





Pod redakcją Jerzego Pietrzyka

UNIWERSALNY MOSTEK POMIAROWY (Inż. Jerzy Brdulak) — BUDUJEMY EPI-
SKOP (Jerzy Pietrzyk) — ELEMENTY RADIOELEKTRONIKI — (Mgr inż. Witold Kozak)

UNIWERSALNY MOSTEK POMIAROWY z optycznym wskaźnikiem dostrojenia

Opisywany mostek jest uniwersalnym sprzętem pomiarowym, bardzo przydatnym w warsztacie radioamatora. Za jego pomocą można wykonać:

- 1) pomiar oporności (Rx) w zakresie od 0,1 do 100 megaomów;
- 2) pomiar pojemności (Cx) w zakresie od 15 pF do 100 mikrofaradów;
- 3) Określanie tolerancji elementów RC w procentach w zakresie od -20% do $+20\%$.

Niezależnie od tych podstawowych zakresów pomiarowych mostek może być wykorzystany do:

- 4) sprawdzania kondensatorów zwykłych i elektrolitycznych przez porównanie z innymi o znanej pojemności. To samo dotyczy oporników;
- 5) sprawdzania kondensatorów na upływność (strat kondensatora wskutek pogorszenia się izolacji) i określenia jej wielkości;
- 6) pomiaru indukcyjności (przez podstawienie do odpowiedniego wzoru);
- 7) formowania kondensatorów elektrolitycznych nisko i wysoko napięciowych;

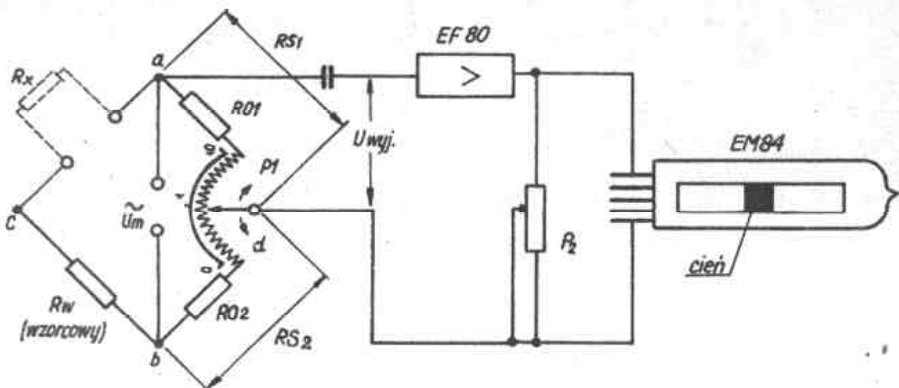
- 8) sprawdzania przewodności oporników i badania kondensatorów na zwarcie.

Sprawdzenie kondensatorów na zwarcie względnie na upływność, przed dokonaniem pomiaru właściwego, tj. pojemności, zaoszczędzi czasu i wysiłku przeznaczonego na ustalenie właściwej pojemności badanego kondensatora, a także kłopotów związanych z wmontowaniem uszkodzonego kondensatora do jakiegoś urządzenia.

Podczas dokonywania pomiarów do zasilania mostka wykorzystuje się napięcie sieci o częstotliwości 50 Hz lub innej dowolnej częstotliwości słyszalnej, przyłączonej do mostka, a pochodzącej np. z generatora.

Prawidłowo i starannie wykonany przyrząd będzie stanowił wartościowy nabytek dla amatorów, umożliwiając dokładny pomiar oporników i kondensatorów, określania ich dokładności i przydatności.

Układ został zaprojektowany w ten sposób, aby montaż i skalowanie przyrządu sprawiał najmniejszy kłopot dla



Rys. 1. Zasada działania mostka pomiarowego z optycznym wskaźnikiem równowagi. Warunek równowagi mostka: $\frac{R_x}{R_w} = \frac{R_{s1}}{R_{s2}}$, gdzie R_x — oporność mierzona, R_w — oporność wzorcowa, R_s — oporność szeregową gałęzi

wykonawcy, a proponowane elementy były łatwo dostępne na rynku lub można je było wykonać we własnym zakresie.

Pomiar nie znanych oporności i pojemności odbywa się na zasadzie mostka Wheatstone'a (rys. 1), w którym mierzony kondensator lub opornik (C_x względnie R_x) łącznie z wbudowaną do przyrządu pojemnością lub opornością wzorcową dużej dokładności (C_w i R_w) tworzą gałąź mostka. Druga gałąź utworzona jest przez drutowy potencjometr P_1 o możliwie największej średnicy (im większa średnica, tym większa dokładność i zakres pomiarowy) i liniowym przebiegu krzywej oporności. W przekątnej tych dwóch gałęzi włączone jest źródło napięć zmiennych U_m . W przypadku zachwiania równowagi mostka, napięcie to powoduje powstawanie w punktach c i d , większych lub mniejszych napięć wyjściowych U_w , kiedy $R_1 : R_2 \neq R_3 : R_4$. Ślizgacz potencjometru P_1 umożliwia wybranie takiego położenia, w którym zostanie spełniony warunek proporcjonalności $R_1 : R_2$. Mostek będzie się wtedy znajdował w równowadze ($R_1 : R_2 = R_3 : R_4$), a napię-

cie wyjściowe mostka U_w osiągnie minimum, względnie przy wyrównanych fazach w obu gałęziach osiągnie wartość zerową ($U = 0$).

Pokrećło ślizgacza potencjometru P_1 jest ściśle związane ze wskazówką na skali mostka pokazującą odpowiadające wartości R lub C , względnie %, na koncentrycznej w stosunku do osi potencjometru skali przyrządu. W ten sposób określona zostaje zależność R_x do R_w lub C_x do C_w , przy wyrównaniu mostka do minimum (do zera). W celu zagwarantowania możliwie najdokładniejszego odczytu, można przeprowadzić pomiary kontrolne na kilku podzakresach, kiedy do gałęzi mostka zostanie włączony zestaw oporników szeregowych stanowiących 0,1 do 10 wartości oporności potencjometru P_1 , podczas gdy wartości wzorcowe R_w i C_w znajdują się w środku danego zakresu pomiarowego. Otrzymujemy w ten sposób 6 podzakresów pomiarowych (przełączalnych), umożliwiających przeprowadzenie pomiarów z wystarczającą dokładnością. W porównaniu z innymi mostkami tego typu, opisany przyrząd daje jeszcze dodatkowe możliwości:

a) procentowego określania dokładności, z jaką został wykonany opornik lub kondensator,

b) pomiaru indukcyjności,

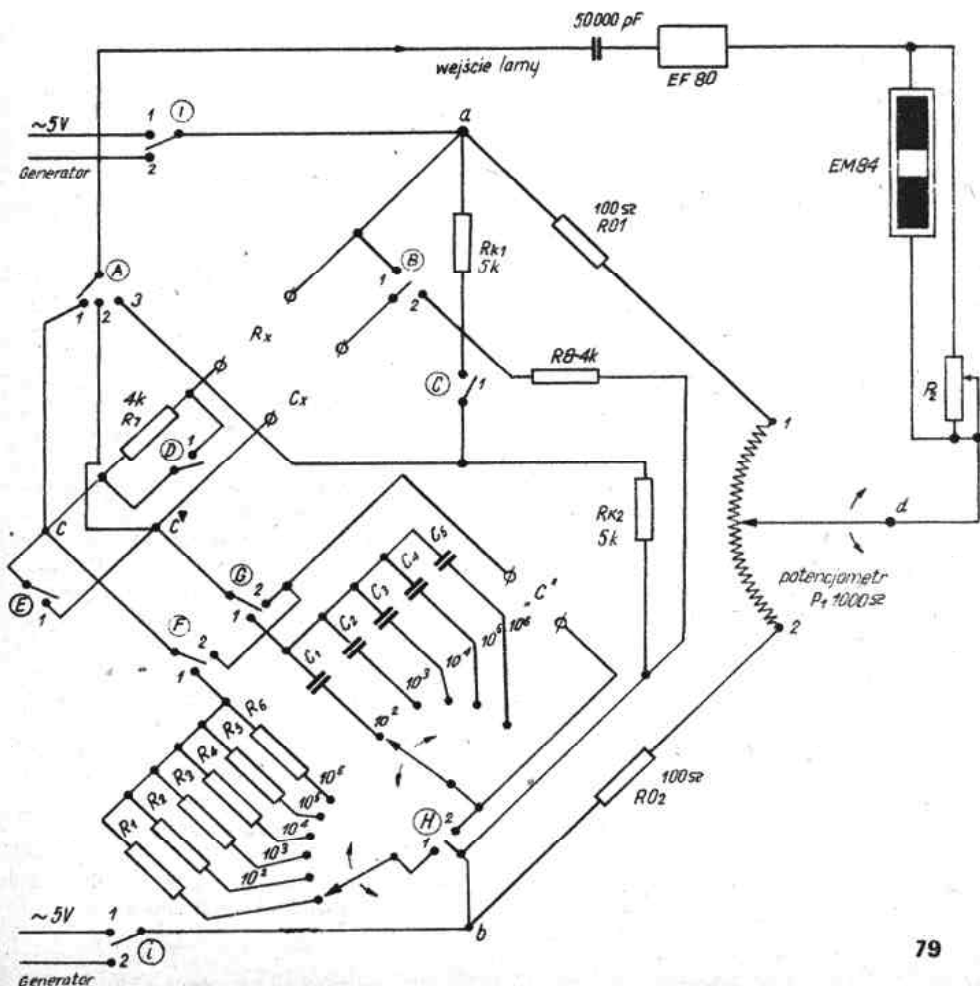
c) badania kondensatorów na upływność.

W celu przeprowadzenia pomiaru procentowej dokładności wyłączają się wbudowaną do przyrządu wartość wzorcową R_w , względnie C_w , i na ich miejsce podłącza się badany opornik czy kondensator. Procentowe odchylenie od wartości wykazanej na skali (zarówno

dla R_x , jak i dla C_x) jest bezpośrednio odczytywane na skali procentów. Pomiar tego rodzaju są niezbędne dla określania klasy dobroci czy też procentowej tolerancji, co ma szczególne znaczenie przy doborze elementów przeznaczonych do łączenia szeregowego bądź równoległego.

Pomiar indukcyjności może być wykonany w takim razie, kiedy zamiast oporności wzorcowej R_w zostaną podłączone wzorce indukcyjności. Pomiaru dokonujemy z pewną tylko dokładno-

Rys. 2. Schemat ideowy mostka pomiarowego



TABELKA PRZELĄCZEN

Pomiar	Zestyki								
	A	B	C	D	E	F	G	H	I
Kontrola równowagi	3	—	1	—	—	—	—	—	1
Oporności Rx	1	—	—	1	—	1	—	1	1
Pojemności Cx	2	1	—	—	—	—	1	2	1 lub 2
Błędy procentowego w (%)	1	2	—	—	1	—	—	—	1
Z innymi wzorcami (np. indukcyjności)	2	1	—	—	—	—	2	2	1 lub 2

ścią, przy pominięciu błędu wynikającego z braku wyrównania fazy. Badanie kondensatorów na upływność pozwala na szybkie określenie ich przydatności i dobroci po częstotliwości zapłonów neonówki znajdującej się w układzie. Im większa jasność jarzenia się neonówki i częstotliwość zapłonów, tym większa upływność badanego kondensatora. Ciągłe jarzenie się neonówki będzie oznaczać tak dużą upływność, że kondensator należy zdyskwalifikować jako element montażowy. Z tego samego obwodu kontrolnego można korzystać przy sprawdzaniu oporników, tylko tu sytuacja będzie odwrotna. Zapalenie się neonówki po przyłączeniu opornika do gniazd „B” będzie świadczyło o przewodzeniu tego opornika, podczas gdy ciemna neonówka będzie świadczyła o przerwie w oporniku i jego dyskwalifikacji jako elementu montażowego. Stopień dobroci izolacji (dielektryku) w kondensatorach można w przybliżeniu określić także według stopnia zamazania konturów pasków świetlnych wskaźnika optycznego.

Pełny schemat ideowy mostka został przedstawiony na rys. 2. Układ został zaopatrzony w komplet oporników i kondensatorów wzorcowych ($R_1 - R_6$ i $C_1 - C_5$) koniecznych dla dokonywania pomiarów. Żądany zakres jest wybierany przełącznikiem pokrętnym.

Przyrząd został wyposażony również w oporniki kontrolne (R_k), które po wciśnięciu odpowiedniego klawisza umożliwiają ustawienie wskaźnika na minimum albo na zero. Do potencjometru dołączone są również tak zwane oporniki ograniczające: Ro_1 i Ro_2 , po 100 omów każdy — dla pomiarów R i C, a dla pomiaru błędu procentowego — opornik o wartości 4 kiloomy. Niezależnie od tego w układzie mostka znajdują się dwa identyczne oporniki po 5 kiloomów, które pracują przy wciśniętym klawiszu kontrolnym, dla wykazania stanu równowagi mostka. Oporniki te zostały oznaczone na schemacie jako R_{k1} i R_{k2} . Dużym ułatwieniem będzie zastosowanie w mostku specjalnie przygotowanych uchwytów, które łatwo wykonać przez przyłutowanie krokodylków do metalowych części wtyczek „bananowych”. Po wciśnięciu do odpowiednich gniazd, tworzą one pewne i wygodne uchwyty mierzonych elementów. Wzorce pomiarowe składają się z trzech oporników nawijanych drutem oporowym i trzech masowych — o dużej dokładności, a także 5 kondensatorów o możliwie najwyższej dokładności. Poszczególne oporniki i kondensatory są wybierane za pomocą pokrętnego przełącznika skokowego, posiadającego nie mniej niż 6 pozycji, odpowiadających poszczególnym zakresom pomiarowym.

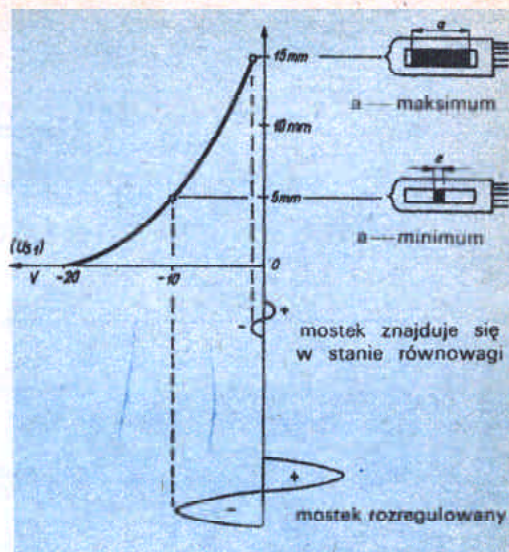
Do elementów przełączających należy będzie również wciskany przełącznik klawiszowy, wybierający następujące rodzaje pracy:

- 1) kontrola równowagi mostka,
- 2) pomiar oporności „R”,
- 3) pomiar pojemności „C”,
- 4) pomiar błędu procentowego (tolerancji) „%”,
- 5) pomiar przez porównanie.

Zwieranie odpowiednich zestyków przełącznika następuje wg tabeli przełączeń. Jednoczesne wciśnięcie klawisza R i C powoduje wyłączenie z obwodu „lokalnych” wzorców i otwarcie układu pomiarowego dla innych wzorców, np. oporników i kondensatorów o wartościach wyższych, niż to wynika z poszczególnych zakresów pomiarowych. Stworzenie układu pomiarowego, jak podano wyżej, powoduje, że nowe wzorcowe oporniki są przyłączone do gniazd „C”, a badane elementy są natomiast podłączone do zacisków Cx, względnie do zacisków Rx. Rezygnując z ostatniego rodzaju pomiaru (przez porównanie) można ograniczyć liczbę klawiszy do 4, co znacznie uprości układ mostka.

Optyczne wyrównanie mostka

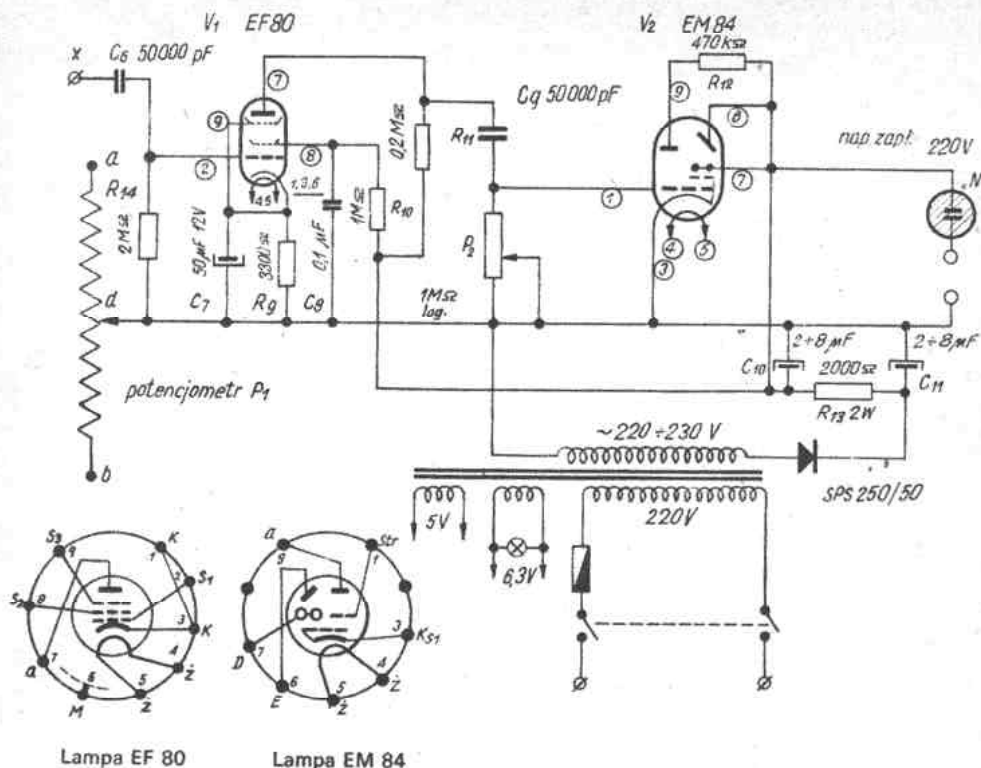
Do wykazania równowagi mostka w fabrycznych układach używa się zazwyczaj bardzo czułych przyrządów wskazówkowych z „zerem” pośrodku skali. Przy mostkach zasilanych prądem zmiennym niezbędny jest także prostownik do prostowania napięć zmiennych w ten sposób, aby przyrząd wskazówkowy mógł pracować w sposób zadowalający. Stosowanie wskaźników optycznych okrągłych (np. EM4) nie stanowi najlepszego rozwiązania konstrukcyjnego, ze względu na zbyt małe rozmiary świecących sektorów. Natomiast optyczne wskaźniki dostrojenia typu EM84 i EM80, z płaszczyznami świecącymi w postaci pasków, dają dobre możliwości dokładnego i odpowiedniego wyskalowania przyrządu.



Rys. 3. Charakterystyka lampy EM 84

Napięcie mostkowe, po uwzględnieniu obciążenia gałęzi, nie przekracza 3 do 5 V i jest zbyt niskie, aby mogło wystereować optyczny wskaźnik dostrojenia. Charakterystyka napięciowa lampy EM84 została graficznie przedstawiona na rys. 3.

W związku z tym zachodzi konieczność zastosowania wzmacniacza napięcia mostkowego, wykonanego na lampie typu np. EF80 z prostym sprzężeniem RC. Schemat ideowy wzmacniacza został przedstawiony na rys. 4. Regulator czułości umieszczony został w obwodzie siatki triody, lampy EM84. Napięcie sieciowe przetransformowane do wartości 5 V, zostało wykorzystane do zasilania obu gałęzi mostka. Napięcie 6,3 V stanowi źródło żarzenia lamp. Prostownik przyrządu powinien zapewniać napięcie anodowe rzędu 220 do 230 V, a prąd około 20 mA. Filtr wygładzający wyposażony jest w kondensatory blokowe bądź elektrolityczne o pojemności 2 do 8 μF i o napięciu pracy nie niższym niż 350 V. Opornik filtru



Rys. 4. Schemat wzmacniacza z optycznym wskaźnikiem dostrojenia i zasilaczem sieciowym oraz układ elektrod lamp elektronowych

wyglądającego ma wartość 2000 omów przy dopuszczalnej obciążalności 2 W.

Przy podanych wartościach R i C zasilacz spełnia zadowalająco swoją rolę. Jako prostownik zastosowano w przyrządzie prostownik selenowy typu SPS 250/50. Przewody wyprowadzone ze szkieletu transformatora, doprowadzone są najpierw do łączówki lutowniczej (wykonanej we własnym zakresie), a dopiero później do poszczególnych punktów zasilania. Transformator sieciowy, w przyrządzie modelowym, nawinięty został na rdzeniu o przekroju poprzecznym kolumny środkowej 6 cm². Uzwojenie pierwotne transformatora (sieciowe) 220 V zawiera 1550 zwojów

nawiniętych drutem miedzianym w emalii o średnicy 0,25 mm. Uzwojenie anodowe — 1940 zwojów DNE o Ø 0,12 mm.

Uzwojenie żarzenia — 49 zwojów DNE o Ø 0,8 mm.

Uzwojenie zasilania mostka (5 V) — 38 zwojów DNE o Ø 0,45—0,5 mm.

Uzwojenie żarzenia powinno zapewniać prąd 1 A, a uzwojenie zasilania mostka — około 0,3 A. Przy przeprowadzaniu pomiarów pojemności, szczególnie kondensatorów o wartościach od 15 do 500 pF, najlepiej będzie stosować napięcie zasilające mostek o częstotliwości wielokrotnie wyższej od 50 Hz. Do tego celu przewidziane są

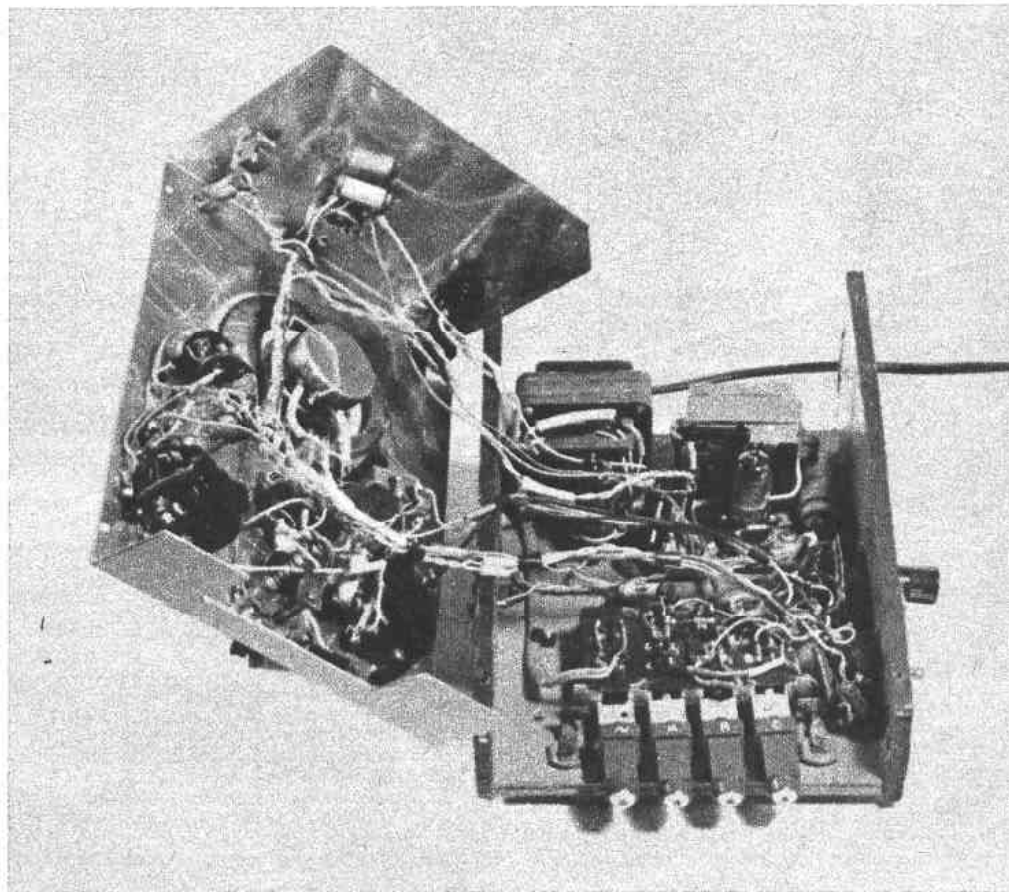
odpowiednie gniazda i przełącznik umożliwiające szybkie przełączanie układu z zasilania sieciowego na zasilanie z generatora. Gniazda te oznaczone zostały jako „zasilanie zewnętrzne” i umieszczone są z tyłu obudowy przyrządu.

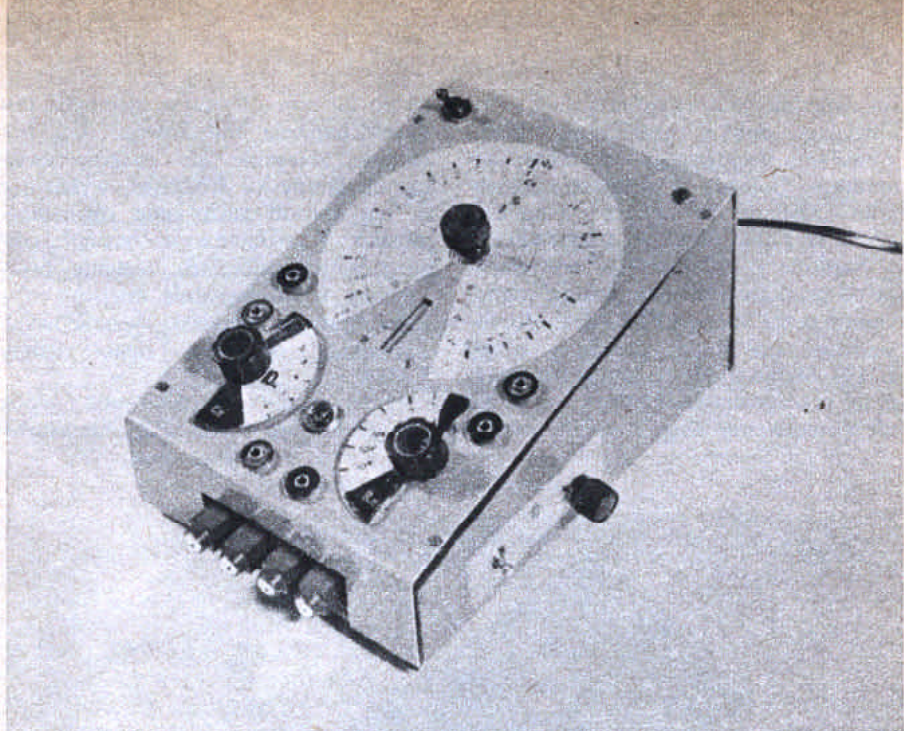
Napięcie mostkowe U_m , występujące po przekątnej mostka, zostaje wzmożone przez lampę EF80 i dalej doprowadzone do siatki sterującej lampy EM84. Siatka triody tej lampy nie otrzymuje przedpięcia siatkowego i w stanie niewysterowania długość cienia wynosi

około 20 mm. Przepływ ujemnych półoków napięcia mostkowego U_m powoduje zbieganie się pasków świecących lampy ku środkowi, wykazując w ten sposób zachwianie równowagi mostka. Wyrównanie jej nastąpi, gdy ślizgacz potencjometru zostanie przekreślony w odpowiednie miejsce, co z kolei jest natychmiast sygnalizowane największą długością cienia lampy EM84.

Odpowiednio wycechowana skala przyrządu umożliwia natychmiastowe

Tak wygląda „wnętrze” mostka





Widok ogólny gotowego mostka

odczytanie mierzonej wielkości. Ze względu na to, że do pełnego wystrojenia lampy EM84 (kiedy paski świecące są ze sobą złączone) potrzebne jest napięcie o amplitudzie około minus 20 V, zaleca się taki wybór napięcia zmiennego (potencjometrem P2), aby

nie wystąpiło zjawisko przesterowania lampy. Potencjometr ten zmienia czynną oporność zewnętrzną lampy EF80, a co za tym idzie, i jej wzmocnienie.

(Dokończenie w następnym numerze)
Inż. Jerzy Brdulak

WYKAZ ELEMENTÓW

- Oporniki przeznaczone na obciążenie 1 W:
 R_1 — 10 Ω , R_2 — 100 Ω , R_3 — 1000 Ω ,
 R_4 — 10 k Ω , R_5 — 0,1 M Ω , R_6 — 1 M Ω ,
 R_7 — 4 k Ω , R_8 — 4 k Ω , R_{o1} — 100 Ω ,
 R_{o2} — 100 Ω , R_{k1} — 5000 Ω , R_{k2} — 5000 Ω .
 Pozostałe oporniki: R_9 — 3,3 k Ω /0,5 W,
 R_{10} — 1 M Ω /0,25 W, R_{11} — 0,2 M Ω /0,5 W,
 R_{12} — 470 k Ω /0,25 W, R_{13} — 2000 Ω /2 W,
 R_{14} — 1,2 M Ω /0,25 W.
- Potencjometr P_1 — 1000—1500 Ω /2 W lub wg opisu, P_2 — 1 M Ω logarytmiczny.
- Lampy elektronowe z podstawkami: V_1 — EF 80, V_2 — EM 84.
- Kondensatory na dowolne napięcie pracy:
 C_1 — 100 pF, C_2 — 1000 pF, C_3 — 10 nF,
 C_4 — 0,1 μ F, C_5 — 1 μ F.
 Pozostałe kondensatory: C_6 — 50 nF/400 V,
 C_7 — 50 μ F/12 V, C_8 — 0,1 μ F/400 V,
 C_9 — 50 nF/400 V, C_{10} i C_{11} 2 \times 8 μ F/350 V.
- Neonówka dowolnego typu o napięciu zapłonu 220—230 V.
- Transformator sieciowy wg opisu.
- Prostownik typu SPS 250/50 lub dioda germanowa typu DZG7.
- Przełącznik klawiszowy stosowany w odbiornikach telewizyjnych lub obrotowy pięciopozycyjny.
- Obudowa wg opisu oraz drobny sprzęt montażowy.