

MIERNIK ZAKŁÓCEŃ RADIOELEKTRYCZNYCH Z POMIAREM WARTOŚCI SZCZYTOWEJ

KD1621.396.82 - Zakłócenia odbioru - radiokomunikacja
621.317 - Przyrządy pomiarowe
IF: 4.2.1.7 - CzuJNIKI, elementy pomiarowe

W artykule omówiono układ i podano schemat oraz charakterystyki i parametry techniczne miernika zakłóceń radioelektrycznych typu LMZ-3 prod. "Inco" - Wrocław.

1. W s t ę p

W związku z obecnym masowym stosowaniem urządzeń zasilanych energią elektryczną, które w pewnym stopniu zakłócają pracę radiofonicznych i telewizyjnych urządzeń odbiorczych /zakłócenia przemysłowe/, zachodzi potrzeba kontrolowania i pomiaru poziomu tych zakłóceń celem ewentualnego zastosowania odpowiednich środków zabezpieczających.

Pomiarami zakłóceń odbioru radiowego objęte są i inne jego źródła, jak zakłócenia atmosferyczne, szumy kosmiczne itp. Zjawiska powodujące wytwarzanie przez urządzenie elektryczne sygnałów zakłócających najczęściej o charakterze impulsowym, omówiono obszernie w literaturze technicznej, np. [1; 2; 3], zaś metody pomiarowe i zalecenia dla sprzętu pomiarowego [1; 4; 5].

W artykule niniejszym zostaną omówione niektóre zagadnienia związane z konstrukcją mierników zakłóceń opracowanych i produkowanych w Polsce.

Miernik zakłóceń radioelektrycznych jest to mikrowoltomierz selektywny o parametrach normowanych odpowiednimi przepisami [4] zapewniający prócz pomiaru napięć sinusoidalnych w.cz. poprawny pomiar napięć impulsowych o szerokim widmie częstotliwości i w szerokim zakresie częstotliwości powtarzania impulsów.

Parametry miernika zakłóceń powinny kształtować wynik pomiaru zakłóceń impulsowych w zależności od częstotliwości ich powtarzania, uwzględniając w pewnym stopniu właściwości fizjologiczne oka i ucha ludzkiego. Tak na przykład przy słuchaniu programu radiowego trzaski występujące rzadko wydają się mniej dokuczliwe niż ciągły warkot.

Sporadycznie występujące zakłócenia w odbiorze TV są mniej przykre od ciągłych zakłóceń powodujących zrywanie synchronizacji obrazu lub tym podobne efekty. Dlatego mierniki zakłóceń wskazują wyższy poziom zakłóceń przy większej częstotliwości ich występowania.

Praktyka pomiarowa wykazała jednak, że oprócz pomiarów uwzględniających właściwości fizjologiczne oka i ucha ludzkiego /pomiar impulsów quasiszczytowy/ zachodzi potrzeba wykonania pomiarów wartości szczytowej zakłóceń impulsowych.

2. Budowa i działanie typowego miernika zakłóceń radioelektrycznych, wymagania stawiane tym miernikom

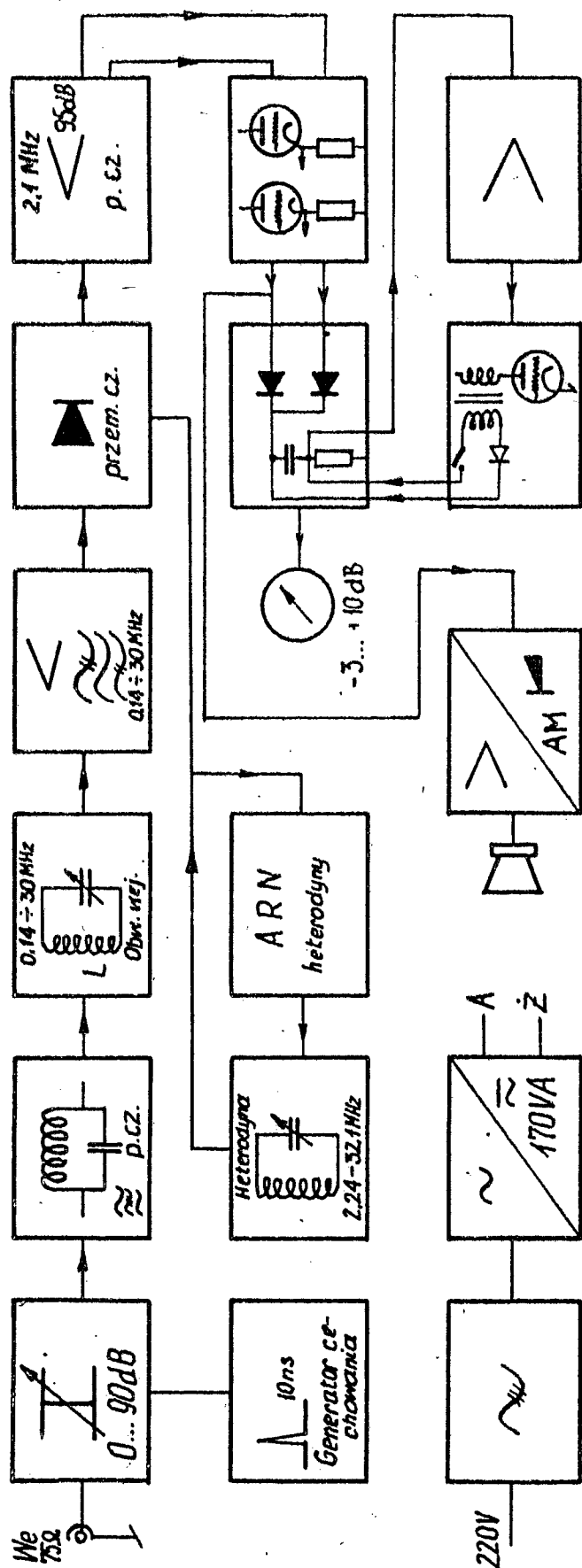
Schemat blokowy /rys. 1/ miernika zakłóceń oraz wymagania dotyczące poszczególnych jego zespołów i całego układu wynikają przede wszystkim z przebiegów napięć występujących w odbiornikach radiowych i TV wówczas, gdy na ich wejściach występują zakłócenia impulsowe.

Analogiczne i nie zniekształcone przebiegi napięć powinny występować w poszczególnych obwodach miernika zakłóceń. Do omówienia tych przebiegów pomocne będzie w pierwszym rzędzie prześledzenie działania miernika przy pomiarze napięć sinusoidalnych.

Badane napięcie w.c.z. odprowadzane jest do gniazda wejściowego. Po przedzieleniu na dzielniku napięcie jest podawane na odczep obwodu rezonansowego, a następnie wzmacniane w selektywnym wzmacniaczu w.c.z. Wzmocnione napięcie podlega przemianie w stopniu przemiany częstotliwości. Otrzymany stąd sygnał o częstotliwości pośredniej jest wzmocniony w wielostopniowym wzmacniaczu p.c.z., zakończonym stopniem mocy. Następnie napięcie p.c.z. ulega detekcji w quasiszczytowym detektorze pomiarowym. Napięcie stałe z tego detektora podawane jest na wejście woltomierza.

Przy pomiarze napięć impulsowych, o składowych widmach występujących w paśmie pomiarowym miernika, a wytwarzanych w badanym układzie zakłócającym, zjawiska są bardziej złożone. Droga sygnału od wejścia do obwodu wskazań /woltomierza/ jest oczywiście taka sama, lecz zamiast sygnału sinusoidalnego w układzie występuje stan nieustalony napięcia w kolejnych stopniach wzmacnienia.

Pierwszy obwód rezonansowy załączony za dzielnikiem napięcia zostaje pobudzony badanym impulsem do drgań gasnących, kolejne stopnie wzmacnienia kształtują obwiednię drgań, kondensator detektora quasiszczytowego zostaje naładowany do pewnego napięcia, które jest podawane na woltomierz. Przy takim samym wskazaniu miernika przy napięciu sinusoidalnym i impulsowym wartość szczytowa napięć zmiennych w układzie, począwszy od wzmacniacza w.c.z. a skończywszy na detektorze, jest większa przy napięciach impulsowych i to o tyle, o ile mniejsza jest częstotliwość powtarzania impulsów. Czas trwania stanu nieustalonego układu jest odwrotnie proporcjonalny do szerokości pasma przenoszonego przez miernik i przy usta-



Rys. 1. Schemat blokowy omawianego miernika zakłóceń typu LMZ-3

lonych normami parametrach miernika wynosi około 15 us dla mierników o $\Delta f = 120$ kHz oraz ok. 200 μs przy $\Delta f = 9$ kHz.

Z powyższego wynikają szczególne wymagania dla mierników zakłóceń radioelektrycznych. Muszą one być szczególnie odporne na przesterowanie i posiadać odpowiednią rezerwę liniowości, tj. zdolność przenoszenia bez zniekształceń sygnałów o wielokrotnie większych amplitudach występujących w układzie przy pomiarze impulsowych napięć zakłócających w stosunku do sygnałów występujących przy pomiarze impulsowych napięć zakłócających w stosunku do sygnałów występujących przy pomiarze napięć sinusoidalnych.

Spośród szeregu wymagań najistotniejsze przy pomiarze napięć impulsowych, to:

1. rezerwa liniowości wzmacniaczy w.cz. i p.cz.,
2. szerokość pasma przenoszonego,
3. stałe czasowe ładowania i rozładowania układu detekcyjnego,
4. tłumienie sygnałów lustrzanych,
5. tłumienie intermodulacji,
6. ekranowanie miernika od pól zewnętrznych.

Dla umożliwienia poprawnego pomiaru wartości szczytowej zakłóceń impulsowych istotne są wymagania odnośnie stałych czasowych ładowania i rozładowania układu detekcyjnego. Układ umożliwiający pomiar wartości szczytowej powinien odznaczać się bardzo małą stałą czasową ładowania układu detekcyjnego; stała czasu ładowania powinna być znacznie mniejsza od czasu trwania stanu nieustalonego w układzie przy pomiarze zakłóceń impulsowych, zaś stała czasu rozładowania układu detekcyjnego powinna być wielokrotnie większa od stałej czasowej wskaźnika wychyłowego.

W kraju grupa mierników zakłóceń radioelektrycznych jest produkowana przez Zakłady "Inco" we Wrocławiu.

Jednym z ostatnich opracowań jest miernik typu LMZ-3, którego ciekawsze fragmenty zostaną omówione poniżej.

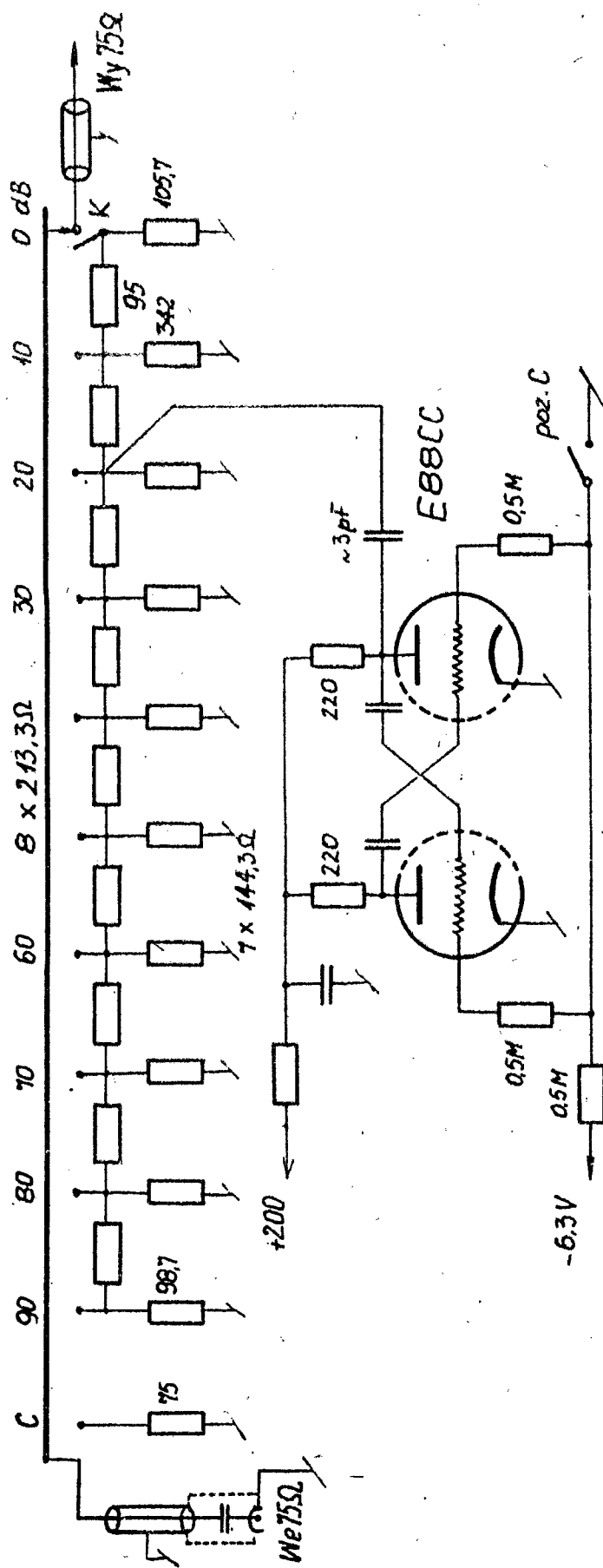
3. Miernik zakłóceń typu LMZ-3

W skład miernika zakłóceń typu LMZ-3 na zakres częstotliwości 0,14 + 30 MHz wchodzi zespół uwidoczniiony na rys. 1 spośród których omówione zostaną:

- dzielnik napięcia o stałej impedancji wejściowej 75Ω ,
- końcowy stopień wzmacniacza częstotliwości pośredniej 2,1 MHz,
- detektor toru pomiaru /quasiszczytowy/,
- kompensacyjny woltomierz wartości szczytowej z pomocniczym detektorem,
- generator cechowania sprzężony z dzielnikiem napięcia.

3.1. Dzielnik napięcia

Dzielnik napięcia znajdujący się na wejściu miernika LMZ-3 skon-



Rys. 2. Schemat dzielnika wejściowego i generatora cechowania zastosowanego w LMZ-3

struowany został z myślą o uzyskaniu możliwie dobrego stosunku sygnał - szum, przy znacznej wymaganej czułości miernika. Z tego względu dzielnik został tak skonstruowany, aby jego pierwsza pozycja nie wносиła żadnych strat sygnału. gdyż wejście miernika podłączone jest wprost na odczep pierwszego obwodu rezonansowego, dostrójonego do częstotliwości pomiarowej miernika /rys. 2/.

Następne stopnie podziału wykonywane są w układzie drabinkowym. Dzielnik w tym układzie ma jeszcze tą zaletę, że niezależnie od oporności wejściowej obwodu rezonansowego /w dość szerokich granicach/ podział dzielnika przy dopasowaniu oporności źródła sygnałów jest poprawny nawet w pozycji minimalnego tłumienia w porównaniu z pozycjami pozostałymi. Takiego wyniku nie zapewnia zwykły dzielnik drabinkowy.

3.2. Generator cechowania

Dla osiągnięcia odpowiedniej dokładności pomiaru należy zapewnić w całym zakresie częstotliwości pracy miernika wzmocnienie stałe lub o znanej wartości w funkcji częstotliwości. W przypadku omawianych mierników przyjęto zasadę pierwszą umożliwiając regulację wzmocnienia przy każdej częstotliwości pomiarowej na wartość nominalną, przy czym wzorcowe napięcie do cechowania uzyskuje się z umieszczonego wewnątrz miernika generatora widma częstotliwości.

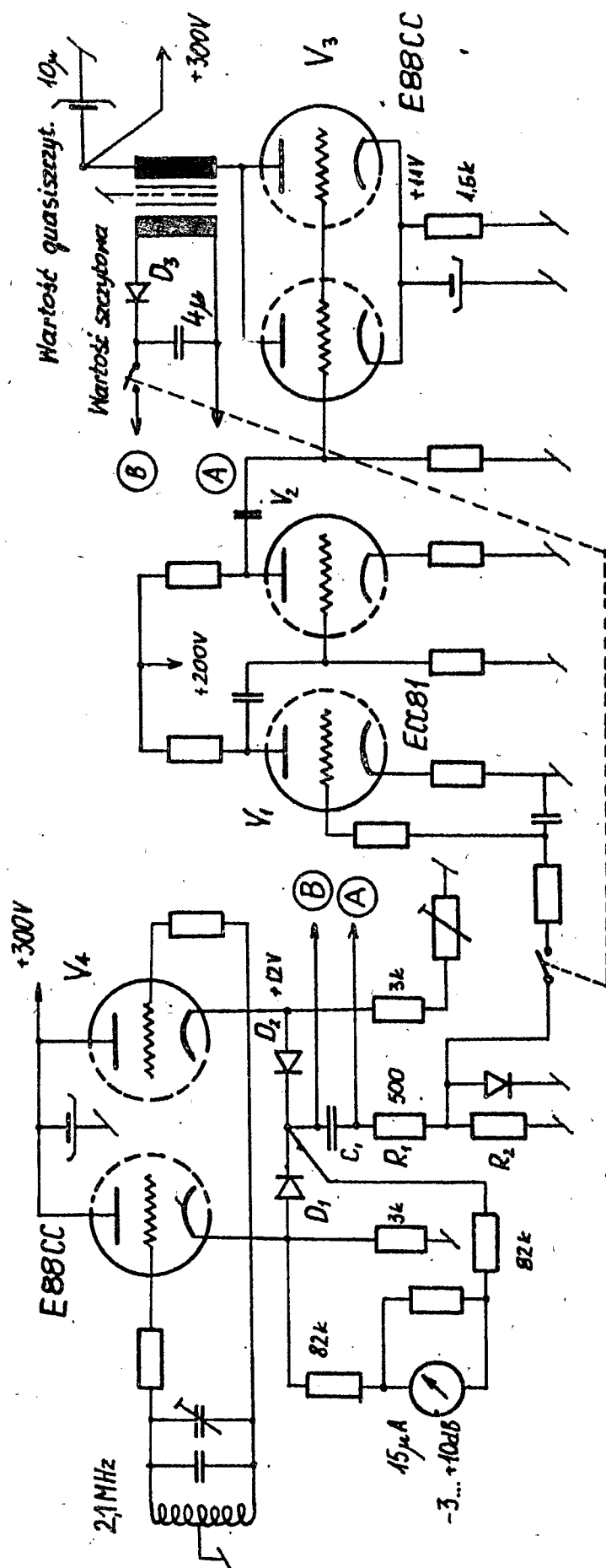
Napięcie z generatora wzorcowania przechodzi przez część członów tłumienia dzielnika. Sprzężenie pomyślane jest w ten sposób, żeby zarówno sygnał cechowania jak i napięcie mierzone "przebywało" część wspólnej drogi", dzięki czemu nawet w przypadku niedopasowania oporności na odczepie rezonansowego obwodu wejściowego pomiar jest poprawny.

Do wzorcowania miernika zakłóceń zastosowano generator widma częstotliwości typu impulsowego, wykorzystując multiwibrator astabilny, zbudowany przy użyciu lampy typu E-88CC /rys. 2/. Dzięki zastosowaniu małych oporności anodowych i układu różniczkującego uzyskano impuls o czasie trwania około 10 ns i częstotliwości powtarzania około 1 kHz. Z tak wykonanego generatora otrzymuje się poziom wyjściowy około 26 dB/1 μ V/ $\Delta f = 9$ kHz o bardzo dobrej stabilności i równomiernym poziomie w zakresie 0,1 - 40 MHz.

Zastosowany generator ma bardzo prostą konstrukcję, jest niewielki objętościowo, umożliwia korekcję wzmocnienia miernika na wartość nominalną przy każdej częstotliwości pomiarowej. Poza tym wzorcowanie miernika zakłóceń generatorem widma "sprawdza" niejako parametry tego miernika, ważne dla pomiaru zakłóceń impulsowych, dlatego przy pomiarach impulsowych napięć zakłócających mimo ewentualnych zmian parametrów miernika pomiar jest wiarogodny.

3.3. Końcowy stopień wzmocnienia pośredniej częstotliwości

Konstrukcja wzmacniacza p.cz. jest wzorowana na typowych układach wzmacniaczy selektywnych. Wzmacniacz zawiera 3 stopnie i 8 obwodów strojonych.



Rys. 3. Schemat stopnia końcowego p.c.z. i układu pomiaru wartości szczytowej 1MHz-3

Nietypowy w tego typu urządzeniach jest końcowy stopień wzmacniacza p.cz. wykonany w układzie symetrycznego wtórника katodowego /rys. 3/. Takie rozwiązanie umożliwia wyeliminowanie tradycyjnie stosowanego wzmacniacza prądu stałego, gdyż dzięki małej oporności wyjściowej wtórników można zastosować kondensator detektora o dużej pojemności $1 \mu F$, półprzewodnikowe diody detekcyjne, a wskaźnik włączyć w obwód rozładowania detektora, spełniając równocześnie wszystkie wymagania ustalone normami w zakresie stałych czasu ładowania i rozładowania obwodu detektora oraz współczynników przeciążalności wzmacniaczy w.cz., p.cz. i prądu stałego. Zaletą tego układu jest wyeliminowanie regulacji zera wskaźnika, koniecznej przy wzmacniaczach prądu stałego. Dodatkowe korzyści to: znaczne, praktycznie dwukrotne zmniejszenia napięcia wstecznego na diodach detekcyjnych /wtórnik pracuje w kl. B/, linearyzacja charakterystyki detektora przez włączenie szeregowo z kondensatorem obwodu detektora oporności rzeczywistej i w efekcie poprawienie charakterystyki skali wskaźnika przy pomiarach napięć impulsowych. Ponadto w stosunku do tradycyjnych rozwiązań osiąga się zmniejszenie mocy zasilania układu, gdyż wystarczającym do poprawnego jego działania jest praca wtórników w klasie B.

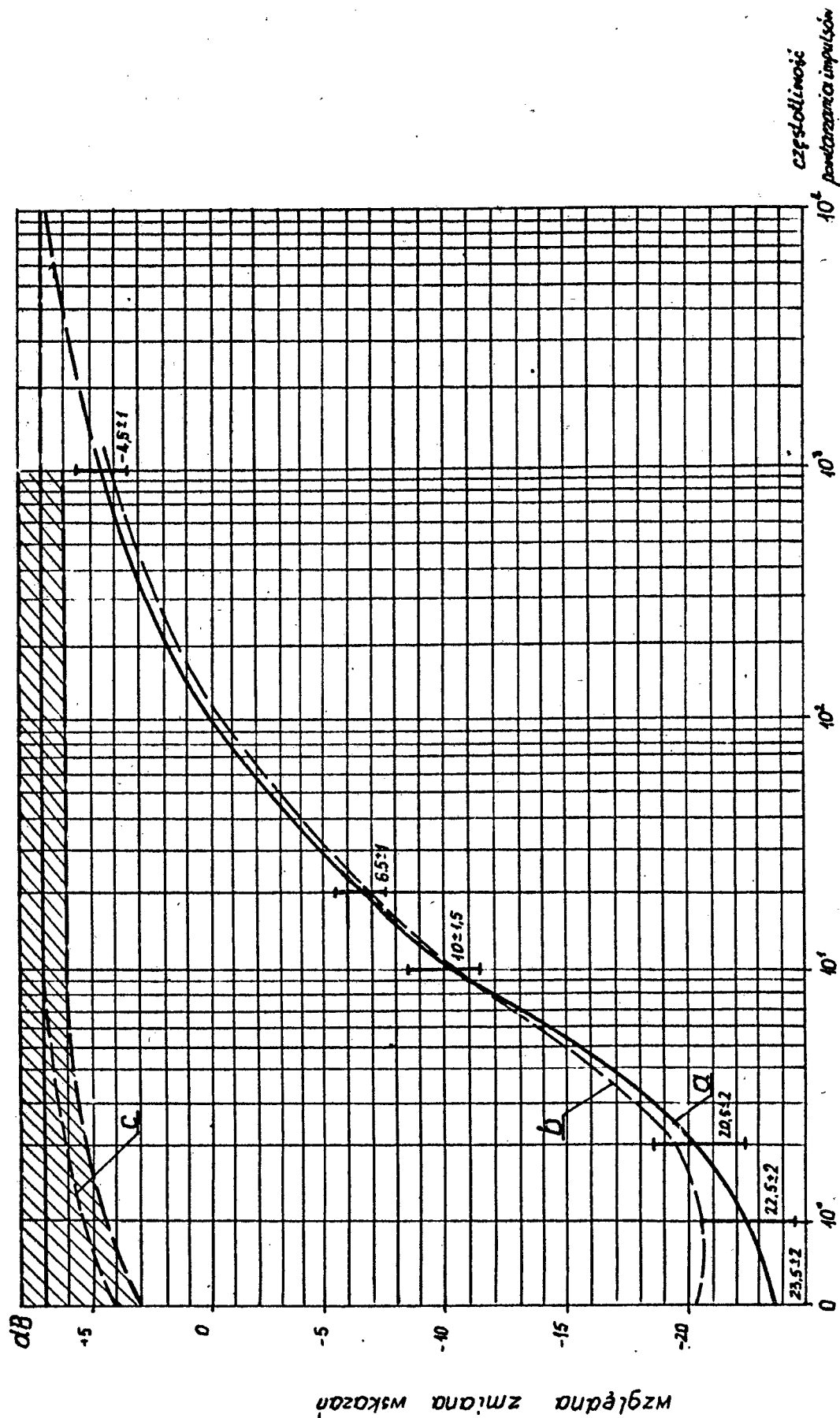
3.4. Obwód wskazań wartości szczytowej

Woltomierz kompensacyjny służący do pomiaru wartości szczytowej zakłóceń impulsowych zastosowany w omawianym mierniku /rys. 3/ składa się z dwustopniowego wzmacniacza napięciowego i stopnia wykonawczego o maksymalnej mocy oddawanej w impulsie ok. 30 W. Układ działa następująco: Badany impuls zakłócający powoduje stan nieustalony napięcia w układzie wzmacniaczy i w efekcie płynie prąd ładujący kondensator detekcyjny D_1, D_2, C_1 . Prąd ten płynie przez opornik R_2 połączony szeregowo z kondensatorem detekcyjnym C_1 wytwarzając na tym oporniku spadek napięcia. Sygnał ten, wzmacniony we wzmacniaczu napięciowym V_1, V_2 steruje stopniem mocy V_3 , który poprzez transformator i pomocniczą diodę D_3 ładuje kondensator detekcyjny C_1 zmniejszając równocześnie prąd dopływający do obwodu detektora z końcowego wzmacniacza p.cz. Skutkiem tego układu doładowujący jest sterowany różnicą sygnałów pochodzących od detektora quasiszczytowego D_1, D_2, C_1 oraz układu doładowywania. Ta zasada pracy układu uniezależnia wynik pomiaru od wzmacnienia w układzie doładowującym dla częstotliwości powtarzania impulsów powyżej 10 - 20 Hz. Poprawna praca układu przy niższych częstotliwościach powtarzania rzędu 0,1 - 20 Hz wymaga dużego wzmacnienia w układzie doładowującym.

W praktycznym układzie uzyskuje się bardzo małą oporność wyjściową wzmacniacza /z uwzględnieniem ujemnego sprzężenia zwrotnego/ ok. 10Ω , a w efekcie małą stałą czasową ładowania kondensatora detekcyjnego.

T a b e l a 1

Lp.	P a r a m e t r	Wymagania normy	Parametry osiągnięte
1.	Częstotliwości pomiarowe /MHz/	0,15 ... 30 MHz	0,14 - 0,35 0,34 - 0,85 0,84 - 1,85 2,25 - 5,8 5,7 - 14,2 14 - 30
2.	Dokładność skalowania częstotliwości /%/	2	2
3.	Oporność wejściowa /om/	75	75
4.	Czułość maksymalna / μ V/	0,5 μ V	0,35 μ V
5.	Zakres pomiaru /dB/	0 - 110	0 - 140
6.	Dokładność pomiaru napięć sinusoidalnych /dB/	2	2
7.	Pasmo przenoszone przy spadku 6 dB /kHz/	9 ± 1	9 ± 1
8.	Tłumienie sygnałów lustrzanych /dB/	≥ 40	≥ 40
9.	Tłumienie sygnałów p.cz. /dB/	≥ 40	≥ 40
10.	Częstotliwość pośrednia /MHz/		2,1 MHz
11.	Stała czasowa ładowania detektora /ms/	$1 \pm 0,2$	1 ± 2 wart. quasiszczyt.ok. 0,06 wart. szczytowa
12.	Stała czasowa rozładowania detektora /ms/	160 ± 32	160 ± 30 wart quasiszczyt. 600 wart. szczytowa
13.	Stała czasowa ustroju wskaźnika /ms/	160 ± 32	150
14.	Rezerwa liniowości wzmacniaczy w.cz. /dB/	≥ 30	≥ 30
15.	Skuteczność ekranowania /dB/	≥ 60	≥ 60
16.	Tłumienie zakłóceń przenikających z sieci /dB/	≥ 100	≥ 100



Rys. 4. Krzywe odpowiedzi miernika zakłóceń na impulsy

a - wymagana norma PNT/62 06450, b - przeciętna praktycznie osiągnięta, c - osiągnięta w układzie pomiaru wartości szczytowej

Przy wzmożeniu układu doładowującego /w stanie otwartości pętli sprzężenia zwrotnego AA-BB/ ok. 5000 razy i 5-krotnym powiększeniu stałej czasowej rozładowania uzyskuje się pomiar wartości szczytowej impulsów praktycznie niezależny od częstotliwości ich powtarzania, jak to pokazano na rys. 4. Należy przy tym podkreślić, że zmniejszenie wskazań dla częstotliwości powtarzania 0 . . . 2 Hz wynika m. in. z dużej stałej czasowej wskaźnika, określonej normami.

Parametry techniczne omawianego miernika zebrano w tabeli 1. Odpowiadają one w zasadzie wymaganiom norm. Tym niemniej wydaje się, że konstrukcja omawianego miernika powinna być modernizowana celem uzyskania krzywej odpowiedzi na impulsy quasiszczytowe /rys. 4/, bliższej wymaganiom normy w zakresie częstotliwości powtarzania impulsów mniejszych niż 1 Hz oraz zmniejszenia zmian wzmocnienia stojowego wzmacniacza w.cz. przy zmianach częstotliwości pomiarowej.

Ponadto celowa i możliwa wydaje się w obecnych warunkach krajowych przynajmniej częściowa tranzystoryzacja układu.

W artykule naszkicowano niektóre zagadnienia istotne dla konstrukcji mierników zakłóceń radioelektrycznych. W obecnym stanie techniki nie są jeszcze stosowane metody dokładnego projektowania wszystkich istotnych zespołów tego typu mierników. Wybór możliwie najlepszych rozwiązań w dużym stopniu zależy od intuicji technicznej i doświadczenia konstruktora.

W ostatnich czasach słyszy się głosy o konieczności zrewidowania niektórych wymagań stawianych tym urządzeniom. Dotyczy to przede wszystkim współczynnika przeciążalności wzmacniacza w.cz. i p.cz. Dalsze omówienia tych właśnie zagadnień nastąpi w oddzielnym artykule.

Autor pragnie w tym miejscu wyrazić swoją wdzięczność prof. dr W. Rotkiewiczowi i doc. dr J. Hołowni za szczegółowe wprowadzenie w powyższe zagadnienia i udział w pokonywaniu trudności konstrukcyjnych przy opracowywaniu grupy krajowych mierników zakłóceń.

Również wyrazy podziękowania składam dyrekcji i zespołowi pracowników działu konstrukcyjnego INCO za udostępnienie materiałów i umożliwienie wykonania wielu badań wykraczających poza ramy opracowania konstrukcyjnego.

L i t e r a t u r a

1. Rotkiewicz W.: "Technika odbioru radiowego". PWT. Warszawa, 1962 r.
2. Hołownia J.: "Tłumienie zakłóceń radioelektrycznych". WKŁ. Warszawa, 1964 r.
3. Praca zbiorowa: "Powstawanie i zwalczanie zakłóceń radioelektrycznych". WKŁ. Warszawa, 1962 r.

4. PN-62/T906450: "Mierniki przemysłowych zakłóceń radioelektrycznych. Wymagania i badania techniczne".
5. PN-62/T-04502: "Przemysłowe zakłócenia radioelektryczne. Typowe metody pomiarów".
6. "Opracowanie i wykonanie modelu próbnego bloku pomiaru wartości szczytowej napięcia zakłóceń do urządzenia rejestrującego zakłócenia". Praca zbiorowa. Sprawozdanie z prac Instytutu Łączności 71005 - 1968 r.