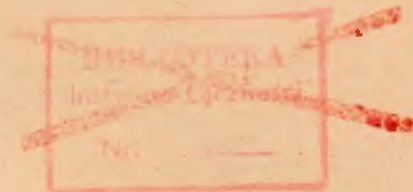


MINISTERSTWO ŁĄCZNOŚCI



**PRACE
INSTYTUTU ŁĄCZNOŚCI**

ZESZYT 1 (7)

ROK IV

WARSZAWA 1957

NAKŁADEM PAŃSTWOWYCH WYDAWNICTW TECHNICZNYCH

Komitet redakcyjny

Redaktor naczelny: *prof. mgr inż. Józef Wójcikiewicz*

Redaktorzy działów: *doc. mgr inż. Sylwester Jarkowski, inż. Aleksy Brodowski*

Sekretarz redakcji: *Zygmunt Grela*

Adres Redakcji: *Instytut Łączności, Warszawa 4, ul. Targowa 74*

SPIS TREŚCI

1. <i>Mieczysław Grobelny</i> — Pomiarы zakłóceń w zakresie fal ultrakrótkich	1
2. <i>Andrzej Treter</i> — Mierniki zakłóceń przemysłowych na zakres częstotliwości 0,15 ÷ 20 MHz	17
3. <i>Mieczysław Grobelny</i> — Mierniki zakłóceń na zakres fal ultrakrótkich	31
4. <i>Michał Nowicki</i> — Miernik współczynników cieplnych indukcyjności i pojemności	49

СОДЕРЖАНИЕ

1. <i>М. Гробельны</i> — Измерения радиопомех в диапазоне ультракоротких волн	1
2. <i>А. Трэтэр</i> — Измерители промышленных помех для диапазона частот 0,15÷20 мгц	17
3. <i>М. Гробельны</i> — Измерители радиопомех для диапазона ультракоротких волн	31
4. <i>М. Новицкий</i> — Измеритель температурных коэффициентов индуктивностей и ёмкостей	49

CONTENTS

1. <i>M. Grobelny</i> — Noise measurement in the ultra-short wave range	1
2. <i>A. Treter</i> — Instruments for measuring noise of industrial origin in the range from 0,15 Mc/s up to 20 Mc/s	17
3. <i>M. Grobelny</i> — Noise Meters for the ultra-short wave range	31
4. <i>M. Nowicki</i> — Instrument for measuring temperature coefficients of inductance and capacitance	4

SOMMAIRE

1. <i>M. Grobelny</i> — Les mesures des perturbations dans la bande des ondes ultra-courtes	1
2. <i>A. Treter</i> — Les appareils de mesure de perturbation industrielles pour les frequences 0,15 ÷ 20 MHz	17
3. <i>M. Grobelny</i> — Les appareils de mesure des perturbations pour des ondes ultra-courtes	31
4. <i>M. Nowicki</i> — Appareil de mesure des coefficients de temperature d'inductance et de la capacitance	49

INHALT

1. <i>M. Grobelny</i> — Störungsmessungen im Ultrakurzwellen-Bereich	1
2. <i>A. Treter</i> — Messgeräte für industrielle Störungen im Frequenzbereich von 0,15 bis 20 MHz	17
3. <i>M. Grobelny</i> — Störungsmessgeräte für Ultrakurzwellen-Bereich	31
4. <i>M. Nowicki</i> — Ein Messgerät für Temperaturkoeffizient von Induktivitäten und Kapazitäten	49

WSZELKIE PRAWA ZASTRZEŻONE

Printed in Poland

Rysunki dostarczył Komitet Redakcyjny

Redaktor techniczny *H. Fiećko*

Korektor techniczny *R. Leske*

PWT Warszawa 1957 Wydanie I. Nakład 553 egz. Ark. wyd. 6,7 Ark. druk. 5,32/A Format B5
Papier druk. sat. kl. V, 70 g, 700×1000/16 Rękopis oddano do składania 1.6.57 Podpisano do druku
8.10.57. Druk ukończono w październiku 1957. Symbol 80234/INB Cena zł 25.—

ZAKŁADY GRAFICZNE IM. MARCINA KASPRZAKA W POZNANIU — 2074/57—K-19



621.396.8:621.3.08

MIECZYŚLAW GROBELNY

POMIARY ZAKŁÓCEŃ W ZAKRESIE FAŁ ULTRAKRÓTKICH

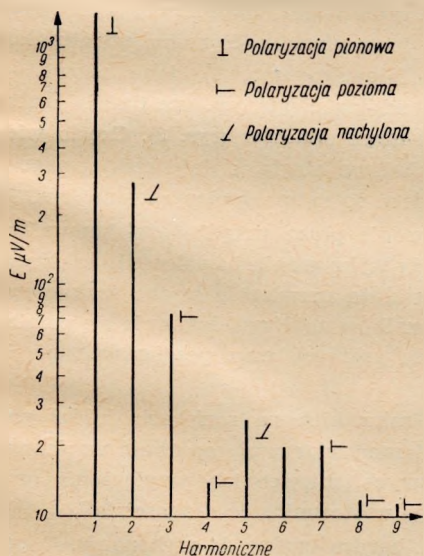
Rękopis dostarczono do IŁ 4. 7. 1956

Praca niniejsza zawiera opis współczesnych metod pomiaru zakłóceń przemysłowych w zakresie fal ultrakrótkich.

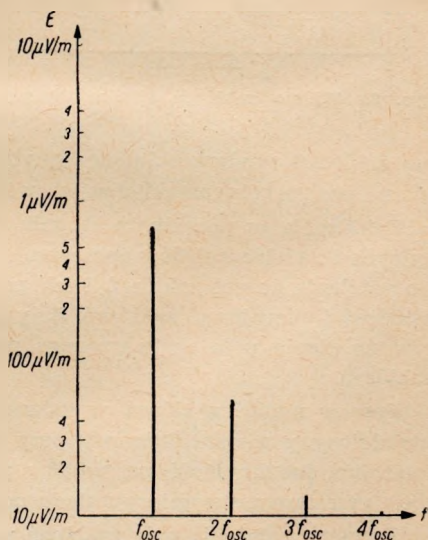
Omówiono sposoby wyszukiwania źródeł zakłóceń w terenie oraz pomiary natężenia pola zakłóceń z przytoczeniem przykładów. Osobno potraktowano pomiary napięcia zakłóceń i kontrolę fabryczną wyrobów, które mogą powodować zakłócenia.

1. WSTĘP

Fale ultrakrótkie w telekomunikacji są wykorzystywane głównie dla takich służb jak telewizja, radiokomunikacja, radiofonia z modulacją częstotliwości i radionawigacja.



Rys. 1. Widmo promieniowanych zakłóceń terapii ultrakrótkofalowej



Rys. 2. Widmo promieniowane przez heterodynę odbiornika UKF

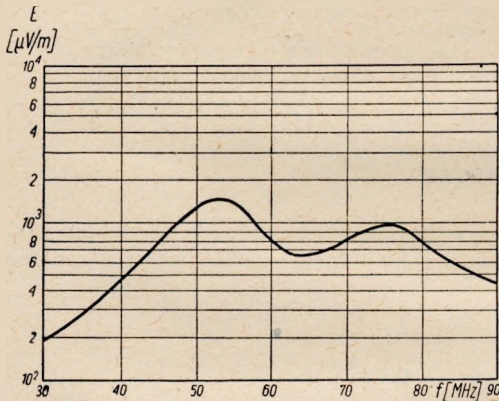
Zakłócenia atmosferyczne w tym zakresie częstotliwości praktycznie nie występują. Wyjątek stanowią tylko silne burze lokalne. Przy falach krótszych od 3 m

daje się już odczuwać wpływ zakłóceń pochodzenia kosmicznego. Dla porównania można podać, że stosunek napięcia sygnału do napięcia zakłóceń atmosferycznych jest około 1000 razy większy w zakresie częstotliwości $30 \div 100$ MHz niż w zakresie $0,1 \div 1$ MHz.

W zakresie fal ultrakrótkich obserwuje się zakłócenia pochodzące przeważnie od urządzeń przemysłowych. Głównymi źródłami tych zakłóceń są urządzenia przemysłowe wielkiej częstotliwości, niektóre aparaty elektromedyczne, odbiorniki superheterodynowe i superreakcyjne oraz urządzenia zapłonowe silników.

Zakłócenia pochodzące od urządzeń przemysłowych rozchodzą się zarówno przez promieniowanie, jak i po przewodach sieci zasilającej, jeżeli te urządzenia z niej korzystają.

Źródła zakłóceń w zakresie fal ultrakrótkich przeważnie mają charakterystykę promieniowania kierunkową, podobną do charakterystyk promieniowania anten kie-



Rys. 3. Widmo zakłóceń silnika motocyklowego

runkowych, wskutek czego zasięg działania zakłóceń jest względnie duży. Przy promieniowaniu zakłóceń w zakresie fal ultrakrótkich występują te same zjawiska co przy promieniowaniu sygnałów użytecznych, a więc odbicia, załamania itd. Widma częstotliwości wytwarzanych przez różne urządzenia są różne. Jedne z nich wytwarzają widma prążkowe, jak np. przyrządy do terapii ultrakrótkofalowej (rys. 1) lub heterodyna odbiornika ultrakrótkofalowego (rys. 2), inne znowu — widma ciągłe, np. urządzenia zapłonowe silników (rys. 3). Często wid-

mo zakłóceń zawiera składowe prążkowe i składowe ciągłe, a fale elektromagnetyczne poszczególnych składowych widma zakłóceń są różnie spolaryzowane (rys. 1).

Zakłócenia w poważnym stopniu mogą utrudnić pracę urządzeń telekomunikacyjnych i z tych względów opracowuje się metody wykrywania i zwalczania zakłóceń. Do ustalenia źródeł zakłóceń i ich parametrów służą urządzenia zwane szukaczami zakłóceń i miernikami zakłóceń. Za pomocą mierników zakłóceń dokonuje się pomiarów natężenia pola wytwarzanego przez źródła zakłóceń oraz pomiarów napięcia zakłóceń.

Pomiar napięć zakłóceń w zakresie fal ultrakrótkich na zaciskach źródeł jest utrudniony, ponieważ dużą rolę przy tych pomiarach odgrywają oporność wejściowa miernika, indukcyjność przewodów połączeniowych, miejsce ich przyłączenia oraz duże przestrzenne wymiary układu pomiarowego w stosunku do długości fali.

Pomiary natężenia pola zakłóceń są również bardzo trudne do wykonania. Obecność różnych przedmiotów odbijających, warunki atmosferyczne itp. przyczyny mają zasadniczy wpływ na poprawność i powtarzalność wyników pomiarów. Jednak te wszystkie trudności nie wykluczają pomiarów zakłóceń w pewnym stałym unormowanym układzie pomiarowym.

2. NAMIAR ŹRÓDEŁ ZAKŁÓCEŃ W ZAKRESIE FAL ULTRAKRÓTKICH

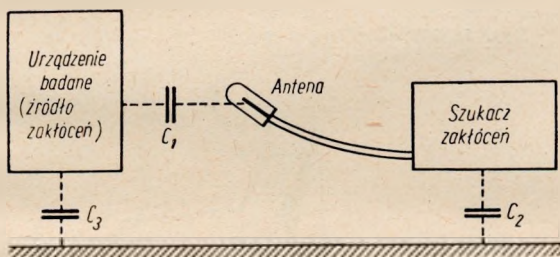
2.1. Wiadomości wstępne

W celu określenia nieznanego położenia źródła zakłóceń stosuje się urządzenia namierzające (pelengacyjne).

Rozróżniamy namierzanie o zasięgu małym — do 50 m oraz o zasięgu dużym — rzędu kilku kilometrów. Pierwszy rodzaj namierzania służy do wykrywania zakłóceń na terenie jednego domu lub do określenia promieniujących szczelin w ekranach źródeł zakłóceń. Do tego celu służy zwykle mały, lekki, przenośny odbiornik z anteną prętową, krótką w stosunku do długości fali, wyposażony w słuchawki do nasłuchu zakłócenia. Do określenia dalekich zakłóceń stosuje się mierniki o dużej czułości, z antenami kierunkowymi.

2.2. Wykrywanie zakłóceń o małym zasięgu

Do wykrywania źródeł zakłóceń znajdujących się w niewielkich odległościach od miejsca zakłócanego stosuje się szukacz zakłóceń, będący odbiornikiem bateryjnym wyposażonym w krótką antenę, którą sprzęga się ze źródłem przez pojemność antena —



Rys. 4. Wyszukiwanie zakłóceń

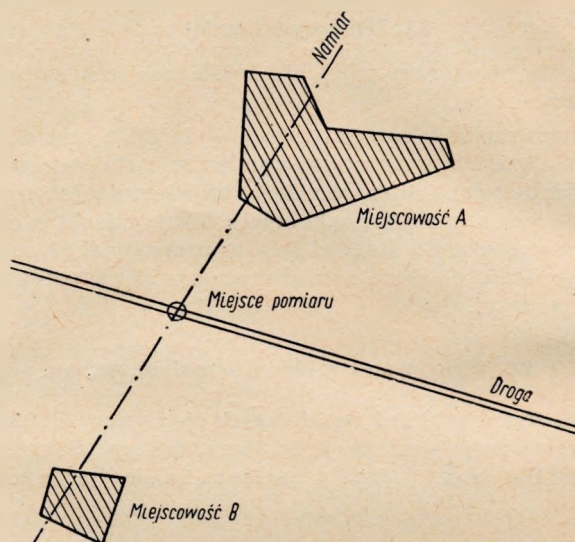
— źródło zakłóceń (rys. 4). Szukacz zakłóceń może być użyty również z małą anteną ramową.

Za pomocą szukacza zakłóceń można określić skąd przychodzi zakłócenie. Na przykład w urządzeniu do diatermii ultrakrótkofalowej można określić szczeliny w ekranowaniu, które najwięcej promieniują. Szukacze zakłóceń nie pozwalają jednak określić dokładnie natężenia pola zakłóceń, a jedynie umożliwiają zorientowanie się w rzędzie wartości zakłócenia. Szukacze zakłóceń są nieodzownie potrzebne zwłaszcza w przypadku lokalizacji zakłócenia na terenie mało dostępnym (domy, fabryki itp.) lub w głębi badanego urządzenia.

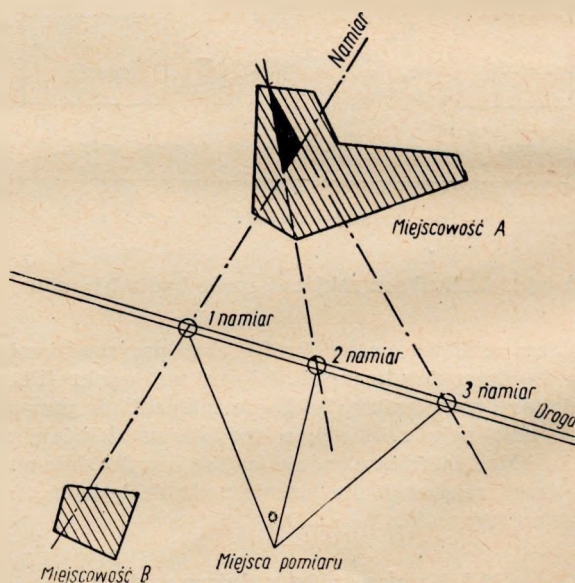
2.3. Namiar źródeł o dużym zasięgu

Pod czynnością zwaną namiarem źródła zakłóceń rozumiemy pomiar kąta (peleng) między dowolnym kierunkiem odniesienia a kierunkiem skąd przychodzi zakłócenie. Do tego celu służy odbiornik wyposażony w antenę kierunkową o charakterystyce np. ósemkowej. Obracając antenę kierunkową możemy określić takie jej położenie, w którym zakłócenie jest niesłyszalne. Znając położenie swoje na mapie, możemy na-

nieść kierunek pochodzenia zakłócenia (rys. 5). Ponieważ jeden namiar daje tylko jeden kierunek, dlatego należy wykonać co najmniej dwa namiary z różnych punktów. Jednak w celu zwiększenia dokładności przeprowadza się trzy namiary, otrzy-



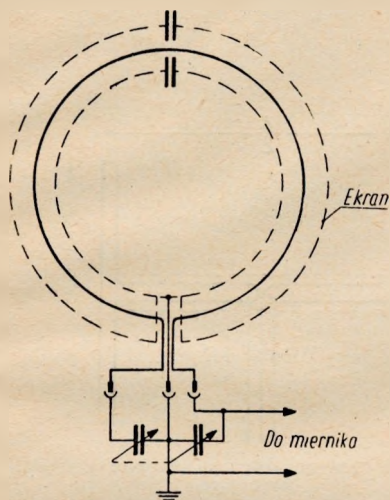
Rys. 5. Mapa terenu z naniesionym namiarem



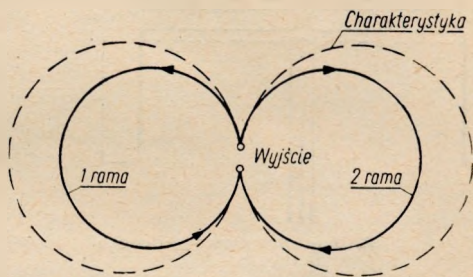
Rys. 6. Mapa terenu z naniesionymi namiarami określającymi położenie źródła zakłóceń

muje się wtedy pewien obszar błędu, który możemy zmniejszyć przez zbliżenie się do źródła zakłóceń i wykonanie powtórnych namiarów. Przykład wykonanego namiaru jest pokazany na rys. 6. Urządzenia namiarowe przeważnie są umieszczone w samochodzie.

W wyniku trzech namiarów otrzymuje się pewien trójkąt, w którym prawdopodobnie będzie się znajdować źródło zakłóceń. Powierzchnia tego trójkąta będzie tym mniejsza, im dokładniejsze będą poszczególne namiary.



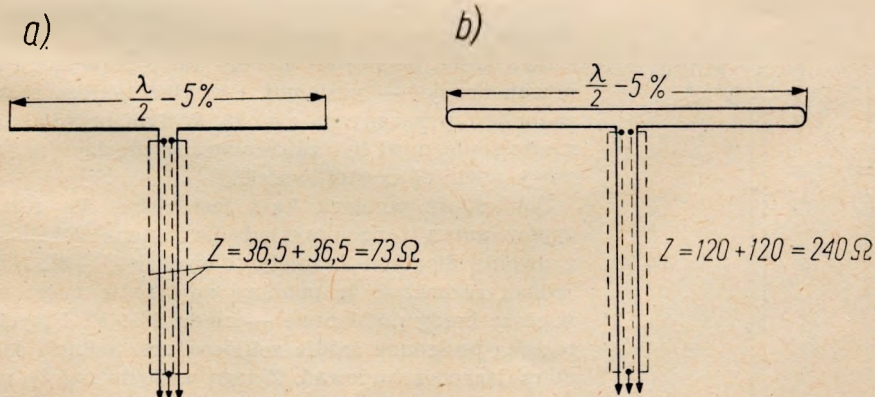
Rys. 7. Antena ramowa jednozwojowa



Rys. 8. Antena ramowa podwójna

Na dokładność namiarów mają wpływ:

- 1) liczba namiarów,
- 2) odległość od źródła zakłóceń,
- 3) urządzenie odbiorcze z układem antenowym,
- 4) obecność jednocześnie kilku źródeł zakłóceń o tej samej częstotliwości,
- 5) odbicia fali od postronnych przedmiotów,
- 6) miejsce ustawienia układu pomiarowego.



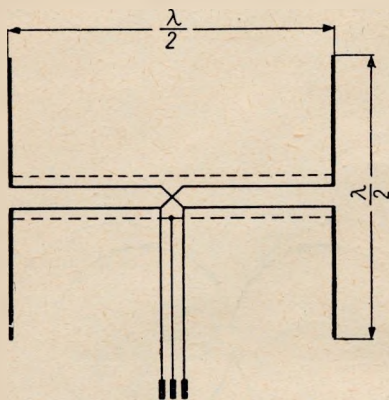
Rys. 9. Anteny półfalowe symetryczne: a) dipol półfalowy, b) dipol półfalowy zwinięty

Do namiarów najczęściej stosuje się następujące anteny:

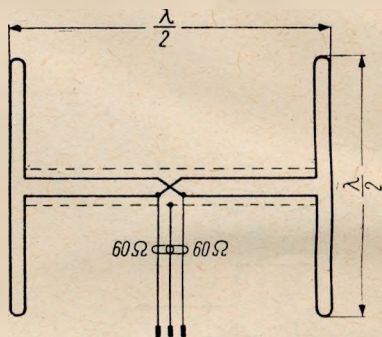
- a) ramowe jednozwojowe w zakresie do 50 MHz (rzadziej do 100 MHz) do odbioru fal o polaryzacji pionowej (rys. 7);

b) ramowe podwójne w zakresie $50 \div 300$ MHz, do odbioru sygnałów o polaryzacji poziomej (rys. 8);

c) półfalowe symetryczne: pojedyncze i zwinięte (rys. 9) w zakresie powyżej 50 MHz;



Rys. 10. Antena półfalowa Adcocka symetryczna



Rys. 11. Antena Adcocka złożona z dipoli zwiniętych

d) o układzie Adcocka H, złożone z dwu dipoli symetrycznych (rys. 10), lub częścię układ Adcocka H, złożony z dwu dipoli zwiniętych (rys. 11);

e) wieloelementowe o dużym zysku kierunkowym, jak na przykład anteny typu Yagi.

Wszystkie wymienione układy są przystosowane do odbioru fal o polaryzacji pionowej i poziomej. W celu umożliwienia odbioru fal o polaryzacji pionowej i poziomej za pomocą jednej anteny stosuje się specjalne rusztowania i mechanizmy do zmiany jej położenia. Są też stosowane układy antenowe składające się z dwu anten, jednej do odbioru fal o polaryzacji pionowej, drugiej — poziomej. Przykład takiego rozwiązania jest pokazany na rys. 12. W tym przypadku na rusztowaniu musi być zainstalowany przełącznik antenowy wielkiej częstotliwości.

Dokładność pomiaru kąta jest różna dla różnych typów anten i na przykład dla anteny Adcocka H z dwoma dipolami zwiniętymi wynosi $1^\circ - 2^\circ$. Należy jednak zaznaczyć, że pomiary na terenie miast mają większe błędy pomiarowe — rzędu $3^\circ \div 5^\circ$. Przyczyną tego są postronne źródła zakłóceń oraz odbicia fal od otaczających zabudowań. Z tego względu należy przeprowadzać pomiar na maksimum odbioru zakłóceń.

Rys. 12. Układ anten do odbioru fal o polaryzacji pionowej i poziomej

ogół nie jest powtarzalny. Dlatego w przypadku kwestionowania wyników należy wykonać pomiary na specjalnym polu pomiarowym opisanym w punkcie 3.

3. POMIAR NATĘŻENIA POLA ZAKŁÓCEŃ W ZAKRESIE FAL ULTRAKRÓTKICH

3.1. Wiadomości wstępne

Ponieważ pomiar napięć zakłócających bezpośrednio na zaciskach źródła zakłóceń w zakresie fal ultrakrótkich nie daje dokładnych wyników, gdyż zwykle zmieniają się przy tym warunki pracy źródła, najczęściej przeprowadza się pomiar natężenia pola zakłóceń w pewnej odległości od źródła. Pomiary natężenia pola dokonuje się zazwyczaj w tzw. strefie falowej, której promień r dla anteny dipolowej jest większy od $\lambda/2\pi$.

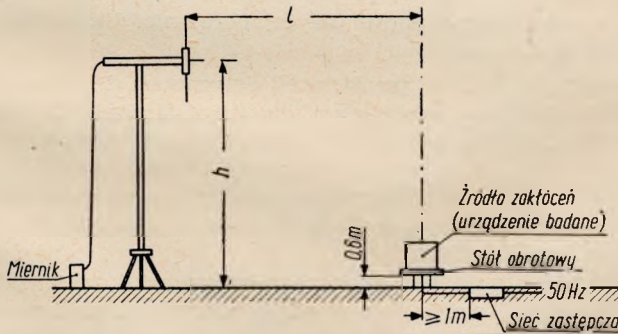
Zatem dla częstotliwości mierzonych 30 MHz ($\lambda = 10$ m) strefa falowa znajduje się poza obszarem o promieniu $r > 1,6$ m, dla częstotliwości 100 MHz ($\lambda = 3$ m) — $r > 0,48$ m.

Przy pomiarach zakłóceń należy uwzględniać warunki atmosferyczne, rodzaj powierzchni ziemi, wpływ zakłóceń ubocznych itp. czynniki mające wpływ na wyniki pomiarów.

Najdokładniejsze pomiary zakłóceń otrzymuje się na specjalnym polu pomiarowym. Takim pomiarom podlegają wszystkie prototypy maszyn i urządzeń, które wytwarzają zakłócenia w zakresie fal ultrakrótkich. Poza tym tego typu pomiary wykonuje się, gdy są kwestionowane pomiary zakłóceń dokonane w terenie. W pewnych przypadkach jednak pomiarów zakłóceń nie można wykonać na stanowisku pomiarowym, np. gdy urządzenie jest bardzo duże, nieprzenośne lub będzie pracować w innych warunkach niż na polu pomiarowym. W tych przypadkach pomiary wykonuje się na stanowiskach w terenie, np. pomiar zakłóceń rozchodzących się wzdłuż linii energetycznej należy wykonywać w pobliżu niej.

3.2. Układ pomiarowy do pomiarów natężenia pola zakłóceń

Układ pomiarowy do pomiarów natężenia pola zakłóceń jest przedstawiony na rys. 13. Stanowisko, na którym stawia się badany przedmiot, jest wykonane w po-



Rys. 13. Układ pomiarowy do pomiaru natężenia pola zakłóceń w zakresie fal metrowych

staci obrotowego drewnianego stolika, którego płyta jest umieszczona na wysokości 60 cm nad ziemią.

Źródła zakłóceń (urządzenia badane) pobierające prąd z sieci do 50 A są zasilane przez zastępczą sieć sztuczną. W ten sposób badanie źródeł zakłóceń odbywa się zawsze w tych samych warunkach.

Na rysunku 14 pokazano sieć sztuczną stosowaną w ZSRR [6] w zakresie częstotliwości od 20 do 150 MHz, o następujących danych:

$$R - 75 \Omega \quad \pm 10\%$$

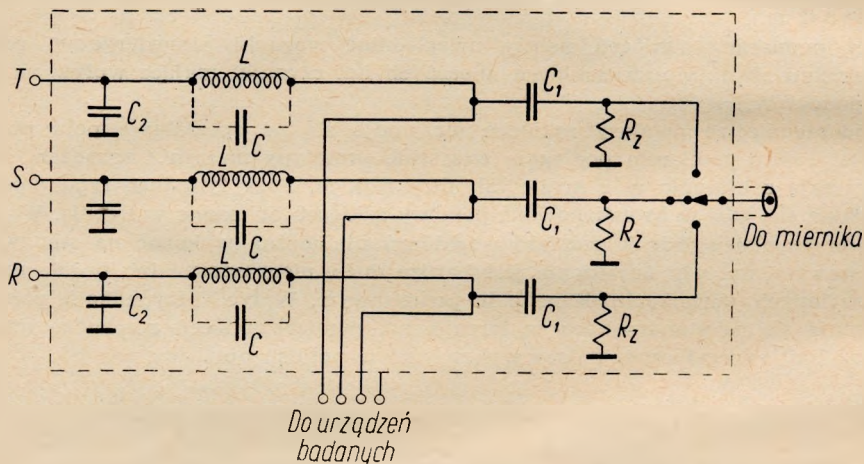
$$L - 1,5 \mu\text{H} \quad \pm 10\%$$

$$C - 10 \text{ pF} \quad \pm 10\%$$

$$C_1 - 0,1 \mu\text{F} \quad \pm 10\%$$

$$C_2$$

Częstotliwość rezonansowa dławika, jak wynika z powyższych danych, wynosi $f \approx 40$ MHz. Oporność pozorną dławika w zakresie częstotliwości od 20 do 150 MHz ma mieć wartość większą od 100Ω .



Rys. 14. Układ zastępczy sieci elektrycznej

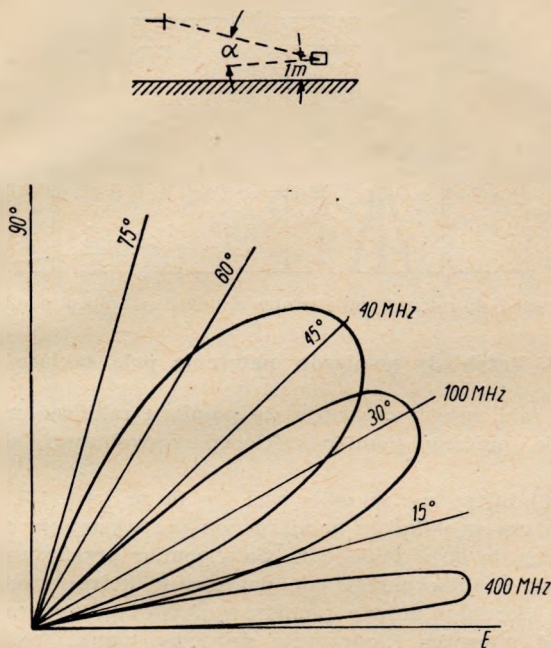
W odległości l (rys. 13) od źródła badanego znajduje się antena pomiarowa umieszczona na stojaku pozwalającym na jej obracanie. Umożliwia to odbiór fal o dowolnym kącie nachylenia polaryzacji.

Wysokość zawieszenia anteny pomiarowej dotychczas definitywnie nie została ustalona. W ZSRR wysokość zawieszenia dipola półfalowego wynosi 1,75 m [6], w NRF 3 m [2]. Również odległość anteny pomiarowej od źródła zakłóceń jest różna w różnych krajach.

Wysokość zawieszenia anten pomiarowych i położenie aparatu badanego (źródła zakłóceń) oraz odległości między aparatem badanym i antenami pomiarowymi mają znaczny wpływ na wyniki pomiarów.

Na rysunku 15 przedstawiono charakterystykę promieniowania źródła zakłóceń. Charakterystyka promieniowania jest wybitnie kierunkowa i dla mniejszych częstotliwości kąty promieniowania są mniejsze, dla większych — większe. Dla ustalenia maksymalnego promieniowania źródła zakłóceń należałoby zmieniać wysokość zawieszenia anteny pomiarowej, co znacznie utrudniałoby pomiary. Przy pomiarach natężenia pola z reguły więc nie mierzy się jego wartości maksymalnej w danej odległości od źródła zakłóceń, lecz wartości mniejsze, uzyskane przy znormalizowanej wysokości zawieszenia anteny. Dla znanych i prostych układów promieniujących w zasadzie można obliczyć charakterystykę promieniowania, a tym samym wyznaczyć maksimum promieniowania.

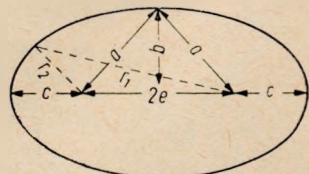
Większość źródeł zakłóceń przeważnie promieniuje za pomocą układu bardzo złożonego i często zmiennego w czasie. Układu takiego najczęściej nie da się obliczyć. W tym przypadku tylko pomiar daje pojęcie o rzeczywistej charakterystyce promieniowania źródła zakłóceń w danej chwili.



Rys. 15. Natężenie pola w funkcji kąta (antena nadawcza zawieszona na wysokości 1 m nad ziemią)

3.3. Pole pomiarowe

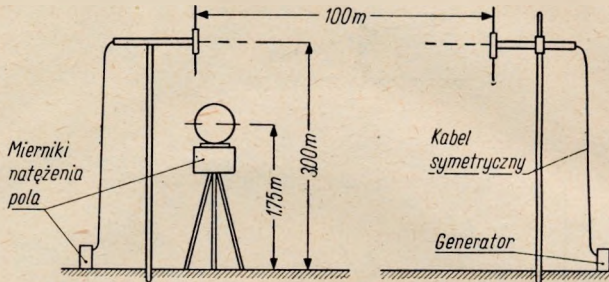
Plac, na którym dokonuje się pomiarów, musi być płaski i na jego terenie nie powinny znajdować się przedmioty odbijające (zabudowania, drzewa, przewody itp.). Szkic placu pomiarowego jest podany na rys. 16. Ma on kształt elipsy z ogniskami oddalonymi od siebie o 100 m. W jednym ognisku elipsy jest umieszczona antena pomiarowa, w drugim — źródło zakłóceń. Na takim placu pomiarowym fala odbita od postronnych przedmiotów przebywa drogę co najmniej dwukrotnie dłuższą niż fala bezpośrednia. To wystarczy, by odbicia nie powodowały odczuwalnych błędów pomiarowych.



Rys. 16. Plac pomiarowy do pomiaru natężenia pola zakłóceń

Dla sprawdzenia, czy na placu pomiarowym istnieją odbicia szkodliwe od postronnych przedmiotów, należy wykonać badania według układu podanego na rys. 17. Na polu pomiarowym umieszczono dwie anteny pomiarowe: antenę ramową do pomiarów na niższych częstotliwościach — do 100 MHz (polaryzacja pionowa) i antenę półfalową na zakres do 500 MHz. W ognisku, w którym umieszcza się źródło zakłóceń (urządzenie badane) ustawia się dipol półfalowy i zasila z genera-

torą, po czym przeprowadza się pomiar zmieniając miejsce ustawienia anteny pomiarowej w granicach długości fali mierzonej. Zmiany natężenia pola spowodowane zmianą odległości ustawienia anteny i obecnością fali odbitej nie powinny przekraczać 10%. Charakterystyka promieniowania w płaszczyźnie poziomej powinna być kołowa.



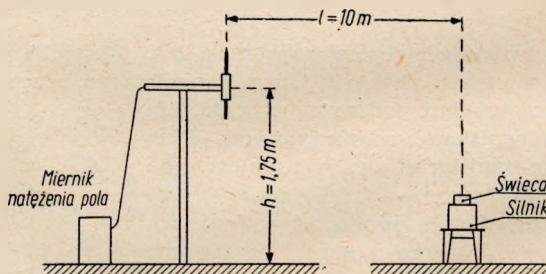
Rys. 17. Układ do sprawdzania istnienia odbić na placu pomiarowym

3.4. Przykłady pomiarów natężenia pola zakłóceń

Dla ilustracji, w jaki sposób dokonuje się pomiaru zakłóceń na stanowisku pomiarowym, zostanie opisany pomiar zakłóceń wywołanych silnikiem motocyklowym.

Natężenie pola [6] mierzymy w odległości $l = 10$ m (rys. 18). Przed pomiarem należy upewnić się, czy w układzie pomiarowym nie występuje zjawisko fal odbitych i czy nie występują obce zakłócenia. Sam pomiar przeprowadza się w sposób następujący: obracając silnik określa się pozycję, w której występuje największe promieniowanie w kierunku anteny pomiarowej. Następnie obraca się antenę na maksimum wskazań miernika i odczytuje się jeden punkt widma zakłóceń wytwarzanych przez silnik. Podobnie postępuje się przy pomiarze następnych punktów widma. Wyniki takiego pomiaru są pokazane na rys. 3.

Pomiary innych urządzeń wymagają również wyjaśnień.



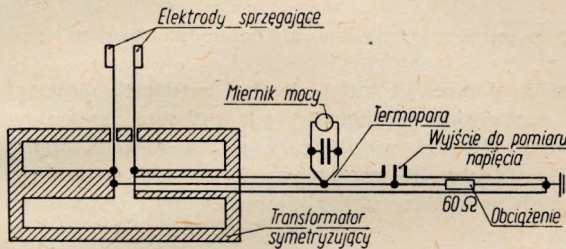
Rys. 18. Układ do pomiaru natężenia pola zakłóceń od silnika

Pomiar zakłóceń wytwarzanych przez urządzenia do terapii wielkiej częstotliwości i generatory przemysłowe musi być wykonywany w różnych warunkach:

- a) przy obciążeniu tych urządzeń,
- b) bez obciążenia,
- c) przy rozstrojonym urządzeniu, jeżeli urządzenie jest dostrajane w trakcie pracy.

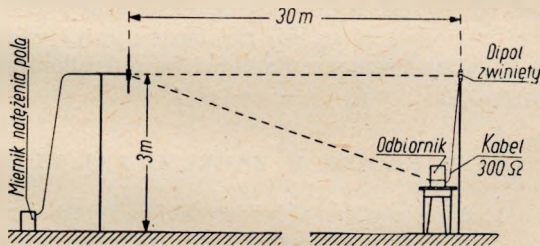
Do obciążenia urządzeń muszą być stosowane jednoznacznie określone układy. W urządzeniach przemysłowych jako obciążenie wstawia się na przykład do pieca dielektrycznego odpowiedni materiał do podgrzewania. Ostatnio jednak stosuje się też specjalne sztuczne modele obciążeń do przeprowadzania prac pomiarowych trwających dłuższy okres czasu.

W urządzeniach do terapii obciążeniem generadora w normalnych warunkach pracy jest człowiek, który podczas pomiarów musi być zastąpiony odpowiednim układem zastępczym (fantomem). Wykonuje się układy w postaci wanny z odpowiednim roztworem lub stosuje się zastępcze układy elektryczne; przykład takiego układu jest pokazany na rys. 19. Dla zapewnienia symetrii stosuje się transfor-



Rys. 19. Układ zastępczy obciążenia do generadora służącego do terapii wielkiej częstotliwości

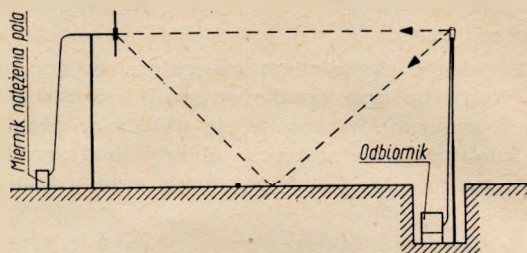
mator symetryzujący koncentryczny, złożony z dwu linii równoległe połączonych i zwartych na końcach. Do pomiaru mocy wydzielonej jest zastosowany miernik mocy z termoparą, poza tym jest możliwość pomiaru napięcia wielkiej częstotliwości. W odbiornikach telewizyjnych i radiofonicznych z modulacją częstotliwości przeprowadza się pomiary promieniowania heterodyny, a w odbiornikach super-



Rys. 20. Układ do pomiaru promieniowania heterodyny odbiornika

reakcyjnych — promieniowania generadora superreakcyjnego. Odbiorniki promieniają zakłócenia za pośrednictwem: anteny, sieci zasilającej, do której są dołączone, i przez promieniowanie bezpośrednie. Pomiary wykonuje się na wolnej przestrzeni miernikiem natężenia pola, przy czym mierzy się zakłócenia odbiornika pracującego z dipolem umieszczonym na odbiorniku, z anteną wewnętrzną oraz bez anteny. Największą znaną wartość z tych pomiarów przyjmuje się jako promieniowanie odbiornika. Jest ona wyrażona w mikrowoltach na metr. Pomiary powinny być wykonane w pasmie częstotliwości, dla którego badany odbiornik jest przeznaczony i na harmonicznych heterodyny. Układ pomiarowy jest pokazany na rys. 20.

Miernik zakłóceń mierzy wypadkowe pole promieniowane przez antenę i przez odbiornik bezpośrednio. Umieszczając odbiornik w wykopanym wgłębieniu (rys. 21) odbiera się tylko pole pochodzące od anteny odbiorczej. Należy zaznaczyć, że przy



Rys. 21. Układ do pomiaru promieniowania heterodyny odbiornika poprzez antenę

tym pomiarze można pomierzyć napięcie na zaciskach anteny stosując metodę podstawienia, tj. zastępując odbiornik generatorem sygnałowym. Praktycznie można najpierw przeskalować w μV cały układ (antenę nadawczą i odbiorczą z miernikiem pola), a następnie przyłączyć na miejsce generatora odbiornik. Przy pomiarach w każdym wypadku układ powinien być dopasowany na maksimum mocy.

Odległości, na jakich wykonuje się pomiary, są ustalone w poszczególnych krajach oddzielnie dla każdej grupy urządzeń i podane w postaci norm lub zaleceń [6] [10]. Poza tym w normach podaje się, jakie jest dopuszczalne natężenie pola zakłóceń na danej odległości i wysokości nad ziemią, inaczej mówiąc, określa się maksymalne dopuszczalne natężenie pola zakłóceń w pewnym punkcie przestrzeni pomiarowej. Odległości te w różnych krajach są różne, co jest spowodowane różną interpretacją tego zagadnienia.

Czynnikami, które bierze się pod uwagę, przy określaniu odległości pomiaru są: pomiar w strefie falowej, właściwości źródła zakłóceń, przeciętna odległość urządzenia badanego od odbiornika w czasie eksploatacji tego urządzenia. Korzystnie jest stosować mniejsze odległości pomiarowe, gdyż wtedy wpływ czynników ubocznych jest mniejszy i wymagania stawiane miernikom zakłóceń mogą być mniejsze.

4. POMIAR NAPIĘĆ ZAKŁÓCEŃ W ZAKRESIE FAL ULTRAKRÓTKICH

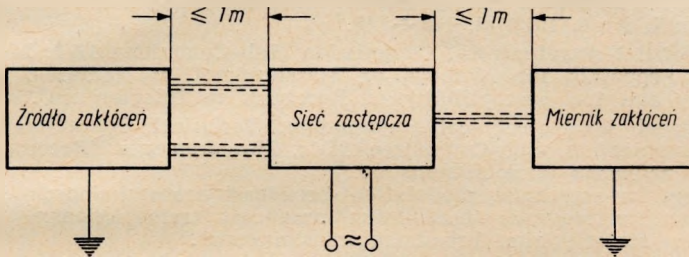
Pomiar napięć zakłóceń na zaciskach źródeł zakłóceń jest utrudniony z powodu indukcyjności przewodów doprowadzających oraz dużych przestrzennych wymiarów układu pomiarowego w stosunku do długości fal mierzonych zakłóceń. Poza tym sposób dołączenia miernika do poszczególnych źródeł zakłóceń nie jest identyczny. Dołączenie miernika zmienia także parametry źródła zakłóceń. Pomiar napięć jest utrudniony przez fale stojące, które tworzą się na kablach połączeniowych, dlatego pomiar jest możliwy jedynie w układach dopasowanych, względnie przy skróceniu przewodów połączeniowych do minimum.

Przy niedokładnym ekranowaniu układu pomiarowego energia rozplywa się też po powierzchni tego układu. Dlatego można czasem w układach pomiarowych spotkać przy stosowaniu dłuższych kabli połączeniowych dławiki w formie kołnierzy o długości $\frac{\lambda}{4}$ nasadzone na kabel koncentryczny, które uniemożliwiają przeniesienie się energii po powierzchni kabla.

W obecności zakłóceń ubocznych pomiary wykonuje się w kabinie ekranowanej.

Pomiary napięć zakłóceń są obarczone dużym błędem, lecz mają tę zasadniczą przewagę nad pomiarami natężenia pola, iż są mniej zależne od czynników ubocznych, a więc są bardziej powtarzalne; poza tym mogą być one wykonane w laboratorium.

Do typowych pomiarów napięcia zakłóceń należy np. pomiar zakłóceń przenikających do sieci zasilającej z urządzenia badanego. Układ pomiarowy do pomiaru



Rys. 22. Układ do pomiaru napięć zakłóceń w zakresie częstotliwości do 150 MHz na zaciskach źródeł zakłóceń

zakłóceń na sieci zastępczej ilustruje rys. 22. Sieć zastępcza jest pokazana na rys. 14. Układ pomiarowy musi być dokładnie ekranowany, wszystkie przewody połączeniowe muszą być możliwie krótkie.

5. POMIARY ZAKŁÓCEŃ PRZY KONTROLI PRODUKCJI FABRYCZNEJ

Podczas produkcji urządzeń mogących być źródłami zakłóceń powinna być przeprowadzana kontrola mająca za zadanie wyeliminowanie urządzeń wytwarzających niedopuszczalnie duże zakłócenia. Problem ten jest szczególnie ważny przy produkcji masowej.

Pomiary wyrobów produkowanych w fabryce muszą być wykonane jak najbliżej procesu produkcyjnego, dlatego pomiary opisane w punkcie 3 nie mają zastosowania w kontroli produkcji. Przeprowadzane w tym przypadku pomiary napięć zakłóceń opisano w punkcie 4. Pomiary wykonuje się przeważnie metodą przez porównanie. Wzorcem jest urządzenie pomierzone w sposób opisany w punktach 3 i 4.

Najczęściej wykonuje się pomiary zakłóceń przy kontroli produkcji w kabinie ekranowanej. Pomiary wykonuje się przeważnie przy użyciu małej anteny prętowej. Miernik zakłóceń z anteną i urządzeniem badanym są umieszczone wewnątrz kabiny. Urządzenie badane jest ustawione na specjalnym rusztowaniu, zapewniającym powtarzalność i szybkość pomiarów. Pożądane jest także ustawienie urządzenia badanego tak, by pracowało ono w warunkach zbliżonych do warunków eksploatacyjnych.

Dla zwiększenia szybkości pomiarów kontrolnych wykonuje się pomiary tylko na pewnych uzgodnionych częstotliwościach, względnie stosuje się analizatory widma zakłóceń z przestrajaniem elektronicznym lub mechanicznym.

Przy pisaniu powyższej pracy autor korzystał z cennych uwag Kierownika Katedry Techniki Odbiorczej Politechniki Wrocławskiej prof. W. Rotkiewicza, za które bardzo dziękuje.

WYKAZ LITERATURY

1. Annexe I au document 12-1 (France) 110 Note du Comité français sur la mesure des rayonnements d'un récepteur en cabine blindée.
2. *Conrad*: Funkstörungen und Entstörung. Fortschritte der Hochfrequenztechnik, tom III, Vilbig und Zennek — Akademische Verlagsgesellschaft. Leipzig 1954.
3. Commission Electrotechnique Internationale Comité. D'études Nr 12 Radiocommunications Sous-Comité 12-1: Mesures. Observations du Comité français sur le document 12-1 (Secrétariat) 18 „Recommended methods of radiation measurements”.
4. *Hesselbach W.*: Verminderung von Reflexions-Störungen bei Fernsehempfang. Funktechnik Nr 6, 1956, st. 148 ÷ 150.
5. International Electrotechnical Commission, Sub-Committee 12-1: Measurements. "British Proposals for Methods of Measurement of Radiation from Radio Receivers and the Susceptibility of Receivers to Interference”.
6. International Electrotechnical Commission, Technical Committee Nr 12 Radio-Communication, Sub-Committee 12-1: Measurements "Recommended methods of radiation measurements on:
receivers for amplitude modulation broadcast transmissions;
receivers for frequency modulation broadcast transmissions;
receivers for television broadcast transmissions”.
7. *Kuniewski H.*: Obecny stan prac Międzynarodowego Komitetu Wielkich Sietci Elektrycznych (CIGRE) w dziedzinie zakłóceń odbioru radiowego i telewizyjnego, spowodowanych przez linie przesyłowe oraz aparaty elektryczne. Przegląd Telekomunikacyjny Nr 2, 3. 1954.
8. *Liutow S. A.*: Industrialnyje pomiechi radioprijoma i bor'ba s nimi (Przekład polski: „Zakłócenia przemysłowe przy odbiorze radiowym i ich zwalczanie”. W. K., Warszawa 1955).
9. *Lee E. M.*: Current Radio Interference Problems. Journal of the British Institution of Radio Engineers. Nov. 1952.
10. *Möller C.*: FM-Betriebsverhältnisse im UKW-Rundfunk. Funktechnik. Zeszyt 12, 1949, s. 351.
11. Normy priedielno dopustimych industrialnych radiopomiech. Swiazizdat, Moskwa, 1956 (wyd. 4).
12. *Nowak A., Cantz R., Engbert W., Schaffstein G., Dahlke W.*: Die Röhre im UKW-Empfänger, tom I, II, III, München 1952/53.
13. *Rotkiewicz W.*: Technika odbioru radiowego. Tom II, PWT. Warszawa, 1954.
14. Réunions des Commissions d'études I et XI du CCIR Bruxelles 1955. République Federale D'Allemagne "Limitation des rayonnements radioelectriques non desirés provenant des installations industrielles”.
15. *Röhnelt R. i Lehmann G.*: Beeinflussung des Fernsehempfanges durch Störungen hochfrequenter Art. Funktechnik. Zeszyt 8, s. 239 — 240 i zeszyt 9 s. 271 — 272. 1953.
16. *Seelemann F.*: Funk Entstörung. Otto Elsner, Darmstadt-Berlin, 1954.
17. *Schrieber H.*: Beim UKF- und Fernsehempfang mögliche Störungen und Bedingungen für eine UKW-Funkentstörung funkfremder elektrischer Geräte. Radio und Fernsehen, Nr 8, 1955, s. 237 ÷ 239.
18. *Vilbig F.*: Lehrbuch der Hochfrequenztechnik. Tom I, wydanie II. Akademische Verlagsgesellschaft. Leipzig, 1954.

M. Гробэльны

ИЗМЕРЕНИЯ РАДИОПОМЕХ В ДИАПАЗОНЕ УЛЬТРАКОРОТКИХ ВОЛН

Резюме

В настоящей статье описаны методы измерений применяемых при испытаниях помех в диапазоне ультракоротких волн. Эти методы представлены в основном

с точки зрения практического производства измерений, а затем рассматривается схема измерения напряженности поля радиопомех. С целью иллюстрации методов производства измерений приведены практические образцы подготовки измерительных мест, а также ход действия при измерениях.

Кроме описания измерений напряженности поля радиопомех, в статье рассматривается вопрос измерений напряжения помех на зажимах источников помех. Эти измерения, по сравнению с измерениями напряженности поля, характеризуются значительными ошибками, которые однако меньше зависят от посторонних факторов.

В заключении даны практические указания для измерений помех во время контроля производства устройств, которые могут вызывать такие помехи.

M. Grobelny

NOISE MEASUREMENT IN THE ULTRA-SHORT WAVE RANGE

Summary

The paper presents common methods of noise measurement in the ultra-short wave range mainly from the point of view of the practical procedure of measurement. Methods of detecting noise sources, as well as equipment for measuring the disturbing field strength have been described. In order to illustrate the problem, examples of set-up of the measuring equipment and of the procedure of measurement have been given. The problem of measuring the interfering voltage across the terminals of the source has been discussed next. Measurements of this kind are liable to larger errors than the former ones, being, on the other hand, less influenced by external factors. In conclusion, practical recommendations are given as to the measurement of noise during factory tests of equipment which may originate this kind of interference.

M. Grobelny

LES MESURES DES PERTURBATIONS DANS LA BANDE DES ONDES ULTRA-COURTES

Résumé

L'article concerne la description des méthodes de mesure des perturbations dans la bande des ondes ultra-courtes, surtout du point de vue de la réalisation pratique des mesures.

On y trouve la description des systèmes de radiogoniométrie des sources des perturbations, et du circuit de mesure d'intensité de champ des perturbations. Ensuite on présente des exemples pratiques de la préparation des postes de mesure et de la manière d'agir pendant la réalisation de ces mesures.

Outre la description des mesures d'intensité du champ des perturbations, on traite le problème de mesure des tensions perturbatrices sur les bornes des sources de perturbations. Ces mesures, comparées aux mesures d'intensité de champ sont chargées des erreurs plus grandes, mais elles ont une dépendance plus faible des influences latérales.

Toute la fin de l'ouvrage est consacrée à des indications pratiques pour les mesures des perturbations pendant la contrôle de la productions des dispositifs, qui peuvent produire les perturbations pareilles.

M. Grobelny

STÖRUNGSMESSUNGEN IM ULTRAKURZWELLEN-BEREICH

Zusammenfassung

Der Aufsatz betrifft die bei Störungsmessungen im Ultrakurzwellen-Bereich verwendeten Methoden, hauptsächlich vom Standpunkt der praktischen Ausführung von Messungen.

Es werden Verfahren zum Aufsuchen von Störquellen beschrieben und eine Anlage zur Messung der Störfeldstärke besprochen. Um die Messverfahren zu veranschaulichen, werden einige praktische Beispiele der Vorbereitung von Messplätzen und des Vorgehens bei den Messungen gebracht.

Ausser der Beschreibung der Störfeldstärkemessungen wird auch die Frage der Messung von Störspannungen an den Klemmen der Störquelle berührt. Diese Messungen sind in Vergleich mit den Feldstärkemessungen mit grösseren Fehlern behaftet, aber von Nebenfaktoren weniger abhängig.

Zum Schluss werden praktische Anweisungen für Ausführung von Störungsmessungen in der Produktionskontrolle der Anlagen, die solche Störungen erzeugen können, gegeben.

ANDRZEJ TRETER

621.317.799:621.396.823

MIERNIKI ZAKŁÓCEŃ PRZEMYSŁOWYCH NA ZAKRES CZĘSTOTLIWOŚCI 0,15 ÷ 20 MHz

Rękopis dostarczono do IŁ 21. 10. 1956

W artykule niniejszym omówiono zasadnicze wymagania stawiane przyrządom przeznaczonym do pomiaru zakłóceń przemysłowych oraz najbardziej typowe wykonania tych przyrządów.

1. WSTĘP

Metoda pomiaru zakłóceń polega na porównaniu napięcia lub natężenia pola zakłóceń z napięciem lub natężeniem pola pochodzącym z generatora sygnałów wzorcowych.

Urządzenia przeznaczone do pomiaru zakłóceń można podzielić na trzy grupy:

1. Urządzenia przeznaczone do kontroli produkcji masowej. Urządzenia te powinny dawać szybką odpowiedź typu „tak-nie” na pytanie, czy wyrób kontrolowany nie wytwarza napięcia lub pola zakłóceń o wartości większej od dopuszczalnej. Pomiaru dokonuje się zwykle przy kilku ustalonych częstotliwościach.

2. Urządzenia przeznaczone do laboratoryjnych pomiarów napięcia lub natężenia pola zakłóceń. Urządzenia te, nazywane w dalszym ciągu „miernikami poziomu zakłóceń”, muszą się odznaczać dużą czułością i umożliwiać pomiary w całym zakresie częstotliwości od 0,15 do 20 MHz. Pomiary powinny być wykonywane w kabinach ekranowanych.

3. Urządzenia przeznaczone do wykrywania źródeł zakłóceń — „szukacze zakłóceń”. Są to uproszczone mierniki poziomu zakłóceń w wykonaniu przenośnym (zasilanie bateryjne) z możliwością użycia anten o właściwościach kierunkowych.

W niniejszym artykule omówione są czynniki wpływające na dokładność pomiarów dokonywanych przy pomocy mierników grupy drugiej oraz są opisane typowe wykonania mierników i szukaczy grup 2 i 3.

2. CZYNNIKI WPŁYWAJĄCE NA DOKŁADNOŚĆ POMIARÓW

Specyfika pomiaru zakłóceń polega na tym, że mierzone napięcie lub natężenie pola nie jest sinusoidalne, a jego wartość chwilowa jest przeważnie zmienną losową. Zachodzi pytanie, jaką wartość przebiegu zakłócającego należy mierzyć — średnią, skuteczną czy szczytową. Oczywiście wzajemne zależności między tymi wartościami nie są stałe. Przeciwnie, zależności te mogą się zmieniać w bardzo szerokich granicach. Dlatego jest rzeczą zasadniczą powzięcie decyzji co do wyboru wartości mie-

rzoney. W większości przypadków zakłócenia przemysłowe mogą być uważane za zbiór bezładnych impulsów rozmieszczonych w czasie z różną gęstością. Jeżeli ta gęstość jest bardzo duża, mamy do czynienia z zakłóceniami o charakterze „białego” szumu, jeżeli jest bardzo mała — z pojedynczymi impulsami. Oczywiście najczęściej spotykane są zakłócenia o charakterze pośrednim. Stwierdzono¹⁾, że efekt wywierany przez zakłócenia przemysłowe na pracę urządzeń radiokomunikacyjnych jest bardziej proporcjonalny do wartości szczytowej przebiegu zakłócającego niż do jego wartości średniej lub skutecznej²⁾.

W związku z powyższym miernik poziomu zakłóceń powinien wskazywać wartość szczytową. Ze względu na wyżej omówiony charakter przebiegów zakłóceńowych pomiar wartości szczytowej jest możliwy tylko w przybliżeniu. Najdokładniejsza jest tu metoda pomiaru oscylograficznego. Większość mierników na omawiany zakres częstotliwości nie ma jednak wbudowanych lamp oscylograficznych i pomiar polega na odczycie wartości poziomu zakłóceń ze wskazań odpowiednio wyskalowanego mikroamperomierza. Ze względu na niedającą się uniknąć bezwładność układu pomiarowego wynik pomiaru może być tylko zbliżony do wartości szczytowej. Jest to tzw. wartość quasi-szczytowa. Oczywiście, w przypadku zakłóceń o charakterze pojedynczych, rzadkich impulsów, wartość quasi-szczytowa może się znacznie różnić od wartości szczytowej. Dlatego nazwa „poziom zakłóceń” wydaje się bardziej odpowiednia niż „napięcie zakłóceń”.

Z wyżej omówionych względów dokładność pomiarów zakłóceń jest mała. Istnieje szereg czynników, które mogą powodować znaczną rozbieżność wyników uzyskanych przy użyciu różnych mierników poziomu zakłóceń. Niezgodność wyników może nawet osiągać rząd wielkości 1000 : 1.

Czynniki, które mogą powodować rozbieżność wyników, są następujące:

- 1) niejednakowe anteny lub niejednakowe układy sieci zastępczych,
- 2) różne szerokości pasma częstotliwości przepuszczanych,
- 3) różne tłumienia przy częstotliwościach lustrzanych i częstotliwości pośredniej,
- 4) różne czasy ładowania i rozładowania układów detekcyjnych,
- 5) w miernikach z automatyczną regulacją wzmacnienia — różnice w stałych czasowych tego układu,
- 6) różnice w użytych mikroamperomierzach,
- 7) przesterowanie lamp miernika i inne efekty nieliniowe,
- 8) rozstrojenie obwodów wielkiej lub pośredniej częstotliwości wywołane efektem Millera,
- 9) nadmierne błędy współbieżności obwodów strojonych mierników,
- 10) wszelkie niedokładności w działaniu dzielnika napięcia,
- 11) błędy w skalowaniu mierników,
- 12) niedostateczne ekranowanie,
- 13) nadmierna czułość na zakłócenia przenikające z sieci zasilającej,
- 14) wahania napięć zasilających,
- 15) zmiany parametrów lamp,
- 16) niewłaściwy sposób przeprowadzenia pomiaru.

Z wyżej wymienionych czynników pięć pierwszych wymaga zdaniem autora omówienia, wpływ pozostałych na dokładność pomiaru jest oczywisty.

¹⁾ C. C. I. R. Dokumenty w sprawach zagadnień Nr 2, 5, 14, 15, 16, 17.

²⁾ W przypadku zakłóceń o charakterze rzadkich impulsów efekt ten staje się proporcjonalny raczej do częstości powtarzania impulsów.

2.1. Antena i układ sieci sztucznych

Przy pomiarze natężenia pola zakłóceń miernik pracuje z anteną pomiarową. W omawianym zakresie częstotliwości używane są najczęściej anteny w postaci prostego pręta lub anteny ramowe.

Przy odbiorze fali płaskiej anteny pomiarowe nie powinny być przyczyną błędów pomiaru. Bardzo poważne błędy pomiarowe mogą powstać przy dokonywaniu pomiarów w pobliżu źródła, bowiem w polu o dużym gradiencie pojęcie „wysokości skutecznej” anteny traci praktycznie sens. Wtedy małe różnice w kształcie lub wymiarach anteny mogą być przyczyną poważnych błędów. Również w tym przypadku anteny prętowa i ramowa dadzą wyniki różne w zależności od tego, która składowa pola — elektryczna czy magnetyczna — jest dominująca. Odległość od źródła, w jakiej należy dokonywać pomiary, musi być ściśle określona, podobnie jak rodzaje i wymiary anten pomiarowych.

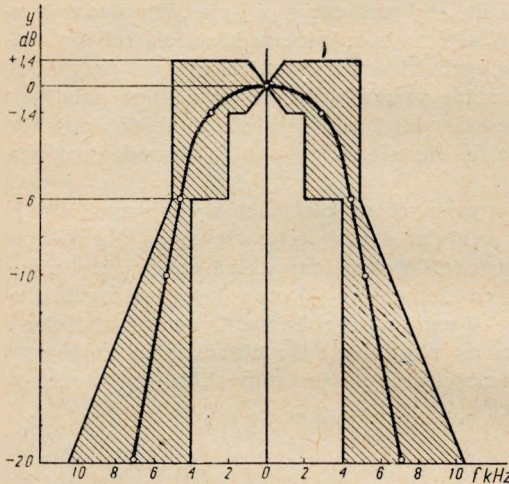
Przy pomiarze poziomu zakłóceń, dokonywanych na zaciskach wyjściowych źródła zakłóceń, źródło to musi być obciążone siecią zastępczą odpowiadającą normalnym warunkom pracy. Sieć zastępcza musi mieć ściśle określony układ elektryczny z podaniem wartości i tolerancji poszczególnych elementów [8] oraz dopuszczalnych długości przewodów łączących ze źródłem zakłóceń i z miernikiem. Oporność wejściowa miernika poziomu zakłóceń jest przyłączona równolegle do układu sieci zastępczej i dlatego jej najmniejsze dopuszczalne wartości przy poszczególnych częstotliwościach powinny być również określone w normach.

2.2. Szerokość pasma częstotliwości

Widmo częstotliwości zakłóceń przemysłowych może być uważane w większości przypadków za widmo ciągłe. Skuteczna szerokość pasma częstotliwości miernika poziomu zakłóceń decyduje o tym, jaka część widma zakłóceniewego zostanie wydzielona przez miernik. Stopnie wielkiej i pośredniej częstotliwości tworzą razem układ, który może być uważany za filtr pasmowy. Wypadkowa szerokość pasma częstotliwości tego filtra może być określona np. na poziomie -6 dB poniżej wierzchołka wypadkowej krzywej rezonansu. Wskazania miernika będą, przy zakłóceniach szumowych o widmie ciągłym, proporcjonalne do pierwiastka kwadratowego ze skutecznej szerokości pasma. Jeżeli mierzone zakłócenia mają charakter impulsów rzadko powtarzających się, to wskazania miernika będą proporcjonalne do iloczynu amplitudy impulsów i szerokości pasma częstotliwości filtra. Doprowadzenie bowiem impulsu na wejście miernika powoduje pojawienie się na wyjściu filtra pasmowego napięcia nieustalonego. Maksimum amplitudy tego napięcia zależy od amplitudy impulsu wejściowego i szerokości pasma częstotliwości filtra w sposób powszechnie znany. Szerokość pasma częstotliwości określa też czas trwania impulsu na wyjściu filtra. Jeżeli założy się liniowości charakterystyki roboczej detektora, to wskazania miernika będą proporcjonalne do maksimum amplitudy napięcia nieustalonego na wyjściu filtra pasmowego. Oczywiście, wspomniane zależności wskazań miernika od szerokości pasma częstotliwości zachodzą tylko pod warunkiem, że żaden ze stopni lampowych miernika nie jest przesterowany mierzonym napięciem zakłóceń. Spełnienie tego warunku musi umożliwiać odpowiedni dzielnik napięcia mierzonego.

Z uwag powyższych wynika, że szerokość pasma częstotliwości miernika ma zasadniczy wpływ na wyniki dokonywanych pomiarów. Dlatego też normy powinny określać ściśle szerokość pasma częstotliwości miernika poziomu zakłóceń. Granice tolerancji szerokości pasma częstotliwości powinny być tak ustalone, aby błędy po-

miarowe spowodowane różnicami szerokości pasma w granicach tolerancji nie przekraczały 30%. Przeważnie przyjmuje się szerokość pasma wynoszącą $9 \text{ kHz} \pm 10\%$ na poziomie -6 dB (VDE 0876/III,42); norma radziecka z 1948 r. dopuszcza $9 \text{ kHz} \pm 20\%$ [3]; norma radziecka w III wydaniu z roku 1955 dopuszcza $9 \text{ kHz} + 10\%$, -30% [8]¹⁾. Kształt wypadkowej krzywej selektywności miernika w całym zakresie mierzonych przez niego częstotliwości jest również określony. Wypadkowa krzywa selektywności musi leżeć w obrębie pola zakreskowanego, pokazanego na rys. 1.



Rys. 1. Dopuszczalne granice przebiegu krzywej selektywności miernika. Wrysowana krzywa zdjęta doświadczalnie z miernika poziomu zakłóceń MZ-3

2.3. Tłumienie przy częstotliwościach lustrzanych i częstotliwości pośredniej

Jak już wspomniano, zakłóceniom przemysłowym przypisuje się na ogół ciągłe widmo w szerokim zakresie częstotliwości. Miernik jest selektywnym woltomierzem lampowym pracującym na zasadzie odbiornika superheterodynowego. Jeżeli więc selektywność stopni wielkiej częstotliwości miernika będzie niedostateczna, to pomiar będzie przebiegał przy wydzielaniu przez miernik równocześnie trzech pasm z widma zakłóceń, każdego o szerokości $2 \Delta f$. Będą to: pasmo leżące w otoczeniu właściwej częstotliwości pomiarowej, pasmo leżące w otoczeniu częstotliwości lustrzanej, tzn. wyższej o podwójną częstotliwość pośrednią od częstotliwości pomiarowej i wreszcie pasmo w otoczeniu częstotliwości pośredniej. Oczywiście wynik pomiaru będzie fałszywy i będzie w znacznym stopniu uzależniony od rozkładu gęstości widmowej zakłóceń w szerokim zakresie częstotliwości, podczas gdy w ramach wąskiego pasma $2 \Delta f$ można gęstość widmową zakłóceń uważać za stałą.

Stopnie wejściowe miernika pracujące na wielkiej częstotliwości muszą więc zapewniać odpowiednie tłumienie przy częstotliwościach lustrzanych i częstotliwości pośredniej. Wartość tego tłumienia nie powinna być w całym zakresie mierzonych częstotliwości mniejsza od 20 dB, zarówno dla częstotliwości lustrzanych, jak i pośredniej [8].

¹⁾ Jeżeli dokonywany będzie pomiar tych samych zakłóceń dwoma miernikami, z których jeden będzie miał $2 \Delta f_1 = 9 \text{ kHz} + 10\% = 9.9 \text{ kHz}$, a drugi $2 \Delta f_2 = 9 \text{ kHz} - 10\% = 8.1 \text{ kHz}$, to przy pomiarze zakłóceń szumowych rozbieżność wskazań będzie wynosiła

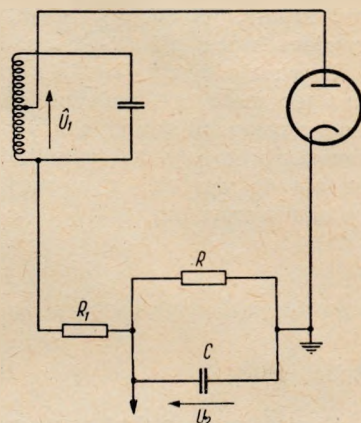
$$\sqrt{\frac{2 \cdot \Delta f_1}{2 \cdot \Delta f_2}} = \sqrt{\frac{9.9}{8.1}} \approx \sqrt{1.22} \approx 1,1 \text{ tj. } 10\%,$$

przy pomiarze zaś zakłóceń impulsowych $\frac{2 \cdot \Delta f_1}{2 \cdot \Delta f_2} = 1,22 \text{ tj. } 22\%$.

Analogicznie można znaleźć dla tolerancji $\pm 20\%$, przy pomiarze zakłóceń szumowych rozbieżność wskazań $\sim 22\%$ i przy pomiarze zakłóceń impulsowych rozbieżność wskazań $\sim 50\%$.

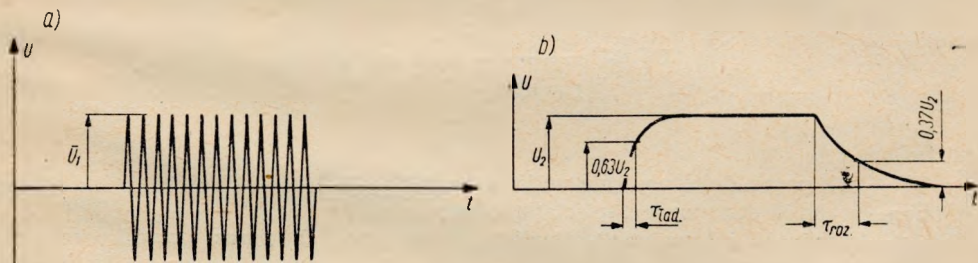
2.4. Czas ładowania i rozładowania układu detekcyjnego

Omawiane w tym artykule mierniki poziomu zakłóceń na zakres częstotliwości $0,15 \div 20$ MHz przeznaczone są do pomiaru takiego parametru przebiegu zakłócającego, który dawałby ilościowe określenie stopnia szkodliwości tych zakłóceń dla radiokomunikacji. Jak już wspomniano, parametrem takim jest wartość quasi-szczytowa. Wartość ta różni się zwykle od wartości szczytowej z powodu nie dającej się uniknąć bezwładności układu pomiarowego. Ze względu na to, że wspomniana bezwładność ma zasadniczy wpływ na wynik pomiaru zakłóceń, musi ona być określona. Założywszy naprzód, że bezwładność systemu ruchomego mikroamperomierza będzie mniejsza od bezwładności układu detekcyjnego, rozpatrzmy tę ostatnią. Bezwładność układu detekcyjnego przejawia się tym, że zmiany napięcia na wyjściu detektora zachodzą z pewnym opóźnieniem w stosunku do zmian amplitudy napięcia o częstotliwości pośredniej doprowadzonego na wejście. Bezwładność detektora może być scharakteryzowana dwiema wartościami mającymi wymiar czasu, a mianowicie: „czasem ładowania“ i „czasem rozładowania“ kondensatora C (rys. 2).



Rys. 2. Układ detekcyjny

Czas ładowania zależy przede wszystkim od stałej czasu układu R_1C , ale zależy również od oporności wewnętrznej diody, dobroci ostatniego obwodu częstotliwości pośredniej w czasie przewodzenia diody i oporności wewnętrznej ostatniej lampy wzmacniacza częstotliwości pośredniej. Czas ładowania trudno jest więc określić obliczeniowo. Najdokładniejszą metodą określenia czasu ładowania jest pomiar czasu,



Rys. 3. Przebiegi czasowe w układzie detekcyjnym: a) napięcie wejściowe detektora, b) napięcie wyjściowe detektora

jaki upłynie między chwilą doprowadzenia do wejścia detektora napięcia sinusoidalnego o stałej amplitudzie a chwilą osiągnięcia przez napięcie stałe na wyjściu wartości wynoszącej 63% napięcia ustalonego (rys. 3). Odpowiada to bowiem spełnieniu warunku

$$t = R \cdot C = \tau_{lad}, \quad (1)$$

we wzorze

$$u = U_2 \left(1 - e^{-\frac{t}{RC}} \right), \quad (2)$$

czyli

$$u = U_2 \left(1 - \frac{1}{e} \right) \approx U_2 \cdot 0,63 \quad (3)$$

gdzie:

u — wartość napięcia wyjściowego,

U_2 — napięcie wyjściowe ustalone,

R — wypadkowa oporność, przez którą ładuje się pojemność C .

Pomiar może być przeprowadzony np. metodą oscylograficzną. Wartość czasu ładowania musi być tak dobrana, aby detektor reagował na szybkie zmiany napięcia zakłócającego oraz aby równocześnie reagował znacznie słabiej na impulsy trwające zbyt krótko. Wiadomo bowiem, że ludzki narząd słuchu nie reaguje na podniety trwające krócej niż 0,5—1 ms.

Czas rozładowania kondensatora C jest określony głównie stałą czasu układu RC . Czas ten może być, podobnie jak czas ładowania, określony pomiarowo. Będzie to pomiar czasu między chwilą wyłączenia działającego na wyjście detektora napięcia sinusoidalnego o stałej amplitudzie U_1 a chwilą, w której napięcie wyjściowe U_2 spadnie do wartości wynoszącej 37^{0/100} napięcia ustalonego (rys. 3). Odpowiada to spełnieniu warunku

$$t = RC = \tau_{roz}, \quad (4)$$

we wzorze

$$U_2 = U_1 e^{-\frac{t}{RC}}, \quad (5)$$

czyli

$$U_2 = U_1 \frac{1}{e} \approx U_1 \cdot 0,37. \quad (6)$$

Wartość czasu rozładowania powinna być większa niż czasu ładowania. Po pierwsze bowiem, właściwości ucha ludzkiego są takie, że całkowity zanik wrażenia po ustaniu podniety wymaga czasu 160 do 200 ms. Po drugie, duża wartość czasu rozładowania umożliwia dokonanie pomiaru zakłóceń o charakterze pojedynczych impulsów, zaś przy zakłóceniach o charakterze impulsów częstych zapewnia ciągłe wskazywanie wartości bliskiej szczytowej. W wypadku zakłóceń o charakterze pojedynczych impulsów napięcie wyjściowe detektora określone jest zależnością [2]¹⁾:

$$U_2 \approx U \frac{0,54 \frac{n}{\Delta f}}{1 + 0,54 \frac{n}{\Delta f}} = \bar{U} \cdot p, \quad (7)$$

gdzie:

U_2 — jak poprzednio, napięcie wyjściowe detektora,

\bar{U} — wartość szczytowa napięcia impulsów,

Δf — szerokość pasma częstotliwości przepuszczanych przez przeddetekcyjną część miernika,

n — liczba impulsów przypadająca na okres równy czasowi rozładowania detektora.

Ze wzoru (7) widać, że dla małych n napięcie U_2 będzie prawie wprost proporcjonalne do liczby impulsów przypadających na czas rozładowania, tzn. do częstotliwości impulsów. Ta proporcjonalność wskazań miernika do częstotliwości impulsów przy małych n jest korzystna, gdyż odpowiada subiektywnej ocenie słuchacza radiowego²⁾. Przy wzroście n charakter zależności ulega zmianie, p wzrasta asymptotycznie do jedności, czyli dla $n \rightarrow \infty$, $U_2 \rightarrow \bar{U}$.

1) Zależność ta ważna jest dla stanu ustalonego, tzn. wówczas, gdy na detektor działa nieskończony ciąg impulsów identycznych, o stałej częstotliwości powtarzania.

2) W przypadku zakłóceń o charakterze rzadkich impulsów efekt ten staje się proporcjonalny raczej do częstości powtarzania impulsów.

Czasy ładowania i rozładowania detektora są, podobnie jak i szerokość pasma częstotliwości, najważniejszymi parametrami elektrycznymi miernika poziomu zakłóceń i dlatego powinny być ściśle określone w normach dotyczących mierników. Wśród krajów posiadających już normy przeciwzakłóceniu nie ma jednomyślności w sprawie wyboru wartości czasu ładowania i rozładowania układu detekcyjnego. Mierniki produkowane obecnie w NRF mają parametry dostosowane do właściwości ucha ludzkiego, mianowicie czas ładowania 1 ms, rozładowania 160 ms. Te same wartości stosowane były dawniej w ZSRR [3]. W ostatnich czasach w wielu krajach obowiązują większe wartości czasów ładowania i rozładowania. W Stanach Zjednoczonych obowiązywały już w 1947 r. [1] wartości 10 ms i 600 ms, stosownie do zaleceń JCC (The Joint Coordination Committee). W najnowszej normie radzieckiej z 1955 r. [8] przewiduje się czas ładowania $10 \text{ ms} \pm 20\%$, czas rozładowania $600 \text{ ms} \pm 20\%$, te wartości obowiązują w ZSRR już od pewnego czasu [3]. Miernik poziomu zakłóceń opracowany przez autora ma parametry zgodne z normami radzieckimi [5], [7]. Jeszcze inne wartości parametrów ustaliła „The British Electrical and Allied Industries Research Association (E. R. A.)” w W. Brytanii, mianowicie 1 ms i 500 ms [1]. Na ostatnim Zgromadzeniu Ogólnym C.I.S.P.R. (Comite International Special du Perturbations Radioelectrique — Międzynarodowy Komitet Specjalny do Spraw Zakłóceń Radioelektrycznych), odbytym w październiku 1953 r. w Londynie nie podjęto ostatecznej decyzji w tej sprawie [4]. Postanowiono jednak zbudować model miernika poziomu zakłóceń o parametrach układu detekcyjnego, wynoszących: czas ładowania 1 ms, czas rozładowania 160 ms.

Większe wartości czasu rozładowania (600 ms) uniezależniają wyniki pomiaru od stałej czasu ruchomego systemu mikroamperomierza, która wynosi $200 \div 400 \text{ ms}$. Jeżeli czas rozładowania detektora jest dłuższy od stałej czasowej mikroamperomierza¹⁾, wtedy ta ostatnia nie wpływa na wynik pomiaru. Zwiększenie wartości czasu ładowania (10 ms) ma na celu uniezależnienie tej wartości od wpływu różnych przypadkowych czynników, które powodowały niepowtarzalność wartości τ_{lad} w poszczególnych miernikach. Im większa jest wartość τ_{lad} , w tym większym stopniu jest ona określona przez stałą czasu R_1C układu detekcyjnego.

2.5. Automatyczna regulacja wzmocnienia (A.R.W.)

W starszych typach mierników poziomu zakłóceń (szczególnie w amerykańskich) stosowano automatyczną regulację wzmocnienia. Skala mikroamperomierza zawierała zwykle dwie lub trzy dekady wartości napięcia i miała równocześnie dwie podziałki — logarytmiczną w mikrowoltach i liniową w decybelach. Logarytmiczny charakter skali uzyskiwano właśnie dzięki automatycznej regulacji wzmocnienia. Mierniki te miały bardzo szerokie zakresy napięć mierzonych (do 120 dB). A.R.W. zapobiegała przesterowywaniu miernika silnymi impulsami zakłócającymi. Jednakże A.R.W. powoduje dodatkowe opóźnienie w ustaleniu się wartości napięcia wyjściowego detektora, powoduje również wzrost parametrów czasowych detektora i to w sposób zależny od amplitudy napięcia przyłożonego na zaciski wejściowe miernika. Z tych powodów w ostatnich czasach mierniki poziomu zakłóceń nie mają automatycznej regulacji wzmocnienia. Mają za to nieco węższy zakres napięć mierzonych, ok. $80 \div 100 \text{ dB}$, ale pozwalają na znacznie dokładniejsze pomiary. Logarytmiczny przebieg skali można uzyskać innymi środkami (np. można umieścić mikroamperomierz w układzie woltomierza lampowego z pentodą o poślizgowym napięciu ekranu).

¹⁾ Stała czasowa miernika określona jest czasem T (liczonym od chwili włączenia napięcia dającego pełne odchylenie wskazówki miernika), po którym wskazówka przechodzi przez działkę skali odpowiadającą 2/3 łuku podziałki. Układ ruchomy miernika ma ustalać się ruchem aperiodycznym krytycznym.

3. UKŁADY MIERNIKÓW I SZUKACZY ZAKŁÓCEŃ [3], [5], [6]

3.1. Mierniki poziomu zakłóceń

Produkowane obecnie mierniki poziomu zakłóceń mają z reguły układ elektryczny oparty na zasadzie odbiornika superheterodynowego. Stopień drugiego detektora różni się od normalnego odbiornika tym, że ma inne stałe czasu ładowania i rozładowania oraz w niektórych miernikach (zwłaszcza niemieckich) dwupołkowy układ prostujący detektora. Stopnie małej częstotliwości są zazwyczaj w miernikach przystosowane do wyjścia na słuchawki kontrolne, rzadziej na głośnik. W każdym mierniku za detektorem następuje układ zawierający mikroamperomierz. Wejście tego właściwego układu pomiarowego jest równoległe do wejścia wzmacniacza małej częstotliwości. Układ pomiarowy jest zwykłym wzmacniaczem prądu stałego, połączonym z woltomierzem lampowym. Mikroamperomierz pracuje albo wprost w obwodzie anodowym wzmacniacza prądu stałego (miernik polski MZ-3), albo w układzie mostkowym (miernik radziecki IP-12M i inne).

Ze względu na to, że stosunek największego do najmniejszego napięcia mierzonego wyraża się liczbą $80 \div 100$ dB, konieczny jest dzielnik napięcia mierzonego, który zapobiegałby przesterowaniu lamp miernika. Większość produkowanych obecnie mierników ma dzielniki napięcia umieszczone na wejściu, przed pierwszą lampą. Dzielniki te muszą pracować w całym zakresie częstotliwości mierzonych z zachowaniem jednakowego podziału (z reguły dziesiątego). Dzielniki są wykonywane przeważnie w postaci układów oporowych z odpowiednim przełącznikiem (mierniki niemieckie), rzadziej jako dzielniki pojemnościowe (miernik radziecki IP-12M). Dzielnik napięcia znajdujący się na wejściu musi zapewniać odpowiednią oporność wejściową miernika. Rzadziej spotyka się dzielnik napięcia pracujący na częstotliwości pośredniej. W niemieckim mierniku STMG 3800 firmy Siemens & Halske za pierwszym i drugim filtrem częstotliwości pośredniej pracują dzielniki pojemnościowe synchronicznie przełączane. W mierniku polskim MZ-3 dzielnik pojemnościowy umieszczony jest za pierwszym filtrem częstotliwości pośredniej, napięcie o najwyższej mierzonej wartości $10000 \mu\text{V}$ nie grozi jeszcze przesterowaniem pierwszych stopni miernika. Dzielnik taki, jako pracujący przy stałej częstotliwości, może zapewnić łatwiej dokładny podział napięcia niż dzielnik umieszczony na wejściu.

Miernik poziomu zakłóceń pokrywa zwykle cały zakres częstotliwości od 0,15 do 20 MHz w sposób ciągły z niewielką luką na częstotliwość pośrednią. Częstotliwość pośrednia większości mierników zawiera się w granicach $465 \div 470$ kHz. Miernik polski MZ-3 ma częstotliwość pośrednią 870 kHz, a miernik STMG 3800 Siemens & Halske ma częstotliwość pośrednią 2 MHz.

W związku z pracą mierników w szerokim zakresie częstotliwości powstaje problem zmiany czułości z częstotliwością. Oczywiście wszystkie mierniki budowane są tak, aby zmiany czułości z częstotliwością były jak najmniejsze, jednak nawet małe zmiany mogą być przyczyną błędów pomiarowych. Dlatego prawie wszystkie mierniki mają możliwość regulacji czułości, która polega przeważnie na regulacji ujemnego napięcia siatki sterującej jednej z lamp. Zwykle jest to któraś z lamp wzmacniacza pośredniej częstotliwości. Wyjątkiem jest tu miernik radziecki IP-12M, który ma regulację dodatniego napięcia siatki ekranowej pierwszej lampy wzmacniacza wielkiej częstotliwości. Omawiane w tym miejscu urządzenia regulacyjne zapewniają zwykle regulację ciągłą, dzięki zastosowaniu w układzie potencjometru, na którego osi osadzone jest pokrętko oraz tarcza z podziałką. Ustawienie pokrętła

potencjometru na odpowiednią dla danej częstotliwości działkę umożliwiając załączone do miernika tablice lub krzywe wzorcowania.

Wzorcowanie napięciowe miernika poziomu zakłóceń wykonuje się jako ostatnią czynność w procesie jego produkcji. Jednak w czasie eksploatacji miernika powinna istnieć możliwość sprawdzenia, czy tablice lub krzywe skalowania zachowują swą ważność. Takie bowiem czynniki jak spadek emisji lamp lub starzenie się części mogą spowodować zmiany czułości miernika i być przyczyną deaktualizacji dokonanego poprzednio skalowania. Urządzenia służące do sprawdzenia skalowania bywają różne; niżej zostaną omówione najważniejsze z nich. Najprostszym urządzeniem jest generator napięcia sinusoidalnego wielkiej częstotliwości wbudowany do miernika. Za pomocą odpowiedniego przełącznika napięcie z generatora zostaje podane na wejście miernika, a wychylenie wskazówki mikroamperomierza powinno się znaleźć w granicach oznaczonych na skali miernika. Jest to sprawdzenie czułości miernika przy jednej stałej częstotliwości. Zbyt małe wychylenie się wskazówki miernika oznacza spadek jego czułości spowodowany najczęściej zmniejszeniem się emisji którejś z lamp wzmacniających lub też właśnie lampy generatora kontrolnego. W niemieckim mierniku ASRV 52 firmy W. Quante zastosowano generator ostrych impulsów zamiast generatora napięcia sinusoidalnego. Generator ten pracuje na tyratronach i wytwarza impulsy o ostrych wierzchołkach i czasie trwania rzędu 10^{-7} s przy częstotliwości powtarzania impulsów 800 imp./s. Impulsy o wspomnianym kształcie dają prawie ciągłe widmo częstotliwości o gęstości widmowej stałej w szerokim zakresie częstotliwości. Pozwala to na przeprowadzenie kontroli czułości miernika przy dowolnej częstotliwości pomiarowej. Napięcie wytwarzane przez wyżej wymieniony generator impulsów jest równoważne napięciu sinusoidalnemu wielkiej częstotliwości o amplitudzie 1 mV. Jako źródło „sygnału” kontrolnego o ciągłym widmie częstotliwości bywa w wielu typach mierników wykorzystywany szum. Wykorzystuje się tu szum cieplny obwodu rezonansowego znajdującego się na wejściu miernika lub też wyposaża się miernik we wzorcowy generator szumów z diodą szumową (miernik radziecki IP-12M). Wbudowanie do miernika diody szumowej zwiększa znacznie pobór mocy ze źródła zasilającego, co przy zasilaniu bateryjnym jest niekorzystne. Potrzebny jest ponadto dodatkowy potencjometr do regulacji prądu żarzenia diody szumowej i odpowiedni układ przełączający mikroamperomierz tak, aby mógł on być użyty do pomiaru tego prądu. W polskim mierniku MZ-3 zastosowano inny system kontroli. Ponieważ miernik ten pracuje z aperiodycznym obwodem wejściowym, więc w czasie kontroli na miejsce układu „sieci sztucznej” wtyka się do gniazdka wejściowego jeden z obwodów cechowniczych. Każdy z nich jest równoległym obwodem rezonansowym RLC, którego szum cieplny jest źródłem napięcia kontrolnego. Oporności rezonansowe obwodów są tak dobrane, że dają napięcia szumów powodujące określone wychylenie mikroamperomierza na każdej z częstotliwości kontrolnych. Ilość obwodów cechowniczych jest równa ilości zakresów częstotliwości miernika, co pozwala kontrolować czułość miernika w jednym punkcie na każdym zakresie częstotliwości. Oprócz obwodów cechowniczych miernik MZ-3 ma urządzenie pozwalające mierzyć prąd emisyjny każdej lampy wzmacniającej. Do tego celu zostaje wykorzystany mikroamperomierz z odpowiednim przełącznikiem.

Warto wspomnieć jeszcze o różnych dodatkowych elementach uzupełniających wyposażenie produkowanych obecnie mierników. Najczęściej spotyka się następujące elementy dodatkowe:

- 1) stabilizator magnetyczny prądu zmiennego,
- 2) urządzenie przetwarzające prąd stały na zmienny, przystosowane do zasilania bateryjnego 12/24 V,

- 3) układ sieci zastępczej wraz z kablem,
- 4) anteny pomiarowe: ramowa i prętowa lub jedna z nich,
- 5) układ dopasowujący obwód wejściowy miernika do anten pomiarowych.

3.2. Szukacze zakłóceń

Starsze typy szukaczy zakłóceń były wykonywane w formie przenośnego odbiornika o bezpośrednim wzmocnieniu z zasilaniem bateryjnym. Produkowane obecnie szukacze mają z reguły układ elektryczny odbiornika superheterodynowego. Powszechnie stosuje się zasilanie z suchych baterii, co określa rodzaj użytych lamp. Szukacze bywają najczęściej wykonywane w postaci walizki.

W obudowie walizkowej bywa przeważnie umieszczana antena ramowa. Antena prętowa jest zwykle dołączana z zewnątrz za pośrednictwem kabla. Szukacze wyposażone są w słuchawki i przyrząd wskazówkowy pracujący w układzie wolto-mierza lampowego napięcia stałego (niekiedy ten ostatni bywa zastąpiony przez oko magiczne). Zaopatrywanie szukaczy tylko w słuchawki, jak to robiono dawniej, okazało się niewystarczające, gdyż narząd słuchu słabo reaguje na małe zmiany natężenia dźwięku, a zauważenie tych zmian może znacznie ułatwić odnalezienie źródła zakłóceń.

Zakresy częstotliwości są zazwyczaj dwa lub trzy i obejmują radiofoniczne fale długie, średnie i ewentualnie krótkie.

Niektóre szukacze zapewniają dokonanie pomiaru natężenia pola tylko przy dwóch lub trzech częstotliwościach stałych. Wynik odczytuje się z podziałki tarczy regulatora czułości. Regulator ten musi być tak ustawiony, aby wskazówka mikroamperomierza wychyliła się do odpowiedniej kreski na skali. Niezależnie od regulacji ciąglej czułości szukacze wyposażone są w dzielniki pozwalające na przełączanie zakresów napięć mierzonych. Obydwa te urządzenia mają konstrukcję taką jak w miernikach poziomu zakłóceń.

Czułość napięciowa szukaczy zakłóceń jest zwykle rzędu $5 \div 10 \mu\text{V}$. Szerokość pasma częstotliwości wynosi $7 \div 9 \text{ kHz}$. Stałą czasu układu detekcyjnego mierników poziomu zakłóceń dobiera się zgodnie z przepisami obowiązującymi w danym kraju.

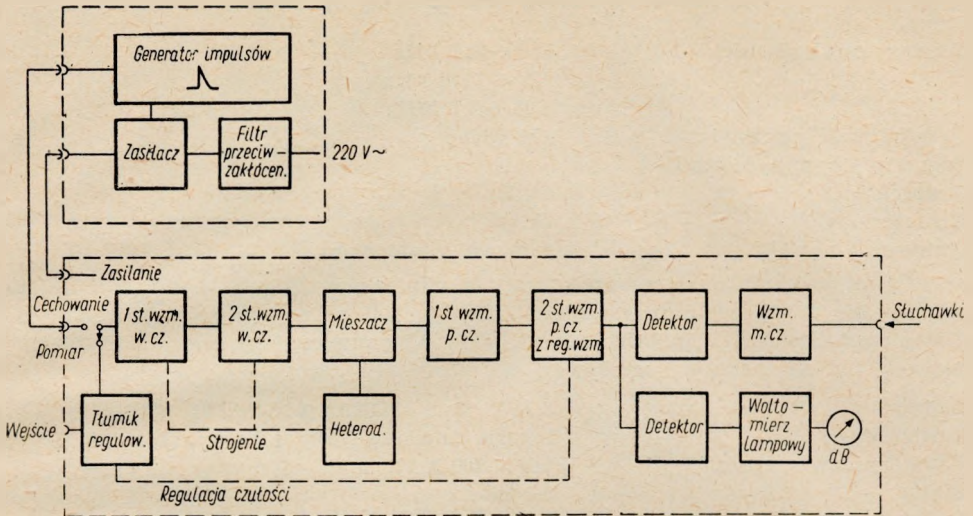
Szukacze nie mają z reguły żadnych urządzeń kontrolnych, z wyjątkiem urządzenia do kontroli stanu baterii zasilających. Potrzebna jest bateria żarzenia o napięciu ok. 1,5 V i bateria anodowa o napięciu $75 \div 120 \text{ V}$. Obie baterie powinny się mieścić w obudowie szukacza. Ostatnio wykonywane szukacze zakłóceń (np. w NRF) ważą wraz z bateriami nie więcej niż 3,5 kg.

DODATEK

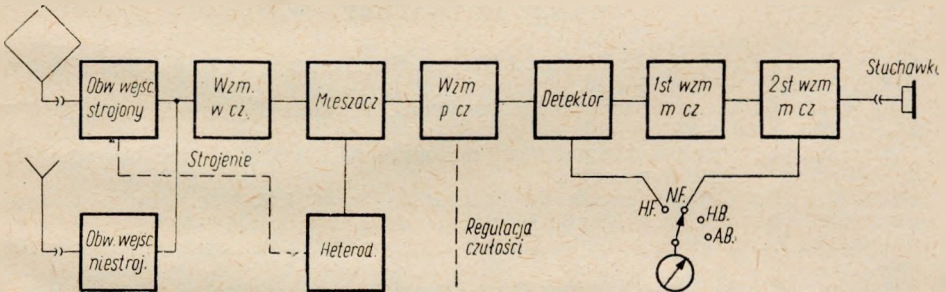
Dane techniczne przyrządów, których układy blokowe pokazane są na rys. 4 i 5.

1. Miernik poziomu zakłóceń ASRV 52 f. W. Quante

Zakresy częstotliwości:	150 \div 380 kHz
	520 \div 1650 kHz
	1,6 \div 5,0 MHz
	4,9 \div 11,0 MHz
Częstotliwość pośrednia:	470 kHz
Oporność wejściowa:	150 $\Omega \pm 5\%$



Rys. 4. Układ blokowy miernika poziomu zakłóceń ASRV 52 firmy W. Quante



Rys. 5. Układ blokowy szukacza zakłóceń StSG52 firmy W. Quante

Czułość:	20 kT_0
Zakres napięć mierzonych:	$2 \mu\text{V} \div 100000 \mu\text{V}$, tj. ok. 90 dB w podzakresach po 10 dB
Dokładność pomiaru napięcia:	$\pm 3 \text{ dB}$ przy wahaniach napięcia sieci nie większych niż $\pm 10\%$
Szerokość pasma częstotliwości:	$2 \Delta f = 9 \text{ kHz}$
Stałe czasowe układu detekcyjnego:	1 ms i 160 ms
Generator impulsów cechowniczych; czas trwania impulsu:	10–7 s
Częstotliwość powtarzania impulsów:	800 Hz
Lampy:	$2 \times \text{EF42}$, $2 \times \text{EAF42}$, $1 \times \text{ECH42}$, $1 \times \text{EB41}$, $2 \times \text{ECC40}$

2. Szukacz zakłóceń StSG52 firmy W. Quante

Zakresy częstotliwości:	150 ÷ 380 kHz 520 ÷ 1400 kHz 1,02 ÷ 2,7 MHz
Częstotliwość pośrednia:	470 kHz
Szerokość pasma częstotliwości:	7 kHz
Czułość:	ok. $2kT_0$
Antena:	ramowa, wbudowana

Przyrząd wskazówkowy pokazuje wartość napięcia wyjściowego. Wskazania jego odnoszą się w położeniu przełącznika „HF“ do fali nośnej, w położeniu „NF“ do małej częstotliwości. W położeniach „HB” i „AB” przyrząd sprawdza odpowiednio napięcia baterii żarzenia i anodowej.

Lampy:	3 × DF91, 1 × DK92, 1 × DAF91
Zasilanie:	bateria anodowa 75 V i bateria żarzenia 1,5 V
Wymiary zewnętrzne:	310 × 200 × 105 mm
Ciężar:	3,4 kG
Dodatek:	antena prętowa

WYKAZ LITERATURY

1. Dinger H. G., Paine H. G.: Factors Affecting the Accuracy of Radio Noise Meters. PIRE, January 1947, s. 75 ÷ 81.
2. Hamburger G. L.: Interference Measurement. Wireless Engineer, v. 25 Nr 294, March 1948, s. 89 ÷ 97.
3. Liutov S. A.: Industrialnyje pomiechi radioprijoma i bor'ba s nimi. Gosenergoizdat. Moskwa — Leningrad, 1952.
4. Passarieux P.: Compte rendu de la réunion du C.I.S.P.R. tenu a Londrés du 12 au 15 octobre 1953. L'onde Electrique, Juin 1954, s. 536 ÷ 538.
5. Rotkiewicz W.: Miernik poziomu zakłóceń. Prace Instytutu Łączności. Zeszyt 1 (3) 1956.
6. Seelmann F.: Funk Entstörung. Otto Elsner Verlagsgesellschaft. Darmstadt — Berlin, 1954.
7. Treter A.: Miernik poziomu zakłóceń. Zeszyty Naukowe Politechniki Wrocławskiej. Elektryka 4, 1954, s. 83 ÷ 98.
8. Normy przedielno dopustimych industrialnych radiopomiech i metody ich izmierenij. Ministierstwo Swiazi SSR, 1955.

A. Трэтэр

ИЗМЕРИТЕЛИ ИНДУСТРИАЛЬНЫХ ПОМЕХ ДЛЯ ДИАПАЗОНА ЧАСТОТ
0,15—20 МГц

Резюме

Приборы для измерения радиопомех можно разделить на три группы:

- 1) приборы для контроля массового производства,
- 2) лабораторные измерители уровня помех,
- 3) искатели помех.

Настоящая статья посвящена второй и третьей группе приборов. Во второй части статьи рассмотрено основные факторы влияющие на точность измерений помех. К ним относятся:

- 1) параметры измерительных антенн и искусственных сестей,
- 2) ширина полосы частот измерителя,
- 3) затухание зеркальных и промежуточных частот,

- 4) время зарядки и разрядки детекторного контура,
- 5) в устройствах с автоматической регулировкой усиления — параметры этих устройств; (в основном — постоянные времени).

В третьей части статьи описаны типичные, современные измерители уровня помех и искатели помех.

A. Treter

INSTRUMENTS FOR MEASURING NOISE OF INDUSTRIAL ORIGIN IN THE RANGE FROM 0,15 Mc/s up to 20 Mc/s

Summary

Three groups of noise meters are specified, i. e.:

- 1) meters for testing mass production,
- 2) noise-level meters for laboratory use,
- 3) noise detectors.

The author deals with the equipment falling under the headings 2 and 3 of the above specification. He discusses principal factors influencing the accuracy of noise measurement. These are:

- 1) parameters of the measuring aeriels and of equivalent networks,
- 2) band width of the instrument,
- 3) attenuation of the unwanted sideband and of the intermediate frequency,
- 4) build-up and decay time of the detector circuit,
- 5) parameters (especially time constants) of the A. V. C. circuit, if any.

The paper is concluded by a description of the most typical examples of actually built noise-level meters and noise detectors.

A. Treter

LES APPAREILS DE MESURE DE PERTURBATION INDUSTRIELLES POUR LES FREQUENCES 0,15 ÷ 20 MHz

Résumé

Dans la préface l'auteur indique les trois groupes de l'appareils de mesure des perturbations industrielles. Ce sont:

- 1) les appareils de contrôle (produits en masse),
- 2) les appareils de mesure de niveau des perturbations pour les laboratoires,
- 3) les détecteurs des perturbations.

L'article concerne les appareils ou deuxième et troisième groupe. Dans la seconde partie de l'article l'auteur considère les principaux facteurs qui influencent la précision de la mesure des perturbations.

Ces facteurs sont:

- 1) les paramètres d'aériens de mesure et des réseaux électriques de remplacement,
- 2) la bande de fréquence de l'appareil,
- 3) atténuation pour la fréquence moyenne et fréquence image,
- 4) temps de charge et temps de décharge de système de détecteur,
- 5) dans les appareils avec réglage automatique d'amplification — les paramètres de ces circuits (généralement des constantes de temps).

La troisième partie de l'article contient les solutions les plus typiques des appareils de mesure de niveau, et des détecteurs des perturbations.

A. Treter

MESSGERÄTE FÜR INDUSTRIELLE STÖRUNGEN IM FREQUENZBEREICH VON 0,15 BIS 20 MHz

Zusammenfassung

Es wird anleitend darauf hingewiesen, dass es drei Gruppen von Störungsmessgeräten gibt, und zwar:

- 1) Anlagen für laufende Produktionskontrolle,
- 2) Labor-Störpegelmesser,
- 3) Störsuchgeräte.

Der Aufsatz betrifft Geräte der zweiten und der dritten Gruppe.

Im zweiten Teil werden die grundsätzlichen Faktoren besprochen, die Genauigkeit der Störungsmessung beeinflussen. Es sind die folgenden Faktoren:

- 1) die Kenngrößen der Messantenne und der Netzersatzschaltung,
- 2) die Frequenzbandbreite des Messers,
- 3) die Dämpfung für die Spiegelfrequenz und für die Zwischenfrequenz,
- 4) die Zeitdauer der Aufladung und der Entladung der Hochfrequenz-Gleichrichterschaltung,
- 5) in Anlagen mit automatischer Verstärkungsregelung — die Kenngrößen dieser Schaltung (hauptsächlich deren Zeitkonstante).

Im dritten Teil des Aufsatzes werden einige besonders typische Ausführungen von modernen Störpegelmessgeräten und Störsuchgeräten beschrieben.

MIECZYŚLAW GROBELNY

621.396:621.317.799

MIERNIKI ZAKŁÓCEŃ NA ZAKRES FAL ULTRAKRÓTKICH

Rękopis dostarczono do IL 15. 9. 56

W pracy niniejszej podano opis współczesnych mierników zakłóceń do pomiarów w zakresie fal ultrakrótkich.

Omówiono wymagania stawiane tego typu miernikom, podano różne rozwiązania układów mierników poziomu zakłóceń, od układów prostych do układów automatycznie wzorcowanych. Następnie omówiono odbiorniki panoramiczne i szukacze zakłóceń stosowane przy namiarze źródła zakłóceń. Osobno omówiono wzorcowanie mierników natężenia pola zakłóceń.

1. WSTĘP

Mierniki zakłóceń są przeznaczone do pomiaru natężenia pola i napięcia zakłóceń. Poza tym są one wykorzystywane do namiaru źródła zakłóceń. W zasadzie są to woltomierze selektywne, wyposażone w układ antenowy. Antena pomiarowa jest połączona z miernikiem za pomocą kabla koncentrycznego względnie linii dwuprzewodowej symetrycznej. Linia doprowadzająca jest dopasowana do obwodu wejściowego miernika. Mierniki zakłóceń możemy podzielić na:

- a) laboratoryjne,
- b) kontrolne,
- c) przenośne szukacze zakłóceń.

Laboratoryjne mierniki zakłóceń są stosowane przy pomiarach laboratoryjnych oraz w przewoźnych urządzeniach do namiaru źródła zakłóceń. Mierniki te mogą być przestrajane ręcznie, mechanicznie lub elektronicznie.

Mierniki kontrolne są przystosowane do szybkich kontrolnych badań fabrycznych. Mierniki te przystosowane są przeważnie do pomiarów tylko przy pewnych częstotliwościach ujętych normami lub warunkami technicznymi.

Przenośne szukacze zakłóceń są przeznaczone do wyszukiwania źródeł zakłóceń oraz do orientacyjnego określania poziomu zakłóceń.

Warunki i metody pomiaru zakłóceń w zakresie fal ultrakrótkich są odmienne niż w przypadku fal dłuższych ze względu na rodzaj służb, które w danym przypadku należy brać w rachubę (telewizja, nawigacja, radiofonia z modulacją częstotliwości itp.), ze względu na ten sam rząd wielkości wymiarów układu pomiarowego i długości fali oraz ze względu na specyficzne warunki rozchodzenia się fal.

Miernikami zakłóceń w zakresie fal ultrakrótkich mierzy się natężenie pola zakłóceń, względnie napięcie na zaciskach anteny pomiarowej, a bardzo rzadko napięcia na zaciskach źródła zakłóceń. Według normy radzieckiej mierzymy zawsze napięcie na zaciskach anteny o wymiarach ujętych normą i miernik jest wyskalowany w μV . W tym przypadku mierzy się pewną wielkość umowną, unikając dodatkowej poprawki, wynikającej ze zmiany wysokości skutecznej anteny ze zmianą częstotliwości.

Pomiar natężenia pola zakłóceń wymaga tablic wzorcowania, uwzględniających wysokość skuteczną anteny w funkcji częstotliwości, wskutek czego pomiar jest bardziej skomplikowany. Następnie interesuje nas co mamy mierzyć, czy wartość uwzględniającą właściwości fizjologiczne ucha ludzkiego lub wartość określoną właściwościami fizjologicznymi oka ludzkiego, czy może zupełnie inną wartość ważną dla innych służb niż radiofonia i telewizja, np. ważną dla radiotelemetrii.

Dla radiofonii mierzy się wartość tzw. quasi-szczytów, określoną stałymi czasu ładowania i rozładowania detektora i stałą czasową wskaźnika. Tego typu układ będzie przy impulsach o dużym wypełnieniu wskazywał wartość zbliżoną do szczytowej, a przy impulsach o małym wypełnieniu będzie wskazywał jakąś wartość średnią, czyli tego rodzaju układ nie będzie charakteryzował zakłóceń impulsowych działających na odbiornik telewizyjny lub radionawigacyjny.

W zakresie fal ultrakrótkich przeważnie mierzymy wartość szczytową zakłóceń i obserwujemy na synchronoskopie kształt zakłócenia na wyjściu detektora. Poza tym układy pomiarowe są wyposażone w detektor częstotliwościowy, umożliwiający prowadzenie nasłuchu zakłóceń modulowanych częstotliwościowo.

Niektóre rozbudowane układy są wyposażone także w miernik dewiacji.

Pozostaje jeszcze do omówienia zagadnienie szerokości pasma przenieszonego przez kanał miernika. Dla wiernego pomiaru zakłóceń pasmo mierników powinno być takie jak w urządzeniu chronionym, tj. takie, jak np. w odbiorniku do odbioru radiofonii z modulacją częstotliwości czy odbiorniku telewizyjnym lub radionawigacyjnym. Pasma wyżej wymienionych odbiorników znacznie się różnią między sobą, więc mierząc zakłócenia miernikiem o wąskim pasmie nie mierzymy rzeczywistych zakłóceń oddziaływających np. na odbiornik telewizyjny, lecz jakąś inną umowną wartość określoną pasmem miernika zakłóceń. Większość norm przyjmuje szerokość pasma selektywnego miernika zakłóceń na zakres fal ultrakrótkich na poziomie 6 dB w granicach $100 \div 150$ kHz. Dla pomiaru widma sygnałów okresowych, np. pochodzącego z odbiornika superreakcyjnego, mającego prądkę co $15 \div 50$ kHz, tak szerokie pasmo jest niekorzystne, dlatego stosuje się w miernikach filtr kwarcowy, załączany przy pomiarach widma sygnałów okresowych. Filtr kwarcowy jest załączany we wzmacniaczu pośredniej częstotliwości. Wtedy selektywność miernika jest określona jedynie charakterystyką filtru kwarcowego.

2. WYMAGANIA STAWIANE MIERNIKOM ZAKŁÓCEŃ

Mierniki zakłóceń pracujące w zakresie fal ultrakrótkich są przeznaczone do pomiarów natężenia pola zakłóceń i pomiarów napięć na zaciskach zastępczej sieci elektrycznej. Pomiar napięć odbywa się na oporności 75Ω . Większość mierników jest zaopatrzona w antenę półfalową. Anteny pomiarowe i kwestie dopasowania są omówione w rozdz. 3, tutaj zaś omówimy tylko wymagania stawiane samym układem mierników.

Parametry mierników pracujących w zakresie fal ultrakrótkich są różne w zależności od ich przeznaczenia i zakresu częstotliwości na jakich pracują.

Istnieją mierniki przystosowane tylko do pomiaru zakłóceń w kanałach telewizyjnych o szerokości pasma 6,5 MHz, mierniki pokrywające cały zakres fal ultrakrótkich o pasmie przenoszenia dużo węższym niż $100 \div 250$ kHz oraz różne specjalne mierniki wykonywane jedynie sporadycznie.

Najbardziej rozpowszechnionymi miernikami są mierniki o pasmie przenoszenia $100 \div 250$ kHz. Tego typu mierniki są wykonywane na zakres częstotliwości od 30

do 400 MHz. Posiadają one regulowane wzmocnienie, a zakres regulacji wynosi $1:10^3$. Regulacja jest ciągła lub skokowa. Dla orientacji podano w tabl. 1 wymagania stawiane radzieckim miernikom zakłóceń, pracującym w zakresie fal ultrakrótkich.

Inne zagraniczne mierniki zakłóceń tego typu różnią się nieco od danych zawartych w tabl. 1; np. w niektórych typach dla częstotliwości od 20 do 87,5 MHz lub do 100 MHz używa się jednozwojową ekranowaną antenę ramową, która ma mniejsze wymiary od dipola półfalowego pracującego w tym zakresie.

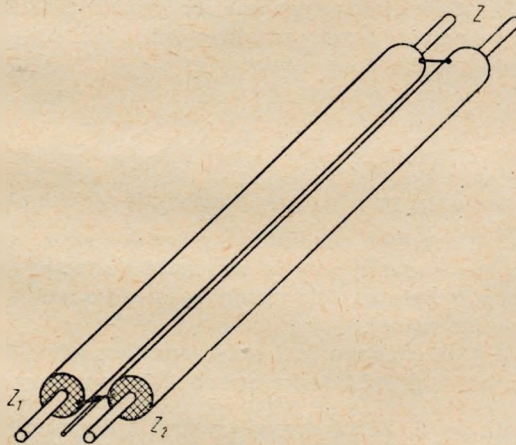
Ponieważ pasmo mierników, stała czasowa i inne parametry wpływają na wyniki pomiarów, konieczne jest ujednoczenie parametrów mierników.

3. ANTENY POMIAROWE

Podstawową częścią miernika zakłóceń jest antena pomiarowa. W niektórych krajach nie określa się natężenia pola zakłóceń, lecz mierzy się napięcie na zaciskach danej anteny [3, 6], a więc typ i parametry anteny powinny być ujęte normą. W przypadkach, kiedy należy stosować anteny o dużym zysku kierunkowym, trzeba wskazywać miernika przemnożyć przez współczynnik wynikający ze stosunku obu skutecznych wysokości anten.

Korzystne jest stosowanie anten prostych, dla których możemy wyliczyć ich wysokość skuteczną. Do tego typu anten należą: mała antena ramowa, krótka antena prętowa, dipol półfalowy.

Ścisła znajomość matematyczna parametrów anten pomiarowych pozwala przeprowadzić obliczeniowe sprawdzenie wyników pomiarów. Dlatego w układach pomiarowych tego typu anteny są ściśle określone.



Rys. 1. Symetryczne doprowadzenie do anteny uzyskane przez odpowiednie połączenie dwóch kabli koncentrycznych

Stosując anteny bardziej złożone należy doświadczalnie wyznaczyć ich parametry: wysokość skuteczną, charakterystykę kierunkowości, oporność wejściową. Tego typu antenami są np. wieloelementowe anteny Yagi, anteny synfazowe, anteny szczelinowe itp.

Większość stosowanych anten ma wejście symetryczne, dlatego doprowadzenie anteny i wejście miernika są symetryczne. Jako doprowadzenie do anteny stosuje

się przeważnie odpowiednio połączone kable koncentryczne, jak to ilustruje rys. 1. Oporność falowa wypadkowa wynosi

$$Z = Z_1 + Z_2. \quad (1)$$

W liniach doprowadzających energię z anteny do obwodu wejściowego współczynnik fali stojącej powinien spełniać następujący warunek

$$\sigma = \frac{U_{max}}{U_{min}} < 1,05, \quad (2)$$

co jest możliwe jedynie przy dokładnym dopasowaniu i dobrej symetrii w układach symetrycznych. W miernikach wzorcowanych polem dopasowanie ma mniejsze znaczenie.

Niżej podane są szczegóły dotyczące anten pomiarowych, stosowanych w miernikach zakłóceń.

Antena ramowa jest stosowana w zakresie do 100 MHz. W miernikach zakłóceń stosuje się przeważnie jednozwojowe anteny ramowe o kształcie kołowym. Antena może być dostrojona do rezonansu i dłatego napięcie na wyjściu jest Q -krotnie większe

$$V = Kh \cdot Q, \quad (3)$$

gdzie:

K — natężenie pola zakłóceń,

Q — dobroć ramy,

$h = \frac{2\pi S}{\lambda} \sin \alpha$ — wysokość skuteczna,

S — powierzchnia ramy,

λ — długość fali odbieranej,

α — kąt między kierunkiem rozchodzenia się fali i ramą.

Antena ramowa jest ekranowana i wyjście ma symetryczne. Ekran wykonuje się o dużej średnicy, aby pojemność anteny ramowej była mała. Antena ramowa powinna mieć małą średnicę w stosunku do λ , a więc

$$d < \frac{\lambda}{2\pi}, \quad (4)$$

gdzie λ — długość fali mierzonej.

Używając anteny ramowej przy wyższych częstotliwościach zbliżonych do $\frac{\lambda}{2\pi}$ należy pamiętać, że charakterystyka odbioru ramy zmienia się z ósemkowej w charakterystykę jednokierunkową oraz z tym, że wysokość skuteczna jest inna niż to wynika ze wzoru (3), który jest słuszny dla anteny ramowej o małych rozmiarach w stosunku do długości fali odbieranej.

Antena prętowa pionowa jest stosowana tam, gdzie dysponujemy ograniczonym miejscem pomiaru (np. kabina ekranowana). Jej wymiary powinny być mniejsze niż $\frac{1}{8}$ długości fali, np. w ZSSR stosuje się pręt o długości 0,5 m w zakresie od 20 do 60 MHz, a od 60 do 150 MHz — pręt o długości 0,25 m. Przeciwwaga powinna być wykonana z płyty metalowej o wymiarach nie mniejszych niż $\frac{\lambda}{2}$. Wysokość skuteczna takiej anteny wynosi

$$h \approx \frac{l}{2}. \quad (5)$$

Wysokość skuteczna tej anteny mało się zmienia z częstotliwością. Antena prętowa jest stosowana w miernikach używanych przy kontroli fabrycznej i w szukaczach zakłóceń oraz przy pomiarach w miejscach trudno dostępnych.

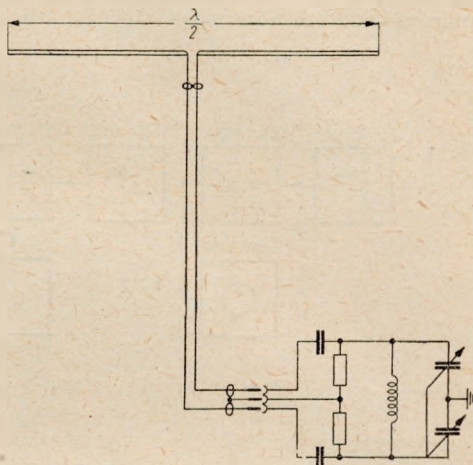
Dipol półfalowy jest stosowany powszechnie jako antena pomiarowa w zakresie fal ultrakrótkich o dowolnej polaryzacji fali. Sposób odprowadzenia energii od dipola do obwodu wejściowego miernika ilustruje rys. 2. Linia symetryczna jest wykonana z dwóch niesymetrycznych kabli koncentrycznych w sposób pokazany na rys. 1. Oporność falowa kabli koncentrycznych użytych do tej linii wynosi $37,5\Omega$, a wypadkowa oporność wynosi 75Ω . Należy zapewniać dobrą symetrię układu i dobre dopasowanie anteny do obwodu wejściowego miernika.

Wysokość skuteczną takiego dipola półfalowego określamy ze wzoru

$$h = \frac{\lambda}{\pi} \quad (6)$$

Dipol półfalowy wykonuje się z rurek wsuwanych jedna w drugą. W ten sposób można regulować długość dipola przy zmianie częstotliwości odbieranej. Jest to operacja uciążliwa, dlatego niektóre mierniki mają skracane anteny

skokowe w pewnych odstępach częstotliwości. Jest to dopuszczalne, ponieważ krzywa rezonansu anteny nie jest ostra. Wadą dipola półfalowego są jego duże wymiary przy częstotliwościach poniżej 100 MHz.



Rys. 2. Antena półfalowa i obwód wejściowy miernika zakłóceń

4. NAJCZĘŚCIEJ STOSOWANE MIERNIKI ZAKŁÓCEŃ

Większość mierników ma układy niewiele różniące się od siebie. Przeciętne parametry tych mierników są podane w tabl. 1.

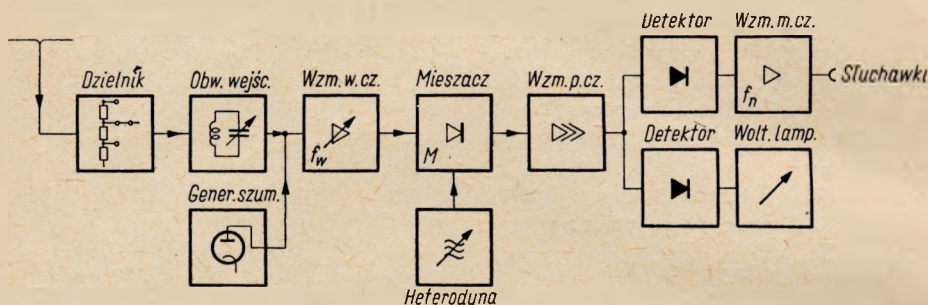
W zasadzie tego typu mierniki są to rozbudowane specjalne odbiorniki pomiarowe zaopatrzone w woltomierz lampowy na wyjściu i dzielnik napięcia. Najnowsze jednak rozwiązania mierników daleko odbiegają od tej konstrukcji.

Zakres częstotliwości w nowoczesnych miernikach jest bardzo duży. Przyczyną stosowania tak dużego zakresu częstotliwości jest dążenie, by najmniejszą ilością mierników pokryć cały zakres mierzonych częstotliwości. Poza tym wynika w praktyce konieczność pomiaru harmonicznych źródeł zakłóceń. Z tego powodu korzystnie jest badać jednym przyrządem całe widmo zakłóceń. W przypadku np. heterodyny odbiornika radiofonicznego na zakresach częstotliwości od 87,5 do 100 MHz wskazane jest, aby jednym miernikiem można było mierzyć częstotliwość podstawową heterodyny oraz drugą i trzecią harmoniczną, które jeszcze mogą spowodować dość znaczne zakłócenia (np. druga harmoniczna jest groźna dla odbioru telewizji w paśmie III). Z powyższego przykładu widzimy, że wszystko przemawia za tym, by wykonywać mierniki o dużym zakresie częstotliwości. Nowsze mierniki zakłóceń mają zakres częstotliwości np. od 30 MHz do 330 MHz lub od 87 MHz do 400 MHz, podzielone na kilkanaście podzakresów, rzędu 8 do 15 MHz każdy.

Ilość i zakres mierzonych wielkości miernikami zakłóceń ostatnio wzrósł; nie wystarcza już tylko pomiar natężenia pola zakłóceń czy napięcia zakłóceń. Nowsze mierniki pozwalają analizować przebieg zakłóceń w czasie, mierzyć częstotliwość powtarzania się zakłóceń impulsowych i określać współczynnik odbioru sygnałów

modulowanych częstotliwościowo. Zakres mierzonych natężeń pól przeważnie wynosi od $1 \mu\text{V/m}$ do 10 mV/m , a czasem do $0,1 \text{ V/m}$.

Schemat blokowy jednego z prostych mierników poziomu zakłóceń jest przedstawiony na rys. 3. Powyższy miernik zakłóceń jest przystosowany jedynie do pomiarów wartości poziomu zakłóceń i ich nasłuchu po detekcji amplitudy.



Rys. 3. Schemat blokowy typowego miernika zakłóceń

Na wejściu miernika jest wmontowany symetryczny oporowy dzielnik napięcia, połączony z obwodami wejściowymi miernika. Częściej spotyka się dzielniki we wzmacniaczu pośredniej częstotliwości; bywają one wykonywane jako dzielniki pojemnościowe lub oporowe. Jeżeli dzielnik jest umieszczony na początku wzmacniacza pośredniej częstotliwości, to układ od anteny do dzielnika musi być wtedy liniowy, w zakresie mierzonych napięć. Takiego zastrzeżenia nie ma, gdy umieścimy dzielnik na wejściu miernika, lecz wtedy istnieją trudne problemy z wykonaniem symetrycznego dzielnika, dokładnie dzielącego napięcie na tak wielkich częstotliwościach.

Obwody — wejściowy miernika, wzmacniacza wielkiej częstotliwości i heterodyny — są w tym przypadku przestrajane pojemnością. Spotyka się także mierniki przestrajane indukcyjnością, szczególnie przy wyższych częstotliwościach. Zmianę indukcyjności uzyskuje się przez wprowadzenie do cewki rdzenia metalowego lub ferrytowego względnie przez płynną regulację ilości zwojów. Najczęściej spotyka się jednak przestrajanie rdzeniem metalowym, gdyż układ wtedy pracuje bardzo stabilnie. Pokrycie zakresu fal jest małe i wynosi $a_z = 1,1 \div 1,3$, co jest wadą przestrajania rdzeniem metalowym. Poza tym stosuje się układy z nieprzestrajanymi obwodami: wejściowym i wzmacniacza; jedynie przestrajany jest obwód heterodyny. W przypadku stosowania wzmacniaczy niestrojonych stosuje się mniejsze zakresy częstotliwości i wtedy pokrycie stosunkowego zakresu fal wynosi $a_z = 1,05 \div 1,15$. Przy tego rodzaju rozwiązaniu mogą być też przestrajane np. tylko sama heterodyna lub heterodyna i jeden obwód rezonansowy, a pozostałe niestrojone.

W taki sposób konstruowane są mierniki pracujące do częstotliwości $200 \div 220 \text{ MHz}$. Przy częstotliwościach większych stosuje się przeważnie obwody motylkowe, a czasem przełączane obwody niestrojone.

Przy częstotliwościach większych od $250 \div 300 \text{ MHz}$ przeważnie nie stosuje się wzmacniacza wielkiej częstotliwości. W układzie z rys. 3 heterodyna jest wykonana na oddzielnej lampie, a mieszanie odbywa się jednosiatkowo na pentodzie. W układach nowszych mieszanie przeważnie wykonane jest na triodzie, ponieważ uzyskuje się w ten sposób mniejszy współczynnik szumów.

Następnym członem miernika jest trzystopniowy wzmacniacz pośredniej częstotliwości; jeden ze stopni ma regulowane wzmocnienie dla nastawiania odpowiedniego

wzmocnienia układu. Po detekcji jest umieszczony woltomierz lampowy, wzmacniacz małej częstotliwości i na wyjściu słuchawka do nasłuchu zakłóceń. Stałe czasowe detektora w woltomierzu lampowym są określone w tabl. 1.

Tablica 1

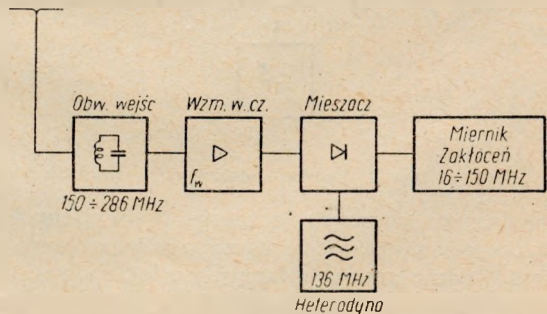
Parametry radzieckich mierników zakłóceń

Lp.	Parametry miernika poziomu zakłóceń	Mierniki na zakres częstotliwości od 20 do 150 MHz	Mierniki na zakres częstotliwości od 150 do 400 MHz
1	Pasma przenoszone, w kHz (przy pomiarze szerokości w punktach -6 dB w stosunku do wierzchołka)	$100 \pm 10\%$	$250 \pm 10\%$
2	Stała czasu ładowania, w ms	$1 \pm 30\%$	$1 \pm 30\%$
3	Stała czasu rozładowania, w ms	$600 \pm 20\%$	$600 \pm 20\%$
4	Stała czasu przyrządu, w ms	$200 \div 400$	$200 \div 400$
5	Oslabienie w kanale lustrzanym, w dB	30	40
6	Oslabienie sygnałów o częstotliwości pośredniej, w dB	30	40
7	Dokładność wzorcowania częstotliwości	$\pm 5\%$	$\pm 5\%$
8	Dokładność pomiaru napięć sinusoidalnych z generatora sygnałów wzorcowych	$\pm 25\%$	$\pm 25\%$
9	Antena	dipol półfalowy	dipol półfalowy

Poza tym miernik posiada diodowy generator szumów (1,5) służący do wzorcowania wzmocnienia miernika. Inne rozwiązania mierników tego typu mają wbudowany generator napięć sinusoidalnych do skalowania miernika. Wadą generatorów tego typu jest to, że układ ich musi być bardzo dobrze ekranowany. Opisany miernik jest wykonany na zakres częstotliwości od 16 do 150 MHz.

W celu poszerzenia zakresu mierzonych częstotliwości stosuje się przystawki, zawierające dodatkową przemianę częstotliwości, poprzedzającą właściwy miernik.

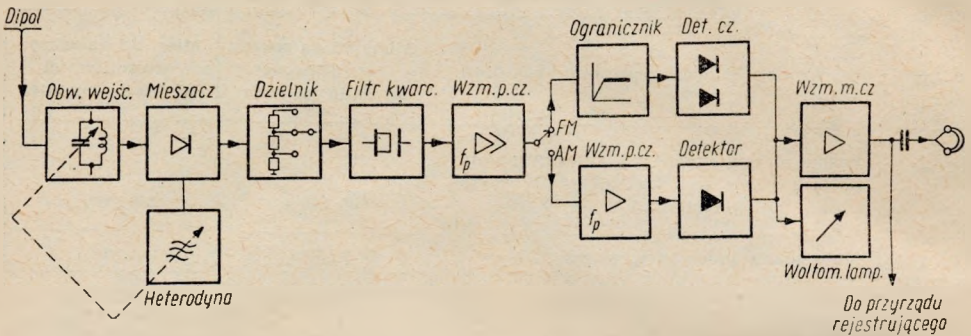
Przeważnie tego typu układy są stosowane do poszerzenia zakresu pomiaru ku większym częstotliwościom. Przykład takiego rozwiązania jest podany na rys. 4. Przystawka ta posiada pasmo przenoszenia odpowiadające szerokości jednego podzakresu miernika właściwego, przy czym oscylator przystawki pracuje tylko na jednej częstotliwości 136 MHz. Przełączanie zakresów odbywa się przez przełączanie obwodów strojonych przystawki (tj. obwodu wejściowego i wzmacniacza wielkiej częstotliwości) oraz właściwego miernika.



Rys. 4. Schemat blokowy przystawki do miernika zakłóceń

Na rysunku 5 pokazany jest miernik zakłóceń przystosowany także do pomiaru zakłóceń w obecności sygnałów modulowanych częstotliwościowo. Miernik ten różni

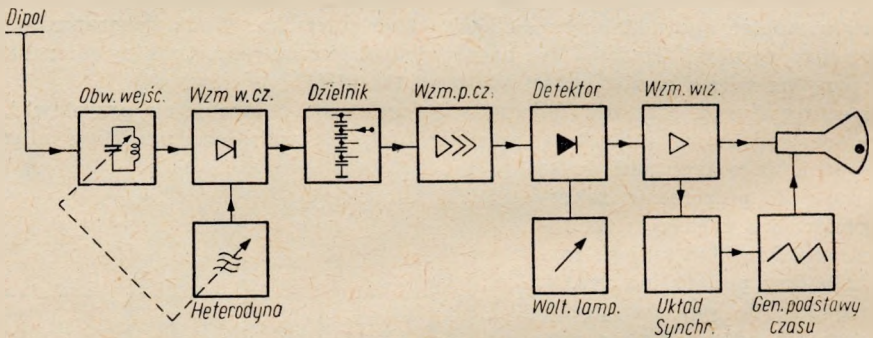
się w pewnym stopniu od miernika poprzednio opisanego. Dzielnik napięcia jest umieszczony na wejściu wzmacniacza pośredniej częstotliwości. We wzmacniaczu pośredniej częstotliwości jest filtr kwarcowy, który zwęża znacznie pasmo przenoszonych częstotliwości. Filtr ten jest załączany tylko przy pomiarach widma zakłóceń



Rys. 5. Schemat blokowy miernika zakłóceń wyposażonego w detektor częstotliwości

wielkiej częstotliwości względnie przy pomiarach zakłóceń w obecności kilku źródeł zakłóceń okresowych. Wyjście wzmacniacza pośredniej częstotliwości jest przełączane na detektor amplitudy lub detektor częstotliwościowy. Detektor częstotliwościowy jest poprzedzony ogranicznikiem amplitudy. Natomiast detektor amplitudy jest poprzedzony jednym stopniem wzmacniacza pośredniej częstotliwości o regulowanym wzmocnieniu. Wyjście wzmacniacza małej częstotliwości jest przystosowane także do włączenia urządzenia rejestrującego.

Na rysunku 6 pokazano układ miernika przystosowanego do pomiarów i oglądania zakłóceń impulsowych. Układ miernika od wejścia do detektora nie będzie tu oma-



Rys. 6. Schemat blokowy miernika do pomiaru zakłóceń impulsowych

wiany jako powszechnie znany. Na wyjściu detektora jest załączony syncroskopl składający się ze wzmacniacza szerokopasmowego, układu synchronizacji, generatora napięć odchyłających i lampy oscyloskopowej. Lampa oscyloskopowa o odpowiednio wyskalowanym ekranie umożliwia pomiar szczytowych wartości napięcia zakłóceń.

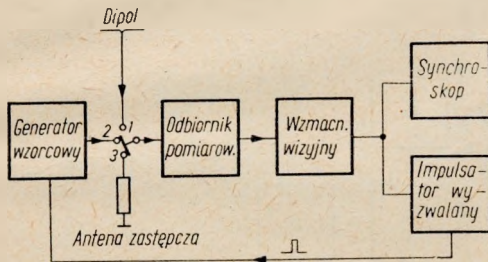
5. MIERNIKI ZAKŁÓCEŃ AUTOMATYCZNIE PORÓWNUJĄCE ZAKŁÓCENIE I SYGNAŁ WZORCOWY

W dotychczas omówionych miernikach wzorcowanie miernika odbywało się za pomocą wbudowanego generatora przed rozpoczęciem pomiaru lub w miernikach nie posiadających generatora wzorcowego okresowo co jakiś określony czas. Przy wyko-

nywaniu dokładniejszych pomiarów okres dzielący pomiar od wzorcowania powinien być jak najkrótszy. Wynika to stąd, że parametry miernika zależą od różnych czynników; aby się od tych wpływów uchronić, stosuje się układy z automatycznym porównaniem sygnału wzorcowego z zakłóceniem. Na rys. 7 pokazano układ blokowy takiego miernika zakłóceń.

Miernik ten składa się z trzech zasadniczych części: odbiornika pomiarowego, generatora sygnałów wzorcowych oraz synchronoskopu.

Odbiornik pomiarowy, którego uproszczony schemat blokowy pokazano na rys. 8, jest odbiornikiem superheterodynowym na zakres od 30 do 120 MHz, z przystawką na zakres do 330 MHz. W przystawce zastosowano generator na pięć częstotliwości



Rys. 7. Schemat blokowy miernika zakłóceń z automatycznym porównywaniem impulsów zakłóceń z napięciem wzorcowym

stabilizowany kwarcem. Odbiornik umożliwia odbiór sygnałów modulowanych częstotliwościowo i amplitudowo. Odbiornik wyposażony jest w dodatkową heterodynę umożliwiającą również odbiór sygnałów telegraficznych. Na wyjściu detektora częstotliwości mamy wskaźnik dostrojenia. Wzmacniacz wizyjny jest wykonany z wyjściem dla synchronoskopu i wyjściem na filtr małej częstotliwości, przenoszący tylko częstotliwości akustyczne. Następnie mamy dwa kanały akustyczne, jeden do nasłuchu zakłóceń, a drugi do zasilania linii przesyłowej. Odbiornik ma automatyczną regulację wzmocnienia.

Generator sygnałów wzorcowych wyposażony jest w modulator amplitudy, modulator częstotliwości, modulator impulsowy oraz w dzielnik napięcia. Generator przystosowany jest również do modulacji sygnałem zewnętrznym.

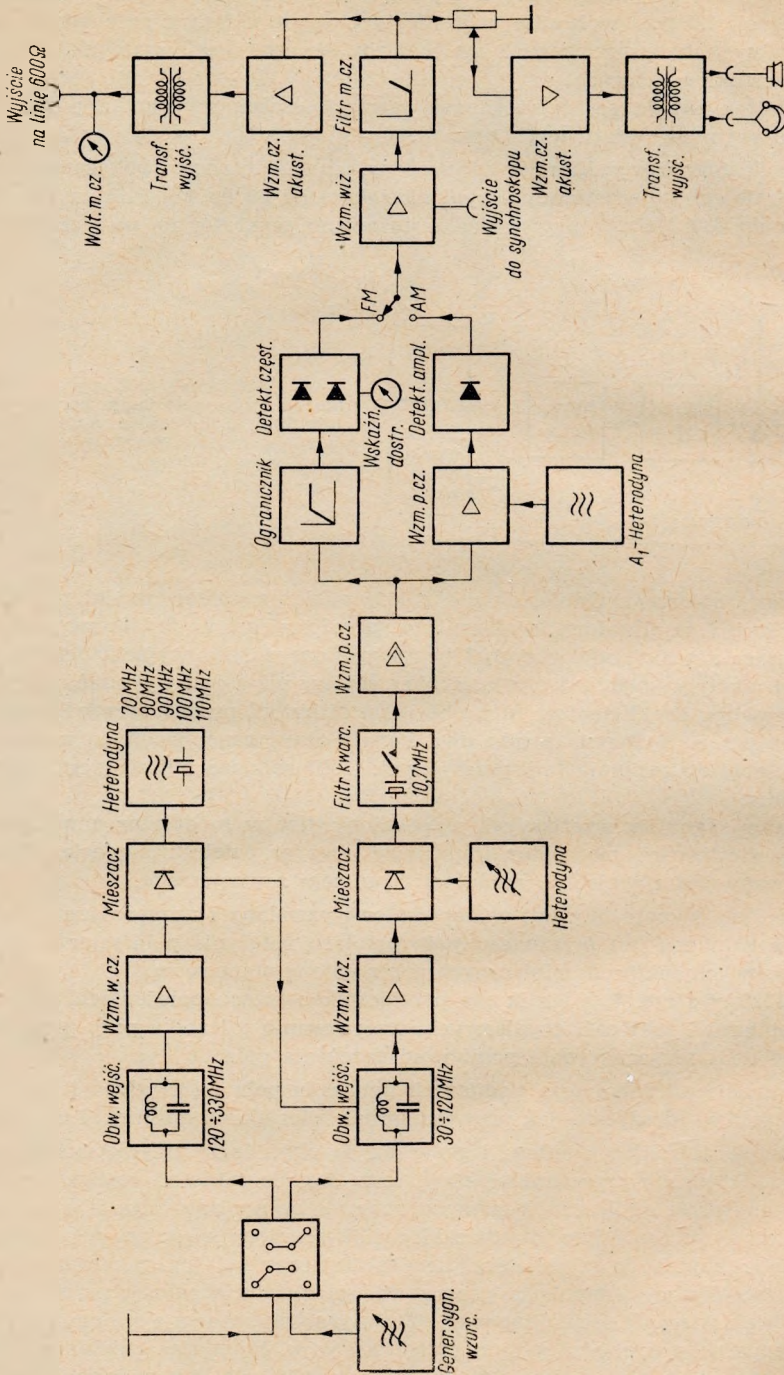
Synchronoskop wyposażony jest w impulsator wyzwalany i wzmacniacz.

Miernik zakłóceń jest przeznaczony do pomiaru natężenia pola sygnału i pomiarów impulsowych zakłóceń, odbieranych przez antenę pomiarową.

Jak widzimy z rys. 7, miernik ma przełącznik o trzech położeniach, odpowiadających pomiarowi zakłóceń impulsowych, wzorcowaniu miernika przy pomiarze natężenia pola fal niegasnących i pomiarowi natężenia pola.

Wzorcowanie miernika przy pomiarach natężenia pola fal ciągłych i sam pomiar natężenia pola są identyczne jak przy pomiarach miernikami opisanymi w rozdz. 4.

Przy pomiarze zakłóceń antena i generator są równolegle przyłączone do wejścia odbiornika. Odebrany przez antenę pomiarową impuls zakłóceń zostaje wydzielony i wzmocniony przez odbiornik; ponadto uruchamia on podstawę czasu synchronoskopu. Na początku ekranu widzimy impuls zakłóceń. Wyzwolony sygnałem zakłóceń impulsator wysyła impuls do modulatora, uruchamiającego kolejno generator impulsów wzorcowych. Wysłany impuls z generatora zostaje wzmocniony przez odbiornik i ukazuje się na lampie oscyloskopowej. W ten sposób zachowuje się urządzenie przy każdym impulsie przychodzącym po czasie 200 μ sek. Regulując dzielnikiem poziom impulsów generatora zrównuje się go z poziomem zakłóceń otrzymywanych z anteny.

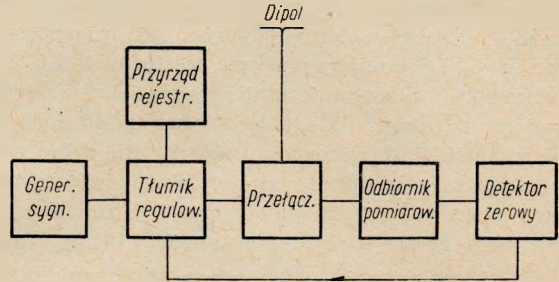


Rys. 8. Schemat blokowy odbiornika pomiarowego

W zasadzie pomiar polega na porównaniu za pomocą lampy oscyloskopowej impulsów zakłóceń z impulsami z generatora wzorcowego. Tego typu pomiar uniezależnia znacznie pomiar zakłóceń od czułości odbiornika pomiarowego.

Miernik daje możliwość pomiaru wartości szczytowych zakłóceń oraz ich obserwacji na ekranie lampy oscyloskopowej, co pozwala na określenie kształtu impulsów za-

Rys. 9. Schemat blokowy miernika z automatycznym porównywaniem zakłócenia z napięciem z generatora sygnałów



kłóceń, czasu ich trwania, średniej częstotliwości ich powtarzania itp.

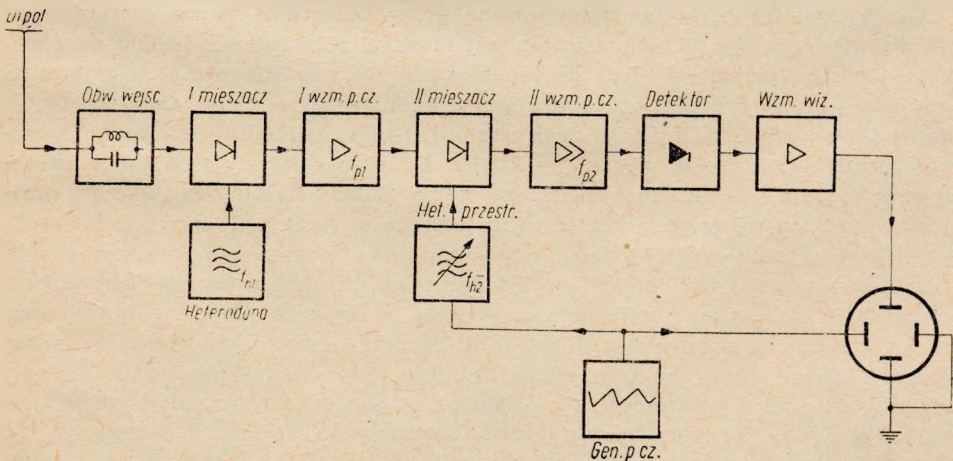
Pomiaru zakłóceń na falach ciągłych dokonuje się metodą okresowego porównania sygnałów zakłóceń i wzorcowych. Odpowiedni przekaźnik ustawicznie przełącza antenę i generator sygnałów wzorcowych na odbiornik pomiarowy.

Napięcie z generatora sygnałów (rys. 9) jest automatycznie zrównywane z napięciem z anteny i wartość mierzona odczytujemy na regulowanym automatycznie dzielniku napięcia generatora wzorcowego. Poza tym miernik może być wyposażony w przyrząd rejestrujący. Częstotliwość przerzucania przy porównywaniu jest w granicach od 20 do 100 Hz.

Zasadniczą zaletą tego typu układów jest uniezależnienie wyników pomiaru od wahań wzmocnienia odbiornika pomiarowego.

6. MIERNIKI ZAKŁÓCEŃ AUTOMATYCZNIE PRZESTRAJANE

Mierniki zakłóceń automatycznie przestrajane są to mierniki wyposażone w automatyczne przestrajanie i urządzenie rejestrujące. Tego typu mierniki zezwalają na oglądanie widma zakłóceń na ekranie lampy oscyloskopowej lub na wykreślanie



Rys. 10. Schemat blokowy odbiornika panoramicznego

go na taśmie za pomocą przyrządu rejestrującego. Wtedy na taśmie uzyskujemy wykres wartości poziomu zakłóceń w funkcji częstotliwości. Podstawowymi problemami w tego typu miernikach są: sposób wzorcowania układu, przestrajanie obwodów selektywnych i sposób zapisu.

Przestrajanie obwodów rezonansowych w tego typu miernikach odbywa się mechanicznie (napęd silnikiem) lub elektronowo. W układach przestrajanych mechanicznie elementem przestrajającym jest przeważnie kondensator obrotowy o kącie obrotu 360° . Stosunkowy zakres częstotliwości a_z uzyskany przy takim kondensatorze jest zwykle kilkakrotnie mniejszy od zakresu częstotliwości, w jakim mamy mierzyć napięcia zakłóceń, dlatego dodatkowo układ musi być przełączany, jak w normalnych miernikach. Ilość zakresów ustala się nie tylko z warunku wynikającego z możliwości przestrajania kondensatorem obwodów, ale także z warunku, w jakim zakresie może pracować antena pomiarowa bez zmian jej wymiarów. Napęd kondensatorów jest jednocześnie sprzężony z napędem taśmy samopisu.

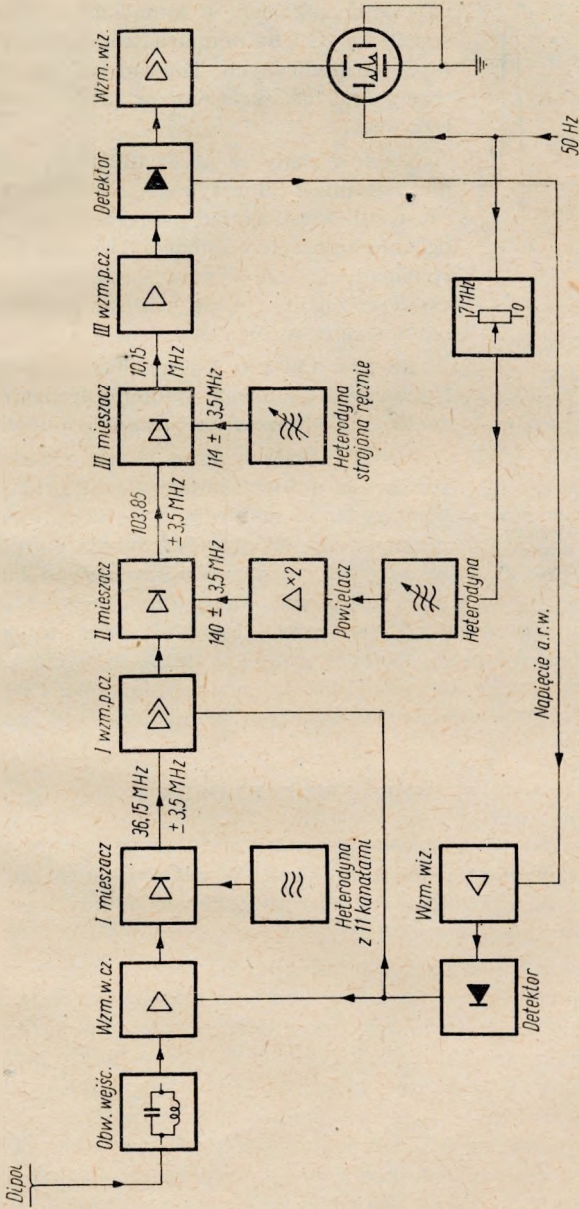
Najtrudniejszym problemem w tego typu miernikach jest sprawa wzorcowania miernika.

W prostszych rozwiązaniach mierników stosuje się wąskie zakresy częstotliwości i wtedy wzmocnienie w obrębie każdego zakresu jest prawie stałe. Jeżeli chcemy uzyskać wynik dokładniejszy, to mierzymy przebieg wzmocnienia w obrębie danego zakresu i na wykres uzyskany za pomocą przyrządu rejestrującego nanosimy każdorazowo raz ustalone poprawki. Przy pomiarach w kontroli fabrycznej, względnie pomiarach seryjnych, nie ma potrzeby określania bezwzględnych wartości zakłóceń, w tym przypadku wystarczy mierzyć wartości względne. Mierniki, a raczej wskaźniki tego typu służą do określenia, czy wykres względnych wartości widma nie przekracza normy ustalonej dla badanego urządzenia.

Poza przestrajaniem mechanicznym dość często spotyka się układy przestrajane elektronowo ze wskaźnikiem oscyloskopowym. W zasadzie jest to odbiornik panoramiczny z wyskalowanym ekranem lampy oscyloskopowej.

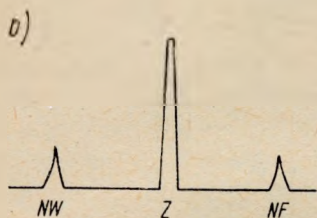
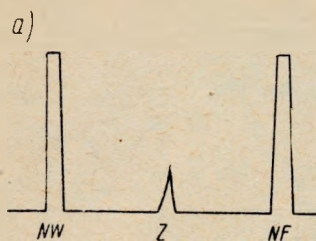
Odbiorniki tego typu służą do analizy zakłóceń okresowych i do namiaru ich źródła. Zakłóceniami przebiegi zmienne nieperiodycznie są nieczytelne na ekranie lampy oscyloskopowej.

Układ blokowy przedstawiający zasadę pracy odbiornika panoramicznego jest przedstawiony na rys. 10. Jak widzimy jest to układ odbiornika z dwiema przemianami. Pierwsza przemiana służy do zmiany zakresów częstotliwości. Na wyjściu tej przemiany mamy sygnał o częstotliwości pośredniej $f_{p1} = \text{const}$. Dalej następuje jedno- lub dwustopniowy wzmacniacz częstotliwości pośredniej o odpowiednio szerokim pasmie przenoszenia, np. $2 \Delta f = 7 \text{ MHz}$. Po wzmacniaczu pośredniej częstotliwości następuje już właściwy analizator widma. Składa się on z mieszacza z przestrajaną heterodyną w granicach $\pm \Delta f$, za pomocą napięcia podstawy czasu. Sygnał, powstały w wyniku drugiej przemiany po wzmocnieniu przez wzmacniacz o wąskim pasmie przenoszenia, po detekcji odchyła pionowo plamkę na ekranie lampy oscyloskopowej. Ponieważ napięcie podstawy czasu wychyla plamkę na ekranie lampy proporcjonalnie do zmiany częstotliwości, na ekranie lampy oscyloskopowej widzimy widmo zakłóceń istniejących na siatce drugiego mieszacza. Wprowadzając między heterodynę a układ podstawy czasu dzielnik napięcia, możemy regulować szerokość widma zakłóceń. Takie rozwiązanie pozwala rozrzedzać widmo, określić lepiej częstotliwości poszczególnych prążków, jednak należy zaznaczyć, że w taki sposób możemy jedynie oglądać widmo zakłóceń położone wokół częstotliwości środkowej.



Rys. 11. Schemat blokowy odbiornika panoramicznego do namiarów źródła zakłóceń w kanałach telewizyjnych

Z tych względów stosuje się jeszcze trzecią przemianę częstotliwości dla przesuwania wąskiego widma zakłóceń w zakresie $\pm \Delta f$. Takie rozwiązanie jest pokazane na rys. 11.



Rys. 12. Obraz na ekranie lampy oscyloskopowej odbiornika panoramicznego: a) sygnał zakłócający mały, b) sygnał zakłócający duży

Układ pokazany na rys. 11 jest przeznaczony do oglądania zakłóceń w kanałach telewizyjnych w pasmach I i III i do namiaru źródeł zakłóceń okresowych (np. harmonicznym heterodyny odbiorników radiowych) oraz do określenia w przybliżeniu wartości zakłócenia.

Słabe sygnały są przez układ wzmacniane normalnie, natomiast silne sygnały są obcinane w wzmacniaczu wizji. Jeżeli sygnał przekroczy np. o 40 dB napięcie ograniczania, to zadziała automatyczna regulacja wzmocnienia odbiornika i wzmocnienie odbiornika zmaleje. Znaczący to, że skala wartości widzianych na oscyloskopie wzrośnie.

Na rys. 12a i b jest pokazany ekran lampy oscyloskopowej odbiornika panoramicznego przy pomiarze zakłócenia okresowego w kanale telewizyjnym.

Na rys. 12a pokazano widmo składające się z częstotliwości nośnych obrazu i fonii oraz stosunkowo słabego sygnału zakłócającego, który można uznać jako nieszkodliwy. W przeciwieństwie do widma z rys. 12a, na rys. 12b pokazano obraz ekranu lampy oscyloskopowej odbiornika panoramicznego z silnym zakłóceniem w porównaniu do sygnału. Taką prostą metodą można szybko określić, czy zakłócenie jest szkodliwe przy odbiorze sygnałów telewizyjnych. Zwiększając pasmo obserwowane miernikiem możemy oglądać np. widmo fonii FM. Odbiorniki panoramiczne należy zaliczyć do układów stosowanych szczególnie jako szukacze zakłóceń.

7. SZUKACZE ZAKŁÓCEŃ

Szukacze zakłóceń są to przenośne mierniki zakłóceń przeznaczone do pomiarów w terenie i do wyszukiwania źródeł zakłóceń. W zasadzie są to odbiorniki superheterodynowe z detektorem diodowym. Nowsze układy dodatkowo posiadają detektor częstotliwościowy.

Układy te przeważnie nie mają dzielnika napięć, lecz są wyposażone w regulator czułości, za pomocą którego nastawia się odpowiednie wzmocnienie. Regulacja czułości odbywa się przez zmianę punktów pracy lamp o zmiennym nachyleniu charakterystyki. Niektóre szukacze zakłóceń są skalowane, wtedy mamy możliwość określenia wartości zakłóceń. W tego typu układach jedna lampa ma osobno regulowany punkt pracy w celu wzorcowania wzmocnienia szukacza zakłóceń. Regulator czułości spełnia w tym przypadku rolę dzielnika napięć. Szukacze zakłóceń są zaopatrzone w antenę prętową, a czasem dodatkowo w antenę ramową. Czułość tego typu mierników jest rzędu $80 \mu\text{V}$ do $200 \mu\text{V}$ przy napięciu 1 V na zaciskach słuchawek do nasłuchu zakłóceń (obciążenie 4000Ω).

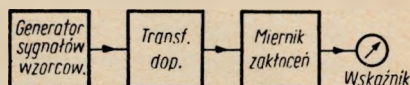
Czasem są też stosowane jako szukacze zakłóceń odbiorniki superreakcyjne, szczególnie w tych przypadkach, gdy nie potrzebujemy mierzyć wartości zakłócenia.

8. WZORCOWANIE MIERNIKÓW ZAKŁÓCEŃ

Istnieją dwie metody wzorcowania mierników natężenia pola zakłóceń: skalowanie napięciem z generatora sygnałów wzorcowych lub wzorcowym polem elektromagnetycznym. W większości przypadków stosowana bywa pierwsza z tych metod.

Układ blokowy wzorcowania miernika napięciem z generatora sygnałów wzorcowych ilustruje rys. 13. Generator musi być dopasowany do miernika.

Rys. 13. Schemat blokowy układu do wzorcowania mierników zakłóceń napięciem z generatora sygnałów wzorcowych



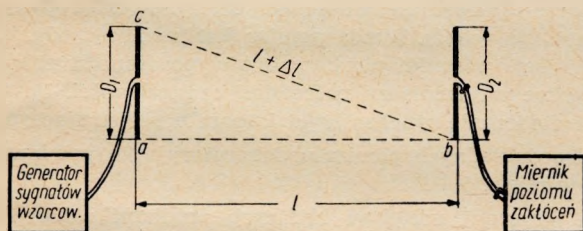
Aby takim miernikiem można było mierzyć natężenie pola, należy znać parametry anteny. Jeżeli znamy wysokość skuteczną anteny h , to można wyznaczyć natężenie pola ze wzoru

$$E = \frac{U}{h}. \quad (7)$$

Dokładność wzorcowania miernika waha się w granicach od 15 do 40%.

W niektórych krajach (1, 3) nie mierzy się natężenia pola zakłóceń, lecz napięcie na zaciskach anteny (określonej normą). Przyczyną tego jest łatwość wykonania wzorcowania miernika tą metodą.

Układ do wzorcowania polem elektromagnetycznym jest pokazany na rys. 14. Anteny nadawcza i odbiorcza muszą być ustawione na płaskim terenie. Odległość, na jakiej należy ustawić antenę pomiarową od anteny nadawczej, określa różnica dróg



Rys. 14. Układ do wzorcowania miernika polem elektromagnetycznym

promieni dochodzących do anteny, co ilustruje rys. 14. Znając różnicę dróg promieni Δl możemy określić przesunięcie fazowe tych promieni

$$\varphi = \frac{2\pi}{\lambda} \Delta l. \quad (8)$$

Jeżeli ograniczymy $\Delta l \leq 0,1 \lambda$, to z trójkąta abc (rys. 14) możemy wyznaczyć dopuszczalną odległość

$$l > \frac{(D_1 + D_2)^2}{0,8\lambda} - \frac{\lambda}{20} \approx \frac{(D_1 + D_2)^2}{0,8\lambda}. \quad (9)$$

Przy pomiarach przeważnie stosujemy identyczne anteny półfalowe, wtedy

$$l > \frac{D^2}{0,2\lambda}. \quad (10)$$

Natężenie pola w miejscu umieszczenia anteny pomiarowej określa się ze wzoru

$$E = \frac{60 \cdot \pi \cdot h \cdot I}{\lambda \cdot l}, \quad (11)$$

gdzie:

h — wysokość skuteczna anteny,

I — prąd u podstawy anteny,

λ — długość fali,

l — odległość między antenami.

Znając natężenie pola w miejscu umieszczenia anteny pomiarowej, mierzymy napięcie na zaciskach miernika i wyznaczamy ze wzoru (7) wysokość skuteczną anteny. Czasem wygodniej jest bezpośrednio przeskalować miernik w natężeniu pola, wtedy unikamy ciągłego przeliczania współczynników przy pomiarach natężenia pola.

Dokładność wzorcowania miernika natężenia pola tą metodą wynosi od 15 do 30%.

Do skalowania mierników poziomu zakłóceń używa się sygnału wielkiej częstotliwości, modulowanego amplitudowo częstotliwością 400 Hz do głębokości $m = 80\%$.

9. WNIOSKI

Przy opracowaniu nowych modeli mierników poziomu zakłóceń należy dążyć do pokrycia małą ilością mierników jak najszerszego zakresu częstotliwości. Celowe wydaje się, by miernik miał zakres częstotliwości od 30 MHz do 300 MHz. Można to rozwiązać przez wykonanie miernika na zakres od 30 MHz do 150 MHz i następnie zastosowanie przystawki z dodatkową przemianą do rozszerzenia zakresu częstotliwościowego miernika.

Miernik powinien być wyposażony w detektor częstotliwościowy w celu określenia poprawy odbioru przy detekcji częstotliwości.

Często zdarza się, że przy pomiarze zakłóceń niemodulowanych, np. od heterodyny odbiornika, przeszkadzają postronne zakłócenia. Wtedy pomiar jest możliwy jedynie przy węższym pasmie miernika. Dlatego mierniki powinny być wyposażone w załączany filtr kwarcowy umieszczony we wzmacniaczu pośredniej częstotliwości. Poza tym miernik powinien umożliwiać dołączenie synchronoskopu i aparatu rejestrującego.

Mierniki przeznaczone do bardzo dokładnych pomiarów laboratoryjnych powinny być rozwiązane w sposób podany w rozdz. 5.

Do pomiarów przy kontroli fabrycznej urządzeń będących źródłami zakłóceń celowe jest stosowanie układów przestrzajanych automatycznie z zapisem na taśmie papierowej. Niekiedy przy masowej kontroli fabrycznej wykonywane są pomiary tylko przy kilku określonych częstotliwościach i wówczas wystarczają mierniki wykonane tylko na te częstotliwości.

Mierniki do wyszukiwania zakłóceń są stosowane np. do poszukiwania odbiorników, które promieniują nadmiernie. W tym przypadku celowe jest stosowanie odbiorników panoramicznych, gdyż zwiększa się prawdopodobieństwo wykrycia zakłócenia, ponieważ oglądamy od razu dość szerokie pasmo częstotliwości. Odbiornik panoramiczny jest też przydatny przy pracach konstrukcyjnych, gdyż w trakcie prób możemy obserwować widmo zakłóceń. Ogólnie należy zaznaczyć, że mierniki poziomu zakłóceń dla zakresu fal ultrakrótkich powinny mieć małe wymiary, co jest trudne do wykonania, a jeżeli miernik ma wymiary większe od 20% długości fali mierzzonej, to antena pomiarowa musi być dostatecznie oddalona od miernika w czasie pomiaru poziomu zakłóceń.

W stosunku do szukaczy zakłóceń wymaga się dodatkowo, aby były one lekkie i odpowiednio przystosowane do przenoszenia.

Przy pisaniu niniejszej pracy autor korzystał z cennych uwag Kierownika Katedry Techniki Odbiorczej Politechniki Wrocławskiej prof. W. Rotkiewicza, za które bardzo dziękuje.

WYKAZ LITERATURY

1. *Liutow S. A.*: Industrialnyje pomiechi radioprijava i bor'ba s nimi. Gosenergoizdat, Moskwa-Leningrad (tłum. pol. W. K. Warszawa 1955).
2. *Seelemann Friedrich*: Funk Entstörung. Otto Elsner Verlagsgesellschaft, Darmstadt-Berlin 1954.
3. Normy predielno dopustimych industrialnych radiopomiech. Swiazizdat, Moskwa 1956, wyd. 4.
4. *Rotkiewicz W.*: Miernik poziomu zakłóceń. Prace Instytutu Łączności, zeszyt 1 (3), 1956, s. 41.
5. *Treter A.*: Miernik poziomu zakłóceń. Zeszyty Naukowe Politechniki Wrocławskiej, zeszyt 6, 1955, s. 83.
6. International Elektrotechnical Commision Technical Committee nr 12 Radio Communication, Sub-Committee 12-1: Measurements. „British Proposals for Methods of Measurement of Radiation from Radio Receivers and the Susceptibility of Receivers to Interference”.
7. *De Lorenzi J.*: FS-Frequenz-Panoramaempfang. Funktechnik nr 4, s. 92 i 93, 1956.
8. *Terman F. E. and Pettit J. M.*: Electronic Measurements. N. Y.-Toronto-London, 1952.
9. Technika swierchwysokich czastot. Przekład z angielskiego pod red. prof. *A. N. Fel'da.*
10. *Okley-Nowak.* Antennen Technik. Siegfried Schutz, Hannover, 1953.
11. *Montgomery C. G.*: Technique of Microwave Measurements. New York-London, McGraw-Hill Book Company, INC. 1947.

М. Гробэльны

ИЗМЕРИТЕЛИ РАДИОПОМЕХ ДЛЯ ДИАПАЗОНА УЛЬТРАКОРОТКИХ ВОЛН

Резюме

В настоящей статье описаны применяемые в настоящее время измерители помех выступающих в диапазоне ультракоротких волн.

В начале рассмотрены технические условия, предъявляемые измерителям помех такого диапазона волн, а также род антенн применяемых в различных условиях измерений.

Затем приведены основные схемы применяемых измерителей. Показан также принцип работы простейших измерителей, искателей помех, измерителей помех с автоматическим сравнением помех и эталонного сигнала, а также измерителей с автоматической настройкой. Особо представлены методы калибровки измерителей помех.

В заключении даны выводы относительно проектирования новых схем измерителей радиопомех.

M. Grobelny

NOISE METERS FOR THE ULTRA-SHORT WAVE RANGE

Summary

The paper gives a description of modern noise meters for the ultra-short wave range. To begin with, technical requirements for noise meters of this kind, as well as types of associated aeriials have been discussed. Next to that, usual meter circuits have been described. The principles of operation of simple meters, of noise detectors, of meters with automatic comparison of noise with a standard signal and of meters with automatic tuning have been explained. The methods of calibrating of noise meters have been dealt with separately. There have also been drawn conclusions as to the design of new noise-meter circuits.

M. Grobelny

LES APPAREILS DE MESURE DES PERTURBATIONS POUR DES ONDES ULTRA-COURTES

Résumé

L'article contient la description des appareils de mesure des perturbations dans la bande des ondes ultra-courtes employés maintenant. Dès le début on décrit dans la préface l'auteur rappelle les exigences techniques pour les appareils de mesure des perturbations dans cette bande des ondes, ainsi que les types d'aériens employés dans divers conditions des mesures.

Ensuite l'article traite les circuits des appareils de mesure modernes.

Des principes d'agir des simples appareils de mesure, des détecteurs, des appareils qui comparent automatiquement les signaux perturbatrices avec le signal d'étalon, et les appareils de mesure accordés automatiquement font l'objet de la suivante partie de l'ouvrage.

Séparément on présentes les méthodes de calibration des appareils de mesure des perturbations.

La fin de l'article est consacrée aux conclusions relatives à la projection des nouveaux appareils.

M. Grobelny

STÖRUNGSMESSGERÄTE FÜR ULTRAKURZWELLEN-BEREICH

Zusammenfassung

Der Aufsatz betrifft moderne Messgeräte für Störungen im Ultrakurzwellen-Bereich.

Einleitend werden die technischen Anforderungen an Störungsmessgeräte für diesen Wellenlängenbereich besprochen sowie die Typen von Antennen für Anwendung unter verschiedenen Messbedingungen.

Anschließend werden Schaltungen der verwendeten Messgeräte besprochen und das Arbeitsprinzip von einfachen Messgeräten, von Störsuchgeräten, von die Störung mit dem Bezugssignal automatisch vergleichenden Geräten und von sich automatisch abstimmen Messgeräten angegeben.

Zum Schluss werden Folgerungen für das Entwerfen von neuen Störungsmessgeräte-Schaltungen gezogen.

MICHAŁ NOWICKI

621.317.334/335:621.3.019.33

**MIERNIK WSPÓŁCZYNNIKÓW CIEPLNYCH
INDUKCYJNOŚCI I POJEMNOŚCI**

Rękopis dostarczono do IŁ 28. 10. 54

Opisany w niniejszej pracy miernik jest przeznaczony do pomiaru współczynników cieplnych indukcyjności cewek i pojemności kondensatorów, stosowanych w zakresach radiofonicznych fal długich, średnich i krótkich przy stałej częstotliwości równej 1 MHz.

Miernik nie odznacza się daleko posuniętą dokładnością pomiaru, natomiast pomiary można wykonywać szybko i w sposób prosty bez konieczności stosowania dodatkowych przyrządów.

1. WSTĘP

Niezmiernie szybki rozwój radiotechniki wymaga coraz to doskonalszych urządzeń, dlatego też stale rosną wymagania odnośnie stałości częstotliwości generatorów wzbudzających nadajniki, jak również generatorów przeznaczonych do wszelkiego rodzaju urządzeń pomiarowych. Jednym z najważniejszych czynników powodujących niestabilność częstotliwości generatorów jest temperatura. Zmiana temperatury elementów obwodu drgań generatora, np. cewki lub kondensatora, powoduje mniejszą lub większą zmianę ich wartości indukcyjności lub pojemności, a tym samym zmianę częstotliwości generatora. Jako środek zapobiegawczy jest często stosowana kompensacja termiczna obwodu generatora polegająca na tym, że jedne elementy obwodu, mające pewne określone wartości współczynników cieplnych, są kompensowane innymi elementami o współczynnikach cieplnych przeciwnego znaku.

Wartości współczynników cieplnych elementów produkowanych w różnych wytwórniach zawierają się na ogół w dość szerokich granicach, a nawet często w praktyce spotykamy się z całkowitą nieznaną współczynnika cieplnego danego elementu. Dlatego znajomość wartości współczynników cieplnych może znacznie ułatwić pracę przy kompensowaniu termicznym obwodu drgań generatora.

Urządzenia do pomiaru współczynników cieplnych indukcyjności i pojemności są najczęściej oparte na tej zasadzie, że badany element, tj. cewka lub kondensator, wchodzący w skład obwodu drgań generatora LC znajdującego się w urządzeniu pomiarowym, jest poddawany wpływom zmian temperatury, które powodują zmiany częstotliwości generatora. Zmiana częstotliwości generatora LC jest określana przez porównanie jej z częstotliwością generatora wzorcowego. Znając wartość zmian częstotliwości generatora LC przy danej zmianie temperatury badanego elementu można wyznaczyć jego współczynnik cieplny.

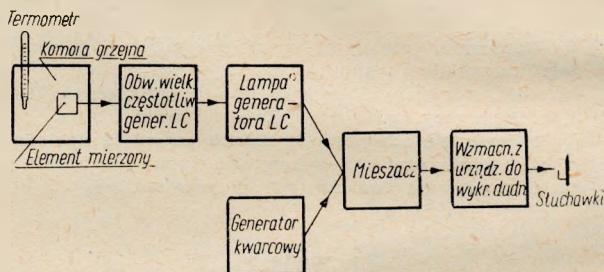
Nieco odmienny sposób pomiaru polega na tym, że częstotliwość generatora, znajdującego się w urządzeniu pomiarowym, która uległa zmianie pod wpływem zmiany

wartości mierzonego elementu, sprowadza się do częstotliwości pierwotnej przez przestrojenie obwodu za pomocą dodatkowego kondensatora obrotowego. W tym przypadku wielkość przestrojenia tego kondensatora stanowi podstawę do wyznaczenia współczynnika cieplnego.

Na tej drugiej zasadzie pomiarowej jest oparta budowa opisanego poniżej miernika współczynników cieplnych indukcyjności i pojemności, wykonanego w Instytucie Łączności.

2. OGÓLNA ZASADA DZIAŁANIA MIERNIKA

Schemat blokowy miernika jest przedstawiony na rys. 1. W skład miernika wchodzi dwa generatory: generator LC oraz generator kwarcowy, pracujące na tej samej częstotliwości 1 MHz. Obwód drgań generatora LC jest wyodrębniony w mier-



Rys. 1. Schemat blokowy miernika

niku, a mierzony element wchodzący w pewien określony sposób w skład tego obwodu jest umieszczony w oddzielnej komorze grzejnej. Napięcia z obu generatorów są doprowadzone do mieszacza, na wyjściu którego otrzymuje się napięcie o częstotliwości akustycznej; napięcie to po wzmożeniu zostaje doprowadzone do słuchawek. Wzmacniacz jest zaopatrzony w urządzenie pomocnicze, które za pomocą słuchawek pozwala na łatwe wykrywanie dudni. Zmiana wartości mierzonego elementu pod wpływem wzrostu temperatury powoduje zmianę częstotliwości generatora LC. Częstotliwość tę sprowadza się do częstotliwości pierwotnej za pomocą odpowiednio przeskalowanych kondensatorów, wchodzących w skład obwodu generatora LC. Wartości odczytane na tych skalach służą do obliczenia współczynnika cieplnego. Szczegóły zasady pomiaru są podane w rozdz. 4.

3. OPIS SZCZEGÓŁOWY MIERNIKA

Pod względem konstrukcyjnym miernik składa się z trzech zasadniczych części, z których każda stanowi odrębną całość, a mianowicie:

- 1) z dwóch jednakowych komór grzejnych,
- 2) z komory zawierającej obwód wielkiej częstotliwości generatora LC,
- 3) z części zawierającej pozostałe urządzenie, a więc wszystkie lampy, transformatory itp.

Poszczególne części miernika znajdują się w osobnych obudowach, są odizolowane termicznie od siebie i zmontowane na wspólnej podstawie.

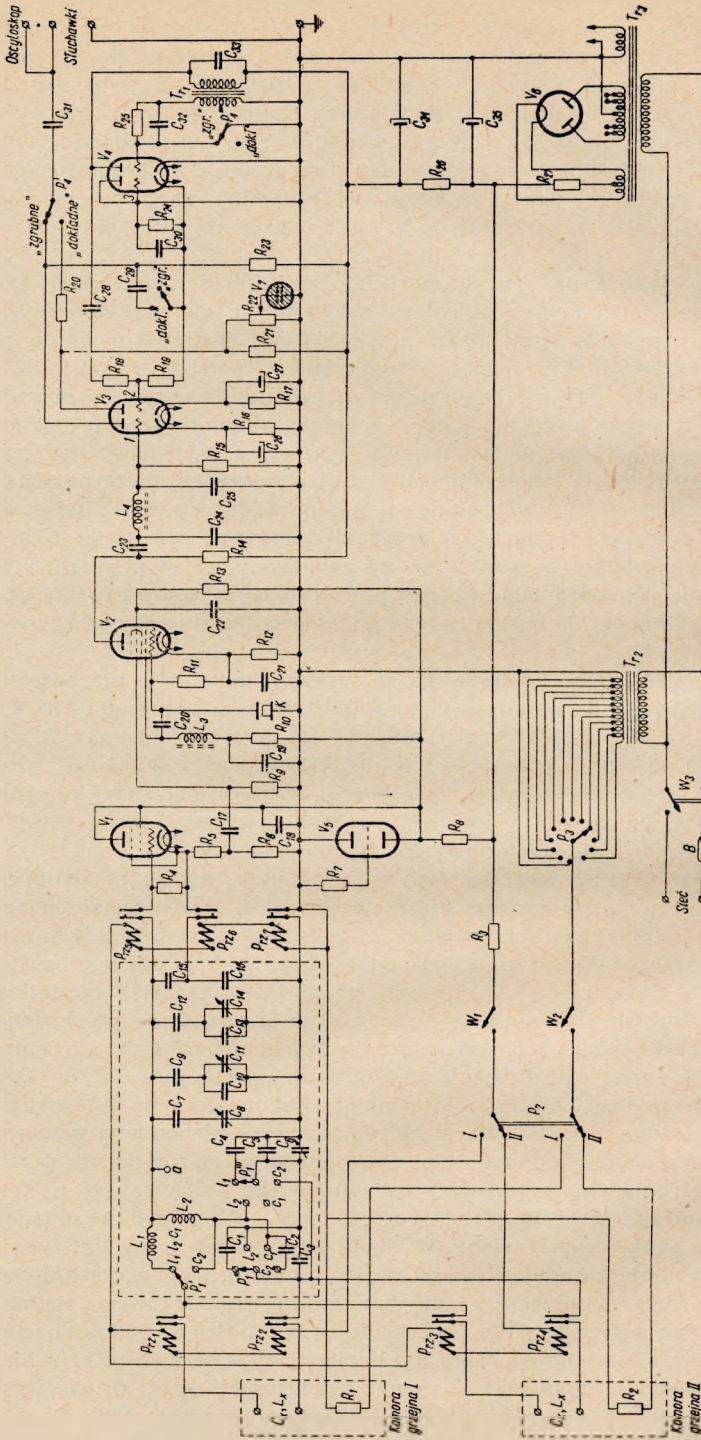
Szczegółowy schemat jest przedstawiony na rys. 2. Generator LC stanowi główną część miernika; pracuje on na częstotliwości 1 MHz w układzie Clappa z lampą 6SJ7.

Generator jest rozczłonkowany konstrukcyjnie pomiędzy trzy wyżej wymienione części miernika. Lampa generatora, z jej zasilaniem, znajduje się w trzeciej części miernika. Główna część obwodu wielkiej częstotliwości jest wydzielona i znajduje się w środkowej części miernika, w komorze izolowanej termicznie od otoczenia. Mierzony element, wchodzący w skład obwodu wielkiej częstotliwości, umieszcza się w komorze grzejnej, odizolowanej również termicznie od pozostałej części urządzenia. Komory grzejne są dwie i każda z nich może być użyta kolejno; dzięki temu można miernik lepiej wykorzystać do kilku pomiarów, bezpośrednio po sobie następujących.

Połączenia elektryczne obwodu wielkiej częstotliwości generatora LC z lampą generatora oraz mierzonym elementem, znajdującym się w komorze grzejnej, są realizowane za pomocą specjalnych przekaźników, dostosowanych do pracy przy wielkiej częstotliwości. Przekaźniki są włączane za pomocą przycisku W_1 tylko na krótki czas pomiaru, aby nie dopuścić do przechodzenia ciepła do obwodu wielkiej częstotliwości poprzez przewody łączące z ogrzaną komorą grzejną lub lampą i pozostałą częścią urządzenia. W tym też celu w szereg z przewodami łączącymi obwód wielkiej częstotliwości z komorami grzejnymi są załączone walce miedziane o średnicy 10 mm i długości 25 mm, spełniające rolę pochłaniaczy ciepła; przewody łączące są częściowo wykonane z cienkiego drutu nikielinowego o średnicy 0,08 mm. Przełączanie obwodu wielkiej częstotliwości na wymagany zakres pomiarowy odbywa się przez zwieranie odpowiednich zacisków przełącznika zakresowego P_1 (P_1' , P_1'' , P_1'''). Zaciski te są dostępne dla obsługującego po zdjęciu ekranującej pokrywy oraz części izolacji cieplnej.

W układzie generatora kwarcowego są wykorzystane dwie pierwsze siatki lampy 6A8. Anoda generatora jest zasilana stabilizowanym napięciem 140 V. Częstotliwość generatora wynosi 1 MHz (ściśle 999956 Hz przy temperaturze $T = 20^\circ\text{C}$). Pozostała część lampy 6A8 służy jako mieszacz. Do czwartej siatki mieszacza jest doprowadzane napięcie z generatora LC. W celu zmniejszenia zjawiska synchronizacji obu generatorów napięcie to jest doprowadzane poprzez bardzo małą pojemność $C_{17} = 1$ pF oraz dzielnik napięciowy R_5 , R_6 .

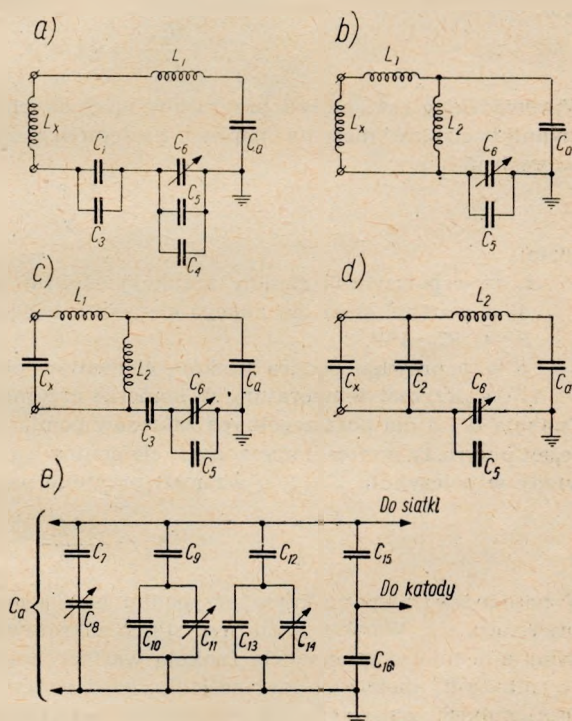
Dalsza część układu miernika jest zbudowana na dwóch podwójnych triodach 6SL7. Dla większej przejrzystości opisu poszczególne triody zostały ponumerowane na schemacie kolejno. Napięcie zmienne z anody mieszacza przedostaje się na siatkę pierwszej triody, pracującej jako wzmacniacz poprzez filtr dolnoprzepustowy, który ma za zadanie dopuszczenie do dalszych stopni miernika tylko częstotliwości akustycznej. Częstotliwość ta może być słyszana w słuchawkach po ustawieniu przełącznika P_4 („ustawianie skal”) w położeniu „zgrubne”. W tym położeniu przełącznika następuje zgrubne dostrojenie częstotliwości generatora LC do częstotliwości generatora kwarcowego. Dokładne dostrojenie jest możliwe po ustawieniu przełącznika P_4 w położeniu „dokładne”, w którym zostaje uruchomione pomocnicze urządzenie do wykrywania dudnień. Napięcie z anody pierwszej triody przedostaje się poprzez kondensator C_{29} do układu prostownikowego, zbudowanego na trzeciej triodzie. Wyprostowane napięcie powstałe na oporniku R_{24} powoduje zmianę początkowego napięcia siatki drugiej triody. W chwili gdy napięcie o częstotliwości akustycznej, będące wynikiem dudnień częstotliwości generatora LC z częstotliwością generatora kwarcowego, nie przedostaje się do układu prostownikowego, siatka ta posiada duże początkowe napięcie ujemne, dzięki dużej oporności R_{17} . Przy obecności napięcia dudnień pojawia się na oporniku R_{24} napięcie wyprostowane o kierunku przeciwnym, które powoduje zmniejszanie ujemnej polaryzacji siatki drugiej triody. Jeżeli częstotliwość dudnień jest bardzo mała, to napięcie wyprostowane na oporniku R_{24} pulsuje, a tym samym zmienia wzmocnienie drugiej triody w takt dudnień. Na siatkę



Rys. 2. Szczegółowy schemat miernika

tej samej triody dostaje się jednocześnie napięcie o częstotliwości $f \approx 1$ kHz z pomocniczego generatora akustycznego, zbudowanego na czwartej triodzie. Napięcie to po wzmacnieniu przedostaje się do słuchawek, dając w końcowym efekcie ton akustyczny modulowany częstotliwością dudnień. Urządzenie to umożliwia zestrojenie obu generatorów z dokładnością do 1 Hz. Oprócz akustycznego wskaźnika dudnień, jakim są słuchawki, miernik posiada również optyczny wskaźnik w postaci lampki neonowej.

Anoda lampy mieszacza, jak również anody lamp 6SL7 są zasilane napięciem 250 V. Wspólny zasilacz z lampą AZ1 i filtrem oporowym dostarcza odpowiednich napięć wszystkim lampom miernika i przekaźnikom. Podgrzewanie komór grzejnych odbywa się za pomocą transformatora Tr_2 , który daje odpowiednie napięcie na uzwojenia grzejne R_1 i R_2 , nawinięte na zewnętrznych ściankach komór. Napięcie to można regulować za pomocą przełącznika P_3 („szybkość grzania”), który umożliwia uzyskanie różnej szybkości grzania od 0,15 do 3,65°C/min.



Rys. 3. Schemat obwodu wielkiej częstotliwości generatora LC dla poszczególnych zakresów pomiarowych: a) zakres L_1 ; b) zakres L_2 ; c) zakres C_1 ; d) zakres C_2 ; e) skład pojemności C_a

4. ZASADA POMIARU

Obwód wielkiej częstotliwości generatora LC jest dość rozbudowany (rys. 2). W skład obwodu wchodzi: trzy kondensatory obrotowe C_6 , C_{11} i C_{14} , odpowiadające trzem skalom pomiarowym A, B' i B'', mierzony element L_x lub C_x oraz kilka innych elementów indukcyjnych i pojemnościowych. Wszystkie te elementy są dla każdego z zakresów w różny sposób powiązane ze sobą. Schemat obwodu dla każdego z zakresów jest przedstawiony na rys. 3.

Zasadę pomiaru można streścić w sposób następujący.

Zależnie od wartości mierzonego elementu za pomocą kondensatora obrotowego C_6 dostraja się obwód do częstotliwości generatora kwarcowego (≈ 1 MHz). Do precyzyjnego dostrojenia służy mały kondensator obrotowy C_8 , wchodzący w skład pojemności C_a (patrz rys. 3). Mierzony element poddany działaniu zmian temperatury w komorze grzejnej powoduje zmianę częstotliwości, którą sprowadza się ponownie do częstotliwości pierwotnej (≈ 1 MHz) za pomocą kondensatorów obrotowych C_{11} lub C_{14} , wchodzących w skład pojemności C_a . Z położenia kondensatorów C_6 , C_{11} i C_{14} możemy określić wartość współczynnika cieplnego mierzonego elementu.

Możemy wyprowadzić dla wszystkich czterech układów przedstawionych na rys. 3 ogólną zależność względnych przyrostów wartości mierzonego elementu w funkcji przyrostów pojemności C_a w postaci:

$$\frac{\Delta L_x}{L_x} = \varphi (\Delta C_a), \quad (1')$$

oraz

$$\frac{\Delta C_x}{C_x} = \varphi (\Delta C_a). \quad (1'')$$

Wprowadzając zaś zamiast przyrostów względnych mierzonego elementu ich współczynniki cieplne możemy napisać następującą zależność słuszną dla wszystkich czterech układów

$$A_x = \frac{A \cdot B \cdot \beta}{\Delta T} \quad (2)$$

gdzie:

A_x = współczynnik cieplny indukcyjności lub pojemności mierzonego elementu,

A = wartość stała dla danego elementu, będąca funkcją elementów obwodu,

$B = \Delta C_a \cdot 10^{14}$,

β = poprawka, będąca funkcją elementów obwodu oraz przyrostów ΔC_a ,

ΔT = przyrost temperatury w komorze grzejnej.

Funkcje A i β dla poszczególnych zakresów pomiarowych są przedstawione w tabl. 1. Jeżeli przyrosty wartości mierzonych elementów są małe, co rzeczywiście ma miejsce, wtedy współczynnik $\beta \approx 1$, a wzór (2) przyjmie postać

$$A_x = \frac{A \cdot B}{\Delta T}. \quad (3)$$

W najbardziej niepomysłnym przypadku błąd spowodowany tym przybliżeniem nie przekracza 1%. Wartość A dla wszystkich zakresów pomiarowych jest funkcją jednej tylko zmiennej, a mianowicie funkcją wartości mierzonego elementu (patrz tabl. 1). Pojemność C_a można uważać za stałą, gdyż odczyt na skali A jest przeprowadzany przy stałych, zerowych położeniach kondensatorów C_{11} i C_{14} , natomiast wpływ przestrojenia kondensatora C_8 (precyзера), jako znikomy, można pominąć. Poza tym pojemność kondensatora C_6 jest również funkcją wartości mierzonego elementu, czyli tej samej zmiennej; wynika to bowiem z metody pomiaru, gdyż za pomocą tego kondensatora, po załączeniu mierzonego elementu, sprowadzamy częstotliwość generatora LC do stałej częstotliwości generatora kwarcowego. Możliwe jest zatem przeskalowanie kondensatora C_6 bezpośrednio w wartości A . Kondensatory C_{11} i C_{14} są przeskalowane bezpośrednio w wartości B i łącznie z kondensatorami C_9 i C_{10} oraz C_{12} i C_{13} przestrajają wypadkową pojemność C_a o $\pm 0,5$ i ± 5 pF. Kondensatory C_9 , C_{10} , C_{12} i C_{13} służą jednocześnie do wyrównania charakterystyk kondensatorów C_{11} i C_{14} .

Pomiar współczynnika cieplnego dzieli się na dwie fazy. W pierwszej fazie obwód generatora LC dostraja się za pomocą kondensatora C_6 do częstotliwości generatora kwarcowego, równej 1 MHz i odczytuje się na jego skali wartość A . Druga faza następuje po ogrzaniu mierzonego elementu o ΔT i polega na sprawdzeniu częstotliwości generatora LC do tej samej wartości, równej 1 MHz, za pomocą kondensatorów C_{11} lub C_{14} i odczytaniu na ich skalach wartości B .

Przy obliczaniu współczynnika cieplnego, ze względu na pewne niedokładności, stosuje się do wzoru (3) dwie poprawki.

Pierwszą przyczyną niedokładności tego wzoru jest to, że przewody znajdujące się w komorze grzejnej i zaciski, do których dołącza się mierzony element, tworzą między sobą i łącznie z ekranem komory grzejnej pewne pojemności i indukcyjności. Te szczątkowe pojemności i indukcyjności powodują podczas grzania komory dodatkową zmianę częstotliwości generatora LC, a tym samym obarczają wynik pomiaru pewnym błędem. Błąd ten uwzględnia się za pomocą poprawki α , która jest stała dla danej wartości mierzonego elementu.

Druga przyczyna niedokładności wzoru jest następująca.

Obwód generatora LC jest dość rozbudowany i, mimo że jest umieszczony w osobnej komorze izolowanej termicznie od otoczenia i że został skompensowany termicznie w jednym środkowym punkcie każdego zakresu pomiarowego, jest w pewnym stopniu zależny od zmian temperatury otoczenia, co daje w rezultacie błędy przy pomiarze. Wpływ ten jest uwzględniony podczas pomiaru przez wprowadzenie poprawki B_0 . Bezpośrednio przed pomiarem właściwym, po umieszczeniu mierzonego elementu w komorze grzejnej, przeprowadza się wstępny pomiar zmian częstotliwości generatora LC w określonym czasie, przy nie załączonym grzaniu

Tablica 1

Wartości A i β dla poszczególnych zakresów pomiarowych

Zakres	A	β
L_1	$\frac{1}{\omega^2 \cdot C_a^2 \cdot L_x \cdot 10^{14}}$	$\frac{1}{1 + \frac{\Delta C_a}{C_a}}$
L_2	$\frac{(L_1 + L_2 + L_x)^2}{\omega^2 \cdot C_a^2 L_2^2 L_x \cdot 10^{14}}$	$\frac{1}{1 + \frac{\omega^2 L_2^2 C_a + L_1 + L_2 + L_x}{\omega^2 L_2^2 C_a^2} \cdot \Delta C_a}$
C_1	$\frac{[\omega^2 C_x (L_1 + L_2) - 1]^2}{\omega^4 \cdot L_2^2 C_a^2 C_x \cdot 10^{14}}$	$1 + \frac{1}{\left\{ \frac{\omega^2 [L_2^2 C_a + (L_1 + L_2)^2 C_x] - (L_1 + L_2)}{\omega^2 L_2^2 C_a^2} \right\} \cdot \Delta C_a}$
C_2	$\frac{(C_2 + C_x)^2}{C_a^2 \cdot C_x \cdot 10^{14}}$	$\frac{1}{1 + \frac{C_2 + C_x + C_a}{C_a^2} \cdot \Delta C_a}$

komory. Wyrazem tych zmian jest odczytana na skali B' wartość B_0 . Następnie przeprowadza się pomiar właściwy i przy obliczaniu wyniku uwzględnia się poprawkę B_0 . Uwzględnienie przy pomiarze właściwym poprawki B_0 , znalezionej podczas pomiaru wstępnego, opiera się na założeniu, że w okresie trwania obu pomiarów zmiany częstotliwości obwodu generatora LC pod wpływem zmian temperatury otoczenia mają charakter prostoliniowy. Prawo do takiego założenia dają otrzymane eksperymentalnie charakterystyki oraz duża bezwładność cieplna komory, w której jest umieszczony obwód generatora LC. Bezwładność ta została osiągnięta przez dobrą izolację cieplną oraz przez umieszczenie wewnątrz komory masy metalowej ($\approx 2,6$ kg aluminium) jako pochłaniacza ciepła.

Wzór na współczynnik cieplny mierzonego elementu z uwzględnieniem obu poprawek ma postać

$$\Delta_x = \frac{A \left(B - \frac{t}{t_0} \cdot B_0 \right)}{\Delta T} - \alpha \quad (4)$$

gdzie:

B_0 — wartość odczytana na skali B' podczas pomiaru wstępnego (bez załączonego grzania komory),

t_0 — czas pomiaru wstępnego,

t — czas pomiaru właściwego,

α — poprawka, uwzględniająca wpływ pojemności i indukcyjności rozproszenia w komorze grzejnej; poprawka ta jako funkcja wartości A jest wyznaczana eksperymentalnie dla obu komór oraz poszczególnych zakresów pomiarowych i przedstawiona jest w postaci krzywych dołączonych do instrukcji obsługi miernika,

Δ_x , A , B , ΔT — jak we wzorze (2).

Jeżeli pomiar właściwy będzie wykonany w takim samym okresie czasu jak i pomiar wstępny, wtedy wzór (4) uprości się do postaci

$$\Delta_x = \frac{A(B - B_0)}{\Delta T} - \alpha. \quad (5)$$

Instrukcja obsługi miernika przewiduje dwie metody pomiarowe:

a) metodę przybliżoną, lecz szybką w wykonaniu (około 8 minut), uwzględniając tylko poprawkę α z wykorzystaniem wzoru

$$\Delta_x = \frac{A \cdot B}{\Delta T} - \alpha \quad (6)$$

b) metodę dokładną (czas trwania pomiaru około 30 minut), uwzględniając poprawki α i B_0 z zastosowaniem wzoru (4) lub (5).

Pomiar metodą przybliżoną jest wykonywany przy maksymalnej szybkości grzania ($V = 3,65^\circ\text{C}/\text{min}$) w ten sposób, że pomiar właściwy rozpoczyna się dopiero po upływie kilku minut, tj. po ustaleniu się szybkości narastania temperatury w komorze grzejnej; końcowy pomiar dokonywany jest po wzroście temperatury o około 10°C . Pomiar metodą dokładną jest wykonywany również przy maksymalnej szybkości grzania w ten sposób, że po wykonaniu pomiaru wstępnego i znalezieniu poprawki B_0 załącza się ogrzewanie komory grzejnej na przeciąg tylko kilku minut (od 1 do 5), a pomiar końcowy przeprowadza się po upływie dalszych siedmiu minut, tj. po ustaleniu się temperatury w komorze grzejnej.

Zdejmowanie charakterystyk $\frac{\Delta L}{L} = f(T)$ lub $\frac{\Delta C}{C} = f(T)$ za pomocą miernika jest wykonywane podobnie, jak pomiar współczynników cieplnych metodą dokładną z tą różnicą, że szybkość grzania jest znacznie mniejsza, a pomiary wykonuje się w pewnych odstępach czasu podczas wzrostu temperatury w komorze grzejnej. Metodę zdejmowania charakterystyk za pomocą oscyloskopu stosuje się wtedy, gdy zachodzi obawa, że skale B' i B'' (kondensatory C₁₁ i C₁₄) nie zdołają pokryć zmian pojemności obwodu generatora LC, wywołanych przyrostami pojemności mierzonego elementu. Następuje to np. wtedy, gdy zachodzi potrzeba otrzymania charakterystyki w szerokim zakresie temperatur, a czułość miernika oraz współczynnik cieplny mierzonego elementu są duże. Metoda ta różni się od poprzedniej tym, że pomiar końcowy przeprowadza się przez odczytywanie przyrostów częstotliwości na wyjściu miernika poprzez porównanie na oscyloskopie z częstotliwością generatora akustycznego, a nie przez dostrojenie częstotliwości generatora LC do częstotliwości generatora kwarcowego za pomocą skali B' lub B''. Aby obliczyć wartości B, należy przyrosty Δf pomnożyć przez współczynnik $k = \frac{B}{\Delta f}$, który jest stały dla danej wartości elementu. Wielkość k jest funkcją wielkości A i jest podana w instrukcji miernika w postaci krzywych dla poszczególnych zakresów pomiarowych.

Oprócz właściwego przeznaczenia, miernik pozwala na pomiar małych pojemności — do 10 pF. Zażyczenie mierzonej pojemności między gniazdko „a” a zacisk uziemiający powoduje zmianę częstotliwości generatora LC, którą można sprowadzić do poprzedniej przez obrót skalą B' lub B'' (kondensatory C₁₁ i C₁₄). Odczytana wartość B na tych skalach daje bezpośrednio wartość mierzonej pojemności w setnych częściach pF.

5. SKALOWANIE

Skalowanie miernika napotykało dość duże trudności, a zwłaszcza skalowanie skali A. Wartości B na skalach B' i B'' są proporcjonalne do przyrostów pojemności ΔC_n — wystarczy więc wyskalować tę skalę bezpośrednio w jednostkach pojemności odpowiadających tym przyrostom. W praktyce wartości B skal B' i B'' zostały pomnożone, a wartości A podzielone przez 10¹⁴. Główną trudność stanowi skalowanie skali A. Wydaje się, że najprościej byłoby obliczyć wartości A ze wzorów podanych w tabl. 1 dla poszczególnych wartości mierzonych elementów L_x i C_x. Wyniki takiego postępowania obarczone byłyby jednak dużymi błędami z uwagi na to, że wzory, które podano w tabl. 1, nie są ścisłe, nie uwzględniają one bowiem pojemności i indukcyjności rozproszenia obwodu generatora LC. Wobec tego trzeba było zastosować eksperymentalną metodę skalowania.

Wzór (1) możemy przedstawić w postaci

$$\frac{\Delta L_x}{L_x} = A \cdot B \quad \text{albo} \quad \frac{\Delta C_x}{C_x} = A \cdot B. \quad (7)$$

Wartości A dla poszczególnych zakresów pomiarowych otrzymano eksperymentalnie w ten sposób, że do zacisków pomiarowych dołączano szereg kondensatorów C_x lub cewek L_x o różnych, lecz znanych wartościach, a przyrosty realizowano za pomocą specjalnie w tym celu sporządzonych małych cewek i kondensatorów. Te ostatnie były skonstruowane w ten sposób, aby przez swoje dołączenie nie powodowały najmniejszej zmiany pojemności między sobą i ekranem komory grzejnej, a tylko, aby dawały właściwy przyrost mierzonego elementu. Ma to szczególne znaczenie dla

niektórych położeniach skali A (kondensatora obrotowego C_0), przy których wpływ zmian pojemności, pomiędzy mierzonym elementem i ekranem komory grzejnej, na częstotliwość generatora LC, znacznie przewyższa wpływ zmian wartości samego mierzonego elementu. Znając wartości L_x i C_x , ich przyrosty, a także wartości B na skalach B' i B'' uprzednio już przeskalowanych, znaleziono ze wzoru (7) wartości A dla poszczególnych zakresów pomiarowych.

Poprawki α , uwzględniające wpływ zmian szczątkowych pojemności i indukcyjności rozproszenia dla poszczególnych komór grzejnych, znaleziono również drogą eksperymentalną w ten sposób, że elementy C_x i L_x były załączane poza komorą grzejną w środowisku stałej temperatury; komory grzejne zaś były poddawane podgrzewaniu.

6. DANE TECHNICZNE

Miernik posiada cztery zakresy pomiarowe wartości mierzonych elementów: dwa dla cewek i dwa dla kondensatorów. Zakresy te wynoszą:

zakres L_1 :	3 μ H	÷	45 μ H
„ L_2 :	30 μ H	÷	2 mH
„ C_1 :	3 pF	÷	40 pF
„ C_2 :	37 pF	÷	5000 pF

Zakres pomiarowy współczynników cieplnych jest ograniczony dolną granicą, wynoszącą $\approx \pm 20 \cdot 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$, górna zaś granica w praktyce jest nieograniczona. Wartości współczynnika cieplnego mniejsze od $\pm 20 \cdot 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$ mogą być zmierzone tylko dla elementów o wartości odpowiadającej dużej czułości miernika.

Zakres temperatur, który może być wykorzystany do pomiaru, sięga do 60°C .

Częstotliwość pomiarowa jest stała i wynosi 1MHz (ściśle 999956 Hz przy $T = 20^{\circ}\text{C}$).

Metody pomiarowe do pomiaru współczynników cieplnych są przewidziane dwie; również przewiduje się dwie metody do zdejmowania charakterystyk przyrostów względnych $\frac{\Delta L}{L}$ lub $\frac{\Delta C}{C}$ w funkcji temperatury. Pierwsze dwie metody (przybliżona i dokładna) są oparte na założeniu, że charakterystyki przyrostów względnych $\frac{\Delta L}{L}$ lub $\frac{\Delta C}{C}$ są funkcjami liniowymi temperatury dla określonego zakresu temperatur.

Czas pomiaru współczynników cieplnych metodą przybliżoną trwa około 8 minut, metodą dokładną około 30 minut; zdejmowanie charakterystyk — od 30 do 60 minut. Dwie komory grzejne umożliwiają lepsze wykorzystanie miernika, gdyż okres stygnięcia jednej komory może być wykorzystany na pomiar w drugiej.

Czułość miernika zależy od wartości mierzonych elementów i od zakresu pomiarowego.

Dokładność pomiaru zależy od czułości miernika i wartości mierzonego elementu. Waha się ona w granicach od 5 do 30%.

Zasilanie miernika odbywa się z sieci prądu zmiennego 220 V, 50 Hz.

Moc pobierana wynosi przy nie załączonym grzaniu komory grzejnej około 90 W, przy załączonym grzaniu od 100 do 350 W, zależnie od ustawienia szybkości grzania.

Wymiary maksymalne miernika wynoszą:

- długość 925 mm,
- szerokość 540 mm,
- wysokość 335 mm (bez termometrów).

7. CZUŁOŚĆ I DOKŁADNOŚĆ

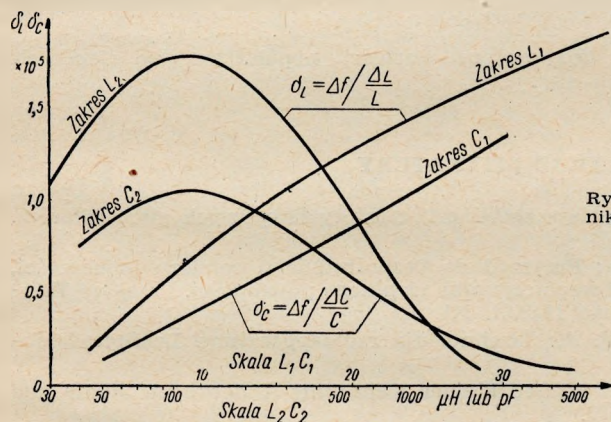
Czułość opisanego powyżej miernika można określić praktycznie w postaci stosunku przyrostów częstotliwości akustycznych na wyjściu miernika do względnych przyrostów indukcyjności lub pojemności mierzonych elementów. Możemy zatem napisać, że czułość dla elementu indukcyjnego będzie

$$\delta_L = \Delta f \left/ \frac{\Delta L}{L} \right., \quad (8)$$

oraz dla elementu pojemnościowego

$$\delta_C = \Delta f \left/ \frac{\Delta C}{C} \right.. \quad (9)$$

Czułość dla poszczególnych zakresów pomiarowych nie jest jednakowa, gdyż jest ona uzależniona od wartości mierzonego elementu oraz od zakresu pomiarowego. Charakterystyki czułości dla poszczególnych zakresów pomiarowych są przedstawione na rys. 4.



Rys. 4. Charakterystyki czułości miernika dla poszczególnych zakresów pomiarowych

Dokładność pomiaru zależy od czułości miernika i od wartości mierzonego elementu. Ze względu na wielką ilość czynników wpływających na dokładność pomiaru, określenie dokładności jest bardzo skomplikowane i nastęrcza duże trudności. Na podstawie szeregu pomiarów przeprowadzonych na mierniku można przyjąć, że błąd pomiaru dla przeważającej części poszczególnych zakresów pomiarowych waha się od 5 do 15%; dla niektórych zaś krańców zakresów błąd wzrasta do wartości $\approx 30\%$.

8. WNIOSKI

Miernik jest przeznaczony do pomiaru elementów stosowanych w zakresach radiofonicznych fal długich, średnich i krótkich i nie jest przyrządem o dużej dokładności. Daje się on zastosować do pomiarów technicznych, przy których chodzi raczej o szybkie wykonanie pomiaru niż o jego dokładność.

Właściwą charakterystykę miernika otrzymamy zestawiając jego zalety i wady.

Do zalet należy zaliczyć:

1. Samowystarczalność. Miernik nie wymaga żadnych dodatkowych przyrządów, jak np. falomierza, generatora, oscyloskopu itp., a także nie zawiera żadnych wy-

miennych części takich, jak cewki itp. Wyjątek stanowi tu metoda otrzymywania charakterystyk $\frac{\Delta L}{L} = f(T)$ i $\frac{\Delta C}{C} = f(T)$ za pomocą oscyloskopu, przy której stosuje się dodatkowo oscyloskop i generator akustyczny.

2. Prostotę obsługi.

3. Dość szeroki zakres wartości mierzonych elementów.

4. Szybkość wykonywania pomiaru współczynników cieplnych. Pomiar przybliżony trwa ≈ 8 minut, pomiar dokładny ≈ 30 minut.

5. Możliwość wykonywania szeregu kolejnych pomiarów (od 2 do 3 na godzinę) dzięki dwóm komorom grzejnym.

6. Możliwość wykonywania pomiarów małych pojemności do 10 pF.

Za wady trzeba uważać:

1. Ograniczony zakres pomiaru współczynników cieplnych pod względem częstotliwości. Pomiar tylko przy częstotliwości = 1 MHz.

2. Niewielką dokładność pomiaru szczególnie na niektórych krańcach zakresów pomiarowych.

3. Ograniczony zakres pomiaru małych wartości współczynników cieplnych (Wartość graniczna $\Delta\alpha \approx \pm 20 \cdot 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$).

WYKAZ LITERATURY

1. *Arszinow S. S.*: Tiempieraturnaja stabilnost' czastoty lampowych gienieratorow. 1952, s. 22 ÷ 25.
2. *Jellonek A. i Karkowski Z.*; Przyrząd do bezpośredniego pomiaru pojemności, przenikalności elektrycznej i współczynnika cieplnego pojemności. Przegląd Telekomunikacyjny Nr 11, listopad 1953, s. 341.
3. *Jewtiejew F. J. i Żukow W. A.*: Tiechnołogja radioapparatury. Leningrad-Moskwa, 1952, s. 338 ÷ 342.
4. *Junge H. D.*: Ein Gerät zum Messen kleiner Kapazitäts-Änderungen. Radio und Fernsehen, Nr 17, 1955, s. 533.
5. *Kazarnowski D. M.*: Ispytanja radiotiechnicznych matieriałow i dietalej. 1951, s. 68 ÷ 73.
6. *Leonard S. C.*: Measurement of Minute Changes of Capacitance and Induktance. Electronics. Marzec 1938, s. 18.
7. *Limann O.*: Ein Mess-Sender zur Vereinfachung von Dämpfungsmessungen. Hochfrequenztechnik und Electroakustik, Nr 2, 1937, s. 57.
8. *Litwin R.*: Metody pomiaru współczynników cieplnych indukcyjności i pojemności. Elektryka, Nr 9, 1955, s. 99 ÷ 108.
9. *Nowicki M.*: Miernik współczynników cieplnych LC Mod. 53-MWC 6013-1. Biuletyn Instytutu Łączności, t. II, Nr 4/6, 1954 (Dodatek do Przeglądu Telekomunikacyjnego Nr 8, 1954).
10. *Peysou J., Ladefroux J.*: De la mesure industrielle du coefficient de température des condensateurs a diélectrique céramique. Annales de Radioelectricité, t. 10, Nr 42, 1955, s. 355 ÷ 371.
11. *Schreck C.*: Einrichtungen zur Messung des Temperaturkoeffizienten von Spulen, Kondensatoren und Schwingungskreisen. FTZ (Fernmeldetechnische Zeitschrift), Nr 1, 1951, s. 30 ÷ 36.
12. *Sherwood E. T.*: Testing Ceramic Capacitors, Electronics, Nr 9, 1940, s. 26.
13. *Smolarski A.*: Miernik współczynników termicznych indukcyjności i pojemności model 53-13031-2. Biuletyn Przemysłowego Instytutu Telekomunikacyjnego, t. 8, Nr 4, 1955. (Dodatek do Przeglądu Telekomunikacyjnego, Nr 7, 1955).
14. *Zinke O.*: Hochfrequenz-Messtechnik. 1946, s. 143 i 156.

М. Новицкий

ИЗМЕРИТЕЛЬ ТЕМПЕРАТУРНЫХ КОЭФФИЦИЕНТОВ ИНДУКТИВНОСТЕЙ И ЁМКОСТЕЙ

Резюме

В настоящей статье описан измеритель температурных коэффициентов индуктивностей и ёмкостей, применяемых в устройствах, работающих в диапазонах длинных и коротких радиоволн. Измеритель отличается прежде всего простотой обслуживания, относительной скоростью измерений, а также тем, что не требует других дополнительных приборов как волномеров, генераторов и др. Измеритель применяется для технических измерений в тех случаях, когда более зависит на быстром производстве измерений, чем на их точности.

Принцип работы измерителя основывается на том, что испытываемый элемент (катушка или конденсатор), включенный в контур генератора подвергается влиянию изменений температуры его среды. После некоторого промежутка времени, частоту генератора, которая изменилась вследствие расстройки контура, регулируется до исходной величины при помощи переменного конденсатора, расстройка которого является мерой температурного коэффициента. Измерение температурных коэффициентов производится при постоянной частоте равной 1 мгц.

В статье приводится схема, подробное описание измерителя и принцип его действия. В зависимости от потребностей измеритель дает возможность производства получения относительных характеристик изменений индуктивностей и ёмкостей в функции температуры. В заключении рассмотрено ошибки, возникающие при измерениях, и трудности, которые встретились при градуировке измерителя.

M. Nowicki

INSTRUMENT FOR MEASURING TEMPERATURE COEFFICIENTS OF INDUCTANCE AND CAPACITANCE

Summary

The paper contains a description of an instrument for measuring temperature coefficients of circuit elements, such as coils and condensers for the broadcast long-, middle- and short-wave ranges. Its outstanding features are: simplicity and relative speed of operation, as well as the fact that no additional instruments, such as wave-meter, oscillator and oscilloscope, are necessary. It is especially suitable for the kind of measurements where quick results are more important than the accuracy. The principle of operation is the following: the element under test (coil or condenser) is connected to the tuned circuit of the oscillator and exposed to the influence of temperature variation which results in some deviation of the oscillator frequency. The initial value of the latter is then restored by means of a variable condenser the setting of which indicates the value of the temperature coefficient to be measured. The measurement is taken at a constant frequency of 1 Mc/s. The wiring diagram of the instrument, as well as a detailed description of the circuit and of the principle of measurement are included. It is possible, as the case may be, to take either more accurate or approximate measurements; there is also a possibility of determining characteristics of the dependence of the relative change in coil inductance resp. condenser capacity upon temperature. A discussion of the accuracy of measurement and of the difficulties encountered in calibrating the instrument, as well as a bibliographical index are included.

M. Nowicki

APPAREIL DE MESURE DES COEFFICIENTS DE TEMPERATURE D'INDUCTANCE ET DE LA CAPACITANCE

Résumé

L'article contient la description d'appareil de mesure des coefficients de température d'inductance des bobines et de capacitance des condensateurs qui sont employés

dans les bandes radiofoniques des ondes longues, moyennes et courtes. L'appareil de mesure se distingue surtout par la simplicité du service, par la vitesse relative de la réalisation de mesure, et à cause de cela qu'il n'exige aucun appareil supplémentaire de mesure comme par exemple: ondemètre, générateur, oscillographe etc. On l'emploie au cours des mesures techniques quand il s'agit plutôt de la vitesse pendant la réalisation de mesure que de sa précision.

La mesure des coefficients de température se base sur ce principe, que l'élément examiné (bobine au condensateur) mis en circuit d'un générateur, subit l'influence de changement de la température. Après quelque temps la fréquence de générateur, qui a changé à cause du désaccord de circuit, reprend sa valeur précédente à l'aide d'un condensateur rotatif, dont le désaccord est la mesure de coefficient de température. La mesure des coefficients de température s'effectue avec la fréquence constante de 1 MHz.

On a présenté le schéma, la description détaillée de l'appareil de mesure et principes de mesures.

L'appareil de mesure réalise, selon les besoins, des mesures approximatives et plus précises ainsi qu'il prévoit la possibilité de mesure des caractéristiques des changement relatifs de l'inductance des bobines et de la capacité des condensateurs en fonction de la température.

Les erreurs des mesures et les difficultés de calibration sont envisagées.

Pour terminer on présente l'index de la littérature relative à ce problème.

M. Nowicki

EIN MESSGERÄT FÜR TEMPERATURKOEFFIZIENT VON INDUKTIVITÄTEN UND KAPAZITÄTEN

Zusammenfassung

Der Aufsatz behandelt ein Messgerät für Temperaturkoeffizient der Induktivität von Spulen und der Kapazität von Kondensatoren, die im Lang-, Mittel- und Kurz-Rundfunkwellenbereich verwendet werden. Das Messgerät zeichnet sich vor Allem durch seine einfache Bedienung, durch verhältnismässig schnelles Messen und dadurch, dass es keine zusätzliche Messgeräte, wie Wellenmesser, Generator, Oszillograph usw. benötigt, aus. Es eignet sich für technische Messungen, bei denen es sich mehr um eine schnelle Messung handelt als um eine hohe Genauigkeit.

Die Messung des Temperaturkoeffizienten mit dem Gerät beruht auf dem Prinzip, dass das zu prüfende Element (Spule oder Kondensator) in den Stromkreis eines Generators eingeschaltet und dem Einfluss der Temperatur unterworfen wird. Nach einiger Zeit wird die Frequenz des Generators, welche infolge der Verstimmung des Schwingungskreises geändert wurde, mit Drehkondensator wieder auf den ursprünglichen Wert gebracht. Die Änderung der Abstimmung des Drehkondensators ist ein Mass für den Temperaturkoeffizienten. Seine Messung erfolgt bei einer festen Frequenz von 1 MHz.

Es wird die Schaltung, eine eingehende Beschreibung des Messgerätes und sein Messprinzip angegeben.

Das Messgerät gestattet, je nach Bedürfnissen, entweder angenäherte oder genauere Messungen und gibt auch die Möglichkeit, Kennlinien der relativen Änderungen der Induktivität von Spulen und der Kapazität von Kondensatoren als Funktion der Temperatur aufzunehmen.

Es werden Messfehler sowie die bei der Eichung des Gerätes angetroffenen Schwierigkeiten besprochen. Den Schluss bildet ein Schriftumsverzeichnis des Gegenstandes.



PAŃSTWOWE WYDAWNICTWA TECHNICZNE

polecają:

- CHMIELARZ J.: *Sygnalizacja elektryczna*, s. 362, rys. 494, zł 22.50
(oprawa półpł.)
- CYKIN G. S.: *Transformatory małej częstotliwości. Teoria, obliczanie i budowa*, s. 308, rys. 229, tabl. 22, zł 33.50
- DOBROWOLSKI G.: *Systemy telefonii dalekosiężnej*, s. 232, rys. 154, zł 11.60
- KOSZCZEJEW I. A.: *Teoria telekomunikacji przewodowej*, s. 320, rys. 186, tabl. 25, zł 21.70 (oprawa półpł.)
- MICHEL K.: *Urządzenia teletransmisyjne telefonii naturalnej*, s. 415, rys. 527, tabl. 40, zł 39.— (oprawa półpł.)
- MOSIEWICZ P.: *Zasilanie urządzeń telekomunikacji przewodowej*
Część 1 — s. 227, rys. 168, zł 18.—
Część 2 — s. 252, rys. 144, zł 20.—
- NOWICKI W.: *Zasady teletransmisji przewodowej*.
Tom 1 — s. 414, rysunki, tablice, zł 39.50
Tom 2 — s. 478, rysunki, tablice, zł 44.30
- POMIRSKI H., SZPIGLER Z.: *Kablowe linie telekomunikacyjne*, s. 440, rysunki, tablice, zł 35.— (oprawa półpł.)
- KOLANOWSKI E.: *Bezpieczna obsługa radiowych urządzeń nadawczych*, s. 174, rys. 29, zł 6.60
- MARUSZEWSKA M.: *Materiały radiotechniczne*, s. 159, rys. 74, tabl. 23, zł 6.—
- SMOLIŃSKI A.: *Zasady wzmacniania*.
Tom 1 — Podstawy teoretyczne. Wyd. 2 popraw., s. 274, rys. 288, zł 15.—
Tom 2 — Pasmowe wzmacniacze napięciowe. Wyd. 2 popraw. i uzupeł. s. 322, rysunki, tablice, zł 33.— (oprawa półpł.)
Tom 3 — s. 535, rysunki, tablice, zł 56.50 (oprawa półpł.)
- SNICEREW G. A.: *Nomogramy do obliczania transformatorów wyjściowych (głośnikowych)*, s. 34, rys. 25, tablice, zł 1.50

DO NABYCIA W KSIĘGARNIACH „DOMU KSIĄŻKI“

PANSTWOWE WYDAWNICTWA TECHNICZNE
O
L
E
C
A
J
A

dwutomowe dzieło
N. W. ŁAZARIEWA

SZKODLIWE SUBSTANCJE W PRZEMYSŁE

*Autor opisuje substancje stosowane lub występujące w przemyśle,
których szkodliwość dla zdrowia ludzkiego została ustalona*

Tom 1 obejmuje zestawienie związków organicznych
Tom 2 — związków nieorganicznych i metalograficznych

Obok każdej opisanej substancji podany jest jej wzór chemiczny, występowanie, zastosowanie, własności chemiczne i fizyczne, ogólny charakter działania na organizm, obraz zatrucia oraz sposoby zapobiegania zatruciom.

Jest to dzieło szczególnie cenne dla personelu sanitarno-lekarskiego oraz służby bezpieczeństwa i higieny pracy.

Książka wydana została w estetycznej trwałej okładce płóciennej

Cena tomu 1 wynosi zł 60.—, tomu 2 — zł 54.—

DO NABYCIA W KSIĘGARNIACH „DOMU KSIĄŻKI“

PAŃSTWOWE WYDAWNICTWA TECHNICZNE

- FABIERKIEWICZ W.:** Podręczny słownik włókienniczy w 5 językach. 1955, s. XLVIII + 306, zł 71.50
- GISMAN S.:** Słownik górniczy. 1950, s. 388, zł 7.—
- Górnicy słownik rosyjsko-polski i polsko-rosyjski.** Praca zbiorowa. 1950, s. 208, zł 6.—
- KAFEL M.:** Mały ilustrowany słownik techniki wydawniczej. 1953, s. 112, zł 15.—
- KRZYMUSKI L.:** Słownik samochodowo-transportowy rosyjsko-polski. 1955, s. 516, zł 52.60
- Projekt słownictwa hutniczego ze stycznia 1955 r.** Praca zbiorowa. 1955, s. 38; bezpł.
- Projekt słownictwa komunikacji wodnej z grudnia 1954 r. Dział 3. Statek i jego konstrukcja.** Praca zbiorowa. 1954, s. 18, bezpł.
- Projekt słownictwa mechaniki teoretycznej z grudnia 1954 r. Rachunek wektorowy. Mechanika ogólna. Stereomechanika.** Praca zbiorowa. 1954, s. 16, bezpł.
- Projekt słownictwa odlewniczego z maja 1954 r.** Praca zbiorowa. 1954, s. 8, bezpł.
- SKIBICKI W.:** Słownik techniczny angielsko-polski. Wyd. 2 przerobione i rozszerzone. 1952, s. 672, zł 55.—
- SKIBICKI W.:** Słownik techniczny polsko-rosyjski. 1951, s. 296, zł 30.—
- SKIBICKI W.:** Słownik techniczny rosyjsko-polski. 1951, s. 450, zł 41.—
- Słownik chemiczny rosyjsko-polski.** Praca zbiorowa. 1955, s. 1016, zł 140.—
- Słownik elektryczny rosyjsko-polski.** Praca zbiorowa. 1956, s. 1122, zł 121.—
- Słownik hutniczy rosyjsko-polski.** Praca zbiorowa. 1955, s. 794, zł 82.50
- Słownik inżynieryjno-budowlany.** Praca zbiorowa. 1956, s. 583, zł 76.—
- Słownik morski.** Praca zbiorowa. Zeszyt 1. Okręty i teoria okrętu. 1951, s. 60, zł 7.50
- Słownik spawalniczy polsko-rosyjsko-angielsko-francusko-niemiecki.** Komisja Słownictwa Technicznego PKN. 1952, s. 111, zł 9.—
- TACIKOWSKI W.:** Słownik poligraficzny rosyjsko-polski. 1955, s. 304, zł 29.—

DO NABYCIA W KSIĘGARNIACH „DOMU KSIĄŻKI“