

MOSTEK POMIAROWY RC

Aby umożliwić wszystkim początkującym elektronikom-amatorom wykonanie prostego mostka pomiarowego RC, który w praktyce jest bardzo przydatnym i wygodnym przyrządem pomiarowym, z materiałów ogólnie dostępnych, układ jego został ograniczony do niezbędnego minimum przy równoczesnym zachowaniu pełnej funkcjonalności przyrządu pomiarowego w zakresie pomiarów R i C.

Podstawowe zalety mostka to duża pewność działania, duży zakres pomiarowy R i C bez potrzeby korzystania z jakichkolwiek przeliczników i prostota układu.

Jak wynika ze schematu przedstawionego na rys. 1, mostek składa się z trzech zasadniczych części zasilanych ze wspólnego źródła prądu. Pierwszą część – pomiarową tworzy właściwy mostek, druga część – wskaźnikowa, to lampa typu EM 84, użyta jako wskaźnik równowagi mostka i trzecia część – neonówka (N) służąca do wykonywania dodatkowych pomiarów.

Lampę EM 84 zastosowano zamiast kłopotliwego do zdobycia miernika wskazówkowego o odpowiednio dużej czułości. Jest to przy tym najtańszy wskaźnik optyczny, wystarczająco dokładny do pomiarów amatorskich.

Ten bardzo prosty przyrząd pomiarowy zapewnia możliwość wykonywania pomiarów R oraz C z dokładnością zaspokajającą wymagania amatorów, a niezależnie od tego:

- określanie wielkości upływności kondensatorów montażowych, blokowych i elektrolitycznych przy użyciu odpowiedniego napięcia stałego, dostosowanego do napięcia pracy badanego kondensatora,
- formowanie kondensatorów elektrolitycznych za pomocą odpowiednio dobranego napięcia stałego,
- sprawdzanie obwodów elektrycznych różnych uzwojeń i przewodności oporników za pomocą neonówki.

Mostek umożliwia mierzenie rezystancji od 0,01 oma do 100 megaomów i pojemności od około 20 pF do 100 mikrofaradów. Dolna granica pomiaru C będzie uwarunkowana pojemnością montażową układu. Należy tu dodać, że dobre mostki wykonywane fabrycznie też mają dolną granicę pomiaru pojemności znajdującą się w pobliżu 20 pF. Zastosowanie w układzie innych elementów wzorcowych, niż

podano w opisie, umożliwia odpowiednią zmianę zakresów pomiarowych.

W celu uzyskania możliwie dokładnych wartości pomiarowych oporności (R), cały zakres został podzielony na cztery podzakresy:

I – od 0,01 oma do 100 omów, II – od 1 oma do 10 kiloomów, III – od 100 omów do 1 megaoma i IV – od 10 kiloomów do 100 megaomów.

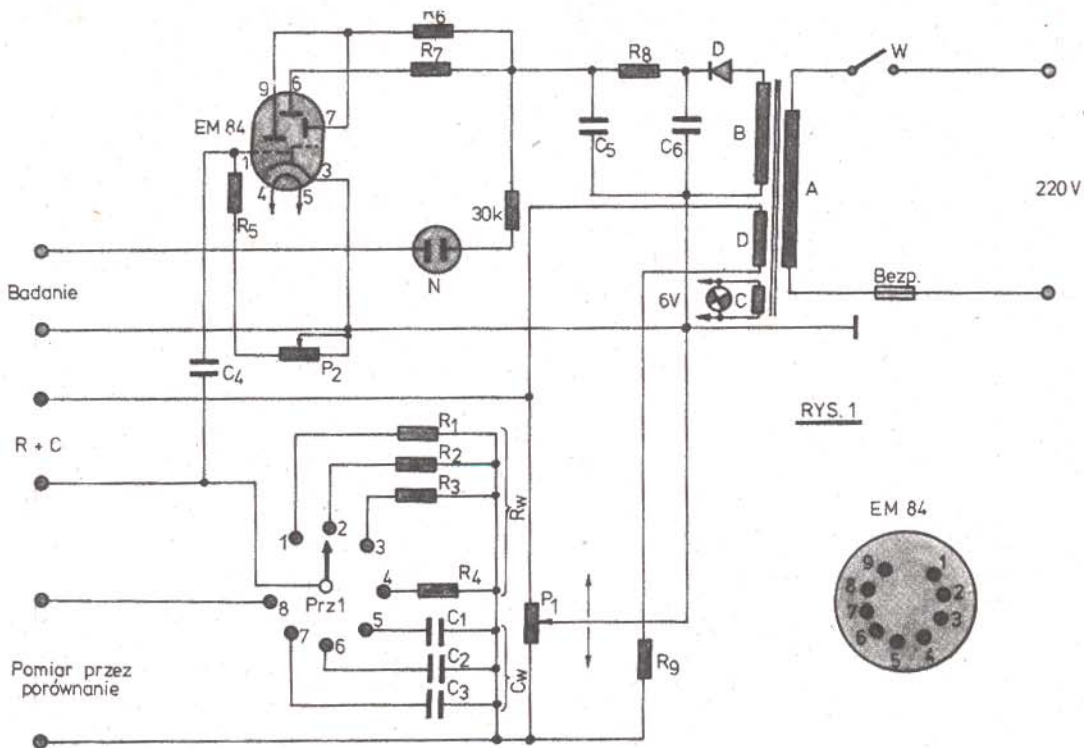
Pomiar pojemności odbywa się na trzech podzakresach oznaczonych na skali przyrządu cyframi V, VI i VII, jednakże najmniejszą wielkość mierzonej pojemności określać będzie początkowa pojemność układu pomiarowego, wynikającego ze sposobu wykonania mostka. Zakres pomiarowy V – wynosi od około 20 pF do 10 nF, zakres VI – od 100 pF do 1 mikrofarada i zakres VII – od 10 nanofaradów do 100 mikrofaradów.

Pożądane jest, aby wybierane ośmiopozycyjnym przełącznikiem pokrętnym elementy wzorcowe ($R_1 - R_4$ i $C_1 - C_3$) były dokładnie pomierzone przed wmontowaniem ich do układu, a dopiero najbardziej zbliżone wartością do wyliczonych wartości, były użyte do budowy mostka.

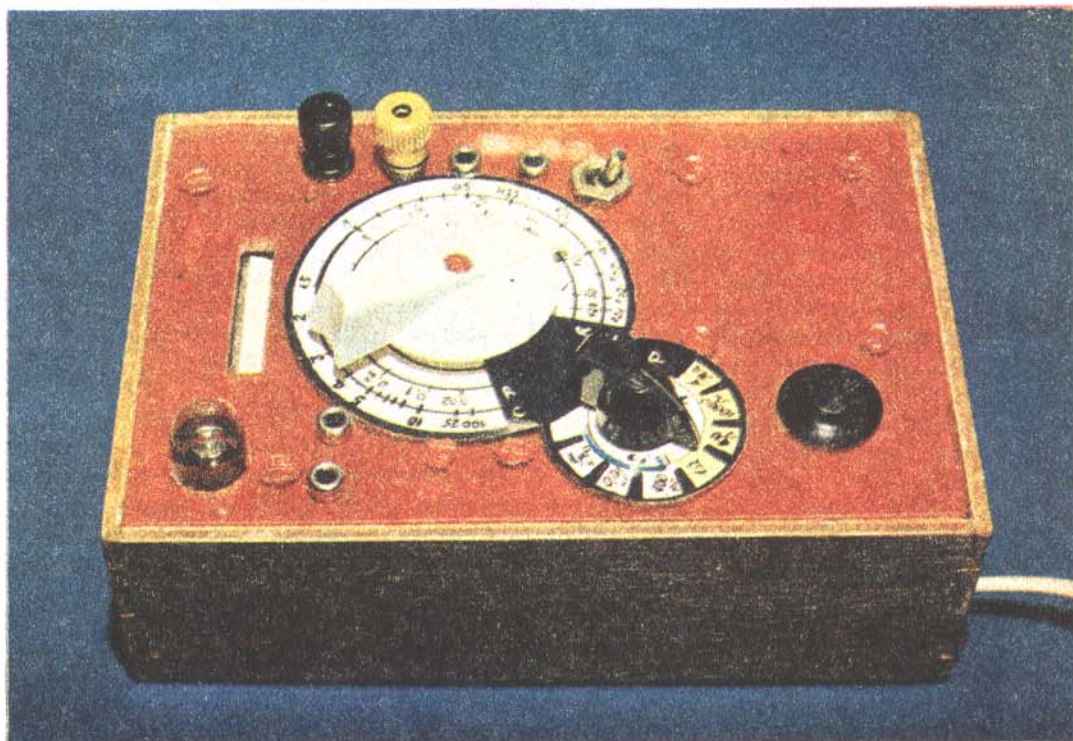
Dokładność pomiaru w każdym zakresie, jak również pomiaru przez porównanie z innymi znanymi wartościami, zależy od dokładności samych wzorców R i C, ich wartości, średnicy potencjometru P_1 , sposobu nawinięcia drutu oporowego i średnicy skali mostka. Im większa będzie średnica tego potencjometru, gęstość uzwojenia i średnica jego skali, tym większa będzie dokładność odczytu, zwłaszcza przy krańcach poszczególnych podzakresów. Dokładność wzorców ma duże znaczenie dla przyszłych pomiarów, gdyż oporniki i kondensatory wykonywane zwykle z dokładnością 10–20% nie nadają się w zasadzie do użycia w mostku, ponieważ wybór takiego wzorca obciąża pomiary takim samym, względnie jeszcze większym błędem.

Mostek oprócz skalowania R i C ma wykreślona jeszcze trzecią skalę (fot. 3) przewidzianą do pomiaru przez porównanie, która jest wycechowana w procentach.

W przeważającej liczbie produkowanych mostków tego typu, wskaźnikiem równowagi mostka jest bardzo czuły przyrząd wskazówkowy z zerem pośrodku skali. Wskaźniki tego typu są praktycznie nieosiągalne na naszym rynku i dlatego w prostszych urządzeniach można z powodzeniem stosować optyczne wskaźniki dostrojenia, zwane „okiem magicznym” lub lampowym wskaźnikiem dostrojenia. Optyczne wskaźniki dostrojenia typu EM 80, EM 84, z symetrycznymi paskami świecącymi umożliwiają dość dokładne wyskalowanie mostka i późniejsze odczyty mierzonych wartości.



Fot. 1. Prototypowy mostek pomiarowy RC w obudowie wykonanej ze sklejki



Aby poznać sposób działania mostka, przyjrzyjmy się uproszczonemu schematowi przedstawionemu na rys. 2. Pomiar rezystancji i pojemności przeprowadzany jest za pomocą układu mostka Wheastone'a, w którym mierzony rezystor (R_x), lub kondensator (C_x), tworzy jedną gałąź mostka, podczas gdy druga gałąź utworzona jest przez potencjometr P_1 z opornikiem szeregowym R_3 . W punktach a i b układ mostkowy jest zasilany napięciem prądu przemiennego 50 V, którego dostarcza transformator sieciowy. Przy wystąpieniu równowagi mostka, dla badanego np. opornika R_x zostanie spełniony warunek:

$$\frac{R_x}{R_w} = \frac{R_{p1} + R_9}{R_{p2}}$$

a dla badanej pojemności C_x :

$$\frac{C_x}{C_w} = \frac{R_{p1} + R_9}{R_{p2}}$$

W takiej sytuacji w punktach c i d mostka nie występuje praktycznie żadne napięcie i mostek pozostaje w stanie równowagi, a na wskaźniku drostopięty występuje największa długość cieni (rys. 3). Wytrącenie mostka z równowagi spowoduje świecenie obu pasków odpowiedniej długości na ekranie lampy – wskaźnika. Ponowne sprowadzenie mostka do stanu równowagi odbywa się przez ustawienie ślizgacza potencjometru P_1 w takiej pozycji, aby był spełniony warunek proporcjonalności. Napięcie wyjściowe mostka osiągnie wtedy wartość minimalną. Pokrętko potencjometru P_1 , które zaopatrzono jest we wskazówkę, będzie umożliwiał odczyt na skali wartości rezystancji lub pojemności odpowiadającej wartości mierzonego elementu, pomnożonej przez liczbę wskazywaną przez pokrętko przełącznika zakresów pomiarowych Prz 1.

Przemienne napięcie dostarczane z transformatora sieciowego, które zasila mostek, jest doprowadzone do siatki sterującej systemu triodowego lampy EM 84 przez kondensator C_4 .

Budowa mostka pomiarowego nie jest trudna, lecz wymaga zwrócenia uwagi na wykonanie transformatora sieciowego, jak również potencjometru

P_1 , który powinien być o możliwie dużej średnicy. Przy tej okazji można nadmienić, że transformatorów tego typu nie dostaniemy w handlu i w związku z tym musimy liczyć wyłącznie na własne siły, nawijając transformator na rdzeniu od jakiegoś starego, niepotrzebnego transformatora głośnikowego lub niewielkiego transformatora sieciowego z blachami typu EI, o przekroju poprzecznym kolumny środkowej około 4 – 8 cm².

W razie trudności ze zdobyciem potencjometru P_1 , można wykonać go własnoręcznie, nawijając drut oporowy na pasek materiału izolacyjnego (rys. 4) i następnie przyklejając go do krążka wyciętego również z materiału izolacyjnego. Wykonanie potencjometru jest pracochłonne, wymaga wiele uwagi i dokładności, gdyż potencjometr wykonany niedbale nie zapewni płynnego przemieszczania się ślizgacza po zwojach drutu oporowego, a w związku z tym i poprawnego działania lampy EM 84. Rezystancja potencjometru P_1 może wynosić od 1000 do 2000 omów i zmiany w tych granicach nie wywołują zauważalnego wpływu na jakość wykonywanych pomiarów.

Natomiast nie bez znaczenia dla pracy mostka będzie sposób montowania poszczególnych elementów i ich łączenia, przewody połączeniowe powinny być jak najkrótsze.

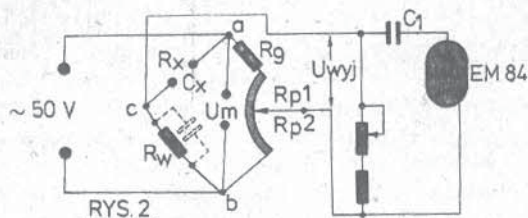
Wykonanie przyrządu najlepiej rozpocząć od zgromadzenia wszystkich niezbędnych materiałów, w tym i zasilacza, składającego się z transformatora sieciowego Tr wraz z filtrem wygładzającym tętnienia wyprostowanego prądu.

Dla ułatwienia wykonania transformatora sieciowego w zamieszczonej tabelce została podana liczba zwojów i średnica drutu dla poszczególnych uzwojeń transformatora, dla pięciu rdzeni różniących się powierzchnią przekroju kolumny środkowej. Rdzeń powinien mieć duże okna, aby mogły się w nich zmieścić wszystkie cztery uzwojenia wraz z przekładkami izolacyjnymi. Schemat uzwojeń transformatora przedstawia rys. 5.

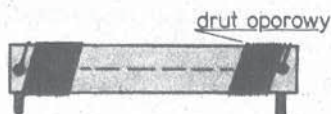
Uzwajanie transformatora rozpoczniemy od nawinięcia uzwojenia (C) żarzenia wskaźnika – lampy, a następnie po dokładnym odizolowaniu tego uzwo-

Dane transformatora sieciowego

Rdzeń	4 cm ²		5 cm ²		6 cm ²		7 cm ²		8 cm ²		Uwagi
	Zw.	Ø drutu mm	Zw.	Ø drutu mm	Zw.	Ø drutu mm	Zw.	Ø drutu mm	Zw.	Ø drutu mm	
Sieciowe A (220 V)	2376	0,18	1923	0,2	1620	0,23	1371	0,25	1233	0,3	pierwsze wtórne " " " "
Anodowe B (150 V)	2025	0,10	1576	0,10	1282	0,10	1056	0,10	938	0,10	
Zasilanie mostka D (50 V)	675	0,18	523	0,18	427	0,18	352	0,18	312	0,18	
Żarzenie lampy C (6 V)	81	0,45	63	0,45	51	0,45	42	0,45	38	0,45	



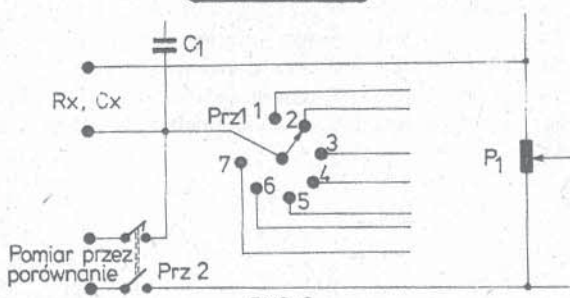
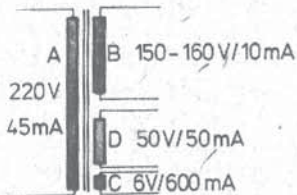
RYS. 2



RYS. 4



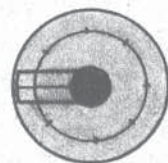
RYS. 5



RYS. 6

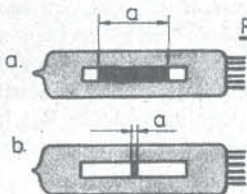


RYS. 7



RYS. 8

RYS. 3



a - długość cienia w stanie równowagi
b - przy braku równowagi

jenia nawiniemy uzwojenie sieciowe (A). Dalej nawiniemy uzwojenie anodowe wskaźnika (B) i na końcu uzwojenie zasilania mostka (D). Po nawinięciu wszystkich uzwojeń i wsunięciu do karkasu blach rdzenia, pożądane jest wykonanie pomiaru napięć na uzwojeniach wtórnych transformatora, przy czym odchyłki w granicach $\pm 5\%$ nie będą tu odgrywały większej roli. Żarzenie lampy EM 84 zostało specjalnie obniżone do 6 V (zamiast 6,3 V), aby uzyskać przez to znaczne wydłużenie czasu pracy tej lampy.

Po stwierdzeniu, że transformator daje prawidłowe napięcia i nie nagrzewa się nadmiernie (wskutek wystąpienia nieprzewidzianych zwarc wewnątrznych międzyzwojowych), można przymocować go do płytki montażowej.

Elementem prostującym może być dowolna krzemowa dioda przystosowana do pracy przy napięciu około 200 V. Obwód sieciowy jest zabezpieczony bezpiecznikiem topikowym lub żarówką 4 V/0,2 A. Filtr wygładzający tworzą dwa kondensatory blokowe C_5 i C_6 o pojemności około $2 \mu\text{F}$ każdy i napięciu pracy nie niższym niż 300 V oraz opornik R_8 o rezystancji 6,8 kilooma i obciążalności 1 W.

Jeśli ktoś nie będzie chciał w filtrze stosować kondensatorów blokowych, może z powodzeniem zastąpić je jednym, podwójnym kondensatorem

elektrolitycznym o pojemności np. $2 \times 8 \mu\text{F}$ i napięciu pracy około 300 V. Dokładność wygładzenia wyprostowanego prądu przez filtr ma tylko nieznaczny wpływ na pracę mostka. Równoległe do włókna grzejnego lampy EM 84 może być włączona żarówka kontrolna, ale w takim razie należy o 0,2 mm powiększyć średnicę drutu nawojowego uzwojenia (C).

Wyprostowany prąd anodowy zasila lampę EM 84, jak również obwód neonówki, której napięcie zapłonu powinno wynosić 180 - 200 V.

Do wybierania odpowiedniego zakresu pomiarowego służy ośmiopozycyjny obrotowy przełącznik skokowy Prz 1. Przełącznik ten może być z powodzeniem wykonany z przerobionego przełącznika zakresów fal jakiegoś starego radioodbiornika. Gdyby to było niemożliwe, można będzie w ostateczności użyć 7-pozycyjnego bakelitowego przełącznika, jaki łatwo można kupić.

Przełącznik 7-pozycyjny wyeliminuje z układu albo pozycję „R + C dodatkowe” albo jeden z zakresów pomiarowych rezystancji. Można też przy zachowaniu wszystkich 7 zakresów pomiarowych gniazda „pomiar przez porównanie” włączać do układu za pomocą specjalnego wyłącznika (rys. 6). Przełącznik zakresów pomiarowych powinien zapewniać bardzo dobry styk przy włączaniu poszczegól-

gólnych „wzorców” do układu i w żadnym razie nie powinien mieć mniej niż 7 pozycji, odpowiadających poszczególnym zakresom pomiarowym.

Ze względu na różne wielkości takich elementów, jak: transformator sieciowy, potencjometr P_1 i przełącznik zakresów pomiarowych, nie podajemy dokładnych wymiarów płytki montażowej oraz wysokości obudowy mostka. Prototypowy przyrząd ma wymiary $180 \times 120 \times 65$ mm.

Do płyty wierzchniej, wykonanej z twardego materiału izolacyjnego lub z aluminium, przymocowany jest transformator sieciowy, potencjometr P_1 , oprawka bezpiecznika topikowego lub żarówki spełniającej rolę takiego bezpiecznika (4 V/0,2 A), lub ewentualnie kontrolnej żarówki sieci, soczewka żarówki kontrolnej, podstawa lampy EM 84 (na kątownikach), oprawka neonówki, sznur sieciowy, oba kondensatory filtru wygładzającego, oraz przełącznik zakresów pomiarowych. W przypadku metalowej płyty montażowej gniazdka stanowiące wejście mostka muszą być osadzone w przepustach izolacyjnych, a od spodu trzeba na nie nałożyć izolacyjne pokładki z końcówkami lutowniczymi.

Oprawkę neonówki można zastąpić spiralą z twardego drutu miedzianego, której zwoje układają się w żłobkach gwintu cokołu neonówki. Grubość drutu użytego na spiralę powinna być tak dobrana, aby neonówka była odpowiednio zamocowana. Taka zastępcza oprawka powinna być pokryta z zewnątrz warstwą jakiegoś materiału izolacyjnego.

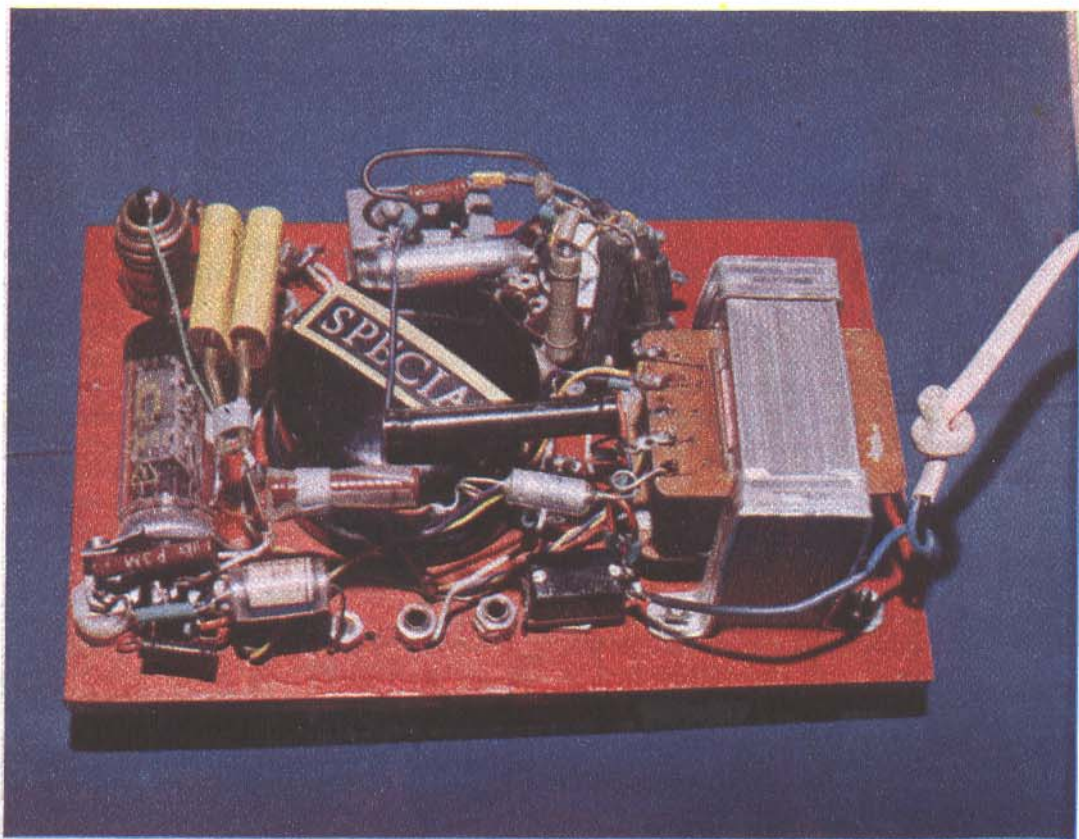
W przypadku zastosowania neonówki bez wewnętrznego opornika należy szeregowo przyłączyć do niej rezystor około 15–30 kiloomów, zależnie od typu neonówki.

W wierzchniej płycie obudowy przyrządu wycięty jest prostokątny otwór, o wymiarach odpowiednich do świecących pasków lampy EM 84 (około 38×10 mm).

Podstawa lampy typu noval przymocowana jest do wierzchniej płyty za pomocą dwóch metalowych kątowników.

Montaż mostka jest prosty i nie wymaga specjalnych objaśnień. Dążyć należy tylko do tego, aby poszczególne przewody były możliwie najkrótsze, dzięki czemu ulegają zmniejszeniu szkodliwe i nie-

Fot. 2. Wnętrze mostka, którego elementy zmontowane zostały na wierzchniej płycie obudowy



pożądane pojemności międzyprzewodowe. W praktyce do wykonania połączeń wystarczają końcówki oporników i kondensatorów.

W modelowym mostku wzorcowe rezystory zostały wybrane z większej liczby rezystorów masowych, wykonanych z dokładnością $\pm 5\%$. Kondensatory wzorcowe są również wybrane z większej liczby egzemplarzy dostępnych na rynku, o tej samej pojemności i tym samym rodzaju dielektryku. W razie wystąpienia trudności w znalezieniu odpowiednio dokładnych kondensatorów przewidzianych na wzorec, można ograniczyć się tylko do jednego wzorca o pojemności 100 pF, złożonego z kondensatora ceramicznego o pojemności np. 70–80 pF i połączonego z nim równolegle trymera o maksymalnej pojemności 30–50 pF (np. trymery od obwodów wejściowych odbiorników lampowych). Przy takim sposobie połączenia pojemność wypadkowa stanowi sumę pojemności składowych i będzie ona większa lub mniejsza od 100 pF, zależnie od ustawienia trymera. Przez przeprowadzenie odpowiedniej korekty trymerem uzyskamy dokładnie 100 pF. Aby jednak tego dokonać, trzeba będzie skorzystać z dokładnego przyrządu do mierzenia pojemności (np. mostka wykonanego fabrycznie).

Pożądaną jest, aby wszystkie rezystory i kondensatory zastosowane jako wzorce były wybrane w wyniku pomiarów na dokładnym przyrządzie z większej liczby tych elementów.

Dysponując wzorcowym kondensatorem dla niższego zakresu można wyznaczyć odpowiednie punkty na skali dla pozostałych zakresów.

Po sprawdzeniu poprawności montażu mostka i właściwego działania lampy EM 84 można rozpocząć cechowanie skali przyrządu. Skala powinna mieć możliwie największą średnicę, ograniczoną jedynie wymiarami płyty montażowej i tzw. „cieniem” potencjometru P_1 . Między skrajnymi punktami tego „cienia” znajduje się prostokątny otwór umożliwiający obserwację świecącego ekranu lampy (rys. 7). Skalę rysuje się początkowo lekko ołówkiem na białym, sztywnym kartonie i dopiero później, po naniesieniu wszystkich wartości, pociąga tuszem. Samo cechowanie skali jest proste, lecz wymaga zaopatrzenia się w kilkanaście rezystorów i kondensatorów o różnych, precyzyjnie sprawdzonych wartościach. Przy dobranych zgodnie ze schematem elementach wzorcowych jedynka skali będzie znajdowała się na jej środku, a mierzone wielkości, odpowiadające wartości „wzorca” pomnożonej przez 0,01 lub 100 – na krańcach wykreślonych łuków skali. Wskazówkę potencjometru P_1 najlepiej wykonać z paska pleksiglasu (szkła organiczne-

go) szerokości 15–20 mm i grubości około 2 mm, pośrodku którego trzeba wykonać rysę, a następnie zabarwić ją tuszem. Gotową wskazówkę najlepiej będzie przykleić do pokrętła potencjometru żywicą epoksydową. Czarna linia (rysa) biegnąca wzdłuż paska jest właściwą wskazówką skali mostka.

W taki sam sposób zrobimy wskazówkę przełącznika zakresów pomiarowych mostka (rys. 8).

Cechowanie przyrządu rozpoczniemy od skali omów i w tym celu do gniazd oznaczonych (R + C) przyłączymy opornik (uprzednio sprawdzony) o rezystancji np. 10 kiloomów (10^4 omów). Przełącznik zakresów powinien być przy tym ustawiony na $R \times 10^4$. Przy takich wartościach R równowaga mostka nastąpi w punkcie wskazanym przez wskazówkę i wskaźnik dostrojenia. Punkt ten, który powinien znajdować się pośrodku skali, oznaczymy cyfrą 1. Następnie do tych samych gniazd przyłączymy również sprawdzony opornik o rezystancji 1 kilooma (10^3 omów). Przełącznik zakresów powinien pozostać w dalszym ciągu ustawiony na $R \times 10^4$. Punkt wskazany na skali mostka, przy którym wystąpiła równowaga, oznaczymy jako 0,1. Przez kolejne podłączenie, teraz rezystora 100 omów (10^2 omów) i przy tym samym zakresie pomiarowym otrzymamy punkt 0,01, gdyż $10^4 \times 0,01 = 100$ omów.

W ten sposób odbywa się cechowanie skali „w dół”. Cechowanie skali w „górze” przeprowadza się po kolejnym przyłączeniu sprawdzanego opornika 10 kiloomów i 100 kiloomów. Po ustawieniu przełącznika zakresów pomiarowych na 10^6 (milion razy) i przyłączeniu do gniazd (R + C) oporników: 10 k Ω otrzymamy punkt na skali 0,01, 100 k Ω – 0,1, 1 M Ω – 1, 10 M Ω – 10 i 100 M Ω – 100. Punkty: 0,01, 0,1, 1, 10 i 100 wszystkich czterech (względnie trzech) zakresów pomiarowych powinny się wzajemnie pokrywać. Dlatego też po wycechowaniu dwóch pierwszych zakresów – trzeci lub czwarty zakres mogą być przyjęte już bez skalowania jako identyczne.

Dla wartości C cechowanie przeprowadza się w analogiczny sposób, ale poszczególne punkty będą położone przeciwnie w stosunku do punktów skali R, tzn. że po stronie większych wartości R będą znajdowały się mniejsze wartości C i odwrotnie.

Skala procentów (%) została wykreślona po podzieleniu łuku na 100 równych części, należy jednak pamiętać, że 100% wypada tu pośrodku skali, a więc pod jedynkami zakresów R i C.

Po zakończeniu cechowania i narysowaniu skali na czysto można przystąpić do pierwszego, właściwego pomiaru. Po stwierdzeniu, że mostek jest

przyłączony do sieci (światło żarówki kontrolnej), przełącznik zakresów ustawiony na właściwy zakres pomiarowy, badany opornik względnie kondensator na napięciu pracy powyżej 200 V przyłączamy najpierw do gniazd „badanie”.

Jeśli był to kondensator, to neonówka powinna rozblysnąć na chwilę i zgasnąć, co będzie oznaczało, że kondensator ten ma dobry dielektryk i można go będzie (po uprzednim rozładowaniu!), przenieść do gniazd pomiarowych (R + C) w celu zmierzenia jego pojemności.

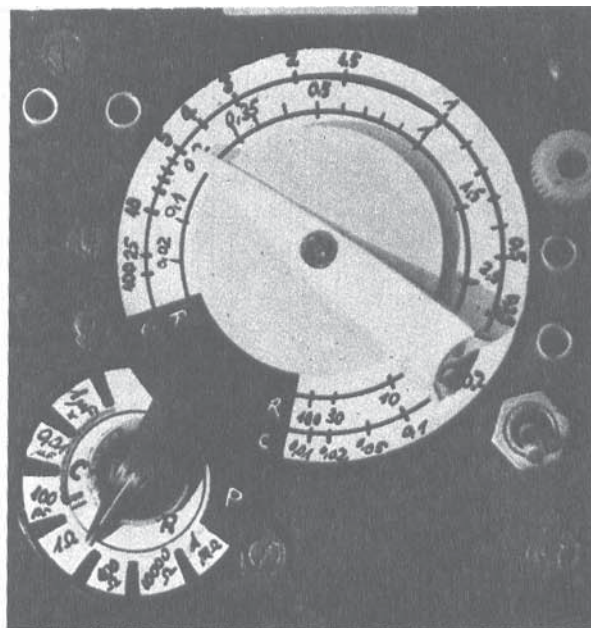
W przypadku rezystora neonówka będzie jarzyła się ciągłym światłem, co będzie oznaczało, że opornik ten przewodzi prąd elektryczny i można będzie zmierzyć jego wartość, po dołączeniu go do gniazd R + C. Jeżeli wartość opornika względnie kondensatora nie będzie znana np. wskutek starcia nadruku, pomiar należy rozpocząć od największego zakresu (np. 1 megaom lub 1 mikrofarad) i przez pokręcanie potencjometrem P_1 starać się doprowadzić mostek do równowagi, co będzie zasygnalizowane przez optyczny wskaźnik dostrojenia. Drgnięcie pasków świecących na ekranie, a następnie rozsuniecie ich będzie oznaczało ustawienie ślizgacza potencjometru P_1 we właściwym miejscu. Wskazówka potencjometru będzie wskazywała odpowiednią wartość na skali R lub C, która pomnożona przez mnożnik wskazywany przez wskazówkę przełącznika zakresów pomiarowych da w efekcie jako iloczyn wartość mierzonego elementu.

Przykłady korzystania z mostka

Jak już wspominaliśmy mostek może być używany do wstępnej oceny wartości rezystancji, oporności, indukcyjności itd. za pomocą neonówki N znajdującej się w obwodzie gniazd „badanie”. Można określić również wielkość upływności kondensatorów elektrolitycznych i blokowych, czyli straty elektryczne w kondensatorach spowodowane pogorszeniem się izolacji między okładzinami.

Sprawdzanie wstępne, przed dokonaniem pomiaru właściwego jest bardzo korzystne, zaoszczędza czas, jaki przeznacza się na wybieranie właściwego zakresu pomiarowego, umożliwia eliminację elementów uszkodzonych lub nieodpowiednich do montażu.

Za pomocą neonówki można sprawdzać wstępnie tylko te kondensatory, których napięcie pracy jest wyższe od 50 – 60 V, a formowanie „elektrolitów” jest możliwe bezpośrednio, gdy ich napięcie pracy będzie wyższe od 200 V, względnie pośrednio, gdy



Fot. 3. Skale prototypowego mostka pomiarowego: duża skala – pokrętła potencjometru, mała skala – pokrętła przełącznika rodzaju pracy

do obwodu zostanie szeregowo włączony dodatkowy rezystor zmniejszający napięcie stałe odpowiednio dla danego kondensatora. Włączenie bezpośrednio do układu kondensatorów o napięciu pracy niższym od 200 V może doprowadzić nawet do zniszczenia formowanego kondensatora elektrolitycznego. Wykorzystując tę część mostka można przeprowadzić selekcję posiadanych rezystorów i kondensatorów lub porównywać je z egzemplarzami uznanymi za dobre. Mostek umożliwia także porównywanie elementów R i C z innymi o dużej dokładności wykonania (np. rezystory 1%) korzystając przy tym ze skali procentów.

Stopień upływności w kondensatorze można określić w przybliżeniu na podstawie intensywności jarzenia się neonówki względnie częstotliwości jej zapłonów. Im intensywniej będzie się jarzyła neonówka lub gdy częstotliwość jej zapłonów będzie większa, tym gorszy będzie dielektryk w badanym kondensatorze, a co za tym idzie, i większa jego upływność. Ciągłe jarzenie się neonówki dyskwalifikuje kondensator jako element montażowy. Wyjątkiem mogą tu być tylko kondensatory elektrolityczne nieufornowane lub długo nie używane, które po włączeniu do obwodu „badanie” spowodują zapłon neonówki i jarzenie się jej pełnym światłem, które w miarę upływu czasu słabnie i przechodzi najpierw w szybkie, a później coraz wolniejsze migotanie aż do całkowitego zgaśnięcia neonówki. Ustanie migotania lub powtrzenie się błysku neonówki co kilkadziesiąt sekund będzie świadczyło, że

kondensator został uformowany i jest w pełni przydatny do wmontowania do jakiegoś układu.

Ten sam obwód „badanie” służy do sprawdzania przewodności oporników. Jeśli opornik jest dobry, nie wykazuje przerwy, to neonówka będzie jarzyła się w sposób ciągły z intensywnością odpowiadającą wartości sprawdzanego rezystora. Jeżeli neonówka nie zapali się, to będzie to świadczyło o uszkodzeniu rezystora (uzwojenia), istnieniu przerwy w obwodzie i taki element nie nadaje się do użycia. Jak nie trudno w tym przypadku zauważyć określenie przydatności badanego elementu jest odwrotne do określenia przydatności kondensatorów.

Przykład pomiaru oporności

Przełącznik zakresów jest ustawiony na $R \times 10^2$, a wskazówka pokręta potencjometru P_1 wskazuje na skali R mostka liczbę 15. Oznacza to, że mierzony opornik ma rezystancję $15 \times 100 = 1500$, czyli 1500 omów.

Przykład pomiaru pojemności

Przełącznik zakresów jest ustawiony na $C \times 10^6$, a wskazówka pokręta potencjometru P_1 pokazuje na skali liczbę 50. Oznacza to, że mierzony kondensator ma pojemność $50 \times 10^6 = 50 \mu\text{F}$. Jest to więc kondensator elektrolityczny o pojemności 50 μF .

Pomiar przez porównanie

Pomiar odbywa się przy współdziałaniu kondensatora lub opornika o znanej wartości, a różnicę między wskazaniami obu mierzonych elementów odczytuje się bezpośrednio na skali procentów.

*

Najdokładniejsze wyniki pomiarów uzyskuje się, kiedy wskazówka potencjometru P_1 znajduje się w pobliżu środka skali. Najmniej dokładne wartości pomiarowe natomiast uzyskuje się przy odczytywaniu na krańcach skali.

Regulację czułości elektronicznego wskaźnika dostrojenia, czyli lampy EM 84, uzyskuje się przez odpowiednie ustawienie potencjometru montażowego P_2 do momentu uzyskania ostrych i wyraźnych konturów pasków świecących, wskazujących osiągnięcie przez mostek równowagi.

Równowaga mostka dla każdego dobrego opornika i kondensatora będzie występowała tylko w jednym punkcie każdego zakresu pomiarowego. Pojawienie się rozmytych i nieostrych krawędzi pa-

sków świecących będzie świadczyło o złym stanie dielektryku badanego kondensatora, co może być wstępnie wykazane w obwodzie mostka „badanie” migotaniem neonówki (N).

Obudowę mostka najlepiej wykonać, po zmontowaniu wszystkich jego elementów na płycie z ebonitu lub sklejkę grubości 3–4 mm. Boczne ścianki obudowy klejone są na wpusty szerokości około 10 mm, podczas gdy dno jest wklejone dopiero po sklejeniu ścianek bocznych. W narożnikach obudowy wklejone są słupki umożliwiające przykręcenie wierzchniej płyty. Pod dno obudowy zostały wklejone 4 krążki z filcu grubości około 3 mm, stanowiące nóżki obudowy. Całość po sklejeniu epidianem została oszlifowana drobnziarnistym papierem ściernym i dwukrotnie pomalowana bezbarwnym lakierem.

Wierzchnia płyta jest przymocowana do obudowy za pomocą 4 wkrętów do drewna, najlepiej mosiężnych. Przewód sieciowy, przechodzący przez jedną ze ścianek obudowy, powinien być od wewnątrz zawiązany „na supeł”, aby nie można było wyciągnąć go z obudowy.

Inż. Jerzy Brdulak

Spis elementów

- Rezystory:
 R_1 – 1 Ω drutowy,
 R_2 – 100 $\Omega/0,25$ W,
 R_3 – 10 $k\Omega/0,25$ W,
 R_4 – 1 $M\Omega/0,25$ W,
 R_5 – 3 $M\Omega/0,25$ W,
 R_6 – 150 $k\Omega/0,25$ W,
 R_7 – 30 $k\Omega/0,25$ W,
 R_8 – 6,8 $k\Omega/1$ W,
 R_9 – 1 $k\Omega/3$ W.
- Kondensatory:
 C_1 – 100 pF ceramiczny,
 C_2 – 10 nF/250 V,
 C_3 – 1 $\mu\text{F}/250$ V blokowy,
 C_4 – 10 nF/400 V,
 C_5 – 2 $\mu\text{F}/500$ V,
 C_6 – 3 $\mu\text{F}/500$ V.
- Potencjometry:
 P_1 – 1000–2000 omów drutowy,
 P_2 – 1 $M\Omega$ montażowy.
- Lampa EM 84 wraz z podstawką,
- Dioda krzemowa BYP 401–400,
- Transformator sieciowy, wykonany wg opisu,
- Gniazda radiowe z przepustami izolacyjnymi – 6 szt.,
- Końcówki lutownicze gniazd – 6 szt.,
- Neonówka o napięciu zapłonu 180–200 V z oprawką,
- Bezpiecznik topikowy 0,2–0,3 A z oprawką lub zastępczo żarówka 4 V/0,2 A,
- Żarówka 6,3 V/0,2–0,3 A z oprawką,
- Przełącznik obrotowy, skokowy 8-pozycyjny,
- Pokręto potencjometru i przełącznika zakresów ze wskazówkami,
- Obudowa mostka,
- Sznur sieciowy z wtyczką,
- Drobny sprzęt montażowy (wkręty, końcówki lutownicze itp.).