

INSTYTUT ŁĄCZNOŚCI  
WARSZAWA-MIEDZESZYN

**PROBLEMY**

BIBLIOTEKA  
Instytutu Łączności

**ŁĄCZNOŚCI**

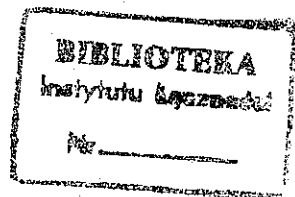
84

1972



MINISTERSTWO ŁĄCZNOŚCI

---



# PROBLEMY ŁĄCZNOŚCI

ROK 12

WARSZAWA 1972

Nr 84

---

INSTYTUT ŁĄCZNOŚCI

Branżowy Ośrodek

Informacji Naukowo-Technicznej i Ekonomicznej

Redakcja Problemów Łączności

---

Redaktor Naczelny - mgr inż. Jerzy Rutkowski

Redaktorzy działów:

mgr inż. Władysław Cetner, mgr inż. Adam Monuszko,  
mgr inż. Józef Mozejko

Adres Redakcji:

Instytut Łączności

Branżowy Ośrodek

Informacji Naukowo-Technicznej i Ekonomicznej

Warszawa-Miedzeszyn, ul. Szachowa 1

NA PRAWACH RĘKOPISU - DO UŻYTKU SŁUŻBOWEGO

Egz. Nr

114

Redaktor: J. Borkowska

Montaż tekstu: B. Drabik

---

Dział Wydawniczy Instytutu Łączności

Format B5. Nakład 820. Wpłynęło do

Działu Wydawniczego 30.6.1972 r.

Druk ukończono we wrześniu 1972 r.

# PROBLEMY ŁĄCZNOŚCI

Chodakowski Leszek, Gochnio Zofia, Górski Adam,  
Jemielity Elżbieta, Kuśmirek Zdzisław, Święcka Stanisława

## METROLOGIA DLA POTRZEB TELEKOMUNIKACJI

### SPIS TREŚCI

|  | Str. |
|--|------|
| Wstęp  | 1    |
| 1. Zagadnienia ogólne i organizacyjne  | 2    |
| 1.1. Potrzeby i obowiązki resortu łączności w zakresie uwierzytelniania narzędzi pomiarowych                   | 2    |
| 1.2. Struktura organizacyjna Telekomunikacyjnej Służby Pomiarowej /TSP/  | 5    |
| 1.3. Obowiązki TSP   | 8    |
| 1.4. Dotychczasowa działalność TSP   | 11   |
| 1.5. Inicjatywy IL w zakresie koordynacji służby uwierzytelniania elektronicznej aparatury pomiarowej          | 16   |
| 1.6. Ekonomiczne aspekty uwierzytelniania aparatury pomiarowej   | 18   |
| 2. Działalność metrologiczna TSP w zakresie przekazywania poprawnej miary podstawowych wielkości elektrycznych | 27   |
| 2.1. Zagadnienia metrologiczne dotyczące napięcia stałego  | 28   |

|   | Str. |
|---|------|
| 2.2. Zagadnienia metrologiczne dotyczące rezystancji  | 33   |
| 2.3. Zagadnienia metrologiczne dotyczące temperatury  | 36   |
| 2.4. Zagadnienia metrologiczne dotyczące pojemności<br>i indukcyjności  | 38   |
| Wykaz literatury  | 45   |
| 3. Działalność metrologiczna Telekomunikacyjnej Służby<br>Pomiarów w zakresie impedancji i tłumienności   | 46   |
| 3.1. Wstęp  | 46   |
| 3.2. Działalność TSP w zakresie wzorcowych pomia-<br>rów impedancji   | 47   |
| 3.3. Działalność TSP w zakresie wzorcowych pomia-<br>rów tłumienności   | 63   |
| Wykaz literatury  | 76   |
| 4. Wzorcowe pomiary napięcia przemiennego i poziomu<br>w Telekomunikacyjnej Służbie Pomiarowej  | 78   |
| 4.1. Potrzeby resortu łączności w zakresie wzorcowych<br>pomiarów napięcia przemiennego i poziomu   | 78   |
| 4.2. Ogólne założenia i program budowy stanowisk do<br>wzorcowych pomiarów napięcia przemiennego<br>w CIPT  | 81   |
| 4.3. Wyniki dotychczasowych prac nad budową bazy<br>technicznej wzorcowych pomiarów napięcia<br>przemiennego w CIPT   | 88   |
| 4.4. Prace CIPT w zakresie tworzenia bazy technicz-<br>nej wzorcowych pomiarów napięcia przemiennego<br>i poziomu w Telekomunikacyjnych Izbach Pomi-<br>arowych | 103  |

Chodakowski Leszek

Gochnio Zofia

Górski Adam

Jemielity Elżbieta

Kuśmirek Zdzisław

Święcka Stanisława

## METROLOGIA DLA POTRZEB TELEKOMUNIKACJI<sup>x/</sup>

### WSTĘP

Utrzymanie sieci telekomunikacyjnej państwa w należytej sprawności uwarunkowane jest utrzymaniem wartości szeregu parametrów technicznych urządzeń i sprzętu tworzącego tę sieć w przepisanych mu granicach tolerancji. Rzetelność wskazań narzędzi pomiarowych stosowanych przy pomiarach laboratoryjnych, produkcyjnych i eksploatacyjnych, decyduje w sposób bezpośredni o prawidłowości oceny aktualnego stanu parametrów sieci, a także o prawidłowości czynności regulacyjnych i konserwacyjnych. Rzetelność ta może być wtedy zapewniona, gdy przyrządy pomiarowe będą poddawane okresowym sprawdzeniom ich wskazań za pomocą innych, kontrolnych narzędzi pomiarowych.

---

<sup>x/</sup> Wstęp opracowała E. Jemielity, rozdział 1 opracował A. Górski, rozdz. 2 opracowali L. Chodakowski i S. Święcka, rozdz. 3 opracował Z. Kuśmirek, a rozdz. 4 opracowała Z. Gochnio. Zakończenie opracowała E. Jemielity, natomiast cały artykuł opracował redakcyjnie J. Dudziewicz.

Resort łączności był jednym z pierwszych, który docenił wagę tego zagadnienia, powołując służbę metrologiczną pod nazwą "Telekomunikacyjna Służba Pomiarowa" /TSP/.

W artykule niniejszym przedstawiono zasadnicze problemy organizacyjne i techniczne związane z prowadzeniem tej służby dla potrzeb sieci telekomunikacyjnej. Autorzy spodziewają się, że informacje zawarte w tym artykule pozwolą na właściwą ocenę roli i zadań resortowej służby metrologicznej, której wynikami prac mogą być zainteresowane liczne komórki resortu.

## 1. ZAGADNIENIA OGÓLNE I ORGANIZACYJNE

### 1.1. Potrzeby i obowiązki resortu łączności w zakresie uwierzytelniania narzędzi pomiarowych

Specyficzny rodzaj działalności resortu łączności powoduje, że jest on posiadaczem dużej ilości narzędzi pomiarowych. Prawidłowa praca, a w szczególności wiarygodne wyniki pomiarów wykonywanych za pomocą ww. narzędzi rzutuują w bezpośredni sposób na prawidłową pracę systemów telekomunikacyjnych.

Sytuacja taka powoduje, że resort łączności odczuwa bardzo duże potrzeby w zakresie sprawdzania i kontrolowania narzędzi pomiarowych, będących własnością resortu, oraz uwierzytelniania ich wskazań. Potrzeby te spowodowały wydanie resortowych aktów prawnych oraz powstanie resortowej służby metrologicznej zanim jeszcze ukazały się obowiązujące w chwili obecnej ogólnopństwowe akty prawne. Zgodnie z nimi resort łączności zobowiązany jest do prowadzenia działalności w zakresie sprawdzania i kontrolowania narzędzi pomiarowych oraz do uwierzytelniania ich wskazań.



Obowiązki resortu w tym zakresie wynikają z ogólnopaństwowych aktów prawnych, którymi są:

1. Ustawa z dnia 17.6.1966 r. o utworzeniu Centralnego Urzędu Jakości i Miar /Dz.Ust. Nr 23 z dn. 23.VI.1966 r. poz. 147/<sup>x/</sup>.

2. Ustawa z dnia 17.6.1966 r. o miarach i narzędziach pomiarowych /Dz.Ust. Nr 23 z dn. 23.VI.1966 r. poz. 148/,

oraz wynikające z ww. ustaw zarządzenia wykonawcze:

1. Zarządzenie Prezesa CUJM z dnia 5.10.1966 r. w sprawie określania narzędzi pomiarowych podlegających obowiązkowi legalizacji oraz warunków zgłaszania tych narzędzi do legalizacji /M.P. Nr 58 z dnia 20.10.1966 r. poz. 281/. Zmodyfikowane zarządzenie Prezesa CUJM z dnia 23.01.1970 r. /M.P. Nr 4 z dnia 12 lutego 1970 r./.

2. Uchwała Nr 9 Rady Ministrów z dnia 24.1.1967 r. w sprawie obowiązków jednostek gospodarki uspołecznionej w zakresie okresowego sprawdzania oraz właściwego stosowania i wykorzystywania narzędzi pomiarowych /M.P. Nr 9 z dn. 9.II.1967 r. poz. 47/.

Pierwsza ustawa precyzuje zadania i uprawnienia utworzonego wówczas Centralnego Urzędu Jakości i Miar CUJM /zwanego poprzednio Głównym Urzędem Miar - GUM/ oraz jego rolę jako centralnej organizacji metrologicznej w państwie, odpowiedzialnej za sprawowanie kontroli nad realizacją zagadnień metrologicznych, a w szczególności za rozwiązanie zagadnienia okresowego uwierzy-

---

<sup>x/</sup> Zadania i obowiązki Centralnego Urzędu Jakości i Miar przejął obecnie Polski Komitet Normalizacji i Miar /por. Dz.Ust. nr 11 z dnia 11.03.1972 r. poz. 82 i 83/.

telniania narzędzi pomiarowych, ustala zasady współpracy między poszczególnymi resortami, instytutami badawczymi a CUJM w sprawach związanych z kontrolą jakości i uwierzytelnianiem narzędzi pomiarowych.

Druga ustawa określa zasady dotyczące jednolitości miar, rzetelności i jakości narzędzi pomiarowych oraz właściwego ich stosowania dla zagwarantowania poprawności wyników pomiarów we wszystkich dziedzinach gospodarki narodowej.

Obowiązek stosowania przez resort powyższych aktów prawnych wynika z:

- 1/ posiadania przez resort znacznej ilości aparatury pomiarowej /por. § 3 Uchwały Nr 9 RM/ ,
- 2/ stosowania tej aparatury dla zagwarantowania odpowiedniej jakości usług telekomunikacyjnych, a więc przy czynnościach mających bardzo duże znaczenie dla interesu społecznego /por. art. 6 ust. 1 p. 1 ustawy o miarach i narzędziach pomiarowych/ ,
- 3/ istnienia w resorcie łączności komórek organizacyjnych przedsiębiorstw, będących warsztatami naprawczymi aparatury pomiarowej/ por. § 9 p. 2 Uchwały Nr 9 RM/ .

Zadania resortu łączności wynikające z tych aktów można zreasumować jako obowiązek sprawdzania, kontrolowania i uwierzytelniania narzędzi pomiarowych stosowanych przy wszelkiej działalności resortu. Działalność w zakresie kontrolowania i uwierzytelniania narzędzi pomiarowych resort łączności realizuje poprzez Telekomunikacyjną Służbę Pomiarową /TSP/, która obejmuje swoją działalnością w chwili obecnej głównie przedsiębiorstw PPTiT.

## 1.2. Struktura organizacyjna Telekomunikacyjnej Służby Pomiarowej /TSP/

W resorcie łączności powstała z inicjatywy Instytutu Łączności dwustopniowa służba pomiarowa. Służba ta została powołana Zarządzeniem Ministra Łączności Nr 6/W z dnia 7.II.1961 r.

Strukturę TSP należy rozpatrywać z punktu widzenia jej organizacji i administracji oraz zależności metrologicznych.

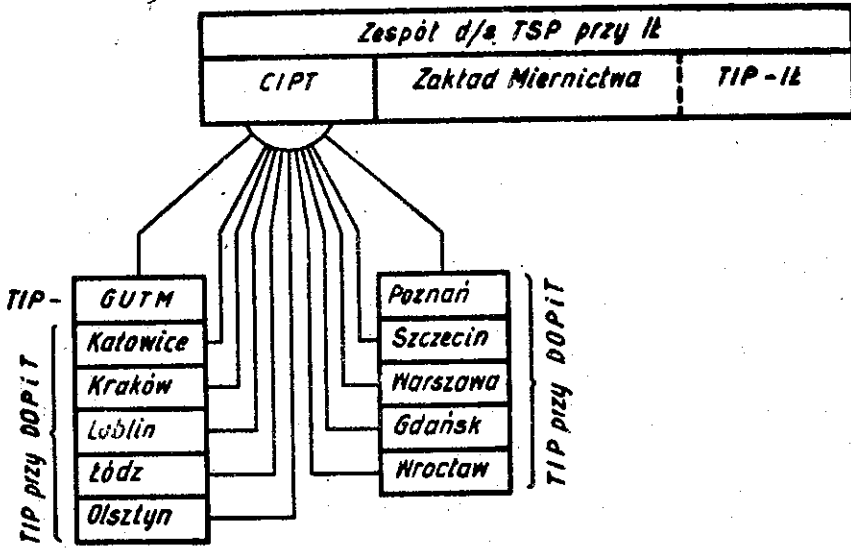
### 1.2.1. Schemat metrologiczny TSP

W TSP przyjęto schemat organizacyjny podany na rys. 1.

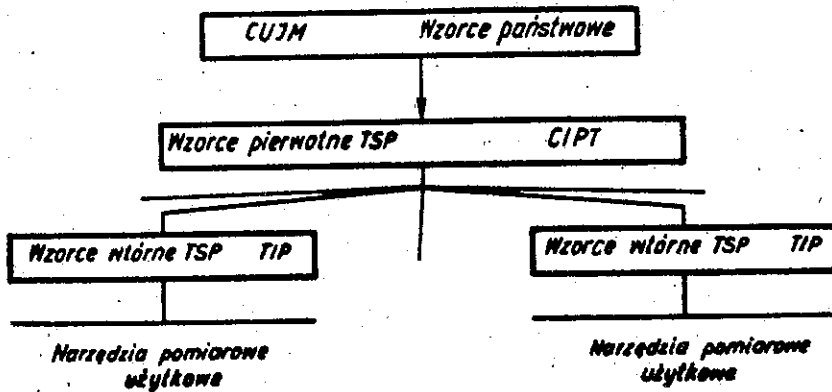
Działający przy IŁ Zespół ds. TSP składa się z dwóch zakładów naukowo-badawczych, a mianowicie: Zakładu Miernictwa i Centralnej Izby Pomiarów Telekomunikacyjnych /CIPT/. Zadania obu zakładów naukowo-badawczych zostaną omówione później. Należy jednocześnie podkreślić, że CIPT jest izbą metrologiczną wyższego rzędu w stosunku do rejonowych Telekomunikacyjnych Izb Pomiarowych /TIP/ i jest podległa pod względem metrologicznym CUJM.

Na rysunku 2 przedstawiono realizowany w odniesieniu do wielkości elektrycznych schemat drogi przekazywania wartości jednostek miar, pozwalający na przekazanie poprawnej wartości miary począwszy od wzorca państwowego do użytkowych narzędzi pomiarowych.

Planuje się, że w odniesieniu do niektórych wielkości elektrycznych, a w szczególności specjalistycznych /np. związanych z zagadnieniami sygnałów odkształconych, zakłóceń itp./ powyższy schemat będzie uproszczony.



Rys. 1. Schemat organizacyjny TSP



Rys. 2. Schemat metrologiczny TSP

Z analizy schematu wynika, że głównymi węzłami drogi przekazywania wartości miary są:

- wzorce pierwotne TSP, stanowiące podstawę działalności CIPT,
- wzorce wtórne TSP, stanowiące podstawę działalności TIP.

Dla zagwarantowania właściwych warunków użytkowania wzorców każdy rodzaj wzorców podzielony jest na dwie grupy, a mianowicie:

- wzorce odniesienia służące do kontrolowania wzorców roboczych,
- wzorce robocze, służące do kontrolowania przez CIPT wzorców niższego rzędu i kontrolowania przez TIP użytkowej aparatury pomiarowej.

Należy w związku z tym zauważyć, że o ile pomiędzy wzorcami pierwotnymi i wtórnymi musi istnieć hierarchia dokładności, to wzorce odniesienia i robocze danego rzędu mają tę samą dokładność. Gwarancję rzetelności wzorców roboczych uzyskuje się przez częste komparowanie ich ze wzorcami odniesienia.

### 1.2.2. Schemat organizacyjny

Zasadnicze ramy organizacyjno-techniczne dotyczące TSP zawarte są w Zarządzeniu Wewnętrznym nr 6/W Ministra Łączności z dnia 7.2.1961 r. oraz w przepisie uzupełniającym ww. zarządzenie, którym jest "Instrukcja regulująca sprawy wewnętrzne laboratoriów telekomunikacyjnych i współpracę z innymi jednostkami organizacyjnymi" opracowana w 1965 r. przez Departament Służby Telekomunikacyjnej Ministerstwa Łączności.

Z zarządzenia tego wynika podział służby na dwa człony:

1. Zespół ds. TSP działający przy IŁ.
2. Telekomunikacyjne Izby Pomiarowe działające przy wszystkich DOPiT, IŁ, GUTM oraz przy Zjednoczeniach: ZBŁ i ZSRiT.

Struktura organizacyjna TIP podległych PPTiT jest jednolita. Składają się one z pracowni napraw, pracowni uwierzytelniania przyrządów pomiarowych i magazynu przejściowego. Obecnie TIP wchodzi w skład Okręgowych Laboratoriów Poczty i Telekomunikacji. Struktura organizacyjna TIP-IŁ jest nieco odmienna, co wynika ze specyfiki jej obszaru działania, jakim jest instytut naukowo-badawczy.

W zakresie zagadnień metrologicznych TIP otrzymują wytyczne techniczno-eksploatacyjne od CIPT jako izby wyższego rzędu; tworzą one podstawową sieć ośrodków uwierzytelniania aparatury pomiarowej resortu łączności.

W zakresie innych zadań / jak np. gospodarka przyrządami, naprawy itp. / poszczególne TIP i ich komórki podporządkowane są odpowiednim organom administracyjnym.

### 1.3. Obowiązki TSP

Podstawowym obowiązkiem TSP jest okresowe sprawdzenie i uwierzytelnienie narzędzi pomiarowych /użytkowych i kontrolnych/ stosowanych w resorcie łączności. Z obowiązku tego wynika dla TSP konieczność prowadzenia szeregu prac.

### 1.3.1. Obowiązki Zespołu ds. TSP

W ujęciu kompleksowym prace prowadzone przez CIPT można streścić następująco:

- prowadzenie prac naukowo-badawczych w dziedzinie metrologii,
- opracowywanie metod pomiarowych i ich modyfikacja,
- opracowywanie instrukcji metrologicznych dla TIP,
- opracowywanie wymagań techniczno-eksploatacyjnych na kontrolne stanowiska pomiarowe w TIP,
- prowadzenie prac związanych z budową stanowisk pomiarowych w TIP /nadzór techniczny, wykonywanie pewnych specjalistycznych przyrządów dla TIP itp./,
- współpraca z CUJM oraz innymi instytucjami metrologicznymi w kraju i za granicą,
- przechowywanie i utrzymywanie wzorców pierwotnych TSP,
- kontrolowanie wtórnych wzorców TSP.

Zakład Miernictwa wchodzący w skład Zespołu ds. TSP prowadzi prace naukowo-badawcze i rozwojowe związane z zagadnieniami miernictwa eksploatacyjnego.

### 1.3.2. Obowiązki TIP

Podstawowym obowiązkiem TIP jest naprawa, sprawdzanie po naprawie oraz sprawdzanie okresowo użytkowych narzędzi pomiarowych stosowanych przez resort łączności na terenie objętym działalnością TIP.

Z obowiązku tego wynika dla TIP konieczność prowadzenia niżej wymienionych prac:

- przechowywanie i utrzymywanie wtórnych wzorców<sup>1/</sup> TSP,
- okresowe uwierzytelnianie w CIPT wtórnych wzorców TSP, będących podstawą działalności metrologicznej TIP,
- okresowe kontrolowanie narzędzi pomiarowych użytkowych w jednostkach organizacyjnych resortu podporządkowanych poszczególnym izbom,
- naprawa i konserwacja ww. przyrządów,
- odbiory techniczne nowych i naprawionych przyrządów pomiarowych,
- prowadzenie gospodarki przyrządowej odpowiedniej jednostki organizacyjnej /Okręgu, Zjednoczenia itp./.

Gospodarka przyrządowa obejmuje między innymi: prowadzenie ewidencji aparatury pomiarowej, nadzór nad jej właściwym użytkowaniem, udział w planowaniu zaopatrzenia w przyrządy pomiarowe, likwidacja przestarzałych i zużytych przyrządów itp.

W celu prawidłowego wypełnienia nałożonych obowiązków TIP musi spełnić pewne podstawowe warunki, a mianowicie:

1. Właściwa organizacja Pracowni Uwierzytelniania Przyrządów Pomiarowych i Pracowni Napraw.

---

<sup>1/</sup> Pod pojęciem utrzymywanie wzorca rozumie się ogół czynności technicznych i prawnych, mających na celu wyznaczenie i zagwarantowanie odtwarzania z określoną dokładnością miary wielkości reprezentowanej przez ten wzorzec.



2. Rejestracja we właściwym terytorialnie organie administracji jakości i miar.
3. Systematyczne uzupełnianie bazy technicznej niezbędnej do sprawdzania użytkowych narzędzi pomiarowych objętych nadzorem TIP.
4. Właściwa obsada kadrowa TIP.

#### 1.4. Dotychczasowa działalność TSP

TSP objęła swoją działalnością przede wszystkim przedsiębiorstwa PPTiI. Zorganizowano TIP we wszystkich Okręgowych Dyrekcjach PIT oraz przy GUTM i IŁ.

Początkiem działalności metrologicznej było powstanie w roku 1957 /z inicjatywy Instytutu Łączności/ Pracowni Wzorców przy Zakładzie Miernictwa IŁ. Praktyczna działalność Pracowni Wzorców rozpoczęła się jednak dopiero w 1959 r.

W celu powołania resortowej służby pomiarowej niezbędne było opracowanie odpowiednich przepisów. W tym celu przedstawiciele IŁ prof. M. Łapiński i mgr inż. J. Kuśmierkiewicz zgodnie z obowiązującym wówczas dekretem z dnia 29.10.1951 r. o organach administracji miar oraz miarach i narzędziach mierniczych /por. Dz. Ust. Nr 26 poz. 175 z roku 1951/ przeprowadzili szereg rozmów z przedstawicielem ówczesnego GUM. W wyniku rozmów uznano za celowe przystąpienie do opracowania odpowiednich dokumentów prawnych, powołujących dwustopniową resortową służbę pomiarową, składającą się z:

- 1/ Centralnej Izby Pomiarowej,
- 2/ szeregu terenowych izb pomiarowych.

W wyniku opracowania przez IŁ projektu odpowiednich przepisów dotyczących służby, a następnie przez Ministerstwo Łączności przepisów o gospodarowaniu aparaturą pomiarową powstało Zarządzenie Wewnętrzne Ministra Łączności Nr 6/W z dnia 7.II.1961r. regulujące sprawy prawne związane z powołaniem TSP.

W wyniku dalszych rozmów z GUM podpisany został w dniu 2.II.1962 r. "Protokół porozumienia zawartego między Głównym Urzędem Miar a Instytutem Łączności w Warszawie" w sprawie objęcia przez IŁ roli instytucji resortowej powołanej do sprawdzania i atestowania narzędzi pomiarowych.

Powyższe dokumenty regulowały tymczasowo stan prawny. W oparciu o nie przystąpiono do tworzenia TSP, a w związku z tym do:

- 1/ powołania odpowiednich komórek organizacyjnych,
- 2/ tworzenia bazy technicznej TSP.

Należy zauważyć, że o ile realizacja obu zagadnień w odniesieniu do TIP była sprawą łatwiejszą, to stworzenie bazy technicznej CIPT wymagało wieloletnich prac naukowo-badawczych i konstrukcyjnych. Podstawowym zadaniem organizacyjnym było wyszkolenie personelu TIP, gdyż ówczesna obsada wszystkich TIP /z wyjątkiem TIP przy GUTM/ nie posiadała odpowiednich kwalifikacji.

Do roku 1966 przeszkolono personel TIP w zakresie podstawowych zagadnień metrologicznych i zorganizowano bazę aparaturową przeznaczoną do pomiarów podstawowych /prąd i napięcie stałe, opór przy prądzie stałym, indukcyjność i pojemność/.

Równolegle rozbudowywano bazę techniczną CIPT oraz opracowywano niezbędne przepisy metrologiczne dla TIP.

Tablica 1

Aktualne wyposażenie techniczne Telekomunikacyjnych Izb Pomiarowych resortu łączności

/ Tablica obrazuje stan na IV kwartał 1971 r. /

| TIP                          | Gdańsk | Katowice | Kraków | Lublin | Łódź | Olsztyn | Poznań | Szczecin | Warszawa | Wrocław | GUM |
|------------------------------|--------|----------|--------|--------|------|---------|--------|----------|----------|---------|-----|
| Stanowisko do pomiaru        |        |          |        |        |      |         |        |          |          |         |     |
| Napięcia stałego             | X      | X        | X      | X      | X    | X       | X      | X        | X        | X       | X   |
| Prądu stałego                | X      | X        | X      | X      | X    | X       | X      | X        | X        | X       | X   |
| Oporu przy prądzie stałym    | X      | X        | X      | X      | X    | X       | X      | X        | X        | X       | X   |
| Indukcyjności                | X      | X        | X      | X      | X    | X       | X      | X        | X        | X       | X   |
| Pojemności                   | X      | X        | X      | X      | X    | X       | X      | X        | X        | X       | X   |
| Impedancji                   |        | X        | X      | X      | X    | X       | X      | X        | X        | X       | X   |
| Poziomu napięcia przemienego |        | X        | 0      |        | X    | X       | X      |          | X        |         | 0   |

X - stanowiska zbudowane przez TIP i odebrane komisynie przez CIPT

0 - stanowiska zbudowane przez TIP i zgłoszone do odbioru

- białe pola oznaczają, że stanowiska wymagają uzupełnień aparatury.

Możliwości pomiarowe Telekomunikacyjnej Służby Pomiarowej  
 Tablica obrazuje stan na początku 1971 r.

U w a g a . Przy każdej wielkości podano przeciętną niedokładność, z jaką można wykonać pomiar

| Wielkość                 | C I P T                                      | T I P                                  |
|--------------------------|--|--|
| Napięcie stałe           | 0,01 mV ... 600 V<br>±0,002 %                | 1 mV ... 500 V<br>±0,02 %              |
| Prąd stały               | 0,1 μA ... 10 A<br>±0,003 %                  | 10 μA ... 6 A<br>±0,03 %               |
| Opór przy prądzie stałym | 1 mΩ ... 1212 Ω<br>±0,001 %                  | 1 mΩ ... 1 MΩ<br>±0,05 %               |
| Indukcyjność             | 10 μH ... 10 H<br>50 Hz ... 1 kHz<br>±0,02 % | 10 μH ... 10 H<br>do 6 kHz<br>±0,1 %   |
| Pojemność                | 0,1 pF ... 10 μF<br>800/1000 Hz<br>±0,01 %   | 10 pF ... 10 μF<br>do 10 kHz<br>±0,1 % |

| Wielkość                                   | C IPT  | T IP   |
|--|--|--|
| Napięcie przemienne<br>i poziom napięciowy | 0,5 V ... 60 V<br>50 Hz<br>$\pm 0,02\% \dots \pm 0,1\%$  | 2 V ... 1000 V<br>50 Hz<br>$\pm 0,2\% \dots \pm 0,5\%$   |
|  | 10 mV ... 100 V<br>20 Hz ... 10 kHz<br>$\pm 0,05\% \dots \pm 0,1\%$  | -6,2 Np ... +3,2 Np<br>20 Hz ... 1 MHz<br>$\pm 0,005 \text{ Np} \dots \pm 0,015 \text{ Np}$                          |
| Impedancja                                 | 10 mV ... 20 V<br>100 kHz ... 1 MHz<br>$\pm 0,05\% \dots \pm 0,2\%$  |  |
|  | Modul: $ Z  1\Omega \dots 1 \text{ M}\Omega$<br>Kąt: $\varphi 0^\circ \dots \pm 90^\circ$<br>$\pm 0,3\% i \pm 1^\circ$ | Modul: $ Z  1\Omega \dots 1 \text{ M}\Omega$<br>Kąt: $\varphi 0^\circ \dots \pm 90^\circ$<br>$\pm 1\% i \pm 1^\circ$ |
| Tłumienność                                | 0,01 Np ... 10 Np<br>prąd stały<br>$\pm 0,001 \text{ Np}$  |  |

Do roku 1971 zorganizowano w TIP bazę techniczną w postaci stanowisk pomiarowych. Stan obecny tej bazy obrazuje tabl. 1 /pominięto w niej TIP przy IŁ ze względu na inne zadania niż w pozostałych TIP i związaną z tym odmienną bazą techniczną/.

Stanowiska w TIP /podane w tabl. 1/ oraz posiadane wyposażenie TIP zapewniają możliwości pomiarowe, które obrazuje tabl. 2.

W roku 1970 resort łączności wystąpił do CUJM z wnioskiem w sprawie upoważnienia wybranych TIP /Gdańsk, Olsztyn, Poznań, Katowice, Kraków, Warszawa/ do legalizacji niektórych kontrolnych narzędzi pomiarowych w zakresie prądu i napięcia stałego oraz oporu przy prądzie stałym. Wyżej wspomniane upoważnienie zostało nadane zarządzeniem Prezesa CUJM z dnia 2. XII. 1971 r. /Monitor Polski Nr 59 z dnia 27. XII. 71 poz. 395/. W roku 1968 Instytut Łączności uzyskał od CUJM uprawnienia do legalizacji niektórych narzędzi pomiarowych, stanowiących własność IŁ, resortu łączności lub zakładów produkujących sprzęt telekomunikacyjny dla potrzeb resortu łączności.

#### 1.5. Inicjatywy IŁ w zakresie koordynacji służby uwierzytelniania elektronicznej aparatury pomiarowej

Równoległe z działalnością IŁ w zakresie tworzenia resortowej TSP coraz wyraźniej ujawniały się potrzeby rozwiązania zagadnienia uwierzytelniania elektrycznej i elektronicznej aparatury pomiarowej w innych resortach. Wyrazem tego była na przykład działalność Grupy Roboczej ds. Elektronicznej Aparatury Pomiarowej przy Ministerstwie Przemysłu Ciężkiego. Zagadnienie to było poruszone na Radzie Naukowej Ministerstwa Łączności, na posiedzeniach Koordynacyjnych Narad Dyrektorów Instytutów branżowych, PAN i ZPEiT.

Jednakże do 1966 roku rozmowy międzyresortowe miały charakter bardziej ogólny i nie precyzowały decyzji pociągających za sobą posunięcia organizacyjne. Sytuacja taka wynikała z tego, że od 1962 roku powstawał projekt zmodyfikowanej ustawy o miarach i nikt nie chciał dokonywać posunięć, które mogłyby okazać się sprzeczne z projektowaną wówczas ustawą.

Wobec braku perspektyw na szybkie uregulowanie sprawy w skali ogólnokrajowej, a równocześnie z uwagi na pilne potrzeby resortu, IŁ uznał za celowe rozwinąć działalność na bazie dotychczasowych przepisów i w dniu 27.11.1965 r. powołał samodzielny zakład naukowo-badawczy pod nazwą Centralnej Izby Pomiarów Telekomunikacyjnych /CIPT/.

Zagadnienie koordynacji prac dotyczących uwierzytelniania elektronicznej aparatury pomiarowej poruszone zostało ponownie na III krajowej Konferencji Metrologii i Mechaniki Precyzyjnej organizowanej we wrześniu 1966 r. przez Podkomitet Pomiarów Polskiego Komitetu Pomiarów i Automatyki NOT.

W 1967 roku z inicjatywy CUJM odbyła się narada, na której CUJM przedstawił swoje propozycje organizacji ogólnokrajowej siatki sprawdzeń elektronicznej aparatury pomiarowej. Propozycja CUJM zawierała projekt utworzenia czterech izb pomiarowych wyższego rzędu, prowadzących prace metrologiczne, począwszy od napięcia stałego aż do napięcia przemiennego bardzo wielkiej częstotliwości.

Po analizie propozycji CUJM, IŁ przedstawił kontrpropozycję, która obejmowała projekt utworzenia czterech izb wyższego rzędu, lecz zajmujących się pomiarami w pewnych określonych granicach częstotliwości. Obie propozycje zakładały utworzenie izb pomiarowych niższego rzędu podległych izmom wyższym.

Sprawa koordynacji prac związanych z omawianym zagadnieniem wypłynęła ponownie przy tworzeniu aktualnego planu pięcioletniego. W wyniku inicjatywy IŁ doszło do uzgodnienia poglądów z CUJM i na spotkaniu w dniu 27 maja 1971 r. przedstawiciele IŁ i CUJM uzgodnili wstępnie zakres częstotliwościowy, którym będzie się docelowo zajmowała resortowa TSP, oraz uzgodnili wstępnie formy współpracy pomiędzy siatką TSP a ogólnokrajową siatką organizacji jakości i miar.

#### 1.6. Ekonomiczne aspekty uwierzytelniania aparatury pomiarowej

Rozpatrując ekonomiczne aspekty uwierzytelniania, należy wyróżnić dwa zagadnienia:

- a/ sprawdzanie okresowe i po naprawie użytkowych narzędzi pomiarowych,
- b/ sprawdzanie i legalizację kontrolnych narzędzi pomiarowych.

Należy stwierdzić, że niezależnie od sposobu rozwiązania zagadnienia sprawdzania i legalizacji kontrolnych narzędzi pomiarowych, resort łączności - z racji posiadania dużej ilości narzędzi pomiarowych - zmuszony jest rozwiązywać we własnym zakresie zagadnienie sprawdzania użytkowych narzędzi pomiarowych,

Rozpatrując ekonomiczne aspekty uwierzytelniania aparatury pomiarowej, należy wziąć pod uwagę następujące czynniki:

- a/ wartość aparatury pomiarowej resortu łączności,
- b/ koszty laboratoriów,
- c/ pracochłonność sprawdzeń,
- d/ efekty okresowych sprawdzeń użytkowych narzędzi pomiarowych,



e/ sprawdzenie i legalizacja kontrolnych narzędzi pomiarowych.

#### 1.6.1. Wartość aparatury pomiarowej resortu łączności

Ogólna liczba narzędzi pomiarowych w resorcie łączności przekracza 50000 szt. Ogólną wartość aparatury /licząc w cenach bieżących/ szacuje się na ponad 400.000.000 zł. Jest rzeczą charakterystyczną, że wartość grupy przyrządów elektrycznych, które stanowią  $2/3$  całkowitej liczby przyrządów, wynosi zaledwie 10% wartości całej aparatury pomiarowej.

#### 1.6.2. Koszty laboratoriów

Koszty wyposażenia laboratoriów składają się z kosztów wzorcowej i pomocniczej aparatury pomiarowej, kosztów związanych z zagwarantowaniem odpowiednich warunków klimatycznych i urządzeń zasilających oraz kosztów wykonania odpowiednich wzorcowych stanowisk pomiarowych w oparciu o posiadane wzorce i aparaturę pomocniczą.

Wysokość nakładów na wyposażenie laboratoriów zależy od wymagań dotyczących dokładności, jaką ma gwarantować dane laboratorium w zakresie poszczególnych jednostek miar. Należy zauważyć, że dla laboratoriów mających gwarantować niezbyt dużą dokładność najważniejszą częścią kosztów będzie koszt zakupu odpowiedniej aparatury pomiarowej. Dla laboratoriów mających gwarantować największą dokładność dominować będą koszty własnych, unikalnych opracowań stanowisk wzorcowych.

W chwili obecnej brak jest w Polsce dostatecznego zasobu doświadczeń, które pozwoliłyby generalnie ująć zagadnienie kosztów

wyposażenia laboratoriów przeznaczonych do kontrolowania elektrycznej i elektronicznej aparatury pomiarowej. Pewną ilustracją tego zagadnienia mogą być dane opublikowane przez Crowa w IRS Transaction of Instrumentation nr 2/1960, dotyczące kształtowania się kosztów tego rodzaju laboratoriów w warunkach amerykańskich /rys. 3/ oraz obliczony przez CIPT koszt aparatury pomiarowej, potrzebnej do zbudowania stanowiska do wzorcowych pomiarów poziomu.

Budowa stanowiska do wzorcowych pomiarów poziomu przewidziana jest w trzech wersjach:

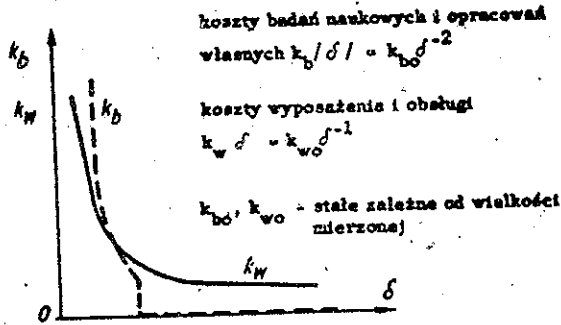
- 1/ pomiary do 1 MHz w oparciu o miernik poziomu Rel 3D 322a f-my Siemens,
- 2/ pomiary do 1 MHz w oparciu o woltomierz cyfrowy V 526 f-my Elpo lub LM 1420 f-my Solartron,
- 3/ pomiary do 10 MHz w oparciu o przetworniki termoelektryczne produkcji IŁ /w perspektywie stanowisko umożliwiałoby pomiary do 30 MHz/.

Stanowiska można podzielić na trzy bloki: blok zasilania, blok kontrolnego źródła napięcia sinusoidalnego oraz blok pomiarowy.

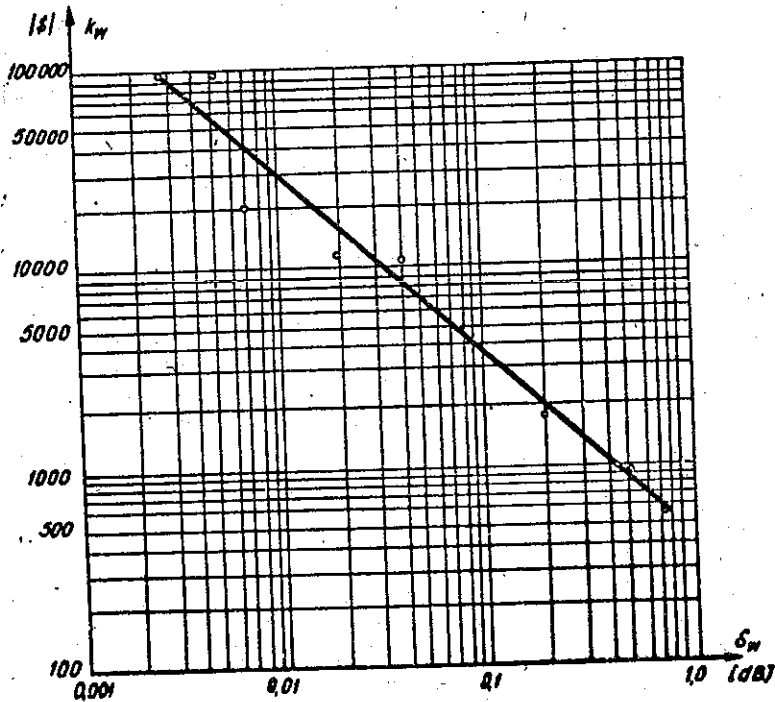
Koszty stanowiska kształtują się wg tablicy 3.

Koszty uwidocznione w tablicy 3 nie obejmują kosztów zbudowania stanowiska stałego, w którym będą zmontowane aparaty pomiarowe.

Należy zwrócić uwagę, że w warunkach polskich koszty zakupu aparatury pomiarowej wiążą się z wydatkami dewizowymi i to - jak podaje tablica 3 - głównie z krajów kapitalistycznych.



Rys. 3a. Typowe wykresy funkcji kosztów badań naukowych i opracowań własnych  $k_b$  oraz kosztów obsługi i wyposażenia izby pomiarowej w aparaturę komercyjną  $k_w$  w zależności od maksymalnego błęd pomiarowego  $\delta$



Rys. 3b. Wykres aproksymującej funkcji kosztów wyposażenia stanowiska do wzorcowania tłumików  $k_w$  / w dolarach / w zależności od maksymalnego błęd tłumieniowego / w decybelach /

Tablica 3

Koszty budowy stanowiska do wzorcowych pomiarów poziomu

|   | Wersja I   | Wersja II  | Wersja III   |
|---|--|--|--|
| Blok zasilania                                  |  | 21000 zł   |  |
| Blok kontrolnego źródła napięcia sinusoidalnego | 47000 + 69000 zł w tym<br>9500 + 31000 KK i 38000 KS |  |  |
| Blok pomiarowy                                  | 33000 zł w tym<br>2000 zł prace<br>własne, reszta KK | 80000 + 214000 zł<br>w tym 60000 środków<br>krajowe<br>reszta KK | 129000 + 263000 zł<br>w tym 26000 + 214000 zł<br>środki KK |
| Razem   | do 123000 zł<br>w tym 62000 zł KK                    | do 304000 zł<br>w tym 91000 zł KK                                | do 333000 zł<br>w tym 245000 zł KK                         |

Jeśli chodzi o koszty dotychczasowego wyposażenia laboratoriów TSP, to w chwili obecnej wartość wzorcowej i pomocniczej aparatury pomiarowej, jaką ma 11 TIP /przy DOPiT i GUTM/ wynosi ponad 9 mln zł.

Koszty wyposażenia CIPT we wzorcową i pomocniczą aparaturę pomiarową wynoszą 4.000.000 zł. natomiast koszty związane z prowadzeniem prac naukowo-badawczych i konstrukcyjnych, prowadzonych w CIPT w latach 1959 do 1970, wyniosły 7.000.000 zł.

### 1.6.3. Pracochłonność sprawdzeń

Pracochłonność sprawdzeń użytkowych narzędzi pomiarowych uzależniona jest od:

- stopnia skomplikowania kontrolowanego przyrządu,
- dokładności kontrolowanego przyrządu,
- kwalifikacji personelu,
- rozwiązania funkcjonalnego stanowiska pomiarowego.

Pierwsze dwa czynniki są czynnikami obiektywnymi i decydują o wyborze metody pomiarowej i o niezbędnej ilości pomiarów. Pozostałe czynniki mają charakter indywidualny dla poszczególnych laboratoriów.

Przyjmując za przykład sprawdzenie przeciętnego woltomierza elektronicznego /szerokopasmowego miernika poziomu/ mającego 10 podzakresów, którego sprawdzenie wymaga wykonania 120 pomiarów /nie uwzględniając pomiarów impedancji wejściowej, stabilności, wpływu zmian napięcia zasilania i warunków klimatycznych/, dochodzi się do następujących wniosków:

W celu sprawdzenia co najmniej raz na 3 lata każdego użytkowe-

go przyrządu pomiarowego resortu łączności niezbędna jest minimalna ilość 130 tysięcy roboczogodzin w skali rocznej.

Uwzględniając fakt, że duża część przyrządów użytkowych musi być sprawdzona u użytkownika, powodując zwiększenie pracochłonności /dojazdy, zestawienie stanowisk/, można oszacować, że dla realizacji założenia: sprawdzenie każdego przyrządu użytkowego raz na trzy lata - potrzeba zatrudnić w TIP wyłącznie do tych zadań co najmniej 80 odpowiednio kwalifikowanych pracowników.

#### 1.6.4. Efekty okresowych sprawdzeń użytkowych narzędzi pomiarowych

Reasumując powyższe rozważania, należy odpowiedzieć na następujące pytanie: czy i na ile jest opłacalna taka działalność i czy uzasadnione jest ponoszenie tych stosunkowo wysokich kosztów przez resort łączności. Oczywiście pytanie to nie uwzględnia obowiązków wynikających z ogólnopństwowych aktów prawnych, lecz dotyczy wyłącznie strony techniczno-ekonomicznej zagadnienia.

Uwzględniając fakt, że w działalności resortu największą część urządzeń, umożliwiających właściwą jego działalność usługową stanowi urządzenie elektroniczne oraz że w elektronice każdą informację uzyskuje się na drodze pomiaru, można stwierdzić, że przyrząd pomiarowy, którego rzeczywiste wskazania wykraczają poza dopuszczalne dla niego tolerancje dokładności, jest źródłem fałszywych informacji. Fałszywe informacje są oczywistą przyczyną fałszywych wniosków i decyzji, powodujących wadliwą pracę systemów telekomunikacyjnych.

Oprócz zagadnienia zagwarantowania rzetelności wskazań przyrządu pomiarowego w czasie jego normalnej eksploatacji, istnieje zagadnienie sprawdzenia rzetelności wskazań przyrządu po naprawie. O doniosłości tego problemu może świadczyć fakt, że poszczególne TłP przy DOPiT /nie uwzględniając Zjednoczeń i H./ naprawiają średnio rocznie 1200 + 1400 przyrządów pomiarowych. Stanowi to około 25% ogólnej liczby przyrządów tych przedsiębiorstw.

Należy tu zaznaczyć, że przyrządy kierowane są również do naprawy /oprócz sytuacji awaryjnych/ w wyniku okresowych przeglądów /co 1 ... 2 lat/. Przeglądy te obejmują oględziny zewnętrzne lub pobieżne. Sprawdzenie ich polega na sprawdzaniu za pomocą na przykład przyrządu uniwersalnego punktów pracy lamp. Oględziny takie jednak nic nie mówią o wiarygodności wskazań przeglądanego przyrządu.

Reasumując można stwierdzić, że jeżeli nie dokonuje się okresowych sprawdzeń, to po okresie od 2 do 4 lat następuje całkowita dekapitalizacja przyrządu mimo zachowania jego formalnej wartości księgowej.

Przyrządy o nierzetelnych wskazaniach powodują złą pracę systemów telekomunikacyjnych, a to powoduje złą jakość usług świadczonych przez resort na rzecz społeczeństwa.

W przemyśle sytuacja taka powoduje jeszcze groźniejsze skutki, gdyż rezultatem będzie tutaj zamiast złej jakości usług zła jakość wyrobów, prowadząc tym samym do nieobliczalnych strat materialnych.

Można więc postawić twierdzenie, że dokładność i systematyczność okresowych sprawdzeń kosztuje, lecz male stosunkowo oszczędności prowadzą do wielkich strat.

### 1.6.5. Sprawdzanie i legalizacja kontrolnych narzędzi pomiarowych

Zagadnienie sprawdzania i legalizacji kontrolnych narzędzi pomiarowych resortu łączności, tak jak już poprzednio stwierdzono, może być rozwiązane przez resort lub przez ogólnokrajową organizację jakości i miar.

Do chwili obecnej nie ma w Polsce takiej organizacji, która mogłaby zrealizować potrzeby resortu w zakresie ww. zagadnienia. Spowodowało to konieczność rozwiązania problemu przez resort we własnym zakresie

Działająca przy IL Centralna Izba Pomiarów Telekomunikacyjnych ma obowiązek sprawdzenia i legalizowania narzędzi kontrolnych TSP, prowadzenia prac naukowo-badawczych z dziedziny metrologii oraz opracowywania metod i instrukcji pomiarowych dla TIP. Oprócz tej działalności CIPT opracowuje wymagania techniczno-eksploatacyjne i instrukcje obsługi stanowisk pomiarowych.

CIPT, sprawdzając dla resortu kontrolne narzędzia pomiarowe, zwraca tym samym nakłady poniesione na tę część działalności. Przykładem w tym przypadku może być sprawdzenie kontrolnego miernika poziomu Rel 3D 322 firmy Siemens, którego sprawdzenie w CUJM zgodnie z cennikiem CUJM /M. P. Nr 4 z dn. 22.09.1969 r/ kosztowałoby 8000 zł /bez jakichkolwiek regulacji/.

Biorąc pod uwagę, że dla każdej TIP - oprócz kontrolnego miernika poziomu - należy zalegalizować /sprawdzić/: kontrolne źródło napięcia przemiennego, kontrolny tłumik, wzorce pojemności, indukcyjności oporu, ogniwa normalne, kompensatory, kontrolne mierniki impedancji itp., należy stwierdzić, że wartość prac le-



galizacyjnych wykonywanych przez CIPT w odniesieniu do narzędzi kontrolnych resortu łączności wynosi około 500 tys. złotych rocznie.

Należy podkreślić, że gdyby nawet same usługi legalizacyjne w odniesieniu do kontrolnych narzędzi pomiarowych były świadczone przez CUJM, to i tak należałoby prowadzić znaczną część służby metrologicznej w resorcie, jak np.: opracowywanie projektów stanowisk pomiarowych w TIP, wykonywanie i sprawdzanie tych stanowisk, kontrola okresowa narzędzi użytkowych w TIP, szkolenie personelu itp.

Można więc stwierdzić, że działalność TSP w zakresie utrzymywania wzorców pierwotnych i prowadzenia własnej sieci legalizacji narzędzi pomiarowych jest w aktualnych warunkach krajowych uzasadniona. Działalność CIPT oraz TIP może przynosić dodatkowy dochód pod warunkiem rozszerzenia działalności legalizacyjnej na zainteresowane zakłady przemysłowe, co jest możliwe pod warunkiem zwiększenia obsady kadrowej CIPT, jak również TIP.

## 2. DZIAŁALNOŚĆ METROLOGICZNA TSP W ZAKRESIE PRZEKAZYWANIA POPRAWNEJ MIARY PODSTAWOWYCH WIELKOŚCI ELEKTRYCZNYCH

W rozdziale drugim omówiona zostanie w zasadzie tylko struktura metrologiczna przekazywania poprawnej miary podstawowych wielkości elektrycznych. Prace badawcze dotyczące pomiarów wielkości podstawowych /w aspekcie metrologicznym - odtwarzanie wartości i przekazywanie wyznaczonych wartości/ ograniczają się w dobie obecnej albo do zagadnień związanych z wyznaczeniem błędów precyzyjnych pomiarów - 0,001% ... 0,00001% - al-

bo do zagadnień natury raczej fizycznej, związanych z pomiarami bardzo małych i bardzo dużych wartości. Zagadnienia te, a właściwie niektóre z nich, opracowane w IŁ nie mieszczące się w ramach tego artykułu, będą omówione w jednym z najbliższych numerów "Prac Instytutu Łączności".

## 2.1. Zagadnienia metrologiczne dotyczące napięcia stałego

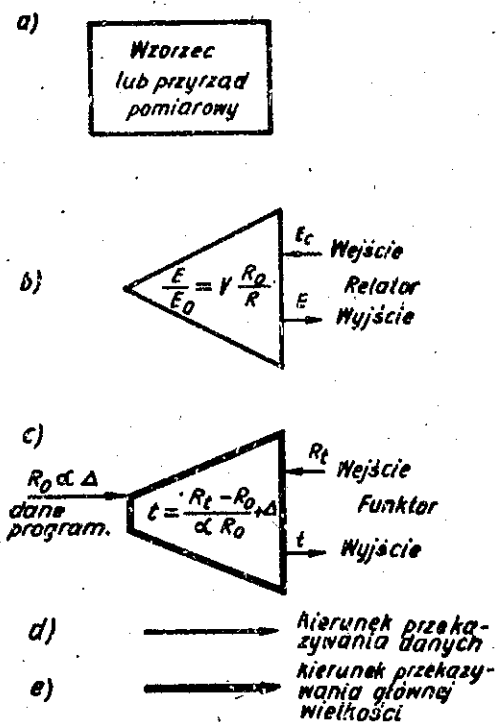
### 2.1.1. Wstęp

Wzajemne relacje wzorców i przyrządów pomiarowych w procesie przekazywania poprawnej miary wielkości od wzorców pierwotnych do użytkowych narzędzi pomiarowych tworzą strukturę metrologiczną przekazywania poprawnej miary wielkości, przedstawioną graficznie za pomocą odpowiednich schematów metrologicznych. Podstawowymi elementami takiego schematu są: wzorce<sup>1/</sup>, relatory<sup>2/</sup> i funktry<sup>2/</sup> /por. rys. 4/. Relator jest to element struktury metrologicznej przeznaczony do wyznaczania relacji pomiędzy wartościami wielkości pomiarowych w poszczególnych punktach tej struktury, a w szczególności pomiędzy wartościami wielkości reprezentowanymi przez wzorce lub wskazywanymi przez przyrządy pomiarowe. Funktor jest to element struktury metrologicznej przeznaczony do przetwarzania wartości jednej lub, wielu wielkości pomiarowych na określoną wartość innej wielkości pomiarowej lub równoważną informację.

---

<sup>1/</sup> Termin wg słownika Metrologii Prawnej. CUJM 1967.

<sup>2/</sup> Terminy "relator" i "funktor" zostały wprowadzone i są stosowane w TSP.



Rys. 4. Symboliczne oznaczenia elementów schematu metrologicznego

Problematyka powyższa zostanie nieco szczegółowiej zarysowana na przykładzie miary jednej z najbardziej "pierwotnych" wielkości elektrycznych, jaką jest napięcie elektryczne; całość zagadnień z tym związanych stanowi punkt wyjścia wielu problemów metrologicznych dotyczących bazy przyrządowej, metodyki badań, relacji: napięcie stałe - napięcie przemienne itd. Doceniając wagę tego zagadnienia, zrealizowano w CIPT pierwotny wzorzec napięcia stałego Flasy 0,001 oraz opracowano metodykę przekazywania poprawnej miary napięcia w celu umożliwienia wzorcowania:



- 1/ aparatury kontrolnej Telekomunikacyjnych Izb Pomiarowych klasy 0,01 /kompensator, ogniwo normalne/ ,
- 2/ źródeł napięcia stałego jako wzorców odniesienia dla wzorców napięcia przemiennego klasy 0,005,
- 3/ woltomierzy cyfrowych klasy 0,001.

Na rysunku 5 przedstawiono schemat metrologiczny przekazywania poprawnej miary napięcia stałego.

### 2.1.2. Pierwotny wzorzec napięcia stałego

Pierwotny wzorzec napięcia stałego zrealizowany w CIPT/IŁ dla potrzeb Telekomunikacyjnej Służby Pomiarowej składa się z trzech układów: układu termostatu z automatyczną regulacją temperatury, układu do pomiaru temperatury i zmian temperatury oraz układu komparatora do wyznaczania różnicy sił elektromotorycznych /SEM/ ogniw normalnych. Grupa 22 ogniw normalnych utrzymywana jest w stałej temperaturze o wartości  $20 \pm 0,02$  K. Proces regulacji temperatury "obserwowany" jest przez rejestrator układu automatycznej regulacji temperatury, który zmianę stanu równowagi termicznej otoczenia ogniw normalnych wskazuje jako zmianę częstotliwości przebiegu rejestrowanego. Niezależnie od tego - w celu bezpośredniego i szybkiego wyznaczania zmian temperatury - układ do pomiaru temperatury może być nastawiony na ciągłe śledzenie zmian temperatury w wybranym punkcie.

Niestalność temperatury  $\pm 0,02$  K ogranicza niestalność SEM ogniwa do  $\pm 1 \mu\text{V}$ , co może być pominięte wobec założonej niedokładności wzorca  $\pm 0,001\%$ , czyli  $\pm 10 \mu\text{V}^{1/}$ .

<sup>x/</sup> Przypomina się, że przybliżona wartość SEM nasyconego ogniwa normalnego Westona wynosi 1,018 V.

Za pomocą odpowiedniego komparatora wyznacza się różnice SEM poszczególnych ogniw, a stąd - średnią wartość SEM takiego wzorca grupowego. Przez eliminowanie ogniw, których wartości SEM odbiegają zbyt od średniej wartości SEM wzorca i wskutek bardzo wolnego dryfu SEM uzyskuje się wysoki poziom ufności dotyczący poprawnej miary wzorca napięcia, która może być przekazana z wydzielonej grupy ogniw /roboczej/ poprzez komparator lub bezpośrednio do obwodu standaryzacji kompensatora, lub woltomierza cyfrowego.

### 2.1.3. Metodyka przekazywania poprawnej miary napięcia elektrycznego

Przekazywanie poprawnej miary napięcia elektrycznego od wzorca pierwotnego do użytkowej aparatury pomiarowej realizuje się dwiema drogami: bezpośrednią /wzorzec pierwotny - relator - urządzenie pomiarowe użytkowe/ oraz pośrednią poprzez wzorce wtórne /wzorzec pierwotny - wzorzec wtórny - relator - urządzenie pomiarowe użytkowe/.

Drogę pierwszą stosuje się w przypadku aparatury użytkowej o małej niedokładności /0,05% lub mniej/, drugą - w przypadku większej niedokładności. Wzorce wtórne stanowią wyposażenie izb pomiarowych niższego /względem CIPT/ rzędu, tzn. TIP /por. pkt. 1.2.1./.

Jako relatory stosowane są kompensatory o układach klasycznych.

Całość dokumentacji dotyczącej metodyki i opis relacji wzajemnych narzędzi pomiarowych i przyborów pomiarowych w procesie przekazywania poprawnej miary napięcia elektrycznego podane są w opracowaniach wymienionych na końcu rozdziału 2.

W Telekomunikacyjnych Izbach Pomiarowych na stanowisku kompensatora wzorcuje się użytkowe wzorce napięcia /ogniwa/ oraz kontrolne mierniki odchyłowe /woltomierze i amperomierze kl.0,1; 0,2 i 0,5/ w oparciu o wzorzec wtórny. Kontrolne mierniki odchyłowe służą z kolei do wzorcowania użytkowych mierników odchyłowych. Telekomunikacyjne Izby Pomiarowe wyposażone są na ogół w kompensatory firmy Tinsley klasy 0,01 oraz ogniwa normalne tejże firmy. Urządzenia pomocnicze /zasilacze, dzielniki napięć itp./ są produkcji krajowej. Do wzorcowania amperomierzy stosuje się oporniki wzorcowe firmy Tinsley o wartościach 0,02Ω, 0,1Ω, 1Ω, 10Ω oraz oporniki wzorcowe firmy M8llenbach o wartościach 1 mΩ, 10 mΩ, 100 mΩ, 1Ω, 10Ω, 100Ω, 1000Ω i 10000Ω, klasy 0,01.

## 2.2. Zagadnienia metrologiczne dotyczące rezystancji

### 2.2.1. Wstęp

W celu umożliwienia wzorcowania:

a/ aparatury kontrolnej Telekomunikacyjnych Izb Pomiarowych klasy 0,01 /oporniki wzorcowe firmy M8llenbach/ ,

b/ wzorców rezystancji jako wzorców odniesienia dla wzorców impedancji klasy 0,01 i do układu do pomiaru temperatury

opracowano metodykę przekazywania poprawnej miary rezystancji od wzorców do wzorcowanej aparatury pomiarowej.

Ponieważ nie klimatyzowane pomieszczenia laboratorium utrudniają realizację wzorców rezystancji klasy 0,001, niezbędnych do wykonania zadań z punktów a/ i b/ , przystąpiono do realizacji





pierwotnego, grupowego wzorca rezystancji  $1\Omega$ , który będzie wzorcem odniesienia dla wzorców w zakresie  $1\text{ m}\Omega \dots 100\text{ M}\Omega$  łącznie z termostatem zmniejszy pracochłonność pomiarów rezystancji o niedokładności  $0,001\%$  /nie będzie wymagana ani weryfikacja wartości wzorców przed każdym cyklem pomiarów, ani uwzględnianie skomplikowanego systemu pomiaru zmian temperatury w różnych obiektach w celu obliczania poprawek w funkcji temperatury/.

Na rysunku 6 przedstawiono schemat metrologiczny przekazywania poprawnej miary rezystancji.

### 2.2.2. Pierwotny wzorzec rezystancji

Pierwotny wzorzec rezystancji stanowi grupa sześciu rezystorów normalnych o wartości  $1\Omega$  /produkcji ZSRR/ utrzymywana w stałej temperaturze  $23^{\circ} \pm 0,05^{\circ}\text{C}$ . Poza termostatem z układem regulacji temperatury, który może pomieścić 12 sztuk rezystorów, w skład wzorca wchodzi układ do ciągłego pomiaru temperatury z cyfrowym odczytem o rozdzielności  $\pm 0,025^{\circ}\text{C}$ .

### 2.2.3. Metodyka przekazywania poprawnej miary rezystancji

Jako relatory do wyznaczania stosunku wartości wzorców rezystancji /pierwotnego i wtórnego/ wykorzystuje się kompensatory i mostki-komparatory. Całość metodyki i opis regulacji wzajemnych narzędzi pomiarowych i przyborów pomiarowych w procesie przekazywania poprawnej miary rezystancji podane są w opracowaniach podanych na końcu rozdziału 2.

Telekomunikacyjne Izby Pomiarowe za pomocą wtórnych wzor-

ców oporu /firmy Möllenbach o wartościach 1 m $\Omega$ , 10 m $\Omega$ , 100 m $\Omega$ , 1  $\Omega$ , 10  $\Omega$ , 100  $\Omega$ , 1000  $\Omega$ , 10000  $\Omega$  oraz f-my ZOMP o tych samych wartościach - komplet odniesienia i roboczy/ wzorcują mostki do pomiaru oporu przy prądzie stałym oraz omomierze odchyłowe. Jako relatory służą: kompensator f-my Tinsley lub mostek Wheatstone'a f-my Tinsley o rozróżnialności 1 na 10<sup>6</sup>. Mostki kontrolne wzorcuje się za pomocą pomiaru wartości oporu każdego elementu w mostku, a mostki użytkowe wzorcuje się za pomocą pomiaru wzorcowych dekad oporowych na mostku sprawdzanym. W ten sam sposób wzorcuje się omomierze. W trakcie realizacji znajdują się układy do wzorcowania megaomomierzy /do 10<sup>12</sup>  $\Omega$ / za pomocą zestawu oporów wzorcowych /pomiar wzorcowy oporów o wartościach od 100 k $\Omega$  do 10<sup>12</sup>  $\Omega$  - metodą odchyłową/.

### 2.3. Zagadnienia metrologiczne dotyczące temperatury

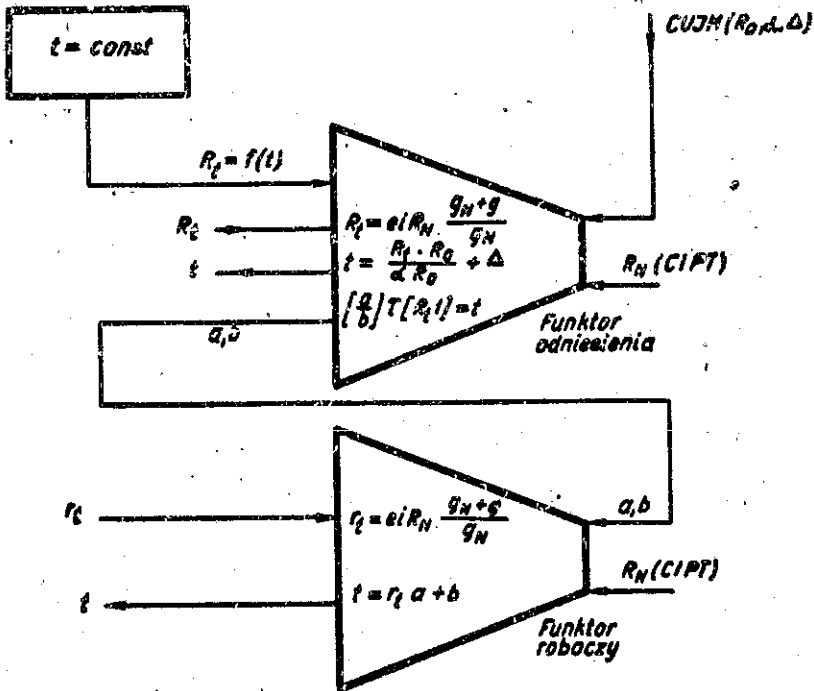
Częścią układu wzorca napięcia i wzorca rezystancji jest urządzenie do pomiaru temperatury, z niedokładnością 0,02 K i do pomiaru zmian temperatury o rozróżnialności 0,002 K. Do pomiaru o takiej niedokładności wymagane są m.in. czujniki termometryczne klasy 0,01, nie produkowane w Polsce. W celu uniknięcia zakupu kosztownej, importowanej aparatury opracowano metodę umożliwiającą wykorzystanie czujników termometrycznych kl. 0,1 polskiej produkcji do pomiarów o niedokładności 0,02%.

Na rysunku 7 przedstawiono schemat metrologiczny przekazywania poprawnej miary temperatury.

W celu przekazania poprawnej miary temperatury wykorzystu-

je się oporowe czujniki termometryczne Pt 25<sup>1/</sup> w układzie funk-  
tora odniesienia i Pt 100 w układzie funkтора roboczego.

Pomiar temperatury realizuje się w dwu etapach: pomiar oporu  
czujników w mierzonej temperaturze i wyznaczanie temperatury z  
równania czujnika. O ile opory obydwu czujników mierzy się meto-



Rys. 7. Schemat metrologiczny przekazywania poprawnej miary  
temperatury

da kompensacyjną w odniesieniu do wzorca oporu 100  $\Omega$  klasy  
0,001 w identycznym układzie pomiarowym, o tyle proces wyzna-

<sup>1/</sup> Platynowy czujnik klasy 0,01 o oporze 25  $\Omega$  firmy Cambridge.

czania temperatury jest różny dla każdego z nich ze względu na różny charakter równań.

## 2.4. Zagadnienia metrologiczne dotyczące pojemności i indukcyjności

### 2.4.1. Wstęp

W celu umożliwienia wzorcowania:

a/ aparatury kontrolnej Telekomunikacyjnych Izb Pomiarowych /induktory klasy 0,01, kondensatory klasy 0,1 oraz mostki do pomiaru pojemności i indukcyjności klasy 0,1/ ,

b/ wzorców pojemności jako wzorców odniesienia dla wzorców impedancji klasy 0,05 /patrz pkt. 2.4.3./

opracowano metodykę przekazywania poprawnej miary pojemności oraz metodykę przekazywania poprawnej miary indukcyjności.

### 2.4.2. Metodyka przekazywania poprawnej miary pojemności

Przekazywanie poprawnej miary pojemności odbywa się wg przyjętego w Telekomunikacyjnej Służbie Pomiarowej schematu przekazywania poprawnej miary wielkości elektrycznej /patrz rys. 8/.

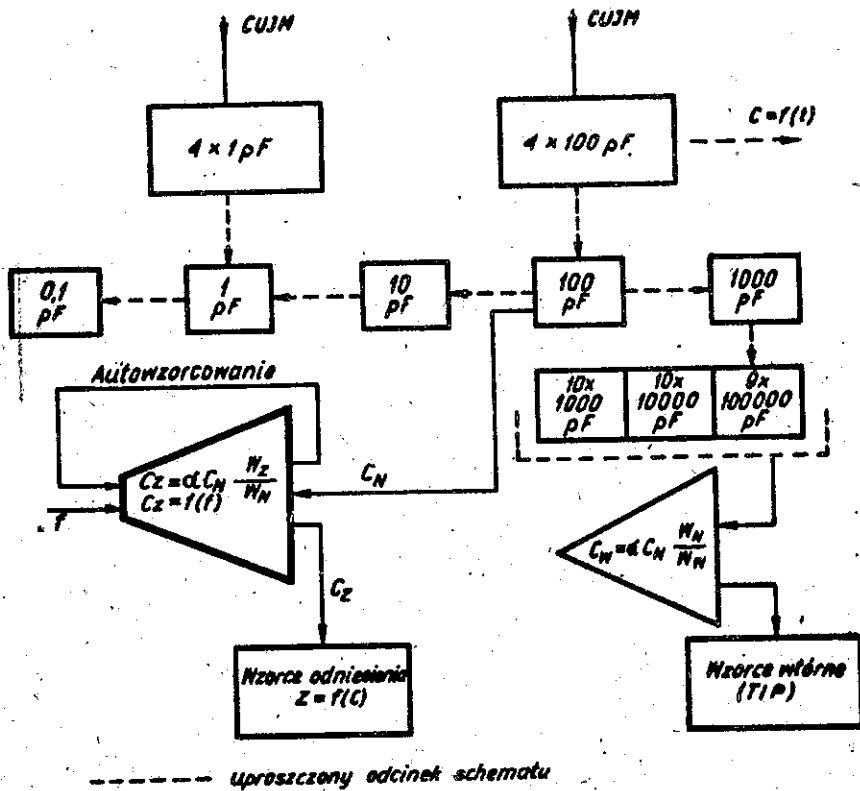
Pierwotne wzorce odniesienia<sup>1/</sup> przechowywane w CIPT mają

<sup>1/</sup> Grupę pierwotnych wzorców odniesienia stanowi komplet kondensatorów f-my General Radio oraz kondensator dekadowy f-my Sullivan.

Kondensatory stale pokrywają zakres od 0,1 pF do 1000 pF.

Kondensator dekadowy od 0,001 μF do 1 μF.

Wartość pojemności pierwotnych wzorców odniesienia wyznaczona została z niedokładnością:  $\pm 0,005\% \dots \pm 0,1\%$ .



Rys. 8. Uproszczony schemat metrologiczny przekazywania poprawnej miary pojemności w TSP

wartość pojemności wyznaczoną w wyniku porównań z wzorcami państwowymi i międzynarodowymi /CUJM, WNIIM/ i służą do wyznaczania wartości pojemności pierwotnych wzorców roboczych oraz wtórnych wzorców, stanowiących wyposażenie TIP. Relacje między tymi grupami wzorców otrzymujemy na drodze pomiarów porównawczych. Metodyka oraz opis wzajemnych relacji narzędzi pomiarowych w procesie przekazywania poprawnej miary pojemności podane są w opracowaniach [13....,18].

### 2.4.3. Rozszerzenie zakresu pomiarowego w kierunku małych pojemności

W Centralnej Izbie Pomiarów Telekomunikacyjnych wykonywane są wzorcowania w zakresie pojemności: od 10 pF do 10  $\mu$ F z niedokładnością:  $\pm 0,05\%$ , ...  $\pm 0,5\%$  lub 0,1 pF, przy 1 kHz.

Niedokładność wyznaczania wartości pojemności mniejszych od 10 pF zwiększana jest przez wzrastający błąd nieczułości układu pomiarowego f-my Sullivan /przy pomiarze pojemności 1 pF błąd nieczułości wynosi  $\pm 2\%$ /.

W roku 1969 rozpoczęto prace nad rozszerzeniem zakresu pomiarowego /w kierunku małych wartości/ stosowanej w TSP drogi przekazywania poprawnej miary pojemności. Zależało nam na wyznaczeniu wartości pojemności poniżej 10 pF z niedokładnością nie gorszą niż  $\pm 0,05\%$  przy 1 kHz /wymagany zakres pojemności oraz niedokładność wyznaczenia poprawnej miary zostały określone na podstawie "Projektu wstępnego zespołu wzorcowych stanowisk pomiarowych do pomiaru impedancji" - CIPT 1967/. Poprawna miara pojemności jest między innymi odniesieniem do poprawnej miary impedancji.

W wyniku przeprowadzonego wstępnego rozeznania i analizy metod pomiaru małych wartości pojemności z uwzględnieniem zmniejszenia niedokładności pomiaru ustalono koncepcję układu odniesienia /wzorzec 1 pF/ oraz wytypowano układ mostka transformatorowego do wzorcowych pomiarów małych wartości pojemności /zalecani układu jest duża rozróżnialność, dokładny pomiar pojemności bezpośrednich z wykluczeniem pojemności do ziemi bez stosowania obwodów uziemiających i pomocniczych równoważeń/.

Następnie opracowano "Program realizacji pierwotnego wzorca odniesienia o wartości pojemności 1 pF" - CIPT, 1970. Praca obejmowała zapoznanie się ze sposobami realizacji bezwzględnego wzorca pojemności /w innych laboratoriach metrologicznych/ w postaci kondensatora "prętowego" o wyliczonej wartości pojemności oraz opracowanie programu realizacji wzorca o wartości pojemności 1 pF w TSP. Mając do wyboru dwie koncepcje: skonstruowanie kondensatora o wyliczonej wartości pojemności lub utworzenie wzorca grupowego z kilku wysokostabilnych kondensatorów jednakowego typu o jednakowej nominalnej wartości pojemności i biorąc pod uwagę potrzeby TSP oraz możliwości wykonawcze, wybrano drugą drogę, tj. utworzenie wzorca grupowego.

Obecnie trwają prace nad zagadnieniem wyznaczania wartości pojemności grupy kondensatorów oraz nad uruchomieniem układu do pomiaru małych wartości pojemności.

#### 2.4.4. Rozszerzenie zakresu częstotliwościowego pomiaru pojemności

Obecnie przekazywanie poprawnej miary pojemności odbywa się przy częstotliwości 1 kHz. Prowadzone są prace przygotowawcze dotyczące rozszerzenia zakresu częstotliwościowego do 100 kHz, a następnie do 1 MHz. Opracowanie metodyki wyznaczenia średniej wartości wzorca grupowego o wartości 1 pF w zakresie częstotliwości do 1 MHz przewidziane jest w latach 1972/74.

#### 2.4.5. Problemy zmniejszenia pracochłonności wzorcowań drogą automatyzacji pomiarów pojemności i obliczeń

Istniejące stanowiska do przekazywania poprawnej miary pojemności są wyposażone w aparaturę zakupioną głównie w latach 1959-1961. Jest to aparatura klasyczna, za pomocą której pomiary i opracowanie wyników pomiaru są bardzo pracochłonne. Dlatego też dla zwiększenia możliwości legalizacyjnych TSP należałoby wprowadzić nowy model stanowiska o zautomatyzowanych czynnościach, szczególnie odnośnie opracowywania i podawania wyników pomiaru. Ogólny schemat zautomatyzowanego stanowiska do pomiaru pojemności przedstawia rys. 9.



Rys. 9. Ogólny schemat zautomatyzowanego stanowiska do pomiaru pojemności

W ramach prac nad automatyzacją stanowisk pomiarowych rozpoczęto studia wstępne nad komercyjną aparaturą przetwarzania danych, m.in. zapoznano się z układem automatycznego mostka do pomiaru LCR firmy Solartron /układ obejmuje mostek LCR typ EX 1732 oraz zestaw sterujący typ ED 1730/. Urządzenie służy do pomiaru parametrów elementów LCR. Równoważenie składowej głównej i składowej reszkowej odbywa się automatycznie, dając



wynik w postaci pięciocyfrowego wskazania świetlnego. Dane techniczne ww. urządzenia są następujące<sup>1/</sup>:

| Zakres mierzonych wartości<br>/pełna podziałka/ | Niedokładność pomiaru  | Częstotliwość<br>/kHz/ |
|---|--|------------------------|
| 110,00 pF...11,000 μF                           | $\pm 0,01\%$ odczytu $\pm 0,02\%$ maksymalnej wartości zakresu | 1                      |
| 11,000 mH., 110,00 H                            | $\pm 0,15\%$ odczytu $\pm 0,05\%$ maksymalnej wartości zakresu | 1,592                  |
| 100,00 Ω...11,000 MΩ                            | $\pm 0,05\%$ odczytu $\pm 0,02\%$ maksymalnej wartości zakresu | 1                      |

Urządzenie powyższe ma możliwość zdalnego sterowania oraz współpracy z układami drukującymi.

#### 2.4.6. Metodyka przekazywania poprawnej miary indukcyjności

Przekazywanie poprawnej miary indukcyjności odbywa się wg przyjętej w TSP drogi przekazywania poprawnej miary wielkości elektrycznej.

<sup>1/</sup> Szczegółowe informacje patrz instrukcja fabryczna do mostka EX 1732 firmy Solartron.

Pierwotne wzorce odniesienia<sup>1/</sup> przechowywane w Centralnej Izbie Pomiarów Telekomunikacyjnych /CIPT/ mają wartość indukcyjności wyznaczoną w wyniku porównań z wzorcami państwowymi i międzynarodowymi /CUJM i WNIIM/ i służą do wyznaczania wartości indukcyjności pierwotnych wzorców roboczych oraz wtórnych wzorców /będących wyposażeniem Telekomunikacyjnych Izb Pomiarowych/. Relację między tymi grupami wzorców otrzymujemy na drodze pomiarów porównawczych. Przebieg czynności jest określony w przepisach [18]. Metoda wyznaczania wartości indukcyjności oraz opracowanie wyniku pomiaru jest przeprowadzone podobnie jak przy wyznaczaniu miary pojemności.

Przenoszenie wartości indukcyjności odbywa się na drodze pomiarów porównawczych na stanowisku do pomiaru indukcyjności cewek powietrznych, zbudowanym w oparciu o mostek firmy Sullivan typ AC 1100 /mostek w układzie Maxwella/.

Zakres wzorcowanych wartości: 10  $\mu$ H ... 10 H

niedokładność:  $\pm 0,02\%$  ...  $\pm 0,4\%$

częstotliwość: 55 Hz, 1000 Hz.

Problemy unowocześniania /automatyzacja stanowisk/sposobu przekazywania poprawnej miary indukcyjności będą rozpatrywane łącznie z unowocześnieniem drogi przekazywania poprawnej miary pojemności.

<sup>1/</sup> Grupę pierwotnych wzorców odniesienia stanowi komplet /24 szt./ induktorów, firmy Sullivan, o wartościach nominalnych indukcyjności w układzie dziesiętnym 1, 2, 3, 4, 10  $\times 10^a$ , gdzie a=0, 1, 2...

Zakres indukcyjności; od 1  $\mu$ H do 1 H. Wartość indukcyjności pierwotnych wzorców odniesienia wyznaczona została z niedokładnością:  $\pm 0,02\%$  lub  $\pm 0,02 \mu$ H.

## WYKAZ LITERATURY

1. Chodakowski L.: Wyznaczenie relacji wartości SEM wzorców napięcia elektrycznego. /IŁ, Warszawa 1970/.
2. Chodakowski L.: Droga przekazywania poprawnej miary temperatury w CIPT. /IŁ, Warszawa 1970/.
3. Chodakowski L.: Wyznaczenie średniej wartości SEM wzorca napięcia. /IŁ, Warszawa 1969/.
4. Chodakowski L.: Droga przekazywania poprawnej miary napięcia elektrycznego w CIPT. /IŁ, Warszawa 1969/.
5. Chodakowski L.: Stanowisko do wzorcowania kompensatorów i cyfrowych mierników napięcia. /IŁ, Warszawa 1969/.
6. Kalinowska B.: Pomiar temperatury we wzorcu napięcia w układzie ze wzorcem oporu klasy 0,001. /IŁ, Warszawa 1969/.
7. Chodakowski L.: Instrukcja pomiaru temperatury i zmian temperatury we wzorcu napięcia. /IŁ, Warszawa 1968/.
8. Chodakowski L.: Wyznaczanie relacji wartości wzorców rezystancji. /IŁ, Warszawa 1970/.
9. Filisiewicz L.: Przepisy w zakresie zachowania jednolitości miary rezystancji w TIP. /IŁ, Warszawa 1968/.
10. Filisiewicz L.: Przepisy w zakresie zachowania jednolitości miary napięcia elektrycznego w TIP. /IŁ, Warszawa 1968/.
11. Filisiewicz L.: Przepisy w zakresie zachowania jednolitości miary prądu elektrycznego w TIP. /IŁ, Warszawa 1968/.

12. Gochnio Z.: Instrukcja sprawdzenia elektrycznych mierników odchyłowych prądu i napięcia w TIP. /IL, Warszawa 1968/.
13. Święcka St.: Wyznaczanie relacji wartości pojemności. CIPT Warszawa 1968.
14. Święcka St.: Instrukcja wzorcowania wtórnych wzorców pojemności. CIPT Warszawa 1968.
15. Święcka St.: Przepisy w zakresie zachowania jednolitości miary pojemności w TIP. CIPT Warszawa 1969.
16. Święcka St.: Utrzymywanie i określanie relacji wartości jednostki indukcyjności. CIPT Warszawa 1967.
17. Święcka St.: Instrukcja wzorcowania wtórnych wzorców indukcyjności. CIPT Warszawa 1968.
18. Święcka St.: Przepisy w zakresie zachowania jednolitości miary indukcyjności w TIP. CIPT Warszawa 1969.

### 3. DZIAŁALNOŚĆ METROLOGICZNA TELEKOMUNIKACYJNEJ SŁUŻBY POMIARÓW W ZAKRESIE IMPEDANCJI I TŁUMIENNOŚCI

#### 3.1. Wstęp

Impedancja i tłumienność to dwie wielkości związane z transmisją energii w torach telekomunikacyjnych. Zagadnienia metrologiczne dotyczące obu tych wielkości zostały przestudiowane i przedyskutowane w latach 1963 - 1964 [1] i [2]. Ustalono wówczas założenia projektowe na budowę stanowisk do pomiarów wielkości e-

lektrycznych stosowanych w teletransmisji w zakresie częstotliwości od 100 Hz do 300 kHz.

W latach następnych po powstaniu Centralnej Izby Pomiarów Telekomunikacyjnych /CIPT/ utworzono Pracownię Pomiarów Teletransmisyjnych, która zajęła się opracowywaniem i uruchamianiem stanowisk do pomiaru impedancji i tłumienności w szerszym zakresie częstotliwości niż to miało miejsce dotychczas, a mianowicie dla zakresu częstotliwości:

od 30 Hz do 1,6 /2/ MHz dla systemów symetrycznych,  
od 0,1 do 60 /100/ MHz dla systemów współosiowych.

W miarę realizacji dostaw i wykonań własnych aparatury badawczej i wzorców uruchamiane są stopniowo stanowiska do pomiaru obu wielkości /3/ oraz prowadzona jest działalność legalizacyjna.

### 3.2. Działalność TSP w zakresie wzorcowych pomiarów impedancji

#### 3.2.1. Potrzeby TSP

Kierunek działalności Telekomunikacyjnej Służby Pomiarów w zakresie wzorcowych pomiarów impedancji w resorcie łączności wynika z potrzeb służb eksploatacyjnych oraz wprowadzania do eksploatacji systemów współosiowych /por. tablicę 5/.

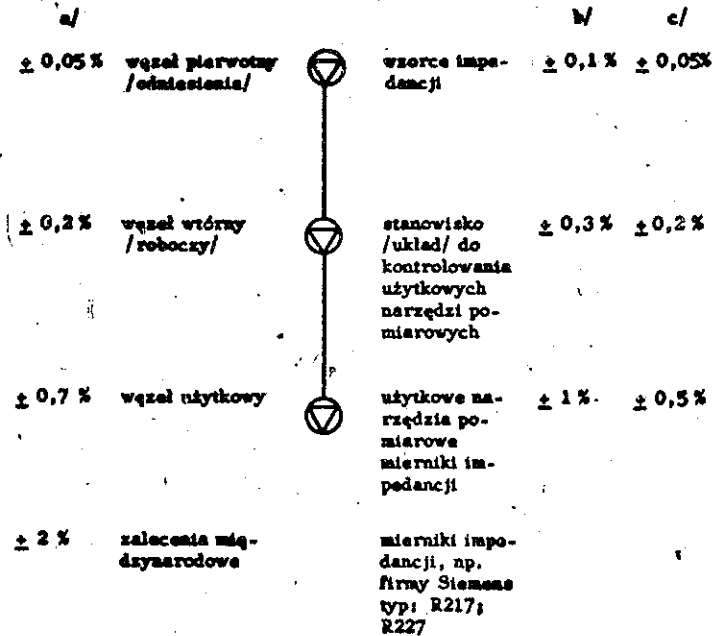
Podstawową potrzebą służb eksploatacyjnych jest wyznaczenie znormowanych wartości impedancji falowych urządzeń i traktów, przede wszystkim dla systemów symetrycznych. Zalecenia międzynarodowe dopuszczają tolerancję  $\pm 2\%$  na wartość modułu tych impedancji.

W celu określenia wartości impedancji obiektu badanego, na przykład toru telekomunikacyjnego, należy zastosować narzędzia pomiarowe o błędzie trzykrotnie mniejszym od żądanego wyżej przedziału /tolerancji/  $\pm 2\%$ , tj. około  $\pm 0,7\%$ . Tak określone błędy pomiaru impedancji stanowią podstawowe dane do tworzenia metrologicznej struktury Telekomunikacyjnej Służby Pomiarów /TSP/. Aby być pewnym założonych wyżej błędów pomiaru, należy sprawdzić /uwierzytelnić/ narzędzia pomiarowe do pomiaru impedancji również z błędem trzykrotnie mniejszym, tj. około  $\pm 0,2\%$ . W ten sposób powstaje następny stopień struktury metrologicznej - węzeł wtórny /roboczy/, którym jest na przykład stanowisko do kontrolowania użytkowych narzędzi pomiarowych - mierników impedancji. Do oceny błędów pomiarowych tego stanowiska niezbędne jest posiadanie wzorców impedancji wykonanych z błędem mniejszym od  $\pm 0,05\%$ .

Wzorce impedancji tworzą wyższy stopień opisywanej tu struktury metrologicznej, zwany węzłem pierwotnym /odniesienia/. Podana tu struktura metrologiczna jest zwana w TSP drogą przekazywania wartości jednostki miary impedancji /patrz rys. 10/.

Droga przekazywania wartości jednostki miary impedancji jest realizowana stopniowo przez rozszerzenie zakresów pomiarowych wartości impedancji /modułu i kąta/ i częstotliwości. Ze względów techniczno-ekonomicznych przyjęto następujący podział zakresów wartości impedancji, częstotliwości i błędów pomiarowych, opierając się na parametrach użytkowych mierników impedancji /dla węzła użytkowego/ - por. tablicę 4.

Dwa pierwsze zakresy obejmują działalność służb eksploatacyjnych dla systemów symetrycznych. Pozostałe dwa zakresy obejmują



Rys. 10. Schemat drogi przekazywania wartości jednostki miary impedancji w TSP

Błędy pomiarowe: a/ wynikające z zaleceń międzynarodowych, b/ wynikające z parametrów znamionowych użytkowych narzędzi pomiarowych, c/ wymagane

ją działalność wybranych jednostek służb eksploatacyjnych dla systemów wspólnych. W pierwszej kolejności zrealizowano w TSP w latach 1967-1971 drogę przekazywania wartości jednostki miary impedancji dla I i II zakresu częstotliwości wg wymagań na błędy pomiarowe jak w pkt. b/ na rys. 10. Trzeci zakres częstotliwości stanowi temat pracy TSP-CIPT w latach 1972-1975, natomiast zakres czwarty będzie realizowany w terminach późniejszych.

T a b l i c a 4

## Parametry użytkowych mierników impedancji

| Zakres częstotliwości | Wartość impedancji |  | Błąd pomiaru modułu |
|-----------------------|--------------------|--|---------------------|
|                       | moduł              | argument                               |                     |
| I. 30 Hz-100/150/kHz  | 0,1Ω-1 MΩ;         | $-\frac{\pi}{2} \dots + \frac{\pi}{2}$ | ± 1%                |
| II. 0,15-1,6/2/ MHz   | 1Ω-0,1 MΩ;         | $-\frac{\pi}{2} \dots + \frac{\pi}{2}$ | ± 1,5%              |
| III. 2 - 10 MHz       | 1Ω-10 kΩ;          | $-\frac{\pi}{2} \dots + \frac{\pi}{2}$ | ± 2%                |
| IV. 10 - 60/100/ MHz  | 10Ω-1 kΩ;          | $-\frac{\pi}{2} \dots + \frac{\pi}{2}$ | ±5%                 |

Należy podkreślić, że już obecnie istnieją potrzeby pomiarów impedancji w czterech zakresach częstotliwości podanych w tabelicy 4.

### 3.2.2. Realizacja drogi przekazywania wartości jednostki miary impedancji

W TSP droga przekazywania wartości jednostki miary impedancji jest budowana z dwu podstawowych elementów: wzorców / etalonów / impedancji i stanowisk pomiarowych / relatorów, komparatorów itp. / w Centralnej Izbie Pomiarów Telekomunikacyjnych i w Telekomunikacyjnych Izbach Pomiarowych.

Impedancja  $Z$  jest wielkością zespoloną określoną jednoznacznie przez dwie składowe:

$R$  - rezystancję i  $X$  - reaktancję w postaci algebraicznej  $Z=R+jX$

$|Z|$  - moduł i  $\varphi$  - argument w postaci wykładniczej  $Z=|Z|e^{j\varphi}$



Wielkością dualną do impedancji jest admitancja  $Y$ , którą określa się podobnie przez podanie dwóch składowych:  $G$  - konduktancji i  $B$  - susceptancji w zapisie  $Y = G + jB$  lub modułu  $Y$  i argumentu  $\phi$  w zapisie  $Y = |Y| e^{j\phi}$ . Zależność między impedancją i admitancją jest jednoznaczna  $|Z| = 1/|Y|$ , dlatego też nie jest realizowana osobno droga przekazywania jednostki miary admitancji.

Wzorce /etalony/ impedancji są realizowane z elementów o zdefiniowanych składowych: rzeczywistych - wzorce rezystancji i urojonych - wzorce reaktancji. Z tych dwu elementów przez komutację można w prosty sposób otrzymać zadaną wartość impedancji.

Fizyczna realizacja wzorców /etalonów/ jednej składowej jest praktycznie niemożliwa z powodu nieuchronnego występowania resztkowych składowych: reaktancyjnych /we wzorcach rezystancji/ i rezystancyjnych /we wzorcach reaktancji/. Dla określenia tych składowych niezbędne są stanowiska pomiarowe, wymagające specjalnych metod i układów pomiarowych oraz wzorców /z uwagi na bardzo małą wartość składowej resztkowej w porównaniu z wartością główną wzorca/.

Z powyższego wynika konieczność realizacji:

A - wzorców /etalonów/:

- rezystancji o minimalnych składowych reaktancyjnych
  - reaktancji: dodatniej - indukcyjności
  - ujemnej - pojemności
- } o małych stratach

B - stanowisk do pomiaru:

- rezystancji
- reaktancji: dodatniej  $/\omega L/$  i ujemnej  $/\frac{-1}{\omega C}/$

- składowych reaktancyjnych rezystorów / stałych czasowych/ ,
- strat kondensatorów i induktorów / stratności i dobroci/ ,

Realizacja drogi przekazywania wartości jednostki miary impedancji przebiega w kierunku stworzenia możliwości sprawdzania użytecznych narzędzi pomiarowych do pomiaru impedancji i admitancji, przede wszystkim dla I i II zakresu częstotliwości. Chronologicznie realizację tę można podzielić na dwa etapy:

- 1/ lata 1966-1969 - opracowanie i wykonanie stanowiska do pomiarów impedancji metodą komparacyjną,
- 2/ lata 1968-1971 - opracowanie i wykonanie stanowiska do sprawdzania mierników impedancji i admitancji.

Etap pierwszy stanowi podstawowy element do budowy węzła pierwotnego /odniesienia/ drogi przekazywania /rys. 10/. Realizacja etapu drugiego zamknie budowę węzła roboczego /wtórnego/ drogi przekazywania wartości jednostki miary impedancji w CIPT.

3.2.2.1. Stanowisko do pomiarów impedancji metodą komparacyjną. Stanowisko to, zwane w skrócie stanowiskiem komparatora impedancji, wykorzystane jest przede wszystkim do określenia parametrów głównych i resztkowych wzorców rezystancji względem wzorców w wykonaniu firmy General Radio oraz własnym CIPT. Stanowisko to pozwala również na szybkie i dokładne pomiary elementów realizujących wzorce rezystancji i reaktancji.

Stanowisko komparatora impedancji przedstawione na rys. 11

4 wykorzystuje układy pomiarowe realizowane w oparciu o metodę komparacji. Metoda ta polega na porównaniu impedancji obiektu badanego z impedancją wzorca. Wynik pomiaru odczytuje się ja-



Rys. 11. Widok stanowiska do pomiarów impedancji metodą komparacyjną

ko względną różnicę wartości modułów /w %/ i bezwzględną różnicę kątów fazowych /w radianach/.

Ta zasada pracy pozwala na pomiar impedancji dowolnego elementu biernego, jeśli tylko jest dostępny wzorzec lub element o impedancji określonej za pomocą innej metody pomiarowej. W stanowisku tym zastosowano komparator impedancji typu 1605-AH General Radio /na rys. 11 - panel środkowy/ o następujących parametrach:

a/ zakres pomiarowy:

|                                      |   |
|--------------------------------------|---|
| - rezystancji lub modułów            | /2/ 20 $\Omega$ - 2/20/ M $\Omega$            |
| - reaktancji - pojemność             | 40 pF - 80/800/ $\mu$ F                       |
| - indukcyjność                       | /20/200 $\mu$ H - 10000 H                     |
| - względnej różnicy wartości modułów | $\pm$ /0,1; 0,3; 1; 3;/10//%                  |
| - różnicy argumentów                 | $\pm$ /0,001; 0,003; 0,01;<br>0,03; /0,1//rad |
| - częstotliwości pomiarowych         | /0,1; 1; 10; 100/ kHz                         |

b/ błąd:

|   |          |
|---|----------|
| - wskazań względnej różnicy modułów i bezwzględnej różnicy argumentów | $\pm$ 3% |
| - nastawionej częstotliwości pomiarowej                               | $\pm$ 3% |

Uwaga: Wartości parametrów podane w nawiasach są osiągnane przy zmniejszonym napięciu pomiarowym z 1 V do 0,3 V.

W skład stanowiska komparatora wchodzi również dwa układy pomiarowe opracowane w CIPT [5], [6] /rys. 11, panele boczne/ przeznaczone do pomiaru stałej czasowej rezystorów drutowych. Wykorzystano w nich zjawisko zmiany częstotliwości sygnałów generowanych w układzie wg Clappa i Meissnera wskutek dołączenia do ich obwodu oscylacyjnego badanego rezystora. Obydwa układy

pracują przy częstotliwości około 550 kHz i pozwalają na pomiar stałej czasowej rezystorów w zakresie pomiarowym:

- rezystancji  $10\Omega - 100\Omega$  i  $200\Omega - 10\text{ k}\Omega$
- stałej czasowej  $\pm / 1 - 10^3 / \text{ ns}$ ;

z błędem pomiaru rzędu  $\pm 15\% \pm \tau_n$ , gdzie  $\tau_n$  - stała czasowa rezystora wzorcowego /warstwowego/.

W wyposażeniu stanowiska znajdują się stałe i nastawne wzorce rezystancji w wykonaniu firmy General Radio Typ 1440 i 1433-W, -Z o następujących parametrach:

| Typ rezystora  | 1440  | 1433-W                              | 1433-Z  |
|--|---|-------------------------------------|---|
| Zakres pomiarowy   |   |                                     |   |
| - rezystancji  | 1; 10; 100;<br>1000 $\Omega$<br>10; 100;<br>1000 $\text{k}\Omega$ | 0,01 $\Omega$ - 10 $\text{k}\Omega$ | 10 $\Omega$ - 10 $\text{M}\Omega$                             |
| - częstotliwości <sup>1/</sup>                           | 10 kHz -<br>- 1 MHz   |                                     | 1 kHz - 1 MHz   |
| Błąd wykonania przy:                                     |   |                                     |   |
| - prądzie stałym   | $\pm 0,01\%$  |                                     | $\pm 0,02\%$  |
| - prądzie zmiennym w<br>ww. zakresie czę-<br>stotliwości | ca $\pm 0,1\%$  |                                     | ca $\pm 0,02\%$ z wyjątkiem<br>dekady $\geq 1\text{ M}\Omega$ |

<sup>1/</sup> Zależny od wartości rezystancji i przyjętej wartości względnej różnicy modułu i rezystancji przy prądzie stałym.

3:2.2.2. Stanowisko do sprawdzania mierników impedancji i admitancji. Węzeł wtórny drogi przekazywania wartości jednostki miary impedancji służy przede wszystkim do kontrolowania użytkowych narzędzi pomiarowych do pomiaru impedancji [7] i [8]. W tym celu opracowano w CIPT stanowisko do sprawdzania użytkowych mierników impedancji i admitancji w następującym zakresie pomiarowym:

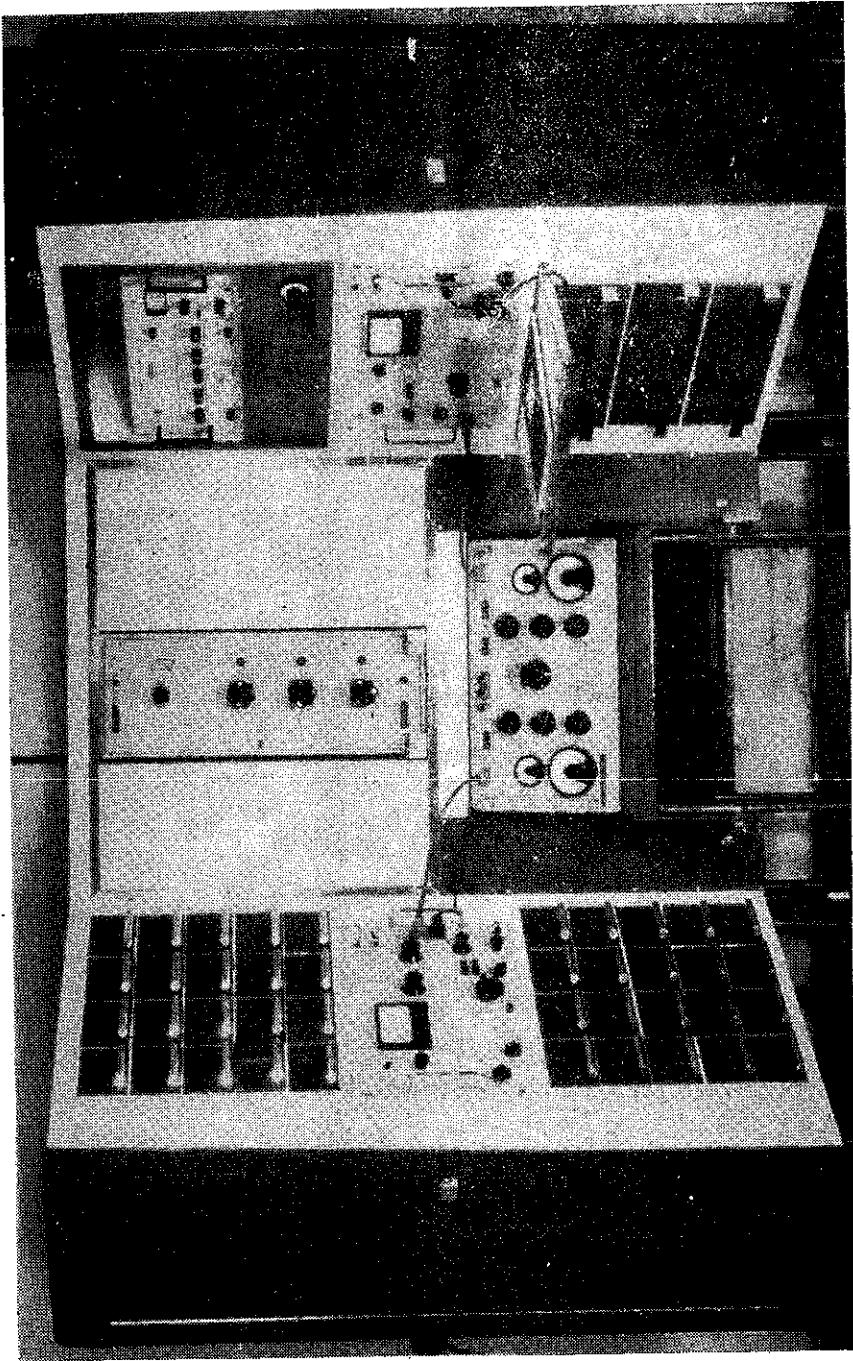
- częstotliwości 30 Hz - 1,5 MHz
- modułu impedancji 10  $\Omega$  - 100 k $\Omega$
- argumentu  $-\frac{\pi}{2} \dots + \frac{\pi}{2}$

Stanowisko to /por. rys. 12/ jest obecnie wykorzystywane do sprawdzania mierników impedancji /admitancji/ typu R217 ala lub R217 p firmy Siemens /NRF/ oraz SWM 3-2 firmy Messelektronik /NRD/ o błędzie pomiarowym ca  $\pm 1,5\%$ .

Sprawdzanie miernika impedancji [7] polega na kontroli prawidłowości jego wskazań, przede wszystkim przy częstotliwości 1000 Hz oraz określeniu charakterystyk częstotliwościowych tych wskazań. Z przeprowadzanych co dwa lata okresowych sprawdzeń wynika konieczność korekcji wskazań mierników przez wymianę wzorców rezystancji, tj. węglowych rezystorów warstwowych. W roku ubiegłym przeprowadzono korekcję wskazań mierników impedancji będących w posiadaniu Telekomunikacyjnych Izb Pomiarowych.

W wyniku tej korekcji stworzono możliwość pomiaru znormowanych wartości impedancji wejściowych mierników poziomu z błędem pomiaru mniejszym od  $\pm 1\%$  /ca  $\pm 0,7\%$ /.

Stanowisko składa się z trzech zasadniczych bloków:



Rys. 12. Widok stanowiska do sprawdzania mierników impedancji i admitancji

- źródeł napięć pomiarowych,
- wskaźników równowagi,
- wzorców impedancji

W skład bloku źródeł napięć pomiarowych wchodzi:

- generator m. cz. typu PW - 7 firmy ZOPAN dla I zakresu częstotliwości,
- generator teletransmisyjny typu Gv 704 firmy FMW - Lipsk /NRD/ dla II zakresu częstotliwości.

Użytkowe mierniki impedancji /admitancji/ wykonane są w oparciu o mostkowe układy pomiarowe, dlatego do stwierdzenia stanu ich równowagi stanowisko jest wyposażone w:

- wskaźnik zera firmy STC /Standard Telephones and Cables - /W. Brytania/ dla I zakresu częstotliwości o czułości rzędu  $1 \mu V$ ,
- selektywny miernik poziomu typu MU211 firmy FMW - Lipsk /NRD/ dla II zakresu częstotliwości.

Do sprawdzania wskazań składowej rzeczywistej mierników impedancji i admitancji używane są w stanowisku:

- nastawne wzorce rezystancji /komercyjne rezystory dekadowe/ dla I zakresu częstotliwości,
- stałe wzorce rezystancji lub konduktancji w wykonaniu własnym dla I i II zakresu częstotliwości.

W podobny sposób realizowane jest sprawdzanie wskazań składowej urojonej tych mierników /głównie pojemnościowej/. Sprawdzanie wskazań mierników impedancji dla dodatniej reaktancji prze-



prowadza się punktowo przez pomiar odpowiednich komercyjnych stałych wzorców indukcyjności.

W stanowisku niniejszym wykorzystuje się jako nastawne wzorce rezystancji rezystory dekadowe typu 1433-W, - Z firmy General Radio oraz rezystory dekadowe typu 118 i 119 firmy Ulrich. Błąd wykonania nastawnych wzorców rezystancji przy częstotliwości 1000 Hz jest mniejszy od  $\pm 0,1\%$ .

Sprawdzanie wskazań składowej rzeczywistej miernika impedancji /admitancji/ w funkcji częstotliwości jest wykonywane za pomocą jednowartościowych wzorców rezystancji i konduktancji w zakresie pomiarowym:

- wartości rezystancji 10 $\Omega$  - 110 k $\Omega$
- wartości konduktancji 10  $\mu$ S - 100 mS
- częstotliwości 0 - 1,5 MHz

Błąd wykonania wzorców wynosi:

- dla prądu stałego  $\pm 0,2\%$
- dla prądu przemiennego /1 MHz/  $\pm 0,3\%$

Wyżej wymienione wzorce rezystancji /konduktancji/ są wykonywane jako wzorce stałe o wartościach zmiennych skokowo w systemie dekadowym od 1 do 11 po pięć sztuk dla każdej wartości znamionowej w przedziale  $-2...+2\%$ . Konstrukcję i montaż wzorców wykonano w Instytucie Łączności.

W podobny sposób realizowane są obecnie wzorce reaktancji

- wzorce pojemności [9].

Sprawdzanie wskazań pojemności mierników impedancji i admitancji przy częstotliwości odniesienia 1000 Hz przeprowadza się za pomocą nastawnych kondensatorów:

- typ 802 firmy Ulrich dla układu niesymetrycznego
- typ 1423-A firmy General Radio dla układu symetrycznego, o następujących parametrach:

| Typ kondensatora                       | 802   | 1423-A  |
|--|---|---|
| Zakres nastawnych wartości pojemności: | 120 - 1150 pF<br>10 x 1 nF<br>10 x 10 nF<br>10 x 100 nF | od 100 pF<br>10 x 1 nF<br>10 x 10 nF<br>10 x 100 nF |
| Błąd wykonania przy 1000 Hz            | $\pm 0,25\%$  | $\pm 0,05\%$  |

Charakterystyka częstotliwościowa wskazań pojemności badanych mierników impedancji wyznaczona będzie za pomocą wzorców pojemności [8] o wartościach stałych, w wykonaniu własnym / podobnie jak wzorce rezystancji/ w zakresie pomiarowym:

- wartości pojemności z błędem wykonania: 100 pF - 100 nF
- przy częstotliwości 1000 Hz  $\pm 0,2\%$
- przy częstotliwości 1 MHz /w ograniczonym zakresie pojemności/  $\pm 0,5\%$

### 3.2.3. Działalność TSP w latach 72-75

Działalność TSP w zakresie wzorcowych pomiarów impedancji w 1972 r. skupi się głównie na budowie wtórnego węzła drogi przekazywania wartości jednostki miary impedancji w Telekomunikacyjnych Izbach Pomiarowych. Realizacja węzła wtórnego w TIP

pozwole na sprawdzanie użytkowych mierników impedancji w I zakresie częstotliwości wg instrukcji opracowanych w CIPT. W tym celu TIP zostaną wyposażone we wzorce rezystancji - drutowe rezystory dekadowe firmy INCO - Pyskowice wykonane z błędem  $\leq \pm 0,1\%$  dla 1000 Hz w zakresie wartości rezystancji 10  $\Omega$  - 1 M $\Omega$ . Za pomocą tych rezystorów będzie sprawdzana poprawność wskazań składowej rzeczywistej mierników impedancji. Składowa urojona wskazań tych mierników będzie sprawdzana wtórnymi wzorcami pojemności TIP - kondensatorami typ 802 firmy Ulrich.

W celu zagwarantowania rzetelności ww. wzorców rezystancji będzie rozbudowany w CIPT węzeł pierwotny /odniesienia/ drogi przekazywania wartości jednostki miary impedancji. Wykonane zostaną wzorce stałej czasowej - rezystory o wyliczonych składowych reaktancyjnych z wymiarów geometrycznych odpowiednio ukształtowanego drutu oporowego oraz układ mostkowy wg Wagnera i Wertheimera do pomiaru stałej czasowej rezystorów drutowych metodą porównawczą /porównanie z wzorcem stałej czasowej/.

Jednocześnie w węźle pierwotnym w CIPT wykonane zostanie stanowisko do kontrolowania wtórnych wzorców impedancji dla II zakresu częstotliwości /do 2 MHz/. W latach następnych, tj. 1973-1975 należy przygotować wykonanie wzorców i układów pomiarowych do pomiaru impedancji w III i IV zakresie częstotliwości /do około 60 MHz, patrz tabl. 5/.

Mierniki impedancji dla tych zakresów częstotliwości mierzą dwie składowe: rzeczywistą - rezystancję i urojoną - reaktancję, przede wszystkim ujemną realizowaną przez pojemność. Tak więc do sprawdzania tych mierników niezbędne będą wzorce obu składowych.

## Potrzeby resortu łączności dotyczące pomiarów impedancji

| Rodzaj potrzeb   | Błąd pomiaru w % | Zakres częstotliwości | Zainteresowana jednostka |
|--|------------------|-----------------------|--------------------------|
| 1. Pomiar impedancji:  |                  |                       |                          |
| a/ elementów realizujących wzorce impedancji                                 | 0,02 - 0,2       | I, II, III            | CIPT                     |
| b/ wejściowej o wartościach znormowanych kontrolowanych narzędzi pomiarowych | 0,2 - 0,5        | I, II, III, IV        | CIPT, TIP                |
| c/ falowej kabli współosiowych   | 0,2 - 0,5        | II, III, IV           | II                       |
| d/ wejściowej wysokoomowej kontrolowanych narzędzi pomiarowych               | 2 - 5            | I, II, III            | CIPT, TIP                |
| 2. Kontrolowanie narzędzi pomiarowych do pomiaru impedancji:                 |                  |                       |                          |
| a/ mierników impedancji w układzie symetrycznym                              | 0,1 - 0,3        | I, II                 | CIPT, TIP                |
| b/ mierników impedancji w układzie asymetrycznym                             | 0,2 - 1          | II, III, IV           | CIPT                     |
| c/ wzorców impedancji  | 0,05 - 0,5       | I, II, III, IV        | CIPT                     |
| d/ mierników RLC   | 0,05 - 0,2       | I                     | CIPT, TIP                |

Uwaga: W tablicy powyższej przyjęto następujące określenia:

- miernikiem impedancji jest miernik, który mierzy dwie składowe skalarne: moduł i argument lub składową rzeczywistą i urojoną impedancji,
- miernikiem RLC jest miernik, który mierzy jedną składową skalarną, np. składową rzeczywistą - rezystancję  $/R/$ ; lub składową reakcyjną indukcyjną  $/\omega L/$  lub pojemnościową  $/-1/\omega C/$

Wzorcem rezystancji będzie wzorzec nastawny wykonany z elementów cienkowsarstwowych - rezystorów cermetowych wg technologii Vishay, o następujących parametrach:

|  |                                  |
|--|----------------------------------|
| Zakres wartości nastawnych:            | 0,05-100,00Ω lub 1-99999 Ω       |
| Błąd wykonania                         | ≤ ± 0,01%                        |
| Zakres częstotliwości pomiarowych      | 0 - 100 MHz                      |
| Stabilność rezystancji                 | ± 5 - 20 - 10 <sup>-6</sup> /rok |
| Temperaturowy współczynnik rezystancji | -2 · 10 <sup>-6</sup> /°C        |

Jednocześnie w latach 73-75 należy przy współpracy z CUJM określić parametry resztkowe wzorców pojemności. Do tego celu niezbędne będzie skonstruowanie specjalnych układów pomiarowych wykorzystujących metody rezonansowe. Z metodami tymi wiąże się wyznaczenie parametrów cewek, a więc i mierników dobroci, tzw. Q-metrów. Określenie kolejności i terminów zakończenia tych prac w chwili obecnej jest niemożliwe.

### 3.3. Działalność TSP w zakresie wzorcowych pomiarów tłumienności

#### 3.3.1. Potrzeby

Potrzeby TSP w zakresie wzorcowych pomiarów tłumienności są liczbowo znacznie większe niż w przypadku miary impedancji. Liczba użytkowych wzorców jednostki miary tłumienności - tłumików jest kilkakrotnie większa /około 400 sztuk/ od liczby użytkowych mierników impedancji i admitancji. Fakt ten zmusza do utworzenia dwustopniowej siatki sprawdzeń tłumików. Tłumiki kontrol-

ne będą sprawdzane w Centralnej Izbie Pomiarów Telekomunikacyjnych, natomiast tłumiki użytkowe będą sprawdzane w Telekomunikacyjnych Izbach Pomiarowych.

Tłumik jest powszechnie używany w telekomunikacji jako narzędzie pomiarowe kontrolne przy pomiarach różnego rodzaju tłumienności urządzeń i traktów [10]. Tłumiki te w nomenklaturze metrologicznej są tłumikami użytkowymi TSP. Tłumiki są budowane z czwórników iernych głównie rezystancyjnych w zakresie częstotliwości od 0 do około 100 MHz. Tłumiki użytkowe TSP można podzielić na symetryczne i asymetryczne względem ziemi.

Tłumiki symetryczne są wykonywane dla zakresu częstotliwości od 0 do 1,5 /2/ MHz jako tłumiki nastawne w zakresie wartości tłumienności od 0 do 16 Np lub od 0 do 120 dB. Tłumiki asymetryczne są wykonywane dla zakresu częstotliwości od 0 do 10 /100/ MHz również jako tłumiki nastawne w zakresie wartości tłumienności od 0 do 13 Np lub od 0 do 100 dB.

Błąd wykonania tłumików użytkowych wynosi ca  $\pm 0,01$  Np /0,1 dB/ dla wartości jednostki miary, tj: 1 Np lub 1 B. Ziarnistość nastawienia wartości tłumienności jest na ogół nie większa niż 0,01 Np lub 0,1 dB.

Podstawowymi ogniwami, z których są budowane tłumiki nastawne, są ogniwa typu T lub  $\Pi$  o znamionowych wartościach tłumienności 0,01 Np lub 0,1 dB, 0,1 Np lub 1 dB, 1 Np lub 10 dB, 4 Np lub 30 dB, 5 Np lub 40 dB, 7 Np lub 50 dB, 8 Np lub 60 /70/ dB.

Tłumiki charakteryzują się jedną znamionową wartością impedancji falowej /czwórnik oporowo-symetryczny/, odpowiadającą jednej z wartości przyjętych za tzw. wartości znormowane, tj. 600, 300, 150, 75  $\Omega$  oraz 60 i 50  $\Omega$ .

Z wyżej przedstawionych danych można utworzyć podobnie jak dla impedancji strukturę metrologiczną dotyczącą drogi przekazywania wartości jednostki tłumienności w TSP.

Tłumiki użytkowe będą sprawdzane w TIP z błędem<sup>1/</sup> około  $\pm 3$  mNp /dla 1 Np/ lub  $\pm 0,025$  dB /dla 1 B/. Natomiast tłumiki kontrolne TIP, stosowane jako wtórne wzorce tłumienności TSP, będą sprawdzane w CIPT z błędem około  $\pm 1$  mNp /dla 1 NP/ lub  $\pm 0,01$  dB /dla 1 B/.

Droga przekazywania wartości jednostki miary tłumienności jest realizowana w TSP stopniowo, obejmując coraz większy zakres pomiarowy wartości tłumienności i częstotliwości.

Z analizy danych technicznych użytkowych tłumików TSP przyjęto następujący podział zakresów wartości tłumienności, częstotliwości i błędów pomiarowych /tablica 6/.

Obecna działalność służb eksploatacyjnych dla systemów symetrycznych obejmuje pierwsze dwa zakresy częstotliwości podane w tabl. 6. W pozostałych dwu zakresach częstotliwości ujęta jest działalność służb eksploatacyjnych /obecnie na wybranych rela-

<sup>1/</sup> Błąd wykonania tłumika można podać wg wyrażenia, jak np.

$$A = \pm / A \frac{p}{100} + \sigma A / \text{ Np}$$

gdzie:

A - nastawiona wartość tłumienności tłumika wyrażona w neperach

p - błąd względny wyrażony w procentach, wyznaczający składową błąd zależną od nastawionej wartości tłumienności A

$\sigma$  - składowa stała błędu wyrażona w neperach.

Tablica 6

Parametry tłumików użytkowych TSP

| Zakres częstotliwości | Wartość tłumienności | Niedokładność wskazań | Układ elektryczny |
|-----------------------|----------------------|-----------------------|-------------------|
| I 0 - 100/300/ kHz    | 0,01 - 16 Np         | $\pm 0,01 - 0,05$ Np  | symetryczny       |
| II 0 - 1,5 /2/ MHz    | 0,1 - 130 dB         | $\pm 0,1 - 0,5$ dB    | asymetryczny      |
| III 0 - 10 /20/ MHz   | 0,01 - 13 Np         | $\pm 0,01 - 0,1$ Np   | asymetryczny      |
| IV 0 - 100 MHz        | 0,1 - 120 dB         | $\pm 0,1 - 1$ dB      | asymetryczny      |



T a b l i c a 7

Wybrane przykłady potrzeb resortu łączności dotyczące pomiarów tłumienności

| Rodzaj potrzeb   | Wymagany błąd pomiaru           | Zakres częstotliwości | Jednostka zainteresowana |
|--|---------------------------------|-----------------------|--------------------------|
| 1. Pomiar tłumienności   |                                 |                       |                          |
| a/ falowej torów / odcinków fab. kabli/                        | $\pm 0,02$ Np<br>$\pm /0,2$ dB/ | I, II, III            | II                       |
| b/ przestuchowej   | $\pm 0,15$ Np                   | I, II                 | II                       |
| c/ asymetrii / 10-15/ Np                                       | $\pm 0,20$ Np                   | I, II                 | CIPT                     |
| 2. Kontrolowanie narzędzi pomiarowych do pomiaru tłumienności: |                                 |                       |                          |
| a/ tłumików użytkowych   | $\pm 0,003-0,01/$ Np            | I, II, III            | CIPT, TIP                |
| b/ tłumików kontrolnych  | $\pm 0,001-0,005/$ Np           | II, II, III, IV       | CIPT                     |
| c/ mierników tłumienności przestuchowej                        | $\pm 0,02-0,2/$ Np              | I, II                 | TIP                      |

cyjach/ i Instytutu Łączności /głównie przy ocenie prototypów/ dla systemów współosiowych. Realizację drogi przekazywania wartości jednostki tłumienności rozpoczęto już w roku 1966 [11], od początku zakresu częstotliwości, tj. od prądu stałego. Obecnie w CIPT uruchomione są stanowiska do sprawdzania tłumików prądem stałym oraz przygotowywane jest uruchomienie stanowisk pomiarowych w TIP. W latach 1970-1971 zestawiono laboratoryjne układy do sprawdzania tłumików kontrolnych TIP prądem zmiennym w zakresie częstotliwości od 100 kHz do 1 MHz. Obecnie w CIPT rozpoczęto prace nad realizacją stanowisk do sprawdzania tłumików kontrolnych TIP w II i III zakresie częstotliwości. Zakres IV częstotliwości będzie realizowany w latach następnych po otrzymaniu odpowiedniej aparatury badawczej. Obecna działalność legalizacji CIPT w zakresie tłumienności ogranicza się do sprawdzania ogniwo podstawowych tłumików kontrolnych w TIP, tj. tłumików niesymetrycznych  $75 \Omega$  lub symetrycznych  $150 \Omega$  /z uziemionym środkiem/.

Działalność TSP /CIPT w szczególności/ w zakresie wzorcowych pomiarów tłumienności zmierzać będzie również w kierunku budowy układów do pomiaru dużych wartości tłumienności nie tylko tłumików, lecz również innych czwórników, na przykład transformatorów symetryzujących /tłumiennosc asymetrii/.

Aktualne przykładowo wybrane potrzeby pomiarów tłumienności podaje tabl. 7.

### 3.3.2. Realizacja drogi przekazywania wartości jednostki miary tłumienności

Droga przekazywania wartości jednostki miary tłumienności jest budowana /podobnie jak dla impedancji/ z dwu podstawowych elemen-

tów: wzorców tłumienności - tłumików i stanowisk pomiarowych przeznaczonych do ich komparacji.

Tłumienność jest cechą układu elektrycznego lub urządzenia, określającą jego zdolność do tłumienia mocy. W telekomunikacji najprostszym przykładem takiego układu jest czwórnik, którego tłumienie mocy jest określone w jednostkach bezwymiarowych, tj. w neperach  $/N_p/$  lub decybelach  $/dB/$  zgodnie z następującymi definicjami:

$$A = \frac{1}{2} \ln \frac{P_1}{P_2} \quad /N_p/ \qquad A = 10 \lg \frac{P_1}{P_2} \quad /dB/$$

gdzie:  $P_1$  - moc pozorna dostarczana do wejścia czwornika,  
 $P_2$  - moc pozorna odebrana z wyjścia czwornika.

Wyznaczanie logarytmicznego stosunku mocy jest trudne, dlatego też w praktyce tłumienność jest wyznaczana ze stosunku odpowiednich napięć przy założeniu, że impedancje falowe czwornika oraz impedancje źródła i odbiornika są zdeterminowane. W tym celu realizuje się wzorce tłumienności - tłumiki, które są czwornikami biernymi /złożonymi z rezystancji/ o zadanej tłumienności falowej stałej lub nastawnej i zadanej impedancji falowej.

Błędy pomiarowe tłumików można podzielić na dwie grupy: błędy podstawowe określone przy prądzie stałym i błędy częstotliwościowe. Dla danego rozwiązania tłumika błąd częstotliwościowy ma przebieg prawie niezmienny z upływem czasu. Dlatego też okresowe pomiary tłumika prądem stałym określają jego aktualną dokładność. Należy tu dodać, że błędy częstotliwościowe tłumików przekraczają znacznie wartości błędów podstawowych, szczególnie dla górnej częstotliwości granicznej. Interesujący jest rów-

niez fakt liniowej zależności błędów tłumika od częstotliwości. Zależność tę wykorzystuje się do realizacji wtórnych wzorców tłumienności TSP /tłumików kontrolnych TIP/ z komercyjnych tłumików.

Tłumiki kontrolne TIP są stosowane do podziału napięcia w stanowiskach do kontrolowania użytkowych mierników poziomu napięciowego i mierników napięcia /woltomierzy/ w TIP.

Realizacja drogi przekazywania wartości jednostki miary tłumienności przebiega głównie w kierunku stworzenia możliwości sprawdzania tłumików kontrolnych w CIPT i tłumików użytkowych w TIP.

W początkowym okresie /lata 1966-1967/ realizowano stanowiska do kontrolowania tłumików prądem stałym. Następnie rozpoczęto realizację układów i stanowisk pomiarowych do kontrolowania tłumików prądem zmiennym kolejno w I i II zakresie częstotliwości /patrz tabl. 6/. Obecnie analizowane są kolejno układy pomiarowe do sprawdzania tłumików kontrolnych TIP w zakresie częstotliwości do około 10 MHz [12].

Program realizacji drogi przekazywania wartości jednostki miary tłumienności zmierzać będzie w najbliższej przyszłości w dwu kierunkach:

a/ opracowania i wykonania wtórnych wzorców tłumienności skalowanych w Np i dB i stanowisk do ich komparacji z wzorcem pierwotnym dla I i II zakresu częstotliwości dla układu symetrycznego i niesymetrycznego względem ziemi,

b/ realizacji wzorca pierwotnego tłumienności skalowanego w Np i dB dla I, II i III zakresu częstotliwości,

3.3.2.1. Stanowiska do kontrolowania tłumików prądem stałym. Tłumiki TSP są kontrolowane prądem stałym dla każdej nastawnej wartości tłumienności. W tym celu w CIPT zestawiane są dwa stanowiska pomiarowe:

a/ stanowisko do pomiaru tłumienności napięć metodą kompensacyjną,

b/ stanowisko do pomiaru tłumienności napięć przy użyciu woltomierza cyfrowego.

Stanowisko do pomiaru tłumienności napięć metodą kompensacyjną wykorzystuje układ pomiarowy kompensatora do porównywania napięcia mierzonego na wejściu i wyjściu tłumika<sup>1/</sup> ze spadkiem napięcia na oporze kompensacyjnym.

Zakresy pomiarowe tłumienności napięć zależą od zastosowanego kompensatora i czułości wskaźnika stanu kompensacji /galwanometru/.

Przy zastosowaniu kompensatora krajowego typu KS 66 ZOMP otrzymano następujące błędy pomiarowe / A/ wyznaczania wartości tłumienności A:

|                                 |                                     |            |     |
|---------------------------------|-------------------------------------|------------|-----|
| $0 \leq A \leq 1,10 \text{ Np}$ | $\Delta A \leq \pm 0,2 \text{ mNp}$ | } $U_{we}$ |     |
| $1,1 \leq A \leq 4 \text{ Np}$  | $\Delta A \leq \pm 1 \text{ mNp}$   |            | 1 V |
| $5 \leq A \leq 6 \text{ Np}$    | $\Delta A \leq \pm 2,5 \text{ mNp}$ |            |     |
| $7 \leq A \leq 10 \text{ Np}$   | $\Delta A \leq \pm 3,5 \text{ mNp}$ |            | 5 V |

/U<sub>we</sub> - napięcie na wejściu tłumika/.

<sup>1/</sup> Przy zamknięciu tłumika na wyjściu rezystorem wewnętrznym lub zewnętrznym /o rezystancji równej znamionowej impedancji fałowej/.

Do pomiaru napięć na wejściu i wyjściu tłumika można zastosować również woltomierz cyfrowy.

W CIPT zestawiono również stanowisko do pomiaru tłumienności napięć przy zastosowaniu woltomierza cyfrowego LM 1604 firmy Solartron, otrzymując następujące błędy pomiarowe  $|\Delta A|$  wyznaczania wartości tłumienia A:

$$\begin{array}{lll} 0 \leq A \leq 5 \text{ Np} & \Delta A \leq \pm 0,5 \text{ mNp} & U_{we} = 1 \text{ V} \\ 5 \leq A \leq 10 \text{ Np} & \Delta A \leq \pm 3,5 \text{ mNp} & U_{we} = 5 \text{ V} \end{array}$$

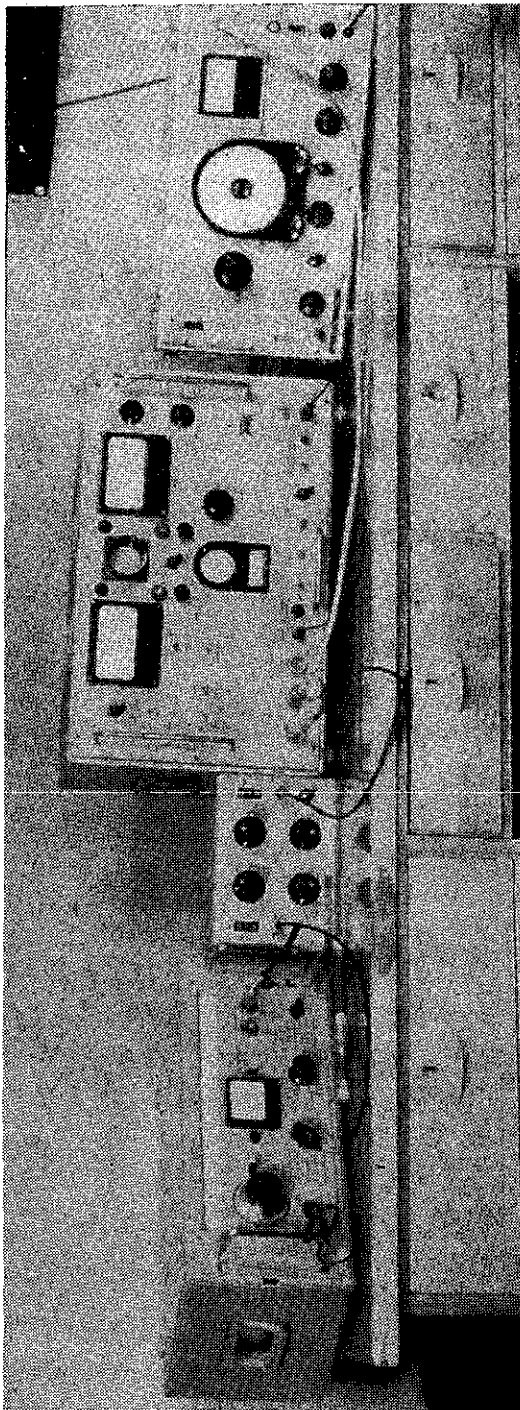
Stanowisko do pomiaru tłumienności napięć przy użyciu woltomierza cyfrowego można w prosty sposób częściowo zautomatyzować przez zastosowanie drukarki zapisującej wyniki pomiarów napięć.

3.3.2.2. Stanowiska do kontrolowania tłumików prądem zmiennym. Stanowiska do kontrolowania tłumików prądem zmiennym w CIPT wykonywane są w oparciu o urządzenia komercyjne służące do kalibracji tłumików, tj. urządzenia D 1-1 produkcji ZSRR lub różnicowego miernika poziomów D 2003 z przełącznikiem pomiarowym B 2003, rozgałęźnikiem B 2017 i tłumikiem nastawnym D 120 /skalowanym w Np/ produkcji firmy Siemens.

Stanowisko do pomiaru tłumienności napięć metodą porównawczą z przemianą częstotliwości [13] /rys. 13/ przeznaczone jest do pomiarów tłumienności napięć w zakresie pomiarowym:

- wartości tłumienności 0,1 - 70 dB
- częstotliwości 0,1 - 10 /25/ MHz.

Stanowisko to wykorzystywane jest głównie do wzorcowania i sprawdzania tłumików TIP niesymetrycznych 75  $\Omega$  skalowanych w



Rys. 13. Stanowisko do pomiaru tłumienności napięć metodą porównawczą z przemianą częstotliwości, wykorzystujące urządzenie D 1 - 1

dB /po przeliczeniu wyniku pomiaru - również w Np/.

W układzie pomiarowym stanowiska wykorzystano liniową, przemianę częstotliwości. Sygnał pomiarowy podlega przemianie na sygnał o częstotliwości pośredniej, który jest porównywany z napięciem sygnału odniesienia kalibrowanym przez wewnętrzny tłumik wzorcowy. Obydwa porównywane sygnały modulowane są sygnałem prostokątnym, co umożliwia zastosowanie detektora fazowego jako wskaźnika równości obu porównywanych napięć. Wynik pomiaru tłumienności napięć otrzymuje się jako różnicę wskazań z podziałki falowodowego tłumika wzorcowego w dB.

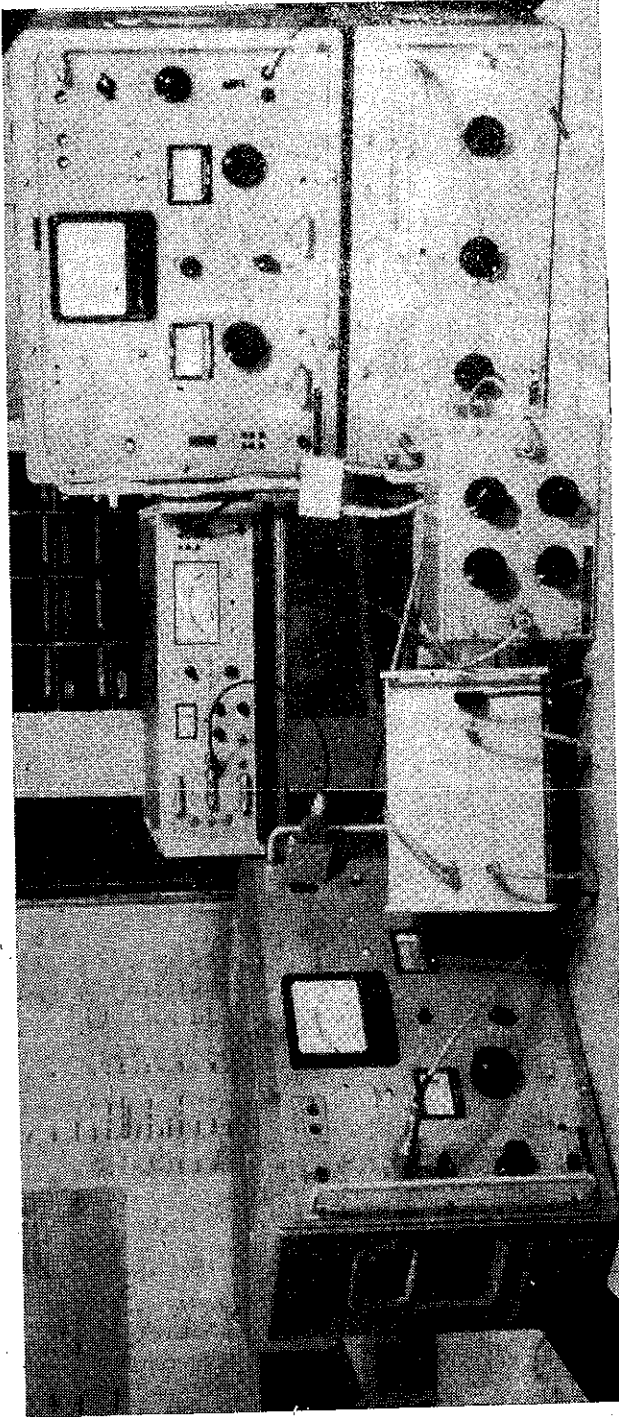
Stanowisko to wymaga przewzorcowania, błąd bowiem pomiaru tłumienności sięga od wartości  $\pm 0,03$  dB dla małych wartości tłumienności do  $\pm 0,10$  dB przy  $A = 70$  dB. Błędy te ograniczają zakres stosowania tego stanowiska do sprawdzania tłumików użytkowych.

Obecnie jest w budowie /rys. 14/ stanowisko do pomiaru różnicy poziomów w oparciu o komercyjny zestaw aparatury firmy Siemens, pozwalający na wzorcowanie tłumików kontrolnych TSP w następujących zakresach pomiarowych.

- wartość tłumienności                    0,01 - 7,1 Np
- częstotliwości                            10 kHz - 2 /100/ MHz
- błąd pomiaru                               $\pm 2$  mNp /do 20 MHz/
- impedancja falowa                        75  $\Omega$

Na zakończenie należy dodać, że wzorcowanie tłumików w zakresie częstotliwości do 20 MHz jest zagadnieniem dotychczas nie rozwiązany w kraju. Problemem jest na przykład porównanie wyników pomiarów tego samego tłumika na dwu ww. stanowiskach, albowiem na stanowisku pierwszym mierzy się tłumienność wtrące-





Rys. 14. Stanowisko do pomiaru tłumienności z wykorzystaniem układu do pomiaru różnicy poziomów D 2003 firmy Siemens

niową, podczas gdy na stanowisku drugim /wg Siemens/ mierzy się tłumienność skuteczną.

### 3.3.3. Działalność TSP w latach 1972-1975

Działalność TSP w obecnej pięciolatce w zakresie wzorcowych pomiarów tłumienności będzie kontynuowana głównie w celu stworzenia możliwości sprawdzania tłumików w całym zakresie pomiarowym wartości tłumienności, tj. od 0 do około 12 Np /100 dB/ w II i III zakresie częstotliwości. Działalność ta będzie prowadzona równolegle w CIPT i TIP.

W TIP będą sprawdzane tłumiki użytkowe, przede wszystkim dla I i II zakresu częstotliwości. Natomiast w CIPT będą sprawdzane tłumiki kontrolne TIP i użytkowe dla III zakresu częstotliwości.

Efektem końcowym działalności TSP w tym okresie będzie wydanie przepisów i zdobycie uprawnień legalizacyjnych przez CIPT na tłumiki skalowane w Np jak i dB w I, II i III zakresie częstotliwości /dla zdeterminowanych typów gniazd pomiarowych/.

W celu zagwarantowania rzetelności wzorców pierwotnych /odniesienia/ tłumienności będą prowadzone w CIPT prace nad liczanym wzorcem tłumienności - tłumikiem rezystywnym w latach 1973-1975, a następnie falowodowym po roku 1975.

## WYKAZ LITERATURY

1. Pacek B., Kuśmirek Z.: Ogólne założenia projektowe na budowę stanowisk pomiarowych do pomiarów wielkości teletransmisyjnych - wyd. II., Warszawa 1963.

2. Pacek B., Kuśmirek Z.: Założenia projektowe na budowę stanowisk pomiarowych do pomiarów wielkości elektrycznych stosowanych w teletransmisji, w zakresie częstotliwości od 100 Hz do 300 kHz - wyd. IŁ, Warszawa 1964.
3. Pacek B., Kuśmirek Z.: Projekt wstępny zespołu wzorcowych stanowisk pomiarowych do pomiaru impedancji w Centralnej Izbie Pomiarów Telekomunikacyjnych - wyd. IŁ-CIPT, Warszawa 1967.
4. Kuśmirek Z.: Instrukcja obsługi stanowiska do pomiarów impedancji metodą komparacji model S 70226A - wyd. IŁ-CIPT, Warszawa 1969.
5. Kuśmirek Z.: Opis techniczny układu do pomiaru stałej czasowej rezystorów wg Clappa model S 70226A -2 - wyd. IŁ-CIPT, Warszawa 1969.
6. Kuśmirek Z.: Opis techniczny układu do pomiaru stałej czasowej rezystorów wg Meissnera model S 70226 A-3 - wyd. IŁ-CIPT, Warszawa 1969.
7. Kuśmirek Z.: Instrukcja sprawdzania użytkowego mostka impedancji typu Rel 3 R 217 a1a, p - wyd. IŁ-CIPT; Warszawa 1969.
8. Kuśmirek Z.: Kontrolowanie użytkowych mierników impedancji i admitancji w Telekomunikacyjnych Izbach Pomiarowych - wyd. IŁ-CIPT, Warszawa 1970.
9. Kuśmirek Z.: Założenia do projektu wstępnego grupy wzorcowych kondensatorów dla zakresu częstotliwości do 1 MHz - wyd. IŁ-CIPT, Warszawa 1969.

10. Instrukcja TK-1/68 Pomiary okresowe i odbiorcze kabli w dalekosiężnych liniach kablowych - wyd. MŁ-DST, Warszawa 1970.
11. Kuśmirek Z.: Wzorcowe pomiary tłumienności tłumików prądem stałym - wyd. IŁ, Warszawa 1966.
12. Dąbrowski B.: Metody kontrolowania tłumików w zakresie częstotliwości 0 - 10 MHz - wyd. IŁ-CIPT, Warszawa 1971.
13. Dąbrowski B.: Instrukcja obsługi stanowiska do pomiaru tłumienia napięć metodą porównawczą z przemianą częstotliwości model S-70232-B1 - wyd. IŁ-CIPT, Warszawa 1970.

#### 4. WZORCOWE POMIARY NAPIĘCIA PRZEMIENNEGO I POZIOMU W TELEKOMUNIKACYJNEJ SŁUŻBIE POMIAROWEJ

##### 4.1. Potrzeby resortu łączności w zakresie wzorcowych pomiarów napięcia przemiennego i poziomego

Pomiar napięcia przemiennego /poziomego napięcia/ jest jednym z podstawowych pomiarów wykonywanych przez służby eksploatacyjne resortu łączności. Poprawna metoda pomiarowa i wiarygodność wskazań przyrządów stosowanych do tych pomiarów decydują o prawidłowości kontroli działania urządzeń telekomunikacyjnych. Opracowaniem metodyki pomiarów eksploatacyjnych zajmują się odpowiednie jednostki organizacyjne resortu, których prace w tym zakresie koordynuje Departament Służby Telekomunikacyjnej Ministerstwa Łączności, natomiast zadaniem Telekomunikacyjnych Izb Pomiarowych /TIP/ i Centralnej Izby Pomiarów Tele-

komunikacyjnych /CIPT/ jest zapewnienie wiarygodności wskazań przyrządów pomiarowych.

Przyrządy mierzące lub wytwarzające napięcie przemiennie stanowią najliczniejszą grupę elektronicznych przyrządów pomiarowych stosowanych w resorcie łączności. Liczba ich sięga kilku tysięcy. Okresowym sprawdzaniem tych przyrządów zajmuje się 12 Telekomunikacyjnych Izb Pomiarowych. Izby te mają kontrolne przyrządy pomiarowe: mierniki poziomu, kalibratory poziomu, woltomierze elektroniczne analogowe i cyfrowe, tłumiki i źródła napięcia przemiennego, które z kolei są sprawdzane i wzorcowane w Centralnej Izbie Pomiarów Telekomunikacyjnych. Do sprawdzania elektrycznych mierników wskazówkowych napięcia i prądu przemiennego TIP są wyposażone w woltomierze i amperomierze elektrodynamiczne klasy 0,2. Również i te przyrządy są wzorcowane w CIPT. Liczba przyrządów kontrolnych do pomiaru napięcia przemiennego i poziomu w TIP wynosi obecnie około 60. Jednakże wyposażenie TIP nie jest kompletne; przewiduje się, że po uzupełnieniu tego wyposażenia w ciągu najbliższych 2 lat liczba przyrządów kontrolnych do pomiaru napięcia przemiennego i poziomu w TIP wyniesie około 100 przyrządów elektronicznych i 75 termoelektrycznych przetworników napięcia.

W ubiegłym roku zapadły postanowienia podporządkowania Ministerstwu Łączności zakładów produkujących sprzęt telekomunikacyjny. Tym samym w obszarze działania Telekomunikacyjnej Służby Pomiarowej /TSP/ znalazły się izby pomiarowe tych zakładów. Minimalną liczbę przyrządów kontrolnych do pomiaru napięcia przemiennego niezbędnych do prawidłowego funkcjonowania tych izb szacuje się na około 60. Tak więc w sumie potrzeby resortu,



łączności w zakresie wzorcowania kontrolnej aparatury pomiarowej przeznaczonej do pomiaru napięcia przemiennego i poziomu wyrażają się liczbą 160 przyrządów elektronicznych, które powinny być wzorcowane co roku, oraz 75 przetworników, dla których okres ważności świadectwa legalizacji ustalono na 2' miesiące.

Liczebność aparatury kontrolnej resortu łączności i jej specyfikacja były powodem ustanowienia dwustopniowej struktury sprawozdań w Telekomunikacyjnej Służbie Pomiarowej i powołania CIPT jako izby wyższego rzędu. Strukturę tę w zakresie wzorcowych pomiarów napięcia przemiennego i poziomu napięcia obrazuje schemat podany na rysunku 15.

Z drugiej strony liczebność tej aparatury i jej stosunkowo mała niedokładność powodują konieczność budowy w CIPT stanowisk pomiarowych, które zmniejszyłyby pracochłonność pomiarów wzorcowych i jednocześnie zagwarantowałyby niezbędną dokładność tych pomiarów. W dalszym ciągu niniejszego opracowania zostaną przedstawione założenia budowy tych stanowisk, wyniki dotychczasowych prac i program prac w zakresie realizacji wzorcowych pomiarów napięcia przemiennego i poziomu napięcia.

#### 4.2. Ogólne założenia i program budowy stanowisk do wzorcowych pomiarów napięcia przemiennego w CIPT

Ponieważ budowa bazy technicznej wzorcowych pomiarów napięcia przemiennego jest przedsięwzięciem kosztownym, jako generalne założenie przy ustalaniu programu działania TSP przyjęto konieczność współpracy TSP z ogólnokrajową służbą pomiarową reprezentowaną przez CUJiM i inne instytucje mające uprawnienia legalizacyjne. W zakresie wzorcowych pomiarów napięcia

przemiennej współpraca ta wymaga specjalizacji tych instytucji i stworzenia warunków do świadczenia wzajemnych usług legalizacyjnych, co umożliwiłoby pełne wykorzystanie potencjału technicznego tych instytucji.

W wyniku analizy parametrów przyrządów pomiarowych stosowanych w resorcie łączności wyodrębniono zakres częstotliwości od 20 Hz do około 30 MHz, zawierający zakresy częstotliwościowe większości przyrządów resortu i w związku z tym stanowiący domenę podstawowych prac TSP. W tym zakresie częstotliwości postanowiono zbudować własną bazę techniczną wzorcowych pomiarów napięcia przemiennej opartą na wzorcach TSP komparowanych ze wzorcami państwowymi CUJiM. Będzie ona służyła przede wszystkim zapewnieniu wiarygodności wskazań przyrządów pomiarowych resortu łączności, jednakże przewiduje się również, po uzyskaniu uprawnień legalizacyjnych w rozszerzonym zakresie, świadczenie usług legalizacyjnych instytucjom pozaresortowym, aż do pełnego wykorzystania przepustowości wzorcowych stanowisk pomiarowych TSP. W zakresie częstotliwości powyżej 30 MHz Telekomunikacyjna Służba Pomiarowa byłaby klientem innego specjalistycznego laboratorium legalizacyjnego, ponieważ liczba przyrządów pomiarowych stosowanych w resorcie łączności o zakresie częstotliwościowym przekraczającym 30 MHz nie usprawiedliwia wydatków na bardzo kosztowną w tym zakresie częstotliwości wzorcową aparaturę pomiarową.

Ze względu na różnorodność kontrolnych przyrządów do pomiaru napięcia przemiennej i poziomu napięcia zakres częstotliwości 20 Hz + 30 MHz został podzielony na 3 podzakresy:

a/ 20 Hz + 100 kHz.



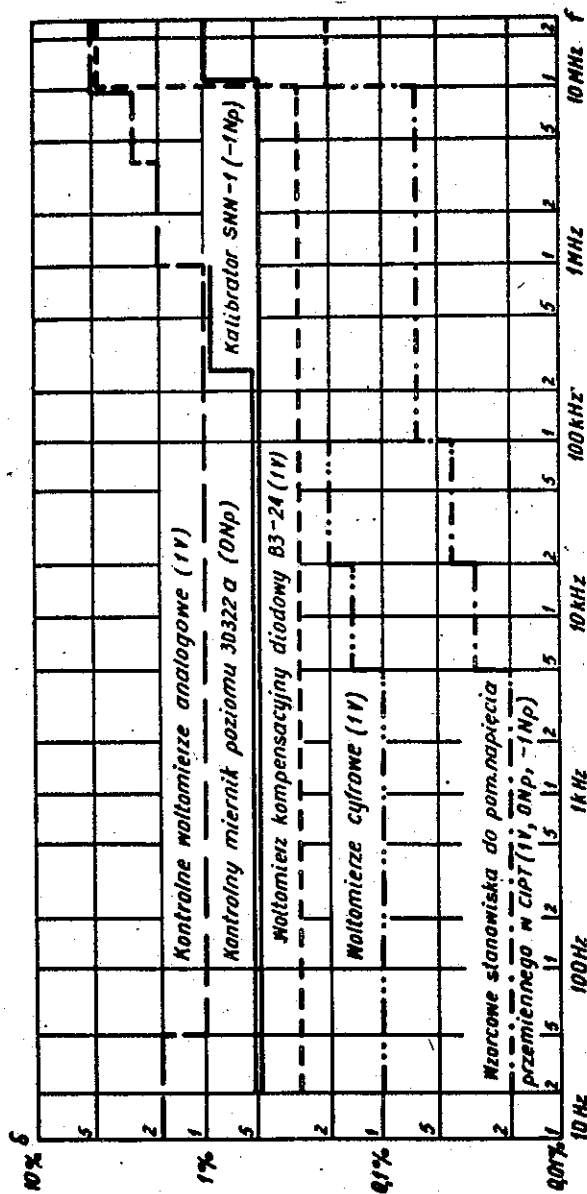
b/ 100 kHz  $\pm$  10 MHz,

c/ 10 MHz  $\pm$  30 MHz,

w których wymagania co do zakresu pomiarowego i dokładności wzorcowego pomiaru są różne.

Konieczność takiego podziału zakresu częstotliwości w celu dalszego sprecyzowania wymagań na zespół stanowisk do wzorcowych pomiarów poziomu wykazano na rysunku 16, na którym przedstawiono niedokładność pomiaru napięcia o wartości skutecznej 1 V lub niedokładność pomiaru poziomu napięcia 0 Np i -1 Np trzech różnych grup kontrolnych przyrządów pomiarowych resortu łączności /woltomierzy cyfrowych napięcia przemiennego, woltomierzy kompensacyjnych diodowych oraz analogowych woltomierzy i mierników poziomu/ w funkcji częstotliwości. Na rysunku tym przedstawiono również dopuszczalną niedokładność stanowisk wzorcowych przy pomiarze napięcia o wartości skutecznej 1 V lub poziomu o wartości 0 Np i -1 Np w funkcji częstotliwości, wynikającą z przyjęcia stosunku niedokładności przyrządu wzorcowanego do niedokładności stanowiska wzorcowego o wartości 5 : 1. Niedokładność stanowiska pomiarowego przeznaczonego do wzorcowania woltomierzy i amperomierzy elektrycznych klasy 0,2 prądem przemiennym o częstotliwości 50 Hz powinna być nie większa niż 0,05%.

Wymagany zakres wzorcowych pomiarów napięcia przy sprawdzaniu przyrządów analogowych wyznaczają wartości odpowiadające:  $\frac{1}{3}$  podziałki na najniższym podzakresie pomiarowym i górnej granicy najwyższego podzakresu pomiarowego tych przyrządów. Aby można było wyznaczyć błąd przyrządu sprawdzanego na granicach wyznaczonego w ten sposób zakresu pomiarowego, zakres pomiarowy stanowiska wzorcowego powinien pokrywać cały zakres pomiarowy



Rys. 16. Niedokładność [δ] przyrządów kontrolnych TIP i dopuszczalna niedokładność wzorcowych stanowisk pomiarowych CIPT w funkcji częstotliwości [f]

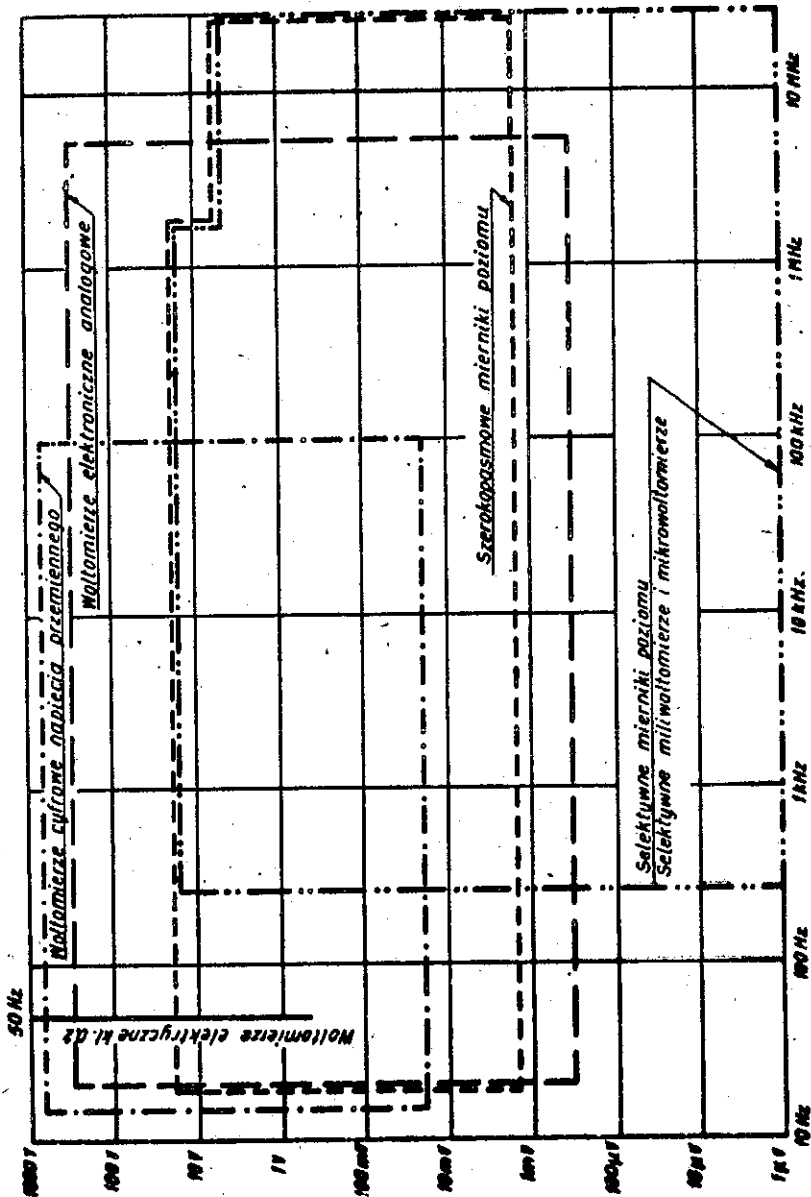
przyrządu z kilkuprocentowym nadmiarem. Przy sprawdzaniu woltomierzy kompensacyjnych diodowych dolna granica zakresu pomiarowego stanowiska wzorcowego powinna być o kilka procent niższa od najmniejszej wartości napięcia mierzonej tym woltomierzem, a przy sprawdzaniu woltomierzy cyfrowych - nie większa od 1/10 najniższego podzakresu pomiarowego tego woltomierza. Biorąc pod uwagę, że w zakresie częstotliwości 20 Hz ± 100 kHz wzorcowane są wszystkie rodzaje kontrolnych przyrządów pomiarowych napięcia przemiennego, w zakresie częstotliwości do 10 MHz - analogowe elektroniczne woltomierze i mierniki poziomu /selektywne i szerokopasmowe/, a w zakresie częstotliwości do 30 MHz - kalibratory i mierniki poziomu, wymagania co do zakresu wzorcowych pomiarów napięcia i poziomu napięcia, zależne od częstotliwości, można podać w postaci wykresu przedstawionego na rysunku 17. Ze względu na brak generatorów wielkiej częstotliwości o dużym napięciu wyjściowym, spełniających warunki stawiane kontrolnym źródłom napięcia, zakres pomiarowy wzorcowych stanowisk musi być zawężony w sposób następujący:

w podzakresie częstotliwości 10 kHz ± 100 kHz - do 100 V

w podzakresie częstotliwości 100 kHz ± 1 MHz - do 20 V/około  
+ ,3,2 Np/

w podzakresie częstotliwości 1 MHz ± 30 MHz - do 10 V

W celu realizacji wzorcowych pomiarów napięcia przemiennego wybrano metody oparte na przetwarzaniu termoelektrycznym napięcia przemiennego na napięcie stałe. Zależnie od zakresu pomiarowego i zakresu częstotliwości będą to metody: komparacji napięcia przemiennego z napięciem stałym przez podstawienie, komparacji napięcia przemiennego z napięciem stałym w układzie



Rys. 17. Pożądany zakres wzorcowych pomiarów napięcia przemiennego w funkcji częstotliwości

różnicowym termoelementów lub kalibracji napięcia przemiennego za pomocą mikropotencjometru termoelektrycznego. Ogółem postanowiono zbudować sześć stanowisk pomiarowych do wzorcowania kontrolnych przyrządów pomiarowych izb niższego rzędu:

- 1/ stanowisko do wzorcowania elektrycznych mierników wskazówkowych napięcia i prądu przemiennego o częstotliwości 50 Hz,
  - 2/ stanowisko do wzorcowania analogowych elektronicznych woltomierzy i mierników poziomu w zakresie od 1 mV<sup>0</sup> do 20 V oraz od -6 Np do +3,2 Np przy częstotliwości do 1 MHz i od 1 mV do 10 V oraz od -6 Np do +2,1 Np przy częstotliwości do 30 MHz,
  - 3/ stanowisko do wzorcowania cyfrowych woltomierzy napięcia przemiennego i cyfrowych mierników poziomu,
  - 4/ stanowisko do wzorcowania selektywnych mikrowoltomierzy i mierników poziomu w zakresie od około 1  $\mu$ V do 100 mV,
- 
- 5/ stanowisko do komparacji małych napięć przemiennych,
  - 6/ stanowisko do badania kontrolnych źródeł napięcia przemiennego.

W celu zachowania wymaganej dokładności wzorcowych pomiarów w CIPT postanowiono również zbudować stanowisko do komparacji przetworników termoelektrycznych napięcia i prądu przemiennego, które stanowią wzorce przetwarzania TSP.

Woltomierze cyfrowe i kompensatory napięcia stałego, niezbędne przy pomiarach napięcia przemiennego metodą komparacji z napięciem stałym, są wzorcowane w Zakładzie Pomiarów Wielkości Podstawowych CIPT.

Program budowy bazy technicznej wzorcowych pomiarów napię-

cia przemiennego przewidywał w pierwszej kolejności realizację stanowiska do wzorcowania elektrycznych mierników wskazówkowych, tymczasowego stanowiska do wzorcowania analogowych elektronicznych woltomierzy i mierników poziomu /w zakresie częstotliwości do 1 MHz/ oraz tymczasowego stanowiska do badania kontrolnych źródeł napięcia przemiennego. Prace te zostały zakończone w 1969 roku. W 1971 roku zostało uruchomione stanowisko do komparacji przetworników termoelektrycznych. W 1972 roku zostanie zakończona budowa stanowisk wymienionych w punktach 2 i 3. Będą to stanowiska o zautomatyzowanej rejestracji wyników pomiarów.

W latach 1973-75 planuje się prace nad wzorcowymi pomiarami małych napięć przemiennych. Wynikiem tych prac będą stanowiska wymienione w punktach 4 i 5.

Stanowisko do badania kontrolnych źródeł napięcia przemiennego zostanie zmodyfikowane w 1973-r, - zakupy nowych przyrządów pomiarowych oraz opracowanie nowej metodyki badania tych źródeł umożliwią rozszerzenie zakresu częstotliwościowego wykonywanych na nim pomiarów do około 30 MHz.

#### 4.3. Wyniki dotychczasowych prac nad budową bazy technicznej wzorcowych pomiarów napięcia przemiennego w CIPT

##### 4.3.1. Stanowisko kompensatora Rumpa

Podstawową częścią stanowiska przeznaczonego głównie do wzorcowania elektrycznych mierników wskazówkowych prądu i napięcia przemiennego klasy 0,2 jest kompensator Rumpa. Oryginalny układ kompensatora Rumpa został zmodyfikowany w CIPT w ce-

lu zmniejszenia pracochłonności pomiaru i poprawienia dokładności. Zmieniono układy kalibracji kompensatora napięciem stałym /układ kalibracji prądu odniesienia i układ kalibracji pomiaru różnicowego/ oraz oddzielono obwód galwanometryczny układu różnicowego termoelementów od układu kalibracji prądu odniesienia i układów mostkowych, za pomocą których wyrównywana jest rezystancja w obwodach wejściowych prądu stałego i prądu przemiennego, co umożliwiło zastosowanie dwu galwanometrów o parametrach optymalnych dla tych układów. Wykonano również transformatorowe układy regulacji napięcia i prądu przemiennego zasilane napięciem stabilizowanym 220 V o częstotliwości 50 Hz. Umożliwiają one regulację napięcia w 11 podzakresach od  $0 \pm 2,5$  V do  $0 \pm 500$  V i regulację prądu w zakresie  $0 \pm 10$  A.

Stanowisko kompensatora Rumpa zostało przewzorcowane w zakresie częstotliwości do 20 kHz. W wyniku wzorcowania stwierdzono, że stanowisko to może być również wykorzystywane do wzorcowania elektronicznych przyrządów pomiarowych przy częstotliwości odniesienia wybranej spośród wartości: 400 Hz, 800 Hz, 1 kHz i 10 kHz. Wykonano więc kontrolne źródło napięcia przemiennego czterech częstotliwości odniesienia o napięciu wyjściowym regulowanym zdrobnie w 10 podzakresach od  $0 \pm 1$  V do  $0 \pm 300$  V oraz od  $-1 N_p \pm 0 N_p$  do  $+2 \pm +3 N_p$ , o małym współczynniku zawartości harmonicznych i małej niestabilności napięcia. Pozwoliło to na rozszerzenie zakresu stosowania kompensatora Rumpa o wzorcowanie analogowych woltomierzy elektronicznych i mierników poziomu przy częstotliwości odniesienia.

Możliwości pomiarowe stanowiska kompensatora Rumpa ilustruje tablica 8.

T a b l i c a 8

Niedokładność pomiaru napięcia przemiennego na stanowisku kompensatora Rumpa

| $f$    | $U$ | 0,5;1;1,5;2 V | 2+30 V        | 30+100 V      | 100+300 V     | 300+500 V     |
|--------|-----|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|
| 50 Hz  |     | $\leq 0,05\%$ | $\leq 0,05\%$ | $\leq 0,05\%$ | $\leq 0,05\%$ | $\leq 0,05\%$ |
| 400 Hz |     | $\leq 0,05\%$ | $\leq 0,05\%$ | $< 0,1\%$     | $< 0,1\%$     | -             |
| 1 kHz  |     | $\leq 0,05\%$ | $< 0,1\%$     | $< 0,1\%$     | $< 0,1\%$     | -             |
| 10 kHz |     | $\leq 0,05\%$ | $< 0,1\%$     | $< 0,2\%$     | $< 0,2\%$     | -             |



Podana w tablicy wartość górnej granicy zakresu pomiarowego wynika z zakresu regulacji kontrolnych źródeł napięcia. Zakres pomiarowy samego kompensatora Rumpa jest szerszy i sięga do 1000 V. Stanowisko kompensatora Rumpa nie nadaje się do masowych sprawdzeń aparatury elektronicznej z powodu dużej pracochłonności pomiarów /mimo modyfikacji układu/ i braku możliwości automatycznej rejestracji wyników pomiarów, jednakże ze względu na możliwość pomiaru dużych napięć będzie stanowiło cenne uzupełnienie istniejących już i budowanych obecnie w CIPT wzorcowych stanowisk pomiarowych.

#### 4.3.2. Tymczasowe stanowisko do wzorcowych pomiarów napięcia przemiennego i poziomu napięcia w zakresie częstotliwości do 1 MHz

Jak już wspomniano, w 1969 roku zostało uruchomione tymczasowe stanowisko do wzorcowych pomiarów napięcia przemiennego i poziomu napięcia w zakresie częstotliwości do 1 MHz, przeznaczone do wzorcowania analogowych woltomierzy elektronicznych i mierników poziomu. Pomiar napięcia przemiennego oparty jest na metodzie podstawienia napięcia stałego na wejściu przetwornika termoelektrycznego. Wartość napięcia stałego powinna być taka, aby na wyjściu przetwornika pojawiła się STE o tej samej wartości co STE, którą wywołuje mierzone napięcie przemiennie. Wówczas wartość napięcia stałego jest równa wartości skutecznej napięcia przemiennego. Podstawową częścią stanowiska jest komplet przetworników termoelektrycznych typu A55 firmy J. Fluke i woltomierz cyfrowy V 524 produkcji krajowej /ELPO/. Do wzor-

cowania mierników poziomu służy komplet termoelektrycznych przetworników poziomu wykonanych w CIPT. W skład stanowiska wchodzi także kompensator STE, również wykonany w CIPT, oraz kontrolne źródła napięcia stałego i przemiennego. W ubiegłym roku otrzymano wzorcowy tłumik, co umożliwiło obniżenie dolnej granicy zakresu wzorcowych pomiarów napięcia przemiennego i poziomu. Aktualne możliwości pomiarowe stanowiska są następujące:

|                                 |                                      |
|---------------------------------|--------------------------------------|
| zakres pomiaru napięcia         | $300 \mu\text{V} \pm 20 \text{ V}$ , |
| zakres pomiaru poziomu          | $-7 \text{ Np} \pm +3 \text{ Np}$ ,  |
| zakres częstotliwości           | $20 \text{ Hz} \pm 1 \text{ MHz}$ ,  |
| niedokładność pomiaru napięcia: |                                      |
| w zakresie od 0,25 do 20 V      | $\leq 0,05\%$                        |
| w zakresie od 300 uV do 0,25 V  | $\leq 0,25\%$                        |
| niedokładność pomiaru poziomu:  |                                      |
| w zakresie od -1 Np do +3 Np    | 0,001 Np                             |
| w zakresie od -7 Np do -1 Np    | 0,003 Np                             |

Górna granica zakresu pomiarowego stanowiska określona jest przez maksymalne napięcie wyjściowe kontrolnego źródła napięcia przemiennego; górna granica zakresu pomiarowego przetworników termoelektrycznych typu A55 jest nieco wyższa i wynosi 50 V. Również zakres częstotliwości jest ograniczony do 1 MHz wyłącznie z powodu braku odpowiedniego generatora. /Należy jednak zauważyć, że możliwość wzorcowania kontrolnych przyrządów pomiarowych w zakresie częstotliwości powyżej 1 MHz i w zakresie poziomu  $-7 \text{ Np} \pm -1 \text{ Np}$  zależy od rozbudowy stanowisk do pomiaru impedancji w Pracowni Pomiarów Teletransmisyjnych CIPT/. Na niedokładność pomiaru w zakresie od 0,25 V. do 20 V lub od -1 Np do +3 Np w zasadniczy sposób wpływa rozdzielczość pomia-

ru woltomierzem cyfrowym, a w zakresie od  $300 \mu\text{V}$  do  $0,25 \text{ V}$  lub od  $-7 \text{ Np}$  do  $-1 \text{ Np}$  wpływa błąd podziału napięcia /nie dokładność tłumika i niedopasowanie impedancji obciążenia tłumika do jego impedancji falowej/.

#### 4.3.3. Stanowisko do sprawdzania kontrolnych źródeł napięcia przemiennego

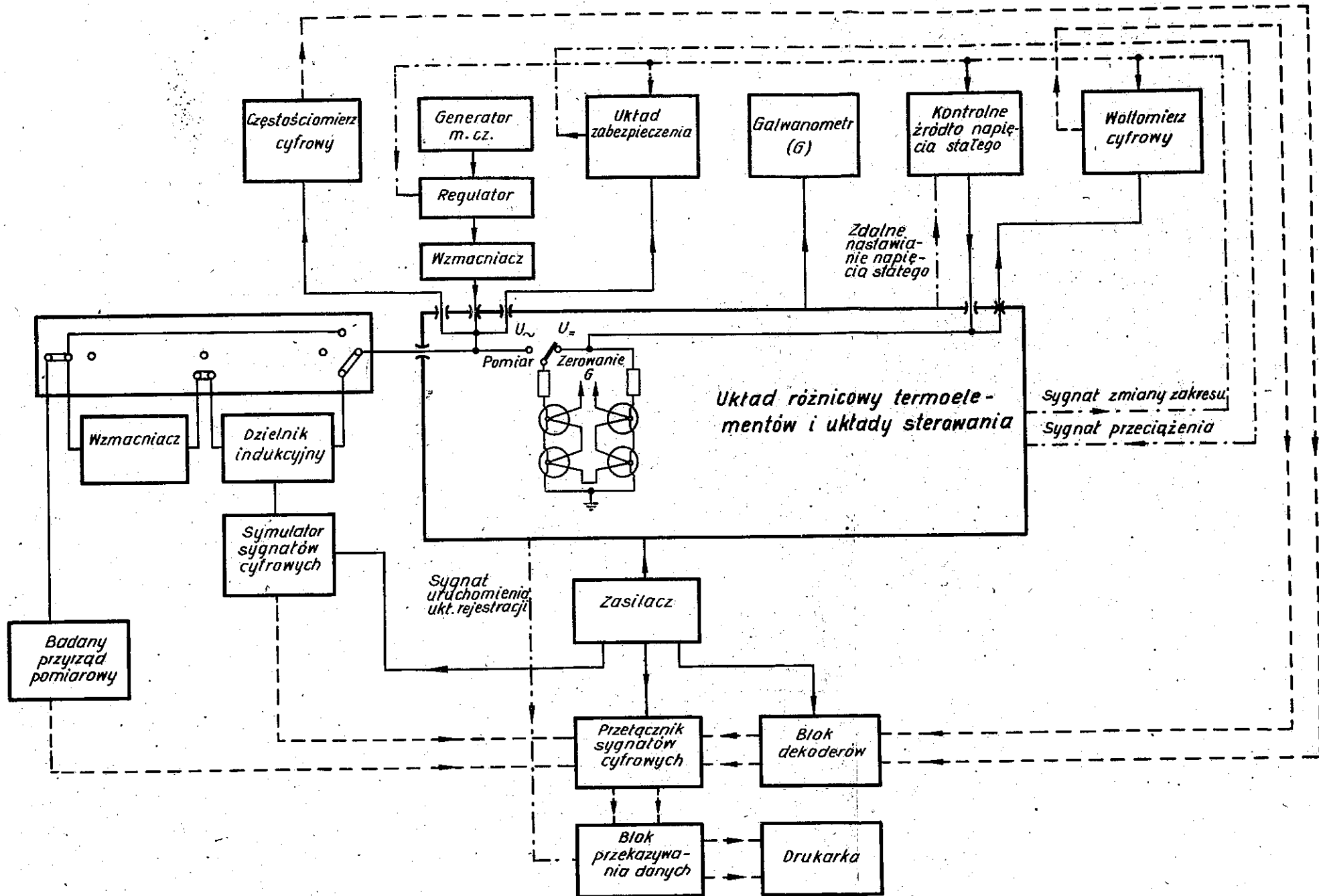
Sprawdzanie kontrolnych źródeł napięcia przemiennego obejmuje badanie:

- zakresu regulacji, rozdzielczości regulacji, niestabilności napięcia wyjściowego i wpływu zmian napięcia zasilania na napięcie wyjściowe;
- dokładności nastawienia częstotliwości, niestabilności częstotliwości i wpływu zmian napięcia zasilania na częstotliwość;
- kształtu przebiegu napięcia wyjściowego.

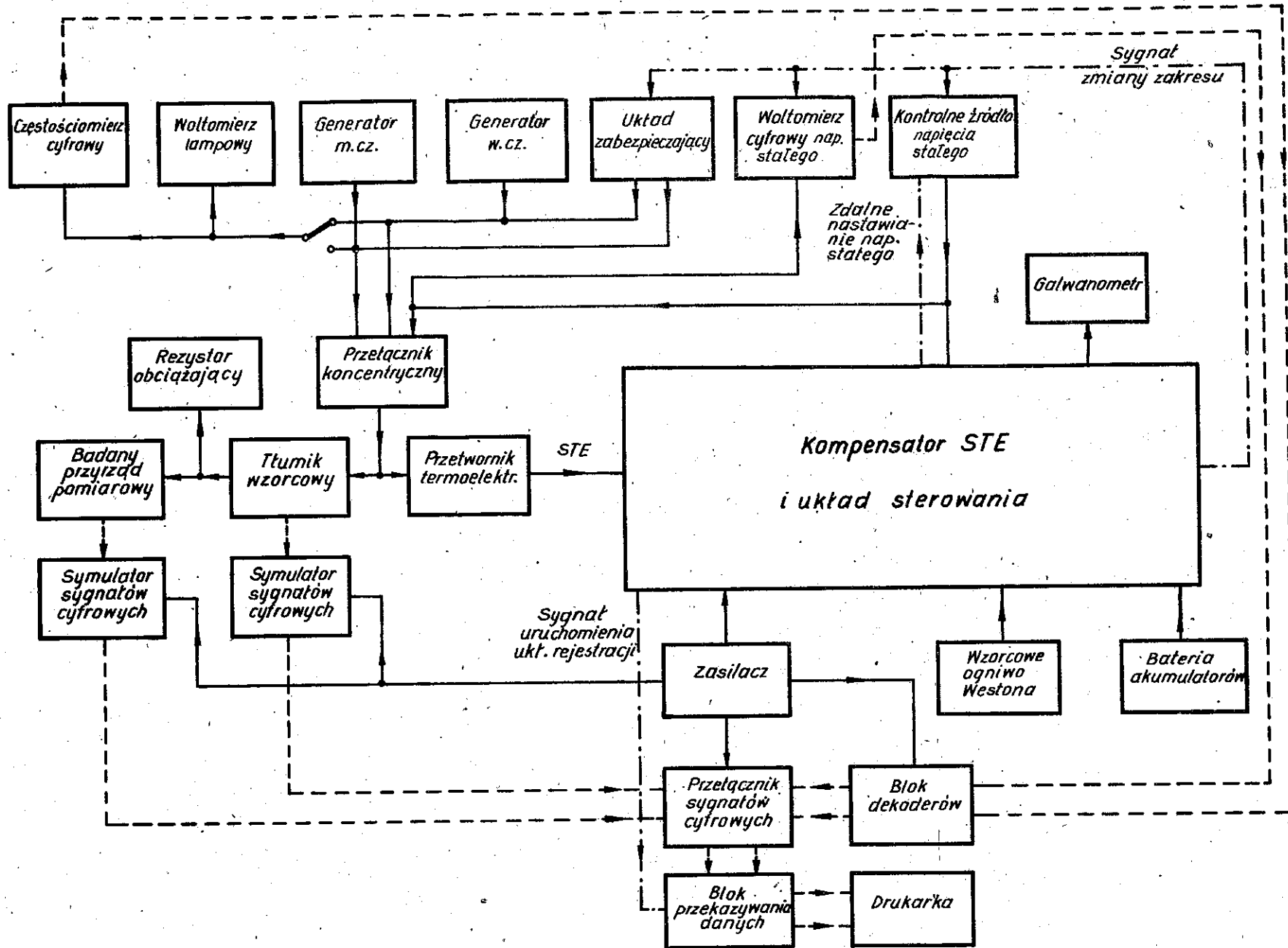
Stanowisko do sprawdzania kontrolnych źródeł napięcia przemiennego składa się z zestawu komercyjnych przyrządów pomiarowych, umożliwiających przeprowadzenie wyżej wymienionych badań w zakresie częstotliwości od  $20 \text{ Hz}$  do  $10 \text{ MHz}$ . Zestaw ten zawiera woltomierz cyfrowy napięcia stałego z dwoma przetwornikami napięcia przemiennego na stałe, częstościomierz cyfrowy oraz analizator i miernik zniekształceń. Przy sprawdzaniu niestabilności napięcia wyjściowego wykorzystuje się możliwość automatycznej rejestracji wyników za pomocą drukarki.

#### 4.3.4. Realizacja nowych stanowisk pomiarowych z automatyczną rejestracją wyników pomiarów

Z porównania parametrów dotychczasowych stanowisk do wzorcowych pomiarów napięcia przemiennego i poziomu z wymaganymi parametrami dotyczącymi dokładności i zakresu wzorcowych pomiarów napięcia przemiennego w CIPT, przedstawionymi za pomocą wykresów na rysunkach 16 i 17, wynika, że potrzeby resortu łączności w zakresie sprawdzania kontrolnych przyrządów pomiarowych napięcia przemiennego jeszcze nie mogą być w pełni zaspokojone. Także przepustowość dotychczasowych stanowisk jest zbyt mała w stosunku do liczności kontrolnych przyrządów pomiarowych, które mogłyby być wzorcowane na tych stanowiskach. Dlatego w planie pięcioletnim instytutu w ramach problemu węzłowego "Rozwój jednolitej sieci telekomunikacyjnej Państwa - systemy i urządzenia" w temacie "Technologia utrzymywania sieci telekomunikacyjnej Państwa" przewidziano realizację następujących stanowisk pomiarowych. Dwa z nich, a mianowicie: stanowisko do wzorcowania cyfrowych mierników poziomu, cyfrowych woltomierzy napięcia przemiennego i kalibrowanych źródeł napięcia przemiennego / stanowisko A/ oraz stanowisko do wzorcowych pomiarów napięcia przemiennego w zakresie częstotliwości do 30 MHz / stanowisko B/, zostaną uruchomione w 1972 roku. Oba stanowiska będą współpracowały z blokiem przekazywania danych typu 3200 firmy SOLARTRON. Wyniki pomiarów będą rejestrowane automatycznie. Na rysunkach 18 i 19 przedstawiono schematy blokowe tych stanowisk oznaczonych roboczo literami A i B. Podstawowym elementem stanowiska A jest układ czterech ter-



Rys. 18. Schemat blokowy stanowiska "A" do wzorcowych pomiarów napięcia przemiennego



Rys. 19. Schemat blokowy stanowiska "B" do wzorcowych pomiarów napięcia przemiennego

termoelementów, dobranych parami, tak aby dla każdej pary błędy rewersji kompensowały się, a wypadkowe STE obu par przy nominalnej wartości napięcia wejściowego były sobie równe.

Obwody wyjściowe obu par termoelementów połączone są w układzie różnicowym.

Obwody wyjściowe, które mogą być dostosowane do kilku wartości napięcia wejściowego przez wymianę rezystorów szeregowych, połączone są w następujący sposób:

- w pozycji ZEROWANIE są połączone równolegle i zasilane napięciem stałym, którego wartość odczytuje się za pomocą woltomierza cyfrowego;
- w pozycji POMIAR są rozłączone i gdy jeden z nich pozostaje zasilany napięciem stałym, drugi dołączony jest do źródła napięcia przemiennego.

W pozycji ZEROWANIE układ różnicowy termoelementów zostaje wyzerowany przy nominalnej wartości napięcia wejściowego wybranej spośród wartości 1, 2, 5, 10 i 20 V /zależnie od wyboru rezystora szeregowego/. Jeżeli po przełączeniu układu w pozycję POMIAR napięcie wyjściowe kontrolnego źródła napięcia przemiennego zostanie nastawione tak, że układ różnicowy termoelementów pozostanie w równowadze, to wartość skuteczna tego napięcia, zmierzona na wejściu pomiarowym układu różnicowego, równa się wartości napięcia stałego odczytanej za pomocą woltomierza cyfrowego, z błędem równym błędowi przetwarzania pary termoelementów pomiarowych /drugą parę termoelementów zasilaną wyłączanie napięciem stałym nazywamy termoelementami odniesienia/. Należy się spodziewać, że przez odpowiedni dobór termoelementów

i rezystorów oraz umieszczenie ich w termostacie olejowym będzie można osiągnąć bardzo małą niedokładność przetwarzania i mały błąd temperaturowy w zakresie częstotliwości do 100 kHz. Wartości graniczne błędu przetwarzania, które zostaną przypisane termoelementom pomiarowym układu różnicowego, zależą przede wszystkim od dokładności komparacji błędów przetwarzania na budowanym obecnie stanowisku komparacyjnym i od niepewności, z jaką wyznaczony został błąd przetwarzania wzorca odniesienia. Obecnie wzorcem odniesienia dla przetworników termoelektrycznych jest przetwornik A55, którego błąd przetwarzania został wyznaczony w National Bureau of Standards z niepewnością  $\pm 0,01\%$ .

Kalibrowane za pomocą układu różnicowego napięcie przemiennne, podzielone za pomocą siedmiocyfrowego dzielnika indukcyjnego i/lub wzmacnione za pomocą wzorcowego wzmacniacza, będzie przykładane na wejście wzorcowanego przyrządu, jeżeli jest nim cyfrowy woltomierz napięcia przemiennego lub miernik poziomu. Jeżeli przyrządem wzorcowanym jest kalibrowane źródło napięcia przemiennego, to na wejście pomiarowe układu różnicowego przykładana się napięcie z tego źródła odpowiednio podzielone za pomocą dzielnika indukcyjnego i wzmacnione za pomocą wzorcowego wzmacniacza.

Układ pomiarowy stanowiska B jest realizacją metody pomiaru napięcia przemiennego przez podstawienie napięcia stałego.

Napięcie wyjściowe jednego z kontrolnych źródeł napięcia przemiennego podaje się równocześnie na wejście wzorcowanego przyrządu pomiarowego i na wejście przetwornika termoelektrycznego odpowiednio wybranego z zestawu przetworników o różnych nominalnych wartościach napięcia wejściowego. Napięcie to nastawia



się w ten sposób, aby wskazówka wzorcowanego przyrządu pokryła odpowiedni wskaz podziałki i jednocześnie kompensuje się STE przetwornika napięciem z kompensatora STE tak, aby galwanometr wskazał stan równowagi. Następnie po przełączeniu układu wejściowego przetwornika na napięcie stałe, nastawiając właściwą wartość tego napięcia i nie zmieniając napięcia kompensującego STE, ponownie uzyskuje się stan równowagi na wyjściu przetwornika. Wartość skuteczna napięcia przemiennego przyłożonego na wejście wzorcowanego przyrządu równa się wartości napięcia stałego zmierzonej woltomierzem cyfrowym, odpowiadającej takiej samej STE na wyjściu przetwornika.

Ponieważ dolną granicą zakresu bezpośredniego pomiaru napięcia za pomocą przetwornika termoelektrycznego jest wartość około 0,25 V, przy pomiarach mniejszych napięć stosowany będzie tłumik wzorcowy.

Jak widać, w stanowisku B wykorzystano metodę pomiarową zastosowaną wcześniej w tymczasowym stanowisku do wzorcowych pomiarów napięcia przemiennego w zakresie częstotliwości do 1 MHz. Budowa stanowiska B polega na wymianie niektórych elementów stanowiska tymczasowego na bardziej doskonale, na wbudowaniu ich w stół manipulacyjny w celu poprawienia funkcjonalności stanowiska, wykonaniu urządzeń zabezpieczających przed przeciążeniem obwód wejściowy przetwornika i przystosowaniu stanowiska do współpracy z blokiem przekazywania danych i drukarką.

Wyniki pomiarów na obu stanowiskach będą rejestrowane automatycznie. Z punktu widzenia współpracy tych stanowisk z blokiem przekazywania danych można wyróżnić dwa rodzaje badań:

- badanie niestabilności napięcia wyjściowego kalibrowanych źródeł napięcia przemiennego i niestabilności wskazań przyrządów pomiarowych,
- badanie błędu podstawowego i częstotliwościowego wzorcowych przyrządów pomiarowych.

W pierwszym przypadku blok przekazywania danych otrzymuje informacje tylko z jednego źródła. Informacje te powinny być rejestrowane w ustalonych odstępach czasu. Sygnały czasowe sterujące pomiar i rejestrację wyniku również powinny być rejestrowane. W drugim przypadku blok przekazywania danych otrzymuje informacje z czterech źródeł. Są to informacje o napięciu wskazanym przez badany przyrząd pomiarowy, o napięciu kalibrowanym przez wzorcowy układ przetwarzający, tj. przetwornik termoelektryczny /w stanowisku B/ lub układ różnicowy termoelementów /w stanowisku A/, o częstotliwości i o stosunku podziału napięcia kalibrowanego przez wzorcowy układ przetwarzający, to jest o nastawieniu dzielnika indukcyjnego lub wzorcowego tłumika. Na sygnał zakończenia pomiaru informacje te powinny zostać zarejestrowane.

Do współpracy z zespołem wzorcowych stanowisk do pomiaru napięcia przemiennego przeznaczono blok przekazywania danych typu 3200 firmy SOLARTRON z drukarką wyjściową typu B16 firmy IBM. Blok ten ma wewnętrzne urządzenie zegarowe i pozwala na rejestrację wyników pomiarów w wybranym kanale, sterowanych sygnałami czasowymi oraz rejestrację czasu wskazywanego przez wewnętrzny zegar, to znaczy, że możliwy jest reżim pracy potrzebny do badania niestabilności przyrządów pomiarowych pod

warunkiem dopasowania źródła informacji i układu pośredniczącego /INTERFACE/. Natomiast rejestracja informacji z czterech źródeł wykracza poza zakres zastosowań bloku przewidziany przez producenta. /Blok przekazywania danych może sterować rejestracją informacji co najwyżej z dwu źródeł i to po dokonaniu pewnych zmian w układzie dostarczonym przez wytwórcę/. Ograniczenie to postanowiono obejść w sposób następujący:

- wykonać drugi układ pośredniczący przystosowany do współpracy z siedmiocyfrowym częstotściomierzem,
- symulatory sygnałów cyfrowych do przyrządów analogowych, symulatory sygnałów cyfrowych dzielnika i tłumika oraz niezbędne dekodery i wkładki wyjściowe do przyrządów cyfrowych stosowanych w stanowiskach lub wzorcowanych na tych stanowiskach skonstruować tak, aby sygnały cyfrowe i operacyjne tworzyły tylko dwa różne systemy, a więc aby cztery źródła informacji mogły parami współpracować z dwoma układami pośredniczącymi,
- wykonać przełącznik sygnałów cyfrowych sterowany automatycznie sygnałami zmiany kanału.

Schemat blokowy układu przekazywania i rejestracji danych podano na rysunkach. Schematów blokowych stanowisk pomiarowych. Linia przerywaną oznaczono tory sygnałów cyfrowych.

Uruchomienie omawianych stanowisk pomiarowych pozwoli na uzyskanie dokładności wzorcowych pomiarów napięcia przemiennego niezbędnej do wzorcowania cyfrowych woltomierzy napięcia przemiennego i mierników poziomu /por. rys. 16/, rozszerzenie zakresu pomiarowego do 100 V przy częstotliwości do 100 kHz i zakresu częstotliwości wzorcowych pomiarów napięcia przemiennego.

nego i poziomemu do około 30 MHz oraz niemal dwukrotne skrócenie czasu sprawdzania przyrządów pomiarowych w porównaniu ze sprawdzaniem tych przyrządów na stanowisku tymczasowym.

Prace przy budowie zespołu dwu stanowisk pomiarowych są dość zaawansowane. Opracowano już projekty elektryczne i szkicową dokumentację warsztatową urządzeń wchodzących w skład stanowisk /z wyjątkiem bloku dekodery/. Urządzenia te zostaną wykonane jeszcze w bieżącym roku. Kompletuje się również wyposażenie stanowisk w niezbędną aparaturę pomiarową.

#### 4.3.5. Komparator przetworników termoelektrycznych

Stanowiska do wzorcowych pomiarów napięcia przemiennego mogą być uważane za wzorce napięcia przemiennego w tym znaczeniu, że są to zespoły urządzeń odtwarzających niezmiennie podczas ich działania określone wartości napięcia przemiennego /por. Słownik metrologii prawnej - Zalecenia międzynarodowe Międzynarodowego Komitetu Metrologii Prawnej - wrzesień 1966/. Natomiast nie istnieją wzorce napięcia przemiennego w tym sensie, jak na przykład wzorce pojemności /kondensatory/ lub wzorce napięcia stałego /ogniwa Westona/. Gwarancją niezmienności odtwarzania wartości napięcia wzorca napięcia przemiennego jest jego komparacja ze wzorcem napięcia stałego za pośrednictwem wzorcowego elementu przetwarzającego, tzw. wzorca przetwarzania. Wynika stąd duże znaczenie, jakie dla określenia i zachowania wartości wzorców napięcia przemiennego ma określenie i zachowanie wartości i błędów przetwarzania, to jest tego parametru wzorcowych elementów przetwarzających, który decyduje o błędzie komparacji.

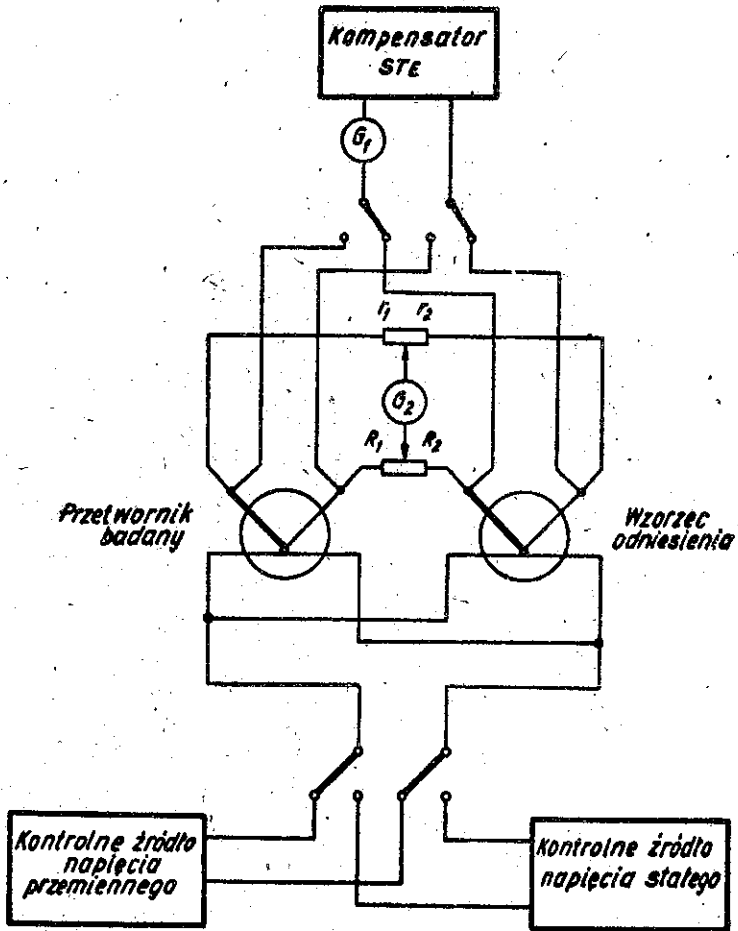
W CIPT wyznacza się wartości błędu przetwarzania roboczych wzorców przetwarzania /elementów przetwarzających stosowanych w stanowiskach do wzorcowania kontrolnych przyrządów pomiarowych TIP/ względem błędu przetwarzania elementu uznanego za wzorzec odniesienia - przetwornika termoelektrycznego typu A55 o błędzie przetwarzania udokumentowanym certyfikatem National Bureau of Standards. Dotychczas stosowano metodę opartą na pomiarze napięć stałych  $U_1$  i  $U_2$ , które przyłożone na wejścia przetworników: badanego / $U_1$ / i wzorca odniesienia / $U_2$ / powodują te same wartości sił termoelektrycznych na wyjściach tych przetworników, co przyłożone na ich wejścia napięcie przemienne  $U_f$ . Błąd przetwarzania przetwornika badanego wyznaczony względem wzorca odniesienia można było wyliczyć ze wzoru

$$\sigma_f = \frac{U_1 - U_2}{U_1}$$

Wartości  $U_1$  i  $U_2$  były średnimi wartościami napięcia stałego o przeciwnych biegunowościach.

Niedokładność wyznaczenia błędu przetwarzania była jednak zbyt duża, ponieważ zależała w znacznym stopniu od niestabilności źródła napięcia przemienne. Z tego powodu postanowiono wykonać w CIPT urządzenie do komparacji błędu przetwarzania przetworników termoelektrycznych metodą opisaną przez F. L. Hermacha i E. S. Williamsa z National Bureau of Standards /IEEE Transactions on Instrumentation and Measurement, vol. IM-15, nr 4, grudzień 1966, s. 260-268/. Metodę tę wyjaśnia rys. 20.

Wejścia obu przetworników: badanego i wzorca odniesienia są połączone równolegle, wyjścia wraz z rezystorami  $R_1 + R_2$  i  $r_1 +$



Rys. 20. Metoda mostkowa komparacji błędów przetwarzania termoelektrycznych przetworników napięcia

+  $r_2$  tworzą mostek komparacyjny. Po przyłożeniu napięcia przemiennego na wejścia obu przetworników układ mostka jest równoważony. Gdy następnie do wejścia przetworników zostanie przyłożone napięcie stałe, takie że STE na wyjściu przetwornika badanego pozostanie bez zmiany, to odchylenie wskazówki świetlnej galwanometru  $G_2$  jest proporcjonalne do błędu przetwarzania przetwornika badanego względem wzorca odniesienia.

W metodzie tej wpływ niestabilności źródła napięcia przemiennego na dokładność wyznaczenia błędu przetwarzania jest drugorzędny, natomiast duże znaczenie mają pasożytnicze siły termoelektryczne w układzie komparacyjnym, które powinny być wyeliminowane.

Rzeczywisty układ komparatora zawiera oprócz mostka komparacyjnego kompensator STE i pomocniczy kompensator służący jako źródło małych napięć do wyznaczania czułości komparatora.

Prace nad budową komparatora zostały zakończone w grudniu 1971 roku. W 1972 roku komparator został zastosowany do wyznaczenia błędu przetwarzania wykonanych w CIPT przetworników termoelektrycznych, przeznaczonych dla TIP. Przewiduje się również wykorzystanie tego komparatora do komparacji wzorców przetwarzania Telekomunikacyjnej Służby Pomiarowej z wzorcami przetwarzania Centralnego Urzędu Jakości i Miar.

#### 4.4. Prace CIPT w zakresie tworzenia bazy technicznej wzorcowych pomiarów napięcia przemiennego i poziomu w Telekomunikacyjnych Izbach Pomiarowych

Obok prac nad budową własnych stanowisk pomiarowych i metodami wzorcowania kontrolnych przyrządów pomiarowych TIP, obok

legalizacji i sprawdzeń tych przyrządów, CIPT prowadzi prace z zakresu tak zwanego nadzoru metrologicznego nad działalnością TIP. Zadania Pracowni Pomiarów Mocy i Napięć Zmiennych wynikające z nadzoru metrologicznego obejmują:

- opracowanie wymagań technicznych na stanowiska do wzorcowych pomiarów napięcia przemiennego i poziomu, budowane w TIP,
- doradztwo w zakresie zakupów kontrolnej aparatury pomiarowej dla TIP,
- konsultacje z zakresu zagadnień związanych z budową wzorcowych stanowisk pomiarowych i metodyki pomiarów wzorcowych,
- protokolarne odbiory stanowisk do wzorcowych pomiarów napięcia przemiennego i poziomu, budowanych w TIP,
- opracowanie instrukcji sprawdzania użytkowej aparatury pomiarowej resortu łączności przeznaczonej do pomiarów napięcia przemiennego i poziomu,
- szkolenie pracowników TIP w zakresie metodyki sprawdzania tej aparatury.

W związku z niedostatecznym wyposażeniem TIP w kontrolną aparaturę pomiarową w 1971 roku w CIPT rozpoczęto prace konstrukcyjne nad budową nowych typów przyrządów do pomiaru napięcia przemiennego dla TIP. W ubiegłym roku opracowano model laboratoryjny kontrolnego miernika poziomu. Dane techniczne tego przyrządu są następujące:

zakres częstotliwości

30 Hz + 1,5 MHz



|                               |           |
|-------------------------------|-----------|
| zakres pomiarowy              | 0 ± 30 dB |
| niedokładność pomiaru poziomu | 0,1 dB    |
| rozdzielczość pomiaru poziomu | 0,01 dB   |

Po zakończeniu badania modelu przewiduje się budowę prototypu i wykonanie krótkiej serii /10-15 sztuk/ kontrolnych mierników poziomu, które zastąpiłyby użytkowane dotychczas w TIP mierniki poziomu typu 3D 322a produkcji firmy Siemens o ponad dwukrotnie mniejszym zakresie częstotliwości i o rozdzielczości pomiaru poziomu około 0,0025 Np.

W roku 1972 zostanie zakończona budowa 10 kompletów przetworników termoelektrycznych poziomu i 10 kompensatorów STE przeznaczonych dla tych TIP, które będą się specjalizować we wzorcowych pomiarach napięcia przemiennego i poziomu. Po przeszkoleniu pracowników i po skompletowaniu wyposażenia wzorcowych stanowisk do pomiarów poziomu i napięcia przemiennego w tych TIP, Telekomunikacyjna Służba Pomiarowa będzie się ubiegać o nadanie im uprawnień legalizacyjnych przez Centralny Urząd Jakości i Miar i o rozszerzenie zakresu działania tych izb o legalizację niektórych kontrolnych przyrządów do pomiarów napięcia przemiennego i poziomu, należących do instytucji nie podlegających Ministerstwu Łączności. W ten sposób została by częściowo zrealizowana idea współpracy pomiędzy Telekomunikacyjną Służbą Pomiarową a ogólnokrajową służbą sprawdzeń aparatury pomiarowej.

#### 4.5. Realizacja wzorcowych stanowisk do pomiarów napięcia przemiennego w CIPT i TIP w planie pięcioletnim

Jak już wspomniano, realizacja wzorcowych stanowisk do pomiarów napięcia przemiennego w CIPT i TIP znalazła się w planie pięcioletnim problemu węzłowego "Rozwój jednolitej sieci telekomunikacyjnej Państwa" w temacie "Technologia utrzymywania sieci telekomunikacyjnej Państwa".

W planie tym obok prac już omówionych, które zakończą się w bieżącym lub przyszłym roku, przewidziano:

- opracowanie i budowę wzorców małych napięć /od 1  $\mu$ V/ ,
- opracowanie i budowę stanowiska do komparacji małych napięć,
- opracowanie i budowę stanowisk do wzorcowania selektywnych mierników poziomu, miliwoltomierzy i mikrowoltomierzy oraz opracowanie metodyki ich wzorcowania,
- opracowanie metodyki sprawdzania aparatury do badania kształtu przebiegu napięcia,
- prace nad automatyzacją wzorcowych pomiarów napięcia przemiennego i poziomu.

Nie przewiduje się natomiast w bieżącym pięcioleciu prac nad wzorcowymi pomiarami mocy wielkiej częstotliwości. Kontrolne przyrządy pomiarowe resortu łączności przeznaczone do pracy w zakresie częstotliwości ponad 30 MHz będą wzorcowane w specjalistycznych laboratoriach pomiarów wzorcowych innych resortów lub w Centralnym Urzędzie Jakości i Miar. Sprawa ta wymaga jeszcze uzgodnień międzyresortowych.

## ZAKOŃCZENIE

W artykule niniejszym przedstawiono zagadnienia ogólne i organizacyjne związane z prowadzeniem służby metrologicznej w resorcie łączności oraz wybrane zagadnienia naukowo-techniczne związane z pracami metrologicznymi dotyczącymi uwierzytelniania aparatury przeznaczonej do pomiaru napięcia stałego i przemiennego, oporu, indukcyjności, pojemności impedancji i tłumienności. Przyrządy do pomiaru powyższych wielkości stanowią najliczniejszą grupę narzędzi pomiarowych znajdujących się w resorcie. Niezależnie od powyższej podstawowej grupy przyrządów prowadzone są również prace metrologiczne dotyczące aparatury do pomiarów częstotliwości oraz zagadnień związanych z telefonometrią, telegrafią, aparaturą oscyloskopową itp. Ze względu na szczególny charakter tych prac są one prowadzone w specjalistycznych komórkach zaplecza technicznego resortu /np. w IŁ, GUTM, CLR/. Przewiduje się, że w przyszłych pracach metrologicznych znajdą swój wyraz następujące tendencje rozwojowe:

- rozszerzenie zakresów pomiarów i zakresów częstotliwościowych sprawdzanej aparatury pomiarowej,
- zmniejszenie niedokładności pomiarów kontrolnych,
- modernizacja stanowisk kontrolnych i metod pomiaru polegająca przede wszystkim na automatyzacji, rejestracji wyników pomiaru i ich obróbce itp. ,
- objęcie służbą metrologiczną dalszych asortymentów aparatury pomiarowej.

Duży zakres prac metrologicznych opisany w niniejszym artykule oraz ww. tendencje rozwojowe będą wymagały powiększenia istniejącej bazy technicznej, kadrowej i wzrostu nakładów finansowych na ten cel. Biorąc jednak pod uwagę, że zagadnienia powyższe dotyczą nie tylko dziedziny telekomunikacji, ale również takich dziedzin, jak na przykład automatyka i elektronika, należy uznać tendencje włączenia TSP do ogólnokrajowej siatki uwierzytelniania elektrycznej i elektronicznej aparatury pomiarowej za niezbędne. Dla właściwego rozwoju i wykorzystania służby metrologicznej wszystkie zainteresowane jednostki gospodarcze kraju powinny partycypować w kosztach i zyskach prowadzenia takiej służby.



