

INSTYTUT ŁĄCZNOŚCI
WARSZAWA-MIEDZESZYN

BIULETYN

BIBLIOTEKA
Instytutu Łączności
Nr _____

INFORMACYJNY

3 (181)

1979

BIBLIOTEKA
Instytutu Łączności
Nr _____

BIULETYN INFORMACYJNY

ROK 19

WARSZAWA 1979

NR 3/181/

INSTYTUT ŁĄCZNOŚCI
Branżowy Ośrodek
Informacji Naukowej Technicznej i Ekonomicznej

Redakcja Biuletynu Informacyjnego

Redaktor Naczelny - prof. mgr inż. Lesław Kędziński
Z-ca Redaktora Naczelnego - doc. dr inż. Krystyn Plewko

Redaktorzy działów:

doc. mgr inż. Władysław Cetner, doc. mgr inż. Adam Moniuszko

Adres Redakcji:

Instytut Łączności

Branżowy Ośrodek

Informacji Naukowej Technicznej i Ekonomicznej

Warszawa-Miedzeszyn, ul. Szachowa 1

NA PRAWACH RĘKOPISU - DO UŻYTKU SZUŻBOWEGO

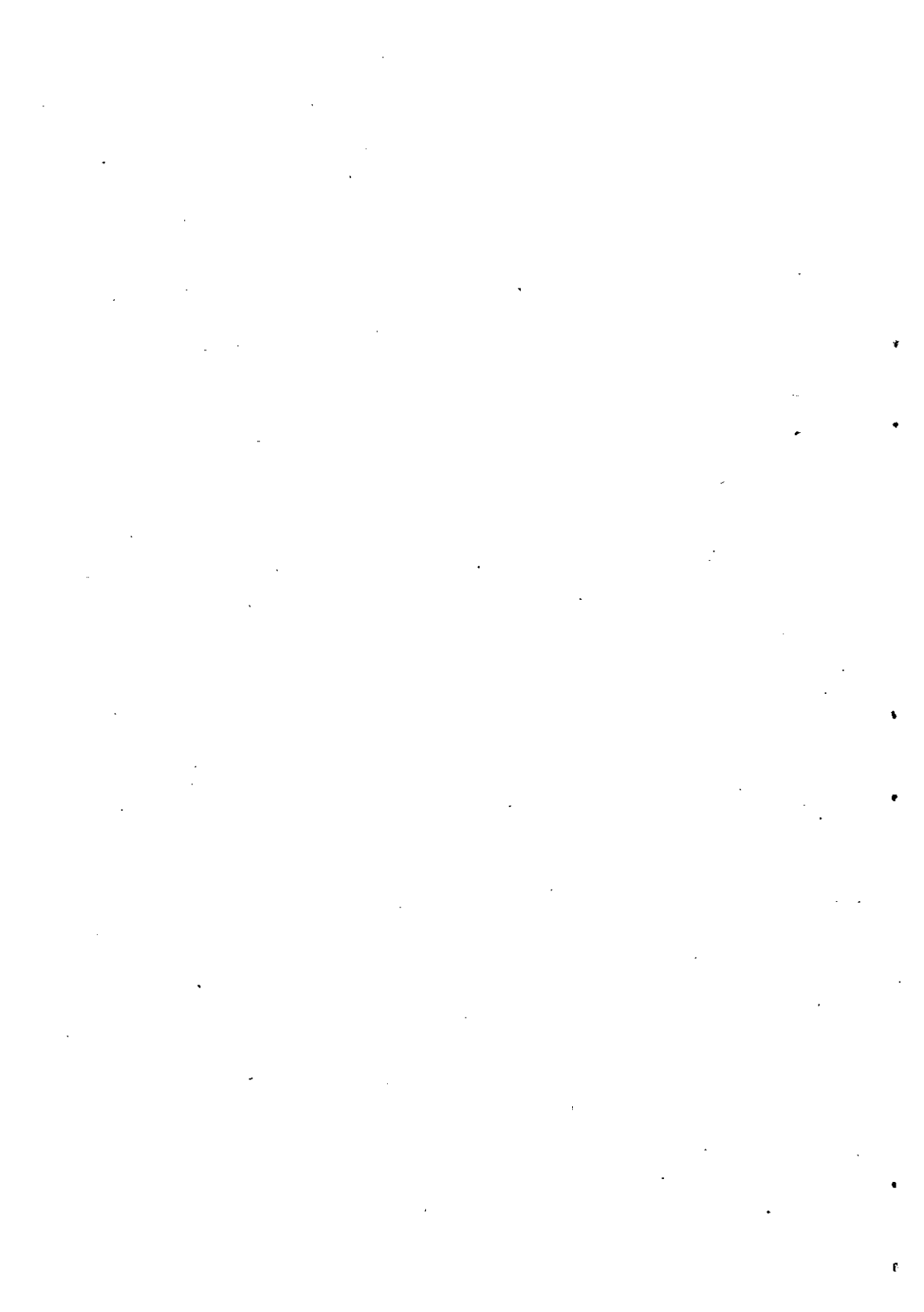
Redaktor: J. Borkowska

Montaż tekstu: B. Drabik

Dział Wydawniczy Instytutu Łączności
Format B5. Nakład 570. Wpłynęło do
Działu Wydawniczego 1.03.1979 r.
Druk ukończono w kwietniu 1979 r.

SPIS TREŚCI

	Str.
1. Wstęp	1
2. Zakresy częstotliwości wykorzystywane przez systemy telewizyjnej radiodifuzji satelitarnej	3
3. Systemy radiodifuzji satelitarnej w zakresie częstotliwości około 700 MHz	5
3.1. Radziecki system EKTRAN	5
3.2. System indyjski SITE	9
4. Systemy radiodifuzji satelitarnej w zakresie częstotliwości około 2,5 GHz	11
4.1. System północno-amerykański z satelitą ATS 6	11
4.2. System indyjski INSAT	12
5. Systemy radiodifuzji satelitarnej w zakresie częstotliwości około 12 GHz	12
5.1. System kanadyjski CTS /Communication Technology Satellite/ i system japoński BSE /Broadcasting Satellite for Eksperimental Purposes/	12
5.2. Przewidywany przedoperacyjny system europejski	20
6. Prace prowadzone w ramach programu INTERKOSMOS	22
7. Perspektywy rozwoju radiodifuzji satelitarnej w Polsce	25
8. Światowe tendencje rozwojowe	27



SYSTEMY RADIODYFUZJI SATELITARNEJ
I PERSPEKTYWY DALESZEGO ICH ROZWOJU

1. WSTĘP

W maju 1977 roku w Dublinie /Irlandia/ odbyło się sympozjum, które miało na celu, w świetle wyników prac Światowej Administracyjnej Konferencji Radiokomunikacyjnej do spraw planowania Radiodyfuzji Satelitarnej w zakresie 12 GHz /WARC-BS, Genewa 1977/, omówić obecny stan zaawansowania prac, wyniki dotychczasowych doświadczeń i perspektywy wprowadzenia do powszechnej eksploatacji operacyjnych systemów telewizyjnej radiodyfuzji satelitarnej, ze szczególnym uwzględnieniem potrzeb i planów dotyczących terytorium Europy. Sympozjum to zostało zorganizowane przez Europejski Związek Radiodyfuzyjny /EBU/ oraz Europejską Agencję Przestrzeni Kosmicznej /ESA/. Uczestniczyło w nim ponad 350 delegatów, głównie z krajów Europy Zachodniej i tzw. Trzeciego świata, reprezentujących różne środowiska związane z emisją programów telewizyjnych, tzn. zarówno techników jak ekonomistów, programowców, dziennikarzy, prawników, przedstawicieli organizacji państwowych albo stowarzyszeń publiczno-prywatnych, odpowiedzialnych za program i jego nadawanie. Wygłoszono na nim kilkanaście obszernych referatów oraz wiele krótkich komunikatów, dotyczących następujących zagadnień:

1. Techniczne możliwości realizacji systemów i przewidywane terminy wprowadzania ich do eksploatacji oraz wyniki dotychczasowych badań i plany na przyszłość.
2. Aspekty ekonomiczne wprowadzenia systemów radiodyfuzji satelitarnej i porównanie kosztów z kosztami realizacji systemów radiodyfuzyjnych ziemskich.
3. Zagadnienia socjalne /wymagana jakość transmisji, potężne narzędzie oddziaływania itp./, prawne /prawo międzynarodowe w związku z obejmowaniem przez wiązkę promieniowania anteny również, przynajmniej częściowo, terytoriów sąsiednich krajów, prywatne prawo autorskie i prawo własności odnośnie filmów, sztuk teatralnych

itp.; nadawanych przez telewizję/, programowe /np. kto będzie odpowiadał za jakość programu oraz pokrywał koszty ich realizacji. itp./.

Głównym wnioskiem wynikającym z treści wygłoszonych referatów i głosów w dyskusji jest to, że bodaj pierwszy raz w historii rozwoju radia szybki postęp techniczny i stworzenie nowych, ogromnych możliwości rozpowszechniania programów radiowych i telewizyjnych zaskoczyły instytucje odpowiedzialne za organizację służb radiodifuzyjnych w poszczególnych krajach. Nie są one jeszcze przygotowane do eksploatacji nowego systemu pod względem organizacyjnym, prawnym i programowym. Nie przeprowadzono również szczegółowych analiz ekonomicznych, uzasadniających wprowadzenie systemu radiodifuzji satelitarnej, przynajmniej odnośnie krajów Europy Zachodniej. Przedstawiciele instytucji organizujących naradę stwierdzili natomiast, że o ile odpowiednie decyzje na "wysokich szczeblach" zostaną podjęte w najbliższym czasie, to za kilka lat istnieje realna możliwość wprowadzenia do powszechnego użytku na świecie, a zwłaszcza na obszarze Europy Zachodniej, systemów radiodifuzji satelitarnej zbiorowego i indywidualnego odbioru programów telewizyjnych.

Referaty przedstawione na sympozjum dostarczyły bogatego materiału do opracowania niniejszej publikacji.

Jak wynikało z głosów w dyskusji, możliwość bezpośredniego odbioru sygnałów telewizyjnych z satelitów jest sprawą, którą są żywotnie zainteresowane miliony ludzi na świecie, zwłaszcza zamieszkujących regiony zacofane, gdzie dotychczas nie było praktycznie w ogóle możliwości oglądania programów telewizyjnych. W krajach rozwiniętych, gdzie telewizja jest już szeroko rozpowszechniona za pomocą sieci nadajników ziemskich, sprawa jest nieco bardziej złożona. Abonentom telewizyjnym jest właściwie obojętne, jaką drogą odbierają program. Do szerokiego korzystania z usług telewizji satelitarnej trzeba będzie ich w wielu przypadkach zachęcić nowymi, lepszymi parametrami odbieranych sygnałów wizji i fonii, perspektywą "szerszego otworzenia okna na świat" dzięki możliwości łatwej wymiany programów na szczeblu krajowym i strefowym. Istotny może być również szybki wzrost liczby kupowanych, potrzebnych do odbioru urządzeń, dyktowanych często względami prestiżowymi, podobnie jak to ma miejsce z nowymi markami samochodów itp.

Można natomiast uznać za sprawę bezsporną, że z punktu widzenia technicznego jest już, przy obecnym poziomie rozwoju w tej dziedzinie;

zupełnie realne, a ekonomicznie w większości przypadków w pełni uzasadnione powszechne wprowadzanie zbiorowego i indywidualnego odbioru programów telewizyjnych z satelitów poprzez wyposażenie standardowych odbiorników telewizyjnych w dodatkowe urządzenia. Istnieje natomiast wyraźna zależność pomiędzy możliwościami technicznymi realizacji takich systemów a stanowiskiem organizacji krajowych i regionalnych odpowiedzialnych za ich wprowadzenie w życie wobec nie rozwiązanych międzynarodowo problemów politycznych, społecznych i prawnych rozpowszechniania i wymiany programów telewizyjnych. Od tego, jak odpowiedzialne administracje zdołają uporać się z tymi problemami, zależy głównie dalsza droga rozwoju omawianych systemów oraz uznanie, jakie ich wprowadzenie do eksploatacji znajdzie u szerokiego ogółu abonentów poszczególnych krajów. Ważna jest nie tylko sprawa technicznej dystrybucji programów, ale zwłaszcza tematyka programów, sposób przedstawienia zagadnień, możliwości potencjalne odbioru programów innych krajów, zlikwidowanie zrozumiałych rozbieżności pomiędzy interesem organizacji telewizyjnych oraz twórców programów i artystów, rozwiązanie spraw językowych przy nadawaniu programów regionalnych itp. Jednymi z poważniejszych problemów są: standaryzacja systemów telewizyjnych, sposoby finansowania przedsięwzięć i pobierania opłat za korzystanie z możliwości odbioru, uzgodnienie spraw formalno-prawnych ze względu na praktycznie nieuniknione "zachodzenie" wiązki anteny pokładowej, przeznaczonej do nadawania programu na terytorium danego kraju, na części terytoriów krajów sąsiednich.

2. ZAKRESY CZĘSTOTLIWOŚCI WYKORZYSTYWANE PRZEZ SYSTEMY TELEWIZYJNEJ RADIODYFUZJI SATELITARNEJ

W celu usystematyzowania sposobu przedstawiania wyników dotychczasowych prób i przyszłych zamierzeń w zakresie systemów radiodyfuzji satelitarnej dogodnie jest przyjąć za podstawę zakresy częstotliwości pracy tych systemów. Do praktycznego wykorzystania, zgodnie z postanowieniami międzynarodowymi, w chwili obecnej są do dyspozycji trzy zakresy częstotliwości: 606-790 MHz, 2500-1690 MHz oraz 11,7 - 12,5 GHz. Na pierwszy rzut oka najbardziej atrakcyjny wydaje się zakres około 700 MHz ze względu na to, że są to częstotliwości stosowane w systemach radiodyfuzji telewizyjnej na powierzchni Ziemi, a nowoczesne odbiorniki telewizyjne są przystosowane do odbioru sygnałów w tym zakresie częstotliwości. Jednakże w praktyce trzeba prze-

de wszystkim uwzględnić fakt, że ze względu na wymagane moce nadawania w systemach radiodifuzji satelitarnej wykorzystywana jest modulacja częstotliwości i zachodzi konieczność stosowania na wejściu odbiorników telewizyjnych układów przemiany rodzaju modulacji, a więc podobnie jak przy wykorzystaniu wyższych zakresów częstotliwości. Po drugie, w związku ze stosunkowo małą częstotliwością, konieczne jest stosowanie anten pokładowych i odbiorczych o dużych rozmiarach, drogich i niewygodnych w eksploatacji, a po trzecie szczególnie ostro w tym zakresie częstotliwości występuje problem interferencji pomiędzy służbami satelitarnymi i ziemskimi. Z tego też względu praktyczne zainteresowanie stosowaniem tego zakresu ogranicza się do krajów położonych w rejonach tropikalnych /mniejszy wzrost tłumienia na skutek opadów w porównaniu do wyższych zakresów częstotliwości/ oraz posiadających małe zaludnienie przy słabo rozbudowanych systemach łączności ziemskiej, jak Indie, Związek Radziecki /część terytorium pozaeuropejskiego/ oraz niektóre kraje afrykańskie.

Sprawa wzajemnych zakłóceń występuje nie mniej ostro w zakresie częstotliwości około 2,5 GHz, wykorzystywanym powszechnie przez ziemskie służby radiokomunikacyjne, zwłaszcza linie radiowe. Wykorzystanie tego zakresu może być korzystne jedynie dla krajów leżących w obszarze tropików /tłumienie przez opady mniejsze niż dla zakresu 12 GHz/, jeżeli systemy radiokomunikacji ziemskiej w tym zakresie częstotliwości są dotychczas mało rozbudowane.

Największe, zwłaszcza z punktu widzenia długofalowego planowania, zainteresowanie projektantów systemów skierowane jest na zakres około 12 GHz. Podziałowi tego zakresu była właśnie poświęcona wspomniana w poprzednim rozdziale konferencja WARC-BS, Genewa 1977. Zakres ten jest dotychczas mało wykorzystany przez ziemskie służby łączności, a więc systemy ziemskie będą się musiały "dopasować" do potrzeb systemów radiodifuzji satelitarnej, a nie odwrotnie, jak to miałyby miejsce przy wykorzystaniu dwóch niższych zakresów. Dostępne szerokie pasmo częstotliwości pozwala ponadto na nadawanie w tym samym zakresie częstotliwości, nawet bez powtórnego wykorzystania tych samych kanałów radiowych, do około 40 programów telewizyjnych jednocześnie. Możliwe jest uzyskanie wąskiej wiązki promieniowania anteny pokładowej satelity i dużej selektywności przestrzennej odbioru przy małych wymiarach anten.

Niedogodnością związaną z wykorzystaniem tego zakresu jest natomiast dość znaczny wzrost tłumienia propagacji na skutek silnych opadów, zależny od kąta elewacji anteny odbiorczej. Dla warunków euro-

pejskich przy przyjętym minimalnym kącie anteny odbiorczej 25° należy się liczyć z okresowym wzrostem tłumienia odbieranych fal o około 4 - 5 dB.

A oto jak wyglądają wyniki dotychczasowych doświadczeń i postępy prac nad realizacją systemów w poszczególnych wymienionych powyżej zakresach częstotliwości.

3. SYSTEMY RADIODYFUZJI SATELITARNEJ W ZAKRESIE CZĘSTOTLIWOSCI OKOŁO 700 MHz

3.1. Radziecki system EKRAN

Zapewnienie odbioru programów telewizyjnych na całym terytorium Związku Radzieckiego jest zagadnieniem bardzo trudnym i złożonym nawet przy obecnym poziomie techniki. Konwencjonalnymi środkami ziemskimi, tzn. za pomocą sieci nadajników telewizyjnych na powierzchni Ziemi, połączonych liniami radiowymi i kablowymi do rozprowadzania programów, praktycznie zrealizować tego nie można ze względu na wielkość terytorium i trudną dostępność niektórych okolic. Dlatego też już od początku rozwoju radzieckich systemów satelitarnych wyznaczono im ważną rolę zarówno w zakresie rozprowadzenia programów do lokalnych nadajników, zlokalizowanych w odosobnionych skupiskach ludzi, jak i w zakresie pokrycia całego terytorium programem telewizyjnym oraz wykorzystania satelitów do celów radiodyfuzyjnych.

W pierwszym etapie, od roku 1967, rolę sieci dystrybucyjnej programów telewizyjnych pełnił /i nadal będzie również do tego celu wykorzystywany/ krajowy system łączności satelitarnej Orbita, pracujący początkowo w zakresie częstotliwości 1 GHz, a potem 4 i 6 GHz, obejmujący 80 stacji naziemnych i umożliwiający odbiór programów telewizyjnych przez 80% ludności, zamieszkującej jednak tylko 20% terytorium kraju. Budowa dodatkowych stacji naziemnych tego systemu w obszarach słabo zaludnionych byłaby niecelowa ze względów eksploatacyjnych i ekonomicznych. W celu zapełnienia tej luki stworzono system bezpośredniej radiodyfuzji satelitarnej, umożliwiający odbiór sygnałów przy dużo prostszych i tańszych urządzeniach, pracujących ponadto w dogodniejszym z punktu widzenia konstrukcyjnego i ekonomicznego zakresie częstotliwości około 700 MHz. System pracuje przy wykorzystaniu satelity radiodyfuzyjnego EKRAN, oznaczonego również jako STATIONAR T, wprowadzonego na orbitę geostacjonarną w październiku 1976 roku. Satelita znajduje się na 99° długości wschodniej i

obejmuje zasięgiem swojego działania terytorium Związku Radzieckiego, położone poza Uralem, w tym Syberię i najbardziej północne rejony kraju. Na terytorium tym zamieszkuje 20 milionów ludzi, z których około 7,5 miliona nie miało do momentu powstania systemu żadnej możliwości odbioru programów telewizyjnych.

Wybór częstotliwości pracy systemu około 700 MHz podyktowany był m.in. koniecznością szybkiej realizacji systemu, w tym nadajników pokładowych stosunkowo dużej mocy oraz prostych, tanich i łatwych w eksploatacji urządzeń odbiorczych. Nie wyklucza to w przyszłości celowości wykorzystania do tego celu również zakresu częstotliwości około 12 GHz, zwłaszcza dla europejskiej części Związku Radzieckiego, gdzie stosowanie niższych zakresów częstotliwości byłoby bardzo utrudnione ze względu na istniejące, rozbudowane systemy łączności radiowej na powierzchni Ziemi.

Na terytorium objętym działaniem systemu EKRAN możliwy jest bezpośredni odbiór zbiorowy wysokiej jakości sygnałów telewizyjnych przy zastosowaniu odpowiednich urządzeń odbiorczych, złożonych z wielosegmentowych anten kierunkowych oraz układów przemiany stosowanej w systemie modulacji częstotliwości na modulację amplitudy z częściowo tłumioną jedną wstęgą boczną /urządzenia odbiorcze II klasy/. Satelita jest również wykorzystywany do dystrybucji programów telewizyjnych do oddalonych miejscowości, gdzie odbierany sygnał jest doprowadzany do lokalnych nadajników małej mocy /urządzenie odbiorcze I klasy/. Przewiduje się dalszy rozwój systemu zarówno co do liczby użytkowanych satelitów i nadawanych programów, jak i liczby zainstalowanych urządzeń odbiorczych. Jak na razie sygnał do satelity jest doprowadzany ze studia centralnego za pomocą stacji naziemnej, zlokalizowanej koło Moskwy, wyposażonej w standardową antenę paraboliczną o średnicy 12 m i pracującej w zakresie częstotliwości około 6 GHz z mocą około 5 kW.

Podstawowe parametry systemu.

1. Zakres częstotliwości pracy:

- a/ Ziemia - satelita, 6200 ± 12 MHz
- b/ satelita - Ziemia 702 ± 726 MHz

/częstotliwości odpowiadające kanałom telewizyjnym w V zakresie częstotliwości/.

2. Urządzenia nadawcze satelity:

- a/ antena fazowana o zysku 33,5 dB, i kącie rozwarcia wiązki promieniowania kilka stopni
- b/ moc nadajnika 200 W lub 0,43 W/4 kHz
/zapewnia to gęstość strumienia mocy na całym obejmowanym obszarze - 116,5 dBW/m²/
- c/ polaryzacja anteny kołowa

3. Rodzaj modulacji:

- a/ modulacja częstotliwości z dewiacją szczytową \pm 9 MHz
/wybraną trochę poniżej wartości optymalnej w celu ograniczenia szerokości pasma/
- b/ sygnał dźwięku towarzyszącego przesyłany na podnośnej 6,5 MHz przy dewiacji \pm 50 kHz /analogicznie jak w standardowym sygnale telewizyjnym/

4. Zasilanie urządzeń pokładowych z baterii słonecznych o mocy wyjściowej ponad 2000 W.

5. Dokładność utrzymania położenia satelity /stabilizacja trzyosiowa/ co najmniej \pm 1°. Taka sama dokładność kierunku promieniowania anteny pokładowej.

Określone powyżej parametry pozwalają w normalnych warunkach transmisji na uzyskanie ważonego stosunku sygnału do szumu około 55 dB na wyjściu urządzeń odbiorczych I klasy i około 47 dB na wyjściu urządzeń odbiorczych II klasy.

Urządzenia odbiorcze I klasy

Urządzenia odbiorcze I klasy są przeznaczone do odbioru profesjonalnego, tzn. do transmisji wysokiej jakości sygnałów telewizyjnych do nadajników telewizyjnych, zlokalizowanych w pobliżu większych skupisk ludzkich.

Są one wyposażone w anteny złożone z 32 anten typu Yagi, z których każda zawiera reflektor, element czynny w postaci wycinka anteny śrubowej i 30 direktorów /rys. 1/x/. Całkowity zysk anteny wynosi około 30 dB. Szerokość wiązki anteny $2,2^\circ$ w płaszczyźnie poziomej i 9° w

x/ Wszystkie rysunki są zamieszczone na końcu.

płaszczyźnie pionowej. Urządzenia odbiorcze typu heterodynowego mają na wejściu wzmacniacz tranzystorowy o współczynniku temperaturowym szumów około 450°K , co pozwala na uzyskanie współczynnika temperaturowego szumów całego urządzenia wraz z anteną około 800°K . Współczynnik jakości odbiornika około $1 \text{ dB}/^{\circ}\text{K}$. Z mieszacza na diodzie tunelowej otrzymuje się częstotliwość pośrednią 70 MHz przy zastosowaniu generatora lokalnego sterowanego kwarem o stałości częstotliwości $5 \cdot 10^{-5}$. Po wzmacniaczu p.c.z. sygnał jest doprowadzany do demodulatora częstotliwościowego, na którego wyjściu otrzymuje się sygnał wizyjny i modulowaną podnośną fonii. W celu zwiększenia niezawodności pracy urządzenia, począwszy od mieszacza, stosuje się dwa równoległe tory transmisyjne, przełączane automatycznie.

Urządzenia odbiorcze II klasy

Urządzenia tego typu są przeznaczone do zbiorowego odbioru sygnałów telewizyjnych, a więc są połączone ze standardowymi odbiornikami telewizyjnymi poprzez abonencką instalację kablową /w niektórych przypadkach stosuje się również połączenie z nadajnikami małej mocy/. Urządzenie to musi być więc przystosowane do współpracy z instalacją zbiorowego odbioru, tzn. zapewniać przekształcenie sygnałów o modulowanej częstotliwości na sygnał telewizyjny z modulacją amplitudy fali nośnej sygnałem wizji i modulowaną częstotliwościowo podnośną fonii 6,5 MHz.

Antena odbiorcza II klasy składa się z 4 elementarnych anten typu Yagi, podobnych jak w antenie I klasy /rys. 2/. Szerokość wiązki promieniowania anteny wynosi około 9° w obu płaszczyznach. Zysk anteny około 23 dB. Układ wejściowy odbiornika jest identyczny jak w urządzeniu odbiorczym I klasy, ale nie ma dublowania dalszego toru transmisyjnego, a sam układ jest możliwie uproszczony, w szczególności generator lokalny nie jest stabilizowany kwarem, a współczynnik szumów całego odbiornika wynosi około 1200°K . Współczynnik jakości odbiornika około $6 \text{ dB}/^{\circ}\text{K}$. Poza układami typowymi dla odbiorników obu klas odbiornik II klasy zawiera tzw. blok modulatora amplitudy, w którym m.in. w pierścieniowym wzmacniaczu zrównoważonym następuje modulacja amplitudy sygnałem wizji sygnału nośnego, otrzymywanego z lokalnego generatora i odpowiadający częstotliwości jednego z kanałów standardowego odbiornika telewizyjnego. Na wyjściu układu sygnał ten jest łączony z uprzednio wydzieloną, modulowaną częstotliwości-

wo podnośną sygnału towarzyszącego fonii, dzięki czemu do wejść odbiorników abonenckich doprowadzany jest standardowy, zespolony sygnał telewizyjny.

3.2. System indyjski SITE

Zagadnienie wykorzystania satelitów do emisji programów telewizyjnych jest dla Indii sprawą pierwszoplanową ze względu na olbrzymi obszar tego kraju oraz wielkość i strukturę populacji. Na tym subkontynencie żyje ponad 600 milionów ludzi, z których ponad 80%, zwłaszcza kobiet, jest analfabetami i szkolić ich można tylko przez osobisty kontakt, który może być w dużym stopniu zastąpiony przez odpowiednio opracowane audycje telewizyjne. Ale ze względów ekonomicznych i rozległy obszar tradycyjna telewizja z siecią nadajników naziemnych była w Indiach traktowana jako luksus. Ilustruje to liczba odbiorników telewizyjnych nie przekraczająca w 1976 roku 350.000, zlokalizowanych prawie wyłącznie w większych miastach, zwłaszcza w posiadających bardziej rozbudowany przemysł. Doceniając jednak znaczenie telewizji ze względów oświatowych władze centralne Indii wcześniej oceniły praktyczną przydatność radiodifuzji satelitarnej do tego celu.

W wyniku porozumienia zawartego z USA w okresie od sierpnia 1975 roku do lipca 1976 roku Indie przeprowadziły tzw. Satelitarne Eksperymentalne Szkolenie Telewizyjne SITE, do którego wykorzystany został wyczekiwany od NASA amerykański satelita ATS6, przesunięty w tym celu po orbicie geostacjonarnej na 35° długości wschodniej /Satelita ten był uprzednio wykorzystywany w doświadczeniach przeprowadzanych na terytorium USA, omówionych w punkcie 4.1/.

Satelita pracował w niezupełnie prawidłowym zakresie częstotliwości około 860 MHz, obejmując zasięgiem odbioru całą centralną część subkontynentu indyjskiego, na którym było rozmieszczonych w sześciu wybranych okręgach, w ustalony sposób, 2400 urządzeń odbiorczych /rys. 3/, opracowanych i wykonanych całkowicie przez przemysł krajowy i przeznaczonych do zbiorowego oglądania programów telewizyjnych na terenach wsi i osad. Na innych obszarach sygnały z satelity były odbierane tylko w pojedynczych punktach w celu retransmisji poprzez sieć lokalnych nadajników telewizyjnych.

Typowe urządzenie odbiorcze /różne wykonania przy uwzględnieniu warunków lokalnych/ składało się z anteny parabolicznej z różnie wy-

konanym reflektorem o średnicy około 3 m i kącie rozwarcia wiązki 10° /rys. 5/, z promiennikiem spiralnym, połączonym z dość prostym urządzeniem odbiorczym, w którym odbywała się przemiana częstotliwości i zamiana sygnału wizyjnego modulowanego częstotliwościowo na sygnał modulowany amplitudowo z wytłumioną jedną wstęgą boczną /rys. 4/. Współczynnik szumów odbiornika około 6 dB. Urządzenia odbiorcze współpracowały z odbiornikami telewizji czarno-białej. Jednym z najważniejszych problemów było zapewnienie energii elektrycznej do zasilania urządzeń. Wykorzystywano w tym celu różne źródła energii, m.in. wiatraki i baterie słoneczne.

W kilku stacjach do odbioru profesjonalnego, współpracujących z lokalnymi nadajnikami TV, zastosowano anteny o średnicy 9,5 m. Sygnały modulujące nadajnik były przesyłane na częstotliwości około 6000 MHz za pośrednictwem stacji naziemnych zlokalizowanych około miast Ahmedabad i New Delhi, z trzech wybudowanych w tym celu studiów telewizyjnych.

Nadajnik pokładowy satelity o mocy wyjściowej około 80 W, modulowany częstotliwościowo w pasmie o szerokości 30 MHz, był połączony z anteną o średnicy 10 m /zysk 33 dB/, promieniującą w wiązce o kącie rozwarości 28° , skierowanej na obszar Indii z centrum w pobliżu miasta Nagpur.

Celem eksperymentu było zdobycie doświadczeń co do możliwości wykorzystania systemów radiodifuzji satelitarnej do podniesienia poziomu gospodarczego i kulturalnego szczególnie zacofanych obszarów Indii. Nadawane były specjalnie opracowane programy rozrywkowe, oświatowe i informacyjno-instruktażowe, szczególnie dotyczące rolnictwa i medycyny oraz audycje dla szkół. Programy były nadawane po około 4 godziny dziennie /1,5 godz. rano dla szkół i 2,5 godz. wieczorem/, w zróżnicowanych postaciach, dopasowanych do różnych poziomów słuchaczy. Przeważającą część programu nadawano w języku Hindi, którym posługuje się około 30% ludności kraju, i mniejszą część w lokalnych dialektach. Odbiorniki były umieszczone w szkołach, domach kultury, domach rad gminnych itp., przy czym średnia liczba widzów przekraczała 30 osób.

Jakość techniczna programu była bardzo dobra, co potwierdzało również szereg osób prywatnych i organizacji na terenie Europy, odbierających ten program w sposób amatorski, za pomocą specjalnie skonstruowanych urządzeń /można tu wymienić np. uczelnie techniczne na terytoriach Anglii i Irlandii/. Pod względem społeczno-oświatowym należy uznać ten eksperyment za w pełni udany, zebrano wiele doświad-

czeń na temat rodzaju i warunków nadawania programów zapewniających najlepsze zrozumienie przez określone grupy widzów.

4. SYSTEMY RADIODYFUZJI SATELITARNEJ W ZAKRESIE CZĘSTOTLIWOŚCI OKOŁO 2,5 GHz

4.1. System północno-amerykański z satelitą ATS 6

Wspomniany wyżej satelita ATS 6 w pierwszym okresie po wprowadzeniu na orbitę geostacjonarną o 100° długości zachodniej w maju 1974 r. był wykorzystywany przez USA do nadawania specjalnych programów telewizyjnych, odbieranych przez około 120 stacji rozmieszczonych na terenach Gór Skalistych i Alaski. Doświadczenia te są kontynuowane, gdy satelita przestał być wykorzystywany w eksperymencie indyjskim. W doświadczeniach amerykańskich wykorzystuje się nadajniki pokładowe pracujące w zakresie częstotliwości około 2,5 GHz, współpracujące z rozkładaną anteną paraboliczną o średnicy około 10 m. Zasadniczym celem programu jest zapewnienie zdalnego szkolenia personelu medycznego w oddalonych szpitalach i punktach medycznych, udzielania mu konsultacji itp., szkolenia i doszkalania nauczycieli i fachowców różnych branż oraz, w dalszym etapie, powszechnego nauczania dzieci w trudno dostępnych i oddalonych od centrów przemysłowych rejonach USA.

Podstawowe parametry systemu

1. Środkowe częstotliwości kanałów radiowych 2569 i 2670 MHz.
2. Szerokość pasma 40 MHz.
3. Liczba wykorzystywanych wiązek promieniowania - dwie, szerokość każdej wiązki $0,8^{\circ}$.
4. Nadajniki pokładowe o mocach 15 W.
5. Równoważna izotropowo promieniowana moc nadajnika 52 dBW.
6. Modulacja częstotliwości.
7. Antena odbiorcza o średnicy 3 m i zysku około 38 dB.
8. Współczynnik temperatury szumów urządzeń odbiorczych około 500°K .
9. Na wejściu urządzeń odbiorczych zastosowano wzmacniacz parametryczny.

Badania mają na celu nie tyle techniczne wypróbowanie całej struktury systemu, co stwierdzenie przydatności tego typu rozwiązania do omawianych zadań szkoleniowo-instruktażowych. Dlatego też poza stacja-

mi odbiorczymi w skład systemu wchodzi stała i przewoźne stacje nadawczo-odbiorcze, umożliwiające w ograniczonym zakresie utrzymywanie łączności dwukierunkowej; na przykład w celu udzielania odpowiedzi na pytania, oceny nadawanych audycji itp. Przewiduje się, że w przyszłości zadania tego satelity przejmą wielofunkcyjne satelity typu Westar lub inne przeznaczone zarówno do łączności, jak i radiodifuzji z wykorzystaniem zakresu częstotliwości około 12 GHz.

4.2. System indyjski INSAT

Prowadzone są zaawansowane prace techniczne nad wprowadzeniem do eksploatacji w początkach następnego dziesięciolecia operacyjnego, krajowego systemu radiodifuzji satelitarnej dla całego obszaru Indii, opartego na wykorzystaniu narodowego satelity INSAT. Ma on pracować w zakresie częstotliwości od 2,5 do 2,655 GHz i będzie wyposażony w nadajnik i antenę pokładową o takich mocach i zysku, aby zapewnić warunki dobrego odbioru programów przez instalacje odbioru zbiorowego na większości terytorium Indii. Przewiduje się, że w tym celu do anteny nadawczej trzeba będzie doprowadzić sygnał o widmowej gęstości mocy około -57 dBW/Hz.

5. SYSTEMY RADIODYFUZJI SATELITARNEJ W ZAKRESIE CZĘSTOTLIWOŚCI OKOŁO 12 GHz

5.1. System kanadyjski CTS /Communication Technology Satellite/ i system japoński BSE /Broadcasting Satellite for Eksperimental Purpöses/

Oba powyższe systemy będą rozpatrywane łącznie, ponieważ pod względem technicznym są bardzo do siebie zbliżone, oba pracują w nowym, najbardziej perspektywicznym zakresie częstotliwości około 12 GHz; wiele urządzeń zostało wykonanych w ramach wzajemnej współpracy amerykańsko-kanadyjsko-japońskiej, a satelity obu systemów zostały wprowadzone na orbitę geostacjonarną za pomocą rakiet amerykańskich, satelita kanadyjski w styczniu 1976 roku, a japoński w lutym 1978 r. Dla celów porównawczych parametry obu systemów zostały przedstawione w poniższej tabeli.

T a b e l a 1

Podstawowe parametry systemów CTS i BSE

	System kanadyjski	System japoński
1. Częstotliwości pracy nadajników pokładowych	12,38-12,123 GHz 11,843-11,928 GHz /pasma o szerokości 85 MHz/	11,95-12 GHz 12,05-12,13 GHz /pasma o szerokości 50 i 80 MHz/
2. Polaryzacja	linearna ortogonalna	kołowa
3. Szerokość wiązki promieniowania	2,5°	1,3° x 2,3° /charakterystyka specjalnie kształtowana/
4. Liczba wiązek	2/2 sterowane, niezależne anteny o średnicach około 75 cm/	1 / 2 kanały radiowe/
5. Obszar pokrycia	części Kanady, amerykańska Alaska /wiązki przesuwane w granicach 15°/	wyspy japońskie
6. Moc nadajnika pokładowego	200 W i 20 W /lampa o fali bieżącej produkcji USA o sprawności 50%/	100 W /dla każdego z dwóch kanałów/ /lampa o fali bieżącej produkcji japońskiej/
7. Równoważna izotropowo promieniowana moc satelity	58 dBW	54, 50 dBW /I obszar i 45, 50 dBW /II obszar/
8. Rodzaje emisji	telewizja, telefonia, teleks /satelita wielofunkcyjny/	kolorowa telewizja /oraz różnego rodzaju sygnały przesyłane doświadczalnie na liniach dwukierunkowej transmisji/
9. Rodzaj modulacji	wizja FM, fonia FM/FM podnośna 4,5 MHz	wizja FM, fonia FM/ /FM, podnośna 4,5 MHz
10. Położenie satelitów na orbicie geostacjonarnej	116° długości zachodniej	110° długości wschodniej
11. Dokładność utrzymania położenia satelity na orbicie	+ 0,2° /stabilizacja trzyosiowa/	+ 0,1° /stabilizacja trzyosiowa, dokładność ustawienia kierunku promieniowania anteny ± 0,2°/

	System kanadyjski	System japoński
12. Częstotliwość pracy odbiorników pokładowych /czyli linii Ziemia-satelita/	14,205-14,290 GHz 14,010-14,095 GHz	14,25-14,3 GHz 14,35-14,43 GHz
13. Współczynniki temperatury szumów odbiorników pokładowych	1000 ^o K	2120 ^o K
14. Moc zasilania pokładowych baterii słonecznych	1000 W /wymiary skrzydeł z bateriami słonecznymi 6,5 x 1,2 m/	800 W /dodatkowo akumulatory niklowo-kadmowe/
15. Zysk pokładowej anteny nadawczej	36 dB	37 dB dla głównych 4 wysp 28 dB dla odległych wysp
16. Średnice anten odbiorczych urządzeń naziemnych /dla celów radiodifuzyjnych i komunikacyjnych/	1,2; 1,6; 2,4; 3,0; 9,0 m /1,8 m USA/	1,0; 1,6; 4,5; 12 m
17. Współpraca ze stacjami naziemnymi o średnicach anten nadawczych /moce nadajników/	9 m /1 kW/ 2, 3 i 4 m /2 kW/ 4,5 m /2 kW USA/	2,5 m 4,5 m

Chociaż parametry obu systemów są bardzo zbliżone, zakresy wykorzystywania systemów bardzo się różnią. System CTS był przewidziany nie tylko do radiodifuzji programów telewizyjnych do oddalonych obszarów Kanady /i częściowo USA/, ale również do umożliwienia dwustronnej łączności telefonicznej i teleksowej z oddalonymi osadami za pomocą stacji naziemnych o małych mocach i małych antenach o bardzo małej pojemności transmisyjnej, równoważnej kilku zaledwie kanałom telefonicznym. Łącznie eksperyment przewidywał przeprowadzenie 20 różnego rodzaju doświadczeń. Wykorzystywany był do szkolenia personelu medycznego i nauczycielskiego, udzielania zdalnych informacji i konsultacji, szczególnie w stanach zagrożenia. Służył również do sprawdzania parametrów technicznych systemu, w tym badań warunków dwukierunkowej łączności z małymi stacjami przy zastosowaniu systemu wielokrotnionego dostępu do satelity na zasadzie podziału czasowego; badań warunków propagacji w nowym zakresie częstotliwości oraz określenia parametrów odbiorczych. Uzyskane wyniki doświadczeń znajdują zasto-

sowanie w przyszłym, ogólnokrajowym systemie operacyjnym radiodifuzji satelitarnej.

Satelita doświadczalny CTS /oznaczany również jako Hermes/, o ciężarze na orbicie około 350 kg, został wprowadzony na orbitę geostacjonarną za pomocą rakiety Thor Delta w sposób przedstawiony schematycznie na rys. 6. Wygląd zewnętrzny satelity jest prawie identyczny z wyglądem japońskiego satelity BSE - pokazanego na rys. 8. Poza urządzeniami do transmisji programów telewizyjnych satelita był wyposażony w urządzenie do retransmisji sygnałów telefonicznych oraz transmisji danych w postaci analogowej i cyfrowej pomiędzy stałymi i przewodnymi, małymi stacjami naziemnymi na powierzchni Ziemi.

Trzyosiową korekcję położenia satelity przeprowadzano w sposób ciągły za pomocą obrotowego koła względem jednej osi i w sposób skokowy względem pozostałych dwóch osi za pomocą silników odrzutowych ze sprężonym gazem. Ponadto odbywała się niezależna zmiana położenia "skrzydeł" z bateriami słonecznymi, skokowo z dokładnością $0,25^{\circ}$, sterowana automatycznie pokładowymi czujnikami promieniowania słonecznego.

Interesujący nas szczególnie odbiór bezpośredni sygnałów telewizyjnych z satelity odbywał się w sposób następujący:

Sygnały telewizyjne były doprowadzane do satelity na częstotliwościach w zakresie 14 GHz za pośrednictwem stacji naziemnej, zlokalizowanej koło Ottawy, wyposażonej w antenę o średnicy 9 m lub z przewodnych, nadawczo-odbiorczych stacji retransmisyjnych z antenami o średnicach do 4,5 m. Sygnały z satelity były odbierane za pomocą telewizyjnych urządzeń odbiorczych, opracowanych przy udziale firmy Philips, wyposażonych w anteny o średnicach 1,2 m /odbior przeważnie indywidualny /lub 1,6 m, wykorzystywane w wielu przypadkach do odbioru zbiorowego/. Przy znanych innych parametrów systemu uzyskiwano w tych warunkach następującą jakość odbioru:

T a b e l a 2

Parametry odbioru sygnałów telewizyjnych w systemie CTS

Moc nadajnika	- 23 dBW /200 W/
Tłumienie propagacji w wolnej przestrzeni /38.000 km/	- -206,3 dB
Straty na skutek niedokładności nakierowania anteny satelity	- -1 dB
Dodatkowe tłumienie opadów	- -1 dB
Zysk anteny satelitarnej	- 36 dB

c.d. tabl. 2

Wymiary anteny odbiorczej	- 1,6 m	1,2 m
Zysk anteny odbiorczej	- 44 dB	41,5 dB
Moc sygnału na wejściu urządzenia odbiorczego	--105,3 dBW	-107,8 dBW
Moc szumów na wejściu urządzenia odbiorczego /temp. szumów 1150 ^o K/	- -123,6 dBW	
Stosunek sygnału do szumów na wejściu urządzenia odbiorczego /wartość progowa 9,7 dB/	- 18,3 dB	15,8 dB
Stosunek sygnału wizji do szumów na wyjściu urządzenia odbiorczego	- 48 dB	45,5 dB

Urządzenia odbiorcze były rozwiązane w typowy sposób, z podwójną przemianą o częstotliwościach pośrednich 400 MHz i 120 MHz. Urządzenia wzmacniacza wstępnego pracującego na diodach tunelowych i mieszacza na diodach Schotky'ego były umieszczone wprost przy promienniku anteny w pojemniku cylindrycznym o wymiarach 15 x 25 cm, skąd sygnał o częstotliwości 400 MHz za pomocą kabla o długości 50 m był doprowadzony do pozostałych urządzeń odbiorczych. Urządzenia odbiorcze zawierały układy drugiej przemiany, demodulatora, zamiany modulacji częstotliwości na jednowstęgową modulację amplitudy z jednoczesnym przesuwem częstotliwości do III zakresu telewizyjnego, i były umieszczone w pobliżu odbiornika TV w skrzynce o wymiarach 30 x 25 x x 10 cm.

Głównym celem programu japońskiego, którego okres trwania przewidziany jest na około 3 lata, jest określenie wymagań na operacyjny system radiodyfuzji satelitarnej dla Japonii oraz, już w obecnym etapie doświadczalnym, umożliwienie odbioru kolorowych programów telewizyjnych przez pewną liczbę abonentów. Dotychczas, pomimo wysokiego poziomu technicznego Japonii, ze względów terenowych /wiele małych wysp, górzyście tereny, na których żyje 1/4 ludności/ tylko około 90% rodzin japońskich miało zapewniony odbiór programów telewizyjnych. Przewiduje się szerokie zastosowanie odbioru zbiorowego i eksperymenty z odbiorem indywidualnym przy użyciu urządzeń o temperaturowym współczynniku szumów około 660^oK w pasmie odbierania o szerokości około 180 MHz, współpracujących z antenami o średnicach 1,6 lub 4,5 m /co pozwala na uzyskanie odpowiednio współczynnika dobroci urządzeń 20 dB/^oK i 16 dB/^oK/ w zależności od położenia w stosunku do centrum promieniowania anteny nadawczej satelity.

Satelita BSE /zwany po japońsku "Yuri"/ obsługuje wiązką promieniowania anteny dwa obszary, tzw. wewnętrzny I i zewnętrzny II /rys. 7/.

W obszarze wewnętrznym, obejmującym 4 główne wyspy japońskie, jest zapewniona gęstość strumienia mocy - 99 dB W/m^2 , a w obszarze zewnętrznym obejmującym wszystkie pozostałe wyspy - 110 dBW/m^2 .

Sygnaly telewizyjne doprowadzone będą do satelity ze stacji stałych i przewoźnych, ponadto przewiduje się prowadzenie prób nad wykorzystaniem satelity do dwustronnej łączności telefonicznej i transmisji danych pomiędzy stacjami stałymi i przewoźnymi. Duży nacisk kładzie się na zdobycie doświadczeń w zakresie zdalnego sterowania, kontroli i utrzymywania położenia satelity, które będą wykorzystane przy realizacji normalnego systemu eksploatacyjnego. Przeprowadza się pomiary natężenia pola przy powierzchni Ziemi, badania możliwości wspólnego wykorzystania tych samych zakresów częstotliwości przez systemy łączności ziemskiej i satelitarnej, badania warunków propagacji, różnych metod przesyłania sygnałów fonii towarzyszącej itd. Wstępne wyniki badań propagacyjnych wskazują na przykład, że dla zakresu częstotliwości 12 GHz tłumienie propagacji na skutek opadów dla obszarów w pobliżu Tokio wzrasta o około 1 dB dla 0,1% i około 7 dB dla 0,01% czasu.

Na rysunku 8 pokazano wygląd zewnętrzny i wyposażenie, a na rys. 9 schemat radiowych urządzeń retransmisyjnych satelity BSE, pracujących w układzie pojedynczego przesuwu częstotliwości z zakresu około 14 GHz /linia Ziemia-satelita/ na zakres około 2 GHz /linia satelita-Ziemia/. Sygnaly o częstotliwości około 14 GHz są odbierane jednocześnie w dwóch kanałach radiowych oraz równocześnie wzmacniane i poddawane procesom przemiany częstotliwości. Częstotliwość przesuwu wynosi 2,3 GHz. Wzmacniacze mikrofalowe TDA wykonane są z zastosowaniem diod tunelowych /współczynnik szumu dla całości urządzeń odbiorczych około 7 dB/. Dopiero po przemianie oba kanały radiowe są rozdzielane za pomocą układów filtrów i doprowadzone do dwóch niezależnych układów nadawczych kanału A i kanału B. Każdy nadajnik składa się ze stopnia wstępnego na lampie o fali bieżącej małej mocy TWT_1 , z automatyzowaną kontrolą poziomu mocy, skąd sygnał doprowadzany jest do stopnia końcowego, na lampie o fali bieżącej TWT_2 o mocy wyjściowej 100 W /lampa o mocy 200 W i 50% sprawności/. Sygnaly telewizyjne z satelitów są nadawane w pasmach o szerokościach 25 MHz. Całkowite wzmocnienie układu nadawczego wynosi 95 dB. Sygnaly obu kanałów są łączone na wyjściu i emitowane przez antenę w kierunku wybranego obszaru powierzchni Ziemi. Nadajnik rezerwowy jest wspólny dla obu torów nadawczych i może być włączony na miejsce uszkodzonego nadajnika A lub B za pomocą przełączanych układów cyrkulatorów.

Antena satelity składa się z odpowiednio ukształtowanej czaszy elip-tycznej o wymiarach 103 x 159 cm oraz trzech promienników w celu uży-
skiwania odpowiedniego kształtu wiązki promieniowania, narzuconego
rozmiarami oświetlanej powierzchni Ziemi. Zysk anteny wynosi 37 dB
dla obszaru głównych wysp i 28 dB dla pozostałych wysp japońskich.
Ciężar satelity na orbicie wynosi około 350 kg, podobnie jak dla
eksperymentu CTS.

Do badań eksperymentalnych w zakresie radiodyfuzji sygnałów tele-
wizyjnych wykorzystuje się trzy podstawowe rodzaje stacji naziem-
nych: stałą stację naziemną do dwukierunkowej transmisji telewizyj-
nej, wyposażoną w antenę o średnicy 13 m i nadajnik o mocy 1 kW;
przevoźne stacje również do transmisji dwukierunkowej, wyposażone w
antenę o średnicach 2,5 lub 4,5 m oraz nadajniki klistronowe o mo-
cach wyjściowych około 2 kW /w prostszych rozwiązaniach stacji prze-
woźnych anteny są nakierowywane na satelitę za pomocą mechanizmów o-
brotowych, sterowanych ręcznie/ oraz urządzenia przeznaczone tylko
do odbioru sygnałów telewizyjnych i wyposażone w anteny o średnicach
1,6; 2,5 i 4,5 m. Docelowo, w systemie operacyjnym, przewiduje się
raczej stosowanie w tym ostatnim przypadku, zwłaszcza przy odbiorze
indywidualnym, anten o średnicach 1 m, a nawet poniżej /na przykład
0,6 m jak dla systemów CTS/ i dlatego przeprowadza się również bada-
nia warunków odbioru przy zastosowaniu anten o tych rozmiarach.

Na rysunku 10 przedstawiono schematy blokowe zastosowanych roz-
wiązań urządzeń odbiorczych. Układ pokazany na rys. 10a jest przy-
stosowany do odbioru kilku programów telewizyjnych i współpracy z
siecią kablową instalacji odbioru zbiorowego, a układ z rys. 10b ma
za zadanie zapewnić odbiór indywidualny tylko jednego programu spo-
śród kilku programów przez odpowiednią zmianę częstotliwości drugie-
go generatora lokalnego LO_2 . We wstępnych stopniach w celu zdobycia
doświadczeń stosowano różne wzmacniacze, wykonane na diodach tunelo-
wych, tranzystorach z efektem polowym lub nie chłodzone wzmacniacze
parametryczne.

W niektórych rozwiązaniach zrezygnowano w ogóle ze wzmacniacza
wstępnego, co zaznaczono linią przerywaną, doprowadzając sygnał wej-
ściowy bezpośrednio do mieszacza, pracującego w specjalnym układzie,
zapewniającym dobre tłumienie sygnałów o częstotliwości lustrzanej.
Na uwagę zasługuje opracowanie specjalnych, prostych i tanich gene-
ratorów lokalnych, zapewniających stabilność około 10^{-7} . Układ mie-
szacza został wykonany w technice cienkwarstwowej i umieszczony w
falowodzie prostokątnym. Zastosowano również układ bezpośredniego

przejścia z modulacji częstotliwości na modulację amplitudową sygnału telewizyjnego /rozwiązanie chronione patentem, działanie układu znane tylko w przybliżeniu/. Temperaturowy współczynnik szumów urządzeń wynosi 660°K w sumarycznym pasmie przenoszenia o szerokości 180 MHz. Całość urządzeń poza anteną, umieszczona jest w pudełku o wymiarach 7,5 x 5 x 3 cm. Wstępne wyniki produkcyjne wykazują, że przy masowej produkcji koszt całego urządzenia odbioru indywidualnego, obejmującego antenę o średnicy około 1 m, urządzenie przy antenie oraz urządzenie przy odbiorniku telewizyjnym nie powinien przekraczać 300 dolarów.

T a b e l a 3

Bilans mocy dla kierunku transmisji satelita-Ziemia i wynikająca z niego jakość odbioru sygnałów TV w japońskim systemie BSE

Parametr	Obszar I główne wyspy	Obszar II pozostałe wyspy
Moc nadajnika satelity		100 W
Tłumienie doprowadzeń do anteny		1,5 dB
Zysk anteny /na krańcach obszaru/	37 dB	28 dB
Straty na skutek niedokładności nakierunkowania anteny		1 dB
Równoważna moc promieniowania izotropowego EIRP	54,5 dB	45,5 dB
Tłumienie propagacji /39.000 km/		205,8 dB
Dodatkowe tłumienie dla 99% czasu		1 dB
Wymiary anten naziemnych urządzeń odbiorczych	1,6 m	4,5 m
Współczynnik temperaturowy szumów odbiornika		660°K
Szerokość pasma w.cz.		25 MHz
Stosunek sygnału do szumów dla 99% czasu	18 dB	17,5 dB
Stosunek sygnału do szumów dla kierunku transmisji Ziemia-satelita		31,6 dB
Wypadkowy stosunek sygnału do szumów na wejściu urządzeń odbiorczych	17,8 dB	17,3 dB

Parametr	Obszar I główne wyspy	Obszar II pozostałe wyspy
Uzyskiwany stosunek sygnału do szumów na wejściu odbiornika telewizyjnego dla:		
sygnału wizji	48 dB /ważony/	
sygnału fonii	56 dB	
Inne parametry jakościowe:		
<u>sygnał wizji</u>		
różnicowe wzmocnienie	7%	
różnicowa faza	5°	
modulacja skrośna	<-40 dB	
<u>sygnał fonii</u>		
zniekształcenia nieliniarne	< 1%	

5.2. Przewidywany przedoperacyjny system europejski

Jak na razie, kraje europejskie są wyraźnie opóźnione w zakresie realizacji nawet doświadczalnej telewizyjnej radiodifuzji satelitarnej w porównaniu do krajów innych kontynentów. Wynika to zarówno z mniejszego w danej jeszcze chwili zapotrzebowania ze względu na dobrane na ogół rozbudowane sieci telewizyjnych nadajników na terytoriach poszczególnych krajów oraz ze względu na dużą liczbę krajów na tym kontynencie, o różnych strukturach gospodarczych, należących ponadto do różnych bloków politycznych.

Tym niemniej w Europie Zachodniej pod auspicjami organizacji ESA /Europejska Agencja Przestrzeni Kosmicznej/ i EBU /Europejski Związek Radiodifuzyjny/ prowadzone są prace systemowe i techniczne dotyczące uruchomienia doświadczalnego systemu radiodifuzji satelitarnej dla Europy. Wyznaczona nawet została data wprowadzania na orbitę przeznaczoną do tego celu satelity, oznaczonego "H-Sat" - satelita dużej mocy. Wystrzelenie satelity o ciężarze aż 900 kg ma nastąpić za pomocą własnej rakiety krajów zachodnio-europejskich, typu Ariane, pod koniec 1980 roku. Satelita będzie wyposażony w urządzenia przystosowane do transmisji sygnałów w zakresie częstotliwości 11,7 - 12,5 GHz /satelita-Ziemia/ i 14,0 - 14,5 GHz /Ziemia-satelita/, a ponadto będzie wyposażony w dodatkowe urządzenia na zakresy częstotliwości 20/30 GHz do przeprowadzenia prób i pomiarów w tych nowych,

dotychczas nie wykorzystanych, zakresach częstotliwości. Przy budowie satelity wykorzystuje się doświadczenia uzyskane w trakcie realizacji satelitów Symphonie, opracowanych głównie w ramach kooperacji francusko-niemieckiej. Moc zasilania baterii słonecznych będzie wynosiła 2,2 kW, więcej niż kiedykolwiek udało się dotychczas uzyskać, dzięki czemu będzie można m.in. uzyskać dużą moc nadajników pokładowych oraz zrealizować elektryczny system zasilania silników do korekcji położenia satelity na orbicie. Satelita H-Sat będzie satelitą wielofunkcyjnym, do celów łączności porozumiewawczej i radiodyfuzji, jednakże w niniejszym opracowaniu wystarczy się ograniczyć do opisu jego funkcji w tym drugim zastosowaniu.

Dwie sterowane wiązki promieniowania anteny satelity o różnej szerokości umożliwią okresowe oświetlenie poszczególnych części obszaru Europy /jak również pewnych rejonów Północnej Afryki i Środkowego Wschodu/ zgodnie z ustalonym programem badań, co pozwoli na przeprowadzenie na dużą skalę prób i ustalenie parametrów przyszłego systemu operacyjnego dla całej Europy Zachodniej i Środkowej. Każda z wiązek będzie umożliwiała transmisję programu telewizyjnego przy mocy nadajnika 150 W i 450 W, przy czym możliwa jest współpraca dowolnej wiązki z dowolnym nadajnikiem /rys. 11/. W obszarze oświetlonym wąską wiązką przy mocy 450 W możliwy będzie odbiór sygnałów za pomocą prostych urządzeń odbioru indywidualnego o współczynniku jakości $6 \text{ dB}/^\circ\text{K}$, a przy współpracy szerszej wiązki z nadajnikiem o mocy 150 W potrzebne będą bardziej skomplikowane urządzenia odbioru zbiorowego o współczynniku jakości $12 \text{ dB}/^\circ\text{K}$. W obu przypadkach będzie wówczas zapewniony stosunek odbieranego sygnału do szumów nie mniejszy od 14 dB przez minimum 99% czasu najmniej korzystnego miesiąca roku. Przewiduje się okres pracy satelity na około 3 lata, w ciągu którego będzie on na rozkaz z Ziemi przemieszczany po orbicie geostacjonarnej, prawdopodobnie w zakresie od 5°E do 19°W . Położenie satelity będzie utrzymywane z dokładnością $\pm 0,1^\circ$, a dokładność ustawienia kierunku promieniowania anteny pokładowej będzie zachowana w takim samym przedziale przez cały czas pracy satelity, przy zachowaniu dodatkowego warunku stabilności minimum $\pm 0,05^\circ$ w ciągu dowolnej godziny. Jak z tego widać, parametry satelity będą najbardziej zgodne z ustalonymi przez WARC-BS, Genewa 1977 spośród wszystkich omawianych powyżej eksperymentów. Opracowano szczegółowy plan przejścia z etapu doświadczalnego do normalnej, stałej eksploatacji systemu, co ma nastąpić w pierwszej połowie lat osiemdziesiątych. Opracowano również zasady bezpośredniego odbioru sygnałów telewizyjnych za pomocą urządzeń odbioru zbiorowego i indywidualnego /rysunki 12 i 13/.

W ramach programu tych prac niektóre firmy zachodnioeuropejskie /Philips, Telefunken/ opracowały modele użytkowe urządzeń do bezpośredniego odbioru sygnałów telewizyjnych z satelitów i są gotowe do podjęcia masowej produkcji tych urządzeń przy wstępnym orientacyjnym koszcie 500 dolarów za sztukę /rys. 14/. W skład takiego urządzenia wchodzi antena paraboliczna o średnicy od 1 do 1,6 m, układy wstępne przemiany częstotliwości o współczynniku szumów około 7 dB połączone konstrukcyjnie z anteną oraz zestaw układów umieszczonych w postaci niewielkiego pudełka bezpośrednio przy odbiorniku telewizyjnym, w skład których wchodzi wzmacniacze częstotliwości pośredniej, układ przemiany rodzaju modulacji, rozdzielania sygnałów wizji i fonii itp. Na wyjściu urządzenia otrzymuje się zespolony sygnał telewizyjny na takiej częstotliwości i o takiej postaci, do odbioru jakiego jest przystosowany normalny, standardowy odbiornik telewizyjny, na jednym z przełączanych kanałów radiowych. Niektóre parametry urządzeń zostały podane bezpośrednio przy opisie rysunku. Urządzenia mogą być przystosowane do odbioru sygnałów z satelitów zgodnie z planem rozkładu częstotliwości, przewidzianym dla danego kraju /zestawy po 5 kanałów spośród ogólnej liczby 40 kanałów, ustalonej na WARC-BS, Genewa 1977/.

6. PRACE PROWADZONE W RAMACH PROGRAMU INTERKOSMOS

Również i w krajach socjalistycznych Europy Wschodniej prowadzone są intensywne prace nad stworzeniem warunków i podstaw technicznych do wprowadzenia do normalnej eksploatacji nowoczesnych systemów radiodifuzji satelitarnej w zakresie częstotliwości około 12 GHz.

W ramach programu współpracy krajów socjalistycznych INTERKOSMOS w dziedzinie łączności satelitarnej jest koordynowany przez stronę polską temat pt.: "Badanie zasad realizacji systemów bezpośredniej radiodifuzji satelitarnej". Badania mają na celu określenie struktury i stworzenie podstaw technicznych do budowy systemu, w tym opracowania konstrukcji urządzeń do odbioru sygnałów satelitarnych indywidualnego i grupowego, za pośrednictwem instalacji anten zbiorowych. Opracowano koncepcję struktury i zasady użytkowania systemu radiodifuzji satelitarnej dla krajów socjalistycznych przy uwzględnieniu specyfiki tych krajów i ogólnych postanowień WARC-BS, Genewa 1977.

Wyposażenie satelitów jest przygotowywane przez Związek Radziecki, przy współpracy innych krajów członkowskich, natomiast w Polsce pro-

wadzi się prace nad modelem urządzeń do bezpośredniego odbioru zbiorowego i indywidualnego sygnałów telewizyjnych z satelitów.

Plan pracy przewiduje wykonanie pierwszego modelu użytkowego urządzeń odbiorczych w 1979 roku, a potem zaczną się jego badania doświadczalne, najpierw za pomocą tzw. symulatora satelity, a później przy wykorzystaniu satelitów eksperymentalnych. Przyjmuje się, że urządzenie odbiorcze będzie współpracować z budynkową lub osiedlową antenową instalacją odbioru zbiorowego /z jednoczesną możliwością w specjalnym przypadku niezależnej bezpośredniej współpracy ze standardowym odbiornikiem telewizyjnym/. Urządzenie odbiorcze umożliwić będzie jednoczesny odbiór pięciu programów telewizyjnych radiofonii satelitarnej, spełniając parametry obowiązujące dla systemów telewizyjnej radiodyfuzji satelitarnej w zakresie 12 GHz, ustalone na WARC-BS, Genewa 1977.

Na razie przewiduje się przesyłanie tylko jednego sygnału towarzyszącego fonii, uwzględnia się jednak celowość przesyłania w przyszłości dwóch sygnałów fonii.

Urządzenie jest opracowywane przy założeniu następujących parametrów:

- gęstość strumienia mocy sygnału mikrofalowego nadawanego przez satelitę w płaszczyźnie anteny naziemnego urządzenia odbiorczego
- 103 dB/m^2 ,
- szerokość pasma częstotliwości zajmowanego przez sygnał w jednym kanale radiowym 27 MHz,
- minimalna wartość G/T /zysk anteny i temperatura szumów/ urządzenia odbiorczego $6 \text{ dB/}^\circ\text{K}$,
- polaryzacja odbieranej fali elektromagnetycznej: kołowa lewoskrętna,
- rodzaj modulacji fali nośnej: modulacja częstotliwościowa zespolonym sygnałem wizji o parametrach zgodnych ze standardem D, K i systemem SECAM,
- stosunek sygnału do szumów w kanale luminancji około 40 dB,
- częstotliwości rozprawdzania programów poprzez antenową instalację odbioru zbiorowego: III i IV zakresy telewizyjne.

Schemat blokowy opracowywanego urządzenia odbiorczego przedstawiony jest na rys. 15.

Pod względem układowym urządzenie to odpowiada wielokanałowemu odbiornikowi z podwójną przemianą częstotliwości i przetwarzaniem sy-

gnałów, w trakcie którego następuje przemiana modulacji częstotliwościowej na amplitudową, wydzielenie sygnału podnośnej fonii, oddzielna modulacja nowo wytworzonych fal nośnych sygnałami wizji i fonii oraz przesunięcie częstotliwości z zakresu mikrofalowego do częstotliwości wybranych kanałów w III lub IV zakresach telewizyjnych.

Pod względem konstrukcyjnym naziemne urządzenie odbiorcze składa się z zespołu mikrofalowego wraz z anteną, przeznaczonego do zainstalowania na dachu budynku oraz z zespołu urządzeń przetwarzania sygnałów, przeznaczonego do zainstalowania wewnątrz budynku.

Zespół mikrofalowy składa się z anteny parabolicznej o średnicy około 1,5 m wraz z promiennikiem i konstrukcją wsporczą, depolaryzatora fali, mikrofalowego filtra pasmowego, układu przemiany częstotliwości z generatorem lokalnym i wzmacniaczem wstępnym I p.cz. Zakładany współczynnik szumów zespołu mikrofalowego wynosi co najmniej 8 dB, a sumaryczne wzmocnienie około 30 dB. Na wyjściu jego otrzymuje się sygnał I częstotliwości pośredniej w zakresie 230 - 600 MHz.

Zespół przetwarzania sygnałów radiodifuzji satelitarnej składa się z kolei z dwóch członów:

- członu regeneratora sygnałów fonii oraz modulatora amplitudy fal nośnych, przeznaczonych do rozprowadzania sygnałów telewizyjnych za pomocą antenowej instalacji odbioru zbiorowego,
- członu pośredniej częstotliwości wraz z demodulatorem.

Człon pośredniej częstotliwości wraz z demodulatorem składa się ze wzmacniacza wstępnego, wspólnego dla pięciu kanałów radiowych, układu rozgałęziającego i pięciu niezależnych bloków kanałowych. Każdy z bloków kanałowych zawiera selektywny wzmacniacz kanałowy I p.cz., mieszacz wraz z generatorem, filtr, wzmacniacz II p.cz. 125 MHz, ogranicznik amplitudy, demodulator FM, wzmacniacz wizji, układ deemfazy oraz układ eliminujący tzw. sygnał dyspersji energii.

Człon regeneratora sygnałów fonii oraz modulatora amplitudy zawiera pięć identycznych bloków kanałowych, w skład których wchodzi: regeneratorek i modulator fonii /zmieniający proporcje pomiędzy poziomami odbieranych sygnałów wizji i fonii w celu polepszenia stosunku sygnału do szumu w kanale fonii/, modulator amplitudowy sygnału wizji, pracujący na stałej częstotliwości 38 MHz oraz układ mieszacza przesuwający otrzymaną falę nośną, modulowaną zespolonym sygnałem telewizyjnym, na częstotliwość jednego z kanałów III lub IV zakresu telewizyjnego, inną dla każdego z pięciu programów radiodifuzji satelitarnej.

Na wyjściu układu znajduje się układ sumujący, w którym następuje łączenie sygnałów pięciu kanałów telewizyjnych. Z sumatora, poprzez układ dopasowujący, sygnał jest doprowadzany do systemu antenowej instalacji zbiorowej, za pomocą której programy otrzymywane z satelity radiodifuzyjnego są rozprowadzane do standardowych odbiorników telewizyjnych, rozmieszczonych w mieszkaniach poszczególnych abonentów. Wybór programu przez abonenta spośród 2-3 programów nadawanych przez lokalne nadajniki telewizyjne i z 5 programów odbieranych z satelity radiodifuzyjnego przy takiej koncepcji rozwiązania systemu będzie odbywał się za pomocą normalnego przełącznika kanałów w odbiorniku telewizyjnym.

Docelowo przewiduje się opracowanie i przebadanie również innych wariantów rozwiązania urządzenia, m.in. przy zastosowaniu mniejszej anteny i wstępnego wzmacniacza mikrofalowego oraz przy wykorzystaniu pierwszej częstotliwości pośredniej o wartości około 1 GHz.

7. PERSPEKTYWY ROZWOJU RADIODYFUZJI SATELITARNEJ W POLSCE

Zgodnie z postanowieniami akt końcowych WARC-BS; Genewa 1977, Polska otrzymała potencjalną możliwość docelowego nadawania z satelity, umieszczonego na nominalnej pozycji 1° długości zachodniej, do 5 programów telewizyjnych /lub równoważnych/ w 5 kanałach radiowych /1, 5, 9, 13 i 17/, o szerokości nominalnej każdego z nich 27 MHz, rozmieszczonych w zakresie częstotliwości od około 11,727 do 12,034 GHz. Przy mocach nadawania nadajników pokładowych satelity około 100 W na jeden kanał radiowy i kącie rozwarcia wiązki anteny $1,5^{\circ} \times 0,6^{\circ}$ możliwy będzie odbiór indywidualny i zbiorowy wysokiej, jednakowej prawie jakości programów telewizji czarno-białej i kolorowej na obszarze całego terytorium PRL /rys. 16/. Przy zachowaniu wyznaczonych parametrów zapewniona będzie możliwość odbioru programów na terenie Polski co najmniej do godziny 0.20 czasu środkowo-europejskiego /w najgorszych okresach jesieni i wiosny, przy występowaniu zjawiska eklipsy, czyli zacieniania satelity przez Ziemię, o czasie trwania do 1,5 godziny/.

Kąty elewacji anten naziemnych urządzeń odbiorczych zawierają się w granicach od około 24° /okolice Suwałk/ do około 30° /okolice Zakopanego/, a kąty azymutów od około 198° /okolice Świnoujścia/ do około 211° /Bieszczady/.

Wymagane moce nadajników pokładowych są już w chwili obecnej całkowicie możliwe do uzyskania. Wspólna pozycja nominalna satelitów na

orbicie geostacjonarnej dla większości europejskich krajów socjalistycznych ułatwia planowanie i wspólne prace nad realizacją systemu, zwłaszcza we wstępnym etapie eksperymentalnym, gdy wobec ograniczenia liczby nadawanych dla każdego kraju programów, możliwe będzie wykorzystanie jednego satelity dla kilku krajów jednocześnie. Obliczone współczynniki ochronne przed zakłóceniami ze strony sygnałów telewizyjnych nadawanych do innych krajów są dla terenu Polski zaledwie od 0 do 1 dB mniejsze od założonej teoretycznie wartości 31 dB.

Praktyczne wykorzystanie możliwości nadawania programów telewizyjnych z satelitów na obszar Polski będzie zależało od trzech czynników:

- 1/ zapotrzebowania,
- 2/ możliwości realizacji systemu,
- 3/ względów ekonomicznych.

W odniesieniu do perspektyw rozwoju tradycyjnych systemów ziemskich zgodnie z przyjętymi planami przewiduje się do około 1985 roku uzyskanie możliwie pełnego pokrycia obszaru Polski dotychczasowymi dwoma programami telewizyjnymi. Zakłada się ponadto, że do roku 1990 zostanie rozbudowana sieć ziemskich stacji TV dla emisji trzeciego programu. Dalsze powiększanie liczby nadawanych programów TV, ze względu na brak wolnych kanałów w zakresach fal metrowych i decymetrowych, będzie praktycznie możliwe tylko przy wykorzystaniu techniki radiodifuzji satelitarnej.

Dodatkowo trzeba uwzględnić celowość wykorzystania tego systemu do nadawania programów stereofonicznych i kwadrofonicznych, a ponadto również możliwość nadawania sygnałów kontroli czasu i częstotliwości jak również innych ważnych informacji, na przykład nadawanych w chwilach powszechnego zagrożenia i przeznaczonych do odbioru przez możliwie szeroki krąg odbiorców.

Można przyjąć, że wprowadzenie służb radiodifuzji satelitarnej do eksploatacji na terenie kraju powinno nastąpić w drugiej połowie lat osiemdziesiątych. Plany rozwojowe i prace prowadzone nad tym zagadnieniem w ramach programu współpracy krajów socjalistycznych INTER-KOSMOS oraz programy prac krajowych są w ogólnym zarysie zgodne z powyższym założeniem i wskazują na możliwość praktycznej realizacji systemu już przy obecnym stanie techniki. W PRL prowadzi się badania naukowe nad opracowaniem do roku 1980 kilku urządzeń użytkowych do odbioru sygnałów z satelitów radiodifuzyjnych w zakresie częstotliwości

ści około 12 GHz i rozprowadzania pięciu programów telewizyjnych w ramach instalacji anten zbiorowych. Zasady pracy tych urządzeń zostały bardziej szczegółowo omówione w rozdziale 6.

W latach 1980-1985 opracowany zostanie prototyp i ewentualnie podjęta małoseryjna produkcja tych urządzeń do celów doświadczalnych, tak aby po 1985 roku można było rozwinąć masową ich produkcję.

Po roku 1983 można przewidywać wprowadzenie na orbitę pierwszego satelity do celów eksperymentalnych, a pierwszy satelita operacyjny, prawdopodobnie wspólny dla kilku krajów socjalistycznych, będzie do dyspozycji około 1985 roku, stwarzając warunki odbioru na terenie Polski dodatkowo 1-2 programów telewizyjnych. Około 1990 roku, po wprowadzeniu na tę samą nominalną pozycję 1^o długości zachodniej większej liczby satelitów, będzie można liczyć na posiadanie przez PRL własnego satelity, przystosowanego do nadawania do 5 programów telewizyjnych, przy czym do nadawania pełnej liczby programów będzie się prawdopodobnie dochodziło stopniowo.

Sygnały telewizyjne będą doprowadzane do satelity z własnej, krajowej nadawczej stacji naziemnej, zapewniającej również sprawne funkcjonowanie urządzeń pokładowych satelity, w tym zwłaszcza utrzymanie stałości kierunku promieniowania anteny pokładowej.

Przy analizie czynników ekonomicznych należy uwzględnić zarówno nakłady ponoszone na realizację i eksploatację systemu jak i porównawczo koszty wymagane dla stworzenia warunków powszechnego odbioru dodatkowych programów telewizyjnych za pomocą systemów telewizyjnej radiodifuzji ziemskiej i satelitarnej. Pomimo dosyć wysokich kosztów realizacji systemów radiodifuzji satelitarnej, na które składają się koszty opracowania i wprowadzania satelity na orbitę, koszty budowy stacji naziemnej doprowadzania programów do satelitów oraz koszty naziemnych urządzeń odbiorczych, porównanie nakładów na realizację obu systemów wykazuje wyraźne korzyści ekonomiczne, jakie można uzyskać przez wykorzystanie radiodifuzji satelitarnej do nadawania dalszych programów telewizyjnych na obszarze PRL.

8. ŚWIATOWE TENDENCJE ROZWOJOWE

Omawiane powyżej przykłady nie obejmują wszystkich prowadzonych obecnie na świecie prac nad przyszłościową realizacją systemów radiodifuzji satelitarnej. Z bardziej interesujących i zaawansowanych prac prowadzonych nad tymi systemami przy wykorzystaniu podstawowego zakresu częstotliwości około 12 GHz można wymienić prace nad systemami

regionalnymi dla krajów skandynawskich, arabskich i południowoamerykańskich oraz nad systemami krajowymi dla obszarów USA, Kanady, Australii, Indonezji, Iranu oraz Indii /o charakterze bardziej uniwersalnym od omawianego systemu INSAT/. W zasadzie rozwiązania tych systemów, a zwłaszcza budowa satelitów, będą bardzo podobne do zastosowanych w kanadyjskim systemie CTS i japońskim systemie BSE. Wynika to między innymi z wykorzystania do wprowadzania satelitów tych systemów na orbitę geostacjonarną tych samych rakiet USA, opracowywania urządzeń przy współpracy z amerykańską krajową agencją przetrzeni kosmicznej NASA. Realizację tych systemów przewiduje się w latach 1981-1982.

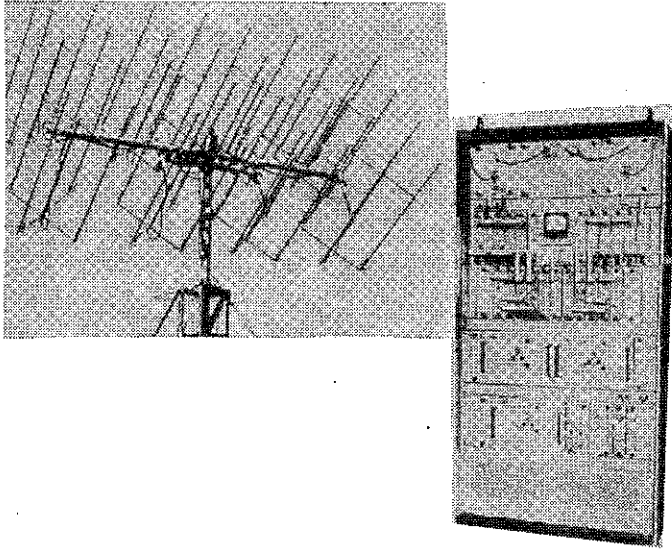
Krajowy przyszłościowy system indyjski będzie przeznaczony dla celów porozumiewawczych i rozsiewanych. Dla łączności profesjonalnej przewiduje się wykorzystywanie urządzeń pokładowych pracujących w konwencjonalnych zakresach częstotliwości 4 i 6 GHz. Dla radiodyfuzji będą wykorzystywane nadajniki pokładowe pracujące w zakresach częstotliwości około 1,5 GHz i 12 GHz.

W systemie arabskim przewidywano zastosowanie satelitów wyposażonych w pięć nadajników o mocach 40 W każdy, a w systemie irańskim trzech nadajników o mocach około 100 W każdy. Zawarto w tej sprawie odpowiednie umowy z kontrahentami zagranicznymi, przewidującymi m.in. żywotność minimalną satelitów 7 lat i stosowanie satelitów rezerwowych. Zasięg pierwszego z tych satelitów miał obejmować podstawowe kraje muzułmańskie. Miał on być przeznaczony w głównej mierze do nadawania audycji religijnych i oświatowych dla wyznawców islamu. Jak na te plany rozwojowe wpłynie obecna sytuacja polityczna krajów arabskich, trudno z całą pewnością przewidywać, wydaje się jednak, że zamiast wspólnego systemu regionalnego będą raczej realizowane systemy o zasięgu krajowym.

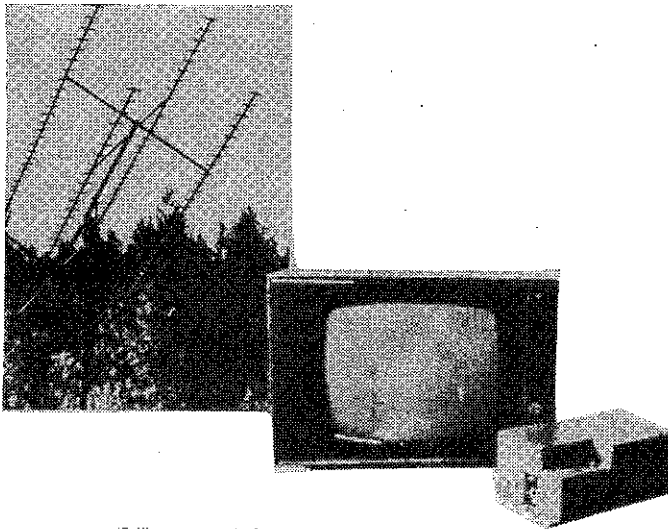
Zadaniem projektu skandynawskiego jest objęcie wspólnym programem /przy wykorzystaniu wspólnej lub niezależnych wiązek antenowych/ wszystkich krajów skandynawskich łącznie z Islandią i Grenlandią i stworzenie warunków do odbioru indywidualnego i zbiorowego sygnałów telewizyjnych w zakresie częstotliwości około 12 GHz przy zastosowaniu możliwie prostych urządzeń odbiorczych z antenami parabolicznymi o średnicach nie przekraczających 100 cm. Poza nadawaniem sygnałów telewizyjnych przewiduje się możliwość nadawania kilkunastu sygnałów radiofonicznych oraz specjalnych sygnałów do oddalonych wysp, platform wiertniczych na morzu itp. Jak na razie jednak, prace w tym za-

kresie nie wyszły poza stadium dość szczegółowych planów i fragmentarycznych badań.

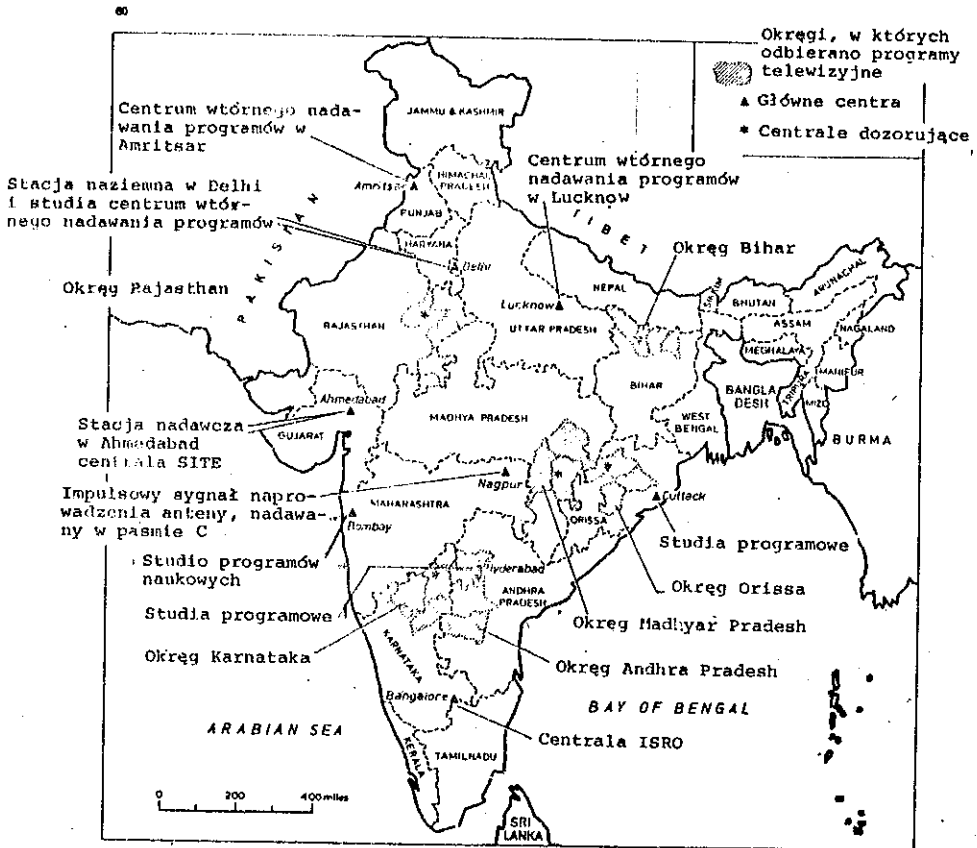
Można właściwie przyjąć, że bardziej lub mniej zaawansowane prace w zakresie radiodifuzji satelitarnej prowadzone są samodzielnie lub we wzajemnej współpracy w większości krajów świata o dostatecznym potencjale technicznym, tylko nie wszystkie informacje są jeszcze podawane do powszechnej wiadomości. Warto zauważyć, że niektóre technicznie przodujące kraje kapitalistyczne przygotowują plany i podstawy techniczne wprowadzenia takich systemów w krajach rozwijających się, posiadających odpowiednie zasoby finansowe dla złożenia i opłacenia realizacji zamówień, przy czym na pierwszym miejscu można tu wymienić kraje eksportujące ropę naftową. Można oczekiwać, że przede wszystkim w dostatecznie bogatych krajach tzw. Trzeciego Świata, z powodu bezkonkurencyjności systemów radiodifuzji satelitarnej ze względu na strukturę rozmieszczenia mieszkańców na ich terytoriach i dotychczasową bardzo słabą lub w ogóle nieistniejącą sieć nadajników telewizyjnych radiodifuzji ziemskiej, systemy telewizyjnej radiodifuzji satelitarnej znajdą stałe i pełne zastosowanie, oczywiście przy wydajnej pomocy technicznej krajów technicznie przodujących. Terminy wprowadzenia do normalnej eksploatacji tych systemów w innych krajach, przede wszystkim europejskich, będą głównie uzależnione od możliwości finansowych, wyników analiz ekonomicznych i pilności wprowadzenia nadawania dodatkowych programów telewizyjnych. Panuje jednak powszechna opinia, że już około 1990 roku systemy radiodifuzyjne satelitarne będą równorzędnie stosowane, lub nawet będą dominowały nad systemami radiodifuzyjnymi ziemskimi, zwłaszcza biorąc pod uwagę obszary pokrycia i możliwości nadawania z jednego satelity wielu programów telewizyjnych jednocześnie oraz coraz lepiej rozwiązywane trudności techniczne, związane z realizacją i eksploatacją tych systemów.



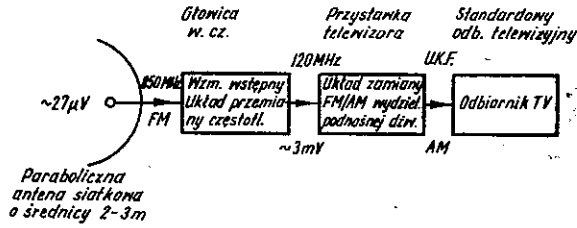
Rys. 1. System radziecki radiodfuzji satelitarnej EKRAN.
Antena odbiorcza I klasy i stojak urządzeń odbiorczych



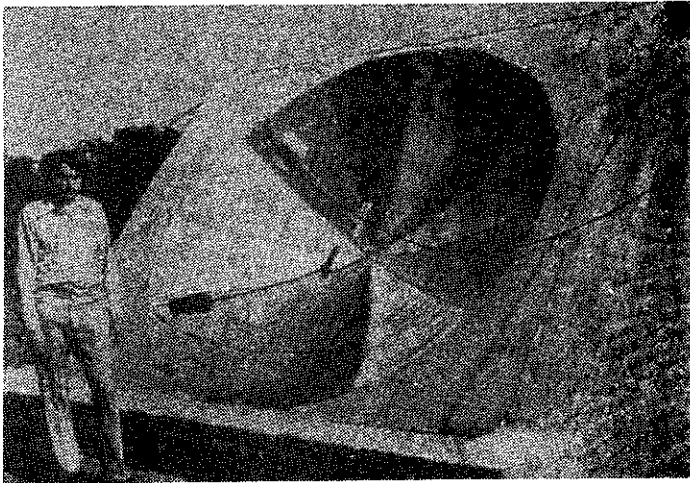
Rys. 2. System radziecki radiodfuzji satelitarnej EKRAN.
Antena odbiorcza II klasy oraz odbiornik telewizyjny wraz
z przystawką do bezpośredniego odbioru sygnałów telewizyj-
nych z satelity



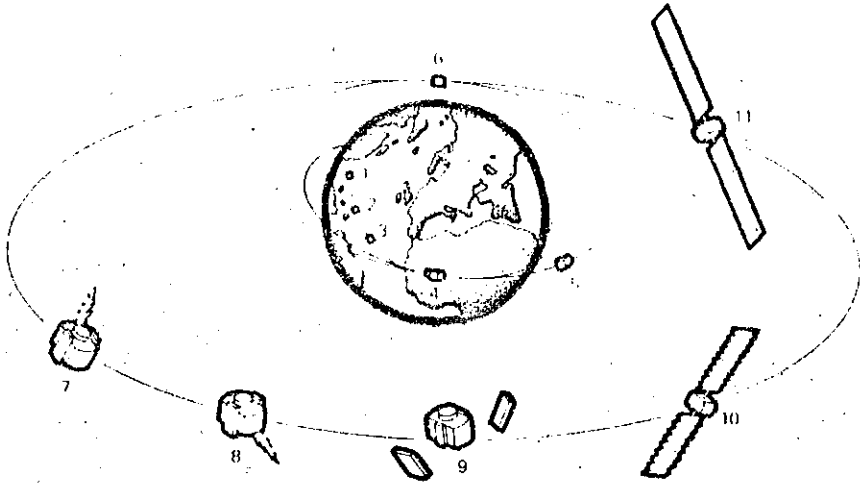
Rys. 3. Mapa Indii z zaznaczeniem obszarów, na których odbierano programy telewizyjnej radiodifuzji satelitarnej w ramach programu eksperymentalnego SITE



Rys. 4. Zasada pracy jednokanałowych urządzeń odbiorczych zastosowanych w indyjskim eksperymencie SITE



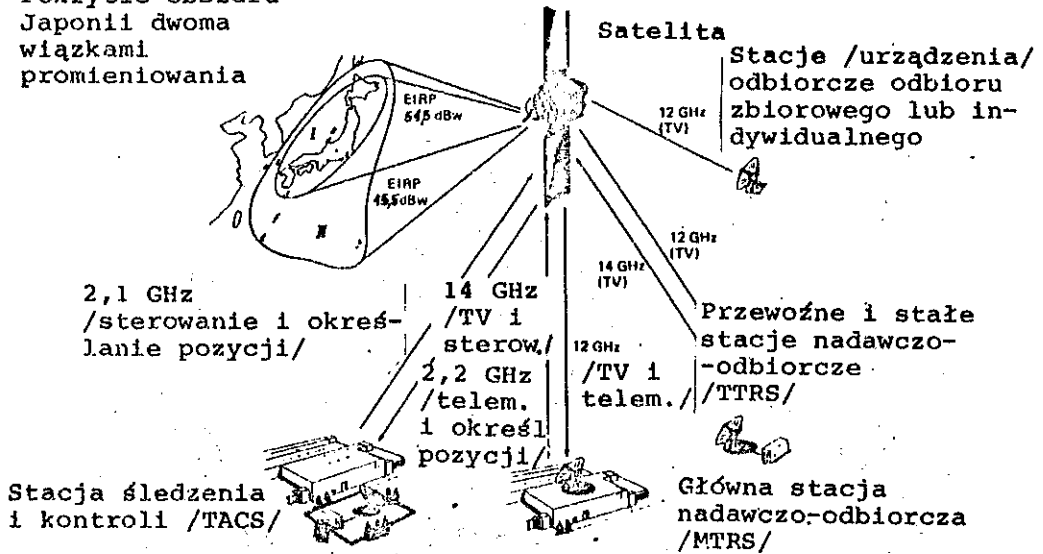
Rys. 5. Jedną z metod wykonania anten odbiorczych w indyjskim eksperymencie SITE. Czasza anteny jest wytłoczona w glinie i wyłożona folią aluminiową. Kierunek ustawienia i nachylenia płaszczyzny ściany jest dobrany zgodnie z pozycją satelity na orbicie



Rys. 6. Wprowadzenie satelity CTS na orbitę geostacjonarną

1 - wystrzelenie rakiety z przylądka Kennedy na Florydzie, 2 - uruchomienie drugiego silnika rakiety, 3 - nadanie ruchu obrotowego, 4 - uruchomienie trzeciego silnika rakiety, 5 - wyrównanie lotu rakiety i oddzielenie satelity od rakiety, 6 - uruchomienie w pobliżu apogeum orbity eliptycznej silników odrzutowych satelity, 7 - uruchomienie silników odrzutowych dla ustalenia odpowiedniej pozycji satelity względem powierzchni Ziemi, 8 - ustalenie wymaganej pozycji satelity względem Ziemi, 9 - odrzucenie pokryw zewnętrznych, 10 - rozwijanie "skrzydeł" z ogniwami słonecznymi, 11 - właściwe położenie satelity na orbicie geostacjonarnej /antena skierowana w stronę określonego obszaru powierzchni Ziemi "skrzydła" w stronę maksymalnego promieniowania słonecznego/

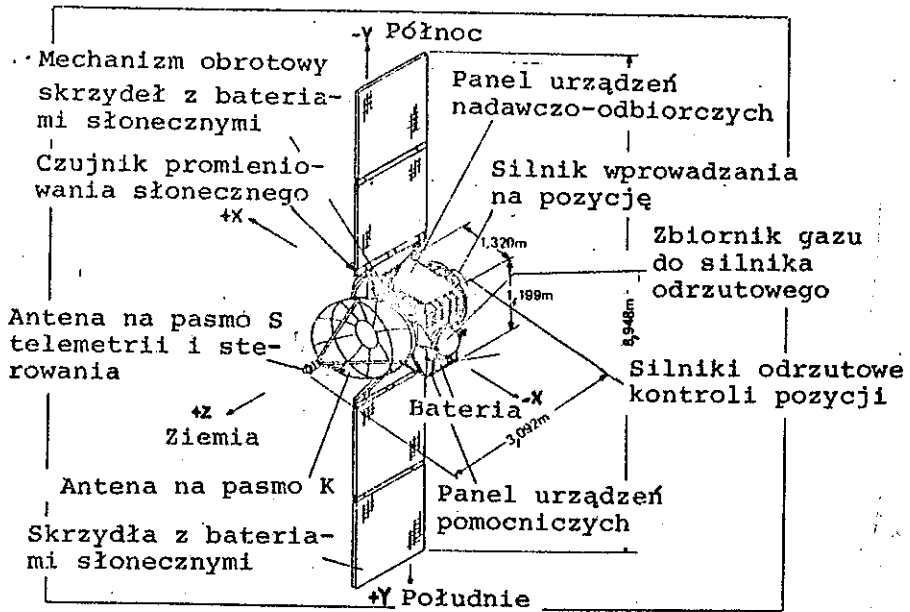
Pokrycie obszaru
Japonii dwoma
wiązkami
promieniowania



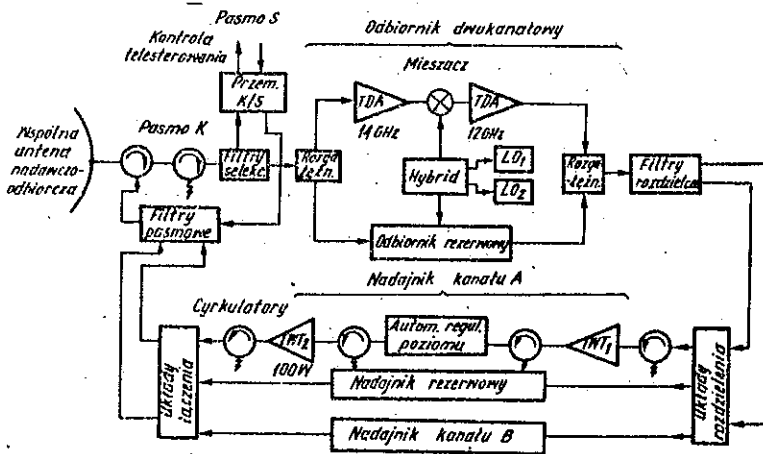
Podstawowe parametry stacji naziemnych

Typ stacji	Wymiary anteny /m/	Temp.szumu od- biornika
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

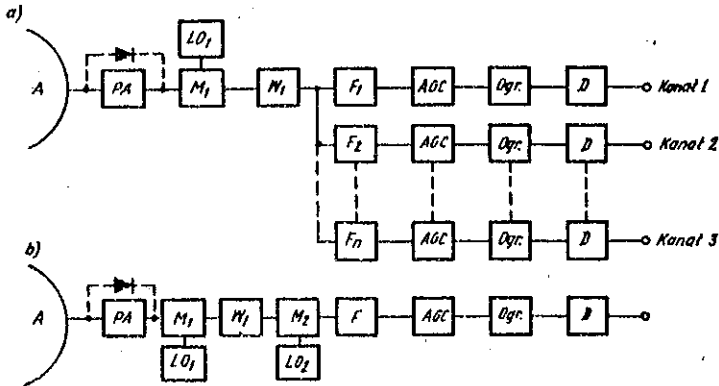
Rys. 7. Struktura japońskiego systemu radiodyfuzji satelitarnej BSE i podstawowe parametry stacji naziemnych



Rys. 8. Konstrukcja japońskiego satelity radiodyfuzyjnego BSE

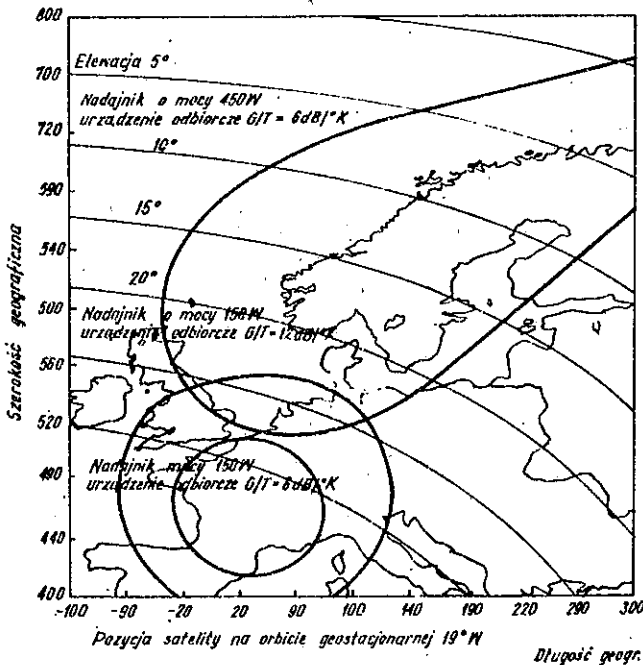


Rys. 9. Schemat blokowy radiowych urządzeń pokładowych japońskiego satelity radiodyfuzyjnego

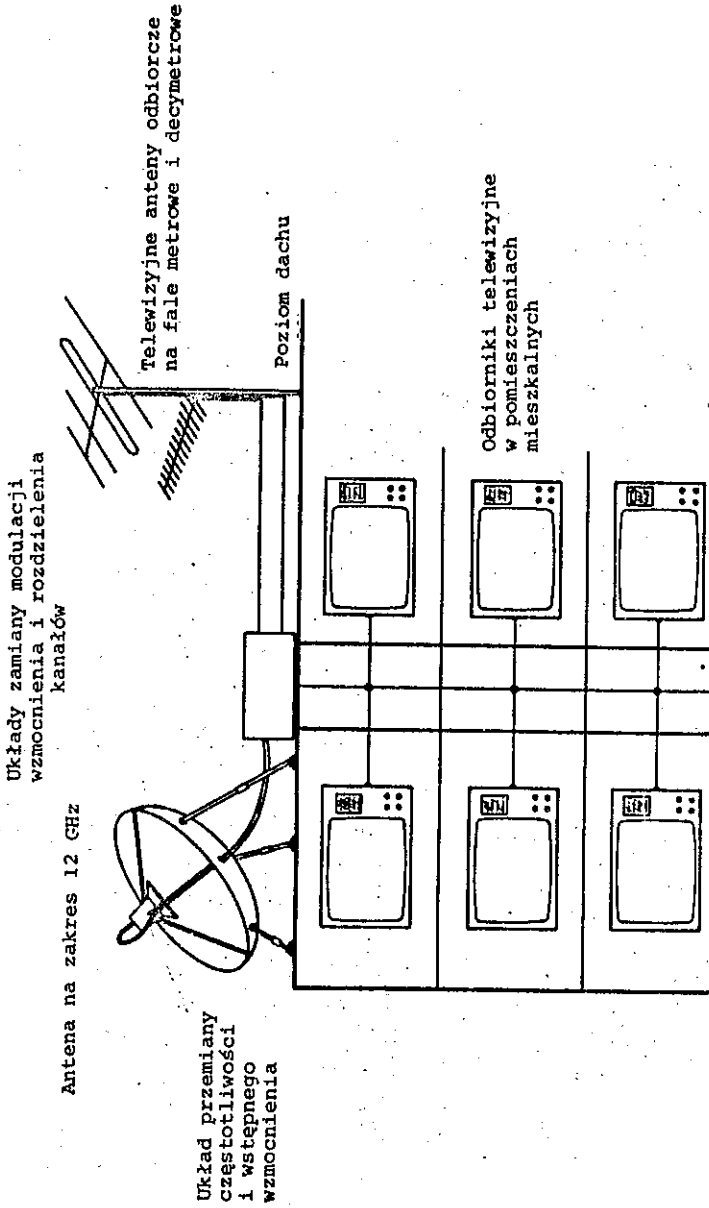


Rys. 10. Schematy blokowe urządzeń odbiorczych dla japońskiej radiodifuzji satelitarnej: a/ urządzenie odbiorcze do odbioru zbiorowego, b/ urządzenie odbiorcze do odbioru indywidualnego

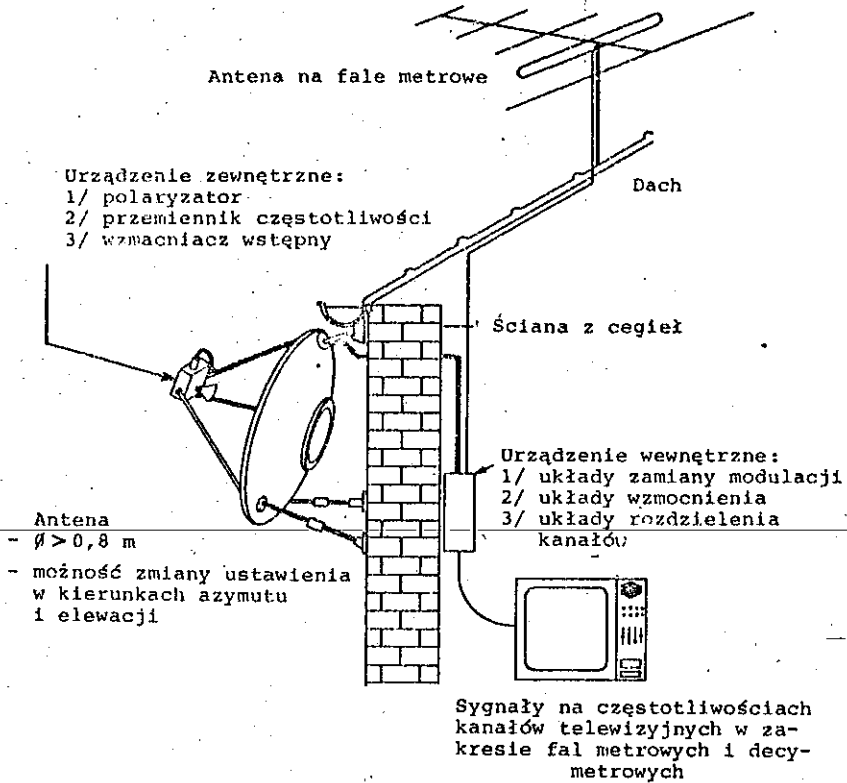
A - antena odbiorcza, PA - wzmacniacz wstępny, LO - generator lokalny /dla każdego z dwóch kanałów/, M - mieszacz, \$W_1\$ - wzmacniacz I częstotliwości pośredniej, AGC - automatyczna regulacja wzmocnienia, D - układ przetwarzania i dopasowania



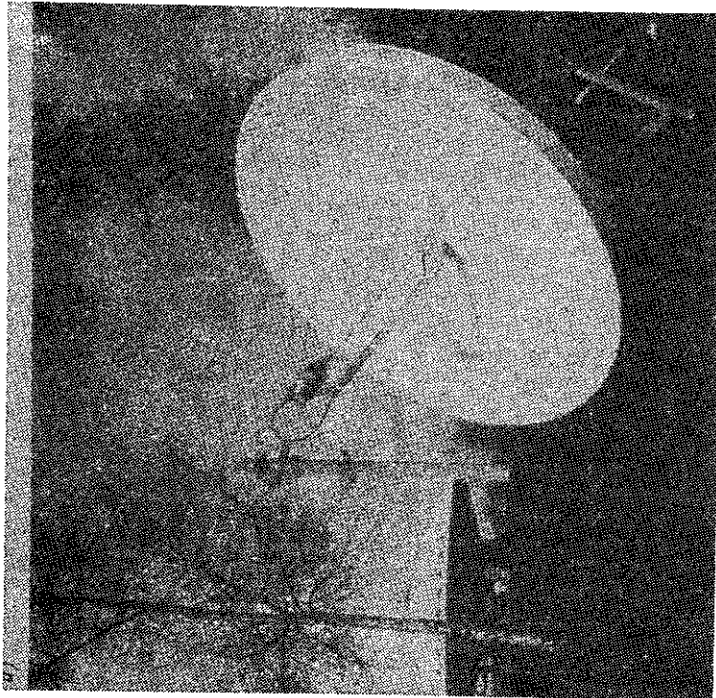
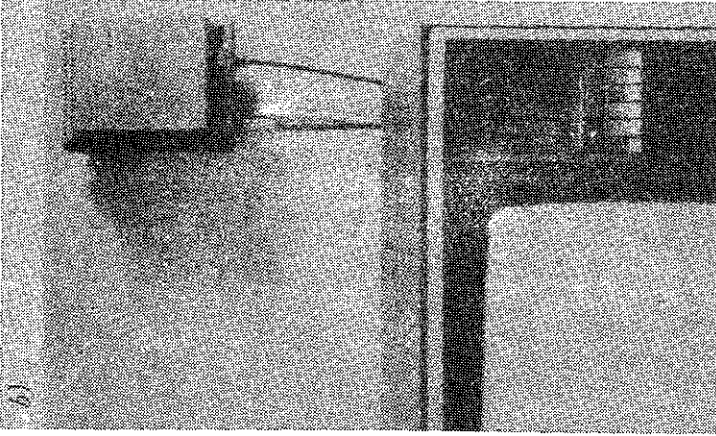
Rys. 11. Przykład jednoczesnego pokrycia zasięgiem nadawania dwóch obszarów na terenie Europy przez dwa nadajniki pokładowe różnej mocy satelity radiodifuzyjnego H-sat



Rys. 12. Urządzenia instalacji zbiorowej do odbioru sygnałów telewizyjnych z satelity radiodyfuzyjnego



Rys. 13. Urządzenie do indywidualnego odbioru sygnałów telewizyjnych z satelity radiodyfuzyjnego



Rys. 14. Urządzenie do bezpośredniego, indywidualnego odbioru sygnałów telewizyjnych z satelity w zakresie częstotliwości 12 GHz, opracowane przez firmę Philips: a/ antena ze wstępnymi układami mikrofalowymi, związanymi konstrukcyjnie z promiennikiem, b/ pozostała część urządzenia umieszczona na ścianie w pobliżu odbiornika telewizyjnego i połączona z częścią mikrofalową przy antenie kabelkiem koncentrycznym

Podstawowe parametry urządzenia:

Antena

średnica 1,6 m
sprawność 60%
polaryzacja liniowa
szerokość wiązki 1,1°
zysk 44 dB
wytrzymałość na wiatr o szybkości
90 km/godz.

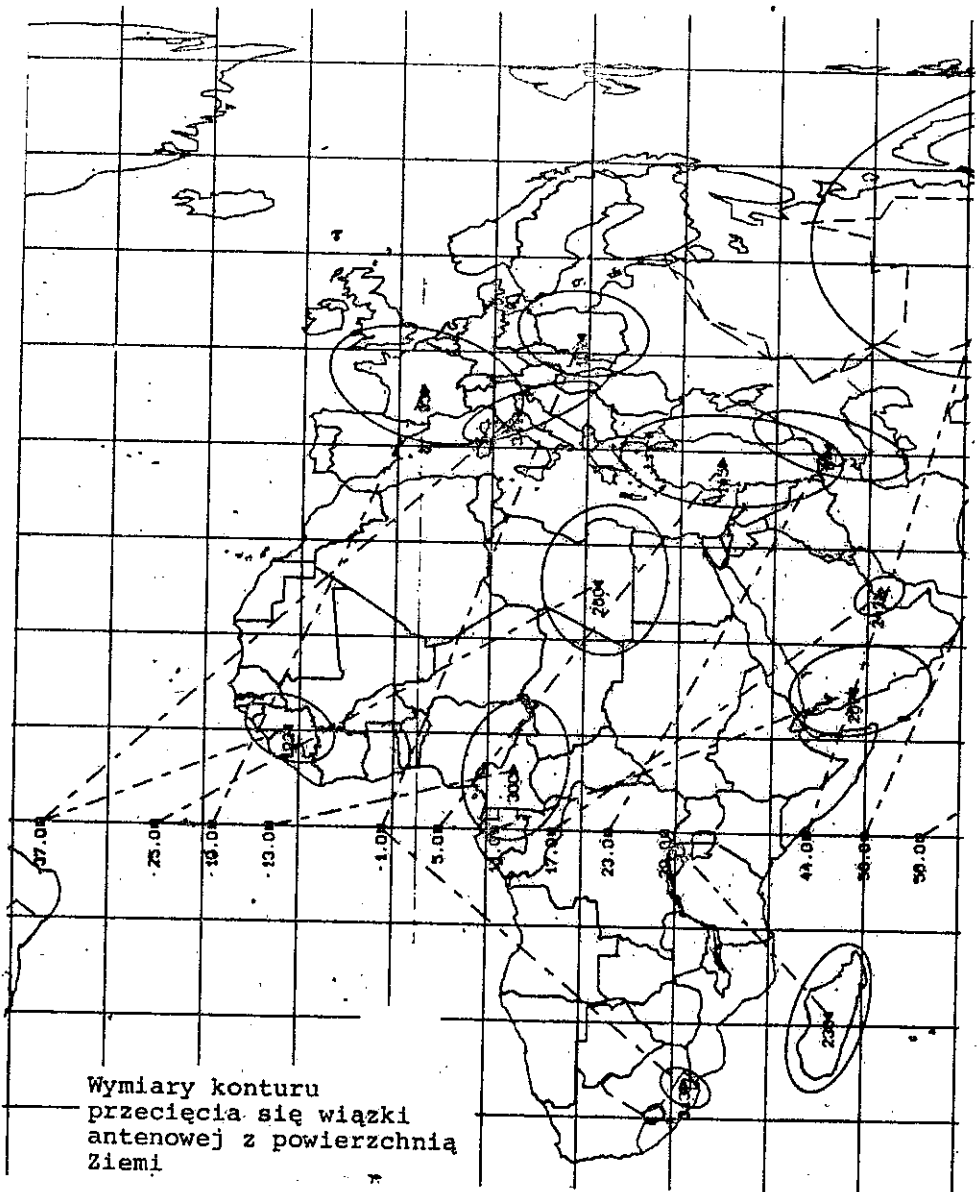
Cześć mikrofalowa

poziom min. sygnału wejściowego
-113,6 dBw/m²
zakres częstotliwości 12,038 do
12,123 MHz
wzmocnienie 34 dB
współczynnik szumów 7 + 0,5 dB
częstotliwość pośrednia 330-470MHz
poziom wyjściowy sygnału -80 dBw
/0,9 mV/75Ω/
zakres temperatur -35°C do +35°C

Cześć wewnętrzna

poziom wyjściowy sygnału -97dBw ± -68 dBw/75Ω
zamiana modulacji częstotliwości na modulację amplitudy sygnału wizji
Doprowadzenie zespolonego sygnału wizji i fonii na podnośnej odbywa
się na częstotliwości jednego ze standardowych kanałów radiowych, do
odbioru którego jest przystosowany odbiornik domowy

Moc zasilania całego urządzenia 18 W, przewidywana żywotność około
10 lat, orientacyjny koszt przy masowej produkcji poniżej 500 dolarów.



Rys. 16. Pokrycie obszaru Polski pięcioma programami TV z satelity umieszczonego na 1° długości zachodniej orbity geostacjonarnej oraz zasady przestrzennego rozdziału przy wykorzystywaniu tego samego kanału częstotliwościowego

