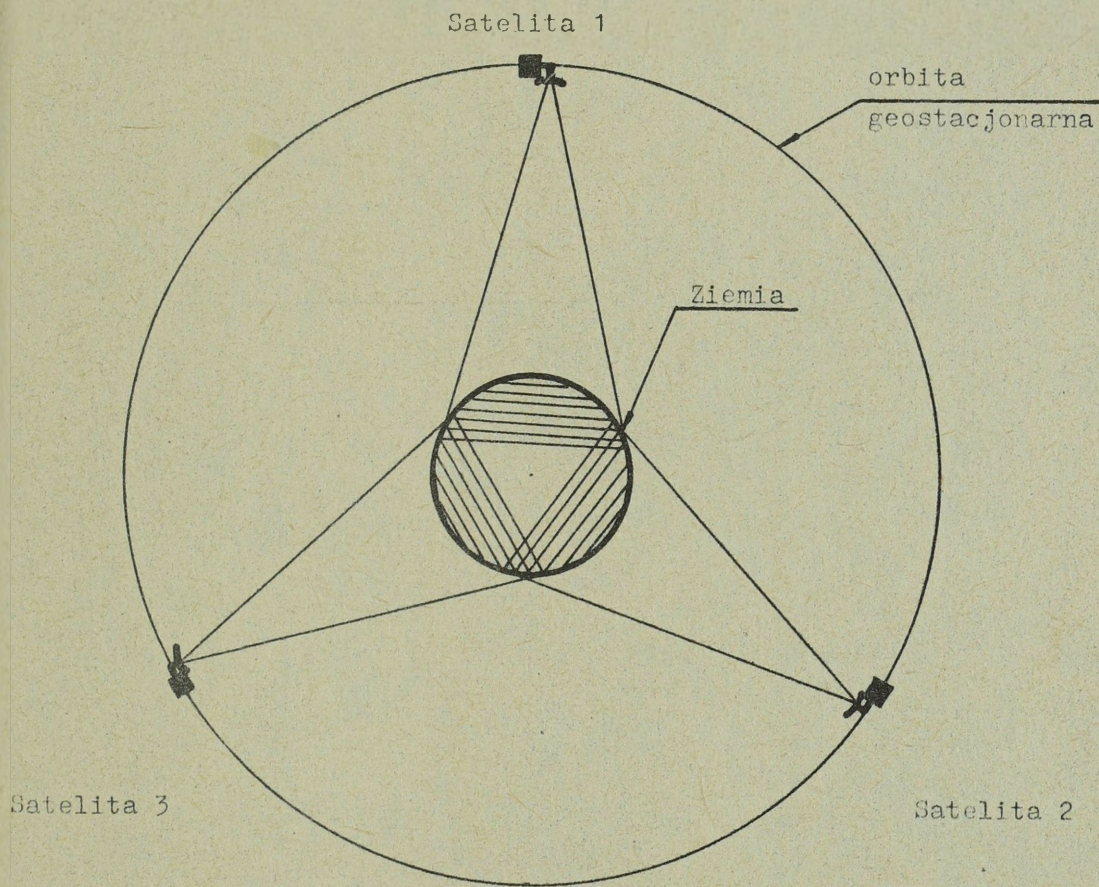
SIECI RADIOKOMUNIKACJI SATELITARNEJ

GRUPA	NAZWA PODSTAWOWYCH SIECI
Cywilne sieci radio- komunikacji satelitarnej o zasięgu <u>globalnym</u> .	INTERSPUTNIK /9 państw/ INTELSAT /ponad 100 państw/
Cywilne sieci radio- komunikacji satelitarnej o zasięgu <u>regionalnym</u> .	ORBITA /ZSRR/ TELESAT /Kanada/ PALAPA /Indonezja/ WESTAR , SATCOM i COMSTAR /USA/ inne /projektowane/
<u>Specjalistyczne</u> sieci radiokomunikacji sate- litarnej.	INMARSAT /morski, międzynarodowy/ MARISAT /morski USA/ MAROTS /morski i lotniczy europejski/
<u>Wojskowe</u> sieci radio- komunikacji satelitarnej /USA, NATO, W.BRYTANIA/	DSCS /strategiczny USA/ TACSATCOM /taktyczny USA/ FLTSATCOM /marynarki wojennej USA/ AFSATCOM /sił lotniczych USA/ SATCOM /NATO/ SKYNET /sił zbrojnych W. Brytanii/

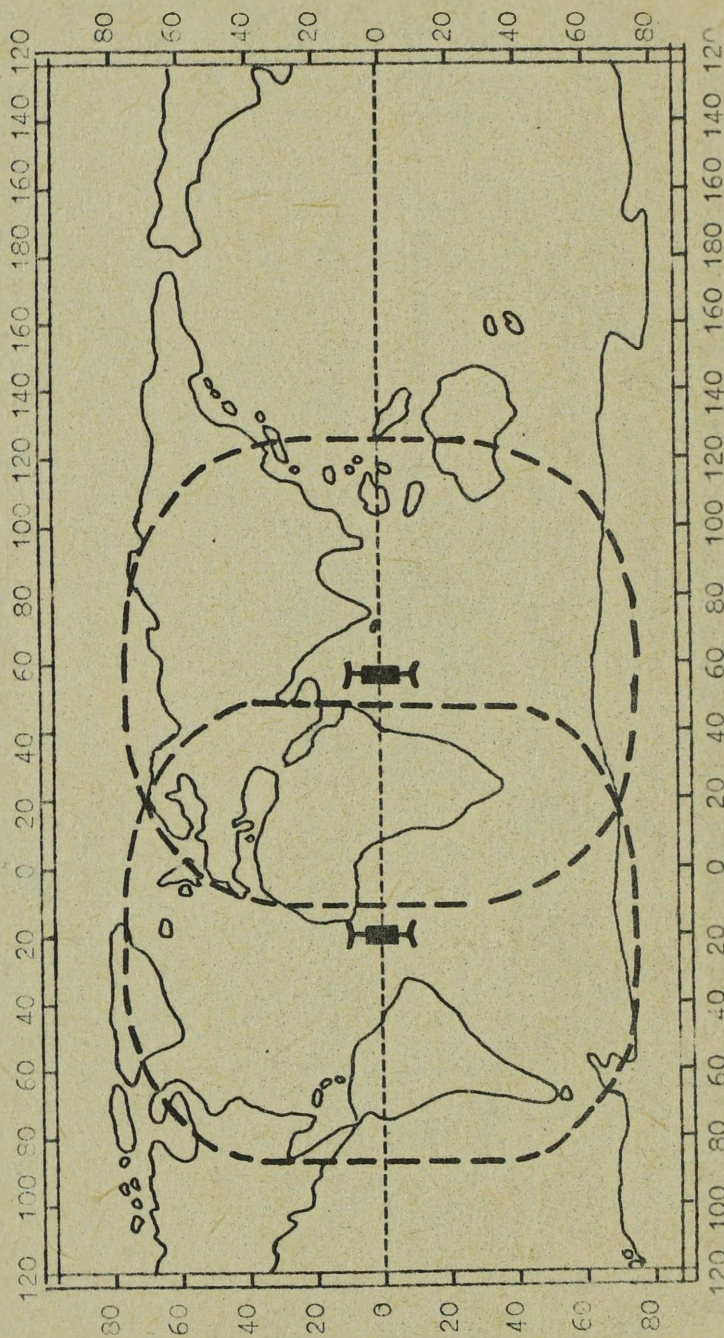
ORBITY SZTUCZNYCH SATELITÓW ZIEMI



SYSTEM Z SATELITAMI GEOSTACJONARNYMI  
O ZASIĘGU GLOBALNYM

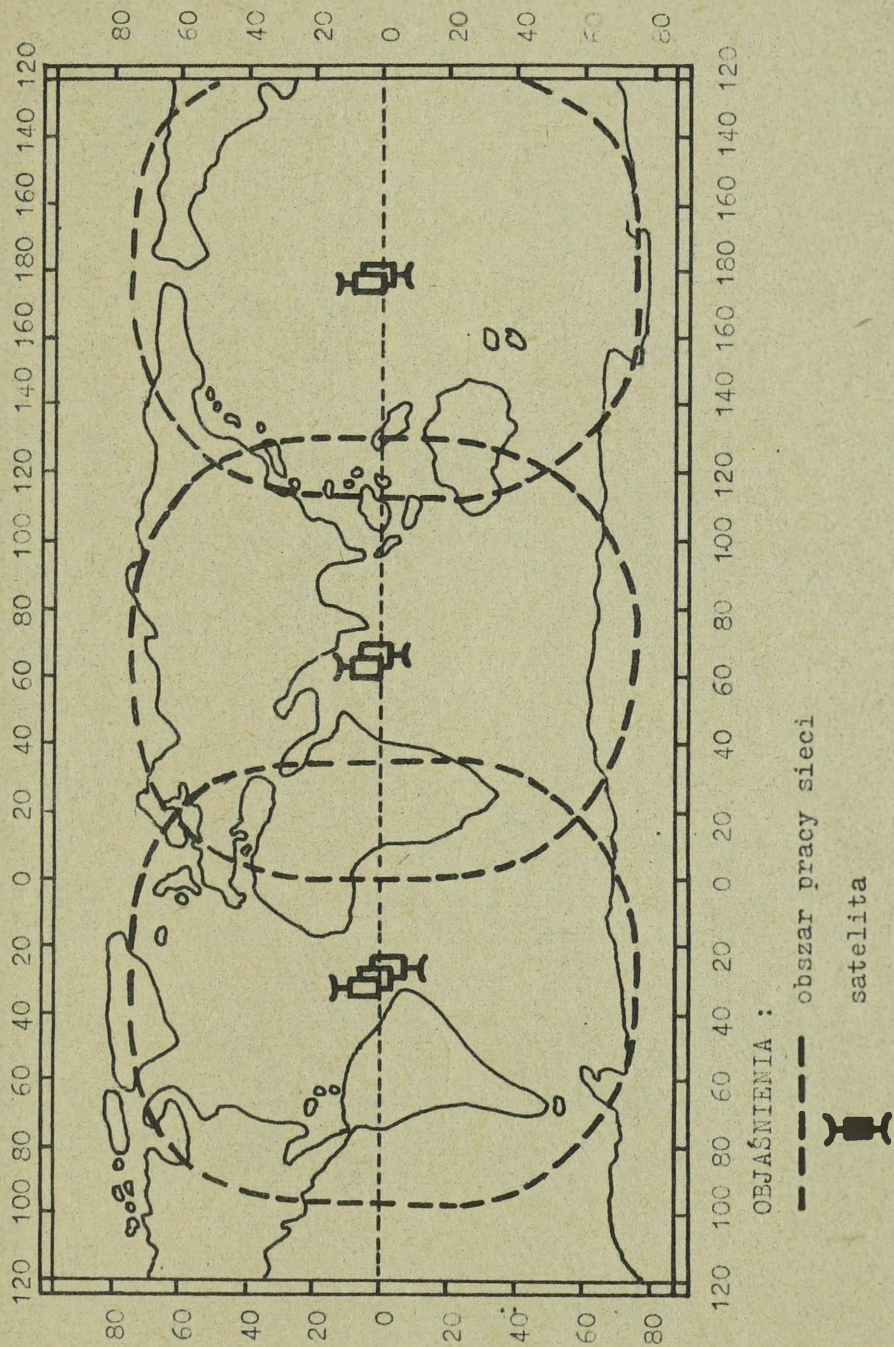


OBSZARY PRACY SIECI " INTERSPUTNIK "

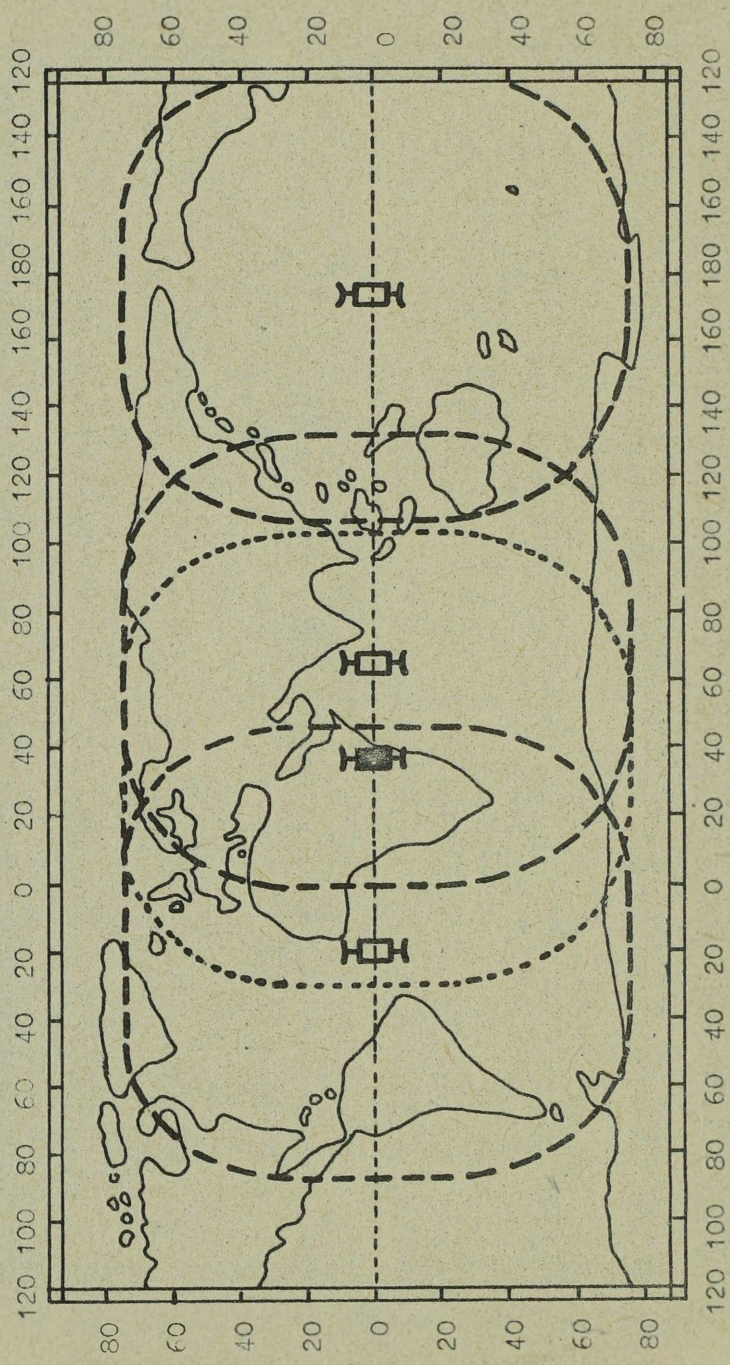


OBJAŚNIENIA :  
- - - - - Obszar pracy sieci.  
Satelita


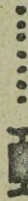
OBSZARY PRACY SIECI "INTELSAT"



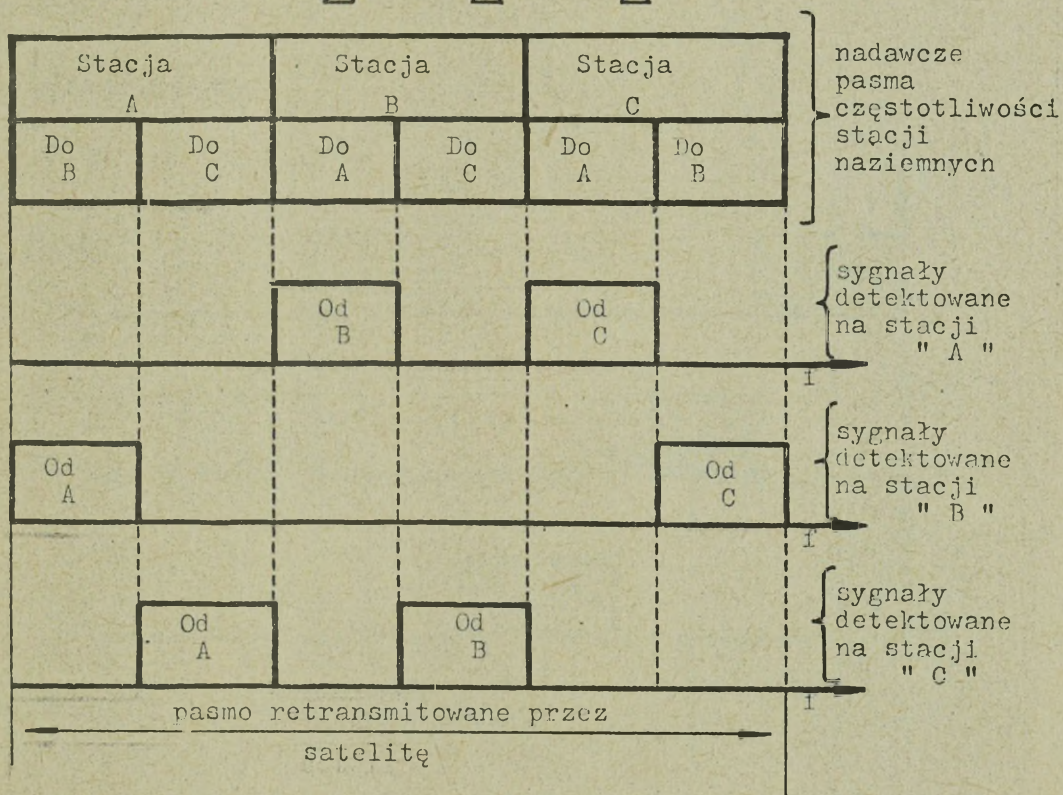
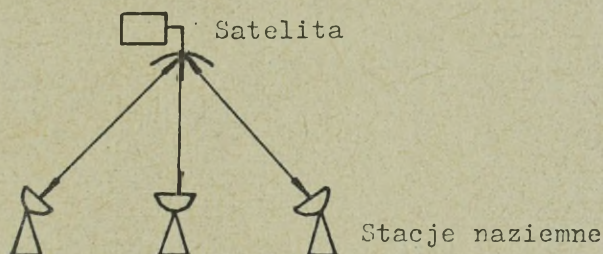
OBSZARY PRACY SIECI "MARISAT" I "MAROTS"



OBJAŚNIENIA /satelita i obszar pracy sieci/ :

-  MARISAT
-  MAROTS

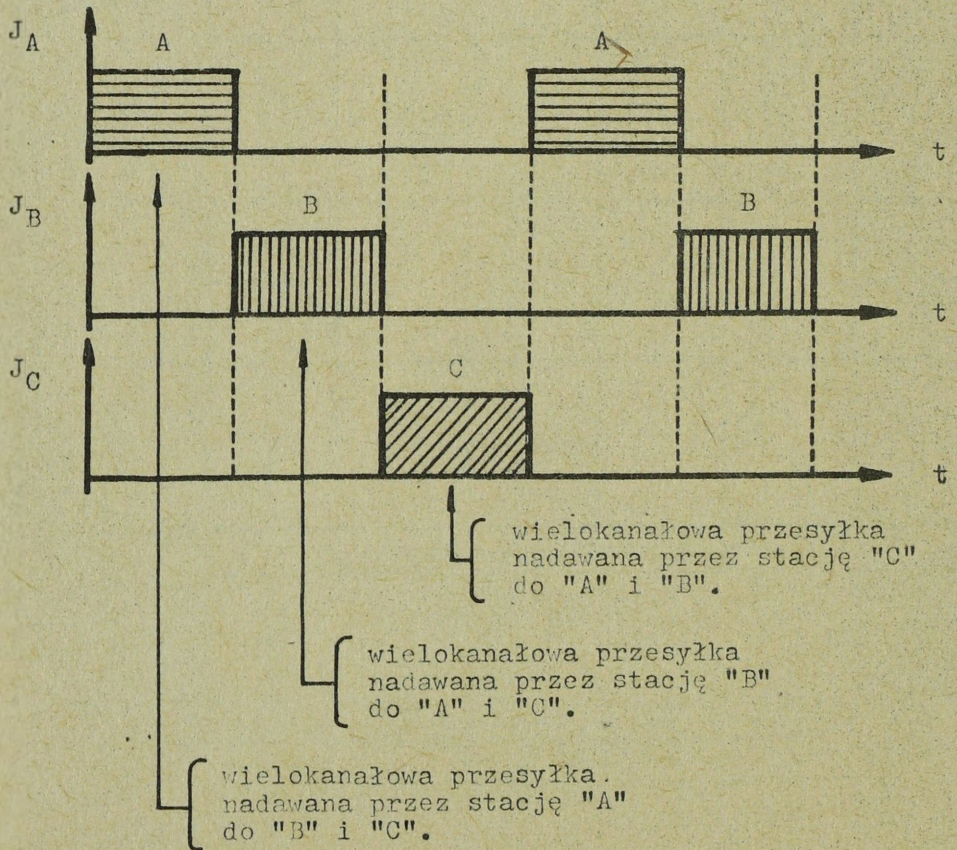
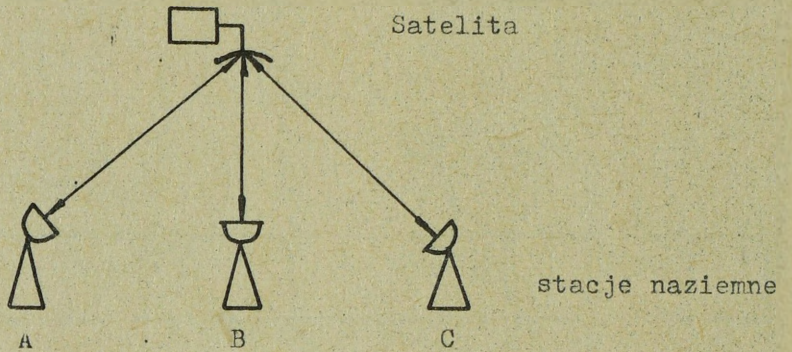
WIELOKROTNY DOSTĘP PRZEZ PODZIAŁ  
CZĘSTOTLIWOŚCIOWY /FDMA/



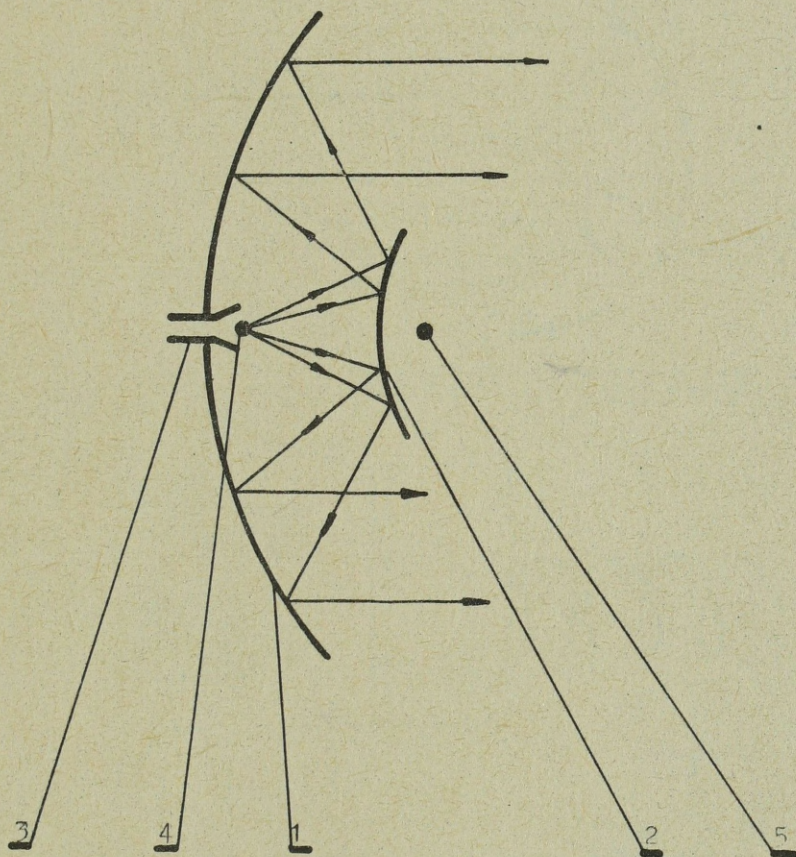
UWAGA : Pasma nadawcze i odbiorcze stacji naziemnych jest w praktyce odmienne i różni się o kilka GHz. Przemiana pasma nadawanego na odbiorcze następuje w satelicie.

WIELOKROTNY DOSTĘP PRZEZ PODZIAŁ

CZASOWY /TDMA/



ANTENA CASSEGRAINA

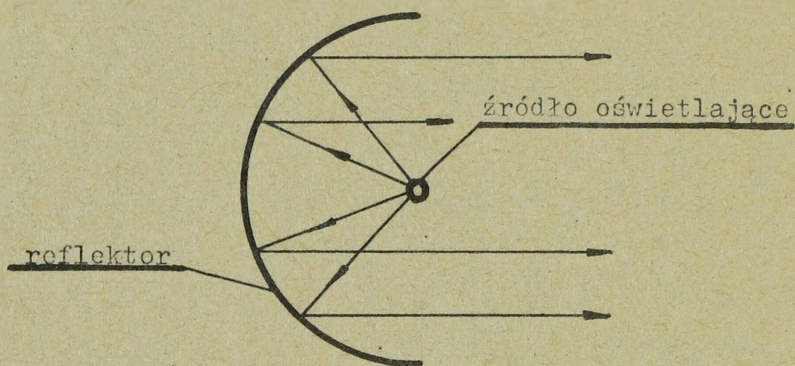


OZNACZENIA :

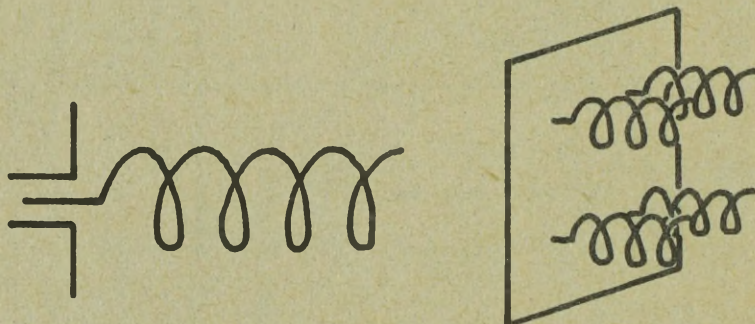
1. Paraboliczny reflektor główny
2. Hiperboliczny reflektor pomocniczy
3. Źródło oświetlające
4. Ognisko rzeczywiste
5. Ognisko pozorne

ANTENY STACJI RUCHOMYCH

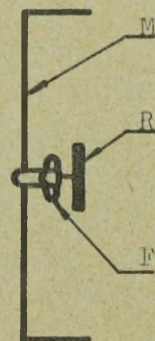
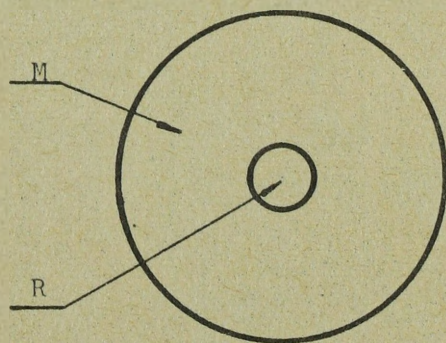
1. Antena paraboliczna



2. Antena śrubowa : pojedyncza i czteroelementowa



3. Antena typu "short backfire" / pojedyncza /

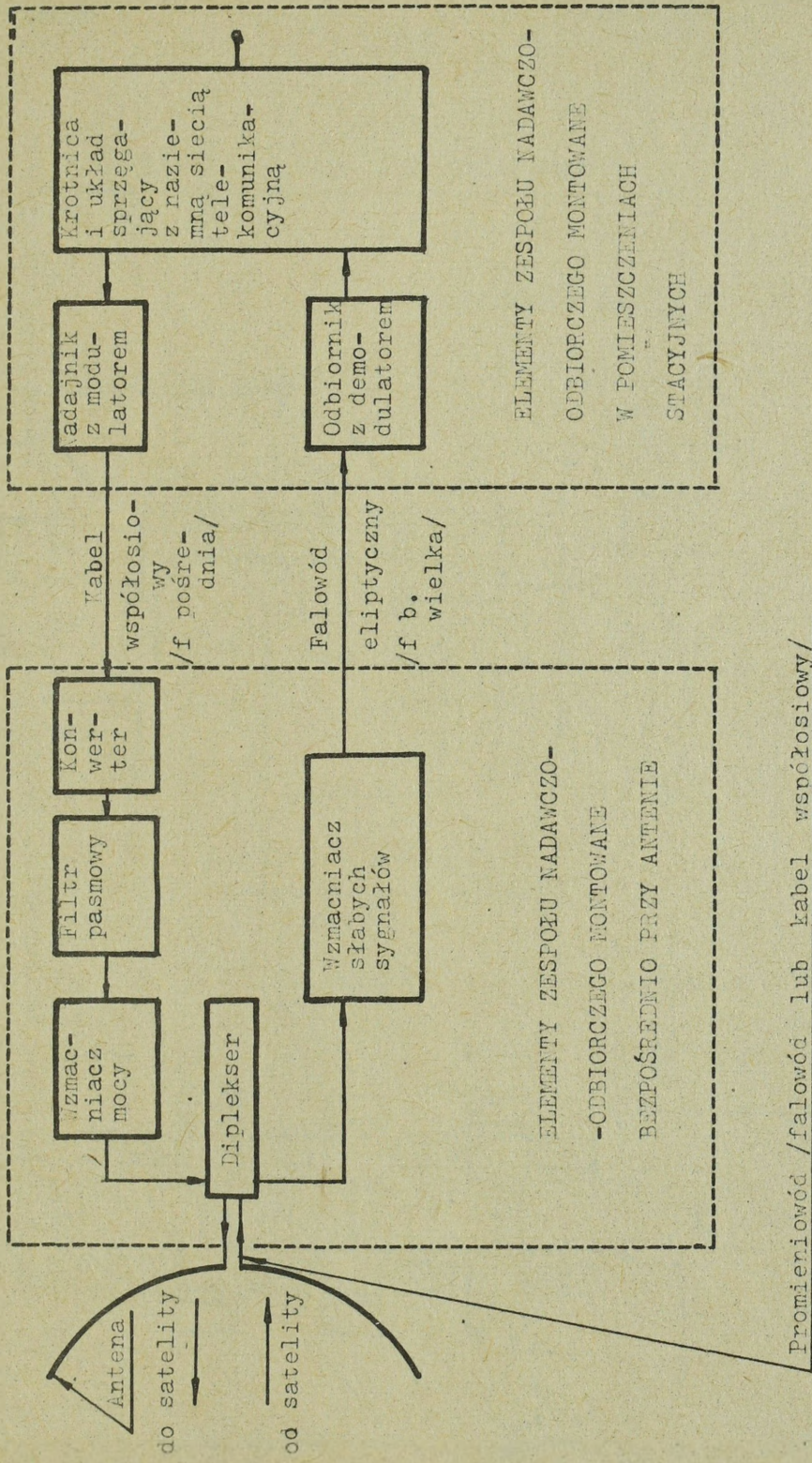


OZNACZENIA :

M, R - reflektory

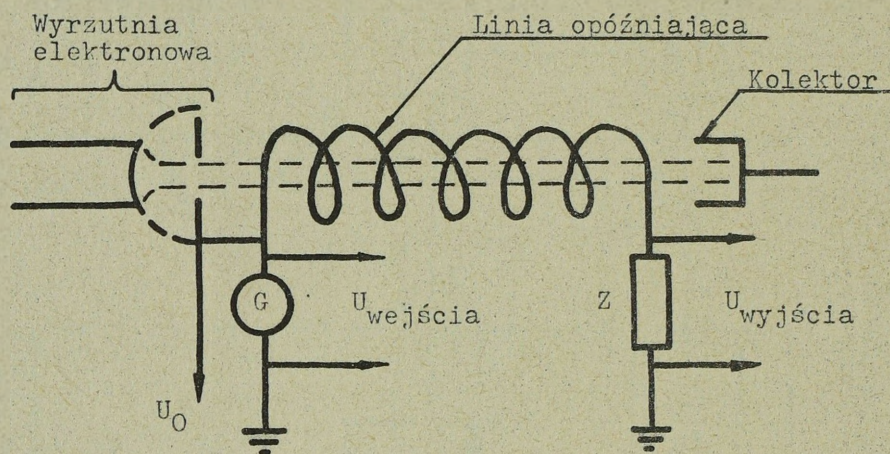
F - zasilanie

SCHEMAT BLOKOWY ZESPOŁU NADAWCZO-ODBIORCZEGO STACJI NAZIEMNEJ / OKRĘTOWEJ /

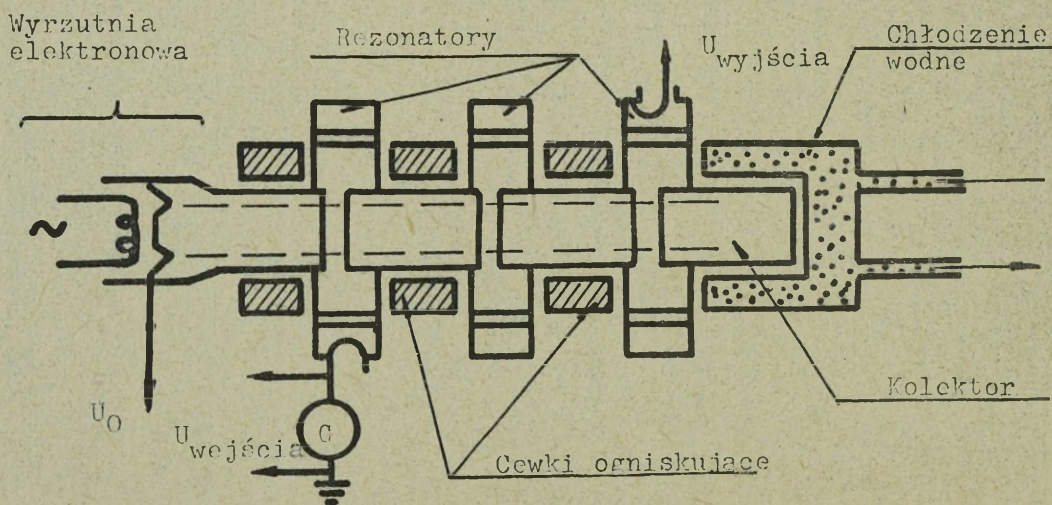


BUDOWA LAMPY FALI BIEŻĄCEJ I KLISTRONU

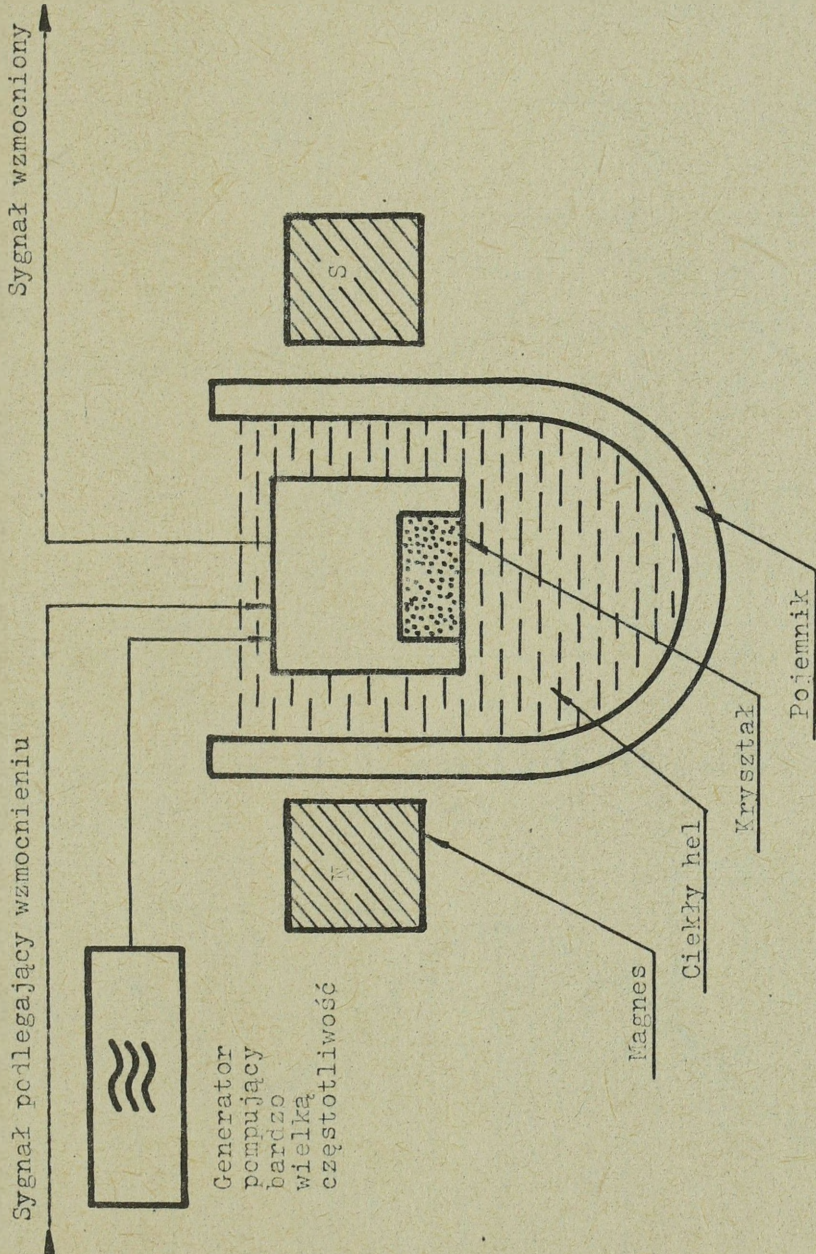
A/ Lampa fali bieżącej.



B/ Klustron /o trzech rezonatorach/

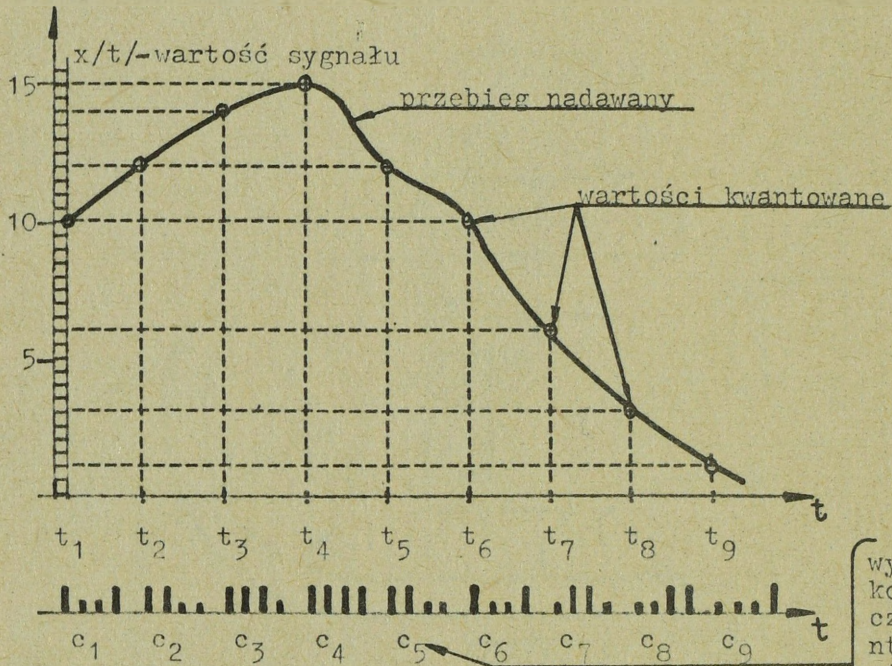


BUDOWA MASERA

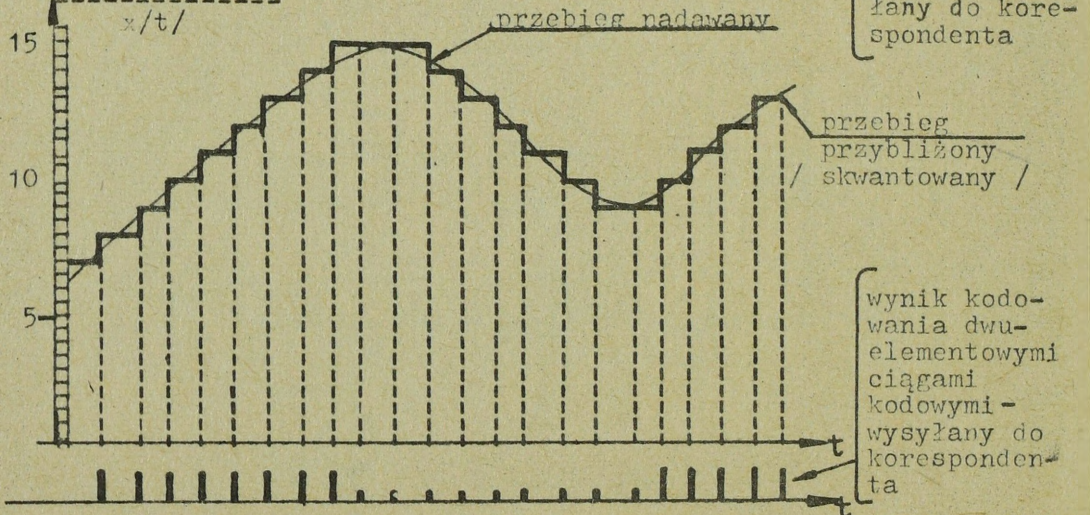


ZASADY MODULACJI PCM I DM

A/ Modulacja PCM

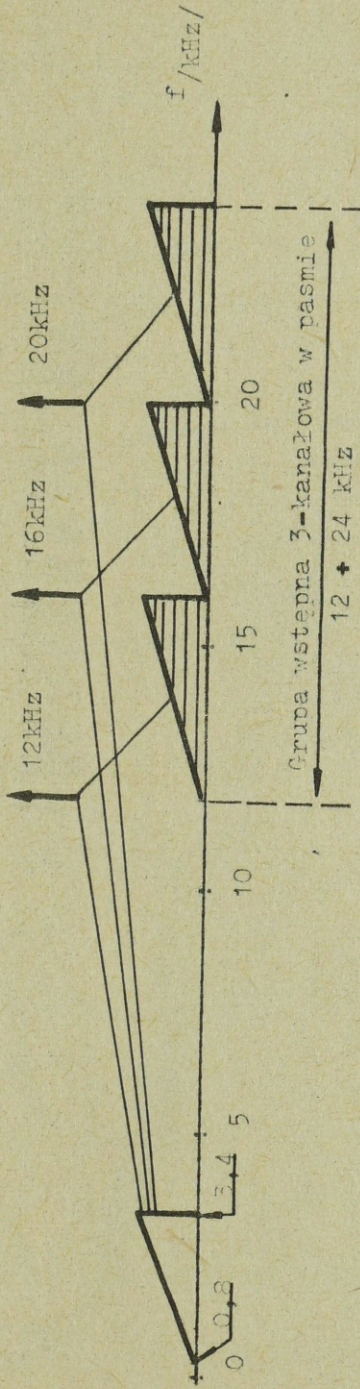


B/ Modulacja DM

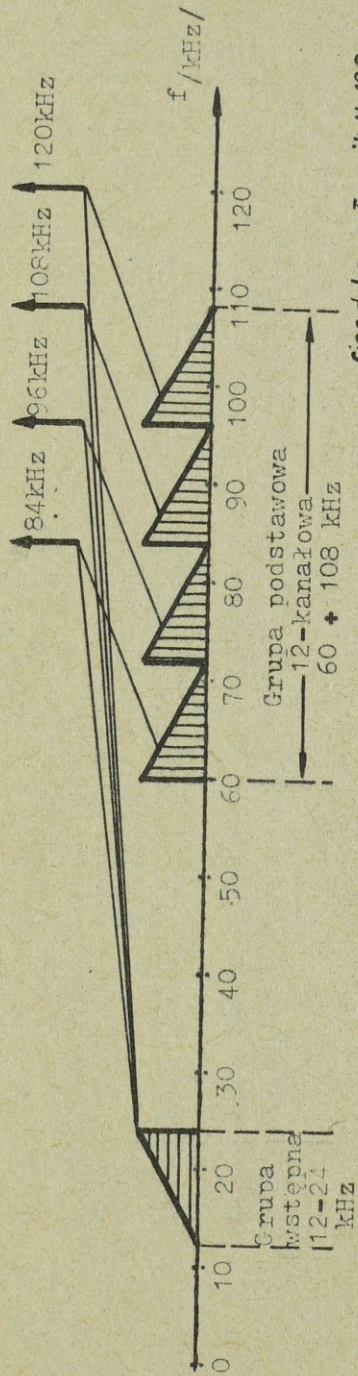


1/ I. Wariancie - przemiana pośrednie. ---

A/ Przemiana pasm akustycznych.



B/ Przemiana grup wstępnych.



Ciąg dalszy załącznik Nr 18B

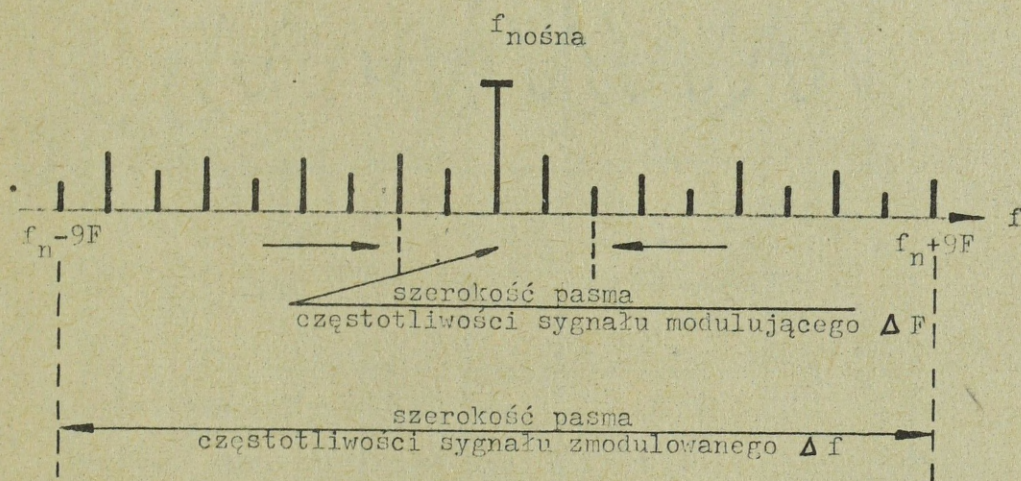


WIDMO SYGNAŁU ZMODULOWANEGO CZĘSTOTLIWOŚCIOWO

Sygnał zmodulowany częstotliwościowo jest przebiegiem złożonym, obejmującym sygnały o częstotliwości nośnej i różnych częstotliwościach harmonicznyc, tj :

$$f_{\text{nośna}} + \sum / f_{\text{nośna}} \pm n F_{\text{modulująca}} /$$

gdzie  $n$  - numer harmonicznyc



Indeks modulacji :  $\beta = \frac{\Delta f}{\Delta F}$

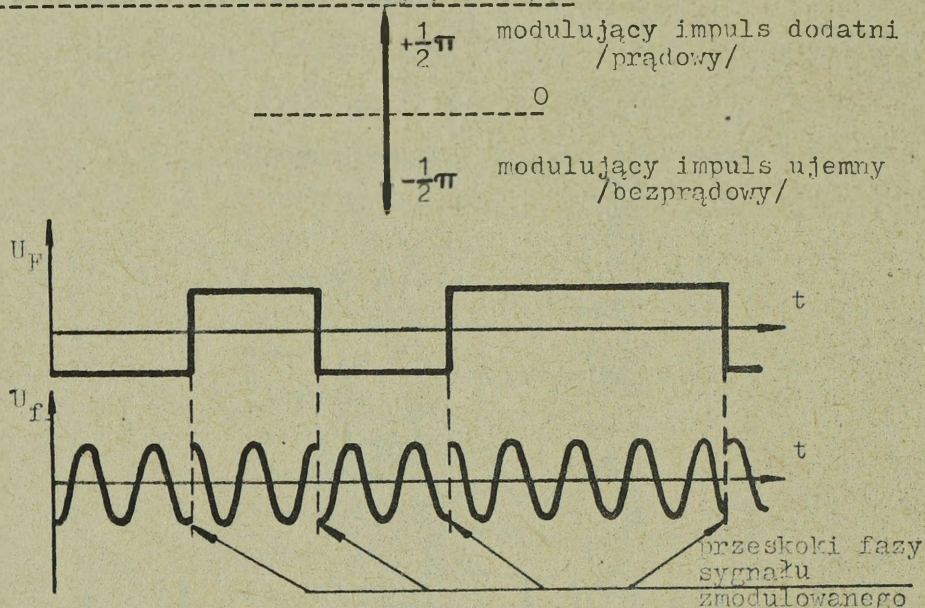
Modulacja wąskopasmowa  $\beta \ll 1$

Modulacja szerokopasmowa  $\beta > 1$

WARIANTY DWUSTANOWEGO I CZTEROSTANOWEGO

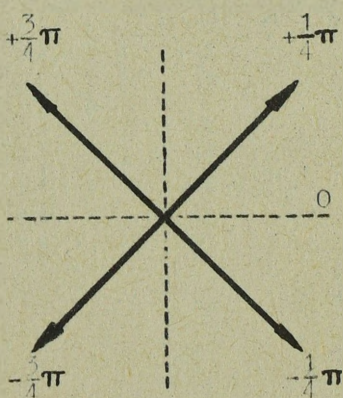
KUCZOWANIA FAZY / PSK I QPSK /.

A/ Dwustanowe kluczowanie fazy / PSK /.



$U_F$  - sygnał modulujący doprowadzony z krotnicy do modulatora ;  
 $U_f$  - nośny sygnał zmodulowany , emitowany przez nadajnik stacji naziemnej.

B/ Czterostanowe kluczowanie fazy / QPSK /.



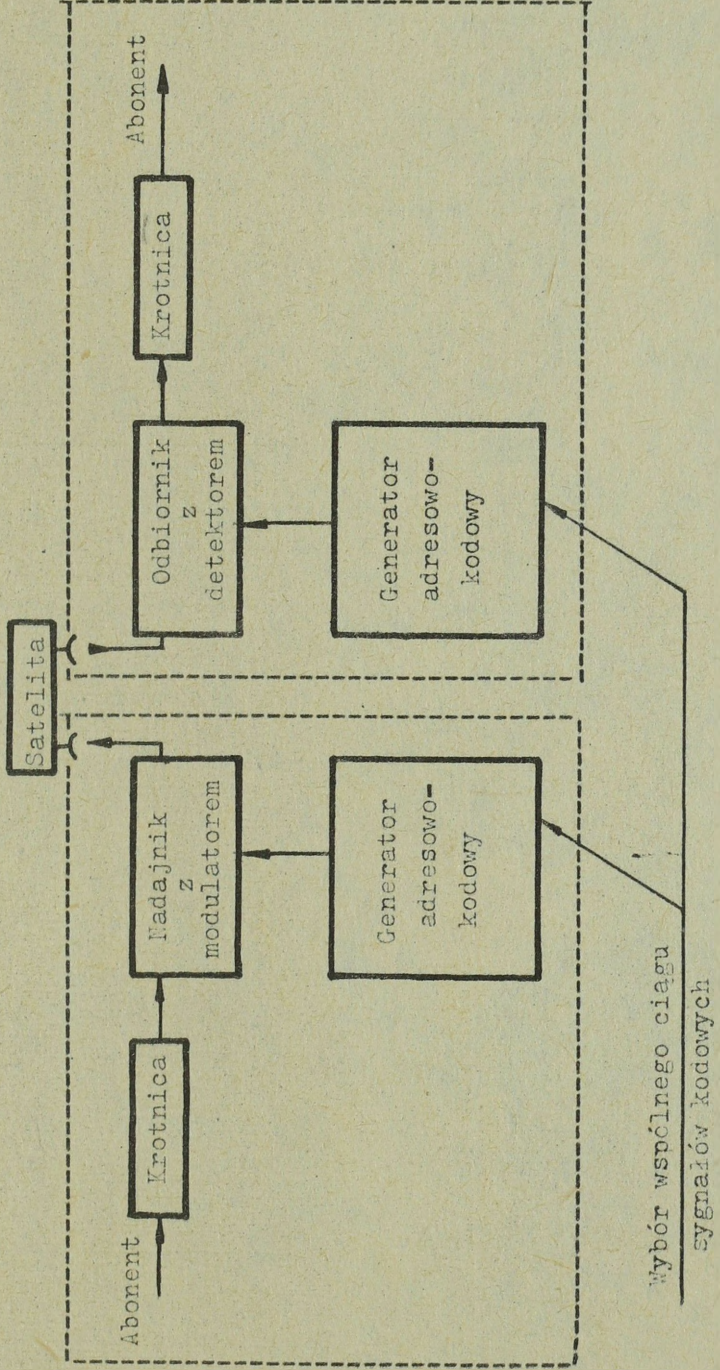
Przeskoki fazy sygnału zmodulowanego zależą od doprowadzonych do modulatora dwóch kolejnych impulsów z krotnicy ;

Rodzaj impulsu	Przesunięcie fazy
11	$+\frac{1}{4}\pi$
10	$-\frac{1}{4}\pi$
01	$+\frac{3}{4}\pi$
00	$-\frac{3}{4}\pi$

WYKORZYSTANIE GENERATORÓW ADRESOWO-KODOWYCH W STACJACH NABIEŻNIWYCH,

UZYSKUJĄCYCH DOSTĘP DO SATELITY SYGNALAMI O WSPÓLNYM WIDMIE

/ CSMA LUB SSMA /

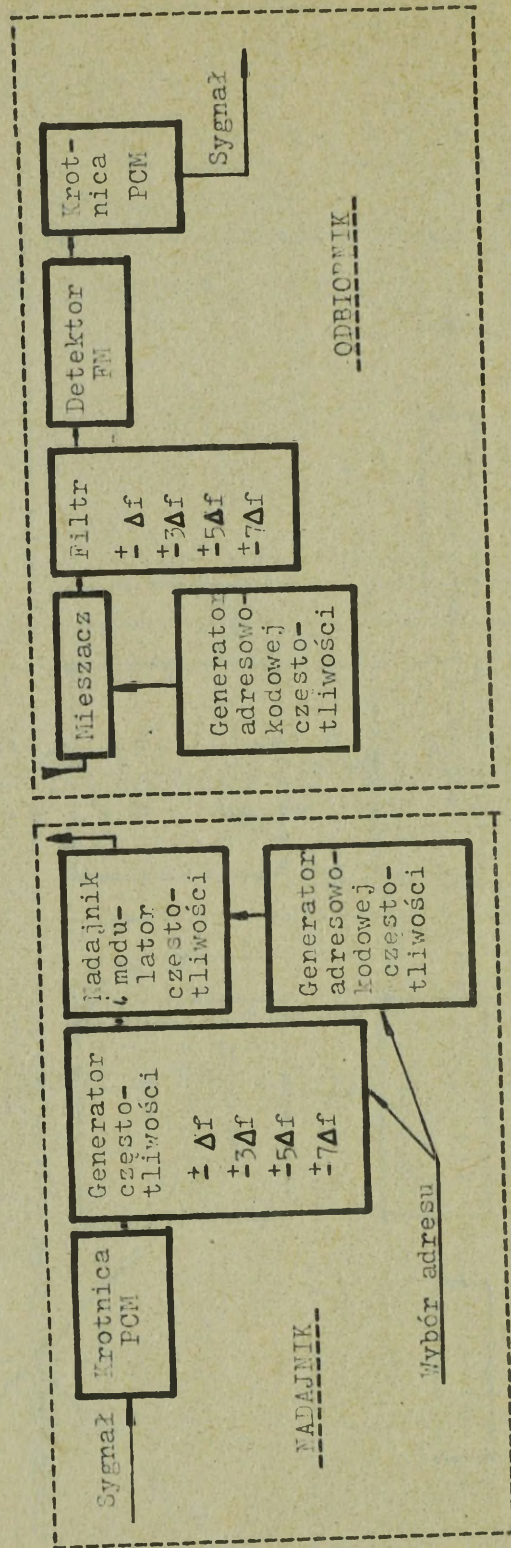


Wybór wspólnego ciągu sygnałów kodowych

ROZPRASZANIE SYGNAŁÓW W SZEROKIM PASMIE CZĘSTOTLIWOŚCI

TECHNIKA KLUCZOWANIA CZĘSTOTLIWOŚCI SYGNAŁU NOŚNEGO,

WYKORZYSTYWANĄ W SIECI TACSATCOM.

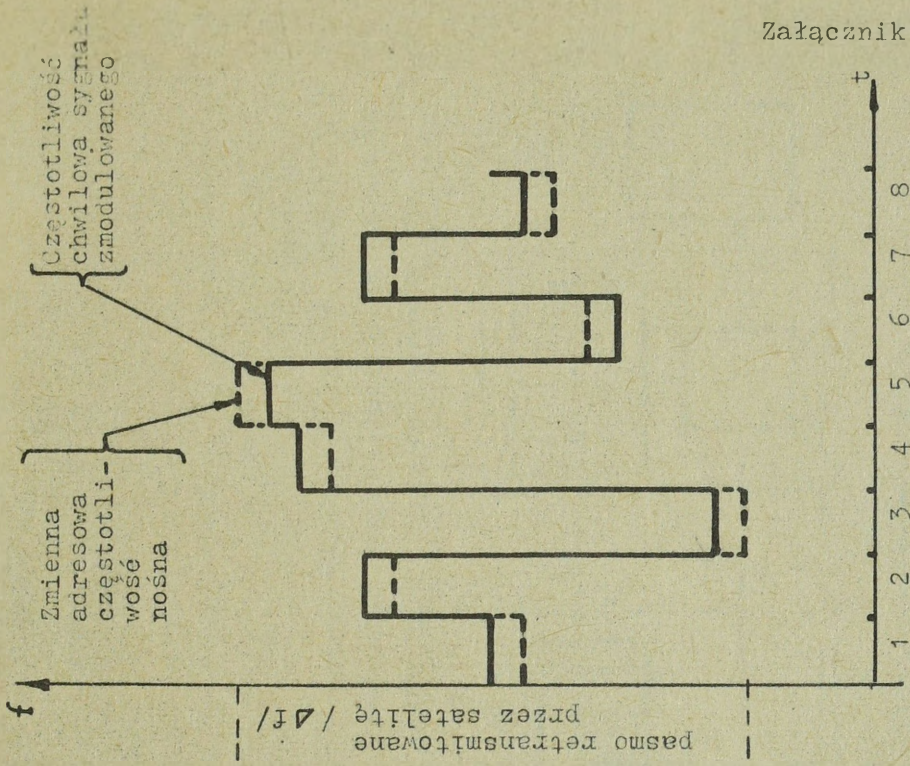


Załącznik Nr 22A

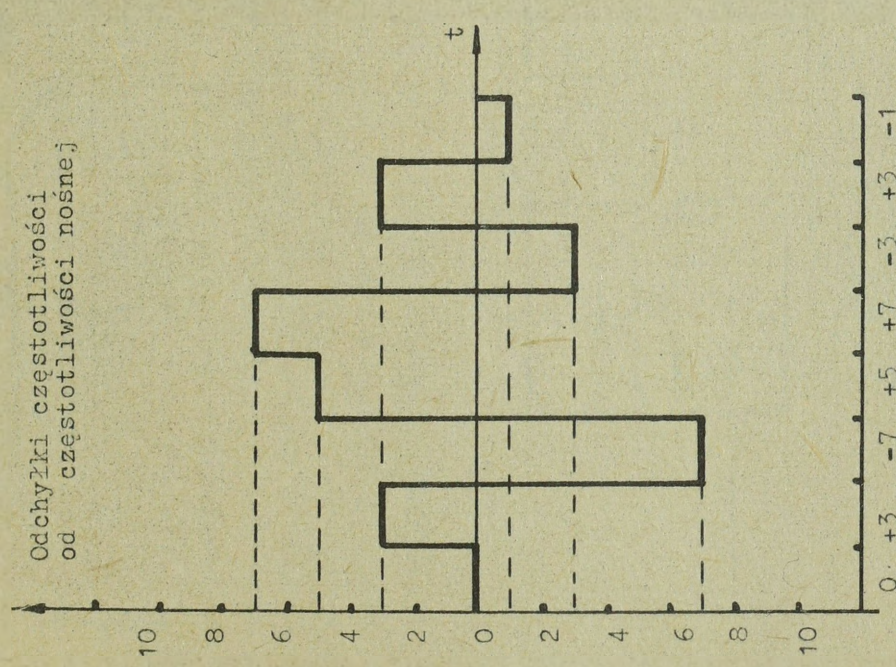
W krotnicy wykorzystuje się modulację PCM. Sygnały w postaci binarnych impulsów, generowane przez krotnicę uruchamiają pracę generatora częstotliwości wytwarzającego ośmiu różnych częstotliwości doprowadzanych do modulatora / rys1/. **Równolegle** na modulator oddziaływują częstotliwości wytwarzane przez generator adresowo-kodowy. W wyniku modulacji częstotliwości nośnej dwoma sygnałami następuje rozproszenie częstotliwości w szerokim pasmie /rys2/.

W odbiorniku na skutek oddziaływania na mieszacz generatora adresowo-kodowej częstotliwości, a następnie w wyniku filtracji sygnału, detektor FM wydziela sygnał w postaci impulsów binarnych. W krotnicy PCM następuje odtworzenie nadanego sygnału.

Ciąg dalszy załącznik 22B



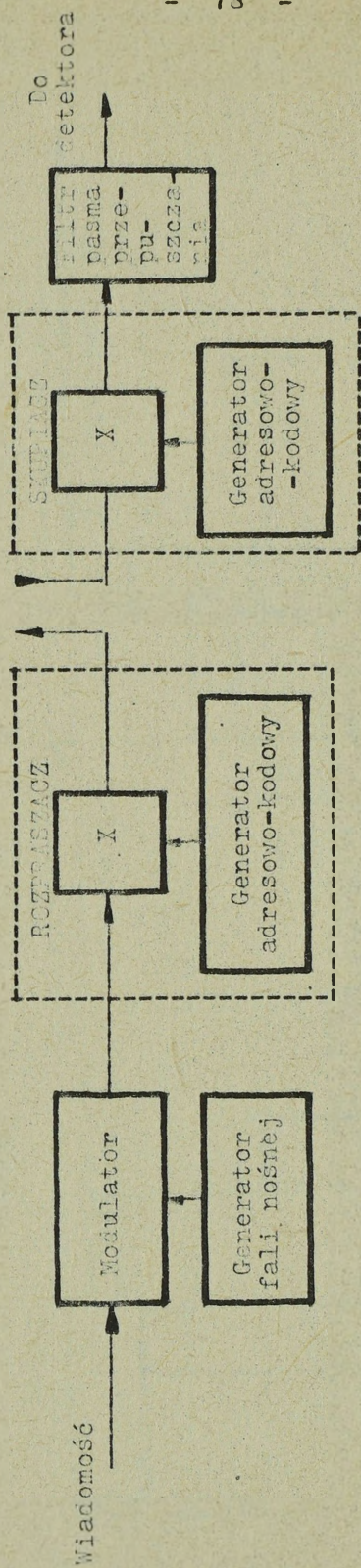
Rysunek Nr 2



Wartości odchyłek częstotliwości kolejnych impulsów kodowych

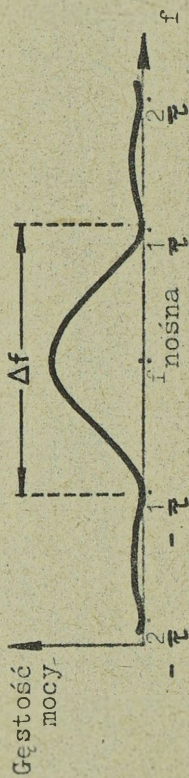
Rysunek Nr 1

ROZPRASZANIE SYGNAŁÓW W SZEROKIM PASMIE CZĘSTOTLIWOŚCI  
 TECHNIKA KLUCZOWANIA FAZY SYGNAŁU NOŚNEGO /DS LUB PS/



Widmo zmodulowanego sygnału nośnego przy zastosowaniu techniki kluczowania fazy ma właściwości rozkładu Fouriera. Widmowa gęstość mocy zawarta jest przede wszystkim w przedziale częstotliwości pomiędzy pierwszymi zerami mocy sygnału /część wynosi  $\frac{2}{\tau}$  /.

Uwzględnijając, że  $\tau$  jest okresem kluczowania generatorem adresowo-kodowym częstotliwości nośnej, od częstotliwości kluczowania zależy szerokość pasma częstotliwości rozpraszania sygnału /  $\Delta f$  /. O ile fala nośna jest kluczowana np. z częstotliwością  $\frac{1}{\tau} = 15\text{MHz}$ , to otrzymamy sygnał nośny rozproszony w pasmie  $\Delta f = 30\text{MHz}$



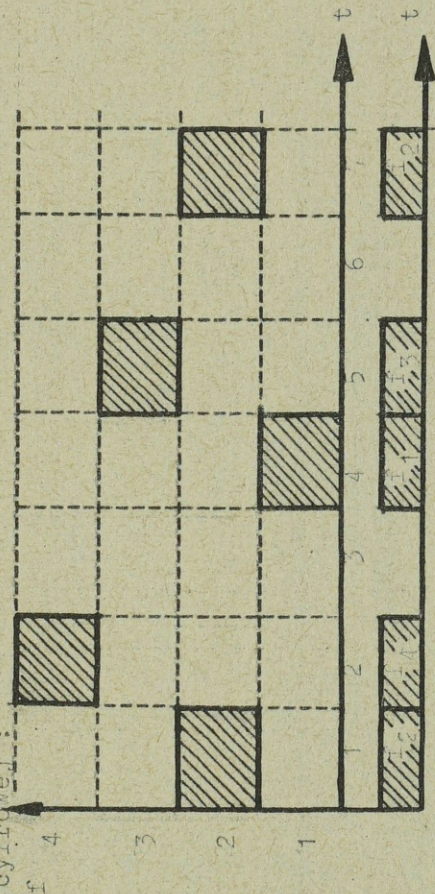
$\Delta f = \frac{2}{\tau}$

# ROZPROSZANIE SYGNAŁÓW W SZEROKIM PAŚMIE CZĘSTOTLIWOŚCI

## TECHNIKĄ CZĘSTOTLIWOŚCIOWO - CZASOWEJ. METODY

### MATRYCOWEJ / PAMA /

Rozpraszanie sygnałów w szerokim paśmie częstotliwości techniką częstotliwościowo-czasowej metody matrycowej osiąga się w wyniku przydzielenia każdemu abonentowi ciągów adresowych impulsów dwuwymiarowych. Ciągi impulsów, trwających  $\tau$  sekund wykorzystuje się do przesłania jednego elementu wiadomości, tzn. sygnału elementarnego przy modulacji cyfrowej:



Zapis przedstawionego na wykresie ciągu częstotliwościowo-czasowego :2,4,0,1,3,0,2. Przedstawiony wykres i zapis ciągów wskazuje w jakiej kolejności następuwać będzie rozproszenie częstotliwości tj. :  $f_2, f_4, f_{nośna}, f_1, f_3$ , itd.

## ZASTOSOWANIE POSZCZEGÓLNYCH RODZAJÓW MODULACJI I WIELOKROTNEGO

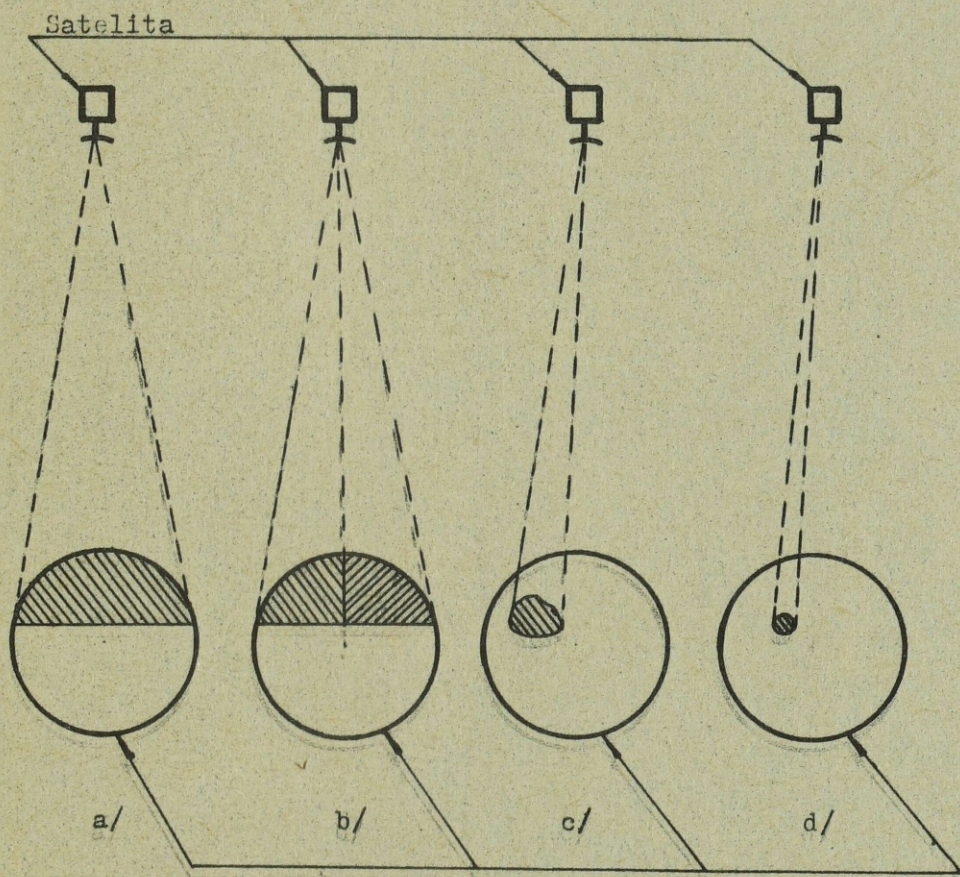
## DOSTĘPU STACJI NAZIEMNYCH DO SATELITY W WYBRANYCH SIECIACH

## RADIOKOMUNIKACJI SATELITARNEJ

Nazwa sieci radio- komunikacji satelitarnej /przynależność/	ORBITA / ZSRR /	SYMPHONIE / europejski /	SMACS /ekspery- mentalny USA /	ATS-1 /ekspery- mentalny USA /	TACSATCOM /sił zbroj- nych USA /
Rodzaj wielokrotnego dostępu do satelity	FDMA	TDMA	TDMA	SSMA DS	SSMA DS
Rodzaj modulacji wykorzystywanej w nadajniku	FM	QPSK	PSK	FM	FM
Rodzaj modulacji wykorzystywanej w krotnicy	AM-SSB	PCM	PCM	AM-SSB	PCM

WIĄZKI PROMIENIOWANIA ANTEN CZŁONU

KOSMICZNEGO



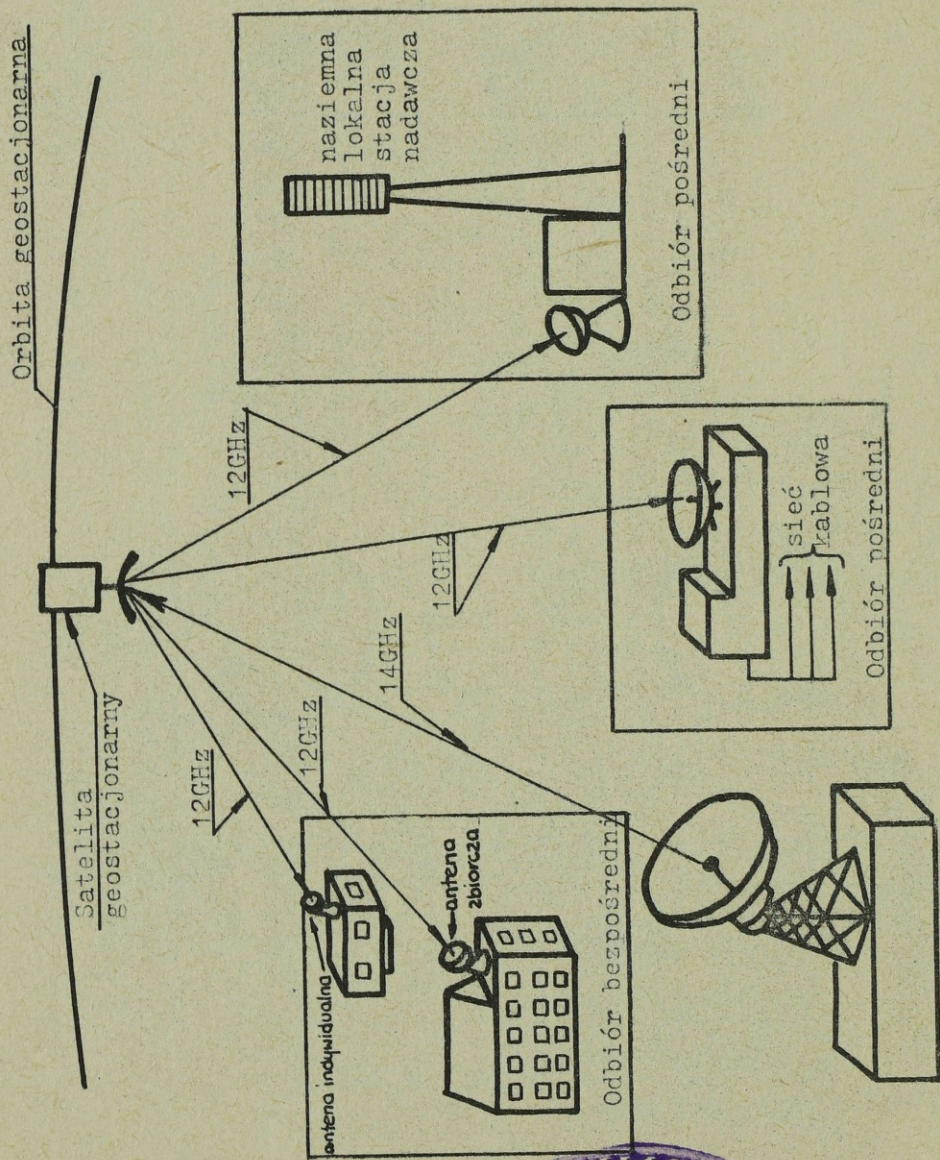
OBJAŚNIENIA :

Kula ziemiska

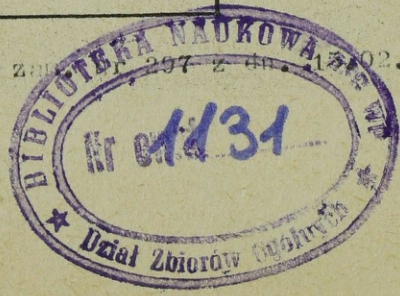
- a/ wiązka globalna,
- b/ dwie wiązki półkulowe,
- c/ wiązka strefowa,
- d/ wiązka punktowa.

WARIANTY WYKORZYSTANIA RADIODYFUZJI

SATELITARNEJ DLA POTRZEB TELEWIZJI



Stacja nadawcza programów telewizyjnych przekazywanych ze studia do satelity



02.V-9628 z 1984 r. 297 z 1984 r. 02.1984 r.