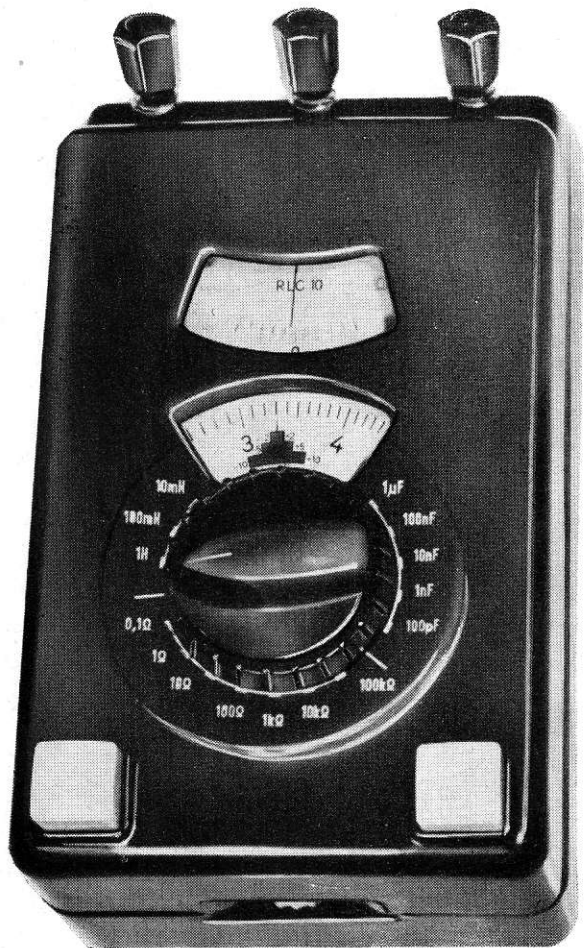


RLC 10

MALÝ
TRANZISTOROVÝ
MŮSTEK

Meira Blaisko



NÁVOD K POUŽITÍ

Návod k použití malého tranzistorového můstku pro měření odporů, indukčností a kapacit — **RLC 10**

Sestavování, ověřování funkce, údržba nebo opravy elektronických přístrojů a zařízení je každodenním úkolem mnoha techniků, mechaniků, údržbářů a opravářů. Úspěch jejich práce a zejména její efektivnost závisí v první řadě na dobrých znalostech, avšak účelný měřicí přístroj nepochybně násobí využití těchto znalostí.

Příčinou chybné funkce přístrojů bývají často nesprávné nebo poškozené součásti, které je nutno jednoduše vyzkoušet. Pro tyto účely se osvědčují malé a zejména pohotové zkušební a měřicí přístroje, které nepotřebují pracnou přípravu k měření (zapínání sítě, čekání na nažhavení, zapojování složitého příslušenství apod.).

Pracovníci na vývojových i výrobních pracovištích, stejně tak jako ve zkušebnách a opravárnách a v neposlední řadě i amatéři ocení tento malý příruční můstek RLC 10, jímž lze rychle měřit ohmické odpory, indukčnosti a kapacity v rozsahu nejběžněji používaných hodnot v elektronice, sdělovací i silnoproudé technice.

K přednostem přístroje patří:

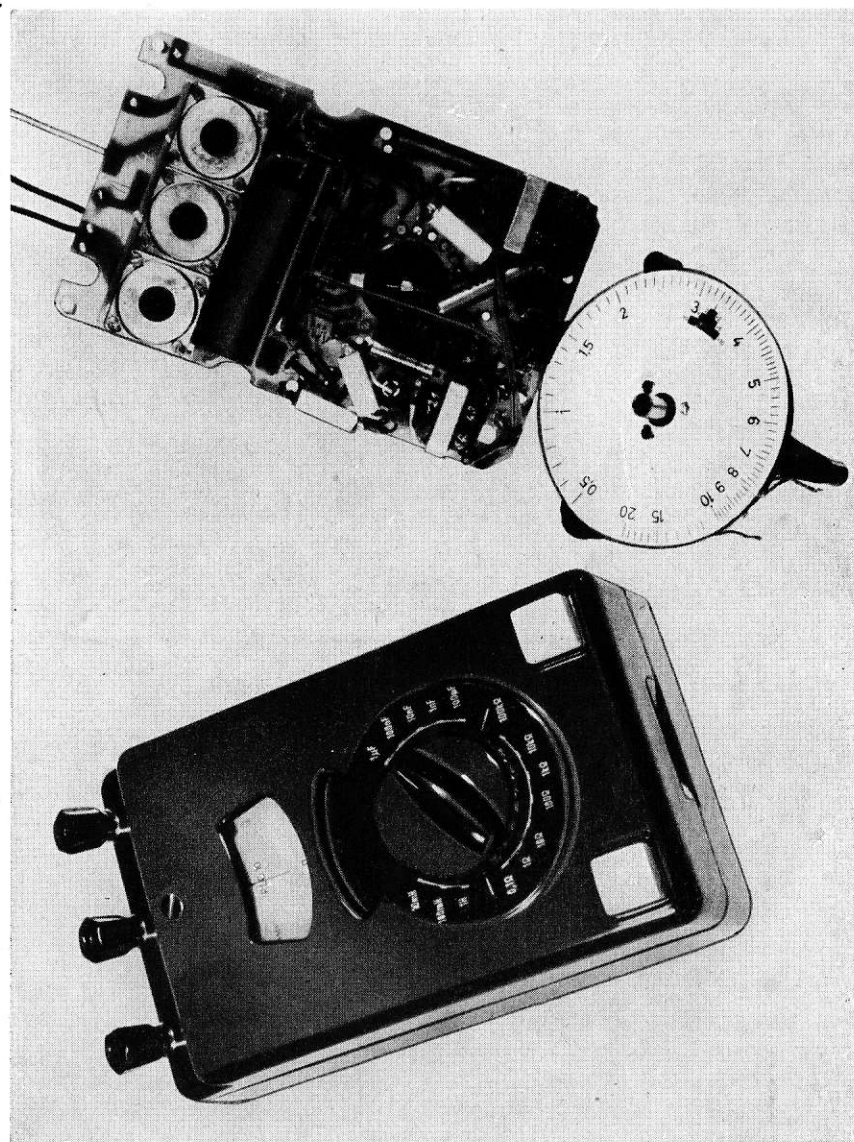
1. široký obor měření odporů od $0,05 \Omega$ do $2 \text{ M}\Omega$ (v 7 rozsazích), indukčností od 5 mH do 20 H (ve 3 rozsazích) a kapacit od 50 pF do $20 \mu\text{F}$ (v 5 rozsazích),
2. přesnost 1,5 a 2,5 % podle rozsahu,
3. okamžitá připravenost k měření a indikace vestavěným galvanoměrem nejen při měření stejnosměrným proudem (R), ale stejným způsobem i při měření střídavým proudem (RLC),
4. malé rozměry a váha, napájení z baterie 3 V.

Obr. 1 Můstek RLC 10



POPIS MŮSTKU RLC 10

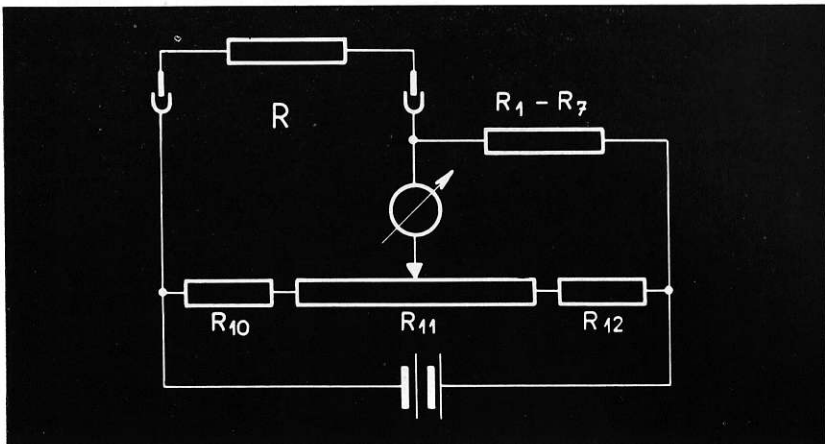
Můstek je vestavěn do pouzdra odlisovaného z umělé hmoty. Na čelní straně jsou tři přívodní svorky, indikační galvanoměr, stupnice měrného potenciometru, knoflík pro ovládání měrného potenciometru a přepínač rozsahů. V dolní části jsou tlačítka pro zapojování stejnosměrného nebo střídavého napájení můstku. V boční stěně je zapuštěn knoflík potenciometru pro vyrovnání ohmické složky indukčnosti. Napájecí baterie 3 V, typ 223 (ČSN 36 4171 nebo 2R 10 podle IEC), se vkládá pod krycí víčko na spodní straně můstku. Všechny součásti můstku včetně přepínače jsou uspořádány na desce s plošnými spoji, jimiž je provedeno zapojení přístroje.



Obr. 2 Hlavní části můstku: pouzdro s galvanoměrem, nosná deska plošných spojů, měrný potenciometr se stupnicí

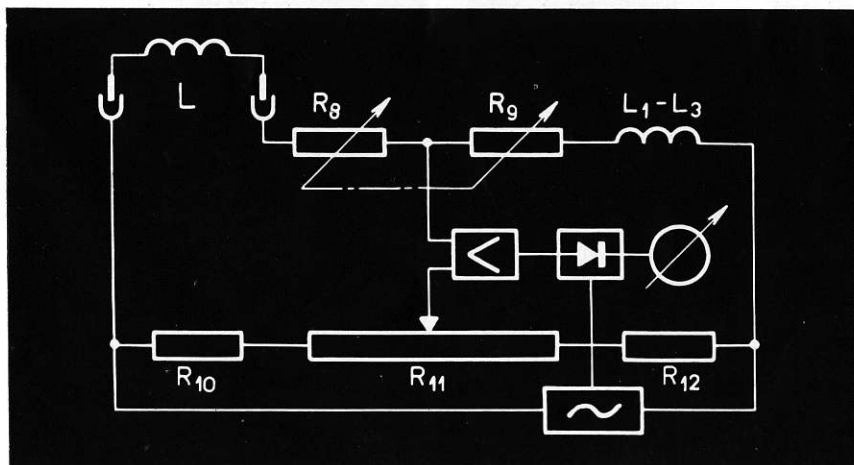
OHMICKÉ ODPORY

se měří pomocí Wheatstoneova můstku s měrným potenciometrem (obr. 3)



Obr. 3 | Měření odporů: Wheatstoneův můstek s měrným potenciometrem

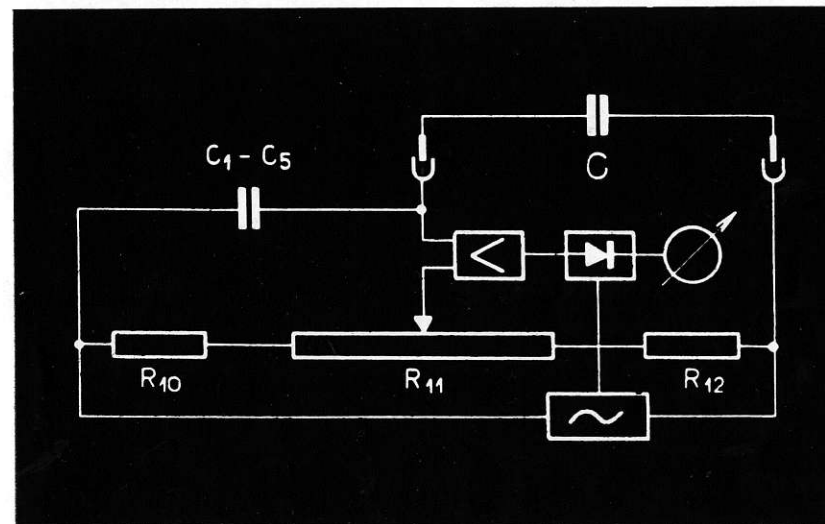
INDUKČNOSTI se měří pomocí Maxwellova můstku (obr. 4)



Obr. 4 | Měření indukčností: Maxwellův můstek. Odporů R_8 a R_9 vyrovnávají ohmickou složku

KAPACITY

se měří pomocí můstku de Sautyho (obr. 5)



Obr. 5 | Měření kapacit: De Sautyho můstek

Rozsah měrného potenciometru je účelně omezen doplňkovými odpory R_{10} a R_{12} na jednu dekádu. Zdrojem proudu pro ss měření je baterie přímo, pro střídavá měření tranzistorový generátor napájený touto baterií. Indikátorem při ss měření je galvanoměr. Pro stř. indikaci je vestavěn tranzistorový zesilovač s fázově citlivým členem, pomocí něhož indikuje galvanoměr vyvážení můstku stejným způsobem jako při ss proudu.

Můstku lze také použít jako zdroje střídavého napětí asi 0,3 V, 800—1000 Hz.

PŘÍPRAVA MĚŘENÍ

**před měřením
se přesvědčíme, zda:**

1. ručka galvanoměru ukazuje přesně na nulový dílek stupnice. Chybné postavení ručky se opraví stavítkem nulové polohy,
2. regulační knoflík ohmické složky na boku můstku má červenou tečku uprostřed výřezu,
3. je v přístroji správně vložena baterie (baterie, typ 223, ČSN 36 4171).

Při vkládání nutno dbát polarity baterie, aby nedošlo k poškození tranzistorů. Kladný pól je v pouzdře zřetelně označen.

Přístroj se nesmí napájet vyšším napětím, např. vnějším zdrojem.

Nebyl-li můstek delší dobu používán, doporučujeme překontrolovat napětí baterie přímo v můstku tímto způsobem:

přepínač rozsahů přepneme na rozsah „1 k Ω “ a měrný potenciometr postavíme na hodnotu „20“. Při stisknutí stejnosměrného tlačítka musí ručka ukázat (bez připojeného odporu) výchylku větší než 3 dílky stupnice galvanoměru. Ukazuje-li méně, nutno baterii vyměnit. Vybitou a korodující baterii v přístroji nenecháváte!

PŘEHLED MĚŘICÍCH ROZSAHŮ

Můstek má celkem 15 měřicích rozsahů.

ODPORY

Na rozsahu	lze měřit	s přesností	proudem	s korekcí
0,1 Ω	0,05 Ω — 2 Ω	2,5%	=	-0,005 Ω
1 Ω	0,5 Ω — 20 Ω	1,5%	=	—
10 Ω	5 Ω — 200 Ω	1,5%	= i ~	—
100 Ω	50 Ω — 2 k Ω	1,5%	= i ~	—
1 k Ω	500 Ω — 20 k Ω	1,5%	= i ~	—
10 k Ω	5 k Ω — 200 k Ω	1,5%	= i ~	—
100 k Ω	50 k Ω — 2 M Ω	2,5%	~	—

INDUKČNOSTI

10 mH	5 mH — 200 mH	2,5%	~ L, = R _L	—
100 mH	50 mH — 2 H	2,5%	~ L, = R _L	—
1 H	0,5 H — 20 H	2,5%	~ L, = R _L	—

KAPACITY

100 pF	50 pF — 2 nF	2,5%	~	— (5—20) pF hodnota uvedena na štítku přístroje
1 nF	500 pF — 20 nF	2,5%	~	—
10 nF	5 nF — 200 nF	2,5%	~	—
100 nF	50 nF — 2 μ F	2,5%	~	—
1 μ F	500 nF — 20 μ F	2,5%	~	—

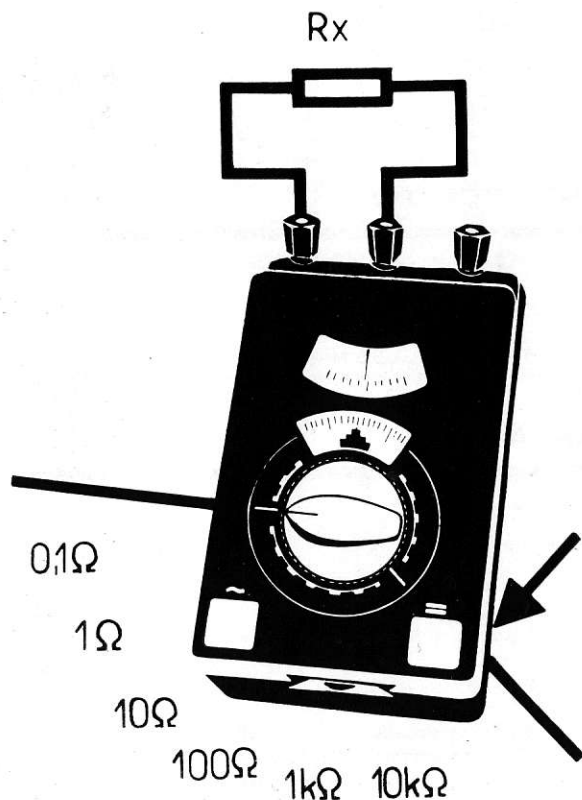
Přesnost se počítá z měřené hodnoty v rozsahu „1—10“ stupnice měrného potenciometru.

Odběr proudu při stejnosměrných měřeních se pohybuje od 75 do 135 mA podle rozsahu, při měření střídavým proudem 12—16 mA. Současným stisknutím obou tlačítek se vybíjí baterie.

MĚŘENÍ ODPORŮ

Ohmické odpory lze měřit od $0,05 \Omega$ do $100 \text{ k}\Omega$ v 6 rozsazích stejnosměrným proudem ve Wheatstoneově můstku s měrným potenciometrem.

Měřený odpor se připojí na svorky značené „RL“ (obr. 6) a přepínač rozsahů se postaví na rozsah předpokládané hodnoty odporu. Stisknutím pravého tlačítka označeného = se ručka galvanoměru vychýlí při větším odporu vpravo, při menším vlevo.



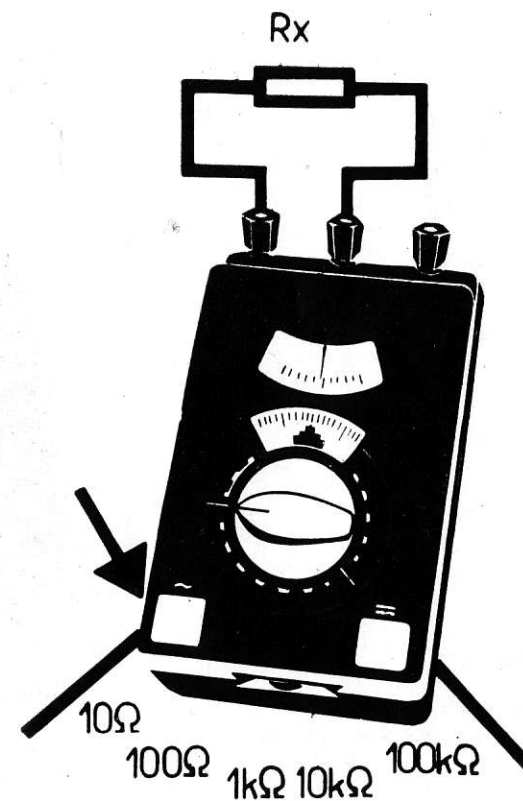
Obr. 6
Měření ohmických odporů stejnosměrným proudem

Otáčením měrného potenciometru proti výchylce ručky se snažíme dosáhnout nulové výchylky galvanoměru. Nepodařilo-li se to ani při zcela vytočeném potenciometru, je nutno ve stejném směru přepnout přepínač rozsahů o jeden, popř. více rozsahů, až se ručka galvanoměru vychýlí na opačnou stranu. Poté otáčením měrného potenciometru lze již dosáhnout rovnováhy můstku a tím nulové výchylky galvanoměru. Velikost měřeného odporu se získá násobením hodnoty odečtené na stupnici měrného potenciometru nastaveným rozsahem.

Na nejnižším rozsahu „0,1 Ω “ nutno od změřené hodnoty odečíst $0,005 \Omega$, které představují odpor přívodů uvnitř můstku.

Při měření je výhodné zapínat tlačítko jen krátkodobě. Zlepší se citlivost nastavení a šetří se baterie.

Od 10Ω výše lze měřit ohmické odpory také střídavým proudem (obr. 7).



Obr. 7
Měření čistě ohmických odporů střídavým proudem

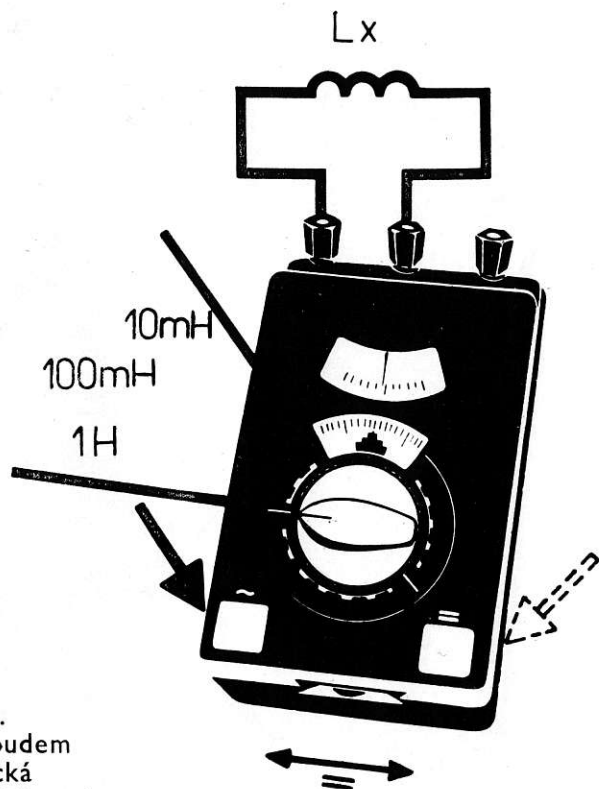
Odpor se připojuje na stejné svorky jako v předchozím měření. Místo pravého tlačítka se stiskne levé tlačítko označené \sim . Galvanoměr indikuje velikost odporu naprosto stejným způsobem jako při proudu stejnosměrném. Měření má větší citlivost a zároveň menší spotřebu proudu. Podmínkou ovšem je, aby měřený odpor neměl takové indukční ani kapacitní složky, které by se mohly při kmitočtu 800 až 1000 Hz uplatnit. Nelze tedy takto měřit např. ohmický odpor tlumivek nebo transformátorů.

Na posledním odporovém rozsahu „100 k Ω “ nedostačuje již citlivost galvanoměru při stejnosměrném napájení baterií 3 V a nutno měřit jen pomocí stř. proudu.

MĚŘENÍ INDUKČNOSTI

Na můstku lze dále měřit indukčnosti od 5 mH do 20 H ve třech rozsazích.

Měřená indukčnost se připojí na svorky označené „RL“ (obr. 8).



Obr. 8

Měření indukčnosti.
Stejnoseměrným proudem
se vyrovnává ohmická
složka měřené indukčnosti

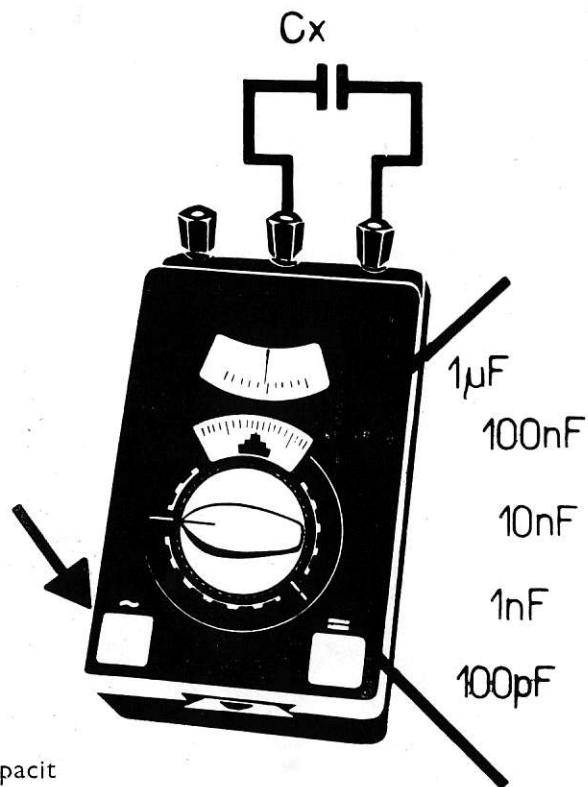
Vzhledem ke značným ohmickým odporům indukčností se musí při měření vyrovnat jak vlastní indukčnost, tak i tato její ohmická složka. K tomu účelu je určen potenciometr pro vyrovnání ohmické složky na boku přístroje, který musí být na počátku měření v takovém postavení, aby červená tečka byla ve středu okénka. Na obou potenciometrech je v tomto případě nastaven minimální odpor (obr. 4).

Přibližnou hodnotu měřené indukčnosti najdeme měrným potenciometrem, popř. pomocí přepínače rozsahů při střídavém proudu stejným způsobem jako u odporů. Přesnější hodnotu pak určíme až po vyrovnání ohmické složky. Měrný potenciometr ponecháme v postavení, při němž ukázal galvanoměr minimální výchylku se střídavým proudem. Nyní stiskneme tlačítko stejnosměrného proudu a snažíme se opět vyrovnat galvanoměr na minimální výchylku pomocí potenciometru ohmické složky na boku přístroje. Knoflíkem nutno otáčet proti výchylce galvanoměru. Vyrovnání ohmické složky ss proudem ovlivní poněkud nastavení měrného potenciometru při střídavém proudu. Vyvažování tedy probíhá střídavě měrným potenciometrem pomocí střídavého proudu a knoflíkem ohmické složky pomocí stejnosměrného proudu. Můstek je vyvážen, ukazuje-li galvanoměr nulovou výchylku jak při stisknutí střídavého, tak i stejnosměrného tlačítka.

Přesné vyvážení ohmické složky může být u krajních hodnot někdy obtížné, vzhledem ke značným rozdílům ohmických složek nejmenších a největších měřených indukčností. Naprosto přesné vyvážení není však v těchto případech podmínkou správného měření indukčnosti v mezích třídy přesnosti. Zpravidla postačí, aby ručka galvanoměru ukazovala při vyrovnání ohmické složky v mezích indikační stupnice galvanoměru.

MĚŘENÍ KAPACIT

Kondenzátory lze na můstku měřit od 50 pF do 20 μ F v pěti rozsazích. Měřený kondenzátor se připojí na svorky označené „C“ (obr. 9) a přepínač se nastaví na kapacitní rozsah předpokládané velikosti kondenzátoru.



Obr. 9 Měření kapacity

Po stisknutí levého tlačítka označeného „ \sim “ ukáže ručka galvanoměru, zda je měřený kondenzátor větší nebo menší, stejně tak jako při měření odporů. Otáčením měrného potenciometru proti výchylce ručky, popř. přepnutím rozsahu se dosáhne vyrovnání galvanoměru.

Na nejnižším rozsahu „100 pF“ nutno od změřené hodnoty odečíst vstupní kapacitu můstku, která se pohybuje v mezích 5—20 pF. Přesná hodnota je udána na štítku každého přístroje.

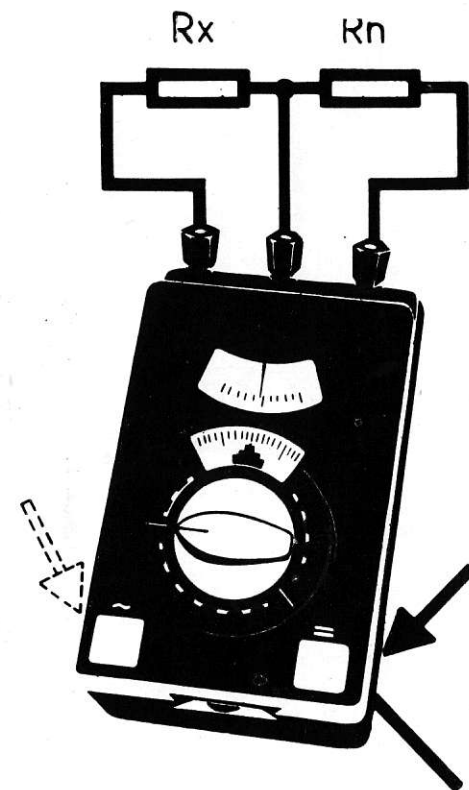
Kapacity se měří střídavým proudem. Ztrátový úhel běžných kondenzátorů je malý a nemá vliv na přesnost měření.

Můstkem lze informativně ověřovat i kapacitu elektrolytických kondenzátorů do 20 μ F.

TOLERANČNÍ MĚŘENÍ

Můstek RLC 10 umožňuje toleranční měření uspořádáním svorek a červeným tolerančním polem na hodnotě „3,3“ stupnice měrného potenciometru. Toleranční měření s použitím vnějších normálů je velmi výhodné při kontrole odchylek většího množství součástí.

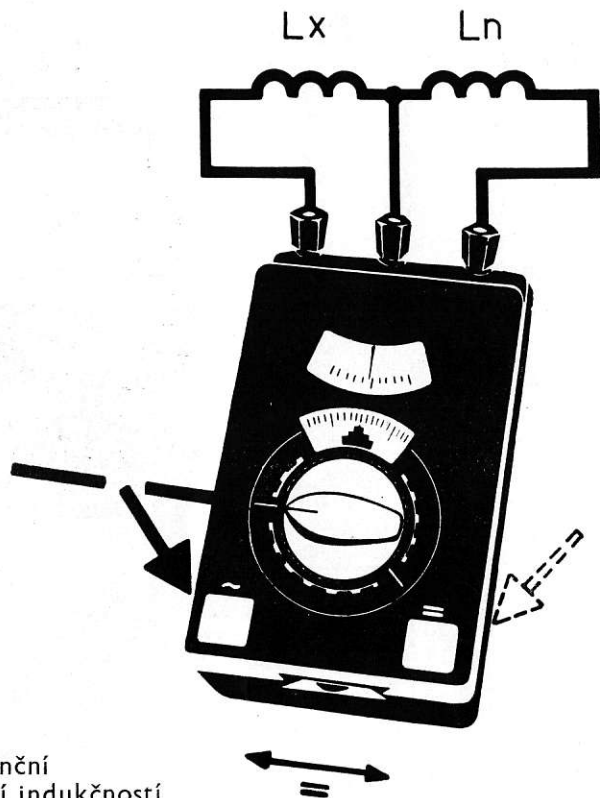
Měřené a normálové odpory, indukčnosti nebo kapacity se zapojí podle obr. 10, 11 a 12.



Obr. 10 Toleranční měření odporů

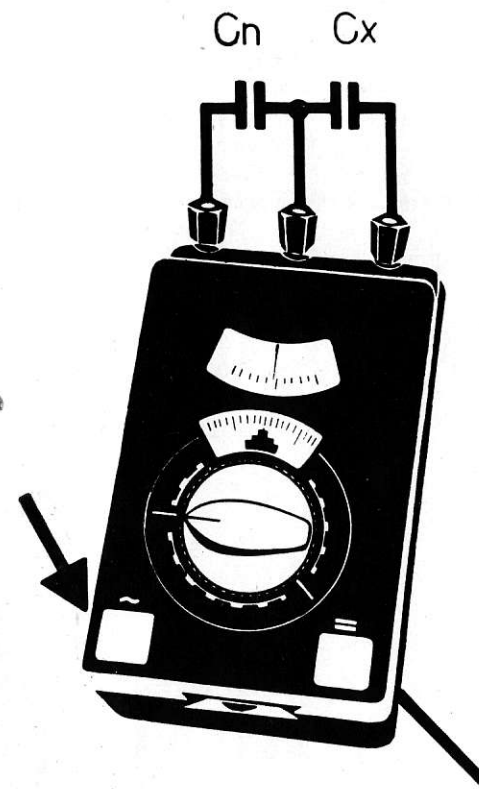
Měřené odpory a indukčnosti se připojují na svorky označené „RL“ a vnější normál na svorky „C“. Naproti tomu zkoušené kondenzátory se zapojují na svorky „C“ a vnější normál na svorky „R L“. Přepínač se postaví při měření odporů a kapacity do polohy mezi odporové a kapacitní rozsahy (označeno čarou). Při měření indukčnosti mezi rozsahy odporové a indukční.

Měrný potenciometr se postaví na střed červeného tolerančního pole, které udává souhlas hodnot měřené a normálové součásti. Při tomto měření nelze přímo odečítat na černé stupnici měrného potenciometru. Po vyrovnání galvanoměru měrným potenciometrem na nulu čteme přímo na tolerančním poli odchylku zkoušené součásti od připojeného vnějšího normálu v procentech (± 2 , ± 5 , $\pm 10\%$).



Obr. 11 Toleranční měření indukčnosti

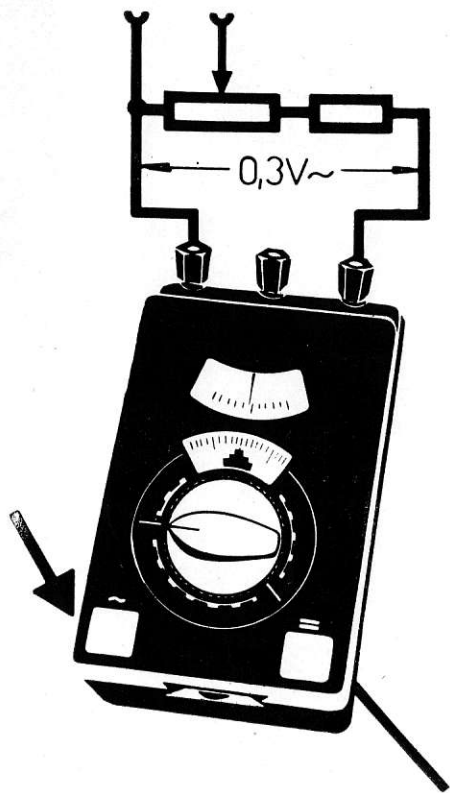
Obr. 12 Toleranční měření kapacit



Tímto způsobem lze prakticky měřit všechny hodnoty, které se vyskytují na rozsazích můstků. U nejmenších kontrolovaných odporů ($R < 1 \Omega$) a kapacit ($C < 1000 \text{ pF}$) nutno ověřit vliv vnitřních odporů a kapacit na straně připojovaného vnějšího normálu na přesnost měření.

ZDROJ STŘÍDAVÉHO NAPĚTÍ

V přístroji je vestavěn jednoduchý tranzistorový generátor střídavého napětí, který dává na krajních svorkách (obr. 13) při stisknutém střídavém tlačítku asi 0,3 V, 800—1000 Hz (R_i asi 30 Ω). Tohoto napětí lze použít jako zdroje zkušebního signálu pro zkoušení nízkofrekvenčních zesilovačů. V případě potřeby regulovatelného zdroje se připojí na krajní svorky dělič, jehož celkový odpor musí být $> 100 \Omega$. Přepínač rozsahů můstku se přepne do některé polohy mezi rozsahy označené čarou.

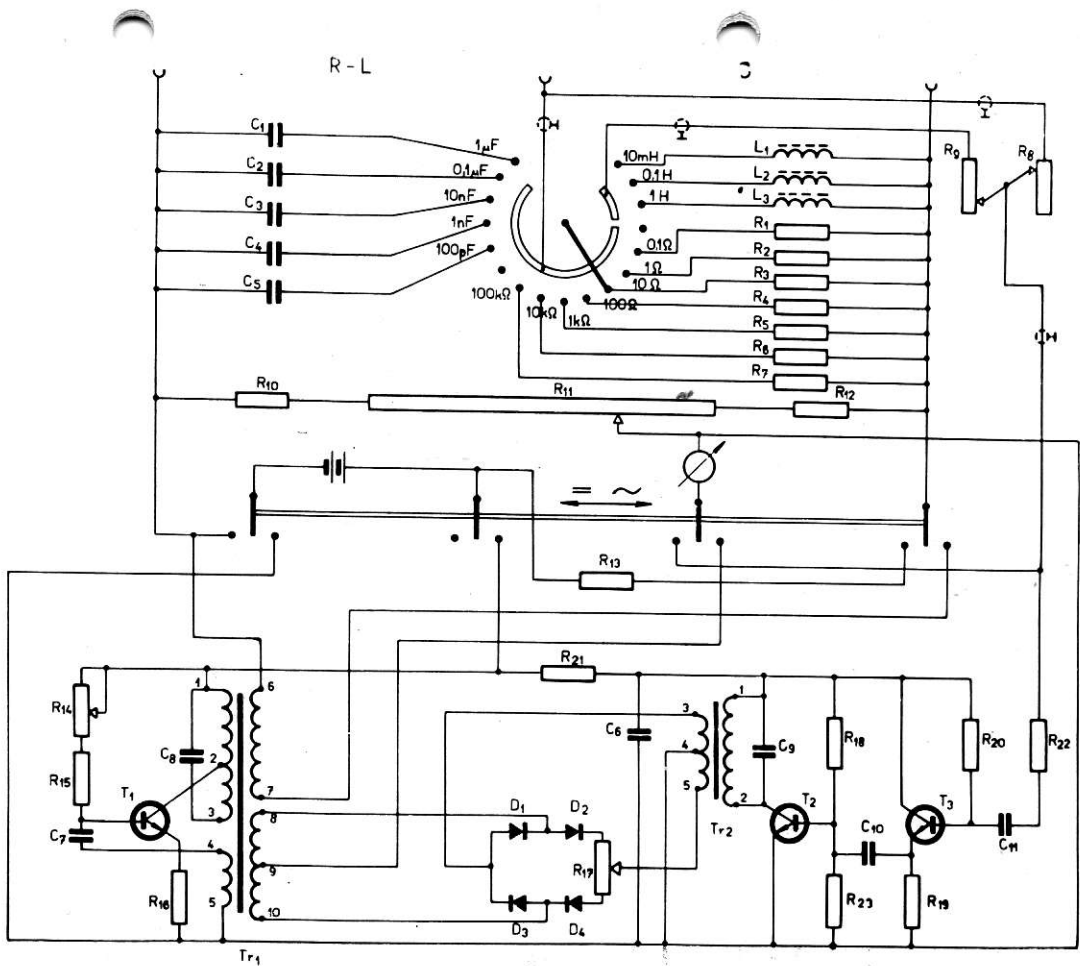


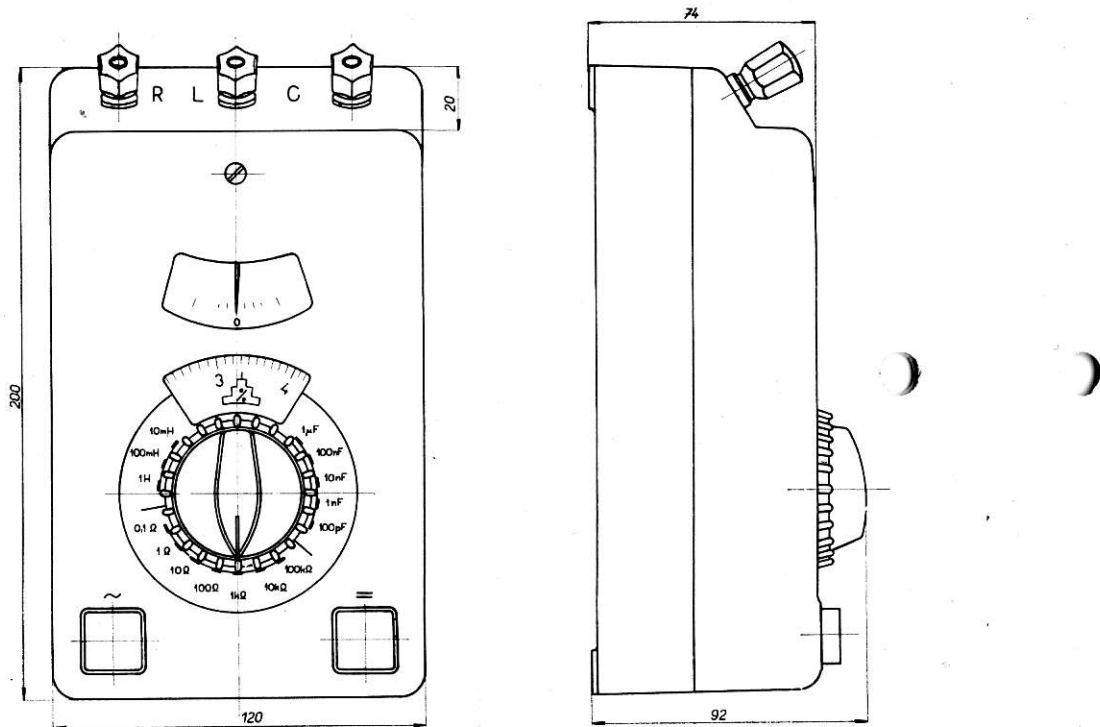
Obr. 13

Můstek RLC 10
jako zdroj střídavého
signálu 800—1000 Hz

**celkové
schéma
můstku**

Obr. 14 Celkové schéma můstku RLC 10





seznam součástí

Obr. 15 | Rozměrový náčrtek můstku RLC 10

**seznam
součástí
místku RLC 10**

Označení	Součást	Hodnota	Typ
R1	drátový odpor	0,33 Ω	manganin Ø 0,45
R2	drátový odpor	3,3 Ω	manganin Ø 0,265
R3	vrstvý odpor	33 Ω	TR 106/E
R4	vrstvý odpor	330 Ω	TR 106/E
R5	vrstvý odpor	3k3	TR 106/E
R6	vrstvý odpor	33k	TR 107/E
R7	vrstvý odpor	M 33	TR 107/E
R8	potenciometr	1 k	speciální průběh
R9	potenciometr	10 k	speciální průběh
R10	drátový odpor	asi 2,8 Ω	manganin Ø 0,265
R11	měrný drát		antoxyd Ø 0,15 kalibrovaný
R12	drátový odpor	asi 2,5 Ω	manganin Ø 0,265
R13	vrstvý odpor	22 Ω	TR 115
R14	potenciometr	3k3	WN 790 30
R15	vrstvý odpor	1k5	TR 112a
R16	vrstvý odpor	33 Ω	TR 112a
R17	potenciometr	220 Ω	WN 790 30
R18	vrstvý odpor	M 1	TR 112a
R19	vrstvý odpor	3k3	TR 112a
R20	vrstvý odpor	M 68	TR 112a
R21	vrstvý odpor	2k2	TR 112a
R22	vrstvý odpor	15 k	TR 112a
R23	vrstvý odpor	4k7	TR 112a
C1	kondenzátor	3M3	TC 451 3 × 1M
C2	kondenzátor	M 33	TC 292/D
C3	kondenzátor	33 k	TC 292/D
C4	kondenzátor	3k3	WK 714 31/D

Označení	Součást	Hodnota	Typ
C5	kondenzátor	330	WK 714 08/B
C6	elektrolyt. kondenzátor	G 1	TC 962
C7	elektrolyt. kondenzátor	1 M	TC 924
C8	kondenzátor	M 33	TC 161
C9	kondenzátor	39 k	TC 191
C10	elektrolyt. kondenzátor	1 M	TC 924
C11	elektrolyt. kondenzátor	1 M	TC 924
L1	indukčnost	33 mH	hrníčkové ferrit. jádro Ø 26 × 16
L2	indukčnost	330 mH	hrníčkové ferrit. jádro Ø 26 × 16
L3	indukčnost	3,3 H	hrníčkové ferrit. jádro Ø 26 × 16
Tr1	transformátor		ferrit. jádro E 6 × 6
Tr2	transformátor		ferrit. jádro E 6 × 6
D1—D4	diody	výběr	GAZ 51
T1	tranzistor		102 NU 71
T2	tranzistor		103 NU 70
T3	tranzistor		103 NU 70