

INSTYTUT ŁĄCZNOŚCI

REFERATY
PROBLEMOWE

Zeszyt 80

Arnold Kawecki, Jan Bogucki,
Bogusław Kocimowski, Wojciech Skonieczny

DOŚWIADCZALNY OŚRODEK BADAŃ PROPAGACJI MIKROFAL
NA TRASACH HORYZONTOWYCH I SATELITARNYCH



Warszawa 1987

061.62: 621.374.3

I N S T Y T U T Ł Ą C Z N O Ś C I

K O Ł O Z A K Ł A D O W E S T O W A R Z Y S Z E N I A E L E K T R Y K Ó W P O L S K I C H

R E F E R A T Y P R O B L E M O W E

Z e s z y t 8 0

Arnold Kawecki, Jan Bogucki,
Bogusław Kocimowski, Wojciech Skonieczny

D O Ś W I A D C Z A L N Y O Ś R O D E K B A D A Ń P R O P A G A C J I M I K R O F A L
N A T R A S A C H H O R Y Z O N T O W Y C H I S A T E L I T A R N Y C H

Warszawa 1987

S-9806

Zespół Redakcyjny:

dr inż. Stanisław Sołta, mgr inż. Andrzej Stągrowski

mgr inż. Krystyna Frączek

Opracowali:

doc. dr inż. Arnold Kawecki, inż. Jan Bogucki,

mgr inż. Bogusław Kocimowski, mgr inż. Wojciech Skonieczny

Zakład Propagacji Fal Radiowych /Z-11/

Instytut Łączności

04-894 Warszawa, ul. Szachowa 1, tel. 128-362; 128-406;

128-326; 128-343

Praca 01.20.5.1.2.B.

Opiniował: doc. dr inż. Stanisław Ogulewicz

Maszynopis dostarczono dnia 1987.10.05.

Opisano kompleks pomiarowy, utworzony w Instytucie Łączności który służy do pomiaru parametrów propagacyjnych mikrofal na trasach horyzontowych i satelitarnych /głównie tłumienie i depolaryzacja fal/ w zależności od parametrów zjawisk atmosferycznych /opady, mgła, refrakcja/. Mierzone parametry fali i środowiska są rejestrowane w pamięci komputera, który służy również do obliczeń statystycznych charakterystyk propagacyjnych fal, zjawisk atmosferycznych i ich związków.

Redaktor: mgr Krystyna Juszkiwicz

Montaż-tekstu: Barbara Skwara

Wpłynęło do Działu Wydawniczego Instytutu Łączności
w Warszawie, ul. Szachowa 1 dnia 1987.10.12.
Nakład 70 egz.

Arnold Kawecki, Jan Bogucki
Bogusław Kocimowski, Wojciech Skonieczny

DOŚWIADCZALNY OŚRODEK BADAŃ PROPAGACJI MIKROFAL
NA TRASACH HORYZONTOWYCH I SATELITARNYCH

SPIS TREŚCI

	Str.
1. Wprowadzenie	1
2. Doświadczalny ośrodek badań propagacji fal w Instytucie Łączności	4
3. Linie radiowe do badań propagacyjnych	5
3.1. Satelitarne stanowisko odbiorcze	5
3.2. Linia radiowa 12 GHz	7
3.3. Linia radiowa 18 GHz	10
4. Automatyzacja naprowadzania anteny na satelitę	11
4.1. Automat ekstremalny	11
5. Pomiar intensywności opadów	13
5.1. System pomiarowy	13
5.1.1. Deszczomierz przechyłowy	16
5.1.2. Analizator i digitalizator	16
5.2. Ulepszenia systemu pomiaru intensywności opadów deszczu	17
6. System MERA-400 INTEL DIGIT - PI	17
6.1. Perspektywy rozwoju systemu automatycznej rejestracji i przetwarzania danych radiometeorologicznych	19
7. Problematyka prognozowania tłumienia fal	20
8. Podsumowanie	22
Wykaz literatury	23

Arnold Kawecki, Jan Bogucki,
Bogusław Kocimowski, Wojciech Skonieczny

DOŚWIADCZALNY OŚRODEK BADAŃ PROPAGACJI MIKROFAL
NA TRASACH HORYZONTOWYCH I SATELITARNYCH

1. WPROWADZENIE

Badania propagacji fal w zakresach częstotliwości powyżej 10 GHz na trasach ziemskich i satelitarnych są prowadzone w wielu technicznie zaawansowanych krajach od co najmniej dwóch dziesięcioleci [9]. W Instytucie Łączności rozpoczęto pewne prace w tym zakresie w latach siedemdziesiątych, jak np. badania wpływu opadów atmosferycznych na linię radiową o częstotliwości 11 GHz, przebiegającą wzdłuż trasy Gdańsk-Tczew-Malbork, a także wstępne oszacowania intensywności opadów na obszarze całego kraju przeprowadzone na podstawie wieloletnich danych o wysokości opadów, zgromadzonych przez Instytut Meteorologii i Gospodarki Wodnej. Prace te ujęto szerzej w tematyce określonej jako rozpoznanie charakterystyk radioklimatycznych kraju [9]. Badania tras satelitarnych wiązały się z koniecznością współpracy z krajami, które dysponowały satelitami z odpowiednimi urządzeniami nadawczymi na pokładzie sterowanymi ze stacji naziemnej.

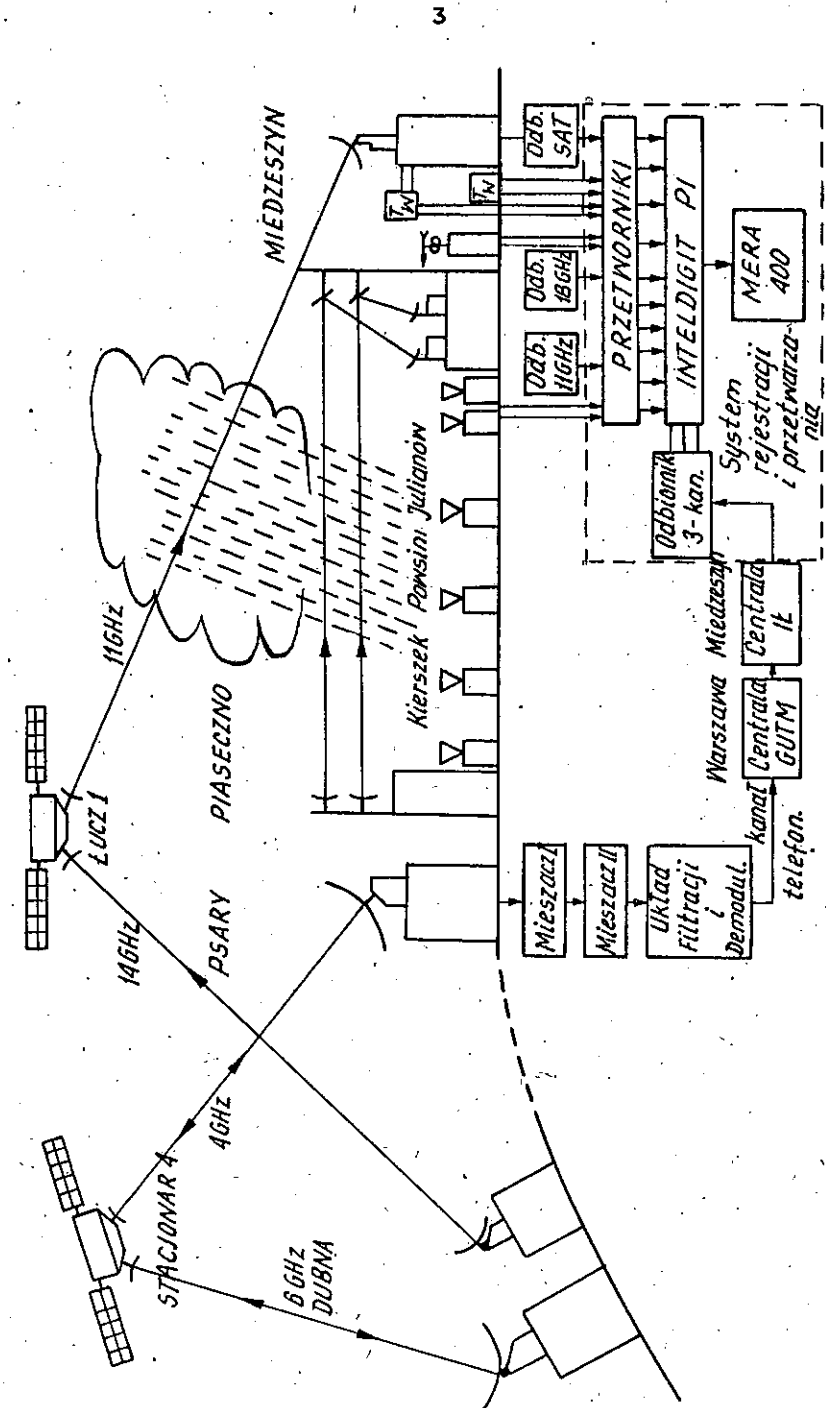
Program Interkosmos został sformułowany przez Akademię Nauk krajów obozu socjalistycznego. Zawiera on wiele zadań badawczych, między innymi rozwiązywanie zagadnień propagacji fal na trasach ziemskich i satelitarnych. Program obejmował badanie problematyki związanej z tłumieniem i depolaryzacją fal penetrujących dolną warstwę atmosfery. W szczególności badanie te mają dać podstawę do oszacowań niezawodności propagacyjnej linii radiowych w pasmach 11, 20 i 30 GHz, a w dalszej kolejności do opracowania algorytmów prognostycznych tłumienia i depolaryzacji fal na podstawie statystycznych charakterystyk opadów. Prognozy te posłużą ostatecznie jako podstawa do planowania systemów telekomunikacyjnych w wyżej wymienionych zakresach częstotliwości.

Główny Ośrodek Doświadczalny Badań Propagacyjnych powstał w Dubnej /ZSRR/, w pobliżu naziemnej stacji nadawczo-odbiorczej komercyjnego systemu Intersputnik. Wyposażenie aparaturowe Ośrodka zostało wykonane przez kraje uczestniczące w programie. W Ośrodku zainstalowano naziemną stację satelitarną 1 klasy emitującą falę o częstotliwości 14 GHz w kierunku transpondera na satelicie Łucz-1 /rys. 1/ i odbierającą sygnał z transpondera na częstotliwości 11,5 GHz. Sygnał z transpondera odbierają też naziemne stacje odbiorcze w krajach uczestniczących w badaniach, a także stacje 2 klasy w pobliżu Soczi /ZSRR/ i w Dubnej [2,4].

Wzdłuż azymutu trasy satelitarnej skierowanej na satelitę Łucz 1 /W,14°/ zainstalowano 3 linie horyzontowe o długości 12 km pracujące na częstotliwościach 11,5 19,5 i 29,5 GHz^{x/}, a także czujniki intensywności opadu. Odbiorniki linii horyzontowych i satelitarnych oraz czujników intensywności opadu zainstalowanych na końcach trasy, są podłączone do komputera, który gromadzi dane i oblicza statystyczne charakterystyki propagacyjne. Taka konfiguracja systemu pomiarowego pozwala na zbadanie związków parametrów propagacyjnych fal w pasmach 11,5 19,5 i 29,5 GHz na trasie horyzontowej, związków tych parametrów z parametrami trasy satelitarnej w paśmie 11,5 GHz i na przewidywanie parametrów propagacyjnych tras satelitarnych w pasmach powyżej 11 GHz [1,2,4,6].

Drugi, istotny organizacyjnie Ośrodek Badań Propagacyjnych powstał w Neu-Golm koło Berlina /NRD/, gdzie również zainstalowano komputer, który rejestruje równocześnie wszystkie dane rejestrowane w komputerze Ośrodka-Dubna. Z kolei z Neu-Golm są przesyłane do Dubnej dane z wyjścia odbiornika odbiorczej stacji satelitarnej. Przekazywanie danych do i z Neu-Golm dokonuje się kanałami systemu Intersputnik, którego stacje są zarówno w Dubnej jak w Neu-Golm. Dane z Neu-Golm są niezbędne

^{x/} Obecnie linie horyzontowe posiadają dodatkowe kanały do odbioru składowej zdepolaryzowanej.



Rys. 1. Kompleks pomiarowy Ośrodka Badań Propagacji i Mikrofal

do wyznaczenia parametrów trasy Satelita-Ziemia w Dubnej, gdy występują silne opady w Dubnej na trasie odcinka Ziemia-Satelita /częstotliwość 14 GHz/. Obecnie również dane z Ośrodka-Soczi są transmitowane do Dubnej i przekazywane do Neu-Golm dla porównań i korekt.

2. DOŚWIADCZALNY OŚRODEK BADAŃ PROPAGACJI FAL W INSTYTUCIE ŁĄCZNOŚCI

Do systemu pomiarowego zbudowanego w Ił należy trasa doświadczalna "Miedzeszyn-Piaseczno" o długości 15,4 km, odbiorcza stacja satelitarna /11,5 GHz/ i zestaw komputerowy do rejestracji i przetwarzania danych /rys. 1/.

Wzdłuż trasy pracują dwie linie horyzontowe /11,5 i 18,5 GHz/ oraz są ustawione czujniki intensywności opadu. Pięć czujników pracuje autonomicznie, przy czym jeden znajduje się na terenie Ił, zaś pozostałe są zainstalowane w odległości 2,7 km, 8,7 km, 12,1 km i 15,4 km od Instytutu. Ponadto kilka czujników umiejscowionych na dachu jest związanych bezpośrednio z komputerowym systemem rejestracji danych.

Stacja satelitarna zamontowana na lawecie armaty p.l., znajduje się na tarasie budynku Instytutu. Kąt elewacji anteny stacji satelitarnej wynosi $\xi = 23^\circ$, zaś jej azymut $\alpha = 221,3^\circ$.

System komputerowy składa się z komputera MERA-400 i urządzenia Inteldigit - PI. Służy ono do ciągłego odbioru danych z czujników, a następnie po ich przetworzeniu na postać cyfrową do wyprowadzenia tych danych do komputera. Dane cyfrowe z autonomicznych czujników intensywności opadu, rejestruje się na dwusieczkowej taśmie magnetycznej i równoległe na taśmie papierowej w postaci analogowej. Są one przetwarzane za pomocą specjalnego analizatora /z taśmy magnetycznej/ i wprowadzone do urządzenia Inteldigit-PI lub odczytywane z taśmy papierowej za pomocą digitalizatora i wprowadzane do komputera poprzez czytnik. Intensywność opadu mierzy się w postaci średniej w czasie 1 minuty.

Kompleks pomiarowy podlega stałej ewolucji, tak pod względem doskonalenia procesu pomiarowego jak procedury rejestracji i przetwarzania, a także dołącza się nowe człoony pomiarowe.

Ostatnio prowadzi się prace nad utworzeniem kanałów pomiaru fali ortogonalnie spolaryzowanej na trasie linii 11,5 GHz i 18,6 GHz. Przewiduje się też zainstalowanie linii w pasmie 30 GHz. Trwają także prace projektowe nad zastąpieniem zawodnego i energochłonnego systemu MERA-400 + Inteldigit-PI przez system PC IBM-XT+CAMAC. Możliwości systemu zostaną ponadto rozszerzone o pomiar gradientu wskaźnika refrakcji powietrza w warstwie 0-25 m.

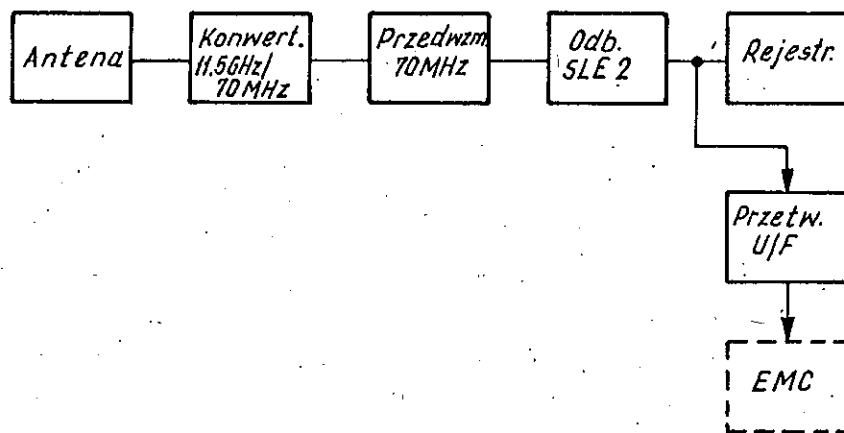
Na uproszczonym schemacie blokowym całego kompleksu pomiarowego /rys. 1/ pokazano eksperymentalną linię transmisji danych z trzech czujników w Ośrodku Dubna do komputerów w Ił poprzez kanał telefoniczny, satelitę "Stacjonar 4" /w systemie Intersputnik/, stację naziemną w Psarach i Główny Urząd Telekomunikacji w Warszawie. Linia ta służy okresowo do zdalnego nadzoru nad czujnikami intensywności opadu w Ośrodku Dubna i kontroli tłumienia fali w linii satelitarnej "Łucz 1"-Dubna, a także stanowi eksperyment transmisji wolnozmiennych danych wąskopasmowymi kanałami na odległości tysięcy km.

3. LINIE RADIOWE DO BADAŃ PROPAGACYJNYCH

3.1. Satelitarne stanowisko odbiorcze

Schemat blokowy stacji naziemnej przedstawiono na rys.2. Zastosowano antenę paraboliczną o średnicy 3 m ze źródłem umieszczonym w ognisku. Antena ma zysk 47 dB i rozwartość wiązki $\pm 0,8^\circ$.

Odbiornik przyantenny składa się z zespołu pierwszej przemiany częstotliwości oraz przedwzmacniacza pierwszej częstotliwości pośredniej. Pierwsza przemiana częstotli-



Rys. 2. Schemat blokowy satelitarnej stacji naziemnej

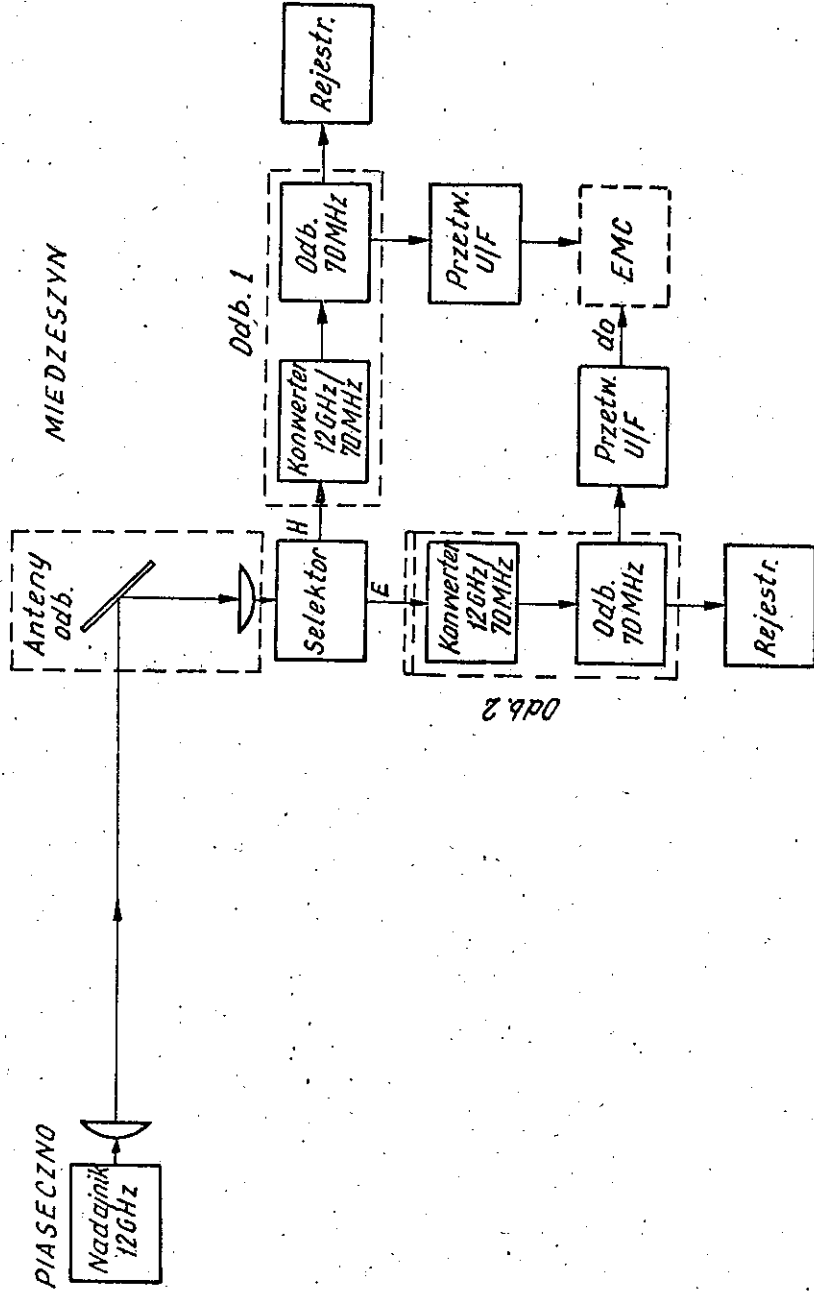
wości dokonuje się w pojedynczo zrównoważonym mieszaczu z diodami Schottky'ego. Oscylatorem lokalnym o częstotliwości 11455 MHz i mocy około 10 mW jest generator Gunna zbudowany na falowodzie, a niezbędną stabilność częstotliwości uzyskano dzięki układowi stabilizacji temperatury. Sygnał wyjściowy mieszacza steruje trzystopniowy wzmacniacz częstotliwości pośredniej. Współczynnik szumów odbiornika antenowego jest równy 7,9 dB, a wzmacniacza 70 MHz - 1,45 dB. Wzmocnienie wzmacniacza 70 MHz wynosi 54 dB, a zakres jego regulacji 30 dB \pm 1 dB, zaś 3-decybelowa szerokość pasma - 12 MHz, a 1-decybelowa - 8 MHz.

Przyrząd typu SLE2 wykonany w RFZ, a dostarczony z NRD w ramach współpracy w programie "Interkosmos", wykorzystano jako odbiornik sygnału częstotliwości pośredniej 70 MHz z automatycznym przeszukiwaniem widma w przedziale, którego zakres został 2-krotnie rozszerzony. Obecnie zakres pomiarowy napięcia wynosi od -40 dBm do -70 dBm, a zakres automatycznego przeszukiwania 70 MHz \pm 4 MHz, z możliwością przesunięcia częstotliwości środkowej automatycznego przeszukiwania w przedziale 64 - 84 MHz. Tłumienie sygnału luźniejszego drugiej heterodyny jest równe -45 dB. Dla zapewnienia odpowiednio wysokiej czułości systemu, odbiornik

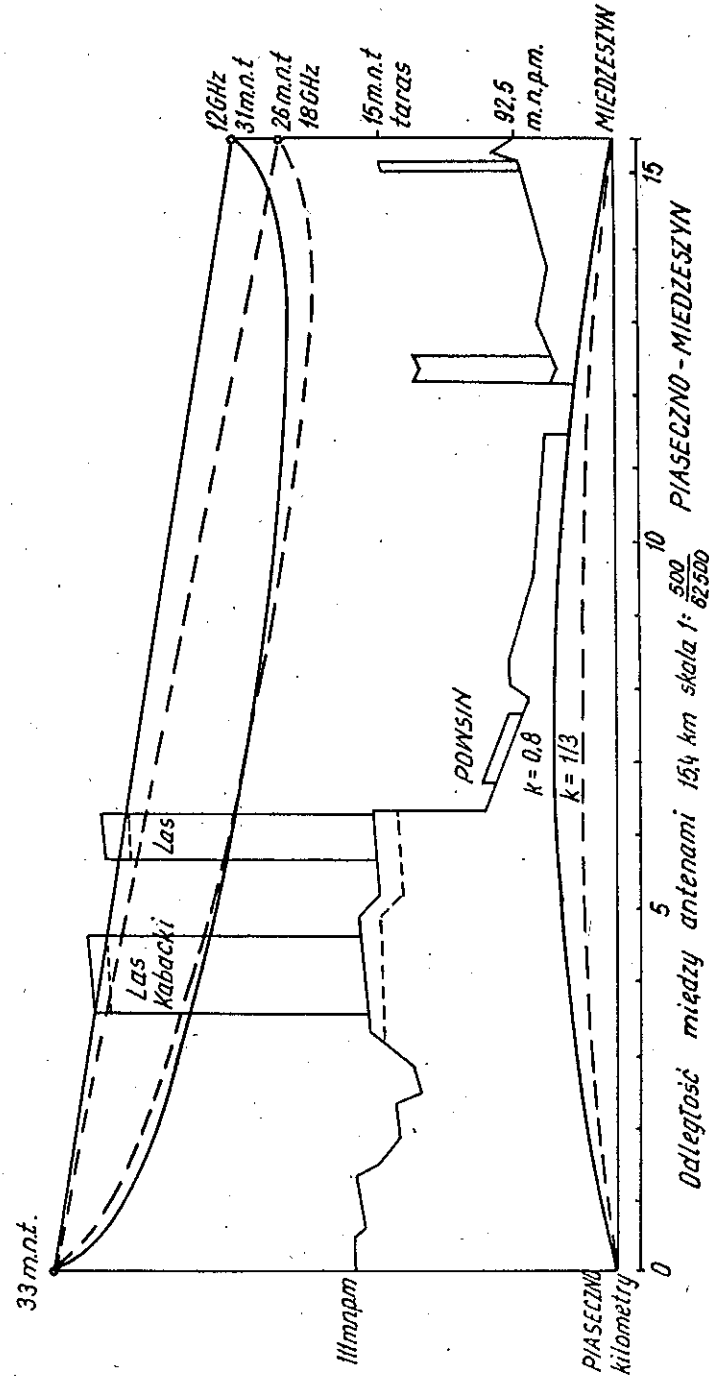
SLE2 posiada na wyjściu filtr wąskopasmowy o szerokości pasma 3 kHz. Zastosowanie tego rozwiązania było możliwe dzięki wysokiej stabilności częstotliwości nadajnika transpondera i heterodyny odbiornika. Układ zapewnia odbiór sygnału z dynamiką większą od 20 dB przy dokładnym naprowadzeniu anteny na satelitę.

3.2. Linia radiowa 12 GHz

Linia podsatelitarna 12 GHz jest wykonana zgodnie ze schematem przedstawionym na rys. 3. Profil trasy wraz z wysokościami zamocowania anten przedstawia rys. 4. Rysunek wykonano dla równoważnego promienia krzywizny Ziemi $k = \frac{4}{3}$ /przy standardowej atmosferze/ oraz w warunkach subrefrakcji $k = 0,8$. Jak wynika z rys. 4, I strefa Fresnel'a nie jest wolna, gdyż wierzchołki drzew zbliżają się do linii bezpośredniej widoczności już przy $k = \frac{4}{3}$ i przecinają tę linię przy $k = 0,8$. W celu zmniejszenia wpływu przeszkód po stronie odbiorczej zastosowano płaskie reflektory umocowane na maszcie. Nadajnik 12 GHz składa się z generatora z diodą Gunna wraz z układem stabilizacji temperatury, sprzęgacza kierunkowego, detektora oraz zasilacza diody Gunna i układu stabilizacji temperatury. Generator został zbudowany w wersji falowodowej z diodą typu CXYP44-2 /produkcji ITE - Cemi/ i jego moc wyjściowa jest większa od 100 mW, a jej stałość nie gorsza od $\pm 0,5$ dB. Zysk anteny nadawczej wynosi 20 dB, a po stronie odbiorczej zysk anteny parabolicznej jest równy 42 dB. W odbiorniku pierwszą przemianę zrealizowano w mieszaczu podwójnie zrównoważonym w wersji paskowej, stosując diody mieszające typu BAT 14 firmy Simens. Uzyskano współczynnik szumów mniejszy od 6 dB. Przy tych parametrach urządzeń nadawczo-odbiorczych oraz zastosowanych antenach i długości trasy 15,4 km osiągnięto mierzalną dynamikę zmian sygnału większą od 40 dB, co jest wystarczające do badań przy zgodnej polaryzacji anten strony nadawczej i odbior-



Rys. 3. Schemat blokowy horyzontowej linii radiowej



Rys. 4. Przekrój trasy doświadczalnych linii radiowych

czej /CPA/. Jednak do badań zjawisk depolaryzacyjnych ta dynamika jest zbyt mała - sygnał ortogonalny jest o kilkadziesiąt dB mniejszy. Wprawdzie w obecności hydrometeorów jego wartość wzrasta, ale również jednocześnie wzrasta tłumienie wywołane opadem. Dlatego została zaprojektowana i aktualnie jest w końcowej fazie realizacji paraboliczna antena nadawcza o średnicy 1,3 m, która poprawi dynamikę łącza o ponad 20 dB. W tym przypadku zastosowano paraboliczną antenę odbiorczą wyposażoną w centralnie oświetlający układ tuby dwurodzajowej z selektorem, przy czym obecnie wykorzystuje się jedynie jedno z wyjść polaryzacji liniowej. Separacja ramion o polaryzacji pionowej i poziomej jest większa od 40 dB.

Aktualnie jest opracowany drugi odbiornik pomiarowy, który połączony z drugim wyjściem selektora umożliwi rozpoczęcie już w 1988 r. badań nad dyskryminacją sygnałów spolaryzowanych ortogonalnie /XPD/.

3.3. Linia radiowa 18 GHz

Linia podsatelitarna 18 GHz jest wykonana w konfiguracji jak radiolinia 12 GHz - rys. 3. Generator z diodą Gunna wykonano w wercji falowodowej, tzn. diodę MA 49178 firmy Microwave Associates umieszczono w prostokątnej wnęce falowodowej pracującej z rodzajem H_{101} . Moc wyjściowa jest większa od 100 mW, a zakres przestrajania mechanicznego wynosi ± 300 MHz. Zastosowano tubową antenę nadawczą i paraboliczną antenę odbiorczą odpowiednio o zyskach 23 dB i 42 dB. W odbiorniku wykorzystano mikrofalowy mieszacz zrównoważony w wersji falowodowej z diodami mieszającymi typu 1N53 firmy Sylvania. Zakres pomiarowy odbiornika obejmuje poziom sygnałów od -93 dB do -15 dBm przy liniowym zakresie skali o dokładności nie gorszej od $\pm 0,5$ dB w zakresie od -83 dBm do -23 dBm. Przy tych parametrach urządzeń nadawczo-odbiorczych oraz zastosowanych antenach i długości trasy 15,4 km osiągnięto mierzalną dyna-

mikę zmian sygnału większą od 30 dB. W celu poprawienia dynamiki łącza została zaprojektowana i jest w końcowej fazie realizacji paraboliczna antena nadawcza o średnicy 1,3 m.

W przyszłym roku na linii doświadczalnej "18 GHz" będą prowadzone również badania zjawiska depolaryzacji. W tym celu wykonano już drugi egzemplarz odbiornika pomiarowego, a także opracowuje się odpowiedni układ antenowy, umożliwiający rozdzielenie sygnałów ortogonalnych odbieranych z anteny parabolicznej.

4. AUTOMATYZACJA NAPROWADZANIA ANTENY NA SATELITĘ

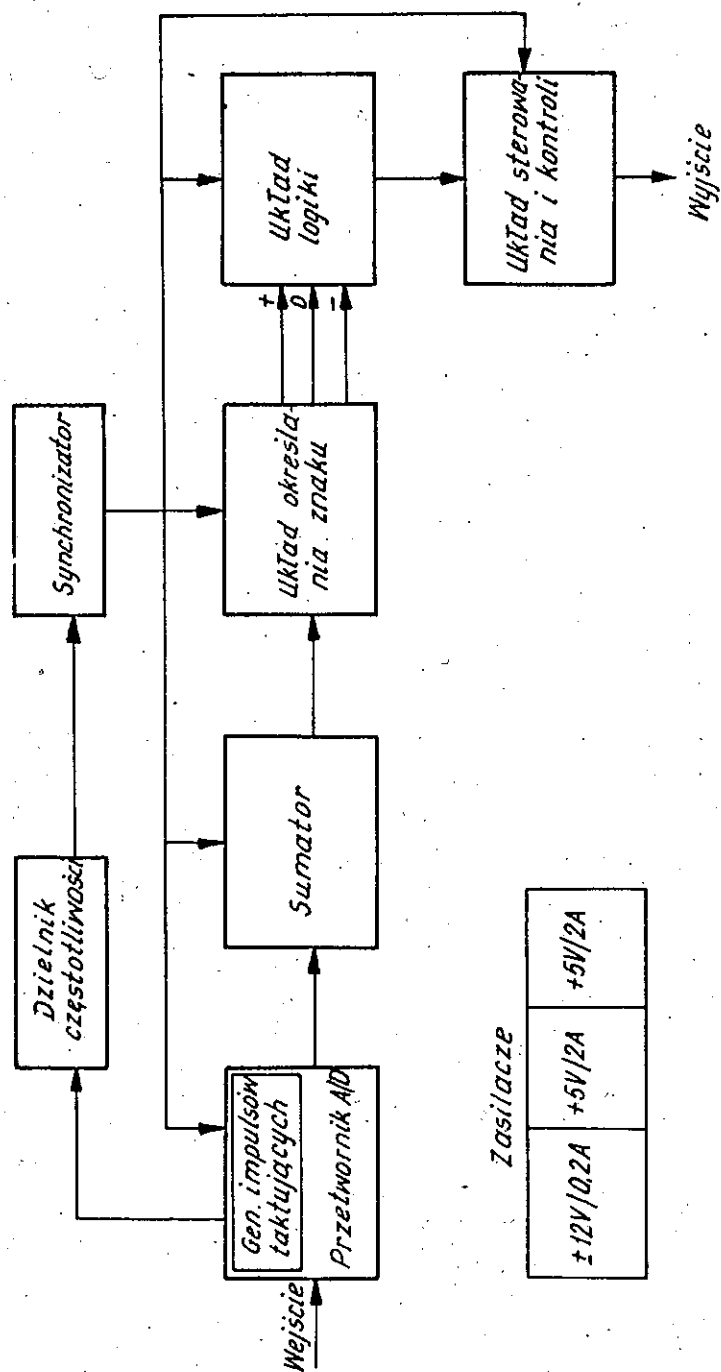
W celu zautomatyzowania procesu naprowadzania anteny odbiorczej stacji satelitarnej na satelitę stworzono system mechaniczno-elektryczny, wykorzystujący zasadę badania sygnału i dostrojenia jego na maksimum odbioru.

System naprowadzający składa się z lawety armaty przeciwlotniczej, automatu ekstremalnego oraz zasilacza silników zmiany kąta azymutu i elewacji. Na lawecie w miejscu lufy umocowano antenę paraboliczną o średnicy 3 m. Systemy przekładniowe armaty pozwalają na zmianę położenia anteny w azymucie i elewacji w sposób ręczny i automatyczny, ten ostatni za pośrednictwem silników elektrycznych. Dla zrównoważenia ciężaru anteny wykorzystano istniejące w lawecie sprężyny odciągowe, jak również dołączono dodatkowo przeciwwagę.

Zrealizowany system naprowadzania anteny na satelitę ze względu na zbyt małą redukcję obrotów silników w lawecie wykazuje niedostateczną precyzję nastawiania anteny. Dopracowanie systemu będzie polegało na zastosowaniu dodatkowych przekładni ślimakowych oraz na zastąpieniu silników prądu stałego silnikami krokowymi.

4.1. Automat ekstremalny

Automat ekstremalny został dostarczony do Polski z ZSRR w ramach współpracy w programie "Interkosmos". Urządzenie to



Rys. 5. Układ blokowy automatu ekstremalnego

/schemat blokowy na rys. 5/ porównuje sygnały wyjściowe odbierane z satelity przed i po regulacji oraz wydaje rozkazy do zmiany kierunku anteny, aby uzyskać maksymalny sygnał odbiorczy. Cały proces dostrojenia jest realizowany metodą kolejnych przybliżeń. Sygnały z automatu ekstremalnego są przekształcane na sygnały mocy zdolne do sterowania silnikami wykonawczych zmiany kąta azymutu i elewacji, zgodnie z algorytmem pracy automatu.

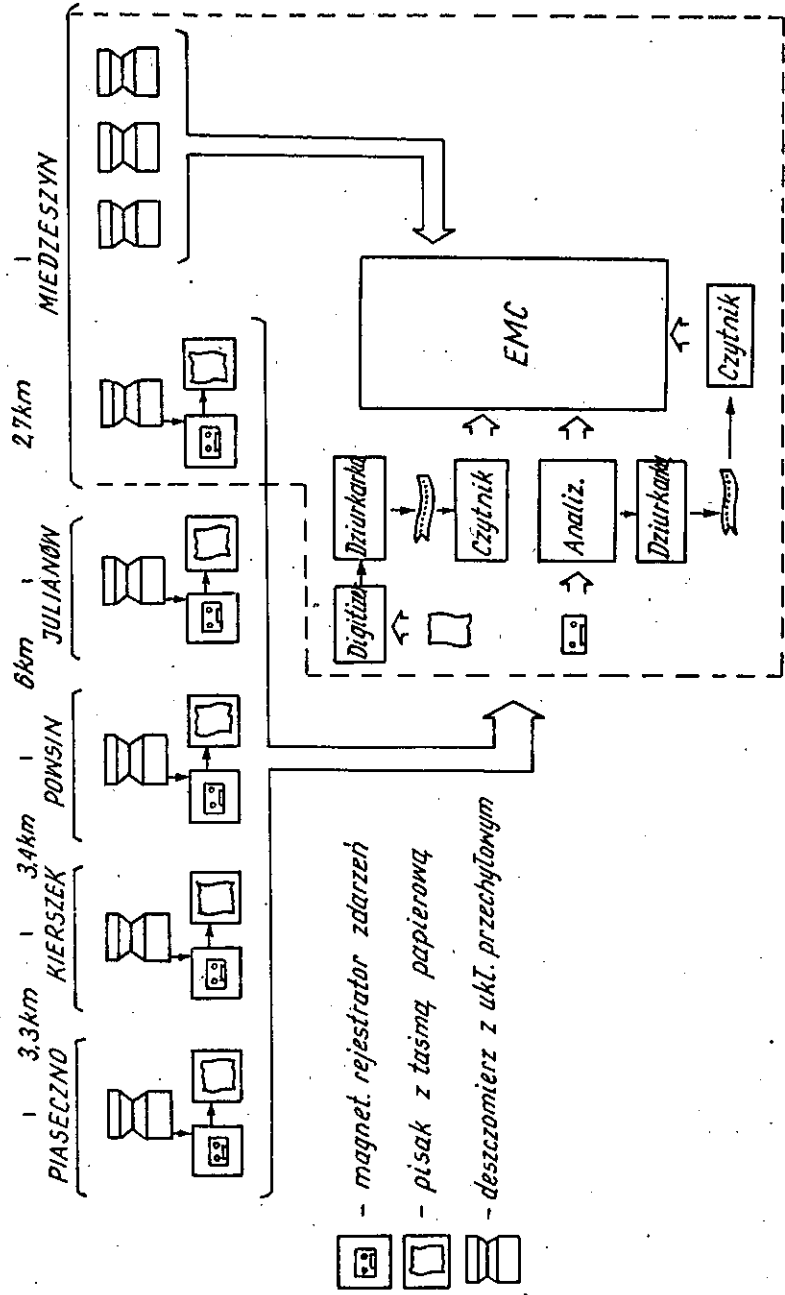
5. POMIARY INTENSYWNOŚCI OPADÓW

Pomiary intensywności opadów w rejonie Miedzeszyna prowadzi się od kilku lat, a celem badań - poza określeniem wpływu opadów na propagację fal - jest także porównanie uzyskanych wyników z wynikami przedstawionymi w materiałach CCIR i IMGW oraz uściślenie charakterystyk radioklimatu naszego kraju.

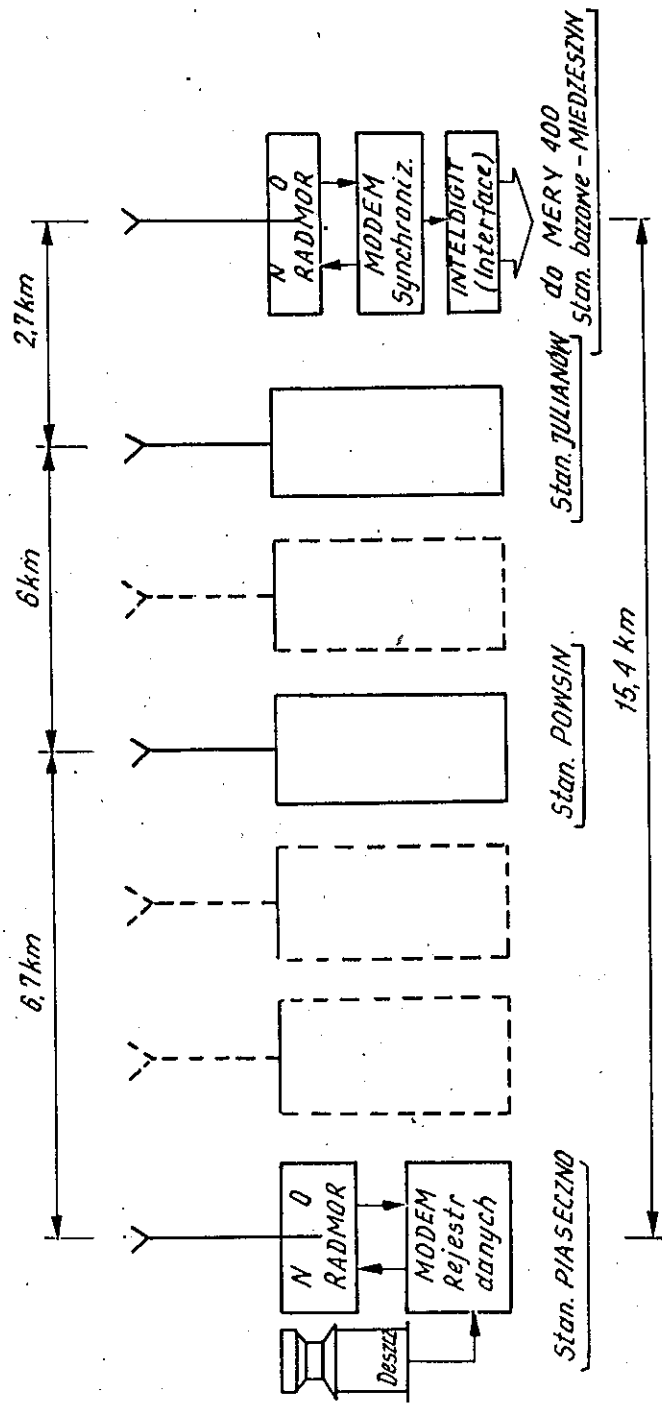
5.1. System pomiarowy

Aktualnie działający system rejestracji i analizy intensywności opadów deszczu przedstawiono na rys. 6. Wzdłuż trasy pomiarowej Piaseczno-Miedzeszyna rozlokowano 5 autonomicznych stanowisk pomiarowych. Każde stanowisko wyposażono w deszczomierz przechyłowy, rejestrator magnetyczny /cyfrowy/ i analogowy z pisakiem na taśmie papierowej. Urządzenia zasilane są z sieci ~ 220 V i rezerwowo z akumulatora. Wyniki pomiarowe zarejestrowane na taśmie magnetycznej i na taśmie papierowej są dostarczane do centrum w Miedzeszynie, gdzie następuje odtworzenie sygnałów pomiarowych z taśm w analizatorze i digitalizatorze oraz wprowadzenie ich do EMC.

Do EMC wprowadzane są również bezpośrednio w czasie rzeczywistym sygnały pomiarowe z kilku deszczomierzy rozlokowanych w Miedzeszynie.



Rys. 6. System rejestracji i analizy intensywności opadów deszczu



Rys. 7. Projekt rozmieszczenia stanowisk pomiarowych

5.1.1. Deszczomierz przechyłowy

Deszczomierz przechyłowy mierzy wodę dopływającą z kolektora w porcjach o określonej objętości. Liczba porcji w jednej minucie określa średnią jednogminutową intensywność opadu. Porcjowanie dokonuje się za pomocą elementu przechyłowego, współpracującego z głowicą optoelektroniczną, która wytwarza impulsy w momencie przechyłu. Impulsy z deszczomierza przekazuje się do rejestratora cyfrowego i analogowego. W rejestratorze cyfrowym impulsy pomiarowe są zapisywane na jednej ścieżce taśmy magnetofonu kasetowego, zaś na drugiej ścieżce magnetycznej - znaczniki czasu generowane przez zegar kwarcowy.

Rejestrator analogowy składa się z przetwornika impulsowo-analogowego i pisaka. W przetworniku następuje zliczanie impulsów deszczomierza w okresie 1 minuty i przetworzenie wyniku z postaci cyfrowej na analogową. Do pisaka są doprowadzone sygnały pomiarowe i znaczników godzin, i dni.

5.1.2. Analizator i digitalizator

Analizator sygnałów z taśm magnetycznych wyposażono w magnetofon oraz układy elektroniczne analogowe i cyfrowe. Odtworzone przez magnetofon sygnały pomiarowe i znaczniki czasu są regenerowane w układach amplifiltrów i detektorów operacyjnych amplitudowo-czasowych. Impulsy pomiarowe zlicza się w okresach jednogminutowych, a wynik, w postaci średniej jednogminutowej intensywności opadu, jest rejestrowany w pamięci cyfrowej. Dane pomiarowe, jak również dane czasu i daty wykonywanych pomiarów, są przekazywane do dziurkarki. Niezależnie od wyjścia na dziurkarkę jest zrealizowane wyjście bezpośrednio do EMC.

Dla uzupełnienia materiału pomiarowego zarejestrowanego na taśmach magnetycznych, jak również dla celów porównawczych, stosuje się analizę analogowych sygnałów pomiarowych zarejestrowanych na taśmach papierowych. Poza analizę ręczną

wykorzystuje się digitalizator, z którego sygnały w postaci cyfrowej są doprowadzane do EMC.

Zweryfikowany materiał pomiarowy zostaje przetworzony w EMC tak, że uzyskuje się wydruki rozkładów intensywności opadów dla poszczególnych punktów pomiarowych oraz rozkładów średniej trasowej intensywności opadów.

5.2. Ulepszenia systemu pomiaru intensywności opadów deszczu

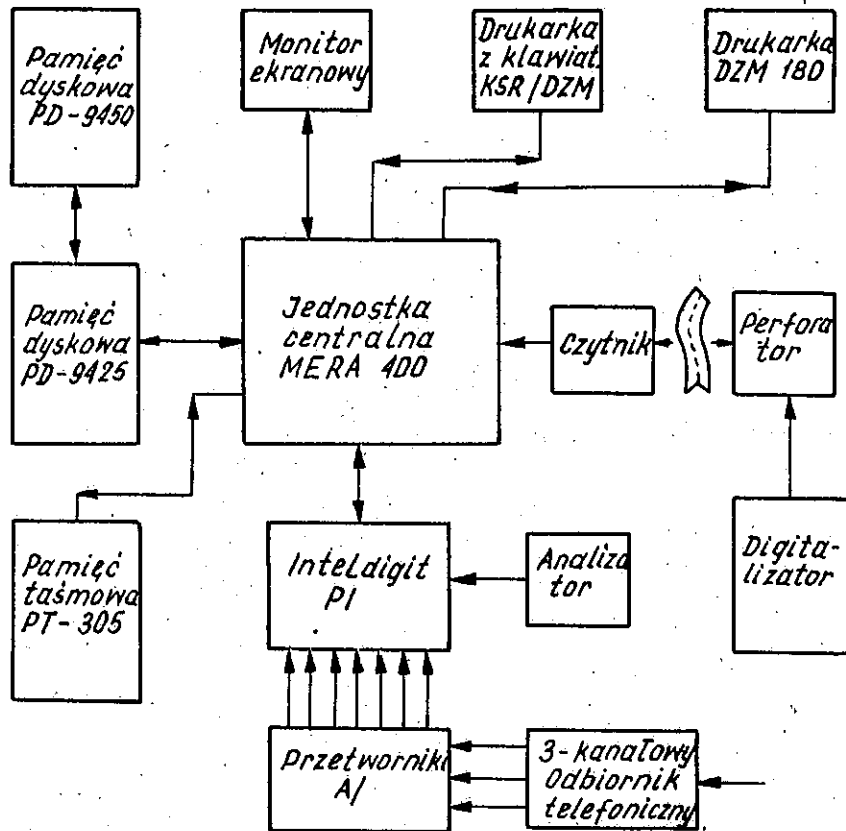
W celu zmniejszenia odległości między czujnikami na trasie przewiduje się zwiększenie liczby punktów pomiarowych, a ponadto dąży się do bezpośredniego powiązania czujników z komputerem. Dokona się tego za pomocą radiotelefonów w układzie podanym na rys. 7. Wyniki pomiarowe zbierane na stacjach w ciągu 1 minuty będą przechowywane w pamięciach przez następną minutę, podczas której nastąpi przekazanie wyników do komputera po kolei z każdego czujnika. Umożliwia to zastosowanie radiotelefonów pracujących na tej samej częstotliwości.

6. SYSTEM MERA-400 INTEL DIGIT - PI

Schemat komputerowego systemu rejestracji i przetwarzania danych radiometeorologicznych przedstawiono na rys. 8.

Za pomocą systemu można dokonywać ciągłej rejestracji danych pod nadzorem programu REJESTRACJA. Dane pomiarowe z czujników, odbiornika sygnału 18 GHz i 3-kanalowego odbiornika telegraficznego doprowadza się do zespołu przetworników gdzie ulegają przetworzeniu na postać cyfrową. Urządzenie Inteldigit - PI stanowi stopień pośredniczący.

Odczyt danych jest dokonywany z programowo zadanymi okresami próbkowania. Dane dopisuje się do bazy na dysku magnetycznym. Dane zgromadzone w sposób automatyczny są uzupełniane danymi o intensywności opadów, zarejestrowanymi na autono-



Rys. 8. Schemat komputerowego systemu rejestracji i przetwarzania danych radiometeorologicznych

micznych stanowiskach pomiarowych. Pod kontrolą programu PRZEPISZ dane z kasyety magnetofonowej przepisuje się za pośrednictwem analizatora i urządzenia INTEL DIGIT-PI do pamięci dyskowej w postaci zbioru znakowego. Tak zapisane dane można skorygować za pomocą edytora tekstowego EDM, a następnie dopisać je do bazy danych za pomocą programu POMIARY.

Do przetwarzania danych zgromadzonych w bazie danych napisano kilka programów. Program CZYT umożliwia odczyt danych z dowolnego okresu pomiarów. Program ROZKŁAD pozwala obliczać rozkłady prawdopodobieństwa mierzonych wielkości w wybranych

okresach czasu /miesięcznie, rocznie/. Rozkład średniej traseowej opadów oblicza się za pomocą programu TRASA. Do obliczenia funkcji korelacji między różnymi danymi pomiarowymi służy program KORELACJA. Równoległe do automatycznej rejestracji danych pomiarowych za pomocą minikomputera odbywa się zapis wartości odbieranych sygnałów, linii horyzontalnych 18 GHz i satelitarnej 11,5 GHz na taśmie papierowej. Zapis ten pozwala uzupełnić bazę danych. Dane zapisane na taśmie papierowej odczytuje się za pomocą digitalizatora i po przekształceniu na postać cyfrową dziurkuje się za pomocą perforatora. Za pomocą programu DOPISZ dane z taśmy odczytuje się przez czytnik i dopisuje do bazy danych.

Minikomputer MERA-400 ma zainstalowany dwuzadaniowy system operacyjny SOM-3.M, umożliwiający jednoczesne wykonywanie dwóch zadań, w szczególności dokonywanie automatycznej rejestracji danych pomiarowych i przetwarzanie danych.

System pomiarowy, biorący udział w automatycznej rejestracji, jest zasilany w sposób ciągły z falownika tyrystorowego czerpiącego energię z sieci 220 V, a przy jej zaniku z baterii akumulatorów 220 V.

6.1. Perspektywy rozwoju systemu automatycznej rejestracji i przetwarzania danych radiometeorologicznych

W ramach modernizacji przewiduje się zastąpienie wyeksploatowanego systemu pomiarowego zawierającego minikomputer MERA-400 przez system złożony z minikomputera IBM-PC/XT i urządzenia CAMAC, do którego dołączy się odbiorniki sygnałów linii radiowych oraz czujniki. Urządzenie CAMAC będzie pracować całkowicie autonomicznie, rejestrując dane i gromadząc je w swojej pamięci buforowej. Raz na kilka dni dane te byłyby przepisywane do bazy danych mikrokomputera, gdzie podlegałyby dalszej obróbce.

Nowy system posiadałby duże zalety w stosunku do obecnego, takie jak:

- a/ obciążenie całego systemu komputerowego z rejestracji danych;
- b/ dużo większa moc obliczeniowa mikrokomputera IBM-PC/XT, możliwość korzystania ze standardowych programów do gromadzenia i obróbki danych;
- c/ większa niezawodność nowego systemu;
- d/ brak konieczności korzystania z falownika do zapewnienia ciągłej rejestracji.

7. PROBLEMATYKA PROGNOZOWANIA TŁUMIENIA FAL

Prognoza tłumienia fali na trasach horyzontowych w zakresach częstotliwości powyżej 11 GHz opiera się głównie na znajomości statystycznych charakterystyk opadów atmosferycznych i jest najczęściej wyrażana przez rozkład prawdopodobieństwa tłumień odniesiony do okresu rocznego lub do wybranego miesiąca. W przypadku linii satelitarnych równie ważnym elementem algorytmu prognozy jest przewidywana wysokość izotermy 0°C w przedziale roku czy wybranego miesiąca. Decydującą charakterystyką opadu jest rozkład prawdopodobieństwa intensywności opadu odniesiony do punktu pomiaru oraz do wybranego okresu czasu /miesiąca, roku/. Ponieważ jednak tłumienie fali na trasie wynika z przebiegu intensywności opadu wzdłuż trasy, który to przebieg jest najczęściej nieznan, przejście z intensywności punktowej na trasową dokonuje się za pomocą modeli. Przekształcony rozkład prawdopodobieństwa punktowej intensywności opadu jest podstawą do obliczenia rozkładu prawdopodobieństwa tłumień na trasie.

W przypadku linii satelitarnej znaczną trudność przedstawia ocena długości odcinka, na którym przejawia się oddziaływanie opadów. Wiadomo, że elementy opadu w postaci ciekłej osiągają wysokość dochodzącą do poziomu izotermy -15°C , w

związku z tym w zależności od modelu przyjmuje się dla linii satelitarnej pułap na wysokości izotermy 0°C lub 1-2 km wyżej. Izoterma 0°C w Polsce latem w znacznym procencie czasu przekracza wysokość 3,5 km, natomiast wiosną i jesienią często zbliża się do poziomu kilkuset metrów nad gruntem.

Znany jest od lat całkowity algorytm prognostyczny przedstawiony przez P. Misme i J. Fimbel'a /M-F/ odnoszący się do linii horyzontowych [7] oraz rozszerzenia tego algorytmu do linii satelitarnych, opublikowane przez P. Misme i P. Waldteufela /M-W/ [8]. Jest też wiele innych, raczej prostszych, lecz na ogół nie tak wiarygodnych. W Instytucie łączności zwrócono większą uwagę na algorytm Crane'a opublikowany w 1980 r. [3]. Opiera się on na charakterystykach opadów w różnych klimatycznie rejonach świata i odnosi się do przeciętnego roku. Nie jest dotychczas opracowany algorytm prognostyczny odnoszący się np. do "najgorszego" miesiąca albo do okresu dwóch lub trzech miesięcy, co było interesujące dla krajów, w których sezon opadów o charakterze burzowym ogranicza się praktycznie do trzech - czterech miesięcy w roku. Algorytm Crane'a jest prostszy w porównaniu z algorytmem M-F i jest w sposób przejrzysty związany z fizycznymi własnościami opadów na trasie /intensywność, rozmiary kolumn opadowych/. Zakres prac eksperymentalnych dla rozwinięcia lub ewentualnie przekształcenia tego algorytmu odpowiednio do naszych warunków klimatycznych, a także odniesienia go do krótszego okresu czasu, odpowiada możliwościom Instytutu. Główną informacją do opracowania algorytmu są rozkłady prawdopodobieństwa intensywności opadów w punkcie i "średniej trasowej" intensywności. W naszym przypadku można określić średnią trasową intensywność dla każdej minuty dzięki automatycznej rejestracji intensywności opadu w pięciu punktach eksperymentalnej trasy Miedzeszyn-Plaszczno z jednoczesną rejestracją czasu i dokładnością sekund /zegary kwarcowe/. Oblicza się średnie 1-minutowe trasowe intensywności opadu na odcinkach określonych przez miejsca ustawienia czujników.

Problematyka prognozowania fali zdepolaryzowanej zaczyna rozwijać się jednocześnie z powstawaniem warunków do pomiaru fali o polaryzacji ortogonalnej i podstawowej. W systemie dwukanałowym przewiduje się rozpoczęcie pomiarów i zbierania danych na liniach horyzontowych w pasmach 11 i 20 GHz od 1988 r.

8. PODSUMOWANIE

Zakres działania Ośrodka jest szerszy niż obejmuje ramy programu "Interkosmos". W istocie prowadzi się prace nad rozpoznaniem w naszym kraju radioklimatu dla propagacji fal w zakresie częstotliwości powyżej 10 GHz. W kraju planuje się bowiem budowę kilkuset odcinków horyzontowych linii radiowych w pasmie 11 GHz.

Planowanie i projektowanie sieci linii radiowych opiera się, ze względów ekonomicznych, na danych prognostycznych parametrów propagacyjnych fal w poszczególnych regionach kraju. Jak wynika z ocen uzyskanych na podstawie wieloletnich pomiarów opadów przeprowadzonych przez Instytut Meteorologii i Gospodarki Wodnej, charakterystyki opadów na terenie kraju są wyraźnie zróżnicowane [5]. Dlatego liczba punktów pomiaru intensywności opadu nie ograniczyła się tylko do trasy "Międzyszyn-Piaseczno". Już od trzech lat prowadzi się ciągle pomiary w Zamościu, przewiduje się też pomiary w Poznaniu, a później - w miarę możliwości - również w innych regionach kraju.

Okres działania Ośrodka jest uzależniony w dużej mierze od czasu trwania cykli pomiarowych, obejmujących równocześnie zespół zjawisk propagacyjnych i zjawisk atmosferycznych oraz od żywotności zainstalowanych na Ziemi i na satelicie urządzeń technicznych. Można ocenić, że długość cykli pomiarowych powinna być nie krótsza od 5 lat, zaś okres eksploatacji urządzeń pomiarowych /w tym satelity/ może osiągnąć 6-12 lat. W rzeczywistości, podsystemy pomiarowe są włączane do eksploatacji niejednocześnie, w ciągu kilku lat,

nie ma więc ostrej granicy czasu, od której można liczyć czas działania Ośrodka pomiarowego. Z kolei wiadomo, że istnieje ok. 10-letni cykl zmian klimatycznych, co sugeruje, że pomiary winny trwać w okresie 10-letnim. Mając na uwadze powyższe czynniki i fakt, że dopiero w 1988 roku będzie zainstalowana linia horyzontowa "30 GHz", należy ocenić czas działania Ośrodka pomiarowego w pełnym wymiarze prawie do 2000 roku. Jednak - wobec ciągłych długookresowych zmian klimatycznych, a także pojawienia się nowych technik i problemów propagacyjnych - badania propagacyjne w węższym zakresie i rozpoznawanie radioklimatu powinno być działalnością permanentną.

WYKAZ LITERATURY

1. Berta S., Kawecki A., Swiatogor W.: System pomiaru opadów atmosferycznych w Międzynarodowym Ośrodku Doświadczalnym Łączności Satelitarnej - Dubna. Przegląd Telekomunikacyjny nr 12, 1986.
2. Bykow W.L., Aleksandrowa E., Bałabanow B.: Międzynarodowy Ośrodek Doświadczalny Łączności satelitarnej Dubna, Elektrosiaz, No 10, 1983.
3. Crane R.K.: Prediction of attenuation by rain, IEEE Transactions on comm, Vol. com-28, No 9, 1980.
4. Kawecki A.: Dubna - Międzynarodowy Ośrodek Badań Systemów Łączności Satelitarnej. Przegląd Telekomunikacyjny, nr 10, 1985.
5. Kawecki A.: Przewidywane tłumienia fal przez deszcz w liniach radiowych na obciążeniu Polski. Prace Ił., nr 90, 1984.
6. Kawecki A., Bykow W.L., Swiatogor W.W., Berta S., Skonieczny W., Lewin W.W.: Kompleks do pomiarów meteorologicznych w Ośrodku Doświadczalnym-Dubna-Interkosmos, Elektrosiaz, No 5, 1987.

7. Misme P., Fimbel J.: Determination theorique et experimentale de l'affaiblissement par la pluie sur un trajet radioelectrique. Ann. Telecom, Vol. 30, No 1-2, 1975.
8. Misme P., Waldeufel P.; Calcul des affaiblissements par la pluie sur un trajet Terre-satellite. Ann. Telecom, Vol. 36, No 1-2, 1981.
9. Ogulewicz S.: Obecny stan i perspektywy dalszego rozwoju badań propagacji fal powyżej 10 GHz w Polsce na tle aktualnego stanu światowego. Biuletyn Informacyjny Ił, nr 3-4, 1987.
10. Wielowiejska E., Kocimowski B., Kawecki A.: System automatycznej rejestracji i przetwarzania danych radiometeorologicznych dla badań propagacji fal radiowych w zakresach powyżej 10 GHz. Prace Ił, nr 93, 1986.

Biblioteka

16

S-9806