

INSTYTUT ŁĄCZNOŚCI
WARSZAWA-MIEDZESZYN

BIBLIOTEKA
Instytutu Łączności

Nr _____

PROBLEMY

ŁĄCZNOŚCI

116

1973⁴

MINISTERSTWO ŁĄCZNOŚCI

BIBLIOTEKA
Instytutu Łączności
Nr _____

PROBLEMY ŁĄCZNOŚCI

ROK 14

WARSZAWA 1974

NR 116

INSTYTUT ŁĄCZNOŚCI

Branżowy Ośrodek
Informacji Naukowo-Technicznej i Ekonomicznej

Redakcja Problemów Łączności

Redaktor Naczelny - mgr inż. Jerzy Rutkowski

Redaktorzy działów:

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

mgr inż. Józef Możejko

Adres Redakcji:

Instytut Łączności

Branżowy Ośrodek

Informacji Naukowo-Technicznej i Ekonomicznej

NA PRAWACH RĘKOPISU - DO UŻYTKU SŁUŻBOWEGO

Redaktor: J. Borkowska

Montaż tekstu: B. Drabik

Dział Wydawniczy Instytutu Łączności
Format B5. Nakład 580. Wpłynęło do
Działu Wydawniczego 18.03.1974 r.
Druk ukończono w maju 1974 r.

PROBLEMY ŁĄCZNOŚCI

ZAGADNIENIA OCHRONY ŚRODOWISKA ELEKTROMAGNETYCZNEGO

Ryszard Strużak

STAN I PERSPEKTYWY APARATURY DO POMIARÓW I KONTROLI EMISJI ENERGII ELEKTROMAGNETYCZNEJ WIELKIEJ CZĘSTOTLIWOŚCI

SPIS TREŚCI

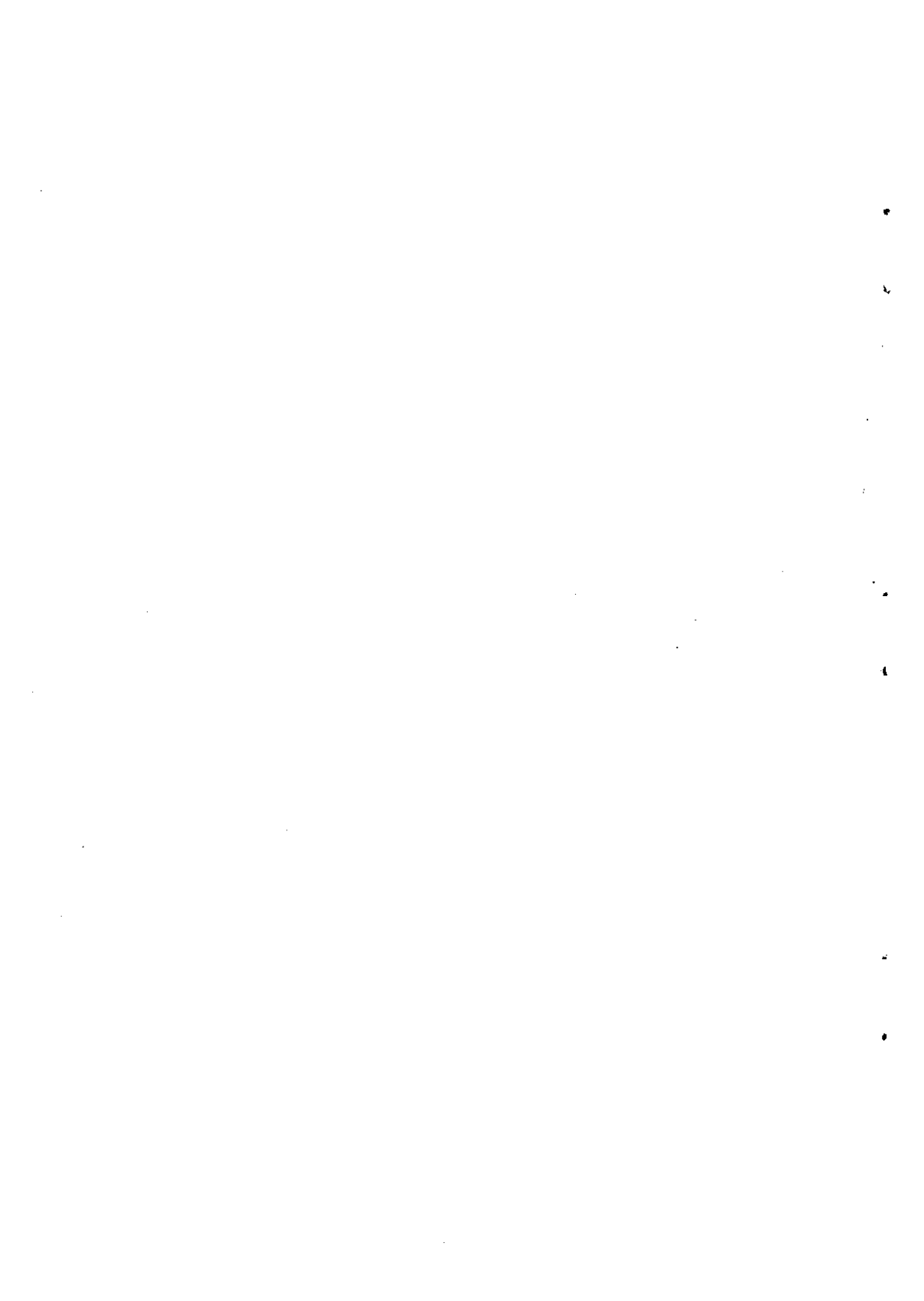
	Str.
1. Wstęp	1
Systemy i zakłócenia	1
Skutki rozwoju technicznego	2
Działalność profilaktyczna	4
Ochrona środowiska elektromagnetycznego	4
System ochrony	6
Przedmiot i cel opracowania	7
2. Charakterystyka zadań pomiarowych	8
Zadania PIR	8
Przykłady	9
Perspektywy	11
Proces realizacji zadania pomiarowego	12
Potrzeba i możliwości usprawnień	13

	Str.
Pojęcie stanu i charakterystyki środowiska w określonym punkcie	14
Wielowymiarowa przestrzeń stanu	15
Nowa interpretacja zadań pomiarowych	16
Stan środowiska w określonym obszarze	17
3. Próba oceny stanu istniejącego	18
Wyposażenie PIR	18
Niedogodności wyposażenia obecnego	20
Wnioski	22
4. Koncepcje przyszłościowe	24
Komputerowy system pomiarowo-przetwarzający	24
Działanie	25
Elementy systemu	26
Warianty systemu	28
Możliwe uproszczenia	29
Przykłady zestawów uproszczonych	29
Programowane zestawy automatyczne	30
5. Próba oceny koncepcji przyszłościowych	31
Systemy komputerowe dotychczas zrealizowane	31
Porównanie wydajności	32
Porównanie kosztów	32
Wskaźnik efektywności	32
Możliwości krajowe	36
6. Wnioski	37
Wykaz literatur	38

Włodzimierz Stawski

PRZEGLĄD ZAGRANICZNYCH SYSTEMÓW POMIAROWYCH
STOSOWANYCH DO KONTROLI EMISJI ENERGII
ELEKTROMAGNETYCZNEJ WIELKIEJ CZĘSTOTLIWOSCI

	Str.
1. Wstęp	51
2. Informacje ogólne	52
2.1. Zadania służby kontroli emisji	52
2.2. Sieć stacji kontroli emisji	54
3. Tradycyjne systemy pomiarowe	55
3.1. System pomiarowy firmy Rohde u. Schwarz [8], 30	55
3.2. System pomiarowy stosowany w Szwajcarii [18]	66
3.3. System pomiarowy firmy General Precision Industries /Kanada/ [29]	67
4. Automatyczne systemy pomiarowe [5] [14] [15]	70
4.1. Zasada działania	70
4.2. Automatyczny analizator widma na zakres 10 kHz... ...18 GHz firmy Hewlett-Packard /USA/ [5][15]	72
4.3. Automatyczny system pomiarowy do kontroli widma częstotliwości - mod. FCS 250 firmy Fairchild- -Electro-Metrics /USA/ [3]. [13]	77
5. Podsumowanie	81
Wykaz literatury	84



ZAGADNIENIA OCHRONY ŚRODOWISKA
ELEKTROMAGNETYCZNEGO

Ryszard Strużak

STAN I PERSPEKTYWY APARATURY DO POMIARÓW
I KONTROLI EMISJI ENERGII ELEKTROMAGNETYCZNEJ
WIELKIEJ CZĘSTOTLIWOŚCI

1. WSTĘP

Systemy i zakłócenia

Niepożądane emisje energii elektromagnetycznej nie przenoszące informacji użytecznej oraz niepożądane odpowiedzi systemów /i urządzeń/ stanowią obecnie jeden z podstawowych czynników ograniczających działanie wszelkich systemów opartych na przesyłaniu lub przetwarzaniu informacji za pomocą sygnałów elektrycznych. Rysunek 1^{x/} ilustruje najprostszy przypadek współistnienia dwóch systemów /urządzeń/, oznaczonych "1" i "2". Systemy te mogą wytwarzać niepożądane emisje i wykazywać niepożądane odpowiedzi, zakłócające ich normalne działanie. Wyróżnić można cztery podstawowe mechanizmy zakłóceń:

^{x/} Rysunki są zamieszczone na końcu artykułu.

1. Zakłócenia powstałe wskutek niepożądanych emisji systemu 1 i niepożądanych odpowiedzi na nie w tym samym systemie, tzw. zakłócenia własne lub wewnętrzne /np. szumy/, /P11/;
2. Zakłócenia powstałe wskutek tych samych przyczyn, lecz w systemie 2, /P22/;
3. Zakłócenia powstałe wskutek niepożądanych emisji systemu 1 i niepożądanych na nie odpowiedzi w systemie 2, tj. zakłócenia systemu 2 przez system 1, /P12/;
4. Zakłócenia powstałe wskutek niepożądanych emisji systemu 2 i niepożądanych na nie odpowiedzi w systemie 1, tj. zakłócenia systemu 1 przez system 2, /P21/.

Jeżeli takich systemów /urządzeń/ współistniejących jest więcej, to i więcej jest możliwych kolizji. /Jeżeli n oznacza liczbę systemów, to możliwych kolizji jest n^2 /.

Skutki rozwoju technicznego

Dotychczasowe obserwacje wskazują, że liczba systemów i urządzeń powodujących niepożądane emisje /lub wrażliwych na nie/ wzrasta ze wzrostem ludności i rozwojem cywilizacji technicznej, zwłaszcza zaś z rozwojem przemysłu. Jednocześnie zadania stawiane przed systemami przesyłu i przetwarzania informacji stają się coraz poważniejsze. Tym też tłumaczy się praktycznie ciągła rozbudowa sieci i służb radiowych. Aktualny stan w tej dziedzinie najlepiej charakteryzują następujące informacje. Obecnie około 17 krajów wykorzystuje ponad 25 nadajników w zakresie VLF

/14 - 27 kHz/, z których wiele przekracza 1 MW mocy. Około 100 krajów eksploatuje ponad 700 nadajników w zakresie HF /3 - 30 MHz/, z których znaczna część promieniuje moce rzędu 100 - 250 kW /Dean [8]/. Liczba radiowych stacji ruchomych dotychczas podwajała się co każde 4 lata, a liczba stacji radiolokacyjnych i radioliniowych w tym samym okresie czasu wzrastała blisko trzykrotnie, przy prawie niezmiennych pasmach, przydzielonym tym służbom /Pawelec [30]/. Wszystką wskazuje na to, że w przyszłości te tendencje wzrostowe nie tylko nie zanikną, ale najprawdopodobniej będą jeszcze silniejsze. Do tego należy dodać tysiące diatermii, kuchni mikrofalowych i innych urządzeń emitujących energię wielkiej częstotliwości. Miliony urządzeń takich jak samochody, urządzenia z elektrycznymi silnikami komutatorowymi i przełącznikami itp. emitują energię w szerokim pasmie częstotliwości, podobnie jak nadajniki iskrowe stosowane w pierwszych latach rozwoju radiotechniki do celów komunikacyjnych /lecz na szczęście o mniejszym zasięgu/. Miliony odbiorników radiowych i telewizyjnych, z których każdy zawiera w sobie miniaturowy nadajnik - oscylator lokalny, dopełniają obrazu całości.

Wspomniany rozwój powoduje "ścisk w eterze" oraz wzrost zakłóceń typu interferencyjnego i intermodulacyjnego. Dean, specjalista rządowy Stanów Zjednoczonych AP /Office of Telecommunications Policy, Executive Office of the President, USA/, podaje na przykład, że 10 pracujących jednocześnie nadajników UHF /0,3 - 3 GHz/ może tworzyć produkty intermodulacyjne tak wysokiego rzędu, że przy 10 realnych istnieje w tym pasmie 500 pozornych sygnałów, na które może reagować odbiornik. Dodanie 20 dalszych

nadajników do łącznej ich liczby 30 powiększa tę liczbę do 14000 /Dean [8]/.

Działalność profilaktyczna

W tej sytuacji staje się zrozumiały nacisk na udoskonalenie systemów i technik radiowych oraz na wprowadzanie do eksploatacji coraz to nowych pasm częstotliwości. Jednak widmo częstotliwości dostępnych technicznie jest ograniczone i całe to postępowanie jest zupełnie nieskuteczne, jeżeli nie prowadzi się intensywnej działalności profilaktycznej; jeżeli nie ma wdrożonych i przestrzeganych prawidłowych zasad i wymagań umożliwiających bezkolizyjne lub inaczej kompatybilne współistnienie systemów radiowych w realnych warunkach. Zaniechanie lub ograniczenie działalności profilaktycznej doprowadziłoby niewątpliwie do tego, że nie tylko odbiór radiofoniczny i telewizyjny, ale wszelkiego rodzaju łączność i przetwarzanie danych zostałoby praktycznie uniemożliwione w skali całego społeczeństwa. Szkody z tego tytułu w życiu gospodarczym, politycznym i kulturalnym są trudne nie tylko do oceny, ale nawet do wyobrażenia.

Ochrona środowiska elektromagnetycznego

Z powyższych względów znaczenie ochrony przed zakłócaniami jest na ogół należycie doceniane we wszystkich krajach rozwiniętych. Na przykład w Stanach Zjednoczonych AP problem ten zaliczono do grupy najważniejszych problemów federalnych, ujętych wspólną nazwą "Ochrona zasobów naturalnych". /Oprócz ochrony

przed zakłóceniami radioelektrycznymi do grupy tej zaliczono m.in. ochronę wód i atmosfery przed zanieczyszczeniami/.

Dlatego też, obok terminów "ochrona przed zakłóceniami" i "kompatybilność elektromagnetyczna", coraz częściej używany jest termin "ochrona środowiska elektromagnetycznego". Chodzi bowiem o zagadnienie kompleksowe, obejmujące z jednej strony ochronę widma elektromagnetycznego przed "zanieczyszczeniami" i ochronę urządzeń radioodbiornych, z drugiej zaś strony o ochronę organizmu człowieka, ponieważ te zanieczyszczenia-emisje energii elektromagnetycznej oddziałują szkodliwie także na organizmy żywe. Ostatnie badania wskazują, że oprócz efektów cieplnych obserwowanych w organizmie poddanemu działaniu dużej energii elektromagnetycznej istnieją również - stosunkowo słabo jeszcze poznane - szkodliwe dla zdrowia efekty innego rodzaju, występujące przy energiach wielokrotnie mniejszych /Mc Kay C. [29]/.

W Polsce - znaczenie ochrony przed zakłóceniami znalazło odbicie przede wszystkim w ustawie z dn. 31.01.1961 o łączności oraz w uchwale nr 281 Rady Ministrów z dnia 13.09.1962 w sprawie zwalczania zakłóceń radioelektrycznych, a także w szeregu Polskich Norm z grupy "Zakłócenia radioelektryczne". Według tych aktów prawnych zadanie ochrony służb radiowych przed zakłóceniami, albo ogólniej ochrony środowiska elektromagnetycznego, zostało powierzone Ministrowi Łączności. Niezależnie od tego, wszystkie bez wyjątku jednostki gospodarki uspołecznionej zostały zobowiązane do ścisłej współpracy w tej dziedzinie z Ministrem Łączności. Skuteczna ochrona środowiska elektromagnetycznego wykracza bowiem poza możliwości jednego resortu i wymaga zharmonizowanego współdziałania wszystkich gałęzi gospodarki narodowej.

W ten sposób w obowiązujących aktach prawnych znalazł odbicie fakt, że problem ten jest zagadnieniem ogólnokrajowym, dotyczącym w sposób istotny całej gospodarki narodowej, włączając produkcję, eksploatację oraz import i eksport wszelkiego rodzaju urządzeń.

System ochrony

Skoordynowane działania mające na celu ochronę przed zakłóceniami tworzą system. Ten system podobnie jak i inne systemy ochrony środowiska /por. Bibbero [4]/ powinien spełniać trzy podstawowe funkcje:

- 1/ identyfikacji źródeł niepożądanych emisji w szerokim tego słowa znaczeniu,
- 2/ predykcji dotyczącej zarówno źródeł niepożądanych emisji, jak i efektów ich działania,
- 3/ ograniczania niepożądanych emisji i/lub ich skutków do granic tolerowalnych.

Identyfikacja powinna obejmować rozpoznanie, scharakteryzowanie i ocenę źródeł niepożądanych emisji, indywidualnych i zbiorowych. Do wypełnienia tej funkcji wymagany jest system stacji pomiarowo-kontrolnych /monitorów/.

Predykcja /prognozowanie/ powinna umożliwiać oszacowanie stanu źródeł w czasie i w przestrzeni oraz skutków ich działania. Do tego celu powinny być wykorzystywane odpowiednie metody i modele matematyczne, informacje uzyskane w procesie identyfikacji oraz wszelkie inne istotne dane, jak np. plany rozwojowe, staty-

styka skarg na zakłócenia itd. Głównym celem predykcji powinny być plany strategiczne i taktyczne, dotyczące ochrony i prawidłowej eksploatacji środowiska elektromagnetycznego, według których organizowane są przedsięwzięcia ograniczające niepożądane emisje i ich skutki do granic dopuszczalnych.

Ograniczanie powinno polegać na wprowadzaniu i udoskonalaniu /w miarę potrzeb/ aktów prawnych i normalizacyjnych oraz wymagań techniczno-eksploatacyjnych, zgodnie z planem, ich wdrożenie do praktyki oraz ich ściśle przestrzeganie.

Współdziałanie tych elementów ilustruje rys. 2. Na tym rysunku uwidoczniło jeszcze jeden czynnik, a mianowicie rozwój techniki i technologii, który wpływa zarówno na środowisko elektromagnetyczne jak i na techniczne aspekty identyfikacji i ograniczania, i z tego powodu musi znajdować odbicie w predykcji. Z kolei przepisy prawne i normalizacyjne znajdują odbicie w techniczno-technologicznych realizacjach systemów /urządzeń/ i sposobach ich eksploatacji. Z rysunku 2 wynika, że wszystkie omówione wyżej elementy wzajemnie się uzupełniają, tworząc harmonijną całość. W działającym systemie nie może zabraknąć żadnego z nich. Rysunek ten przypomina schemat cybernetycznego układu automatycznej regulacji ze sprzężeniem zwrotnym, w którym element identyfikacji odgrywa rolę perceptoru /czujnika/.

Przedmiot i cel opracowania

Niniejsze opracowanie stanowi próbę oceny stanu, tendencji i perspektyw rozwojowych tak rozumianej identyfikacji. Krótki czasokres opracowania, brak doświadczeń krajowych oraz niepełna in-

formacja docierająca z zagranicy utrudniły pełne i zrównoważone naświetlenie wszystkich aspektów tego zagadnienia.

Prezentowane dalej koncepcje należy przeto uważać raczej za materiał wyjściowy do dalszych prac i dyskusji aniżeli za gotowy program rozwoju. Należy podkreślić, że aktualny stan przemysłu krajowego nie stwarza możliwości szybkiego udoskonalenia krajowej bazy pomiarowo-kontrolnej, w oparciu wyłącznie o urządzenia własnej produkcji. Bardziej efektywnym rozwiązaniem byłoby oparcie się o import, ale przesłanki gospodarcze i przewidywane embargo skłaniają do rozważenia wariantu nie wymagającego importu. Jednak ewentualna realizacja takiego wariantu jest trudniejsza, a jej rezultat niewątpliwie bardziej odległy w czasie.

2. CHARAKTERYSTYKA ZADAŃ POMIAROWYCH

Zadania PIR

Uchwała Nr 52/68 Rady Ministrów z dn. 20.02.1968 w sprawie utworzenia Państwowej Inspekcji Radiowej nakłada na tę Inspekcję zadanie kontroli technicznej wszelkich urządzeń i sieci radiokomunikacyjnych, kontroli parametrów emisji i zajętości pasm, a także całość zadań w zakresie kontroli i zwalczania zakłóceń radioelektrycznych w telekomunikacji, radiofonii i telewizji /Monitor Polski Nr 10 z dn. 8.03.1968/.

W tabelicy 1 zestawiono typowe zadania szczegółowe typowego Inspektoratu Okręgowego PIR.

Jak wynika z tej tabelicy, większość tych zadań polega m.in. na pomiarach natężenia pola elektromagnetycznego. Poniżej przyto-

czyimy kilka przykładów, pozwalających wyrobić sobie zdanie o charakterystykach techniczno-ekonomicznych tych zadań.

Przykłady

Przykład 1. Według zaleceń Międzynarodowego Radiokomunikacyjnego Komitetu Doradczego CCIR obszar pokrycia /zasięg chroniony/ stacji radiodfuzyjnych i telewizyjnych na falach metrowych i decymetrowych należy określać jako obszar, w którym gwarantowany jest odbiór sygnałów rozpatrywanej stacji dla co najmniej 90% czasu i co najmniej 90% miejsc obserwacji. W warunkach idealnych, wyznaczenie granic takiego obszaru dla stacji o mocy 100 kW wymaga pomiarów w 600 różnych punktach, rozmieszczonych w specjalny sposób na obszarze o średnicy około 250 km i powierzchni około 4,5 tys. km² /por. sprawozdanie nr 228/63 CCIR [5] oraz Kirby [23] /. W warunkach realnych wymagana liczba pomiarów może być znacznie większa.

Przykład 2. Kontrola obszarów pokrycia i zasięgów stacji bazowych lądowej radiokomunikacji ruchomej zakresu metrowego według najnowszych doświadczeń Poczty Szwajcarskiej - wymaga wykonania wielu serii pomiarów wzdłuż dróg kołowych, w punktach odległych co 10 m, to jest po 100 pomiarów na 1 km drogi /Grussi [15] /. Przy szybkości samochodu pomiarowego 30 km/godz. daje to około 1 pomiar w ciągu sekundy.

Przykład 3. Według danych amerykańskich zbadanie jednego dalekopisu na zgodność z normami ograniczającymi zakłócenia radioelektryczne /metodami klasycznymi/ zajmuje około 4 roboczo-

Zestawienie ważniejszych zadań pomiarowych
Okręgowego Inspektoratu PIR /1972 r./

Lp.	Wyszczególnienie
<u>I. Nadzór nad radiofonią i telewizją</u>	
1	Kontrola zasięgów radiostacji, w tym - kontrola jakości odbioru stacji radiofonicznych i telewizyjnych, - pomiary zasięgów chronionych stacji.
2	Pomiary parametrów radiostacji, w tym - kontrola stacji radiofonicznych, telewizyjnych i radiokomunikacyjnych - kontrola emisji harmoniczných - kontrola systemów antenowych /przez pomiar natężenia pola/
3	Badania lokalizacyjne i pomiary kontrolne stacji - badania lokalizacyjne - kontrola zasięgów
4	Badania obcych emisji
5	Zadania związane z instalacją anten zbiorowych
<u>II. Nadzór nad służbami radiokomunikacyjnymi</u>	
1	Kontrola urządzeń służby ruchomej morskiej
2	" " " " lotniczej
3	" " " " lądowej
4	Badania lokalizacyjne i pomiary kontrolne sieci lądowej radiokomunikacji ruchomej
5	Nadzór nad służbami radioamatorskimi
6	Nadzór nad zorganizowaniem sieci radiokomunikacji wewnątrz kraju

Lp.	Wyszczególnienie
III. <u>Zwalczanie zakłóceń radioelektrycznych</u>	
1	Kontrolowanie urządzeń powodujących zakłócenia /sprzedaż i produkcja/
2	Kontrola urządzeń przemysłowych, medycznych i naukowych wielkiej częstotliwości
3	Kontrola samochodów z silnikami spalinowymi o zapłonie iskrowym.
4	Pomiary statystyczne zakłóceń

godzin /Wolfman [41] /, zaś dokładne badania zakłóceń powodowanych przez jeden samochód - około 6 roboczogodzin /Mc Kay B. [27] /. Przy 100% badaniach produkcji seryjnej wyrobów na zgodność z przepisami ograniczającymi zakłócenia - co ostatnio coraz częściej jest wymagane - pracochłonność, a zatem i koszt badań stają się porównywalne z kosztem wytwarzanych wyrobów.

Przykład 4. Kontrola radiokomunikacyjnych urządzeń profesjonalnych: Huenneman [18] podaje, że dla oceny jednego z radioodbiorników wymagane było sprawdzenie blisko 180 niepożądanego jego odpowiedzi /przy jednej częstotliwości dostrojenia/ wynikających ze zjawisk nieliniowych.

Perspektywy

Jak z powyższego wynika, zadania nałożone na Państwową Inspekcję Radiową są poważne i wywiązanie się z nich nie jest sprawą łatwą. Należy spodziewać się, że w przyszłości realizacja tych zadań będzie jeszcze trudniejsza ze względu na wzrost lic-

by urządzeń-źródeł zakłóceń przemysłowych, wzrost liczby profesjonalnych urządzeń łączności, rozwój sieci radiowych, rozszerzenie zakresów częstotliwości oddawanych do eksploatacji, zaostrzenie wymagań technicznych i eksploatacyjnych, coraz większe skomplikowanie urządzeń itp. czynniki. Ten wzrost zadań przejawia się także w przewidywanym powiększeniu liczby terenowych punktów obserwacyjnych w kraju z 3000 obecnie do 12000 docelowo. W 1980 r. PIR liczy się z koniecznością wykonania około 4 mln pomiarów rocznie, a w 1990 - 30 mln.

Dla podłożenia tym wzrastającym obowiązkom niewątpliwie konieczne będzie rozpatrzenie i wykorzystanie wszelkich możliwości powiększenia efektywności działania Państwowej Inspekcji Radiowej w omawianej dziedzinie.

Proces realizacji zadania pomiarowego

Mając powyższe na uwadze, rozpatrzmy proces realizacji określonego zadania pomiarowego. Na rysunku 3 przedstawiono uproszczony jego schemat /oparty częściowo na propozycji Mc Kaya [27] /. Na rysunku tym można wyróżnić trzy zasadnicze części: koncepcyjno-decyzyjną /a i b/, przygotowawczą /c/ i wykonawczą /d/. W skład pierwszej z nich wchodzi planowanie wstępne /1/, mające na celu ustalenie rodzaju pomiarów, liczby badanych parametrów lub obiektów oraz ustalenie miejsca i czasokresu pomiarów. Na podstawie tych ustaleń możliwe jest /2/ zaplanowanie liczby pomiarów /częstotliwości pomiarowe, polaryzacja itp./. Stąd wynika potrzebne wyposażenie kontrolno-pomiarowe i pracochłonność /3/. W tym etapie powinien być wyważony koszt przed-

siewzięcia: zadanie bowiem pochłania więcej lub mniej czasu, zależnie od zastosowanego wyposażenia. Na przykład przy pełnej automatyzacji pracochłonność jest znikoma, natomiast duży jest koszt aparatury; przeciwnie przy "klasycznym" wyposażeniu pracochłonność pomiarów jest na ogół duża, przy stosunkowo małym koszcie aparatury. Jednak w tym ostatnim przypadku może się zdarzyć, że postawione zadanie jest technicznie niewykonalne, bądź to ze względu na narzucony czas, w którym badania mają być zrealizowane /i opracowane rezultaty/, bądź też z innych powodów.

W następnym etapie /4/ należy ustalić procedurę pomiarów i ich szczegółowy program /z uwzględnieniem kalibracji, tj. wzorcowania/ oraz ustalić ewentualny formularz pomiarowy, przyspieszający i ułatwiający prace wykonawcze. W tym etapie również należy sprecyzować wszystkie istotne szczegóły pomiaru.

Dalej następują prace przygotowawcze /5, 6 i 7/ i wykonawcze /8, 9 i 10/. Na rys. 3 uwidoczniono także "sprzężenie zwrotne" ilustrujące obserwowaną często w praktyce konieczność ewentualnej modyfikacji procesu pomiarowego zależnie od uzyskanych rezultatów cząstkowych.

Potrzeba i możliwości usprawnień

Opisane postępowanie, w sposób mniej lub bardziej jawny, powtarza się w zasadzie dla każdego zadania pomiarowego oddzielnie.

W dotychczasowej strukturze "klasycznej" nawet przy podobnych lub identycznych zadaniach powtarzane jest prawie całe postępowanie za każdym razem od nowa. Szacuje się, że plan roczny

PIR ujmuje ogółem około 100 tysięcy zadań tego typu, ze stałą tendencją do zwiększania tej liczby. Możliwości usprawnienia realizacji tych zadań leżą - zdaniem autora - w dwu kierunkach: w standaryzacji zadań /lub ich fragmentów/ oraz w automatyzacji czynności wykonawczych /8, 9 i 10/, wszędzie tam, gdzie to jest celowe i możliwe.

Pojęcie stanu i charakterystyki środowiska w określonym punkcie

Mając na uwadze taką ewentualność standaryzacji, należy rozpatrzyć prace pomiarowe, wykonywane przez PIR, w sformułowaniu na tyle ogólnym, aby objąć jednym modelem znaczną ich część. Wydaje się, że pomocne w tym względzie może być wprowadzenie nowego pojęcia, jakim jest "stan środowiska elektromagnetycznego" w określonym punkcie. Rozumiemy przy tym, że pojęcie to obejmuje pełną charakterystykę rozpatrywanego punktu. Rozumowanie nasze przebiega przy tym następująco: w ustalonym punkcie obserwacji można zmierzyć poniższe charakterystyki podstawowe:

1. Charakterystykę czasową, tj. zależność intensywności /tj. energii, natężenia pola elektromagnetycznego, napięcia itp. / emisji /pożądanych i niepożądanych/ od czasu, przy ustalonych pozostałych zmiennych /częstotliwość, kierunek/.
2. Charakterystykę częstotliwościową, tj. zależność intensywności emisji od częstotliwości, przy ustalonych pozostałych zmiennych.

3. Charakterystykę kierunkową, tj. zależność intensywności emisji od kierunku obserwacji, przy ustalonych pozostałych zmiennych /mowa o pomiarach natężenia pola/.

Do tych podstawowych mogą dojść jeszcze charakterystyki specjalne /np. dotyczące znaków i sygnałów rozpoznawczych odbieranych stacji/. Parametry modulacji i kształt sygnału nie są tu wyodrębnione, ponieważ można je określić z charakterystyk podstawowych, jeżeli tylko znane są one z dostateczną dokładnością.

Charakterystyki podstawowe są wyznaczane w sposób "ziarnisty". Wielkość ziarna wynika z precyzji zastosowanych metod, mierników i wzorców oraz ewentualnie ziarnistej ich struktury, jeśli oparte są one na technice cyfrowej. Na przykład, istotną informację zawierają tylko te punkty charakterystyk częstotliwościowych, które odległe są od siebie o szerokość pasma przenoszonego przez zastosowany miernik. Podobnie w dziedzinie czasu, istotna informacja zawarta jest tylko w punktach charakterystyk czasowych odległych od siebie o czas ustalania się odpowiedzi systemu /czas stanu przejściowego/.

Wielowymiarowa przestrzeń stanu

Wymienione wyżej trzy charakterystyki podstawowe ujmują w istocie sześć cech mierzalnych: intensywność, częstotliwość, czas oraz trzy dalsze współrzędne /geometryczne/ określające kierunek. Wynika stąd, że stan środowiska w danym punkcie daje się przedstawić w przestrzeni sześciowymiarowej, której osie współrzędne odpowiadają powyższym sześciu zmiennym.

Taka przestrzeń wielowymiarowa nie jest jednak intuicyjna i trudno ją sobie wyobrazić. Dla zobrazowania wprowadzonych pojęć przyjmijmy więc uproszczenie polegające na pominięciu zależności od kierunku. Takie zawężenie zagadnienia doprowadza nas do "normalnej" przestrzeni trójwymiarowej. Jeśli oś pionową /wysokość/ tej przestrzeni przyporządkować intensywności, a osie poziome - częstotliwości i czasowi, to wszystkie rezultaty pomiarów możliwych do wykonania w tym punkcie utworzą powierzchnię, mniej lub bardziej pofałdowaną. Wykorzystując słownictwo geograficzne można powiedzieć, że "jej" góry odpowiadają dużym, doliny zaś małym intensywnościom obserwowanych emisji. Emisje wąskopasmowe tworzą ostre szczyty i granie, szerokopasmowe zaś - szerokie grzbiety górskie.

Nowa interpretacja zadań pomiarowych

Indywidualne pomiary odpowiadają geodezyjnym pomiarom wysokości oddzielnych punktów pomiarowych, natomiast ciągła rejestracja /np. zajętości kanałów/ - przekrojom terenowym wykonanym wzdłuż "równoleżnika" stałej częstotliwości. Podobnie szybka analiza widmowa odpowiada pomiarom przekroju terenowego wzdłuż linii stałego /lub prawie stałego/ czasu. Przypadki te ilustruje rys. 4. Na lewej części rysunku pokazano ślady takich przekrojów /na płaszczyźnie poziomej "częstotliwość-czas"/, natomiast na prawej uwidoczniono same przekroje. W przypadku każdego pomiaru wykonywany jest na innej częstotliwości i w innym czasie, obejmując przedział częstotliwości ΔF i przedział czasu ΔT . Ten rysunek odpowiada typowym pomiarom wykonywanym

klasyczną aparaturą "punkt po punkcie". Taka metoda pomiaru - jak widać - może być stosowana tylko do procesów nie zmieniających się w ciągu czasu ΔT . Rejestracji charakterystyk czasowych odpowiadają rys. 4c i d, a częstotliwościowych - rys. 4e i f. Jak widać, wszystkie te pomiary sprowadzają się do wyznaczenia części omawianej powierzchni charakterystycznej. /Dla uproszczenia pominięto tu fakt, że omawiane procesy mają charakter przypadkowy; uproszczenie to nie ma jednak istotnego wpływu na dalsze rozważania/. Pomiary przedstawione na rys. 4 a-f wykonywane są obecnie różnymi wyspecjalizowanymi przyrządami pomiarowymi. Z rys. 4g wynika, że przy powtarzaniu pomiarów i zapamiętywaniu wyników możliwe jest określenie całej powierzchni charakteryzującej stan środowiska, a nie tylko określonych jej "przekrojów terenowych". Takie możliwości stwarza współczesna elektronika przy zastosowaniu nowoczesnych systemów pomiarowo-przetwarzających.

Stan środowiska w określonym obszarze

Wspomniana powierzchnia opisuje jednoznacznie stan środowiska elektromagnetycznego w danym punkcie obserwacyjnym. Rozmieszczając dostatecznie gęsto większą liczbę takich punktów, można wystarczająco dokładnie scharakteryzować stan środowiska elektromagnetycznego dla całego obszaru, np. kraju. Oczywiście wymagane jest przy tym powiększenie naszej przestrzeni wielowymiarowej o dalsze dwa /lub trzy/ wymiary, odpowiadające dwóm /trzem/ współrzędnym geograficznym punktów obserwacji na powierzchni /lub także ponad powierzchnią/ ziemi. Znajomość stanu

środowiska na pewnym obszarze umożliwia lokalizowanie źródeł emisji. Do takiego lokalizowania /pelengacji/ teoretycznie wystarczy bowiem znajomość stanu środowiska elektromagnetycznego w trzech punktach /nie leżących na wspólnej prostej/.

Wprowadzone wyżej pojęcia i przedstawiona interpretacja ułatwiają zdaniem autora powiązanie różnorodnych zadań pomiarowych PIR i umożliwiają jednolite ich ujęcie, co jest elementem niezbędnym przy próbach standaryzacji tych zadań i usprawnienia ich realizacji.

3. PRÓBA OCENY STANU ISTNIEJĄCEGO

Wyposażenie PIR

Zadania Państwowej Inspekcji Radiowej są realizowane w oparciu o bazę techniczną, na którą składają się stałe stacje i punkty kontroli emisji radiowych, ruchome /lądowe/ stacje pomiarowe /trzech typów/ oraz laboratoria kontrolne. Stałe stacje i punkty kontroli emisji prowadzą działalność w zakresie kontroli zajętości widma, częstotliwości i parametrów emisji, natomiast ruchome stacje pomiarowe w zakresie wykrywania i usuwania zakłóceń radioelektrycznych /stacje typu A/, w zakresie kontroli stacji i sieci radiokomunikacyjnych /stacje typu B/ oraz w zakresie badania zasięgów, lokalizacji stacji nadawczych, a także kontroli warunków odbioru sygnałów radiowych /stacje typu C/. Laboratoria są również obciążone zadaniami wdrażania i doskonalenia techniki pomiarowej.

Przechodząc do bardziej szczegółowej oceny stanu obecnego w omawianej dziedzinie, należy stwierdzić duże podobieństwo funkcjo-

nalne i techniczno-technologiczne występujące między różnymi urządzeniami tworzącymi podstawową bazę kontrolno-pomiarową PIR. Mierniki zakłóceń, mierniki natężenia pola, odbiorniki radiokomunikacyjne oraz odbiorniki panoramiczne bazują na strukturze radioodbiornika z przemianą częstotliwości. Urządzenia te powstały w sposób naturalny ze zwykłych odbiorników radiofonicznych.

Ich ogólne charakterystyki czułości, szerokości pasma, selektywności i strojenia przypominają typowe odbiorniki na te same zakresy częstotliwości.

Fakt ten może być wykorzystany do pożądaney standaryzacji wyposażenia i produkcji aparatury kontrolno-pomiarowej dla potrzeb PIR. Schemat blokowy takiego odbiornika-miernika zakłóceń-miernika natężenia pola-odbiornika panoramicznego-odbiornika radiokomunikacyjnego ilustruje rys. 5. Ewentualne różnice mogą polegać na tym, że odbiornik panoramiczny jest przestrajany automatycznie, a w miejsce wskaźnika wychyłowego wykorzystuje ekran oscyloskopowy z synchronizowanym obrazowaniem sygnału. Odbiorniki radiokomunikacyjne na ogół są pozbawione obwodów cechowania. Różnice mogą tkwić ponadto w układach detektorów i szerokości przenoszonego pasma. Obecnie istnieją jednak techniczne możliwości, aby wszystkie te dotychczas oddzielnie budowane urządzenia zrealizować w jednym wykonaniu bez istotnego powiększania gabarytów czy ciężaru /por. np. odbiornik MARK 2, FAIRCHILD [4]/.

Niedogodności wyposażenia obecnego

1. Obecne przyrządy stanowiące wyposażenie PIR oraz produkowane w kraju wymagają obsługi operatora. Proces pomiaru przy użyciu tych przyrządów przebiega w sposób przedstawiony na rys. 6. Charakterystyczna jest w nim centralna rola operatora, realizującego praktycznie wszystkie funkcje koncepcyjne, logiczne i wykonawcze. Z tego powodu rezultaty pomiaru bywają często obarczone pomyłkami i dodatkowymi błędami subiektywnymi, zależnymi od samopoczucia, zmęczenia i stanów emocjonalnych operatora. Niektóre prace pomiarowe, wymagające dużego skupienia uwagi przez długi okres czasu bez przerwy nie mogą być wykonywane przez jednego operatora ze względu na właściwości fizjologiczne człowieka i jego nieuniknioną dekoncentrację. Ponadto, przystosowanie aparatury wyłącznie do sterowania ręcznego praktycznie wyklucza możliwości automatyzacji czynności wykonawczych /teoretycznie z wyjątkiem rejestracji charakterystyk czasowych/. Tymczasem - jak już wspomniano - pomiary wykonywane w PIR w ciągu roku liczy się - ostrożnie mówiąc - setkami tysięcy i wykonuje się je na setkach obiektów i w tysiącach punktów. Pomiar jednego obiektu trwa godzinami, ponieważ opiera się na zasadzie "punkt po punkcie" i ręcznym zapisie wyników.
2. Nie jest możliwe obecnie automatyczne sprawdzanie /wzorcowanie/ urządzeń, ponadto stałość parametrów /częstotliwość, wzmocnienie/ używanej obecnie aparatury krajowej jest za mała do tego, aby wprowadzić automatyczną rejestrację wyników.

3. Rezultaty pomiarów są zapisywane w postaci wykresów lub tabel, co praktycznie uniemożliwia mechanizację czy automatyzację ich opracowania. "Ręczna" analiza rezultatów jest na ogół bardzo pracochłonna, a przy bardzo dużej ilości rezultatów wręcz niemożliwa.
4. Nadmierne wyspecjalizowanie urządzeń pomiarowo-kontrolnych, z których każde jest przystosowane do pomiaru najczęściej tylko jednego parametru powoduje, że stanowiska kontrolne PIR składają się z wielu różnych urządzeń i wypadają duże, ciężkie, trudne w obsłudze i trudne do transportu oraz mało wydajne.
5. Różnorodność typów i producentów nie tylko utrudnia prowadzenie racjonalnej gospodarki przyrządami, ale także utrudnia, a często uniemożliwia łączenie indywidualnych przyrządów w większe zespoły i zestawy. Sytuację utrudnia różnorodność sygnałów wejście/wyjście, standardów złącz, a nawet gabarytów.
6. Obecne mierniki pozwalają mierzyć tylko wartość quasiszczytową, szczytową lub średnią emisji i zakłóceń. Te wartości są adekwatne w zasadzie tylko dla radiofonii AM. W związku z wprowadzeniem nowoczesnych systemów telekomunikacyjnych, wykorzystujących sygnały dyskretne, różne rodzaje modulacji itp., podstawowego znaczenia nabierają pomiary pierwotnych parametrów sygnałów i zakłóceń, jakimi są gęstość widmowa i charakterystyki czasowe, ze statystycznymi ich rozkładami włącznie. Tych charakterystyk obecnymi przyrządami mierzyć nie można.

7. Duży ciężar, duża objętość i duża moc zasilania eliminują często obecne przyrządy z prac polowych, tym bardziej, że nie są one przystosowane ani do przewożenia, ani do przenoszenia. /Mierniki na elementach scalonych oferuje obecnie zaledwie kilka firm na świecie/.

Wnioski

Z przedstawionych wyżej uwag wynika, że aktualny stan krajowej bazy kontrolno-pomiarowej nie daje gwarancji pełnej realizacji przewidywanych zadań. Na przykład istniejące i planowane na najbliższą przyszłość stacje kontrolne powinny być uzupełnione przynajmniej jedną stacją ruchomą zainstalowaną na śmigłowcu. Stacja ta umożliwiałaby kontrolę przestrzennych charakterystyk promieniowania systemów antenowych i niepożądanych emisji pod dużymi kątami względem ziemi. Ponadto pozwoliłoby przyspieszyć kontrolę zasięgów i obszarów pokrycia stacji /większą prędkość i możliwości wykonania pomiarów w miejscach trudno dostępnych/. Oczywiście niezbędne jest również odmłodzenie i unowocześnienie aparatury kontrolno-pomiarowej resortu /PIR/.

Aparatura kontrolno-pomiarowa powinna umożliwiać:

- 1/ automatyczną obróbkę wyników za pomocą nowoczesnej elektronicznej techniki obliczeniowej w celu zmniejszenia pracochłonności /i kosztów/;
- 2/ automatyzację wykonawczych elementów procesu pomiarowego w celu uproszczenia obsługi, zwiększenia wydajności oraz zmniejszenia pracochłonności /i kosztów/;

- 3/ pomiary wszystkich istotnych charakterystyk emisji pożądaných i niepożądaných z wymaganą na ogół dużą dokładnością;
- 4/ łatwą obsługę i eksploatację; urządzenia pomiarowe powinny nadawać się do przewożenia lub przenoszenia i do pracy w warunkach polowych, jeśli zajdzie potrzeba;
- 5/ racjonalną gospodarkę; różnorodność typów powinna być możliwie mała dla ułatwienia konserwacji, napraw i wymiany;
- 6/ elastyczność współpracy z innymi urządzeniami;
- 7/ utrzymanie kosztów w ograniczonych ramach.

Powyższe wymagania nie są wymienione w kolejności ważności. Ponadto istnieją między nimi "wewnętrzne" powiązania, jak np. oczywisty związek między kosztem a parametrami techniczno-eksploatacyjnymi. Bardziej subtelny związek występuje np. między szybkością pomiarów a ich dokładnością. Niektóre z tych wymagań są wzajemnie przeciwstawne, co wskazuje na konieczność poszukiwań rozwiązań kompromisowych. Takie optymalne rozwiązania kompromisowe zależą oczywiście od aktualnego stanu techniki i technologii. Wszystkie dane wskazują, że jeśli nie już obecnie, to w najbliższej przyszłości takim rozwiązaniem optymalnym jest zautomatyzowany system pomiarowo-przetwarzający. System modularny oparty na jednolitej technologii, budowany ze standardowych elementów, łączonych w standardowy sposób. System o elastycznej strukturze, umożliwiającej łatwą jego rekonfigurację, tj. zarówno komponowanie i dekomponowanie, zależnie od potrzeb.

4. KONCEPCJE PRZYSZŁOŚCIOWE

Komputerowy system pomiarowo-przetwarzający

Automatyzowany, komputerowy system pomiarowy z funkcjonalnego punktu widzenia idealizuje proces pomiarów. Użytkownik wydaje polecenie i komputer sam realizuje pomiar, analizuje, przetwarza, redukuje i prezentuje wyniki, przejmując wszystkie czynności wykonawcze /uwidocznione na rys. 3/. Daje to użytkownikowi możliwość skoncentrowania się na koncepcyjnych aspektach problemu pomiarowego, zamiast na mechanicznych czynnościach.

Komputer stwarza realne możliwości prowadzenia kontroli i pomiarów bez nadzoru, co eliminuje omyłki i błędy operatora. W razie potrzeby kontrola może być ciągła, tj. całodobowa.

System taki gwarantuje identyczność procedury pomiarowej przy powtarzaniu pomiarów standardowych. W takich przypadkach możliwe jest zatrudnienie personelu o stosunkowo niewysokich kwalifikacjach, co obniża koszt badań.

Omawiany system umożliwia zdalną kontrolę i zdalne pomiary, przy wykorzystaniu typowych telekomunikacyjnych łącz przewodowych lub bezprzewodowych. Może on więc być skupiony w jednym miejscu albo rozczłonkowany na dużym obszarze.

Wyniki pomiarów wydawane są automatycznie i znacznie szybciej niż może to uczynić operator. W razie potrzeby wydawana jest dokumentacja pomiarów /hard copy/ w dogodnej postaci /np. taśmy perforowanej, tabulogramu, wykresu albo gotowego raportu - protokołu pomiarów/ w potrzebnej liczbie egzemplarzy, praktycznie jednocześnie z pomiarem /z szybkością do kilkuset znaków na sekundę/.

Może być przeprowadzone przetwarzanie i redukcja danych, automatycznie, z dużą dokładnością i szybko /w czasie realnym/, praktyczniej jednocześnie z pomiarem. W miarę napływu wyników pomiarów są one w razie potrzeby analizowane, sortowane i przetwarzane, albo przekazywane do pamięci, do późniejszego opracowania. Mogą być wykonywane nad nimi złożone operacje logiczne i numeryczne, których rezultaty mogą być zapamiętywane i wydawane w odpowiednim czasie.

Wyprowadzana może być tylko potrzebna ich część, zawierająca istotną aktualnie informację /np. sygnał alarmowy o przekroczeniu normy lub o nowej emisji/.

System komputerowy może być automatycznie sprawdzany i kalibrowany. Tablice poprawek i błędów są zapamiętywane podczas kalibracji, a następnie używane do wyeliminowania z wyników systematycznych błędów pomiarowych. W ten sposób powiększa się dokładność pomiarów, w związku z tym wymagania stawiane urządzeniom pomiarowym mogą być złagodzone.

Pomiary mogą być wykonywane "ze sprzężeniem zwrotnym" zależnym od wyniku analizy uzyskiwanych danych. System może się adaptować i podejmować decyzje o zmianach programu swojego własnego działania bez ingerencji operatora. Sam może zmieniać kolejność pomiarów, opuszczać pomiary lub dodawać nowe, powtarzać je w określonej sekwencji, opracowywać w różnych wersjach, przechodzić na inne zestawy danych itp.

Działanie

Działanie komputerowego systemu pomiarowo-przetwarzającego ilustruje rys. 7. System jest sterowany rozkazami tworzącymi

program zapisany na taśmie perforowanej lub magnetycznej - przy wsadowym sposobie pracy. Niezależnie od tego może on być kierowany także poleceniami wydawanymi bezpośrednio przez operatora, w konwersacyjnym sposobie pracy. Program może być sformułowany w języku BASIC, FORTRAN lub innym, zależnie od życzenia użytkownika. Komunikacja użytkownika z komputerem może odbywać się za pośrednictwem dalekopisu, monitora ekranowego z "piórem świetlnym" itp. urządzeń.

Automatyczny system pomiarowo-przetwarzający zastępuje szeregi indywidualnych wyspecjalizowanych przyrządów. Przystosowanie do specyficznych zadań pomiarowych zapewnia odpowiedni program / "software" /, a nie wyspecjalizowana konstrukcja / "hardware" /, jak w klasycznych zestawach pomiarowych. Liczba różnych programów jest praktycznie nieograniczona. Jest istotne, że - ogólnie wzięwszy - taniej i szybciej można przygotować zupełnie nowy program aniżeli opracować zupełnie nowe, wyspecjalizowane urządzenie pomiarowe, wypełniające te same funkcje.

Elementy systemu

Sercem systemu jest miernik - odbiornik, jego mózgiem zaś - komputer. Miernik może być zbudowany według klasycznych zasad / rys. 5/, z tym że wszystkie jego regulacje i funkcje są kontrolowane na drodze elektronicznej /nie wyklucza to jednak dodatkowych urządzeń do normalnej obsługi "ręcznej"/. Miernik jest więc przestrajany elektronicznie sygnałem analogowym lub dyskretnym. Pierwszy sposób jest łatwiejszy w realizacji i tańszy w produkcji; drugi natomiast daje znacznie większą dokładność.

Działanie odbiornika kierowane jest rozkazami komputera. Dla uniknięcia błędów przewidziane są zwrotne meldunki do komputera o wykonaniu rozkazów i stanie miernika. Dzięki takiej pętli zwrotnej możliwe jest wykrycie przekłamań i pomyłek oraz ich korygowanie. W razie przekłamania rozkaz jest powtarzany kilkakrotnie, aż do prawidłowego jego wykonania lub stwierdzenia awarii. /Działanie układu antenowego jest analogiczne/.

Ze względu na uproszczenia konstrukcyjne meldunki i rozkazy "zrozumiałe" dla odbiornika są zazwyczaj wyrażane w innym "języku" niż język komputera /język wewnętrzny/ lub język symboliczny, wygodny dla operatora. Odbiornik może np. reagować wyłącznie na sygnały regulacyjne analogowe, podczas gdy komputer operuje sygnałem dyskretnym. Rolę tłumacza w systemie pełni urządzenie przetwarzające /"interfejs"/. Urządzenie to może być wyposażone w niewielką pamięć wewnętrzną, przetworniki analogowo-cyfrowe itp. Może być ono również zmodyfikowane tak, aby tłumaczyć rozkazy zapisane na kartkach lub taśmie perforowanej, albo na taśmie magnetycznej. Wówczas komputer może być odłączony, jednak system traci zdolności adaptacyjne i jednocześnie jego możliwości przetwarzania informacji stają się znacznie zmniejszone. W tym przypadku interfejs staje się urządzeniem programującym, sterującym zarówno miernikiem, jak i urządzeniami peryferyjnymi, np. perforatorem.

Komputer przedstawiony na rys. 7 jest typowy. Zawiera on jednostkę centralną /"procesor"/, pamięć i urządzenia peryferyjne. Wśród nich może być dodatkowa pamięć zewnętrzna, monitor ekranowy, czytnik taśmy perforowanej, perforator, czytnik kart, elektryczna maszyna do pisania, drukarka wierszowa, pisak XY, teleks i inne typowe urządzenia tego rodzaju.

Do automatycznego systemu kontroli emisji pożądaných i niepożądaných najbardziej odpowiednie są mini- i mikrokomputery. Wielkie, rozbudowane komputery są zbyt doskonałe w stosunku do innych elementów systemu i ich możliwości nie byłyby w pełni wykorzystane.

Warianty systemu

Na rysunku 8 przedstawiono trzy z możliwych wariantów systemu pracujących na bieżąco /"on line"/. W pierwszym komputer współpracuje z pojedynczym miernikiem połączonym z nim bezpośrednio, cały system znajduje się w tym samym pomieszczeniu lub na tym samym pojeździe. Drugi wariant różni się od pierwszego tym, że miernik jest oddalony od komputera i współpracuje z nim za pośrednictwem łącza telekomunikacyjnego /duplex lub simplex/ przewodowego lub bezprzewodowego. W ten sposób możliwe jest zdalne prowadzenie pomiarów i kontroli. Komputer sterujący działaniem systemu może być przy tym jednocześnie wykorzystywany także do innych celów, nie związanych z pomiarami. Ostatni z pokazanych wariantów przedstawia rozbudowany system, w którym jeden komputer steruje za pomocą łącz telekomunikacyjnych działaniem wielu mierników usytuowanych w różnych miejscach.

System komputerowy może być stacjonarny, eksploatowany w stałej stacji kontroli emisji lub też mobilny, zainstalowany na samochodzie lub śmigłowcu. Kontrolne stacje ruchome mogłyby być wyposażone w elementy tego samego systemu, różniąc się ewentualnie stopniem rozbudowy, oprogramowaniem i wyposażeniem dodatkowym. Takie rozwiązanie znacznie ułatwiłoby eksploatację i zmniejszyłoby wydatnie liczbę różnych typów aparatury.

Możliwe uproszczenia

System komputerowy może być uformowany tak, że niektóre jego elementy mogą stanowić autonomiczne jednostki, zdolne do samodzielnego "życia" i działania. W razie potrzeby mogą być one wykorzystywane poza omawianym systemem działającym na bieżąco w zamkniętej pętli sprzężenia zwrotnego /"on line, closed loop"/, gdzie przetwarzanie informacji odbywa się w miarę ich napływu, a sterowanie w czasie rzeczywistym, w zamkniętym cyklu /ze sprzężeniem zwrotnym/. Oczywiście eliminuje to szereg podstawowych zalet systemu komputerowego działającego na bieżąco, może być jednak w pewnych przypadkach wskazane ze względów ekonomicznych.

Przykłady zestawów uproszczonych

Takie uproszczone zestawy pomiarowe przystosowane do obsługi przez operatora ilustruje rys. 9. Najprostszym elementem autonomicznym systemu jest sam miernik. Może on być integralną częścią systemu, ale może być również z powodzeniem eksploatowany indywidualnie, jak to dzieje się obecnie /rys. 9a/. Dodanie do tego miernika wskaźnika oscyloskopowego i układów synchronizacji przemienia go w miernik analizujący - pomiarowy analizator widma /rys. 9b/. Taki zestaw może pozwalać na półautomatyczną pracę i obserwację-analizę widma za pośrednictwem "okna" o różnej szerokości /charakterystyka częstotliwościowa/, a także kształtu sygnału w wybranym kanale /charakterystyka czasowa/. Zastosowanie rejestratora /np. typu XY/, jak na rys. 9c, umożliwia uzyskanie dokumentacji w postaci graficznej. Możliwe wydaje się

również załączenie innego urządzenia wyjściowego, np. perforatora taśm, drukarki lub elektrycznej maszyny do pisania rejestrującej wyniki pomiarów. Na rys. 9d pokazano jeden z wariantów zestawu telemetrycznego, umożliwiającego operatorowi wykonywanie pomiarów na odległość.

W porównaniu z urządzeniami użytkowanymi obecnie omawiane tu urządzenia, chociaż również wymagają obsługi przez operatora, wyróżniają się zdolnością do współpracy w zestawie lub systemie. Ta zdolność przejawia się w modularności, tj. oparciu konstrukcji o standardowe moduły, standardowe sposoby łączenia i standardowe sygnały.

Programowane zestawy automatyczne

Dalsza rozbudowa najprostszych systemów ręcznych, zilustrowanych na rys. 9 prowadzi już do automatyzacji procesu pomiarowego, jednak jeszcze "niewolniczej", bez możliwości adaptacyjnych. Przykłady takich rozwiązań pokazano na rys. 10a, b i c. Dwa ostatnie dotyczą układów telemetrycznych.

Ustalony program pomiarów może być wprowadzony bezpośrednio do pamięci urządzenia programującego albo też, jeśli jest zapisany na kartach lub taśmie perforowanej lub na taśmie magnetycznej, za pośrednictwem odpowiednich czytników. System wykonuje dokładnie wszystkie polecenia zapisane w rozkazie. Mogą to być również polecenia odpowiedniego przetwarzania uzyskanych wyników /wykonania obliczeń/, na ogół jednak niezbyt złożonych. W wypadku złożonych obliczeń bardziej opłacalne jest zastosowanie typowego komputera, a wówczas nie ma trudności w zrealizowaniu systemu pracującego w cyklu zamkniętym /closed loop/.

Wyniki pomiarów rejestrowane są na taśmie perforowanej lub magnetycznej i przekazywane następnie do banku danych albo do opracowania przez komputery.

5. PRÓBA OCENY KONCEPCJI PRZYSZŁOŚCIOWYCH

Systemy komputerowe dotychczas zrealizowane

Dotychczas - na ile autorowi wiadomo - budową komputerowych systemów kontroli widma elektromagnetycznego zajmowały się dwie firmy na świecie: Fairchild Electro Metrics i Hewlett Packard, obie amerykańskie. Należy przypuszczać, że ponadto istnieją firmy opracowujące być może analogiczne systemy dla potrzeb militarnych, tzw. rozpoznania radioelektronicznego, jednak autorowi nie udało się zdobyć w tej sprawie żadnych danych.

Pierwszy działający komputerowy system kontroli emisji został zademonstrowany publicznie w 1969 r. na dorocznym kongresie IEEE w Nowym Jorku /IEEE - Stowarzyszenie Inżynierów Elektryków i Elektroników USA/. Był to system firmy Fairchild. Demonstrowany program obejmował pomiary zakłóceń radioelektrycznych /promieniowanych/ zgodnie z wymaganiami norm MIL STD 461. Program ten obejmował około 2500 słów. Pierwszy system tego rodzaju firma ta przekazała do eksploatacji w 1970 roku Agencji NASA /Di Marzio [10]/. Następnie w 1971 r. firma ta podjęła się opracowania dwóch innych udoskonalonych typów przewoźnych, z których jeden przeznaczony jest dla Federalnej Komisji Komunikacyjnej FCC, a drugi prawdopodobnie dla potrzeb policji federalnej. System opracowany dla FCC przewidziany jest do wykonywania zadań analogicznych do zadań PIR.

W rok później, w 1972 r. podobny system komputerowy oferuje także firma Hewlett-Packard. Zastosowane w nim elementy nie dają - jak się wydaje - możliwości transportu.

Główne opublikowane dane charakteryzujące systemy dotychczas zrealizowane lub będące w stadium realizacji zamieszczono w tabl. 2.

Porównanie wydajności

Praktyczne doświadczenia eksploatacji komputerowych systemów omówionych wcześniej są jeszcze niewielkie ze względu zarówno na małą liczbę takich systemów oddanych do użytku, jak i na krótki czas ich eksploatacji. Dane prezentowane przez producentów systemów można podejrzewać o pewien " optymizm", natomiast producenci sprzętu klasycznego ze zrozumiałych względów przedstawiają dane " pesymistyczne". I tak np. Mc Kay, pracownik firmy Fairchild Electro Metrics, podaje, że system zautomatyzowany pozwala skrócić czas pomiarów zakłóceń radioelektrycznych około siedemset razy w porównaniu z urządzeniami dotychczasowymi, to jest z 6 godz. do około 1/2 minuty! /Mc Kay [27] /. Natomiast według Beckmanna, pracownika firmy konkurencyjnej /nie produkującej takich systemów/, skrócenie czasu pomiarów - ogólnie biorąc - jest w przybliżeniu dziesięciokrotne /Beckmann [3] /: nie wiadomo jednak, czy uwzględnił on czas opracowania rezultatów pomiaru.

Przy analizie widma, oprócz szybkości działania systemu należy brać pod uwagę również dokładność analizy. Im dokładniejsza ma być analiza, tym dłużej musi trwać. Według cytowanego

Tablica 2

Zestawienie głównych parametrów komputerowych systemów zrealizowanych dotychczas

Lp.	Firma /typ/	Częstotliwość		Intensywność		Typ odbiornika	Komputer	Źródło
		zakres	rozdziałczość	zakres	rozdziałczość			
1	Fairchild Electro- Metrics typ FS S250/ COMP.	20 Hz 1 GHz	± 3%	60 dB	/?/	EMC 10 EMC 25	Digital Equip- ment Corpo- ration PDP 8	Di Marzio [10] 1970 rok
2	Fairchild Electro- Metrics typ /?/	5 kHz 12,4 GHz	± 100 Hz	166 dB	/?/	/?/	Digital Equip- ment Corpora- tion PDP 11	Mc Kay A. [28] 1972 rok
3	Fairchild typ /?/	5 kHz 1 GHz /40 GHz/	/?/	/?/	/?/	BRT 35	Hewlett Packard 2116	Mc Kay A. [28] 1972 rok
4	Hewlett Packard typ S580 A	10 kHz 18 kHz	± 10 Hz	120 dB	± 0,03 dB	zestawiony z różnych urządzeń seryjnych	Hewlett Packard 2116	Cunningham I [7] 1972 rok

U w a g a : /?/ = brak danych

już Mc Kaya czas analizy i kontroli widma w całym zakresie 5 kHz - 1 GHz za pomocą systemu komputerowego wynosi około 5 minut.

Reasumując można jedynie stwierdzić, że zastosowanie automatycznego systemu pomiarowo-przetwarzającego pozwala skrócić czas pomiarów od 10 razy do 700 razy.

Porównanie kosztów

Porównanie kosztów aparatury klasycznej i systemowej w różnych wariantach, przewidzianej do wykonywania zadań w takim samym zakresie częstotliwości, podano w tabl. 3.

Wskaźnik efektywności

Mając oszacowane skrócenie pracochłonności i powiększenie kosztów związane z wprowadzeniem komputerowych systemów, można by próbować ocenić efektywność takiego przedsięwzięcia. Wydaje się, że wskaźnikiem efektywności mogłyby być stosunek:

$$\frac{\text{ile razy zmaleje czas pomiaru}}{\text{ile razy wzrośnie koszt pomiaru}}$$

Im większa byłaby wartość tego stosunku, tym większa byłaby efektywność nowego systemu. Po podstawieniu danych liczbowych uzyskuje się wartości: optymistyczną - 80, średnią - 10 i pesymistyczną - 1,2.

Należy jednak zwrócić uwagę, że wskaźnik ten nie ujmuje wielu istotnych cech nowego rozwiązania, dających zyski niewymierne, jak np. umożliwienie pomiarów i rejestracji zdalnych w niedostępnych miejscach /np. na dachu/, eliminację dyżurów, błędów subiektywnych itp.

T a b l i c a 3

Porównanie kosztów aparatury kontrolno-pomiarowej na zakres
14 kHz - 1000 MHz

Lp.	Wyszczególnienie	Typ i producent	Orientacyjny koszt	
			w tys. dol.	względ- ny.
1	Klasyczny lampowy od- biornik-miernik zakłó- ceń i natężenia pola	NF 105 /S/ ^{1/}	10	1
2	Panoramyczny analiza- tor widma sygnałów /bez preselekcji/	HP141T /HP/ ^{2/}	15	1,5
3	Nowoczesny odbiornik- miernik zakłóceń i na- tężenia pola przystoso- wany do pracy w syste- mie pomiarowym	EMC 25 RN/F/ ^{2/}	30	3
4	Panoramyczny miernik analizujący, w tym: miernik display	CSR 200 /F/ ^{2/} EMC 25RN /30/ SPD 125 /5/	35	3,5
5	Prosty system automa- tyczny, w tym: miernik programer rejestr. XY display	FSS 250N /F/ EMC 25RN /30/ ESC 125A /7/ EXY 125A /3/ SPD 125 /5/	45	4,5
6	Automatyczny system komputerowy w tym: miernik interfejs seryjny kom- puter i urządz. peryfer.	CCR 300 /F/ EMC 25RN /30/ DIU 125 /20/ ^{2/} /30/ ^{4/}	80 ^{3/}	8

Uwagi: 1/ wg cen z 1963 r., bez wyposażenia dodatkowego

2/ wg cen z 1972 r., " " "

3/ wg Beckmanna [3]

4/ wartość oszacowana

/HP/ = Hewlett-Packard, USA

/F/ = Fairchild/Electro-Metrics, USA

/S/ = Singer, USA

Możliwości krajowe

Operując się na dotychczasowych doświadczeniach handlowych z krajami rozwiniętymi można spodziewać się, że kompletny komputerowy system łącznie z oprogramowaniem - a taki jest potrzebny - będzie prawdopodobnie objęty embargiem. W tej sytuacji uzasadniona jest próba zorientowania się w możliwościach zrealizowania takiego systemu w oparciu wyłącznie o urządzenia i siły krajowe.

W tabelicy 4 zestawiono urządzenia ewentualnie wchodzące w rachubę w razie podjęcia decyzji o realizacji systemu krajowego.

T a b l i c a 4

Zestawienie urządzeń krajowych, z których /prawdopodobnie/ można by zbudować komputerowy system pomiarów emisji niepożądaných /i pożądaných/

Lp.	Wyszczególnienie	Typ	Orientacyjny koszt w tys. zł	Uwagi
1	Miernik /sterowany zdalnie/	brak	300 ^{x/}	
2	Interfejs	brak	200 ^{x/}	
3	Perforator taśmy papierowej	MERA DT 105	100	typowy
4	Czytnik taśmy papierowej	MERA CT2200	50	"
5	Komputer	K 202	1.600	"
6	Elektryczna maszyna do pisania	Lucznik, Facit 3851	20 ^{x/}	"
7	Monitor ekranowy	?	200 ^{x/}	"
8	Inne urządzenia zewnętrzne	?	?	

x/ Wartości oszacowane /przez analogię do innych rozwiązań/

Jak z tej tablicy wynika, większość /ilościowo i wartościowo/ stanowią typowe urządzenia elektronicznej techniki obliczeniowej w kraju produkowane lub przewidziane do produkcji w ramach umów specjalizacyjnych. Podstawowego jednak przyrządu, tj. miernika i interfejsu w kraju brak. Koszt tych urządzeń produkowanych seryjnie można przez analogię do innych oszacować łącznie na 0,3 do 1 mln zł. Opracowanie ich może kosztować wielokrotnie więcej.

Oczywiście uwagi powyższe nie stanowią analizy techniczno-ekonomicznej i nie mogą jej zastąpić. Są one przedstawione tylko w celu ilustracyjnym, aby umożliwić Czytelnikowi wyrobienie pierwszego, orientacyjnego poglądu na całość zagadnienia.

Oczywiście do kosztów systemu należy ponadto dodać koszt oprogramowania, który może być tego samego rzędu, co koszt samych urządzeń, lecz ponoszony jest jednorazowo.

6. WNIOSKI

Całościowe i kompleksowe spojrzenie na zadania pomiarowe PIR sugeruje nową koncepcję wyposażenia PIR w aparaturę kontrolno-pomiarową. W miejsce wielu różnych wyspecjalizowanych konstrukcji można zastosować mniejszą liczbę zunifikowanych, uniwersalnych urządzeń, które mogłyby pracować w różnych konfiguracjach - od klasycznej aż do jednolitego komputerowego systemu pomiarowego - o bardzo dużej wydajności. System ten mógłby i powinien współpracować z resortowym systemem TELCO, w którym przewiduje się utworzenie centralnego rejestru "legalnych" użytkowników i przydziałów częstotliwości radiokomunikacyjnych. Omawiany system pomiarowy mógłby przekazywać informacje bez-

pośrednio do tego centralnego rejestru, albo porównywać stan aktualny z zarejestrowanym.

Teoretycznie istnieje możliwość opracowania takiego systemu w oparciu o urządzenia produkcji krajowej.

Decyzja o podjęciu tej koncepcji lub o jej odrzuceniu wymaga konsultacji z potencjalnymi użytkownikami i producentami oraz wnikliwej analizy techniczno-ekonomicznej całego przedsięwzięcia. Analiza taka zostanie przeprowadzona w niedalekiej przyszłości. Jednak niezależnie od jej wyników, już dzisiaj można z dużą pewnością stwierdzić, że przyszłość urządzeń do pomiaru emisji pożądanych i niepożądanych i nadzoru środowiska elektromagnetycznego leży w automatycznych komputerowych systemach pomiarowo-przetwarzających.

Ograniczenia finansowe i trudności produkcyjne mogą odsunąć terminy wdrożenia takich systemów, jednak - jak się wydaje - wcześniej czy później i w naszym kraju zostaną one wprowadzone do eksploatacji. Wskazują na to zarówno obiektywne potrzeby, prawidłowości rozwoju techniczno-technologicznego, jak i najnowsze doświadczenia przodujących w tej dziedzinie krajów świata.

WYKAZ LITERATURY

1. Badźmirowski K. : Podstawy budowy informacyjnych systemów pomiarowych. Prace ITR, 1972 nr 2/59/, s. 5-15.
2. Baguley J. : Remote control of radio communication systems, Electron. Eng. 1968 t. 40, September s. 530-532, October s. 542-546.

3. Beckmann U. L. : Automatic level measurements in the testroom, Telecommunications, 1972 t. 6 nr 8, s. 17-19 i 28.
4. Bibbero R.J. : Systems approach toward nationwide airpollution control. IEEE Spectrum, 1971 October, s. 33-37, November s. 73-81.
5. CCIR - Sprawozdanie Nr 228. Pomiary natężenia pola dla służb radiodyfuzyjnych z uwzględnieniem telewizji, na falach metro-
wych i decymetrowych. ML, Kom. Nauk. d/s CCIR i OIRT.
Zeszyt 3: Ważniejsze zalecenia i sprawozdania V i VI Komisji Studiów - Propagacja, Warszawa, 1964 s. 45-70.
6. Creel J.D. : The application of computers to radio engineering functions. IEEE Trans. Commun. Techn., 1970 t. 18, nr 6, s. 824-828.
7. Cunningham M., Wheelwright L. : Introducing the automatic spectrum analyser. Hewlett-Packard J. 1972 t. 23 nr 6, s. 2-6.
8. Dean W. Jr. : Electromagnetic compatibility and its measurements. - presented on Seminar on frequency management and the use of the radio frequency spectrum, organised by ITU, IFRB, October, 1972 s. 1-33.
9. Di Marzio A.W. : EMI Data reduction, prediction and analysis using time-shared computers. IEEE Trans. 10-th EMC Symp. Rec., 1968.
10. Di Marzio A.W. : Concepts in computer control for frequency surveillance. IEEE Trans. Aerospace Electron Syst. 1970 t. AES-8 nr 4, s. 442-449.

11. Erickson S. A. : Remote signal measurements via computer control. IEEE Southeastern EMC Symp. Rec., 1969.
12. Friess W. : Prozessrechner-gesteuerte Fluglarm-Ueberwachungsanlage Amsterdam Schiphol, Neues von Rohde u. Schwarz, 1969/70 t. 9 nr 40 , Dezem./Jan. s. 5-9.
13. Grimm R. A. : Hewlett-Packard automatic test systems. Hewlett-Packard J. 1969 t. 20, nr 12, s. 15-20.
14. Grobelny M., Strużak R., Smorağ H., Stawski W., Pietranik M. : Aparatura do pomiarów zakłóceń radioelektrycznych - w pracy zbiorowej pt. Przemysłowe zakłócenia radioelektryczne i ich zwalczanie. Wyd. Kom. i Łączności, Problemy Elektroniki i Telekomunikacji, Warszawa 1968 nr 18, s.118-157.
15. Grussi O. : Statistische Messungen der Feldstärkeverteilung bei Fahrzeug-Telephananlagen Bull. Techn. PTT, 1970 nr 8; s. 345-353.
16. Hasik M. : Organizacja służb przeciwzakłóceńiowych w różnych krajach. Wyd. Komisja Nauk. d/s CCIR i OIRT. Warszawa 1963 s. 1-35.
17. Horner F. : Techniques used for the measurement of atmospheric and man-made noise. Wyd. Progress in radio science. 1966-1969 t. 2, URSI-Brussels, 1971.
18. Huenemann R.G., Chapman L.R. : Automatic receiver spurious response measurements. IEEE Trans. Commun. Tech. 1971 nr 4, s. 561-564.

19. Jellonek A. : Obserwacje, pomiar, eksperyment i ich granice. Praca zbiorowa pt. : Miernictwo elektroniczne w perspektywie rozwojowej. Problemy Elektroniki i Telekomunikacji. WKiŁ Warszawa 1967.
20. Jellonek A. : Materiały seminarium Wrocławskiego Podkomitetu Pomiarów NOT. /Politechnika Wroclawska/, 1968 /niepublikowane/.
21. Josephson G. : On the definition and measurement of occupied bandwidth. IEEE Trans. EMC 1970 t. 12, nr 2, s. 33-37.
22. Kalita H. : Wymagania i metody badań oraz kontrola i oceny jakości emisji radiofonicznych w dostosowaniu do wymagań ich odbioru. Zadanie 102.03.11 - IŁ, Warszawa 1971, s. 1-15.
23. Kirby R. S. : Measurements of service area for television broadcasting. Trans. IRE 1957 t. PG BTS-7, Febr., s. 23-30.
24. Krasuska M. : Analiza zakłóceń intermodulacyjnych trzeciego i piątego rzędu przy użyciu matematycznej maszyny cyfrowej. Przegląd Kolejowy Elektrotechniczny. 1970, nr 1, s. 23-26.
25. Kulikowski J. L. : Teoretyczne podstawy organizacji systemów informacyjnych. Archiwum Automatyki i Teletechniki, Warszawa 1970, nr 4.
26. Matheson R. J. : Instrumentation problems encountered making man-made electromagnetic noise measurements for predicting communication system performance. IEEE. Trans. EMC, 1970 t. 12, nr 4, s. 151-158.

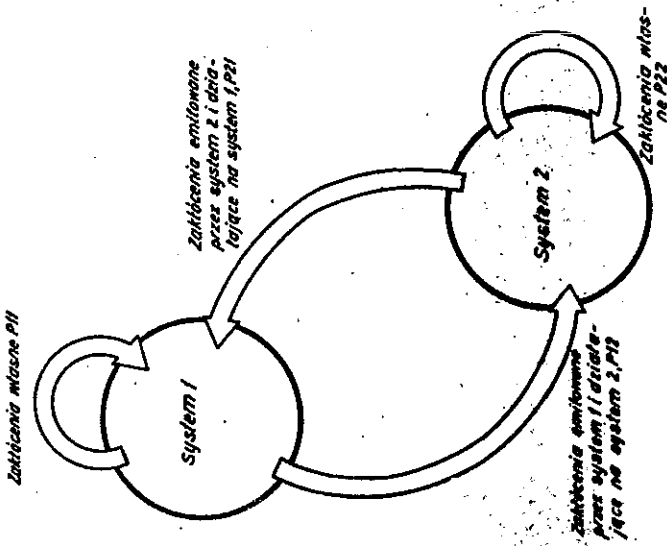
27. Mc Kay H.D. ; Bach K.W. : Basic electromagnetic interference measurements on automobiles. SAE Congress, Detroit Mich., 1971 Jan. 11-15, s. 1-18.
28. Mc Kay H.D. : Application of computer-controlled spectrum surveillance systems to crime countermeasures. IEEE Trans. MTT, 1972 t. 20 nr 1, s. 69-74.
29. Mc Kay H.D. : Current status elektromagnetic pollution management and measurement - publikacja firmowa Fairchild/Electro-Metrics Corp, USA, 1970 Aug.
30. Pawelec J.J. : Kompatybilność elektromagnetyczna - termin nieznan? . Wojskowy Przegląd Techniczny, Warszawa 1972, nr 1, s. 22.
31. Pczelkin W.F. : Elektromagnitnaja sovmiestimost' radioelektronnych sredstv. Wyd. Znanie, Moskwa, 1970.
32. Rotkiewicz W. , Strużak R. , Stawski W. : Pomiary w technice tłumienia zakłóceń radioelektrycznych - w pracy zbiorowej pt. : Przemysłowe zakłócenia radioelektryczne i ich zwalczanie. Wyd. Kom. i Łączności - Problemy Elektroniki i Telekomunikacji. 1968 nr 18, s. 98-117.
33. Sanders S.N. : Automating the 10 MHz to 18 GHz receiver. Hewlett-Packard J. 1972 Febr. , s. 10-13.
34. Shaffer W.H. : Organizing the automatic spectrum analyser system. Hewlett-Packard J. 1972 Febr. , s. 7-9.
35. Sowiński A. : Cyfrowa technika pomiarowa. WKiŁ Warszawa, 1967.

36. Sproul R.W. : The future of EMC instrumentation. IEEE Trans. EMC. 1965 t. EMC-7 nr 1, s. 35-44 i s. 824-828.
37. Staras H., Schiff L. : Spectrum conservation in the land mobile radio services. IEEE Spectrum, 1971 July, s. 28-36.
38. Strużak R., Smorąg H., Pietranik M. : Normalizacja urządzeń do pomiarów zakłóceń radioelektrycznych. Prace IŁ, 1969 nr 4 /56/, s. 43-57.
39. Strużak R.G. : Stan i perspektywy aparatury do pomiarów niepożądanych /i zamierzonych/ emisji energii wielkiej częstotliwości. Instytut Łączności, Wrocław 1972 /sprawozdanie wewnętrzne IŁ nr 221/187/104.01.04/1972/.
40. Stawski W. : System pomiarowy do kontroli zajętości pasm, analiza widma emisji radiowych i zakłóceń. Instytut Łączności Wrocław 1972 /sprawozdanie wewnętrzne IŁ nr 221/182/104.01,04/1972/.
41. Swift W. : The role of instrumentation in the goal of compatibility. IEEE EMC Symp. Rec., 1969.
42. Telecommunications on line minicomputer survey. Telecommunications, 1971 nr 11, s. 23-26.
43. Wolfman H.L., Parkes A., Kutchinski B.B. : An automated production RFI test complex.

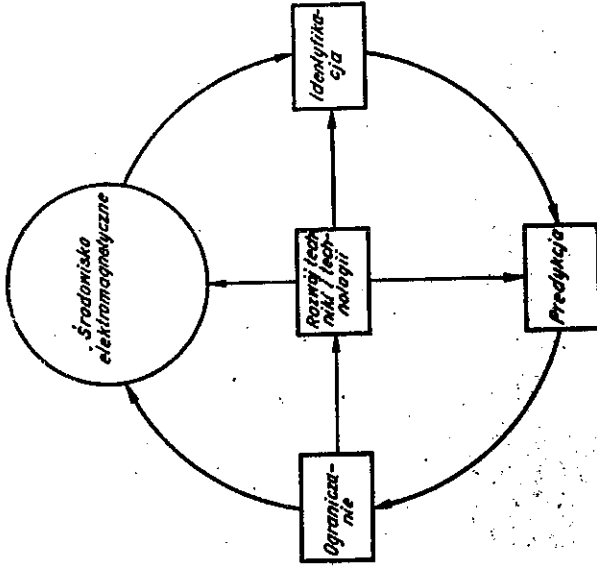
Firmowe ulotki i informacje reklamowe

1. Application Note 63 E, "Modern EMI Measurements" - ulotka firmy Hewlett-Packard, USA, 1968.
2. Application Note 63, "Spectrum Analysis" - ulotka firmy Hewlett-Packard, USA, 1967.
3. Application Note 93, "Statistical Analysis of Waveforms and Digital Time-Waveform Measurements" - ulotka firmy Hewlett-Packard, 1969.
4. Fairchild/Electro-Metrics Data Bulletin: Receiving system building block; Automatic spectrum surveillance system FSS 250; Interference Analyzer EMC 25; Calibrated spectrum analyzing receiver; /descriptions and price lists/, 1971, Dec.
5. Mikrokomputer MOMIK 8b - ulotka informacyjna, Zjednoczenie MERA, 1972.
6. Modułarny system przetwarzania i przygotowywania danych MERATRONIC - ulotka informacyjna Zjednoczenia MERA, 1972.
7. Singer Instrumentation - Data Bulletin RFI-103: "EMI/ Field intensity meter Model IM 37/57", USA, 1972.
8. Singer Instrumentation - Data Bulletin RFI-100; "Radio interference analyzer and field analyzer", USA, 1972.
9. Singer Instrumentation - Data Bulletin RFI-101: "Radio interference Analyzer/Receiver model NM 65 T", 1972.

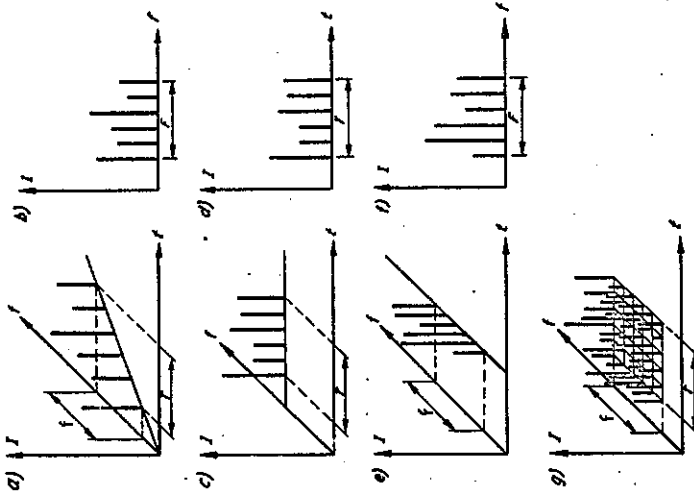
10. Stoddart Data Bulletin: "Wrold's first fully automated RFI/
/EMI data acquisition system", USA, 1969.
11. "System cyfrowych przyrządów tablicowych TN 7000" - ulot-
ka informacyjna PIAiPO Wrocław, 1972.
12. "System cyfrowy K 202" - ulotka informacyjna.



Rys. 1. Cztery mechanizmy zakłóceń w działaniu dwóch systemów

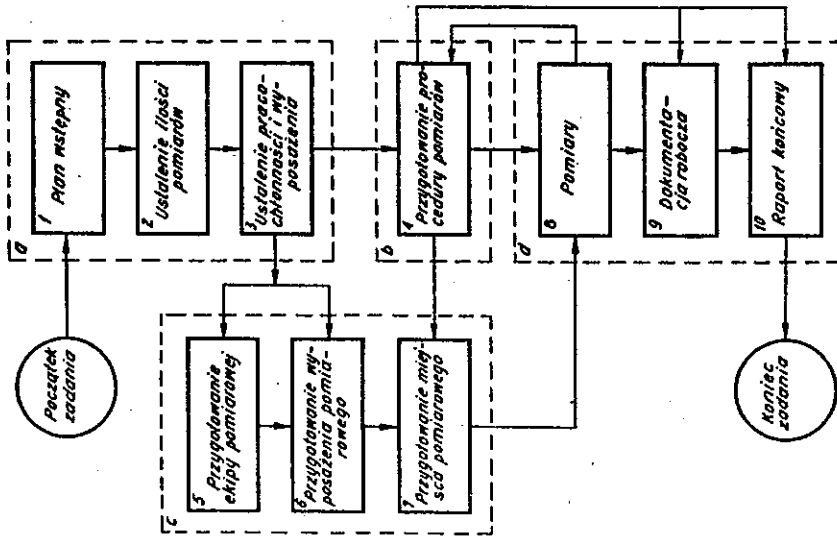


Rys. 2. System ochrony środowiska elektromagnetycznego

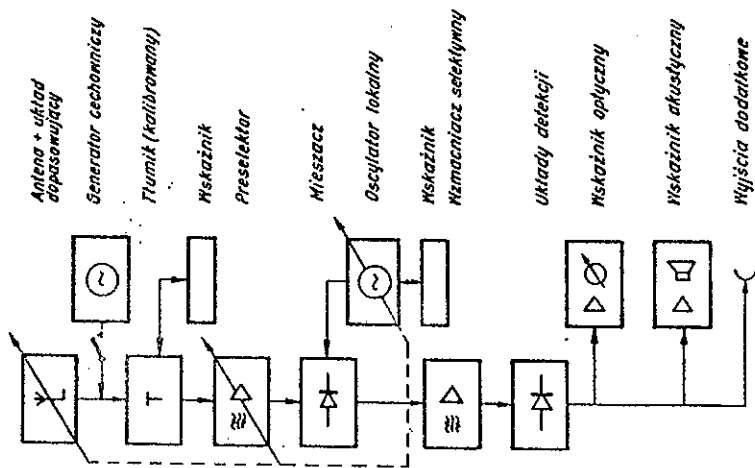


Rys. 4. Różne metody pomiarów [tj. próbkowania powierzchni charakteryzującej stan środowiska elektromagnetycznego w określonym punkcie]

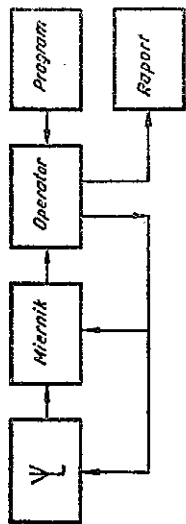
/przypadek przestrzeni trójwymiarowej/
 a/ i b/ pomiary punkt po punkcie /charakterystyka częstotliwościowa/, c/ i d/ rejestracja charakterystyki czasowej, e/ i f/ rejestracja charakterystyki częstotliwościowej, g/ rejestracja stanu



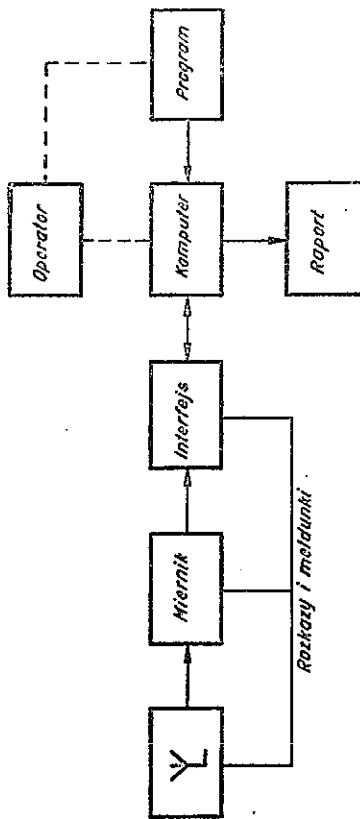
Rys. 3. Schemat realizacji zadania pomiarowego



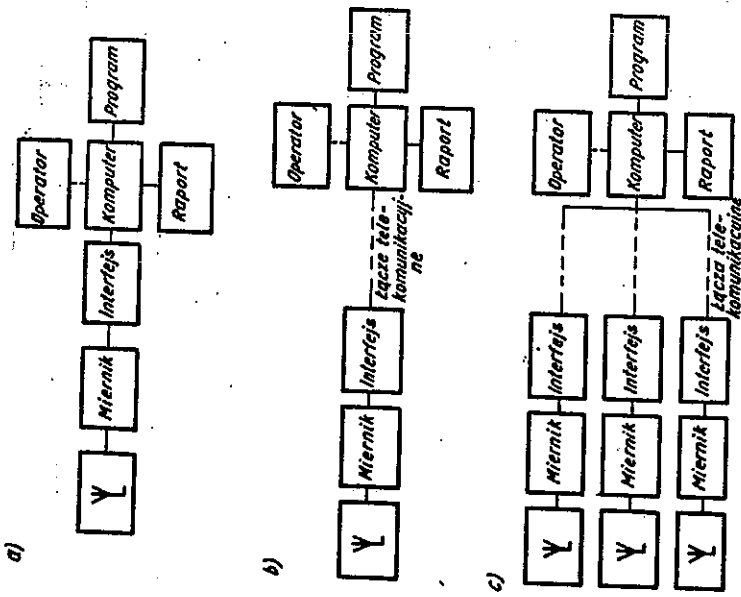
Rys. 5. Ogólny schemat blokowy odbior-
 nika-miernika



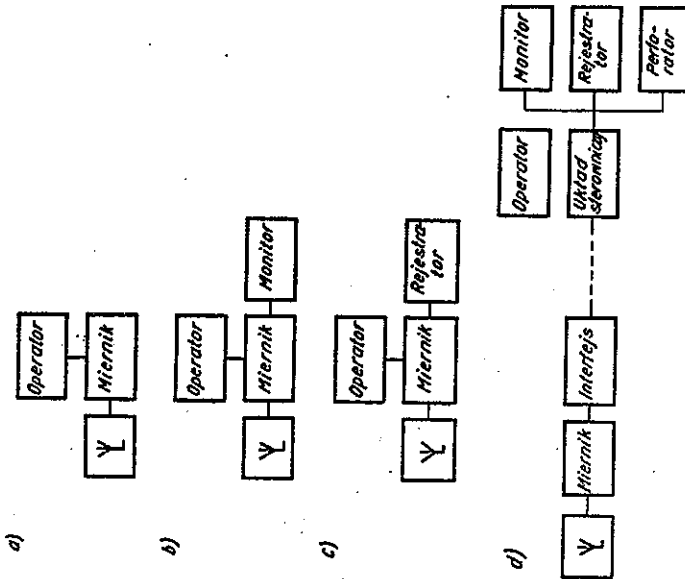
Rys. 6. Proces pomiaru / obecnie/



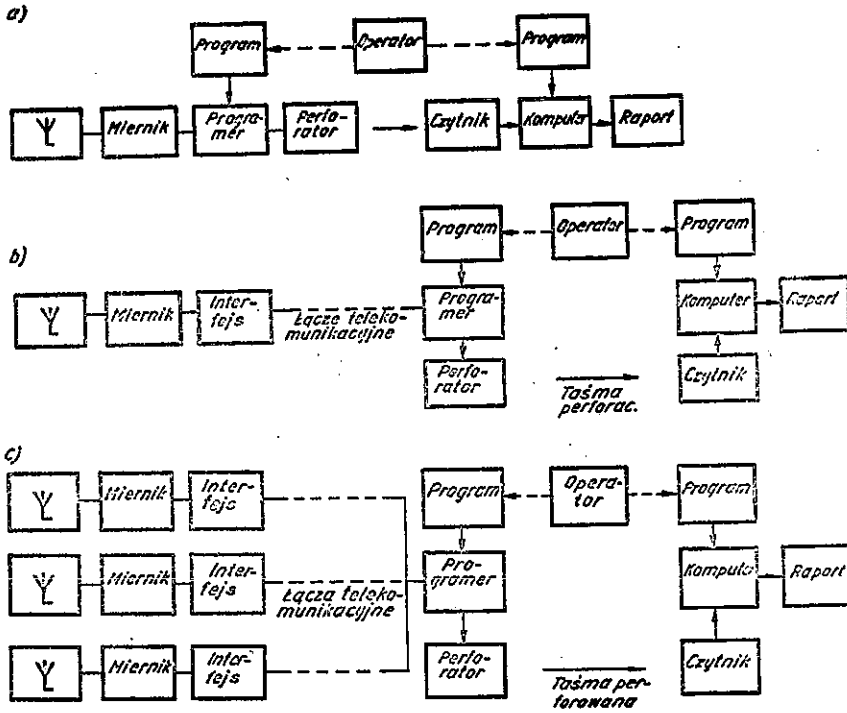
Rys. 7. Proces pomiaru w automatycznym komputerowym
 systemie pomiarowo-przetwarzającym



Rys. 8. Przykładowe warianty systemu działającego na bieżąco / on line/: a/ system prosty - miernik + komputer w połączeniu bezpośrednim, b/ - system prosty - pomiar i sterowanie zdalne, c/ system rozbudowany - komputer w spólny dla wielu mierników /time sharing/



Rys. 9. Przykłady zestawów pomiarowych, obsługiwanych przez operatora: a/ zestaw najprostsz, zawierający wyłącznie miernik, b/ zestaw do analizy widma, c/ zestaw do rejestracji, d/ zestaw do pomiarów zdalnych z monitorem ekranowym, rejestratorem XY i perforatorem



Rys. 10 a, b i c. Przykłady systemów automatycznych: a/ najprostszy system, b/ prosty system telemetryczny, c/ rozbudowany system telemetryczny

Włodzimierz Stawski

PRZEGLĄD ZAGRANICZNYCH SYSTEMÓW POMIAROWYCH STOSOWANYCH DO KONTROLI EMISJI ENERGII ELEKTROMAGNETYCZNEJ WIELKIEJ CZĘSTOTLIWOŚCI

1. WSTĘP

Rozwój współczesnego świata w dużym stopniu zależny jest od sprawnego i niezawodnego przekazywania informacji niejednokrotnie na bardzo duże odległości. W coraz większym stopniu do tej transmisji wykorzystuje się łączność radiową. Jednakże zakres częstotliwości, jaki stoi do dyspozycji do tych celów jest ograniczony. W tej sytuacji planowa gospodarka widmem częstotliwości fal elektromagnetycznych jest jedynym sposobem wyeliminowania lub co najmniej znacznego zmniejszenia groźby wzajemnych zakłóceń.

Najlepsze nawet plany rozdziału częstotliwości nie dadzą jednakże oczekiwanych rezultatów, o ile nie zostanie zagwarantowane sprawne technicznie i utrzymane w granicach określonych tolerancji działanie urządzeń łączności i nie zostaną wyeliminowane pomyłki, a niekiedy i złośliwe działanie człowieka. Tym właśnie celom służyć powinna systematycznie prowadzona kontrola emisji zamierzonych i niepożądanych.

Dodatkowe zadania, jakie stawia się służbie kontroli emisji, np. ocena właściwego, zgodnego z przeznaczeniem, użytkowania przydzielonych kanałów częstotliwości oraz obserwacje czasowej zajętości poszczególnych pasm lub kanałów, powinny przyczynić

się do wykrywania rezerw i korygowania planów rozdziału częstotliwości.

W niniejszym opracowaniu, które oparte jest w dużej mierze na sprawozdaniu z pracy realizowanej w IL - Oddział Wrocław [31], przedstawiono systemy pomiarowe stosowane do kontroli widma emisji, opisane w literaturze technicznej z lat 1969-1972. /Wykaz tej literatury zamieszczono na końcu opracowania/.

Rozwiązania techniczne systemów pomiarowych pozwalają na wyodrębnienie dwóch grup:

- systemy tradycyjne, tj. takie, w których prawie wszystkie czynności związane z realizacją pomiarów wykonywane są przez operatora oraz
- systemy automatyczne, w których realizacją pomiarów /łącznie z analizą wyników/ przebiega automatycznie wg ustalonego programu.

Obie grupy zostały omówione na podstawie reprezentatywnych przykładów systemów zrealizowanych praktycznie.

2. INFORMACJE OGÓLNE

2.1. Zadania służby kontroli emisji

Obowiązki i zadania kontroli emisji wynikają z postanowień "Regulaminu Radiokomunikacyjnego" /Rozdz. IV, art. 12 do art. 14 [26].

Administracje łączności poszczególnych krajów - członków ITU zobowiązały się stosować i rozwijać środki kontroli emisji, które

ułatwiałoby realizację postanowień tego Regulaminu oraz współpracać w tym zakresie z Międzynarodowym Biurem Rejestracji Częstotliwości oraz innymi administracjami. Okresowe pomiary powinny zabezpieczyć utrzymanie parametrów zgodnych z Regulaminem, tj. wymaganych tolerancji częstotliwości, dopuszczalnych promieniowań niepożądanych i szerokości pasm emisji. Ponadto administracje powinny działać w kierunku wykrywania i usuwania źródeł emisji niepożądanych i zakłóceń. Wiąże się z tym obowiązek kontroli zajętości pasm częstotliwości, pelengacja źródeł emisji i ich rozpoznawanie. Powyższe zadania można rozszerzyć o kontrolę jakości emisji oraz pomiary zasięgów stacji i ew. pomiary propagacji. Realizacja wymienionych zadań wymaga przeprowadzania pomiarów następujących wielkości:

- częstotliwość $/f/$
- natężenie pola $/E/$
- szerokość pasma emisji $/\Delta f/$
- parametry modulacji $/np. m_{AM}, m_{FM}/$

Sposób przeprowadzania pomiarów powinien zapewniać możliwości oceny zmian częstotliwości w funkcji czasu oraz określania natężenia pola w funkcji częstotliwości, czasu i współrzędnych geograficznych.

Zakres częstotliwości, w jakim parametry te należy mierzyć oraz częstość i metodyka pomiarów zależą od aktualnych potrzeb. Na przykład służby telekomunikacyjne i radiowe obejmują zakres od kilku kiloherców do kilku gigaherców. Jednakże z punktu widzenia kontroli nie wszystkie podzakresy są jednakowo ważne. Wybór zakresów częstotliwości, które powinny być objęte kontrolą, pozostaje w gestii krajowej administracji łączności.

2.2. Sieć stacji kontroli emisji

Przytoczone wyżej zadania realizowane są przez specjalne stacje pomiarowe kontroli emisji. Z uwagi na własności propagacji fal elektromagnetycznych oraz parametry techniczne sprzętu pomiarowego /czułość/ i ukształtowanie terenu, dla objęcia zasięgiem kontroli większego obszaru geograficznego /np. kraju/ potrzebnych jest zwykle kilka lub kilkanaście takich stacji. Tworzą one wówczas tzw. sieć stacji kontroli emisji.

Zgodnie z poglądami ITU [27], [28] oraz administracji szeregu krajów [2], [8], [18], w skład takiej sieci wchodzić powinny stałe stacje główne i pomocnicze oraz stacje ruchome /rys. 1/^{x/}. Ilość stacji w sieci, ich lokalizacja i organizacyjne powiązania zależą nie tylko od zadań pomiarowych, lecz również od wielkości i ukształtowania terenu kraju oraz czynników ekonomicznych.

Stacja główna i stacje pomocnicze powinny kontrolować wszystkie parametry charakteryzujące emisje użyteczne i emisje niepożądane /zakłócające odbiór/. Zadania stacji ruchomych mogą być różne, w zależności od aktualnych potrzeb. Odpowiednio do przydzielonych zadań stacje te wyposaża się w różne systemy pomiarowe. W dotychczasowej praktyce innych krajów [2], [8], [18]. stacje ruchome wykonują w zasadzie pomiary w zakresie częstotliwości większych od 30 MHz w tych przypadkach, w których pomiary ze stacji stałej są niemożliwe do zrealizowania. Wymienić tu można kontrolę stacji retransmisyjnych, kontrolę stacji radioko-

^{x/} Rysunki są zamieszczone na końcu artykułu.

munikacyjnych, lokalizowanie źródeł emisji nielicencjonowanych i zakłóceń, pomiary zasięgów stacji nadawczych itp.

3. TRADYCYJNE SYSTEMY POMIAROWE

3.1. System pomiarowy firmy Rohde u. Schwarz [8], [30]

W ostatnich latach firma Rohde-Schwarz /NRF/ zaprojektowała i wykonała na zlecenie Ministerstwa Łączności w Meksyku sieć stacji kontroli emisji dla tego kraju. Ze względu na warunki geograficzne zaplanowano sieć obejmującą cztery stacje główne i 13 stacji pomocniczych, uzupełnioną stacjami ruchomymi.

Na rysunku 2 pokazano rozmieszczenie tych stacji na terenie Meksyku.

Do zadań stacji głównych należy kontrola źródeł emisji znajdujących się w zasięgu tych stacji i pracujących w zakresie częstotliwości 0,1 - 960 MHz. Stacje te są dodatkowo wyposażone w urządzenia do radionamierzenia.

Stacje pomocnicze uzupełniają sieć stacji głównych. Realizują one kontrolę emisji w zakresach VHF i UHF oraz częściowo w zakresie fal średnich i krótkich; niektóre z nich - wyposażone w odpowiednie urządzenia - współpracują ze stacjami głównymi przy lokalizacji źródeł emisji.

Ruchome stacje pomiarowe przeznaczone są w zasadzie do pomiarów w zakresach VHF i UHF.

Wyposażenie pomiarowe stacji podzielone jest na stanowiska do pomiarów poszczególnych parametrów emisji /częstotliwość, natężenie pola, głębokość modulacji lub indeks modulacji itp./ oraz do analizy widma sygnałów, identyfikacji i oceny emisji, rejestracji zajętości pasm i radionamierzenia.

Wszystkie stanowiska obsługiwane są przez wysoko wykwalifikowanych operatorów.

Na rysunku 3 przedstawiono układ blokowy systemu pomiarowego stacji głównej, a w tabl. 1 podano zestawienie urządzeń wchodzących w skład tego systemu. Jak widać, system jest w zasadzie zestawiony z typowych przyrządów produkowanych przez firmę Rohde-Schwarz /tylko niektóre urządzenia zostały opracowane specjalnie dla stacji kontroli emisji/. Poszczególne stanowiska pomiarowe mogą być dołączane równolegle do jednej anteny, co pozwala na równoczesne pomiary kilku parametrów emisji /np. częstotliwość, natężenie pola i subiektywna kontrola jakości emisji/.

Z takich samych przyrządów zestawiane jest - w zależności od zadań - wyposażenie stacji ruchomych, które umieszczane są w samochodach MERCEDES 608 D, zaopatrzonych w hydraulicznie wysuwany, obrotowy maszt antenowy o wysokości 10 m. Do wyposażenia stałego stacji ruchomej - oprócz masztu antenowego - należy urządzenie nadawczo-odbiorcze /pracujące w zakresie fal ultrakrótkich z mocą 100 W/ dla utrzymywania dwustronnej łączności z macierzystą stacją stałą.

Ogólne parametry techniczne omawianego systemu pomiarowego zestawiono w tabl. 2.

Do stanowiska pomiarowego doprowadzany jest - poza sygnałem mierzonym - sygnał częstotliwości wzorcowej 1 MHz o dużej stałości. Służy on do synchronizacji syntetyzerów częstotliwości, wchodzących w skład poszczególnych stanowisk pomiarowych. Sygnał ten jest bądź wytwarzany przez lokalny wzorzec częstotliwości, bądź też uzyskiwany przez odpowiednie powielenie odbieranego specjalną anteną sygnału częstotliwości wzorcowej.

T a b l i c a 1

Lp.	Nazwa przyrządu	Typ	Krótką charakterystyka techniczna	Liczba sztuk	Cena jedn. 1/DM
1	2	3	4	5	6
1.	Syntetyzer częstotliwości	ND30M	Zakres częstotliwości 300 Hz ... 31 MHz Krok częstotl. 10 Hz Dokładn. cz. $5 \cdot 10^8/m$	1	14.590
2.	Demodulator specjalny	UZM197	Zakres częstotliwości 10 kHz - 30 MHz Czułość 0,1...5 μV Imped. wejściowa 5 Ω Krok częstotl. 100 Hz	1	x
3.	Częstościomierz cyfrowy z przystawką	FEG2 + FEGD	6-cyfrowe pole odczytowe. Konwerter A/C	1 1	2.980 1.720
4	Rejestrator Y-T	ZSG 1	Zakres rejestr. 10 $\mu V/cm$... 10 V/m Błąd rejestr. 0,25% Imped. wej. 1 M Ω	3	18.725

1	2	3	4	5
5.	Oscyloskop pomiarowy	XMD	Zakres częstotliwości 0,3 ... 30 MHz Pomiary modulacji A1, A2, A3, A5, F1, F3, F6	1 x
6.	Odbiornik pomiarowy	EK 47	Zakres częstotliwości 10 kHz ... 30 MHz Krok częstotl. 100 Hz Czułość 0,1 ... 5 μ V Imped. wej. 50 Ω	1 x
7.	Zegar cyfrowy	CAD	Synchronizacja sygnałem 100 kHz; wyjście cyfrowe; sterowanie lokalne	1 9.200
8.	Cyfrowe urządzenie programujące	CAZD	20 programowanych prze- łączeń; 5 współosiowych przełączników na zakres do 100 Hz	1 3.600
9.	Pulpit sterowania re- jestracją magnetyczną	x		x

c.d. tabl. 1

1	2	3	4	5	6
10.	Pulpit selektora anten	x			x
11	Odbiornik pomiarowy /z wkładkami/	ESUM	Zakres częstotliwości 25 ... 1300 MHz Zakres pom. 0...120 dB Tlum. sygn. lustrz. 60 dB	2	38.050
12.	Przystawka panoramiczna	ESUP	Częstotl. 21,4 MHz Nap. wej. 1 μ V...3 V Rozdzielczość 3 kHz i 10 kHz	1	7.400
13.	Automatyczne urządzenie do włączania magnetofonu	AKUS-TOMAT	Włączenie magnetofonu w okresie przerw w modulacji		x
14.	Przystawka do pomiaru natężenia pola	HFHL	Zakres częstotliwości 10 ... 100 kHz Zakres pom. 0...120 dB/ 0,1 μ V Dokładność pomiaru ± 2 dB	1	11.800

1	2	3	4	5	6
15.	Odbiornik pomiarowy VHF/UHF z wkładką	ESU	Zakres częstotliwości 25 ... 1300 MHz Nap.wej. 0...120 dB/ /0,1 μ V Tłumienie sygnału lustrzanego 60 dB	1	44.400
16.	Miernik natężenia pola	HFH	Zakres częstotliwości 0,1 ... 30 MHz Zakres pom. 0...120 dB/ /0,1 μ V Dokładn. pomiaru + 1 dB	1	29.500
17.	Wzmacniacz 30 ... 1300 MHz	x		1	x
18.	Wzmacniacz 60 ... 130 MHz	x		1	x
19.	Przystawka UHF	EZFU	Zakres częstotliwości 30 ... 2700 MHz /Wbudowany częstotściom. Czułość: 0,5...1 μ V	1	17.800

c.d. tabl. 1

1	2	3	4	5	6
20.	Analyskop w.c.z.	EZF	Zakres częstotliwości 6 kHz ... 170 MHz Rozdzielczość: 50 Hz 300 kHz. Dynamika 80 dB	1	31.530
21.	Adapter /układ dopasow./	x		1	x
22.	Rejestrator XY	ZSK	Odchylenie: 10 μ V/cm... ... 10 V/cm Prędkość zapisu: 150 m/s	1	16.800
23.	Analizator m.c.z.	FAT2	Rozdzielczość: 6 Hz Dynamika: 80 dB Zakres częstotliwości 10 Hz ... 60 kHz	1	17.800
24.	Sprzęgacz antenowy	NV2	Zakres częstotliwości 10 kHz ... 1,6 MHz	3	x
25.	Sprzęgacz antenowy	NV14T	Zakres częstotliwości 1,5 kHz ... 30 MHz	4	x

c.d. tabl. 1

1	2	3	4	5	6
26.	Sprzęgacz antenowy	NV 3301	Zakres częstotliwości 30 kHz ... 1000 MHz	1	x
27.	Sprzęgacz antenowy	NV 3401	- " -	3	x
28.	Sprzęgacz antenowy	NV 3501	- " -	3	x
29.	Selektor anten		Umożliwia dołączenie jednej z anten do kilku odb.	x	x
30.	Urządzenie do sterowania anten	CU	Wybór żądanej anteny	1	x
31.	Rozdzielacz sygnałów	NS3	Zakres częstotliwości 10 kHz ... 900 MHz 5 wejść antenowych 5 wyjść do odbiorników Imped. wejść. 50Ω Powielacz częstotliwości	1	x
32.	Urządzenie synchronizacji generatorów sygnałów częstotliwości wzorcowych	XKE	Synchronizacja wtórnych źródeł częstotl. Wejście: sygnał częstotl. wzorcowej 1...199 kHz. Wyjście: 100 kHz	1	9. 200

c.d. tabl. 1

1	2	3	4	5	6
33.	Odbiornik pomiarowy	EK56	Zakres częstotliwości 10 kHz ... 30 MHz Strojenie ciągłe, ręczne Czułość: 0,1 ... 5 μ V Tłum. sygn. lustrz. 80 dB	1	x
34.	Częstościomierz	FET3	Zakres częstotliwości 10 kHz ... 1000 MHz Dokładność: 100 Hz / f 100 MHz/ 1 kHz / f 100 MHz/ Czułość: 15 mV	1	x
35.	Syntetyzer częstotliwości	ND100M	Zakres częstotliwości 300 Hz ... 100 MHz Brak częstotl. 1 Hz Dokładn. cz. 10-9	1	
36.	Urządzenie programujące	1724		1	
37.	Rejestrator specjalny Y-T	ZSG3	Rejestracja na taśmie perf. Napęd: silnikiem krokowym 5 znaczników częstotl. Sterowanie: impulsami z urz. programującego	1-4	x

c.d. tabl. 1

1	2	3	4	5	6
38.	Zespół anten kierunkowych	NA1201	Zakres częstotliwości 80 kHz ... 1300 MHz Polaryz. pion. i poz.	1	x
39.	Urządzenie wykonawcze obrotu anten	NA1202	Obrót dookoła osi pionowej 1 obrót na sekundę	1	x
40.	Oscyloskopowy wskaźnik pelengacyjny	NA1203	Ekran δ średnicy 100 mm	1	x
41.	Urządzenie sterujące obrotem anten	NA1204	Sterowanie NA1202 Sprzężenie z NA1203	1	x

URZĄDZENIA DODATKOWE

42.	Demodulator szeroko-pasmowy	4ZM197	Do pomiarów częstotliwości sygnałów FM	1	x
43.	Demodulator telegraficzny	NZ47	Demodulacja sygnałów F1, F4, F6	1	x
44.	Demodulator jednowstęgowy	NZ10	Demodulacja A3, A3a, A3b Częst. wej. 300 kHz Napięcie wej. 100 mV	1	x

1/ wg cennika na rok 1972

x/ brak danych

Parametry techniczne systemu pomiarowego
firmy Rohde u. Schwarz

1. Zakres częstotliwości stanowiska do:	
a/ kontroli subiektywnej	} 10 kHz ... 1300 MHz
b/ pomiaru częstotliwości	
c/ pomiaru natężenia pola	
d/ kontroli zajętości pasm	10 kHz ... 30 MHz
e/ pelengacji	80...900/1300/ MHz
f/ analizy widma	10 kHz ... 1300 MHz
2. Dokładność pomiaru częstotliwości	1 / 10/ Hz
3. Zakres pomiaru natężenia pola	± 5 ... 120 dB/ μ V/m
4. Dokładność pomiaru natężenia pola	± 2 ... ± 3 dB.
5. Szerokość podzakreśu objętego kontrolą zajętości pasm	1 kHz ... 5 MHz
6. Rozdzielczość przy analizie widma	6 Hz ... 300 kHz
7. Dynamika przy analizie widma	60 / 80/ dB.

Sygnal wzorcowy wytwarzany przez odpowiedni generator może być także synchronizowany odbieranym za pomocą specjalnej anteny sygnałem częstotliwości wzorcowej 60 kHz /emitowanym przez stację Fort-Collins-USA/.

W stałych stacjach kontroli emisji przewidziano ponadto zastosowanie cyfrowego zegara czasu astronomicznego, współpracują-

cego z prostym urządzeniem programującym. Pozwala to na zaprogramowaną automatyczną zmianę 5 połączeń w systemie pomiarowym 12-krotnie w ciągu doby.

3.2. System pomiarowy stosowany w Szwajcarii [18]

Zadaniem szwajcarskiej służby kontroli emisji jest nadzór nad bezkolizyjną działalnością legalnych źródeł emisji oraz wykrywanie źródeł nielicencjonowanych /nielegalnych/. Uważa się przy tym, że tego rodzaju kontrola jest skuteczna jedynie wówczas, gdy prowadzi się ją przez całą dobę.

Szczególne znaczenie przywiązuje się do kontroli służb radiokomunikacyjnych, których wzrost ilościowy na przestrzeni ostatnich lat jest bardzo znaczny /ok. 200% rocznie/. Kontrola ta polega na wrywkowym sprawdzaniu parametrów stacji, znaków wywoławczych oraz treści korespondencji, a także na długoterminowej obserwacji zajętości pasm.

Na rysunku 4 przedstawiono schemat szwajcarskiej sieci kontroli emisji. Centralna stacja kontrolna /Berno/ współpracuje z 4 stacjami pomiarowymi zlokalizowanymi w odpowiednio wybranych punktach kraju. Każdej z tych pięciu stacji przyporządkowanych jest szereg lokalnych zautomatyzowanych stacji kontroli zajętości pasm. Zainstalowane w tych stacjach odbiorniki pomiarowe /sterowane zdalnie/ przekazują sygnały m.cz. linią telefoniczną do stacji nadrzędnych, gdzie zostają one zarejestrowane na taśmie magnetycznej, a następnie analizowane.

Ponadto służba kontroli emisji dysponuje ruchomymi stacjami pomiarowymi, których głównym zadaniem jest lokalizacja nielegal-

nych źródeł emisji. Wszystkie stanowiska pomiarowe /z wyjątkiem lokalnych stacji kontroli zajętości pasm/ obsługiwane są "ręcznie" przez odpowiednio wyszkolonych operatorów.

Lokalne punkty kontrolne wyposażone są w odbiorniki pomiarowe pokrywające tylko wybrane, stosunkowo wąskie, zakresy częstotliwości w zakresie fal ultrakrótkich oraz w urządzenia zdalnego sterowania i przekazywania wyników za pośrednictwem linii telefonicznych. Są to odbiorniki półautomatyczne, uruchamiane zdalnie ze stacji nadrzędnej. Pozostałe stacje kontroli emisji wyposażone są w zestawy odbiorników pomiarowych obejmujących żądane zakresy częstotliwości, zestawy anten odbiorczych dookólnych i kierunkowych, odbiorniki panoramiczne, urządzenia nasłuchowe, urządzenia do odbioru znaków telegraficznych, magnetofony itp.

Poza pewnymi wyjątkami /specjalne nietypowe urządzenia pomocnicze/ wszystkie urządzenia pomiarowe są urządzeniami katalogowymi, oferowanymi handlowo. W [18] brak informacji o typach tych urządzeń i ich wytwórcach.

3.3. System pomiarowy firmy General Precision Industries /Kanada/ [29]

W 1971 roku wspomniana firma wprowadziła na rynek system pomiarowy model 102 /102 A/ przeznaczony do kontroli widma częstotliwości w zakresie 10 kHz do 180 MHz.

System ten pozwala na równoczesny pomiar częstotliwości lub natężenia pola sygnału oraz analizę jego widma. Jest on przystosowany do pomiarów i analizy sygnałów o różnych modulacjach

/CW, AM, FM, FSK, USB, LSB/. Może być stosowany jako wyposażenie stacji stałych i ruchomych. Podstawowe parametry techniczne systemu zestawiono w tabl. 3.

System wykonany jest jako stojak z wmontowanymi urządzeniami pomiarowymi /konstrukcji panelowej/. W skład systemu wchodzi m.in. odbiorniki pomiarowe, blok zespołu filtrów p.cz. o różnych szerokościach pasma, blok detektorów, przystawka panoramiczna oraz syntetyzer częstotliwości i tor akustycznej kontroli sygnału. Wbudowane urządzenie przetwarzające /"interfejs"/ umożliwia zdalne sterowanie następującymi nastawami: częstotliwość dostrojenia, szerokość pasma p.cz., rodzaj detektora i czułość. Ponadto system wyposażony jest w urządzenia do zdalnego sterowania antenami odbiorczymi /wybór anteny, polaryzacja i azymut/. Wbudowany generator sygnałów wzorcowych /do synchronizacji syntetyzera/ o stabilności $2 \cdot 10^{-8}$ może być synchronizowany zewnętrznym sygnałem o częstotliwości 1 MHz.

Do kontroli zajętości pasm i parametrów emisji wybrany podzakres częstotliwości jest wobulowany w torze p.cz. odbiornika pomiarowego i obrazowany na ekranie lampy oscyloskopowej.

Wybór dewiacji /od ± 15 kHz do 10 MHz/ pozwala na obrazowanie na ekranie widma całego pasma lub tylko jednego kanału częstotliwości. Na podstawie takiego obrazu można oceniać parametry emisji z rozdzielczością /0,3 do 25 kHz/ optymalną dla danego przypadku.

Oddzielny tor pomiarowy jest automatycznie dostrajany do częstotliwości ustalonej przez syntetyzer i odpowiadającej dokładnie częstotliwości środkowej wobulowanego pasma. Włączając do te-

Podstawowe parametry techniczne systemu pomiarowego mod. 102
/prod. General Precision Ind. Ltd./

1. Zakres częstotliwości	10 kHz ... 180 MHz
2. Zakres pomiaru amplitud	0 ... 100 dB/1 μ V
3. Przeszajanie częstotliwości z krokiem	
w zakresie 10 kHz - 2 MHz	1 Hz
w zakresie 2 - 180 MHz	10 Hz
4. Stabilność częstotliwości	$2 \cdot 10^{-8}$
5. Impedancja wejściowa	50 Ω
6. Tłumienie sygnałów lustrzanych i sygnałów p.cz.	
dla $f < 30$ MHz	85 dB
dla $f \geq 30$ MHz	55 dB
7. Dewiacja częstotliwości /w torze p.cz./	± 15 kHz - 10 MHz
8. Rozdzielczość	0,3 - 25 kHz
9. Zdalnie sterowane nastawy:	częstotliwość wybór anteny azymut i kąt elewa- cji anteny szerokość pasma p.cz. rodzaj detektora
10. Wbudowany częstotściomierz cyfrowy:	8-cyfrowe pole od- czytowe

go toru odpowiedni detektor przeprowadza się pomiary na przykład natężenia pola lub częstotliwości sygnału oraz identyfikację emisji.

Częstotliwość sygnału określa się przy tym na podstawie częstotliwości generowanej przez syntetyzer /która jest wskazywana przez układ świetlnych wskaźników cyfrowych/.

4. AUTOMATYCZNE SYSTEMY POMIAROWE [5] [14] [15]

4.1. Zasada działania

W związku ze wzrostem zadań związanych z kontrolą emisji w ostatnich latach prowadzone są intensywne prace nad automatycznymi systemami kontroli widma częstotliwości.

Na przestrzeni lat 1969-71 firmy amerykańskie /Fairchild; Hewlett-Packard/ opracowały takie systemy. Ogólną zasadę ich działania ilustruje rys. 5.

W systemach automatycznych wyróżnia się trzy podstawowe człony:

PP - przetwornik pomiarowy - zespół urządzeń zamieniających wielkość mierzoną na analogowy lub cyfrowy sygnał pomiarowy

INT - blok przetwarzania sygnałów analogowych na odpowiedni ciąg znaków binarnych i odwrotnie

BSA - blok sterowania, analizy i opracowywania wyników.

Do sterowania pracą wszystkich elementów systemu oraz do zbierania i analizowania wyników pomiarów stosuje się w tych systemach minikomputery.

Na bazie tego rodzaju systemu można także organizować sieci automatycznych stacji kontroli emisji. Stacje pomiarowe pomocnicze /stałe i ruchome/ mogą być wyposażone jedynie w przetwor-
nik pomiarowy oraz dodatkowe urządzenia łączności ze stacją główną /np. łączy telemetryczne lub tp./, a pozostałe człony systemu zlokalizowane w stacji głównej.

Omawiane systemy pracują w "zamkniętej pętli sprzężenia". Oznacza to, że instrukcje z minikomputera sterują nastawami i połączeniami wszystkich urządzeń systemu, a następnie urządzenia przekazują do minikomputera sygnały o zrealizowanych nastawach i połączeniach, który weryfikuje ich poprawność. Po weryfikacji system wykonuje określone zadanie lub ciąg zadań pomiarowych, przekazując wyniki do pamięci minikomputera. Po zakończeniu zadania następuje analiza wyników i drukowanie raportu. Praca systemu opiera się na programie wprowadzonym do minikomputera.

W zasadzie program składa się z trzech części:

- 1/ nastawy i połączenia,
- 2/ przeprowadzenie pomiaru i zapamiętanie wyników oraz
- 3/ opracowanie wyników.

Możliwe jest rozszerzenie programu poprzez wprowadzenie do niego zadań automatycznej adaptacji systemu do realnych warunków pomiaru /np. czułość odbiornika, polaryzacja anten/ oraz cechowania systemu.

W wersji uproszczonej automatyczny system pomiarowy może być sterowany sygnałami ze specjalnego urządzenia programującego lub sygnałami z czytnika taśmy perforowanej. W wersji tej

blok BSA /rys. 5/ nie zawiera urządzeń umożliwiających analizę i opracowywanie wyników pomiarów; wyniki są drukowane lub zapisywane na taśmie perforowanej. Ta druga forma zapisu jest preferowana z uwagi na możliwość bezpośredniego wykorzystania przy analizie wyników i opracowywaniu raportów za pomocą elektronicznych maszyn cyfrowych /EMC/.

Wadą, która w dużym stopniu ogranicza obszar zastosowań tej wersji systemów automatycznych, jest brak możliwości realizacji regulacji elementów przetwornika pomiarowego "w zamkniętej pętli sprzężenia" /np. regulacji czułości odbiornika pomiarowego w zależności od wartości napięcia na jego wyjściu/.

Na przykładach zrealizowanych przez wspomniane wyżej firmy amerykańskie systemów zostaną poniżej omówione bliżej obie wersje automatycznych systemów pomiarowych do kontroli widma emisji elektromagnetycznych.

4.2. Automatyczny analizator widma na zakres 10 kHz...18 GHz firmy Hewlett-Packard /USA/ [5] [15]

System firmy Hewlett-Packard - model HP 8580 A - przeznaczony jest do kontroli widma elektromagnetycznego w tym także widma zakłóceń radioelektrycznych /wg norm USA/; może być także zastosowany do automatycznego przeprowadzania badania aparatury elektronicznej. Poniżej podana jest ogólna charakterystyka techniczna systemu.

Ogólna charakterystyka techniczna systemu HP 8580 A

1. Zakres częstotliwości	10 kHz...18 GHz
2. Najmniejszy krok częstotliwości	10 Hz/1 Hz ^{1/}
3. Zakres pomiaru	+30...-90 dBm
4. Względny uchyb pomiaru amplitudy	0,6 dB
5. Rozdzielczość /pasma p.cz./	10 Hz...300 kHz
6. Liczba wejść	8
7. Impedancja charakterystyczna	50 Ω
8. Tłumienność tłumika na wejściu systemu	0...70 dB
9. Stabilność częstotliwości	$3 \cdot 10^{-8}$ /dobę

W omawianym systemie zamiast odbiorników pomiarowych zastosowano analizatory widma. Mają one własne wysokostabilne syntetyzery częstotliwości, pracujące jako lokalne oscylatory w układzie pierwszej przemiany częstotliwości. Dalsze przemiany częstotliwości - w torze p.cz. - realizowane są w oparciu o wysokostabilne lokalne oscylatory kwarcowe. W torze p.cz. zastosowano przełączane filtry, pozwalające na wybór żądanej szerokości pasma, oraz wzmacniacz logarytmujący. Na wyjściu toru p.cz. znajduje się detektor obwiedni współpracujący z przetwornikiem analogowo-cyfrowym.

Każdy blok funkcjonalny zaopatrzone jest we wbudowane urządzenie przetwarzające /"interfejs"/, które reaguje tylko na własny adres, magazynuje rozkazy i sygnalizuje ich wykonanie oraz stan przyrządu.

Sterowanie systemu oraz obróbka wyników i ich wydawanie re-

^{1/} Z dodatkowym syntetyzerem

alizowane są przez minikomputer. Wyniki pomiarów obrazowane są na ekranie monitora. System może także współpracować z innymi /dodatkowymi/ urządzeniami peryferyjnymi. Dla zwiększenia dokładności pomiarów w pamięci systemu przechowywana jest tablica współczynników korekcyjnych. Zawartość tej pamięci jest uwzględniona przy obliczaniu wyniku pomiaru.

Dalsze zwiększenie obszaru zastosowań i dokładności pomiarów można uzyskać stosując dodatkowy generator sygnałów wzorcowych /syntetyzer/ dołączony do jednego z wejść systemu.

Zwiększenie stabilności częstotliwości jest możliwe na drodze synchronizacji pierwszego oscylatora w analizatorach widma zewnętrznym sygnałem o bardzo dużej stabilności /np. sygnałem częstotliwości i wzorcowej/.

Schemat blokowy systemu pokazano na rys. 6, a w tablicy 4 zestawiono urządzenia wchodzące w skład tego systemu oraz ich krótką charakterystykę techniczną.

Do sterowania systemu zastosowano minikomputer typu HP 2116C z pamięcią podstawową o pojemności 8 K. Pojemność taka całkowicie wystarcza do realizacji podstawowych zadań sterowania pomiarami i akwizycji wyników, a ponadto umożliwia przeprowadzanie kilku operacji arytmetycznych i drukowanie raportu.

Zwiększenie pojemności pamięci do 16 K pozwala na przeprowadzanie wstępnej analizy zbioru wyników.

Tablica 4

Zestawienie urządzeń wchodzących w skład systemu HP 8580 A

LP.	Nazwa	Typ	Charakterystyka techniczna	Cena x/ \$
1	2	3	4	5
1.	Blok wejściowy w.cz.	85801 A	8 wejść w.cz., 5 wyjść w.cz. Tłumienie regulowane 0...70dB /skok 10 dB/ Zakres częstotliwości 10 kHz...18 GHz	x
2.	Analizator widma	85003 A /8555 A/	Zakres częstotliwości 10 MHz...18 GHz Dokł. pom. ampl. + 1,6 dB	7.950
3.	Analizator widma	85804 A /8553 B/	Zakres częstotliwości 0,01 - 110 MHz Dokł. pom. ampl. + 0,8 dB	2.050
4.	Precyzyjny tłumik	355 E	Tłumienie regul. 0-12 dB, skok 1 dB	200
5.	Blok p.cz. z konwerterem A/C	85802 A. /8552 B/	Szerokość pasma regulow. skokowo /1:3/ w zakr. 0,01...300 kHz	2.050

1	2	3	4	5
			Częstotliwość pośrednia 50 MHz Wyjście cyfrowe / wbudowany konwerter A/D/	
6.	Generator częstotliwości wzorcowej / syntetyzer/	8660 A	Zakres częstotliwości ... 1300 MHz Skok częstotl. 1 Hz Stabilność $3 \cdot 10^8$ /dobę	*
7.	Miernik mocy w.cz.	432 C	Zakres częstotliwości 10 MHz - 40 GHz Zakr. pom. 30 dB - 10 dBm	495
8.	Minikomputer	2116 C	Pojem. pamięci 8 K / +3 x-8 K/ Czas cyklu 1,6 μ s 16 bitowe słowo 16 kanałów we/wy	24.000
9.	Urządzenie sterujące	85005 A		*
10.	Urządzenia peryferyjne: - dalekopis - czytnik taśmy perfor. - perforator aśmy - drukarka wierszowa	2752 A 2737 A 2753 A 2778 A	10 zn/s; kod ASCIJ 300 zn/s 120 zn/s 300 wierszy/min.; 120 zn/wiersz	2.200 2.200 4.150 23.000

* / brak informacji; x/ wg katalogu 1970 r.; ceny dla obszaru USA

4.3. Automatyczny system pomiarowy
do kontroli widma częstotliwości - mod. FCS 250
firmy Fairchild-Electro-Metrics /USA/ [3]. [13]

System pomiarowy firmy Fairchild został zbudowany "wokół" dwóch odbiorników pomiarowych: EMC-10E i EMC25RL. Składa się on z zestawu przyrządów pomiarowych i urządzeń sterujących. W zależności od potrzeb może być wykonany jako system automatyczny ze sterowaniem ze specjalnego urządzenia programującego /programer/ lub jako system pomiarowo-przetwarzający sterowany minikomputerem. Kompatybilność i współpraca urządzeń pomiarowych z urządzeniami sterującymi zapewnia blok zwany "interfejs" /DIU-125/.

Ogólna charakterystyka techniczna systemu przedstawiona jest poniżej.

Ogólna charakterystyka techniczna systemu FCS-250

1. Zakres częstotliwości	20 Hz...1 GHz
2. Dokładność częstotliwości	/0,5% + 5 Hz - 2%
3. Zakres pomiaru napięcia	0,01 μ V...1 V
4. Dokładność pomiaru napięcia	\pm 0,5... \pm 2 dB
5. Dynamika wskazań	40...60 dB
6. Detektory wartości	średniej, szczytowej quasi-szczytowej "slide back"
7. Impedancja wejściowa	50 Ω

Tablica 5

Zestawienie urządzeń wchodzących w skład systemu FCS-250

Lp.	Nazwa	Typ	Charakterystyka techniczna	Cena ^{x/} \$
I	2	3	4	5
1.	Ódbiornik pomiarowy	EMC-10	Zakres częstotliwości 20 Hz...50 kHz; Dynamika wskazań 40 dB Wyjścia analogowe Sterowanie zdalne	7.420
2.	Odbiornik pomiarowy	EMC-25RL RL	Zakres częstotliwości 14 kHz...1 GHz Dynamika wskazań 60 dB Zdalnie sterowane nastawy	37.465
3.	Przystawka oscyloskopowa	SPD-125	Obrazowanie amplitud sygnałów w wybranym podzakresie częstotl. /przy wobulowaniu/	3.845
4.	Rejestrator XY	EXY-250A	Dwupiórowy rejestrator do równoczesnego zapisu wartości szczytowej i wart. średniej sygnału w funkcji częstotliwości	5.330
5.	Urządzenie nastawowe	SPK-100	Kontrola akustyczna sygnałów AM i FM	97

c.d.: tabl. 5

1	2	3	4	5
6.	Programer	ESC-125A	Sterowanie nastaw w odbiornikach pomiar., wybór odpowiednich anten i rejestratora XY	6.400
7.	Urządzenie sterujące	CCP-250V	Sterowanie połączeń między programerem i jednostkami funkcjonalnymi systemu	3.177
8.	Selektor anten	SUS-125	Wybór jednego z trzech komutatorów antenowych	1.620
9.	Komutator antenowy	SU-125	Wybór anteny odpowiednio do zakresu częstotliwości.	650
10.	Panel regulacji wzmocnienia	PGC-25	Programowana regulacja wzmocnienia w podzakresach częstotliwości	1.950
11.	Panel wyboru szerokości pasma	PIF-25	Programowany wybór szerokości pasma p.cz.	1.620
12.	Tłumik zdalnie sterowany	PSA-125	Programowana zmiana tłumienia skokowo co 2r dB; od 0 dB do 80 dB	x

1	2	3	4	5
13.	Częstościomierz cyfrowy	FIU-125	Pomiar częstotliwości sygnału odbieranego / przy wobulowaniu - częstotliwości dostrojenia odbiornika / ; 9-pozycyjne pole odczytowe	7.020
14.	Zdalne sterowanie wobulowania	PSS-125	Programowane sterowanie prędkości wobulowania w poszczególnych podzakresach	2.975
15.	Selektor częstotliwości	FCM-125	Klawiszowy wybór 16 częstotliwości pomiarowych / w zakresie 20 Hz - 1 GHz /	x
16.	Minikomputer	PDP-11 lub HP 2114	Pojemność pamięci 8 K Długość słowa 16 bitów Czas cyklu ok. 1,6 μ s 16 kanałów wej/wyj.	x

x/ brak danych

x/ wg cennika firmy Fairchild z 1971 roku

Na rysunku 7 pokazano układ blokowy systemu w wersji sterowanej za pomocą specjalnych urządzeń sterujących /programerów/; zestawienie urządzeń wchodzących w skład tej wersji systemu podano w tabl. 5.

Z uwagi na to, że zastosowane w systemie odbiorniki i inne urządzenia pomiarowe przystosowane są do zdalnego sterowania poszczególnych funkcji osobnymi sygnałami analogowymi przewidziano szereg oddzielnych urządzeń do sterowania nastaw i funkcji systemu. Rozwiązanie to pozwala na wybór odpowiednich urządzeń programujących, w zależności od zadań systemu i potrzeb użytkownika.

W wersji systemu ze sterowaniem z czytnika-perforatora taśmy papierowej lub z minikomputera zadanie przekazywania sygnałów i instrukcji z i do czytnika lub minikomputera spełnia układ dopasowujący /interfejs/ DIU-125. W tej wersji zbędne są specjalne urządzenia programujące.

Dla powiększenia dokładności pomiaru częstotliwości w systemie przewidziano zastosowanie częstotliczomierza cyfrowego /FIU-125/ z 9-pozycyjnym odczytem wartości mierzonej. Może on być używany do dokładnego pomiaru częstotliwości dostrojenia odbiornika pomiarowego.

5. PODSUMOWANIE.

Jak wynika z przytoczonych wyżej opisów systemów pomiarowych stosowanych do kontroli widma częstotliwości, a także z innego rodzaju publikacji /np. [13], [9], [21] /, obecny stan techniki pozwala na realizację systemu w jednym z następujących wariantów:

Wariant 1 : System tradycyjny /"ręczny"/

System pomiarowy zestawiony z typowych urządzeń pomiarowych z nastawami ręcznymi /ew. uzupełniony niektórymi urządzeniami specjalnymi, np. selektory antenowe, rozdzielacze sygnałów, specjalne demodulatory/. Połączenia urządzeń w odpowiednie zestawy pomiarowe, nastawy w tych urządzeniach oraz odczyty i opracowanie wyników są realizowane przez wysoko kwalifikowanego operatora.

System tego rodzaju jest wprawdzie stosunkowo tani, ale pracuje wolno, przy czym czas właściwego pomiaru - a więc wykorzystanie urządzeń pomiarowych - jest niewielką częścią czasu potrzebnego na przygotowanie systemu do pomiaru.

Poza tym człowiek-operator, mimo iż jest z pewnością bardziej inteligentny niż maszyna, pracuje stosunkowo wolno i może być przyczyną dodatkowych błędów subiektywnych /zmęczenie, rozproszenie uwagi na skutek wpływu otoczenia itp./.

Wariant 2 : System półautomatyczny

Systemy zestawiane z typowych przyrządów pomiarowych półautomatycznych /np. odbiorniki z wobulacją lub z przyciskowym wybieraniem częstotliwości i szerokości pasma, realizacja połączeń za pomocą układów przekaźnikowych, zapis wyników na taśmie papierowej lub magnetycznej/ są obecnie szeroko stosowane.

Chociaż system taki pracuje szybciej od poprzedniego, to jednak uważa się go nadal za małosprawny i obciążony podobnymi wadami /w nieco mniejszym stopniu/.

Wariant 3: System automatyczny

W chwili obecnej jest to na ogół zwarty system pomiarowy, wykonujący automatycznie /wg programu wynikającego np. z układu sprzęgieł elektro-mechanicznych lub zapisanego na taśmie dziurkowanej/ w określonych odstępach czasu jedno zadanie pomiarowe. Zmiana zadania lub programu realizacji wymaga ingerencji operatora. Ponadto analiza wyników pomiarów oraz ewentualna korekcja nieodpowiednich nastaw itp., są możliwe tylko przy udziale operatora.

Wariant 4: System komputerowy

Rozwój techniki i urządzeń cyfrowego sterowania procesami stwarza możliwości całkowitej automatyzacji pomiaru i analizy wyników. Pozwala na wyeliminowanie uchybów wnoszonych przez operatora, automatyczną korekcję rezultatów uwzględniającą charakterystyki urządzeń pomiarowych, automatyczną adaptację systemu do aktualnych warunków pomiaru, samokontrolę, a przy tym zapewnia nie osiąganą w innych wariantach szybkość realizacji całego cyklu pomiarowego.

Jak wynika z dostępnych publikacji [1], [2], [13], [14], [15] i [18], system pomiarowy sterowany przez komputer jest uważany za jedyny mogący sprostać obecnym i przyszłym potrzebom wynikającym z zadań kontroli widma częstotliwości. I chociaż koszty systemu są kilkakrotnie wyższe od kosztów systemu tradycyjnego /wariant 1/, to uważa się, że korzyści, jakie on daje i może dawać w przyszłości przemawiają za jego rozpowszechnieniem.

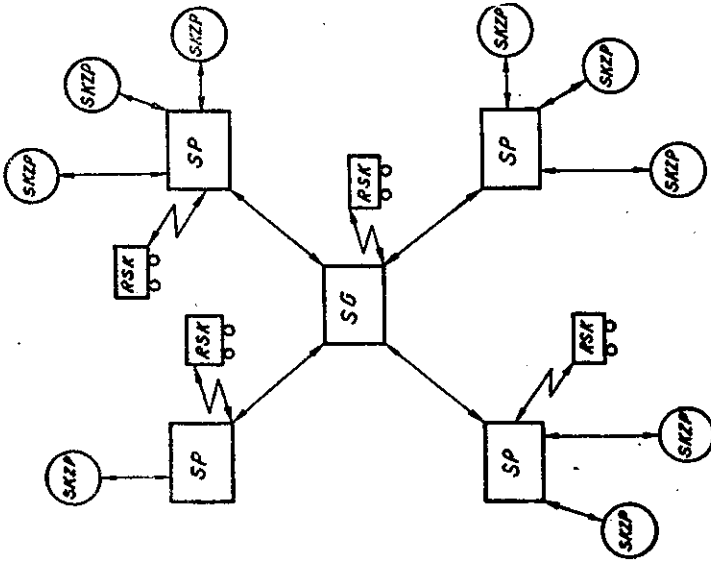
WYKAZ LITERATURY

1. Krietenstein K., Reffing H.W.: Die Weltraumfunk-Empfangslage des Funkkontrollmessdienstes in der Bundesrepublik Deutschlands. NTZ 1972/2 s. 65-120.
2. Mc Kay H.D.: Current Status Electromagnetic Pollution Management and Measurement. Druk firm. Fairchild, USA 1970, August.
3. Ułotka firmy "Fairchild" Automatic Spectrum - Surveillance System mod. FSS-250 i FSS 250 D. Wyd. 1971/USA, Fairchild/Electro-Metrics Corp.
4. Cunningham M., Wheelwright L.: Introducing the automatic spectrum analyzer. Hewlett-Packard J. 1972 t. 23 nr 6, s.2-6.
5. Schäffer W.H.: Organizing the automatic spectrum analyzer system. Hewlett-Packard J., Febr. 1972.
6. Wybrane zagadnienia i sprawozdanie I Komisji Studiów dotyczące problematyki kontroli emisji. Wyd. MŁ, d/s CCIR, 1971.
7. Kędzierski L., Kalita H., Turczyn H.: Projekt organizacji pomiarów częstotliwości krajowych stacji telewizyjnych i ultrakrótkofalowych radiofonicznych oraz stacji zagranicznych leżących w pobliżu granic PRL w zakresach częstotliwości I, II i III. IL, Warszawa, 1963.
8. Kemper H.: Funküberwachungsnetz in Mexiko. Neues von Rohde u. Schwarz 1971/1972 t. 11/12 nr 55, s. 11-16.
9. Beckmann U.L.: Automatic level measurements in the testroom. Telecommunications. 1972, August t. 6 nr 8, s.17-19 i s. 28.

10. Bisset D.W.: Automatic checkout of mobile radio-telephone equipment. Telecommunications. 1972 August t. 6 nr 8, s.24 i 26.
11. Bauer E., Janke H.: Dekadischer Messenger SMDW für 0 bis 500 MHz. Neues von Rohde u. Schwarz 1971/1972 t.11/12 nr 55, s. 17-20.
12. Rathai W., Banerjec S.K.: Programmierbare Präzisionseichleitung. Neues von Rohde u. Schwarz 1971/1972 t. 11/12 nr 55, s. 26-28.
13. Mc Kay H.D.: Application of computer controlled spectrum surveillance systems to crime countermeasures. IEEE Trans. Microwave Theory Tech. 1972 t. 20 nr 1, s. 69-74.
14. Di Marzio: Concepts in computer control for frequency surveillance. IEEE Trans. Aerospace electron Syst. 1970 t. 8 nr 4, s. 442-449.
15. Automatic spectrum analyzer 8580 A. Hewlett-Packard-Meas. News, March/1971.
16. CCIR, Oslo 1966, t. III. Avtomatičeskij kontrol zaniatnosti radiočastotnogo spektra. Izd. Svjaz, Moskva 1969.
17. CCIR, Oslo, 1966, t. III - Otczot 277-1. Izmerenija na podvižnych kontrolnych stancijach. Izdat. Svjaz Moskva 1969.
18. Künzle H.: Die Radiokontrolle. Tech. Mitt. PTT, 1972 nr 3, s. 110-114.
19. Badźmirowski K.: Podstawy budowy informacyjnych systemów pomiarowych. Prace ITR, 1972 nr 2/59, s. 5-15.

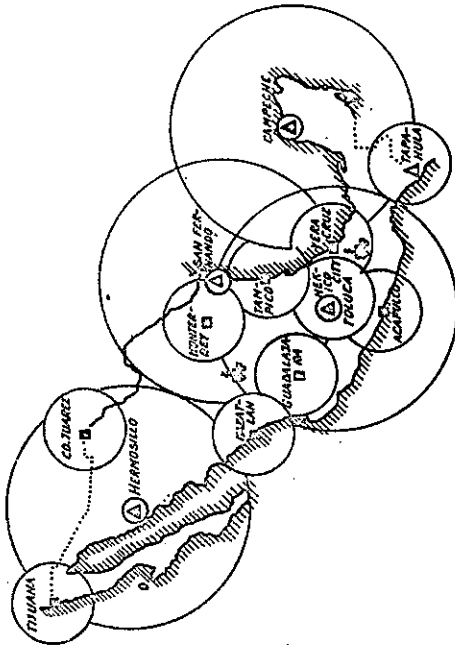
20. Grimm R. A. : Automated testing. Hewlett-Packard J. 1969 t. 20 nr 12, s. 2-6.
21. Ewy M. D. , Hank S. C. : Choosing an automatic test system. Hewlett-Packard J. 1969, August, s. 7-10.
22. Ewy M. D. : Building an automatic test system. Hewlett-Packard J. 1969 t. 20 nr 12, s. 11-20.
23. Geisel H. O. : Funkmesswagen der Feuerwehr Düsseldorf. Neues von Rohde u. Schwarz 1971/1972 t. 11/12 nr 53, s.24-25.
24. Mäklert-Berner H. G. : FM-AM-Messdemodulator FAB. Neues von Rohde u. Schwarz 1971/1972 t. 11/12 nr 53, s. 15-18.
25. Martin D. : Frequency stability measurements by computing counter system. Hewlett-Packard J. 1971, t. 23 nr 3, s.9-14.
26. Regulamin radiokomunikacyjny - Geneva 1959. Sekret. Generalny MZT-Geneva. WKiŁ Warszawa, 1963.
27. Steiner V. : Organization and equipment of radio monitoring stations - referat na Seminar on frequency management and the use of the radio frequency spectrum, organizowanej przez IFRB-Geneva, 1972 October.
28. Dunn R. J. : Frequency management of the radio frequency to the HF fixed service and to the organisation and operation of a radio monitoring service - referat na Seminar on frequency management and the use of radio frequency spectrum - organizowanej przez IFRB Geneva, October 1972.

29. Ulotka firmy General Precision Industries Ltd. /Kanada/ :
Spectrum and frequency monitoring receiver Mod. 102 and
102 A.
30. Radio Monitoring System - materiały informacyjne f-my
Rohde u. Schwarz - Monachium /NRF/ 12.1972.
31. Stawski W. : System pomiarowy do kontroli zajętości pasm,
analizy widma emisji radiowych i zakłóceń. Opis koncepcji.
IŁ. Sprawozdanie nr Z-21/182/104.01.03.01/1972, Wrocław,
1972.
32. Strużak R. : Stan i perspektywy aparatury do pomiarów nie-
pożądanych /i zamierzonych/ emisji energii wielkiej często-
tliwości. IŁ. Sprawozdanie nr Z-21/187/104.01.04/1972,
Wrocław - 1972.



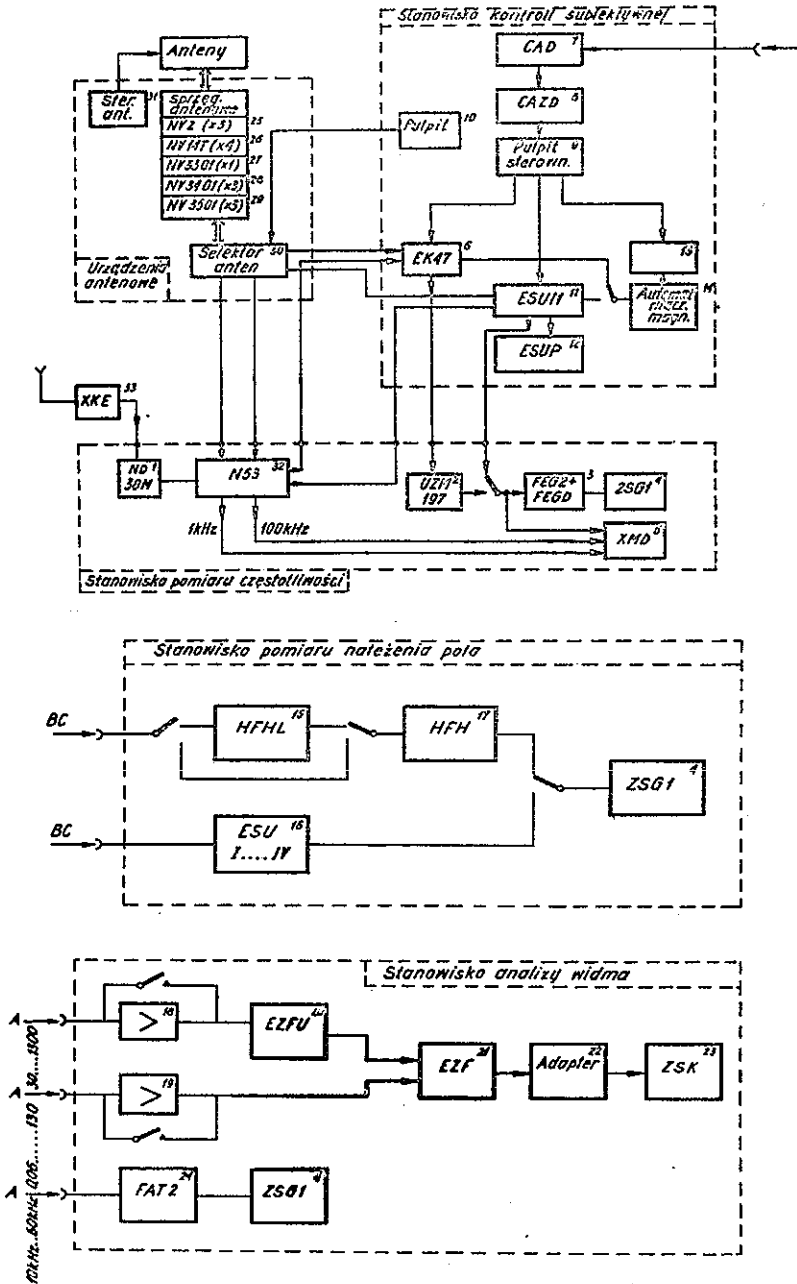
Rys. 1. Struktura sieci stacji kontroli emisji

SG - stacja główna; RSK - ruchoma stacja kontrolna; SP -
 - stacja pomocnicza; SKZP - stacja kontroli zajętości pasm

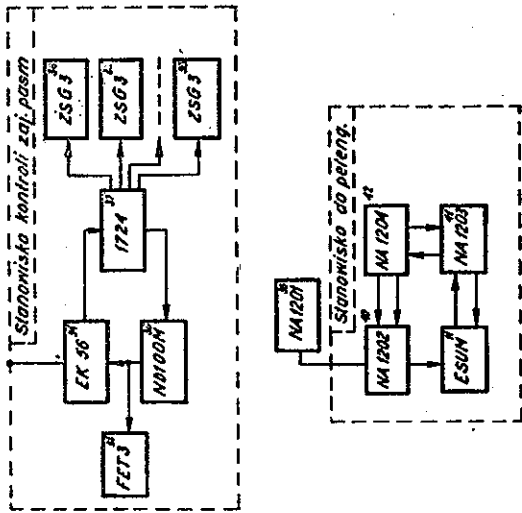


Rys. 2. Sieć stacji kontroli emisji i zakłóceń w Meksyku

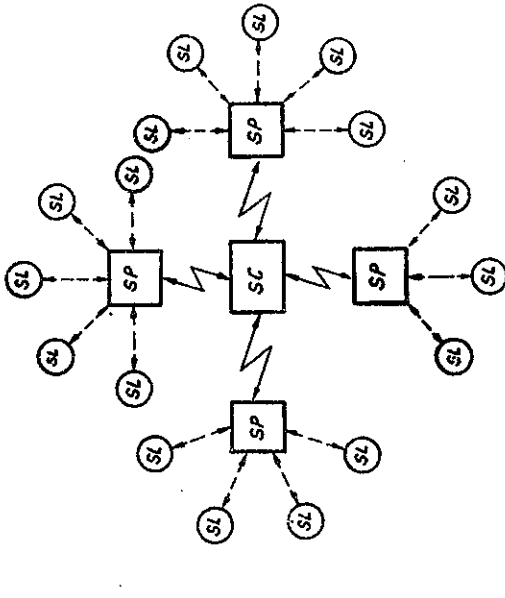
○ - stacja główna □ - stacja pomocnicza
 △ - urządzenie pełen-
 gujące



Rys. 3. Schemat blokowy systemu pomiarowego firmy Rohde u Schwarz /NRF/ do kontroli emisji radiowych: a/ stanowiska do kontroli subiektywnej i do pomiaru częstotliwości. Oznaczenia bloków - zgodnie z tabl. 2 ; b/ stanowiska do pomiaru natężenia pola i do analizy widma



Rys. 3c. Schemat blokowy systemu pomiarowego firmy Rohde u Schwarzw /NRF/ do kontroli widma emisji radiowych. Stanowiska do kontroli zajętości pasm i do pełnegacji. Oznaczenia bloków - zgodnie z tabl. 2

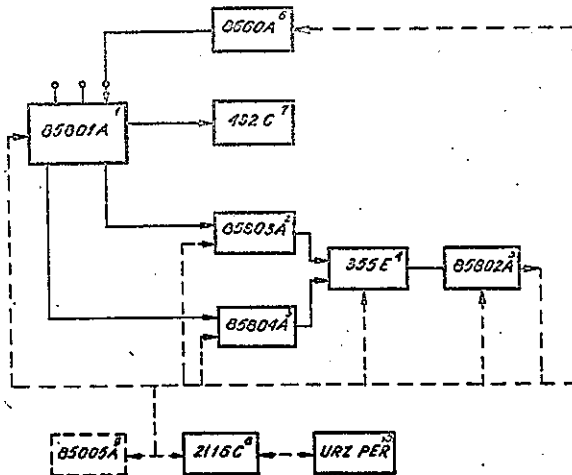
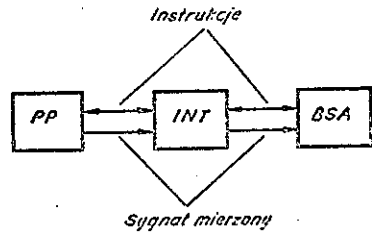


Rys. 4. Schemat szwajcarskiej sieci kontroli emisji

- - - - - połącż. telefoniczne
 - - - - - połącż. radiotelefoniczne
 ○ - stacje lokalne
 □ - stacje bazalogue
 □ - stacje centralne - z obslugą

Rys. 5. Blokowy uproszczony schemat automatycznego systemu pomiarowego do kontroli widma częstotliwości.

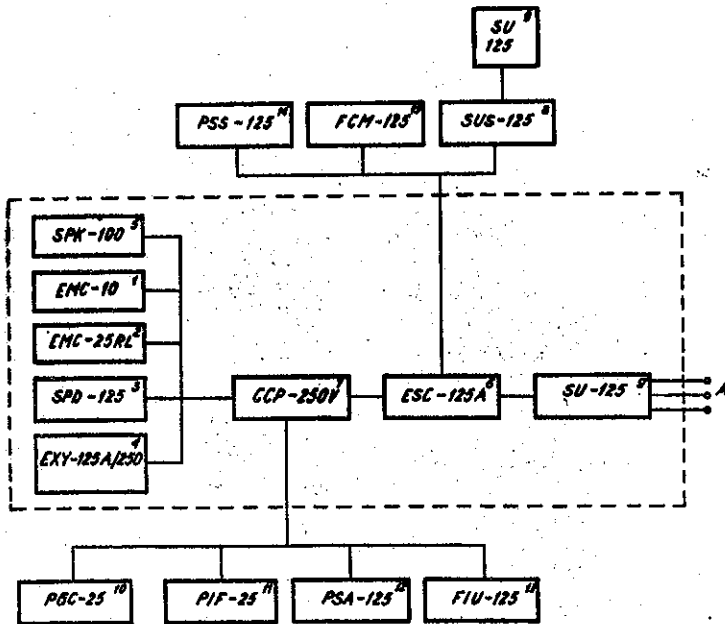
PP - przetwornik pomiarowy; INT - interfejs - blok przetwarzania a/d i d/a; BSA - blok sterowania, analizy i opracowywania wyników



Rys. 6. Układ blokowy systemu do automatycznej analizy widma częstotliwości /oprac. firmy Hewlett-Packard USA/. Oznaczenia bloków - zgodnie z tabelą 4

--- sygnały i instrukcje sterujące

— sygnały pomiarowe



Rys. 7. System pomiarowo-przetwarzający do kontroli widma częstotliwości - FCS250 - firmy Fairchild-Electrometrics /USA/. Oznaczenia bloków - zgodnie z tabl. 5

