

UNIVERSÁLNÍ MĚŘICÍ PŘÍSTROJ DU20

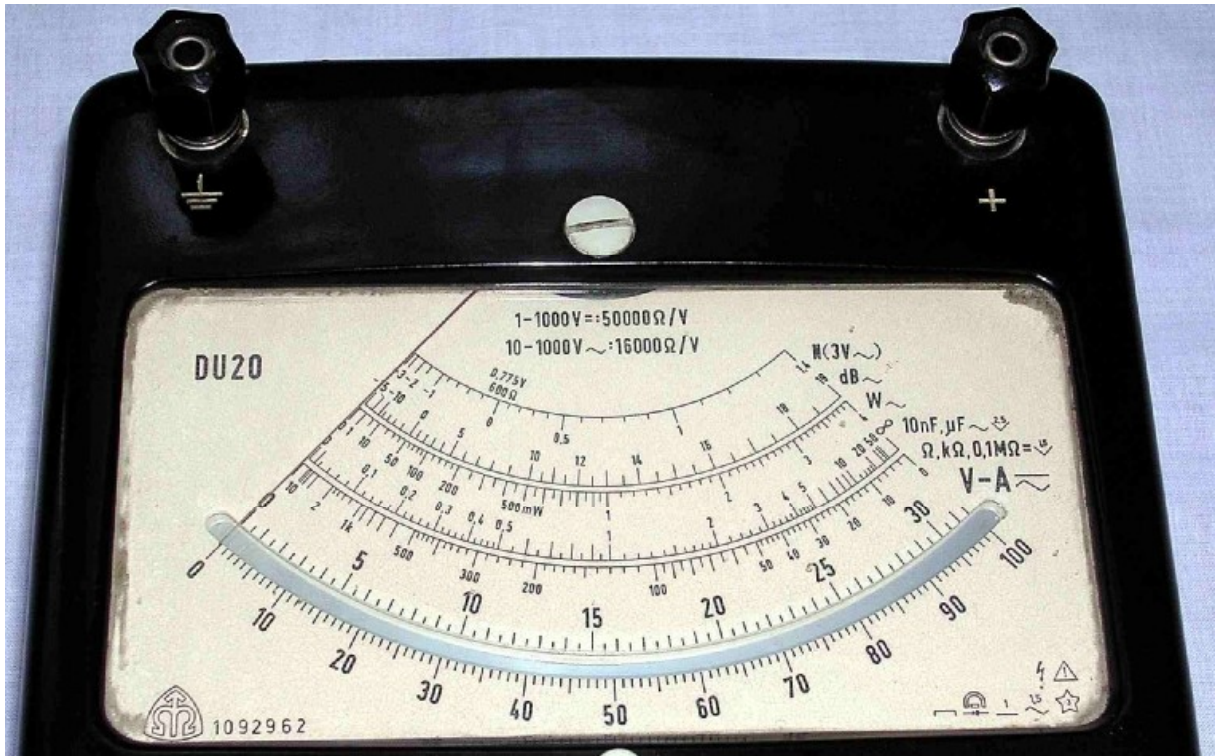
V roce 1969 uvedla METRA Blansko n.p. na trh nový měřicí přístroj DU20, který svými vlastnostmi představoval nejuniversálnější přístroj své doby v ČSSR a snad i v celé bývalé RVHP (pro mladší čtenáře: RVHP byla zkratka Rady Vzájemné Hospodářské Pomoci, která sdružovala státy komunistického bloku).

Jedná se o přístroj, který byl jako první vybaven elektronickým obvodem pro ochranu choulostivého měřicího ručičkového systému. Mimo jiné je schopen měření v oblasti nízkofrekvenčních akustických frekvencí s decibelovou stupnicí, k čemuž většinu současných levných digitálních multimetrů použít nelze. Vnitřní odpor stejnosměrného voltmetru $50\text{k}\Omega/\text{V}$ jej řadí do třídy skutečně kvalitních ručičkových přístrojů.

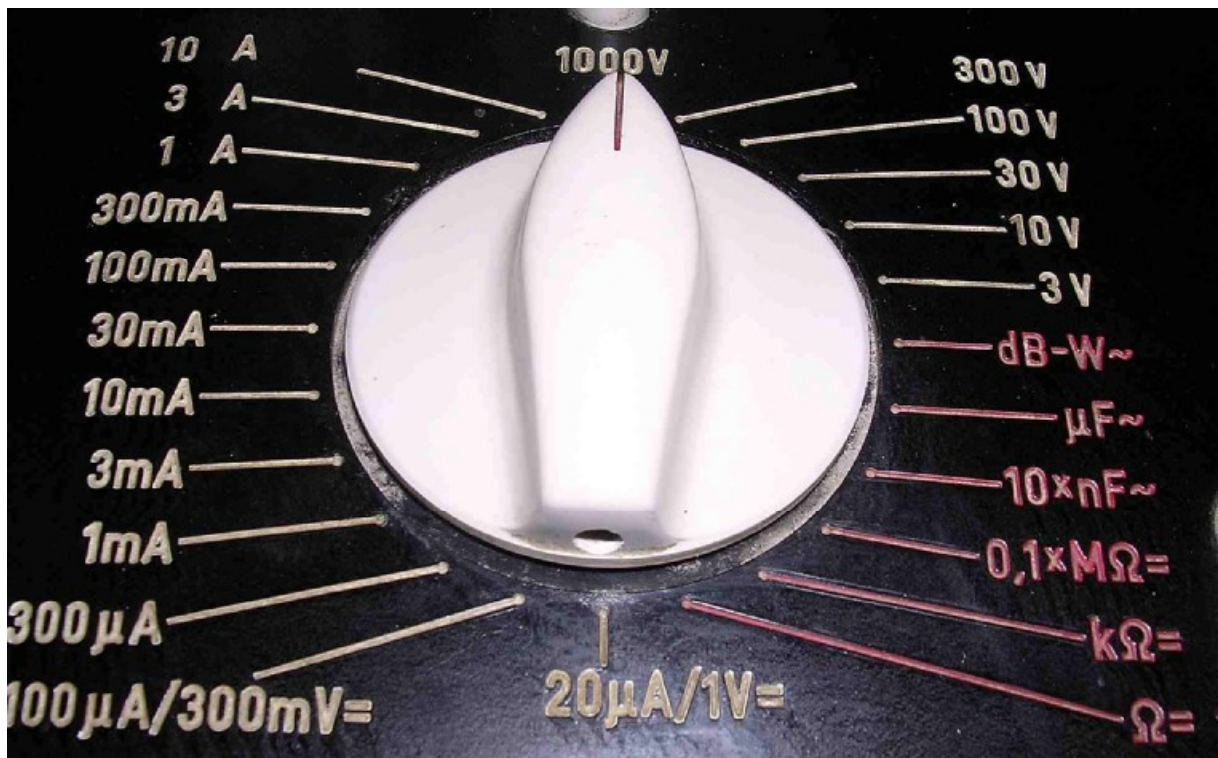
Jeho pořizovací cena byla 2910,- Kčs, což ve své době obnášelo 2 až 3 průměrné měsíční mzdy...

Vzhled přístroje nejlépe vystihují fotografie:





Obrázek 1 - SEDM STUPNIC



Obrázek 2 - HLAVNÍ 24POLOHOVÝ PŘEPÍNAČ

NÁVOD K POUŽITÍ



NÁVOD K POUŽITÍ

DU20

**univerzální
měřicí
přístroj**

Metra Blansko

Ve své praxi jste se jistě již seznámili s některými z řady univerzálních přístrojů, vyráběných naším podnikem. Od předválečných DUo a DUs, přes populární AVOMET (DU 5), příruční AVO-M a větší UNIMET, citlivý AVOMET II (DU 10) až po dnešní řadu přístrojů typu PU.

Dalekosáhlý technický rozvoj, v němž má rozhodující úlohu bezpečnost elektřina, vyžaduje si však stále citlivější, spolehlivější, všestrannější, přesnější, odolnější, účelnější a modernější elektrické měřicí přístroje. Jedním z takových přístrojů je univerzální měřicí přístroj typu DU 20.

Přístroj DU 20 je určen k všestrannému měření ve vývojových laboratořích, ve zkušebnách i ve výrobních dílnách elektronického průmyslu, v provozu elektronických zařízení, v telekomunikační službě i v opravných rozhlasových a televizních přijímačích.

K jeho výrobě byly použity nové materiály, kvalitnější součásti a nová technologie, které spolu se zkušenostmi z dřívějších výrob umožnily splnit řadu z uvedených náročných požadavků. U nového přístroje se setkáváme s úsporným jádrovým magnetem z výkonné magnetické slitiny, s otočnou cívkou zavěšenou na napjatých vláknech, které umožňují dosáhnout vysoké citlivosti měřicího ústrojí, aniž by byl choulostivý a vykazoval nepříjemné tření otočné části. Dále s lehkou a pružnou skleněnou ručkou, s kvalitními a odolnými polovodičovými usměrňovači s novými přesnými a stabilními vrstevnými odpory, s plošnými spoji, s tranzistorovým chráničem proti přetížení aj.

Tímto návodem Vás chceme co nejlépe seznámit s vlastnostmi, s konstrukcí, s rozsáhlými možnostmi použití i zapojením přístroje DU 20 tak, abyste mohli plně využít jeho předností a aby Vám co nejdéle sloužil bez závad.

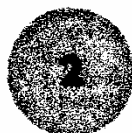
Hlavními přednostmi tohoto přístroje jsou:

- 1 Nepatrná spotřeba napěťových rozsahů a nízký úbytek napětí na proudových rozsazích**
- 2 42 rozsahů pro měření stejnosměrných i střídavých proudů a napětí, rovnoměrně rozložených po celém širokém oboru měření, dále pro měření odporů, kapacit, výkonu a úrovně nízkofrekvenčních signálů**
- 3 Přesnost 1% u rozsahů stejnosměrných a 1,5% u rozsahů střídavých s malou přidavnou chybou ve velkém kmitočtovém rozmezí**
- 4 Jednoduché ovládání, připojování a přehledné odečítání měřených hodnot na velkém číselníku. Společné, rovnoměrné stupnice pro stejnosměrné i střídavé rozsahy**
- 5 Všestranný tranzistorový chránič, který odpojuje přístroj od měřeného obvodu při přetížení a nesprávné manipulaci**

Základní pokyny pro používání přístroje



Přístroj může být použit v prostředí s teplotou -10 až $+35^{\circ}\text{C}$, bez agresivních výparů. Nevystavujte však přístroj před měřením takovým změnám teploty nebo takové vlhkosti, aby se orosil. Podrobné podmínky použití jsou uvedeny v technických podmínkách TPF 13-118-64 a v ČSN 35 6201 Elektrické měřicí přístroje s příslušenstvím.



Před připojením přístroje do měřeného obvodu postavte přepínač na maximální rozsah zvoleného oboru měření (1000 V nebo 10 A). Podle skutečné velikosti měřené veličiny snižujte pak rozsah přístroje. Při připojeném přístroji nepřepínejte nikdy přepínačem přes odporové rozsahy.

V přístroji je zabudován tranzistorový chránič, který odpojí přístroj od měřeného obvodu při přetížení (i s případnou změnou druhu proudu), přepólování nebo chybné manipulaci. Tranzistorový chránič však nepůsobí, jestliže:

- a) nebyly do přístroje vloženy baterie,
- b) přístroj je přepnut na některý odporový rozsah (Ω , $k\Omega$), na nichž slouží baterie jako vnitřní zdroj napětí. Nenechávejte proto přepínač po skončeném měření nikdy na těchto rozsazích.



Opětné připojení přístroje do měřeného obvodu se provede krátkým stisknutím tlačítka, které mechanicky sepne ochranný vypínač. Není dovoleno trvale držet tlačítko a bránit tak funkci chrániče. Přístroje lze používat samozřejmě také bez vložených baterií, avšak v tom případě není chráněn proti přetížení.

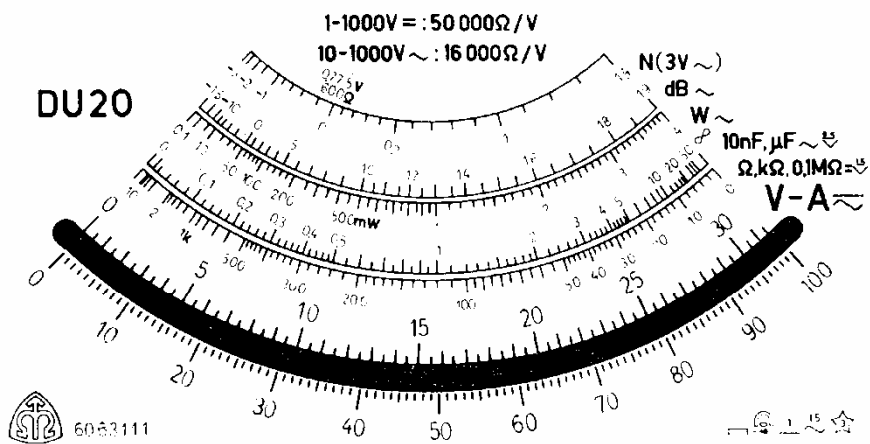
Vzhled a vnější ovládací prvky

Měřicí ústrojí spolu se všemi měřicími obvody je uloženo ve dvoudílném pouzdře z černé lisovací hmoty tvrditelné. V horní části jsou pouze dvě přívodní, dobře přístupné svorky (obr. 1). Ve velkém okénku je přehledný číselník se sedmi stupnicemi (obr. 2).



Obr. 1

Obr. 2



Tenká skleněná a velmi pružná ručka umožňuje dobré čtení na všech stupnicích. Nad okénkem je stavitko klidové polohy ručky. Pod okénkem je tlačítko pro spínání ochranného vypínače.

Měřicí rozsahy přehledně vyznačené přímo na průčelí se volí jediným velkým knoflíkem. Stejnoseměrný nebo střídavý obor měření se přepíná tlačítky v dolní části průčelí.

Na pravém boku přístroje je zapuštěný knoflík potenciometru pro nastavení elektrické nuly odporových a kapacitních rozsahů.
 Na spodku přístroje je víčko, pod něž se vkládají baterie (2 holé články z baterie 3 V typ 223, ČSN 36 4171). Kovový štítek obsahuje přehled nejdůležitějších parametrů přístroje na všech rozsazích (obr. 3).

BATERIE 2 x 1,5V - TYP 223

DU 20

50.000 Ω/V ≈
16.000 Ω/V ~

PROUD ≈

ROZSAH	ÚBYTEK	
	~	~
20 μA	1 V	-
100	0,3 V	-
300 μA	0,2	0,8 V
1 mA	-	0,8 V
3	-	1,8 V
10	-	1,3 V
30	-	0,8 V
100	0,2	250 mV
300 μA	-	100 mV
1 A	-	70 mV
3	0,3	150 mV
10 A	0,4 V	250 mV

NAPĚTÍ ≈

ROZSAH	SPOTŘEBA	
	~	~
300 mV	100 μA	-
1 V	20 μA	-
3	-	5 mA
30	-	63 μA
100	-	-
300	-	-
1000 V	20 μA	63 μA

ODPORY =

ROZSAH	OZNAČ	ZDROJ
2 Ω	10 k Ω	1,5 V VNITŘNÍ
2 k Ω	10 M Ω	3 V BATERIE
0,2 M Ω	1000 M Ω	280-330 V ± (VNEJŠÍ)

KAPACITY ~

ROZSAH	OZNAČ	ZDROJ
100 pF	0,5 μF	220 V ± 15 %
10 nF	50 μF	24 V ± 15 %

VÝST VÝKON A ÚROVEŇ NF SIGNALU ~

ROZSAH	OZNAČ	VNITŘNÍ ODPOR
4 W	-	4000 Ω
-15 dB 0,2 ± 19 dB	dB-W	3 V
-3 N 0,2 ± 1,4 N	3 V	600 Ω

PŘESNOST
 STEJNOSMĚRNÉ PROUDY A NAPĚTÍ 1 %
 STŘÍDAVÉ PROUDY A NAPĚTÍ (50 Hz) 1,5 %

CHRÁNIČ PROTI PŘETÍŽENÍ
 V PŘÍSTROJI JE AUTOMATICKÝ UNIVERZÁLNÍ TRANSISTOROVÝ CHRÁNIČ, JEHOŽ MĚKÝ VYPÍNAČ ODPOJÍ PŘÍSTROJ OD MĚŘENÉHO OBYČNĚ PŘI PŘETÍŽENÍ, PŘEPÓLOVÁNÍ A NESPRÁVNÉ MĚŘENÍ. OPĚTNÉ PŘIPOJENÍ PŘÍSTROJE LZE PROVÉSTI TLAČÍTKEM PO ODSTRANĚNÍ PŘÍČINY PŘETÍŽENÍ.
 CHRÁNIČ JE NAPÁJEN BATERIEMI VLOŽENÝMI DO PŘÍSTROJE K MĚŘENÍ OHMICKÝCH ODPORŮ.

MĚŘENÍ VYSOKÉHO NAPĚTÍ
 JEN NA ELEKTRONICKÝCH ZDROJÍCH

VYSOKONAPĚTOVÝ PŘEDŘADNÍK
 30 kV = 1500 MΩ
 PŘEPÍNAČ NA 10 V

TLAČÍTKO CHRÁNIČE

REGULACE ELEKTRICKÉ NULY PŘI MĚŘENÍ ODPORŮ A KAPACIT

ZKUŠEBNÍ NAPĚTÍ PŘÍSTROJE 3kV

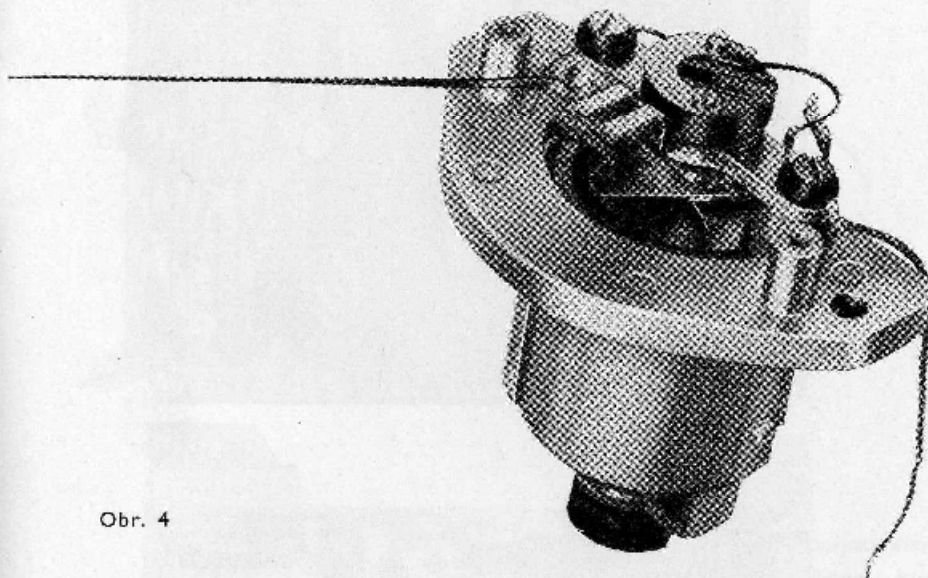
METRA BLANSKO NÁRODNÍ PODNIK
 MADE IN CZECHOSLOVAKIA

Obr. 3

Vnitřní uspořádání

Vlastní přístroj sestává ze tří konstrukčních celků:

- měřicího ústrojí (obr. 4)
- horní desky (obr. 5) a
- dolní desky plošných spojů (obr. 6).



Obr. 4

Magnetoelektrické měřicí ústrojí má otočnou cívku s dvojitým vinutím, zavěšenou na napjatých vláknech. Permanentní magnet je umístěn uvnitř otočné cívky a magnetický tok se uzavírá válcovým pláštěm, na němž je magnetický bočník.

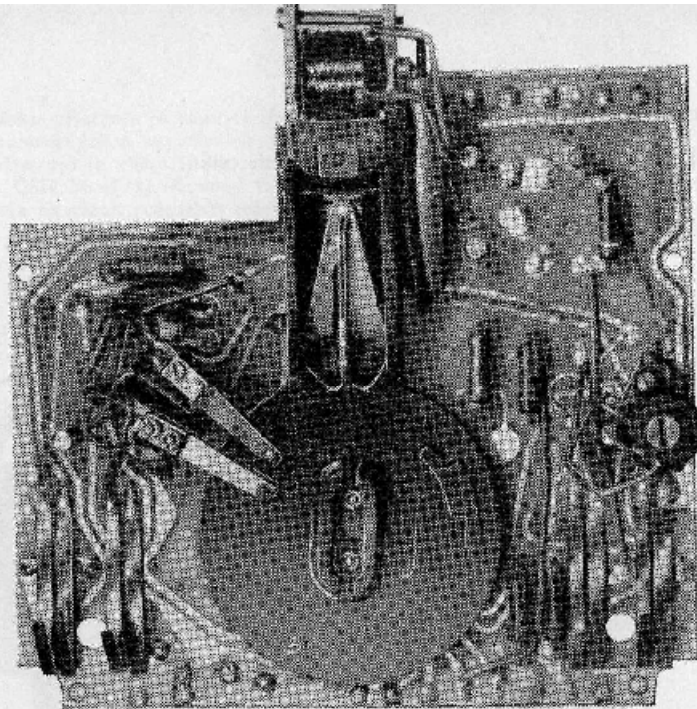
Na horní desce jsou přizpůsobovací obvody jednotlivých oborů měření, usměrňovací diody, potenciometry elektrického nulování odporových a kapacitních rozsahů, vypínač chrániče s tranzistorovým zesilovačem a pomocné přepínače jednotlivých rozsahů.

Na dolní desce jsou umístěny všechny odpory mnohonásobného předřadníku, bočníku a měřicí transformátor v obrazci plošných spojů, které současně tvoří kontakty hlavního přepínače rozsahů.

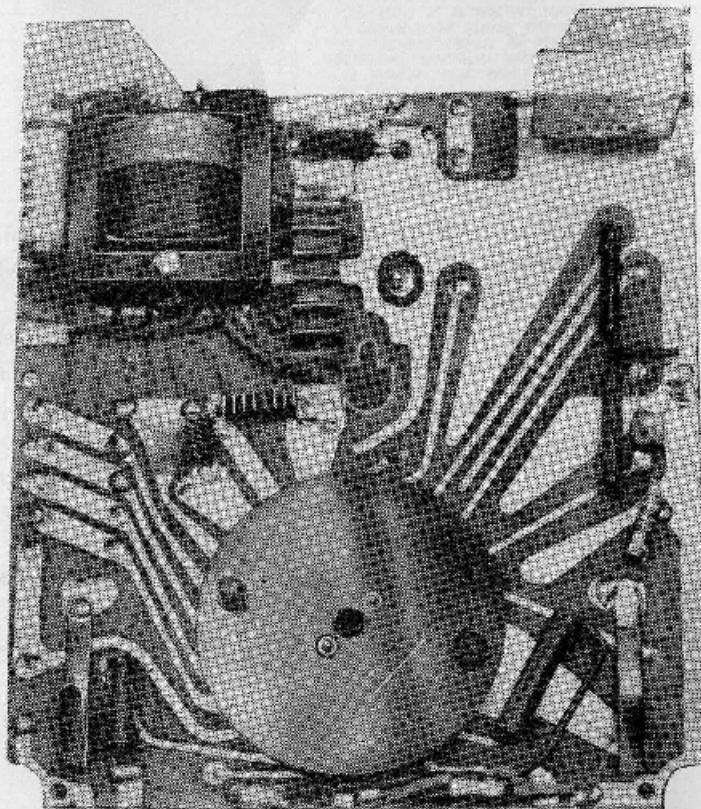
Obě desky, měřicí ústrojí a kontakty baterií jsou spolu spojeny několika drátovými spoji.

Vnitřní stěny pouzdra jsou galvanicky pokoveny a tato vodivá vrstva je připojena k levé svorce přístroje označené \perp .

Obr. 5

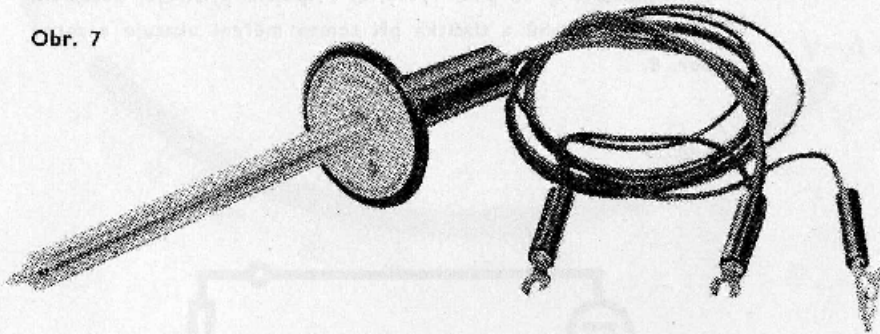


Obr. 6



Vysokonapětový předřadník VNR rozšiřuje stejnosměrný napětový rozsah přístroje 30 kV (obr. 7).

Obr. 7



Sestává z izolační rukojeti a nástrčné polystyrenové trubky s vrstevnými předřadníky. Na jednom konci trubky je kontaktní hrot, na druhém pružící kontaktní kolík. Kovový štítek na čele rukojeti je z bezpečnostních důvodů vodivě spojen se zemnicím vodičem, jehož krokodýlek se spojí při měření na vysokém napětí s uzemněním nebo kostrou měřeného zařízení.

Předřadník je určen jen pro měření napětí na elektronických zdrojích.

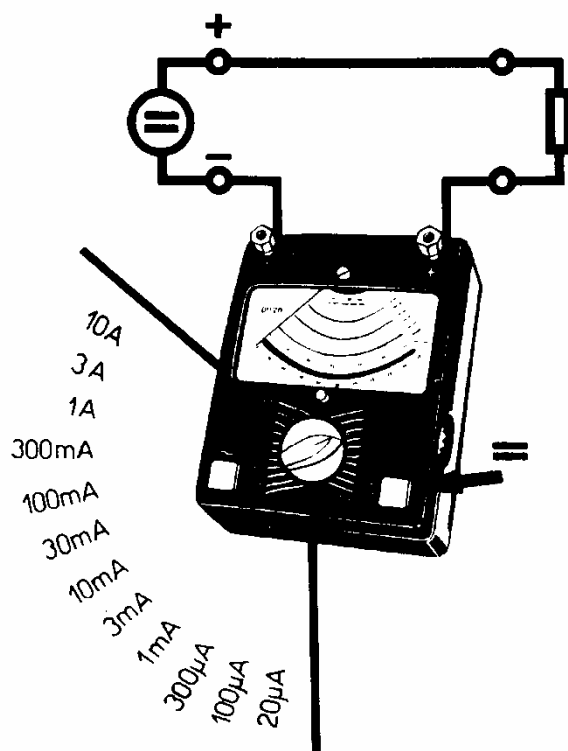
Poznámka: V budoucnu bude tento předřadník nahrazen novým předřadníkem typu RU 30 stejných technických parametrů.

Použití přístroje podle jednotlivých oborů měření

1 Stejnoseměrné proudy a napětí

Přístrojem lze měřit stejnosměrné proudy od zlomků μA (1 dílek = $= 0,2 \mu\text{A}$) na nejmenším rozsahu $20 \mu\text{A}$ do 10 A na 12 rozsazích s přesností 1% na plné výchylce. Připojení přístroje, postavení přepínače rozsahů a tlačítka při tomto měření ukazuje názorně obr. 8.

Obr. 8

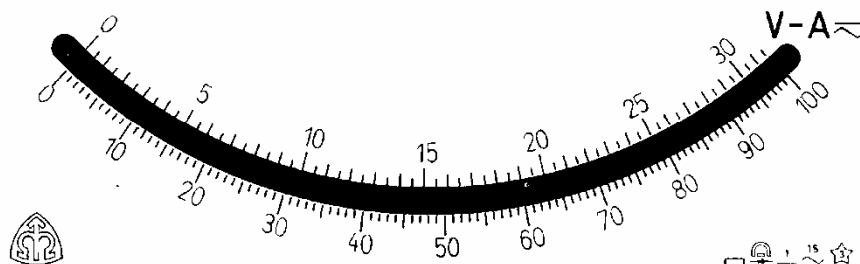


Velikost měřeného proudu se odečítá na základních stupnicích (obr. 9), rovnoměrně

$$1-1000V = 50\,000\Omega/V$$

$$10-1000V \sim 16\,000\Omega/V$$

DU20



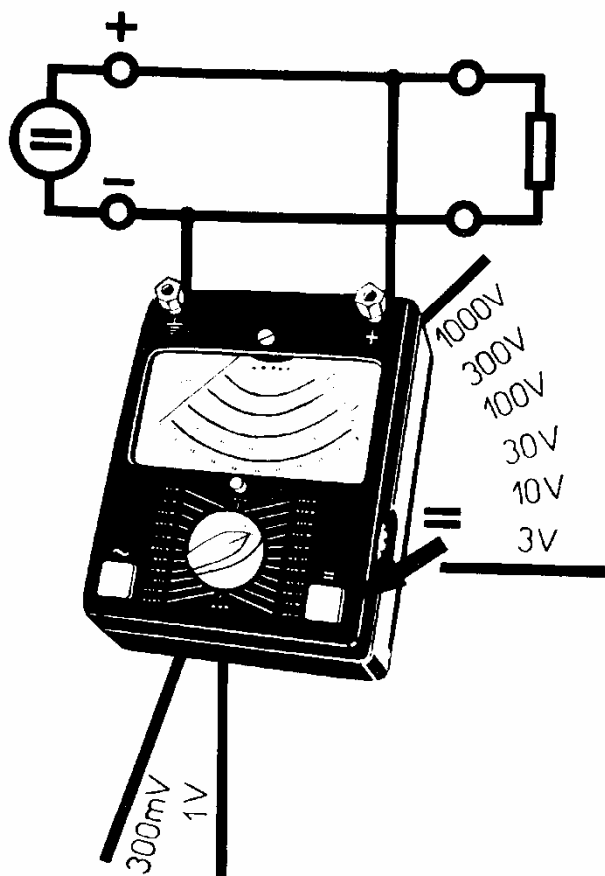
Obr. 9

dělených na 30 nebo 100 dílků, a to souhlasně podle zvoleného rozsahu dělitelného 3 nebo 10. Odečtená výchylka se snadno vynásobí jen desetinným součinitelem 0,01; 0,1; 1 nebo 10. Jedině na rozsahu $20\ \mu A$ nutno na 100dílkové stupnici násobit výchylky součinitelem 0,2.

Vzájemný poměr sousedních rozsahů a tudíž i obou stupnic je $1 : \sqrt{10} = 3,16 : 10$. Při tomto poměru sousedních rozsahů je celý obor měření pokryt rozsahy zcela rovnoměrně. Měření lze pak uskutečnit vždy ve druhé a třetí třetině stupnice a tím příznivě využít přesnosti přístroje.

Úbytky napětí stejnosměrných proudových rozsahů jsou podstatně nižší než u jiných přístrojů tohoto druhu a pohybují se mezi 200—300 mV. Jen na rozsahu 10 A je úbytek asi 0,4 V a vzhledem k oteplení se nedoporučuje měřit trvale v poslední třetině tohoto rozsahu. Rozsahy $20\ \mu A$ a $100\ \mu A$ mají doplněn vnitřní odpor tak, že je lze současně používat pro měření napětí 1 V a 300 mV. Tlumení přístroje při měření s těmito rozsahy na zdrojích o malém vnitřním odporu není ovlivněno.

Obr. 10



Měření stejnosměrných napětí je možné od desítek mV na nejmenším rozsahu, 300 mV, v 8 rozsazích do 1000 V s přesností 1% z plné výchylky. Připojení přístroje, postavení přepínače rozsahů a tlačítka při měření stejnosměrných napětí ukazuje obr. 10. Měřené napětí se odečítá rovněž na základních rovnoměrných 30 a 100dílkových stupnicích podle zvoleného rozsahu.

Jednou z hlavních předností přístroje DU 20 je vysoká citlivost měřicího ústrojí a tím velký vnitřní odpor napěťových rozsahů — $50\,000\Omega/V$. Nepatrná spotřeba ($20\ \mu A$) nezatěžuje prakticky měřený obvod, takže připojením měřicího přístroje neklesá napětí v měřeném bodě a neovlivňuje se činnost zkoušeného obvodu.

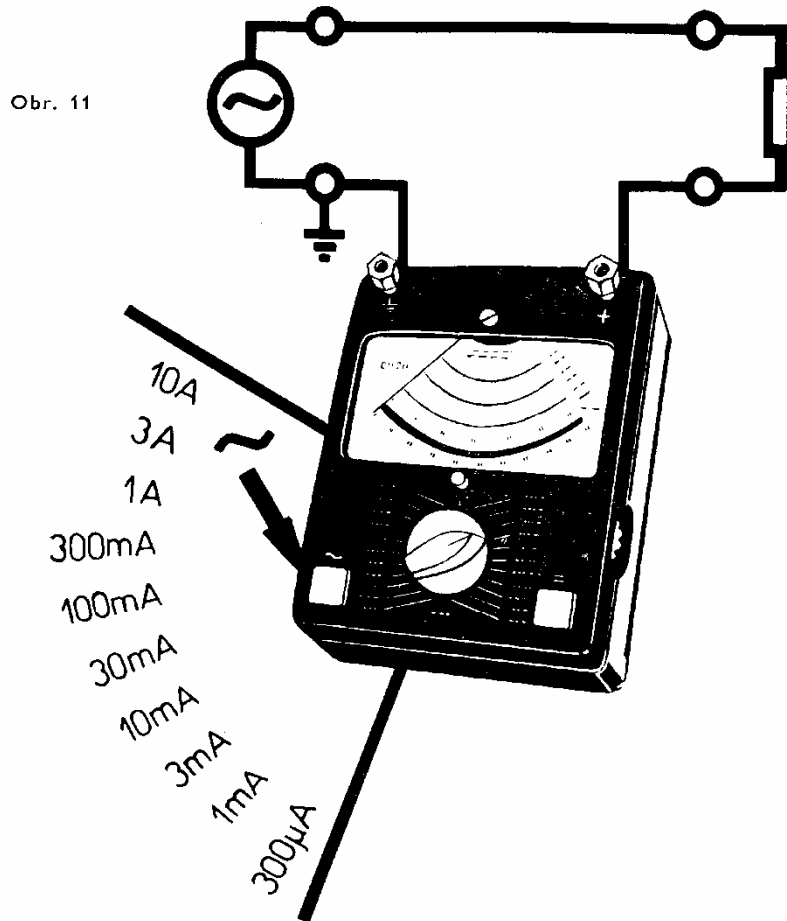
Vnitřní odpor na jednotlivých rozsazích:

Rozsah	Vnitřní odpor	Spotřeba na plnou výchylku
300 mV	3160Ω	$100\ \mu A$
1 V	$50\ k\Omega$	$20\ \mu A$
3 V	$158\ k\Omega$	$20\ \mu A$
10 V	$0,5\ M\Omega$	$20\ \mu A$
30 V	$1,58\ M\Omega$	$20\ \mu A$
100 V	$5\ M\Omega$	$20\ \mu A$
300 V	$15,8\ M\Omega$	$20\ \mu A$
1000 V	$50\ M\Omega$	$20\ \mu A$

Svým vnitřním odporem se blíží DU 20 elektronkovému voltmetru s některými dalšími výhodami, jako je vyšší přesnost, nezávislost na bateriích ani síti a bez problémů s uzemněním měřeného a měřicího přístroje.

2 Střídavé proudy a napětí

Přístroj měří střídavé proudy od desítek μA na nejmenším rozsahu $300\ \mu\text{A}$ až do $10\ \text{A}$ v deseti rozsazích s přesností $1,5\%$ z plné výchylky. Připojení přístroje do měřeného obvodu a postavení přepínače rozsahů je stejné jako u stejnosměrného proudu, nutno však stisknout tlačítko označené \sim (obr. 11).

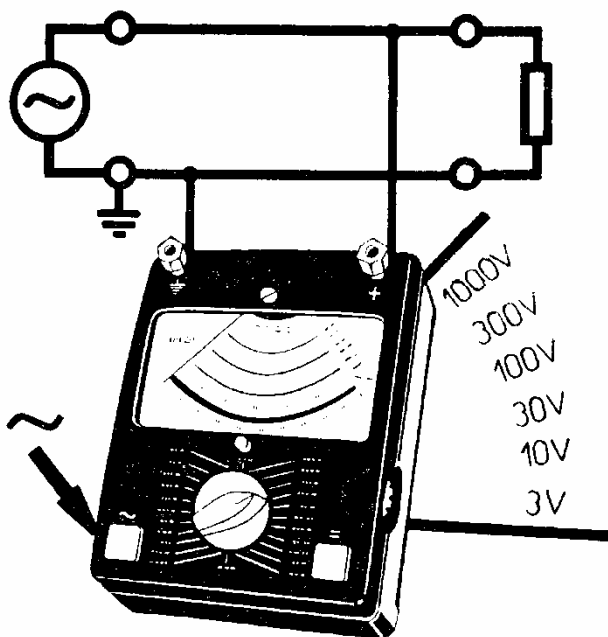


Hodnoty měřeného obvodu se odečítají rovněž na základních rovnoměrných stupnicích 30 a 100dílkových podle zvoleného rozsahu. Úbytky napětí na měřicím transformátoru u jednotlivých rozsahů jsou uvedeny na štítku (obr. 3).

Na rozsahu 10 A se opět nedoporučuje měřit trvale v poslední třetině stupnice.

Střídavá napětí síťového kmitočtu lze měřit od desetin voltu na nejmenším rozsahu 3 V do 1000 V v šesti rozsazích s přesností 1,5 %. Připojení přístroje, postavení přepínače rozsahu a tlačítka ukazuje opět názorně obr. 12. Měřené napětí se odečítá u všech rozsahů rovněž na základních rovnoměrných stupnicích 30 a 100dílkových podle zvoleného rozsahu.

Obr. 12



Velká citlivost měřicího ústrojí a speciální polovodičové usměrňovače s vysokým závěrným odporem dovolují také na rozsazích střídavého napětí dosáhnout nízké spotřeby. Od rozsahu 10 V až do 1000 V má přístroj spotřebu 63 μ A na plnou výchylku (16 000 Ω /V). Pouze na rozsahu 3 V je spotřeba 5 mA (vnitřní odpor 600 Ω), která umožnila i na tomto rozsahu použít rovnoměrné stupnice.

Vnitřní odpor na jednotlivých rozsazích:

Rozsah	Vnitřní odpor	Spotřeba na plnou výchylku
3 V	600 Ω	5 mA
10 V	158 k Ω	63 μ A
30 V	0,5 M Ω	63 μ A
100 V	1,58 M Ω	63 μ A
300 V	5 M Ω	63 μ A
1000 V	15,8 M Ω	63 μ A

Střídavé rozsahy jsou cejchovány střídavým proudem nebo napětím o kmitočtu 50 Hz sinusového průběhu. Při měření střídavých proudů nebo napětí zkreslených nebo o jiných kmitočtech nutno počítat s jistými chybami.

Příčinou chyby měření v důsledku zkresleného průběhu proudu nebo napětí je skutečnost, že výchylka magnetoelektrického přístroje s usměrňovačem je úměrná střední hodnotě usměrněné půlvlny, zatímco stupnice je ocejchována v efektivních hodnotách. Pro stálý poměr těchto hodnot u sinusového průběhu (činitel tvaru $\beta = \frac{I_{ef}}{I_{stř}} = 1,11$) je přesnost cejchování zachována.

Jakmile se však průběh měřeného proudu nebo napětí liší od sinusového průběhu, vzniká chyba, kterou nelze jednoduše stanovit. Závisí totiž nejen na velikosti jednotlivých harmonických, ale také na jejich vzájemném posuvu. Jako měřítka této chyby nelze pak užít činitele zkreslení, běžného ve sdělovací technice, vyjádřeného vzorcem

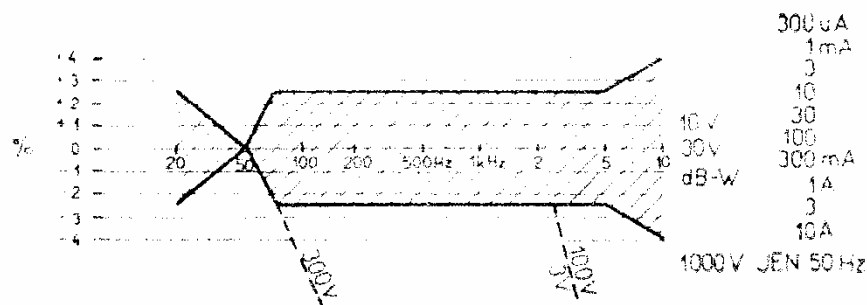
$$k = \frac{\sqrt{I_2^2 + I_3^2 + \dots}}{\sqrt{I_1^2 + I_2^2 + I_3^2 + \dots}} \cdot 100 \quad (\%)$$

který tyto fázové posuvy vyšších harmonických nerespektuje.

Přesto lze informativně uvést, že běžné zkreslení v síti (nejčastěji 3. harmonickou) $> 4\%$ (podle uvedeného vzorce) může způsobit již chyby měření srovnatelné s třídou přesnosti přístroje.

Nesprávné hodnoty mohou být také naměřeny při střídavém proudu se stejnosměrnou složkou, jak se vyskytuje např. u přijímačů bez síťového transformátoru a s jednocestným usměrněním.

K měření střídavých napětí na obvodech, kde je současně i stejnosměrné napětí, nutno použít oddělovacího kondenzátoru, který propustí jen střídavou část. Kondenzátor musí být kvalitní s vysokým izolačním odporem a dostatečně dimenzován nejen zkušebním napětím, ale i velikostí vzhledem k nejnižšímu měřenému kmitočtu.



Obr. 13

Přidavnou kmitočtovou chybu při měření proudů nebo napětí v rozsahu akustických kmitočtů ukazuje obr. 13. Kmitočtová chyba všech proudových rozsahů leží v mezích tolerančního pole $\pm 2,5\%$ do 5000 Hz a dále se rozšiřuje na $\pm 4\%$ při 10 000 Hz. Tato příznivá kmitočtová závislost je dána měřicím autotransformátorkem s malým rozptylem.

Na změnu výchylky napěťových rozsahů s kmitočtem mají hlavní vliv vzájemné kapacity jednotlivých částí mnohonásobného předřadníku. V přístroji je proto provedena kmitočtová kompenzace, která umožňuje na rozsazích 10 V, 30 V a W-dB měřit se stejnou malou přidavnou chybou jako u proudů. Na rozsahu 3 V a 100 V lze měřit do 2000 Hz s chybou $\pm 2,5\%$. Rozsahy 300 V a 1000 V jsou prakticky určeny jen pro měření při síťovém kmitočtu.

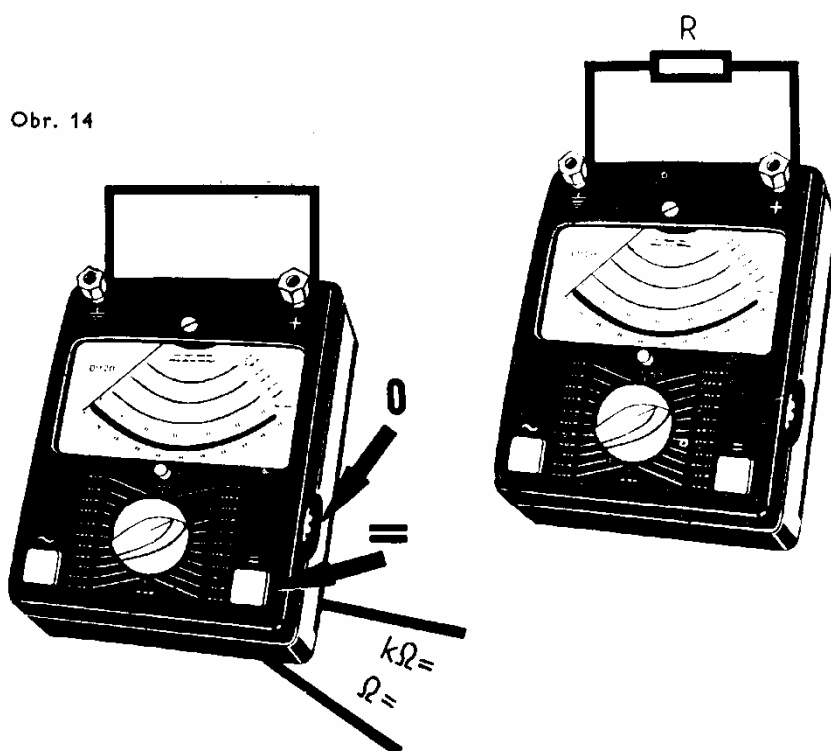
Měření při nižších kmitočtech než 50 Hz je omezeno chvěním ručky asi u 20 Hz. Velmi důležitou podmínkou správného měření střídavých proudů nebo napětí vyšších kmitočtů je připojení levé svorky označené \perp na zemnicí bod nebo místo nulového potenciálu střídavého zdroje. Nedodržel-li se tato zásada, ovlivňují okolní vodiče, zejména však ruka obsluhujícího při přepínání podstatně výchylku přístroje.

3 Odporů

Měření odporů elektrických obvodů (někdy jen zjištění jejich souvislosti) je jedním z nejčastějších měření v laboratoři, zkušebně nebo opravně. Nejlépe se k tomu osvědčuje přímo ukazující ohmmetr.

Přístroj DU 20 má pro tento účel tři odporové rozsahy. Na nejnižším rozsahu, označeném Ω , se zjišťují odpory od nejnižších hodnot až do $10\text{ k}\Omega$. Na středním rozsahu, označeném $\text{k}\Omega$, lze měřit odpory od $2\text{ k}\Omega$ do $10\text{ M}\Omega$. Oba tyto rozsahy jsou napájeny vloženou baterií a tím stále připraveny k měření. Přepínač rozsahů se přepne na zvolený rozsah a stiskne tlačítko označené $=$ (obr. 14).

Obr. 14



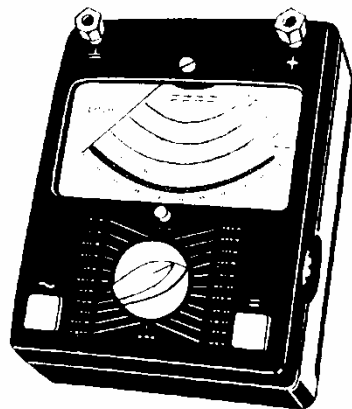
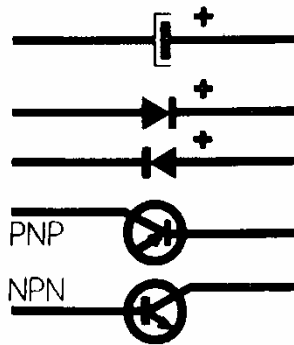
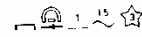
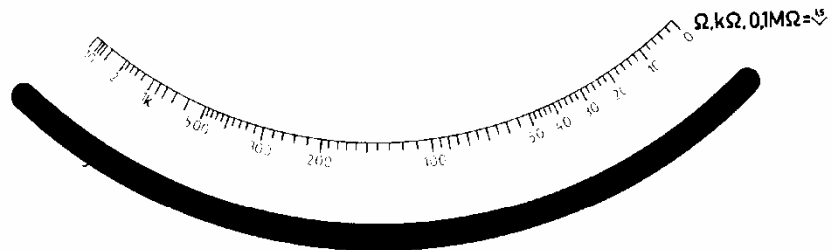
Naměřené hodnoty se odečítají na odporové stupnici (obr. 16) v Ω nebo v $k\Omega$ podle zvoleného rozsahu přímo bez přepočítávání. Na rozsahu $0,1 \times M\Omega$ nutno odečtenou hodnotu dělit 10.

Obr. 16

$$1-1000V = 50\,000\Omega/V$$

$$10-1000V \sim : 16\,000\Omega/V$$

DU20



Obr. 17

Ohmmetru se často používá k informativní zkoušce tranzistorů diod nebo zkratů elektrolytických kondenzátorů. K tomu je potřebné znát polaritu vnitřního zdroje na svorkách přístroje. Na svorce označené + je také kladný pól baterie. Názorně tyto zkoušky ukazuje obr. 17. Na rozsahu Ω je zdrojem článek (1,5 V), na rozsahu $k\Omega$ oba články (3 V).

Bude účelné znovu připomenout, že není dovoleno přepínat přístroj připojený do měřeného obvodu přes odporové rozsahy.

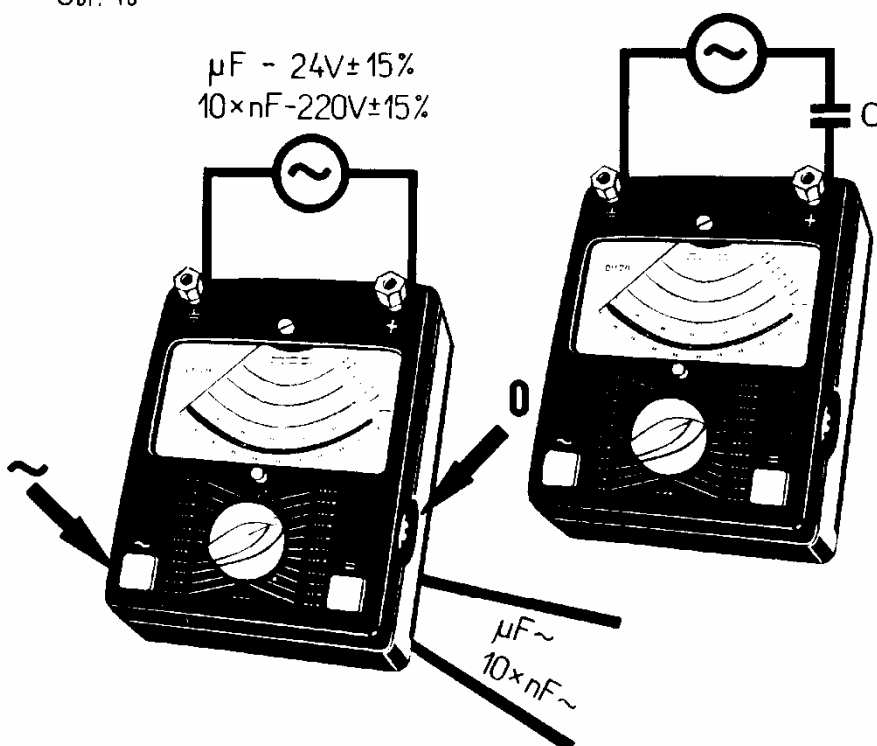
4 Kapacity

Jednoduché zjištění kapacity kondenzátorů umožňují další dva kapacitní rozsahy přístroje DU 20.

Menší kapacity od 100 pF do 0,5 μ F se měří na rozsahu označeném $10 \times \text{nF}$, s vnějším střídavým (50 Hz) nejlépe stabilizovaným zdrojem 220 V \pm 15%. K měření větších kapacit od 10 nF do 50 μ F je určen druhý rozsah označený μ F, který je nutno připojit na transformátorek 24 V \pm 15%. Při těchto měřeních musí být stisknuto tlačítko označené \sim (obr. 18).

Přesnost měření kapacit je \pm 2,5% z délky stupnice.

Obr. 18



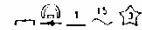
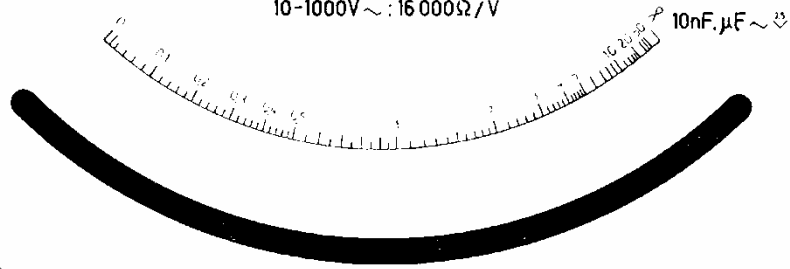
Před měřením se připojí zdroj přímo na svorky přístroje a regulačním knoflíkem na boku přístroje se nastaví plná výchylka, tj. ∞ kapacitní stupnice, obdobně jako u odporových rozsahů.

Měřený kondenzátor se pak připojí do série k přístroji. Jeho hodnota se odečte na kapacitní stupnici (obr. 19), na rozsahu $10 \times \text{nF}$ po násobení 10 v nF (= 1000 pF) a na rozsahu μ F přímo.

DU 20

 $1-1000V = : 50\,000\Omega/V$
 $10-1000V \sim : 16\,000\Omega/V$

Obr. 19



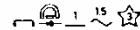
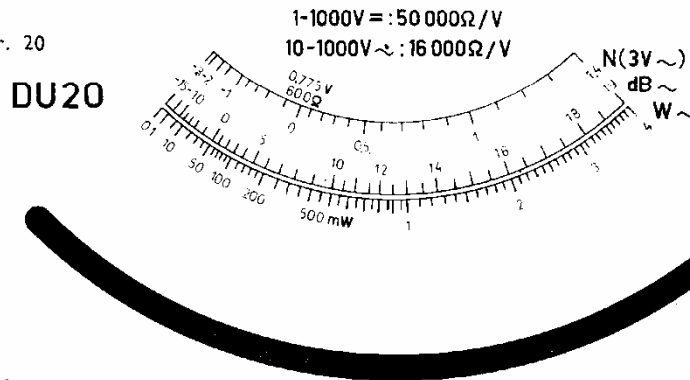
Tam, kde se tímto způsobem měří kapacity častěji, lze doporučit zhotovení malého izolačního transformátorku se sekundárním napětím 220 V a 24 V, který zvýší bezpečnost při manipulaci. Malé napájecí napětí 24 V na rozsahu μF dovoluje informativně zkoušet i kapacitu vysokonapěťových elektrolytických kondenzátorů, jimž krátké připojení tohoto malého střídavého napětí neškodí.

5 Výkon a úroveň nízkofrekvenčních signálů

Přístroj DU 20 má další dva rozsahy, které spolu se třemi stupnicemi se dobře uplatní zejména v zesilovací technice a v telekomunikační praxi.

Jedním z nich je rozsah dB-W se stupnicí označenou W \sim (obr. 20), který umožňuje měřit malé výstupní výkony zesilovačů do 4 W metodou tzv. absorpčního wattmetru.

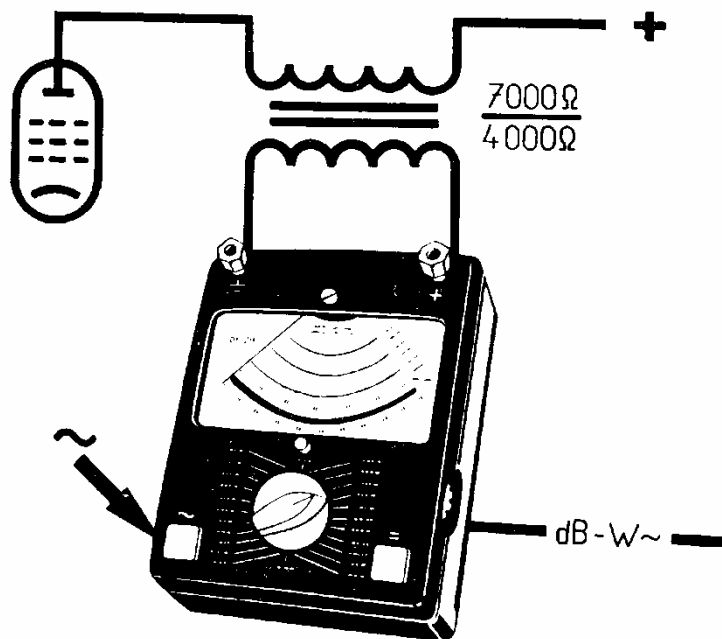
Obr. 20



Absorpční wattmetr, jak říká název, je sám spotřebičem pro měřený výkon. Jeho podstatou je kmitočtově nezávislý odpor a měřidlo, zapojené jako střídavý miliampérmetr. Odpořem a proudem je určen výkon, který se v tomto zatěžovacím odporu spotřebuje. Stupnici miliampérmetru lze pak snadno ocejchovat přímo ve wattech.

Zatěžovací odpor má hodnotu $4000\ \Omega$, na niž musí být přizpůsoben výstup měřeného zesilovače výstupním transformátorem. Přístroj nesmí být přímo zapojen do anodového obvodu (obr. 21).

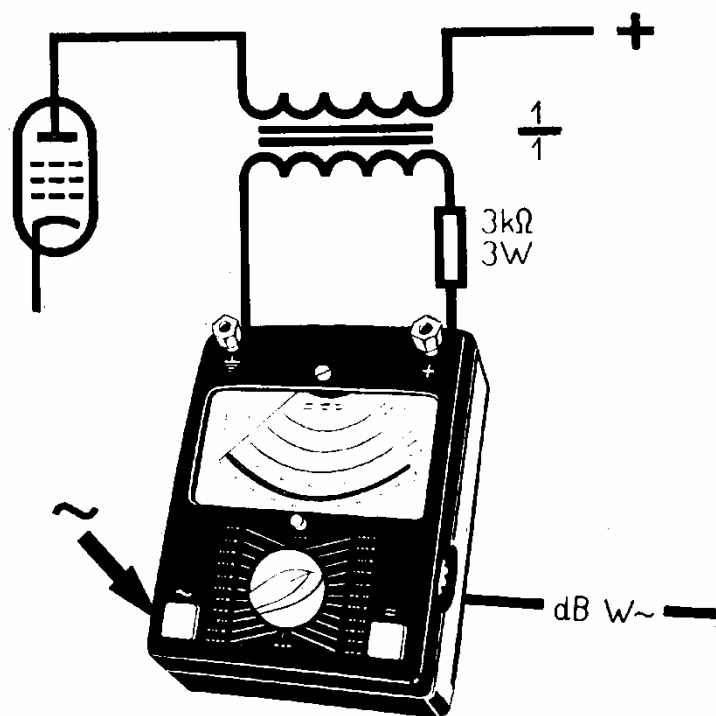
Obr. 21



S vnějšími kmitočty a teplotně nezávislými odpory lze měřit také při jiných zátěžích i větší výkony než 4 W.

Např. doplní-li se odpor přístroje odporem 3 kΩ (3 W) do série, lze měřit na zátěži 7000Ω 7 W. Výchylku ručky nutno pak násobit součinitelem $\frac{7}{4} = 1,75$ (obr. 22).

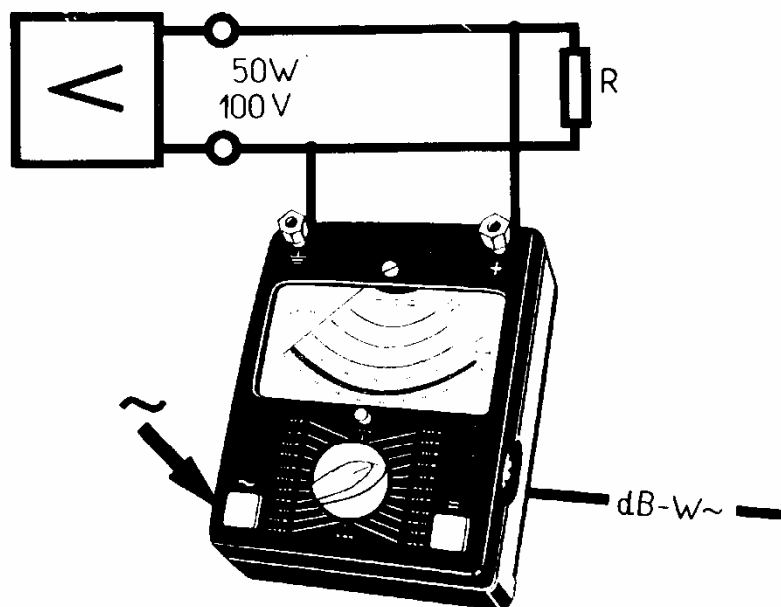
Obr. 22



V jiném případě pro měření výkonu 50 W zesilovače s výstupem 100 V lze připojit paralelně k přístroji zatěžovací odpor

$$R = \frac{U^2}{P_{zes} - P_{DU 20}} = \frac{10^4}{50 - 4} = 217\Omega,$$

který musí být dimenzován pro ztrátu výkonu 46 W. Údaj ručky se násobí součinitelem $\frac{50}{4} = 12,5$ (obr. 23).



Obr. 23

Zesílení nebo útlum střídavého signálu, který prošel zesilovačem nebo naopak vedením, filtrem apod., vyjadřuje se v relativních jednotkách přenosu v decibelech nebo neperech. Tyto jednotky jsou logaritmy poměru výkonů nebo napětí na stejných odporech na výstupu a vstupu bez ohledu na jejich skutečnou velikost. U decibelů se používá desetinný logaritmus poměru výkonů

$$x = 10 \lg \frac{P_2}{P_1} = 20 \lg \frac{U_2}{U_1} \text{ (dB)},$$

u neperů pak přirozený logaritmus poměru napětí

$$x = \ln \frac{U_2}{U_1} = \frac{1}{2} \ln \frac{P_2}{P_1} \text{ (N)}.$$

Jejich vzájemný vztah je dán

$$1 \text{ dB} = 0,1151 \text{ N} \text{ a } 1 \text{ N} = 8,686 \text{ dB}.$$

V praxi byla zavedena výchozí tzv. nulová úroveň signálu, které odpovídá 1 mW na odporu 600 Ω (0,775 V).

Podle mezinárodních doporučení se užívají obě uvedené jednotky, avšak v rozhlasové a telefonní praxi jsou častěji používány nepery.

Při měření na rozhlasových přijímačích je výhodná jiná hodnota nulové úrovně, a to 50 mW, jako tzv. normální zkušební výkon.

Přístroj DU 20 vyhovuje oběma uvedeným způsobům. Pro měření na linkových spojích a zesilovačích je určen rozsah 3 V ~ spolu se stupnicí označenou N ~. Vnitřní odpor tohoto rozsahu je právě předepsaných 600 Ω a stupnice má rozsah —3 N až +1,4 N.

Při měření na koncových stupnicích rozhlasových přijímačů nebo nízkofrekvenčních zesilovačů se použije rozsahu dB-W s vnitřním odporem 4000 Ω, na něj musí být měřený koncový stupeň přizpůsoben. Stupnice označená dB ~ má rozsah —15 dB až +19 dB. Tento rozsah může být dále výhodně použit i k měření na 100 V výstupech výkonných zesilovačů, neboť plná výchylka odpovídá

$$U = \sqrt{P \cdot R} = \sqrt{4 \cdot 4000} = 126,5 \text{ V.}$$

Za zmínku stojí, že dělení obou uvedených stupnic má obecnější platnost, jestliže není potřebné vycházet z nulové úrovně, ale stačí zjišťovat jen relativní změny zesílení nebo zeslabení vzhledem k předchozímu měření. Typickým příkladem je stanovení kmitočtové charakteristiky zesilovače, filtru, vedení apod.

V tomto případě platí tyto stupnice pro kterýkoli vhodný napěťový nebo proudový rozsah pro odečítání z měřeného zesílení nebo útlumu přímo v decibelech nebo v neperech. Přestoupí-li ručka při měření plnou výchylku nebo klesne-li pod $\frac{1}{3}$ stupnice, lze přepnout přístroj na sousední rozsah, pokud se nezmění pracovní podmínky měřeného zařízení. Přepočtení výchylky na dalším rozsahu je zejména u decibelů velmi jednoduché. Přepnutím na vyšší rozsah se k zjištěné hodnotě připočte 10 dB (na nižší rozsah odečte 10 dB). Poměr sousedních vztahů je totiž $\sqrt[10]{10} : 1$, což představuje právě 10 dB

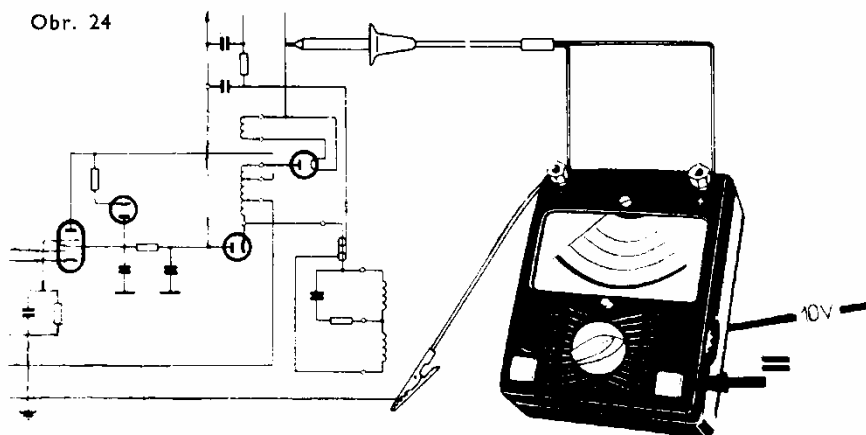
$$x = 20 \lg \sqrt[10]{10} = 10 \lg 10 = 10$$

Např. na výstupu zesilovače při vybuzení středním kmitočtem f_1 byla odečtena na rozsahu 100 V výchylka 18,2 dB na stupnici dB ~. Na okrajovém kmitočtu f_2 klesla výchylka tak, že bylo nutno přepnout přístroj na rozsah 30 V, na němž byla odečtena výchylka 7,5 dB. Pokles zesílení je $18,2 - (7,5 - 10) = 20,7$ dB. Při dalším snížení na rozsah 10 V bychom zjistili výchylku 17,5 dB a ve výpočtu musíme tedy odečíst 20 dB, tj. snížení o dva rozsahy.

6 Vysoké napětí

V některých elektronických zařízeních, např. v televizorech, oscilografech apod. používá se vysokých napětí mnoha kV, která lze obtížně měřit. Zdroje těchto napětí mají nepatrný výkon a dodávají proud jen několik desítek, nejvýše stovek mikroampér. Nepatrná spotřeba měřícího přístroje DU 20 dovoluje měřit tato vysoká napětí malých výkonů pomocí vysokohmového předřadníku. Vysokonapěťový předřadník VNR 30 — dodávaný na zvláštní přání — je určen pro napětí 30 kV stejnosměrných. Má tvar zkušební sondy, v níž jsou vloženy vrstevné odpory o celkové hodnotě 1500 M Ω . Připojení předřadníku VNR a měření jím ukazuje obr. 24. Zemnicí vodič předřadníku, zakončený krokodýlkem, se připojí na uzemněnou kostru zkoušeného přístroje. Měřicí přístroj se přepne na rozsah 10 V =. Přesnost tohoto měření je $\pm 10\%$. Obrázek ukazuje nejčastější případ měření vysokého napětí na elektrických zdrojích s uzemněným záporným pólem. Pro měření na zdrojích s uzemněným kladným pólem nutno připojit vývody sondy k přístroji obráceně. Vysokonapěťový předřadník VNR je určen jen k měření na slaboproudých zdrojích vysokého napětí, které mají malý výkon (vysoký vnitřní odpor) a nesmí být použit k měření na tvrdých zdrojích velkého výkonu.

Obr. 24

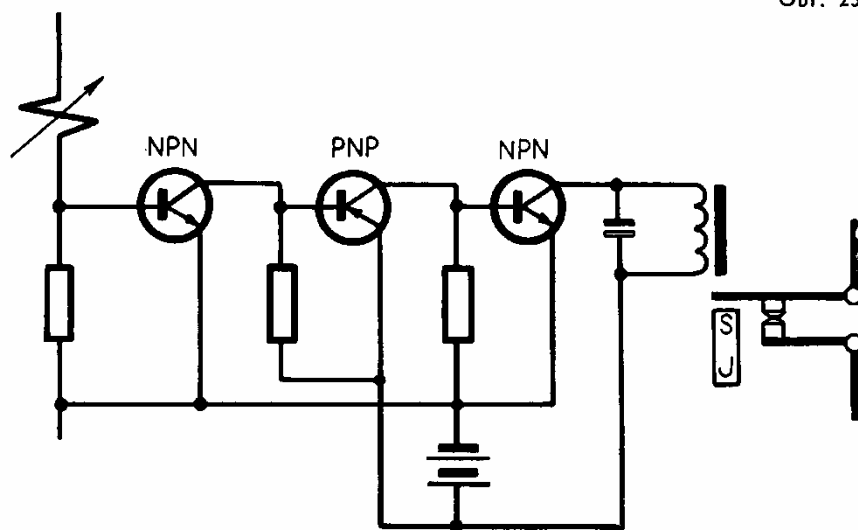


7 Tranzistorový chránič

Složitý a kombinovaný univerzální měřicí přístroj je přirozeně vystaven značnému riziku poškození přetížením, neopatrným připojením nebo chybnou manipulací. Následky se mohou projevit nejen na bočnicích a předřadnicích, ale i na citlivém měřicím ústrojí a také na plošných spojích a přepínačích, jejichž oprava znamená často úplnou výměnu poškozené desky.

Do přístroje DU 20 byl proto zabudován nový všestranný tranzistorový chránič, který je svým principem zcela novým prvkem v univerzálních přístrojích a který rychle a citlivě reaguje na přetížení a odpojuje celý přístroj od měřeného obvodu. Princip chrániče, který je předmětem čs. patentu čis. 99 321, ukazuje obr. 25. Podstatu tvoří třístupňový přímo vázaný stejnosměrný tranzistorový zesilovač a mžikový vypínač. Vstup zesilovače je připojen na odpor zapojený v sérii s měřicím ústrojím. Výstup zesilovače ovládá vypínač, jehož vypínací kontakt je v klidu držen trvalým magnetem.

Obr. 25



Zesilovač je trvale připojen na vložené baterie, avšak klidový proud je tak nepatrný, že prakticky nevyčerpává baterie. Při přetížení měřicího ústrojí se uvolní vypínací kontakt a odpojuje celý přístroj od měřeného obvodu.

Přístroj lze opět připojit — po odstranění příčiny přetížení — krátkým stisknutím bílého tlačítka (pod číselníkem přístroje), které mechanicky sepne ochranný vypínač. Není dovoleno při přetížení trvale držet tlačítko a bránit tak funkci chrániče. Chránič odepíná celý přístroj nejen při přetížení každého rozsahu a při přepólování (pomocí zvláštního dorazu na ručce), ale také při přetížení stejnosměrných rozsahů střídavým proudem a obráceně.

Chránič vypíná při následujícím přetížení:

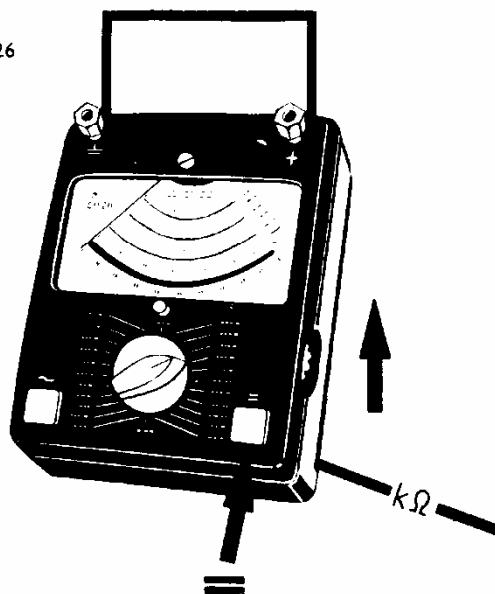
v oboru měření	při souhlasné polaritě	při přepólování	při přetížení opačným druhem proudu nebo napětí
= proudy	1,8—3,5 x	0,2 x	2—3,5 x
~ proudy	1,5—3 x		4—8 x
= napětí	5—15 x	0,2 x	10—15 x
~ napětí	2—11 x	—	8—11 x

Odpínací výkon je 12 kVA ~ nebo 700 W = při napětí 220 V. Chránič se také může používat k jednoduchému odpojování přístroje od měřeného obvodu tím způsobem, že se přepne přepínačem rozsahů o 1—2 rozsahy směrem k nižším rozsahům.

Zařízení bude spolehlivě chránit Váš přístroj, jestli že budete dodržovat následující zásady:

1. Do přístroje používejte dva holé články z 3 V baterie, typu 223.
2. Články vkládejte do přístroje s izolačním páskem, navlečeným na hlavičku uhlíku tak, aby neležel na kontaktních plíščích pro záporný pól baterií. Izolační pásky usnadní pozdější vyjímání článků z pouzder.
3. Kontrolujte občas při měření funkci chrániče přepnutím na nižší rozsahy. Špatnou funkci působí nedostatečné napětí baterie.
4. Napětí baterie lze zkontrolovat bez vyjímání článků následujícím způsobem: Přepněte přístroj na odporový rozsah $k\Omega$ = spojte přívodní svorky nakrátko. Potenciometr pro elektrickou nulu stupnice nastavte do krajní polohy pro minimální napětí baterie (obr. 26). Ukazuje-li ručka v této poloze regulačního potenciometru méně než 100 dílků základní stupnice, tj. nelze-li nastavit nulu odporové stupnice, nutno baterii vyměnit.
5. Nenechávejte přepínač na odporových rozsazích Ω = a $k\Omega$ =, na nichž jsou baterie použity k napájení ohmmetru a nejsou připojeny na tranzistorový chránič.
6. Nedoporučujeme měřit s přístrojem bez baterií a tím bez ochranného účinku.
7. Vybité články nenechávejte v přístroji, aby jejich koroze nepoškodila kontaktní plíšky.

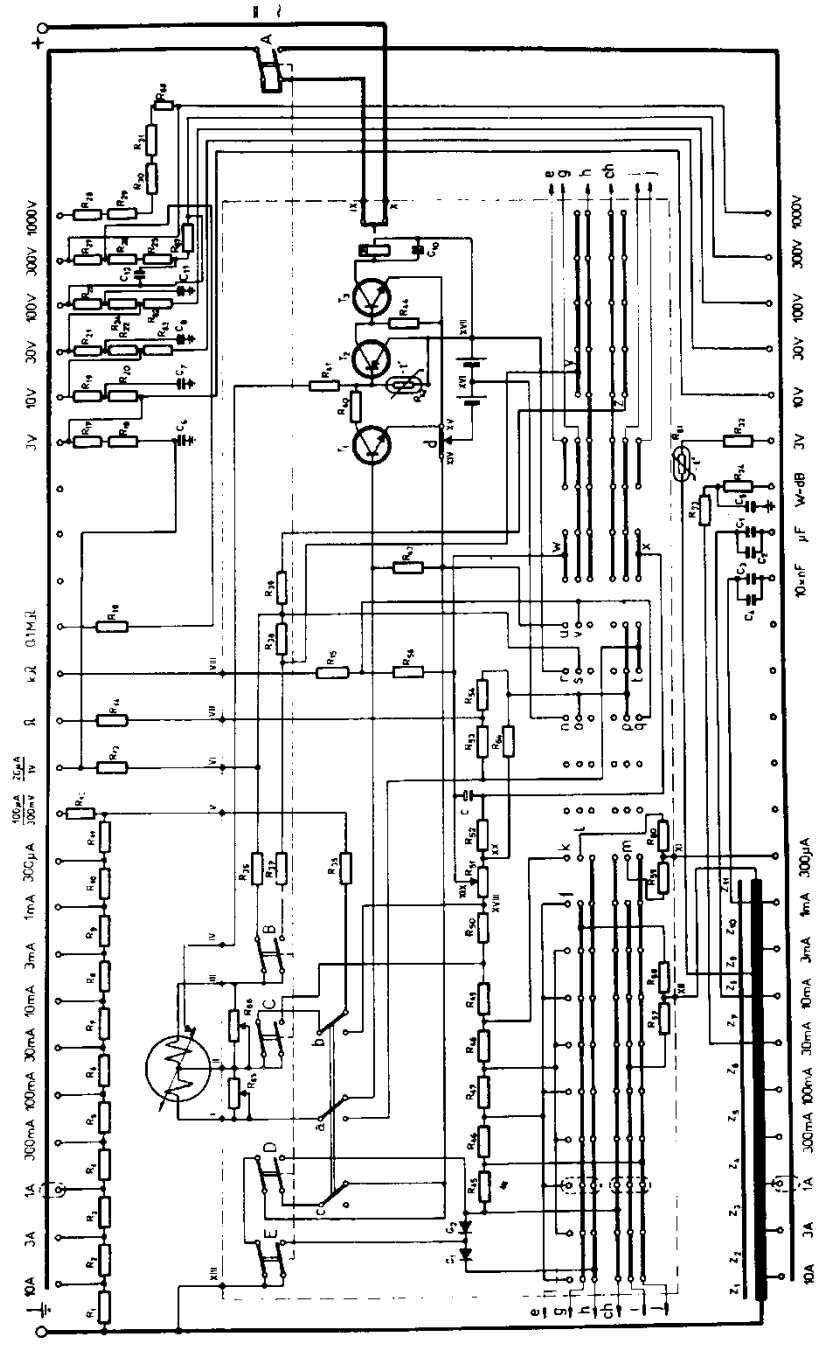
Obr. 26



Seznam součástí

Označení	Součást	Hodnoty a typové označení	
R1	odpor	0,0238Ω	manganin holý
R2	odpor	0,0515Ω	manganin holý
R3	odpor	0,1627Ω	manganin holý
R4	odpor	0,515Ω	manganin
R5	odpor	1,627Ω	manganin
R6	odpor	5,15Ω	manganin
R7	odpor	16,27Ω	manganin
R8	odpor	51,5Ω	manganin
R9	odpor	162,7Ω	manganin
R10	odpor	515Ω	manganin
R11	odpor	1627Ω	manganin
R12	odpor	2160Ω	manganin
R13	odpor	39 kΩ	TR 106 D
R14	odpor	102Ω	konstantan
R15	odpor	M 111	TR 106 D
R16	odpor	M 82	TR 107/B
R17	odpor	M 106	TR 106 D
R18	odpor	560-3k3	TR 144 B
R19	odpor	M 33	TR 106 D
R20	odpor	5k6-16k	TR 144 B
R21	odpor	1 M 06	TR 106 D
R22	odpor	5k6-33 k	TR 144 B
R23	odpor	1 M 71	TR 107 D
R24	odpor	1 M 71	TR 107 D
R25	odpor	3 M 3	TR 107 D
R26	odpor	3 M 6	TR 107 D
R27	odpor	3 M 6	TR 107 D
R28	odpor	10 M	TR 107 D
R29	odpor	10 M	TR 107 D
R30	odpor	10 M	TR 107 D
R31	odpor	3 M 9	TR 107 D
R32	odpor	ca 230 Ω	konstantan
R33	odpor	1k97	TR 506 D
R34	odpor	1k97	TR 506 D
R35	odpor	asi 300Ω	manganin
R36	odpor	asi 4000Ω	konstantan
R37	odpor	asi 7000Ω	konstantan
R38	odpor	15 kΩ	TR 106 C
R39	odpor	15 kΩ	TR 106 C
R40	odpor	470 Ω	TR 101 B
R41	odpor	22 kΩ	TR 101 B

Označení	Součást	Hodnoty a typové označení	
R42	termistor	1500 Ω	TR-N2-1500
R43	odpor	680 Ω nebo 820 Ω	TR 106 D
R44	odpor	1 k 5	TR 101 B
R45	odpor	5k1	TR 101 B
R46	odpor	asi 870 Ω	manganin
R47	odpor	asi 65 Ω	manganin
R48	odpor	asi 1100 Ω	manganin
R49	odpor	680 Ω	TR 106 D
R50	odpor	820 Ω	TR 106 C
R51	odpor	2k5	TP 320
R52	odpor	3 k Ω	TR 106 C
R53	odpor	820 Ω	TR 106 C
R54	odpor	23 Ω	konstantan
R56	odpor	8k2	TR 106 C
R57	odpor	620 Ω	TR 106 C
R58	odpor	620 Ω	TR 106 C
R59	odpor	3 k Ω	TR 106 C
R60	odpor	3 k Ω	TR 106 C
R61	termistor	68 Ω	TR-N2-68
R62	odpor	22 k Ω	TR 101 B
R63	odpor	3k nebo 5k6	TR 114 B
R64	odpor	1k2 nebo 1 k8	TR 106/D
R65	odpor	33 k Ω	TP 011
R66	odpor	M22	TP 011
R67	odpor	M22-M39	TR 144 B
R68	odpor	M 2-M 68	TR 144 B
C1	kondenzátor	1 M	TC 451
C2	kondenzátor	15 — 68 nF	TC 191
C3	kondenzátor	10 nF	WK 71611/D
C4	kondenzátor		
C5	kondenzátor	560—820 pF	TC 283
C6	kondenzátor	12 pF	TK 400
C7	kondenzátor	27 pF	TK 400
C8	kondenzátor	6,8 pF	TK 221
C9	kondenzátor	22 — 100 pF	TR 400
C10	kondenzátor	100 μ F	TC 902
C11	kondenzátor	150 — 560 pF	TC 284
C12	kondenzátor	150 — 560 pF	TC 284
C13	kondenzátor	10 μ F	TC 962
G1	dioda	TESLA GAZ 51	
G2	dioda	TESLA GAZ 51	
T1	tranzistor	155 NU 70	
T2	tranzistor	GC 516	
T3	tranzistor	102 NU 71	



V pátém časopisu Sdělovací technika číslo 5/1969 vyšel článek podrobně popisující principy a konstrukci přístroje DU20:

Universální měřicí přístroj METRA DU 20

ING. ZDENĚK KLOS

V minulých letech se dostal do našich laboratoří, dílen a opraváren nový universální měřicí přístroj Metry typu DU 20 (Únimit 2). Přístroj je řešen v mnoha směrech novým netradičním způsobem a pokládáme proto za účelné seznámit jeho uživatele i budoucí zájemce podrobněji s jeho vlastnostmi a přispět tak k lepšímu poznání a využití jeho rozsáhlých možností.

V článku nebudou opakovány základní principy měření, uvedené v rovněž netradičně sestaveném návodu k použití s úplným schématem přístroje včetně seznamu součástí (1).

Účel a koncepce přístroje.

Zatím co před dvěma desítkami let měli pracovníci v celé oblasti silnoproudé i slaboproudé elektrotechniky k dispozici prakticky jediný typ universálního přístroje, mají dnešní značné specializovaná odvětví elektrotechniky velmi odlišné požadavky na účelný měřicí přístroj pro svůj obor, které lze splnit jen větším počtem typů. Svého času se nejnaléhavěji jevila potřeba citlivého přístroje pro intenzivně se rozvíjející elektroniku a proto byla koncepce nového přístroje zaměřena na oblast vývoje, výroby, provozu a opravárenství elektronických zařízení.

Úroveň technologie ve výrobě měřicích přístrojů a nové součásti umožnily vyvinout přístroj s vysokou citlivostí a současně i přesností, s širokým rozsahem měření stejnosměrných i střídavých proudů a napětí. Přístroj je přitom vybaven zařízeními, která mu dávají velkou odolnost jak proti elektrickému přetížení tak i proti mechanickému oteřování. Přístroj má maximálně jednoduchou obsluhu stejně tak jako přehledné čtení.



Obr. 1. Universální přístroj DU 20

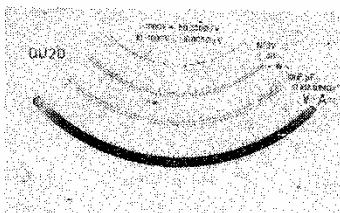
Vnější charakteristika.

Celý přístroj je vestavěn do dvoudílného pouzdra z termosetu. V horní části průčelí jsou dvě přípojné svorky pro všechny rozsahy. Pod nimi je velký přehledný číselník se sedmi stupnicemi. Tlačítko pod okénkem číselníku slouží ke spínání ochranného vypínače. Měřicí rozsahy, přehledně vyznačené na průčelí se přepínají jediným velkým knoflíkem. Mechanicky vázanými tlačítky ve

spodní části průčelí se volí stejnosměrný nebo střídavý obor měření. Zapuštěným knoflíkem na pravém boku přístroje se nastavuje elektrická nula odporových a kapacitních rozsahů.

Na spodní části přístroje je víčko, které kryje prostor baterie a dále kovový štítek s přehledem nejdůležitějších parametrů přístroje.

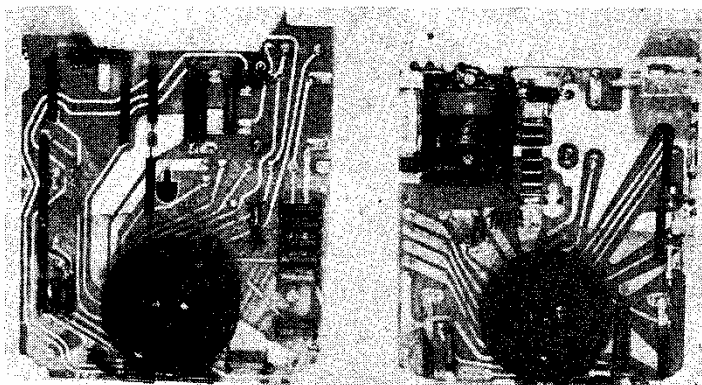
Hlavní proudové a napěťové rozsahy pokrývají zcela rovnoměrně celý obor měření. Poměr sousedních rozsahů je 1 : 3 : 10 (přesně 1 : $\sqrt{10}$: 10) a těmto jmenovitým hodnotám jsou přizpůsobeny základní rovnoměrné stupnice. Výchylku nutno násobit jen dekadickým součinitelem.



Obr. 2. Číselník přístroje DU 20

Vnitřní uspořádání.

Celé zapojení přístroje je rozděleno do tří montážních celků. V horní části je upevněno měřicí ústrojí s číselníkem na sloupcích. Všechny ostatní součásti a obvody včetně přepínačů jsou uspořádány na dvou deskách s oboustrannými plošnými spoji.



Obr. 3. Pohled na obě strany spodní desky plošných spojů

Spodní deska (obr. 3) nese všechny základní obvody pro měření obou druhů proudů a napětí tj. mnohonásobný bočník i předřadník, měřicí transformátorek a dále srovnávací odpory a kondensátory pro odporové a kapacitní rozsahy spolu s hlavním přepínačem rozsahů vytvořeným přímo v plošných spojih. Tlačítka se ovládají pružinové spínače pro stejnosměrný obor (na horní straně) a pro střídavý obor měření (spínač propojen na spodní stranu desky).

Na horní desce (obr. 4) jsou umístěny pomocné obvody, které přizpůsobují výstupní proudy a napětí základních obvodů (bočníku, předřadníku, transformátoru a dalších) měřicímu ústrojí pomocí kombinovaného oboustranného plošného přepínače. Čtyřnásobné pružinové spínače ovládané tlačítky přepínají opět stejnosměrný a střídavý obor měření. Na horní desce je dále transistorový chráněcí včetně ochranného vypínače, regulační potenciometry odporových a kapacitních rozsahů a dva pomocné svazkové přepínače.

Propojení obou desek, měřicího ústrojí, baterie a přívodních svorek je provedeno několika drátovými spoji. Vnitřní stěny pouzdra jsou vakuumě pokoveny a toto stínění je spojeno se svorkou označenou zemnicí značkou.

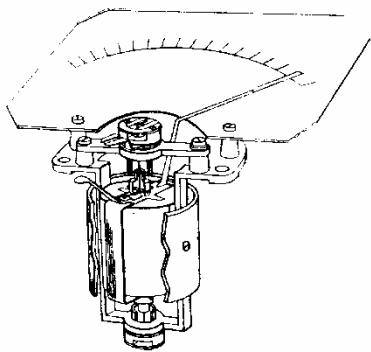
Jednotlivé měřicí obvody

Pro snazší orientaci v celkovém schématu probereme nyní jednotlivé díle měřicí obvody.

Měřicí ústrojí.

Jednou z nejdůležitějších vlastností universálního přístroje je nízká spotřeba napěťových rozsahů. Tato vysoká citlivost (spotřeba 20 μ A tj. 50 k Ω /V) a současně také dobrá mechanická odolnost byla získána měřicími ústrojími, jejichž otočná cívka je zavěšena na napjatých vláknech (obr. 5). Toto měřicí ústrojí nemá známé tření a nebezpečí přetržení vláken, která jsou napjata značnými měrnými silami, je omezeno mechanickými dorazy nedovolujícími větší posunutí otočné cívky při nárazech v osové i radiální směru.

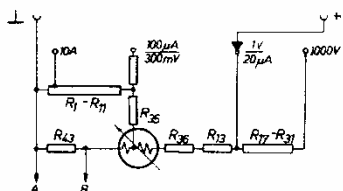
Měřicí ústrojí má skleněnou kuželovitou ruku, která je mimořádně pružná a bez poškození snese i větší přetížení.



Obr. 5. Návrh měřícího ústrojí zavěšeného na napjatých vláčkách

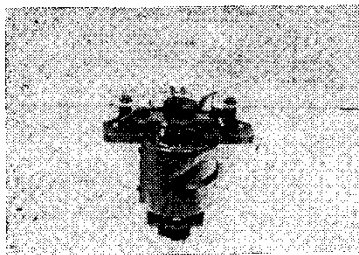
Časová stabilita ústrojí je zajištěna demagnetisací, menší změny citlivosti se korigují změnou polohy magnetického bočnicku. Celkové provedení měřícího ústrojí je na obr. 6.

Při malé spotřebě napětových rozsahů nelze přirozeně s jediným vinutím současně dosáhnout také malých úbytků napětí na proudových rozsazích. V při-



Obr. 7. Princip měření stejnosměrných proudů a napětí

stroji DU 20 bylo proto použito dvojího vinutí na otočné cívice, takže se podařilo dosáhnout jak velké citlivosti napětových rozsahů, tak také nízkých úbytků napětí při měření proudů. Připojení bočnicků a předřadníků k dělenému vinutí měřícího ústrojí ukazuje obr. 7.



Obr. 6. Měřící ústrojí přístroje DU 20

Stejnoseměrné proudy a napětí.

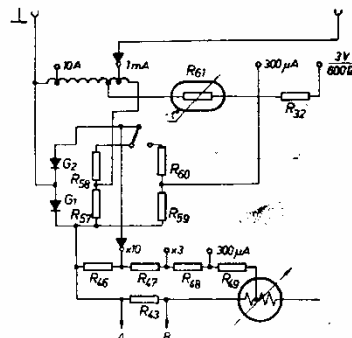
Připojení mnohonásobného bočnicku a předřadníků k popsanému měřícímu ústrojí ukazuje zjednodušené schéma na obr. 7. Nastavovací prvky jsou odpory R_{15} a R_{16} . Jednotlivé části bočnicku jsou vinuty z manganinových drátů nebo pásků, předřadník je sestaven vždy ze dvou až čtyř stabilních vrstevových odporů. Odporů jsou vybírány v úzkých tolerancích a sestavovány tak, aby přesnost jednotlivých částí byla lepší než celková chyba přístroje.

Proudový rozsah $100 \mu A$ je doplněn odporem, takže lze na tomto rozsahu měřit také napětí $300 mV$. Stejně tak je možné na rozsahu $1 V$ měřit proud $20 \mu A$. Úbytek napětí z odporu R_{13} , zapojeného v sérii s měřícím ústrojím je ovládacím signálem transistorového chrániče přístroje proti přetížení.

Střídavé proudy.

Střídavé proudy se měří prostřednictvím malého proudového autotransformátoru (obr. 8), který dává přístroji pro tyto proudy jak malý úbytek napětí, tak také rovnoměrnou stupnici. Rozsah $300 \mu A$ obchází měřící transformátor a je připojen na usměrňovací obvod přímo. Usměrněný proud z polovičního můstku se přivádí na bočník připojený k proudové části měřícího ústrojí, který upravuje vzájemný poměr usměrněného sekundárního proudu a proudu měřidla. Zde jsou také vyrovnány rozdílné magnetomotorické síly transformátoru na desítkových a trojkových rozsazích.

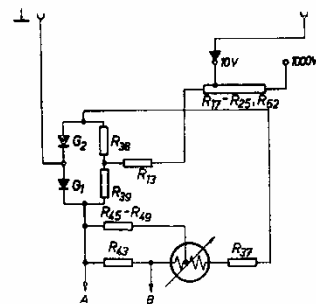
Pomocí proudového autotransformátoru se měří také střídavé napětí $3 V$. Požadavek rovnoměrné stupnice si vynutil větší spotřebu tohoto rozsahu, jeho vnitřní odpor byl tedy upraven na 600Ω , takže jím lze měřit úroveň nízkofrekvenených signálů v telekomunikační praxi. Teplotní závislost tohoto rozsahu je odstraněna termistorem.



Obr. 8. Principiální schéma střídavých proudových rozsahů

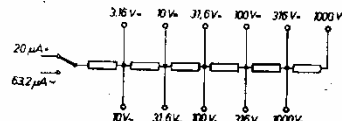
Střídavá napětí.

Obvod pro měření střídavých napětí je zapojen obvyklým způsobem (obr. 9). Odporů R_{15} — R_{19} připojené na proudovou část otočné cívky upravují tlumení měřidla na napětových rozsazích.



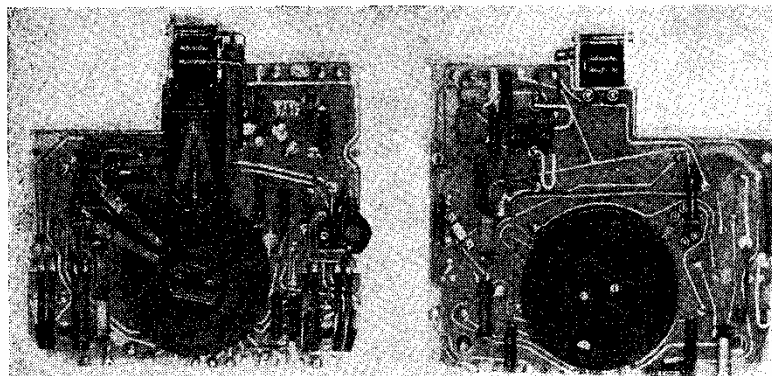
Obr. 9. Obvod střídavých napětových rozsahů

Spotřeba střídavých napětových rozsahů byla zvolena $\sqrt{10} = 3,16$ -ti násobkem spotřeby stejnosměrných rozsahů, což umožnilo, při stejném poměru sousedních rozsahů, využít jediného předřadníku pro oba druhy napětí. Řešení ukazuje obr. 10.



Obr. 10. Společný vícenásobný předřadník pro stejnosměrné i střídavé rozsahy

Průběh stupnic všech střídavých napětových rozsahů od $10 V$ výše je rovnoměrný.

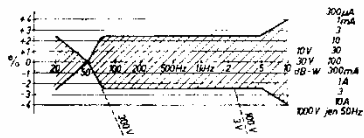


Obr. 4. Pohled na obě strany horní desky plošných spojů

Kmitočtová závislost.

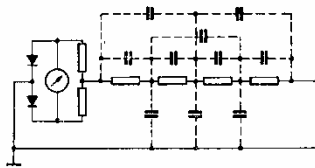
Lze předpokládat, že střídavé rozsahy přístroje budou nejčastěji používány při síťovém kmitočtu 50 Hz. Pro zesilovací techniku a telekomunikační praxi bude však nepochybně výhodné, jestliže jeho střídavé rozsahy budou mít malou kmitočtovou závislost v celém pásmu akustických kmitočtů.

Na proudových rozsazích má přístroj, díky autotransformátoru s malým úbytkem napětí a malým rozptylem, velmi malou přídavnou kmitočtovou chybu, která se pohybuje uprostřed tolerančního pole uvedeného na obr. 11.



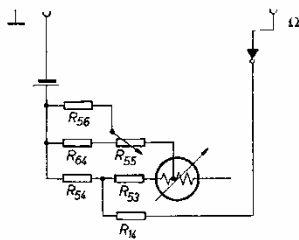
Obr. 11. Kmitočtová chyba střídavých rozsahů

Kmitočtovou závislost napětových rozsahů ovlivňují maximální měrou vzájemné kapacity mezi jednotlivými odpory celého vícenásobného předřadníku. Tyto kapacity, znázorněné na obr. 12,



Obr. 12. Nežádoucí kapacity vícenásobného předřadníku působící kmitočtovou chybou

jsou dány jednak vzájemnou polohou jednotlivých odporů a jednak kapacitou spojů na nosném materiálu a to jak sousedních tak i spojů na druhé straně laminátu. Všechny tyto malé vzájemné kapacity, které nelze vyloučit, způsobují při vysokých odporech předřadníku určitou kmitočtovou závislost jednotlivých rozsahů. Pomocí přídavných kondenzátorů podařilo se dosáhnout u rozsahů 10 a 30 V malé kmitočtové chyby v mezích tolerančního pole v celém akustickém pásmu. U rozsahů 3 a 100 V do 2 kHz a dva nejvyšší rozsahy jsou určeny prakticky jen pro síťový kmitočet.

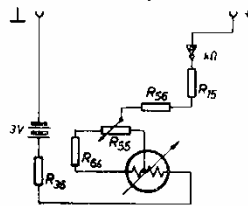


Obr. 13. Obvod nejnižšího rozsahu ohmmetru

Odporové rozsahy

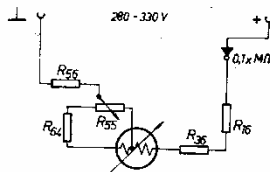
Přístroj DU 20 má tři odporové rozsahy, jejichž vnitřní odpory jsou 130 Ω, 130 kΩ a 13 MΩ.

Nejnižší rozsah, jehož schéma je na obr. 13, je napájen z jediné článku vnitřní baterie. Do měřicího obvodu je zapojena proudová část měřicího ústrojí. Regulační obvod je poněkud složitější, avšak jediným regulačním potenciometrem se nastavuje nula všech odporových rozsahů.



Obr. 14. Obvod středního odporového rozsahu

Zapojení dalšího rozsahu je na obr. 14. Využívá se plně citlivosti měřidla. Napěťová regulace je provedena jen na proudové části. Nejvyšší rozsah, který musí být připojen k vnějšímu zdroji 280 až 330 V ss je znázorněn na obr. 15. Tohoto rozsahu lze s výhodou užít při zjišťování isolačního stavu elektrických zařízení.



Obr. 15. Obvod nejvyššího odporového rozsahu

Nutno upozornit na důležitou skutečnost, že na odporových rozsazích je použita vnitřní baterie k napájení ohmmetru a proto na nich není přístroj chráněn transistorovým chráničem!

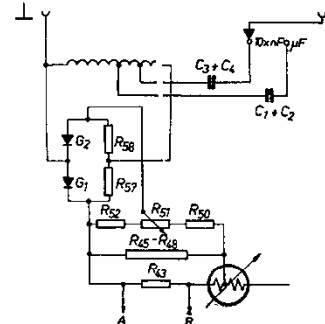
Ohmmetrem lze informativně zkontrolovat také diody, transistory, elektrolytické kondensátory aj. Svorky přístroje jsou v tomto případě zdrojem proudu, jehož polarita souhlasí s označením svorek (tj. na kladné svorce je kladné napětí baterií).

Kapacitní rozsahy

Pro měření kapacit je v přístroji užít princip, který je střídavou analogií napětového ohmmetru. Vnitřní impedanci tvoří přesné kondensátory 10 nF a 1 μF, zdrojem je vnější střídavé konstantní napětí (50 Hz) a to na rozsahu 10 nF 220 V a na rozsahu 1 μF 24 V v obou případech v rozmezí ± 15 %. Nulová hodnota kapacitní stupnice se nastavuje regulačním potenciometrem. Dílčí schéma těchto rozsahů je na obr. 16.

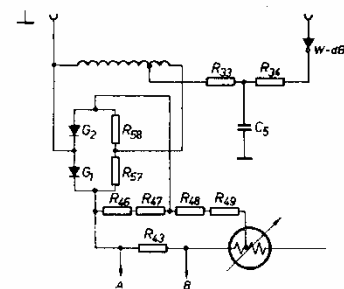
Výkon a úroveň nF signálů.

Pro zesilovací techniku je určen rozsah, označený W-dB, na němž lze měřit výstupní výkon nízkofrekvenených zesilovačů metodou tzv. absorpčního wattmetru. Měřicí přístroj je zde sám spotřebičem měřeného výkonu (max. 4 W, větší výkony s vnějšími odpory). Zátěž



Obr. 16. Měření kapacit

tvoří odpory R_{33} a R_{34} (4 kΩ) v sérii s příslušným vinutím měřicího autotransformátoru, který měří proud jimi protékající (obr. 17). Při konstantní hodnotě těchto odporů lze snadno ocejchovat stupnici měřidla v jednotkách výkonu.



Obr. 17. Absorpční wattmetr v přístroji DU 20

K tomuto rozsahu patří také druhá stupnice decibelů. Při výstupní impedanci měřeného zesilovače 4 kΩ odpovídá 0 dB výstupní výkon 50 mW.

Pro telekomunikační praxi má význam stupnice oceňovaná v Neperech, která platí ve spojení s rozsahem 3 V stř. ($0 N_p = 1 \text{ mW}/600 \Omega$) s vnitřním odporem 600 Ω.

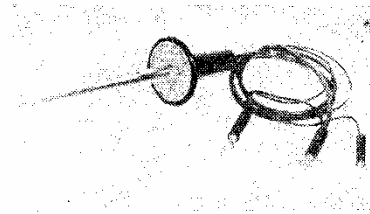
O širším využití těchto rozsahů a stupnic pojednává podrobně návod k použití přístroje.

Měření vysokého napětí.

Vysoké napětí do 30 kV lze měřit vysokonapětovým předřadníkem (obr. 18) na zdrojích malého výkonu (např. VN zdroje v televizorech). V isolační trubce jsou vloženy vřstovové odpory o celkové hodnotě 1500 MΩ. Bezpečné měření zaručuje tvar rukojeti a kovový štítek, který lze zvláštním vodičem s krokodýlkem uzemnit.

Transistorový chránič.

O nebezpečí poškození měřicího přístroje přetížením při chybné manipulaci nebo nepozornosti není třeba u mnohorozsahových univerzálních přístrojů ho-

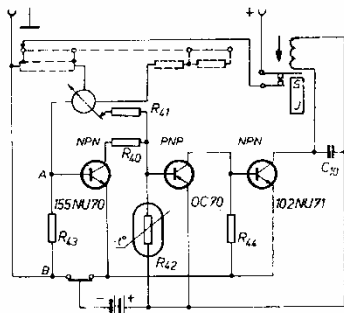


Obr. 18. Vysokonapětová sonda s předřadníkem na 30 kV

vořit. Nejhorší následky zanechá připojení tvrdého zdroje (sítě) na proudové rozsahy. Na plošných spojích však takový omyl způsobí úplné vypaření spoje a jednoduchá oprava není už samozřejmě možná.

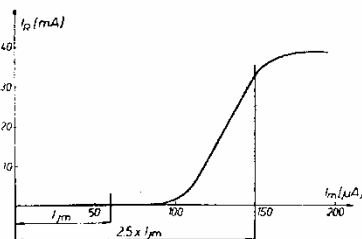
Spolehlivý chránič je proto v složitém a drahém univerzálním přístroji naprosto nezbytný. Pro přístroj DU 20 byl vyvinut zcela nový, dosud neužitý transistorový chránič s výkonným mžikovým vypínačem. Princip, který je chráněn čs. patentem č. 99 321, představuje dokonalý způsob ochrany citlivého měřicího přístroje před přetížením.

Podstatu tvoří třístupňový přímo vázaný stejnosměrný transistorový zesilovač (obr. 19), jehož vstup je řízen



Obr. 19. Schema transistorového chráničce přístroje DU 20 chráněné patentem

úbytkem napětí na odporu zapojeném do série s měřicím ústrojím. Výstupní proud ovládá citlivý mžikový vypínač, který odpojuje celý přístroj od měřicího

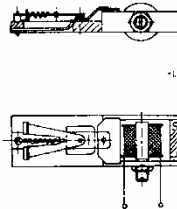


Obr. 20. Průběh výstupního proudu transistorového zesilovače

obvodu. Baterie je trvale připojena na chránič, takže je stále připraven k činnosti. Klidový odběr proudu je několik desítek mikroampér, takže baterie se znehodnocuje dříve korozí než tímto vybíjením. Při průchodu jmenovitého proudu měřidlem a odporem R_{43} vzroste tento klidový proud asi na dvojnásobek. Při překročení jmenovitého proudu asi o 150 % zvýší se náhle výstupní proud na hodnotu, která způsobí rozpojení ochranného vypínače. Pracovní charakteristiku zesilovače ukazuje obr. 20.

Teplotní změny kompenzuje termistor R_{12} . Vyjmutím baterie se odpojuje celý chránič od měřicího obvodu. Chránič odepíná přístroj popsáním způsobem nejen při přetížení s polaritou shodnou s výchylkou přístroje, ale také při přetížení stejnosměrných rozsahů střídavým proudem a obráceně. Při prepólování je vypínač uveden v činnost prostřednictvím dorazu ručky na kontakt, který ovládá přímo druhý stupeň zesilovače.

Hlavními částmi mžikového ochranného vypínače jsou magnetický obvod a vypínací mechanismus. Pohyblivá kotva spojená s jedním kontaktem vy-



Obr. 21. Princip ochranného vypínače

pínače je v klidu přidržována magnetickým tokem permanentního magnetu na pólových nástavcích magnetického obvodu (obr. 21). Průchodem proudu budící cívkou, jejíž jádro tvoří magnetický bočník obvodu, poklesne tok kotvou. Kotva silou pružiny odpadá, překlápí druhý kontakt přes labilní polohu a tím odpojuje přetížený měřicí přístroj.

Opětné sepnutí ochranného vypínače musí být provedeno mechanicky tlačítkem po odstranění příčiny přetížení. Chráničem lze také odpojit přístroj od měřicího obvodu tím, že se přepne o I—2 rozsahy níže, což umožňuje také občas kontrolovat jeho činnost.

Vypínací doba je menší než 30 ms, takže při náhlém přetížení nestačí se ručka vůbec vychýlit. Zkoušky ukázaly, že vypínač odepne při napětí 220 V 1,2 kVA střídavého a 700 W stejnosměrného výkonu.

Celkové schéma, funkce přepínačů a seznam součástí.

Všechna uvedená dílčí schémata spojená příslušnými přepínači tvoří celkové schéma přístroje (obr. 22).

Uspořádání schématu odpovídá prakticky prostorovému umístění součástek a přepínačů. Součásti kreslené uvnitř

plochy omezené čerchovanou čarou jsou umístěny na horní desce plošných spojů, součástí vně této plochy jsou na spodní desce. U kruhových přepínačů, znaných pro větší přehlednost jako přepínače přímkové, patří kontaktní segmenty kreslené směrem nahoru horním stranám desek.

Spodní větší deska plošných spojů nese hlavní přepínač rozsahů, všechny bočníky, předřadníky, měřicí autotransformátory, odpory a kondensátory odporových a kapacitních rozsahů.

Na menší horní desce jsou všechny pomocné měřicí obvody, které přizpůsobují (přip. usměrňují), výstupní proudy a napětí těchto hlavních obvodů měřicímu ústrojí. Dále je zde regulační potenciometr a transistorový zesilovač chráničce spolu s mžikovým vypínačem.

Rovněž označení schématu přispívá ke snadší orientaci. Přepínače označené velkými písmeny A—H jsou ovládány sa. a str. tlačítkem a přepínají tedy stejnosměrný a střídavý obor měření. Pomocné přepínače označené malými písmeny a—z, ovládané vesměs v souhlase s pohybem hlavního přepínače, zapojují příslušné přizpůsobovací obvody na jednotlivých rozsazích. Kromě přepínačů a, b, c, které jsou vytvořeny jako svazkové a jejich přepnutí nastává na odporových rozsazích a přepínače d, který odpojuje transistorový chránič od přístroje při vyjmutí baterie, jsou všechny ostatní přepínače provedeny přímo v obrazi plošných spojů. Tlačítkem T se mechanicky spíná mžikový vypínač.

Římské číslice označují drátové spoje a to I—IV mezi měřicím ústrojím a horní deskou plošných spojů, V—XIII mezi oběma deskami, XIV—XVII mezi bateriemi a horní deskou a XVIII—XXIII mezi regulačními potenciometry a horní deskou.

Seznam odporů, kondensátorů, vinutí, diod a transistorů doplňuje celkové schéma. Justovací odpory jsou označeny jen přibližnými hodnotami. Většina součástí je však vybírána v užších tolerancích než odpovídá jejich katalogovým tolerancím. Z tohoto důvodu nemusí přístroj po opravě běžnou součástí správně fungovat.

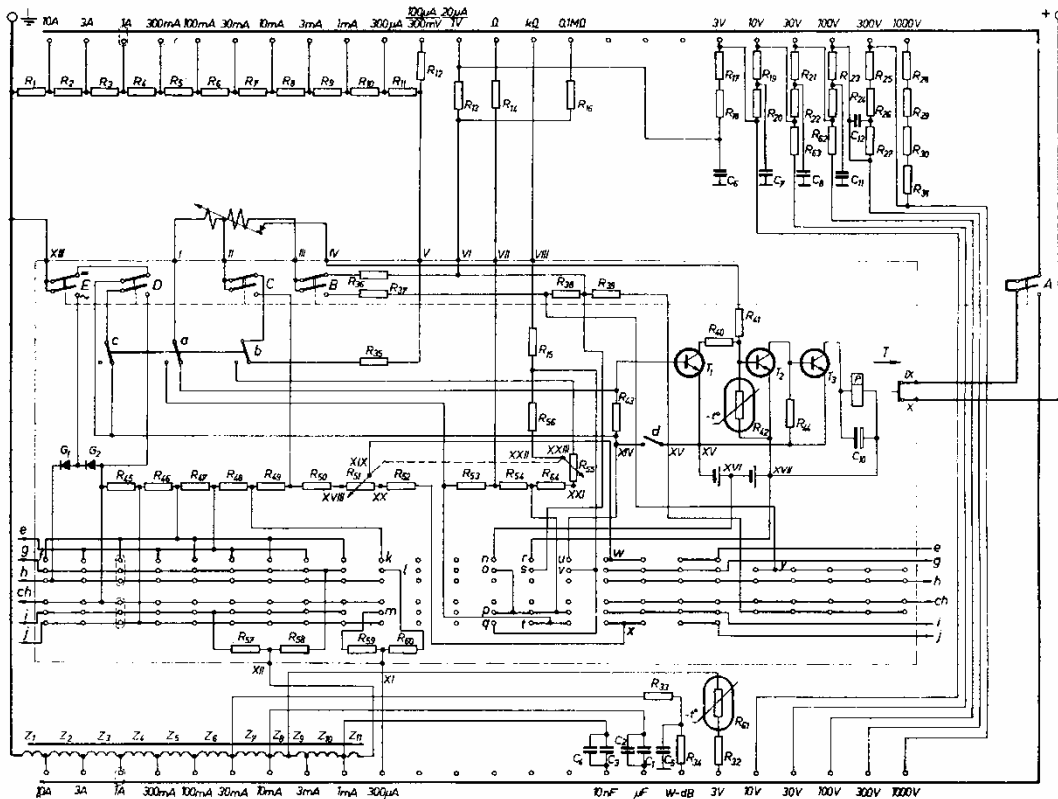
Změny v průběhu výroby.

Podle elektrických vlastností nosného materiálu plošných spojů mohou se u některých serií přístrojů lišit kmitočtové kompenzace napětových rozsahů.

Od v. r. č. 6 187 548 byl změněn obvod regulace elektrické nuly odporových rozsahů. (Celkové schéma obsahuje nový obvod). Dolní mez poklesu napětí baterie na těchto rozsazích byla stanovena tak, aby při tomto napětí spolehlivě pracoval chránič. Stav baterií lze pak snadno zkontrolovat při regulaci elektrické nuly na rozsahu „kΩ“ tím, že nelze-li již nastavit plnou výchylku ohmmetru, nutno baterie vyměnit.

Závěr.

Článek sledoval seznámení našich techniků s koncepcí a zajímavostmi univerzálního přístroje Metry DU 20, který pokračuje v tradici známých Avometů a Unimetů.



Obr. 22. Celkové schéma přístroje DU 20

SEZNAM SOUČÁSTÍ

Odpory:

$R_1 = 0,0238 \Omega$, manganin $0,25 \times 10$;
 $R_2 = 0,0515 \Omega$, manganin $0,25 \times 4$;
 $R_3 = 0,1627 \Omega$, manganin $\varnothing 0,71$;
 $R_4 = 0,515 \Omega$, manganin $\varnothing 0,5$;
 $R_5 = 1,627 \Omega$, manganin $\varnothing 0,3$;
 $R_6 = 5,15 \Omega$, manganin $\varnothing 0,2$;
 $R_7 = 16,27 \Omega$, manganin $\varnothing 0,125$;
 $R_8 = 51,5 \Omega$, manganin $\varnothing 0,1$;
 $R_9 = 162,7 \Omega$, manganin $\varnothing 0,08$;
 $R_{10} = 515 \Omega$, manganin $\varnothing 0,063$;
 $R_{11} = 1 627 \Omega$, manganin $\varnothing 0,05$;
 $R_{12} = 2 160 \Omega$, manganin $\varnothing 0,05$; $R_{13} =$
 $= 39 \text{ k}\Omega$, TR 106 D; $R_{14} = 102 \Omega$, kon-
 stantan $\varnothing 0,125$; $R_{15} = 0,111 \text{ M}\Omega$, TR
 106 D; $R_{16} = 13 \text{ M}\Omega$, AP 1/2, 2 %;
 $R_{17} = 54 \text{ k}\Omega$, TR 106 E; $R_{18} = 54 \text{ k}\Omega$,
 TR 106 E; $R_{19} = 0,171 \text{ M}\Omega$, TR 106 E;
 $R_{20} = 0,171 \text{ M}\Omega$, TR 106 E; $R_{21} =$
 $= 0,54 \text{ M}\Omega$, TR 106 E; $R_{22} = 0,54 \text{ M}\Omega$,
 TR 106 E; $R_{23} = 1,71 \text{ M}\Omega$, TR 107 D;
 $R_{24} = 1,71 \text{ M}\Omega$, TR 107 D; $R_{25} =$
 $= 3,6 \text{ M}\Omega$, TR 107 D; $R_{26} = 3,6 \text{ M}\Omega$,
 TR 107 D; $R_{27} = 3,6 \text{ M}\Omega$, TR 107 D;
 $R_{28} = 8,55 \text{ M}\Omega$, TR 107 D; $R_{29} =$
 $= 8,55 \text{ M}\Omega$, TR 107 D; $R_{30} = 8,55 \text{ M}\Omega$,
 TR 107 D; $R_{31} = 8,55 \text{ M}\Omega$, TR 107 D;
 R_{32} asi 230Ω , konstantan $\varnothing 0,1$;
 $R_{33} = 2 \text{ k}\Omega$, TR 506 D; $R_{34} = 2 \text{ k}\Omega$,
 TR 506 D; R_{35} asi 300Ω , manganin
 $\varnothing 0,1$; R_{36} asi $4 000 \Omega$, konstantan
 $\varnothing 0,05$; R_{37} asi $7 000 \Omega$, konstantan
 $\varnothing 0,04$; $T_{38} = 15 \text{ k}\Omega$, TR 106 C; $R_{39} =$
 $= 15 \text{ k}\Omega$, TR 106 C; $R_{40} = 470 \Omega$,
 TR 101 B; $R_{41} = 22 \text{ k}\Omega$, TR 101 B;
 $R_{42} = 1,5 \text{ k}\Omega$, TR - N 2 - 1500; $R_{43} =$

$= 680 \Omega$, TR 106 D; $R_{44} = 1,5 \text{ k}\Omega$, TR
 101 B; $R_{45} = 5,1 \text{ k}\Omega$, TR 101 B; R_{46} asi
 870Ω , manganin $\varnothing 0,071$; R_{47} asi 65Ω ,
 manganin $\varnothing 0,125$; R_{48} asi $1 100 \Omega$,
 manganin $\varnothing 0,071$; $R_{49} = 680 \Omega$, TR
 106 D; $R_{50} = 820 \Omega$, TR 106 C; $R_{51} =$
 $= 2,5 \text{ k}\Omega$, spec. potenciometr; $R_{52} =$
 $= 3 \text{ k}\Omega$, TR 106 C; $R_{53} = 820 \Omega$, TR
 106 C; $R_{54} = 23 \Omega$, konstantan $\varnothing 0,2$;
 $R_{55} = 2,5 \text{ k}\Omega$, spec. potenciometr; $R_{56} =$
 $= 8,2 \text{ k}\Omega$, TR 106 C; $R_{57} = 620 \Omega$,
 TR 106 C; $R_{58} = 620 \Omega$, TR 106 C;
 $R_{59} = 3 \text{ k}\Omega$, TR 106 C; $R_{60} = 3 \text{ k}\Omega$,
 TR 106 C; $R_{61} = 68 \Omega$, TR - N 2 -
 68; $R_{62} = 22 \text{ k}\Omega$, TR 101 B; $R_{63} =$
 $= 3 \text{ k}\Omega$, TR 106 B; $R_{64} = 820$ nebo
 $1,8 \text{ k}\Omega$, TR 106 B podle hodnoty R_{55} ;

KONDENSÁTORY.

$C_1 = 1 \mu\text{F}$, TC 451; $C_2 = 15$ až 68 nF ,
 TC 191 dle hodnoty C_1 ; $C_3 - C_4 = 10 \text{ nF}$,
 WK 716 11 D; $C_5 = 820 \text{ pF}$, TC 283;
 $C_6 = 12 \text{ pF}$, TK 400; $C_7 = 27 \text{ pF}$,
 TK 400; $C_8 = 6,8 \text{ pF}$, TK 221; $C_{10} =$
 $= 100 \mu\text{F}$, TC 902; $C_{11} = 150$ až 560 pF ,
 TC 284 podle kmit. kompensace; $C_{12} = 470$
 až 560 pF , TC 284 podle kmit. kompensa-
 cce;

**MĚŘICÍ
AUTOTRANSFORMÁTOREK:**

$z_1 = 1$ závit, měd. pás $0,5 \times 8$; $z_2 =$
 $= 2$ závitů, měd. drát smalt. $\varnothing 1,18$;
 $z_3 = 7$ závitů, měd. drát smalt. $\varnothing 0,71$;

$z_4 = 20$ závitů, měd. drát smalt. $\varnothing 0,4$;
 $z_5 = 70$ závitů, měd. drát smalt. \varnothing
 $0,25$; $z_6 = 199$ závitů, měd. drát smalt.
 $\varnothing 0,125$; $z_7 = 701$ závit, měd. drát
 smalt. $\varnothing 0,1$; $z_8 = 705$ závitů, měd. drát
 smalt. $\varnothing 0,1$; $z_9 = 1 263$ závitů, měd.
 drát smalt. $\varnothing 0,063$; $z_{10} = 7 032$ závitů,
 měd. drát smalt. $\varnothing 0,063$; $z_{11} = 160$ zá-
 vitů, měd. drát smalt. $\varnothing 0,063$;

MŽIKOVÝ VYPÍNAČ

1 800, měd. drát smalt. $\varnothing 0,15$;

DIODY A TRANSISTORY:

$G_1 = \text{GAZ } 51$, výběr; $G_2 = \text{GAZ } 51$,
 výběr; $T_1 = 155 \text{ NU } 70$, výběr; $T_2 =$
 $= \text{OC } 70$, výběr; $T_3 = 102 \text{ NU } 71$,
 výběr.

LITERATURA

- [1] Návod k použití univerzálního měřicího přístroje DU 20 - METRA Blansko
- [2] Smola J.: AVOMET METRA, Sdělovací technika 1956, příloha k č. 12
- [3] Klos Z.: Univerzální měřicí přístroj METRA UNIMET, Sdělovací technika 1960, č. 8, str. 382
- [4] Horák J.: Univerzální měřicí přístroj Avomet II, Sdělovací technika 1960, č. 12, str. 460
- [5] Klos Z.: Problémy vývoje univerzálních měřicích přístrojů, Měřicí technika (Metra Blansko) 1961/1111 str. 6