

INSTYTUT ŁĄCZNOŚCI
WARSZAWA-MIEDZESZYN

BIULETYN

INFORMACYJNY

7-8 (238-239)

1986

MINISTERSTWO ŁĄCZNOŚCI

BIULETYN INFORMACYJNY

ROK 26

WARSZAWA 1986

NR 7-8/238-239/

INSTYTUT ŁĄCZNOŚCI
Branżowy Ośrodek
Informacji Naukowej, Technicznej i Ekonomicznej

Redakcja Biuletynu Informacyjnego

Redaktor Naczelny - doc. dr inż. Krystyn Plewko
Z-ca Redaktora Naczelnego - dr inż. Stanisław Sołta

Redaktorzy działów:
dr inż. Alina Karwowska-Lamparska,
mgr inż. Mirosław Żurawski

Adres Redakcji:
Instytut Łączności
Branżowy Ośrodek
Informacji Naukowej, Technicznej i Ekonomicznej
Warszawa - Miedzeszyn, ul. Szachowa 1

ISSN 0209-1046

Redaktor: mgr K. Juezkiewicz Montaż tekstu: B. Skwera

Dział Wydawniczy Instytutu Łączności
Format B5. Nakład 570. Wpłynęło do
Działu Wydawniczego 1986.10.21.
Druk ukończono w grudniu 1986 r.

Janusz Zygierewicz

POSTĘPY W RADIODYFUZJI SATELITARNEJ

SPIS TREŚCI

	Str.
1. Obecny światowy stan odbioru sygnałów telewizyjnych z satelitów	1
1.1. Operacyjne i eksperymentalne systemy telewizyjnej radiodyfuzji satelitarnej	1
1.2. Bezpośredni odbiór sygnałów telewizyjnych z satelitów telekomunikacyjnych	4
1.2.1. Zasady i techniczne możliwości indywidualnego odbioru sygnałów z telewizyjnych satelitów telekomunikacyjnych	5
1.2.2. Warunki odbioru na obszarze Europy Zachodniej	10
1.2.3. Warunki odbioru na obszarze Ameryki Północnej	14
2. Plany realizacji telewizyjnych systemów radiodyfuzji satelitarnej uwzględniających różne metody odbioru	19
2.1. Plany dotyczące krajów Europy Zachodniej	21
2.2. Plany dotyczące krajów Europy Wschodniej na tle prac prowadzonych w ramach programu INTERKOSMOS	29
2.2.1. Tematyka programu INTERKOSMOS	29
2.3. Plany dotyczące innych rejonów świata	33
2.3.1. USA	33
2.3.2. Kanada	35
2.3.3. Japonia	36
2.3.4. Australia	36
2.3.5. Kraje arabskie	37
3. Przewidywana struktura systemu telewizyjnej radiodyfuzji satelitarnej na terenie PRL i warunki odbioru sygnałów telewizyjnych różnych systemów	37

	Str.
4. Perspektywy zastosowania nowych metod transmisji sygnałów telewizyjnych	42
5. Telewizja satelitarna wysokiej jakości /HDTV/	46
5.1. Zakres częstotliwości około 12 GHz	47
5.2. Zakresy częstotliwości około 23,42 i 85 GHz	49
5.3. Porównanie parametrów systemów radiodifuzji satelitarnej dla różnych zakresów częstotliwości	50
5.4. Wymagane moce nadajników	52
5.5. Planowanie	52
5.6. Wnioski	54
6. Najnowsze osiągnięcia w technologii urządzeń i podzespołów mikrofalowych	55
6.1. Urządzenia pokładowe satelitów radiodifuzyjnych	55
6.2. Urządzenia odbiorcze radiodifuzji satelitarnej	58
7. Problemy związane z wprowadzeniem do eksploatacji systemów radiofonii satelitarnej	63
Wykaz literatury	67

POSTĘPY W RADIODYFUZZJI SATELITARNEJ

1. OBECNY ŚWIATOWY STAN TECHNIKI ODBIORU SYGNAŁÓW TELEWIZYJNYCH Z SATELITÓW

1.1. Operacyjne i eksperymentalne systemy telewizyjnej radiodyfuzji satelitarnej

Rozpatrując obecnie systemy telewizyjnej radiodyfuzji satelitarnej z punktu widzenia możliwości ich zastosowania w świecie, należy się właściwie ograniczyć do rozpatrzenia systemów wykorzystujących zakres częstotliwości około 12 GHz. Wyższe bowiem zakresy częstotliwości /na przykład około 23 GHz i 42 GHz/ nie wchodzą na razie w rachubę zarówno ze względu na trudności technologiczne budowy urządzeń, jak i brak porozumień międzynarodowych w sprawie ich wykorzystywania, a także przewidywane ich wykorzystywanie do nadawania sygnałów telewizyjnych o nowych wysokich standardach, o czym będzie jeszcze mowa w punkcie 5. Niższe zakresy częstotliwości były dotychczas wykorzystywane sporadycznie do budowy systemów eksperymentalnych /np. zakres około 860 MHz wykorzystywano przy eksperymencie z satelitą ATS^{x/} dla obszaru Indii/. Ze względu jednak na możliwości zakłóceń innych służb radiowych, zwłaszcza w rozwiniętych krajach świata, /na przykład w Europie/ są one lub będą wykorzystywane w niewielkim tylko stopniu wewnątrz obszaru kontynentu azjatyckiego /np. system Ekran wykorzystujący zakres często-

^{x/} ATS - Advanced Technology Satellite.

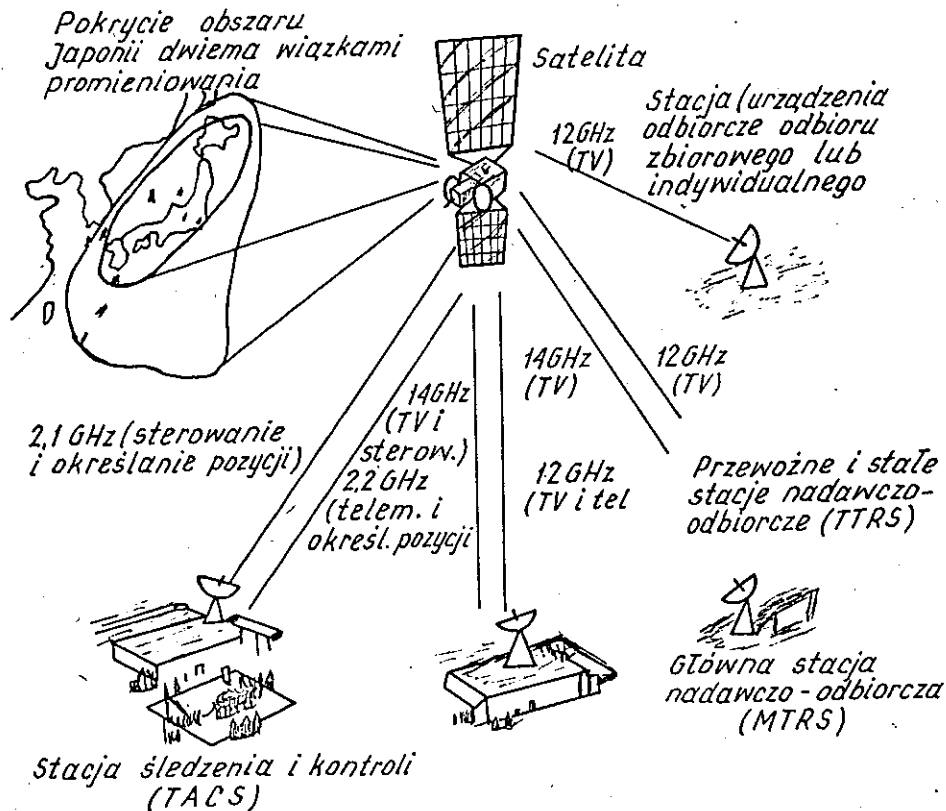
tliwości około 700 MHz, przewidziany dla pozaeuropejskich obszarów Związku Radzieckiego, czy system INSAT^{x/} pracujący w zakresie częstotliwości około 2,5 GHz przeznaczony dla subkontynentu indyjskiego/.

Zakres częstotliwości 12 GHz jest korzystny dla systemów telewizyjnej radiodifuzji satelitarnej z wielu względów, /omawianych już szeroko w literaturze/, z których na szczególne podkreślenie zasługuje możliwość kompatybilnej pracy systemu z innymi systemami łączności ziemskiej i satelitarnej.

Zgodnie bowiem z postanowieniami Światowej Administracyjnej Konferencji Radiokomunikacyjnej /WARC 77/, zwołanej w Genewie w 1977 r. w celu planowania radiodifuzji satelitarnej w zakresie częstotliwości 12 GHz, każdemu z krajów położonych w Rejonie 1 /Europa, Azja, Afryka/ stworzono potencjalną możliwość nadawania programów telewizyjnych w pięciu radiowych kanałach w.cz. o nominalnej szerokości 27 MHz każdy. Ogólna liczba kanałów w.cz. w tym zakresie wynosi 40 /przy odstępach pomiędzy kanałami równym 19, 18 MHz /tak, że kanały te zachodzą na siebie. Dla każdego jednak kraju wybrano rozkład częstotliwościowy co czwarty kanał, czyli częstotliwości środkowe sąsiednich kanałów dla danego kraju rozmieszczono w odstępach co około 77 MHz. Podstawą opracowania planu było przy tym założenie stosowania modulacji częstotliwościowej o dewiacji międzyszczytowej około 13 MHz.

Poza ograniczeniem pasma częstotliwości do 27 MHz trzeba dodatkowo uwzględnić również postanowienia Konferencji dotyczące ograniczeń poziomu gęstości strumienia mocy przy powierzchni Ziemi, wywoływanej przez emisję nadajników umieszczonych na satelitach, poziomu dopuszczalnych zakłóceń wspólno- i sąsiednikanałowych oraz również i inne parametry, określone w Planie opracowanym na Konferencji. Podobne zasady zagospodarowania zakresu około 12 GHz dla krajów obu Ame-

^{x/} INSAT - satelita indyjski



Podstawowe parametry stacji naziemnych

Typ stacji	Rozmiary anteny /m/	Temp. szumu odbiornika
MTRS	13,0	910°K
TTRS stałe	4,5	910°K
TTRS. przewoźne	2,5	910°K
Urządzenie odb. dla obszaru II	2,5 4,5	660°K
Urządzenie odb. dla obszaru I	1,0 1,6	660°K

Rys. 1. Struktura japońskiego systemu radiodiffuzji satelitarnej BSE i podstawowe parametry stacji naziemnych

ryk przyjęto na Konferencji, zwołanej w Genewie w 1983 r. i oznaczonej RARC-83^{x/}.

Zgodnie z zasadami ustalonymi na Konferencji WARC-77 pracuje dotychczas na świecie tylko jeden system operacyjny, a mianowicie system z satelitami BSE,^{xx/} zapewniającymi regularne nadawanie programów telewizyjnych na obszarze Japonii /rys. 1/. Po uwieńczonym sukcesem eksperymencie /rozpoczętym w 1978 roku/ w styczniu 1984 r. umieszczono na orbicie operacyjnego satelitę BS2a i od maja tego roku rozpoczęto regularne nadawanie programów telewizyjnych. Inne systemy jak na przykład kanadyjski CTS,^{xxx/} pracujące również z wykorzystaniem zakresu częstotliwości około 12 GHz, mają na razie charakter eksperymentalny. Dotychczasowe wyniki doświadczeń z różnymi systemami radiodfuzyjnymi (także i w tym zakresie częstotliwości) zostały szczegółowo omówione w Biuletynie Informacyjnym nr 3 /181/ z 1979 roku, a plany realizacji nowych systemów będą rozpatrzone w punkcie 2.

1.2. Bezpośredni odbiór sygnałów telewizyjnych z satelitów telekomunikacyjnych

W ostatnich latach w USA, Kanadzie i w wielu krajach Europy Zachodniej stał się bardzo modny i rokuje perspektywy rozwoju bezpośredni indywidualny odbiór sygnałów telewizyjnych z satelitów telekomunikacyjnych, pracujących w zakresach częstotliwości 6/4 GHz /głównie w USA/ lub 14/11 GHz /głównie w Europie Zachodniej/. Satelity telekomunikacyjne normalnie są przewidziane do dalekosiężnych transmisji sygnałów telewizyjnych, a czasami /zwłaszcza w USA/ do rozsyłania centralnych programów telewizyjnych do lokalnych sieci tele-

x/ RARC - Regionalna Konferencja Administracyjna.

xx/ BSE - Broadcast Experimental Satellite.

xxx/ CTS - Communication Technology Satellite.

wizji kablowej. Rozsyłanie to odbywa się przy tym na ogół równocześnie w wielu kanałach radiowych dzierżawionych na stałe lub okresowo przez różne organizacje państwowe, społeczne lub prywatne.

Odbiór sygnałów odbywa się za pomocą rozbudowanych i dosyć drogich urządzeń odbiorczych, oznaczanych ogólnie kryptonimem TVRO /TV Reciver Only/ właściwie na zasadzie niezbyt legalnego "podglądania" tego, co przeznaczone jest dla "zarejestrowanych" stacji odbiorczych. Tego typu odbiór cieszy się na ogół poparciem czynników oficjalnych i specjalistów w zakresie telewizyjnej radiodyfuzji, ponieważ stanowi niejako etap przejściowy do wykorzystywania normalnych systemów radiodyfuzji satelitarnej i przyzwyczajają odbiorców do stosowania nowych technik, a ponadto stwarza koniunkturę dla licznych firm dostarczających całe urządzenia odbiorcze lub podzespoły do samodzielnego montażu przez klienta. Nieco mniej zadowolone są przedsiębiorstwa rozsyłające programy do sieci telewizji kablowej, zwłaszcza gdy opłacalność tego przedsięwzięcia nie jest warunkowana płatnościami ogłoszonymi, lecz opiera się na opłatach abonamentowych użytkowników sieci telewizji kablowej. W związku z tym rozważana jest nawet konieczność powszechnego stosowania kodów utajniających, w celu zmuszenia indywidualnych odbiorców do uiszczania opłat za dostarczanie /okresowo wymiennych/ zespołów dekodująco-korekcyjnych. Cała sprawa pozostaje na razie w zawieszeniu do czasu uruchomienia normalnych systemów telewizyjnej radiodyfuzji satelitarnej, gdyż w nowych warunkach takie metody odbioru będą wykorzystywane jedynie przez stosunkowo nielicznych hobbystów, zwłaszcza tych, którzy nie mają możliwości dostępu do sieci telewizji kablowej.

1.2.1. Zasady i techniczne możliwości indywidualnego odbioru sygnałów z telewizyjnych satelitów telekomunikacyjnych

Odbiór sygnałów z telewizyjnych satelitów telekomunikacyjnych pod wieloma względami różni się od bezpośredniego odbio-

ru sygnałów z telewizyjnych satelitów radiodyfuzyjnych, a mianowicie:

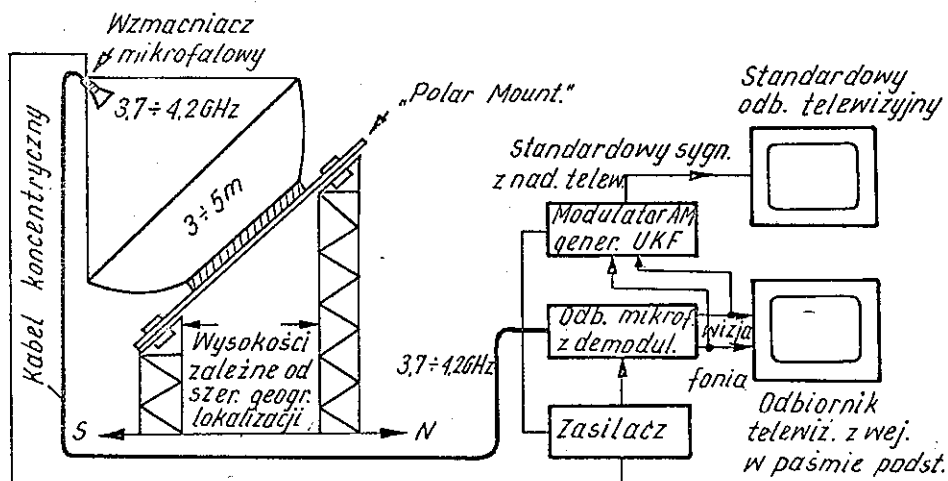
- a/ innymi zakresami wykorzystywanych częstotliwości /zamiast bowiem zakresu 11,7 + 12,5 GHz przewidzianego dla telewizyjnej radiodyfuzji satelitarnej, są wykorzystywane zakresy 3,7 + 4,2 GHz oraz 10,95+11,7 GHz/;
- b/ większą szerokością pasma częstotliwości kanału radiowego, różnymi parametrami modulacji transmitowanego sygnału telewizyjnego /szerokość kanału może dochodzić nawet do 200 MHz/;
- c/ znacznie /przeważnie 10-krotnie/ mniejszą mocą promieniowania nadajników pokładowych satelitów telekomunikacyjnych od planowanych mocy nadajników satelitów radiodyfuzyjnych. Uwzględnienie więc większego, na ogół, pokrycia terenowego /szersza wiązka promieniowania anteny/, a także fakt, że odbiór z satelitów telekomunikacyjnych odbywa się często na terenie krajów leżących poza zasięgiem głównej wiązki promieniowania, zmusza do stosowania znacznie czulszych i droższych urządzeń odbiorczych.

Jeżeli weźmiemy, na przykład, pod uwagę zakres częstotliwości ok. 11 GHz /zbliżony do radiodyfuzyjnego zakresu wynoszącego około 12 GHz/, to stosowane tu anteny paraboliczne muszą mieć średnicę od 2 do około 4 metrów, natomiast przy indywidualnym odbiorze w systemie telewizyjnej radiodyfuzji satelitarnej przewiduje się stosowanie anten o średnicach rzędu 1 metra/. Znacznie bardziej muszą być rozbudowane układy wejściowe urządzeń odbiorczych, zwłaszcza ze względu na konieczność stosowania małoszumnych wzmacniaczy, a koszt budowy takiego urządzenia odbiorczego wynosi od kilkunastu do kilkudziesięciu tysięcy dolarów /w porównaniu do ceny około 500 dolarów, przewidzianych dla standardowych urządzeń odbiorczych telewizyjnej radiodyfuzji satelitarnej/.

Na Zachodzie istnieje już bogaty rynek części składowych do budowy takich urządzeń w warunkach domowych /pozwalających na stosowanie indywidualnych rozwiązań/. Zorganizowano również specjalne prywatne biura, służące poradami dotyczącymi wykonania urządzeń, a zwłaszcza informacjami o kierunku ustawienia anteny w konkretnym miejscu odbioru, wymaganej w danych warunkach czułości urządzenia odbiorczego, optymalnych metod lokalizacji anteny wraz z tzw. głowicą antenową /na dachu lub na podwórzu; umieszczenie bowiem anteny na ścianie budynku, przewidziane dla systemów telewizyjnej radiodyfuzji satelitarnej nie wchodzi tu, na ogół, w rachubę ze względu na wymagane rozmiary anten/.

Dla zakresu częstotliwości ok. 4 GHz jest możliwe wykonanie anteny w warunkach domowych przez bardziej zaawansowanych konstruktorów. Natomiast dla zakresu częstotliwości ok. 11 GHz trzeba się zdecydować na zakup jednego z produkowanych reflektorów lub nawet całych anten, ze względu na wymaganą dokładność utrzymania parabolicznego kształtu jej powierzchni /około ± 1 mm/. Sposób zamocowania anteny może być różny w zależności od tego czy przewiduje się odbiór sygnałów tylko z jednego satelity, czy też z kilku, z koniecznością lub bez konieczności zmiany kierunku ustawienia anteny, ze sterowaniem ręcznym lub automatycznym, mechanicznym lub elektromechanicznym.

Strukturę urządzenia do odbioru programów telewizyjnych w zakresie częstotliwości 3,7 + 4,2 GHz przedstawiono na rys. 2. Zastosowano tu specjalny sposób zamocowania anteny, tzw. "Polar Mount", który pozwala na prostą zmianę azymutu ustawienia anteny i odbiór sygnałów z wielu satelitów, stosunkowo blisko położonych na orbicie geostacjonarnej. Odbity od powierzchni reflektora sygnał mikrofalowy skupiono w rożkowym promienniku anteny, połączonym konstrukcyjnie z małoszumnym wzmacniaczem. Wzmocniony sygnał mikrofalowy jest doprowadzany za pomocą kabla koncentrycznego o małych stratach do domowego urządzenia odbiorczego. Ulega tu przemianie,



Rys. 2. Struktura urządzenia odbiorczego do odbioru programów telewizyjnych w zakresie częstotliwości 3,7 + 4,2 GHz

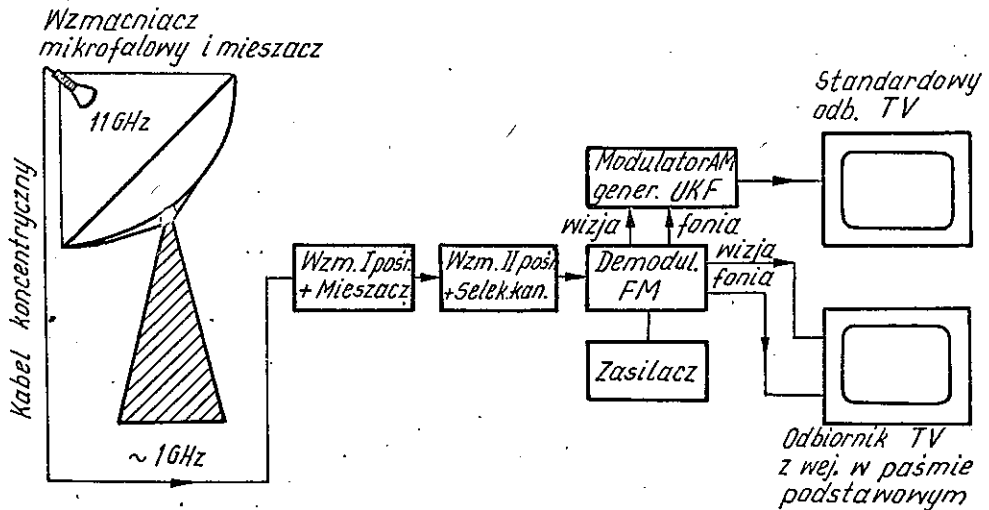
demodulacji i odpowiedniemu przetworzeniu w taki sposób, aby na wejście odbiornika telewizyjnego mógł być /w zależności od potrzeby/ doprowadzony sygnał wizyjny w podstawowym paśmie częstotliwości lub w postaci amplitudowej jednowęzłowej modulacji fali nośnej, odpowiadającej jednemu z kanałów radiowych w zakresie telewizyjnych fal metrowych. Ze względu na małe moce nadawania satelitów /e.i.r.p^{x/} w granicach 30+35 dBw/, w celu zapewnienia stosunku sygnału w.c.z. do szumów na wejściu odbiornika co najmniej około 11 dB oraz dostatecznie wysokiej jakości odbioru, należy zapewnić wysoką czułość urządzenia odbiorczego poprzez kompromisowy dobór rozmiarów anteny i współczynnika szumów wzmacniacza wejściowego. Orientacyjnie można podać, że przy stosowaniu anteny o średnicy do 4 metrów temperatura szumów wzmacniacza nie może przekraczać około 150 K przy szerokości pasma

^{x/} e.i.r.p - równoważna moc promieniowania izotropowego.

częstotliwości pośredniej około 30 MHz. Taką niską temperaturę szumów udawało się w starszych rozwiązaniach uzyskiwać jedynie poprzez zastosowanie wzmacniaczy parametrycznych. Obecnie jednak już powszechnie są wykonywane w tym celu wzmacniacze z zastosowaniem tranzystorów o efekcie połowym G_{AS} . Pomimo szybkich postępów technologicznych cena głowicy mikrofalowej stanowi tu najpoważniejszą część kosztów budowy urządzenia odbiorczego.

W Europie Zachodniej zakres częstotliwości około 4 GHz jest wykorzystywany głównie do odbioru radzieckich programów telewizyjnych z satelity typu Horyzont, służącego w ZSRR do rozprowadzania programów TV w ramach systemu Moskwa.

Przedstawione na rys. 3. przykładowe rozwiązanie urządzenia odbiorczego na zakres częstotliwości około 11 GHz jest podobne do wyżej omawianego z tym, że ze względu na duże tłumienie kabla łączącego wzmacniacz mikrofalowy wraz ze stopniem przemiany do pierwszej częstotliwości pośredniej w



Rys. 3. Struktura urządzenia odbiorczego do odbioru programów telewizyjnych w zakresie częstotliwości około 11 GHz

zakresie około 1 GHz stanowi wspólną całość, umieszczoną przy antenie i połączoną z częścią domową urządzenia za pomocą kabla koncentrycznego, przystosowanego do przesyłania sygnałów o pierwszej częstotliwości pośredniej. Należy zwrócić uwagę, że taki sposób rozwiązania narzuca konieczność przystosowania głowicy mikrofalowej urządzenia do stabilnej pracy przy zmianach temperatury otoczenia.

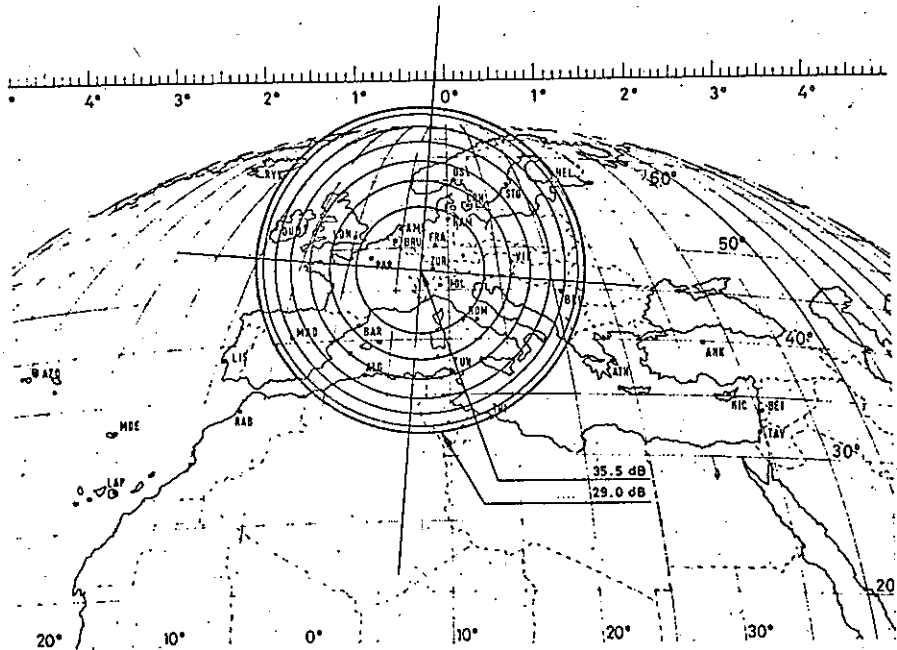
Ze względu na możliwość uzyskania większego zysku, stosowane dla zakresu 11 GHz anteny paraboliczne rzadko przekraczają średnice 3 m, natomiast wymagana czułość odbiornika odpowiada, tzw. współczynnikowi dobroci urządzenia odbiorczego G/T około 25 - 27 dB/K. Zmusza to do stosowania wysokiej klasy tranzystorowych wzmacniaczy mikrofalowych o współczynniku temperaturowym szumów około 300 K. W przypadku narzucenia warunku odbioru sygnałów z kilku satelitów kierunek ustawienia anteny może być skokowo zmienny w sposób mechaniczny lub elektryczny. Ponadto istnieje możliwość stosowania anten wielowiązkowych. Szerokość pasma częstotliwości odbieranego sygnału zawiera się w granicach do 36 MHz, zależnie od typu satelity, z którego sygnały są odbierane.

W najnowocześniejszych rozwiązaniach tego rodzaju urządzeń jest stosowany cyfrowy system przestrajania odbiornika na żądany kanał radiowy oraz demodulator z rozszerzonym progiem czułości, pozwalającym na uzyskanie zysku na stosunku sygnału do szumów oraz dużej linearności. W przypadku systemów w zakresie 11 GHz uzyskuje się na ogół bardzo wysoką jakość odbioru, odpowiadającą stosunkowi sygnału do szumów na wyjściu odbiornika powyżej 50 dB, czyli podobną do przewidywanej w systemach telewizyjnej radiodyfuzji satelitarnej.

1.2.2. Warunki odbioru na obszarze Europy Zachodniej

Pierwsze eksperymentalne transmisje telewizyjne w zakresie częstotliwości około 11 GHz były przeprowadzane w latach 1978-1980 na terenie Europy za pomocą satelity OTS /Orbital Test Satellite/. Dzięki szerokiej wiązce promieniowania anteny pokładowej i objęcia zasięgiem odbioru większości krajów

Europy /rys. 4/ pojawili się już wówczas pierwsi entuzjaści odbioru sygnałów z tego satelity poza odbiorcami przewidzianymi w planach eksperymentu. W chwili obecnej i w najbliższych latach mieszkańcy środkowej Europy mają lub będą mieli



Rys. 4. Obszar pokrycia Europy wiązką promieniowania satelity OTS

/35,5 dB - zysk maksymalny; 29,0 dB - zysk na skraju wiązki/

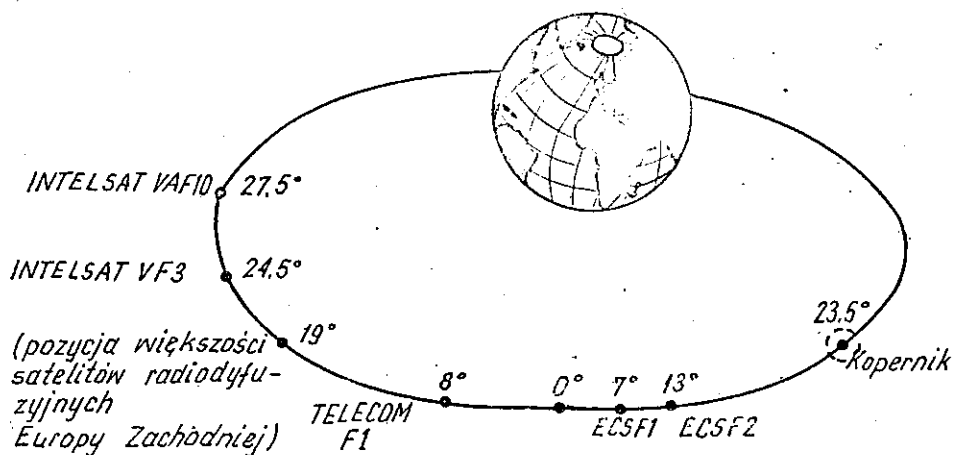
możliwość indywidualnego odbioru nie przeznaczonych dla nich sygnałów z następujących satelitów:

a/ Europejski Satelita Telekomunikacyjny ECSF1^{x/}, działający od czerwca 1983 r;

^{x/} Eksperymentalny Satelita Telekomunikacyjny, europejski.

- b/ Europejski Satelita Telekomunikacyjny ECSF2^{x/}, działający od sierpnia 1984 /oba satelity mają identyczne parametry/;
- c/ satelita INTELSAT^{xx/} F-10, wykorzystywany do transmisji telewizyjnych od 1984 r.;
- d/ satelita INTELSAT^{xx/} V, wykorzystywany do transmisji telewizyjnych od połowy 1985 r. /głównie dla wewnętrznych potrzeb RFN/;
- e/ zachodnio-niemiecki satelita uniwersalny Kopernik, obecnie opracowywany i przewidywany do oddania do eksploatacji w 1988 r.;
- f/ ewentualnie francuski satelita Telecom 1.

Rozmieszczenie wyżej wymienionych satelitów na orbicie geostacjonarnej względem powierzchni Ziemi przedstawiono obrazowo na rys. 5.

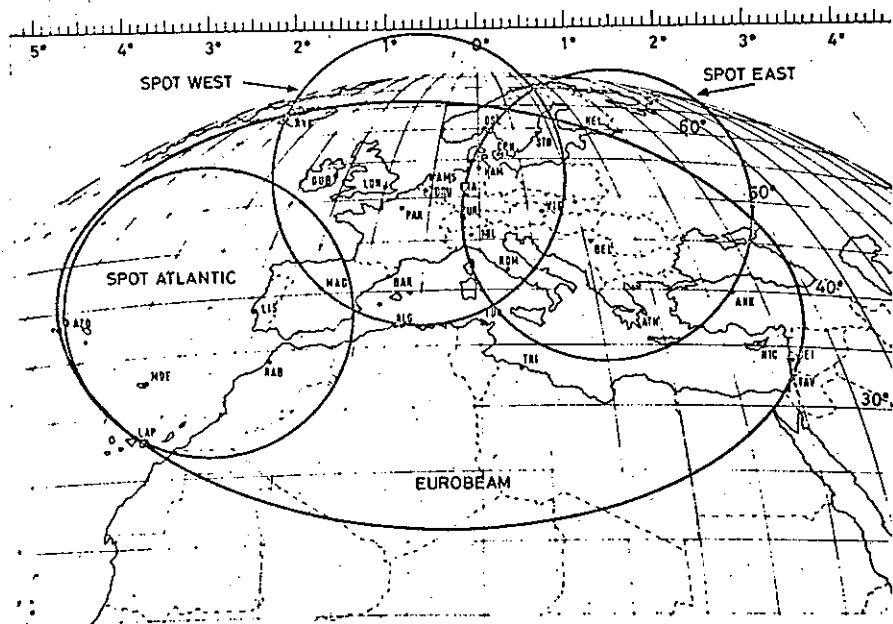


Rys. 5. Rozmieszczenie na orbicie geostacjonarnej satelitów telekomunikacyjnych, wykorzystywanych do bezpośredniego odbioru sygnałów telewizyjnych na obszarze Europy Zachodniej

x/ Eksperymentalny Satelita Telekomunikacyjny, europejski.

xx/ International Satellite.

Szczegółowe omówienie warunków odbioru sygnałów telewizyjnych na terenie Europy ze wszystkich wymienionych satelitów przekraczałoby znacznie ramy niniejszego opracowania, zatem ograniczymy się tylko do przypadku europejskich satelitów ECS^{x/}. Jak pokazano na rys. 6 satelity zapewniają pokrycie terenu Europy trzema wiązkami, a mianowicie: wiązką ogólnoeuropejską, tzw. wiązką zachodnią i wiązką wschodnią.



Rys. 6. Obszar pokrycia Europy wiązkami promieniowania satelity ECS

Każdy satelita umożliwia nadawanie sygnałów telewizyjnych w 12 kanałach radiowych, z mocą około 20 W, w zakresach częstotliwości 10,95 - 11,2 GHz oraz 11,45 - 11,7 GHz, a w kierunku do satelity w zakresie częstotliwości 14,0 - 14,5 GHz. Szerokość każdego kanału radiowego wynosi 72 MHz. W obszarach pokrycia wiązek wschodniej i zachodniej możliwy jest dobry od-

^{x/} ECS - European Communication Satellite.

biór sygnałów z zastosowaniem anten o średnicach około 3,5 m - zaś w obszarze pokrycia wiązką europejską wymagana jest antena o średnicy do 5,0 m. Odbiór sygnałów nadawanych, na przykład, w wiązce wschodniej na obszarze położonym poza wiązką może wymagać stosowania anten o jeszcze większych rozmiarach lub b. czułych wzmacniaczy wejściowych.

Większość urządzeń retransmisyjnych satelitów ECS jest dzierżawiona przez różne krajowe i międzynarodowe organizacje /roczny koszt dzierżawy wynosi około 10 mln dolarów/, w celu wykorzystywania ich do transmisji programów telewizyjnych w lokalnych sieciach telewizji kablowej, rozbudowywanych w szybkim tempie na terenie wielu miast i jednostek terytorialnych Europy Zachodniej /nawiasem mówiąc, nie wiadomo, czy trend ten nie zostanie częściowo chociażby zahamowany na skutek rozpowszechniania się punktów wypożyczania kaset magnetowidowych/.

W chwili obecnej /wg danych oficjalnych z połowy 1985 r./ zagospodarowanie kanałów satelitów ECS /EUTELSAT/ wygląda w sposób pokazany w tablicach 1, 2 i 3.

Programy nadaje się w różnych porach dnia, przeważnie w godzinach popołudniowych i nocnych, przy czym w przypadku nadawania niekodowanego dużą część programu zapełniają reklamy i programy płatne przez firmy.

Podawane informacje na temat liczby indywidualnych odbiorców tych programów są bardzo różne i wysoce niepewne. Oparte są one głównie na orientacyjnych danych co do liczby sprzedawanych urządzeń, ponieważ nie ma na ogół obowiązku ich rejestracji, ze względu na nieunormowanie formalno-prawne poczynić w tym zakresie. Z bardzo dużym przybliżeniem można przyjąć, że co roku w Europie Zachodniej instaluje się od 10.000 do 30.000 urządzeń omawianego typu.

1.2.3. Warunki odbioru na obszarze Ameryki Północnej

Odbiór indywidualny sygnałów telewizyjnych z satelitów przeznaczonych do rozsyłania i wymiany programów telewizyj-

Tablica 1

ECSF1 / 13° długości wschodniej/

Numer kanału	Wiązka W- wschodnia Z- zachodnia E- europejska	Rodzaj transmisji i kraj odpowiedzialny	Szerokość pasma [MHz]	Częstotliwość kanału radiowego [GHz]	System telewizyjny kolorowej	e.i.r.p. na granicy obszaru
1	Z	Radio Televisione Italiana	36	10.9910	PAL	41
2	W	3-SAT, RFN	36	11.0550	PAL	41
3	Z	Olympus TV, Holandia	30	11.1750	PAL	41
4	Z	TV-5, Francja	36	11.4910	SECAM	41
4	Z	NEW WORLD Channel Norwegia	36	11.4720	SECAM	41
4	Z	World NET, USA	36	11.4910	PAL	41
6	Z	Sky Channel, W. Brytania	27	11.6500	PAL	41
7	Z	Tele Club, Szwajcaria	36	10.9916	PAL	41
8	W	RTL-Plus, Luxemburg	w trakcie pertraktacji			
9	Z	Film NET/ATN, Belgia	30	11.1403	PAL	41
10	Z	SAT-1, RFN	36	11.5070	PAL	41
11	Z	Music BOX, W. Brytania	36	11.6740	PAL	41

Jako uzupełnienie można podać, że nadawany w kanałach nr 2, 6, 10 sygnał jest specjalnie kodowany i wymaga zastosowania po stronie odbiorczej odpowiedniego układu descrambler'a.

Tablica 2

ECSF2 /7° długości wschodniej/

Numer kanału	Wiązka W- wschodnia Z- zachodnia E- europejska	Rodzaj transmisji i kraj odpowiedzialny	Szerokość pasma [MHz]	Częstotliwość kanału radio- wego [GHz]	System telewizyjno- torowej	e.i.r.p. na granicy obszaru
5	Z	SVT-1, Szwecja	-	11,648	w trakcie pertraktacji	
5	Z	SVT-2, Szwecja	-	11,635		
6	Z	NRKTV, Norwegia	36	11,6760	C-MAC	42
3	E	Eurowizja, EBK	36	11,1420	PAL	36
9	E	Eurowizja, EBU	36	11,1420	PAL	36

W przypadku satelity ECSF2 przewiduje się, że wszystkie programy będą specjalnie kodowane.

Tablica 3
 Parametry kanałów satelity INTELSAT V F10 /27,5° długości zachodniej /

Numer kanału	Wiązka W- wschodnia Z- zachodnia E- europejska	Rodzaj transmisji i kraj odpowiedzialny	Szerokość pasma [MHz]	Częstotliwość kanału radiowego [GHz]	System telewizyjny kolorowej	e.i.r.p. na granicy obszaru
1	Z	Premiere, W. Brytania	30	11,0150	PAL	40
1	Z	The Childrens channel, W. Brytania	30	11,0150	PAL	40
3	Z	Screen Sport W. Brytania	30	11,0350	PAL	40
4	Z	Mirros Vision, W. Brytania	30	11,1750	PAL	39
	W	Cable News Network, USA	w trakcie pertraktacji			

nych pomiędzy odległymi ośrodkami znalazł dużą liczbę zwoleńników w USA; w mniejszym nieco stopniu również i w Kanadzie, gdzie sprawy te znajdują się bardziej w gestii administracji, żywnie zainteresowanej wykorzystaniem wszelkich możliwych sposobów powiązania odległych, słabo zaludnionych obszarów, z centrami gospodarczymi kraju. Dla obu wymienionych krajów sprawy te są o wiele bardziej skomplikowane niż w małych krajach europejskich chociażby ze względu na: istnienie wielu stref czasowych, stosowanie retransmisji wewnątrz krajowych między strefami czasowymi, pozostawianie spraw łączności i radiodyfuzji w rękach różnych koncernów itp. Wszystko to sprawia, że rynek klienta i producenta jest mało ustabilizowany, ciągle zanikają jedne, a pojawiają się nowe możliwości odbioru. Powoduje to między innymi zainteresowanie odbiorem indywidualnym sygnałów, zarówno w zakresie około 4 GHz jak i 11 GHz. Występuje tu znacznie większa niż na terenie europejskim liczba urządzeń przystosowanych do pracy, równoczesnej lub przełączanej, w obu zakresach. Oczywiście i w tym przypadku sygnały z satelity dowolnego kraju są, w miarę możliwości, odbierane przez mieszkańców obu krajów. Do dyspozycji pozostają wewnątrz krajowe satelity typu Anik, SATCOM, COMSTAR, WESTAR, /rozmessezone na orbicie geostacjonarnej w zakresie 90° - 140° długości zachodniej/ oraz międzynarodowe satelity serii INTELSAT, położone nad obszarami Oceanu Atlantyckiego i Spokojnego. Moce nadajników pokładowych zawierają się w przedziale 10-30 W, co stwarza warunki odbioru podobne jak w Europie, przy czym z różnych względów stosuje się tu na ogół anteny o większych średnicach /Federalna Komisja łączności USA pozwala na stosowanie bez ograniczeń anten o średnicach do 4,5 metra i wymaga licencji na anteny o większych średnicach/.

Trendy rozwojowe są teoretycznie znane, Natomiast z uwagi na wpływy różnych czynników nie wiadomo, jak sprawy potoczą się dalej, zwłaszcza ze względu na niepewność dotyczącą tempa rozwoju właściwych systemów radiodyfuzji satelitarnej. Systemy satelitarne przeznaczone do transmisji pro-

gramów telewizyjnych, różnych potrzeb telekomunikacyjnych i innych służb, będą dalej rozwijane, ale trudno jest obecnie przewidywać, czy z chwilą uruchomienia telewizyjnej radiodifuzji satelitarnej będzie się rozwijać indywidualny odbiór sygnałów nadawanych przez satelity telekomunikacyjne.

Podobno w USA istnieje tendencja do budowy lokalnych sieci płatnej telewizji kablowej przez prywatne przedsiębiorstwa, lecz bez nadawania ogłoszeń i reklam, które przeciętny Amerykanin przestaje akceptować.

Stosowanie indywidualnego odbioru sygnałów satelitów telekomunikacyjnych powinno na terenie Ameryki Północnej napotkać na mniejsze przeszkody niż w przypadku Europy ze względu na: brak różnic kulturowych, możliwość objęcia wspólnymi przepisami wszystkich potencjalnych odbiorców / czego prawdopodobnie nie uda się uzyskać w Europie/ oraz słabszą konkurencję wysokiej jakości naziemnych systemów transmisji oraz radiodifuzji programów telewizyjnych /z uwagi na małe zaludnienie niektórych obszarów kraju/.

2. PLANY REALIZACJI TELEWIZYJNYCH SYSTEMÓW RADIODYFUZJI SATELITARNEJ UWZGLĘDNIAJĄCYCH RÓŻNE METODY ODBIORU

Systemy telewizyjnej radiodifuzji satelitarnej różnią się od omawianych poprzednio systemów rozprowadzania programów telewizyjnych następującymi głównymi cechami:

- a/ wiązka promieniowania anteny pokładowej jest tak dobrana, aby w miarę możliwości zapewnić pokrycie tylko obszaru danego kraju, przy minimalnym "zachodzeniu" na kraje sąsiednie;
- b/ starannie dobiera się częstotliwości i polaryzacje fal kanałów radiowych, aby zapewnić jak najmniejsze zakłócenia pomiędzy sygnałami, nadawanymi do różnych krajów;
- c/ moce nadajników pokładowych są wielokrotnie większe niż w systemach telekomunikacyjnych, a szerokość zajmowanego

pasma częstotliwości przez kanał radiowy stosunkowo mała /dla systemu w zakresie 12 GHz wynosi 27 MHz/.

W tych warunkach odbiór na terenie danego kraju programów własnych może się odbywać za pomocą prostych i tanich urządzeń odbioru indywidualnego, z antenami o średnicach poniżej 1 metra /lub przy odbiorze zbiorowym przy współpracy z instalacjami anten zbiorowych około 1,5 metra, w celu kompensacji wpływu dodatkowych szumów i zakłóceń/. Natomiast odbiór sygnałów z obcych satelitów wymaga już zastosowania urządzeń znacznie bardziej rozbudowanych i podobnych do tych, które stosuje się przy odbiorze sygnałów z satelitów telekomunikacyjnych.

Rozpatrując światowe tendencje budowy i wprowadzenie do normalnej eksploatacji systemów telewizyjnej radiodifuzji satelitarnej w zakresie częstotliwości około 12 GHz, należy wziąć pod uwagę rozwój technologii, jaki miał miejsce w świecie od czasu Konferencji WARC^{x/}77 i związaną z tym możliwość korzystnej, dla realizacji systemów, innej interpretacji postanowień tej Konferencji.

Od tego czasu dokonano znacznych postępów zwłaszcza w zwiększeniu sprawności anten i zmniejszeniu współczynnika szumów układów wejściowych urządzeń odbiorczych. Ponadto znalazły wykorzystanie układy demodulacyjne o obniżonym progu czułości, jak również przewiduje się dalsze korzyści z zastosowania nowych metod modulacji. Wszystko to pozwala uzyskać zysk rzędu 6-8 dB w tzw. budżecie energetycznym linii satelita-Ziemia. Oznacza to, że tę samą jakość odbioru można uzyskać z zastosowaniem mniejszych anten odbiorczych lub mniejszych anten nadawczych przy wspólnym nadawaniu programów dla kilku krajów. Może to być również wykorzystywane do zmniejszania mocy nadawania w danym kanale radiowym, zapewniając te same obszary pokrycia. W praktyce sprowadza

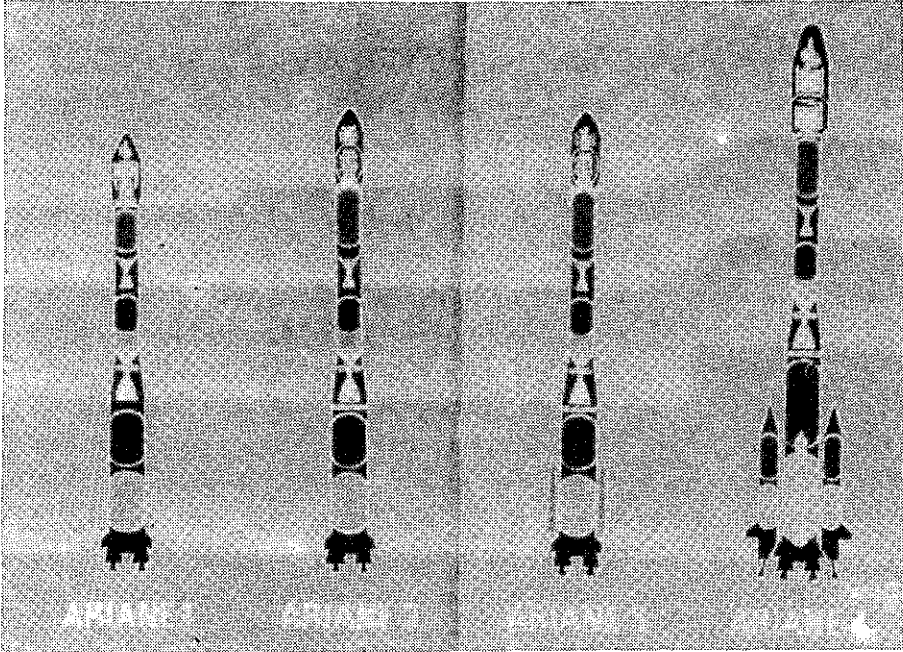
x/ Światowa Konferencja Administracyjna.

się to do tego, że przy ograniczonych mocach zasilania baterii pokładowych można zwiększyć liczbę kanałów radiowych, w których są nadawane programy telewizyjne z jednego satelity, co prowadzi do zmiany pierwotnych planów i obniża koszty realizacji systemów. Tak na przykład, omawiany dalej, satelita zachodnio-niemiecki TV-SAT w trakcie projektowania był przewidziany do równoczesnej pracy w 3 kanałach radiowych, a obecnie planuje się już wykorzystanie tej samej sumarycznej mocy do pracy w 4 kanałach. W związku ze zwiększeniem liczby kanałów i możliwości zwiększenia zasięgu odbioru na terenie Europy Zachodniej, przez bardziej czułe urządzenie odbiorcze, zaczyna się już operować pojęciami nie "odbior krajowy i rynek krajowy" lecz "odbior i rynek europejski", zachwalając pluralizm kulturowy językowy i polityczny oraz widząc konkretne korzyści ekonomiczne w ujednoczeniu standardów nadawania i unifikacji stosowanego sprzętu.

2.1. Plany dotyczące krajów Europy Zachodniej

Wszystko wskazuje na to, że pierwszymi satelitami radiodifuzyjnymi do bezpośredniego odbioru sygnałów telewizyjnych na terytorium Europy będą: zachodnio-niemiecki satelita TV-SAT i francuski TDF1, które po wprowadzeniu na orbitę i około dwuletnim okresie eksperymentalnym zostaną oddane do normalnej eksploatacji.

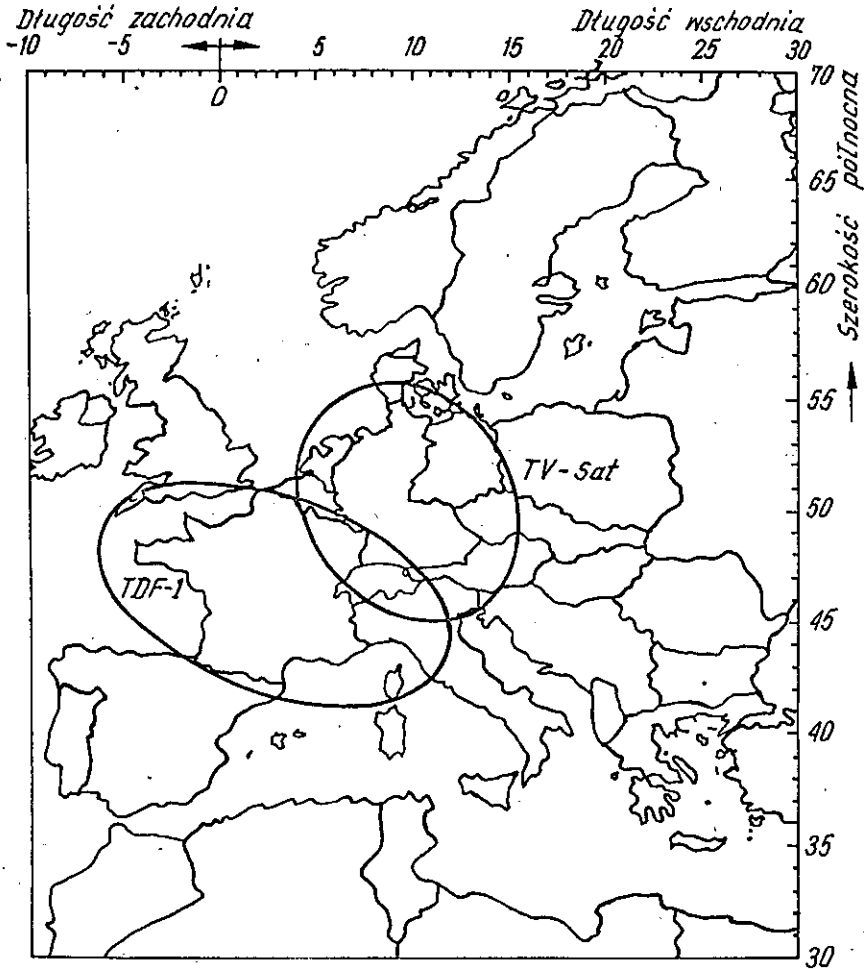
W 1980 r. Francja i RFN podpisały umowę w sprawie budowy dwóch prawie identycznych /inne częstotliwości kanałów radiowych i inne polaryzacje/ satelitów radiodifuzyjnych w ramach konsorcjum Eurosatellite i przy udziale wielu firm zachodnio-europejskich. Satelity te mają zostać wprowadzone na orbitę geostacjonarną za pomocą rakiet nośnych typu Ariane 3 /rys. 7/ z terytorium Gujany Francuskiej i umieszczone na 19° długości zachodniej.



Rys. 7. Rakiety nośne serii Ariane

Początkowo zakładano, że satelity zostaną wprowadzone na orbitę pod koniec 1984 r., później termin ten wielokrotnie przesuwano, a ostatnie informacje mówią o połowie 1987 r. Na rys. 8 przedstawiono obszary pokrycia wiązkami promieniowania anten pokładowych tych satelitów, zaś na rys. 9 pokazano przewidywany wygląd satelity po wprowadzeniu na orbitę.

Jak widać z rys. 8, programy nadawane przez satelitę zachodnio-niemieckiego mogą być bez trudu odbierane, tzn. z zastosowaniem tych samych prostych urządzeń indywidualnego odbioru, nie tylko na terenie RFN, ale również i NRD, krajów Beneluxu, Szwajcarii i zachodnich terytoriów Austrii. Programy nadawane przez satelitę francuskiego będą mogły być odbierane również w krajach Beneluxu, Szwajcarii i na terytorium północnych Włoch. Warto zaznaczyć, że możliwy byłby

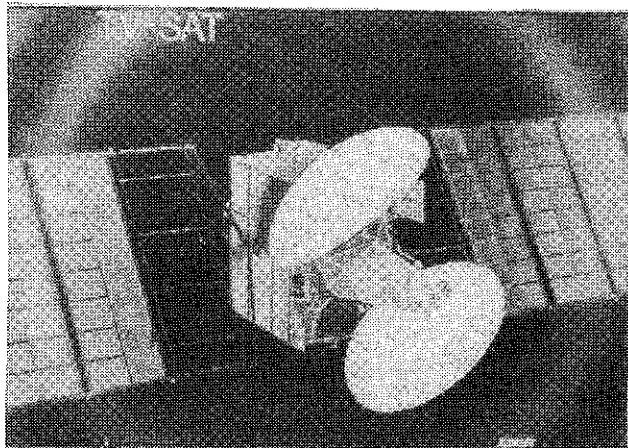


Rys. 8. Obszary pokrycia Europy wiązkami promieniowania satelitów radiodfuzyjnych TV-SAT i TDF1

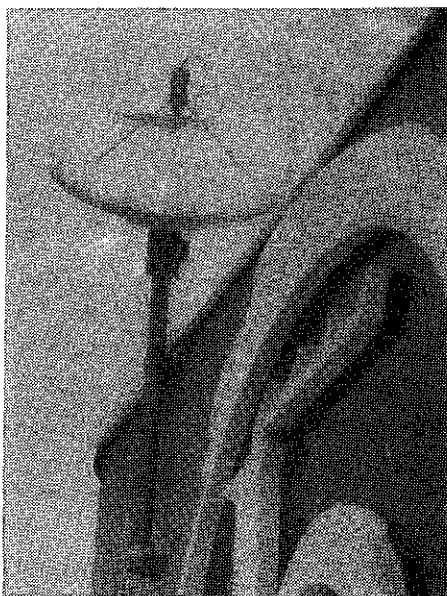
również łatwy odbiór sygnałów zachodnio-niemieckich w pobliżu zachodnich granic CSRS i PRL.

Każdy z satelitów będzie wyposażony w pięć nadajników^{x/} o mocach około 230 W, co przy uwzględnieniu zysków anten pokładowych będzie odpowiadało równoważnym mocom promieniowania e.i.r.p. około 63,5 dB, zapewniając na granicach obszarów pokrycia gęstość strumieni mocy - 103 dBW/m². Moc zasilania ba-

^{x/} W tym jeden rezerwowy.



Rys. 9. Przewidywany wygląd zewnętrzny satelity TV-SAT



Rys. 10. Antena indywidualnego urządzenia odbiorczego radiodifuzji satelitarnej

terii skłonecznych wyniesie około 3 kW, a ciężar satelitów -
- prawie 1200 kg.

Przewiduje się duże różnice w sposobach zagospodarowania kanałów w satelicie zachodnio-niemieckim i francuskim. W satelicie niemieckim dwa kanały będą przeznaczone do nadawania sygnałów telewizyjnych standardu PAL na zasadzie okresowej dzierżawy przez jedenaście republik związkowych i ewentualnie przedsiębiorstwa zagraniczne dla celów głównie reklamowych. Natomiast w kanale trzecim będzie nadawana pewna liczba programów stereofonicznych wysokiej jakości. Sygnały telewizyjne najprawdopodobniej będzie nadawać się z zastosowaniem kodu utajnającego, co zmusi do stosowania w odbiorniku odpowiednich dekodatorów.

W przypadku satelity francuskiego brakuje jednoznacznych rozstrzygnięć zarówno co do sposobu nadawania, jak i organizacji odpowiedzialnych za to nadawanie. Mówi się o nadawaniu sygnałów systemu SECAM i PAL, a także o nadawaniu składowych sygnału metodą D2-MAC. Ponieważ administracja francuska uznała, że całe przedsięwzięcie z satelitą TDF1 przekracza możliwości płatnicze francuskiego podatnika, więc w celu ograniczenia dalszych kosztów planuje się wydzierżawienie dwóch kanałów organizacji RTL Luxemburg do nadawania programów reklamowo-rozrywkowych w językach: francuskim, angielskim i niemieckim; przy czym prawdopodobnie bez kodowania programów w tych kanałach. Koszt dzierżawy ma wynosić około 10 mln dolarów rocznie za jeden kanał.

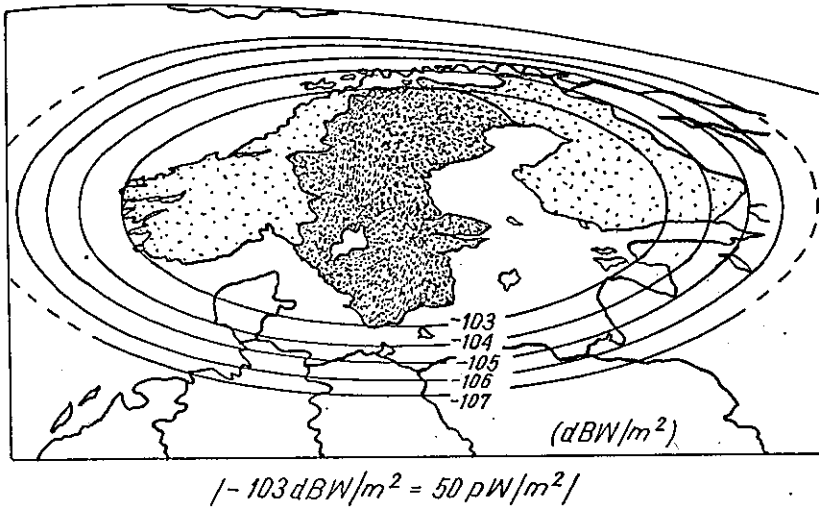
Na obszarach objętych zasięgiem nadawania satelitów przewiduje się możliwość odbioru indywidualnego za pomocą prostych i tanich /standardowych już nieomal z punktu widzenia stosowanych rozwiązań/ urządzeń odbiorczych z antenami parabolicznymi o średnicy około 90 cm, /prawdopodobnie z przesuniętym promiennikiem/ wykonywanymi z blachy lub tworzyw sztucznych /rys. 10/. Głowica mikrofalowa, umieszczona przy antenie powinna charakteryzować się współczynnikiem szumów 2,5 + 3,5 dB. Daje się to uzyskać stosując wzmacniacz wej-

ściowy wykonany z tranzystorów mikrofalowych o efekcie półowym GaAs. Powszechnie przewiduje się połączenie głowicy z urządzeniem domowym za pomocą kabelka koncentrycznego, umożliwiającego przesyłanie sygnałów o częstotliwości pośredniej w granicach około 900 - 1700 MHz.

W przypadku urządzeń odbioru zbiorowego będzie stosowane "sztywne" rozdzielanie kanałów, natomiast w urządzeniach odbioru indywidualnego przewiduje się możliwość skokowego przestrajania na jeden z 40 lub 20 kanałów radiowych, /przy ograniczeniu pasma częstotliwości sygnałów odbieranych do 400 MHz/ rozmieszczonych zgodnie z postanowieniami Konferencji WARC-77 w zakresie 11,7 - 12,5 GHz.

Możliwość odbioru różnych programów w tych kanałach wiąże się jednak /zakładając nawet brak specjalnego kodowania i dostateczną czułość urządzenia odbiorczego/ z koniecznością przystosowania urządzenia do odbioru sygnałów o dwóch przeciwnych polaryzacjach oraz koniecznością zmiany kierunku ustawienia anteny na różne satelity. Może to być zrealizowane albo przez obrót całej anteny zamontowanej na odpowiedniej konstrukcji wsporczej, albo przez zmianę położenia lub sposobu zasilania promiennika.

W krajach skandynawskich /Norwegia, Szwecja, Finlandia i Dania/, od wielu już lat mówiło się na temat konieczności realizacji wspólnego systemu telewizji satelitarnej, oznaczonego kryptonimem NORDSAT. Ponieważ z projektu tego z różnych przyczyn /przede wszystkim finansowych/ nic nie wyszło, Szwedzka Organizacja Kosmiczna postanowiła na własną rękę zrealizować system krajowy z możliwością dzierżawy kanałów przez inne kraje skandynawskie. W tym celu jest przewidziane zastosowanie satelity TELE-X, opracowywanego wspólnie przez firmy szwedzkie, zachodnio-niemieckie i francuskie, który poza 2-3 kanałami dla radiodyfuzji satelitarnej będzie również wyposażony w urządzenie do retransmisji sygnałów dla potrzeb radiokomunikacji stałej i ruchomej. Satelita powinien być wprowadzony na orbitę w roku 1988 lub 1989. Na rys. 11 przedstawiono obszar pokrycia północnej Europy wiązką



Rys. 11. Obszar pokrycia Europy Północnej wiązką promieniowania satelity TELE-X

promieniowania satelity. Na obszarze tym warunki odbioru będą zbliżone do warunków odbioru na obszarach objętych zasięgami działania satelitów francuskiego i zachodnio-niemieckiego.

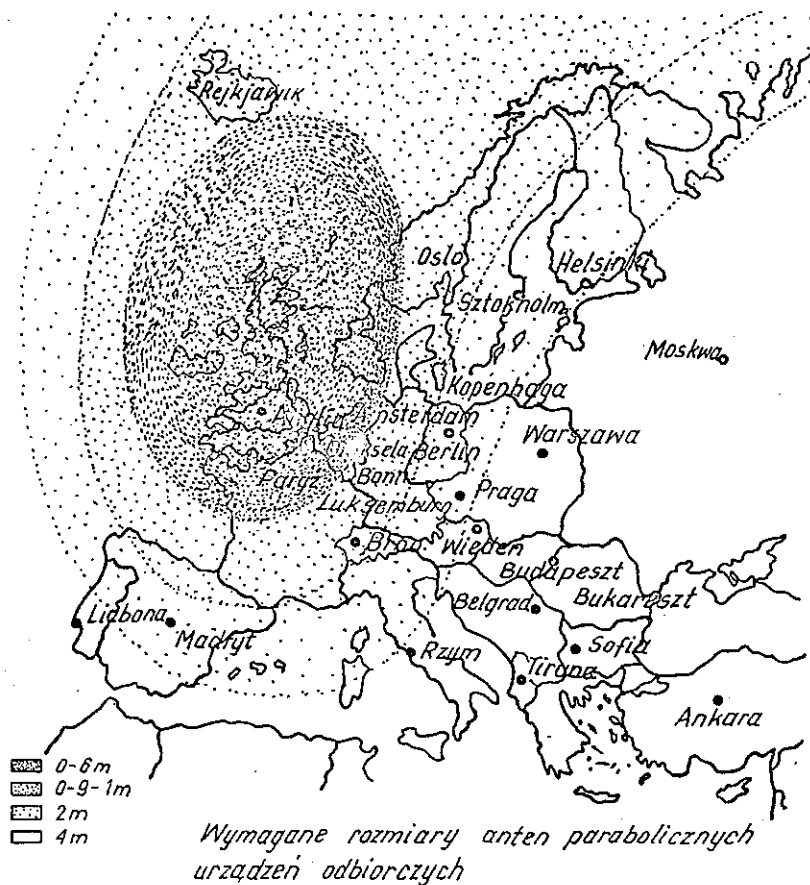
Również od wielu lat na wspólnym forum krajów europejskich /współdziałających w ramach Europejskiej Agencji Kosmicznej ESA/, była rozważana sprawa budowy i umieszczenia na orbicie dużego satelity, oznaczonego w projekcie L-SAT, o wielu zastosowaniach, w tym przeznaczonego również do nadawania radiodifuzyjnych programów telewizyjnych na zasadzie stosowania szerokiej wiązki, obejmującej wiele krajów europejskich oraz wiązek sterowanych, z okresowym obejmowaniem zasięgami promieniowania różnych krajów. Ponieważ tych dalekosiężnych zamierzeń nie udało się zrealizować, postanowiono ograniczyć się do budowy tzw. satelity Olympus, który powinien być wprowadzony na orbitę geostacjonarną w końcu 1988 r. Zajmie on pozycję 19^o długości zachodniej, przewidzianą m.in. dla włoskiego satelity radio-dyfuzyjnego. Poza urządzeniami retransmisyjnymi do różnych celów satelita będzie miał trzy na-

dajniki dość dużej mocy do nadawania radiodifuzyjnych programów telewizyjnych. Dwa z nich będą najprawdopodobniej dzierżawione przez Włochy w celu realizacji krajowego przedoperacyjnego systemu radiodifuzyji satelitarnej, a trzeci będzie wykorzystywany przez Europejską Unię Radiodifuzyjną /EBU/ w celu nadawania tzw. programu pan-europejskiego /bezpłatnie na okres pierwszych trzech lat/.

Wielka Brytania nie chce także pozostawać w tyle za innymi partnerami ze Wspólnoty Europejskiej i zamierza zbudować satelity radiodifuzyjne typu UNISAT, przewidziane do wprowadzenia na orbitę pod koniec obecnego dziesięciolecia. W zamierzeniach tych nie wszystko jest jeszcze jasne, tym bardziej, że mają być to satelity uniwersalnego zastosowania. Wiadomo jednak na pewno, że każdy z nich będzie przystosowany do nadawania programów telewizyjnych w dwóch kanałach radiowych.

Na rys. 12 pokazano pokrycie W. Brytanii i innych krajów europejskich zasięgiem nadawania tego satelity, przy czym dla celów poglądowych warunki odbioru sygnałów na różnych obszarach wyrażono wymaganym wzrostem średnicy stosowanych anten, przy założeniu takich samych czynnych urządzeń odbiorczych.

Projekty innych krajów zachodnio-europejskich w zakresie systemów telewizyjnej radiodifuzyji satelitarnej są jeszcze bardziej mgliste. Najbliższe realizacji wydają się systemy dla Austrii i Szwajcarii. Będą one pracowały z własnymi satelitami podobnymi do TV-SAT i DTF1 lub na zasadzie dzierżawy kanałów w dalszych satelitach tej serii, wykorzystując wspólne nominalne położenie na orbicie geostacjonarnej 19° długości zachodniej.



Rys. 12. Obszar pokrycia wiązką promieniowania satelity brytyjskiego UNJSAT

2.2. Plany dotyczące krajów Europy Wschodniej na tle prac prowadzonych w ramach programu INTERKOSMOS

2.2.1. Tematyka programu INTERKOSMOS

Jednym z przykładów współpracy krajów socjalistycznych w różnych dziedzinach gospodarki i techniki są wspólne prace naukowo-badawcze prowadzone w dziedzinie badania przestrzeni kosmicznej, z uwzględnieniem dominującej pozycji Związku Radzieckiego w zakresie wystrzeliwania pojazdów kosmicznych różnego przeznaczenia.

W 1967 r. opracowano program pt. "Współpraca krajów socjalistycznych w zakresie badania przestrzeni kosmicznej do celów pokojowych" - zwany skróto programem INTERKOSMOS.

Powołano specjalne Stałe Grupy Robocze biorące udział w realizacji programów w dziedzinie fizyki kosmicznej, meteorologii, medycyny, geofizyki, teledetekcji i łączności, uwzględniając możliwości techniczne i kierunki zainteresowań poszczególnych krajów. Koordynatorami prac prowadzonych w tym zakresie na terenie każdego z krajów są narodowe Komitety Badań Kosmicznych.

W Polsce działa taki Komitet przy Polskiej Akademii Nauk, a aktualnym jego przewodniczącym jest prof. J. Rychlewski. Komitet koordynuje krajowe prace badawcze prowadzone w różnych instytutach poprzez zespoły koordynacyjne różnych stopni, zajmujące się określonymi dziedzinami badań przy współpracy z różnymi resortami, na przykład w dziedzinie łączności kosmicznej współpracuje z resortem łączności.

W realizacji programu INTERKOSMOS biorą udział specjaliści z Bułgarii, Czechosłowacji, Mongolii, Kuby, NRD, Polski, Rumunii, Węgier i Związku Radzieckiego. Ostatnio, zasięgiem działania programu objęto również Wietnam.

Doceniając perspektywiczne znaczenie systemów radiodyfuzji satelitarnej wprowadzono w 1972 r. do programu INTERKOSMOS nowy temat Nr 6 pt. "Badanie zasad realizacji systemów bezpośredniej radiodyfuzji satelitarnej", którego koordynację powierzono PRL. Prowadzone badania mają na celu określenie struktury systemu, ustalenie dodatkowych parametrów technicznych, nie uwzględnionych na płaszczyźnie międzynarodowej /zwłaszcza w ramach UIT/, oraz stworzenie podstaw technicznych do budowy systemu. Szczegółowy zakres prac prowadzonych w ramach tematu Nr 6 programu INTERKOSMOS zostanie przedstawiony w punkcie następnym. Warto jednak zaznaczyć, że o postępach prac w tym temacie świadczy m.in. zmiana jego nazwy która obecnie już od 1978 r. brzmi: "Opracowanie systemu telewizji satelitarnej w zakresie częstotliwości 12 GHz i przygotowania do wprowadzenia go do doświadczalnej eksploatacji".

Największe zainteresowanie budzi wykorzystanie do celów radiodifuzji satelitarnej zakresu częstotliwości około 12 GHz, ze względu na małe jego dotychczas zastosowanie przez naziemne służby radiowe, dużą szerokość dostępnego pasma częstotliwości, łatwość skupienia fal w wąską wiązkę i możliwość uzyskania dużej selektywności przestrzennej odbioru, przy małych rozmiarach anten. Sprawa tak była rozpatrywana od początku w ramach programu INTERKOSMOS i właśnie zagadnieniem uporządkowania zasad wykorzystania tego zakresu częstotliwości poświęcona była Światowa Administracyjna Konferencja Radiodifuzyjna ds. Radiodifuzji Satelitarnej w zakresie częstotliwości 12 GHz w Genewie w 1977 r. /WARC-77/.

Wynikiem prac konferencji było opracowanie planu wykorzystania orbity geostacjonarnej przez satelity radiodifuzyjne i zakresów częstotliwości 11,7 - 12,2 GHz /Rejon 3/ oraz 11,7 - 12,5 GHz /Rejon 1, w tym Europa/.

Na bazie postanowień tej konferencji można już było w sposób bardziej planowy i konkretny kontynuować prace w ramach programu INTERKOSMOS. Kraje uczestniczące w tych pracach opracowały dotychczas projekt przejściowy propozycji technicznych budowy systemu telewizji satelitarnej, w zakresie częstotliwości 12 GHz. Projekt wstępny systemu STV - 12 dla europejskich krajów socjalistycznych /będący podstawą prac najbliższej pięcioletki/, został opracowany w 1985 roku przez specjalistów PRL, m.in. na podstawie przyczynkowych materiałów otrzymanych z krajów współpracujących w tym temacie. Uzgodnienie ostatecznej redakcji tego projektu nastąpi na początku 1986 roku, a zatwierdzenie projektu - w tym samym roku, na naradzie Stałej Grupy Roboczej.

W latach 1987 - 1988 nastąpi opracowanie wymagań technicznych na podstawie wykonanych prototypów głównych części składowych systemu STV - 12, a mianowicie: naziemnej stacji dosyłowej programów telewizyjnych do satelity radiodifuzyjnego, urządzeń pokładowych satelity i zunifikowanych naziemnych urządzeń odbiorczych. Ponadto, w tym samym czasie zamierza się przeprowadzić badania kompatybilności elektromag-

netycznej pomiędzy systemami radiodifuzji satelitarnej krajów socjalistycznych i systemami innych krajów.

Opracowano etapowy plan realizacji systemu, przewidujący w pierwszym eksperymentalnym okresie wprowadzenie na orbitę wspólnego satelity dla kilku krajów i nadającego równocześnie na przykład po jednym programie dla CSRS, NRD i PRL. Dotychczas nie został jednak ściśle określony termin wprowadzenia na orbitę satelity radiodifuzyjnego. Należy jednak przewidywać, że przy planowanym przebiegu realizacji urządzeń powinno to nastąpić około 1990 r.

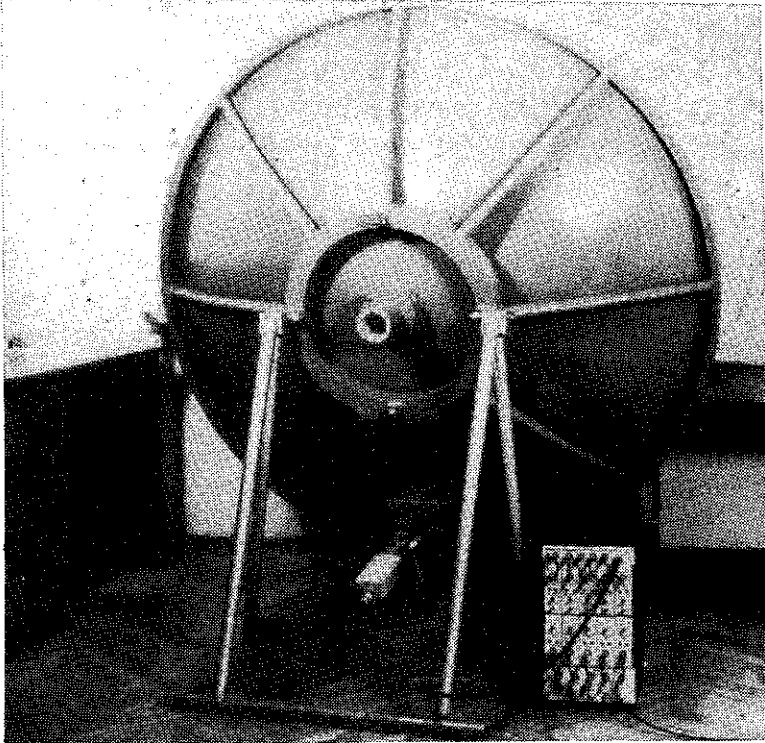
W zakresie prac konstrukcyjnych Związki Radziecki podjął się budowy i wyposażenia satelitów. Kilka krajów uczestniczy w budowie prototypu stacji naziemnych do doprowadzania programów do satelitów, a kilka krajów, w tym PRL, opracowuje prototypy urządzeń odbiorczych do produkcji masowej, przy czym przewiduje się odbiór zbiorowy /grupowy/ oraz odbiór indywidualny.

W pierwszym przypadku urządzenia odbiorcze wyposażono w dość dużą antenę paraboliczną o średnicy co najmniej 1,5 m i przystosowaną do współpracy z budynkową lub osiedlową instalacją antenową odbioru zbiorowego. Dla odbioru indywidualnego urządzenie z anteną o średnicy rzędu 1 m przystosowano do współpracy ze standardowym, abonenckim odbiornikiem telewizyjnym.

Opracowane w Instytucie Łączności, przy współpracy Przemysłowego Instytutu Telekomunikacyjnego, urządzenie /patrz rys. 13/ jest przeznaczone do współpracy z instalacją antenową, umożliwiającą docelowo bezpośredni odbiór sygnałów telewizyjnych w pięciu kanałach radiowych, przewidzianych dla Polski.

Oprócz wymienionych prac podstawowych prowadzi się również w ramach programu INTERKOSMOS prace badawcze nad systemami radiodifuzji satelitarnej o charakterze bardziej perspektywnym. W dotychczasowych opracowaniach stosuje się analogową modulację częstotliwościową, zarówno dla sygnałów wizyjnych jak i fonicznych. W celu polepszenia jakości trans-

miejsi, rozpoczęto w Instytucie Łączności prace nad analogowo-cyfrową transmisją składowych sygnału telewizji kolorowej /tzw. systemu MAC^{x/} dostosowaną do systemu SECAM.



Rys. 13. Wygląd zewnętrzny urządzenia do odbioru sygnałów z satelitów radiodifuzyjnych, opracowanego w Instytucie Łączności

2.3. Plany dotyczące innych rejonów świata

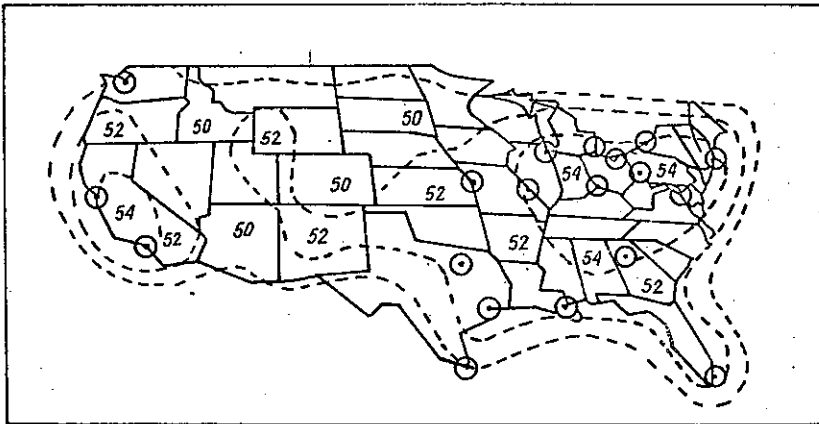
2.3.1. USA

Istnieją duże naciski ze strony społeczeństwa na realizację systemów telewizji satelitarnej, zapewniających wysoką

^{x/} Multiplexed Analogues Components.

jakość odbioru wielu programów telewizyjnych. Występują jednak trudności techniczne budowy takich systemów, wynikające przede wszystkim z bardzo dużego obszaru o nierównomiernym zaludnieniu, które należy objąć zasięgiem działania systemów. Planowaniem i projektowaniem systemów zajmuje się organizacja STC /Satellite Television Corporation/, która proponuje następujące drogi rozwiązania: system ogólno-krajowy i systemy stanowe.

W obu systemach przewiduje się stosowanie podobnych satelitów, umożliwiających nadawanie sygnałów w 6-8 kanałach radiowych, przy mocach nadajników rzędu 250 W. W przypadku systemu ogólno-krajowego kształtowana wiązka promieniowania satelity obejmowałaby całe terytorium USA /rys. 14/, wskutek czego równoważna moc promieniowania nie przekraczałaby 50 - 55 dBW, w zależności od lokalnych warunków klimatycznych i położenia względem osi głównej wiązki anteny. Zakładając przy tym możliwość masowej produkcji urządzeń odbiorczych o współczynniku szumów w granicach 2,5 + 3,5 dB, zmusiłoby to do stosowania anten o średnicach powyżej 1 metra,



Rys. 14. Obszar pokrycia terytorium USA kształtowanymi wiązkami promieniowania planowanego satelity radiodifuzyjnego

a w niektórych przypadkach nawet powyżej 2 m. Wprowadzenie jednak podobnych satelitów z antenami o wąskich wiązki promieniowania, obejmujących zazwyczaj kilka stanów położonych w tej samej strefie czasowej, pozwala ograniczyć rozmiary anten do 0,6 + 0,75 metra. Przewiduje się przy tym transmisję składowych sygnału ze zwielokrotnieniem i kompresją w czasie, tak jak w systemie MAC. Jako warunek uruchomienia takich systemów narzucano konieczność opanowania masowej produkcji indywidualnych urządzeń odbiorczych, wykonanych z monolitycznych mikrofalowych układów scalonych /MIMIC/ i z uwzględnieniem techniki impulsowej, Koszt nabycia takich urządzeń łącznie z instalacją nie powinien przekraczać 500 dolarów.

USA rozporządza zgodnie z postanowieniami RARC-83^{x/} czterema pozycjami na orbicie geostacjonarnej, na których zamierza umieścić satelity radiodifuzyjne w latach 1987-1988. Przewiduje się również stopniowy rozwój systemu, aby w roku 2000 osiągnąć liczbę około 30 mln abonentów. Nadzieje dotyczące rozwoju systemu opiera się na przewidywaniu wykorzystywania go do nadawania w przyszłości programów telewizyjnych wysokiej jakości na masową skalę w USA /pkt. 5/.

2.3.2. Kanada

W kraju są już dość szeroko zastosowane systemy zbliżone do radiodifuzyjnych, pracujące z wykorzystaniem satelitów CTS /Hermes/, Anik B i Anik C. Dwa ostatnie typy satelitów mają nadajniki, umożliwiające nadawanie po cztery programy dla czterech obszarów olbrzymiego terytorium Kanady, ale przy mocach tylko około 20 W. Zmusza to do stosowania rozbudowanych i drogich urządzeń odbiorczych. Planuje się wprowadzenie na orbitę nowych satelitów, o większych mocach nada-

^{x/} Światowa Administracyjna Konferencja Radiokomunikacyjna ds. satelitów radiodifuzyjnych dla krajów amerykańskich.

wania. Jednak i tak równoważna moc promieniowania e.i.r.p będzie wynosiła tylko 50 - 54 dBw, tzn. około dziesięć razy mniej od mocy dopuszczalnej zgodnie z postanowieniami RARC-83, a to dlatego, że przy małych gęstościach zaludnienia bardziej jest opłacalne stosowanie większych anten odbiorczych niż cięższych i droższych satelitów. Tak na przykład, analiza ekonomiczna wykazała, że zapewnienie doprowadzenia po osiem programów telewizyjnych do każdego z czterech obszarów wymagałoby nakładów rzędu 200 mln dolarów przy e.i.r.p 54 dBw i 600 mln dolarów przy e.i.r.p 58 dBw.

2.3.3. Japonia

Planuje się dalszy rozwój istniejącego systemu operacyjnego radiodifuzji satelitarnej z satelitami typu BS-2^{x/} poprzez zastosowanie nowych satelitów, o nieco większych mocach i parametrach całkowicie zgodnych z postanowieniami Konferencji WARC-77. W każdym kanale radiowym poza sygnałem telewizyjnym będą mogły być nadawane metodą cyfrową cztery typowe sygnały foniczne lub dwa sygnały bardzo wysokiej jakości. Pod koniec obecnego dziesięciolecia planuje się wprowadzenie satelitów typu BS-3 z czterema nadajnikami, o mocach nadawania do 200 W. Przewiduje się osiągnięcie około 1995 roku 10 milionów abonentów.

2.3.4. Australia

Rozpatruje się celowość budowy systemu pośredniego pomiędzy właściwym telewizyjnym systemem radiodifuzyjnym, a takim systemem rozprowadzania programów, który umożliwia odbiór sygnałów telewizyjnych przez oddalone i rozproszone fermę. Nadawane byłyby sygnały w 12 kanałach radiowych, przy mocach nadajników 30 W i e.i.r.p. zaledwie 47 dBw oraz przy wykorzystywaniu zakresu 12,5 + 12,75 GHz. Przyjęcie takich założeń nie pozwala, zgodnie z Regulaminem Radiokomunikacyjnym,

^{x/} BS - Broadcast Satellite.

na uzyskiwanie gęstości strumienia mocy przy powierzchni Ziemi większej od - 111 dBw/m.

2.3.5. Kraje arabskie

Przewiduje się rozbudowę systemu wspólnego dla krajów arabskich z zastosowaniem satelitów typu ARABSAT. Pierwszy doświadczalny satelita został wprowadzony na orbitę już w 1984 roku. Dla satelitów tych są zaplanowane pozycje 19° i 26° długości wschodniej na orbicie geostacjonarnej. Na razie będą z każdego satelity nadawane tylko dwa programy a wartość e.i.r.p. wyniesie zaledwie 42 dBw. Pozwala to na stosowanie rozbudowanych urządzeń odbioru zbiorowego, zgodnie z intencjami twórców systemu, którzy zamierzają wykorzystywać go głównie do rozpowszechniania programów o charakterze religijnym. Sprawą otwartą pozostaje dalszy rozwój systemu, głównie z powodów ekonomicznych i znacznej różnicy zamożności w krajach arabskich. Jedne z nich nie mają bowiem czym płacić, a drugie nie chcą ponosić kosztów za pozostałe. Poza tym, przy takim zastosowaniu systemu trudno oczekiwać wpływów z jego eksploatacji. Przewidywany zakres częstotliwości nadawania wyniesie około 2,6 GHz.

3. PRZEWIDYWANA STRUKTURA SYSTEMU TELEWIZYJNEJ RADIODYFUZJI SATELITARNEJ NA TERENIE PRL I WARUNKI ODBIORU SYGNAŁÓW TELEWIZYJNYCH RÓŻNYCH SYSTEMÓW

Strona polska jest żywotnie zainteresowana wykorzystywaniem satelitów radiodyfuzyjnych dla potrzeb naszego kraju. Obecnie rozbudowuje się w zakresie fal metrowych i decymetrowych naziemne sieci telewizyjne do emisji dwóch programów. Zasięg odbioru pierwszego programu obejmuje około 95%, a drugiego około 60% powierzchni kraju.

Zakłada się również, że w latach następnych zostanie zbudowana sieć stacji do emisji trzeciego programu. W tym celu trzeba by wybudować lub rozbudować kilkadziesiąt obiektów

nadawczych, rozbudować do około 9 tys. kilometrów sieć linii radiowych do przesyłania trzech programów telewizyjnych oraz zainstalować dodatkowo kilkaset przemienników telewizyjnych. Wiąże się to oczywiście z olbrzymimi kosztami.

Dalsze powiększenie liczby nadawanych programów telewizyjnych /ze względu na brak wolnych kanałów w zakresach fal metrowych i decymetrowych/ już z założenia będzie praktycznie możliwe tylko z wykorzystywaniem systemów radiodifuzji satelitarnej w zakresie fal centymetrowych. Wstępna analiza ekonomiczna wykazuje również, że ze względu na koszty i terminy oddania urządzeń do eksploatacji nawet realizacja trzeciego programu telewizyjnego będzie korzystniejsza za pomocą systemu radiodifuzji satelitarnej, opracowywanego w ramach programu INTERKOSMOS. Ze względu na przewidywaną rozbudowę systemów antenowych instalacji zbiorowych, budynkowych i osiedlowych, a w przyszłości również wprowadzenie telewizji kablowej, administracja łączności PRL jest szczególnie zainteresowana odbiorem zbiorowym sygnałów telewizyjnych z satelitów i rozprowadzaniem ich na takiej częstotliwości i w takiej postaci, do których są przystosowane standardowe, domowe odbiorniki telewizyjne.

Trzeba również dodatkowo uwzględnić możliwość i celowość wykorzystywania systemów radiodifuzji satelitarnej do nadawania programów radiofonicznych mono- i stereofonicznych wysokiej jakości, sygnałów kontroli czasu i częstotliwości, jak również innych ważnych informacji, /nadawanych na przykład w chwilach powszechnego zagrożenia/ przeznaczonych do odbioru przez możliwie szeroki krąg odbiorców. Wynika to z objęcia zasięgiem nadawania jednego nadajnika pokładowego satelity całego terytorium naszego kraju.

Uzasadnia to czynne zaangażowanie PRL w rozwój i wykorzystywanie systemów radiodifuzji satelitarnej, czego dowodem może być podjęcie się roli koordynacyjnej tego zagadnienia w ramach programu INTERKOSMOS. Po pierwszym okresie badań systemu z wykorzystaniem satelity eksperymentalnego i kilku-

set urządzeń odbiorczych /rozmieyszczonych w różnych warunkach pracy na terenie kraju/ przewiduje się dzierżawę satelity /lub części jego kanałów radiowych/ dla potrzeb PRL, budowę własnej krajowej stacji naziemnej do doprowadzenia programów do satelitów oraz uruchomienie masowej produkcji urządzeń odbiorczych, umożliwiających docelowo odbiór do pięciu sygnałów telewizyjnych, lub równoważnych, w kanałach radiowych w przedziale częstotliwości 11,7 - 12,0 GHz.

Należy jeszcze odpowiedzieć na pytanie, dlaczego istnieje tak duże zainteresowanie wykorzystaniem sztucznych satelitów do nadawania programów telewizyjnych i radiofonicznych przy takich parametrach systemu, które umożliwią bezpośredni odbiór sygnałów przez stosunkowo proste urządzenia odbiorcze, w tym przez indywidualne odbiorniki domowe?. Z punktu widzenia organizacji odpowiedzialnych za zapewnienie szerokiego zasięgu odbioru programów podstawową atrakcyjną cechą nadawania z satelitów jest potencjalna możliwość objęcia zasięgiem nadawania jednego satelity bardzo dużego obszaru na powierzchni Ziemi /najczęściej obszaru całego kraju/ przy jednakowym prawie natężeniu sygnału i małych jego wahaniach w czasie. Umożliwia to odbiór programów wysokiej jakości w dowolnym miejscu kraju bez względu na jego położenie terenowe i istniejącą infrastrukturę.

Zgodnie z postanowieniami Konferencji WARC-77 Polska uzyskała możliwość nadawania z satelity, umieszczonego na orbicie geostacjonarnej, na nominalnej pozycji 1° długości zachodniej /nad Zatoką Gwinejską/, 5 programów telewizyjnych w 5 kanałach radiowych /1,5, 9, 13 i 17/, rozmieszczonych w zakresie częstotliwości 11,7 - 12,00 GHz. Nominalna pozycja satelity jest wspólna z innymi krajami socjalistycznymi /NRD, CSRS, WRL, SRR i SRB/, co pozwala na wykorzystywanie wspólnych satelitów i zabezpiecza przed umieszczeniem na tej pozycji satelitów państw spoza naszego obozu /ZSRR, ze względu na swoje usytuowanie geograficznie, zróżnicowanie stref czasowych oraz bardzo duży obszar kraju uzyskał przy-

dział kilku pozycji orbitalnych, w tym dla części europejskiej pozycję orbitalną 23° długości wschodniej./.

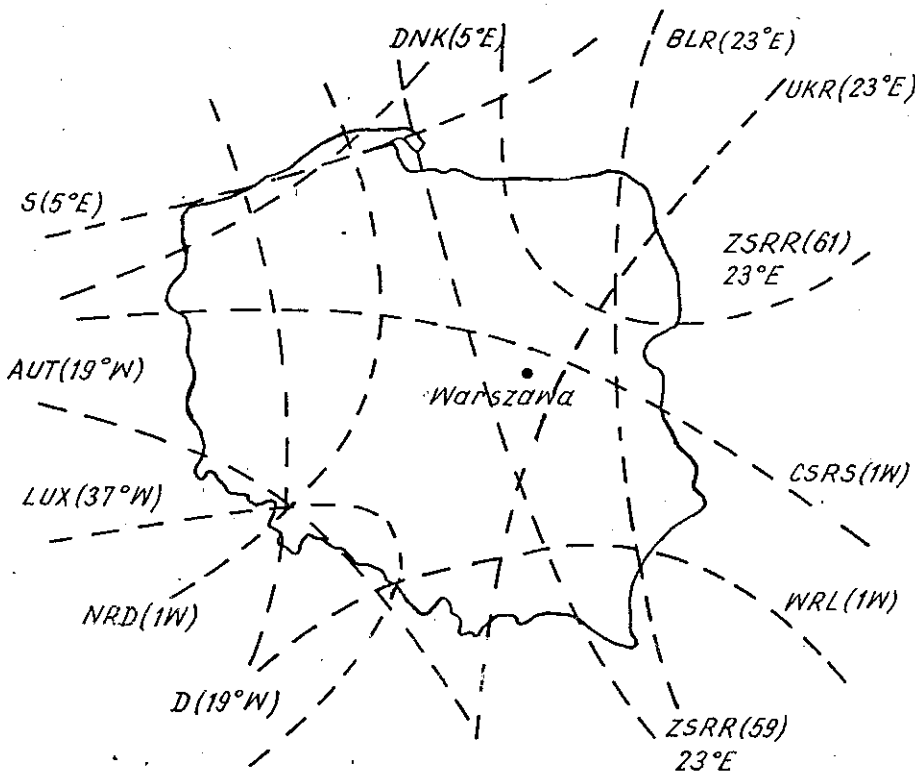
Przy mocach nadawania nadajników pokładowych satelity około 100 W na jeden kanał radiowy i kącie rozwarcia wiązki promieniowania anteny pokładowej $1,5^{\circ} \times 0,6^{\circ}$ daje to możliwość indywidualnego i zbiorowego odbioru wysokiej jakości programów telewizji czarno-białej i kolorowej na całym terytorium PRL.

Powyższe ustalenia międzynarodowe zabezpieczają interesy PRL w maksymalnie możliwy sposób z punktu widzenia technicznego, biorąc pod uwagę zarówno pokrycie terytorium naszego kraju własnymi programami, jak i zapobiegają w dużym stopniu możliwościom odbioru programów obcych. Wynika to między innymi z wartości współczynników ochronnych, określających możliwość zakłóceń ze strony sygnałów telewizyjnych, nadawanych na terytoria innych krajów.

Przy realizacji i eksploatacji systemów radiodyfuzji satelitarnej mogą wynikać pewne trudności "poza - techniczne" na skutek niezamierzonego lub celowego, częściowego albo całkowitego obejmowania wiązką kierunkową pokładowej anteny nadawczej krajów innych, zwłaszcza sąsiednich. Budzi to pewne obawy przed wykorzystywaniem tego nowego środka przekazu do nadawania informacji propagandowych lub demonstrowania "innego stylu życia" oraz obawy autorów i twórców programów, dotyczących zabezpieczenia swych praw autorskich i wykorzystywania w systemach telewizji rozsiewczej ich dorobku, bez odpowiedniego ekwiwalentu pieniężnego. Nie wdając się głębiej w dyskusję tego zagadnienia, można tylko stwierdzić, że poza ochroną formalno-prawną i ustaleniem ścisłych przepisów międzynarodowych, co do miejsca satelity na orbicie geostacjonarnej, częstotliwości kanałów radiowych oraz charakterystyki i kierunku promieniowania anten pokładowych będzie się przeciwdziałać takim tendencjom przez odpowiednie kodowanie nadawanych programów /zmiennie w czasie/, pozwalające na odbiór sygnałów tylko przez licencjonowanych odbiorców. W związku z tym należy podkreślić, że podane tu-

taż rozważania dotyczą tylko możliwości technicznych odbioru różnych programów radiodifuzji satelitarnej z pominięciem aspektów formalno-prawnych dopuszczalności takiego odbioru lub jego faktycznej możliwości ze względu na stosowanie nie znanych, zmienianych okresowo kodów utajniających. Może to uniemożliwiać odbiór całego sygnału telewizyjnego lub tylko sygnałów fonii bądź sygnałów chrominancji.

Na rys. 15 pokazano obszary zachodzenia na siebie wiązek promieniowania satelitów systemów radiodifuzyjnych niektórych krajów europejskich na obszar Polski. W obszarach tych



Rys. 15. Obszary zachodzenia wiązek promieniowania satelitów radiodifuzyjnych niektórych krajów europejskich na terytorium PRL /na poziomie -3 dB/

jest teoretycznie możliwy odbiór obcych sygnałów za pomocą tego samego typu urządzeń, które byłyby przewidziane do odbioru krajowych sygnałów telewizji satelitarnej, z uwzględnieniem innych częstotliwości kanałów oraz ewentualnie różnych polaryzacji sygnałów i różnych standardów telewizyjnych. Dodatkowo, w przypadku satelitów położonych w innych punktach na orbicie geostacjonarnej niż 1° długości zachodniej konieczna byłaby zmiana kierunku ustawienia anteny lub stosowanie niezależnych anten. Zależy to od tego na jaki zakres częstotliwości będą projektowane w kraju urządzenia odbiorcze, czy na całe przewidziane pasmo częstotliwości 800 MHz, czy tylko na dolną połówkę tego pasma o szerokości 400 MHz, w której są rozmieszczone kanały, przeznaczone dla potrzeb radiodiffuzji satelitarnej PRL.

Poza obszarami zachodzenia na siebie wiązek promieniowania obcych satelitów, czyli praktycznie na całym ewentualnie obszarze naszego kraju, do odbioru obcych programów poza spełnieniem warunków wymienionych powyżej należałoby jeszcze zwiększyć czułość urządzeń odbiorczych, ze względu na szybko malejącą gęstość strumienia mocy sygnału. W tym celu trzeba by stosować przede wszystkim anteny o większych średnicach oraz zastosować doskonalsze, wejściowe wzmacniacze mikrofalowe o mniejszym poziomie szumów. Dokładne określenie wymagań na urządzenie możliwe byłoby dopiero po uwzględnieniu miejsca lokalizacji urządzenia oraz satelity lub satelitów, z których pożądanym byłby odbiór sygnałów.

4. PERSPEKTYWY ZASTOSOWANIA NOWYCH METOD TRANSMISJI SYGNAŁÓW TELEWIZYJNYCH

Stosowane obecnie powszechnie w świecie systemy telewizyjne NTSC, PAL i SECAM zostały opracowane przeszło 20 lat temu, z uwzględnieniem ówczesnych możliwości technologicznych i założeniem stosowania modulacji amplitudowej oraz możliwości wykorzystywania odbiorników telewizji kolorowej do odbioru

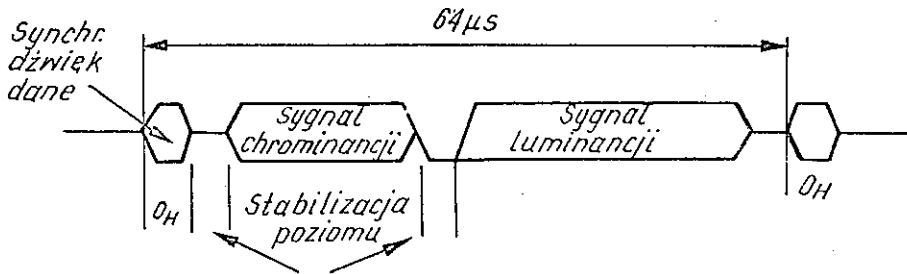
sygnałów monochromatycznych i odtwarzania obrazów jako czarno-białe oraz odwrotnie, umożliwienia odbioru sygnałów telewizji kolorowej przez odbiorniki telewizji czarno-białej i odtwarzania obrazów jako czarno-białe.

Systemy te jako analogowe charakteryzują się znaczną podatnością na zakłócenia, a także na zniekształcenia wywoływane wzajemnym oddziaływaniem na siebie sygnałów luminancji i chrominancji. W przypadku stosowanej z założenia w systemach radiodyfuzji satelitarnej w zakresie częstotliwości około 12 GHz modulacji częstotliwościowej problemy zakłóceń i podatność na szумы jeszcze się zwiększają. Wynika to z tego, że sygnał chrominancji w tych systemach jest umieszczony w górnym zakresie częstotliwości sygnału luminancji. Przy modulacji częstotliwościowej, o "trójkątnym" charakterze szumów rosnących z częstotliwością jest zaszumiany zwłaszcza sygnał chrominancji. Uwydatnia się to przy szerokopasmowej modulacji częstotliwościowej, stosowanej w kanale radiowym radiodyfuzji satelitarnej. Ponieważ systemy telewizji satelitarnej praktycznie nie zostały jeszcze wprowadzone do normalnej eksploatacji, pojawia się więc unikalna okazja odejścia od stosowanych dotychczas metod transmisji i ustalenia nowego systemu transmisji, wspólnego przynajmniej dla Europy, a może i świata.

Transmisja sygnałów telewizyjnych w postaci cyfrowej nie wchodzi na razie w rachubę, ponieważ w tym celu jest wymagana szybkość transmisji powyżej 34 Mbit/s, /50 + 70 Mbit/s/, a przewidziany w planach WARC-77 kanał radiowy o szerokości 27 MHz, nie pozwala na przesyłanie sygnałów cyfrowych z prędkością bitową większą od około 36 Mbit/s. W tej sytuacji jako rozwiązanie przejściowe proponuje się kombinowane systemy analogowo-cyfrowe, w których sygnały wizyjne są przesyłane w postaci analogowej, a sygnały dźwięku, synchronizacji i danych w postaci cyfrowej.

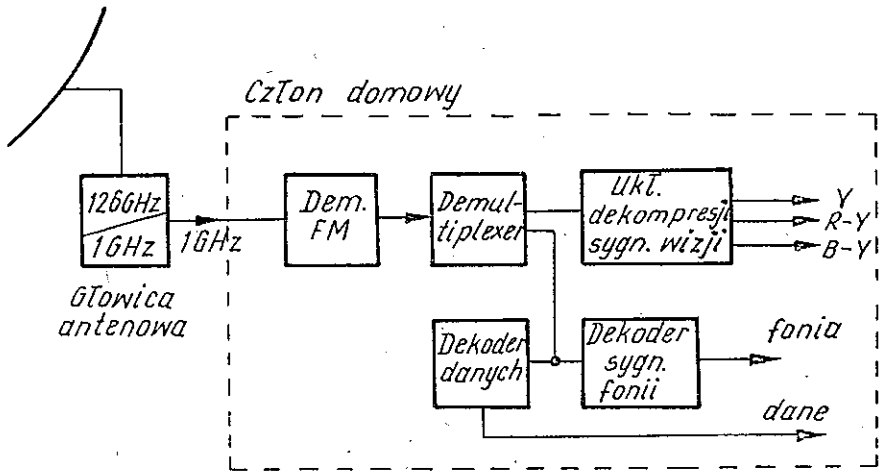
W celu ujednoczenia metody nadawania sygnałów Europejska Unia Radiodyfuzyjna /EBU/ zaproponowała stosowanie systemu MAC /Multipleksed Analogue Components/, polegającego na

nadawaniu składowych sygnału telewizji kolorowej z ich zwielokrotnieniem i kompresją w czasie. System MAC eliminuje występowanie wzajemnych zakłóceń pomiędzy obu składowymi sygnału telewizji kolorowej, zmniejsza szumy w kanale chrominancji dzięki przesyłaniu sygnałów chrominancji w dolnym zakresie pasma częstotliwości oraz stwarza podstawy do przyszłościowej transmisji sygnałów o wyższej rozdzielczości. Sygnały dźwięków towarzyszących, synchronizacji i danych są przesyłane w postaci cyfrowej i zwielokrotnione w czasie ze skompresowanymi sygnałami wizyjnymi. Typowa struktura sygnału systemu MAC jest podana na rys. 16.



Rys. 16. Struktura sygnału telewizyjnego, przesyłanego metodą MAC

Urządzenie odbiorcze telewizyjnej radiodyfuzji satelitarnej z transmisją sygnałów systemem MAC /rys. 17/ musi zawierać dodatkowe układy do dekompresji i przetwarzania sygnału wizyjnego oraz do dekodowania cyfrowych sygnałów fonicznych. Układy te można obecnie realizować stosunkowo prosto przez zastosowanie elementów o dużej skali integracji. Przy masowej produkcji koszt odbiornika powinien wzrosnąć niewiele. Ponadto możliwe jest ewentualne zmniejszenie rozmiarów anteny odbiorczej, ze względu na uzyskiwany w systemie MAC lepszy stosunek sygnału do szumów.



Rys. 17. Urządzenie odbiorcze dla systemu radiodiffuzji satelitarnej z nadawaniem sygnałów metodą MAC

Omawiana zasada transmisji została szczegółowo przebadana za pomocą układów symulacyjnych oraz praktycznie przy nadawaniu sygnałów za pomocą satelitów OTS. Możliwe i przewidziane jest przy tym stosowanie różnych wariantów systemu, oznaczanych B, C i D i różniących się metodą kodowania i liczbą transmitowanych sygnałów fonicznych. Metoda transmisji sygnałów składowych telewizji kolorowej i ich współczynniki kompresji są natomiast we wszystkich wariantach takie same. System C-MAC pozwala, np. na transmisję łącznie z sygnałem wizyjnym, który jest następnie modulowany częstotliwościowo, do ośmiu sygnałów fonicznych wysokiej jakości, kodowanych cyfrowo i przesyłanych z częstotliwością 20, 25 MHz, z zastosowaniem wielopoziomowego kluczenia fazy, zajmując całe pasmo 27 MHz. System ten został wstępnie zaaprobowany przez wiele krajów europejskich i wydawał się przyszłościowym, ujednoczonym rozwiązaniem, ale zasadnicze zastrzeżenie zgłosiła następnie Francja ze względu na niemożliwość współpracy systemów satelitarnych i telewizji kablowej /zbyt szerokie pasmo przenoszonych częstotliwości/.

W związku z tym zaproponowano inne warianty systemu, różniące się metodą kodowania i prędkością transmisji sygnałów fonicznych. Obecnie najwęższe pasmo częstotliwości wymagane jest w systemie oznaczonym jako D2-MAC, który daje ograniczenie liczby przesyłanych sygnałów fonicznych do czterech przy kodowaniu duobinarnym i przesyłaniu ich z częstotliwością 10,125 MHz. Pozwala to na transmisję sygnałów o strukturze D2-MAC za pomocą linii kablowych, stwarzając optymalne warunki współpracy systemów satelitarnych i kablowych. Nie ma wprawdzie ostatecznej decyzji w tej sprawie, ale niektóre firmy proponują już rozwiązania urządzeń odbiorczych, pozwalających na odbiór sygnałów o strukturze C-MAC lub D2-MAC.

Jeszcze jednym problemem związanym z nadawaniem sygnałów w telewizyjnej radiodyfuzji satelitarnej jest sprawa decyzji, co do zasady stosowania lub nie stosowania specjalnych kodów utajniających /tzw. kryptonimów/ lub pozostawienie tej sprawy do indywidualnej decyzji organizacji, odpowiedzialnej za wykorzystywanie danego kanału radiowego w danym systemie satelitarnym. W kwestii tej istnieją duże rozbieżności poglądów nawet na terenach poszczególnych krajów, zwłaszcza pomiędzy administracjami i organizacjami odpowiedzialnymi za nadawanie programów. Wiąże się to ściśle z odpowiedzialnością na pytanie, czy korzystanie z odbioru telewizji satelitarnej będzie płatne /z zastosowaniem w odbiorniku specjalnych okresowo wymiennych układów odtajniających/ czy też bezpłatne dzięki dotacjom państwowym, różnych organizacji lub poprzez stosowanie płatnych ogłoszeń itp.

5. TELEWIZJA SATELITARNA WYSOKIEJ JAKOŚCI /HDTV^{x/}/

Systemy radiodyfuzji satelitarnej stwarzają szczególnie sprzyjające warunki do wprowadzenia nowych systemów telewizyjnych o większej rozdzielności. W nowych bowiem systemach

^{x/}High - Definition Television.

łatwiej wprowadzić nowe standardy, których zastosowanie w dotychczas wykorzystywanych sieciach nadajników telewizyjnych na powierzchni Ziemi napotykałyby na wiele zrozumiałych trudności technicznych i ekonomicznych. Stworzenie możliwości odbioru sygnałów o wyższej jakości, z uwzględnieniem szerokiego zasięgu radiodifuzji satelitarnej, stanowi dodatkową zachętę do zakupu nowych urządzeń przez abonentów i warunkuje szybszy rozwój systemu radiodifuzyjnego.

Wprowadzenie sygnałów umożliwiających uzyskiwanie obrazów o wyższej rozdzielczości wiąże się jednak z koniecznością powiększenia szerokości pasma emitowanego sygnału. Należy więc przede wszystkim rozpatrzyć, w jakim stopniu ograniczenia te mogą dotyczyć systemów radiodifuzji satelitarnej.

Pomijając wykorzystanie częstotliwości w V zakresie telewizyjnym, to zgodnie z postanowieniami Międzynarodowego Związku Telekomunikacyjnego /UIT/ w Rejonie 1 /Europa, Afryka i częściowo Azja/, do dyspozycji systemów radiodifuzji satelitarnej są przewidziane następujące pasma częstotliwości:

- 11,7 do 12,5 GHz,
- 41 do 43 GHz,
- 84 do 86 GHz

Ponadto w Rejonie 3 można również użytkować zakres 22,5 do 23 GHz.

5.1. Zakres częstotliwości około 12 GHz

Ograniczenie szerokości pasma kanału radiowego w tym zakresie do 27 MHz stanowi najpoważniejszy problem z punktu widzenia transmisji sygnałów umożliwiających uzyskiwanie obrazów o większej rozdzielczości, wymagających szerokiego pasma częstotliwości kanału transmisyjnego, szczególnie, jeżeli przyjmiemy uzasadnione założenie transmisji sygnałów w postaci cyfrowej oraz przesyłanie niezależnych sygna-

łów luminancji i chrominancji, między innymi w celu uniknięcia intermodulacji tych sygnałów.

Wymagana szerokość pasma częstotliwości kanału radiowego jest funkcją podstawowego pasma częstotliwości sygnałów kodowanych ze względu na ograniczoną moc systemów satelitar-nych. Racjonalne wykorzystanie widma częstotliwości jest ważne, aby pasmo to było możliwie jak najwęższe. Może to jednak znacznie skomplikować rozwiązanie odbiornika. W celu uzyskania optymalnego kompromisu są przeprowadzane w wielu krajach badania różnych metod kodowania sygnałów telewizyj-nych, zapewniających odtwarzanie obrazów o wysokiej roz-dzielczości. Przykładowo można tu wymienić między innymi:

- Japoński system kodowania składowych, w którym sygnały chrominancji są skompresowane w czasie i przesyłane w okresie wygaszania linii wybierania obrazu, przy czym w każdej linii przesyłany jest tylko jeden sygnał różnicowy, a drugi sygnał różnicowy jest przesyłany w linii następnej. Pasma częstotliwości sygnału luminancji wynosi w tym przy-padku 20 MHz, a pasma częstotliwości sygnałów różnicowych przed kompresją odpowiednio 7 MHz i 5,5 MHz.
- Japoński system MUSE^{x/}, w którym sygnał o pasmie 8,1 MHz jest próbkowany z częstotliwością podnyquistowską, w taki sposób, że położenia próbek na obrazie są przesunięte w czasie pomiędzy kolejnymi polami i kolejnymi obrazami oraz powtarzają się co czwarte pole. Po stronie odbiorczej wszystkie elementy obrazów stałych są odtwarzane za pomo-cą filtrów interpolacyjnych międzyobrazowych i międzypo-łowych. Części ruchome obrazów są natomiast odtwarzane za pomocą międzypolowych filtrów interpolacyjnych i mogą wy-kazywać niewielką utratę szczegółów w porównaniu z obraza-mi stałymi. Obróbka sygnałów jest cyfrowa, lecz sygnały wizyjne są przesyłane z modulacją częstotliwościową. Nato-miast sygnały dźwięku i danych są przesyłane z wielowarto-

^{x/} MUSE - Multiple Subsampling Encoding.

ściową kluczowaną modulacją fazy w czasie trwania impulsów wygaszania pola. Urządzenia systemu zapewniają transmisję sygnałów wizyjnych wysokiej rozdzielczości jednym kanałem satelitarnym.

- Proponowana przez RFN odmiana systemu MAC, tzw. F-MAC, zapewniająca transmisję sygnałów telewizyjnych wysokiej rozdzielczości dwoma kanałami satelitarnymi.

5.2. Zakresy częstotliwości około 23,42 i 85 GHz

Dla zakresów tych nie przeprowadzono jeszcze podziałów na kanały radiowe, co stwarza korzystne perspektywy dla transmisji sygnałów telewizyjnych umożliwiającą uzyskiwanie obrazów o większej rozdzielczości.

Wiele proponowanych metod transmisji sygnałów HDTV wymaga pasma częstotliwości kanału radiowego szerszego od 27 MHz. Należą do nich między innymi:

- Japoński system, tzw. "Separate Y-C", polegający na niezależnym przesyłaniu sygnałów luminancji i chrominancji, które modulują dwa różne sygnały o częstotliwościach nośnych. Pasma podstawowe sygnału luminancji wynosi w tym przypadku 20 MHz, a sygnału chrominancji 6,5 MHz, zaś szerokości kanałów radiowych odpowiednio: 80 MHz i 25 MHz.
- Japoński system FCFE^{x/}, polegający na zamianie po stronie odbiorczej /dzięki zastosowaniu pamięci obrazu/ odchylenia między liniowego na odchylenie kolejno liniowe. Ponieważ rozdzielczość pionowa obrazu w przypadku odchylenia między liniowego jest równa rozdzielczości pionowej obrazu zawierającego ok. 35% linii wybierania, mniej przy odchyleniu kolejno liniowym, system pozwala na 35% ograniczenie pasma częstotliwości kanału radiowego. Dla 1125 linii wybierania obrazu pasmo to wynosi 38 MHz.

^{x/} FCFE - Frame Conversion Fineness Exchange.

- Telewizyjne systemy cyfrowe, dla których pasmo częstotliwości kanału radiowego zależy od przyjętej metody kodowania cyfrowego. Przy założeniu, np. 6 bitów na próbkę zarówno sygnału luminancji jak i sygnału chrominancji kodowania różnicowego /DPCM/ obu tych sygnałów oraz modulacji z kluczowanym przesuwem fazy uzyskuje się prędkość bitową sygnału równą 260 Mbit/s, co wymaga pasma częstotliwości kanału radiowego do 195 MHz. Dalsze prace nad metodami zmniejszenia prędkości bitowej sygnałów wizyjnych są prowadzone w wielu krajach. Należy więc mieć nadzieję, że w najbliższym czasie zostaną zaproponowane nowe metody kodowania wymagające węższego kanału radiowego.

5.3. Porównanie parametrów systemów radiodifuzji satelitarnej dla różnych zakresów częstotliwości

W tablicy 4 [1] pokazano ogólne porównanie parametrów systemów radiodifuzji satelitarnej, pracujących z wykorzystaniem zakresów częstotliwości około 12, 23, 42 i 85 GHz, a w szczególności wymaganej mocy promieniowania nadajnika pokładowego, niezbędnej dla zapewnienia tej samej jakości odbioru. Porównanie to jest słuszne dla sygnałów telewizyjnych o różnych, /tych samych dla wszystkich zakresów częstotliwości/ rozdzielczościach obrazu. Jednym z istotnych wniosków, jakie można wyciągnąć z tego porównania jest to, że w miarę przechodzenia na zakres coraz większych częstotliwości wymiary anten odbiorczych powinny ulegać zmniejszeniu w przybliżeniu proporcjonalnie do pierwiastka kwadratowego długości fali promieniowania nadajnika pokładowego. Zmniejszenie wymiarów anten jest celowe ze względu na zachowanie tej samej dokładności nakierowywania anten na satelitę /ta sama szerokość wiązki/, lecz jednocześnie moc odbieranego przez antenę sygnału maleje.

Tablica 4 [1]

Przybliżone marginesy propagacyjne i parametry urządzeń odbiorczych

Wpływ częstotliwości na parametry systemu	Częstotliwość			
	12 GHz	23 GHz	42 GHz	85 GHz
a/ Dane propagacyjne x/ Uniarkowane opady deszczu /5 mm/godz/ na odcinku 10 km/ -- tłumienie xx/ Mgła i chmury o grubości 0,5 km /30 m widoczności, 2 g/m ³ w 0°C/ - tłumienie Tlen i para wodna przy kącie elewacji 20° /5% wilgotności 7,5 g/m ³ , 10 km odcinek/ - tłumienie Temperatura nieba przy kącie elewacji 20° Margines szumów dla więcej niż 0,5% czasu	1 0,1 0,15 20 1	7 0,5 2,0 150 9	16 1,5 1,0 100 18	34 4,0 3,0 180 39
b/ Parametry odbiornika Średnica reflektora Szerokość wiązki pomiędzy punktami spadku mocy o 3 dB xx/ Zysk względem osi promieniowania xx/ Powierzchnia skuteczna Współczynnik szumów G/T Moc szumów w pasmie 1 MHz Względna moc nadajnika dla danej szerokości kanału i stosunku C/N /przyjęto wartość odniesienia dla zakresu częstotliwości 42 GHz/	0,9 2 38 -4,5 6 6 -128 -21	0,7 1,5 42 -6,5 8 9 -136 -11	0,5 1,1 44 -9,5 10 9 -134 0	0,3 0,9 46 -14 12 9 -132 +23
x/ Wartości tłumienia na skutek opadów deszczu przekraczane dla 0,5% czasu zostały uzyskane przez ekstrapolację danych z satelity ATS-6 mierzonych na terenie W. Brytanii, Francji i Holandii, podanych w Sprawozdaniu 564-1. xx/ Ostatnie dokumenty CCIR [32] podają wartości nieco inne.				

5.4. Wymagane moce nadajników

W tablicy 5 przedstawiono przykładowo tzw. budżety energetyczne dla linii satelita-Ziemia dla systemu radiodifuzji satelitarnej w zakresie częstotliwości około 42 GHz. Z budżetów tych wynika, że dla obszaru powierzchni Ziemi, obejmowanego wiązką antenową o rozwarości 1° , dla systemu telewizyjnego o dużej rozdzielczości przy odtwarzaniu obrazu na dużym ekranie, wymagane moce nadajników pokładowych wynoszą około 63 kW przy czteropoziomowym kluczowanym przesuwie fazy PSK lub 126 kW przy przesuwie fazy ośmiopoziomowym.

Z tablicy 4 z kolei widać, że moce te mogą być zmniejszane około 13-krotnie przy przejściu z zakresu częstotliwości około 42 GHz na zakres około 23 GHz /potrzebne moce wynoszą odpowiednio 5 kW lub 10 kW/. Z drugiej strony przy przejściu na zakres częstotliwości około 85 GHz wymagane moce nadajników wzrastają prawie 200-krotnie; moce te są praktycznie nie do uzyskania.

5.5. Planowanie

Jak wynika z poprzednich rozważań, wprowadzenie telewizji wysokiej rozdzielczości w pasmie 12 GHz jest przede wszystkim możliwe z wykorzystaniem dwóch kanałów radiowych. Istnieją więc tendencje do przejścia dla transmisji HDTV na wyższe zakresy częstotliwości. W rejonie 1 przy tym sugeruje się przejście na zakres ok. 42 GHz lub ewent. 23 GHz.

Główną trudnością w realizacji systemów telewizyjnej radiodifuzji satelitarnej o wysokiej rozdzielczości obrazu w tych zakresach będzie uzyskanie wymaganych mocy nadawania nadajników pokładowych satelitów.

W celu zmniejszenia wymaganej mocy nadawania można ograniczyć szerokość wiązek promieniowania anten pokładowych, czyli ustalić inny plan niż przyjęto dla zakresu około 12 GHz, dobierając wiązki nieodpowiednie do obszaru obsługiwanego kraju, lecz stosując wyłącznie jednakowe wąskie wiązki i do-

Tablica 5

Przykłady budżetów energetycznych dla zakresu około 42 GHz^{x/}

Metoda modulacji: kluczkowanie fazy		4 poziomy	8 poziomów
Skuteczna szerokość pasma odbiornika	MHz	240	160
Moc szumów	dB/W/	-110	-112
Stosunek C/N dla wartości progowej	dB	10	15
Stosunek C/N dla propagacji w wolnej przestrzeni	dB	28	33
Moc sygnału	dB/W/	-82	-79
Powierzchnia reflektora anteny odbiorczej	dB/m ² /	-9,5	-9,5
EIRP satelity	dB/W/	90	93
Gęstość strumienia mocy	dB/W/m ² /	-72,5	-69,5
Szerokość wiązki anteny satelitarnej	stopnie	1,0	1,0
Zysk anteny satelitarnej dla -3 dB	dB	42	42
Moc nadajnika satelitowego	dB/W/	48	51
Moc nadajnika satelitowego	kW	63	126
x/Ostatnie dokumenty CCIR [32] podają wartości nieco inne.			

bierając liczbę wiązek, niezbędną do pokrycia danego obszaru na powierzchni Ziemi. Jednakże sumaryczna moc wymagana do oświetlenia danego obszaru oczywiście nie maleje, można jedynie w ten sposób "rozłożyć" tę moc na większą liczbę nadajników, umieszczonych na niezależnych satelitach lub ograniczyć nadawanie telewizji wysokiej jakości tylko do wybranych obszarów każdego kraju.

W odniesieniu do wymaganej całkowitej szerokości pasma przyjmuje się, że ze względu na mniejsze współczynniki ochronne przy modulacji PSK w porównaniu do wymaganych przy modulacji częstotliwości, założonej w planie radiodyfuzji sa-

telitarnej na zakres około 12 GHz, liczba kanałów potrzebnych do nadawania jednego programu dla całego obszaru obsługiwanej powierzchni Ziemi będzie mogła być zmniejszona w stosunku do przyjętego w planie na zakres 12 GHz z 8 do 6, niezależnie od przyjętego stosowania szerszych lub węższych wiązek promieniowania anten pokładowych.

5.6. Wnioski

Podane w poprzednich punktach tablice zostały sporządzone przy założeniu pewnych danych statystycznych, dotyczących warunków propagacji oraz stałych technicznych tendencji rozwojowych w zakresie technologii sprzętu mikrofalowego. Należy przy tym zwrócić uwagę, że:

1. Średnice anten odbiorczych zostały zmniejszone dla wyższych zakresów częstotliwości w celu uzyskania kompromisu pomiędzy uzyskiwanym zyskiem a wymaganą dokładnością nakierunkowywania anteny odbiorczej na satelitę.
2. Ze względu na większe zaniki propagacji, wymagane duże moce nadawania i małe wymiary anten zakres częstotliwości około 85 GHz jest na razie nieatrakcyjny z punktu widzenia praktycznego wykorzystania. Także modulacja częstotliwości FM jest mniej dogodna od kluczowanego przesuwu fazy PSK z uwagi na wymagane większe współczynniki ochronne.
3. W zakresie częstotliwości 41 do 43 GHz potrzebne jest pasmo o szerokości około 2 GHz do nadawania dla danego obszaru dwóch programów za pomocą nadajnika 63 kW na kanał lub trzech programów przy mocy 125 kW na kanał.
4. Z tablicy 4 wynika, że dla danej rozdzielczości wymagana moc nadawania jest tym większa, im wyższy jest zakres częstotliwości pracy systemu. W połączeniu z danymi zawartymi w tablicy 5 można stąd wnioskować, że wymagana moc może być w przyszłości osiągnięta co najwyżej dla zakresu częstotliwości około 23 lub 42 GHz.

W zakresie częstotliwości 41 do 44 GHz dla Rejonu 1 można teoretycznie zapewnić docelowo dwa lub trzy programy wysokiej jakości dla każdego kraju, tak więc jest to rozwiązanie najbardziej perspektywiczne, ale technicznie odległe w czasie.

Stosując systemy telewizyjne o dużej rozdzielczości, pracujące z wykorzystaniem dużych ekranów, w zakresie częstotliwości około 42 GHz wymagane gęstości strumienia mocy sygnału przy powierzchni Ziemi byłyby o około 26 dB większe od wymaganych, zgodnie z planem radiodifuzji satelitarnej dla zakresu częstotliwości około 12 GHz, przy czym jednak energia ta byłaby rozłożona w znacznie szerszym pasmie.

Należy ponadto stwierdzić, że nie istnieją dotychczas ani odpowiednie źródła sygnałów wysokiej jakości /kamery telewizyjne lub urządzenia analizy zdjęć filmowych/ ani urządzenia do odtwarzania obrazu na ekranach o dużych wymiarach, które mogłyby być zastosowane do rozpatrywanego systemu wysokiej jakości o rozdzielczości około 1150 linii. Tak więc jako krok wstępny na drodze realizacji systemów radiodifuzji satelitarnej programów telewizyjnych wysokiej jakości należy traktować wszelkie poczynania w zakresie rozwiązań technologicznych nowych źródeł sygnałów wysokiej jakości, które pod względem operacyjnym byłyby zbliżone do stosowanych obecnie przy niższej rozdzielczości. Wydaje się, że stworzenie warunków powszechnego odbioru sygnałów telewizyjnych wysokiej jakości za pomocą systemów radiodifuzji satelitarnej nie jest jednak jeszcze sprawą najbliższych lat.

6. NAJNOWSZE OSIĄGNIĘCIE W TECHNOLOGII URZĄDZEŃ I. PODZESPOŁÓW MIKROFALOWYCH

6.1. Urządzenia pokładowe satelitów radiodifuzyjnych

Ogólną tendencją rozwojową jest tu i będzie stosowanie coraz większych i bardziej rozbudowanych satelitów, umożli-

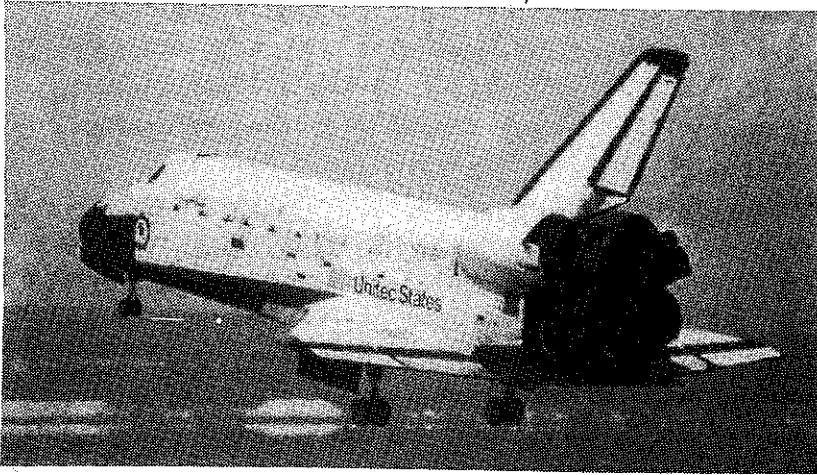
wiąjących nadawanie z dużą mocą wielu programów telewizyjnych, a w wielu przypadkach również wykorzystanie innych kanałów radiowych przez inne służby telekomunikacyjne. Dotyczyć to będzie przede wszystkim satelitów, przeznaczonych do obsługi dużych obszarów /USA, ZSRR, Kanada/ czy satelitów regionalnych, na przykład pan-europejskich. Wiąże się z tym sprawa wprowadzania tak ciężkich obiektów na orbitę geostacjonarną.

Poza raketami nośnymi w coraz szerszym stopniu są w tym celu wykorzystywane promy kosmiczne Space Shuttle /rys. 18/, co jest znacznie tańsze i bardziej niezawodne. Zastosowanie promów kosmicznych umożliwi również sprowadzenie uszkodzonych satelitów na Ziemię, a nawet ich reperację i wymianę części na orbicie.

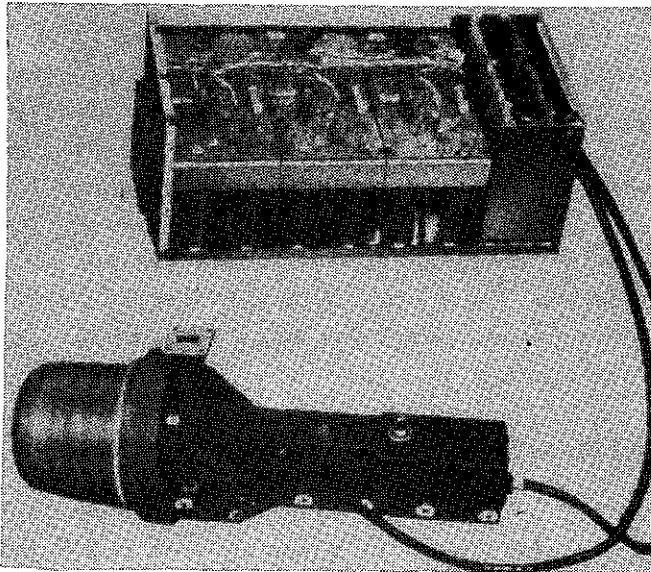
Zwiększeniu ekonomiczności budowy systemu radiodifuzji satelitarnej sprzyja również stosowanie anten pokładowych, umożliwiających wytwarzanie wiązek kształtowanych, zbliżonych do wymaganego kształtu oświetlanego obszaru. Pozwala to na zwiększenie równoważnych mocy promieniowania, przy tych samych mocach nadawania oraz zmniejsza zachodzenie wiązek na sąsiednie kraje. Duże osiągnięcia na tym polu mają szczególnie firmy w USA, które przewidują stosowanie wiązek dopasowanych do kształtu całego kraju lub grup stanów, położonych w tej samej strefie czasowej.

Jednym z najpoważniejszych i jeszcze nie w pełni rozwiązanych problemów jest opracowanie i seryjna produkcja niezawodnych, długowiecznych /7-10 lat pracy na satelicie/, oraz lamp z falą bieżącą o dużej sprawności przekraczającej 50%.

Dotychczas udało się wykonać tego typu lampy o mocach około 250 W, co w zupełności wystarcza dla małych krajów /rys. 19/, ale dla, na przykład USA czy Kanady pożądane byłyby moce rzędu 450 W. Związana jest z tym, rozwiązana już zresztą w dużym stopniu budowa urządzeń zasilających /6-11 kW/ dla tych lamp, mogących pracować na pokładzie satelity z wysoką sprawnością, w celu oszczędzania



Rys. 18. Widok promu kosmicznego Space Shuttle



Rys. 19. Najnowsze rozwiązanie lampy o fali bieżącej
na zakres częstotliwości około 12 GHz /250 W/,
przeznaczonej dla satelitów radiodyfuzyjnych

energii elektrycznej /otrzymywanej z baterii słonecznych/ rozmieszczanych na skrzydłach satelity. Wyłania się również problem odprowadzenia dużych ilości energii cieplnej bezpośrednio lub na zasadzie chłodzenia przewodnościowego, do otaczającej przestrzeni kosmicznej.

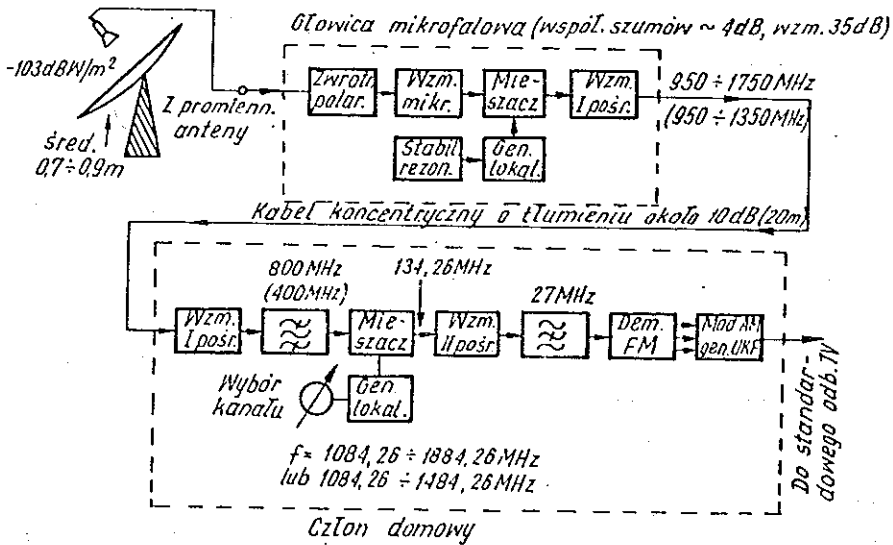
Duże osiągnięcie uzyskano w zakresie lekkich baterii słonecznych, /20-35 kg/kW/, o mocach wyjściowych do 5 kW pod koniec eksploatacji satelity i dających się rozmieścić na różnego rodzaju /rozkładanych i nierozkładanych/ skrzydłach satelity, przystosowanych do odprowadzania niepotrzebnej energii cieplnej. Odprowadzanie energii cieplnej jest zresztą bardzo ważnym problemem dla całego satelity radiodfuzyjnego. W tym celu opracowano różne układy radiatorów, z których największe zastosowanie znajdują tzw. "heat-pipe radiators", charakteryzujące się zmienną przewodnością cieplną. Pozwala to na odprowadzanie regulowanych ilości energii cieplnej /np. przy pełnym nasłonecznieniu oraz zacięnięciu satelity przez Ziemię/.

Ostatnim z najważniejszych problemów, który również znalazł już pozytywne rozwiązanie, jest budowa na satelicie multiplekserów nadawczych o dużej mocy, charakteryzujących się dużą selektywnością, małymi stratami w pasmach przenoszenia oraz dobrym odprowadzaniem energii cieplnej. Bez większych trudności technologicznych udaje się już budować układy multipleksowe dla ośmiu kanałów radiowych, przy tłumieniach w pasmie przepuszczania i pasmie zaporowym odpowiednio 1 i 40 dB.

6.2. Urządzenia odbiorcze radiodfuzyji satelitarnej

Sprawa budowy i działania urządzeń do bezpośredniego odbioru sygnałów telewizyjnych z satelitów była wielokrotnie omawiana w literaturze, w tym również i w publikacjach krajowych. Wystarczy więc ograniczyć się tu do przypomnienia podstawowej struktury tego typu urządzeń w celu zwrócenia uwagi na postęp technologiczny, jaki zaznaczył się w osta-

tnich latach przy budowie poszczególnych bloków. Na rys. 20 pokazano schemat blokowy typowego urządzenia, w skład którego wchodzi: a/ antena; b/ głowica mikrofalowa umieszczona przy antenie; c/ kabel łączący głowicę z członem domowym urządzenia i służący do przesyłania sygnałów pierwszej pośredniej częstotliwości; d/ człon domowy z układem wyjściowym, dopasowanym do wejścia standardowego odbiornika telewizyjnego.



Rys. 20. Schemat blokowy typowego telewizyjnego urządzenia odbiorczego radiodyfuzji satelitarnej w zakresie częstotliwości 12 GHz

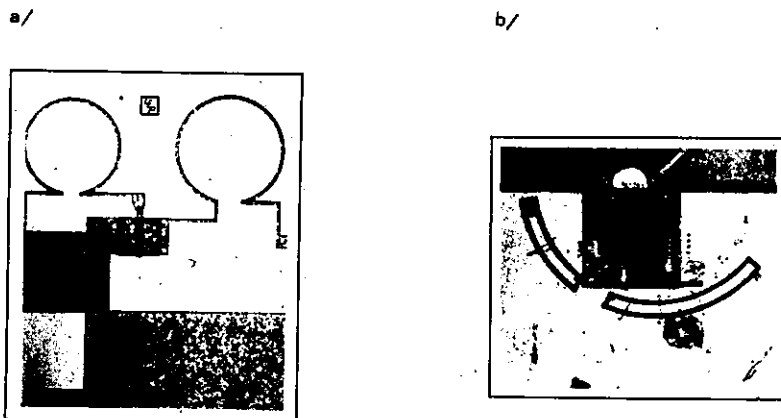
W zakresie budowy samej anteny nie przewiduje się wprowadzenia większych zmian. Będzie tu stosowana powszechnie antena paraboliczna z reflektorem wykonanym z blachy lub metalizowanego plastiku, o średnicach od 0,6 do powyżej 2,0 metrów, w zależności od pozostałych parametrów urządzenia odbiorczego i mocy odbieranego sygnału. Antena musi spełniać wymagania ustalone na Konferencji WARC-77, doty-

czące kształtu charakterystyki promieniowania i stabilności kierunku ustawienia. Wymaga to odpowiednio sztywnej konstrukcji wsporczej. Pozostaje jeszcze do rozwiązania antena w postaci czynnej anteny ścianowej, co oprócz możliwości prostego umieszczenia na ścianie powinno również umożliwić zmianę kierunku promieniowania anteny w sposób elektroniczny.

Najważniejszą częścią urządzenia, przy budowie którego stosowane są coraz doskonalsze rozwiązania technologiczne jest tzw. głowica mikrofalowa w postaci czionu umieszczonego przy antenie urządzenia. W skład jej wchodzi: wzmacniacz mikrofalowy o małym poziomie szumów, filtry pasmowe o szerokości pasma częstotliwości przenoszonych 800 MHz lub 400 MHz /w zależności od założonego zastosowania urządzenia odbiorczego/, układ przemiany częstotliwości z generatorem lokalnym, filtr na pasmo częstotliwości pośredniej i wstępne stopnie wzmacniacza częstotliwości pośredniej. Z wielu względów przyjmuje się, że częstotliwość pośrednia będzie w większości przypadków zajmowała pasmo 950 - 1750 MHz lub 950 - 1350 MHz /bierze się również pod uwagę częstotliwości 1410 + 1810 MHz, ze względu na zakłócenia od stacji radiowych/.

W nowoczesnych rozwiązaniach wzmacniacza wejściowego, mieszacza i generatora stosuje się zazwyczaj tranzystory mikrofalowe o efekcie polowym MESFET $G_{\alpha} A_{\alpha}$, pozwalające na uzyskanie współczynnika szumów całego układu mikrofalowego w granicach 2,5 + 3,5 dB. W prostszych rozwiązaniach można stosować sam mieszacz bez wzmacniacza wejściowego. Pozwala to na uzyskanie współczynnika szumów 7-9 dB i zmusza do stosowania większych anten dla zapewnienia wymaganego współczynnika dobroci urządzenia odbiorczego G/T.

W ostatnich latach uzyskano konkretne osiągnięcia w budowie układów mikrofalowych w technologii monolitycznych układów scalonych MIMIC_g. Na rys. 21 przedstawiono przykłady takich układów, opracowane w laboratoriach Francji i Włoch, przy rozmiarach płytek około 2x2 mm/. Przewiduje się, że przy



Rys. 21. Sposoby wykonania układów mikrofalowych w technologii monolitycznej

a/ monolityczny wzmacniacz małoszumny, opracowany przez LEP, Francja /rozmiary mikro płytki 1,6 x 1,6 mm/; b/ monolityczny generator lokalny /heterodyna/, opracowany przez CISA, Włochy. Do generatora jest dołączony zewnętrzny rezonator dielektryczny /rozmiary mikro płytki 2,5 x 2,5 mm/

masowej produkcji będzie można uzyskać współczynnik szumów poniżej 4 dB przy wzmocnieniu rzędu 6-8 dB. Pozwala to na uzyskanie wysokiej jakości sprzętu przy niezbyt wysokich kosztach i znacznym uproszczeniu innych układów urządzenia odbiorczego.

Wymagania stawiane generatorowi mikrofalowemu są bardzo wysokie. Musi być zapewniona jego stabilność około 1 MHz przy zmianach temperatury otoczenia $-30 + +50^{\circ}\text{C}$. Masowa produkcja nie pozwala na stosowanie układu automatycznego podstrajania i trzeba stosować rezonatory o bardzo dużej dobroci. Początkowo stosowano w tym celu obwody wnękowe ze specjalnych stopów metalicznych, a obecnie proponuje się w tym celu rezonator dielektryczny znacznie lżejszy i przystosowany do sprzężenia z układami monolitycznymi. Technologia jego wykonania pozostaje tajemnicą poszczególnych firm.

Sygnal o pierwszej częstotliwości pośredniej jest doprowadzany do członu domowego, zawierającego na wyjściu wzmacniacz i filtr pasmowy w celu zapobiegania wpływowi sygnałów zakłócających. Z kolei sygnał dochodzi /przy odbiorze indywidualnym/ do drugiego mieszacza z przestrajającym generatorem lokalnym, za pomocą którego dokonuje się wyboru kanału. Sygnał o drugiej częstotliwości pośredniej /najczęściej 134 MHz/, dobieranej ze względu na uniknięcie zakłóceń międzykanałowych, jest doprowadzany do standardowego filtra przepustowego 27 MHz, a stąd do demodulatora częstotliwości, na którego wyjściu otrzymuje się sygnał wizyjny i sygnały podnośne modulowane sygnałami fonicznymi.

W zależności od sposobu rozwiązania odbiornika telewizyjnego doprowadza się na jego wejście bądź niezależne sygnały wizyjne i foniczne, bądź wykorzystuje się te sygnały do dodatkowej, jednowstęgowej amplitudowej modulacji fali nośnej jednego z zakresów telewizyjnych, uzyskując w ten sposób konwencjonalny sygnał telewizyjny, podobny do odbieranego z lokalnego nadajnika telewizyjnego. Ze względu na jakość transmisji jest oczywiście korzystniejsze bezpośrednio doprowadzenie do odbiornika sygnałów wizyjnych i fonicznych i takie wymagania zaczynają być stawiane nowszym rozwiązaniom odbiorników telewizyjnych.

Również w konstrukcji członu domowego uwidacznia się stosowanie najnowszej technologii w postaci filtrów fali powierzchniowej, biopólnych tranzystorów, układów o dużej skali integracji. W przypadku stosowania przy transmisji systemów MAC rozważa się również stosowanie cyfrowych układów automatycznej kontroli częstotliwości. Dodatkowo należy przewidzieć możliwość włączania układów kasowania sygnałów dyspersji energetycznej, układów dekodowania w przypadku stosowania kodów utajniających oraz układów do wydzielania poza sygnałami fonicznymi dodatkowo przesyłanych informacji.

7. PROBLEMY ZWIĄZANE Z WPROWADZENIEM DO EKSPLOATACJI SYSTEMÓW RADIOFONII SATELITARNEJ

Należy tu rozróżnić dwa różne podejścia do zagadnienia nadawania sygnałów radiofonicznych z satelitów radiodyfuzyjnych. Nadawanie sygnałów radiofonicznych wysokiej jakości jest przewidziane w zasadzie w systemach przeznaczonych do radiodyfuzji programów telewizyjnych, przez zajęcie jednego kanału radiowego dla potrzeb radiofonii, w standardowym już zakresie częstotliwości około 12 GHz. Zamiast jednego sygnału telewizyjnego można bowiem, na przykład, przesyłać na zasadzie zwielokrotnienia czasowego do 16 sygnałów monofonicznych lub 8 stereofonicznych. Sygnały są cyfrowe i zwielokrotnione czasowo, przy stosowaniu czteropoziomowego kluczowania fazy fali nośnej.

W celu zmniejszenia prawdopodobieństwa zakłóceń z sygnałami przesyłanymi w innych kanałach sygnał całkowity zajmuje pasmo częstotliwości węższe od dopuszczalnego maksymalnego pasma o szerokości 27 MHz. Opracowane urządzenia odbiorcze przez firmy zachodnio-europejskie takie jak: Telefunken, Philips itp. zakładają stosowanie cyklicznego kodu BCH, umożliwiającego między innymi wykrywanie i korekcję błędów.

Bardziej powszechnie pod pojęciem radiofonii satelitarnej rozumie się jednak system, w którym odbiór sygnałów mógłby odbywać się za pomocą znacznie prostszych odbiorników radiofonicznych, w tym również i odbiorników przewoźnych a nawet noszonych. Narzuca to znaczne ograniczenia na stosowane anteny i wiąże się z koniecznością wyboru znacznie niższego od 12 GHz zakresu częstotliwości. Sprawa ta jest już od wielu lat przedmiotem rozważań specjalistów różnych krajów i dyskutowana była wielokrotnie na terenie UIT. Zagadnienie jest bardzo złożone i musi być jednocześnie rozpatrywane w aspektach technicznych, ekonomicznych, socjalno-kulturowych, a nawet politycznych, przy czym stosunek do tych zagadnień poszczególnych grup krajów bywa diametralnie różny.

Wprowadzaniem omawianych systemów do normalnej eksploatacji są przede wszystkim zainteresowane kraje rozwijające się głównie na obszarze Afryki i Ameryki Południowej o małej, nierównomiernej gęstości zaludnienia, mające bardzo słabo jeszcze rozbudowane sieci radiodfuzyjnych stacji naziemnych. W niektórych krajach afrykańskich, na przykład jedynie około 20% ludności ma możliwość odbioru programów radiofonicznych i szybką możliwość zmiany tego stanu rzeczy może stworzyć tylko wprowadzenie radiofonii satelitarnej, zarówno ze względów technicznych jak i ekonomicznych.

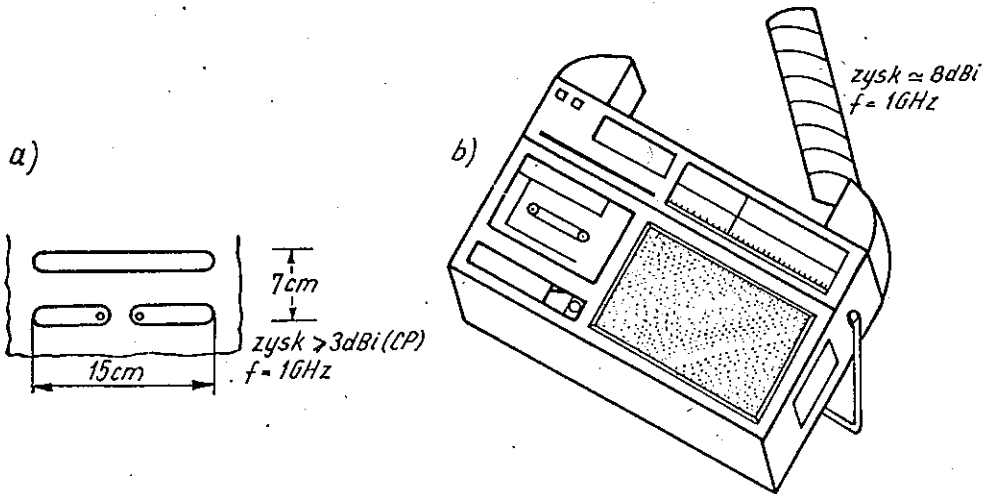
Zasadniczy problem, będący zwłaszcza głównym przedmiotem kontrowersji pomiędzy krajami rozwijającymi się i niektórymi krajami o dużym nasyceniu służbami radiokomunikacyjnymi, polega na wyborze odpowiednich pasm częstotliwości dla służby radiofonii satelitarnej. Powinien on, z jednej strony, pozwolić na stosunkowo prostą realizację systemu, zwłaszcza w aspekcie urządzeń odbiorczych, a z drugiej strony - umożliwić kompatybilną pracę nowej służby z istniejącymi służbami naziemnymi. Prace studialne prowadzone na terenie różnych organizacji międzynarodowych wykazały, że z wielu względów optymalny do tego celu byłby zakres częstotliwości około 1 GHz. Bierze się tu bowiem pod uwagę możliwość wydzielenia wąskich pasm częstotliwości, o szerokościach około 150-200 kHz dla jednego kanału radiofonicznego, w zakresie częstotliwości 0,5 - 2,0 GHz. Można przykładowo podać, że np. wydzielenie 60 kanałów przy odstępach międzykanałowym 150 kHz, czyli /przy kanałach zachodzących na siebie/ zajęcie pasma o szerokości 9 MHz, pozwoliłoby na realizację po jednym radiofonicznym programie satelitarnym wysokiej jakości dla każdego z krajów Afryki i Europy. Również technicznie sprawa nie jest zbyt trudna do realizacji, ponieważ jak pokazuje podany bilans energetyczny /tablica 6/ wymagane moce nadawania z satelitów są nawet mniejsze niż w przypadku systemów telewizyjnej radiodfuzji satelitarnej. Pokrycie bowiem powierzchni ziemi o średnicy 1500 km wymaga mocy nadajnika poniżej 100 W oraz średnicy anteny pokładowej około 10 m.

Tablica 6

Bilans energetyczny radiofonii satelitarnej

Rodzaj parametru	Wartości parametru
Rodzaj modulacji	FM
Rodzaj polaryzacji	kołowa
Dewiacja fali nośnej	± 75 kHz
Pasmo szumowe	250 kHz
Stosunek sygnału do szumów	10 dB
Straty na połączenia	1 dB
Zysk anteny odbiorczej	3 dB
Temperatura szumów odbiornika	600 K
Częstotliwość nośna	1000 MHz
Margines na zaniki	6 dB
Gęstość strumienia mocy na skraju obszaru -3 dB/	-111.4 dBW/m ²
Równoważne natężenie pola	34.4 μ V/m
Maksymalne tłumienie przesyłu e.i.r.p. wzdłuż osi promieniowania anteny	163 dB/m ² 54.6 dBW

Wykorzystanie zakresu częstotliwości około 1 GHz pozwala na odbiór sygnałów przez normalne, tranzystorowe, przewodzone i noszone odbiorniki, wyposażone w odpowiednie anteny. W literaturze spotyka się szczegółowe rozważania na ten temat i proponuje się różne rozwiązania anten, na przykład anteny yagi i anteny szczelinowe w postaci obwodów drukowanych /zyski poniżej 5 dB/ lub anteny spiralne umieszczane w tubach /zyski do 8 dB/ - patrz rys. 22.



Rys. 22. Sposoby rozwiązania anten kierunkowych dla przenośnych odbiorników, przystosowanych do odbioru radiofonicznych sygnałów satelitarnych w zakresie częstotliwości około 1 GHz

a/ drukowana antena typu Yagi na ścianie obudowy odbiornika;
 b/ odbiornik przenośny z rozkładaną anteną spiralną

Podawane są również szczegółowe obliczenia ekonomicznej opłacalności przedsięwzięcia chociaż wynikające z nich wnioski bardzo od siebie odbiegają. Jako ogólny wniosek można przyjąć, że przy obecnym stanie techniki zapewnienie pokrycia danego, dużego obszaru programem radiofonicznym z satelity zamiast za pomocą sieci nadajników stanowi /uwzględniając koszty inwestycji/ rozwiązanie równorzędne lub droższe. Istotne jest to głównie ze względu na konieczność wyposażenia satelitów w duże, rozwijane anteny oraz zapewnienia powszechnej możliwości zakupu nowego typu odbiorników. Już jednak uwzględnienie kosztów eksploatacji w okresie około 10 lat zaczyna przechylać szalę na rzecz rozwiązania problemu za pomocą nadajników satelitowych, a przewidywane udoskonalenia technologiczne powinny w ciągu niewielu lat pozwolić na znaczne obniżenie również kosztów inwestycyjnych.

Na przeszkodzie w możliwościach wprowadzenia systemów do eksploatacji stoją głównie zagadnienia potencjalnych zakłóceń oraz niechęć niektórych państw do stworzenia ich obywatelom szerszych możliwości odbioru obcych programów. Sprawa pozostaje nadal otwarta i nie znalazła jakiegoś konkretnego rozwiązania również w czasie trwania pierwszej sesji Światowej Administracyjnej Konferencji Radiokomunikacyjnej ORB-85^{x/} /Genewa 1985/, poświęconej sprawie efektywnego zagospodarowania orbity geostacjonarnej oraz rozdziału zakresów częstotliwości, przeznaczonych do wykorzystywania przez różne służby satelitarne. Powzięcie wiążących decyzji w tej sprawie na drugiej sesji ww. Konferencji przewidzianej w 1988 r. będzie przede wszystkim zależało od stopnia nacisku krajów rozwijających się, /zwłaszcza leżących w pobliżu równika/ zarówno ze względu na liczbę tych krajów jak i żywotne zainteresowanie omawianym problemem. Może być również przyjęte rozwiązanie kompromisowe, ograniczające zakres działania systemu tylko do niektórych regionów kuli ziemskiej, co przynajmniej chwilowo mogłoby zadowolić większość zainteresowanych stron.

WYKAZ LITERATURY

1. Philips G.J., Harvey R.V.: High-definition television for satellite broadcasting. E.B.U. Review, No 170, August 1978.
2. Smoleńska H., Zygierewicz J.: Wyniki Światowej Administracyjnej Konferencji Radiodifuzji Satelitarnej /Genewa 1977/. Biuletyn Techniczny MŁ, nr 4 /121/, 1978.
3. Zygierewicz J.: Systemy radiodifuzji satelitarnej i perspektywy dalszego ich rozwoju. Biuletyn Informacyjny IŁ, nr 3/181/, 1979.

^{x/} ORB - Konferencja Orbitalna - Orbita 85.

4. Cooper B.: Home reception via satellite. Radio-Electronics, October 1979.
5. Zygierewicz J.: Model urządzenia do odbioru sygnałów w systemach telewizji satelitarnej. Przegląd Telekomunikacyjny, nr 9-10, 1981.
6. Bowen R.A.: The Canadian approach to the development of communications by satellite in the 12 GHz band. IEEE Transactions on Communications, vol. COM-29, August 1981.
7. Mazutis J.: Starting a second network using satellite and cable TV technology. Journal of the Royal Television Society, September/October 1980.
8. Warrop P., Lesartre P., Tsironis C.: Low-cost 12 GHz receiver heralds satellite-to-home TV. Electronic. No 17, November 1981.
9. CCIR Broadcasting-satellite service /sound and television/ Recommendations and Reports of the CCIR. Plenary Assembly, vol. X and XI, Genewa 1982.
10. Chen A.: A 12-channel contiguous band multiplexer at Ku band. Microwave Journal, No 1, 1983.
11. Chen A.: DBS high volume market for GaAs MIMIC_s. Microwave Journal, No 2, 1983.
12. The C-MAC /pocket standard developed by the EBU. CCIR Report AA/10-11. Conclusions of the Interim Meetings of Study Groups 10 and 11. Genewa 1983.
13. Martens H.: The C-MAC/pocket system for direct satellite television. EBU Review., No 200, August 1983.
14. Wolf A.W.: TELE-X, A Nordic telecommunications satellite. Tele., No 1, 1983.
15. Wooster C.B.: Direct broadcasting by satellite. Communications and Broadcasting, No 1, 1983.

16. Ackroyd B.R.: TV distribution by satellite. *Communications and Broadcasting*, No 3, 1983.
17. Bem D.: Satelitarne systemy radiodifuzyjne. *Audio-Video*, nr 1, 1985.
18. Hastings J.F.C.: Satellite receiver design. *Electronics and Wireless World*, November 1985.
19. Chaplin J., Fromm H.: Satellite sound broadcasting direct to portable and vehicle receivers. *Telecommunication Journal*, No 1, 1985.
20. *Satellite World /cały numer/*. August 1985.
21. *SPACE /cały numer/*. September 1985.
22. Łokszin B.A.: Sostojanie i tendencji razwitia sputnikowo-telewizjonnowo wieszczania. *Zarubieżnaja radioelektronika*, No 4, 1985.
23. Süverkrübbe R.: Satelliten technik. Verteiler- und Rundfunk-Satelliten. *Rundfunktechnische Mitteilungen*, H. 2, 1985.
24. Liesenkötter B.: Individuelempfang von Satelliten programmen. *NET*, H. 2, 1985..
25. Ganer E.: Je grösser, desto besser. *Funkschau.*, H. 6, 1985.
26. 28 Jahre nach sputnik. Satelliten für Hörfunk and Fernsehen. *Funkschau.*, H 13, 1985.
27. Tetzner K.: Directempfang vom Satelliten. Der Teufel steckt im Detail. *Fuchschau.*, H. 14, 1985.
28. Cohen H.P.: Spacecraft technology for broadcasting satellites- an update. *IEE Journal on selected areas in communications*, vol. Sac-3, No 1, Januar 1985.
29. Martin E.R.: HDTV-a DBS perspective. *IEE Journal on selected areas in communications*, vol. Sac-3, No 1, Januar 1985.

30. Tydeman J.: Direct broadcast satellite systems in Europa. IEE Journal on selected areas in communications, vol. Sac-3, No 1, Januar 1985.
31. Blecker M., Martin E.R.: Downlinks for DBS: Desing and engineering considerations. IEE Journal on selected areas in communications, vol. Sac-3, No 1, Januar 1985.
32. CCIR. Doc 10-11/1010. Report AC/10-11 /Mod F/ High - Definition Television by Satellite, Dubrownik 1986.

ISSN 0209-1046

