

UNIWERSALNY MOSTEK POMIAROWY (dokończenie)

Montaż przyrządu

Przystępując do montażu układu musimy zgromadzić wszystkie niezbędne elementy wg wykazu zamieszczonego w pierwszej części artykułu.

Szczególną uwagę należy zwrócić na jakość potencjometru P_1 , od którego zależy dokładność pomiarów. Najkorzystniej będzie wykonać go we własnym zakresie. W tym celu z pertinaksu lub innego podobnego materiału izolacyjnego wytniemy pierścień (rys. 5) o średnicy zewnętrznej 100 mm i wewnętrznej 70 mm. W pierścieniu wywiercimy dwa otwory o średnicy 4 mm w odstępach około 40 mm. Następnie z blachy mosiężnej grubości 1 mm wytniemy dwie płytki (rys. 6) i wygniemy je tak, by w jednej ogranicznik znalazł się po lewej stronie, a w drugiej — po prawej.

Obie płytki przynitujemy do pierścienia izolacyjnego, a następnie nawiniemy drut oporowy na większą część pierścienia (rys. 7). Końce drutu oporowego przylutujemy do płytek mosiężnych.

Drut oporowy uzyskamy z łatwością po odwinięciu go z opornika drutowego o oporności 1000—1500 Ω . Oporność uzwojenia potencjometru nie jest krytyczna. Całe uzwojenie należy wykonać z równym skokiem (jak najmniejszym), a następnie cały pierścień pokryć lakierem nitro. Po wyschnięciu lakieru, płaszczyznę uzwojenia należy odsłonić — szlifując ją pomiędzy ogranicznikami przynitowanych płytek mosiężnych.

Uchwyt suwaka potencjometru wytniemy z izolacyjnej płytki grubości 5—6 mm (rys. 8).

Suwak wykonamy z twardej, sprężystej blachy fosforobrazowej lub w os-

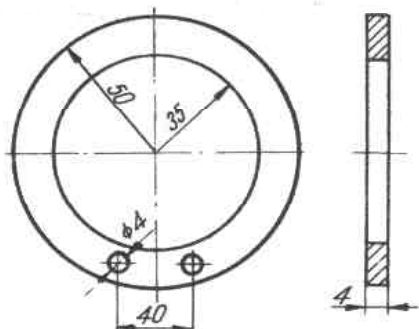
tateczności z mosiężnej, grubości 0,5 mm (rys. 9). Języček suwaka należy w jego części końcowej wygiąć na kształt rylnienki. Gotowy suwak znitujemy z płytką izolacyjną, a w jej otworze o średnicy 6 mm osadzimy oś uzyskaną ze starego, zepsutego potencjometru, z którego wykorzystamy także panewkę.

Montaż potencjometru zaczniemy od przyklejenia pierścienia z drutem oporowym do płyty montażowej na izolacyjnej podkładce grubości 3 mm (rys. 10). Centrycznie wewnątrz pierścienia wywiercimy otwór o średnicy 12 mm, osadzimy w nim panewkę, wsuniemy w nią oś wraz z suwakiem i zabezpieczymy ją stalowym, sprężystym pierścionkiem, dopasowując odpowiedni docisk suwaka do drutu oporowego.

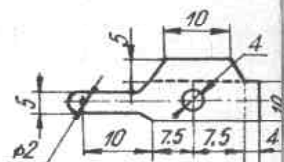
W płycie montażowej osadzimy końcówkę lutowniczą i do niej przylutujemy grubą, elastyczną linkę miedzianą. Drugi koniec linki przylutujemy do suwaka potencjometru w miejscu nitowania go z izolacyjną płytką.

Obudowę przyrządu można wykonać z polistyrenu, sklejk itp. Przykładowe wymiary budowy podane zostały na rys. 11.

Montaż elementów przyrządu odbywa się na płycie montażowej ze sklejki grubości około 10 mm. Do płytki tej przymocowana jest klawiatura, potencjometr P_1 , transformator sieciowy, skala, gniazda pomiarowe, przelącznik zakresów pomiarowych, prostownik, gniazdo bezpiecznika, podstawka lampy wzmacniacza itd. Montaż zespołu klawiszowego należy tak wykonać, aby klawisze można było swobodnie wcisnąć. Potencjometr P_1 , o ile użyjemy fabrycznego, powinien być zamocowany bardzo pewnie, najlepiej będzie pod-



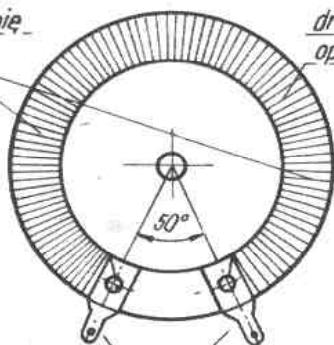
Rys. 5.



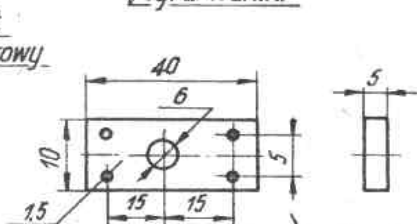
Rys. 6



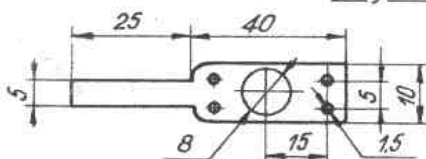
te powierzchnię
odstąpić



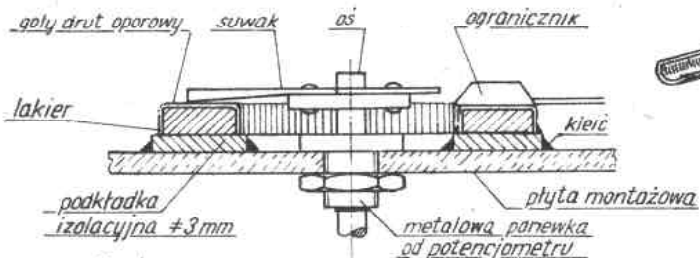
Rys. 7.



Rys. 8.



Rys. 9.



Rys. 10.

łożyć pod nakrętkę mocującą — podkładkę sprężynującą, a dopiero potem mocno skrócić. W tak zwanym „cieniu” potencjometru P_1 należy wykonać prostokątny otwór o wymiarach 9×37 mm dla lampy EM 84, której podstawa jest przymocowana w odpowiedni sposób do tej samej płytki, do której została przyklejona skala. Lampa EM 84 może być także przymocowana do tej płyty za pomocą dwóch uchwytych, w które wsuwa się lampę wraz z oprawką, podobnie jak to jest w wielu odbiornikach.

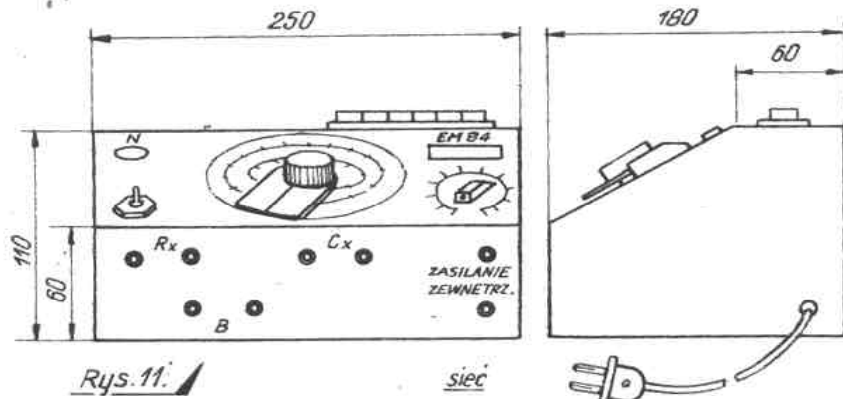
Montaż elektryczny przyrządu jest prosty i nie wymaga specjalnych wyjaśnień, należy tylko odcinki przewodów łączących poszczególne elementy mostka dać jak najkrótsze, aby zmniejszyć do minimum pojemności międzyprzewodowe.

W praktyce powinny wystarczyć same końcówki oporników i kondensatorów. „Wzorce” powinny być lutowane bezpośrednio do końcówek przełącznika zakresów, z wyjątkiem kondensatora $1\mu F$. Opornik R_1 i R_2 (oba po 100 omów) i oporniki po 5000 omów powinny być lutowane bezpośrednio do przełącznika klawiszowego.

Całość obudowy można pomalować lakierem nitro przeznaczonym do malowania pędzlem, względnie zwykłą emalią olejną.

Skalowanie mostka

Po stwierdzeniu poprawnego działania lampy wskaźnikowej EM 84 na wszystkich zakresach pomiarowych, można przystąpić do skalowania mostka. Najpierw na płytę przednią należy przykleić krążek wycięty z białego kartonu o odpowiedniej średnicy z otworem na oś potencjometru P_1 . Następnie gałkę wskaźnikową przekreślamy do oporu w lewo, a następnie — w prawo, wyznaczając „cień” potencjometru P_1 , który powinien znaleźć się w dolnej części skali. Cień potencjometru należy zaznaczyć tuszem. Cechowanie skali jest czynnością bardzo łatwą, wymaga jednak trochę cierpliwości i odpowiedniej ilości oporników i kondensatorów o możliwie największej dokładności (względnie uprzednio zmierzonych jakimiś dokładnym przyrządem). Zasadniczo wystarczy przeprowadzić skalowanie tylko dla jednego zakresu, aby skala była słuszna dla pozostałych zakresów pomiarowych, co wynika z liniowej zależności mostka. Do cechowania należy w tym wypadku wybrać jeden ze środkowych zakresów, np. od 100 do 10000 omów (trzecia pozycja przełącznika zakresów) przy współczynniku 10^3 ; na skali ustawionej w punkcie „1” wskazanie należy odczytać jako $R_x = 1000$ omów. Aby na tym zakresie można było wypunktować wartości skali równe „0,1” — „0,2” —



Rys. 11.

siec

TABELA SKALOWANIA

Opornik omów	%	Różnica oporności	Rzeczywista oporność omów
1000	-20	1000-200	800
1000	-15	1000-150	850
1000	-10	1000-1000	900
1000	-5	10000-50	950
1000	0	—	1000
1000	+5	1000 + 50	1050
1000	+10	1000 + 100	1100
1000	+15	1000 + 150	1150
1000	+20	1000 + 200	1200

„0,3” aż do „1” i jeszcze dalej do 10, należy użyć oporników 100, 200, 300, 400, 500, 600, 700, 800, 900 i 1000 omów przy wskazówce ustawionej „na jedynkę” skali, a następnie 1, 1,5, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9 i 10 kiloomów przy „dziesiątce” na skali przyrządu. Należy zwrócić uwagę, aby cechowanie skali przeprowadzić przy prawidłowo ustawionych wszystkich przełącznikach. Przyłączając do zacisków Rx oporniki niezbędne do cechowania skali, wyznaczamy otówkiane punkty odpowiadające cyfrom, np. 1, 2, 3..... 9, 10 itd. (rys. 12). Jeżeli przyłączamy opornik np. 2000 omów, to ustawienie przyrządu będzie zgodne z przedstawionym na rys. 13. Dysponując dostateczną ilością oznaczonych punktów na skali, można skalę w miarę potrzeby jeszcze zageścić (przez interpolację), aby można było uzyskiwać jak najdokładniejsze wyniki pomiarów. Po wyskalowaniu, dla sprawdzenia, można podłączyć dwa różne, lecz o znanej wartości oporniki (kondensatory), aby przekonać się, czy skalowanie zostało przeprowadzone w sposób prawidłowy.

Uwzględniając fakt, że bardzo dokładne kondensatory o dużej pojemności spotykane są raczej rzadko, można postępować w ten sposób, że skalowanie zakresu zaczynamy używając do-

kładnie wymierzonego trymera o pojemności np. 100 pF jako „wzorca”. Dla następnego zakresu można wybrać kondensator o pojemności np. 1000 pF, który przyłączony do zacisków Cx powoduje przy mnożniku 10^2 wskazanie na skali cyfry 10 ($10 \times 100 = 1000$). Taką metodą można określić punkty pomiarowe dla pozostałych zakresów skali „C” analogicznie, jak to miało miejsce przy cechowaniu skali „R”.

Następnie przeprowadzimy cechowanie skali procentów. Zamiast klawisza „R” względnie „C” będzie wciśnięty klawisz „%”. Położenie przełącznika zakresów nie gra tu żadnej roli, ze względu na to, że wbudowane do mostka oporniki zostają odłączone od układu, a przy cechowaniu będą potrzebne jedynie dwa oporniki: opornik typowy R_t — przyłączony do zacisków Cx — i inny opornik różniący się od poprzedniego tolerancją — opornik pomiarowy R_p , który będzie podłączony do zacisków Rx (rys. 14). Opornik typowy wybieramy o oporności 1000 omów, a do cechowania będą potrzebne nam oporniki dobrane wg tabeli cechowania.

Można oczywiście wybrać zupełnie inne punkty cechowania, zmieniając odpowiednio wartości oporników. Dalsze zageszczanie skali odbywa się przez interpolację, podobnie jak przy wartościach R i C.

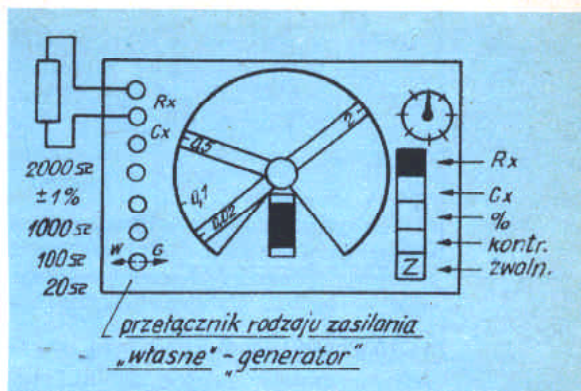
Dla $R_t = 1000$ omów i $R_p = 1000$ omów powinniśmy na skali procentów otrzymać zero. Po naniesieniu odpowiedniej ilości punktów, na wszystkich trzech skalach, wykańczamy je tuszem albo metodą fotograficzną.

Przeprowadzanie pomiarów

Wykonanie pomiaru powinno poprzedzić:

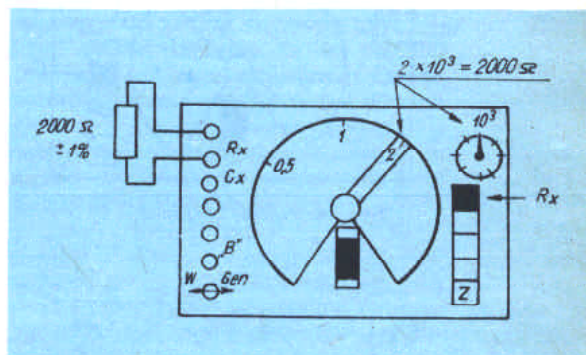
- włączenie sieci zasilającej mostek, co jest sygnalizowane przez lampkę kontrolną,

- b) wciśnięcie odpowiedniego klawisza i wybranie rodzaju zasilania samego mostka, tj. przełączenie na zasilanie „własne” względnie „generator”.
- c) przeprowadzenie pomiaru kontrolnego, który odbywa się przy włączonym klawiszu „K” i wskazówce przyrządu ustawionej na „1” dla osiągnięcia największej długości cienia lampy EM 84 (brak wskazania może być spowodowany niewciśnięciem klawisza rodzaju pomiaru),
- d) wybór rodzaju pomiaru będzie zależny od wciśniętego klawisza R, C, % lub R + C,
- e) przyłączenie badanego elementu do zacisków,
- f) właściwe ustawienie przełączników w takim położeniu, aby odpowiadały mierzonej wartości.



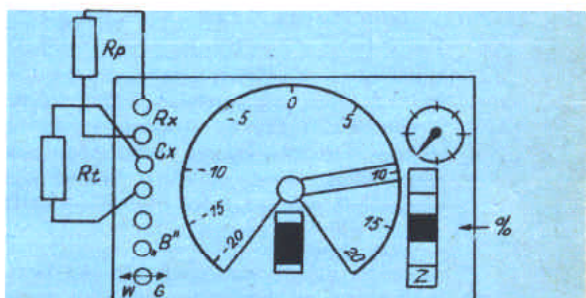
Rys. 12. Wyznaczanie punktów skali mostka dla pomiaru oporników

Jeżeli wartość mierzonego opornika jest w ogóle nie znana, należy pomiar rozpocząć od nastawienia przełącznika na „10”, a gałkę potencjometru wolno przekręcać od początku ku końcowi skali aż do drgnięcia pasków świetlnych wskaźnika, a później ich rozsuniecie będzie oznaczało odnalezienie punktu równowagi mostka, a co za tym idzie, właściwej wartości opornika lub kondensatora. Jeżeli punkty te będą powtarzały się na sąsiednich zakresach, to można dokonać wyboru jednego z nich, w którym punkt równowagi mostka będzie leżał możliwie blisko środka skali, a następnie dokonać odczytu:

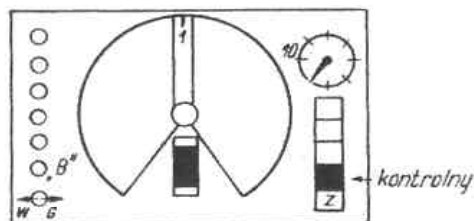


Rys. 13. Wyznaczanie punktu „2” za pomocą wzorcowanego opornika o rezystancji 2kΩ. Przełącznik zakresów w pozycji 10³

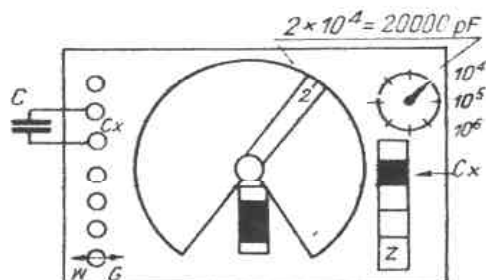
- a) regulator czułości P₂ (umieszczony na tylnej płycie przyrządu) należy ustawić tak, aby uzyskać możliwie ostre i jednoznaczne wskazanie przyrządu,
- b) uzyskanie minimum równowagi mostka powinno być osiągalne dla jednego badanego opornika lub kondensatora tylko w jednym położeniu wskazówki na skali przyrządu.



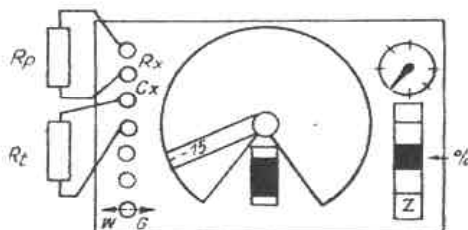
Rys. 14. Wyznaczanie punktów na skali pomiarowej błędów procentowych za pomocą oporników wzorcowych wg tabeli skalowania



Rys. 15. Pomiar kontrolny równowagi mostka



Rys. 16. Pomiar pojemności C_x



Rys. 17. Wyznaczanie tolerancji opornika R_t z nadrukiem $10\text{ k}\Omega$. R_p — opornik wzorcowy $10\text{ k}\Omega$ 1%. Równowaga mostka nastąpiła przy skali ustawionej na -15% . Wobec tego oporność R_t wynosi: $10\ 000 - 1500 = 8500\ \Omega$

Przy pomiarze procentów odchylenie wartości mierzonego elementu jest bezpośrednio odczytywane na skali procentów.

Przy pomiarze pojemności należy zwrócić uwagę, że pomiar w zakresie

najmniejszych pojemności będzie mało dokładny, ze względu na wejściową pojemność mostka, która wynosi około 15 do 20 pF. Przy bardzo starannym montażu, wartość pojemności wejściowej nie powinna przekroczyć 15 pF i należy ją każdorazowo uwzględnić przy pomiarze małych pojemności. Można też przeprowadzić odpowiednią korektę zakresu najmniejszych pojemności. Pomiar kontrolny, przedstawiony schematycznie na rys. 15, powinien być przeprowadzony przed każdym pomiarem właściwym, przy wciśniętym klawiszu „K”.

Pomiar oporności R_x przedstawiony został na rys. 12. Nie znany opornik został przyłączony do zacisków Rx. Wciśnięty został klawisz „R”, a wyrównanie mostka nastąpiło przy przełączniku zakresów ustawionym na „ 10^3 ”. Wskazówka potencjometru P_1 pokazuje na skali wartość 0,8 — wobec tego opornik ma rezystancję równą:
 $R_x = 0,8 \times 1000 = 800$ omów.

Pomiar nie znanej pojemności C_x przedstawia rys. 16. Wciśnięty jest klawisz „C”, a wyrównanie mostka następuje przy przełączniku zakresów ustawionym na „ 10^4 ”. Wskazówka ślizgacza potencjometru P_1 pokazuje na skali „2” wobec tego mierzony kondensator ma pojemność: $C_x = 2 \times 10^4 = 2 / 10\ 000$, czyli 20 000 pF. Pomiar procentowy (tolerancji) przedstawia rys. 17. Opornik R_t ma nadrukowaną wartość 10 000 omów, a jego tolerancja ma być odczytana po porównaniu go z innym, dokładnym opornikiem o tej samej wartości. Opornik R_t przyłączamy do zacisków Cx, a opornik wzorcowy do zacisków Rx i po wciśnięciu klawisza „%” wyrównujemy mostek do minimum cienia lampy. Odczytana na skali procentów liczba, np. -15% , informuje, że opornik R_t ma oporność rzeczywistą mniejszą o 15% od wydrukowanej to jest $10\ 000 - (10\ 000 \times 0,15) = 10\ 000 - 1500 = 8500$ omów.

Sprawdzenie przewodności (oporniki) i upływności (kondensatory) dokonywane jest w ten sposób, że badany element przyłączamy do gniazd oznaczonych „B” i obserwujemy neonówkę „N”. W wypadku, gdy badamy opornik, neonówka powinna jarzyć się pełną jasnością. Jeśli chodzi o kondensatory, to inaczej będą zachowywały się kondensatory elektrolityczne, a inaczej zwykłe, z dielektrykiem papierowym, ceramicznym itp. W momencie przyłączenia do gniazd kondensatorów o pojemnościach wyższych od 500 pF, neonówka rozjarzy się na moment i zgaśnie. Oznacza to, że kondensator ma dobrą izolację i jest w pełni sprawny. Migotanie neonówki będzie zawsze świadczyło o istnieniu upływności, i to tym większej, im wyższa jest częstotliwość zapłonów neonówki. Ciągłe świecenie neonówki oznacza zwarcie kondensatora. Może zdarzyć się, że przy badaniu kondensatorów elektrolitycznych neonówka będzie jarzyła się w sposób ciągły. Jeśli jednak „elektrolit” jest dobry, to neonówka powinna wygasnąć po upływie kilkunastu sekund (nawet do kilku minut).

W ten właśnie sposób odbywa się formowanie elektrolitów nisko i wysokonapięciowych. Kondensator przyłączony do gniazd „B” utrzymujemy pod napięciem tak długo, aż neonówka przestanie się jarzyć — dotyczy to jednak tylko kondensatorów wysokonapięciowych. Kondensatory elektrolityczne niskonapięciowe formuje się odpowiednio zredukowanym napięciem. Po 10–15 minutach można przyjąć, że kondensator został uformowany, co mogą potwierdzić pomiary pojemności. Podczas pomiaru paski świecące lampy EM 84 powinny być ostre i wyraźne. Rozmazane paski świecące będą świadczyły o istniejącej upływności, względnie niedostatecznym uformowaniu „elektrolitu”. W takim wypadku proces formowania należy powtórzyć.

Inż. Jerzy Brdulak