

INSTRUKCJA OBSŁUGI

LABORATORYJNY MOSTEK

TYP E309

1. Przeznaczenie przyrządu

Laboratoryjny mostek C typ E309 przeznaczony jest do pomiarów:

- pojemności uziemionych i nieziemionych w układzie dwu lub trójpunktowym w zakresie $0,002 \text{ pF} + 111,1 \mu\text{F}$
- pomiarów kąta stratności $\text{tg } \delta$ kondensatorów w układzie szeregowym w zakresie $0 + 210 \cdot 10^{-3}$
- pomiarów różnicy pojemności dwóch kondensatorów w zakresie $0 + 11000 \text{ pF}$

2. Wyposażenie przyrządu

- kable pomiarowe długości 75 cm szt. 3
- instrukcja obsługi szt. 1
- pokrowiec flanelowy szt. 1
- pokrowiec z folii szt. 1

3. Warunki pracy przyrządu

Przyrząd przystosowany jest do pracy w pomieszczeniach zamkniętych w temperaturze otoczenia $+10^{\circ}\text{C} + 35^{\circ}\text{C}$

wilgotność względna do 80% przy 30°C

W warunkach stacjonarnych nie narażony na wstrząsy i udary

4. Dane techniczne

4.1. Zakres oraz niedokładność pomiaru pojemności

podzakres	pojemność mierzona	niedokładność pomiaru	
x 0,01	$0,002 \text{ pF} + 0,10 \text{ pF}$	$\pm 0,002 \text{ pF}$	po uwzględnieniu pojemności początkowej mostka c $0,01 \text{ pF}$
x 0,1	$0,1 \text{ pF} + 1111 \text{ pF}$	$\pm 0,1\% \pm 0,01 \text{ pF}$	
x 1	$1000 \text{ pF} + 11110 \text{ pF}$	$\pm 0,1\%$	przy wykorzystaniu wszystkich dekad
x 10	$10000 \text{ pF} + 0,1111 \mu\text{F}$	$\pm 0,1\%$	
x 100	$0,1 \mu\text{F} + 1,111 \mu\text{F}$	$\pm 0,1\%$	
x 1000	$1 \mu\text{F} + 11,11 \mu\text{F}$	$\pm 0,2\%$	
x 10000	$10 \mu\text{F} + 111,1 \mu\text{F}$	$\pm 1\%$	

4.2. Zakres oraz niedokładność pomiaru $\text{tg } \delta$

$0 \pm 210 \cdot 10^{-3}$ dla pojemności od 10 pF do 0,1 μF

$0 \pm /210 \cdot 10^{-3}$ - poprawka/ dla pojemności od 0,1 μF - 111,1 μF

poprawkę oblicza się wg wzoru $1 \times 10^{-3} \cdot C_x$

gdzie C_x - pojemność mierzona wyrażona w μF

Dokładność pomiaru kąta stratności $\text{tg } \delta$

dla pojemności od 10 pF $\pm 0,1 \mu\text{F}$: $\pm 5\% \pm 1 \times 10^{-3}$

dla pojemności od 0,1 μF $\pm 111,1 \mu\text{F}$: $\pm 5\% \pm 1 \times 10^{-3}$ przy uwzględnieniu poprawki j.w.

4.3. Zakres oraz dokładność pomiaru różnicy pojemności $C_{am} - C_{mb}$

<u>podzakres x0,01</u>	<u>podzakres x0,1</u>	<u>podzakres x1</u>
------------------------	-----------------------	---------------------

0 - 0,10 pF	0 - 1111 pF	0 - 11110 pF
-------------	-------------	--------------

Dokładność pomiaru różnicy pojemności można obliczyć wg wzoru

$$\frac{0,1 \cdot C_{bm}}{C_{am} - C_{bm}} \% + 0,1\% + \frac{10}{C_{am} - C_{bm}} \times \text{zakres} \%$$

gdzie $C_{bm} < C_{am} < 11000$ pF są pojemnościami włączonymi odpowiednio między gniazda b i m oraz a i m mostka.

4.4. Częstotliwość oraz amplituda napięcia zasilającego mostek:

częstotliwość napięcia pomiarowego wynosi 800 Hz $\pm 5\%$

amplituda napięcia zasilającego mostek jest regulowana

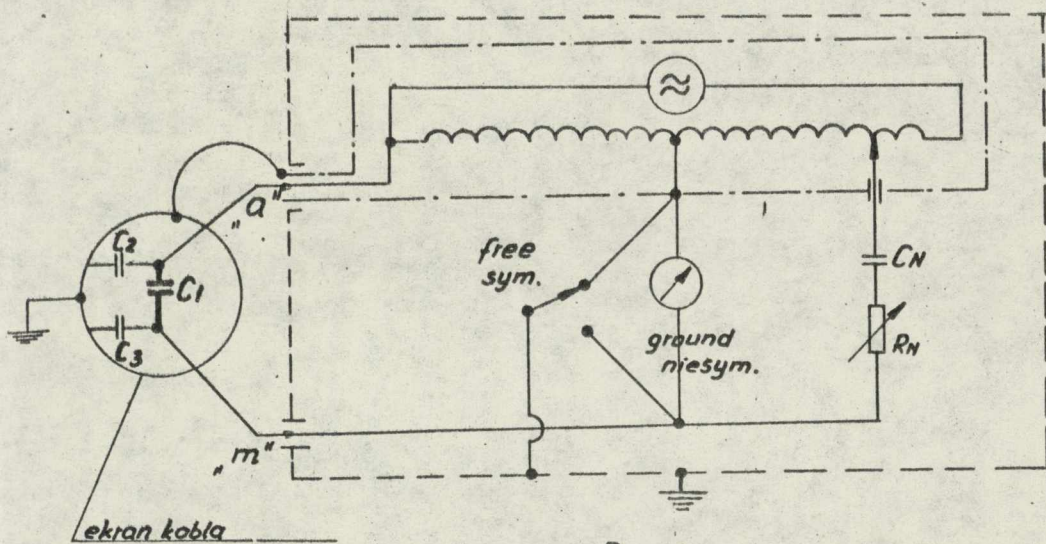
w zakresie 5V \pm 100V

4.5. Zniekształcenia nieliniowe napięcia pomiarowego $\leq 3\%$

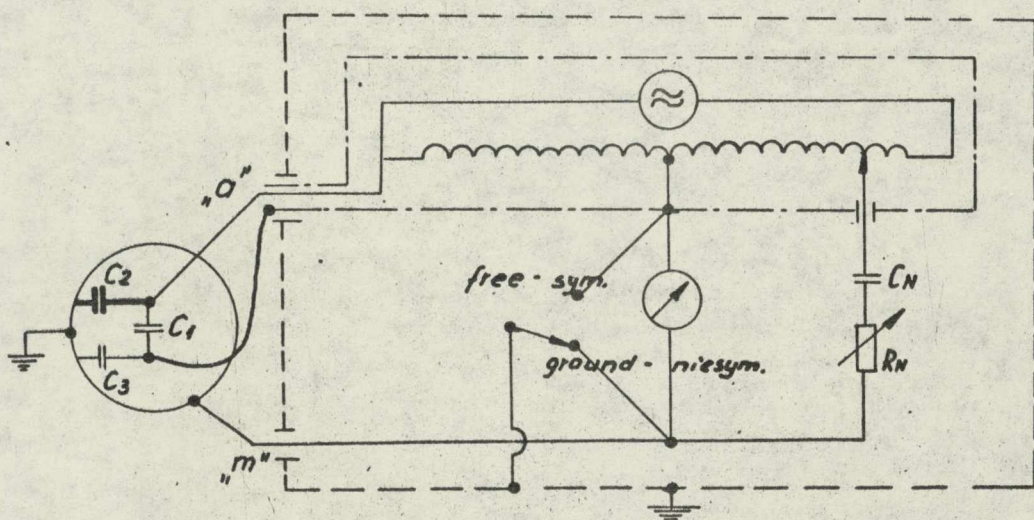
4.6. Czułość wzmacniacza wynosi 1 - 2 μV /dz odchylenia miernika,

wzmacniacz selektywny dostrojony do częstotliwości 800 Hz.

Charakterystyka amplitudowa czułości wzmacniacza zbliżona do logarytmicznej



Rys. 4
C1 pojemność symetryczna

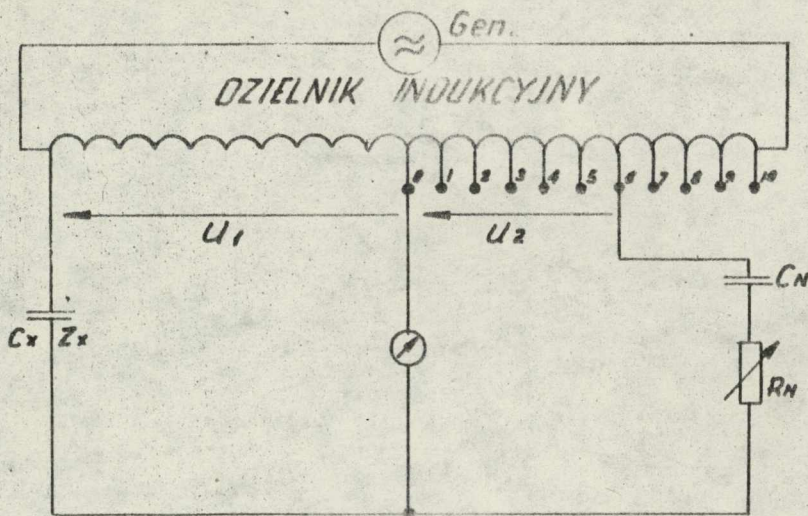


Rys. 5
C2 i C3 pojemności niesymetryczne

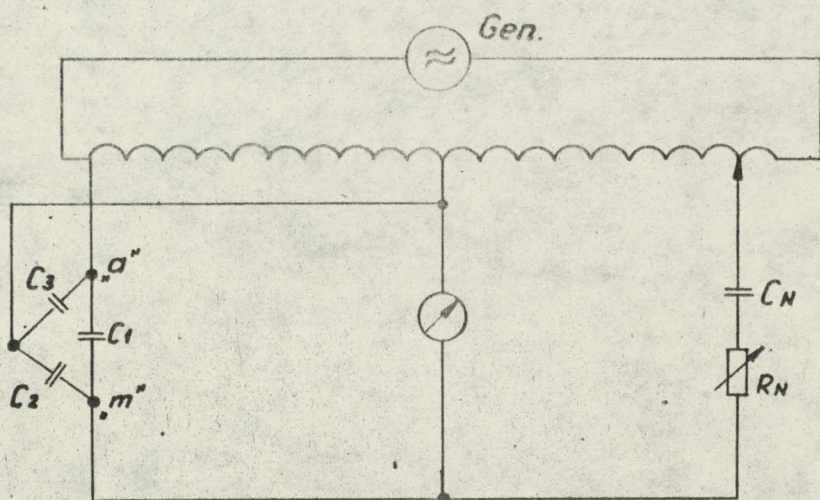
Opracował	B. Drogł.	6.6.68.	Sprawdził		Nr archiwum:
Sprawdził	<i>[Signature]</i>	8.06.68.	Zatwierdził		Arkusz: 14 Arkuszy: 27



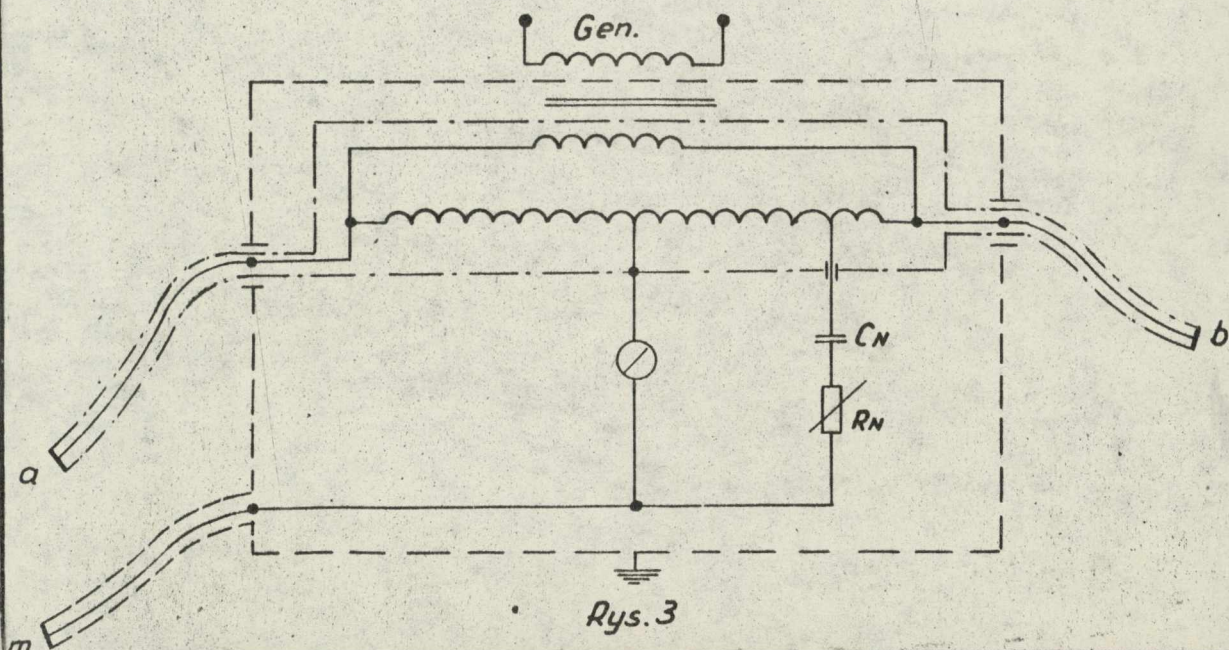
10-E 302/02



Rys. 1



Rys. 2



Rys. 3

Opracował	B. Doył	6.6.68r.	Sprawdził		Nr archiwum:
Sprawdził	Tyguł	8.06.68	Zatwierdził		Arkusz: 13 Arkuszy: 27



ID-E302/02

4.7. Wymiary i ciężar

szerokość	495 mm
wysokość	170 mm
głębokość	255 mm
ciężar	12,5 kG.

4.8. Zasilanie: sieć 220V \pm 10% 50 Hz

pobór mocy 10 VA

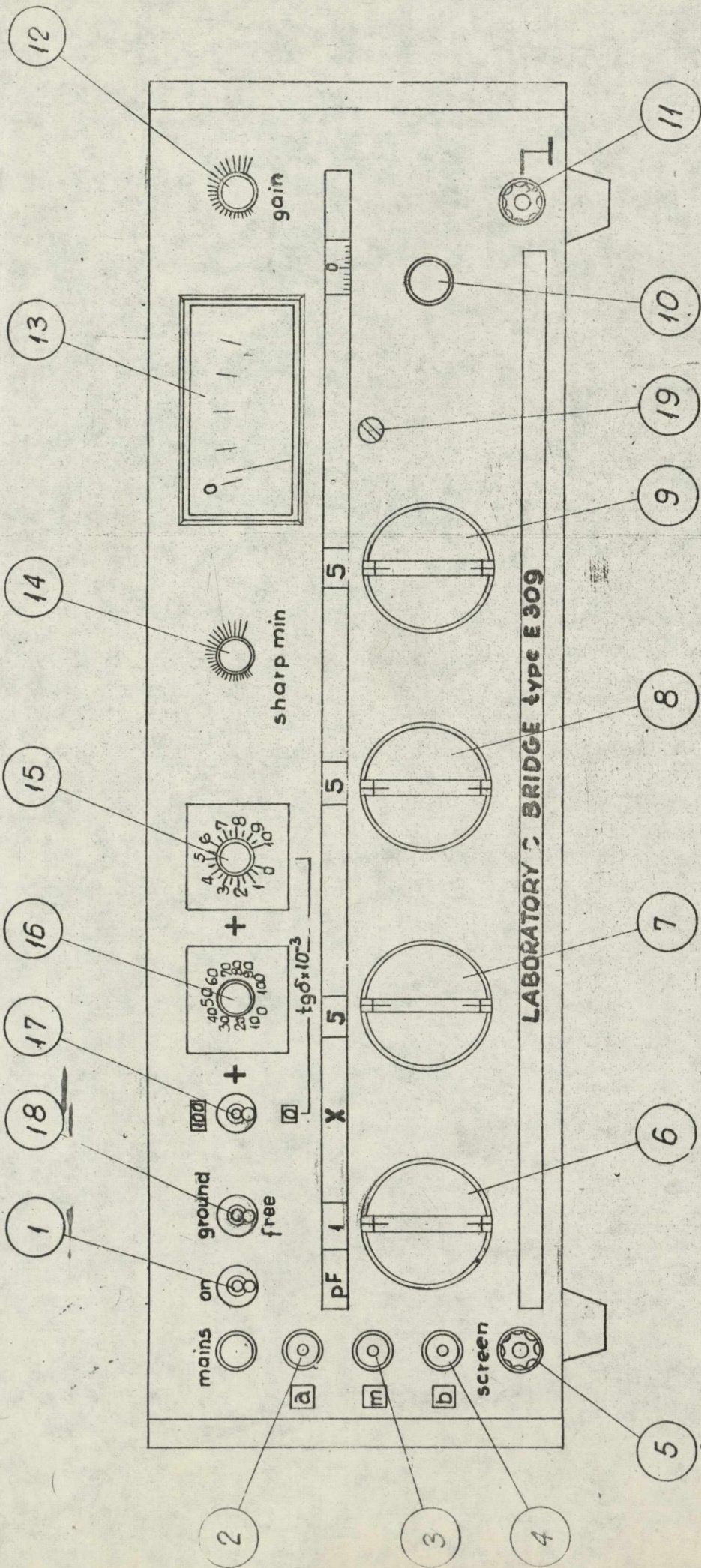
5. Opis działania przyrządu

Mostek E-309 składa się ze stabilizowanego zasilacza 12V, generatora napięcia przemiennego sinusoidalnego o częstotliwości 800 Hz, wzmacniacza selektywnego z układem detekcyjnym i miernikiem magnetoelektrycznym oraz z części mostkowej.

6. Rozmieszczenie i oznaczenie organów sterowniczych i regulacyjnych

Rozmieszczenie pokręteł na płycie czołowej pokazano na rys.

Nr	Nazwa	Przeznaczenie
1.	wyłącznik sieci	w pozycji przełącznika "on" przyrząd jest włączony do sieci i powinien się świecić czerwony wskaźnik
2;3;4;	gniazda "a" "m" "b"	Gniazda BNC służą do podłączenia kabli pomiarowych. Przy pomiarze pojemności element mierzony włączony między gniazda "a" i "m". Przy pomiarze różnicy pojemności pojemność większa włączamy między gniazda "a" i "m" a mniejszy między gniazda "b" i "m"
5.	gniazda "screen"	Gniazdo to jest podłączone z ekranem wewnętrznym mostka. Do gniazda tego należy podłączyć wszystkie zbędne elementy dające niepożądane po-



jemności bocznikujące mierzoną pojemność. Łącząc te elementy z ekranem wewnętrznym eliminujemy je z pomiaru.

6. przełącznik zakresów

służy do wybrania odpowiedniego zakresu celem zmierzenia pojemności.

Przełącznik zakresów należy ustawić tak aby podczas pomiaru wykorzystane były wszystkie cztery dekady Nr 7,8,9,10.

7,8,9,10 przełączniki dekadowe

Przełączniki te służą do równoważenia mierzonej pojemności. Wynik odczytany w okienkach nad dekadami mnożymy przez liczbę umieszczoną w okienku nad przełącznikiem zakresów. Ostatnia dekada "10" jest płynna o zakresie $-11 + 0 + +11$. Wynik odczytany na czerwonej skali dodać do sumy trzech poprzednich dekad.

Przy ustawieniu przełącznika zakresów w pozycji $\times 0,01$ dekady 7,8,9 nie biorą udziału w pomiarze.

Mostek równoważymy wyłącznie dekadą płynną "10".

11. gniazdo masy

Gniazdo to jest podłączone do obudowy zewnętrznej mostka. Podczas pomiaru mostek powinien być uziemiony.

12. pokrętło wzmocnienia "Gain"-czułość

Pokrętło to ma dwójakie przeznaczenie

1. służy do sprawdzenia wskazówki w pole pomiarowe miernika w przypadku gdy w wyniku rozrównoważenia mostka sygnał błędu jest za duży.

2. służy do ustawienia odpowiedniego napięcia zasilającego układ mostka.

Regulacja czułości układu mostkowego odbywa się poprzez zmianę napięcia zasilającego mostek.

13. mikroamperomierz

Wskaźnik równowagi mostka. Podczas pomiaru należy starać się sprowadzić wskazówkę miernika w położenie minimalne bliskie zera.

14. "sharp min"
Ostre minimum

Pokrętło to służy do dokładnego zrównoważenia mostka gdy rozdzielność potencjometru "15" jest za mała i nie pozwala na sprawdzenie wskazówki miernika na zero.

Położenie tego pokrętła nie wpływa na wartość pomierzonego $tg \delta$

15, 16, 17 $tg \delta \times 10^{-3}$

Pokrętło 15 pokrywa zakres $tg \delta$ od $0 + 10 \cdot 10^{-3}$ w sposób ciągły. Przełącznik 16 pokrywa skokowo co $10 \cdot 10^{-3}$ zakres $tg \delta$ od $0 + 100 \cdot 10^{-3}$

Przełącznik 17 zwiększa dodatkowo o $100 \cdot 10^{-3}$ zakres $tg \delta$. Suma wyników odczytana ze wszystkich trzech pokręteł daje szukaną wartość mierzonego kondensatora.

18. "ground-free"

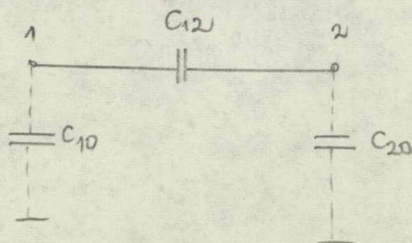
W pozycji przełącznika "free" przyrząd pozwala na pomiar metodą trójpunktową pojemności symetrycznych nieuziemionych. W pozycji przełącznika "ground" przyrząd pozwala na pomiar pojemności niesymetrycznych czyli uziemionych /tj. takich, których jedna okładzina połączona jest z ziemią/.

19.

Regulacja zera mechanicznego mikroamperomierza. Przeprowadzać przy wyłączonym przyrządzie i pionowym ustawieniu miernika.

7. Pomiary

Każdy kondensator który ma mieć pojemność stałą niezależną od jego przypadkowego położenia względem otaczających mas musi być ekranowany. Przykład kondensatora nieekranowanego pokazany na poniższym rysunku

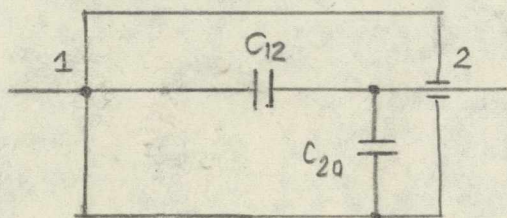


Pojemności C_{10} i C_{20} zmieniają się w sposób przypadkowy.
 Pojemność mierzona między zaciskami I i II wynosi

$$C = C_{12} + \frac{C_{10} \cdot C_{20}}{C_{10} + C_{20}}$$

Pojemność ta jest zależna od położenia kondensatora względem masy.

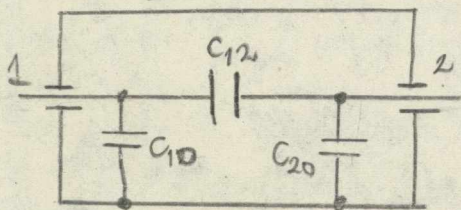
Pojemność kondensatora z ekranem połączonym z jedną okładką
 /Kondensator dwupunktowy tzn. niesymetryczny/



$$C = C_{12} + C_{20}$$

Pojemność ta jest stała

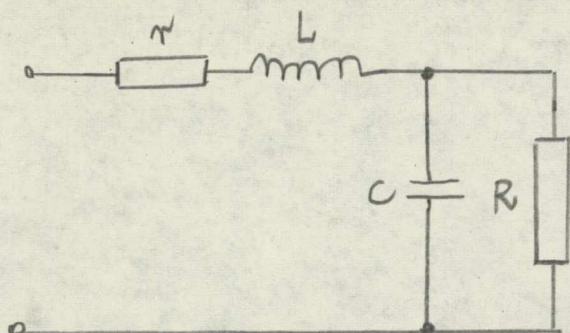
Kondensator trójpunktowy ekranowany tzn. symetryczny:



$$C = C_{12} + \frac{C_{10} \cdot C_{20}}{C_{10} + C_{20}}$$

W przypadku połączenia ekranu kondensatora z ekranem wewnętrznym mostka /gniazdo "screen"/ dokonuje się tylko pomiaru pojemności C_{12}

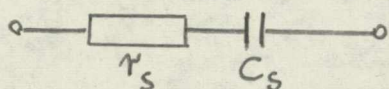
Schemat zastępczy kondensatora przedstawia się następująco



- r - straty w częściach metalowych
- R - straty w dielektryku
- L - indukcyjność doprowadzeń

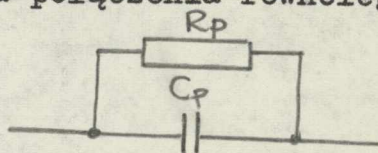
Dla niskich częstotliwości i pojemności $< 1 \mu\text{F}$ błąd wynikający z istnienia indukcyjności można pominąć

Dla połączenia szeregowego



$$\text{tg } \delta = \omega r_s C_s$$

dla połączenia równoległego



$$\text{tg } \delta = \frac{1}{\omega R_p C_p}$$

Mostek E309 mierzy pojemność i $\text{tg } \delta$ w układzie szeregowym.

Zależności między pojemnością zastępczą równoległą i szeregową są następujące

$$C_s = C_p \left| 1 + \text{tg}^2 \delta \right|$$

$$R_p = r_s \left| 1 + \frac{1}{\text{tg}^2 \delta} \right|$$

Przyrost pojemności na skutek istnienia indukcyjności doprowadzeń

$$\frac{\Delta C}{C} = \omega^2 LC$$

Przyrost pojemności ΔC na skutek istnienia indukcyjności doprowadzeń jest szczególnie duży przy pomiarach pojemności

$> 1 \mu\text{F}$.

Pomiary te powinny się przeprowadzać wyłącznie przy użyciu kabli pomiarowych dołączonych do mostka. Przy dłuższych doprowadzeniach błąd pomiaru może przekroczyć wartości podane w danych technicznych.

7.1. Pomiar pojemności uziemionej /niesymetrycznej/

Włączyć mierzoną pojemność między gniazda "a" i "m" poprzez kable pomiarowe. Ustaw przełącznik "free-ground" w pozycji "ground".

Kabel wyprowadzony z gniazda "m" połączyć z uziemioną elektrodą kondensatora. Przełącznik zakresów ustawić na zakresie obejmującym orientacyjnie mierzoną pojemność. Pokrętło "gain" ustaw tak aby wskazówka wskaźnika równowagi nie wychodziła poza skalę.

Kręcąc na zmianę pokrętkami $\text{tg } \delta$ i przełącznikami dekadowymi pojemności sprowadzić miernik na minimum odchylenia wskazówki od pozycji zerowej. Dla pojemności większych od 100 pF przełącznik zakresów powinien być tak ustawiony ażebym w pomiarze wykorzystane były wszystkie cztery dekady pomiaru pojemności.

Wartość odczytana w okienkach nad przełącznikami pomnożona przez zakres daje nam wartość mierzonej pojemności. Należy zwrócić uwagę czy wartość odczytana z ostatniej dekady jest ujemna /czerwona skala/ czy dodatnia /czarna skala/ i w zależności od tego dodać lub odjąć tą wartość do sumy pozostałych trzech dekad. Wartość $\text{tg } \delta$ jest również sumą wartości ustawionych na przełącznikach 15, 16 i 17 /patrz arkusz/. Przy pomiarze kondensatorów $\geq 0,1 \mu\text{F}$ należy od odczytanej wartości $\text{tg } \delta$ odjąć poprawkę $C_x \cdot 10^{-3}$ gdzie C_x - mierzona pojemność wyrażona w μF .

Uwaga: podczas pomiaru pojemności na zakresie $\times 0,01$ działa jedynie ostatnia dekada - 11 - 0 + 11
Pokrętła $\text{tg } \delta$ nie wskazują rzeczywistej wartości
 $\text{tg } \delta$ służą one jedynie do równoważenia upływności kondensatora.

7.2. Pomiar pojemności nieziemionej /symetrycznej/

Przełączyć przełącznik "free-ground" w pozycję "free".
Podłączyć nieznaną kondensator między gniazda "a" i "m".
Wszystkie elementy wnoszące pojemności bocznikujące mierzoną pojemność połączyć z gniazdem "screen".
Pozostałe czynności wykonać jak w p.4.1.

Uwaga: podczas pomiaru małych pojemności należy zmierzyć pojemność między końcami kabli pomiarowych i odjąć od otrzymanego wyniku.

7.3. Pomiar różnicy pojemności

Kondensator o większej pojemności należy włączyć między gniazda "a" i "m". Kondensator o mniejszej pojemności między gniazda "b" i "m". Kolejność równoważenia jest taka sama jak przy pomiarze pojedynczego kondensatora.
Wartość odczytanej pojemności z dekad mostka jest różnicą pojemności $C_{am} - C_{bm}$.

Jeżeli kondensator C_{bm} ma większe straty niż kondensator C_{am} może zajść potrzeba włączenia dodatkowej oporności w szereg z kondensatorem C_{am} celem zrównoważenia mostka.
Przy pomiarach różnicy pojemności wartość $\text{tg } \delta$ wskazywana przez mostek nie odpowiada wartości $\text{tg } \delta$ żadnego z mierzonych kondensatorów.